

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



**PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA
FERTILIDAD DEL SUELO.**

POR:

MIRIAM TORRALVA PONCE

MONOGRAFÍA

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO
DE:**

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA.

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO.

MAYO DE 2010.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA

“ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA
FERTILIDAD DEL SUELO**

P O R:

MIRIAM TORRALVA PONCE

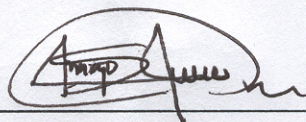
MONOGRAFÍA

**QUE SE SOMETE A LA SUPERVISIÓN DEL COMITÉ ASESOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:**

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

APROBADA POR:

ASESOR PRINCIPAL



DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

Co-ASESOR:



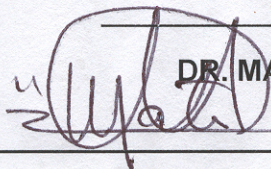
M.C. LUZ MARÍA PATRICIA GUZMÁN CEDILLO

Co-ASESOR:



DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

Co-ASESOR:



DR. MARIO GARCÍA CARRILLO

M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas**



TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO 2010

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

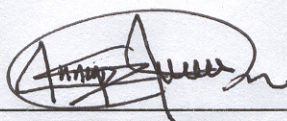
PRÁCTICAS AGROECOLÓGICAS PARA LA CONSERVACIÓN DE LA
FERTILIDAD DEL SUELO.

MONOGRAFÍA QUE PRESENTA LA C. MIRIAM TORRALVA PONCE Y QUE
SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

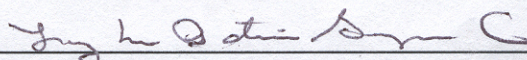
APROBADA POR:

PRESIDENTE:



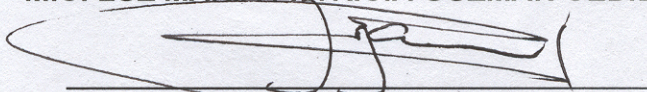
DR. JESÚS VÁSQUEZ ARROYO

VOCAL:



M.C. LUZ MARÍA PATRICIA GUZMÁN CEDILLO

VOCAL:

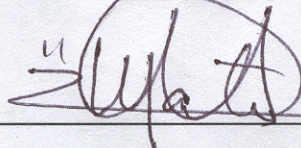


DR. ALEJANDRO MORENO RESÉNDEZ

VOCAL
SUPLENTE:



DR. MARIO GARCÍA CARRILLO



M.C. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TORREÓN, COAHUILA, MÉXICO

MAYO 2010

AGRADECIMIENTOS

Primeramente a Dios por darme la fortaleza para poder llegar hasta esta etapa de mi vida, por darme la fuerza de levantarme cuando siento que ya no puedo más, por todas las virtudes que me has dado, Gracias Señor.

A la Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro”, por todo su apoyo brindado durante mi carrera.

A mis asesores por su profesionalismo y paciencia en la revisión de este trabajo.

Particularmente agradezco infinitamente al Dr. Jesús Vásquez Arroyo, por su valioso tiempo y apoyo que me brindó, por animarme siempre a seguir adelante, y en especial para que pudiera terminar este trabajo.

A la bióloga Luz María Patricia Guzmán Cedillo, por ser una excelente maestra, pero más aun por ser una amiga, gracias maestra por todo su apoyo, por sus lindas palabras de motivación que siempre me brindó.

A todos los maestros del Departamento de Agroecología, y de las demás carreras, gracias por sus grandes conocimientos y experiencias que compartieron conmigo.

Y en general muchas gracias a todas aquellas personas que de alguna manera estuvieron conmigo cuando los necesitaba, que me dieron su amistad en forma incondicional.

DEDICATORIA

A mis padres:

Dionicio Torralva Pérez y

Medarda Ponce Ramos

Por su gran esfuerzo y dedicación para que yo pudiera terminar mi carrera, pero sobretodo por su infinito amor, por ser siempre unos padres ejemplares, por todas sus enseñanzas para poder enfrentar siempre los reto de la vida. Gracias mamá y papá, han sido mi motor para seguir siempre adelante, los amo.

Con todo mi amor y respeto dedico, este logro de mi vida a mi hermano **Juan Carlos**, que aunque no esté físicamente conmigo, siempre está presente en mi corazón, se que creíste en mi, y serias la persona mas feliz si estuvieras aquí, gracias por los maravillosos momentos, nunca te olvidaré hermano.

A mis hermanas Charito y Vero, por toda su paciencia, cariño y entrega por mí, sin ustedes no lo hubiera logrado, son una parte elemental en mi vida.

A mis hermanos Leonel e Isaac, por sus consejos, su cariño y por creer siempre en mí.

A mi novio: Rosendo Castañeda López, por todo el amor y apoyo, por estar siempre a mi lado en los momentos más difíciles y celebrar conmigo mis logros, gracias Ross, te amo.

A Celina por ser una excelente amiga y también a todos mis compañeros que estuvieron conmigo durante la carrera.

A mi gran amigo Herminio por toda su paciencia que me tuvo cuando llegue a la universidad.

A todas las personas que siempre creyeron en mí.

RESUMEN

Día con día va en aumento el deterioro de los recursos naturales, causado por el mismo hombre, con el afán de obtener beneficios inmediatos de la naturaleza, sin medir las graves consecuencias para el futuro, pero todo esto a raíz del desarrollo de la revolución verde, ya que se produjo un sistema de producción de especialización e industrialización agropecuaria en los países desarrollados. A nivel global uno de los problemas que causa mayor preocupación es el referido a la degradación del suelo, que pone en riesgo a las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas del planeta. En México, del 60 a 64% de la superficie presenta problemas de degradación en diferentes niveles, moderado, severo o extremo, generados principalmente por el cambio de uso del suelo, el sobrepastoreo, el retiro de la cubierta vegetal para la expansión de las áreas de cultivo, el abandono de tierras de cultivos y el uso indiscriminado de agroquímicos. Dada a la importancia que tiene el recurso suelo para el funcionamiento de todos los agroecosistemas, es urgente considerar el uso de prácticas agroecológicas sustentables, para conservar la fertilidad de los suelos agrícolas, como es el uso de abonos orgánicos (compost, vermicompost, estiércol), la labranza de conservación, el manejo de cultivos de cobertura y los abonos verdes. Estas tecnologías de producción estables y de alta adaptabilidad ambiental y social, permitirán revertir las consecuencias negativas del deterioro físico, químico y biológico del suelo.

Palabras claves: Sustentabilidad, restauración del suelo, materia orgánica, prácticas agroecológicas.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIA.....	v
RESUMEN.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1. Deterioro ambiental.....	4
2.2. Problemas de desertificación en México y factores que la originan..	5
2.3. Importancia del suelo.....	8
2.4. Calidad del suelo.....	9
2.5. Importancia de la biomasa microbiana y materia orgánica en la calidad del suelo.....	10
2.6. Abonos orgánicos para la conservación de la fertilidad del suelo.....	11
2.6.1. Manejo del vermicompost y compost.....	14
2.6.2. Manejo de estiércol.....	16
2.7. Cultivos de cobertura.....	19
2.8. Abonos verdes.....	20
2.8.1. Especies de plantas leguminosas más usadas como abono verde.....	21
2.9. Labranza de conservación del suelo.....	25
III. CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA PARA LA CONSERVACIÓN DEL SUELO.....	28
IV. CONCLUSIONES.....	29

V. LITERATURA CITADA.....30

I.- INTRODUCCIÓN

La revolución industrial dio origen a un proceso de deterioro de los recursos naturales y de la calidad de vida, provocada por el antropocentrismo del hombre (Sánchez-Morales *et al.*, 2008), debido a que el manejo de los recursos para satisfacer las necesidades, se ha realizado con base a criterios económicos de beneficios inmediatos, sin considerar la conservación de ellos a mediano y largo plazo (Contreras-Hinojosa *et al.*, 2005).

A nivel global, uno de los problemas ambientales que causa mayor preocupación es el referido a la degradación del suelo. Este problema bajo la denominación específica de desertificación, y dirigida principalmente hacia las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas del planeta (Quiñónez y Dal, 2008), es causado por una compleja combinación de diversos factores, como las variaciones climáticas, y generalmente es acelerado por las actividades humanas (Contreras-Benítez *et al.*, 2002). Desafortunadamente, este tipo de zonas cubren una tercera parte del total de la tierra y son extremadamente vulnerables a la sobre-explotación y al uso inapropiado de la tierra (Quiñónez y Dal, 2008; Ruiz y Febles, 2004). Los patrones “modernos” de desarrollo agropecuario, tipo “Revolución Verde”, de alta especialización e industrialización de la agricultura, impulsados por los países desarrollados, “como única vía de solución” para la producción de alimentos, para abastecer a la población, han generado tales problemas del suelo, causando vulnerabilidad y baja resiliencia de los sistemas (Funes-Aguilar y Monzote, 2006).

Ante tales conflictos, han surgidos tanto a nivel mundial, nacional y regional, resultados favorables de sistemas agroecológicos que demuestran que son una alternativa racional para la producción de alimentos y que puede contribuir a resolver un gran número de los citados problemas (Funes-Aguilar y Monzote, 2006), como resultaría el diseño de un agroecosistema que imite la estructura y función de los ecosistemas naturales locales; esto es, un sistema con una alta diversidad de especies y un suelo biológicamente activo; que promueva el control natural de plagas, el reciclaje de los elementos nutritivos y una alta

cobertura del suelo que prevenga las pérdidas de recursos edáficos (Altieri, 2001; Sans, 2007).

La agroecología permite ver la relación holística, sistémica y entrópica, que define, clasifica y estudia los sistemas agrícolas desde una perspectiva étnica, agroecológica, sociocultural. Su objetivo es proporcionar una base ecológica racional para el manejo del agroecosistema, a través de tecnologías de producción estables y de alta adaptabilidad ambiental y social, con técnicas naturales (Martínez-Castillo, 2004).

La fertilidad del suelo se evalúa mediante tres características, físicas, químicas y biológicas (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001) y se define como la capacidad para proporcionar a las plantas un medio físico, que permita su establecimiento y desarrollo y suministre, en cantidad y forma adecuada, los nutrientes que necesitan para satisfacer sus necesidades (Acuña *et al.*, 2006; Julca-Otiniano *et al.*, 2006).

Para poder lograr la conservación de la fertilidad del suelo, es necesario el manejo de prácticas agroecológicas como, la diversificación de los sistemas de producción, el incremento de la cobertura vegetal, el reciclaje de los recursos orgánicos para producción de abonos, el uso de abonos verdes (Brechelt, 2004), la siembra bajo coberturas vegetales de diferentes cultivos con el apoyo de barreras vivas, la labranza en contornos (Claro *et al.*, 2000); así como los sistemas conservacionistas de manejo como la siembra directa y de mínima labranza, que llevan la mecanización de la siembra y el control de malezas a su mínima expresión. En estos manejos se usa, como mínimo, una cobertura vegetal (viva o muerta) de 30% de residuos (Hernández-Hernández y López-Hernández, 2002).

Dichas tecnologías y prácticas agrícolas no tienen efectos adversos sobre el ambiente, son accesibles y eficaces para los agricultores, llevan a una mejora de la productividad alimentaria y tienen efectos secundarios positivos sobre los bienes y servicios ambientales (Pretty, 2008). El uso eficiente y sustentable del

recurso suelo permitirá revertir las consecuencias negativas de su deterioro físico, químico y biológico (Perales *et al.*, 2009).

El propósito del presente trabajo monográfico, es el de presentar un análisis de la información científica disponible sobre el tema de prácticas de conservación de la fertilidad del suelo, que es uno de los principales problemas del suelo que enfrentan los productores del campo mexicano.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Deterioro ambiental

El ambiente, que es todo lo que nos rodea, el hombre lo está degradando y se olvida que la Tierra es una unidad global y finita (Cantú-Martínez, 2002); la causa mayor del deterioro continuo del ambiente son los modelos insostenibles de producción de alimentos y consumo, particularmente en los países industrializados (Colín, 2003).

En las últimas décadas la agricultura mundial se ha orientado hacia el paradigma de la “revolución verde”, la cual ha implicado alta dependencia de insumos externos, intensificación y búsqueda de una mayor productividad y rentabilidad agrícola, lo cual ha llevado a un deterioro ambiental (Pérez-Vázquez y Landeros-Sánchez, 2009), que se ve reflejado en la pérdida de la diversidad biológica, en la disminución de los recursos forestales, la erosión del suelo, el cambio climático, la deforestación (Lira-Saldivar y Medina-Torres, 2007).

Ante la gravedad de las situaciones descritas, los principales retos que deben enfrentar los productores agrícolas son los de satisfacer la demanda de alimentos y mantener en niveles sustentables los recursos naturales tales como, suelo, agua, vegetación, fauna (Pérez-Vázquez y Landeros-Sánchez, 2009).

La sustentabilidad es el manejo eficiente y racional de los recursos naturales, de manera tal que sea posible mejorar el bienestar de la población actual sin comprometer la calidad de vida de las generaciones futuras (Gastó *et al.*, 2007), éste es un concepto normativo que engloba dimensiones ecológicas, sociales y económicas de conservación y cambio; que si bien presentan diferentes objetivos de desarrollo, éstos se interactúan para sostener la integridad de los sistemas (Lira-Saldivar y Medina-Torres, 2007).

El problema de degradación del suelo es cada vez más impactante a nivel global; cada año se pierden 100 mil hectáreas de tierras de pastoreo en

Marruecos, Argelia y Túnez. El problema también afecta a China, Corea, Irak, Pakistán, y a varios de los países de la antigua Unión Soviética, el norte de México, el suroeste de Estados Unidos, la región pampeana argentina, el norte de Chile, Brasil, Bolivia, Perú y España. En el caso de España, 40 por ciento de sus suelos están en riesgo de degradación. En Brasil, la región más afectada es la noreste, en Estados Unidos, las áreas más degradadas son las del suroeste, en el oeste de Texas (Schoijet, 2005).

En México la degradación del suelo afecta a varios estados, principalmente, Sonora, Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y San Luis Potosí en el norte; Querétaro en el centro; y los de Guerrero, Oaxaca, Michoacán y Chiapas en el occidente y sureste entre otros, figura 1 (Schoijet, 2005).

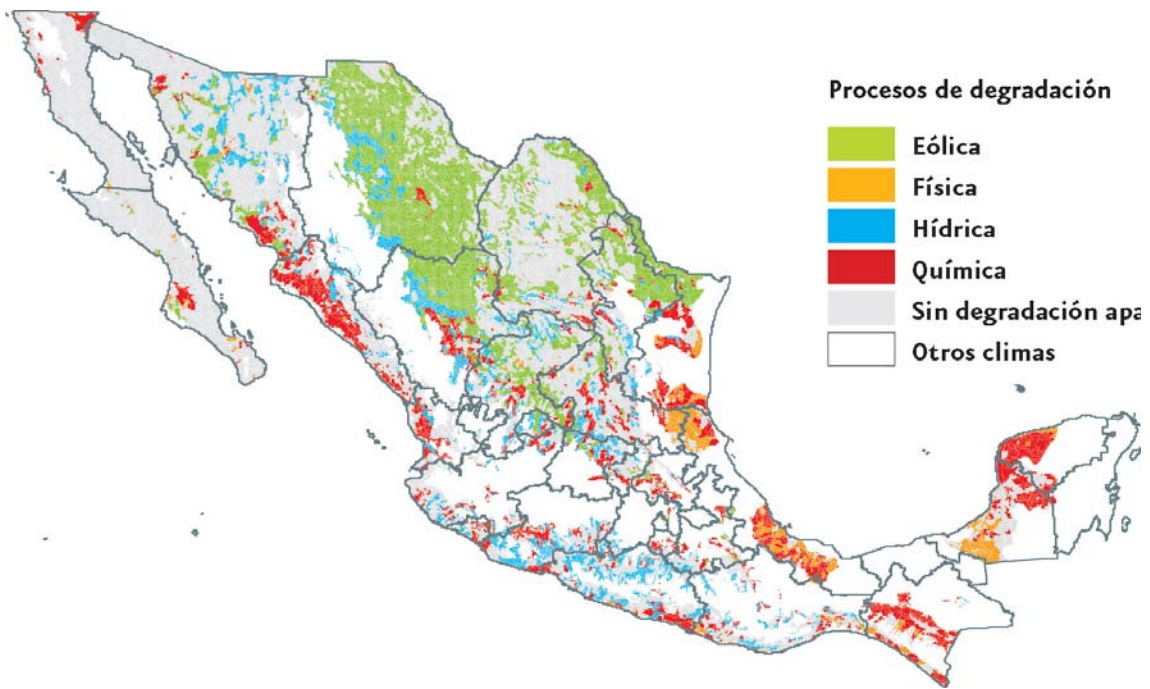


Figura 1. Mapa de los tipos de degradación de suelo en México (SEMARNAT, 2008).

2.2 Problema de desertificación en México y los factores que la originan.

La desertificación es el proceso de degradación del suelo, en zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas, es un conjunto de procesos dinámicos (físicos, químicos y biológicos) que afectan la productividad de los ecosistemas, lo cual puede llegar a ser irreversible y tener consecuencias sociales, económicas, ecológicas y políticas (Torres-Benites *et al.*, 2003). Esta degradación se relaciona con el uso inadecuado de los recursos agua, suelo, flora y fauna; los dos primeros son la base fundamental para el abastecimiento de alimentos para las plantas, los animales y el hombre (Ruiz y Febles, 2004).

La República Mexicana cuenta con una superficie continental de 1'958,201 km² (cuadro 1). Alrededor del 52.5% de la superficie total es árida y semiárida. No obstante las limitaciones climáticas que presentan éstas, las áreas agrícolas más importantes están localizadas precisamente en estas regiones, donde se efectúa una parte considerable de la agricultura de riego y también se localizan extensas superficies de maíz y frijol de temporal. Los problemas se agudizan en las áreas de riego, donde la extracción del agua es superior a la infiltración, provocando la salinización de grandes superficies (Ruiz y Febles, 2004).

Cuadro 1: tipos de degradación del suelo

Tipo de degradación	Superficie afectada (miles de km ²)	Porcentaje respecto al total con degradación	Porcentaje respecto al total nacional
Total nacional	1959	ND	100.0
Total con degradación	1255	100.0	64.0
Erosión hídrica	725	57.8	37.0
Erosión eólica	292	23.3	14.9
Degradación química	133	10.6	6.8
Degradación biológica	71	5.6	3.6
Degradación física	35	2.8	1.8
Ninguna	704	ND	36.0

ND= No Disponible

Fuente: SEMARNAT, 2006.

En México, del 60 a 64% de la superficie presenta problemas de degradación en diferentes niveles, moderado, severo o extremo (CONAFOR, 2009; Ruiz y Febles, 2004).

El impacto sobre el recurso suelo, es ocasionado en gran medida por las actividades agropecuarias (Cotler *et al.*, 2007) y la expansión de las ciudades (García-Estarrón, 2008), constituyen la principal causa de la degradación de suelos a nivel nacional. Los ecosistemas transformados para la producción ganadera bovina, es el uso del suelo más extendido en todo el territorio. En México, cerca de 110 millones de hectáreas se utilizan para ganadería de forma permanente o estacional; la mayoría en zonas áridas y semiáridas (Cotler *et al.*, 2007).

El retiro de la cubierta vegetal natural para la expansión de la agricultura, en México, al igual que en otros países, se ha basado, en gran parte, en la ampliación de la frontera agrícola, es decir, en la transformación de ecosistemas naturales a campos de cultivo. La tierra total dedicada a la agricultura (incluyendo campos en barbecho y abandonados) aumentó aproximadamente a 2.6 millones de hectáreas de 1993 a 2001, con un ritmo anual de 1.16% (Cotler *et al.*, 2007).

Por otro lado, los productores de 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. Se ha demostrado que el uso indiscriminado de agroquímicos produce degradación física, química y biológica del suelo, debido a la disminución del contenido de materia orgánica (MO), la acumulación residual de sales solubles y la reducción de su población microbiana (Villarreal-Romero *et al.*, 2006).

2.3 Importancia del suelo

El suelo es un recurso natural no renovable en una escala de tiempo humano en función de una tasa de formación muy lenta, es un sistema multifuncional complejo: produce biomasa; protege a organismos y microorganismos que viven exclusivamente en su interior (Añó *et al.*, 2005; Cotler *et al.*, 2007); aporta el soporte físico de las actividades antropogénicas; es fuente de materias primas; participa en los ciclos bioquímicos, geoquímicos e hidrológico que existen en la naturaleza; filtra, neutraliza y transforma sustancias contaminantes, etc. Por estos motivos el conocimiento del medio edáfico representa un elemento clave en los estudios de planificación de usos del suelo (Añó *et al.*, 2005). El suelo no solo es la base para la agricultura y para los diferentes ecosistemas, sino que además de él depende toda la vida del planeta (Cerón-Rincón y Melgarejo-Muñoz, 2005).

Desde un punto de vista biológico, el suelo es un ser vivo que posee su propio metabolismo: un ser terrestre que aspira oxígeno y libera gas carbónico (CO₂), cuyos órganos están dispersos y libres. Este concepto ancestral de ser vivo se desvirtuó con el uso abusivo de los agroquímicos, pasando el suelo a ser considerado solo como un soporte; En general en el suelo se desarrollan fenómenos físicos, químicos y microbiológicos esenciales para el éxito de la producción vegetal (Boschini-Figueroa *et al.*, 2009)

El sistema suelo está constituido por tres fases; sólida, líquida y gaseosa. La fase sólida es dominante y consiste en partículas de diferentes tamaños rodeadas por agua y gases. En términos de peso, los componentes del sistema suelo son divididos de la siguiente forma: materia inorgánica (45%), agua (20-30%), aire (20-30%) y MO (5%); el balance dinámico de estos procesos es fundamental para mantener la salud y calidad del suelo (George, 2006).

2.4 Calidad del suelo

La salud del suelo es un término que se utiliza ampliamente en debates sobre la agricultura sostenible para describir la calidad de dicho recurso (Kibblewhite *et al.*, 2008). La calidad y salud del suelo son conceptos equivalentes, no siempre considerados sinónimos. La calidad debe interpretarse como la utilidad del suelo para un propósito específico en el tiempo. El estado en que se encuentren los contenidos de materia orgánica, diversidad de organismos o productos microbianos es lo que constituyen la salud del suelo (Bautista-Cruz *et al.*, 2004). Éstos se asocian con su capacidad para producir cosechas sanas y abundantes o sostener una vegetación natural en condiciones cercanas a las óptimas (Cotler *et al.*, 2007).

El suelo es uno de los factores importantes de la producción agrícola. El mantenimiento de su calidad es fundamental en el rendimiento de los cultivos y el desarrollo sostenible. La calidad del suelo desempeña un papel en seis funciones principales: producción de alimentos y fibras, la erosión del suelo, la calidad del agua subterránea, del agua superficial, del aire y la calidad de los alimentos (Hosseini *et al.*, 2008).

Un ecosistema saludable está definido por la integración de los ciclos de los elementos nutritivos y de los flujos de energía, por la estabilidad y elasticidad frente a una alteración o estrés y la respuesta de los suelos y de los ecosistemas, a una alteración, tiene dos componentes: resistencia y resiliencia. La resistencia, es la capacidad inherente del sistema para tolerar la alteración; y la resiliencia, es la capacidad amortiguadora y la habilidad para regenerarse (Cerón-Rincón y Melgarejo-Muñoz, 2005).

A pesar de la preocupación creciente acerca de la degradación del suelo, de la disminución en su calidad y de su impacto en el bienestar de la humanidad y el ambiente, aún no hay criterios universales para evaluar los cambios en la calidad del suelo. Sin embargo se conocen ciertas variables que se usan como indicadores, pues representan una condición y conllevan información acerca de los cambios o tendencias de esa condición. Los indicadores son instrumentos

de análisis que permiten simplificar, cuantificar y comunicar fenómenos complejos. Tales indicadores se aplican en muchos campos del conocimiento (economía, salud, recursos naturales, etc.). Los indicadores de calidad del suelo pueden ser propiedades físicas, químicas y biológicas, o procesos que ocurren en él (Bautista-Cruz *et al.*, 2004).

Los componentes del suelo que más se han usado para evaluar su calidad son, la biomasa microbiana, contenido de materia orgánica (Hernández-Hernández y López-Hernández, 2002), el carbono orgánico total, el nitrógeno potencialmente mineralizable; así como la macrofauna del suelo, tales como, las lombrices y termitas (Castro *et al.*, 2007).

2.5 Importancia de la biomasa microbiana y materia orgánica en la calidad del suelo.

La biomasa microbiana (BM) puede definirse como la parte viva de la materia orgánica del suelo (Acosta y Paolini, 2006; Iglesias, 2008), responsable principalmente de la descomposición y reconversión de la materia orgánica y la transformación de los elementos nutritivos. Actualmente se ha reconocido el papel que juegan los microorganismos en la retención y liberación de elementos nutritivos en el suelo, en la energía del sistema y en el mejoramiento de su fertilidad (Acosta y Paolini, 2006). Lo anterior se debe a que los microorganismos, ya sea de vida libre o asociados simbióticamente con las plantas, son capaces de transformar el nitrógeno atmosférico (N_2) a nitrógeno mineral, para poder ser absorbido por las plantas en forma de iones amonio (NH_4^+) y nitrato (NO_3^-) (Urzúa, 2005).

La fertilidad biológica del suelo, se relaciona estrechamente con la actividad de la biomasa microbiana, ya que ésta es muy importante y es el principal motor de la descomposición de la materia orgánica derivada de los residuos vegetales y animales, así como del reciclaje de la misma (Astier-Calderón *et al.*, 2002); durante el proceso de descomposición, parte del carbono es asimilado en los tejidos microbianos (biomasa microbiana), y otra parte es

convertido en sustancias húmicas estables (ácidos húmicos, ácidos fúlvicos y huminas) (Sánchez *et al.*, 2005), las cuales elevan la capacidad de intercambio catiónico de los suelos al formar complejos arcilla-húmicos y complejos fosfo-húmicos que mantienen el fósforo en un estado asimilable por la planta (Félix-Herrán *et al.*, 2008). En consecuencia, la MO ejerce una serie de efectos beneficiosos sobre la fertilidad del suelo y el crecimiento de las plantas, no sólo a través del suministro de elementos nutritivos, sino además por sus efectos favorables sobre el suelo (Sánchez *et al.*, 2005).

La descomposición de materia orgánica constituye un proceso clave y limitante en los ciclos de los macronutrientes, ya que constituye un proceso ecosistémico de importancia comparable a la producción primaria, un ecosistema necesita básicamente sólo productores y descomponedores para existir. Así, la descomposición completa los ciclos biogeoquímicos iniciados por los procesos fotosintéticos o quimiosintéticos y es la etapa final en las cadenas tróficas liberando elementos inorgánicos. Los microorganismos heterotróficos (hongos y bacterias) provocan el reciclado de la materia orgánica e inorgánica. Los microorganismos actúan de vínculo entre los procesos de producción primaria y secundaria (Álvarez, 2005).

La MO del suelo desempeña un papel importante en la producción de cultivos, así como para el secuestro de carbono; las prácticas de cultivo que reducen este componente se traducen en efectos negativos sobre la calidad y la productividad del suelo, así como el aumento de emisiones de CO₂. Tales prácticas son, la intensidad creciente de labranza, un manejo que lleva a una mayor erosión del suelo, y/o la reducción de la incorporación de materiales orgánicos al suelo (Cruse y Herndl, 2009).

2.6 Abonos orgánicos para la recuperación de la fertilidad del suelo

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 elementos nutritivos a los cultivos y su efecto en el suelo

varían según su procedencia, edad, manejo y contenido de humedad (López-Martínez *et al.*, 2001). En la actualidad existe una gran variedad de métodos, técnicas y prácticas (biodegradación aeróbica, biodigestión, lombricultura, etc.) dirigidas al manejo de desechos orgánicos que permiten su aprovechamiento como materia prima para la elaboración de abonos orgánicos contribuyendo a resolver problemas de contaminación ambiental (Matheus *et al.*, 2007).

El uso y manejo de la materia orgánica y su reciclamiento son considerados como elementos importantes en la sostenibilidad agrícola. La aplicación de materia orgánica, independientemente de su fuente, tiene como principal objetivo propiciar el mejoramiento de la estructura y características químicas de los suelos (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001), incrementando la productividad de los sistemas agrícolas a través del tiempo (Matheus *et al.*, 2007); ya que constituyen un importante reservorio de C, N y P para la nutrición de las plantas con lo cual se puede disminuir o sustituir la aplicación de fertilizantes de origen industrial (Beltrán-Morales *et al.*, 2006).

La incorporación de abonos orgánicos contribuye en forma significativa a la inducción de la diversidad y actividad microbiana; con ello se modifican todos los aspectos bioquímicos y fisicoquímicos que intervienen en el mejoramiento de la fertilidad del suelo; cuando se adicionan al suelo los abonos orgánicos, éstos se exponen a los procesos de mineralización mediante reacciones de oxidación y reducción, favorecidos por la humedad, la temperatura y el pH, la profundidad del suelo y la aireación. Estos procesos provocan que los compuestos, sustancias y elementos contenidos en los residuos orgánicos sean transformados y liberados para su disponibilidad para las plantas (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001); ya que se reciclan elementos como, fósforo, nitrógeno, azufre y dióxido de carbono (León-Nájera *et al.*, 2006).

La relación C:N es un factor muy importante en el proceso de mineralización de un abono orgánico, ya que los contenidos de C y N son esenciales para la vida y la reproducción de los microorganismos. Los microorganismos necesitan C como fuente de energía y, junto con el N, para la síntesis de proteínas y estructuras celulares; por tal motivo es conveniente que dicha relación se

encuentre entre 20 y 25. Determinar la relación C:N de un abono orgánico, es de gran ayuda, para saber si habrá mineralización o inmovilización del N contenido en el abono orgánico (Cerrato *et al.*, 2007).

López-Martínez y colaboradores (2001), señalan los beneficios al suelo al incorporar abonos orgánicos, los cuales se pueden apreciar en los cuadros 2 y 3, donde se presentan los valores de las propiedades físicas evaluadas antes y después de la aplicación de los abonos orgánicos en el suelo. En dichos cuadros comparativos se observa que la capacidad de campo (CC), el punto de marchitez permanente (PMP) y la humedad aprovechable (HA) mostraron cambios en los valores antes y después de la aplicación; de hecho, los valores después de la aplicación fueron 10% mayores.

Cuadro 2: características físicas del suelo en el estrato de 0 a 30 cm antes de la siembra. Venecia, Durango (López-Martínez *et al.*, 2001).

Tratamiento	Arena	Limo	Arcilla	Textura [†]	CC [‡]	PMP	HA
	----- % -----				----- % -----		
A1B1 [§]	38.00	42.00	20.00	Franco	32.7	17.7	15.0
A1B2	38.96	42.00	19.04	Franco	26.7	14.5	12.2
A1B3	38.96	41.00	20.04	Franco	32.7	17.7	15.0
A2B1	38.96	42.00	19.04	Franco	26.7	14.5	12.2
A2B2	22.00	27.50	50.50	Arcilloso	32.7	17.7	15.0
A2B3	23.50	28.00	48.50	Arcilloso	45.7	24.5	21.2
A3B1	22.50	27.50	50.00	Arcilloso	32.7	17.7	15.0
A3B2	38.96	42.00	19.04	Franco	26.7	14.5	12.2
A3B3	40.00	42.00	18.00	Franco	32.7	17.7	15.0
A4B1	38.96	40.00	21.04	Franco	26.7	14.5	12.2
A4B2	38.96	42.00	19.04	Franco	32.7	17.7	15.0
A4B3	38.96	42.00	19.04	Franco	26.7	14.5	12.2

CC = capacidad de campo. PMP = porcentaje de marchitamiento permanente. HA = humedad aprovechable.

A = tratamientos de fertilización orgánica (A1 = bovino; A2 = caprino; A3 = compost; A4 = gallinaza).

B = dosis (B1 = 20, B2 = 30, B3 = 40 t ha⁻¹ para bovino, caprino y compost; B1 = 4, B2 = 8 y B3 = 12 t ha⁻¹ para gallinaza).

Cuadro 3: características físicas del suelo en el estrato de 30 cm después de la aplicación de abonos orgánicos. Venecia, Durango (López-Martínez *et al.*, 2001).

Tratamiento	Arena	Limo	Arcilla	Textura [†]	CC [‡]	PMP	HA
	----- % -----				----- % -----		
A1B1 [§]	42.56	38.0	19.44	Franco	26.8	14.5	12.3
A1B2	40.56	38.0	21.44	Franco	29.2	15.8	13.4
A1B3	40.20	38.0	21.80	Franco	29.2	15.8	13.4
A2B1	38.56	40.0	21.44	Franco	30.0	16.3	13.7
A2B2	22.56	27.44	50.0	Arcilloso	31.2	16.9	14.3
A2B3	22.56	27.44	50.0	Arcilloso	46.2	25.1	21.1
A3B1	24.20	29.8	46.0	Arcilloso	32.1	17.4	14.7
A3B2	30.56	44.0	25.44	Franco	28.4	15.4	13.0
A3B3	34.92	42.0	23.08	Franco	32.5	17.6	14.9
A4B1	39.28	40.0	20.72	Franco	28.7	15.5	13.2
A4B2	38.56	38.0	23.44	Franco	29.8	16.1	13.7
A4B3	34.92	42.0	23.08	Franco	30.5	16.5	14.0

CC = capacidad de campo. PMP = porcentaje de marchitamiento permanente. HA = humedad aprovechable.

A = tratamientos de fertilización orgánica (A1 = bovino; A2 = caprino; A3 = compost; A4 = gallinaza).

B = dosis (B1 = 20, B2 = 30, B3 = 40 t ha⁻¹ para bovino, caprino y compost; B1 = 4, B2 = 8 y B3 = 12 t ha⁻¹ para gallinaza).

2.6.1 Manejo del vermicompost y compost

La transformación de la materia orgánica puede llevarse a cabo, mediante procesos bien caracterizados como el composteo y vermicomposteo, este último involucra la incorporación y actividad de ciertas lombrices de tierra; ambos procesos biotecnológicos son excelentes para generar abonos agrícolas naturales (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001).

Las lombrices de tierra tienen una función importante en la degradación de desechos orgánicos. Después de su digestión, las excretas de éstas, se caracterizan por un alto contenido microbiano. La masa total de excreción es conocida como vermicompost. Las especies que más se utilizan para el proceso son: *Eisenia foetida*, *E. andrie*, *Eudrilus eugeniae* y *Perionyx excavatus* (Sánchez-Hernández *et al.*, 2007).

El vermicompost está enriquecido tanto química como biológicamente por la actividad de las lombrices y por la dinámica microbiana y bioquímica que se establece durante el proceso (Ferrera-Cerrato y Alarcón, 2001; Moreno-Reséndez *et al.*, 2005).

El vermicompost, es de tamaño fino, como los materiales tipo “peat moss” (Moreno-Reséndez *et al.*, 2005) con alta porosidad y por ende aireación y drenaje y, a su vez, una alta capacidad de retención de agua (Brito-Vega *et al.*, 2006; Moreno-Reséndez *et al.*, 2005). Comparado con la materia prima que lo genera, tiene reducidas cantidades de sales solubles, mayor capacidad de intercambio catiónico, y un elevado contenido de ácidos húmicos totales (Moreno-Reséndez *et al.*, 2005). De acuerdo al uso que se destine, se puede clasificar como: fertilizante orgánico, mejorador del suelo y medio de crecimiento (MC) para especies vegetales que se desarrollan en invernaderos (Moreno-Reséndez, 2005).

Generalmente en la vermicultura, la lombriz roja californiana (*Eisenia foetida*) es la que se ha usado con más éxito para transformar el estiércol y demás residuos orgánicos acumulados; los múltiples beneficios de la lombricultura son (Rios, 2010):

- Elimina una fuente de contaminación importante.
- Produce orgánicamente una enmienda para el suelo.
- Posibilita el ahorro en la compra de fertilizantes químicos.
- Si el mercado lo permite, genera una posible actividad rentable paralela sin necesidad de grandes inversiones, ni demasiado trabajo extra.
- De un residuo contaminante, en poco tiempo, y en forma natural se logra un producto que reingresa a los suelos una gran cantidad de materia orgánica con la consiguiente mejora en productividad.

El compostaje es un proceso aeróbico, biológico, termofílico de degradación y de estabilización de la MO bajo condiciones controladas. Durante el proceso los sustratos más lábiles de la MO (azúcares, aminoácidos, lípidos y celulosa) son descompuestos, bajo condiciones controladas, en menor tiempo por microorganismos mesófilos, la proporción de éstos varía según el sustrato. Posteriormente, se lleva a cabo la descomposición de los materiales más recalcitrantes (hemicelulosa y lignina) por organismos termófilos (45 - 65 °C). Por último la MO pasa a la formación de sustancias húmicas, durante la fase de enfriamiento y maduración (Moreno-Reséndez, 2005). En el cuadro 4 se

presentan las condiciones ideales para el proceso del compostaje. Las prácticas de manejo deben crear las condiciones óptimas para el establecimiento y desarrollo de microorganismos, ya que éstos son los responsables de la transformación de los desechos orgánicos en compost.

Cuadro 4: condiciones ideales de compostaje (Soto y Muñoz, 2002).

Condición	Ambito aceptable	Condición óptima
Relación C:N	20:1 – 40:1	25:1 – 30:1
Humedad	40 – 65%	50 – 60 %
Oxígeno	+ 5%	^a 8%
pH	5,5 – 9,0	6,5 – 8,0
Temperatura °C	55 – 75	65 – 70°C
Tamaño de partícula	0,5 – 1,0	variable

El compost tiene efectos positivos en el suelo, tales como: incremento en la actividad de la fauna del suelo, reducción de microorganismos patógenos, incremento en la densidad aparente, estabilización del pH, incremento de la capacidad de intercambio catiónico, eliminación de patógenos y semillas de malezas por las altas temperaturas generadas por la actividad microbiana; por todo esto se le considera como un mejorador del suelo (Soto y Muñoz, 2002).

El compostaje es el mejor camino para obtener la máxima estabilización del Carbono, un factor importante en la conservación y recuperación del suelo (Nourbakhsh, 2007). Para fines de bioremediación de suelos agrícolas de zonas áridas y semiáridas, los mejores resultados se han obtenido con la aplicación de 50 t·ha⁻¹ (Nieto-Garibay *et al.*, 2002).

2.6.2 Manejo de estiércol

El estiércol contiene un buen número de elementos nutritivos para las plantas (cuadro 7). Casi la mitad del nitrógeno que contiene el estiércol está en forma amoniacal, si se maneja adecuadamente, es disponible inmediatamente para las plantas. El N restante se encuentra en diversos compuestos orgánicos que no pueden asimilarlo las plantas. El nitrógeno orgánico debe ser convertido a nitrógeno mineral antes de ser absorbido por las plantas. La liberación de

nitrógeno a partir del nitrógeno orgánico es un proceso microbiano que está regulado por la temperatura y humedad del suelo y que continúa por dos o tres años después de ser aplicado al suelo. Entre 25 y 75 por ciento del nitrógeno en el estiércol está disponible durante el año en que se aplica, esto dependiendo del tipo de estiércol y la forma en que se ha manejado. Aproximadamente la mitad del nitrógeno será liberada al año siguiente y así sucesivamente (Moncayo, 2003).

Cuadro 7: composición de estiércoles de bovinos y gallinaza en base al momento de su aplicación al suelo en terrenos de productores de la Comarca Lagunera, Coahuila México. (Orona-Castillo *et al.*, 2007).

Elemento nutritivo	Estiércol rango *	Bovino promedio *	Estiércol rango *	Gallinaza promedio
Nitrógeno	9.1-24.4	14.2	26-46.5	34.7
Fosforo	9.4-18.8	11.7	27.5-73.4	24.4
Potasio	17.9-47.8	34.1	13.1-36.8	20.9
Calcio	23.4-56.5	36.8	27-88.1	61.2
Magnesio	4.5-10.4	7.1	5-10.3	8.3
Sodio	2.5-7.5	5.1	3-7.9	5.6
Sales solubles	32-91	50	42-83	56
Materia orgánica	270-620	510	570-850	700

* Kilogramo de elemento nutritivo por tonelada seca de abono.

El estiércol incrementa la materia orgánica y mejora la estructura física del suelo, incrementa la capacidad de retención de humedad y la infiltración, lo que reduce las pérdidas por acarreo. El estiércol también reduce los problemas de encostramiento y la susceptibilidad a la erosión por viento (eólica) y por agua (hídrica) (Martínez, 2006).

El estiércol deberá ser añadido a la tierra durante la preparación del suelo y antes de la siembra; ya que al no ser tratado, los microorganismos en el suelo pueden reducir el número de organismos patógenos presentes en él; dejar pasar al máximo de tiempo (aproximadamente un año) entre la aplicación del estiércol y la siembra. La cantidad de tiempo que las bacterias patógenas pueden sobrevivir en el estiércol se desconoce, pero algunos investigadores estiman que dependiendo de las condiciones ambientales, el período de supervivencia puede llegar a un año o más. También es conveniente que para

la incorporación de estiércol en suelos agrícolas se tenga el conocimiento del porcentaje de descomposición o también llamada “tasa de mineralización”. Este porcentaje debe ser estimado para diferentes condiciones edáficas y agroecológicas, de tal manera que puedan utilizarse de apoyo para el cálculo de dosis del abono orgánico de interés (Salazar-Sosa *et al.*, 2010). En el cuadro 5 se muestra la tasa de descomposición de estiércoles comúnmente utilizados en la agricultura; el estiércol al primer año se descompone en un 35 %, el residual del primer año se descompone en un 15 % en el segundo año, el residual del segundo se descompone en un 10 % en el tercer año y el residual del tercer año en un 5% en el cuarto año (SAGARPA, s/f).

Cuadro 5: tasa de descomposición de diferentes estiércoles (SAGARPA, s/f) .

Estiércol	Año después de su aplicación			
	Primero	Segundo	Tercero	Cuarto
Vacuno	0.35	0.15	0.10	0.05
Gallinaza	0.90	0.10	0.05	-
Porqueraza	0.65	0.30	0.10	-
Equino	0.30	0.15	0.10	0.05
Caprino	0.32	0.18	0.10	0.05

La dosis de aplicación de estiércol con las que se han tenido excelentes resultados tanto en el suelo como en el cultivo son, para gallinaza 4 a 8 t•ha⁻¹ y bovino de 20 a 30 t•ha⁻¹; sin embargo esta dosis de aplicación dependerá del tipo de suelo, del cultivo y de la procedencia del estiércol (especie de animal) (López-Martínez *et al.*, 2001).

Para condiciones de zonas áridas como la Comarca Lagunera se debe de tener un amplio cuidado con la concentración de sales y nitratos permisible. Para no salinizar se recomienda sembrar dos cultivos al año siendo el segundo un pasto o avena que consuman más sales y empezar la aplicación de estiércol con 80 t•ha⁻¹ y después del tercer año reducir la aplicación a 40 t•ha⁻¹ (Martínez-Ríos *et al.*, 2002), teniendo presente las siguientes consideraciones:

- Independientemente de la forma que se aplique el estiércol deberá ser incorporado en un tiempo razonable (un mes) antes de la siembra del cultivo.
- Se deberá tener las condiciones adecuadas de aireación, temperatura y humedad en el suelo para alcanzar la máxima mineralización.
- Las oscilación de la temperatura entre 20 y 37 °C ideales para la biodegradación.
- Se deberá tener en mente que parte del estiércol aplicado (en forma de humus) permanecerá en el suelo por largos periodos de tiempo y que no todo el estiércol será biodegradado.

La composición química del estiércol varía de acuerdo al tipo de animales que se trate y en función a su dieta (INIFAP, 2005). Como se puede observar en el cuadro 6, la gallinaza presenta en general el mayor contenido de N, así como de fósforo y magnesio.

Cuadro 6. Composición del estiércol de diferentes especies de animales (INIFAP, 2005).

Elemento (%)	Bovino	Gallinaza	Porcino	Ovino
Nitrógeno	2-8	5-8	3-5	3-5
Fósforo	0.2-1.0	1-2	0.5-1.0	0.4-0.8
Potasio	1-3	1-2	1-2	2-3
Magnesio	1.0-1.5	2-3	0.08	0.2

2.7 Cultivos de cobertura

Los cultivos de cobertura se definen como una cobertura vegetal viva, que cubre el suelo en forma temporal o permanente, cultivada en asociación con otras plantas (intercalado, en relevo o en rotación) (Sanclemente-Reyes, 2009). Aunque los cultivos de cobertura pueden pertenecer a cualquier familia de plantas, la mayoría son leguminosas (Puertas *et al.*, 2008).

Los cultivos de cobertura (CC) mejoran las condiciones de fertilidad de los suelos agrícolas. Debido a esto, uno de los propósitos de promover la utilización de los cultivos de cobertura ha sido el poder reducir la dependencia de fertilizantes de síntesis química, los cuáles son costosos y muchas veces no disponibles localmente, para lograr producciones adecuadas de alimentos (Sanclemente-Reyes, 2009).

Los CC han sido utilizados tradicionalmente para controlar la erosión pero pueden cumplir múltiples funciones en el sistema de producción. Por ejemplo, son utilizados para reducir la compactación, minimizar la lixiviación de nitratos residuales, incrementar el contenido de C y nitrógeno (N) del suelo, controlar malezas y aportar N mineral al cultivo siguiente (Ruffo y Parsons, 2004).

2.8 Abonos verdes

El abono verde es un cultivo que se siembra en rotación o en asociación con un cultivo comercial, el cuál es incorporado al suelo *in situ*. De hecho, la forma de adicionar elementos nutritivos al suelo (principalmente nitrógeno) es mediante la siembra de abonos verdes, que actúan como cubierta del suelo y lo protegen de la erosión y de la compactación por acción de la lluvia, además reduce la pérdida de humedad por evapotranspiración (Félix-Herrán *et al.*, 2008); sobre todo las leguminosas las cuales contribuyen a la recuperación de la fertilidad del suelo mediante la fijación de nitrógeno atmosférico, puede mejorar sus propiedades físicas, controlar plagas y enfermedades, reducir la competencia de malezas, aumenta la capacidad de intercambio catiónico y la disponibilidad de macro y microelementos (Beltrán-Morales *et al.*, 2005; Gili *et al.*, 2007; Ruiz-Espinoza *et al.*, 2007).

La gran ventaja del uso de leguminosas como abonos verdes, es que los residuos se descomponen rápidamente y la liberación de nitrógeno en el suelo es mayor y más temprana que las no leguminosas, ya que las primeras pueden suministrar de 51-200 kg•ha⁻¹ de N (Sainju *et al.*, 2003).

Si las leguminosas se integraran en el sistema de producción agrícola, combinadas con estiércoles, además de otros residuos agrícolas, la cantidad de fertilizantes nitrogenados del exterior del sistema, podrían ser reducido o eliminados por completo (Wang, 2009).

2.8.1 Especies de plantas leguminosas más usadas como abono verde.

La *Mucuna pruriens* o *Dolichos pruriens* y *Clitoria ternatea* son especies de leguminosas que se han utilizado con éxito para mejorar la fertilidad del suelo. La *Mucuna pruriens*, comúnmente conocida como frijol terciopelo, 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 (Villarreal-Romero *et al.*, 2006); durante un ciclo de cultivo, en la época seca, puede descomponerse hasta 65% de los residuos de *Mucuna*, por lo que incorporando este material un mes antes de la fecha de siembra, por ejemplo para el caso de maíz, es posible sincronizar la liberación de N con las demandas de este cultivo. La hoja de *Mucuna* es el componente que mayor cantidad de N aporta, en comparación con el tallo; la *Mucuna* puede aportar al suelo de 50 – 200 kg N·ha⁻¹ (Gerónimo-Cruz *et al.*, 2002), por los beneficios que posee la *Mucuna*, hace que sea la especie más usada como abono verde (Figura 2).

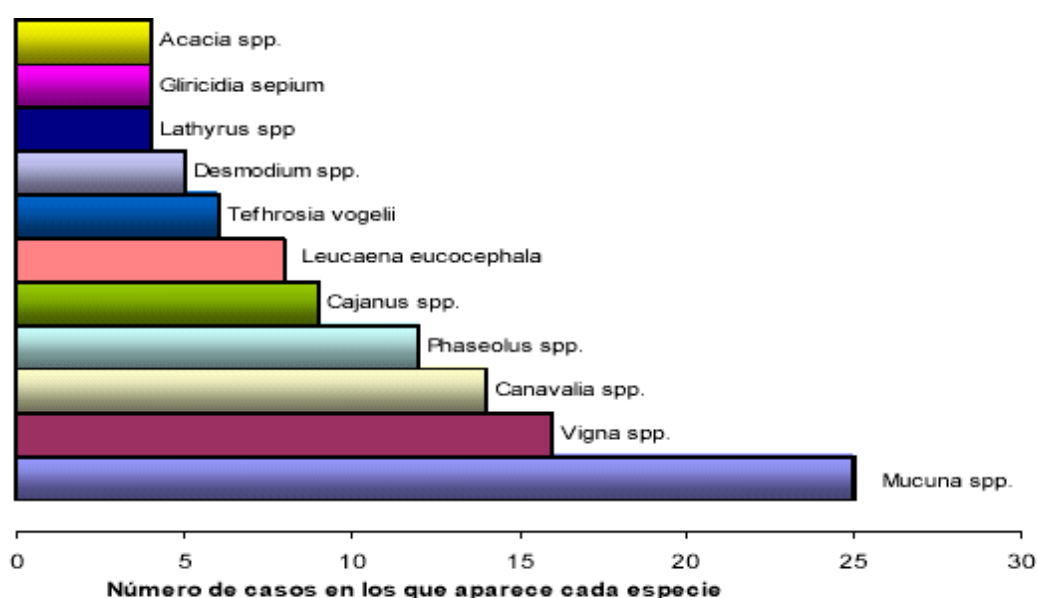


Figura 2: Especies más usadas como coberturas vegetales (Sanclemente-Reyes, 2009).

El ciclo biológico del frijol terciopelo, varía entre 100 y 300 días hasta la cosecha de la vaina, posee una semilla de color negro y la planta presenta una alta resistencia a factores abióticos adversos, como la sequía, la escasa fertilidad y la elevada acidez del suelo (Sanclemente-Reyes, 2009).

Para el caso de *Clitoria ternatea* o campanita morada, es una planta anual, trepadora, se considera originaria de América Central, Asia tropical y África; distribuidas en climas tropicales y subtropicales; contribuyen a conservar la fertilidad del suelo y a mejorar las condiciones físicas del mismo, así como a reducir los problemas de contaminación ambiental y los costos de producción, por la aplicación excesiva de fertilizantes en la agricultura moderna (Villarreal-Romero *et al.*, 2006).

La *Clitoria* crece de manera natural en pastizales y matorrales nativos tropicales y subtropicales, donde es aprovechada para pastoreo del ganado. También es sembrada en asociación con gramíneas perennes tales como guinea (*Panicum maximum*), jaragua (*Hyparrhenia rufa*) y elefante (*Pennisetum purpureum*), para su máximo aprovechamiento como forraje, heno o ensilaje, ya que de esta manera se pueden conservar mejor las praderas del sobrepastoreo (Villanueva-Avalos *et al.*, 2004).

El frijol *Dolichos* (*Dolichos lablab* o *Lablab purpureos*) es una planta semiperenne, originaria del sureste de Asia, que crece de 1 a 3 m de altura y tiene gran adaptabilidad a diversos climas. En la actualidad, esta planta es una de las leguminosas más importantes utilizadas como forraje y abono verde. Esta planta ofrece beneficios como proveer al suelo de nitrógeno fijado de la atmósfera y adicionar materia orgánica. El frijol *Dolichos* presenta una relación C/N baja, inferior a 30, y se descompone en menos de 60 días, a una temperatura ambiente entre 22 y 30 °C (Beltrán-Morales *et al.*, 2005).

En un experimento realizado en el estado de Sinaloa por Villarreal-Romero y colaboradores (2006), encontraron que la cobertura vegetal del suelo con *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* con fertilización de 250, 50 y 150 kg•ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, produjo resultados similares, en cantidad y calidad de frutos de tomate, a los obtenidos en condiciones de cobertura plástica del suelo y fertilización de 400, 115 y 290 kg•ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente, lo cual significa un ahorro de 37,55 y 50 kg•ha⁻¹ de N, P y K, respectivamente; en base a este experimento se comprueba la eficiencia del uso de leguminosas como coberturas (figura 3). *Mucuna pruriens* y *Clitoria ternatea* con fertilización baja puede prevenir la acumulación de sales solubles y nitratos en el suelo, por el uso intensivo de fertilizantes de síntesis química.

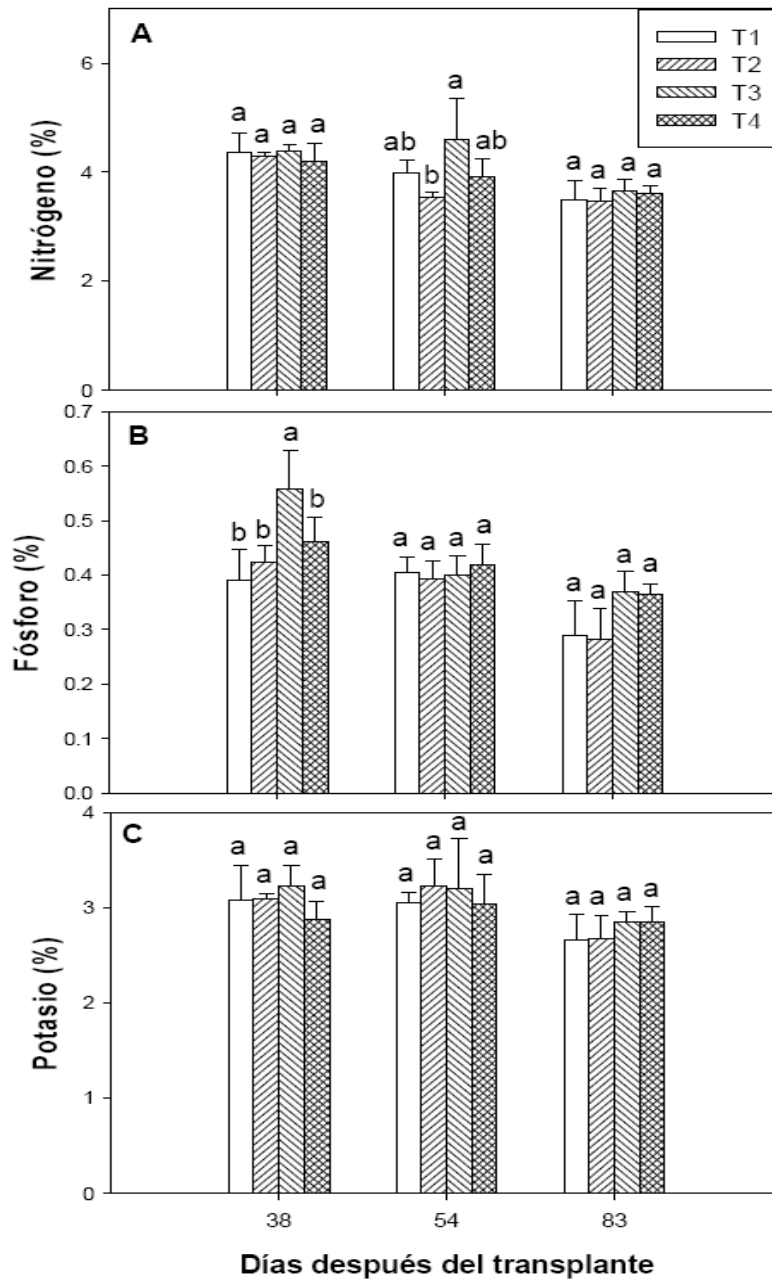


Figura 3: comparación de diferentes tipos de cobertura en el cultivo de tomate (Villarreal-Romero *et al.*, 2006) Efecto del tipo de cobertura del suelo y edad del cultivo en la concentración de nitrógeno (A), fósforo (B) y potasio (C) en hojas de plantas de tomate. Los valores son promedio de cuatro repeticiones. Barras con la misma letra son estadísticamente iguales ($P < 0.05$). Líneas verticales en barras representan desviación estándar. Cobertura del suelo; (T1) *Mucuna pruriens*, (T2) *Clitoria ternatea*, (T3) acolchado plástico (T4) suelo sin cobertura.

2.9 Labranza de conservación del suelo

La conservación ha sido definida como el mantener vivo y sin daño, pérdida, decaimiento o desperdicio, es la permanencia de una cosa o fenómeno, lo cual puede incluir a las costumbres y virtudes. El concepto incluye la supervisión oficial de la naturaleza como un todo y de sus diversos componentes tales como suelos, cuerpos de agua, flora y fauna (Gastó *et al.*, 2007).

El aumento de la producción de cultivos, para alimentar a la creciente población es un reto importante en las últimas décadas; como resultado, las prácticas de manejo que consisten en una labranza intensiva y alta tasa de fertilización que se utiliza para aumentar la producción agrícola, trae consigo severos daños al suelo (Sainju *et al.*, 2003); como la erosión que es posiblemente la causa más importante de degradación por la agricultura; el manejo agrícola afecta a la erosión del suelo a través de las múltiples prácticas de labranza convencional (Lobb *et al.*, 2007).

La estructura del suelo es el factor principal que condiciona la fertilidad y productividad de los suelos agrícolas; el sistema de labranza convencional conlleva a la compactación del suelo, y cada vez mayores pérdidas de elementos nutritivos, por escorrentía y lixiviación (López-Martínez *et al.*, 2001; Sainju *et al.*, 2003). Con este tipo de producción, como el uso de grandes cantidades de fertilizantes y plaguicidas propicia la destrucción de hábitats naturales, eliminando la estructura biológica del sistema suelo (Brito-Vega *et al.*, 2006) y la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas (Sainju *et al.*, 2003).

Por los daños originados al suelo, causados por la labranza convencional o moderna, ha llevado a la búsqueda de nuevas formas de trabajar las tierras de cultivos, denominada como labranza de conservación, la cual es un sistema de laboreo del suelo con características especiales, que implica que se deje al menos 30% de los residuos de cultivo anterior sobre el suelo (Hobbs *et al.*, 2008; Lobb *et al.*, 2007; López-Martínez *et al.*, 2000), con un grosor de 1 cm,

equivalente a 10 t ha^{-1} de residuos de cultivos o rastrojo; este mantillo trae múltiples beneficios (Silva y Acevedo, 2005) como:

- Proteger el suelo de la erosión hídrica y eólica.
- Disminuir el escurrimiento superficial del agua.
- Favorecer la infiltración del agua.
- Disminuir la evaporación directa del agua desde la superficie del suelo.
- Incorporar materia orgánica (y por lo tanto C,N,P,S y otros) al suelo.
- Mejorar la estructura y estabilidad de los agregados del suelo.
- Evitar el encostramiento superficial del suelo.
- Evitar las temperaturas muy altas y muy bajas en el suelo.
- Mejorar la actividad biológica del suelo, al proveer de suficiente alimento para la biota existente en él.

En suelos de regiones templadas y en algunos suelos tropicales se ha encontrado que la labranza conservacionista reduce los procesos de erosión hídrica, mejora la estructura y el contenido de materia orgánica del suelo, aumenta la infiltración y la condición de humedad, y a su vez puede llegar a mejorar su calidad biológica (Hernández-Hernández y López-Hernández, 2002), reduce la escorrentía y percolación profunda, principalmente como consecuencia de la presencia de residuos de cosecha sobre la superficie del suelo, así también reduce los costos de producción como, mano de obra, combustible y necesidades de maquinaria y equipo (Kibblewhite *et al.*, 2008; López-Martínez *et al.*, 2000).

La labranza de conservación (LC) consiste en una alteración mínima del suelo y la cubierta permanente del mismo; entre los sistemas de LC se incluyen la labranza mínima o labranza reducida, la labranza entre surcos y la labranza cero o siembra directa (López-Martínez *et al.*, 2000).

- La labranza cero es la de menor intervención en el suelo, manteniéndolo lo más protegido posible a lo largo del año (Paneque-Rondón *et al.*, 2005); es una opción viable de producción para una gran diversidad de

condiciones edáficas y climáticas que permite abatir drásticamente la erosión, además de reducir los costos de producción (Ramírez-Barrientos *et al.*, 2006).

Se han reportado que los rendimientos de los cultivos producidos mediante el uso de la labranza de conservación pueden ser iguales o superiores a los producidos mediante el uso de la labranza convencional; sin embargo, se tiene la desventaja de retrasar la germinación y el crecimiento de los cultivos en comparación con la labranza convencional, pero el rendimiento de las cosechas finales, no está influida por los sistemas de labranza (Ramírez-Barrientos *et al.*, 2006; Sainju *et al.*, 2003).

CONSIDERACIONES QUE DEBEN TOMARSE EN CUENTA PARA LA CONSERVACIÓN DEL SUELO.

A causa del mal manejo que se le ha dado al suelo en la actualidad, con la finalidad de obtener del él, máximos rendimientos en la producción agrícola, basado en el uso intensivo de maquinarias y un alto consumo de agroquímicos, ha originado un impacto negativo al suelo, que no solo afecta a éste, si no que a todos los demás componentes que integran el agroecosistema.

Para poder recuperar la fertilidad del suelo de los campos agrícolas; es necesario implementar prácticas agroecológicas para su conservación ya que solo de esta forma se podrá tener un suelo de calidad; para ello es importante combinar las diferentes prácticas de conservación; por ejemplo usar uno de los sistemas de labranza de conservación y al mismo tiempo incorporar algún tipo de los abonos orgánicos o sembrar abonos verdes, de tal forma que puedan complementarse y así obtener mejores resultados, que se verán reflejados en el equilibrio del sistema agrícola, es decir, un suelo de buena fertilidad, capaz de proveer a los cultivos de elementos nutritivos para su crecimiento y desarrollo y por ende una alta productividad en la producción.

CONCLUSIONES

Para el desarrollo de la monografía se logró recuperar de diversas fuentes bibliográficas, información referente a prácticas agroecológicas de conservación de la fertilidad del suelo; en el cual se concluye que dichas prácticas son el mejor camino a seguir para lograr la sustentabilidad de los agroecosistemas; por ello es importante conocer que el suelo es el soporte y sustento de todo sistema agropecuario y, como tal, es un conjunto de componentes que interactúan para alcanzar un equilibrio; sólo de esta forma se podrá darle un manejo sustentable, logrando extraer de él máximos beneficios, sin atentar contra su estabilidad o contribuir a su degradación.

Las prácticas manejadas en la agroecología no sólo son herramientas para países en vía de desarrollo, sino que a la larga los países del primer mundo que creen manejar una mejor innovación tecnológica para la producción, de manera indiscriminada; en un tiempo no muy lejano tenderán a optar por la agroecología, que al final de cuenta será la mejor alternativa que existirá para poder recuperar los recursos tan importantes para la vida, como lo es el suelo.

Por último, es necesario darle más importancia a los problemas asociados al suelo, ya que a la hora de la revisión de la información, se observa que no se cuenta con datos cuantitativos suficientes de las ventajas o beneficios proporcionados al suelo, con el uso de las prácticas descritas en el documento.

LITERATURA CITADA

- Acosta, Y., and J. Paolini. 2006. Dinámica de la biomasa microbiana (C y N) en un suelo de la península de Paraguaná tratado con residuos orgánicos. *Multiciencias* 6:180-187.
- Acuña, O., W. Peña, E. Serrano, L. Pocasangre, F. Rosales, E. Delgado, J. Trejos, and A. Segura. 2006. La importancia de los microorganismos en la calidad y salud de suelos, pp. 222-233.
- Altieri, M.A. 2001. Agroecología: principios y estrategias para diseñar una agricultura que conserva recursos naturales y asegura la soberanía alimentaria. Disponible en: portal.mda.gov.br/.../Agroecologia_-_principios_y_estrategias.pdf. Fecha de consulta. 01/03/2010.
- Álvarez, S. 2005. La descomposición de materia orgánica en humedales: la importancia del componente microbiano. *Ecosistemas* 14:17-29.
- Añó, C., J.A. Pascual, and J. Sánchez. 2005. Capacidad de uso y sellado antropogénico del suelo en la Franja Litoral de la provincia de Castellón. *Investigaciones Geográficas*: 65-77.
- Astier-Calderón, M., M. Maass-Moreno, and J. Etchevers-Barra. 2002. Derivación de indicadores de calidad de suelos en el contexto de la agricultura sustentable. *Agrociencia* 36:605-620.
- Bautista-Cruz, A., J. Etchevers-Barra, R. Del Castillo, and C. Gutiérrez. 2004. La calidad del suelo y sus indicadores *Ecosistemas* 13:2-9.
- Beltrán-Morales, F.A., J.L. García-Hernández, R.D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larrinaga-Mayoral, and L.F. Beltrán-Morales. 2006. Efecto de sistemas de labranza e incorporación de abono verde (*Lablab Purpureus* L.) sobre la respiración edáfica de un yermosol háplico. *Interciencia* 31:226-230.
- Beltrán-Morales, F.A., J.L. García-Hernández, R.D. Valdez-Cepeda, B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J. Larrinaga-Mayoral, F.H. Ruiz-Espinoza, L. Fenech-Larios, and F. García-Rodríguez. 2005. Sistemas de labranza, incorporación de abono verde y recuperación de la fertilidad de un Yermosol háplico. *TERRA Latinoamericana* 23:381-387.
- Boschini-Figueroa, C., A. Chacón-Villalobos, and J. Araya-Rodríguez. 2009. Población de lombrices (*Oligochaeta:Annelida*) en una finca con bovinos lecheros, en Costa Rica. *Agronomía mesoamericana* 20:91-99.
- Brechelt, A. 2004. Manejo ecológico del suelo. Fundación Agricultura y Medio Ambiente (FAMA). Disponible en: www.clusterorganicodom.org.do/.../Manejo_Ecologico_del_Suelo.pdf. 01/05/2010., pp. 28.
- Brito-Vega, H., D. Espinosa-Victoria, B. Figueroa-Sandoval, C. Fragoso, and J.C. Patrón-Ibarra. 2006. Diversidad de lombrices de tierra con labranza de conservación y convencional. *TERRA Latinoamericana* 24:99-108.

- Cantú-Martínez, P.C. 2002. El deterioro ambiental y el futuro de la humanidad. *Ingenierías* 5:30-35.
- Castro, J.H., H. Burbano, and C.R. Bonilla. 2007. Abundancia y biomasa de organismos edáficos en tres usos de terreno en el altiplano de Pasto, Colombia. *ACTA AGRONOMICA* 56:127-130.
- Cerón-Rincón, L.E., and L.M. Melgarejo-Muñoz. 2005. Enzimas del suelo: indicadores de salud y calidad. *Acta Biológica Colombiana* 10:5-18.
- Cerrato, M.E., H.A. H.A. Leblanc, and C. Kameko. 2007. Potencial de mineralización de nitrógeno de bokashi, compost y lombricompost producidos en la Universidad Earth. *Tierra Tropical* 3:183-197.
- Claro, A., M. Riverol, P. Porras, E. Cabrera, and M. Monedero. 2000. Prácticas de conservación de suelos en sistemas de cultivo maíz-frijol en Cuba. *Agronomía Mesoamericana* 11:59-62.
- Colín, L. 2003. Deterioro ambiental vs. Desarrollo económico y social. Disponible en: www.iie.org.mx/boletin032003/art2.pdf. 01/05/2010., pp. 103-108.
- CONAFOR. 2009. Día Mundial de Lucha contra la Desertificación, un llamado de atención hacia el cuidado del suelo. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx/portal/docs/secciones/comunicacion/B-292009.pdf> 10/03/2010.
- Contreras-Benítez, J.A., L. Nikolskii-Gavrilov, L.A. Aceves-Navarro, R. Arteaga-Ramírez, M. Escalona-Maurice, and D.S. Fernández-Reynoso. 2002. Pronóstico del cambio en algunas propiedades de los suelos agrícolas al modificarse las condiciones microclimáticas. *Agrociencia* 36:267-277.
- Contreras-Hinojosa, J., V. Volke-Haller, J. Oropeza-Mota, C. Rodríguez-Franco, T. Martínez-Saldaña, and A. Martínez-Garza. 2005. Reducción del rendimiento de maíz por la erosión del suelo en Yanhuitlán, Oaxaca, México. *TERRA Latinoamericana* 23:399-408.
- Cotler, H., E. Sotelo, J. Dominguez, M. Zorrilla, S. Cortina, and L. Quiñones. 2007. La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*: 5-71.
- Cruse, R.M., and C.G. Herndl. 2009. Balancing corn stover harvest for biofuels with soil and water conservation. *Journal of Soil and Water Conservation* 64:286-291.
- Félix-Herrán, J.A., R.R. Sañudo-Torres, G.E. Rojo-Martínez, R. Martínez-Ruiz, and V. Olalde-Portugal. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. *Ra Ximhai* 4:57-67.
- Ferrera-Cerrato, R., and A. Alarcón. 2001. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum* 8:175-183.
- Funes-Aguilar, F., and M. Monzote. 2006. Sistemas agroecológicos y su papel en los países del tercer mundo. *Avances en Investigación Agropecuaria* 10:5-28.

- García-Estarrón, E.J. 2008. El proceso de expansión urbana y su impacto en el uso de suelo y vegetación del municipio de Juárez, Chihuahua., El Colegio de la Frontera Norte Tijuana, B. C., México.
- Gastó, J., R. Montalba, and L. Vieli. 2007. Sustentabilidad de la Agricultura: Conceptos Unificadores. Simposio Internacional de Agricultura Sustentable, 2007. UAAAN, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- George, A. 2006. Estudio comparativo de indicadores de calidad de suelo en fincas de café orgánico y convencional en Turrialba, Costa Rica, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Gerónimo-Cruz, A., S. Salgado-García, F.J. Catzin-Rojas, and A.I. Ortiz-Ceballos. 2002. Descomposición del follaje de nescafé (*Mucuna spp.*) en la época seca. *Interciencia* 27: 625-630.
- Gili, P., C. Aruani, E. Maero, E. Sánchez, and M. Sagardoy. 2007. Cambios biológicos del suelo asociados al manejo de la cobertura vegetal en un huerto orgánico de manzano. *TERRA Latinoamericana* 25:279-286.
- Hernández-Hernández, R.M., and D. López-Hernández. 2002. El tipo de labranza como agente modificador de la materia orgánica: un modelo para suelos de sabana de los Llanos Centrales Venezolanos. *Interciencia* 27:529-536.
- Hobbs, P.R., K. Sayre, and R. Gupta. 2008. The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363:543–555.
- Hosseini, S.S., M. Ghorbani, and M. Ghahremanzadeh. 2008. Determination of soil conservation effects on Shadow Price of soil quality in Dry-Farmed Wheat in Iran. *Pakistan J. Biol. Sciences* 11:458-462.
- Iglesias, M.T. 2008. Estudio del carbono de la biomasa microbiana en suelos alterados. *LAZAROA* 29:117-123.
- INIFAP. 2005. Uso sustentable de desechos orgánicos en sistemas de producción agrícola. Torreón, Coahuila. México. pp. 47.
- Julca-Otiniano, A., L. Meneses-Florián, R. Blas-Sevillano, and S. Bello-Amez. 2006. La materia orgánica, importancia y experiencias de su uso en la agricultura. *IDESIA* 24:49-61.
- Kibblewhite, M.G., K. Ritz, and M.J. Swift. 2008. Soil health in agricultural systems. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363:685–701.
- León-Nájera, J.A., R. Gómez-Álvarez, S. Hernández-Daumás, J.D. Álvarez-Solís, and D.J. Palma-López. 2006. Mineralización en suelos con incorporación de residuos orgánicos en los altos de Chiapas, México. *Universidad y Ciencia* 22:163-174.
- Lira-Saldivar, R.H., and J.G. Medina-Torres. 2007. Agricultura Sustentable o Sostenible?: El Reto es Producir Alimentos Saludables Utilizando Productos y Técnicas Amigables con el Ambiente Simposio Internacional de Agricultura Sustentable, 2007. UAAAN, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. México.

- Lobb, D.A., E. Huffman, and D.C. Reicosky. 2007. Importance of information on tillage practices in the modelling of environmental processes and in the use of environmental indicators. *J Environ Manage* 82:377-387.
- López-Martínez, J.D., G. Gutiérrez-Puente, and S. Berúmen-Padilla. 2000. Labranza de conservación usando coberturas de abono orgánico en alfalfa. *TERRA Latinoamericana* 18:161-171.
- López-Martínez, J.D., A. Díaz-Estrada, E. Martínez-Rubin, and R.D. Valdez-Cepeda. 2001. Abonos orgánicos y su efecto en propiedades físicas y químicas del suelo y rendimiento en maíz. *TERRA Latinoamericana* 19:293-299.
- Martínez-Castillo, R. 2004. Fundamentos culturales, sociales y económicos de la agroecología. *Revista de Ciencias Sociales* 2:93-102.
- Martínez-Ríos, J.J., D. Escobedo-López, J. Martínez-Trujillo, and A. Martínez-Ríos. 2002. Memoria de la XIV semana internacional de agronomía. Disponible en: http://faz.ujed.mx/files/Memoria_XIV.pdf. 07/03/2010. pp. 419.
- Matheus, L.J., J. Caracas, F. Montilla, and O. Fernández. 2007. Eficiencia agronómica relativa de tres abonos orgánicos (vermicompost, compost, y gallinaza) en plantas de maíz (*Zea mays* L). *Agricultura Andina* 13:27-38.
- Moreno-Reséndez, A. 2005. Origen, importancia y aplicación de vermicomposta para el desarrollo de especies hortícolas y ornamentales Simposio Nacional de Horticultura. UAAAN, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coah. México.
- Moreno-Reséndez, A., M.T. Valdés-Perezgasga, and T. Zarate-López. 2005. Desarrollo de tomate en sustratos de vermicompost/ arena bajo condiciones de invernadero. *AGRICULTURA TÉCNICA (CHILE)* 65:26-34.
- Nieto-Garibay, A., B. Murillo-Amador, E. Troyo-Diéguez, J.A. Larrinaga-Mayoral, and J.L. García-Hernández. 2002. El uso de compostas como alternativa ecológica para la producción sostenible del chile (*Capsicum annum* L.) en zonas áridas. *Interciencia* 27:417-421.
- Nourbakhsh, F. 2007. Influence of vermicomposting on solid wastes decomposition kinetics in soils. *Journal of Zhejiang University SCIENCE B*. 10:725-730.
- Orona-Castillo, I.; J.A. Leon-Rodriguez; J.C. Rodriguez-Rios; L.García-Galindo; J.A. Montemayor-Trejo y J.A. Chavarría-Galicia. 2007. Facultad de Agronomía y Zootecnia de la UJED. pp.541-548.
- Paneque-Rondón, P.; León-Noguera, P. y González-Oliva, N. 2005. Reducción del costo energético utilizando labranza cero en el cultivo del frijol. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*.14:33-36.
- Perales, A., O. Loli, J. Alegre, and F. Camarena. 2009. Indicadores de sustentabilidad del manejo de suelos en la producción de arveja (*Pisum sativum* L.). *Ecología Aplicada* 8:47-52.

- Pérez-Vázquez, A., and C. Landeros-Sánchez. 2009. Agricultura y deterioro ambiental. *Elementos* 73:19-25.
- Pretty, J. 2008. Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence. *Phil. Trans. R. Soc. B* 363:447–465.
- Puertas, F., E. Arévalo, L. Zúñiga, J. Alegre, O. Loli, H. Soplin, and V. Baligar. 2008. Establecimiento de cultivos de cobertura y extracción total de nutrientes en un suelo de trópico húmedo en la Amazonía Peruana. *Ecología Aplicada* 7: 23-28.
- Quiñónez, E., and F. Dal. 2008. Distribución espacial del riesgo de degradación de los suelos por erosión hídrica en el estado Lara, Venezuela. *GEOENSEÑANZA* 13:59-70.
- Ramírez-Barrientos, C.E.; Figueroa-Sandoval, B; Ordaz-Chaparro, V.M. y Volke-Haller, V. H. 2006. Efecto del sistema de labranza cero en un Vertisol. *TERRA Latinoamericana*. 24:109-118.
- Rios, Y. 2010. Importancia de las lombrices en la agricultura. Disponible en: http://avpa.ula.ve/eventos/viii_encuentro_monogastricos/sistemas_integrados/conferencia-8.pdf 15/04/2010., pp. 47-52.
- Ruffo, M., and A. Parsons. 2004. Cultivos de cobertura en sistemas agrícolas. Disponible en: www.ipni.net/ppiweb/iaarg.../Cultivo+Cobertura-Matias+Ruffo.pdf. 11/04/2010:8.
- Ruiz-Espinoza, F.H., P. Marrero-Labrador, O. Cruz-La Paz, A. Beltrán-Morales, and L. Díaz-Viruliche. 2007. Métodos de labranza e incorporación de frijol dolichos (*Lablab purpúreos*, Sweet) como abono verde en la producción de semillas de albahaca (*Ocimum basilicum* L.) en un yermosol háplico. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* 16:90-94.
- Ruiz, T., and G. Febles. 2004. La desertificación y la sequía en el mundo. *Avances en Investigación Agropecuaria* 8:12.
- SAGARPA. Utilización de estiércoles. Disponible en: www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/.../Utilización%20de%20estiércols.pdf 16/052010.
- Sainju, U.M., W.F. Whitehead, and B.P. Singh. 2003. Agricultural management practices to sustain crop yields and improve soil and environmental qualities. *ScientificWorldJournal* 3:768-789.
- Salazar-Sosa, E., J.D. López-Martínez, R. Zúñiga-Tarango, C. Vázquez-Vázquez, M. Fórtiz-Hernández, and J. Vital-Silva. 2010. Uso y aprovechamiento del estiércol como alternativa nutricional en invernadero. Disponible en: http://www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort05/uso_estiercol.pdf. 12/03/2010. pp. 12.
- Sanclémente-Reyes, O.E. 2009. Efecto del cultivo de cobertura: *Mucuna pruriens*, en algunas propiedades físicas, químicas y biológicas de un suelo *typic haplustalfs*, cultivado con maíz (*Zea mays* L.) en zona de ladera del municipio de Palmira, valle., Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias.

- Sánchez-Hernández, R., V.M. Ordaz-Chaparro, G.S. Benedicto-Valdes, D.J. Palma-López, and J. Sánchez-Bolón. 2007. Chemical characteristics of several vermicompost in México. *Compost Sci Util.* 15:47-52.
- Sánchez-Morales, P., I. Ocampo-Fletes, M. Sánchez-Hernández, and T. Martínez-Saldaña. 2008. Proceso autogestivo para la conservación de suelos y agua en sistemas campesinos sustentables. Los casos de Vicente Guerrero y la Reforma, Tlaxcala. *Ra Ximhai* 4:165-181.
- Sánchez, B., M. Ruiz, and M.M. Ríos. 2005. Materia orgánica y actividad biológica del suelo en relación con la altitud, en la cuenca del río Maracay, estado Aragua. *Agronomía Trop.* 55:507-534.
- Sans, F.X. 2007. La diversidad de los agroecosistemas. *Ecosistemas* 16:44-49.
- Schoijet, M. 2005. Desertificación y tormentas de arena. *REGIÓN Y SOCIEDAD* 17:167-187.
- Silva, P. y Acevedo, E. 2005. Adopción de la cero labranza en los principales cultivos anuales. Identificación de problemas y posibles soluciones. Informe para SAG e INDAP. 26p.
- Soto, G., and C. Muñoz. 2002. Consideraciones teóricas y prácticas sobre el compost y su empleo en la agricultura orgánica Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica):123-129.
- Torres-Benites, E., J. Cortes-Becerra, E. Mejía-Sáenz, A. Exebio-García, A.L. Santos-Hernández, and M.E. Delgadillo-Piñón. 2003. Evaluación de la degradación de los suelos en la cuenca "El Josefino", Jesús María, Jalisco. *TERRA Latinoamericana* 21:117-126.
- Urzúa, H. 2005. Beneficios de la fijación simbiótica de Nitrógeno en Chile. *Cien. Inv. Agr.* 32:133-150.
- Villarreal-Romero, M., S. Hernández-Verdugo, P. Sánchez-Peña, R.S. García-Estrada, T. Osuna-Enciso, S. Parra-Terrazas, and A.D. Armenta-Bojorquez. 2006. Efecto de cobertura del suelo con leguminosas en rendimiento y calidad del tomate. *TERRA Latinoamericana* 24:549-556.
- Villanueva-Avalos, J.F; J.A. Bonilla-Cárdenas; J. Rubio-Ceja y J.J. Bustamante-Guerrero. 2004. Agrotecnia y utilización de *Clitoria ternatea* en sistemas de producción de carne y leche. *Téc Pecu Méx.* 42:79-96.
- Wang, Y.W. 2009. Sustainable agricultural practices: energy inputs and outputs, pesticide, fertilizer and greenhouse gas management. *Asia Pac J Clin Nutr* 18:498-500.