

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
ANTONIO NARRO**

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**“PRODUCCION DE FORRAJE BAJO AGRICULTURA DE CONSERVACION PARA
MITIGAR LA DESERTIFICACION DE TIERRAS EN LA COMARCA LAGUNERA”**

POR

DIANA KARINA MELO GARCIA

MONOGRAFIA

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

INGENIERO EN AGROECOLOGIA

TORREON, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE DEL 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

PRODUCCION DE FORRAJE BAJO AGRICULTURA DE CONSERVACION PARA
MITIGAR LA DESERTIFICACION DE TIERRAS EN LA COMARCA LAGUNERA

POR

DIANA KARINA MELO GARCIA

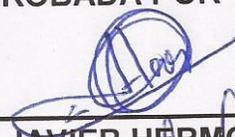
MONOGRAFIA

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

INGENIERO EN AGROECOLOGIA

APROBADA POR

PRESIDENTE:


DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR

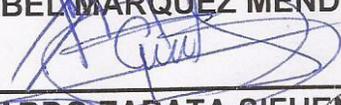
VOCAL:


DR. MIGUEL ANGEL URBINA MARTINEZ

VOCAL:


DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA

VOCAL SUPLENTE:


M.C. GERARDO ZARATA SIFUENTES


M.C. VICTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERA AGRONÓMICAS



TORREON, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE DEL 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
UNIDAD LAGUNA
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

PRODUCCION DE FORRAJE BAJO AGRICULTURA DE CONSERVACION PARA
MITIGAR LA DESERTIFICACION DE TIERRAS EN LA COMARCA LAGUNERA

POR

DIANA KARINA MELO GARCIA

MONOGRAFIA

QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL COMITÉ DE ASESORÍA COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGIA

APROBADA POR

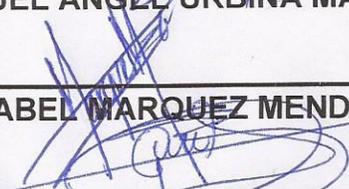
ASESOR PRINCIPAL:


DR. LUIS JAVIER HERMOSILLO SALAZAR

ASESOR:

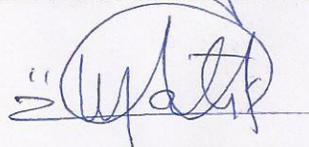

DR. MIGUEL ANGEL URBINA MARTINEZ

ASESOR:


DR. J. ISABEL MARQUEZ MENDOZA

ASESOR:


M.C. GERARDO ZAPATA SIFUENTES


M.C. VICTOR MARTINEZ CUETO
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



TORREON, COAHUILA, MEXICO

DICIEMBRE DEL 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Por prestarme la vida y darme la oportunidad de realizarme como persona en todos los sentidos.

A mi Mamá

Lucrecia García Trinidad por cargarme no solo en su vientre 9 meses si no a lo largo de mi carrera para llegar a la meta "TE QUIERO MUCHO".

A mi Papá

Cristino Melo Sánchez por ser mi guía, motivación, apoyo, pero sobre todo un gran ejemplo de perseverancia. "EN MI MENTE SIEMPRE ESTAS Y EN MI CORAZÓN OCUPAS EL LUGAR MÁS IMPORTANTE PAPI".

A mis Hermanos

Miguel Ángel, Christian Omar, Felipe de Jesús, ya que por el hecho de tenerlos como hermanos.

Al **D.R. HERMOSILLO** por todo su apoyo incondicional y por darme la oportunidad de participar en este proyecto de investigación.

A mi esposo Daniel: Que él siempre está conmigo como mi pareja en la vida apoyándome, dándome consejos, gracias por estar a mi lado, dándome su amor y confianza.

Ami hijo Edson Daniel: Que yego ami vida adarme mucha felicidad por estar conmigo teamo hijo.

DEDICATORIAS

A mis padres

Cristino Melo Sánchez, por darme la vida, por apoyarme en todo momento y por sus sabios consejos donde me ha demostrado que no existen cosas imposibles cuando realmente se quiere lograrlas.

Lucrecia García Trinidad, por ser la mejor madre que Dios me pudo dar, por todo su esfuerzo que a diario realiza y por el apoyo que me ha dado.

A mi esposo **Daniel González Cifuentes** y mi hijo **Edson Daniel González Melo** que están siempre a mi lado apoyándome dándome sus consejos, experiencias, apoyo, comprensión, amor y por su confianza.

RESUMEN.

La degradación de las tierras puede componerse de uno o más factores tales como la degradación de los suelos, el deterioro de la calidad y cantidad de los recursos hídricos y de la degradación de los recursos bióticos. La agricultura de conservación ayuda a mitigar la desertificación de tierras, ya que logra la sostenibilidad de los recursos naturales suelo y agua, y los recursos biológicos, así como en la producción de los cultivos lo que genera una mayor relación costo/beneficio.

Palabras claves: Degradación de Tierras, Agricultura de Conservación, Sustentabilidad, Producción, Rendimiento.

INDICE GENERAL	
AGRADECIMIENTOS	i
DEDICATORIAS	ii
RESUMEN	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE CUADROS	vi
INTRODUCCION	1
JUSTIFICACION	1
ANTECEDENTES	2
OBJETIVO	4
CAPITULO I. PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN QUE CONTRIBUYEN A LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS	5
1.1 Degradación Química.....	5
1.2 Degradación Física.....	6
1.3 Contaminación del Suelo y/o el Aire.....	7
1.4 Erosión del Suelo.....	7
1.5 Deterioro de la Biodiversidad.....	10
1.6 Deterioro y mal Manejo de los Recursos Hídricos.....	11
CAPITULO II. DEGRADACIÓN DE TIERRAS	13
CAPITULO III. SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN	14
3.1 Labranza Cero.....	15
3.2 Rotación de cultivos.....	16
3.3 Manejo de Residuos sobre el suelo.....	17
CAPITULO IV. BUENAS PRACTICAS QUE CONTRIBUYEN A LA MITIGACIÓN DE TIERRAS	18
4.1 Mitigación de la degradación física.....	18
4.1.1 Influencia de la labranza.....	18
4.1.2 Influencia del manejo de residuos.....	19
4.1.2.1 Porosidad del suelo.....	20
4.1.2.1.1 Distribución del tamaño del poro y continuidad de los poros.....	20
4.1.2.2 Capacidad de Retención de agua.....	21

4.3 Mitigación Química.....	22
4.3.1 La influencia de la práctica de labranza sobre la mineralización del nitrógeno.....	23
4.3.1.1 La influencia de los residuos del cultivo sobre la mineralización del nitrógeno.....	24
4.3.1.2 Fósforo.....	24
4.3.1.3 Contenido de potasio, calcio y magnesio.....	24
4.3.1.4 Capacidad de intercambio catiónico.....	25
4.3.1.5 Cationes micronutrientes y aluminio.....	25
4.3.1.6 Salinidad/sodicidad.....	25
4.4 Mitigación de los Recursos Hídricos.....	26
4.4.1 Conductividad Hidráulica.....	26
4.4.2 Infiltración, Escurrimiento, Evaporación.....	26
4.4.3 Temperatura del Suelo.....	28
CAPITULO V. MITIGACIÓN DE LA EROSIÓN.....	29
5.1 Erosión Hídrica.....	29
5.2 Erosión Eólica.....	30
CAPITULO VI. MITIGACION DE LA BIODIVERSIDAD BIOLÓGICA.....	30
6.1 Microfauna y Microflora del Suelo.....	30
6.1.1 Biomasa Microbiana.....	30
6.1.2 Diversidad Funcional.....	31
6.1.3 Actividad Enzimática.....	32
6.1.4 Estructura de la Comunidad Microbiana.....	32
6.1.5 Hongos y Bacterias.....	33
6.1.6 Nemátodos.....	33
6.2 Meso y Macrofauna del Suelo.....	34
6.2.1 Mesofauna del Suelo.....	34
6.2.2 Macrofauna del Suelo.....	35
CAPITULO VII. PLANIFICACIÓN DEL USO Y MANEJO SUSTENTABLES DE TIERRAS.....	35
7.1 Propuesta para la Producción Sustentable en la Comarca Lagunera.....	36
7.1.1 El sistema a la Agricultura de conservación para mitigar la desertificación de tierras en la Comarca Lagunera.....	37
CONCLUSIONES.....	39
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	40

INDICE DE FIGURAS.

Figura 1. Causas de la Degradación Química.....	6
Figura 2. Mapa de Erosion Hidrica.....	9
Figura 3. Mapa de Erosión Eolica de suelos.....	10
Figura 4. Acuíferos sobreexplotados con instrusión salina y salinización de Suelos.....	13

INDICE DE CUADROS.

Tabla 1. Superficie y Porcentaje del país con Degradación de Tierras.....	14
--	----

INTRODUCCION.

La degradación de tierras según lo establece la Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras (SEMARNAT, 2010) causada por las actividades humanas ha sido uno de los principales problemas ambientales del siglo XX para todos los países y mantiene un lugar importante de atención en la agenda Internacional del siglo XXI. La importancia de este tema resulta de sus consecuencias directas sobre la seguridad alimentaria, la pobreza, la migración y la calidad del ambiente.

La degradación de tierras se define generalmente como una reducción temporal o permanente en la capacidad de producción de la tierra . Sin embargo el deterioro de la tierra conlleva a efectos relacionados con la sustentabilidad de los ecosistemas y la sobrevivencia misma de la humanidad.

La pobreza también es reconocida como un motor que desencadena a la degradación de tierras, así como la inseguridad alimentaria, el acceso restringido a los mercados, la sobrepoblación y algunos factores biofísicos como los huracanes, actividad tectónica, y esto se evidencia mayormente en contextos dónde existen problemas de pobreza. En su conjunto, uno de los factores más importantes para la degradación de tierra es el contexto socio-político y económico en el cual el uso de tierras ocurre (International Water Management Institute, 2007). El incremento de las actividades productivas en el uso de la tierra, por la presión demográfica, aunado a las fluctuaciones en el clima y sus eventos consecuentes han generado el aumento en cuanto a la intensidad de los procesos degradativos.

La degradación de las tierras puede componerse de uno o más factores tales como la degradación de los suelos, el deterioro de la calidad y cantidad de los recursos hídricos y de la degradación de los recursos bióticos. La agricultura de conservación ayuda a mitigar la desertificación de tierras, ya que logra la sostenibilidad de los recursos naturales suelo y agua, y los recursos biológicos, así como en la producción de los cultivos lo que genera una mayor relación costo/beneficio.

JUSTIFICACION.

En la Comarca Lagunera fundamenta hoy en día su actividad primaria en la producción lechera-ganadera asociada a la agricultura de forrajes y de hortalizas. Sin embargo, la parte baja de la cuenca actualmente está enfrentando graves problemas de sobreexplotación, contaminación y disminución en todas las fuentes de agua además de la baja productividad de sus suelos por el uso excesivo de maquinaria, bajo contenido de materia orgánica así como un mal manejo de los insumos químicos en la fertilización y en el control de plagas, malezas y enfermedades. Lo que trae como consecuencia que los costos de producción sean altos y los rendimientos bajos por lo que la relación costo/beneficio es pequeña. La agricultura de conservación es una opción viable para implementarse en la Comarca Lagunera.

ANTECEDENTES.

La degradación de la tierra constituye un término compuesto, que describe como uno o más de los recursos de la tierra ha estado sometido a un deterioro progresivo. El término más ampliamente aceptado de tierra la conceptualiza como una área definible de la superficie terrestre que abarca todos los ámbitos de la biosfera inmediatamente por arriba y por debajo de esa superficie, incluyendo aquellos atributos climáticos cercanos a la superficie, el suelo y las formas del terreno, la red hidrológica –incluyendo lagos, ríos, humedales y pantanos, el agua subterránea asociada y las reservas geohidrológicas, las poblaciones de animales y vegetales y los resultados físicos de la actividad humana pasada y presente terrazas, estructuras hidráulicas, caminos, etc. (FAO/UNEP, 1997).

El cambio ocurrido por la degradación puede prevalecer durante un escaso tiempo, con el recurso degradado recuperándose rápidamente, o puede ser el precursor de una larga espiral de degradación, causando a largo plazo un cambio permanente en el estado del recurso.

Así, la degradación de la tierra está relacionada con los conceptos de resistencia, resiliencia y fragilidad de los ecosistemas.

Constituye también un proceso socialmente construido donde las políticas públicas, los mercados, la tenencia de la tierra y los sistemas de producción han jugado en doble sentido. Por un lado, han funcionado como incentivo hacia la degradación, promoviendo un uso más intenso y menos sustentable de los recursos; y por el otro, han promovido la productividad, enmascarando procesos de degradación mediante el uso de tecnologías (fertilizantes, maquinaria, agroquímicos, sistemas de riego, entre otros) dando como resultado un temporal y precario sentido de seguridad productiva. En este sentido, la degradación antrópica de las tierras constituye un proceso biofísico acelerado y promovido por causas y necesidades socioeconómicas y políticas.

La degradación de las tierras puede componerse de uno o más factores tales como la degradación de los suelos, el deterioro de la calidad y cantidad de los recursos hídricos y de la degradación de los recursos bióticos.

El cambio ocurrido por la degradación puede prevalecer durante un escaso tiempo, con el recurso degradado recuperándose rápidamente, o puede ser el precursor de una larga espiral de degradación, causando a largo plazo un cambio permanente en el estado del recurso.

Así, la degradación de la tierra está relacionada con los conceptos de resistencia, resiliencia y fragilidad de los ecosistemas.

Constituye también un proceso socialmente construido donde las políticas públicas, los mercados, la tenencia de la tierra y los sistemas de producción han jugado en doble sentido. Por un lado, han funcionado como incentivo hacia la degradación, promoviendo un uso más intenso y menos sustentable de los recursos; y por el otro,

han promovido la productividad, enmascarado procesos de degradación mediante el uso de tecnologías (fertilizantes, maquinaria, agroquímicos, sistemas de riego, entre otros) dando como resultado un temporal y precario sentido de seguridad productiva. En este sentido, la degradación antrópica de las tierras constituye un proceso biofísico acelerado y promovido por causas y necesidades socioeconómicas y políticas.

El aumento en la cantidad de energía acumulada en la atmósfera desestabilizará el equilibrio climático global existente. También en la distribución temporal y/o espacial climática se pronostican variaciones, lo que agudizará los periodos de lluvia que se intensificarán, así como se extenderán los periodos de sequía, por lo que los escenarios climáticos que se vislumbran en conjunto con los procesos de degradación de tierras son adversos (García R.J.L, 2008).

La agricultura de conservación es una opción viable para ayudar a mitigar la desertificación de tierras, ya que logra la sostenibilidad de los recursos naturales suelo y agua, y los recursos biológicos, así como en la producción de los cultivos lo que genera una mayor relación costo/beneficio

OBJETIVO

Recopilar una serie de fichas bibliográficas, que nos permitan identificar los factores de la desertificación de tierras y a su vez describir el sistema de producción de agricultura de conservación , que serviría de base para establecer una propuesta de producción sustentable para mitigar la desertificación de tierras en la Comarca Lagunera.

CAPITULO I. PRÁCTICAS DE PRODUCCIÓN QUE CONTRIBUYEN A LA DEGRADACIÓN DE TIERRAS.

La agricultura es la actividad humana que más estrecha relación tiene con el medio ambiente y con la sobrevivencia del hombre en el planeta, pues debe atender la demanda de alimentos, fibras, plantas de ornato y recientemente, agrocombustibles. Por su expansión y por las tecnologías utilizadas la agricultura se ha convertido en una causa significativa del deterioro, la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales.

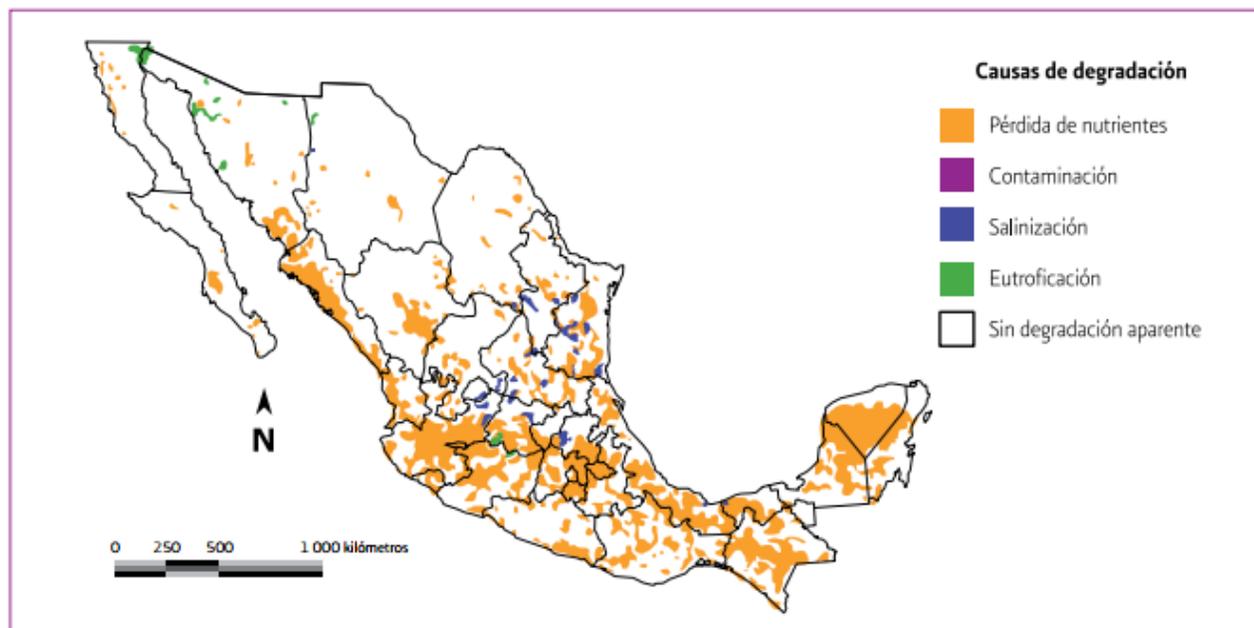
En el caso de México, tanto en la agricultura comercial, altamente tecnificada, como en la agricultura campesina prevalecen una serie de prácticas de producción que son causantes de diversos problemas de deterioro ambiental que van mermando la base misma de recursos naturales sobre la cual se sustenta la producción agrícola.

1.1 Degradación Química.

La degradación química fue el proceso de degradación del suelo más extendido con alrededor de 34.04 millones de hectáreas (17.8% del territorio). Considerando los niveles de degradación, el ligero está en 55% de la superficie nacional; el moderado, en 43.2% y el fuerte y extremo en conjunto, sumaron el 1.8%. Aunque está prácticamente en todas las entidades federativas, las más afectadas son: Yucatán con 55.1 % de su territorio, Chiapas 33.5%, Tabasco y Veracruz con 31.6 %, Sinaloa en un 31.6 % y Morelos 30 %.

La forma predominante de la degradación química es la pérdida de la fertilidad natural del suelo, lo cual está asociado a la intensificación de la agricultura por la continua extracción de nutrientes, lo que implica una pérdida del potencial productivo de las tierras agrícolas que se refleja en rendimientos decrecientes y en el incremento de costos de fertilización. Esta degradación pone en riesgo la seguridad alimentaria en el nivel local. Otra expresión de la degradación química es la salinización o alcalinización más frecuente en las zonas áridas, las cuencas cerradas y las cuencas costeras y áreas con mal manejo del riego agrícola.

Figura 6. Causas de la degradación química en México, 2002.



Fuente: Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2005. SEMARNAT; a partir de: SEMARNAT-CP, Evaluación de la Degradación de los Suelos inducida por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. México, 2003.

1.2 Degradación Física.

La degradación física se refiere principalmente a la pérdida de la capacidad del sustrato para absorber y almacenar agua.

Esto ocurre cuando el suelo se compacta, se endurece (encostramiento) o es recubierto (urbanización). Aunque este tipo de degradación no afecta grandes extensiones del país, solo abarca un 6 % del territorio, tiene un alto impacto, ya que es prácticamente irreversible y se pierde la función productiva de estos terrenos. La degradación del suelo es un elemento importante de la degradación de tierras, ya que aunque el suelo está en constante formación, el proceso es sumamente lento. Se calcula que para tener un centímetro de suelo en la capa superficial son necesarios entre 100 y 400 años, por lo cual se considera que el suelo es un recurso natural no renovable en la escala de tiempo humana.

El suelo también se ve afectado por las malas prácticas agrícolas: en la agricultura comercial, el paso excesivo de maquinaria para realizar labores de cultivo conduce a degradación física en forma de compactación.

Cuando los factores que propician la degradación de tierra, afectan en un inicio al componente suelo, éstos pueden conducir a manifestar procesos degradativos físicos, químicos y biológicos. Entre los procesos físicos de degradación de suelos se ubican el deterioro de la estructura que conlleva al encostramiento, compactación, erosión e inundaciones. Los procesos químicos incluyen acidificación, lixiviación, salinización, disminución o pérdida de fertilidad. Los procesos biológicos incluyen la reducción de la biomasa y del contenido de carbono y pérdida de biodiversidad de fauna edáfica.

Cualquier proceso de deterioro de suelo conlleva una pérdida de la capacidad productiva, tanto ecológica como económica del terreno afectado, pero también hay una merma de los servicios ambientales que el suelo como son la capacidad de amortiguamiento frente a compuestos potencialmente tóxicos, la infiltración de agua, la absorción de radiación solar de onda corta, el reciclaje de materia orgánica, la fijación de nitrógeno y secuestro de carbono; sobre éste último, hay que hacer notar que los suelos contienen mucho más carbono que el que se encuentra contenido en la vegetación y dos veces más que el que se encuentra en la atmosfera (FAO, 2004).

1.3 Contaminación del Suelo y/o el Aire.

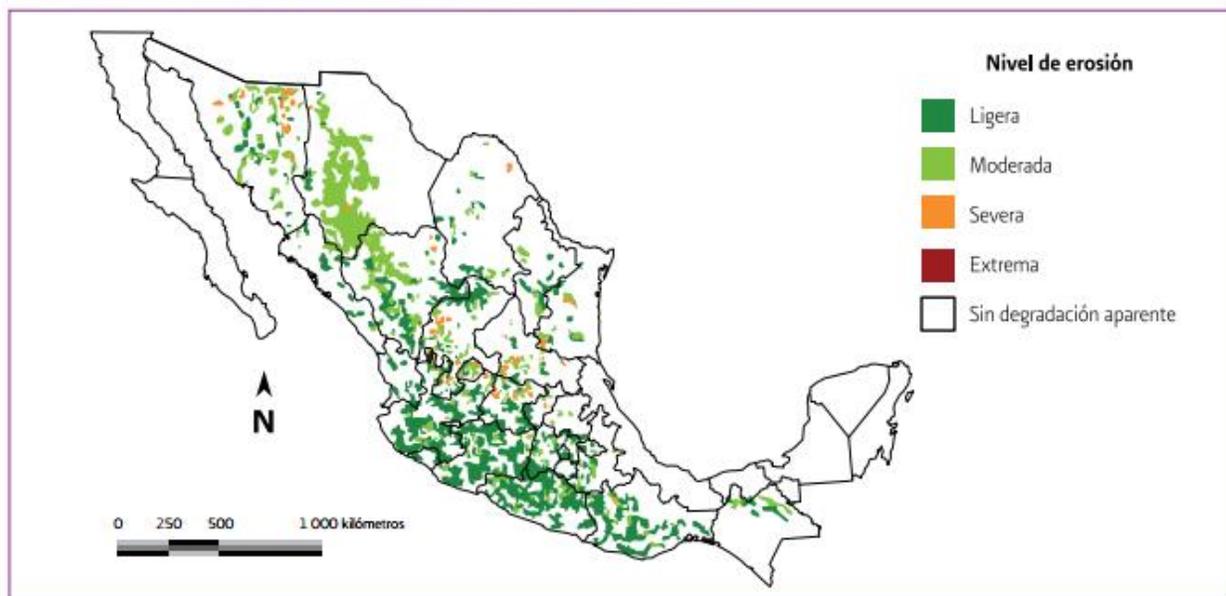
La agricultura es la actividad humana que más estrecha relación tiene con el medio ambiente y con la sobrevivencia del hombre en el planeta, pues debe atender la demanda de alimentos, fibras y recientemente, agrocombustibles. Por su expansión y por las tecnologías utilizadas la agricultura se ha convertido en una causa significativa del deterioro, la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales.

En el caso de México, tanto en la agricultura comercial, altamente tecnificada, como en la agricultura campesina prevalecen una serie de prácticas de producción que son causantes de diversos problemas de degradación de tierras que van disminuyendo la base misma de recursos naturales sobre la cual se sustenta la producción agrícola.

1.4 Erosión del Suelo.

1.4.1 La erosión hídrica es el desprendimiento de partículas del suelo bajo la acción del agua, dejándolo desprotegido y alterando su capacidad de infiltración, lo que propicia el escurrimiento superficial. Los impactos de la erosión se manifiestan en el lugar donde ocurre el fenómeno y fuera de dicho lugar. En el lugar, se pierde de forma gradual la productividad y se agota rápidamente la fertilidad, con repercusiones económicas en el corto plazo si el terreno es agrícola, pero con impactos a mediano plazo si el terreno es forestal o tiene un uso pecuario. Fuera del lugar, los impactos se manifiestan en el azolvamiento y reducción de la vida útil de la infraestructura hidráulica y una menor calidad del agua por el depósito de partículas de suelo; en casos extremos se daña la capacidad de generación de energía eléctrica.

Figura 7. Mapa de erosión hídrica según nivel de afectación en México, 2002



Fuente: Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2005. SEMARNAT; a partir de: SEMARNAT-CP, Evaluación de la Degradación de los Suelos inducida por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. México, 2003.

La degradación de las tierras puede componerse de uno o más factores tales como la degradación de los suelos, el deterioro de la calidad y cantidad de los recursos hídricos y de la degradación de los recursos bióticos. Los factores causales de cada uno de ellos pueden ser naturales, como fenómenos hidrometeorológicos extremos o antrópicos, como las actividades agropecuarias y forestales, mineras, industriales y de servicios que sobreexplotan los recursos terrestres, o bien una combinación de ambos.

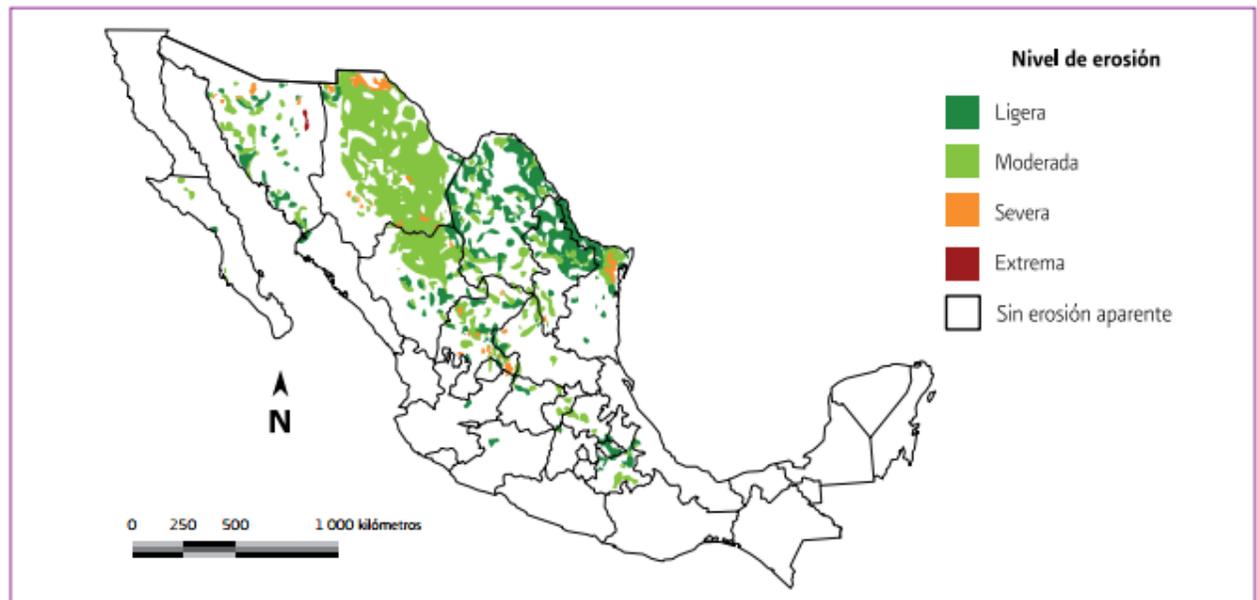
Con datos de los aforos que realizó la desaparecida SARH a través de las regiones hidrológicas en 1985, se estimó que en México la pérdida promedio de suelo debido a la erosión hídrica es de 2.76 t/ha/año, por lo que la pérdida de suelo se calcula en 365 millones de toneladas anuales, de las cuales 113 millones se quedan en los cuerpos de agua y 252 millones de toneladas son arrastradas al mar.

Las zonas afectadas por erosión hídrica alcanzan el 11.8% del territorio nacional, lo que significa 22.8 millones de hectáreas afectadas. De esta superficie el 56.4% se encuentra en el nivel ligero, 39.7% en el nivel moderado y 3.9% entre fuerte y extremo.

Los estados que presentan una mayor proporción de su superficie afectada por este tipo de erosión son: Guerrero (31.5%), Michoacán (26.5%) y el Estado de México (24.7%) y por ecosistema los más afectados son los bosques templados.

1.4.2 La erosión eólica es la generada por la acción del viento y afecta poco más del 9% del territorio nacional (17.6 millones de hectáreas). Los estados con la mayor proporción superficial afectada son: Tlaxcala (26.1%), Chihuahua (25.9%) y Nuevo León (18.9%). Los estados que no registran este tipo de erosión son: Campeche, Chiapas y Tabasco. Por ecosistema afecta en mayor medida a los suelos del matorral xerófilo, los pastizales naturales y la vegetación halófila y gipsófila, agravándose el impacto cuando hay mal manejo del ganado.

Figura 8. Mapa de erosión eólica de suelos según nivel de afectación en México, 2002



Fuente: Informe de la Situación del Medio Ambiente en México, 2005. SEMARNAT; a partir de: SEMARNAT-CP, Evaluación de la Degradación de los Suelos inducida por el Hombre en la República Mexicana, escala 1:250,000. México, 2003.

Las causas de la degradación de tierras son múltiples, pero la gran mayoría se originan del mal manejo que se les han dado, su explotación inadecuada como las prácticas agrícolas poco sustentables, el sobrepastoreo y la deforestación. También se aduce que la tenencia de la tierra juega un papel muy importante pues existen pocos o ningún tipo de incentivo para invertir en el manejo sustentable de la tierra y se suele más bien utilizar para la satisfacción de necesidades en el corto plazo.

1.5 Deterioro de la Biodiversidad.

La biodiversidad se ve afectada por la agricultura por diferentes vías: la principal es el cambio de uso de suelo para establecer áreas agrícolas, ya que ello implica eliminar todas las especies de un sitio para establecer una sola especie que es el cultivo agrícola.

El cambio de uso de suelo y las prácticas agrícolas modernas, enfocadas a la intensificación de rendimientos están generando una pérdida de la biodiversidad y de la agrobiodiversidad que torna más vulnerables los sistemas de producción frente a los cambios de condiciones en el entorno.

Entre estas prácticas están: a) el uso de monocultivos en vez de cultivos múltiples, rotación o sucesión de cultivos, b) el uso de variedades híbridas para obtener altos rendimientos, lo que está desplazando las variedades tradicionales y la diversidad, c) las dos prácticas anteriores implican el uso de insumos sintéticos como fertilizantes y plaguicidas, éstos últimos preocupantes porque además de controlar plagas y enfermedades inciden en otros organismos (insectos y algunas plantas comestibles) que no son dañinos.

Cualquier forma de alteración o afectación del potencial natural de los recursos terrestres que afecta a la integridad de los ecosistemas (naturales y manejo) y reduce su productividad , limitando su capacidad de recuperación y disminuyendo su riqueza biológica, se le conoce como degradación.

La complejidad de este fenómeno y su alarmante intensificación y expansión han llevado a planear estrategias globales para tratar de detener y revertir el grado de impacto que sufren los ecosistemas(Gef-Undp,2006).

1.6 Deterioro y mal Manejo de los Recursos Hídricos.

En lo que respecta al uso de los recursos naturales, la agricultura es el mayor consumidor de agua con el 77 % del volumen anual total de agua asignada para regar 6.5 millones de hectáreas que producen cultivos diversos con fines comerciales principalmente

Las técnicas de riego no son las adecuadas, ya que la eficiencia global oscila del 55 al 60 % del agua aplicada, aunque no siempre la diferencia puede considerarse como una pérdida. Esta situación coadyuva en la presión sobre los recursos hídricos; en el año 2011, de los 653 acuíferos que tiene el país 102 presentaban ya algún grado de sobreexplotación, 14 acuíferos tenían problemas de intrusión salina

y 31 acuíferos presentaban problemas de salinización y aguas subterráneas salobres, como puede apreciarse en la Figura 1.

En términos de calidad del agua, la agricultura participa en la contaminación de los recursos hídricos a través de la acumulación de fosfatos y nitratos derivados del uso desmedido de agroquímicos, así como en el rubro de sólidos suspendidos



totales, que no son sino las partículas de suelo proveniente de la erosión de las tierras. Estos contaminantes, sumados a los de las aguas urbanas e industriales llegan a eutrofizar los cuerpos de agua y reducen la disponibilidad de oxígeno en los ecosistemas acuáticos.

Figura 1. Acuíferos sobreexplotados, con intrusión salina y salinización de suelos

Fuente: Informe de la Situación del Medio Ambiente en México 2012, con datos de la Gerencia de Aguas, Subdirección Técnica General, CONAGUA, SEMARNAT, México, 2013

Mientras que en la agricultura campesina el surcado al contorno y la siembra en laderas sin prácticas de conservación de suelos implican un problema de erosión hídrica. En ambos tipos de agricultura los residuos de cosecha son eliminados casi en su totalidad en vez de reincorporarlos al suelo, lo que ha significado un empobrecimiento de la fertilidad natural de los suelos por el bajo retorno de materia orgánica. Sin embargo, quizá la afectación principal al suelo provenga de la utilización agrícola de terrenos no aptos para esta actividad, que son deforestados perdiendo una riqueza natural relevante para obtener magros beneficios por la agricultura.

CAPITULO II. DEGRADACIÓN DE TIERRAS.

En México, recientemente se ha elaborado la primera evaluación de la degradación de tierras de forma integrada, ya que antes sólo había sido evaluada la degradación por recursos: agua, suelo, vegetación. El 90.7% de la superficie nacional presenta algún tipo de degradación de tierras (177.64 millones de hectáreas) por causas naturales y antrópicas. Desertificación, es la degradación de las tierras de las zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas resultante de diversos factores tales como las variaciones climáticas y las actividades humanas (CNUCLD, 1995. Artículo1).

El 24.3% de la superficie afectada (47.54 millones de hectáreas) presenta degradación ligera, mientras el 17.2% con degradación moderada (33.67 millones de hectáreas), con degradación severa es el 38.4% (75.26 millones de hectáreas) y el 9.4% con degradación extrema (18.499 millones de hectáreas).

Según el estudio mencionado “a partir del análisis resultado de la integración del indicador de la degradación de tierras, se tiene que alrededor 90.7% de la superficie nacional (177.64 millones de ha), presenta algún grado de degradación. Las clases de degradación ligera y moderada representan el 41.5% y la degradación severa y extrema representa el 47.8%, lo que indica que el problema asociado a la disminución o pérdida de la capacidad productiva de las tierras del país es grave, ya que cerca de la mitad del país tiene problemas de severos a extremos de degradación de tierras por lo que es imperativo establecer planes y acciones encaminadas a revertir este proceso”.

En la Tabla 1 se señala la superficie en miles de hectáreas con degradación de tierras y su representatividad en la superficie del país”.

Tabla 1. Superficie y porcentaje del país con degradación de tierras.

Superficie y porcentaje de la misma afectada por degradación integrada a partir de los factores bióticos, edáficos e hídricos.

Tipo de degradación dominante	Superficie (Miles de ha)	Porcentaje de la superficie del país
Sin degradación	18,282.8	9.3
Degradación Ligera	47,541.1	24.3
Degradación Moderada	33,672.2	17.2
Degradación Severa	75,258.8	38.4
Degradación Extrema	18,498.7	9.4
Cuerpos de Agua	2,671.1	1.4
TOTAL	195,924.8	100.0

Tabla 1. Superficie y porcentaje del país con degradación de tierras.

Fuente: Informe final del estudio de Línea Base Nacional de Degradación de Tierras y Desertificación, Comisión Nacional Forestal – Universidad Autónoma Chapingo, diciembre 2013. México.

CAPITULO III. SISTEMA DE PRODUCCIÓN AGRICULTURA DE CONSERVACIÓN.

AC o Agricultura de Conservación es una práctica agrícola sostenible y rentable que busca la protección del medio ambiente, como también brindar un soporte a los agricultores en la reducción de costos de producción y mano de obra a través de sus tres principios:

a) reducir al mínimo el movimiento del suelo (sin labranza);

b) dejar el rastrojo del cultivo anterior en la superficie del terreno para que forme una capa protectora;

c) practicar la siembra de diferentes cultivos, uno después de otro, o sea, la rotación de cultivos.

- **Beneficios**

- Se reduce la erosión del suelo, y con ello su pérdida.
- Se evita la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.
- Se mantiene la producción durante más años.
- Se logra mantener la propiedad del suelo como sumidero de carbono para reducir la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera como contingencia al cambio climático.
- Se reducen las emisiones de CO₂ a la atmósfera como consecuencia directa de la disminución de labores y el uso de maquinaria.
- Se reduce la contaminación del suelo.
- Se incrementa la capacidad de retención eficiente de agua en los suelos y se evitan las escorrentías superficiales.
- Se aumentan los márgenes económicos por hectárea.

3.1 Labranza Cero.

La siembra directa, labranza de conservación, labranza cero, o siembra directa sobre rastrojo es una técnica de cultivo sin alteración del suelo mediante arado. La labranza cero sin arado incrementa la cantidad de agua que se infiltra en el suelo, aumenta la retención de materia orgánica y la conservación de nutrientes en el suelo. En muchas regiones agrícolas evita la erosión del suelo y previene organismos causantes de plagas, ya que se mantiene el equilibrio ecológico del suelo debido a que también se protegen los organismos que contrarrestan las

enfermedades. El beneficio más importante de la siembra directa es la preservación de las características físicas, químicas y biológicas del suelo, haciendo que los suelos adquieran más resiliencia.

- **Beneficios**

- La labranza cero es una respuesta a la caída del contenido de materia orgánica en suelos agrícolas sometidos a labranza convencional. El objetivo es remover lo menos posible el suelo, disminuir los ciclos de oxigenación intensos de la materia orgánica y, por ese medio, evitar la destrucción de la misma.
- No obstante, el arado de los suelos es una eficaz herramienta de eliminación de malezas, o plantas indeseables. Con la labranza cero, éstas deben ser eliminadas por medios biológicos, utilizando herbívoros (ovejas, vacas) para controlar las malezas. Algunos agricultores optan por controlar la maleza mediante herbicidas los cuales matan los microorganismos del suelo no consiguiendo mantener la materia orgánica en él. Por otro lado, también exige aportes extras de nitrógeno en forma de fertilizantes.
- Inesperadamente, la labranza cero también resultó una buena respuesta a la erosión en suelos particularmente expuestos a la misma, especialmente los suelos arenosos, que sufren habitualmente erosión por el viento. También se benefician de esta técnica los suelos con fuertes pendientes, que suelen sufrir erosión por el agua superficial.
- Por último, en ciertas zonas húmedas, se utiliza esta tecnología porque permite acceder a los suelos anegadizos poco después de lluvias, en períodos en que, después de haber sido arados, resultarían lodazales, en que las máquinas no lograrían desplazarse. En casos extremos, la labranza cero ha llegado a regenerar suelos erosionados.

3.2 Rotación de cultivos.

Una rotación de cultivos tiene como objetivo el desarrollo de sistemas de producción diversificados que aseguren la sostenibilidad del suelo promoviendo cultivos que se alternen año con año para que mantengan la fertilidad del suelo y reduzcan los niveles de erosión. Toda rotación de cultivos debe considerar los recursos y las necesidades de los productores.(Reeves, D.W.1994).

- **Beneficios**

- Incrementar los rendimientos de los cultivos en relación con los monocultivos.
- Mantener y mejorar los contenidos de materia orgánica del suelo.
- Mejorar la fertilidad del suelo y mantener un balance de los nutrimentos disponible para las plantas. •Reducir la erosión hídrica y eólica (Calegari y Peñalva, 1999).
- Mejorar la adaptación de la labranza de conservación en comparación con los monocultivos.
 - Mejorar el drenaje, la aireación del suelo, y el tamaño y la estabilidad de los agregados del suelo.
- Reducir la incidencia de malezas, insectos y enfermedades en los cultivos. (Derpsch y Calegari, 1992; Calegari, 1995).

3.3 Manejo de Residuos sobre el suelo.

Los sistemas de Agricultura de Conservación comienzan cada año con la producción y distribución de residuos de cultivos o con un cultivo de cobertura adicional.

Adiciona materia orgánica que mejora la calidad de la cama de siembra e incrementa la capacidad de infiltración y retención de agua del suelo

Fija el carbono mediante la captura del dióxido de carbono de la atmósfera y lo retiene en el suelo amortigua el pH del suelo y facilita la disponibilidad de nutrientes favorece el ciclo del carbono en el suelo captura el agua de lluvia y, por lo tanto, aumenta el contenido de humedad del suelo protege al suelo de la erosión reduce la evaporación. (Monegat (1991).

- **Beneficios**

- provocan un desecamiento desuniforme del suelo y, por ende, una demora en el calentamiento de la cama de siembra o una germinación irregular del cultivo .
- interfieren con las actividades de siembra y fertilización .
- impiden la emergencia de las plántulas.

CAPITULO IV. BUENAS PRACTICAS QUE CONTRIBUYEN A LA MITIGACIÓN DE TIERRAS.

4.1 Mitigación de la degradación física.

La estructura del suelo es un factor clave en el funcionamiento del suelo y es un importante factor en la evaluación de la sustentabilidad de los sistemas de producción de cultivos. Se ha definido como el tamaño, forma y arreglo de los sólidos y vacíos, continuidad de los poros y vacíos, su capacidad para retener y transmitir líquidos y sustancias orgánicas e inorgánicas, y la capacidad de sustentar el crecimiento y desarrollo de raíces vigorosas. Con frecuencia, la estructura del suelo se expresa como el grado de estabilidad de agregados.

La estabilidad estructural del suelo es la capacidad de los agregados de permanecer intactos cuando se exponen a diferentes condiciones extremas. Con frecuencia se usa la agitación de los agregados sobre una malla de alambre tanto en aire (tamizado en seco) como en agua (tamizado en húmedo) para medir la estabilidad de agregados. Con el tamizado en seco, la única condición extrema aplicada es la del tamizado, mientras que con el tamizado en húmedo las muestras se exponen adicionalmente al poder del agua (proceso donde el suelo se desmorona por humedecimiento rápido). Por lo tanto, el diámetro medio ponderado (DMP) de los agregados después del tamizado en seco es por lo general mayor que el DMP después del tamizado en húmedo. A continuación, trataremos los tres componentes de la agricultura de conservación y su influencia sobre la estructura del suelo (Alfonso C.A. y Monederos M 2004).

4.1.1 Influencia de la labranza.

En suelos con cero labranza y retención de residuos mejora la distribución de agregados secos en comparación con la labranza convencional. El efecto de la cero labranza sobre la estabilidad del agua es más pronunciado, con un mayor DMP para el tamizado en húmedo registrado para una amplia variedad de suelos y condiciones agroecológicas.

En los casos en los que labranza convencional da como resultado buena distribución estructural, los componentes estructurales siguen siendo más débiles para resistir la desagregación inducida por humedecimiento rápido que en los suelos con cero labranza con retención de residuos del cultivo. Por lo tanto, los suelos de los cultivos con cero labranza con retención de residuos se vuelven más estables y menos susceptibles al deterioro estructural, mientras que los suelos cultivados con

labranza son propensos a la erosión (Corbella, R.; Fernández de Ullivarri, J.(2006).

Este es el resultado de los efectos directos e indirectos de la labranza sobre la agregación:

- La perturbación física de la estructura del suelo por medio de la labranza da como resultado un rompimiento directo de los agregados y un incremento en el reemplazo de agregados.
- La labranza también da como resultado el rompimiento de fragmentos de las raíces e hifas de micorrizas, las cuales son los principales agentes de unión para los macroagregados.
- Los residuos que yacen sobre la superficie del suelo en la agricultura de conservación protegen el suelo del impacto de las gotas de lluvia
- Durante la labranza, tiene lugar una redistribución de la materia orgánica del suelo. Pequeños cambios en el carbono orgánico en el suelo pueden influir en la estabilidad de los macroagregados.
- La materia orgánica del suelo puede incrementar tanto la resistencia a la deformación, el poder de recuperación y la macroporosidad del suelo.
- La labranza reduce las poblaciones de macrofauna (por ejemplo, lombrices de tierra) en comparación con los sistemas de agricultura de conservación, los cuales disminuyen los efectos potencialmente positivos de la macrofauna sobre la agregación del suelo.

4.1.2 Influencia del manejo de residuos.

Debido a que la materia orgánica es un factor importante en la agregación del suelo, el manejo de residuos del cultivo previo es clave para el desarrollo estructural y estabilidad del suelo. Se sabe desde hace muchos años que la adición de sustratos orgánicos al suelo mejora su estructura. El regreso de residuos del cultivo a la superficie del suelo no solo incrementa la formación de agregados, sino que también reduce la desagregación al disminuir la erosión y proteger a los agregados contra el impacto de las gotas de lluvia. El DMP de los agregados medido mediante tamizado en seco y en húmedo disminuyó con una menor cantidad de residuos retenidos en un sistema de camas permanentes de temporal. También se observó que la quema de rastrojos redujo la estabilidad en agua de los agregados en las fracciones de > 2

mm y $< 50 \mu\text{m}$. Sin embargo, se debe tener en cuenta que el retiro parcial de residuos mantuvo la agregación dentro de límites aceptables. Esto indica que no siempre es necesario retener todos los residuos del cultivo en el campo para lograr los beneficios de las camas permanentes o cero labranza (Bures, S. (2004).

4.1.2.1 Porosidad del suelo.

Los poros tienen diferentes tamaños, formas y continuidad y estas características influyen en la infiltración, almacenamiento y drenaje del agua, el movimiento y distribución de los gases, y la facilidad de penetración en el suelo de la raíces en crecimiento. Los poros son creados por factores abióticos (por ejemplo, labranza y tránsito, congelamiento y descongelamiento, secado y humedecimiento) y por factores bióticos (por ejemplo, crecimiento de las raíces, fauna excavadora). Los cambios en las características del poro reflejan principalmente cambios en la forma, magnitud y frecuencia de las condiciones extremas impuestas sobre el suelo, la colocación de residuos del cultivo y la población de microorganismos y fauna en el suelo (Gef-Undp, 2006)

4.1.2.1.1 Distribución del tamaño del poro y continuidad de los poros.

Los cambios en la porosidad total introducidos por el manejo están relacionados con las alteraciones en la distribución del tamaño del poro. La porosidad total de los suelos está distribuida entre diferentes clases de tamaño de poro y clases de tamaño diferentes cumplen con diferentes funciones en la aireación, infiltración, drenaje y almacenamiento del agua, y ofrece una diferente resistencia mecánica al crecimiento de las raíces. se muestran las tres clases de poros con su tamaño y función. En general, se ha observado que la micro y mesoporosidad es más alta en cero labranza en comparación con la labranza convencional, pero en algunos casos no se ha observado algún efecto de la labranza. El efecto del manejo de residuos y rotación de cultivos sobre la distribución del tamaño del poro no se investiga por lo general; sin embargo, un estudio registró un mayor volumen de mesoporos en la capa de 0-3 cm en el suelo con cero labranza con retención de residuos que en cero labranza sin retención de residuos (Blanco-Canqui y Lal, 2007).

Los macroporos son importantes para el flujo e infiltración del agua en condiciones tanto saturadas como insaturadas. Adicionalmente, una matriz de suelo con macroporos ofrece un mayor potencial para el crecimiento radicular sin perturbaciones debido a que las raíces pueden atravesar las zonas de alta resistencia mecánica. Cuando los suelos son convertidos a cero labranza, se puede

esperar que la macroporosidad sea limitada en la zona que fue anteriormente labrada debido a procesos tales como la compactación inducida por el tránsito. Sin embargo, esta compactación puede ser compensada por una creación progresiva de macroporos por las raíces y la actividad animal con el tiempo. La disminución en la porosidad total comúnmente observada en suelos con cero labranza en comparación con suelos con labranza convencional está asociada con cambios significativos en la distribución del tamaño de los macroporos. La infiltración, retención y flujo del agua no solo dependen de la cantidad y tamaño de los poros sino también de la interconectividad y forma de los poros. Los cambios en la morfología de los poros reflejan cambios en los procesos que crearon esos poros. Los poros con forma irregular y alargada, $> 1,000 \mu\text{m}$ en diámetro y longitud, son más numerosos en suelos con labranza convencional en comparación con cero labranza a una profundidad de 0-20 cm. Esto puede atribuirse al mezclado y homogenización anuales producidos por el arado. Se observó una mayor proporción de macroporos orientados horizontalmente en la profundidad de 5-15 cm con cero labranza que con labranza convencional (VandenBygaart et al., 1999). Los bioporos creados por raíces y animales tales como las lombrices de tierra pueden ser mantenidos en la capa arable en ausencia de labranza anual. Estos poros redondeados $> 500 \mu\text{m}$ son más frecuentes en sistemas de cero labranza después de pocos años, incluso cuando el número total de macroporos $> 1,000 \mu\text{m}$ fue mucho mayor con la labranza convencional (VandenBygaart et al., 1999).

4.1.2.2 Capacidad de Retención de agua.

Se esperaría que la conductividad hidráulica fuera mayor en suelos con cero labranza con retención de residuos en comparación con la labranza convencional debido a la mayor conductividad de los macroporos, la cual es el resultado de un incremento en el número de bioporos. Sin embargo, los resultados de diferentes estudios no son uniformes. Aunque en muchos estudios se observó una mayor conductividad hidráulica con cero labranza en comparación con la labranza convencional, también se ha observado que no hay un efecto significativo de la labranza y el manejo de residuos. Los diferentes resultados pueden deberse en parte a la dificultad de medir la conductividad hidráulica cuando está presente la cubierta de residuos en cero labranza. La presencia de los residuos complica la instalación de instrumentos de medición o el retiro de muestras intactas. Esto puede causar una gran variación en los valores de la conductividad en escalas pequeñas debido a los macroporos y otros atributos estructurales que se dejan intactos por la ausencia de labranza. Asimismo, las diferencias en la profundidad de muestreo del suelo, la cantidad de residuos retenidos y las características específicas del lugar

(por ejemplo, textura del suelo, pendiente, labranza) entre los estudios pueden explicar las inconsistencias en los efectos observados de la labranza sobre la conductividad hidráulica y la capacidad de retención de agua (Monegat , C . 1991).

Las prácticas de manejo del suelo que incrementan el contenido de materia orgánica pueden tener un impacto positivo sobre la capacidad de retención de agua del suelo. Se ha observado que la capacidad de retención de agua se incrementa cuando aumenta la cantidad de materia orgánica del suelo, lo que significa que la agricultura de conservación tiene el potencial de incrementar la capacidad de retención de agua.

4.3 Mitigación Química.

La labranza, el manejo de residuos y la rotación de cultivos tienen un impacto significativo sobre la distribución de los nutrientes y su transformación en los suelos, por lo general relacionadas con los efectos de la agricultura de conservación sobre el contenido de COS (véase el apartado 3.1 Carbono orgánico del suelo). De manera similar a los hallazgos con el COS, la distribución de los nutrientes en un suelo con cero labranza es diferente a la de un suelo con labranza. Por lo general, se observa un aumento en la estratificación de los nutrientes, un aumento en la conservación y disponibilidad de los nutrientes cerca de la superficie del suelo con cero labranza en comparación con la labranza convencional. La alteración en la disponibilidad de nutrientes en cero labranza puede deberse a la colocación en la superficie de los residuos del cultivo en comparación con la incorporación de los residuos del cultivo con labranza. Una descomposición más lenta de los residuos colocados sobre la superficie puede prevenir la rápida lixiviación de nutrientes a través del perfil del suelo. Con cero labranza, el número de poros continuos puede ser alto, llevando los nutrientes solubles a un paso más rápido hasta más profundo en el perfil del suelo. La densidad de las raíces del cultivo es por lo general mayor cerca de la superficie del suelo en cero labranza en comparación con labranza convencional. Esto lleva a una mayor proporción de nutrientes absorbidos cerca de la superficie del suelo. Sin embargo, las concentraciones de nutrientes en los tejidos vegetales generalmente no se ven afectadas por la labranza o combinaciones de cultivos (SEMARNAT , 2010).

La presencia de nitrógeno mineral en el suelo disponible para la absorción por la planta depende de la tasa de mineralización del carbono. El impacto de la labranza reducida con retención de residuos sobre la mineralización del nitrógeno no es claro. El suelo con cero labranza con retención de residuos puede estar asociado con una menor disponibilidad del nitrógeno debido a una mayor inmovilización producida por

los residuos dejados sobre la superficie del suelo. La fase de inmovilización neta cuando se adopta cero labranza puede ser transitoria, ya que la mayor inmovilización del nitrógeno reduce la oportunidad de que se presenten pérdidas por lixiviación y desnitrificación del nitrógeno mineral (Govaerts et al., 2007^a)

Los efectos de la agricultura de conservación sobre el contenido total de nitrógeno por lo general reproducen a aquellos observados para el COS total ya que el ciclo del nitrógeno está ligado al ciclo del carbono. El suelo con cero labranza y camas permanentes tiene una concentración significativamente mayor de nitrógeno total que la labranza convencional (Govaerts et al., 2007a). Se han observado incrementos significativos en el nitrógeno total con un aumento en las adiciones de residuos del cultivo.

4.3.1 La influencia de la práctica de labranza sobre la mineralización del nitrógeno.

La labranza incrementa la perturbación de los agregados, lo que hace que la materia orgánica sea más accesible a los microorganismos del suelo e incrementa la liberación del nitrógeno mineral de las reservas activas y físicamente protegidas de nitrógeno. Cuando se reduce la labranza hay más macroagregados estables. El carbono y el nitrógeno en los microagregados dentro de los macroagregados están más protegidos. En general, la tasa de mineralización del nitrógeno se incrementa cuando se reduce la labranza. La tasa de mineralización del nitrógeno también se incrementa con el aumento en la tasa de aplicación de fertilizantes nitrogenados inorgánicos. El manejo de los residuos también determina la tasa de mineralización del nitrógeno. En la labranza convencional, los residuos se incorporan en el suelo, mientras que en cero labranza se dejan sobre la superficie del suelo. Los residuos del cultivo incorporados se descomponen 1.5 veces más rápido que los residuos colocados sobre la superficie. Sin embargo, el tipo de residuos y las interacciones con las prácticas de manejo del nitrógeno también determinan la mineralización del carbono y del nitrógeno.

4.3.1.1 La influencia de los residuos del cultivo sobre la mineralización del nitrógeno.

La composición de los residuos dejados sobre el campo afectará su descomposición. La proporción de C/N es uno de los criterios más comúnmente usados para evaluar la calidad, junto con las concentraciones iniciales en los residuos de nitrógeno, lignina, polifenoles y carbono soluble. Durante la descomposición de la materia orgánica, el nitrógeno inorgánico puede ser inmovilizado, especialmente cuando se agrega materia orgánica con una gran proporción C/N al suelo. Los residuos del cultivo tienen un contenido muy bajo de nitrógeno (aprox. 1 %) y fósforo (aprox. 0.1 %). Dados los contenidos de lignina y polifenol de los residuos del cultivo, estos residuos tienen un papel más importante en su contribución con la acumulación de MOS que como fuentes de nutrientes inorgánicos para el crecimiento de la planta (Corbella, R.; Fernandez de Ullivarri, J.(2006).

4.3.1.2 Fósforo.

Varios estudios han registrado mayores concentraciones de fósforo extraíble en suelos con cero labranza que en suelos con labranza. Esto se debe en gran medida al mezclado reducido del fósforo del fertilizante con el suelo, lo que lleva a una menor fijación del fósforo. Esto es un beneficio cuando el fósforo es un nutriente limitante, pero puede ser una amenaza cuando el fósforo es un problema ambiental debido a la posibilidad de pérdidas de fósforo soluble en el agua de escurrimiento. Generalmente se observa la acumulación de fósforo en la superficie de suelos con cero labranza. Si el suelo superficial se seca con frecuencia durante la temporada de crecimiento, la colocación más profunda de fósforo en cero labranza puede ser una opción. Sin embargo, si hay mantillo sobre la superficie del suelo con cero labranza, es probable que el suelo superficial sea más húmedo que los suelos cultivados con labranza y probablemente no haya necesidad de una colocación más profunda del fósforo(Kaufman C.E)

4.3.1.3 Contenido de potasio, calcio y magnesio.

El suelo con cero labranza conserva e incrementa la disponibilidad de nutrientes, tales como el potasio, cerca de la superficie del suelo donde proliferan las raíces del cultivo. Se observan mayores concentraciones de potasio extraíble en la superficie del suelo cuando disminuye la intensidad de la labranza. El aumento en la cantidad de residuos retenidos también puede llevar a un aumento en la concentración de potasio en la parte superficial del suelo, aunque este efecto es dependiente del

cultivo. Muchas investigaciones han mostrado que la labranza no afecta las concentraciones de calcio y magnesio extraíbles, especialmente donde la capacidad de intercambio catiónico (CIC) está asociada principalmente con partículas de arcilla. Asimismo, la estratificación vertical del calcio y del magnesio no parece ser afectada por la labranza y el cultivo, pero los resultados no son concluyentes(Blanco Coronado J.L.)

4.3.1.4 Capacidad de intercambio catiónico.

El alto contenido de materia orgánica en la superficie del suelo, normalmente observada con agricultura de conservación (véase el apartado 3.1.1 Contenido total de carbono orgánico del suelo), puede incrementar la CIC de la capa superficial del suelo. Sin embargo, las prácticas de labranza y el cultivo no parecen tener un efecto sobre la CIC. La retención de residuos del cultivo, sin embargo, puede incrementar de manera significativa la CIC en la capa de 0-5 cm en comparación con el suelo en el cual se retiraron los residuos (ISRIC)

4.3.1.5 Cationes micronutrientes y aluminio.

El aumento en el suministro de micronutrientes esenciales a cultivos alimenticios puede producir incrementos significativos en las concentraciones en productos vegetales comestibles, contribuyendo con la salud del consumidor. Los cationes de micronutrientes (Zn, Fe, Cu, y Mn) tienden a estar presentes en mayores concentraciones en suelos con cero labranza con retención de residuos en comparación con la labranza convencional. Sin embargo, los informes no son concluyentes acerca de esto. La toxicidad del aluminio parece ser menor en cero labranza con retención de residuos, probablemente debido a la formación de complejos de aluminio con compuestos orgánicos cuando hay agua disponible en la capa superficial del suelo(Loneragan , J.F. Weeb (1993).

4.3.1.6 Salinidad/sodicidad.

Respecto a la pregunta de si las prácticas de labranza influyen en la salinidad del suelo, se han observado resultados contradictorios. En los Valles Altos de México, se ha observado que las camas permanentes son una tecnología que reduce la sodicidad del suelo en condiciones de temporal. Además, la concentración de sodio se incrementó con la reducción en la cantidad de residuos retenidos sobre las

camas permanentes (Govaerts et al., 2007a). Esto puede ser importante para zonas salinas. A diferencia, otra investigación sugirió que la labranza tiende a reducir el potencial de la acumulación de sal en la zona de las raíces.

4.4 Mitigación de los Recursos Hídricos.

4.4.1 Conductividad Hidráulica.

Se esperaría que la conductividad hidráulica fuera mayor en suelos con cero labranza con retención de residuos en comparación con la labranza convencional debido a la mayor conductividad de los macroporos, la cual es el resultado de un incremento en el número de bioporos. Sin embargo, los resultados de diferentes estudios no son uniformes. Aunque en muchos estudios se observó una mayor conductividad hidráulica con cero labranza en comparación con la labranza convencional, también se ha observado que no hay un efecto significativo de la labranza y el manejo de residuos. Los diferentes resultados pueden deberse en parte a la dificultad de medir la conductividad hidráulica cuando está presente la cubierta de residuos en cero labranza. La presencia de los residuos complica la instalación de instrumentos de medición o el retiro de muestras intactas. Esto puede causar una gran variación en los valores de la conductividad en escalas pequeñas debido a los macroporos y otros atributos estructurales que se dejan intactos por la ausencia de labranza. Asimismo, las diferencias en la profundidad de muestreo del suelo, la cantidad de residuos retenidos y las características específicas del lugar (por ejemplo, textura del suelo, pendiente, labranza) entre los estudios pueden explicar las inconsistencias en los efectos observados de la labranza sobre la conductividad hidráulica y la capacidad de retención de agua. Las prácticas de manejo del suelo que incrementan el contenido de materia orgánica pueden tener un impacto positivo sobre la capacidad de retención de agua del suelo. Se ha observado que la capacidad de retención de agua se incrementa cuando aumenta la cantidad de materia orgánica del suelo, lo que significa que la agricultura de conservación tiene el potencial de incrementar la capacidad de retención de agua (Figuroa, S.B. 1982).

4.4.2 Infiltración, Esguerrimiento, Evaporación.

A pesar de los resultados incongruentes sobre el efecto de la labranza y el manejo de residuos sobre la conductividad hidráulica del suelo, la infiltración es por lo general mayor en cero labranza con retención de residuos en comparación con

labranza convencional y en cero labranza con retiro de residuos.

Esto probablemente se debe a los efectos directos e indirectos de la cubierta de residuos sobre la infiltración del agua:

Se ha identificado al rompimiento de macroagregados del suelo como el principal factor que lleva a la obstrucción de los poros superficiales por partículas primarias y microagregados, por lo tanto, la formación de sellos o costras en la superficie. La presencia de residuos del cultivo sobre el suelo previene la desagregación por el impacto directo de las gotas de lluvia así como por el rápido secado de los suelos.

- Asimismo, los agregados son más estables en cero labranza con retención de residuos en comparación con labranza convencional y cero labranza con retiro de residuos. Esto significa que hay menos desagregación inducida por humedecer rápidamente los agregados o por la fuerza del viento, lo que previene la formación de encostramiento en la superficie.

- Los residuos dejados sobre la superficie actúan como una sucesión de barreras, reduciendo la velocidad del escurrimiento y dejando que el agua tenga más tiempo para infiltrarse. Los residuos interceptan la lluvia y la liberan más lentamente. McGarry et al. (2000) observaron que el tiempo de saturación, la tasa de infiltración final y la infiltración total eran significativamente mayores con cero labranza con retención de residuos que con la labranza convencional. Esto se atribuyó a la abundancia de poros en el suelo aparentemente continuos desde la superficie del suelo a la profundidad en cero labranza, a diferencia de un encostramiento superficial de alta densidad en la labranza convencional (Castro, O. M. 1991).

La evaporación del suelo está determinada por dos factores: qué tan húmedo está el suelo y qué tanta energía recibe la superficie del suelo para sostener el proceso. La labranza mueve suelo húmedo a la superficie, incrementando las pérdidas por la evaporación. Por lo tanto, la perturbación de la labranza en la superficie del suelo incrementa la evaporación del agua en comparación con las áreas de cero labranza. La cantidad de energía que la superficie del suelo recibe está influenciada por el follaje y la cobertura de residuos. La cobertura de residuos reduce la evaporación del agua del suelo al disminuir su temperatura, impedir la difusión del vapor, absorber el vapor del agua en el tejido de los residuos y reducir el gradiente de la velocidad del viento en la interfaz entre suelo y atmósfera. La tasa de secado del suelo es determinada por el espesor de los residuos junto con el potencial de

evaporación atmosférica. Las características de los residuos que afectan los componentes del balance de energía (por ejemplo, albedo e índice de superficie cubierta con residuos) y que tienen un gran impacto sobre los flujos de evaporación varían a lo largo del año y espacialmente a través del campo debido a la distribución no uniforme de los residuos. (Alfonso C.A. y Monederos M 2004).

La agricultura de conservación puede incrementar la infiltración, reducir el escurrimiento y la evaporación en comparación con la labranza convencional y cero labranza con retiro de residuos. Por consiguiente, se conserva la humedad del suelo y hay más agua disponible para los cultivos. El mantillo ayuda a conservar la humedad del suelo en una temporada con largos periodos sin lluvia. El contenido de humedad del suelo se incrementa con el aumento de la cobertura superficial. Un mayor contenido de humedad del suelo permite a los cultivos crecer durante periodos cortos de sequía. Por lo tanto, cero labranza con retención de residuos disminuye la frecuencia e intensidad de las sequías cortas durante la temporada. Por lo tanto, la labranza y el manejo de residuos pueden afectar de manera significativa los rendimientos de los cultivos en áreas o temporadas con mala distribución de las lluvias (CIMMYT).

4.4.3 Temperatura del Suelo.

El balance entre la radiación entrante y saliente determina la energía disponible para calentar el suelo. Los residuos retenidos afectan la temperatura del suelo cerca de la superficie debido a que afectan este balance de energía. La energía solar en la superficie del suelo se divide en el flujo de calor del suelo, reflexión del calor sensible y calor latente para la evaporación del agua. Los residuos en la superficie reflejan la radiación solar y aíslan la superficie del suelo. Debido a que las partículas del suelo tienen una menor capacidad calórica y una mayor conductividad calórica que el agua, los suelos secos potencialmente se calientan y enfrían más rápido que los suelos húmedos. Además, en los suelos húmedos se usa más energía para la evaporación del agua que para calentar el suelo. Las operaciones de labranza incrementan las tasas de secar y humedecer el suelo debido a que la labranza perturba la superficie del suelo e incrementa las bolsas de aire en las cuales se presenta la evaporación. Las temperaturas del suelo en las capas superficiales pueden ser significativamente menores (por lo general entre 2 °C y 8 °C) durante el día (en verano) en suelos con cero labranza con retención de residuos en comparación con la labranza convencional. Durante la noche, el efecto de

aislamiento de los residuos lleva a mayores temperaturas de manera que hay una menor diferencia en las temperaturas del suelo en 24 horas en comparación con cero labranza. En los suelos calientes tropicales, la cobertura de residuos reduce las temperaturas máximas del suelo que son muy altas para el crecimiento y desarrollo óptimo a un nivel apropiado, favoreciendo la actividad biológica, el crecimiento del cultivo inicial y el desarrollo de raíces durante la temporada de crecimiento. Sin embargo, en áreas templadas, las menores temperaturas crean suelos fríos desfavorables, retardando el crecimiento inicial del cultivo y produciendo un menor rendimiento especialmente si se presentan heladas tardías. En áreas templadas, se sugiere usar una franja sin residuos suelo sobre el centro de la hilera. Esta franja puede proporcionar más entrada de calor a la superficie del suelo en el centro de la hilera y no tiene efectos adversos sobre el contenido de humedad del suelo(Colegio de Postgraduados. 1977).

CAPITULO V. MITIGACIÓN DE LA EROSIÓN.

5.1 Erosión Hídrica.

Las tasas de erosión en los campos agrícolas cultivados con labranza convencional promedian 1-2 órdenes de magnitud más que la erosión en áreas con vegetación nativa y la erosión geológica a largo plazo excede la producción de suelo. La erosión del suelo está en función de la erosividad y erosionabilidad. La erosividad está relacionada con las características físicas de la precipitación en la superficie del suelo y la velocidad del escurrimiento. Por lo tanto, la erosividad es afectada por los residuos del cultivo (por ejemplo, en suelos con cero labranza con retención de residuos) que rompen el impacto de las gotas de lluvia y retardan el escurrimiento, lo que reduce la erosión. La erosionabilidad del suelo está relacionada con las características físicas del suelo. La desagregación es un buen indicador de la erosionabilidad del suelo, ya que el rompimiento a partículas más finas, más transportables y microagregados incrementa el riesgo de erosión. Las prácticas de agricultura de conservación tienen una mayor estabilidad de agregados en comparación con las prácticas convencionales o los campos con cero labranza sin retención de residuos. Esto da como resultado un menor potencial de erosión del suelo para la agricultura de conservación. El efecto positivo de la agricultura de conservación sobre la erosionabilidad reducida se ve aumentado adicionalmente por la disminución en la cantidad de escurrimiento. En resumen, la agricultura de conservación tiene tasas de erosión mucho más cercanas a las tasas de producción

del suelo que la labranza convencional, por lo tanto, puede proporcionar las bases para una agricultura sustentable (Lozano, Luis A. 2014).

5.2 Erosión Eólica.

La susceptibilidad de los suelos a la erosión eólica depende en gran medida de la distribución del tamaño de los agregados y se determina mediante tamizado en seco. El porcentaje de agregados con tamaños menores de 0.84 mm es considerado como la fracción del suelo susceptible de ser transportada por el viento. Esta fracción erosionable es del doble en peso en la labranza convencional que en cero labranza, lo que indica que la labranza convencional es mucho más susceptible a la erosión eólica (Singh y Malhi, 2006). Asimismo, se ha demostrado que la fracción erosionable se incrementa con el tiempo en la labranza convencional, mientras que la fracción permanece sin cambios en cero labranza. La vegetación y la cobertura de residuos del cultivo también tienen un papel importante en la reducción de la erosión eólica al disminuir la exposición del suelo al viento en la superficie e interceptando el material en saltación. El rastrojo en pie es más efectivo para controlar la erosión eólica que el rastrojo aplanado.

CAPITULO VI. MITIGACION DE LA BIODIVERSIDAD BIOLÓGICA.

6.1 Microfauna y Microflora del Suelo.

El mantenimiento de la biomasa microbiana del suelo (BMS), la actividad y diversidad de la microflora es fundamental para el manejo agrícola sustentable. El manejo del suelo influye en los microorganismos y en los procesos microbianos por medio de cambios en la cantidad y calidad de los residuos vegetales que entran al suelo, su distribución estacional y espacial, la proporción entre los aportes arriba y debajo del suelo, y los cambios en los aportes de nutrientes (CONABIO. 2008).

6.1.1 Biomasa Microbiana.

La BMS refleja la capacidad del suelo para almacenar e incorporar nutrientes (C, N, P y S), materia orgánica y tiene una tasa de cambio alta en comparación con la materia orgánica total del suelo. Tiene algunas características interesantes:

La BMS responde a cambios en el manejo del suelo por lo general antes de que se conozcan los efectos en términos de carbono y nitrógeno orgánicos.

La BMS tiene un importante papel en la estabilización física de los agregados.

La supresión general de enfermedades transmitidas a través del suelo también está relacionada con la BMS total, la cual compite con los patógenos por recursos o causa su inhibición por medio de formas más directas de antagonismo. Por lo general, se considera que la tasa de aporte de carbono orgánico de la biomasa vegetal es el factor dominante que controla la cantidad de BMS en el suelo. Un suministro uniforme y continuo de carbono de los residuos del cultivo sirve como una fuente de energía para los microorganismos. La retención de residuos puede llevar a cantidades significativamente mayores de BMS, carbono y nitrógeno en la capa superficial del suelo en comparación con el retiro de residuos. El manejo de residuos tiene más influencia sobre la BMS que el sistema de labranza. Los cambios significativos están confinados en su gran mayoría a la capa superficial del suelo. La influencia de la práctica de labranza sobre el carbono y el nitrógeno en la BMS, también está confinada en su mayoría a las capas superficiales, a menores profundidades (5-10 cm y 10-15 cm), el carbono y el nitrógeno en la BMS generalmente no son significativamente diferentes (Govaerts et al., 2007b). Los efectos favorables de cero labranza y la retención de residuos sobre las poblaciones microbianas del suelo se deben principalmente a un aumento en la aireación del suelo, condiciones más frías y húmedas, menor temperatura y fluctuaciones en la humedad y un mayor contenido de carbono en el suelo superficial. Los efectos de varias rotaciones son claros cuando se considera el largo del periodo de barbecho. La reducción del barbecho incrementa la BMS, el carbono y el nitrógeno. Cada operación de labranza incrementa la descomposición de la materia orgánica con una subsiguiente disminución en la MOS (Díaz-Raviña, M., Acea M.J., Carballas, T 1995).

6.1.2 Diversidad Funcional.

La diversidad y redundancia funcionales, las cuales se refieren a una reserva de organismos inactivos o una comunidad con vastas superposiciones interespecíficas y plasticidad de los rasgos, son signos de un aumento en la salud del suelo y permiten que un ecosistema mantenga una función del suelo estable. No es posible determinar la diversidad funcional de las comunidades microbianas con base en la estructura de la comunidad, en gran parte debido a que los microorganismos están presentes en el suelo frecuentemente en etapas de reposo o dormancia. Estos microorganismos en dormancia pasan inadvertidos en la mayoría de las mediciones. La medición directa de la diversidad funcional de las comunidades microbianas del suelo probablemente proporcione información adicional sobre el funcionamiento de los suelos. La diversidad funcional es mayor con cero labranza con retención de residuos que con la labranza convencional. Cuanto más se mantengan los residuos, las diferencias en el perfil fisiológico a nivel de comunidad de la BMS son mínimas

entre cero labranza y la labranza convencional. Cuando se retiran los residuos, la diversidad funcional disminuye en cero labranza (Govaerts et al., 2007b). Las raíces tienen un importante papel en dar forma a las comunidades microbianas del suelo al liberar una amplia variedad de compuestos que pueden diferir entre las plantas. Se sabe que esta variación selecciona comunidades bacterianas divergentes. Esto indica la importancia de la rotación de cultivos para la salud del suelo.

6.1.3 Actividad Enzimática.

Las enzimas de suelo tienen un papel esencial en la canalización de reacciones necesarias para la descomposición de la materia orgánica y ciclo de los nutrientes. Estas están involucradas en la transferencia de energía, la calidad ambiental y la productividad del cultivo. Las prácticas de manejo tales como la labranza, la rotación de cultivos y el manejo de residuos pueden tener diversos efectos sobre diferentes enzimas del suelo. La actividad enzimática por lo general disminuye con la profundidad del suelo. Por lo tanto, la diferenciación entre las prácticas de manejo es mayor en el suelo superficial. La rotación de cultivos y el manejo de residuos también pueden afectar la actividad enzimática en el suelo. La reducción del barbecho parece aumentar la actividad enzimática del ciclo del carbono y del fósforo(Bures, S, 2004).

6.1.4 Estructura de la Comunidad Microbiana.

Los actinomicetos, otras bacterias, hongos, protozoarios y algas son las poblaciones más abundantes y metabólicamente activas en el suelo.(CONABIO 2008).

6.1.5 Hongos y Bacterias.

Los hongos son alimento para los nemátodos, ácaros y otros organismos más grandes del suelo; pero también pueden atacar a otros organismos del suelo. Los hongos filamentosos son responsables de la descomposición de la materia orgánica y participan en el ciclo de los nutrientes. De particular interés para los sistemas de manejo agrícolas son los hongos micorrizógenos arbusculares, los cuales son simbiontes ubicuos de la mayoría de las plantas superiores, incluidos la mayoría de los cultivos. El micelio externo de los hongos micorrizógenos arbusculares actúa como una extensión de las raíces de la planta hospedera y absorbe nutrientes del suelo, especialmente aquellos con baja movilidad tales como el fósforo, cobre y zinc. Las micorrizas arbusculares interactúan con patógenos y otros habitantes de la rizosfera que afectan la salud y nutrición vegetal. Con frecuencia se dice que, en la escala de microcadena trófica, los sistemas de cero labranza tienden a ser dominados por hongos mientras que en sistemas de labranza convencional tienden a ser dominados por bacterias. Sin embargo, esto puede depender si las mediciones son realizadas cerca de la superficie del suelo o más profundo en el perfil del suelo, ya que los residuos del cultivo en la superficie del suelo con cero labranza tienden a ser dominados por hongos. La perturbación de la red de hifas de hongos micorrizógenos, una importante fuente de inóculo cuando las raíces envejecen, es un posible mecanismo por medio del cual la labranza convencional reduce la colonización de las raíces por las micorrizas arbusculares. La labranza también transporta hifas y fragmentos de raíz colonizados a la capa superior del suelo, lo que reduce la posibilidad de que sean benéficas para el próximo cultivo. Cuando se retienen los residuos del cultivo, sirven como una fuente de energía continua para los microorganismos. La retención de los residuos del cultivo sobre la superficie incrementa la abundancia de microorganismos debido a que los microorganismos encuentran mejores condiciones para su reproducción en la capa superficial del suelo. La reducción de la labranza también tiene un efecto sobre ciertas bacterias, tales como *Agrobacterium* spp. y *Pseudomonas* spp. Por lo tanto, no es la cero labranza en sí mismo responsable del aumento en la microflora, sino más bien la combinación de cero labranza y la retención de residuos. (Figueroa , S . B. 1982).

6.1.6 Nemátodos.

Se ha establecido que en suelos con cero labranza, los residuos del cultivo están dominados por hongos. Se encuentra un predominio de nemátodos que se alimentan de hongos en la capa de 0-5 cm en cero labranza. La labranza reducida lleva a una población significativamente mayor de nemátodos que en la labranza convencional. La retención de residuos contribuyó con una alta densidad poblacional de nemátodos de vida libre (benéficos) mientras que en suelo

convencional, independientemente del manejo de residuos, contribuyó a suprimir los nemátodos parásitos de plantas. La población de nemátodos que se alimentan de bacterias fue significativamente mayor en la labranza convencional que en cero labranza con retención de residuos (Yeates y Hughes, 1990). La rotación de cultivos también parece tener un efecto sobre la densidad de la población total de nemátodos de vida libre.

6.2 Meso y Macrofauna del Suelo.

Desde un punto de vista funcional, la macrofauna del suelo se puede dividir en dos grupos: 1. Transformadores de hojarasca (artrópodos grandes y mesofauna del suelo): Efecto menor sobre la estructura del suelo. Fragmentan hojarasca y depositan principalmente excretas orgánicas. 2. Ingenieros del ecosistema (principalmente termitas y lombrices de tierra): Ingieren una mezcla de materia orgánica y suelo mineral, y son responsables de la introducción gradual de materiales orgánicos muertos en el suelo. Tienen una gran influencia sobre la estructura y agregación del suelo (FIRA 2003).

6.2.1 Mesofauna del Suelo.

Los microartrópodos del suelo consisten principalmente de colémbolos y ácaros, y forman la mayor parte de la mesofauna del suelo. Los colémbolos son inhibidos generalmente por las perturbaciones de la labranza, aunque algunos estudios han mostrado lo contrario o ningún efecto. Los ácaros presentan un rango más amplio de respuestas, siendo estas más extremas a la labranza que los grupos microbianos, y se han observado incrementos o reducciones de moderadas a extremas. Los diferentes grupos taxonómicos de ácaros parecen responder de manera diferente a la perturbación de la labranza, lo cual explica la variación en las respuestas. El efecto de la labranza sobre las poblaciones de microartrópodos es causado en parte por la perturbación física que produce la labranza sobre el suelo. Algunos individuos pueden morir por abrasión durante las operaciones de labranza o por quedar atrapados en los terrones del suelo después de la inversión de la labranza. Los enquitreidos son otro grupo faunístico importante dentro de la mesofauna. Son lombrices pequeñas incoloras que excavan ampliamente en el suelo y pueden incrementar la aireación, la infiltración del agua y el crecimiento de las raíces, y su presencia puede ser estimulada o inhibida por la labranza. (FIRA 2003).

6.2.2 Macrofauna del Suelo.

Los organismos grandes parecen ser especialmente sensibles al manejo de agroecosistemas. Las especies con gran movilidad y mayor potencial de crecimiento poblacional se verán menos afectadas. La labranza, por medio de la perturbación física directa así como la destrucción del hábitat, reduce en gran medida las poblaciones tanto de transformadores de hojarasca como de ingenieros del ecosistema. La incorporación de residuos puede limitar los procesos de recolonización por la flora y fauna del suelo debido a la redistribución de la fuente de alimento así como mayores fluctuaciones de agua y temperatura, lo cual reduce su periodo activo en el suelo. Aunque la rotación de cultivos puede en teoría ser benéfica para las poblaciones de macrofauna del suelo mediante un mayor retorno de biomasa al suelo, los datos sobre esto no son concluyentes. (FIRA 2003).

CAPITULO VII. PLANIFICACIÓN DEL USO Y MANEJO SUSTENTABLES DE TIERRAS.

La planificación del uso de tierras, es un proceso en el cual se evalúan sistemáticamente los factores físicos, sociales y económicos con finalidad de incentivar y estimular a los dueños y usuarios de las tierras, a que se evalúen y seleccionen diferentes escenarios y alternativas para incrementar su productividad sin generar externalidades significativas y para que también puedan cumplir con las necesidades y demandas de la sociedad.(FAO. 1981).

La planificación del uso de las tierras, su conservación, recuperación y su aprovechamiento sustentable en el corto, mediano y largo plazo, en un ejercicio complicado, pero viable y en el cual, se tienen que retomar nociones sobre ordenamiento territorial y todos aquellos conocimientos sobre la ocupación o utilización del territorio. Esta correlación es explícita cuando se revisa la definición de ordenamiento del territorio, la cual implica un proceso y una estrategia de planificación de carácter técnico-político con el objeto de configurar una forma de organización de uso y ocupación de las tierras, acorde a sus potencialidades y limitaciones, a las expectativas y aspiraciones de la población y acorde a los objetivos de desarrollo, en los ámbitos económicos, social, cultural y ambiental (Palacio et al, 2004).

El sistema de prácticas de gestión de los recursos naturales terrestres para

aprovechar , conservar , restaurar y mejorar su estructura , funcionalidad y productividad eco sistémica y económica , sin comprometer la satisfacción de las necesidades de las generaciones futuras.

Dicho sistema comprende la implementación de técnicas y las condiciones necesarias que hacen posible sus aplicación y tiene lugar en territorios donde confluyen determinaciones sociales, culturales y económicas, rurales y urbanas (SEMARNAT 2011).

La calidad y evaluación de tierras han sido temas importantes en los programas de la FAO, desde su fundación en 1945. En 1970, el instituto internacional para la restauración y el mejoramiento de suelos y la FAO , iniciaron el proyecto de estructura para la evaluación de tierras, publicado en 1976. En años posteriores, FAO publico guías detalladas para su aplicación en el campo forestal, en la agricultura de secano e irrigada y en el pastoreo extensivo (FAO . 1993).

7.1 Propuesta para la Producción Sustentable en la Comarca Lagunera.

La cuenca del Nazas está localizada en la región Hidrológica número 36 y tiene una superficie de 92000 km² y es una de las tres regiones hidrológicas en el Norte de México con un régimen cerrado o endorreico. Esta región recibe anualmente una precipitación pluvial entre 200 y 800 mm dependiendo de la altitud de la zona. De esta forma la parte alta de la cuenca recibe la mayor cantidad de agua pluvial, mientras que las zonas de las lagunas de Mayran y Viesca reciben la menor cantidad de agua, siendo las zonas más bajas que corresponden a la región Lagunera (Descroix *et al.*, 1992:3)

De acuerdo con características topográficas y climatológicas, algunos estudiosos han dividido a la RH36 en tres secciones: alta, media y baja (Descroix et al 1992:8) cada sección presenta características diferentes, lo que afecta las actividades humanas que se pueden desarrollar y los recursos que se pueden explotar.

La parte baja de la RH36 donde se ubica la Comarca Lagunera recibe anualmente en promedio una lluvia inferior a los 300 mm y su escurrimiento es muy esporádico y es la que mayor demanda de agua tiene (Loyer et al 1993 a:4-7) para satisfacer las demandas hídricas de las actividades agropecuarias, ha aprovechado desde hace más de un siglo los escurrimientos del Nazas (provenientes de las zonas más altas). Sin embargo la alta densidad de población y el crecimiento del sistema

productivo han provocado que, desde hace aproximadamente cincuenta años, las aguas superficiales ya no sean suficientes. Para cobrar la demanda del recurso recurriendo al bombeo del afluyente subterráneo, lo que ha traído otras consecuencias perjudiciales.

Hoy en día, el sistema de producción en la Comarca Lagunera se fundamenta en la actividad lechera-ganadera asociada a la agricultura de forrajes y de hortalizas. El agua que proviene de los escurrimientos de la cuenca de Nazas y de los afluentes subterráneos es esencial para continuar la producción lechera y ganadera, iconos de desarrollo actual económico lagunero. Sin embargo, la cuenca actualmente está enfrentando graves problemas de sobreexplotación, contaminación y disminución en todas las fuentes de agua. Esto aunado a que existe una distribución irregular del recurso entre sus usuarios, está urgiendo al desarrollo de un reglamento en cuanto al uso del agua del Nazas, a la modernización de los métodos de riego y a la inminente rehabilitación de toda la infraestructura de la zona.

Por otro lado se tienen suelos con baja productividad debido a problemas de; salinidad, compactación, bajo contenido de materia orgánica, des floclulación por alto contenido de sodio, baja conductividad hidráulica, estructura deficiente, diferentes grados de erosión, además de pobre actividad biológica.

Por lo anteriormente mencionado es necesario que para que los sistemas agropecuarios sigan produciendo, se tienen realizar costos de inversión altos en la preparación del suelo, en fertilización, en el control de plagas y enfermedades así como en la extracción y manejo del agua de riego, aunado a que los rendimientos de cosecha que se obtienen no son los esperados a lo invertido lo que trae como consecuencia una relación costo/beneficio baja.

7.1.1 El sistema a la Agricultura de conservación para mitigar la desertificación de tierras en la Comarca Lagunera.

Por lo anterior la agricultura de conservación es una opción viable para implementarse en la comarca lagunera para ayudar a mitigar la desertificación de sus tierras.

La agricultura de conservación se basa en tres principios básicos: labranza mínima, colocación de rastrojo y rotación de cultivos.

La labranza mínima contribuye de manera importante a disminuir la compactación del suelo la cual es consecuencia del uso excesivo de maquinaria agrícola, además

de reducir significativamente los costos de producción.

Al cubrir con residuos al menos el 30% de la superficie del suelo este se ve beneficiado ya que estos residuos generalmente son frescos y están constituidos por hojas, tallos, frutos y generalmente por todo el sistema radical ayudando a incrementar el contenido de materia orgánica y ayudando también a controlar la erosión(CNULD, 1995).

El incremento del contenido de materia orgánica ayuda a incrementar la estabilidad de los agregados del suelo, manteniendo la continuidad en la porosidad formada por la estructura del suelo, las raíces de las plantas y la edafo-fauna.

Al mantener la porosidad del suelo, las propiedades hidráulicas del mismo se ven beneficiadas, especialmente la velocidad de infiltración, la disponibilidad de oxígeno y a retener mayor cantidad de agua aprovechable al cultivo por más tiempo.

Además se reducen las pérdidas de nutrientes y al descomponerse los constituyentes de los residuos de cosecha como los carbohidratos, grasa, lignina y proteínas por los microorganismos se liberan cantidades de nitrógeno, carbono, oxígeno, hidrógeno, azufre, hierro y fósforo los cuales son aprovechados por los cultivos ayudando a obtener mejor rendimiento y calidad de las cosechas.

La rotación de cultivos es necesaria en la agricultura de conservación con el fin de evitar el aumento de plagas, malezas o enfermedades y para asegurar un sistema de raíces que penetren en el suelo a diferentes profundidades, esto también conduce a una extracción más equilibrada de los nutrientes del suelo.

La rotación de cultivos es un componente fundamental para lograr una buena exploración de todo el volumen del perfil del suelo por las raíces de los cultivos, de manera que los sistemas de raíces sean totalmente complementarios para explorar el agua y los nutrientes disponibles de zonas diferentes del perfil de los suelos.

La rotación de cultivos es una de las prácticas más importantes en un programa de control de malezas.(Calegari, A. y M. Peñalva. 1990).

La rotación de cultivos incrementa el rendimiento de la mayoría de los cultivos, reduce el nivel de enfermedades, hay más fijación de nitrógeno (si la rotación es con leguminosas) y el desgaste de la fertilidad del suelo es menor. Sin embargo, el uso de la rotación se ve limitado debido a que los productores dependen de las ganancias que obtienen del cultivo principal, y a veces la rotación con otros cultivos no es rentable.

En el sistema de Agricultura de Conservación es muy importante controlar las malezas lo cual debe hacerse antes de que produzcan semillas, usando herbicidas de contacto y sistémicos, el control adecuado de las malezas también tiene efectos en el control de enfermedades e insectos dañinos

En los sistemas de Agricultura de Conservación con maíz se debe de considerar que los residuos de cosecha que se incorporen tienen alta relación de carbono/nitrógeno y un alto contenido de lignina, por lo que se requiere una cantidad adicional de nitrógeno para la descomposición de los residuos durante los primeros tres años. Consecuentemente, al incorporar los residuos de cosecha de maíz, se requiere de una aplicación adicional de nitrógeno de 30-40 kg/ha. La aplicación de los fertilizantes podrá realizarse en la siembra o en dos aplicaciones

Así también la agricultura de conservación ayuda a disminuir los costos de producción, e incrementar los rendimientos de biomasa (kg), por M³ de agua, por lo que la relación costo/ beneficio se incrementa.

CONCLUSIONES.

- La agricultura de conservación ayuda a mitigar la desertificación de tierras
- La agricultura de conservación se basa en tres principios básicos: mínimo movimiento de suelo, cubrir mínimo 30% de la superficie del suelo y rotación de cultivos.
- La Agricultura de Conservación Reduce las pérdidas de nutrientes, incrementa la materia orgánica, la velocidad de infiltración, la flora y la fauna del suelo y se retiene mayor cantidad de agua aprovechable al cultivo por más tiempo
- La Agricultura de Conservación disminuye los costos de producción, e incrementa el rendimiento de Biomasa (kg) por m³ H₂O por lo que la relación costo/beneficio se incrementa.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.

1. Alfonso C.A. y Monederos M 2004. Uso, Manejo y Conservación de suelos, ED. Asociación Cubana de Técnicos Agrícola y Forestal. 42pp.
2. Blanco-Canqui, H., Lal, R., 2007. Impacts of long-term wheat straw management on soil hydraulic properties under no-tillage. Soil Sci. Soc. Am. J. 71, 1166–1173
3. Bures, S.(2004). La Descomposición de la Materia Orgánica. [Documento en línea]. Disponible: <http://www.inforganic.com/node/484> [Consulta: 2011, Junio 24]
4. Castro, O.M. 1991. Conservação do Solo e qualidade dos sistemas produtivos. O Agrônomo, Campinas, 43(2/3), 1991.
5. Calegari, A. y M. Peñalva. 1999. Rotación de cultivos y abonos verdes. In: Abonos verdes como integrantes de sistemas de producción hortícola y frutícolas. Peñalva, M. y Calegari, A. (Eds.) Uruguay. p.44-56.
6. Calegari, A. 1995. Leguminosas para adubação verde de verão no Paraná. IAPAR Circular 80, Londrina, Brasil. 118pp..

7. CIMMYT : <http://conservacion.cimmyt.org/es/iq-que-es-ac>
8. CIMMYT Masagro: Pagina web: <http://conservacion.cimmyt.org/es/boletin-ac>; <http://conservacion.cimmyt.org>
9. CNUCLD, 1995. Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación en los países afectados por Sequía grave o desertificación, en particular en África. Texto final de la Convención, Paris, Francia
10. Conservation Tillage Information Center. 1984. National survey of conservation tillage practices. CTC. Fortweyne. IN. 137 p.
11. Colegio de Postgraduados. 1977. Manual de Conservación de Suelos. México.
12. Corbella, R.; Fernández de Ullivarri, J.(2006). Materia Orgánica del Suelo. Argentina. Facultad de Agronomía y Zootecnia-Universidad Nacional de Tucumán.
13. Crovetto, L. C. 1998. Stubble over the soil. The vital role of plant residue in soil management to improve soil quality. Am. Soc. Agron. 245 p.
14. CONABIO. 2008. Conocimientos actual de la biodiversidad.
15. Diaz-Raviña, M., Acea M.J., Carballas, T. (1995). Seasonal Changes in microbial biomass and nutrient flush in forest soils.
16. Derpsch, R. y A. Calegari. 1992. Plantas para adubação verde de inverno. IAPAR Circular 73. Brasil. 80pp.
17. Descroix, Luc, Juan Estrada, Jean Yves Loyer e Ignacio Orona 1992 Modelación de los escurrimientos superficiales para el uso del agua en las grandes cuencas del Norte de México. Ponencia presentada en Proceedings of the First International Seminar of Watershed Management, Hermosillo, Universidad de Sonora 17-19, [consultado el 25 de febrero de 2008].
18. Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras SEMARNAT 2011. PAG 1112.

19. FAO/UNEP. 1997. Negotiating Sustainable >Future for Land: Structural and Institutional Guidelines for Land Resources Management in 21st Century, FAO/UNEP. Rome, Italia
20. FAO, 1981. A framework for land evaluation. Fao solis bulientin 32. Second printing (Electronic Document) ed. 1981, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations – Land and Water Development Division.
21. FAO. 1993. Guidelines for Land-use Planning . Fao Development Series 1. Rome.
22. Figueroa, S. B. 1982. La investigación en labranza en México. Memorias del XV Congreso Nacional de la ciencia del suelo. México. 273 p.
23. Figueroa, S. B. 1999. Manual de producción de cultivos con labranza de conservación. Colegio de Posgraduados en Ciencias Agrícolas. Montecillo, Texcoco, Estado de México. 273 p.
24. FIRA (2003). Labranza de Conservacion para una agricultura sostenible experiencias y logros. boletín informativo 29: 28 I, 28 p.
25. Fragoso, T. L. E.; Salinas, G. J. R.; Cabrera, S. J. M.; Morrison, Jr. J. E. y Lepori, W. 2002. Efecto de sistemas de labranza sobre la calidad de Vertisoles en el Bajío. Publicación técnica Núm. 1. CENAPROS-INIFAP-SAGARPA. 42 p.
26. Gef-Undp, 2006 . Land Degradation. Electronic Document. [Http://sgp.undp.org/index.cfm?module=projectspag=FocalAreaFocalAreaID=LD](http://sgp.undp.org/index.cfm?module=projectspag=FocalAreaFocalAreaID=LD)
27. Govaerts, B., Fuentes, M., Mezzalama, M., Nicol, J.M., Deckers, J., Etchevers, J.D., Figueroa Sandoval, B., Sayre, K.D., 2007a. Infiltration, soilmoisture, rootrot and nematode populations after 12 years of different tillage, residue and crop rotation managements. Soil Till. Res. 94, 209–219
28. Govaerts, B., Mezzalama, M., Unno, Y., Sayre, K.D., Luna-Guido, M., Vanherck, K., Dendooven, L., Deckers, J., 2007b. Influence of tillage, residue management, and crop rotation on soil microbial biomass and catabolic diversity. Appl. Soil Ecol. 37, 18–30.

29. Hernández, r.m. (2000). Efectos de la siembra directa y la labranza convencional en la estabilidad estructural y otras propiedades físicas de ultisoles en el Estado de Guarico-Venezuela. *Agronomía tropical* 5 v 19-24.
30. https://es.wikipedia.org/wiki/Agricultura_de_conservaci%C3%B3n
31. https://es.wikipedia.org/wiki/Siembra_directa
32. ISRIC
33. Karlen DL; GE Varve; D G Bullock; RMCruse. 1994. Crop rotations in the 21 st century. *Advances in Agronomy* 53, 1-45.
34. Kaufman C.E. Disorders of. Potasioun.
35. Lozano , Luis A. 2014.
36. Loyer, Jean Ives; J. Estrada A. y L. Descroix 1993a Disponibilidad y calidad del agua para la agricultura en la cuenca del Nazas. Ponencia presentada en Segundo Simposio nacional de captación (in situ) del agua de lluvia y manejo de escurrimientos superficiales a nivel parcela, Bermejillo, Durango, 19 y 20 de mayo, [consultado el 25 de febrero de 2008].
37. Lichter, K., Govaerts, B., Six, J., Sayre, K.D., Deckers, J., Dendooven, L., 2008. Aggregation and C and N contents of soil organic matter fractions in a permanent raised-bed planting system in the highlands of Central Mexico. *Plant Soil*. 305, 237–252.
38. Mannering, J. V. and Foster, C. R. 1983. What is conservation tillage? *J. Soil Water Cons.* 38:141-143.
39. Martínez, G. M. A. y Jasso, Ch. C. 2004. Effect of conservation tillage in a corn-oat rotation system on corn and forage oat yield in the North-Central Region of Mexico. *In: Proceedings 26th Southern conservation tillage conference for sustainable agriculture*. North Carolina Agric. Res. Serv. Tech. Bulletin. 321:125-160.
40. Mendoza, R. J. L. 2003. Manejo de cultivos para grano mediante riego por goteo. Folleto técnico Núm. 18. INIFAP. 38 p.

41. Monegat, C. 1991. Plantas de cobertura do solo. Características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó, Brasil. 337pp.
42. McGarry, D., Bridge, B.J., Radford, B.J., 2000. Contrasting soil physical properties after zero and traditional tillage of an alluvial soil in the semi-arid subtropics. *Soil Till. Res.* 53, 105–115.
43. North Dakota State University. 1998. Crop Rotation for Increased Productivity. NDSU Extension Service.
44. Navarro, G. (2003). Química Agrícola. España. Ediciones Mundi-Prensa, S.A.
45. Palacio et al, 2004. Indicadores para la caracterización y el ordenamiento territorial Semarnat. Ine, Unam, Sedesol. México D.F. 161 pp.
46. Pitty, 1997. Introducción a la biología y la ecología y manejo de malezas. Edit, por Abelino Pitty. El Zamorano Honduras 20-34 pp.
47. Reeves, D.W. 1994. Cover crops and rotation. *Advance in Soil Science*. Lewis Publishers. USA.
48. SEMARNAT, 2010. Estrategia Nacional de Manejo Sustentable de Tierras, México, 2010
49. SEMARNAT –Colegio de postgraduados 2003. Evaluación de la degradación del suelo inducida por el hombre, escala 1:250,000. México.
50. Singh, B., Malhi, S.S., 2006. Response of soil physical properties to tillage and residue management on two soils in a cool temperate environment. *Soil Till. Res.* 85, 143–153.
51. Thorup-Kristensen K; J Magid; LS Jensen. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy* 79, 227-302.
52. VandenBygaart, A.J., Protz, R., Tomlin, A.D., 1999. Changes in pore structure in a no-till chronosequence of silt loam soils, southern Ontario. *Can. J. Soil Sci.* 79, 149–160.

53. Yeates, G.W., Hughes, K., 1990. Effect of three tillage regimes on plant and soil nematodes in an oats/maize rotation. *Pedobiologia* 34, 379–387.