

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA**

**DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO**



**Uso de Mallas Orgánicas para la Conservación de Suelos**

Por:

**MONSERRAT ZECUA MUÑOZ**

**Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:**

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Diciembre 2013

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

Uso de Mallas Orgánicas para la Conservación de Suelos

Por:

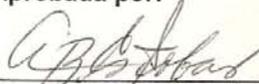
MONSERRAT ZECUA MUÑOZ

TESIS

Que somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito  
para obtener el título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por:



M.C. Alejandra R. Escobar Sánchez

Asesor principal



M.C. Fidel M. Peña Ramos

Sinodal



Ing. Alejandro Cepeda Guzmán

Asesor Externo



Ing. Antonio Lizaliturri Verastegui

Asesor Suplente



M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez

Coordinador de la División de Ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México. Diciembre 2013

## **ABSTRACT**

This job was developed on a agricultural area which is found in the base of the mountain called Malintzi in the state of Tlaxcala with the next geographical coordinates latitude N 19°15'43.00", Long. W 98° 07' 43. was placed a mesh made of Ixtle bags over an area of agricultural soil to see the conservation of soils and trying to get positive changes in this. So the area cover with the mesh (T1) or the exposed area or without the mesh (T2) the two areas wheresow with seeds from forage oats variety Chihuahua. The experiment begins the ten of june of two thousand thirteen and we have intervals of sixty days on this time we area going to take sample soil to analysis. the experiment end on ten of October from two thousand thirteen, the laboratory analysis show that the use of organic mesh get better the quality of soil between a exposed soil.

**Keywords:** organic meshes, soil conservation, Tlaxcala, organic matter, pH, texture

## RESUMEN

El presente trabajo se realizó en un área agrícola en la base del pie de monte del volcán de la Malintzi en el estado de Tlaxcala con las siguientes coordenadas geográficas latitud N 19°15'43.00", Long. W 98° 07' 43.79". Se puso a prueba una malla hecha con costales reciclados de fibra de Ixtle sobre un área de suelo agrícola con fines de conservación de suelos pretendiendo obtener cambios positivos en éste. Tanto el área cubierta con dicha malla (T1) y el área descubierta o sin malla (T2) fueron sembradas con semilla de avena forrajera de la variedad chihuahua, el experimento se inició el 10 de junio de 2013, con un intervalo de tiempo de 60 días tomándose muestras de suelo para su análisis, el experimento terminó el 10 de octubre de 2013. Los análisis de laboratorio mostraron que el uso de mallas orgánicas mejora la calidad del suelo en comparación de un suelo descubierta.

**Palabras clave:** mallas orgánicas, conservación de suelo, Tlaxcala, Materia orgánica, pH, Textura

## DEDICATORIAS

*A mis padres; Gilberto Zecua Romero y Angélica M. Muñoz Mendoza, por brindarme todo su apoyo incondicional, por confiar en mí, por quererme mucho y por darme siempre todo lo que ha estado en sus manos, no tengo como agradecerles tanto sacrificio que al fin se ve recompensado, todo se los debo a ustedes, gracias por ser el motivo de mis desvelos, porque a pesar de todo... los amo mucho.*

*A mis hermanos; Darío, Elizabeth y Tania, porque siempre estuvieron apoyándome y siempre pude contar con ustedes, y en especial a tí Liz, porque siempre estuvo presente la promesa que hicimos. Los quiero mucho!*

*Querida cuñada... Lupita, por ser más que eso, por ser una amiga y una hermana, por apoyarme y confiar en mí, y sobre todo por tu culpa... gracias por darnos la alegría más bonita hasta ahora... Santiago amo mi niño en v.*

*A mi Abue Margarita (†), a pesar de que no estas con nosotros, tu siempre confiaste en mí y en el último momento me tuviste presente, gracias por todos los momentos, te amo mucho donde quiera que estés.*

*A mi Abue Jose y a todos mis tíos y tías y mis queridísimos primos por tantos momentos buenos y malos, y sobre todo lleno de risas, por apoyarme siempre y quererme. Los quiero mucho!*

## **Agradecimientos**

*A la UAAAN, por brindarme la oportunidad de estudiar y crecer como persona en sus aulas aprendí mucho y ahora culmino una etapa muy grande e importante en mi vida.*

*Al Ing. Joaquín Jr Sánchez Rama, por estar ahí, siempre por mí y para mí, por tu amor incondicional, por permitirme conocerte a ti, a la persona. Gracias por todo el apoyo que me has brindado sin importarte nada, sin recibir nada a cambio, por cuidarme, protegerme, por todos esos momentos de alegría y tristezas, indudablemente eres parte de mi vida... gracias amor.*

*A mi gran amigo... Víctor Hugo Cruz Martínez, gracias por apoyarme siempre que lo necesité, eres un gran chico y un gran amigo, extrañaré todas las bobadas que decíamos y las carcajadas en la biblioteca disque estudiando. Hijo eres muy especial, gracias por permitirme ser tu amiga Te quiero mucho!!!*

*Me alegro mucho de haberte conocido y que siempre fuiste muy chida y muy sincera, eres una amiga de esas que se aprecian y se llevan en el corazón, gracias por todos esos momentos de risas y comiendo palomitas en tu cuarto, gracias por tu amistad mana. Karina Guerrero Mata te quiero mucho!!!*

*A mi M.C. Alejandra R. Escobar Sánchez, por ser más que una profesora; una amiga, una gran persona, gracias por ayudarme y ser una guía siempre que lo necesite, gracias por confiar en mí. La quiero mucho.*

*A mí querido socio, Ing. Alejandro Cepeda Guzmán muchas gracias por apoyarme en este trabajo, eres un gran amigo no por nada compartimos a la chíquilla... gracias socio!*

*Al M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos, por la paciencia que tuvo al ayudarme con este proyecto, gracias por todo.*

## **JUSTIFICACIÓN**

La implementación de mallas orgánicas es una tecnología limpia que no impacta al suelo ni al medio ambiente ya que se fabrican con costales orgánicos (de fibra de Ixtle) que se degradan en un tiempo no mayor a dos años. También se fabrican de otros materiales como fibra de coco por ejemplo, al usar este tipo de material se realiza un ciclo cerrado ya que se recicla material que fue usado anteriormente para otros fines como carga de semilla de café, elote etc.

Su desarrollo ha sido mayor en otros continentes como Europa y países como España, obteniéndose resultados satisfactorios ya que mejoran las propiedades físico-químicas del suelo, además de ser una técnica para fines paisajísticos.

En México existe cada vez más el problema de la degradación de suelos, esto causado por la erosión hídrica y eólica; afectando más a tierras agrícolas de temporal reflejándose en la baja productividad que año tras año se obtiene, se realiza el experimento en Tlaxcala siendo uno de los estados con este problema, implementando una nueva técnica para la conservación y mejoramiento de los suelos en un área cubierta con mallas orgánicas y otra sin dicha cubierta.

## ÍNDICE

ABSTRACT.....	i
RESUMEN.....	ii
DEDICATORIAS.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
JUSTIFICACION.....	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivo general.....	3
Objetivos específicos.....	3
Hipótesis.....	3
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1. Antecedentes.....	4
2.2. Efectos de la erosión.....	6
2.3. Erosión en el estado de Tlaxcala.....	7
2.4. Efectos de la erosión en el paisaje ambiental.....	8
2.5. Parámetros de análisis.....	8
2.5.1 Materia orgánica (MO).....	8
2.5.2 Textura.....	10
2.5.3 Potencial hidrogeno (pH).....	11
2.6. Mantas orgánicas.....	12
2.7. Mallas sintéticas para la conservación de suelos.....	14
2.8 Mallas orgánicas.....	14
2.9 Conservación de suelos.....	16
2.10 Avena forrajera ( <i>Avena sativa</i> ).....	17
2.11 Fibra de ixtle.....	18

III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	19
3.1. Localización geográfica del trabajo de investigación.....	19
3.1.1 Geología.....	19
3.1.2 Edafología.....	20
3.1.3 Clima.....	20
3.1.4 Vegetación.....	22
3.1.5 Precipitación.....	24
3.2. Materiales.....	25
3.3. Tratamientos.....	25
3.4. Metodología.....	25
3.4.1 Muestreo en campo - Muestreo al azar.....	25
3.4.2 Análisis de laboratorio.....	26
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	27
4.1. Materia orgánica (MO).....	27
4.2. Potencial hidrogeno (pH).....	29
4.3. Textura.....	32
4.4. Altura de la planta (Avena forrajera).....	37
V. CONCLUSIÓN.....	38
VI. LITERATURA CITADA.....	39
VII. ANEXOS.....	47

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1. Clasificación para materia orgánica en suelos por el método Walkley Black.....	9
Cuadro 2.2. Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH. ....	12
Cuadro 4.1 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable M.O.....	27
Cuadro 4.2 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable M.O.....	29
Cuadro 4.3 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable pH.....	29
Cuadro 4.4 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable pH.....	32
Cuadro 4.5 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable Textura (Arena).....	32
Cuadro 4.6 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable Textura (Arena).....	33
Cuadro 4.7 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable Textura (Limo).....	33
Cuadro 4.8 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable Textura (Limo).....	34
Cuadro 4.9 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable Textura (Arcilla).....	34
Cuadro 4.10 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable Textura (Arcilla).....	35

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1. Diagrama Textural de la USDA .....	10
Figura 2.2 Manta de fibra de esparto.....	13
Figura 2.3 Mallas Orgánicas.....	15
Figura 3.1 Mapa de Clima del Estado de Tlaxcala.....	21
Figura 3.2 Mapa de Vegetacion del Estado de Tlaxcala.....	23
Figura 3.4 Mapa de precipitación del Estado de Tlaxcala.....	24
Figura 4.1 Prueba de Tukey Comparación de medias del % de M.O. entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla).....	27
Figura 4.2.- Comportamiento durante el experimento entre los 2 tratamientos para la variable % de Materia Orgánica.....	28
Figura 4.3.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable pH.....	30
Figura 4.4.- Comportamiento durante el experimento entre tratamientos para la variable pH.....	31
Figura 4.5.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable Textura (Arena).....	32
Figura 4.6.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable Textura (Limo).....	33
Figura 4.7.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable Textura (Arcilla).....	34
Figura 4.8 Comportamiento de las medias mensuales para la variable Textura T1.....	35
Figura 4.9 Comportamiento de las medias mensuales para la variable Textura T2.....	36

# **CAPÍTULO I**

## **INTRODUCCIÓN**

El suelo es la capa superficial de la corteza terrestre, en él se llevan a cabo cambios físicos, químicos e interacciones biológicas, sus factores de formación son: el clima, tiempo, topografía, seres vivos y roca madre, es un proceso que tarda cientos de años. El suelo está hecho por compuestos inorgánicos, nutrientes solubles, materia orgánica, agua y gases. Es importante para el sustento de las diferentes formas de vida que conocemos.

Según el INEGI (2011) el 14% del territorio nacional está clasificado como superficie de labor, de la cual se siembra aproximadamente 22 millones de has. El 75% de la superficie sembrada es de temporal y el 25% es de riego. Además el 72% de la superficie sembrada total corresponde a cultivos anuales y el 28% a cultivos perennes. Según datos de la SAGARPA (2007-2012), el 64% de los suelos de México presenta diferentes grados de deterioro, mientras que el 36% restante no presenta degradación aparente donde se mantienen actividades productivas sustentables.

Un suelo se vuelve infértil cuando se reduce o agota la cantidad de nutrientes necesarios para una producción agrícola adecuada, dentro de las causas del deterioro del suelo, se encuentra el sobrepastoreo, la deforestación, el uso excesivo de fertilizantes químicos, la erosión, la agricultura intensiva basada en el monocultivo, entre otros. Dentro de las prácticas para la conservación de suelos se encuentran el uso de estiércol o abonos verdes, siembra de coberturas verdes, labranza conservacionista, sistemas agroforestales, curvas a nivel, barreras vivas, construcción de terrazas etc. FHIA, (2004).

En el estado de Tlaxcala la superficie que se siembra en su mayoría, son cultivos anuales y de temporal como el Maíz, avena, frijol entre otros, dejando expuesto al suelo la mayor parte del año, ya que no cuenta con una cobertura vegetal que lo proteja de la erosión hídrica y eólica, un ejemplo claro de la problemática que se vive en Tlaxcala, se encuentra en las faldas del volcán Matlalcueyatl (Malinche) donde gran parte de sus suelos se aprovechan como tierras de cultivos de temporal.

Datos de la SEMARNAT(2006).Clasifican a la malinche en el lugar número 37 de degradación de suelos, es por esto que se busca una nueva alternativa para la conservación de suelos, el uso de mallas orgánicas es una tecnología relativamente nueva en México, esta investigación busca implementar un nuevo conocimiento y desarrollar esta técnica para la conservación y mitigación de la erosión ya que afecta la capacidad de retención de agua por las alteraciones en el contenido de materia orgánica y en el porcentaje de partículas menores (arcilla) del suelo, la disminución del contenido de materia orgánica también induce alteraciones en la densidad del suelo provocando que éste sea menos fértil, se usan costales de fibra de ixtle para la construcción de la malla, lo cual contribuye al reciclaje y disminución de basura, al ser costales orgánicos, tienen un periodo de degradación estimado de 2 años.

## **OBJETIVO GENERAL**

- Poner a prueba el comportamiento y la eficacia de Mallas Orgánicas como un método de conservación de suelos y su impacto en el mismo.

## **OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Evaluar los cambios en el suelo (M.O, pH, Textura); antes y después del establecimiento de la malla orgánica.
- Implementar la técnica de mallas orgánicas en el área a prueba y observar su comportamiento con cultivo de avena.
- Analizar mediante los análisis de laboratorio que tan factible es el uso de mallas para la conservación de suelos.

## **HIPÓTESIS**

El uso de mallas orgánicas modifica de manera positiva las variables M.O., pH, y textura presentes en el suelo en comparación a un suelo descubierto.

## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. Antecedentes

El suelo es un recurso necesario para el desarrollo de las actividades económicas agrícolas, ganaderas y forestales. El desarrollo del recurso suelo implica buena profundidad, cantidad de materia orgánica, texturas medias a finas, sin fases físicas o químicas, etc., este desarrollo es un factor importante para la realización de actividades productivas. Echavarría *et al.*, (2006).

Ellison (1947). Define a la erosión como un proceso de desagregación, transporte y deposición de materiales del suelo por agentes erosivos Los agentes erosivos dinámicos (erosión hídrica y eólica), en el caso de la erosión hídrica son la lluvia y el escurrimiento superficial o las inundaciones.

Los mayores niveles de erosión se están observando en tierras agrícolas y reforestadas. La erosión en surcos forma pequeños pero numerosos canales con pocos centímetros de profundidad, es una consecuencia de la actividad agrícola. La escorrentía y la erosión se producen a causa de la compactación y degradación del subsuelo. Esto ocurre en pendientes suaves, por lo que amenaza incluso a terrenos que presentan pocos grados de inclinación. Imenson *et al.*,(2006-2008)

El principal objetivo de las investigaciones sobre la erosión del suelo es resolver los problemas que ella plantea y aconsejar las medidas adecuadas de la conservación.

Morgan R.P.C. (1996). Menciona que la idoneidad de estas medidas pueden juzgarse de las siguientes maneras:

- I. Deben reducir la erosión a un nivel aceptable.
- II. Ser adecuadas para el sistema agrícola local, acorde con su grado de tecnificación y compatible con las prácticas agrícolas.
- III. Deben estar justificadas económicamente
- IV. Deben ser susceptibles de ejecución.

Heady (1982). Afirma que los ambientalistas fueron quienes llamaron la atención del problema de degradación de suelos debido a que las escorrentías causaban la contaminación del agua y el azolve de presas y canales. En México es un problema al cual no se le da mucha prioridad por parte de agricultores.

La degradación y sus repercusiones en el mantenimiento de la biodiversidad, la mitigación de la pobreza y la seguridad alimentaria son características y funciones de los suelos que determinan la conservación de éste último, se debe buscar el mantenimiento y la recuperación de su calidad, entendida como la capacidad para funcionar dentro de los límites naturales, para sostener la productividad de plantas y animales mantener la calidad del aire y agua, así como la vida humana. Karlen *et al.*,(1997).

Según la SEMARNAT (2009) La degradación de un suelo hace referencia a actividades humanas que disminuyen la actividad biológica, así como la capacidad para sostener vida. En el año 2002 un estudio reveló que el 44.9% del territorio nacional mostraba algún signo de degeneración, siendo la degradación química y la erosión hídrica los más importantes.

## 2.2 Efectos de la erosión.

Según Bertoni y Lombardi Neto (1985) las tierras agrícolas se vuelven gradualmente menos productivas por cuatro razones principales:

- a) Degradación de la estructura del suelo
- b) Disminución de la materia orgánica
- c) Pérdida del suelo
- d) Pérdida de nutrientes.

Estas razones son efectos producidos básicamente por el uso y manejo inadecuado del suelo y por la acción de la erosión acelerada.

La lluvia tiene efecto a través del impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del suelo, y por el propio humedecimiento del suelo, que provocan desagregación de las partículas primarias; provoca también transporte de partículas por aspersión y proporciona energía al agua de la escorrentía superficial Ellison, (1947).

La erosión del suelo según Brunel *et al.*, (2011.) afecta la productividad de éste mediante la alteración de ciertas propiedades, así como de las complejas interacciones entre procesos físicos, químicos y biológicos que se producen dentro del pedón; frente a este daño, el primer horizonte del perfil toma gran importancia por las características que este presenta, no obstante, la naturaleza del subsuelo juega un rol primordial para entender la magnitud del impacto del fenómeno erosivo.

### **2.3 Erosión en el estado de Tlaxcala.**

Las principales causas de la erosión hídrica son. La práctica agrícola sin ningún método de conservación de suelos, ganadería extensiva tipo caprina, la tala inmoderada y el crecimiento urbano no planificado. Alvarado C.M., (2000).

Las condiciones que aceleran el proceso de erosión en el estado de Tlaxcala son; precipitación pluvial de 700 a 1000 mm, suelos arcillosos con pendientes mayores al 40%, sin cobertura vegetal, dedicados a la agricultura de temporal, estos eventos repercuten sobre la pérdida de la capa fértil donde se desarrolla la agricultura. Cardona A. M. *et al.*, (2007).

Uno de los factores medioambientales según INE, UNAM y PNUD (2007) que aumenta el riesgo de pérdidas en las cosechas, es la severa erosión que presenta el estado de Tlaxcala (de las más altas en el país), además de lluvias torrenciales, granizadas, retraso o mala distribución de las lluvias de verano, provocan que los agricultores opten por cultivar avena forrajera.

Soberón, J.*et al.*,(1995). Afirma que la acelerada transformación y destrucción del paisaje mexicano es, en gran parte, resultado de la sustitución de las áreas aún no habitadas y aquellas manejadas bajo modelos agrícolas tradicionales (agro ecosistemas), por unas dominadas por un modelo agroindustrial homogéneo.

En el estado de Tlaxcala existen riesgos por erosión hídrica moderada (entre 10 y 50 ton/ha/año) e hídrica ligera (5 y 10 ton/ha/año) con un 40.1% en grado de afectación. Otro factor importante es la erosión eólica ligera (entre 5 y 10 ton/ha/año) con un 28.3% presente en dicha entidad. SEMARNAT, UACH., (2002).

## **2.4 Efecto de la erosión en el paisaje ambiental.**

Endlicher W. (1988). Menciona que la degradación del paisaje es un conflicto geo ecológico que significa que hay estrechas interacciones entre los diferentes factores y procesos pedológicos, climáticos, botánicos etc.

La explotación de los recursos naturales y el progresivo cambio en los usos del suelo en países desarrollados desde mediados del siglo XX originan una antropización creciente en amplios territorios que poseían altos grados de naturalidad, como consecuencia de la intensificación de actividades agrícolas y difusión de los usos urbano-residenciales. Hernández M. H. (2009). Menciona que estas transformaciones han generado una creciente preocupación por la degradación del paisaje.

El paisaje ha pasado a ser un recurso natural más. Un recurso que es contemplado con mayor frecuencia, por amplias capas sociales como un bien escaso, difícilmente renovable y fácilmente degradable, cuya pérdida conlleva al deterioro del entorno. Hernández M. H.(2009).

## **2.5 Parámetros de Análisis**

### **2.5.1 Materia Orgánica**

La materia orgánica del suelo (MOS), influye en numerosas propiedades edáficas como el porcentaje de infiltración, densidad, estabilidad de agregados, CIC y actividad biológica. Es una reserva de macro y micronutrientes de las plantas e incrementa la capacidad de retención de agua por el suelo. (Parr *et al.*,1992; Doran y Parkin, 1994; Gregorich *et al.*,1994).

El aumento de la cantidad de materia orgánica favorece poblaciones mayores y más diversas de organismos edáficos y puede mejorar el control biológico de plagas y enfermedades en las plantas. (Parr *et al*,1992; Doran y Parkin, 1994; Gregorich *et al.*,1994).

Según Gros y Domínguez(1992). El nivel deseable de materia orgánica en suelos arcillosos medios es de 2%, perdiendo descender a 1,65% en suelos pesados y llegar a un 2,5% en suelos arenosos.

El método de digestión húmeda, de Walkley Black y sus múltiples variaciones se basan en la oxidación con dicromato de potasio en un medio ácido provocando la formación de CO<sub>2</sub> como lo menciona W. Fassbender H, (1985)

El contenido de materia orgánica en los suelos es muy variable, alcanza desde trazas en los suelos desérticos hasta un 90-95% en los turbosos. Los horizontes A de suelos explotados agrícolamente presentan por lo general valores entre 0.1 y 10% de materia orgánica, cuyo contenido decrece con la profundidad en el perfil del suelo. W. Fassbender H, (1985)

**Cuadro 2.1. Clasificación para materia orgánica en suelos por el método**

Clasificación	Contenido M.O. %	Wa lke y Bl ck. Vill arr

oel, J. (1988).

---

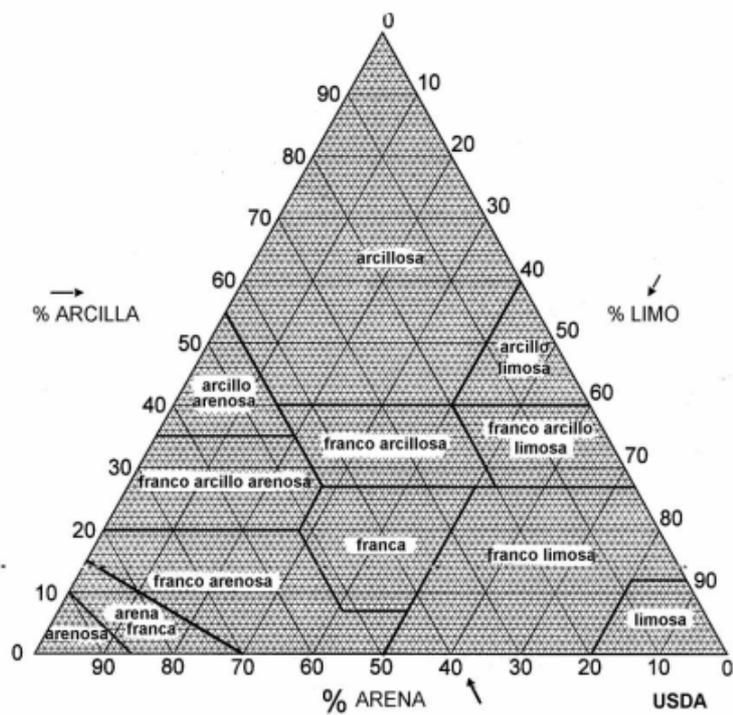
Muy bajos	0.0 – 1.0
Bajos	1.1 – 2.0
Moderados	2.1 – 4.0
Altos	4.1 – 8.0
Muy altos	> 8.0

---

### 2.5.2 Textura.

Se define la textura del suelo como la proporción (en porcentaje de peso) de las partículas menores a 2mm de diámetro como lo son: arena, limo y arcilla que se encuentran presentes en los horizontes del suelo.

La determinación de textura se hace con un método oficial como lo es el del densímetro de boyucos que se realiza en laboratorio, también se puede realizar la determinación en campo macerando una pequeña bola de suelo humedecida. El diagrama textural de la USDA es una herramienta para obtener las clases texturales en función de los porcentajes de arena, limo y arcilla. Gisbert Blanquer *et al.*, (2010).



**Figura 2.1. Diagrama Textural de la USDA**

La textura del suelo influye en:

- ✓ La capacidad de retención de agua para las plantas
- ✓ Riesgo de compactación (dificultad de paso de las raíces en horizontes muy arcillosos)
- ✓ Disponibilidad de nutrientes
- ✓ Erosión
- ✓ Rendimiento de cultivos

### 2.5.3 Potencial Hidrogeno.

Categoría	Valor de pH

E

La acidez o alcalinidad del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (microorganismos y plantas). La lectura del pH se refiere a la concentración de iones hidrogeno activos ( $H^+$ ) que se da en la interface liquida del suelo, por la interacción de los componentes sólidos y líquidos. La concentración de iones hidrogeno es fundamental en los procesos físicos, químicos y biológicos del suelo. El grado de acidez o alcalinidad de un suelo es determinado por medio de un electrodo o vidrio en un contenido de humedad específico o relación de suelo-agua, y expresado en términos de la escala de pH. El valor del pH es el logaritmo del recíproco de la concentración de iones hidrogeno, que se expresa por números positivos del 1 al 14. Tres son las condiciones posibles de pH en el suelo: la acidez, la neutralidad y la alcalinidad. INECC, (2013).

**Cuadro 2.2. Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH (NOM-021-REC-NAT-2000)**

---

Fuertemente ácido	<5.0
Moderadamente ácido	5.1 – 6.5
Neutro	6.6 – 7.3
Medianamente alcalino	7.4 – 8.5
Fuertemente alcalino	>8.5

---

## 2.6 Mantas orgánicas.

El uso conjunto de la vegetación y las mantas orgánicas puede ser muy positivo, y ambas técnicas son complementarias y pueden promover la estabilización de una forma integrada. Casal P. *et al.*, (2007)

Las mantas proporcionan una protección inmediata contra la erosión y previenen la pérdida de semillas por procesos erosivos, favoreciendo el establecimiento de plantas, por eso se utilizan antes o después de la hidrosiembra o se incorporan a la propia manta English, (1997).

Las mantas orgánicas son tejidos permeables generalmente de fibras biodegradables de origen vegetal como acolchado de paja, heno, fibra de coco, ixtle. Ayudan a la estabilización de terrenos al disminuir los impactos de las gotas de lluvia reduciendo así la escorrentía superficial, facilitando la infiltración del agua. Contreras M. V, (2003)

Este tipo de cubiertas (mantas orgánicas) minimiza la escorrentía y reducen los riesgos de compactación y encostramiento. Casal P. *et al.*,(2007)

Los geotextiles de fibra natural son biodegradables y se fabrican para tenderse sobre la superficie de laderas y dar protección temporal frente a la erosión hasta que se establezca la cubierta vegetal; una vez cubierta, las raíces de las plantas y las fibras actúan unidas para aumentar la cohesión del suelo. Morgan R.P.C, (1996).

Bonterra Ibérica, S.L. (2012). Las mantas orgánicas tienen un efecto de conservación, ya que las partículas del suelo quedan retenidas entre los intersticios de la manta, uniéndose a sus fibras, realizando las siguientes funciones:

- disminuir la velocidad de flujo
- facilitar la infiltración del agua al terreno
- disminuir escorrentías
- aumentar la actividad microbiana.
- Favorecer la implantación de la vegetación.

**Figura 2.2 Manta de fibra de esparto**



## **2.7 Mallas sintéticas para la conservación de suelos.**

Son fabricadas con fibras de polietileno de alta densidad que forman un que refuerza y entrelaza el conjunto planta-suelo. Estos geo sintéticos, están indicados para la protección y estabilización de taludes y márgenes de terrenos erosionados, estabilización de suelos en caminos forestales y agrícolas. Su utilización está indicada para zonas donde la erosión es muy severa o las condiciones del suelo son desfavorables para la vegetación. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, (2008).

Las mallas volumétricas son hechas de materiales sintéticos imperecederos, constan de un entramado volumétrico que dispone de espacio interior vacío, lo que permite retener tierra vegetal. Mediante la instalación de mallas volumétricas se consigue crear suelo en zonas de pendientes altas, revegetar taludes y crear una protección eficaz y duradera contra la erosión. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural Marino, (2008).

## **2.8 Mallas orgánicas.**

Son redes tejidas únicamente de fibras vegetales como el yute, coco. Su función es reducir la degradación de suelos por efectos erosivos. A diferencia de las mantas, éstas presentan espacios abiertos (2x2 cm.) o más pequeños que funcionan como micro-diques que retienen las partículas frenando la velocidad del agua. Jardí Natura, S.L. (2013)

Beneficios de las mallas orgánicas. Bonterra Ibérica, S.L. (2012.) Además de permitir el control y refuerzo de suelos con problemas de erosión con pendientes altas, con las mallas se consiguen los siguientes beneficios:

- Disminución de la velocidad producida por la lluvia, viento etc., que provoca la erosión.
- Retiene el agua en el suelo, evitando la evaporación de ésta.
- Es un elemento que con el paso del tiempo se incorpora al suelo.
- Facilita la implantación de la vegetación.

**Figura 2.3 Mallas Orgánicas**



Las mantas orgánicas, denominadas bajo los tipos: E3D, K3D, y S3D. Recientemente presentadas para su registro en la Oficina Española de Patentes y Marcas, han investigado hasta lograr un producto indicado para el control de la erosión de los suelos de aportación sobre taludes muy difíciles, y donde la utilización de otros productos presenta el inconveniente de su socavamiento por erosión en regueros y de su perpetua presencia. Estas son de aplicación en la estabilización y restauración de taludes resultantes de las obras civiles, del sellado de vertederos de las explotaciones mineras, agrícolas, y forestales, así como en la regeneración con vegetación de superficies. Este nuevo producto

asegura una mayor adherencia al talud natural, suelo natural, permitiendo la estabilización de estos taludes, para el refuerzo del suelo erosionado, estas propiedades provocan una mayor facilidad a la invasión vegetal, es decir que las especies locales encuentran un lugar para germinar y mediante dichos procesos se comienza a generar suelo nuevo. Consecuentemente con lo anterior, existirá una menor evaporación de humedad del talud original, habrá una mayor retención de semillas y de nacencia y en definitiva una mejor integración natural de los taludes tratados con este sistema.[www.horticom.com](http://www.horticom.com)

Mallas orgánicas y su relación con la hidrosiembra. Esta técnica está especialmente indicada para superficies de desmonte con pendiente elevada, donde la maquinaria sea inaccesible, solo debe considerarse cuando no exista suelo fértil o requiera de una germinación rápida, para lo cual se puede complementar con otro material y consolidarse. Algunos complementos pueden ser la instalación de mantas orgánicas con sustrato, mallas, geo redes, biorrollos, muros verdes etc. Gestión de infraestructuras de Andalucía S. A. (2009).

## **2.9 Conservación de suelos.**

En un principio, la conservación se concebía como el establecimiento de áreas excluidas de las actividades productivas, y decretadas con el fin de proteger zonas con valor paisajístico, recreativo e hidrológico, o bien para decretar vedas sobre recursos maderables. Soberón *et al.*, (1995)

Una de las consecuencias de la erosión es que disminuye la fertilidad del suelo al perderse los nutrientes esenciales para los cultivos, además de provocar otro problema de gran importancia como es la sedimentación; suelos desplazados del lugar original y depositado en otro. Pacheco B. O. (2000). Además de presentar grandes pérdidas de nutrientes, el rendimiento de los cultivos decrece en materia económica.

Existen métodos y prácticas para la conservación y restauración de suelos, para la conservación de los suelos del volcán de la Malinche se han usado métodos dentro de los cuales se encuentran: la rotación de cultivos, terrazas de formación paulatina, construcción de presas filtrantes para el control de azolves en las torrenteras, terrazas banales para contener la erosión de la montaña. Rodríguez A.E, (2007).

La recuperación del suelo puede lograr mejoras en las propiedades de éste, pero no suficientemente como para restaurar el suelo a nivel original. López F. R, (2002).

El uso de técnicas biológicas de control de erosión como la hidrosiembra, el hidromulch y la repoblación con especies nativas constituye la mejor estrategia para reducir la erosión en suelos de textura arenosa como en paleodunas, Chile. Avaria C. C *et al.*,(2001).

## **2.10 Avena Forrajera (Avena sativa)**

La Avena es una planta herbácea anual, perteneciente a la familia de las gramíneas. Posee un sistema radicular potente, con raíces más abundantes y profundas que las de los demás cereales; los tallos son gruesos y rectos, pero con poca resistencia al viento; están formados por varios entrenudos que terminan en gruesos nudos; las hojas son planas y alargadas; el limbo de la hoja es estrecho y largo, de color verde más o menos oscuro; es áspero al tacto; los nervios de la hoja son paralelos y bastante marcados.

La avena es una planta de climas fríos, muy sensible a las altas temperaturas sobre todo durante la floración y la formación del grano. Exige mucha agua para su desarrollo porque presenta gran transpiración. De todos los cereales de invierno, es de los que más agua necesita, por eso se adapta mejor a los climas

frescos y húmedos. Es poco exigente en suelos, pues se adapta a terrenos muy diversos. Prefiere los profundos y arcillo-arenosos, ricos en cal pero sin exceso, y que retengan la humedad. La avena está más adaptada que los demás cereales a los suelos ácidos, por tanto suele sembrarse en tierras ricas en materias orgánicas. SIAP, (2010)

La variedad Chihuahua es de ciclo tardío, alcanza un altura de .90-1.35 m. sus tallos son gruesos y sus hojas anchas, la densidad de siembra es de 80-90 kg/ha, aproximadamente 3 000 000 de plantas por hectárea. [www.semillasanfrancisco.com](http://www.semillasanfrancisco.com)

## **2.11 Fibra de Ixtle**

El ixtle es extraído de las hojas de los magueyes y de otras agaváceas como la lechuguilla (*Agave lechuguilla*), henequén (*A. forcroydes*), sisal (*A. sisalana*), espadín (*A. angustifolia*), zapupe (*A. angustifolia var. deweyana*). Reciben el nombre coloquial de “Ixtle”, debido a que son fibras duras se utilizan para la fabricación de cuerdas, costales, cepillos, morrales entre otros objetos. Ramírez M. C. C, (2002).

## CAPITULO III

### MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Localización geográfica del trabajo de investigación

El volcán La malinche se encuentra ubicada en la zona centro-oriente de México, forma parte de la faja volcánica transmexicana o eje neovolcánico que atraviesa el país cerca del paralelo 19° N. La Malintzi localizada entre los estados de Tlaxcala y Puebla con una superficie de 46 093 ha. Las cuales 33 161 ha pertenecen a Tlaxcala y 12 938 ha a Puebla (Castañeda A. D. 2011), con un intervalo altitudinal entre 2400 a 4420 msnm (Vela Correa G., *et al.*, 2007). El área donde se realizó el experimento se encuentra en el pie de monte del volcán la malinche con las siguientes coordenadas latitud N 19°15'43.00", Long. W 98° 07' 43.79".

##### 3.1.1 Geología.

El volcán Malinche es de origen poli genético y su formación data de hace 26 millones de años. Aunque en algún momento se consideró a la malinche como un volcán extinto, ahora se sabe que presentó una erupción en el 8000 AC y debido a que se han reportado otros volcanes que han hecho erupción después de un largo periodo de inactividad, éste se identifica como potencialmente activo, actualmente en reposo. La estratigrafía del volcán muestra que está compuesto principalmente por depósitos piroclásticos de composición dacítica andesítica. Villers *et al.*, (2006).

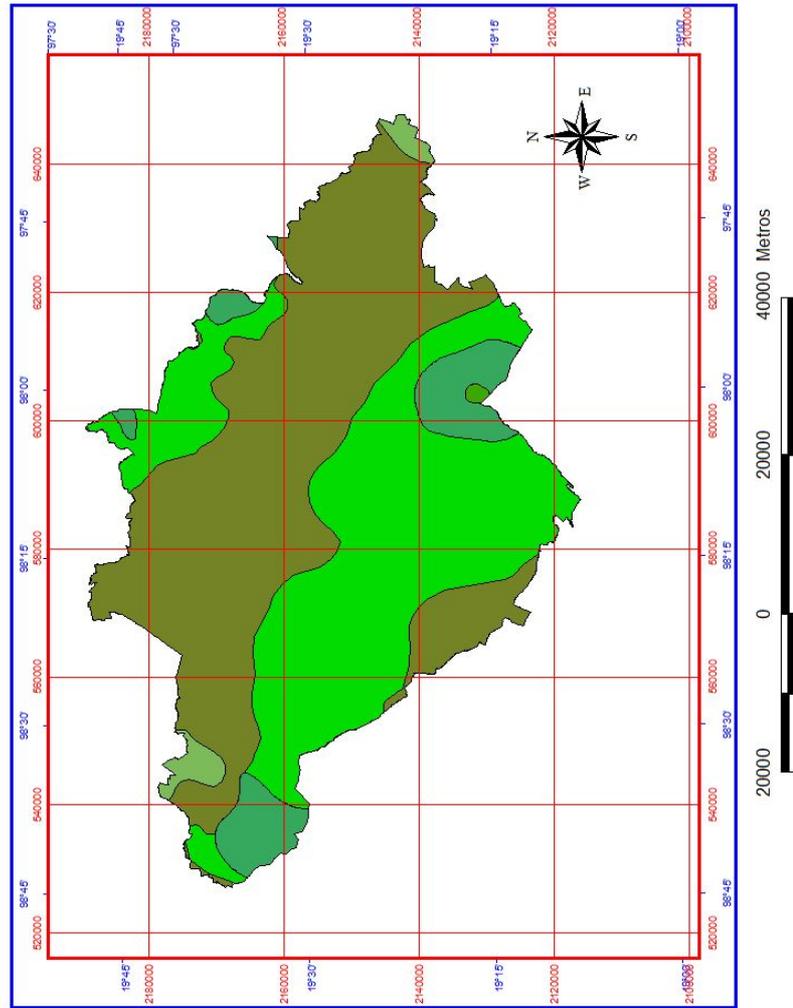
### **3.1.2 Edafología.**

Los suelos de la malinche corresponden a derivados de cenizas volcánicas de composición variable, que presentan procesos de transformación debido a la descomposición de restos vegetales por microorganismos del suelo, esto sucede en ecosistemas forestales estables o en equilibrio con las condiciones ambientales. Se clasifican dentro del orden de los inceptisol que son suelos poco desarrollados. Por esta razón, los suelos que predominan en esta área son muy propensos a la erosión y poco o nada útiles para el aprovechamiento agrícola. Villers *et al.*, (2006).

### **3.1.3 Clima**

El 99.2% de la superficie del estado presenta clima templado subhúmedo, el 0.6% es clima seco y semiseco localizado hacia la región este, el restante 0.2% presenta clima frío, localizado en la cumbre de La Malinche. La temperatura media anual es de 14°C, la temperatura máxima promedio es alrededor de 25°C y se presenta en los meses de abril y mayo, la temperatura mínima promedio es de 1.5°C en el mes de enero. La precipitación media estatal es de 720 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a septiembre.

# Clima del estado de tlaxcala



## Tipo de clima

- C ( w1)
- C ( w2)
- C ( wo)
- Cb' ( w2)
- E ( T) CHw

El tipo de clima C (w1), C (w2), C (wo) tiene las siguientes características:  
 Templado subhúmedo, temperatura media anual entre 12°C y 18°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C y temperatura del mes más caliente bajo 22°C.

El tipo de clima Cb' (w2) presenta las siguientes condiciones:  
 Semifrio, subhúmedo con verano fresco largo, temperatura media anual entre 5°C y 12°C, temperatura del mes más frío entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más caliente bajo 22°C.

La clave E (T) CHw, presenta un clima:  
 Frío, temperatura media anual entre -2°C y 5°C, temperatura del mes más frío sobre 0°C y temperatura del mes más caliente entre 0°C y 6.5°C.

Representación gráfica de los diferentes tipos de clima, elaborado por: Monserrat Zecua Muñoz  
 Fuente de información: García, E. - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), 1998  
 escala 1:1000000

Figura 3.1 Mapa de Clima de l Estado de Tlaxcala

### 3.1.4 Vegetación.

La vegetación natural se encuentra muy mermada debido a la alta densidad de población que desde tiempos prehispánicos tuvo Tlaxcala. Su vegetación es propia de climas fríos o templados, con especies resistentes a las bajas temperaturas, tales como el pino, el oyamel, el encino y el enebro. En la región boscosa de la Malinche predomina el pino, aunque también se encuentra el encino. En las planicies, cuyos suelos son poco húmedos, se da el maguey y el nopal. Actualmente, se llevan a cabo diversas prácticas de recuperación de los terrenos y la vegetación; entre las que destacan la reforestación y el control de la erosión. SER,(2010)

El zacatonal (*Calamagrostis tolucensis* y *Festuca tolucensis*) se ubica en áreas con una altitud arriba de los 4000 a 4500 msnm. Dentro de las especies de bosque de alta montaña (3200 y 4000 msnm) se encuentra el *Pinus hartwegii* sin embargo también se encuentra en partes bajas como barrancas combinándose con oyamel *Abies religiosa*, cedro (*Cupressus lindleyi*), dentro de la vegetación herbáceas predomina el zacate *Festuca tolucensis*. Existe también bosque de oyamel y de pino-encino, el primero se encuentra entre 2800 y 3200 msns dependiendo de la altitud y exposición, se encuentran especies como: *Pinus hartwegii*, *P. montezumae*, *Cupressus lindleyi* y *Alnus*. Mientras que el pino de encino se halla a una altitud entre 2600 y 2900 msnm en las partes bajas suele dominar el encino y en las altas los pinos, en la parte media se encuentran mezclas en proporciones variables; las especies representativas son *Pinus leiophylla*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. patula* y *P. ayacahuite*; las latifoliadas más frecuentes son los encinos *Quercus sp.* de dos tipos, uno perennifolio y otro caducifolio. Las especies representativas de partes medias y bajas son: *Juniperus deppeana* y *J. d.* var. Robusta. Asociación de táscate con magueyales y nopaleras. Vargas M. F, (1984).

# Vegetación de Tlaxcala

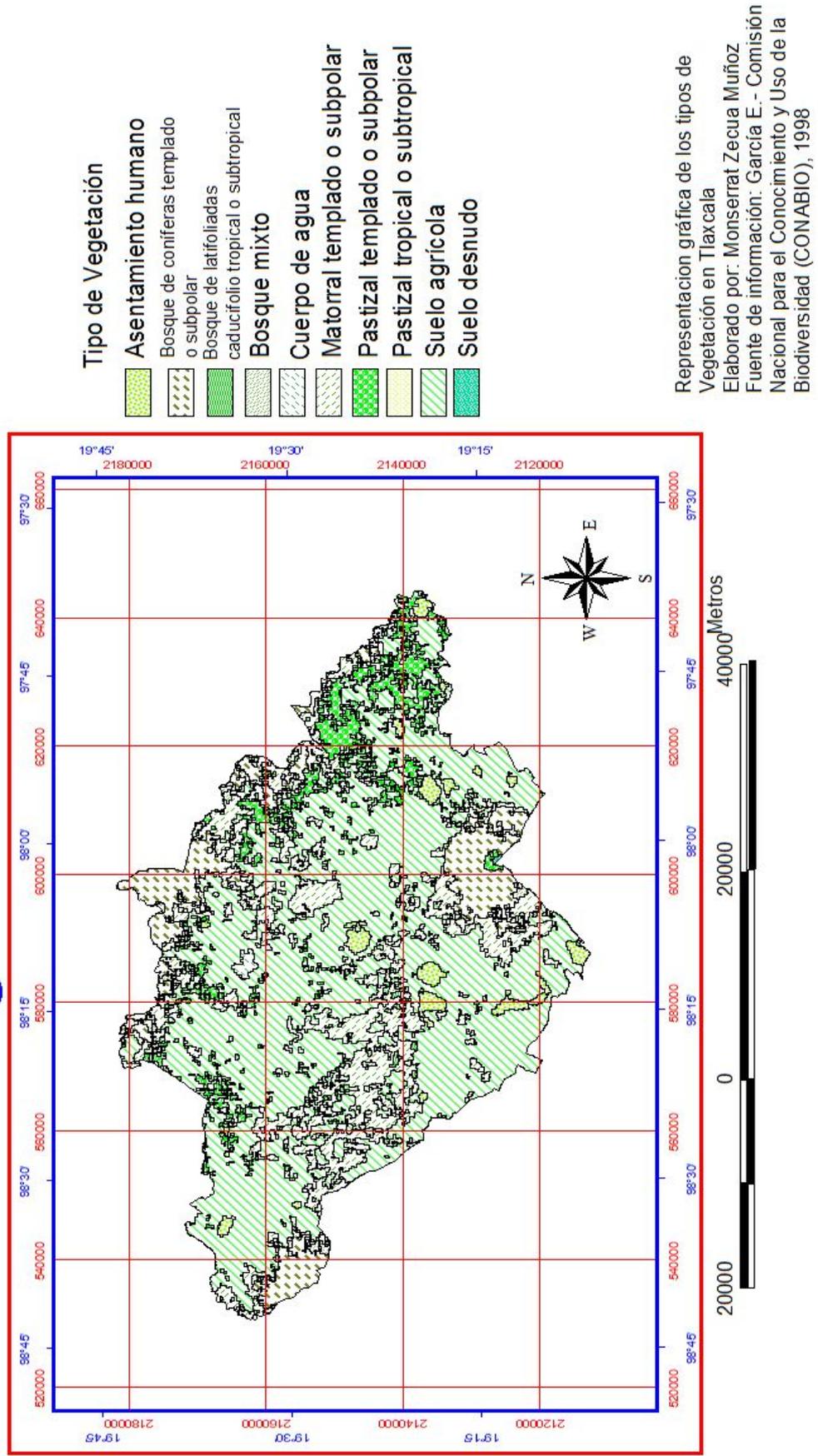


Figura 3.2 Mapa de Vegetación del Estado de

### 3.1.5 Precipitación

Los valores medios de la precipitación anual en Tlaxcala fluctúan entre 430 y poco más de 800 mm, en el sur y centro del estado, se presenta la mayor precipitación con 720 a 805 mm, en la región oriente y parte del norponiente se registran precipitaciones de 520 a 620 mm. En la región de El Carmen tequexquitla existe una menor cantidad de lluvia, ya que los valores van desde 420 a 520 mm. SAGARPA, (2012)

## Distribución de Precipitación Media Anual, Tlaxcala

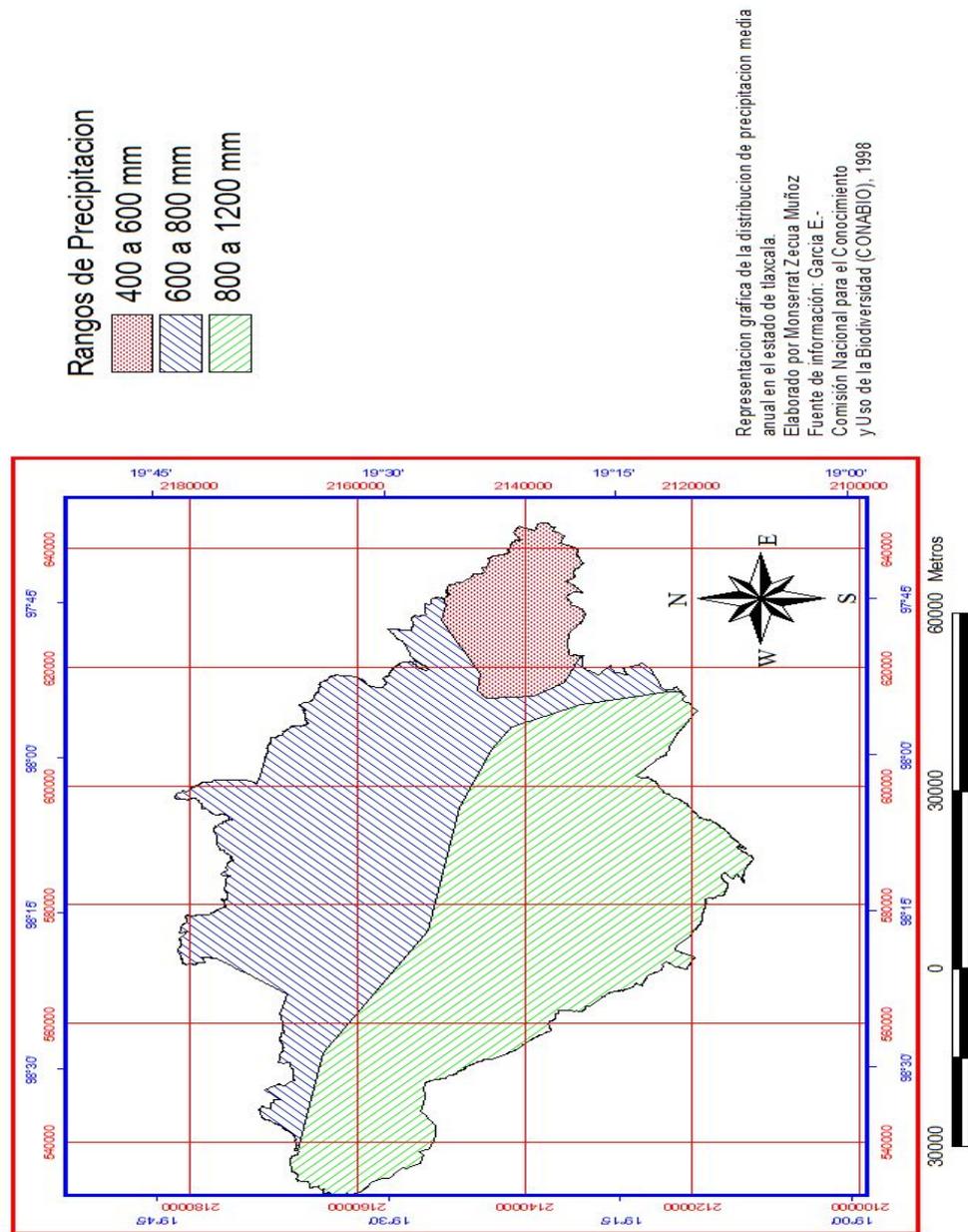


Figura 3.4 Mapa de precipitación del Estado de Tlaxcala

### **3.2 Materiales.**

- 1) Costales de fibra de Ixtle.
- 2) Semilla de avena
- 3) Bolsas de plástico
- 4) Tamiz de 2 mm
- 5) Etiquetas
- 6) Reactivos

### **3.3 Tratamientos.**

T1. Suelo cubierto con malla orgánica y cultivo de avena

T2. Suelo sin malla y con cultivo de avena

### **3.4 Metodología.**

#### **3.4.1 Muestreo En Campo -Muestreo Al Azar**

El experimento consta de un muestreo al azar que se realizó en un área de 200 m<sup>2</sup>, el terreno donde se realizó el experimento, es un área que lleva más de un año sin ser sembrada y donde anteriormente se cultivaba maíz, se tomó el primer muestreo de suelo el 10 de junio de 2013 siendo estas las muestras testigo ya que no se le había aplicado ningún manejo, después se procedió a sembrar toda el área con la semilla de avena y cubrí un área de 100 m<sup>2</sup> con mallas orgánicas que obtuve a través de costales de Ixtle cortándolos y extendiéndolos formando una manta, el segundo muestreo se realizó el 10 de agosto, y el tercer muestreo el 10 de octubre del mismo año. El 15 de julio medí el tamaño de la avena, tome el tamaño de 10 plantas al azar las cuales identifique con cuendas

de colores, la última medición la hice antes del corte de la avena, volviendo a medir las mismas plantas que había identificado al principio.

Cabe mencionar que los muestreos se realizaron en zonas cubiertas con mallas y sin ellas. Se llevaron las muestras al laboratorio para analizar M. O., pH, textura.

### **3.4.2 Análisis de laboratorio**

Determinación de Materia Orgánica - Método walkley black

Determinación de pH

Análisis de textura

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se realizó un Análisis de Varianza (ANVA) entre tratamientos con un programa software R versión 2.14.1 (R, development core team, 2011).

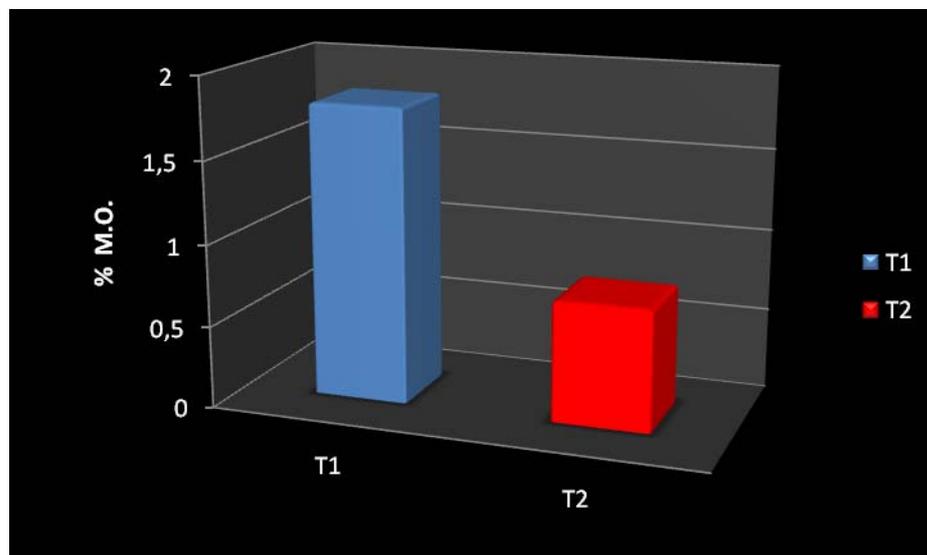
#### 4.1 Materia Orgánica (MO).

**Cuadro 4.1 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable M.O.**

Fuente	gl	SC	CM	F	p
Tratamientos	1	6.7947	6.7947	18.16	0.0003 **
Error	22	8.2317	0.3742		

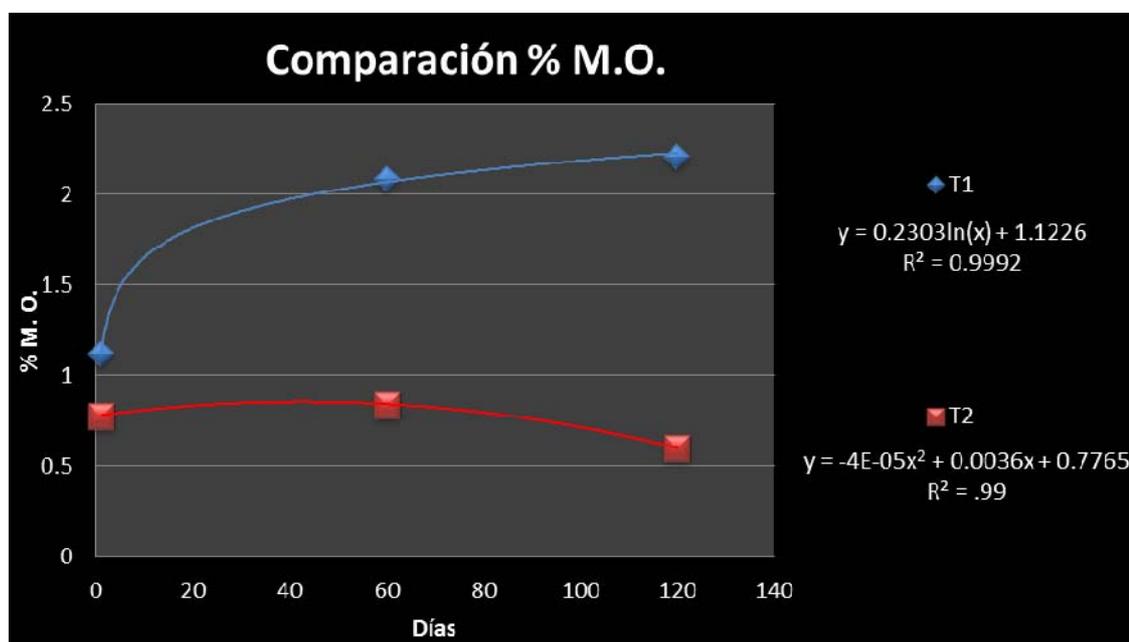
\*\* Diferencia altamente significativa.  $p(<0.05)$

CV: 19.46



**Figura 4.1 Prueba de Tukey Comparación de medias del % de M.O. entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla).**

Como es de apreciarse en las gráficas numéricas, la variable de materia orgánica, es declinada hacia T1 (con malla) ya que la mayor parte de la materia orgánica obtenida al final del experimento se debió a la acción de erosión hídrica, quedando plasmado el suelo trasladado en la malla. Dicho efecto de la materia orgánica, en T1 es una de varias ventajas de las mismas. Quedando en claro que según el análisis de varianza en este caso el método de "Tukey", muestran que los resultados son significativos para esta variable analizada.



**Figura 4.2.-Comportamiento durante el experimento entre los dos tratamientos para la variable % de Materia Orgánica.**

Esta grafica afirma aún más el resultado del análisis de varianza, ya que como se aprecia, los puntos están ubicados según el porcentaje obtenido de materia orgánica en el transcurso de tiempo, con ello se puede deducir que el porcentaje de M.O. obtenido es progresivo y estable, sin decaer. Esto es a comparación con el T2 (sin malla), que muestra un incremento según se establece el cultivo y

decrece en la cosecha, es decir que al quedar expuesto nuevamente, sus beneficios obtenidos desaparecen con la erosión.

Los resultados obtenidos confirman lo que Mataix, C *et al.* (1999) mencionan sobre mallas orgánicas; ya que tienen una buena adaptación al paisaje y su biodegradabilidad facilita la incorporación de materia orgánica al terreno; además de incorporarse al suelo formando con éste un horizonte orgánico.

**Cuadro 4.2 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable M.O.**

Tratamientos	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	p ajustada
T2-T1	<b>-1.0641</b>	<b>-1.5820</b>	<b>-0.5462</b>	<b>0.0003**</b>

**\*\* Diferencia altamente significativa. p(<0.05)**

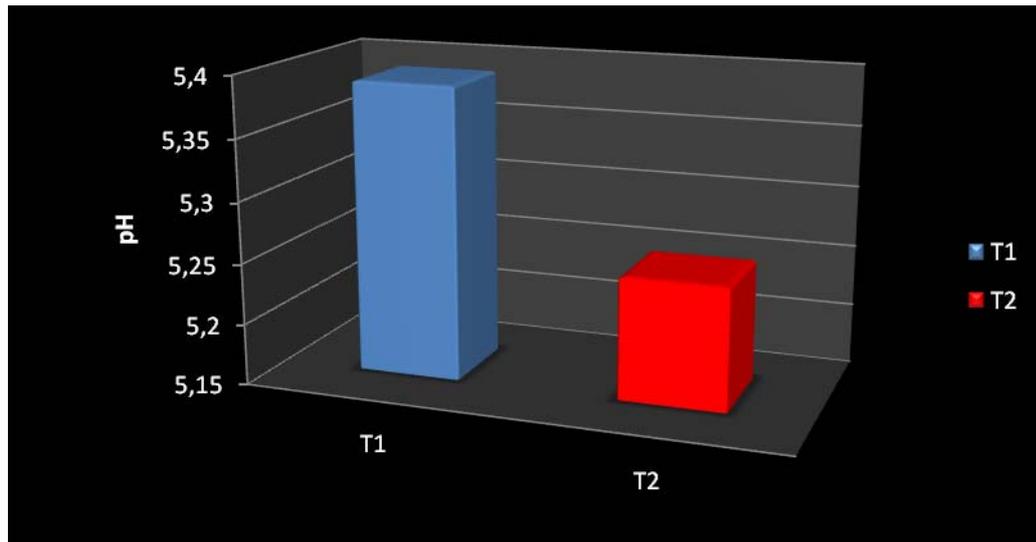
#### **4.2 Potencial Hidrogeno (pH).**

**Cuadro 4.3 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable pH.**

Fuente	gl	SC	CM	F	p
Tratamientos	<b>1</b>	<b>0.1204</b>	<b>0.1204</b>	<b>6.6367</b>	<b>0.017 **</b>
Error	<b>22</b>	<b>0.3991</b>	<b>0.0181</b>		

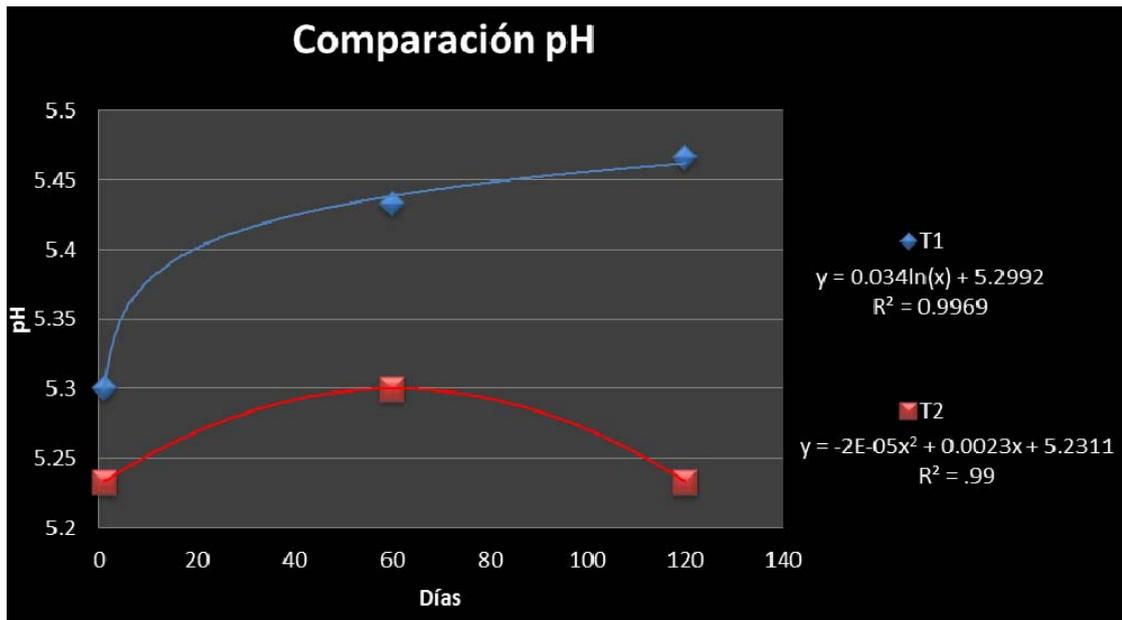
**\*\* Diferencia altamente significativa. p (<0.05)**

**C. V. 2.5315**



**Figura 4.3.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable pH**

El análisis de varianza nos arroja un dato donde muestra que este experimento si es significativo para esta variable. Observamos un ligero incremento en el porcentaje de diferencia entre sí, con ello podemos decir que si es efectivo este tratamiento para la conservación de suelo a través del tiempo, pues mejora la variable analizada.



**Figura 4.4.- Comportamiento durante el experimento entre tratamientos para la variable pH**

El comportamiento del pH se ve expresado en esta gráfica progresiva que nos dice como fue cambiando a través del tiempo, en ambos tratamientos se incrementa su valor, en el segundo muestreo (día 60), pero en el 3er muestreo el valor de T2 decae como se nota en la gráfica, es debido a que se presenta la cosecha de la avena y con ello vienen cambios significativos en el suelo, debido a que la protección que le brindaba el cultivo se ha perdido, a comparación del T1 (con malla), que presenta aún un incremento debido a que la malla protege los rangos que se habían obtenido a lo largo del experimento, con ello no solo se consigue conservar, sino que se alcanza un pequeño incremento adicional en el pH que es considerado moderadamente ácido, acercándose un poco más a la neutralidad.

**Cuadro 4.4 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable pH.**

Tratamientos	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	p ajustada
T2-T1	<b>-0.1416</b>	<b>-0.2557</b>	<b>-0.0276</b>	<b>0.0172*</b>

\* Diferencia significativa.  $p(<0.05)$

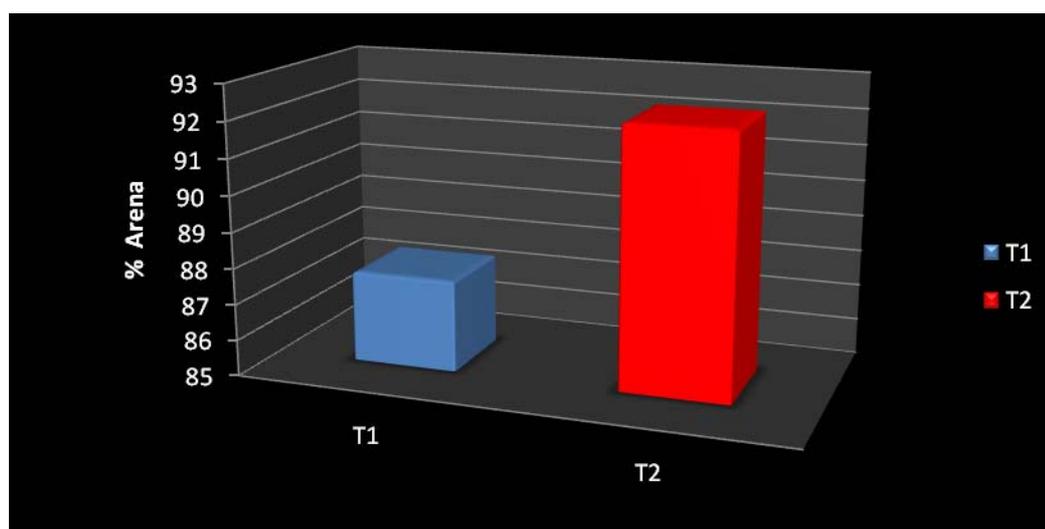
### 4.3 Textura

**Cuadro 4.5 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable Textura (Arena).**

Fuente	gl	SC	CM	F	p
Tratamientos	<b>1</b>	<b>130.62</b>	<b>130.62</b>	<b>9.55</b>	<b>0.005**</b>
Error	<b>22</b>	<b>300.70</b>	<b>13.66</b>		

\*\* Diferencia altamente significativa.  $p (<0.05)$

CV: 4.11



**Figura 4.5.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable Textura (Arena)**

**Cuadro 4.6 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable Textura (Arena)**

Tratamientos	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	p ajustada
T2-T1	<b>4.6655</b>	<b>1.5357</b>	<b>7.7959</b>	<b>0.005**</b>

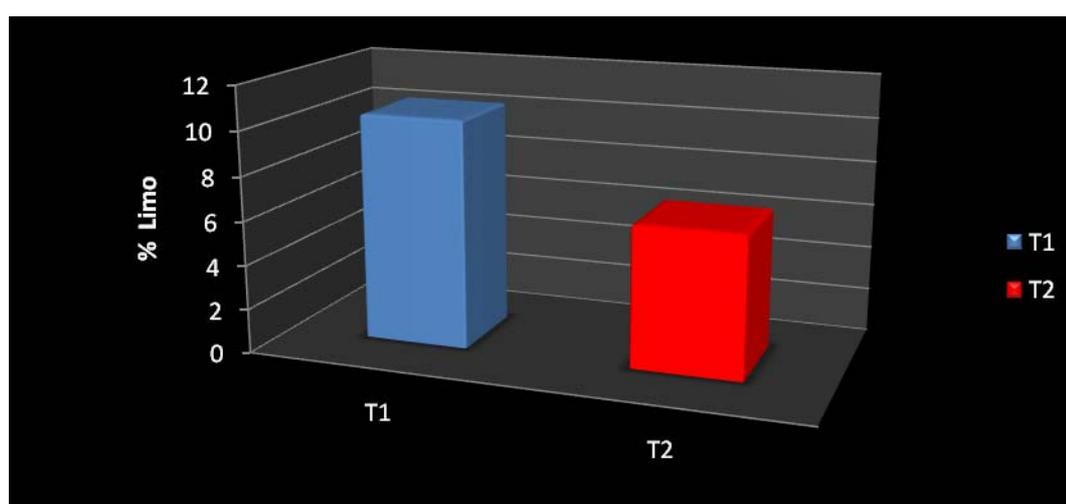
**\*\*Diferencia altamente significativa. p (<0.05)**

**Cuadro 4.7 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable Textura (Limo).**

Fuente	gl	SC	CM	F	p
Tratamientos	<b>1</b>	<b>93.37</b>	<b>93.37</b>	<b>12.87</b>	<b>0.001**</b>
Error	<b>22</b>	<b>159.53</b>	<b>7.25</b>		

**\*\*Diferencia altamente significativa. p (<0.05)**

**CV: 31.99**



**Figura 4.6.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable Textura (Limo)**

**Cuadro 4.8 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable Textura (Limo)**

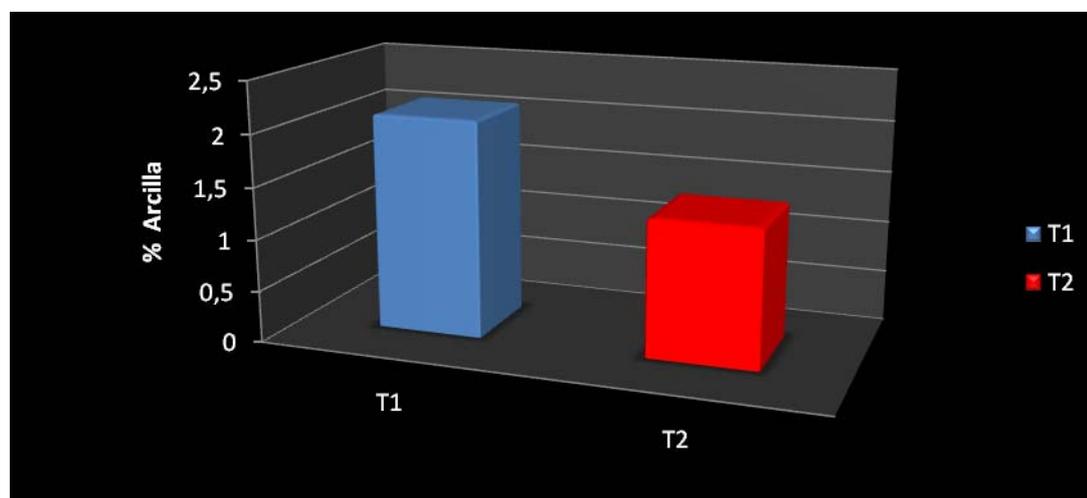
Tratamientos	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	p ajustada
T2-T1	<b>-3.94</b>	<b>-6.22</b>	<b>-1.66</b>	<b>0.001**</b>

**\*\*Diferencia altamente significativa. p (<0.05)**

**Cuadro 4.9 Análisis de varianza de los tratamientos T1 y T2 para la variable Textura (Arcilla).**

Fuente	gl	SC	CM	F	p
Tratamientos	<b>1</b>	<b>3.61</b>	<b>3.61</b>	<b>1.17</b>	<b>0.28</b>
Error	<b>22</b>	<b>67.68</b>	<b>3.07</b>		

**Diferencia No significativa**

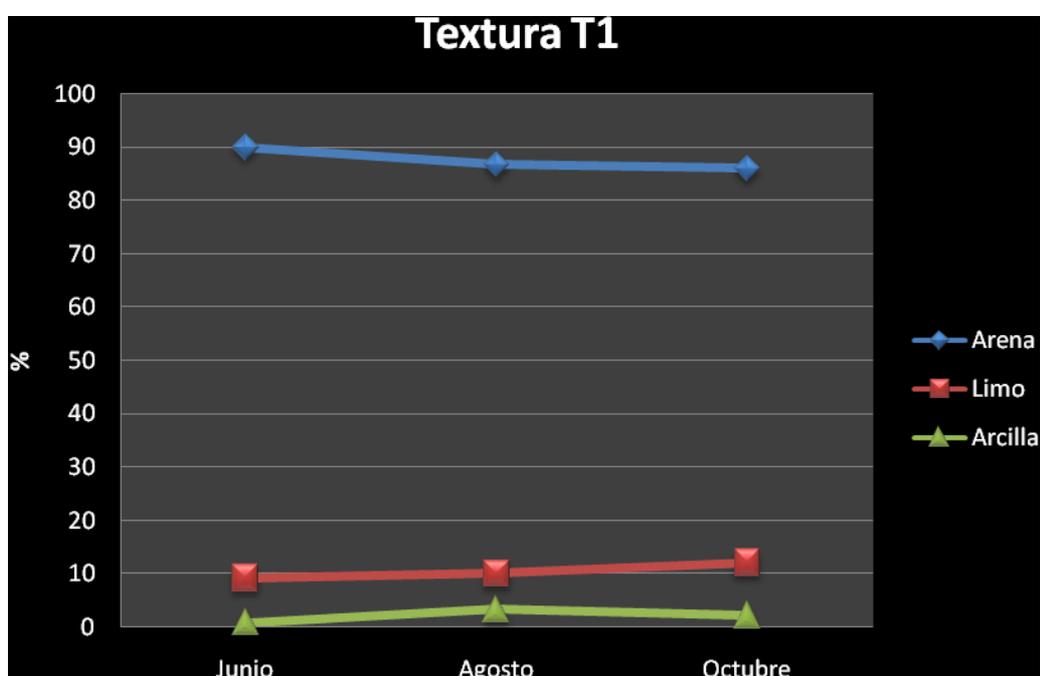


**Figura 4.7.- Prueba de Tukey. Comparación de medias entre tratamientos T1 (con malla) y T2 (sin malla) para la variable Textura (Arcilla)**

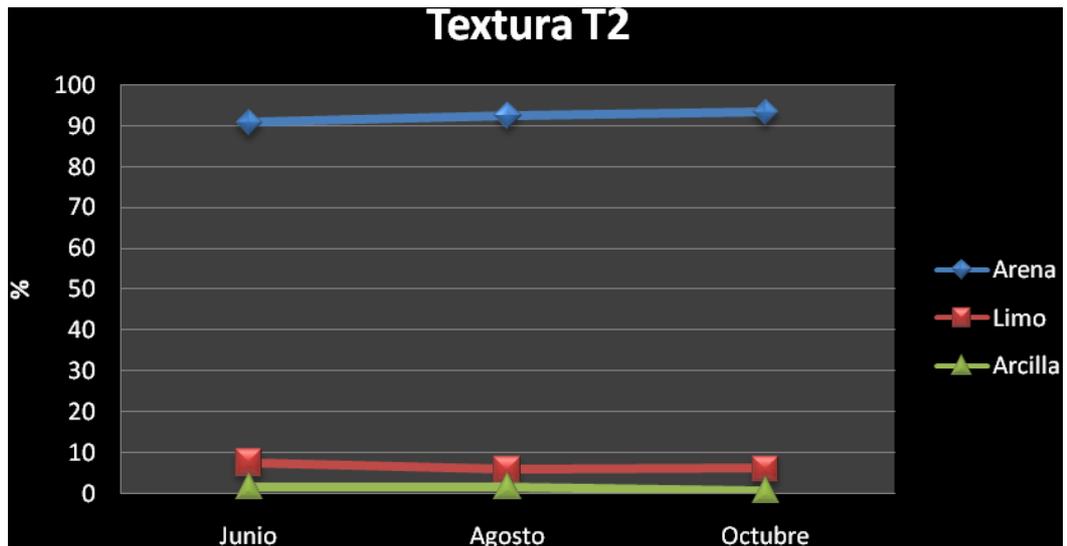
**Cuadro 4.10 Intervalo de confianza. Prueba de Tukey comparación múltiple de medias 95% nivel de confianza para la variable Textura (Arcilla)**

Tratamientos	Diferencia	Límite inferior	Límite superior	p ajustada
T2-T1	<b>-0.77</b>	<b>-2.26</b>	<b>0.70</b>	<b>0.28</b>

**Diferencia No significativa**



**Figura 4.8 Comportamiento de las medias mensuales para la variable Textura T1**



**Figura 4.9 Comportamiento de las medias mensuales para la variable Textura T2**

Dentro de las características que clasifican un suelo, se encuentra la textura que de acuerdo con las partículas minerales, que dominan en el suelo, éste recibe su nombre, si existe un mezcla adecuada de los tres componentes (arena, limo y arcilla), se denomina “franco o mediano”, que es el mejor para la agricultura por ser fácil de utilizar, no encharcarse y ser rico en nutrientes para las plantas, con base en esto y las gráficas anteriores, denota el hecho de que con la acumulación de suelo por arrastre entre otras variables, el porcentaje de limo y arcilla incremento un poco a comparación de la arena que disminuyo su porcentaje en el tratamiento T1 (con malla); con ello se afirma el hecho de que el uso de mallas mejora la textura del suelo y aumenta las posibilidades de incrementar el espectro de cultivos o plantas a sembrar en dicho suelo.

#### **4.4 Altura de la panta (avena forrajera)**

El análisis de varianza para la variable altura de la avena arrojaron datos no significativos y los numéricos fueron las medias actuales según la variedad del cultivo que alcanzaron un promedio de 133.2 cm para el T1 y 133.91 para el T2.

Aún es escasa la información para este tipo de trabajos, por ello que no comparo las variables pH, Textura ya que los trabajos que se han realizado han sido más apegados a la erosión y restauración de espacios sin encaminarse tanto hacia cambios en el suelo, que es lo que éste trabajo pretende, sin embargo los resultados obtenidos en ésta investigación confirman lo que diferentes autores han obtenido al implementar mallas de fibras de coco o yute que ofrecen mejor protección al suelo para controlar el desprendimiento de las partículas por efecto de la lluvia. Morgan y Rickson, (1988).

Según Armstrong y Wall (1991) comprobaron también, que un geotextil a base de viruta de madera no reduce la escorrentía, comparado con una pendiente sin protección, aunque controla eficazmente la pérdida del suelo.

Medrano V. C. *et al.*(2007)Mencionan que este tipo de materiales tienen múltiples funciones en el funcionamiento hidráulico del suelo, como son: evitar que el agua de lluvia impacte directamente contra el suelo, mejoran la agregación del suelo, aumentan la rugosidad disminuyendo la velocidad del agua y el transporte de partículas, y por tanto, aumentan la sedimentación de sólidos en suspensión. Son también una fuente inmediata de aporte de materia orgánica, ayudando al rápido establecimiento vegetal, constituyendo un elemento integrador y de fomento de hábitats de fauna y vegetación, y de integración paisajística.

## **CAPÍTULO V**

### **CONCLUSIÓN**

De acuerdo con los análisis de laboratorio y estadísticos podemos concluir que el uso de mallas orgánicas sobre el suelo es una técnica que beneficia sus propiedades físicas y químicas, así pues también rectificamos la hipótesis de que el uso de mallas modifica de manera positiva al suelo.

Aunque en la variable de Textura, muy en específico Arcilla no hubo diferencia significativa con el análisis de varianza, pero si lo hubo en pequeña cantidad en los resultados de laboratorio realizados, es considerable mencionar que un factor importante para obtener mejores resultados es el tiempo, ya que en este trabajo solo se monitoreo por un periodo relativamente corto de 120 días y en algunas variables como materia orgánica hubo un aumento notable y de menor rango en pH.

Por lo tanto concluyo que aunque no se midió erosión, las pruebas de laboratorio indican que si hubo un incremento en las características como textura en la cual se dio incremento de partículas por arrastre, esto es benéfico para la calidad de cualquier suelo como lo son los dedicados a la agricultura, que como se ha mencionado antes, existe un deterioro en éstos por malas prácticas agrícolas, esta técnica puede ser la solución a dicho problema de perdida y deterioro del suelos y sus propiedades.

Recomiendo que este tipo de prácticas además de realizarse en suelos con altas pendientes, también se usen en suelos agrícolas como protección, cabe mencionar que el uso de mallas asociado con algún cultivo no es muy recomendable ya que muchas de las plantas no logran pasar las aberturas de la malla.

## CAPITULO VI

### LITERATURA CITADA

**FHIA**(2004). Fundación Hondureña de Investigación Agrícola. Guía sobre prácticas de conservación de suelos. Honduras. p1

**Echavarría C., F., et al., 2006.** Aptitud de los suelos y prácticas mecánicas para aminorar el efecto de la sequía. 2da edición, INIFAP. 4,2ª. Edición. México. Pp. 91

**Brunel Nidia y Seguel Oscar.** Efectos De La Erosión En Las Propiedades Del Suelo. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Austral de Chile. Agro sur 2011, vol.39, no.1, pp 1. ISSN 0304-8802.

**Ellison 1947.** Citado por Apoyo para una Agricultura Sostenible Mediante Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina. ISBN 92-854-3001-5. Santiago, Chile, 27 de julio al 1º de agosto de 1992. Proyecto GCP/RLA/107/JPN

**Bertoni y Lombardi Neto (1985)** Citado por: Apoyo para una Agricultura Sostenible Mediante Conservación y Rehabilitación de Tierras en América Latina. ISBN 92-854-3001-5. Santiago, Chile, 27 de julio al 1º de agosto de 1992. Proyecto GCP/RLA/107/JPN

**Imenson A., Curfs M.** la erosion del suelo. Land care in desertification affected áreas from science towards application. ProyectoLucinda (2006-2008) folleto B, numero 1. p 2

**Alvarado** C.M. 2000. EROSIÓN DEL SUELO EN EL ESTADO DE TLAXCALA, Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y desarrollo. México. p 6.

**Cardona** Alvarado Miguel; ALMEGUA, Ma De La Luz Valderrábano; ROBLES, J. Aurelio Colmenero La Erosión Hídrica Del Suelo En Un Contexto Ambiental, En El Estado De Tlaxcala, México ciencia Ergo Sum, Vol. 14, Núm. 3, 2007 P 324..

**INE**, UNAM, PNUD, Proyecto: Fomento de las Capacidades para la Etapa II de Adaptación al Cambio Climático en Centroamérica, México y Cuba. 2007.

**Soberón** J., Ezcurra, E., Larson, J., Rodríguez, A. E., para el Desarrollo Sustentable, C. E., Randall, A., & Cedillo, J. A. (1995). Áreas protegidas y conservación in situ de la biodiversidad en México. Gaceta Ecológica, 7-15. P3.

**SEMARNAT**,UACH. Evaluación de la pérdida de suelo por erosión hídrica y eólica en la república mexicana, escala 1:100 000. México 2002.

**Casal** Patricia; Durán Jorge; Montalvo Javier. Siembra en mantas orgánicas: establecimiento de nuevas especies y aplicaciones para la restauración de taludes, Universidad de Vigo, Pontevedra España. (2007)

**English** (1997) citado por: Casal Patricia; Durán Jorge; Montalvo Javier. Siembra en mantas orgánicas: establecimiento de nuevas especies y aplicaciones para la restauración de taludes, Universidad de Vigo, Pontevedra España. (2007)

**López F. R.** (2002) Degradación del Suelo. Causas, procesos, evaluación e investigación. Centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial. Universidad de los andes, Mérida, Venezuela. Serie suelos y clima p 72.

**Contreras M. V.** (2003) control de la erosión de suelos con mantas orgánicas: experiencias y aplicaciones prácticas. Citado por: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (2008). Mantas orgánicas para el control de la erosión. Gobierno de España. Disponible en:[http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-y-restauracion-forestal/0904712280144d91\\_tcm7-19596.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-y-restauracion-forestal/0904712280144d91_tcm7-19596.pdf)

**Ministerio** de medio ambiente y medio rural y marino. (2008). Mallas y redes para el control de la erosión y otras aplicaciones Gobierno de España. Disponible en:  
[http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-y-restauracion-forestal/0904712280144d90\\_tcm7-19595.pdf](http://www.magrama.gob.es/es/biodiversidad/temas/desertificacion-y-restauracion-forestal/0904712280144d90_tcm7-19595.pdf)

**Pacheco, B, O.** (2000). Medidas de conservación para suelos potencialmente erosionables de relieve llano a ondulado. Tesis en opción al título de Master en Fertilidad del Suelo, p 6.

**RodríguezA. E.** La Malinche: una visión retrospectiva de su deterioro y conservación. 2007.

**SEMARNAT** 2006 El Medio Ambiente En México: En Resumen, México. pp 25-29.

**Villers Ruiz Lourdes; García, Fabiola Rojas; Lezama, Pedro Tenorio** 2006.; .Guía Botánica Del Parque Nacional Malinche Tlaxcala- Puebla. UNAM. pp 11, 14

**Castañeda** A. D., 2011. Impacto del cambio climático en las comunidades vegetales del parque nacional malinche, Tlaxcala, México. UNAM. p 27.

**Vela** Correa G.; Martínez, B. E. V., Gamiño, M. D. L. R., & Rubio, I. V. D. 2007. Caracterización Edáfica De Sitios Con Regeneración Natural De *Pinus Montezumae* Lamb. En El Volcán La Malinche, México. Vol. 41, No 4 Pp 372, 373. UNAM, UAM.

**Soriano** M. (2004) Prácticas de diagnóstico y fertilidad de suelos. UPV, Valencia p 6

**Vargas** M. F. (1984). Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes. Pasado, presente y futuro. Colección: Los Grandes Problemas Nacionales. Serie: Los Bosques de México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM.

**SAGARPA** 2012. Pronostico agroclimatico Tlaxcala. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/tlaxcala/Documents/2012/PRONOSTICO%20AGROCLIMATICO%202012.pdf>

**Morgan** R.P.C. 1996. Erosión y Conservación del Suelo. Grupo mundi- prensa, Madrid, ISBN: 84-7114-679-7 pp.292-295

**Heady** (1982). Citado por: Avalos, H. C., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, no. 83, pp 5-71.

**Karlen et al., 1997.** Citado por: Avalos, H. C., Sotelo, E., Domínguez, J., Zorrilla, M., Cortina, S., & Quiñones, L. (2007). La conservación de suelos: un asunto de interés público. *Gaceta Ecológica*, (83), p 6.

**Gestión de infraestructuras de Andalucía S. A. (2009).** Consejería de obras públicas y transportes. Manual de recomendaciones técnicas para la redacción de proyectos de restauración paisajística. p 41

**Bonterra Ibérica, S.L. (2012.).** Mallas y Mantas Orgánicas Granada, España.

**Ramírez M. C. C. (2002).** Plantas de importancia económica en las zonas áridas y semiáridas de México. UNAM, Instituto de Geografía. p 84

**SEMARNAT(2009).** Degradación de suelos en México. El Medio Ambiente en México En Resumen.[http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sn\\_iarn/pdf/en\\_resumen\\_2009.pdf](http://www.semarnat.gob.mx/informacionambiental/documents/sn_iarn/pdf/en_resumen_2009.pdf)citado: 9/08/2013

**Endlicher W. (1988).** El problema de la erosión del suelo en la Cordillera de la Costa de la Octava Región. *Revista de Geografía Norte Grande*, vol 15, p 11.

**Hernández M. H. (2009).** El paisaje como seña de identidad territorial: valorización social y factor de desarrollo, ¿utopía o realidad? *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, No. 49, pp 171-172

**Avaria**, C. C., Sánchez, M. C., & Donoso, Á. Z. (2001). Indicadores geomorfológicos de la fragilidad de Paleodunas. *Revista de Geografía Norte Grande*, vol 28 No.28-30, pp 13, 23.

**W. Fassbender** H. (1985) Énfasis en suelos de América Latina. Química de suelos. Instituto latinoamericano de ciencias agrícolas de la OEA. Primera edición, serie No. 24

**Parr** et al. 1992; Doran y Parkin, 1994; Gregorich et al. 1994. Citado por: Abadín C. J. Agricultura sostenible en los andes tropicales. Importancia de la materia orgánica en la conservación de la fertilidad del suelo. Facultad de biología, Universidad de Santiago de Compostela.

**Gros** y Domínguez (1992). Citado por: Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., & Bello-Amez, S. (2006) La materia orgánica, importancia y experiencia de su uso en la agricultura. *Idesia (Arica)*, vol. 24, no 1, pp. 49-61.

**Villarroel** J. (1988). Manual práctico para la interpretación de análisis de suelos en laboratorio. *AGRUCO Serie técnica* N. 10.

**Gisbert** Blanquer, Juan Manuel; IBAÑEZ ASENSIO, Sara; MORENO RAMÓN, Héctor. La textura del suelo. 2010. Universidad politécnica de Valencia.

**Mataix**, C et al. (1999) Citado por: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Mallas y redes para el control de la erosión y otras aplicaciones, Gobierno de España (2008) p2.

**Morgan** y Rickson(1988) Citado por: Morgan R.P.C. Erosión y Conservación del Suelo. Grupo mundi- prensa, Madrid España 1996. ISBN: 84-7114-679-7 p 293

**Amstrong** y Wall Citado por: Morgan R.P.C. Erosión y Conservación del Suelo. Grupo mundi- prensa, Madrid España 1996. ISBN: 84-7114-679-7 p 293

**Medrano** Valentín Contreras; De Sousa Borges Sandra Patricia. Nuevos materiales para el control de la erosión tras los incendios forestales (2007)

**SRE** (2010) Perfil del Estado de Tlaxcala [http://www.sre.gob.mx/coordinacionpolitica/images/stories/documentos\\_gobiernos/perfilestataaltlax.pdf](http://www.sre.gob.mx/coordinacionpolitica/images/stories/documentos_gobiernos/perfilestataaltlax.pdf) citado: 25/09/2013

**INEGI** (2011). Suelo <http://www.cuentame.inegi.org.mx/territorio/suelo.aspx> (25, septiembre, 2013)

**SAGARPA** (2007-2012). El suelo y la producción agropecuaria. <http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/EI%20suelo%20y%20la%20produccion%20agropecuaria.pdf>(10, mayo, 2013).

**SEMARNAT** (2006). LOS SUELOS DE MEXICO [http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe\\_resumen/03\\_suelos/cap3.html](http://app1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_resumen/03_suelos/cap3.html)

**INECC** (2013). Análisis Potencial Hidrogeno pH <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/509/analisis.pdf> citado: 15/11/2013



**Anexo 7.1 Establecimiento de Mallas. Anexo 7.2 establecimiento de Mallas**



**Anexo 7.3 Desarrollo de cultivo de avena. Anexo 7.4 Crecimiento de avena**



**Anexo 7.5 Recolección de muestras de suelo Anexo 7.6 Tamizado de muestras**



**Anexo 7.7 Secado de muestras Anexo 7.8 Adición de fenantrolina (M.O.)**



**Anexo 7.9 Valoración de Materia Orgánica Anexo 7.10 Análisis de Textura**



**Anexo 7.12 Medición de pH**