

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



Restauración de espacios degradados con mallas orgánicas en el predio denominado Sintega, Jocotitlán, Estado de México.

Por

ZAYRA YADIRA LUNA CHÁVEZ

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2014

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

Por

ZAYRA YADIRA LUNA CHÁVEZ

Tesis

Presentada como requisito parcial para obtener el título de

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Aprobada

M.C. Alejandra Rosario Escobar Sánchez
Asesor Principal

M.C. Fidel Maximiano Peña Ramos
Coasesor

M.C. Juan Manuel Cepeda Dovala
Coasesor

M.C. Luis Rodríguez Gutiérrez
Coordinador de la División de Ingeniería.

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Saltillo, Coahuila, México, Junio del 2014

Coordinación de
Ingeniería

Agradecimientos

A DIOS, gracias por darme la vida y por permitir que pueda compartir con mi familia y amigos momentos bonitos que quedarán en el recuerdo por siempre, por la sabiduría que me diste, por la tenacidad de buscar siempre lo mejor y poder lograrlo, gracias a ti puedo disfrutar y cobijar a mi familia, Ilumina mi camino siempre.

A mi alma terra mater

Por darme la oportunidad de pertenecer a esta institución, por darme los conocimientos que adquirí día a día, por ser mi segunda casa de estudios, y pertenecer a la generación CXVI de Ingeniero Agrícola y Ambiental.

A mi asesora M.C Alejandra Rosario Escobar Sánchez

Por darme la oportunidad de realizar este trabajo de investigación, y sobre todo aguantar día a día mis dudas que llegue a tener en todo este tiempo de la carrera, y brindarme su amistad gracias.

A M.C. Fidel Maximiano

Por las enseñanzas que me compartió, por el apoyo que me brindó en la realización de la tesis gracias.

Al Ing. Moisés Guadarrama Espinoza

Por el apoyo incondicional en la realización de mi tesis, por aguantar tantas dudas que llegue a tener, muchas gracias.

A la familia Guadarrama Espinoza por brindarme su apoyo incondicional, por permitirme ser un miembro más de su familia, por su cariño y comprensión gracias.

A mis amigos Ariadna, Manuel de Jesús,

Por ser una persona de confianza, por esos momentos compartidos, risas, consejos y sobre todo ese apoyo incondicional que me brindaste durante todos estos años y amistad que Dios te bendiga, gracias.

Dedicatorias

A mis queridos padres

Hilda Chávez Lara y Raúl Luna Martínez

Estoy muy contenta por haber concluido una etapa más de mi vida les agradezco con todo mi corazón por haberme brindado su apoyo incondicional, durante todo este tiempo, además, de su cariño, confianza, y consejos para hacer de mí una mejor persona, por creer y confiar en mí, por ser mi motivación de vivir, la razón de mi existencia, por ser un ejemplo a seguir y por ser los mejores padres del mundo que tengo gracias.

A mis queridas hermanas Laura Jocelín Luna Chávez, Mayra Mariélle Luna Chávez y Lorena Luna Chávez, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por confiar en mí, por escucharme y darme los mejores consejos, por su paciencia, por ser mis mejores amigas del alma las quiero mucho.

A mi hija Yaretzy Guadarrama Luna por ser mi razón de vivir, por ser la niña más hermosa, por hacerme feliz desde que llegaste a mi vida, te quiero mucho.

A Moisés Guadarrama Espinoza por estar conmigo, apoyarme en cada una de mis decisiones, por su comprensión, cariño, amor, por formar parte de mi vida te quiero mucho y ser un ejemplo a seguir.

A mis abuelos Socorro Lara, Pompilio Chávez por darme los mejores consejos, por ser mis segundos padres, gracias.

A mis tíos Cirino Chávez, José Luis, Gerardo y Joel Chávez por confiar en mí, y darme motivación día a día.

A mis primos y primas Alan, Beyda, Karol, por esas risas que hemos vivido durante este tiempo, y ser segundos hermanos de sangre gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	iv
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
JUSTIFICACIÓN	2
OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS ESPECIFICOS	3
HIPÓTESIS	4
CAPÍTULO II	5
REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1.- Erosión	5
2.2.- Erosión Hídrica	6
2.3.- Factores que intervienen en la erosión hídrica.	7
2.3.1.- Clima	7
2.3.2.- Topografía	8
2.3.3.- Cobertura Vegetal	8
2.4.- Erosión Eólica	9
2.5.- Degradación de suelos	10
2.6.- Restauración de suelos	12
2.7.- Cultivo de cebada	12
2.7.1- Características botánicas	13
2.7.2.- Variedad Esmeralda	13
2.8.- Mallas orgánicas	14
2.9.- Nivelación	19
2.9.1.- Nivelación con manguera	19
2.9.2.- Método de reconocimiento de perfil de suelo	20
2.10.- Mediciones volumétricas	20
2.10.1.- Surcos y vías de escurrimiento	21
2.10.2.- Cárcavas y márgenes de las corrientes	21
2.10.3.- Pozos de sedimentación	22
2.11.- Muestreo y caracterización de un sitio	23
2.11.1.- Tipos de muestreo	23
2.11.1.1- Muestreo a juicio:	23
2.11.1.2.- Muestreo aleatorio simple	23
2.11.1.3.- Muestreo aleatorio estratificado:	24
2.11.1.4.- Muestreo sistemático:	24
2.11.1.5.- Muestras representativas:	24
2.11.1.6.- Representatividad:	25
2.11.1.7.-Tamaño de muestra:	25
2.12.- Determinación de textura	25
2.12.1.- Determinación cuantitativa de la textura, tanto por el método del densímetro de Bouyoucos	28
2.12.2.- Determinación de la textura por el método del densímetro de bouyoucos.	28
2.12.3.- Determinación semicuantitativa de la textura: método al tacto	30
2.13- Determinación de pH	31

2.14.- Determinación de materia orgánica del suelo _____	33
2.14.1.- Método de Walkey y Black _____	34
2.14.2.- Método del permanganato _____	35
2.15.- Conductividad Eléctrica _____	35
2.16.- Determinación de Carbonatos _____	36
2.17.- Características de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Jocotitlán, México. _____	37
2.18.- Los Minerales _____	45
2.19.- La Explotación o Minado _____	45
2.19.1.- Tipos de minerales _____	46

CAPÍTULO III _____ 47

MATERIALES Y MÉTODOS _____ 47

3.1.- Ubicación de la investigación _____	47
3.2.- Elaboración de la malla _____	49
3.3.- Elección del lugar de investigación _____	50
3.4.- Colocación de la malla y siembra _____	52
3.5.- Previo a la Nivelación _____	55
3.6.- Desarrollo del cultivo de cebada _____	57
3.7.- Determinación de relieve _____	64
3.7.1.- Surcos y vías de escurrimiento _____	64
3.8.- Muestro de suelo _____	65
3.9.- Análisis de muestras en laboratorio _____	68
3.10.- Textura del suelo _____	70
3.10.1.- Materiales y Equipo _____	70
3.10.2.- Procedimiento _____	71
3.10.3.- Diagrama de flujo _____	72
3.11.- Determinación de pH _____	74
3.11.2.- Materiales y Equipo _____	74
3.11.3.- Procedimiento _____	74
3.11.4.- Diagrama de flujo _____	75
3.12.- Determinación de Conductividad Eléctrica _____	77
3.12.1.- Materiales y Equipo _____	77
3.12.2.- Procedimiento _____	77
3.12.3.- Diagrama de flujo _____	78
3.13.- Determinación de Materia Orgánica _____	80
3.13.1.- Materiales y Equipo _____	80
3.13.2.- Procedimiento _____	80
3.13.3.- Diagrama de flujo _____	81
3.14.- Determinación de Carbonatos _____	83
3.14.1.- Material y Equipo _____	83
3.14.2.- Procedimiento _____	83
3.14.3.- Diagrama de flujo _____	84

CAPÍTULO IV _____ 86

RESULTADOS _____ 86

4.1.-Comportamiento del cultivo _____	93
4.1.2.-Altura de la planta _____	93
4.1.3.-Desarrollo radicular _____	93

CAPÍTULO V	95
CONCLUSIONES	95
CAPÍTULO VII	96
LITERATURA CITADA	96
CAPÍTULO VIII	100
ANEXOS	100

ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.- Características agronómicas de tres variedades de cebada recomendadas para su siembra en el altiplano nacional (Santoyo et al., 2004)</i>	14
<i>Tabla 2.-Características de la malla de Coco (www.bonterraiberica.com).</i>	15
<i>Tabla 3.-Características de la malla de Yute según (www.bonterraiberica.com)</i>	16
<i>Tabla 4.-Clasificación por tamaños de las partículas del suelo.</i>	27
<i>Tabla 5.-Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH (NOM-021-REC-NAT-2000).</i>	33
<i>Tabla 6.-Los suelos se pueden clasificar según el porcentaje de materia orgánica</i>	34
<i>Tabla 7.-Ubicación Geográfica</i>	37
<i>Tabla 8.-Clima</i>	38
<i>Tabla 9.-Geología</i>	40
<i>Tabla 10.-Edafología</i>	41
<i>Tabla 11.-Hidrología</i>	42
<i>Tabla 12.-Uso del suelo y vegetación</i>	43
<i>Tabla 13.- Fisiografía</i>	44
<i>Tabla 14.-Uso potencial de la tierra</i>	44
<i>Tabla 15.-Zona urbana</i>	44
<i>Tabla 16.-Resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados.</i>	86
<i>Tabla 17.-A continuación se muestra el resultado promedio del relieve</i>	86
<i>Tabla 18.-Análisis de varianza de la variable Arena</i>	87
<i>Tabla 19.-Análisis de Varianza de la variable Limo</i>	88
<i>Tabla 20.-En este cuadro se muestran los resultados obtenidos del ANVA de la variable Arcilla</i>	89
<i>Tabla 21.-Análisis de varianza respecto al pH</i>	90
<i>Tabla 22.-Resultados obtenidos del ANVA variable Conductividad Eléctrica</i>	90
<i>Tabla 23.-Análisis de ANVA de la variable Materia Orgánica</i>	91
<i>Tabla 24.-En este cuadro se muestran los resultados obtenidos del ANVA de la variable Carbonatos</i>	92
Totales	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Paisaje abarrancado, intensamente erosionado (Almorox et al., 2010).....	7
Figura 2.- Principales procesos de degradación de suelos en el mundo, (SEMARNAT, 2002).....	10
Figura 3.- Principales causas de degradación de suelos en el mundo, (SEMARNAT, 2002).....	11
Figura 4.- Mapa de proceso de degradación en México (SEMARNAT, 2002).....	11
Figura 5.- Mapa de nivel de degradación en México (SEMARNAT, 2002).....	11
Figura 6.-Colocación de la malla, en una superficie de muy poca vegetación (Paisajes del Sur, 1988).	17
Figura 7.- Las Aplicaciones de los vasos comunicantes son la siguiente citada en la página de (http://es.wikipedia.org/wiki/Vasos_comunicantes , 2014).	19
Figura 8.-Métodos para estimar la erosión de suelo (Zachar, 1982).	21
Figura 9.-Pozos de sedimentación, Método para medir la erosión (FAO a. , 1976).	22
Figura 10.- Tipos de muestreo: a) aleatorio simple; b) aleatorio estratificado; c) sistemático rejilla rectangular; d) sistemático rejilla polar.	25
Figura 11.-Triangulo de texturas (Casanova Olivo, 2005).....	27
Figura 12.- Determinación de la textura por el método del densímetro de Bouyoucos.	29
Figura 13.- Localidades e infraestructura para el transporte.....	38
Figura 14.- Mapa de climas del Municipio de Jocotitlán, Estado de México.....	39
Figura 15.- Mapa de Geología del Municipio de Jocotitlán, Estado de México.....	40
Figura 16.-Mapa Suelos Dominantes del Municipio de Jocotitlán, Estado de México.....	41
Figura 17.-Mapa de Relieve del Municipio de Jocotitlán, Estado de México.....	42
Figura 18.-Mapa de Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de Jocotitlán, Estado de México.....	43
Figura 19.- División de la República Mexicana Travel By México 2001.....	47
Figura 20.- División Política del Estado de México Travel By México 2001. http://www.edomexico.gob.mx/medioambiente/mapa/htm/principal.asp	48
Figura 21.- Localización de la comunidad de Santa María Endare, Jocotitlán Estado de México.....	48
Figura 22.- Predio denominado Sintege, Jocotitlán Estado de México	49
Figura 23.-Unión de los costales	49
Figura 24.-Malla terminada.....	50
Figura 25.-Recorrido de campo	50
Figura 26.-Extracción del recurso natural (Tepojal).....	51
Figura 27.-Arrastre del suelo por la lluvia.....	51
Figura 28.-Erosión del suelo.....	51
Figura 29.-Material de campo	52
Figura 30.-Área de investigación.....	52
Figura 31.-Siembra manual de la cebada	53
Figura 32.-La siembra al voleo no garantiza una distribución uniforme de las semillas.....	53
Figura 33.-Colocación de la malla	54
Figura 34.-Clavando las estacas	54
Figura 35.-Llenando la manguera	55
Figura 36.-Colocación de la manguera sobre el estatal, ya numerado.	56
Figura 37.-Punto de referencia	57
Figura 38.-Tomando medidas de los puntos.	57
Figura 39.-Crecimiento de la plántula.....	58
Figura 40.-Distribución de la planta en la malla	58
Figura 41.-Vegetación.....	59
Figura 42.-Vigor en las plantas.....	59
Figura 43.-Plantas que emergieron, pero no lograron salir de la malla.....	60

Figura 44.-Retención del suelo sobre la malla.....	60
Figura 45.-Crecimiento relativo de la cebada.....	61
Figura 46.-Mayor población de plantas por debajo de la malla.....	61
Figura 47.-Material de campo.....	62
Figura 48.-Lanzamiento al azar.....	62
Figura 49.-Etiquetando las cajas.....	63
Figura 50.-Marcando esquinas, identificar muestreo.....	63
Figura 51.-Toma muestra.....	63
Figura 52.-Tomando datos.....	65
Figura 53.-Representación del Método.....	66
Figura 54.-Toma de la muestra de suelo.....	66
Figura 55.-Bolsas para muestra.....	67
Figura 56.-Tomando muestra.....	67
Figura 57.-Identificación de la muestra.....	68
Figura 58.-Suelo sobre el papel.....	68
Figura 59.-Muestras extendidas.....	69
Figura 60.-Tamiz de 2 mm.....	69
Figura 61.-Tamizando muestras.....	69
Figura 62.-Muestras etiquetadas.....	70
Figura 63.-Suelo pesado.....	72
Figura 64 Ponerlo en un vaso metálico.....	72
Figura 65.-Agregar Hexametafosfato de Sodio.....	72
Figura 66.-Agitar en el vaso metalico.....	73
Figura 67.-Aforar a 1000 ml.....	73
Figura 68.-Tomando datos.....	73
Figura 69.-Muestras de suelo.....	75
Figura 70.-Agregar agua destilada.....	75
Figura 71.-Agitador mecanico.....	75
Figura 72.-Material de laboratorio.....	76
Figura 73.-Calibrando potenciómetro.....	76
Figura 74.-Toma de datos de pH.....	76
Figura 75.-Pesando en la balanza analítica.....	78
Figura 76.-Saturando con agua destilada.....	78
Figura 77.-Topando muestras.....	78
Figura 78.-Conectamos a la bomba de vacío.....	79
Figura 79.-Se recolecto 30 ml de la extracción.....	79
Figura 80.-Toma de datos.....	79
Figura 81.-Agregarando Dicromato de Potasio.....	81
Figura 82.-Acido Sulfúrico.....	81
Figura 83.-Indicador orto-fenantrolina.....	81
Figura 84.-Muestras con todos los reactivos.....	82
Figura 85.-Titulando con Sulfato Ferroso.....	82
Figura 86.-Matraces Erlen Meyer.....	84
Figura 87.-Agitador mecánico.....	84
Figura 88.-Extracción de la solución.....	84
Figura 89.-Agregarando gotas de azul de bromotimol.....	85
Figura 90.-Titular con Hidróxido de Sodio.....	85
Figura 91.-En la siguiente grafica se muestra la relación que existe entre la altura y la distancia.....	87
Figura 92.-Observamos en esta grafica los porcentajes de Arena de los tres tratamientos.....	87
Figura 93.-Se muestran los porcentajes obtenidos de Limo.....	88
Figura 94.-Comportamiento de los porcentajes de Arcilla de acuerdo a los tratamientos.....	89
Figura 95.-Comportamiento del análisis de varianza respecto al pH.....	90

<i>Figura 96</i> Comportamiento de la Conductividad Eléctrica en función de los tratamientos.....	91
<i>Figura 97.-</i> Comportamiento del análisis de varianza respecto a Materia Orgánica	91
<i>Figura 98.-</i> Comportamiento del análisis de varianza respecto a Carbonatos Totales.....	92
<i>Figura 99.-</i> Comportamiento de la altura de la cebada en función a la cobertura del suelo	93
<i>Figuras 100.-</i> Comportamiento de la longitud de raíz en base al cultivo de cebada a la cobertura del suelo.....	94

RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue desarrollado en el poblado de Santa María Endare, en el predio denominado Sintege, Municipio de Jocotitlán, (en el Estado de México), que dentro de sus objetivos destaca, analizar el concepto de la restauración y ver la evolución de la aplicación de la malla, estudiar la posible adaptación del cultivo empleado en la malla, promover la aplicación de la técnica propuesta a un caso concreto, analizar los resultados obtenidos, aportar conclusiones generales que permitan abordar la recuperación de las áreas degradadas.

Esta investigación se desarrolló en un área degradada donde antes fue zona minera, la aplicación de las mallas orgánicas nos permitió mejorar la estructura del suelo, evitando la erosión del suelo, así mismo incrementar la vegetación y lograr la restauración en esta área.

Palabras clave:Recuperar, mallas orgánicas, erosión, vegetación, suelo

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

El deterioro de los suelos en México afecta a numerosos componentes del medio social y natural, por lo que su gestión involucra varias instancias: Semarnat, Sagarpa, Sedesol, CNA, además de algunas organizaciones internacionales como la FAO e instituciones académicas y civiles. La larga experiencia acumulada en los esfuerzos por proteger los suelos alrededor del mundo ha dado como resultado que los enfoques sobre la conservación de los suelos hayan cambiado de esquemas (PNUMA-Earthscan, 2002).

Antes solían concentrarse en las protecciones mecánicas, tales como bordos y terrazas, en buena medida para reducir la escorrentía mientras que ahora se prefiere una aproximación que enfatiza el uso de métodos biológicos de conservación que incluyen la integración de la conservación del agua y la protección del suelo a través del manejo de las relaciones suelos-planta-agua, así como la reducción de la alteración del suelo a través de la labranza (PNUMA-Earthscan, 2002).

JUSTIFICACIÓN

La erosión de suelo se ha incrementado de manera dramática a nivel mundial, causando una degradación y deterioro irreversible que afecta a la biodiversidad, la agricultura, los ecosistemas de agua dulce, y la humanidad en general, la erosión es causada principalmente por una mala gestión de la tierra, teniendo sus raíces en la pobreza, la tala abusiva de árboles, el sobrepastoreo y las malas prácticas de irrigación. El resultado final es que los ciudadanos del mundo sufren los daños que afectan los recursos naturales de los cuales dependen, tal como lo señala (Rojas Valverde , 2010).

Las mallas orgánicas son una herramienta de suma importancia, ya que en ellas podemos reducir la erosión de suelo, en zonas donde hubo extracción de algún recurso natural, así mismo como emplear cobertura vegetal para tener mejor una incorporación de suelo-planta.

OBJETIVO GENERAL

El objetivo general, del presente trabajo de investigación, es el control de la erosión, la estabilización del terreno y la adaptabilidad de técnicas de restauración mediante la malla orgánica en un lugar degradado por extracción minera.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- ✚ Analizar el concepto de la restauración y ver la evolución de la aplicación de la malla.
- ✚ Estudiar la posible adaptación del cultivo empleado en la malla.
- ✚ Promover la aplicación de la técnica propuesta a un caso concreto.
- ✚ Analizar los resultados obtenidos.
- ✚ Aportar conclusiones generales que permitan abordar la recuperación de las áreas degradadas

HIPÓTESIS

Una manta constituida a partir de material reciclado en este caso costales de Ixtle, permite la conservación de las características propias del suelo, a través de un recubrimiento natural degradable, contribuyendo a la recuperación del suelo degradado así como su estabilización de erosión mediante el uso de las mallas orgánicas y por el esfuerzo del suelo vegetal de aportación logrando así un suelo fértil y estable.

Y por lo mismo mejora la integración paisajística, haciendo más agradable la visión convirtiéndose en una herramienta imprescindible en la recuperación de suelo y paisaje.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1.- Erosión

La erosión vista como un fenómeno geológico natural es causada por acción del agua o del viento, y provoca la pérdida de las partículas del suelo. No obstante, ciertas actividades humanas pueden agravar y acelerar en gran medida la erosión. Las tasas de erosión geológica son sostenibles, pero las tasas de erosión acelerada no permiten su regeneración. Sin embargo, es posible encontrar tasas de erosión altas en espacios con cárcavas y barrancos como son los denominados badlands, y bajas en medios sostenibles antropizados como en laderas cultivadas con terrazas, como lo menciona (Almorox et al., 2010).

La erosión es un proceso geológico y geomorfológico normal, y de carácter lento, que se viene manifestando desde que los continentes surgieron como tales. Esta erosión es debida, principalmente, a la acción del agua, el viento, las variaciones de temperatura, la gravedad, los glaciares, y las oscilaciones de los niveles de base, tanto de carácter eustático como tectónico. Como consecuencia de esta erosión se desarrollan los procesos edafogénicos formadores de suelos. (Díaz, 2002).

Los atributos físicos, químicos y biológicos del suelo, que favorecen el crecimiento y rendimiento de las plantas, pueden ser severamente minimizados por la erosión y, por consiguiente, amenazar la sostenibilidad de la agricultura como lo menciona, (Ruiz *et al*, 2001).

2.2.- Erosión Hídrica

La erosión hídrica es aquella en la cual los procesos de remoción del suelo y transporte son efectuados por el agua. Cuando el proceso erosivo se realiza por arrollada superficial, se pueden diferenciar tres tipos como lo menciona (Almorox et al., 2010)

- ✚ Laminar o entre-regueros (entre-surcos): es debida al impacto de la gota de lluvia y al posterior transporte del suelo disgregado por un flujo superficial poco profundo y homogéneo, en ausencia de este, solo las partículas removidas por salpicadura cerca de los regueros serán transportados fuera. Pueden ser síntomas la existencia de plantas con sus raíces al descubierto, y la abundancia de fragmentos rocosos en superficie.
- ✚ Regueros o surcos: el flujo suelo-agua escurre concentrado en corrientes capaces de abrir pequeños surcos. La concentración de las aguas al escurrir por la superficie obedece, fundamentalmente, a las irregularidades, y rugosidades, así la presencia de un obstáculo en medio del flujo de agua motiva una concentración de los filetes de agua y un remolino aguas abajo del obstáculo que provoca la excavación en su base y el inicio de un reguero (Almorox et al., 2010).
- ✚ Cárcavas y barrancos: son cauces con fuertes pendientes y encajados, altas tasas de erosión en materiales finos y escasa anchura-profundidad. Suelen originar complejas redes de drenaje. En la práctica se diferencian de la anterior en que las cárcavas y barrancos no pueden desaparecer con las máquinas agrícolas. El conjunto de acanaladuras, regueros, surcos, cárcavas, barrancos y otras geofomas de erosión por agua, da lugar a un paisaje de sedimentos mal consolidados, substrato rocoso débil, escasa o nula vegetación, importantes gradientes topográficos e

intensamente disectados conocido como badlands, (Almorox et al., 2010), como se muestra en la Fig. 1.



Figura 1. Paisaje abarrancado, intensamente erosionado (Almorox et al., 2010).

2.3.- Factores que intervienen en la erosión hídrica.

Los factores que intervienen en el proceso de la erosión hídrica son fundamentalmente cuatro: clima, topografía, cobertura vegetal, suelo, a ellos se pueden sumar la influencia del hombre y el tiempo. A continuación (Tayupanta, 1993), nos menciona detalles de cada uno de estos factores, pero se debe considerar que todos ellos están íntimamente ligados, lo que dificulta su estudio de manera individualizada.

2.3.1.- Clima

Nos comenta (Tayupanta, 1993) que los clima que son más propicios a favorecer el proceso erosivo son los que presentan precipitaciones de carácter irregular, reiteración aleatoria de prolongadas sequias y aguaceros de gran intensidad, fuerte evaporación y déficit en el balance de agua. Una precipitación extraordinaria de gran intensidad moviliza una gran cantidad de sedimentos. A los elevados periodos de retorno de estas precipitaciones de gran intensidad se

une la gran variabilidad espacial, así como su naturaleza errática, por otro lado, vientos fuertes y frecuentes junto a altas temperaturas y escasas precipitaciones favorece la erosión eólica.

2.3.2.- Topografía

El relieve del suelo conjuntamente con el ángulo, la longitud y forma de la pendiente inciden en el proceso erosivo. A medida que el ángulo de la pendiente aumenta, una mayor cantidad de suelo es transportado ladera abajo; existiendo un aumento considerable de la erosión en pendientes del 5% al 10% en comparación con la erosión en pendientes más suaves (Tayupanta, 1993). La longitud de la pendiente incrementa la erosión debido a que la escorrentía aumenta con la distancia a partir de la cima de la pendiente, de acuerdo a la pendiente según sea: uniforme, cóncava, convexa o compleja, incidirá en el grado de erosión de los terrenos, produciéndose mayores pérdidas de suelo conforme el grado de inclinación y longitud de la pendiente se incrementa.

2.3.3.- Cobertura Vegetal

Explica (Tayupanta, 1993) que la vegetación impide el impacto directo de las gotas de agua de lluvia sobre la superficie del terreno, **disipando** la energía que llevan las mismas; parte del agua que cae es interceptada por la vegetación incrementando así la tasa de infiltración; otra parte se evapora y el resto escurre y fluye por la pendiente. La densidad y tipo de vegetación influyen en la escorrentía y cantidad de suelo erosionado, siendo estas mayores en suelos desnudos y menores en suelos con presencia de cultivos, bosques y/o pastizales.

2.3.4.- Suelo

El material original, grado de meteorización, propiedades físicas, contenido de materia orgánica y propiedades químicas, influyen en el proceso erosivo del suelo, siendo la distribución de las partículas de acuerdo a su tamaño, grado de agregación, profundidad del perfil y humedad inicial, los factores que influyen en mayor grado en este fenómeno (Tayupanta, 1993).

La erosión se presenta con mayor intensidad en suelos arenosos y limosos, **disminuyendo** en los arcillosos. Terrenos con 30 -35% de arcilla son generalmente más coherentes y forman agregados estables que resisten el impacto de las gotas de lluvia y la dispersión de partículas. Además estos suelos poseen superficies ásperas (Ej. Los terrones) que almacenan mucha agua resistiendo así a la erosión laminar, en tanto que las arenas y limos que son de textura gruesa están más expuestos a la erosión (Tayupanta, 1993).

2.4.- Erosión Eólica

La erosión eólica es la remoción o deposición de material edáfico por el viento. El viento es un factor importante desde el punto de vista agroclimático, a él van ligados muchos aspectos agro meteorológicos para el estudio de la viabilidad de los cultivos, y también adquiere gran importancia al ser agente modelador. Así, se entiende por erosión eólica el proceso de disgregación, remoción y transporte de las partículas del suelo por la acción del viento. A continuación (Almorox et al., 2010) menciona el fenómeno de la erosión eólica se favorece con:

- ✚ Vientos fuertes y frecuentes.
- ✚ Superficies llanas expuestas al viento.
- ✚ Suelo seco, suelto, de textura fina y poco materia orgánica. Con una inexistente o degradada estructura del suelo.
- ✚ Condiciones de aridez. Altas temperaturas y escasas precipitaciones.

- ✚ Escasa cubierta vegetal, así un pastoreo abusivo, la quema de residuos agrícolas y el laboreo irracional pueden ser factores causantes de la erosión eólica.

2.5.- Degradación de suelos

La degradación de los suelos se refiere básicamente a los procesos desencadenados por las actividades humanas que reducen su capacidad actual y/o futura para sostener ecosistemas naturales o manejados, para mantener o mejorar la calidad del aire y agua, y para preservar la salud humana. Se estima que alrededor de 2 mil millones de hectáreas (15% de la superficie terrestre) en el mundo sufren algún tipo de degradación edáfica, como lo menciona la SEMARNAT, la erosión provocada por el agua es la forma más común de degradación del suelo en el mundo (Figura 2). Las causas más frecuentes de dicha degradación son el sobrepastoreo, la deforestación y las malas prácticas agrícolas, (Figura 3 PNUMA-Earthscan, 2002). Por lo general, la degradación de suelos es más severa en los países en vías de desarrollo, aunque algunos de los más prósperos también enfrentan graves problemas.

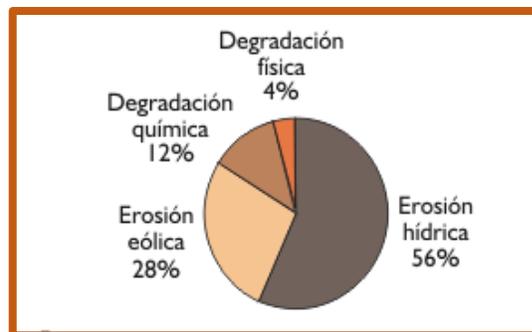


Figura 2.- Principales procesos de degradación de suelos en el mundo, (SEMARNAT, 2002)



Figura 3.- Principales causas de degradación de suelos en el mundo, (SEMARNAT, 2002)

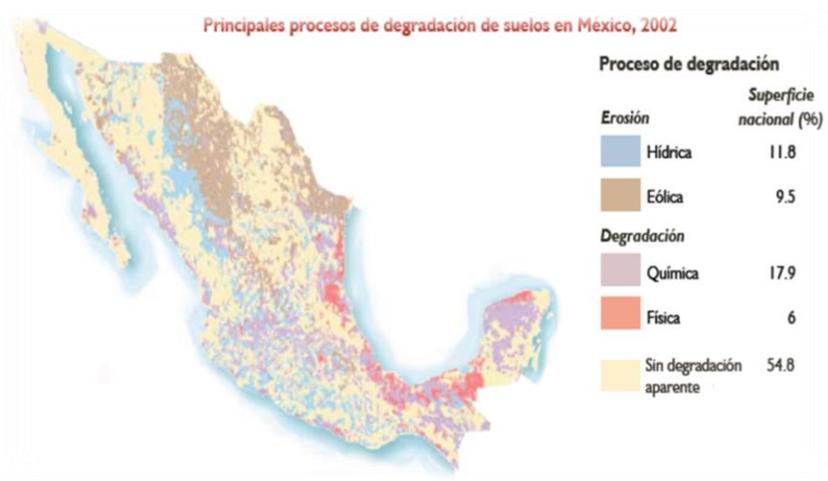


Figura 4.- Mapa de proceso de degradación en México (SEMARNAT, 2002).

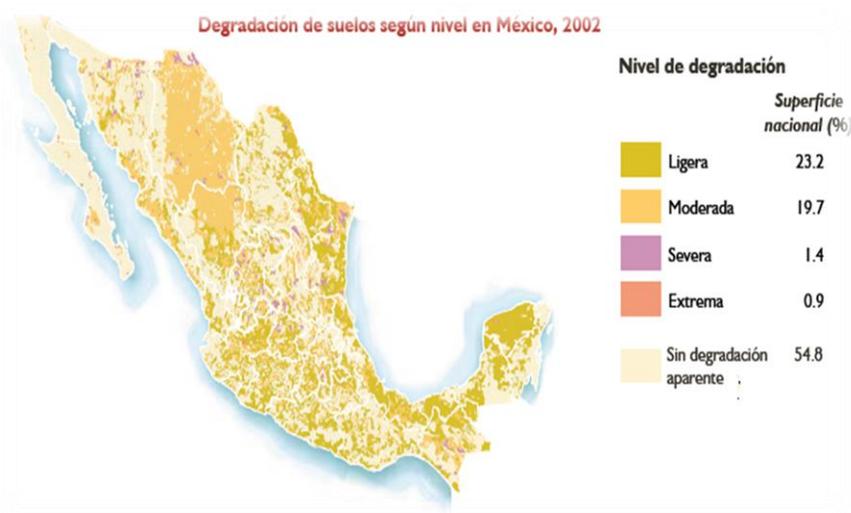


Figura 5.- Mapa de nivel de degradación en México (SEMARNAT, 2002).

2.6.- Restauración de suelos

Cada día aumenta la superficie de zonas fuertemente perturbadas por la actividad humana que, en muchos casos, comporta la destrucción total del suelo, como sucede en zonas afectadas por minería a cielo abierto, construcción de vías de comunicación, o en periferia de las áreas urbanizadas. Cuando los procesos de degradación de los suelos son importantes, es necesario actuar para que se recuperen los componentes perdidos o sus funciones, y evitar que se extiendan los efectos negativos a las aguas o al conjunto del ecosistema afectado. Esto es lo que se entiende por rehabilitación o restauración de suelos (Josep M^a Alcañiz, 1987). <http://www.creaf.uab.es/spa/investigacion/l31.htm>.

2.7.- Cultivo de cebada (*Hordeum distichum*)

La cebada es uno de los cultivos más importante a nivel mundial, ocupa la cuarta posición entre los países con mayor producción de cereales después del maíz, trigo y arroz. Su importancia económica se basa principalmente en la producción de alcohol y en la alimentación animal. Aunque tiene gran potencial por su contenido de beta-glucanos su utilización en la alimentación humana es limitado (Newton *et al.*, 2011).

La exigencias en cuanto al clima son muy pocas, por lo que el cultivo se encuentra muy extendido, aunque crece mejor en los climas frescos y moderadamente secos. La cebada prefiere tierras fértiles, pero puede tener buenas producciones en suelos poco profundos y pedregosos, con tal de que no falte el agua al comienzo de su desarrollo. Los terrenos compactos no le van bien, pues se dificulta la germinación y las primeras etapas de crecimiento de la planta. (Serrano, 2009)

2.7.1- Características botánicas

La planta de cebada suele tener un valor verde más claro, el sistema radicular de la cebada es más superficial que la del trigo. Se estima que un 60% del peso de raíces se encuentra en los primeros 25 cm del suelo y que en las raíces alcanzan 1.20 m de profundidad (García, 1999).

El tallo es de porte bajo, es planta autógena, las flores abren después de haberse realizado la fecundación, lo que tiene importancia para la conservación de los caracteres de una variedad determinada. (García, 1999).

2.7.2.- Variedad Esmeralda

El grano es grande, de forma ovoide alargado ligeramente arrugado en la parte media dorsal acentuándose hacia el ápice, La cascarilla se adhiere fuertemente al grano. Las venas laterales son dentadas en el último tercio: la vena central prominente y poco rugosa. El pliegue ventral es longitudinal, cerrado en la base y se abre hasta 0.1 cm, en el centro del grano. La gluma alcanza la mitad del tamaño del grano y el pelo de ella es unas cuatro veces más largo que el de la gluma; la raquilla es vellosa del tamaño de la mitad del grano. La espiga es de seis hileras, de tamaño mediano a largo y se inclina un poco al madurar. Su barba es larga y aserrada. Cuando hay vientos fuertes la barba se cae. Variedad recomendada para ambientes de baja a mediana productividad, como lo menciona (Santoyo et al., 2004).

Tabla 1.- Características agronómicas de tres variedades de cebada recomendadas para su siembra en el altiplano nacional (Santoyo et al., 2004)

Variedad	D.M.F*	Altura (cm)	Enfermedades	Rendimiento	Fecha de siembra
Doña Josefa	112	85	MR	3.1	20 de Mayo-15 Junio
Esmeralda	105	75	MR	2.2	Junio
Adabella	110	80	MS	2.5	20 de Mayo-05 Junio

*Días de madurez fisiológica

Con base en el uso final de la cebada, es importante destacar que existen básicamente dos tipos de cebada, la que destinan para alimentación de animales y aquella que es empleada para la producción de malta, por lo que el productor primario deberá decidir, desde el momento de la selección de la variedad a sembrar, que tipo de cebada será la que produzca, (Santoyo et al., 2004).

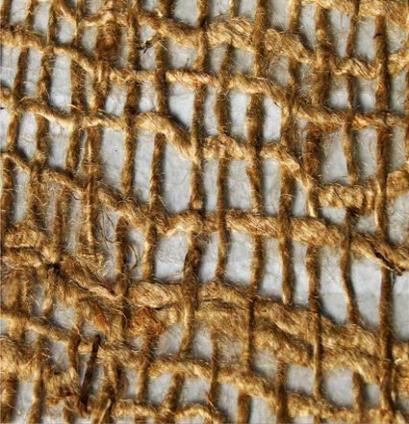
2.8.- Mallas orgánicas

Las mallas orgánicas son geomallas que por definición tienen estructura plana, regular abierta, a su vez funcionando como restauración de la vegetación como elementos de soporte o de refuerzo, según (MATAIX, 1999), por otro lado las mallas orgánicas permiten ayudar en la sujeción o refuerzo de suelos ante problemas de erosión en suelos granulares en pendientes acusadas, como se cita en la página web (Bonterra Ibérica, 2012) (http://www.controlerosion.es/?page_id=5).

Tabla 2.-Características de la malla de Coco (www.bonterraiberica.com).

Especificaciones Técnicas (Red de Coco 900 gr.)		
Aplicaciones y Condiciones	Soporte de hidrosiembras.	
	Control de erosión del suelo de granulometría de media a gruesa.	
	Refuerzo de mantas orgánicas.	
	Estabilización de márgenes de ríos o arroyos.	
	Permeabilidad a la implantación vegetal.	
Composición	100% fibra de coco.	
Presentación	En rollos constituidas por 1 pieza.	
Características técnicas	Dimensiones	Anchura: 2 m Longitud: 50 m
	Grueso	12 mm (testado de acuerdo con ASTM 6520-00).
	Tamaño de la cuadrícula	20 mm x 35 mm (testado de acuerdo con ASTM D 4751-99).
	Densidad	900 gm ² (testado de acuerdo con ASTM D 6475-00).
Costos	Rendimientos: similares para otros productos en igual aplicación:	
	Taludes: 800-1000 m ² /día en 32 h de operario.	
	Cárcavas: 500-800 m ² /día en 32 h de operario.	

Tabla 3.-Características de la malla de Yute según (www.bonterraiberica.com)

Especificaciones Técnicas (Red de yute 500 gr/m²)		
Aplicaciones y Condiciones	Soporte de hidrosiembras	
	Control de erosión del suelo de granulometría de media a gruesa.	
	Refuerzo d mantas orgánicas.	
	Permeable a la implantación vegetal.	
Composición	100% fibra de yute natural (sin otros aditivos).	
Presentación	En rollos de 669.34 m ² constituidas por 8 piezas.	
Características Técnicas	Dimensiones por pieza	Anchura: 1.22 m
	Densidad	500 gr/m ²
Costos	Rendimientos: similares para otros productos en igual aplicación: Taludes: 800-1000 m ² /día en 32 h de operario. Cárcavas: 500-800 m ² /día en 32 h de operario.	

Menciona (MATAIX, 1999), la función principal es la sujeción de las hidrosiembras, también favorecen la retención de agua y la incorporación de materia orgánica al suelo. Se aplican a taludes y a orillas de causes, se instalan sobre la superficie del talud, cubriendo parcialmente en ellas el suelo y las semillas, los hilos de las fibras con las que están tejidas actúan como pequeños diques que evitan que las semillas y el suelo sean arrastrados, a su vez tienen buena adaptación al paisaje y su biodegradabilidad facilita la incorporación de

materia orgánica en el terreno (Paisajes del Sur, 1988). Además tienen la ventaja de controlar la evotranspiración del suelo, regulando su temperatura, aumentando la infiltración de agua de lluvia, así mejorando las condiciones de humedad presente en el suelo, a su vez favoreciendo la vegetación espontánea, hidrosembra o plantada sobre ellas (Paisajes del Sur, 1988).

La granulometría del terreno o la vegetación presente sobre el suelo va a determinar la instalación de una malla. Y dentro de una misma aplicación, el tipo e intensidad de la erosión que ha de soportar determinara el tipo y la forma de fijación o su anclaje (Paisajes del Sur, 1988).



Figura 6.-Colocación de la malla, en una superficie de muy poca vegetación (Paisajes del Sur, 1988).

Son muchas las obras realizadas por Paisajes del Sur con esta técnica y sus combinaciones con otras técnicas de bioingeniería, plantaciones e hidrosiembra. Entre ellas se encuentran obras de restauración de taludes, de cunetas, de cárcavas, de márgenes de ríos, o como soporte de trepadoras o en el cerramiento de muros verdes.

La empresa KELLERTERRA nos menciona algunas de sus aplicaciones y funciones de las mallas orgánicas:

Aplicaciones:

- ✚ Taludes en carretera.
- ✚ Cubrición de vertederos.
- ✚ Ferrocarriles.
- ✚ Urbanizaciones y polígonos industriales.
- ✚ Parques urbanos.
- ✚ Tratamientos puntuales en márgenes de ríos, balsas, etc.

Funciones

- ✚ Control de la erosión en taludes.
- ✚ Permite el crecimiento de vegetación en el talud e incrementa su estabilización.
- ✚ Protección frente a lluvias, viento y aguas de escorrentía superficial.
- ✚ Aportación de un valor nutricional a la tierra.

Usos más frecuentes

- ✚ Revestimiento de taludes en horas lineales y como complementos de otras técnicas de control de erosión.
- ✚ Trabajos de reforestación y jardinería.
- ✚ Restauración de vertederos, escombreras y minas a cielo abierto.
- ✚ Consolidación de márgenes fluviales.
- ✚ Protección de plantas y como acolchado en agricultura.

Las mallas presentan espacios abiertos que se ponen hasta un 64% del total de la red (los agujeros pueden ser de 2x2 cm o más pequeños), como se cita en la página web (Natur Grup Integral, 1996) www.Jardinatura.com , la estructura más abierta de las mallas hace que en caso de aplicación incorrecta, no haya tantos problemas de inhibición del crecimiento de las siembras.

En la siguiente página web (Cantabria, 2010) www.mallatalud.com, nos menciona que el tiempo de degradación de la malla es de 3 años, siendo capaces de absorber cinco veces su peso en agua, creando unas condiciones más favorables para el desarrollo de la vegetación.

2.9.- Nivelación

Como lo describe a continuación (Labarthé, 2011), la nivelación es a la determinación de altitudes de puntos. Actualmente solemos referirnos con nivelación a un método/instrumento que nos proporcione la información de manera rápida y de preferencia directamente en la obra.

2.9.1.- Nivelación con manguera

Este método de nivelación se basa en el principio físico de los vasos comunicantes, como lo menciona (Labarthé, 2011), este sistema se constituye por dos a mas recipientes unidos entre sí. Dentro de ellos, el nivel del fluido se encuentra por encima de la zona de comunicación entre los vasos y, debido a la presión atmosférica que soportan alcanzan la misma altura en cualquiera de ellos, es un sistema tan sencillo como preciso, siempre que se tomen las precauciones correspondientes, que no haya dobleces en la manguera, burbujas de aire ni fugas de agua. Es el método más utilizado por los albañiles.

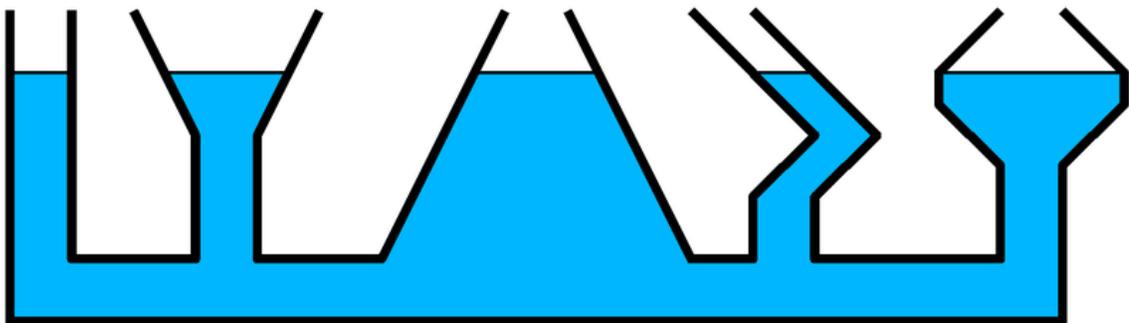


Figura 7.- Las Aplicaciones de los vasos comunicantes son la siguiente citada en la página de (http://es.wikipedia.org/wiki/Vasos_comunicantes, 2014).

Al menos desde la época de la Antigua Roma, se emplearon para salvar desniveles del terreno al canalizar agua con tuberías de plomo. El agua alcanzará el mismo nivel en los puntos elevados de la vaguada, actuando como

los vasos comunicantes, aunque la profundidad máxima a salvar dependía de la capacidad del tubo para resistir la presión.

En las ciudades se instalan los depósitos de agua potable en los lugares más elevados, para que las tuberías, funcionando como vasos comunicantes, distribuyan el agua a las plantas más altas de los edificios con suficiente presión.

Las complejas fuentes del periodo barroco que adornaban jardines y ciudades, empleaban depósitos elevados y mediante tuberías como vasos comunicantes, impulsaban el agua con variados sistemas de surtidores.

Las prensas hidráulicas se basan en este mismo principio y son muy utilizadas en diversos procesos industriales.

2.9.2.- Método de reconocimiento de perfil de suelo

Como dice la (FAO a. , 1976) los métodos de reconocimiento son las maneras de obtener una primera aproximación del volumen de la erosión en una situación determinada, aproximación primaria que puede ser todo lo que se necesita o que, de ser menester, se deberá competir con estudios más exactos, la principal ventaja de los métodos de reconocimiento es que, como son de bajo costo y sencillos, se pueden efectuar muchas mediciones para que los resultados sean confiables y representativos lo que significa que son creíbles y utilizables; recordemos que una única medición exacta en un lugar puede no ser representativa.

2.10.- Mediciones volumétricas

Los tipos de mediciones volumétricas para determinar erosión son las siguientes según la (FAO, 1997).

2.10.1.- Surcos y vías de escurrimiento

La medición de la sección transversal de todos los surcos en una zona de muestreo o a lo largo de un corte transversal es rápida y fácil, por lo que este método es adecuado para medir los cambios en breves períodos, como el cambio causado por un fuerte aguacero. La sección transversal puede volverse a calcular a partir de mediciones de la anchura y la profundidad medias si la forma es bastante uniforme, o sumando la superficie de los segmentos si la sección transversal del surco es irregular. La precisión de los cálculos de la pérdida total de suelo basados sólo en mediciones de la erosión en surcos dependerá de la cuantía de la erosión entre surcos debido al impacto del agua y de que se esté produciendo también una erosión laminar. Cuando la erosión entre surcos es reducida, la subestimación de la erosión en surcos puede por sí sola ser de un 10% a un 30% (Zachar, 1982).

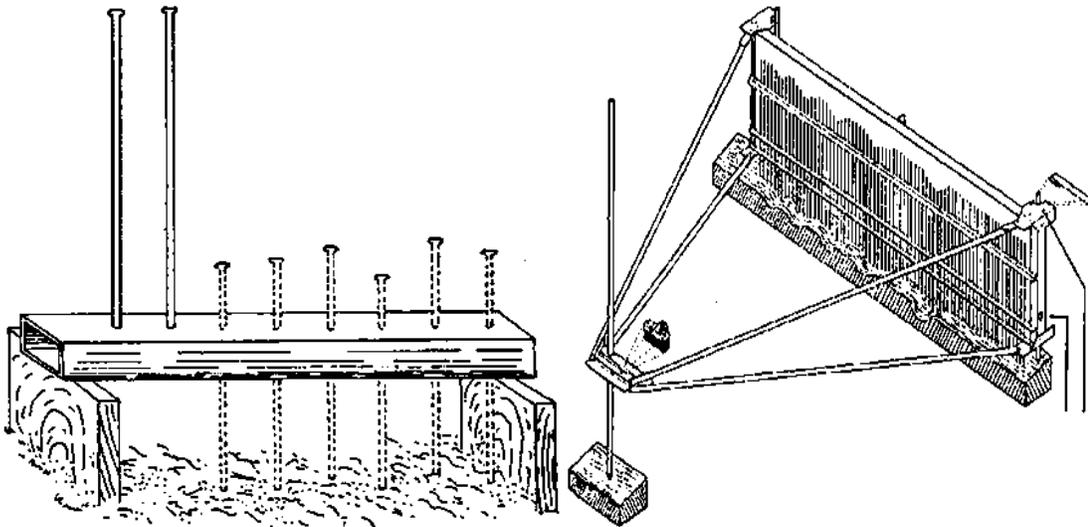


Figura 8.-Métodos para estimar la erosión de suelo (Zachar, 1982).

2.10.2.- Cárcavas y márgenes de las corrientes

Normalmente se necesita información no sólo sobre la pérdida volumétrica, sino también sobre cuánto ha crecido la cárcava, por lo que también hay que medir los cambios en la longitud a medida que la cárcava se reduce. Se hace un corte transversal de una longitud determinada a través de la pendiente, se calcula la superficie transversal de cada surco a lo largo de la

línea a partir de la anchura media y la profundidad media y se suman. En las unidades iniciales el corte transversal era de 13,7 pies y la sección transversal total de los surcos en pulgadas cuadradas es numéricamente igual a la pérdida total de suelo en toneladas/acre. (KAISER, 1995)

2.10.3.- Pozos de sedimentación

Este método se utilizó con éxito en el proyecto de la FAO en Java al que se ha hecho referencia anteriormente en relación con las varillas para medir la erosión (FAO a. , 1976) en el mismo se cavaron pequeños pozos de sedimentación en dos cuencas pequeñas de captación paralelas, en una de las cuales se construyeron terrazas, cosa que no se hizo en la otra. Los agricultores, inicialmente escépticos, quedaron convencidos de la eficacia de la construcción de terrazas al ver cuánto menor era la cantidad de suelo en el pozo de sedimentación situado debajo de la parcela terraplenada en comparación con la parcela no terraplenada.

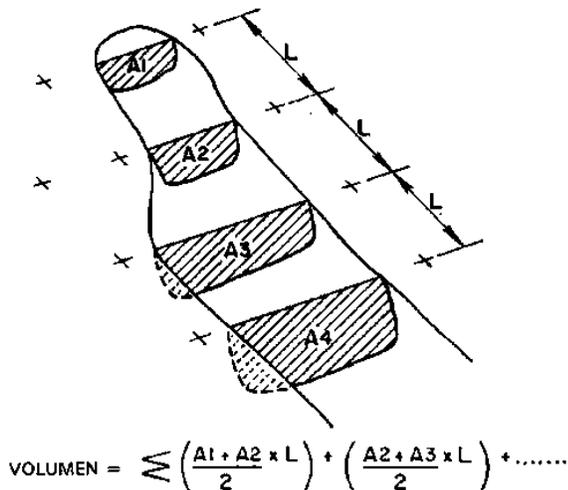


Figura 9.-Pozos de sedimentación, Método para medir la erosión (FAO a. , 1976).

Otro ejemplo es el estudio anteriormente citado en Japón (A.Takei, 1981), (Take, Kobaski y Fukushima 1981). Se establecieron dos miniparcels continuas con un pozo de captación sencillo debajo, dejándose una parcela desnuda mientras que la otra se reforestó. Una vez más la menor cantidad de

sedimento acumulado demostró el efecto positivo de la reforestación, aunque las cantidades efectivas de suelo captado en los pozos no permitió establecer estimaciones cuantitativas del volumen de la erosión.

2.11.- Muestreo y caracterización de un sitio

La caracterización de un sitio, implica actividades de muestreo y análisis que tienen como finalidad determinar la extensión y naturaleza de la contaminación; así mismo, provee las bases para adquirir la información técnica necesaria para desarrollar, proyectar, analizar y seleccionar las técnicas de limpieza más apropiadas. La caracterización se realiza en etapas y, debido a que su principal objetivo es la toma de decisiones basadas en información existente, el primer paso es definir los objetivos del estudio. La mayoría de las metodologías de caracterización incluye las siguientes etapas (Álvarez-Manilla, 2002) y (US EPA, 1991)

2.11.1.- Tipos de muestreo

El diseño de un muestreo puede ser a juicio (no probabilístico) o bien, aleatorio simple, estratificado o sistemático (probabilístico).

2.11.1.1- Muestreo a juicio:

Un muestreo selectivo o a juicio se presenta cuando los elementos son seleccionados mediante un criterio personal y generalmente lo realiza un experto. En zonas heterogéneas de pequeña extensión se pueden escoger puntos con base en diferencias típicas, como cambios notorios en relieve, textura, color superficial, vegetación, etc. (Mason, 1992)

2.11.1.2.- Muestreo aleatorio simple:

Este tipo de muestre se emplea en casos en los que se dispone de poca información acerca de las características de la población a medir; se basa en la teoría de probabilidades y siempre requiere de un análisis estadístico.

Este tipo de muestreo permite todas las combinaciones posibles de unidades de muestras a seleccionar. (Mason 1992). Este tipo de muestreo es recomendable para áreas homogéneas menores a cinco hectáreas, delimitadas por referencias visibles a lo largo y ancho de toda la zona (Valencia y Hernandez, 2002)

2.11.1.3.- Muestreo aleatorio estratificado:

En este tipo de muestreo de la población en estudio se sub- divide en estratos o subgrupos que tienen cierta homogeneidad en el terreno y en cada estrato se realiza un muestreo aleatorio simple. El requisito principal para aplicar este método de muestreo es el conocimiento previo de información que permita subdividir la población (Mason, 1992) y (Valencia y Hernandez, 2002).

2.11.1.4.- Muestreo sistemático:

El muestreo sistemático es una herramienta que puede utilizarse para reducir la variabilidad de la muestras. Este método consiste en ubicar las muestras en un patrón regular en toda la zona de estudio puede realizarse a partir de un punto determinado al azar, a partir del cual se establece cierta distancia para ubicar los demás puntos (a distancias uniformes entre sí). Este tipo de muestreo puede realizarse por rejilla rectangular o polar. (Mason, 1992)

2.11.1.5.- Muestras representativas:

Una muestra puede definirse como una parte representativa de un medio que se está investigando. Sin embargo, representatividad es un término relativo que debe considerarse con cuidado, junto con otros criterios, antes de la obtención de muestras. Entre los criterios más importantes se incluyen según (Ford, 1984).

2.11.1.6.- Representatividad:

Una muestra posee las mismas características o propiedades que el material en estudio.

2.11.1.7.-Tamaño de muestra:

Se debe seleccionar cuidadosamente, con base en las propiedades físicas de la matriz y los requerimientos y/o limitaciones del muestreo y las técnicas de análisis.

Número y/o frecuencia del submuestreo, estas consideraciones deben basarse en el tipo de información estadística que se desea y en la naturaleza del material a coleccionar.

Mantenimiento de la integridad de las muestras. La muestra debe conservar las propiedades de las condiciones originales en el sitio (al tiempo del muestreo), durante la colección, transporte y entrega al analista.

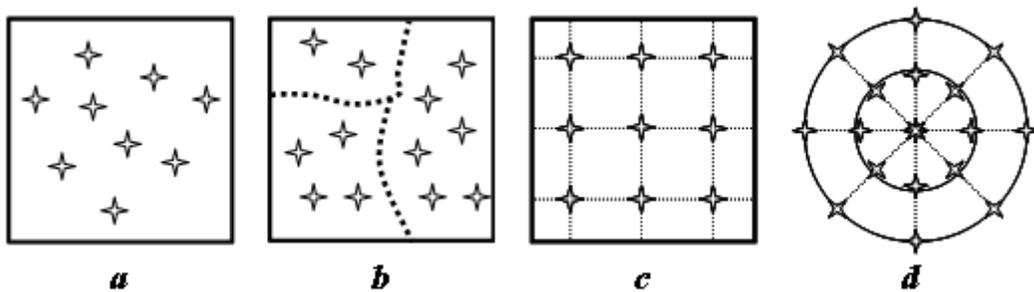


Figura 10.- Tipos de muestreo: a) aleatorio simple; b) aleatorio estratificado; c) sistemático rejilla rectangular; d) sistemático rejilla polar.

2.12.- Determinación de textura

La (FAO et.al., 1997) menciona que la textura del suelo, es la proporción relativa de las fracciones de arena, limo y arcilla que constituyen la masa del

suelo, la textura está íntimamente relacionada con la composición mineral, el área superficial específica y el espacio de poros del suelo. Esto afecta prácticamente a todos los factores que participan en el crecimiento de las plantas, así mismo tiene influencia sobre el movimiento y la disponibilidad de nutrimentos y la resistencia a la penetración por las raíces, también tiene influencia sobre las propiedades físicas relacionadas con la susceptibilidad del suelo a la degradación tal como la agregación.

El predominio de partículas de un tamaño dado en la primera parte mineral del suelo, determina considerablemente las propiedades físicas del suelo, la relación entre el contenido y proporción de partículas de diferentes tamaños es conocido como textura del suelo o composición mecánica como lo menciona (Hernández et al., 2006).

(Stocking, et al, 2001), nos mencionan las siguientes categorías de textura:

- ✚ Arenosa: predominan las partículas del tamaño de arena; baja fertilidad intrínseca; fácil de degradar (sensible); arenas finas y medias susceptibles de erosión eólica.
- ✚ Limosa: proporciones equilibradas de arena, limo y arcilla, más materia orgánica generalmente abundante; fértil; sin grandes limitaciones de uso; difícil de degradar (no sensible).
- ✚ Arcillosa: denominada por arcillas (unas u otras, arcillas activas o arcillas estables muy alteradas); susceptibles a varios procesos de degradación tales como encharcamiento; alta fertilidad intrínseca; sensibilidad variable frente a la degradación.

Tabla 4.-Clasificación por tamaños de las partículas del suelo.

Descripción	Tamaño	Visibilidad (a simple vista)
Arena	0.050-2.000 mm	Partículas visibles
Limo	0.002-0.050 mm	Partículas escasamente visibles
Arcilla	< 0.002	Partículas no visibles

A continuación (Casanova Olivo, 2005), nos menciona el triángulo de texturas, está dividido en doce áreas, en las cuales están representadas todas las posibles proporciones de arena, limo y arcilla. Las flechas exteriores, indican la forma de entrar en el triángulo con los porcentajes de arena, limo y arcilla, y la intersección de las líneas en un punto y en un área definen el nombre textural del suelo.

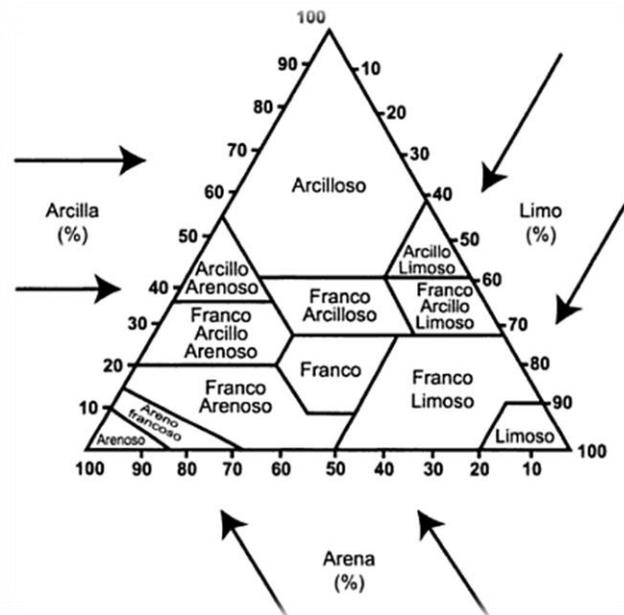


Figura 11.-Triángulo de texturas (Casanova Olivo, 2005).

2.12.1.- Determinación cuantitativa de la textura, tanto por el método del densímetro de Bouyoucos

Según (Desamparados et al., 2001), como por el de la pipeta, se basan en la ecuación de Stokes. Mediante esta ecuación puede expresarse, cuantitativamente, la relación entre el tiempo de sedimentación y el diámetro de la partícula. De este modo, sabemos que la velocidad de caída V , en cm/s, de una partícula esférica de diámetro D , en cm, y densidad P_s , en g/cm^3 , a través de un líquido de viscosidad η en poises ($\text{g/cm}^*\text{s}$) y densidad P_L (g/cm^3) tiene un valor constante:

$$V = \frac{g(P_s - P_L)}{18 \cdot \eta} \cdot D^2 \quad \text{donde } g = \text{aceleración de la gravedad (cm/s}^2\text{)}.$$

Esta ley establece, en el caso de partículas de tamaño limo y algunas de arcilla gruesa y de arena muy fina, la velocidad de sedimentación, que es proporcional al cuadrado del diámetro de las partículas. De modo que la ecuación podría escribirse como $V = K \cdot D^2$ donde K es una constante que depende de la temperatura del agua y de la densidad de las partículas del suelo.

No puede utilizarse esta ecuación para distinguir las diversas categorías o separados de la fracción arenosa, aunque esto se consigue mediante el uso de tamices.

El tiempo que quedara en atravesar un espesor h del líquido será:

$$t = \frac{h}{V} = \frac{h}{K \cdot D^2} \quad \text{de donde } D = \sqrt{\frac{h}{K \cdot t}}$$

2.12.2.- Determinación de la textura por el método del densímetro de bouyoucos.

Mediante el densímetro se mide la densidad de la suspensión del suelo (φ) que esta relacionada con la concentración de partículas en dicha suspensión (C) mediante la fórmula:

$$\varphi_i = PL + \frac{C_i}{1000} \cdot \left(1 - \frac{PL}{PS}\right)$$

φ es la densidad de la zona de suspensión situada a la profundidad h_i a la que ha quedado sumergido el bulbo del densímetro, y con ello se puede conocer la concentración C_i .

Estos C_i gramos de suelo estarán formados únicamente por partículas de tamaño inferior a D_i .

$$D_i = \sqrt{\frac{h_i}{k \cdot t_i}}$$

Es posible relacionar h_i en la lectura del densímetro, C_i ; por lo que

$$\Theta_i = \frac{h_i}{K} = f(C_i)$$

Y por consiguiente: $D_i = \Theta_i \cdot \frac{1}{\sqrt{t_i}}$

La tabla siguiente da los valores de Θ para el densímetro ASTM usado los siguientes valores de las constantes:

$\eta = \eta_{30}$ = viscosidad del agua a 30°C = 0.008007 poises

P_L = densidad de una solución de carga al 0.5% = 0.99949 g/ml.

P_S = densidad de las partículas sólidas = 2.650 g/ml.

$g = 980.7 \text{ cm/s}^2$.



Figura 12.- Determinación de la textura por el método del densímetro de Bouyoucos.

2.12.3.- Determinación semicuantitativa de la textura: método al tacto

El procedimiento descrito está adaptado fundamentalmente al esquema de (Mc Rae, 1988), coger con la espátula una pequeña porción de tierra fina (< 2 mm) y colocarla sobre la cara esmerilada de la placa de vidrio. Humedecerla lentamente y trabajarla con la espátula deshaciendo todos los pequeños terrones hasta alcanzar el punto de adherencia, caracterizado por el mínimo contenido de humedad para que la masa de suelo no se adhiera a la mano; en este estado es posible cortar la masa plástica con la espátula dejando un corte limpio. Cuando la determinación se haga en el campo es necesario separar, previamente, todos los elementos gruesos de más de 2 mm de diámetro y descartarlos.

Aplicar las siguientes pruebas teniendo en cuenta que durante las mismas, de vez en cuando, puede ser necesario añadir más agua para mantener el suelo en estado óptimo de humedad:

1.- Intentar una bola con el suelo (de unos 2.5 cm de diámetro) manipulando este entre las palmas de las manos (no moldeándose entre los dedos):

- ✚ Es posible.....**Arenoso.**
- ✚ Se puede hacer solamente con sumo cuidado.....**Arena franca.**
- ✚ Es fácil.....ir a (2).

2.- Intentar aplastar la bola entre el pulgar y el índice:

- ✚ La bola se rompe (el material se disgrega).....**Franco arenoso.**
- ✚ La bola se aplasta.....ir a (3).

3.-Rehacer la bola de suelo e intentar transformarla en un cilindro grueso (de 1 cm de diámetro), rodándola sobre la placa de vidrio:

- + No se puede hacer el cilindro grueso.....**Arenoso.**
- + Se puede hacer.....ir a (4).

4.-El suelo es moderadamente áspero.....**Franco arcillosa.**

- + El suelo es blando y suave.....**Franco-arcillo-limosa.**

Cuando el suelo se haya decidido a que clase textural pertenece el suelo, localizarla en el triángulo de textura. Comprobar que no pertenece a ninguna de las clases texturales continuas volviendo a aplicar las pruebas anteriores a través de las líneas divisorias. Si surgen o se mantienen dudas se puede decidir clasificando solo entre las clases texturales continuas, por ejemplo franco arenoso a franco arcillo arenoso.

2.13- Determinación de pH

El pH del suelo según (Llorca et al., 2006), se define como el de una suspensión de suelo en agua destilada o en una disolución no tamponada. Su valor depende, por lo tanto, del líquido que se utilice, de la naturaleza y concentración de solutos así como la de la proporción suelo-líquido. Para los suelos las disoluciones no tamponadas más comunes son 0.01 M CaCl₂ o 0.1 M KCL. En general, la mayoría de los suelos presentan valores de pH más bajos y lecturas más estables en disoluciones no tamponadas que en agua destilada. La proporción suelo-líquido, fijada por la Sociedad Internacional de la Ciencia de Suelo, es de una parte de suelo y 2.5 partes de líquido en peso.

Para la determinación del pH se utiliza el método potenciómetro o electroquímico por (Willard et al., 1974), con este método se mide en potencial de un electrodo sensitivo a los iones H⁺ (electrodo de vidrio) presentes en una solución problema; se usa como referencia un electrodo cuya solución problema no se modifica cuando cambia la concentración de los iones por medir, que es

generalmente un electrodo de calomelano o de Ag/ AgCl. El electrodo, a través de sus paredes, desarrolla un potencial eléctrico.

Debido a que el pH del suelo es medido en una matriz acuosa como agua o una solución de sales diluidas, es dependiente del grado de dilución (relación suelo-dilución). Cuando se mide en agua es importante controlar el agua adicionada, ya que en aumento causara un incremento en pH; por ello es necesario mantener la relación constante y tan baja como sea posible. Sin embargo, la solución sobrenadante puede no ser suficiente para sumergir el electrodo apropiadamente, sin causar mucho estrés cuando se inserta dentro del suelo. Los suelos con alta cantidad de materia orgánica tienden a formar una gruesa pasta seca, por lo que una relación menor de muestra en agua puede ser aceptable (1:5 o 1:10) (Karma A., 1993).

El método del colorimétrico como lo menciona (OEA, 1967) hace uso de un colorante apropiado o indicador ácido-base, cuyo color cambia con la actividad iónica del hidrogeno. El uso de métodos colorimétricos, actualmente está confinado a pruebas de campo.

Esté método es el más barato, pero no el más rápido ni el que permite obtener cifras más precisas, para utilizar este método, se pone la muestra de suelo en digestión en agua, se filtra, y la determinación se hace sobre el filtrado.

El método se funda en la propiedad e determinadas sustancias solubles, llamadas reveladoras o indicadores, de dar a un medio ácuo coloraciones o tonalidades en relación con el vapor de pH del mismo. Para aplicarlas, hay que completar el equipo con una escala de colores tipos, que permita apreciar este valor por comparación. Lo que mejor permite a la comparación es que estos colores tipos tengan la misma calidad, es decir, que sean también soluciones; pero en este caso han de ser muy estables (atopadas al máximo) (Alimentación).

Tabla 5.-Criterios de evaluación de un suelo con respecto a su pH (NOM-021-REC-NAT-2000).

Categoría	Valor de pH
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

2.14.- Determinación de materia orgánica del suelo

La materia orgánica del suelo según (Marín et al., 2002), está constituida por organismos vivos (gusanos, bacterias, hongos y actinomicetos) y por residuos de plantas y animales parcial y totalmente descompuestos, el material orgánico que los microorganismos del suelo han transformado en una forma estable recibe el nombre de humus. El humus está compuesto por sustancias no húmicas (30%) y sustancias húmicas (70%). Entre las primeras se incluyen glúcidos, lípidos, aminoácidos, etc., resultantes del metabolismo de los organismos vivos. Entre las sustancias húmicas destacan los ácidos húmicos y fulbitos, sustancias complejas de alto peso molecular sintetizadas por los microorganismos del suelo.

El humus constituye del 50% al 85% del contenido total de la materia orgánica la mayor parte de las propiedades coloidales de la materia orgánica del suelo se deben al humus. Además de ser altamente coloidal su área superficial y su capacidad de adsorción son mayores que las de otros elementos constitutivos del suelo como los silicatos. Su gran capacidad de intercambio catiónico se debe a su carga negativa resultado de la disociación de los grupos ácido que contiene, Desde el punto de vista químico es una fuente de nutrientes para las plantas, principalmente de C, N, P y S, (Marín et al., 2002).

La materia orgánica del suelo está relacionada con el contenido de carbono orgánico por medio de un factor f_{MO} que varía entre 1.7 y 2.0:

$$M.O. = C.O. \times f_{MO}$$

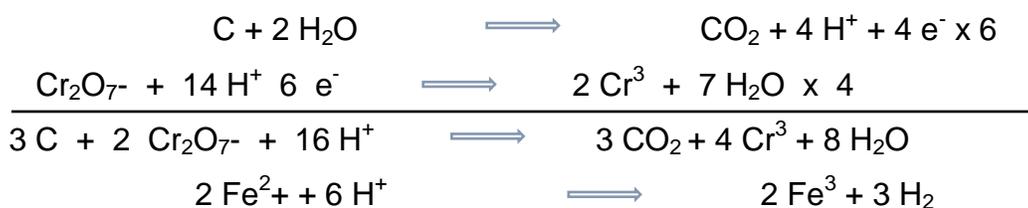
Tabla 6.- Los suelos se pueden clasificar según el porcentaje de materia orgánica

Interpretación de los resultados	
Menos del 1% de M.O.	Muy mineralizado
1-1.5% de M.O.	Mineralizado
1.5-2% de M.O.	Mineral-orgánico
Más del 2% de M.O.	Orgánico

2.14.1.- Método de Walkey y Black

El contenido de carbono orgánico del suelo puede expresarse directamente como tanto por ciento de carbono o ser calculado en forma de materia orgánica mediante multiplicación por un factor. Este factor convencional para pasar de carbono orgánico a materia orgánica es 1.724, y se basa en la hipótesis de que la materia orgánica del suelo tiene un 58% de carbono como lo menciona (Desamparados et al., 2001).

El método de Walkey y Black consiste en la oxidación con dicromato potásico utilizando el calor de reacción del sulfúrico. Posteriormente se realiza la valoración del exceso con sulfato de hierro, realizando una prueba en banco para cada determinación. El equilibrio es el siguiente:

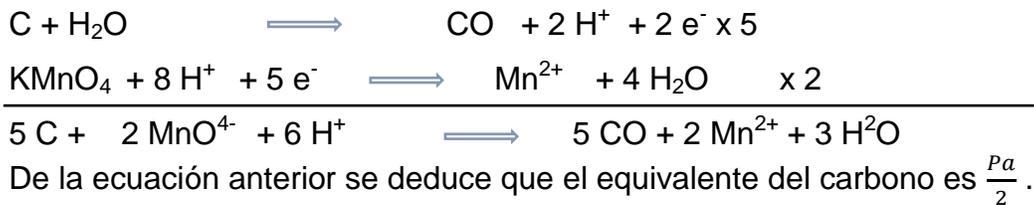


De la ecuación anterior se deduce que el equivalente del carbono es $\frac{Pa}{4}$.

Los métodos más empleados para la determinación de la materia orgánica en una tierra, se basan en la oxidación del carbono orgánico de un suelo mediante el empleo de agentes oxidantes fuertes, KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, etc., en medio ácido.

2.14.2.- Método del permanganato

Como lo menciona (Desamparados et al., 2001), en este caso seguiremos el método de Vageler y Alter, es decir, la oxidación con KMnO_4 , cuyo equilibrio es el siguiente:



2.15.- Conductividad Eléctrica

Cuando se habla de conductividad eléctrica de un suelo, usualmente se hace referencia a la conductividad eléctrica de su extracto de saturación, y la conductividad eléctrica, como tal, es determinada en un medio líquido. Se supone, aunque esto aún no ha sido demostrado, que dicha conductividad corresponde a la Conductividad Eléctrica del líquido intersticial del suelo. Esta última aseveración adolece de una falla, para determinar la conductividad eléctrica de un suelo es necesario agregarle más agua y esta última contribuye a diluir el contenido de sales de la solución intersticial, rebajando su conductividad original. (Calderón Sáenz, 2002).

El valor de la conductividad eléctrica en el extracto de equilibrio a capacidad de campo puede ser mayor o menor que el del extracto de saturación, dependiendo de qué tan saturado de sales está el interior de los terrones del suelo. Este tipo de extracto al igual que el obtenido mediante el uso de sondas de succión tiende a reflejar más el contenido de sales externo a los terrones del suelo mientras que el extracto de saturación incorpora, promedia y homogeniza la totalidad del suelo. Cuando un suelo es “nuevo” y se empieza a fertilizar, el interior de los terrones, siempre es más pobre en nutrientes y por ende más baja su conductividad que la de la solución nutritiva que se está aplicando. Con el paso del tiempo, el suelo se va saturando de nutrientes y el interior de los terrones empieza a ser más rico que el exterior. Estas diferencias hacen que la interpretación de un extracto de saturación a capacidad de campo deba ser realizada cuidadosamente teniendo en cuenta estos factores. (Camacho, 2009).

2.16.- Determinación de Carbonatos

El carbono inorgánico se presenta en los suelos en forma de carbonatos y especialmente como carbonatos poco solubles de elementos, alcalinotérreos, siendo el CaCO_3 (calcita) es el más abundante en todos. Le sigue en importancia la dolomita $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ que aparece en los suelos formados sobre dolomitas. Mucho menos frecuente en suelos son el isómero de la calcita, llamado araginito y el MgCO_3 (magnesita), ambos minerales son más solubles que la calcita y de más rara presencia en rocas sedimentarias. En suelos alcalinos, pueden encontrarse carbonatos de elementos alcalinos, principalmente carbono sódico con varios grados de hidratación. (Llorca et al., 2006), en la fase solución del suelo se encuentran cantidades variables de CO_2 , H_2CO_3 y de los iones HCO_3^- y CO_3^{2-} .

La cantidad de carbonato que se solubiliza a partir de cualquiera de los minerales mencionados depende, además de su producto de solubilidad, de la

presión parcial de CO₂ en equilibrio con la solución del suelo y de la fuerza iónica de la solución. Un aumento de la presión parcial de CO₂ aumenta la cantidad de Ca²⁺ y/o Mg²⁺ que pasa a solución. Para la calcita:



Contenido de carbonatos totales según (Llorca et al., 2006), tratando los carbonatos con un ácido se produce el desprendimiento de CO₂ según la reacción siguiente:



Midiendo, en condiciones idénticas de presión y temperatura, la cantidad de CO₂ desprendido por un peso de suelo y por una cantidad conocida de CaCO₃ puro, podremos determinar los carbonatos sólidos del suelo expresado en CaCO₃ por 100 g de suelo. (Llorca et al., 2006).

2.17.- Características de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos Jocotitlán, México.

Tabla 7.-Ubicación Geográfica

Coordenadas	Entre los paralelos 19° 35' y 19° 49' de latitud norte; los meridianos 99° 39' y 100° 01' oeste; altitud entre 2 200 y 3 400m.
Colindancias	Colinda al norte con los municipios de El Oro, Temascalcingo y Atlacomulco; al este con los municipios de Atlacomulco, Morelos, Jiquipilco e Ixtlahuaca; al sur con el municipio de Ixtlahuaca; al oeste con los municipios de Ixtlahuaca, San Felipe del Progreso y El Oro.
Otros datos	Ocupa el 1.23% de la superficie del estado.
	Cuenta con 56 localidades y una población total de 55 403 habitantes.

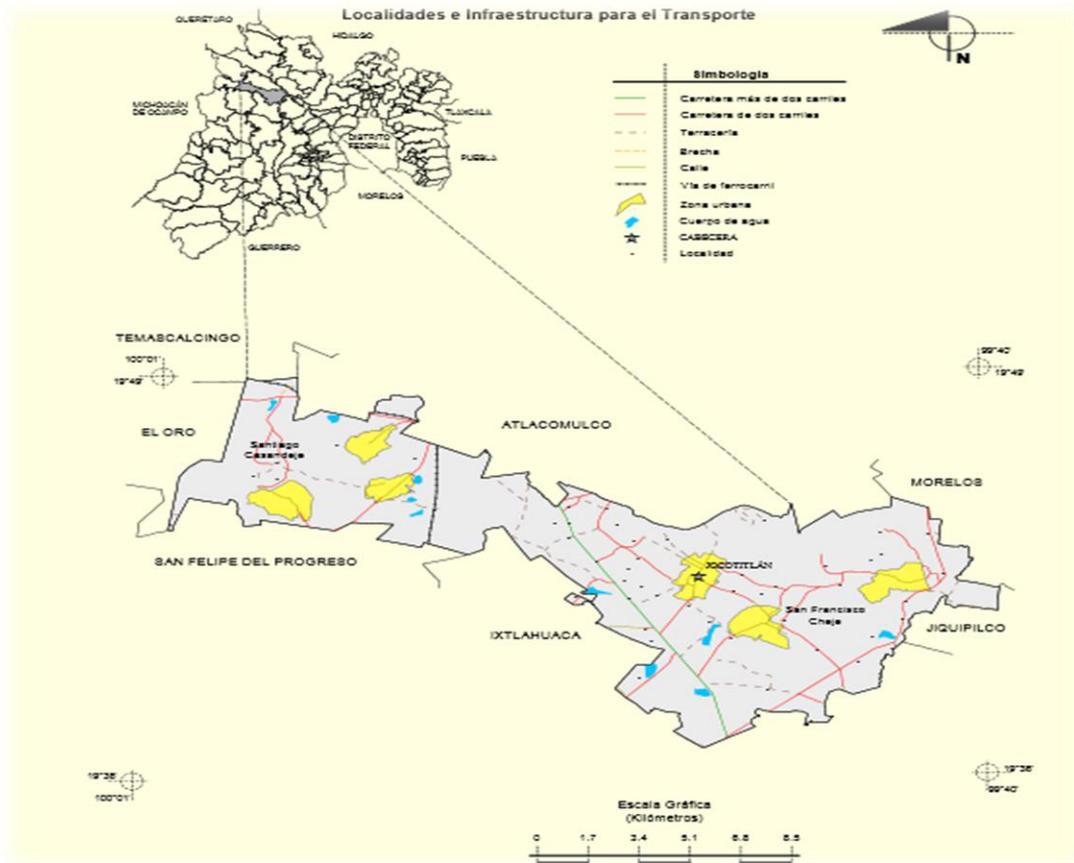


Figura 13.- Localidades e infraestructura para el transporte

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
 INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III.

Tabla 8.-Clima

Rango de temperatura	6 - 14°C.
Rango de precipitación	800 1 100 mm.
Clima	Templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad (93.35%) y semifrío subhúmedo con lluvias en verano, de menor humedad (6.65).

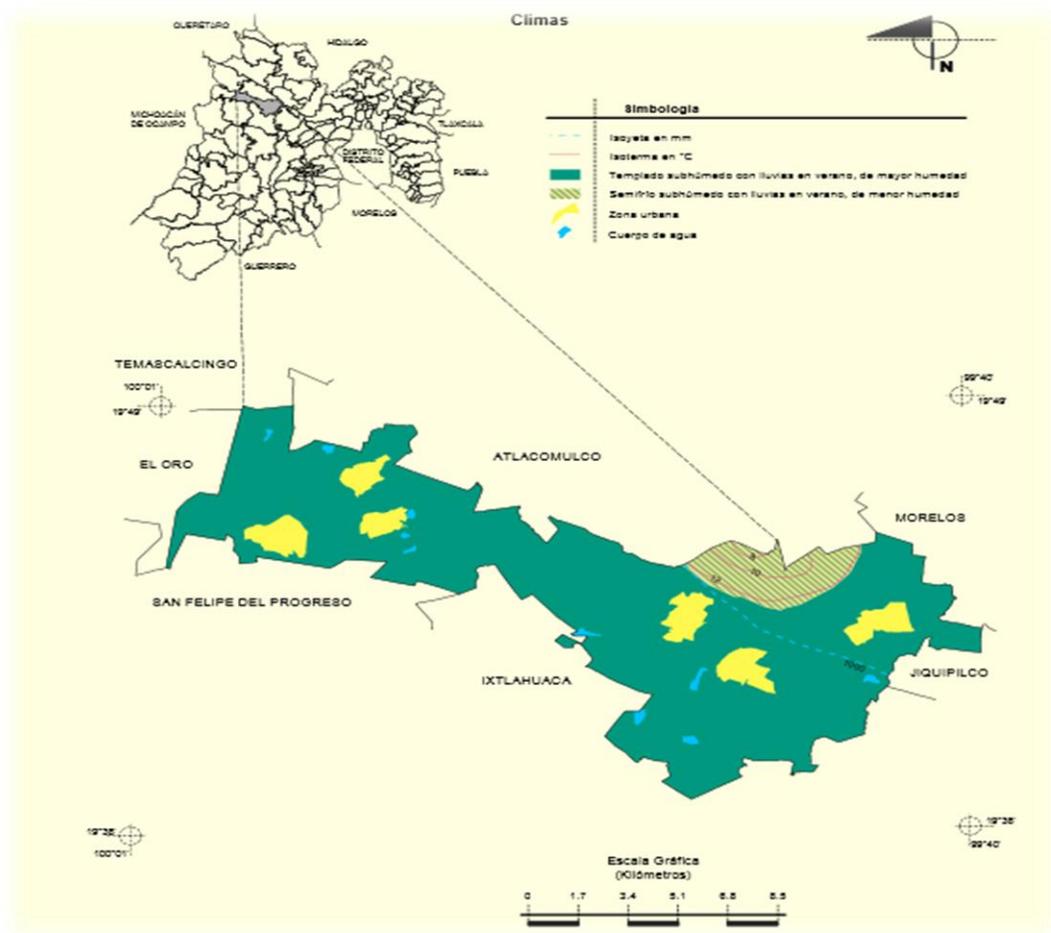


Figura 14.- Mapa de climas del Municipio de Jocotitlán, Estado de México

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
 INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de las Cartas de Climas. Precipitación Total Anual y Temperatura Media Anual 1:1 000 000, serie I.
 INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III.

Tabla 9.-Geología

Periodo	Neógeno (85.63%) y Cuaternario (5.81%).
Roca	Ígnea extrusiva: volcanoclástico (53.22%), andesita (29.42%), brecha volcánica básica (1.68), dacita (0.79%), riolita (0.35%) y basalto (0.21%).
	Suelo: aluvial (5.77%).
Sitios de interés	No aplica

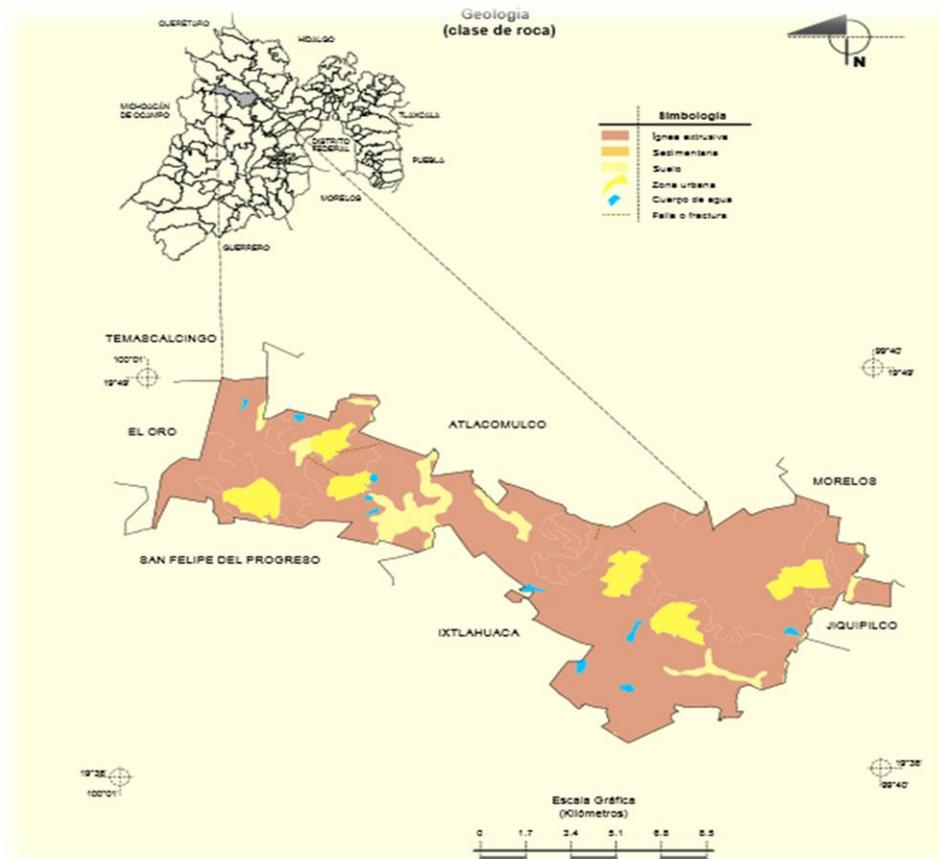


Figura 15.- Mapa de Geología del Municipio de Jocotitlán, Estado de México

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
 INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográficos de la Carta Geológica 1:250 000, serie I.
 INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III.

Tabla 10.-Edafología

Suelo dominante	Planosol (48.08%), Phaeozem (17.58%), Luvisol (11.1%), Andosol (10.26%), Fluvisol (4.24) y Durisol (0.18%).
-----------------	---

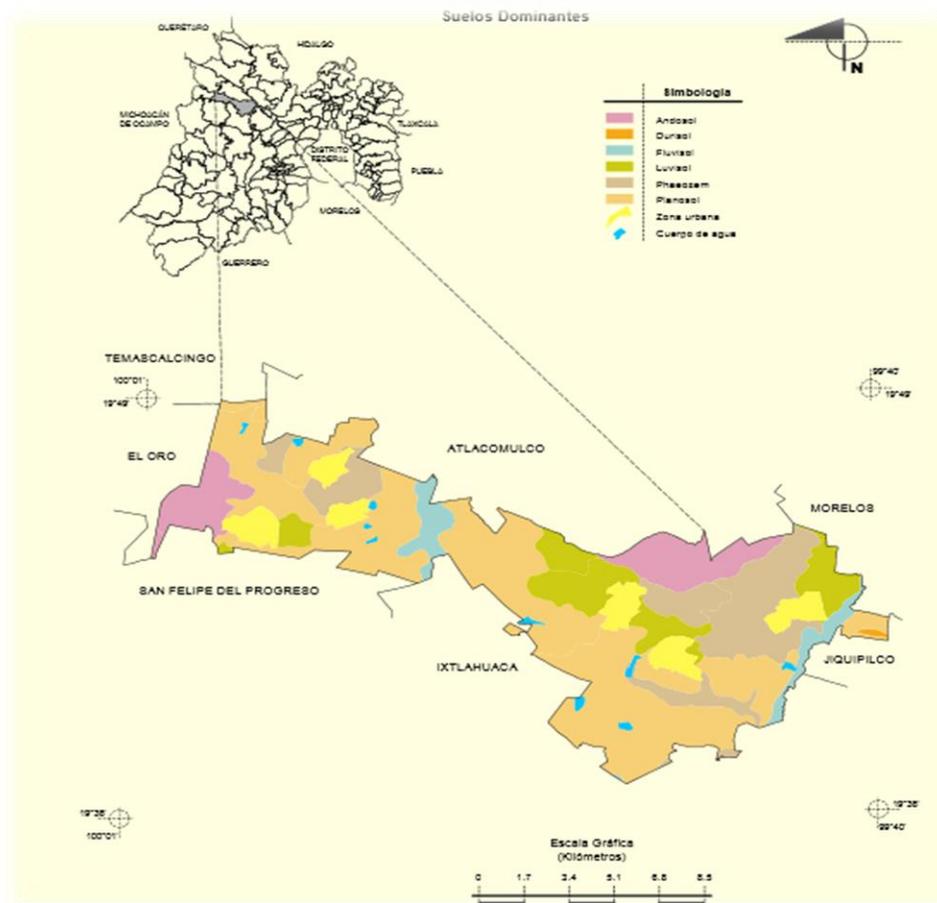


Figura 16.-Mapa Suelos Dominantes del Municipio de Jocotitlán, Estado de México

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
 INEGI. Conjunto de Datos Vectorial Edafológico, Escala 1:250 000, Serie II (Continuo Nacional).
 INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III.

Tabla 11.-Hidrología

Región hidrológica	Lerma - Santiago (100%).
Cuenca	Rio Lerma - Toluca (100%).
Subcuenta	Rio Otzolotepec - R. Atacomulco (51.07%), R. Sila (33.78%), R. Atacomulco - Paso de Ovejas (13.41%), R. Jaltepec (0.98%) y R. Tlalpujahua (0.76%).
Corrientes de agua	Perennes: Lerma, Tapaxco, Las fuentes, Los cedros, Morelos y Sila.
	Intermitentes: La jornada, Santiago, Grande, Pueblo Nuevo, Tomui, El pescado, Zacualpan, Mata burro, La Barranca, Chichi, y Santa Elena.
Cuerpos de agua	Perennes (0.4%): San Pedro, Tusha y Pasteje.
	Intermitentes: (0.36%): Los Arboles.
Uso del suelo	Agricultura (80.04%) y zona urbana (7.8%).
Vegetación	Bosque (8.05) y pastizal (3.35%).

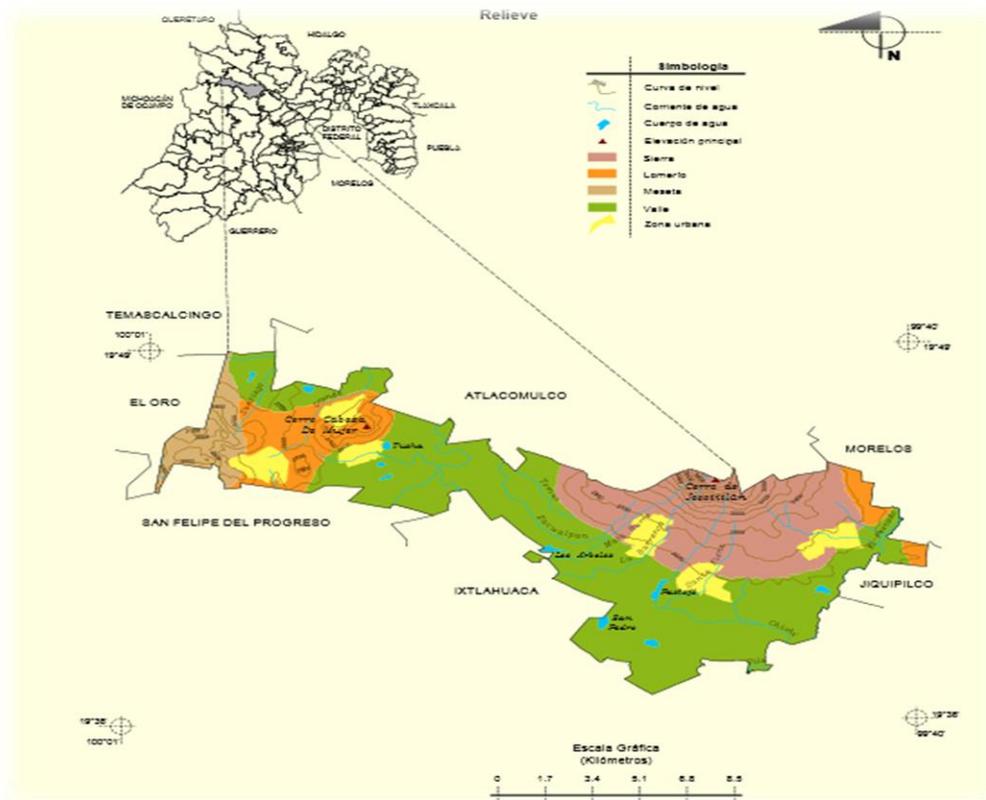


Figura 17.-Mapa de Relieve del Municipio de Jocotitlán, Estado de México

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1.
 INEGI. Continuo Nacional del Conjunto de Datos Geográfico de la Carta Fisiográfica 1:1 000 000, serie I.

Tabla 12.-Uso del suelo y vegetación

Uso del suelo	Agricultura (80.04%) y zona urbana (7.8%).
Vegetación	Bosque (8.05) y pastizal (3.35%).

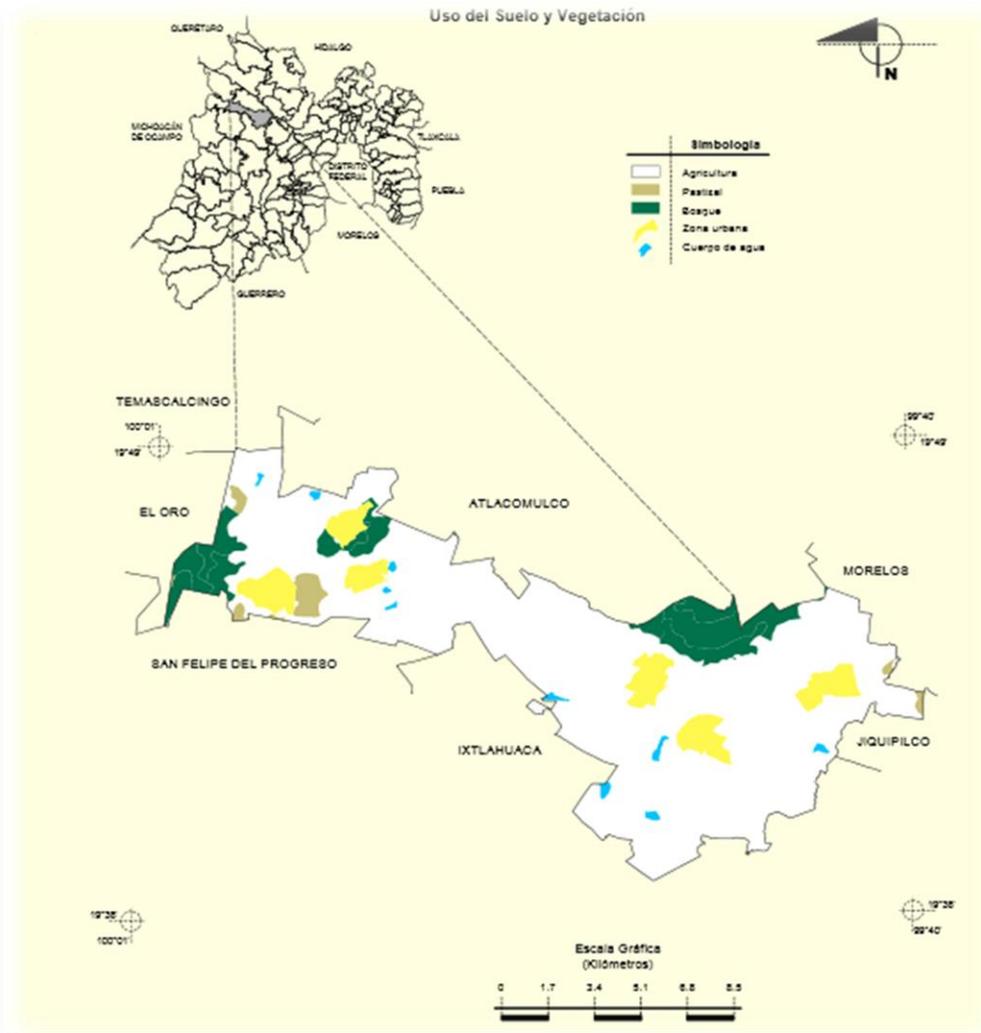


Figura 18.-Mapa de Uso del Suelo y Vegetación del Municipio de Jocotitlán, Estado de México

Fuente: INEGI. Marco Geoestadístico Municipal 2005, versión 3.1
 INEGI. Conjunto de Datos Vectoriales de Uso del Suelo y Vegetación Serie III Escala 1:250 000.
 INEGI. Información Topográfica Digital Escala 1:250 000 serie III.

Tabla 13.- Fisiografía

Provincia	Eje Neovolcánico (100%).
Subprovincia	Lagos y Volcanes de Anáhuac (94.4%) y Mil Cumbres (5.6%).
Sistema de topoformas	Valle de laderas tendidas (55.35%), Escudo volcanes (26.32%), Lomerío de basalto (10.76%), Meseta basáltica con lomerío (5.6%) y Lomerío de tobas (1.97%).

Tabla 14.-Uso potencial de la tierra

Agrícola	Para la agricultura mecanizada continua (53.55%).
	Para la agricultura mecanizada estacional (5.28%).
	Para la agricultura de tracción animal continua (0.03%).
	Para la agricultura de tracción animal estacional (5.15%).
	Para la agricultura manual estacional (27.43%).
	No apta para la agricultura (8.56%).
Pecuario	Para el desarrollo de praderas cultivadas (64.48%).
	Para el aprovechamiento de la vegetación de pastizal (4.66%).
	Para el aprovechamiento de la vegetación natural diferente del pastizal (22.3%).
	No apta para uso pecuario (8.56%).

Tabla 15.-Zona urbana

Las zonas urbanas están creciendo sobre suelos del cuaternario y rocas ígneas extrusivas del Neógeno. En lomeríos, mesetas, sierras y valles; sobre áreas donde originalmente había suelos denominados Planosol, Phaeozem, Luvisol y Andosol; tienen clima templado subhúmedo con lluvias en verano, de mayor humedad, y están creciendo sobre terrenos previamente ocupados por agricultura, bosques y pastizales.

2.18.- Los Minerales

Son elementos o compuestos químicos naturales, homogéneos por su composición y estructura forman parte de las rocas y las micas. Se encuentran en la naturaleza en estado sólido o líquido. Los minerales son recursos naturales no renovables, por ello se hace necesario una explotación controlada de yacimientos minerales.

2.19.- La Explotación o Minado

Como lo menciona (Miquel, 2006), el minado tiene por objeto la extracción física o arranque de la masa mineral del yacimiento, e incluye también la tarea de retirar la masa de roca estéril. El tratamiento del mineral consiste en el procesado mineralúrgico o metalúrgico o ambos del todo uno, es decir el mineral tal y como sale de la mina, para obtener un producto comercializable.

Como se cita en la siguiente página web (Cardenas, 2011) prosesodeextraccin-deminerales.blogspot.com existen métodos que se utilizan para la extracción de minerales tales como son:

- ✚ Extracción de mineral a cielo abierto: se realiza cuando el yacimiento puede ser explotado en la superficie.
- ✚ Extracción de mineral del subsuelo: trata de excavar a cierta profundidad para extraer el mineral, por lo general el carbón se extrae de esta forma.
- ✚ Extracción por cernido: se refiere a la búsqueda de minerales en la tierra o arena, cerniéndola y pasándola por corrientes de agua.

- ✚ Extracción por bombeo: se refiere a la remoción de grandes cantidades de arena desde el fondo de los ríos para obtener diamantes, otras piedras preciosas u como oro.

2.19.1.- Tipos de minerales

A) Minerales Metálicos

- ✚ Metales abundantes: hierro, aluminio, cromo, manganeso, titanio, magnesio.
- ✚ Metales escasos: cobre, plomo, zinc, estaño, oro, plata, platino, uranio, mercurio, molibdeno.

B) Minerales no metálicos

- ✚ Minerales para fertilizantes y aplicaciones químicas (industrias químicas): cloruro de sodio, nitrato, azufre.
- ✚ Materiales para la construcción y edificación: cemento, grava, arena, yeso, amianto, roca triturada.
- ✚ Combustibles fosiles: petróleo, carbón, gas natural, y lutitas.
- ✚ Agua: el recurso más importante.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1.- Ubicación de la investigación

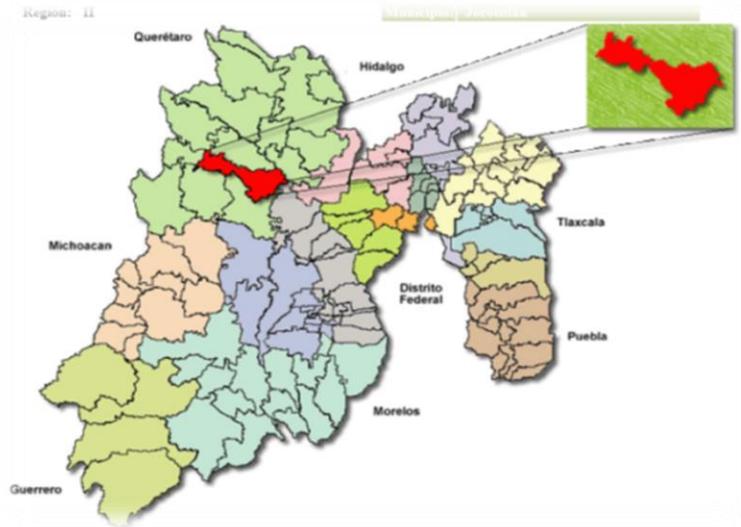
El presente trabajo de investigación se realizó en condiciones de campo en el ciclo de verano-invierno, en el poblado de Santa María Endare, en el predio denominado Sintege, Municipio de Jocotitlán, (en el Estado de México), y tiene una población de 2072 habitantes.

Localización geográfica del área de estudio $19^{\circ}43'57.80''$ N y $99^{\circ}48'57.57''$ O, Santa María Endare está a 2722 metros de altitud.

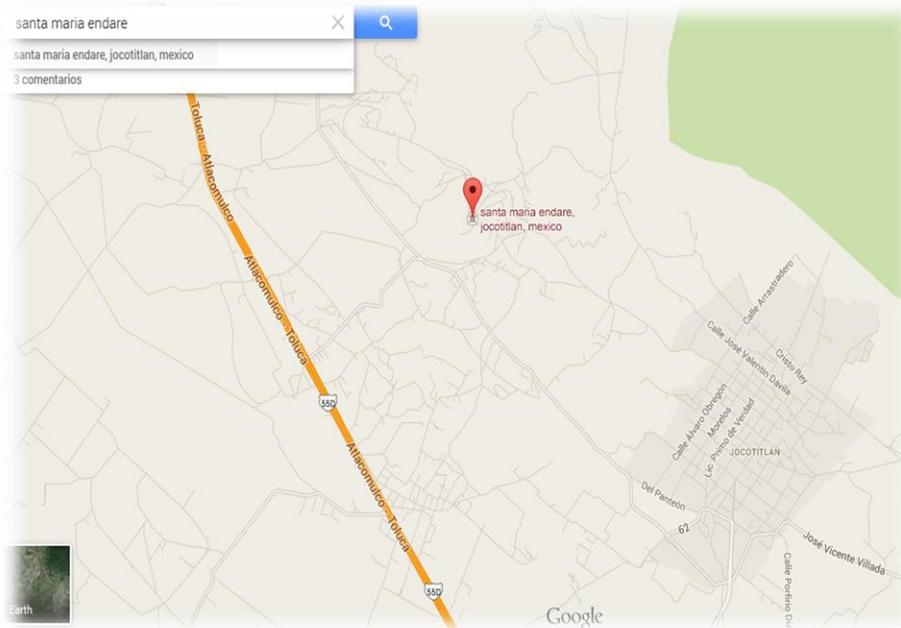
A continuación se muestran detalladamente la ubicación a través de mapas del presente trabajo de investigación:



Figura 19.- División de la República Mexicana Travel By México 2001.



**Figura 20.- División Política del Estado de México Travel By México
2001.**<http://www.edomexico.gob.mx/medioambiente/mapa/htm/principal.asp>



**Figura 21.- Localización de la comunidad de Santa María Endare, Jocotitlán
Estado de México**

<https://maps.google.com.mx>



Figura 22.- Predio denominado Sintega, Jcotitlán Estado de México

<https://maps.google.com.mx>

3.2.- Elaboración de la malla

Se utilizaron 40 piezas de costales de ixtle de 75 por 75 centímetros, aproximadamente unos 50 m², se unieron uno a uno y se hilaron lateralmente, se utilizó una aguja acorde a dichos costales ya que el material de ixtle es muy duro y grueso para su manejo.



Figura 23.-Unión de los costales



Figura 24.-Malla terminada

3.3.- Elección del lugar de investigación

Se realizó un recorrido de campo para analizar las condiciones físicas y valorar cuales serían las mayores ventajas del área de estudio, en este lugar extraen un recurso natural llamado tepojal, se determinó el área en la que se iba a colocar la malla ya que contaba con una pendiente muy pronunciada, en este sitio ya habían extraído el material, por lo tanto, nos encontrábamos en un terreno muy erosionado.



Figura 25.-Recorrido de campo



Figura 26.-Extracción del recurso natural (Tepojal)



Figura 27.-Arrastre del suelo por la lluvia



Figura 28.-Erosión del suelo

3.4.- Colocación de la malla y siembra

Se eligió el área en que se iba a colocar la malla, ya que en este sitio había mucha erosión de suelo debido a la extracción del mismo, a su vez contaba con muy poca vegetación.

Se utilizaron estacas para sostener la malla, un mazo, un machete, la semilla de la cebada.



Figura 29.-Material de campo



Figura 30.-Área de investigación

Enseguida se realizó la siembra el día 10 de Junio del 2013, el método que empleamos fue la siembra a voleo se trata de un método de siembra directo en el que se intenta que las semillas se distribuyan lo más uniformemente posible sobre todo el terreno.



Figura 31.-Siembra manual de la cebada



Figura 32.-La siembra al voleo no garantiza una distribución uniforme de las semillas

Posteriormente se realizó la distribución de la malla en un lugar cuya pendiente es muy pronunciada.



Figura 33.-Colocación de la malla



Figura 34.-Clavando las estacas

También se determinó el cálculo de la pendiente, ya que favorece la delimitación de los procesos y los tipos de formas que se encuentra en el terreno, así mismo los análisis de la pendiente se aplica para diversos fines por ejemplo en geomorfología (en relación con fenómenos de erosión e inestabilidad de laderas).El método que utilizamos para determinar este factor fue: nivelación con manguera este método se basa en el principio de los vasos comunicantes.

3.5.- Previo a la Nivelación

Antes de comenzar el proceso de nivelación debemos llenar la manguera con agua teniendo cuidado de que no queden burbujas, ya que si esto ocurre no es posible nivelar de forma correcta ya que las medidas no quedarían en su posición correspondiente al punto de referencia dado. Al llenar la manguera con agua también hay que dejar un espacio con aire en las puntas que pueden ser de unos 10 cm. aprox., es decir, no hay que llenar completamente la manguera para que esta no se rebalse. Si el agua no queda al mismo nivel en los dos extremos, es posible que haya quedado una burbuja o que la manguera esté doblada en algún sector, con ayuda de un estadal colocamos la manguera para que se sujetara bien, lo numeramos de 10 en 10 para partir de esta escala y empezar con la nivelación.



Figura 35.-Llenando la manguera



Figura 36.-Colocación de la manguera sobre el estatal, ya numerado.

Primero fijamos el punto de referencia A tomamos el dato de este punto de partida y lo anotamos en nuestro libro de campo, de esto cuidadosamente nos dirigimos hacia el otro punto al que llamamos B, el lugar en que se nivelara, a continuación la persona encargada que está sosteniendo el estatal debe indicar cuando el agua contenido en la manguera está a nivel, es decir cuando el agua este a la misma altura del punto de referencia de igual manera tomamos el dato, y volvemos a seguir el primer paso que es tomar otro punto identificándolo con C, ya que terminamos de tomar los datos proseguimos a tomar distancia entre los puntos.



Figura 37.-Punto de referencia



Figura 38.-Tomando medidas de los puntos.

3.6.- Desarrollo del cultivo de cebada

Primer muestreo se realizó el día 25 de Junio del 2013 cuando la planta ya había emergido, se notaba a simple vista, observamos que no hay mucha demanda de planta debido a que tiene muchas partes accidentadas y el terreno es muy irregular.



Figura 39.-Crecimiento de la plántula



Figura 40.-Distribución de la planta en la malla

Se logra apreciar como la cebada está por debajo de la malla y no alcanzo a salir de la malla, debido al tipo de relieve que era muy irregular.



Figura 41.-Vegetación

El segundo muestreo se realizó el 21 de Julio del 2013, logramos apreciar mayor crecimiento en las plantas, buena apariencia.



Figura 42.-Vigor en las plantas



Figura 43.-Plantas que emergieron, pero no lograron salir de la malla



Figura 44.-Retención del suelo sobre la malla

El tercer muestreo se registró el día 25 de Agosto del 2013, notamos que hubo mayor densidad de población en diferentes puntos de la malla.



Figura 45.-Crecimiento relativo de la cebada



Figura 46.-Mayor población de plantas por debajo de la malla

Posteriormente pasados los días de madurez fisiológica de la cebada, decidimos el momento oportuno para ir a cosechar, se realizó el día 14 de Septiembre del 2013, los materiales que se utilizaron para dicha labor fueron unas cajas, un machete de curva, lápiz.

Se realizaron 10 muestreos en diferentes puntos de la malla el método que empleamos fue; muestreo aleatorio simple este método se caracteriza por que otorga la misma probabilidad de ser elegidos a todos los elementos de la población, cada uno de los elementos de la muestra, se selecciona aleatoriamente uno por uno. Se tomaron otros 10 muestreos en donde no colocamos malla y 10 donde se colocó la malla el siguiente paso fue colocarnos en un punto fijo para los lanzamientos a muestrear. De cada muestra se sacaron las plantas que quedaban dentro del cuadro de 50 cm por 50 cm, para después contar el número de plantas, a continuación se muestran los materiales utilizados y la técnica que se utilizó para dicho análisis.



Figura 47.-Material de campo



Figura 48.-Lanzamiento al azar



Figura 49.-Etiquetando las cajas



Figura 50.-Marcando esquinas, identificar muestreo



Figura 51.-Toma muestra

3.7.- Determinación de relieve

El método que utilizamos para esta determinación fue el Método de reconocimiento de perfil de suelo que nos ayuda a obtener una primera aproximación del volumen de la erosión, el motivo por el cual se decidió utilizar este método fue por ser de bajo costo y sencillos, y además se pueden efectuar muchas mediciones para que los resultados sean confiables y representativos la determinación de perfil de suelo se realizó por mediciones volumétricas de

3.7.1.- Surcos y vías de escurrimiento

La medición de la sección transversal se realizó por medio de un estadal hecho de madera el cual estaba graduado cada 10 centímetros desde 0 hasta 250 cm. Para tomar el relieve del terreno con malla y de igual manera tomar los datos de terreno sin malla, con esto podemos determinar qué cantidad de erosión existió dentro de nuestro sitio de investigación y además saber que beneficios tuvo el haber colocado la malla.

Para la colocación del estadal en el terreno nos apoyamos de un nivel de burbuja para saber que nuestro punto de referencia era igual en todas las muestras que íbamos a tomar, para obtención de la distancia del estadal ya nivelado se midió con un flexómetro haciendo un lado la materia vegetal y orgánica que había en el área esto con el fin de tomar datos verídicos de la erosión del suelo hecha por el agua aire o actividad humana.

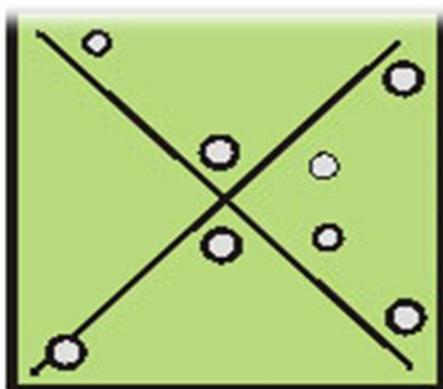


Figura 52.-Tomando datos

3.8.- Muestro de suelo

El método utiliza para obtener las muestras de suelo en el lugar de investigación fue el Muestreo a juicio ya que principales ventajas son la facilidad de realización y sus bajos costos, además de que se puede llevar a cabo en zonas heterogéneas como en zonas homogéneas.

Se tomaron 5 muestras de suelo en ambos terrenos (con malla y sin malla) siguiendo el método de diagonales que se muestra en la figura siguiente donde se tomaron las cuatro muestras de las orillas y la del centro para ambos casos con malla y sin malla, el muestreo se realizó con una muestra compuesta a 30 centímetros de profundidad para posteriormente ser evaluada en laboratorio y determinar textura materia orgánica, PH, Conductividad eléctrica y Carbonatos totales.



Diagonales

Figura 53.-Representación del Método



Figura 54.-Toma de la muestra de suelo

Se realizó un segundo muestreo de suelos el día 4 de Mayo del 2014, se tomaron muestras de suelo solamente donde estaba la malla , de igual manera siguiendo el mismo método anterior el de diagonales.



Figura 55.-Bolsas para muestra



Figura 56.-Tomando muestra

3.9.- Análisis de muestras en laboratorio.

Para empezar a determinar los análisis de suelo de dejaron las muestras de suelo secar por lo menos unas 24 horas extendiéndolas en papel periódico, etiquetándolas cada una con su respectivo número de muestra ya sea con malla y sin malla, posteriormente se prosiguió a tamizar las muestras de suelo, colocándolas en una bolsa para después ser analizadas



Figura 57.-Identificación de la muestra



Figura 58.-Suelo sobre el papel



Figura 59.-Muestras extendidas



Figura 60.-Tamiz de 2 mm



Figura 61.-Tamizando muestras



Figura 62.-Muestras etiquetadas

3.10.- Textura del suelo

Para el análisis de textura del suelo utilizamos el Método de Bouyoucos este método se basa en la ley de Stokes se sedimentan las partículas, se tomara como base la clasificación de partículas propuestas por el departamento de agricultura (USDA).

3.10.1.- Materiales y Equipo

- ✚ 50 gr. De suelo.
- ✚ Vaso metálico.
- ✚ Solución Hexametáfosfato.
- ✚ Agua de llave.
- ✚ Agitador eléctrico.
- ✚ Probeta de 100 ml.
- ✚ Barra metálica.
- ✚ Hidrómetro de Boyoucos.
- ✚ Termómetro.

3.10.2.- Procedimiento

- ✚ Pesar 50 gr de suelo.
- ✚ Ponerlo en un vaso metálico.
- ✚ Agregar 20 ml de Hexametafosfato de sodio.
- ✚ Llenarlo hasta la mitad con agua de la llave.
- ✚ Llevarla al agitador eléctrico por 5 minutos.
- ✚ Agregar 20 ml de Hexametafosfato en una probeta de 1000 ml para el testigo.
- ✚ Vacear el suelo ya agitado en la probeta y aforar a 100 ml.
- ✚ Posteriormente se agita con la barra metálica hasta que se sienta que ya se mezcló.
- ✚ Introducir el Hidrometro por 40 segundos para luego hacer la primera lectura con el Hidrómetro de Boyoucus y con el termómetro, anotar la fecha.
- ✚ La segunda lectura se hace después de 1 hora de reposo de las soluciones.

3.10.3.- Diagrama de flujo

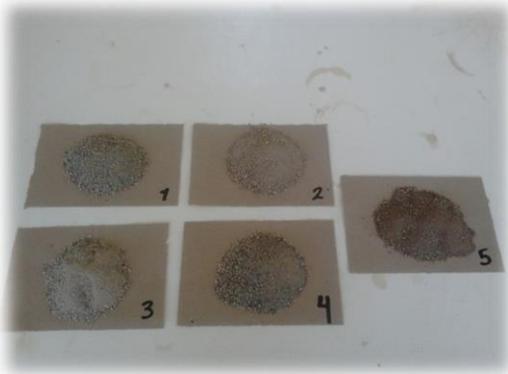


Figura 63.-Suelo pesado



Figura 64 Ponerlo en un vaso metálico



Figura 65.-Agregar Hexametáfosfato de Sodio



Figura 66.-Agitar en el vaso metalico



Figura 67.-Aforar a 1000 ml



Figura 68.-Tomando datos

3.11.- Determinación de pH

El pH es una medida utilizada por la química para evaluar la acidez o alcalinidad de una sustancia por lo general en su estado líquido (también se puede utilizar para gases).

3.11.2.- Materiales y Equipo

- ✚ Pesar 20 gr de suelo.
- ✚ Frascos pequeños de Gerber.
- ✚ Potenciómetro digital.
- ✚ 1 piceta.
- ✚ Agua destilada.
- ✚ Soluciones buffer 4 y 7 para calibración.
- ✚ Agitador mecánico.
- ✚ 1 Probeta de 100 ml.

3.11.3.- Procedimiento

- ✚ Se pesaron 20 gr de suelo.
- ✚ Ponerlo en los frascos de Gerber.
- ✚ Medir 50 ml de agua destilada y agregar a los frascos de Gerber.
- ✚ Colocar los frascos en el agitador mecánico, dejándolos media hora.
- ✚ Calibrar el potenciómetro con las soluciones buffer.
- ✚ Posteriormente colocar el potenciómetro en un frasco, tomar lectura, enjuagar el potenciómetro con agua destilada.

3.11.4.- Diagrama de flujo



Figura 69.-Muestras de suelo



Figura 70.-Agregando agua destilada



Figura 71.-Agitador mecanico



Figura 72.-Material de laboratorio



Figura 73.-Calibrando potenciómetro



Figura 74.-Toma de datos de pH

3.12.- Determinación de Conductividad Eléctrica

Cuando se habla de Conductividad Eléctrica de un suelo, usualmente se hace referencia a la Conductividad Eléctrica de su extracto de saturación.

3.12.1.- Materiales y Equipo

- + 300 gr de suelo
- + 10 recipientes de plástico de 1 Lt
- + Probeta graduada
- + Espátula
- + Agua destilada
- + Embudo Buchner
- + Conductivímetro
- + Papel filtro

3.12.2.- Procedimiento

- + Pesamos 300 gr de suelo, lo agregamos a un vaso de plástico, enseguida lo saturamos con agua destilada mezclándolo muy bien, hasta que se formó una pasta que brillo al reflejar la luz y se deslizo fácilmente de la espátula.
- + Después de saturar dejamos reposar 24 horas con el fin de que las sales de suelo se disolvieran; después del reposo la pasta lo pasamos a un embudo Buchner, que tiene un papel filtro al fondo para la filtración sin turbidez. El embudo se monta a un matraz de Kitazato y éste lo conectamos a la bomba de vacío y dejamos hasta que se acumuló aproximadamente 30 ml. del extracto.
- + El extracto se utiliza para leer la conductividad eléctrica, en el Conductivímetro

3.12.3.- Diagrama de flujo



Figura 75.-Pesando en la balanza analítica



Figura 76.-Saturando con agua destilada



Figura 77.-Topando muestras



Figura 78.-Conectamos a la bomba de vacío



Figura 79.-Se recolecto 30 ml de la extracción



Figura 80.-Toma de datos

3.13.- Determinación de Materia Orgánica

La materia orgánica que contiene el suelo procede tanto de la descomposición de los seres vivos que mueren sobre ella, como de la actividad biológica de los organismos vivos que contiene: lombrices, insectos de todo tipo, microorganismos, etc.

3.13.1.- Materiales y Equipo

- ✚ 1 gr de suelo
- ✚ Matraz Erlenmeyer de 500 ml
- ✚ Dicromato de Potasio
- ✚ Ácido Sulfúrico
- ✚ Agua destilada
- ✚ Indicador orto-fenantrolina
- ✚ Sulfato ferroso
- ✚ Bureta

3.13.2.- Procedimiento

- ✚ Pesar 1 gr de suelo, lo incorporamos en los matraces Erlenmeyer.
- ✚ Posteriormente se le agregaron 10 ml de Dicromato de Potasio.
- ✚ Agregar 20 ml de Ácido Sulfúrico dejamos reposar hasta que se enfríe.
- ✚ Después le agregamos 200 ml de agua destilada,
- ✚ Adicionar 4 gotas de indicador de orto-fenantrolina a cada matraz y se mueve suavemente.
- ✚ Titular con Sulfato Ferroso

3.13.3.- Diagrama de flujo



Figura 81.-Agregando Dicromato de Potasio



Figura 82.-Acido Sulfúrico



Figura 83.-Indicador orto-fenantrolina



Figura 84.-Muestras con todos los reactivos



Figura 85.-Titulando con Sulfato Ferroso

3.14.- Determinación de Carbonatos

Es la determinación volumétrica de una reacción de neutralización para obtener porcentajes de carbonato de calcio equivalente.

3.14.1.- Material y Equipo

- ✚ 2.5 g de suelo.
- ✚ Soluciones Ácido Clorhídrico e Hidróxido de Sodio.
- ✚ Matraces Erlen Meyer de 500 ml.
- ✚ Bureta

3.14.2.- Procedimiento

- ✚ Pesar 2.5 g de suelo.
- ✚ Vacear el suelo en los matraces.
- ✚ Agregar 50 ml de Ácido Sulfúrico.
- ✚ Llevar las muestras al agitador mecánico por 30 minutos, después sacarlas y tapar, dejar reposar por 24 horas.
- ✚ Posteriormente se toman 20 ml de sobrenadante y se vacea a otros matraces para la titulación.
- ✚ Agregar 8 gotas de Azul de Bromotimol.
- ✚ Titular con Hidróxido de Sodio.

3.14.3.- Diagrama de flujo



Figura 86.-Matraces Erlen Meyer



Figura 87.-Agitador mecánico

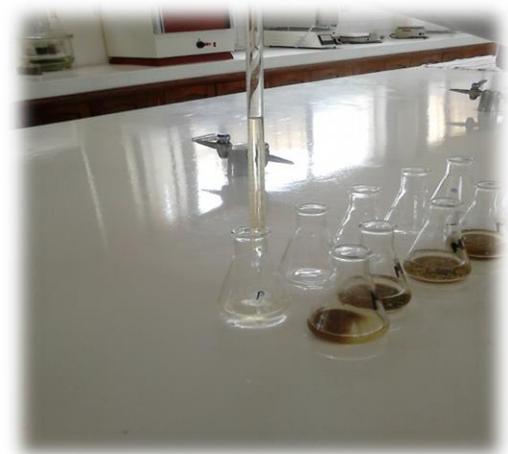


Figura 88.-Extracción de la solución



Figura 89.-Agregando gotas de azul de bromotimol



Figura 90.-Titular con Hidróxido de Sodio

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

A continuación se describen los resultados obtenidos en campo, así mismo los análisis químicos y físicos de las muestras, se realizaron dentro del laboratorio de suelos.

Tabla 16.-Resultados obtenidos de acuerdo a los parámetros analizados.

Tratamientos	Textura	pH	C.E.	M.O.	CO ₃
Testigo 3/11/2013	Arena Migajón	Acidez fuerte	Suelo no Salino	Pobre	Extremadamente pobre
1° Malla 3/11/2013	Arena Migajón	Acidez fuerte	Suelo no Salino	Pobre	Extremadamente pobre
2° Malla 4/05/2014	Arena	Acidez media	Suelo no Salino	Medianamente Pobre	Extremadamente pobre

Tabla 17.-A continuación se muestra el resultado promedio del relieve

ESTADAL	DISTANCIA	ESTADAL	DISTANCIA
0	9.2	130	21.8
10	11.5	140	22.6
20	10	150	17.9
30	11.65	160	17.8
40	11.6	170	15
50	11.75	180	13.5
60	11.8	190	11.3
70	9.9	200	9.95
80	10.15	210	8.2
90	9.7	220	7
100	9.8	230	7.9
110	9.3	240	6.55
120	9.1	250	8.1

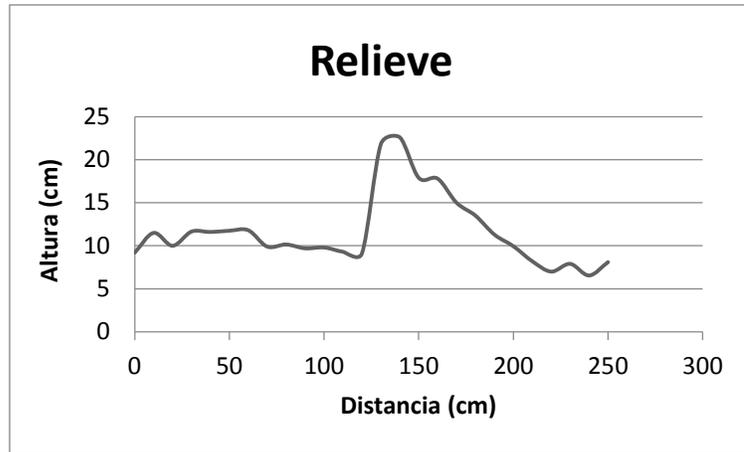


Figura 91.-En la siguiente grafica se muestra la relación que existe entre la altura y la distancia.

Tabla 18.-Análisis de varianza de la variable Arena

FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Tratamientos	2	345.23	172.62	0.7887	0.4767
Error	12	2626.5	218.88		

NS no significativo ($p > 0.05$)

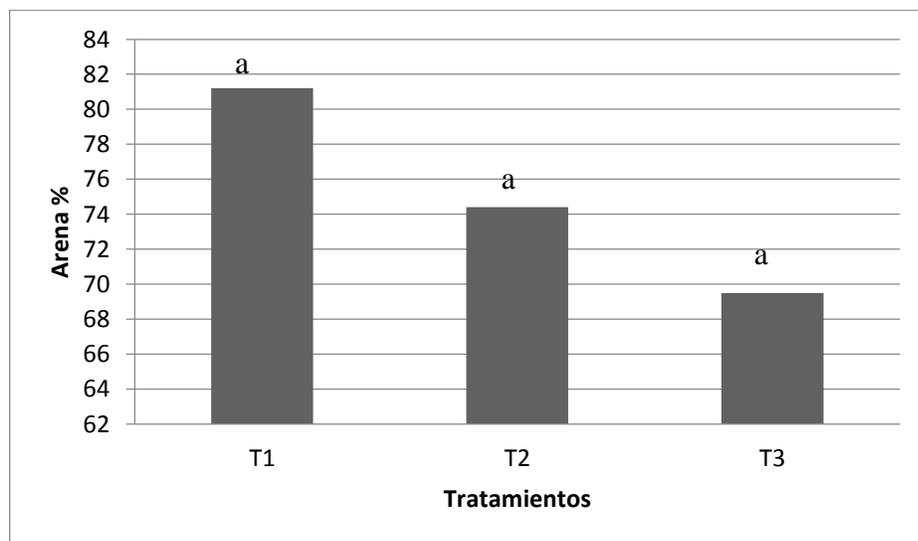


Figura 92.-Observamos en esta grafica los porcentajes de Arena de los tres tratamientos.

Tabla 19.-Análisis de Varianza de la variable Limo

FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Tratamientos	2	108.71	54.353	0.8829	0.4388
Error	12	738.77	61.564		

NS no significativo ($p > 0.05$)

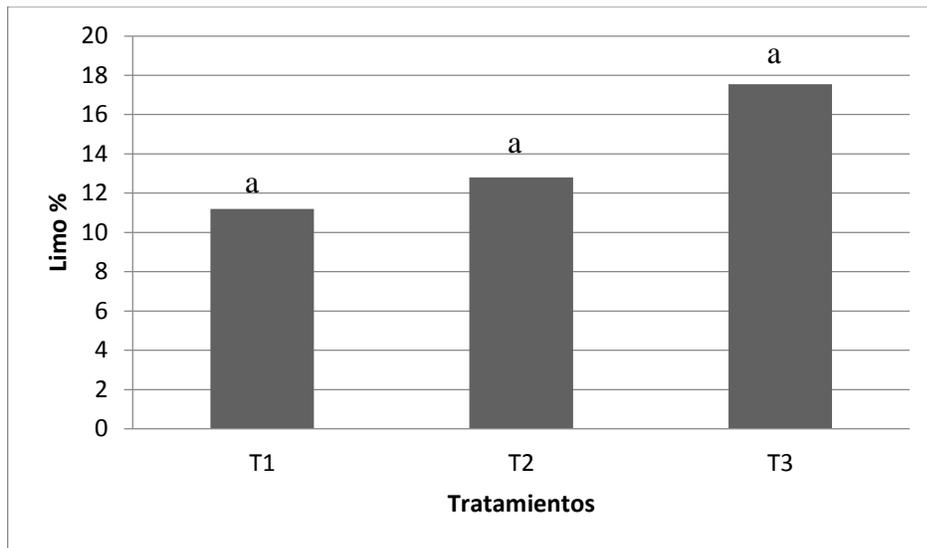


Figura 93.-Se muestran los porcentajes obtenidos de Limo

Tabla 20.-En este cuadro se muestran los resultados obtenidos del ANVA de la variable Arcilla

FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Tratamientos	2	92.99	46.486	0.7077	0.5122
Error	12	788.37	65.698		

NS no significativo ($p > 0.05$)

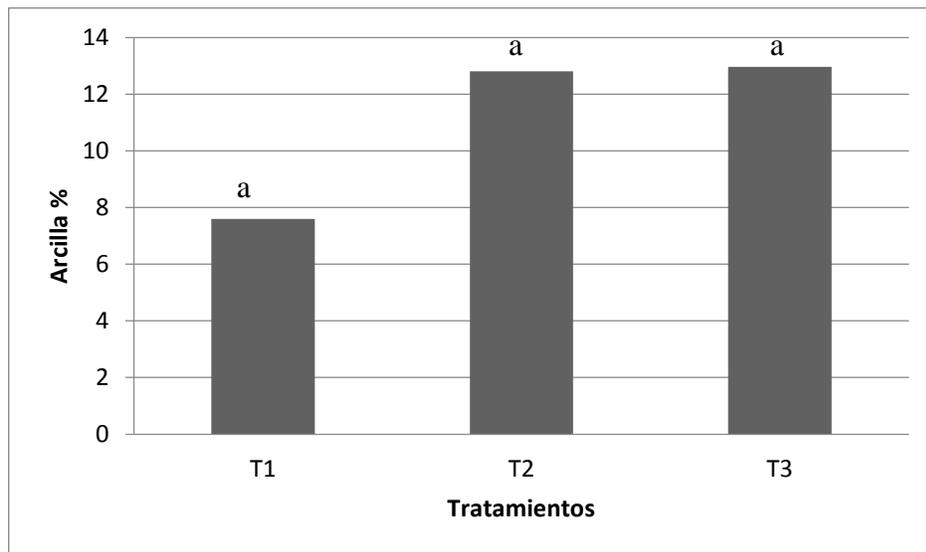


Figura 94.-Comportamiento de los porcentajes de Arcilla de acuerdo a los tratamientos.

Tabla 21.-Análisis de varianza respecto al pH

FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)**
Tratamientos	2	0.64133	0.32067	16.305	0.0003789
Error	12	0.23600	0.01967		

**Nivel Significativo ($p < 0.05$)

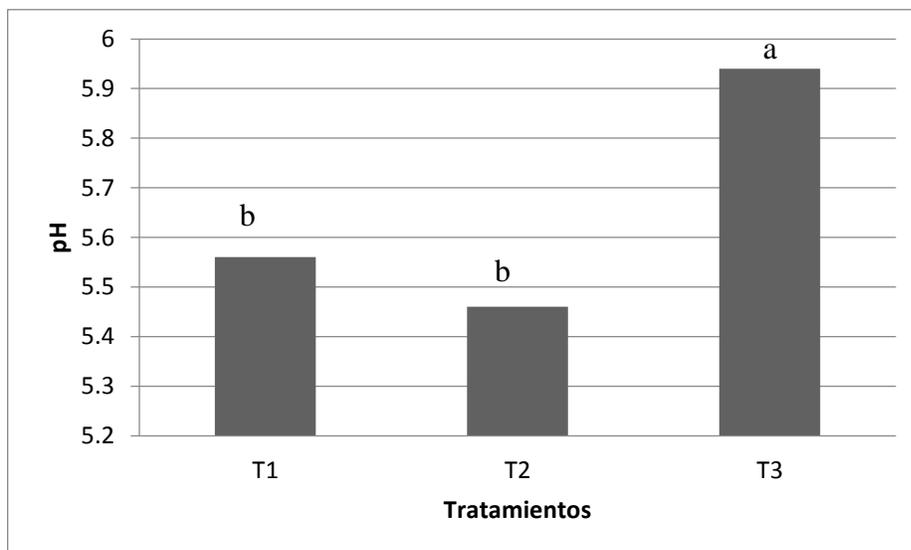


Figura 95.-Comportamiento del análisis de varianza respecto al pH.

Tabla 22.-Resultados obtenidos del ANVA variable Conductividad Eléctrica

FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Tratamientos	2	0.009378	0.0046891	0.2152	0.8094
Error	12	0.261502	0.0217918		

NS no significativo ($p > 0.05$)

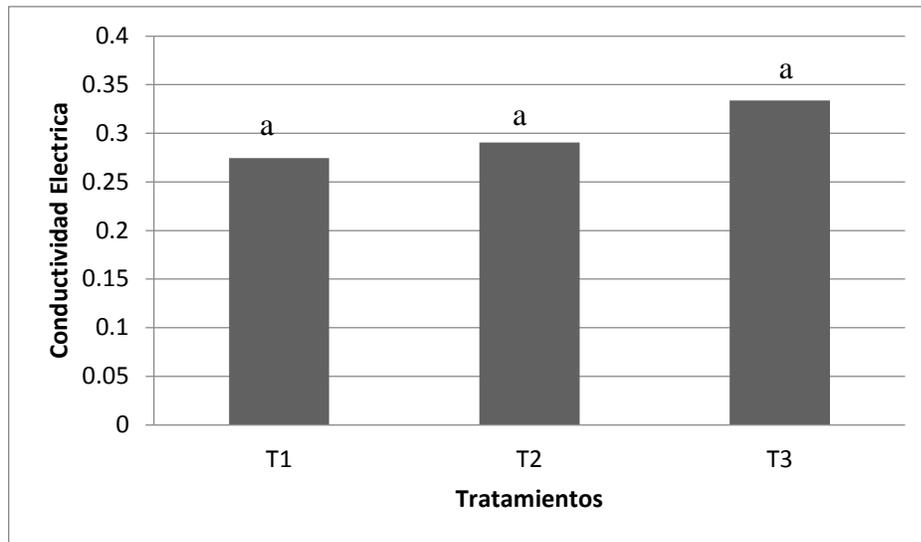


Figura 96 Comportamiento de la Conductividad Eléctrica en función de los tratamientos.

Tabla 23.- Analisis de ANVA de la variable Materia Orgánica

FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Tratamientos	2	1.4967	0.74835	1.8968	0.1924
Error	12	4.7343	0.39452		

NS no significativo ($p > 0.05$)

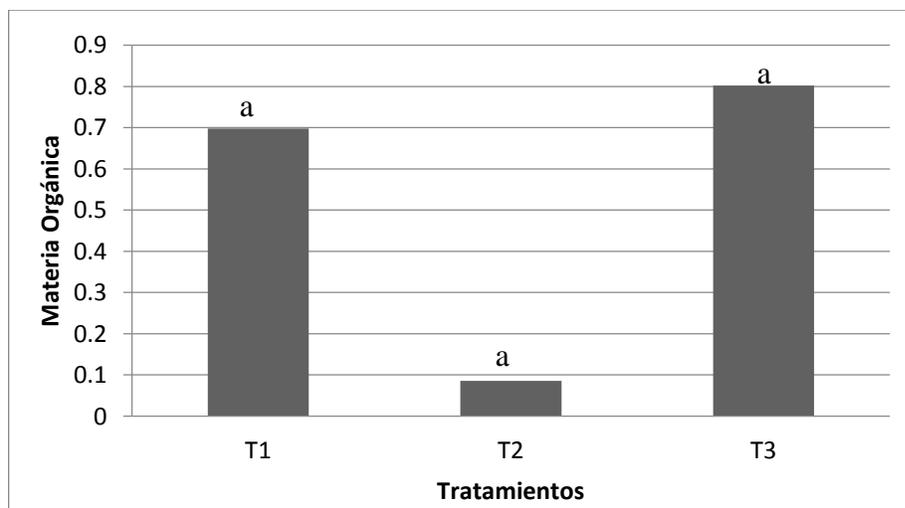


Figura 97.-Comportamiento del análisis de varianza respecto a Materia Orgánica

Tabla 24.-En este cuadro se muestran los resultados obtenidos del ANVA de la variable Carbonatos Totales

FV	GL	SC	CM	F	Pr(>F)
Tratamientos	2	220.61	110.30	0.766	0.4863
Error	12	1727.88	143.99		

NS no significativo ($p > 0.05$)

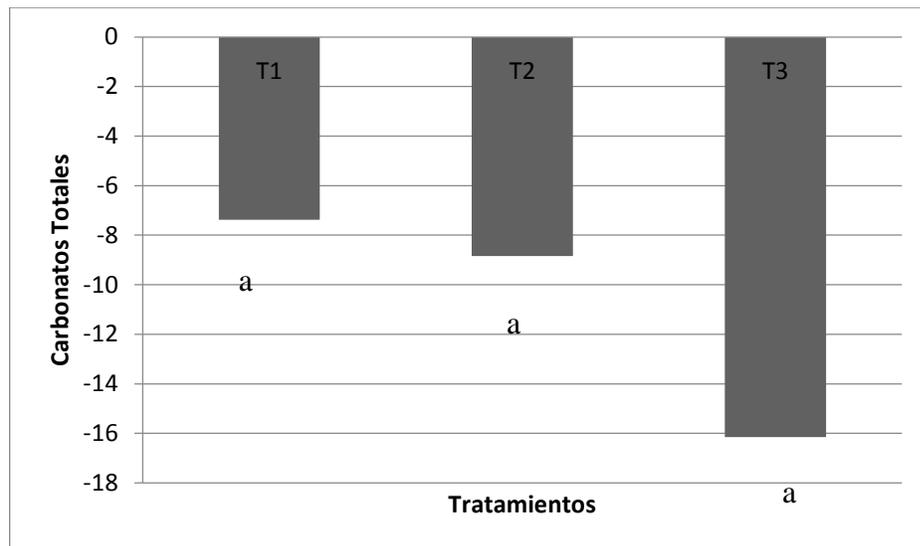


Figura 98.-Comportamiento del análisis de varianza respecto a Carbonatos Totales..

4.1.-Comportamiento del cultivo

4.1.2.-Altura de la planta

En el presente trabajo se pudo constatar que el desarrollo del cultivo en relación a su altura fue mayor en el tratamiento con malla, comparado con una altura menor en donde el suelo no estaba protegido con malla. Este comportamiento se debe probablemente a que el suelo sin malla haya erosión, tal como se muestra en la siguiente grafica

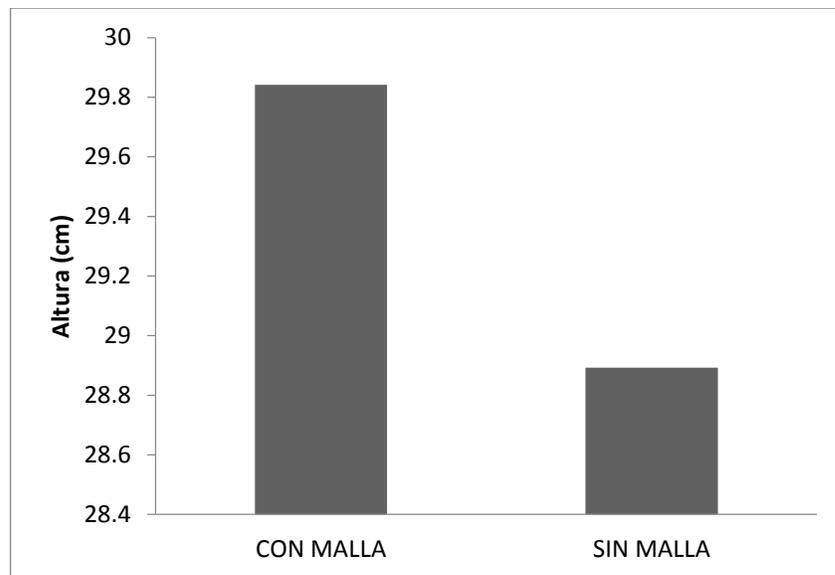
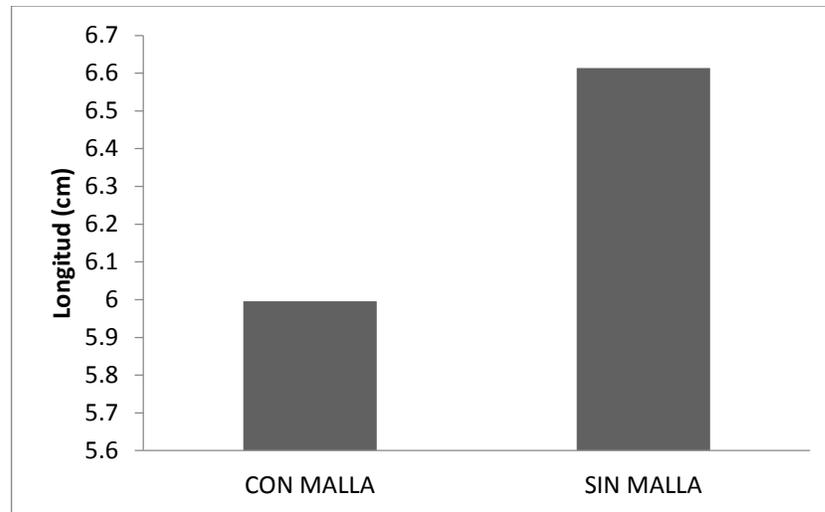


Figura 99.-Comportamiento de la altura de la cebada en función a la cobertura del suelo

4.1.3.-Desarrollo radicular

Uno de los factores que limitan el desarrollo del sistema radicular son las condiciones físicas del suelo como es el caso de la textura, en este experimento el suelo presenta una textura Arena Migajon. Esto nos indica que existe una adecuada aereacion y espacio entre partículas. Sin embargo otros factores que afectan el desarrollo radicular son la profundidad de suelo y las características químicas que presentan, como es el caso del pH .El comportamiento de la longitud radicular se observa que fue inverso a la altura que tienen las plantas

, probablemente esto se deba a que el cultivo establecido con suelo en la malla, su sistema radicular es muy superficial y puede tener poco anclaje.



Figuras 100.-Comportamiento de la longitud de raíz en base al cultivo de cebada a la cobertura del suelo

El comportamiento de la longitus radicular se observa que fue inverso a la altura que tienen las plantas, probablemente esto se deba a que el cultivo establecido con suelo en la malla, su sistema radicular es muy superficial y puede tener poco anclaje.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES

La implementación de mallas de costales de ixtle es una herramienta útil para la restauración de espacios degradados la cual permiten ayudar a la sujeción o refuerzo de los suelos antes problemas de erosión en suelos altamente removidos, en la extracción de recursos minerales o naturales.

Estas mallas orgánicas nos permiten obtener la restauración de los suelos y con el tiempo con su degradación de la malla el suelo recupera sus propiedades. Y se obtiene una restauración paisajística ya que es importante para la mejora visual del medio ambiente.

El ixtle es un material orgánico, corto plazo de degradación, con facilidad de obtención y a su vez apoyando al campo mexicano.

CAPÍTULO VII

LITERATURA CITADA

- A. Takei, K. S. (1981). Erosion and sediment transport measurement in a weathered granite mountain area. *Erosion and sediment transport measurement, actas del simposio de florenia IAHS publicacion No 133*, 493-502.
- Alimentación, M. d. (s.f.). En M. d. Alimentación. Biblioteca Virtual, Libros Digitalizados.
- Almorox et al. (2010). La degradación de los suelos por erosión hídrica. métodos de estimación. En F. L. Javier Almorox Alonso, *La degradación de los suelos por erosión hídrica. métodos de estimación* (págs. 34-35). España: Universidad de Murcia.
- Álvarez-Manilla, A. a. (2002). Caracterización de suelos y control espacial por medio. En A. G. Álvarez-Manilla, *Caracterización de suelos y control espacial por medio* (pág. 56). Queretaro, Mexico: Secretaria de Comunicacion y Transportes.
- Bonterra Ibérica, S. (2012). *Copyright 2012 Bonterra*. Recuperado el 2 de Febrero de 2014, de Copyright 2012 Bonterra: http://www.controlerosion.es/?page_id=5.
- Calderón Sáenz, F. (2002). La conductividad electrica y la conductividad electrica a granel del suelo como base para la medicionde humedad.
- Camacho. (2009). Programa de Ingenieria de la Produccion Agropecuaria. Venezuela: Universidad Nacional Esperimental del Sur.
- Cantabria, M. T. (24 de Diciembre de 2010). *Iberoverde*. Recuperado el 21 de Febrero de 2014, de Iberoverde: www.mallatalud.com
- Cardenas, A. (Septiembre de 2011). *PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MINERALES DEL SUBSUELO*. Recuperado el 12 de Marzo de 2014, de PROCESO DE EXTRACCIÓN DE MINERALES DEL SUBSUELO : procesodeextraccin-demineralesd.blogspot.com/
- Casanova Olivo, E. F. (2005). Introduccion a la ciencia del suelo. En E. F. Casanova Olivo, *Introduccion a la ciencia del suelo* (págs. 80-82). Venezuela: ISBN.

- Desamparados et al. (2001). Prácticas de edafología y climatología. En D. e. al, *Prácticas de edafología y climatología* (págs. 45-46). Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Díaz, M. A. (2002). La erosión en la región de Murcia. En M. A. Díaz, *La erosión en la región de Murcia* (pág. 13). España: Universidad de Murcia.
- FAO. (1997). *Medición sobre el terreno de la erosión del suelo y de la escorrentía. (Boletín de suelos de la FAO - 68)*. Recuperado el 30 de Marzo de 2014, de <http://www.fao.org/docrep/T0848S/T0848S00.htm>
- FAO et.al. (1997). Manual de prácticas integradas de manejo y conservacion de suelos. En F. e. al., *Manual de prácticas integradas de manejo y conservacion de suelos* (pág. 9). Nigeria: ISSN.
- FAO, a. (1976). Upper Solo watershed management and upland development, indonesia proyect INS/72/006, Termination FieldDocument No 6. *Soil Conservation by B.C. John y W. van der goot Roma*.
- Ford, P. P. (1984). Characterization of hazardous waste sites- A Methods Manual: Volume II. *Available sampling methods. Segunda edición. EPA-600/4-84-076.*, 300.
- García, A. G. (1999). Cultivos herbáceos extensivos. En A. G. García, *Cultivos herbáceos extensivos* (pág. 145). España: Mundi-Prensa.
- Hernández et al. (2006). El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo. En H. e. al, *El suelo: Fundamentos sobre su formación, los cambios globales y su manejo* (pág. 107). México: INCA.
- http://es.wikipedia.org/wiki/Vasos_comunicantes. (25 de febrero de 2014). <http://www.wikimediafoundation.org/>. Recuperado el 30 de marzo de 2014, de <http://www.wikimediafoundation.org/>: http://es.wikipedia.org/wiki/Vasos_comunicantes
- Josep M^a Alcañiz, O. O. (1987). *CREAF* . Recuperado el 24 de Enero de 2014, de *CREAF* : <http://www.creaf.uab.es/spa/investigacion/131.htm>.
- KAISER, W. H. (1995). Method of measuring soil erosion losses: rill and sheet erosion USDA - SCS. *Soil Survey Tecnichal Notes*, 13-14.
- Karma A. (1993). Chemical properties of organic soils. In: Soil sampling and methods of analysis. En K. A, *Chemical properties of organic soils. In: Soil sampling and methods of analysis* (pág. 20). Canada: Lewis Publishers.

- Labarthé, P. (2011). Levantamiento puntos. En *Informe de nivelacion de terreno* (pág. 3). Universidad Tecnologica metropolitana: Publicado por Francis Lorena Contreras Rojas.
- Llorca et al. (2006). Prácticas de atmósfera, suelo y agua. En L. e. al, *Prácticas de atmósfera, suelo y agua* (pág. 79). Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Marín et al. (2002). Analisis quimico de suelos y aguas. En M. e. al, *Analisis quimico de suelos y aguas* (págs. 99-100). Valencia: Universidad Politecnica de Valencia.
- Mason, B. (1992). Preparation of soil sampling protocols: sampling techniques and strategies. *US EPA, EPA/600/R-92/128.*, 169.
- MATAIX, C. e. (1999). Manual de estabilizacion y revegetación de taludes. En C. e. MATAIX, *Manual de estabilizacion y revegetación de taludes* (pág. 2). Madrid, España: Carlos López Gimeo.
- Mc Rae. (1988). Practical Pedology: Studying Soils in the Field. En *Practical Pedology: Studying Soils in the Field.* (pág. 253). Ellis Hoorwood Limited.
- Miquel, C. e. (2006). Yacimientos minerales: Los tesoros de la tierra. En Miquel, *Yacimientos minerales: Los tesoros de la tierra* (págs. 43-44). México: Fondo de Cultura Económica.
- Natur Grup Integral, S. (1996). *Jardinatura*. Recuperado el 18 de Febrero de 2014, de Jardinatura: www.Jardinatura.com,
- OEA. (1967). Seminario Internacional Sobre la Ensenanza de Ecologia y Suelos en las Facultades de Agronomia de America Central. En I. I. Agronomicas, *Internacional Sobre la Ensenanza de Ecologia y Suelos en las Facultades de Agronomia de America Central* (pág. 98). Costa Rica: IICA.
- Paisajes del Sur, S. (1988). *Restauración Paisajística*. Recuperado el 14 de Febrero de 2014, de Restauración Paisajística: <http://www.restauracionpaisajistica.com/empresa/>
- Rojas Valverde , E. A. (11 de Octubre de 2010). *Erosión+d.. - Scribd*. Recuperado el 15 de Enero de 2014, de Erosión+d.. - Scribd: <http://es.scribd.com/doc/39074235/Erosion-d>
- Santoyo et al. (2004). Guia para el cultivo de cereales en el Estado de México. En *Guia para el cultivo de cereales en el Estado de México* (págs. 8-10). México: DR C.
- SEMARNAT. (23 de Septiembre de 2002). *Degradacion de suelos en Mexico*. Recuperado el 10 de Enero de 2014, de Degradacion de suelos en Mexico: http://appl.semarnat.gob.mx/dgeia/informe_04/03_suelos/cap3_1.html

- Serrano, J. F. (2009). Agricultura ecológica: Manual y guía didáctica. En J. F. Serrano, *Agricultura ecológica: Manual y guía didáctica* (pág. 95). España: Aedos, s.a.
- Stocking, et al. (2001). Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra. En e. a. Stocking, *Manual para la evaluación de campo de la degradación de la tierra* (págs. 80-81). España: Aedos, s. a.
- Tayupanta, J. (1993). La Erosion Hidrica: Proceso, Factores Y Formas. En J. R. J, *La Erosion Hidrica: Proceso, Factores Y Formas* (págs. 6-7). Ecuador: "Santa Catalina".
- US EPA. (1991). Site characterization for subsurface remediation. *Center for Environmental Research Information Office of Research and Development.EPA/625/4-91/026.*, 159.
- Valencia y Hernandez. (2002). *Muestreo de suelos, preparación de muestras y guia de campo*. Mexico D.F.: UNAM.
- Willard et al. (1974). Instrumental methods of analysis. En W. e. al, *Instrumental methods of analysis*. (págs. 19-20). New York: Van Nostrand.
- Zachar, D. (1982). Soil Erosion Devols in soil sciences 10. *Elsevier Amsterdam*.

CAPÍTULO VIII

ANEXOS



Anexo 8.1.- Capas del suelo



Anexo 8.2.- Distribución de estacas



Anexo 8.3.- Extracción de tepoj



Anexo 8.4.- Vegetación atrapada



Anexo 8.5.- Lanzamiento vista panorámica



Anexo 8.6.- Nivelación de manguera

Anexo 8.7.-Tomando datos Relieve

Anexo 8.8.- Cuadro de resultados Textura (Nos muestra los porcentajes de Arena, Arcilla, Limo, de acuerdo a esto, se clasifico en el triángulo de Texturas para determinar dicha categoría).

Tratamientos	Muestras	Arena%	Arcilla%	Limo%	Categoría
Testigo 3/11/2013	1	74	14	12	Arena Migajón
	2	90	6	4	Arena Migajón
	3	98	-6	8	Arena
	4	72	12	16	Arena
	5	72	12	16	Arena Migajón
1° Malla 3/11/2013	6	64	16	20	Arena Migajón
	7	78	10	12	Migajón Arenoso
	8	80	14	6	Arena Migajón
	9	70	16	14	Arena Migajón
	10	80	8	12	Migajón Arenoso
2° Malla 4/05/2014	1	87.5	7.5	5	Arena Migajón
	2	45	25	30	Migajón
	3	72.5	6.6	20.9	Migajón Arenoso
	4	92.5	1.6	5.9	Arena
	5	50	24.1	25.9	Migajón Arcillo-Arenoso

Anexo 8.9.- Datos de pH se clasifico de acuerdo a los valores obtenidos de este parámetro

Tratamientos	Muestra	ph	Categoría
Testigo 3/11/2013	1	5.6	Acidez fuerte
	2	5.5	Acidez fuerte
	3	5.6	Acidez Media
	4	5.6	Acidez Media
	5	5.5	Acidez fuerte
1° Malla 3/11/2013	6	5.4	Acidez fuerte
	7	5.3	Acidez fuerte
	8	5.5	Acidez fuerte
	9	5.6	Acidez Media
	10	5.5	Acidez fuerte
2° Malla 4/05/2014	1	5.6	Acidez Media
	2	5.9	Acidez Media
	3	6.1	Acidez Media
	4	6.1	Acidez Media
	5	6	Acidez Media

Anexo 8.10.- Cuadro de resultados de Conductividad Eléctrica

Tratamientos	Muestras	C.E ms/cm	Promedio
Testigo 3/11/2013	1	0.334	0.2744
	2	0.227	
	3	0.21	
	4	0.229	
	5	0.372	
1° Malla 3/11/2013	6	0.683	0.2904
	7	0.206	
	8	0.17	
	9	0.066	
	10	0.327	
2° Malla 4/05/2014	1	0.405	0.3336
	2	0.324	
	3	0.367	
	4	0.257	
	5	0.315	

Anexo 8.11.- Resultados de Materia Orgánica nos muestra los porcentajes arrojados en el análisis de muestras de suelo

Tratamientos	Muestras	M.0%	Promedio
Testigo 3/11/2013	1	1.64	0.7
	2	1.43	
	3	0.42	
	4	-0.1	
	5	0.1	
1° Malla 3/11/2013	6	0	0.08
	7	0.63	
	8	-0.58	
	9	0.53	
	10	-0.15	
2° Malla 4/05/2014	1	0.41	0.8
	2	0.77	
	3	0.53	
	4	0.53	
	5	1.77	

Anexo 8.12.- Resultados de Carbonatos Totales a continuación se muestran los porcentajes de dichos análisis de suelos

Tratamientos	Muestras	CO3%	Promedio
Testigo 3/11/2013	1	-6.2	-7.37
	2	-7.67	
	3	-7.67	
	4	-6.2	
	5	-9.14	
1° Malla 3/11/2013	6	-14.04	-8.84
	7	-8.65	
	8	-7.67	
	9	-4.73	
	10	-9.14	
2° Malla 4/05/2014	1	-52	-16.14
	2	-12.57	
	3	-9.14	
	4	-1.31	
	5	-5.71	

Anexo 8.13.- Datos de Relieve tomando en cuenta la numeración del estatal, tomar 10 puntos para su análisis.

ESTADAL	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10
0	20	18	12	5	6	6	7	2	8	8
10	19	23	12	8	19	9	5	5	8	7
20	19	22	12	7	7	6	5	5	11	6
30	20	20	18	7	13	8	2.5	8	13	7
40	17	19	8	5	20	4	5	10	16	12
50	14	16	6.5	9	17	5	8	12	16	14
60	10	14	6	12	19	5	10	17	14	11
70	6	13	5	12	7	10	6	20	11	9
80	6	12.5	4	10	14	9	6	21	12	7
90	6	11	3	12	12	7	6	23	12	5
100	7	11	5	15	7	6	7	25	11	4
110	7	6	5	17	5	7	7	23	12	4
120	6	4	7	19	3	4	10	22	12	4
130	5	6	45	20	18	29	39	20	18	18
140	9	8	40	20	29	30	38	18	19	15

150	4	9	22	22	28	26	29	13	17	9
160	8	9	27	23	28	27	28	3	18	7
170	3	10	15	22	22	25	27	6	16	4
180	6	10	9	19	10	25	25	9	19	3
190	7	10	5	15	10	24	24	11	4	3
200	9.5	9	3	9	7	26	20	10	2	4
210	7	6	3	8	4	26	9	11	3	5
220	9	4	4	3	4	25	3	10	3	5
230	12	2	10	3	8	19	5	11	4	5
240	10	4.5	13	5	10	5	9	4	3	2
250	8	4	18	8	10	5	9	4	13	2