



**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”**

**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO**



**CONTROL DE LA EROSIÓN UTILIZANDO MALLAS ORGÁNICAS PARA LA
CONSERVACIÓN DE LOS TALUDES EN LA PRESA DE TIERRA DEL BAJÍO
DE LA UAAAN**

**POR:
CARLOS ROBLERO VÁZQUEZ
TESIS**

Presentada como Requisito Parcial para Obtener el Título de:

INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

Saltillo, Coahuila, México 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE INGENIERÍA

DEPARTAMENTO CIENCIAS DEL SUELO

CONTROL DE LA EROSIÓN UTILIZANDO MALLAS ORGÁNICAS PARA LA
CONSERVACIÓN DE LOS TALUDES EN LA PRESA DE TIERRA DEL BAJÍO
DE LA UAAAN.

TESIS PROFESIONAL

POR:

CARLOS ROBLERO VÁZQUEZ

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

DE:

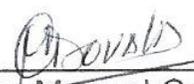
INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL

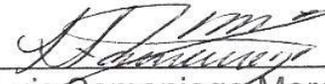
Aprobado por el Comité de Tesis:


Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún
Asesor Principal


MC. Alejandra R. Escobar Sánchez
Coasesor


Dr. Emilio Rascón Alvarado
Coasesor


MC. Juan Manuel Cepeda Dova


Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de Ingeniería

Saltillo, Coahuila, México, Febrero 2015



AGRADECIMIENTOS

A **Díos**, quien supo guiarme por el buen camino, darme las fuerzas para seguir a delante y no desmayar en los problemas que se me presentaban, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento, por bendecirme para llegar hasta donde he llegado, porque hiciste realidad este sueño anhelado.

A mi **Alma Terra Mater** por abrirme sus puertas, por brindarme lo necesario para poder ejercerme como profesionista, siempre estarás en mi corazón como la mejor y única universidad de excelencia y calidad formando a los mejores profesionistas.

Al doc. **Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún** por la orientación y ayuda que me brindó para la realización de esta tesis, por su apoyo, amistad y por brindarme sus conocimientos dentro y fuera de las aulas, gracias por tener su confianza, apoyo y tiempo en el desarrollo del proyecto.

A **MC. Alejandra Del Rosario Escobar** por su enseñanza, comprensión y su apoyo incondicional que siempre me brindo, maestras mil gracias de todo corazón.

Al **M.C Juan Manuel Cepeda Dovala** por su apoyo y colaboración para la realización de esta investigación.

Al **Dr. Emilio Rascón Alvarado** por brindarme sus conocimientos dentro y fuera de las aulas, por apoyarme en la realización de mi tesis.

A mi amigo de la carrera ingeniero agrícola y ambiental **Gilber Roblero Morales**, por brindarme su amistad, apoyo durante la carrera, gracias por los momentos divertidos y felices que pasamos juntos, los llevaré como el más grato recuerdo.

DEDICATORIAS

A mis padres **Carlos Roblero M.** y **Amada Vázquez R.** Con amor y cariño, que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento, por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo corazón de que estén conmigo, por su apoyo, consejos, comprensión, me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi carácter, mi empeño, mi perseverancia, mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis hermanas **Marlení Roblero V.** **Navy Roblero V.** **Loidy Roblero V.** A ustedes por el apoyo incondicional que me han brindado sin importarles la distancia o el tiempo, siempre han estado ahí, en los mejores y peores momentos, por cuidarme y confiar en mí, gracias por ayudarme a ser fuerte y positivo han sido la base en la que me he sostenido para lograr mi sueño, los amo y doy gracias a Dios por darme el privilegio de tenerlas como hermanas.

A mis sobrinos **Royer A. Pérez R.** **Carlos A. Pérez R.** **Haniel Pérez R.** **Xítlali P. Pérez R.** **Giovanni Pérez R.** **Dianne Perez R.** **Aytor f. Ramón R.** **Diego Ramón R.** son mi mayor alegría, el mejor regalo que la vida pudo darme, a ustedes mis peques que siempre están ahí para darle color y dulzura a mi vida.

A mi novia **Ing. Egriselda González G.** por ser parte importante en el logro de mis metas profesionales. Gracias por haber sido mi fuente de inspiración, por tu apoyo incondicional que todos los días me brindas, por estar ahí cuando más lo necesito en las buenas y malas, por tu comprensión y paciencia te lo agradezco de todo corazón eres muy importante en mi vida, te amo.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	<i>i</i>
DEDICATORIAS	<i>ii</i>
RESUMEN	<i>vii</i>
CAPÍTULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
<i>Justificación</i>	2
<i>Objetivo general</i>	3
<i>Objetivos específicos</i>	3
<i>Hipótesis</i>	3
CAPITULO II	4
REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1 Problemática	4
2.2 Definición del suelo.	4
2.3 Degradación del suelo.	5
2.4 Proceso de Degradación del suelo.	6
2.4.1 Degradación por erosión hídrica.	6
2.4.2 Degradación por erosión eólica.	6
2.4.3 Degradación de la cobertura vegetal	7
2.4.4 Salinización.	7
2.4.5 Degradación biológica del suelo	7
2.5 Erosión.	8
2.6 Tipos de erosión.	8
2.6.1 Erosión geológica.	9
2.6.2 Erosión acelerada.	9
2.7 Factores de la erosión.	9
2.7.1 Erosividad.	10
2.7.2 Erosionabilidad.	10
2.7.3 Efecto de la pendiente.	10
2.7.4 Efecto de la cobertura vegetal.	10
2.7.5 Factores socioeconómicos.	10
2.8 Conservación de suelos.	11

2.9 Técnicas de conservación de suelos.	12
2.9.1 Hidrosiembra.	13
2.9.2 Hidromulch.	13
2.9.3 Barreras vivas.	14
2.9.4 Surcos o acequias de infiltración.	15
2.9.5 Muros de piedra.	15
2.9.6 Mantas orgánicas.	16
2.9.7 Mallas sintéticas para la conservación de suelos.	18
2.9.8 Mallas orgánicas.	19
2.10 Pasto buffel	19
2.10.1 Origen y características.	20
CAPITULO III	22
MATERIALES Y MÉTODOS	22
3.1 Ubicación de la investigación	22
3.2 Descripción del área de estudio.	23
3.2.1 Suelo.	23
3.2.2 Hidrografía.	23
3.2.3 Clima.	24
3.2.4 Temperatura.	24
3.2.5 Régimen de lluvias.	24
3.2.6 Heladas.	24
3.2.7 Evaporación.	25
3.2.8 Humedad relativa.	25
3.2.9 Viento.	25
3.2.10 Cultivos.	25
3.2.11 Vegetación.	25
3.2.12 Geología.	26
3.3 Materiales	26
3.4 Metodología empleada	27
3.4.1 Elaboración de la malla.	27
3.4.2 Elección del lugar de investigación de observación.	27
3.4.3 Colocación de la malla.	28
3.4.4 Siembra del zacate buffel.	28
3.4.5 Colocación de costales para captación de suelo erosionado.	29
3.4.5 Elaboración y Colocación de estacas para medir el peso del suelo perdido por erosión.	30

3.4.6 Desarrollo del cultivo del zacate buffel. _____	32
3.4.7 Muestro de suelo. _____	33
3.4.8 Análisis de muestra en el laboratorio. _____	34
3.4.9 Determinación de Textura. _____	34
3.4.10 Determinación de pH. _____	35
3.4.11 Determinación de Materia Orgánica. _____	35
3.4.12 Determinación de Carbonatos. _____	36
3.4.13 Determinación de densidad aparente. _____	36
CAPÍTULO IV _____	37
RESULTADOS _____	37
CAPITULO V _____	48
CONCLUSIÓN _____	48
RECOMENDACIONES _____	48
CAPITULO VI _____	50
LITERATURA CITADA _____	50
CAPITULO VII _____	54
ANEXOS _____	54

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 2.1. NIVELES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN MÉXICO. SEMARNAT. 2000.	4
FIGURA 2.2. PRINCIPALES AGENTES CAUSALES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN EL MUNDO. GACGA. 1994	5
FIGURA 2.3. PRINCIPALES AGENTES CAUSALES DE DEGRADACIÓN DE LOS SUELOS EN EL MUNDO. GACGA. 1994	8
FIGURA 1..4. BARRERAS VIVAS DE TIPO ARBUSTIVAS.....	14
FIGURA 1.5. SURCOS DE INFILTRACIÓN DE AGUAS DE LLUVIA CON ÁRBOLES Y ARBUSTOS	15
FIGURA 2.6. PIRCA CONSTRUIDA CON PIEDRAS Y PLANTACIÓN DE ARBUSTOS.....	16
FIGURA 2.7. MANTA ORGÁNICA FIJAVENT HENO/COCO.....	18
FIGURA 2.8. MALLAS ORGÁNICAS. GESTIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE ANDALUCÍA S.A. (2009).....	19
FIGURA 3.1. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO	22
FIGURA 3.2. LUGAR DE LA INVESTIGACIÓN	27
FIGURA 3.3. ELABORACIÓN DE LA MALLA	28
FIGURA 3.4. SIEMBRA DEL ZACATE BUFFEL	28
FIGURA 3.5. COLOCACIÓN DE LA MALLA	29
FIGURA 3.6. COLOCACIÓN DE ESTACAS	29
FIGURA 3.7. COLOCACIÓN DE COSTALES PARA CAPTACIÓN DEL SUELO	30
FIGURA 3.8. ELABORACIÓN DE ESTACAS	31
FIGURA 3.9. DISEÑO DEL ESTABLECIMIENTO DE LAS ESTACAS.....	32
FIGURA 3.10. ESTABLECIMIENTO DE ESTACAS	32
FIGURA 3.11. DESARROLLO DEL ZACATE BUFFEL	33
FIGURA 3.12. MUESTREO DE SUELO	34
FIGURA 3.13. DETERMINACIÓN DE TEXTURA	34
FIGURA 3.14. DETERMINACIÓN DE PH	35
FIGURA 3.15. DETERMINACIÓN DE M.O.	35
FIGURA 3.16. DETERMINACIÓN DE CARBONATOS	36
FIGURA 4.1. DISEÑO DE LA PRESA DE TIERRA DEL BAJÍO UAAAN.....	38
FIGURA 4.2. PÉRDIDA DE SUELO EN LA PRIMER FILA DE 26 ESTACAS	39
FIGURA 4.3. PÉRDIDA DE SUELO DE LA SEGUNDA FILA DE ESTACAS DE LA 27 A 52.....	40
FIGURA 4.4. PÉRDIDA DE SUELO EN LA TERCER FILA DE ESTACAS DE LA 53 A LA 78	41

FIGURA 4.5. PÉRDIDA DE SUELO EN LA CUARTA FILA DE ESTACAS DE LA 79 A LA 104	42
FIGURA 4.6. PÉRDIDA DE SUELO QUINTA FILA DE ESTACAS DE LA 105 A LA 130	43
FIGURA 4.7. PÉRDIDA DE SUELO SEXTA FILA DE ESTACAS DE LA 131 A LA 156	44
FIGURA 4.8. NUMERO TOTAL DE FILAS DE ESTACAS ESTABLECIDAS.....	45

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO 4.1. RESULTADOS OBTENIDOS DEL LABORATORIO.....	37
CUADRO 4.2. DATOS DE PRECIPITACIÓN 2009 – 2014.....	46
CUADRO 4.3. RIESGOS DE EROSIÓN LAMINAR DE ACUERDO A LAS PÉRDIDAS DE SUELO PROPUESTA POR LA FAO (1980).	47
CUADRO 7.1. DATOS DE PÉRDIDA DE SUELO DE LAS ESTACAS ESTABLECIDAS	55

RESUMEN

En la presente investigación se seleccionó como área de estudio la presa de tierra ubicada en la parte sur de la huerta de nogal en El Bajío de la UAAAN, en la que se presentan evidencias fuertes de erosión hídrica y eólica. Los objetivos de este estudio fueron, generar el desarrollo de vegetación en el talud de la presa, controlar la erosión en surcos minimizando los efectos de las fuerzas erosivas hídricas y eólicas. Reforzar y sujetar con las mallas orgánicas la capa superficial del suelo para protegerlo de desprendimiento y deslizamientos, Mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo y Mejorar la agregación del suelo para hacerlo más resistente a la erosión por salpicamiento, y aumentar la aspereza o rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento. De acuerdo al método de estacas se pudo cuantificar la pérdida de suelo en un área desnuda en un determinado tiempo, así mismo se determinó la capacidad de la malla para el control de la erosión teniendo resultados positivos.

Palabras clave: erosión, mallas orgánicas, conservación de suelo, restauración, presa de tierra.

Correo electrónico: ing.roblero@hotmail.com

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, además de algunas organizaciones internacionales como la FAO e instituciones académicas y civiles. Según PNUMA-Earthscan (2002) 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.

El suelo es una estructura dinámica formada por materiales orgánicos y minerales, siendo un componente esencial del medio ambiente, en él se desarrolla vida, es frágil, de difícil y larga recuperación. El suelo está considerado como un recurso natural renovable, sin embargo el deterioro que actualmente presenta lo hace ver como un recurso no renovable (García y Dorronsoro, 2005).

La degradación del suelo es consecuencia directa del cambio de uso de suelo que el hombre propicia buscando satisfacer sus necesidades sociales y económicas, entre otras, adicionalmente a la falta de conocimientos sobre el manejo del recurso.

SEMARNAT, (2000) menciona que más de la mitad del territorio sufre los efectos de la erosión provocada por el agua o el viento. La erosión hídrica es la primera causa de degradación del suelo en México

La erosión del 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, tala abusiva de árboles, el sobrepastoreo y las malas prácticas de irrigación. El resultado final es que los ciudadanos sufren los daños que afectan los recursos naturales de los cuales dependen, tal como lo señala Rojas (2010).

Justificación

La implementación de mallas orgánicas es una tecnología limpia que no impacta al suelo ni al medio ambiente ya que se fabrican con costales orgánicos que se degradan en un tiempo no mayor a dos años, son una herramienta de suma importancia, ya que con ella podemos reducir la erosión del suelo, así mismo favorecer la adaptación de la cobertura vegetal para tener mejor una retención del suelo.

Es por ello que esta investigación busca implementar el uso de mallas orgánicas (yute) en los taludes de la presa de tierra del bajío en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro la cual su finalidad es almacenar agua para el riego de pequeñas zonas agrícolas. Pero está siendo afectado por la erosión hídrica y eólica con presencia de canalillos, pequeños deslizamiento por los escurrimientos, por tal motivo se decidió aplicar la técnica de restauración de suelo utilizando mallas orgánicas cuyo periodo de degradación estimado es de 1 a 2 años con la finalidad de filtrar el agua, generar el desarrollo de la vegetación y

evitar más pérdida de suelo, conservando de esta forma la estructura de la presa de tierra.

El presente proyecto es una investigación de observación tal como lo marca la legislación universitaria en el capítulo XV de la titulación artículo 87 número II.

Objetivo general

Restaurar y controlar la erosión del suelo por medio de mallas orgánicas

Objetivos específicos

- Generar el desarrollo de vegetación en el talud de la presa
- Controlar la erosión en surcos minimizando los efectos de las fuerzas erosivas hídricas y eólicas
- Reforzar y sujetar con las mallas orgánicas la capa superficial del suelo para protegerlo del desprendimiento y deslizamientos
- Mejorar la agregación del suelo para hacerlo más resistente a la erosión por salpicamiento, y aumentar la aspereza o rugosidad de la superficie para reducir la velocidad del escurrimiento

Hipótesis

Con el uso de mallas orgánicas se minimiza la erosión hídrica y eólica fortaleciendo la capa superficial del talud de la presa con el zacate buffel (*Cenchrus ciliaris L. Link*) y la vegetación nativa, incrementando la vida útil de esta. Así mismo se mejora la integración paisajística.

CAPITULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Problemática

La degradación es el proceso que disminuye la capacidad actual y potencial del suelo para producir bienes y servicios, cuantitativa y cualitativamente.

En nuestro país, el 66% del territorio muestra algún tipo de degradación, en donde se puede apreciar que el 70% de esta cifra es degradación de moderada a extrema, donde la fertilidad del suelo se encuentra reducida fuertemente, como se muestra en la Figura 2.1 (SEMARNAT, 2000).

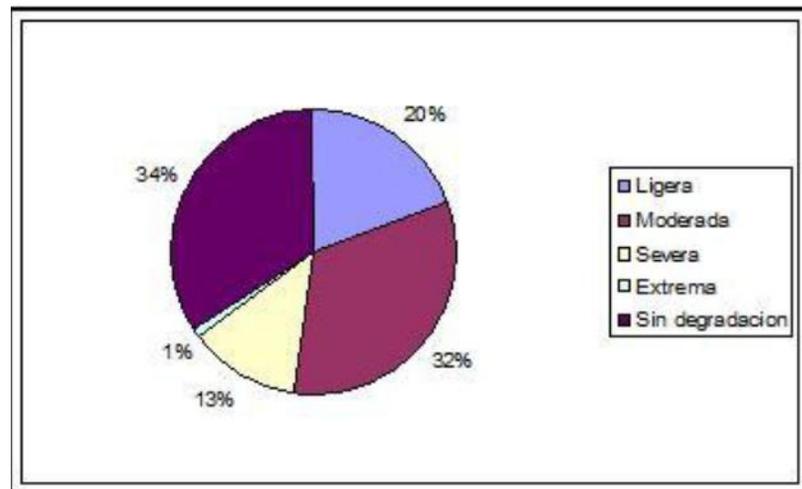


Figura 2.1. Niveles de degradación de los suelos en México. SEMARNAT. 2000.

2.2 Definición del suelo.

Ortiz *et al*, (1994) menciona que el termino suelo se deriva del latín **solum** que significa piso o terreno. En general se refiere a la superficie suelta de la tierra para distinguirlo de la roca sólida

El suelo es un recurso mineral, donde crecen las plantas, está formado por una mezcla de material fragmentado de origen rocoso parcial o totalmente intemperizado, compuesto de minerales, materia orgánica, agua y aire (SAGARPA, 1962).

2.3 Degradación del suelo.

La degradación del suelo es la consecuencia directa de su utilización por el hombre como resultado de las actividades directas como son las pecuarias, agrícolas, forestales, agroquímicos y riego, principalmente o por acciones indirectas, como son las actividades industriales, eliminación de residuos, transporte y urbanización (Figura 2.2) (Dorronsoro, 2005).

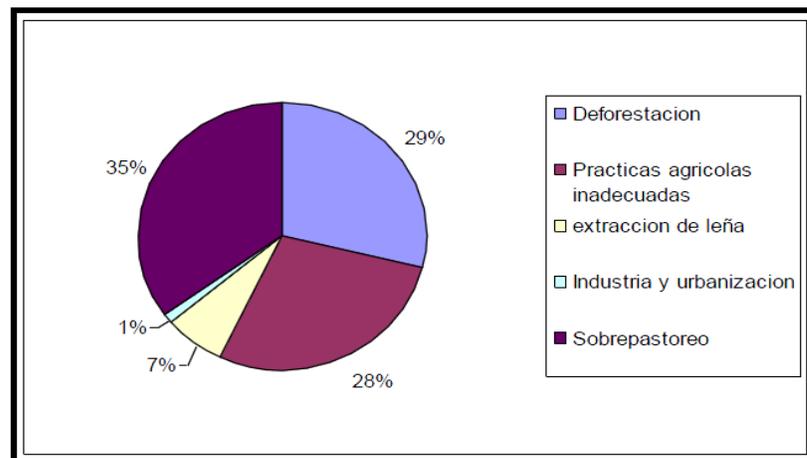


Figura 2.2. Principales agentes causales de degradación de los suelos en el mundo. GACGA. 1994

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 SEMARNAT,

(2000). Se estima que alrededor de 2 000 millones de hectáreas en el mundo sufren algún tipo de deterioro como consecuencia de las actividades del hombre, esto equivale al 15% de toda la tierra firme.

2.4 Proceso de Degradación del suelo. Según la FAO, (1980) el proceso de degradación se puede presentar de la siguiente forma:

2.4.1 Degradación por erosión hídrica. La erosión hídrica es la remoción del suelo bajo la acción del agua, siendo la primera causa de degradación en México. Afecta tanto a las zonas de las cuales se retira el sustrato como a aquellas que son sepultadas por el depósito de sedimentos. En la mayoría de los casos el suelo se vierte al mar, por lo que las zonas afectadas por la sedimentación apenas alcanzan un 0.06% del territorio nacional. Uno de los problemas más graves de la sedimentación es el azolve de represas, que compromete el futuro de obras millonarias para la provisión de agua y generación de electricidad (SEMARNAT, 2000).

2.4.2 Degradación por erosión eólica. La erosión eólica es el desprendimiento y arrastre de las partículas del suelo ocasionado por el viento Ortiz *et al*, (1994), problema propio de zonas áridas y semiáridas que de zonas húmedas, pero puede ser importante en las áreas con lluvias estacionales cuando la vegetación es rala o inexistente durante la estación seca. Este tipo de erosión origina daños en el suelo por la pérdida de suelo en el lugar de origen y de una forma más avanzada, la formación de dunas de arena en tierras antes productivas.

2.4.3 Degradación de la cobertura vegetal. Ortiz *et al*, (1994) menciona que la degradación de la cubierta vegetal se refiere a cambios negativos que ocurren en la vegetación, ocasionando un desequilibrio ecológico.

El bosque es una asociación biológica e hidrológica importante entre la montaña y el valle, ya que el bosque retiene las aguas broncas en la montaña, las infiltra al subsuelo, las canaliza en forma de manantiales y de esta manera no hay erosión.

2.4.4 Salinización. Este proceso de la degradación incluye a la salinidad, sodicidad y a la concentración de boro en el suelo.

El contenido de sales y sodio intercambiable, afecta el crecimiento de las plantas cuando es alterado. Depende de ciertos factores, como la textura, la distribución de la sal en el perfil, la composición de la sal y la especie vegetal.

El boro (B) se encuentra en casi todas las aguas naturales, es esencial en el crecimiento de las plantas. Los síntomas de la toxicidad por (B) comprenden quemaduras características, clorosis y necrosis (Ortiz *et al*, 1994).

2.4.5 Degradación biológica del suelo. SEMARNAT, (2000) menciona que la degradación biológica se refiere a la pérdida de materia orgánica y de los procesos que mantienen la fertilidad del suelo, afectando un 3.6% del país

El decremento de la materia orgánica remueve condiciones de un suelo compacto, duro con poco desarrollo de raíces superficiales y disminución en el

almacenamiento de agua, por lo que la degradación biológica favorece a la degradación física del suelo (Ortiz *et al*, 1994).

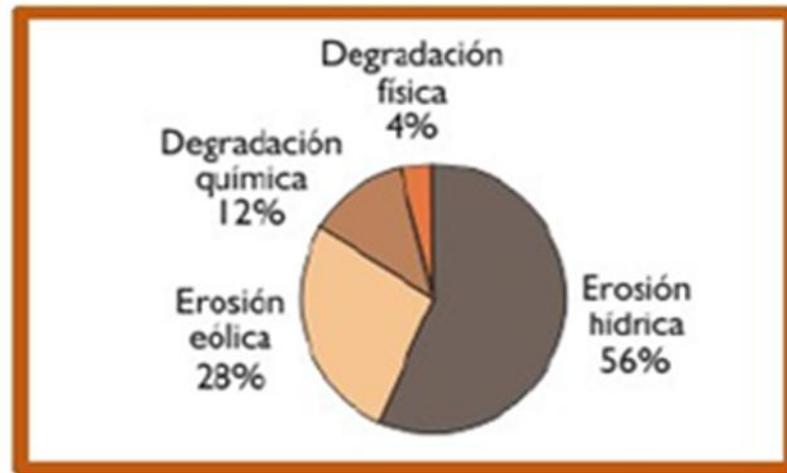


Figura 2.3. Principales agentes causales de degradación de los suelos en el mundo. GACGA. 1994

2.5 Erosión. La erosión del suelo es un proceso con dos fases consistentes en el desprendimiento de partículas individuales de la masa del suelo y su transporte por agentes erosivos como las corrientes de agua y el viento (Morgan, 1997).

Según Figueroa *et al.*, (1991) menciona que la erosión se diferencia de acuerdo al agente erosionante agua o viento y a las formas que dan el transporte de partículas, dominando las formas hídricas, laminar, cárcavas y canalillos

2.6 Tipos de erosión. La erosión del suelo en forma normal desarrolla el relieve y solo cuando el hombre interviene en el proceso la degradación se detiene.

2.6.1 Erosión geológica. Figueroa *et al.*, (1991) menciona que La erosión geológica es aquella que ocurre en la superficie de la tierra bajo condiciones naturales, como consecuencia de los cambios en la superficie terrestre (terremotos y fallamientos) los macizos montañosos son disectados rápidamente por los ríos hasta formarse valles abruptos en donde ocurren movimientos masivos del suelo, tal como los aludes.

En esta erosión el proceso suele ser lento y se prolonga por millones de años, suelen intervenir la lluvia, nieve, frío, calor y viento. En este tipo de erosión los factores moldean perfectamente el paisaje, creando algo bello e impresionante.

2.6.2 Erosión acelerada. Se define como una tasa de erosión incrementada sobre la erosión geológica por las actividades del hombre como labranza, aclareos, quemas o cambio de uso de suelo (Figueroa *et al.*, 1991).

2.7 Factores de la erosión. Según Figueroa *et al.* (1991) los factores que controlan el sistema de erosión del suelo son la erosividad, erosionabilidad, pendiente del terreno y el tipo de cubierta vegetal.

La erosión producida por la precipitación resulta de la interacción de dos factores, la lluvia y el suelo, los cuales influyen sobre la intensidad de la erosión, si bien el estudio de los procesos erosivos suelen considerarse por separado, al efecto de la lluvia se le denomina erosividad y al del suelo erosionabilidad.

2.7.1 Erosividad. Es la capacidad potencial de la precipitación para producir erosión en un mismo suelo, los efectos por dos sucesos de precipitación distintos darán medidas diferentes de la erosividad de cada una de ellas (Elias *et al*, 2001).

2.7.2 Erosionabilidad. Es la resistencia del suelo al desprendimiento y transporte de partículas por los agentes erosivos. Dicha resistencia se ve afectada por los agentes intrínsecos del suelo, la posición topográfica, la pendiente y la cantidad de disturbio de la estructura del suelo que produce el hombre.

2.7.3 Efecto de la pendiente. La erosión aumenta conforme aumenta la inclinación y longitud de la pendiente como resultado de los aumentos en velocidad y volumen del escurrimiento superficial.

2.7.4 Efecto de la cobertura vegetal. La importancia de la cobertura vegetal en la reducción de la erosión es la intercepción de las gotas de lluvia evitando que la energía cinética de las mismas se disipe en el suelo.

La cobertura de plantas juega un papel importante en la reducción de la erosión, siempre y cuando cubra una porción grande de la superficie del suelo. Los bosques son muy efectivos en el control de la erosión, aunque un pastizal muy denso puede tener la misma eficiencia, en los cultivos varía su resultado en función de la etapa de crecimiento.

2.7.5 Factores socioeconómicos. La causa principal de degradación del suelo y de la erosión se origina en la interferencia indiscriminada de los humanos sobre el balance ecológico natural de los ecosistemas, debido al abuso y mal

manejo del suelo y de los recursos hídricos, sobrepasando la capacidad de producción de un terreno. Bajo condiciones naturales los ecosistemas tienden a un equilibrio con la erosión en función de su geología, topografía, suelo y clima de sus condiciones hidrológicas y de microclima, de sus comunidades de plantas y animales.

El desequilibrio ecológico, es una situación de desajuste o alteración de las relaciones de interdependencia entre los componentes naturales que conforman el ambiente, sus causas en su totalidad son los seres humanos y se debe a que estos aprovechan exageradamente los recursos naturales que son de vital importancia para la sobrevivencia entre ellos están el agua, el aire, la flora y la fauna que son los que mantienen el equilibrio de la naturaleza.

Desde la revolución industrial, el hombre ha incrementado intensamente su control sobre la superficie terrestre del mundo. Actualmente se estima que aproximadamente el 11% de la superficie terrestre del planeta está bajo control intenso, el 30% bajo control moderado, y el 59% ha sido empleado poco por las sociedades humanas. En el caso de Saltillo según los datos del último censo de población del INEGI, Saltillo tiene 725 mil 123 habitantes y 187 mil 764 viviendas habitadas; el tamaño promedio de los hogares es de 3.9 integrantes que en comparación con años anteriores la población a aumentado.

2.8 Conservación de suelos. En un principio, la conservación se concebía como el establecimiento de áreas excluidas de las actividades productivas, y decretadas con el fin de proteger zonas con valor paisajístico, recreativo e

hidrológico, o bien para decretar vedas sobre recursos maderables (Soberón *et al.*, 1995).

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

López, (2002) menciona que la recuperación del suelo puede lograr mejoras en las propiedades físicas y químicas, pero no suficientemente como para restaurar el suelo a nivel original.

2.9 Técnicas de conservación de suelos.

Las obras para evitar la pérdida de suelo por escurrimiento superficial del agua tienen por objeto captar el agua de lluvia, favorecer su penetración e impedir que se escurra sobre la superficie, por lo que además cumple la función de conservar agua previniendo su escasez, al menos parcialmente en los suelos (Carrasco, *et al.*, 1993).

Normalmente "Las estrategias para el control de la erosión utilizan técnicas de *Conservación de Suelos* con las que se pretende, al tiempo en que se obtiene de una determinada superficie de terreno la máxima producción sostenible, mantener las pérdidas de suelo por debajo del umbral que, teóricamente, debe permitir, a la velocidad natural de formación del suelo, compensar las pérdidas por

erosión Morgan, (1994), La erosión es un proceso natural, no puede evitarse totalmente pero puede reducirse a un valor máximo aceptable o pérdida tolerable de suelo."

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

2.9.1 Hidrosiembra. La hidrosiembra es una técnica ampliamente utilizada en países como; Brasil, Italia, Francia, E.E.U.U., Japón, Jamaica, etc., en la estabilización de terrenos inclinados, debido a la existencia de máquinas especializadas dotadas de equipos de bombeo, que permiten proyectar una mezcla de naturaleza sintética, hasta alturas superiores a los 30 metros.

Esta técnica, consiste en proyectar sobre terrenos con declives (taludes, cerros, etc.), una cubierta de 5 a 50 mm de espesor de una mezcla constituida por sustancias químicas adherentes, fibras (de vidrio, de celulosa o de poliéster), emulsiones asfálticas, abonos y semillas, utilizando para ello equipos especiales y costosos (Flores, *et al.*, 1998).

2.9.2 Hidromulch. Es un compuesto de numerosas fibras vegetales (madera), que al ser proyectadas por la hidrosebradora, junto con un estabilizante único desarrollado para tal fin que son sustancias que en solución acuosa con otros materiales, aplicadas sobre el suelo penetran en él y al desecarse, adhiere la mezcla entre las partículas terrosas dándole consistencia y

permeabilidad. Estos estabilizadores pueden ser naturales de orígenes vegetales y/o sintéticos. Actúa como una capa fibrosa protectora que mantiene sólidamente las semillas en contacto con el suelo. Hidromulch fluye y se distribuye fácilmente cuando está mojado, dando lugar a una capa dura e insoluble, una vez seco. Esta capa protege el suelo durante el tiempo necesario para que se desarrolle la capa herbácea, protegiéndolo de los efectos erosivos del viento y la lluvia. Este efecto se mantiene hasta que la vegetación crece, siendo ésta posteriormente, la que proporciona tal protección al suelo (Bonterra Ibérica, 2012).

2.9.3 Barreras vivas. Las barreras vivas son hileras de plantas perennes (árboles o arbustos) establecidas en laderas para reducir la velocidad del agua de lluvias que escurre sobre la superficie del terreno y retener los materiales transportados por ella, Carrasco, *et al.*, (1993), también son útiles para estabilizar las cárcavas cuando se ubican en los bordes y dentro de ellas, proteger zanjas de filtración y pircas como se muestra en la Figura 2.4.

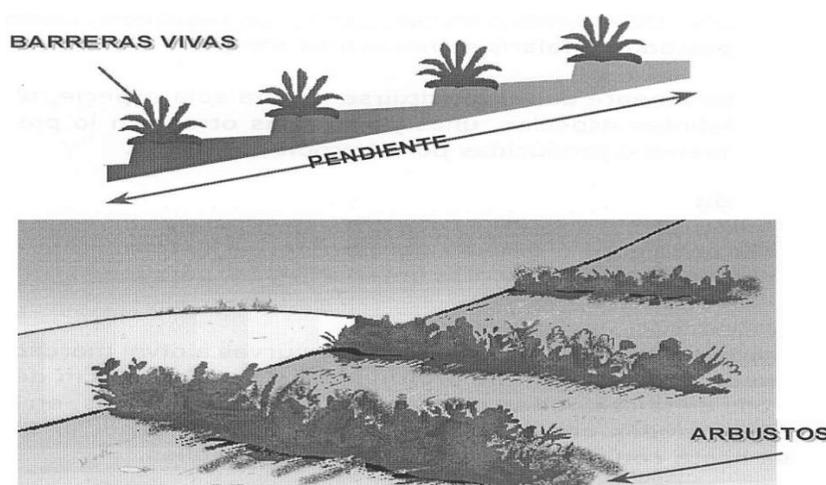


Figura 2.4. Barreras vivas de tipo arbustivas

2.9.4 Surcos o acequias de infiltración. Son acequias excavadas en curvas a nivel. Cumplen un doble fin, por una parte evita que el suelo se erosione por efecto de las lluvias y por otra aumenta la disponibilidad de agua por que detiene su escurrimiento y favorece su infiltración en el suelo. En caso contrario, cuando la humedad aumenta hasta alcanzar el punto máximo de adsorción o cuando el primer horizonte se satura, el agua se infiltra muy lentamente en el segundo horizonte, se produce un escurrimiento hacia las quebradas, y posteriormente al océano. Ello provoca una perdida tanto del recurso hídrico como del suelo Figura 2.5. (Carrasco, *et al.*, 1994).

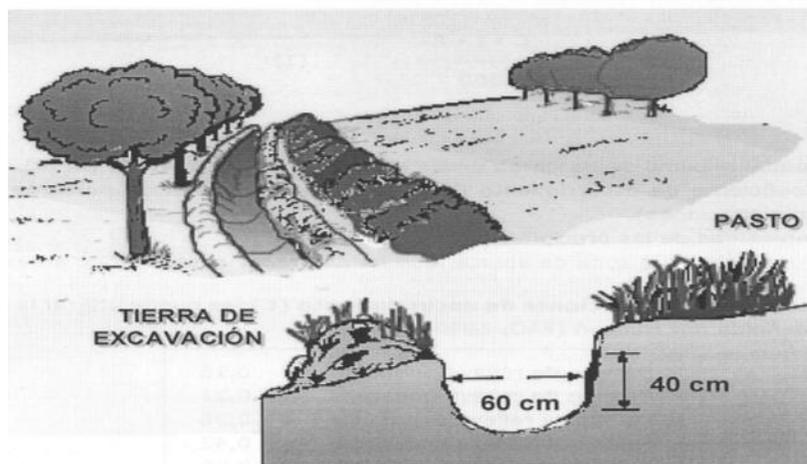


Figura 2.5. Surcos de infiltración de aguas de lluvia con árboles y arbustos

2.9.5 Muros de piedra. Cumplen la función de detener el suelo para darles más estabilidad y protegerlas, es conveniente plantar árboles o arbustos en la parte inferior. El uso de las pircas se justifica en áreas donde exista gran cantidad de piedras, de lo contrario aumentaría el costo por transporte.

Carrasco, *et al.*, (1993) consideran que La asociación de muros de piedra y barreras vivas es una ventaja. Los árboles refuerzan los muros, evitan que las juntas se acerquen demasiado al muro de piedra y dañen su cimiento Figura 2.6. Todos los cuidados indicados para las barreras vivas son validos para este sistema.

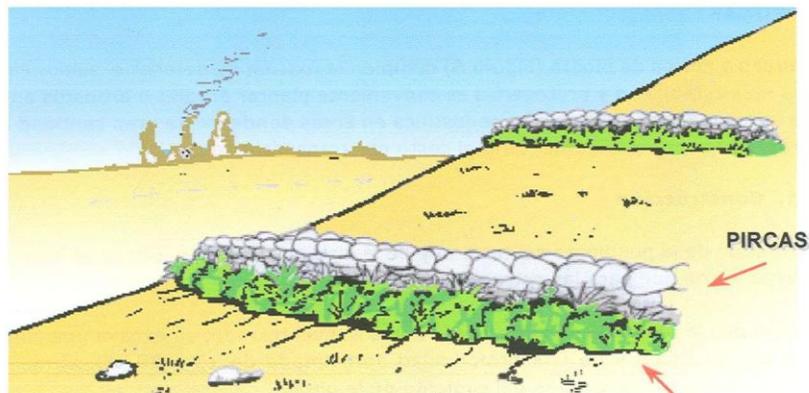


Figura 2.6. Pirca construida con piedras y plantación de arbustos

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

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

Las mantas orgánicas son tejidos permeables generalmente de fibras biodegradables de origen vegetal como acolchado de paja, heno, fibra de coco, ixtle, Contreras, (2003), ayudan a la estabilización de terrenos al disminuir los

impactos de las gotas de lluvia reduciendo así la escorrentía superficial, facilitando la infiltración del agua.

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

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

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

- Disminuir la velocidad de flujo
- Facilitar la infiltración del agua al terreno
- Disminuir escorrentías
- Aumentar la actividad microbiana.
- Favorecer la implantación de la vegetación.



Figura 2.7. Manta orgánica Fijavert Heno/Coco

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

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

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

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

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

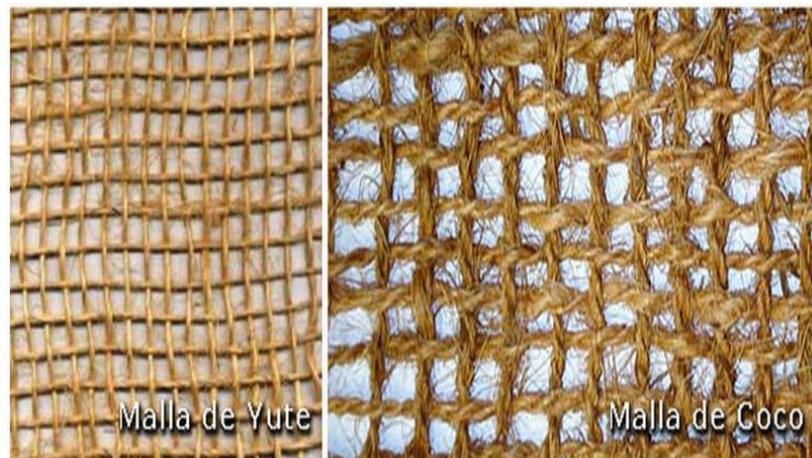


Figura 2.8. Mallas Orgánicas. Gestión de infraestructura de Andalucía S.A. (2009).

2.10 Pasto buffel (*Cenchrus ciliaris* L.)

2.10.1 Origen y características. El zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*, L.) es originario del sur y centro de África y de regiones cálidas de la India e Indonesia, tiene raíces profundas, hasta 1.5 m., por lo que puede aprovechar eficientemente el agua y soportar sequías. Es una especie perenne que se desarrolla en verano.

El Buffel es especialmente producido en zonas semiáridas con climas cálidos o templados clasificados como BS, lo cual significa que la humedad del suelo es limitante, además de la precipitación escasa e irregular. No tolera temperaturas de congelación extremas (menos de 10 °C); a temperaturas menores a 4 °C la producción de hojas disminuye, teniendo humedad puede crecer desde marzo hasta las primeras heladas en Septiembre-Octubre, inicia el rebrote después de acumular 10 a 20 mm de precipitación en el verano.

Se produce por semilla, rizoma y estolón lo cual explica su agresividad. Inicia su crecimiento siempre y cuando se presenten dos condiciones:

1. Humedad en suelo y
2. Temperatura mínima que sobrepase los 15 °C en el verano, si el invierno no es frío y existe cabañuelas, el zacate puede permanecer verde y productivo. Las temperaturas en 29 °C y 35 °C durante el día y 26 °C y 30 °C durante la noche optimizan su crecimiento.

Es buen forraje para el ganado y puede cortarse, henificarse o pastorearse.

Tolera la sequía.

Ayudan a restablecer fertilidad en suelos agrícolas deteriorados y ya establecidos, son pastos robustos, amacollados, perennes, de crecimiento rápido y agresivo (INIFAP, 2005).

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación de la investigación

Este proyecto de investigación de observación se realizó en el talud de la presa de tierra que se encuentra en la parte sur de la huerta de nogal en El Bajío de la UAAAN. La presa se encuentra ubicada por la margen izquierda del arroyo del Pueblo, este lugar se encuentra al Sur de la Ciudad de Saltillo, al Este con la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, al Oeste con la Sierra Cuchillo de Calabacillas, y al Sur con la Sierra de Zapaliname y el Ejido de la Angostura.

La localización geográfica del proyecto es $25^{\circ} 21' 7.53''$ de latitud Norte, $101^{\circ} 2' 37.96''$ Longitud Oeste a una altitud de 1750 msnm.



Figura 3.1. Ubicación del área de estudio

3.2 Descripción del área de estudio.

3.2.1 Suelo. En la parte más alta de la cuenca donde se originan los escurrimientos el tipo de suelo que predomina es el litosol: este es un suelo sin desarrollo, con una profundidad menor a 10 cm. teniendo características muy variables, según el material que lo forma, su susceptibilidad a la erosión, depende de la zona donde se encuentre, pudiendo ser desde moderada hasta alta.

En las partes bajas en la zona del bajío, predomina el suelo con capa superficial rica en material orgánico que descansa sobre roca caliza, es arcilloso y su susceptibilidad a la erosión es moderada, encontrándose aquí el suelo Xérosol Háplico, típico de zonas áridas con elevado contenido de material calcáreo de textura media y fase química gravosa muy permeable, así como también foezen Calcárico, son suelos de textura media con capa rica en materiales orgánicos y calcáricos. El Foezen Calcárico y el Fluvisol Calcárico de textura media, suelo de origen aluvial de fácil manejo y permeable.

Tanto en las partes altas como bajas los suelos se han formado de dos maneras: aluvial por arrastre de partículas de los escurrimientos y coluvial por desprendimiento de material madre de las partes altas y su posterior degradación como consecuencia de la fricción y golpeteo a través de su trayecto. (Ramírez, 1997).

3.2.2 Hidrografía. La principal corriente que abastece de agua a la presa de tierra es el arroyo del pueblo, siendo así el más importante de la región. Este

arroyo nace cerca de la fosa del mamuta a una distancia aproximada de 14 km. Al Sur – Este.

Las principales corrientes del arroyo del pueblo que aportan agua son las que bajan del cañón de las terneras y la encantada, ambas pertenecen a la sierra de Zapaliname ubicada al Sur - Este. Del lado Sur - Oeste existen otras corrientes que aportan pero en menor cantidad, tal es el caso de las chorreras entre otras. (Ramírez, 1997).

3.2.3 Clima. Ramírez, (1997) menciona que el tipo de clima correspondiente es el BW hw (x') (c), que significa clima muy seco semicálido, con invierno fresco, extremo, con lluvias de verano y precipitación invernal de aproximadamente 40% de la total anual.

3.2.4 Temperatura. La temperatura es extrema, variando considerablemente en alguna época del año, alcanzando hasta 42°C en el verano y hasta 8° bajo cero en invierno, siendo la media anual de 19.8°. (Ramírez, 1997).

3.2.5 Régimen de lluvias. La precipitación total anual para esta región oscila entre los 350 a 400 mm.

La época de lluvias va de junio a octubre. El mes con lluvias abundantes es julio y el más seco es marzo. (Ramírez, 1997).

3.2.6 Heladas. Las heladas inician en noviembre, y terminan en marzo. Las más frecuentes y fuertes se presentan en enero. En ocasiones se pueden presentar en abril pero de baja intensidad. (Ramírez, 1997)

3.2.7 Evaporación. La evaporación total anual media es superior a 220 cm. Siendo más alta a finales de primavera y todo el verano, y la más baja en invierno. El valor más alto puede ser de hasta más de 300 cm y el más bajo hasta de 75 cm. (Ramírez, 1997).

3.2.8 Humedad relativa. El valor medio de humedad relativa apenas alcanza un 60% durante el año, los meses mas lluviosos presentan los valores más altos que alcanzan hasta un 80%, y los meses con valores más bajos hasta un 30% en promedio. (Ramírez, 1997).

3.2.9 Viento. Generalmente durante el año predominan los vientos del sureste, pero en invierno los vientos predominantes son del noreste. Los vientos más fuertes ocurren en febrero y marzo. (Ramírez, 1997).

3.2.10 Cultivos. El área agrícola llamada el bajío U.A.A.A.N. tiene una extensión de 25 has. Donde se siembran varios tipos de cultivos como son; maíz, cártamo, frutales predominado el nogal, vid y huertos fenológico y parcelas de investigación. (Ramírez, 1997).

3.2.11 Vegetación. En la parte alta de las montañas predominan los bosques de pino, mezclado con matorral semidesértico de tipo resetofilo y pastizales naturales.

En las partes intermontañosas y las llanuras hay una vegetación de matorrales semi-desérticas y pastizales naturales. (Ramírez, 1997).

3.2.12 Geología. Según Ramírez, (1997) las rocas del subsuelo son de origen sedimentario, constituidas básicamente por areniscas y conglomerados de buena permeabilidad.

3.3 Materiales

A continuación se mencionan los materiales utilizados para la realización del trabajo de investigación de observación.

- | | |
|-----------------------------|------------------------|
| 1) Costales de yute. | 10) Mazo |
| 2) Semilla de pasto buffel. | 11) GPS |
| 3) Agujas | 12) Reactivos |
| 4) Mecate de yute | 13) Bolsas de plástico |
| 5) Pala | 14) Probeta de 1000 ml |
| 6) Azadón | 15) Nivel |
| 7) Cubeta | 16) Tamiz de 2 mm |
| 8) Estacas | 17) Papel periódico |
| 9) Pintura | |

3.4 Metodología empleada

3.4.1 Elección del lugar de investigación de observación. Se realizó un recorrido de campo para analizar las condiciones físicas del talud de la presa de tierra y valorar cuales serían las mayores ventajas del área de estudio, ya que dicho talud de la presa de tierra esta siendo afectada por la erosión hídrica y eólica, siendo la primera la de mayor impacto.



Figura 3.2. Lugar de la investigación

3.4.2. Elaboración de la malla. Se utilizaron 85 piezas de costales de yute de 100 x 70 centímetros, se unieron uno a uno y se hilaron lateralmente hasta formar una manta, se utilizó una aguja acorde a dichos costales ya que el material de yute es muy duro y grueso para su manejo.



Figura 3.3. Elaboración de la malla

3.4.3 Siembra del zacate buffel. El método que empleo para la siembra fue al 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, el cual se realizó el 20 de mayo de 2014.



Figura 3.4. Siembra del zacate buffel

3.4.4 Colocación de la malla. Se eligió el área más erosionada del talud de la presa de tierra para el establecimiento de las mallas donde la vegetación es escasa, ya que esta parte de la presa sufre de erosión hídrica con presencia de

pequeños canalillos y deslizamientos afectando seriamente la estructura de la mima.

Posteriormente se realizó la distribución de la malla en el lugar establecido, colocando las mallas por partes para un mejor manejo, después de establecer toda la malla en el área, se procedió a juntar todas las partes por medio de una costura con mecate de yute.

Se utilizaron estacas para el sostén de la malla, un mazo y machete.



Figura 3.5. Colocación de la malla



Figura 3.6. Colocación de estacas

3.4.5 Colocación de costales para captación de suelo erosionado. Para cuantificar la pérdida de suelo en las mallas se utilizo el método trampas y sedimentos donde se hizo un canal en la parte baja del talud de la presa donde se

estableció las mallas de manera horizontal y se le colocaron costales de yute cubriendo de esta forma el canal, esto con la finalidad de captar los sedimentos de suelo por los escurrimientos que se producen por debajo de la malla para después pesar las mallas con el suelo almacenado y calcular la pérdida de suelo en $T/año^{-1}/Ha^{-1}$ que se produce con la malla orgánica.

El método de trampas de sedimentos es una modificación de las parcelas de esorrentía que permite medir la erosión hídrica en un área determinada bajo condiciones específicas.

Este método tiene la finalidad de captar los sedimentos provenientes de la esorrentía. Para ello se establecen parcelas con bordes que limiten los escurrimientos y se colocan estructuras en los puntos de descarga del área de la parcela. (Vallejos, *et al.*, 1998).



Figura 3.7. Colocación de costales para captación del suelo

3.4.5 Elaboración y Colocación de estacas para medir el peso del suelo perdido por erosión. Para medir el peso del suelo perdido se emplea el método de

estacas, el cual se utiliza para cuantificar las pérdidas de suelo ocasionadas por la erosión hídrica.

Se hicieron 156 estacas de 20 cm, las cuales se pintaron 15 cm, esta parte se enterró en el suelo de tal forma que cubriera toda la parte pintada y conforme pasaran los meses y se presentara la precipitación, observar como la parte pintada de las estacas queda al descubierto y calcular el peso del suelo perdido por erosión en un determinado tiempo.



Figura 3.8. Elaboración de estacas

Las 156 estacas se colocaron a cada 20 cm a un costado de donde se estableció la malla tomando esta área representativa para después hacer la deducción de erosión en el área de observación tanto de donde se establecieron las estacas como donde se estableció las mallas. Se cubrió un área de 5m^2 (1m x 5m), como se muestra en la Figura 3.9

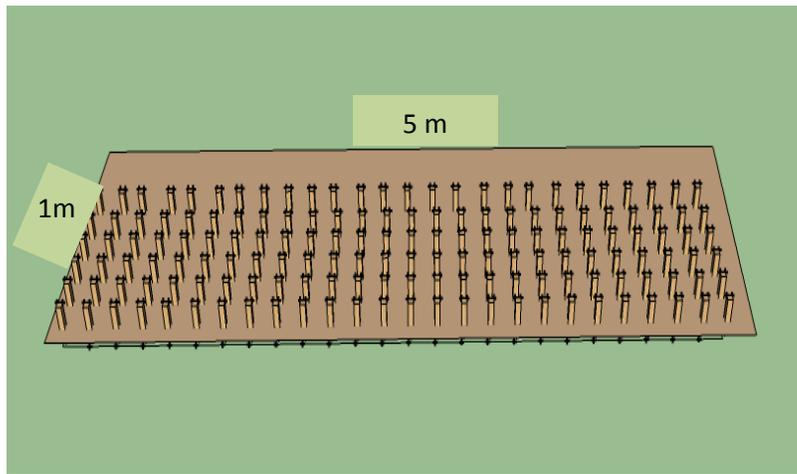


Figura 3.9. Diseño del establecimiento de las estacas



Figura 3.10. Establecimiento de estacas

3.4.6 Desarrollo del cultivo del zacate buffel. Se realizó la siembra de del zacate buffel el 20 de mayo de 2014, después de unos días se empezó a observar la germinación de las primeras plantas, algunas plantas lograron germinar y otras no por motivo de falta de agua, y de las que germinaron algunas salieron fuera de la malla y otras no, esto se debió a que el terreno no estaba completamente parejo, por tal motivo la planta germino pero no pudo salir a la superficie.



Figura 3.11. Desarrollo del zacate buffel

3.4.7 Muestro de suelo. El método utilizado para obtener la muestra de suelo en el lugar de la investigación fue el Muestreo selectivo o a juicio ya que principales ventajas son la facilidad de realización mediante el criterio personal y sus bajos costos, además de que se puede llevar a cabo en zonas heterogéneas como en zonas homogéneas de pequeñas extensiones.

Se tomo una muestra de suelo el día 23 de marzo de 2014 en el área establecida antes de poner las malla siguiendo el método aleatorio, la muestra se tomo de la parte de arriba del centro y de abajo mezclándola posteriormente, el muestreo se realizó con una muestra compuesta a 30 centímetros de profundidad para posteriormente ser analizada en laboratorio y determinar textura, materia orgánica, pH, Conductividad eléctrica y Carbonatos totales.

Se realizó un segundo muestreo de suelos el día 10 de noviembre del 2014, ya con la malla establecida y el pasto, después de 7 meses del primer muestreo, de igual manera siguiendo el mismo método del primer muestreo.



Figura 3.12. Muestreo de suelo

3.4.8 Análisis de muestra en el laboratorio. Para empezar a determinar el análisis de suelo de dejo la muestra de suelo secando por lo menos 24 horas extendiéndolas en papel periódico, posteriormente se prosiguió a tamizar la muestra de suelo, colocándolas en una bolsa para después ser analizarla.

3.4.9 Determinación de Textura. Para el análisis de textura del suelo se utilizo 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).



Figura 3.13. Determinación de textura por el método de bouyoucos

3.4.10 Determinación de pH. Para la determinación del pH se utilizó el método potenciómetro o electroquímico, ya que el pH es una propiedad química del suelo que tiene un efecto importante en el desarrollo de los seres vivos (microorganismos y plantas).



Figura 3.14. Determinación de pH por el método potenciómetro

3.4.11 Determinación de Materia Orgánica. Para la determinación de la M.O se utilizó el método de *Walkey y Black* (Marín et al., 2002).



Figura 3.15. Determinación de M.O. Por el método de Walkey y Black

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



Figura 3.16. Determinación de carbonatos

3.4.13 Determinación de densidad aparente. Para la determinación de la densidad aparente del suelo se empleo el método de excavación, para lo cual se procedió a limpiar y nivelar la superficie del terreno para tomar la muestra.

La densidad de volumen o densidad aparente se define como el peso seco del suelo por unidad de volumen de suelo inalterado, tal cual se encuentra en su emplazamiento natural, incluyendo el espacio poroso. Para medir la densidad aparente se retira del campo una muestra de suelo de volumen conocido y se seca en el horno a 105 °C, hasta que alcanza un peso constante. La densidad aparente se calcula dividiendo el peso seco por el volumen que ocupaba en el campo (Gutiérrez, 2010).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

De acuerdo a los análisis químicos realizados en el laboratorio, se obtuvo los siguientes resultados:

En la primera muestra analizada en cuanto a textura se encontró un suelo de tipo migajón arcilloso, con un pH de alcalinidad media, suelo no salino, medianamente rico en MO y poca presencia de carbonatos, como se muestra en la Figura 4.1. El punto de muestreo de color marrón caqui.

En la Figura 4.1. Se observa la segunda muestra analizada de color cian donde se encontró un suelo arcilloso, con un pH de alcalinidad media sin presencia de sales, medianamente pobre en materia orgánica y poca presencia de carbonatos.

En la tercera muestra se encontró un suelo migajón, con un pH de alcalinidad media, no salino mediano en materia orgánica y medianamente bajo en carbonatos figura 4.1. De color Oro Mate, Cuadro. 3.1.

Cuadro 4.1. Resultados obtenidos del laboratorio

Muestras	Coordenadas	Textura	pH	C.E mS/cm	M.O %	CO₃ %
16/03/2013	25° 21' 4.81"N 101° 2' 38.08"O	Migajón arcilloso	8.22	0.960	1.11	26.60
31/04/2014	25° 21' 7.54"N 101° 2' 43.87"O	Arcilloso	7.6	0.563	2.25	13.88
10/11/2014	25° 21' 7.53"N 101° 2' 37.96"O	Migajón	8.1	0.449	0.74	18.25

En la figura 4.1 podemos observar los diferentes materiales de suelo que se encuentran en el talud de la presa representadas por cuatro colores; los puntos de color negro indican las áreas muestreadas, debido a la extensión de la presa quedaron áreas sin muestrear representadas con los puntos de color rojo. Queda abierta a la posibilidad de otra investigación y compararla con los resultados obtenidos en el laboratorio, esto para caracterizar y conocer las texturas en el talud de la presa. También se presenta el talud interno de color amarillo y la cresta del bordo de color marron de la misma manera se puede observar el vaso de almacenamiento de color celeste.



Figura 4.1. Diseño de la presa de tierra del bajío UAAAN

Con la implementación de la técnica de estacas se pudo cuantificar la pérdida de suelo en el periodo Mayo – Noviembre.

A continuación se presentan seis gráficas una por cada fila de estacas.

Resultados para la primera fila de estacas

En la primera fila de 26 estacas se observa que hay una pérdida de suelo que va desde 0.5 cm hasta los 10 cm, observándose que la mayor pérdida de suelo se realiza en las estaca 6 con 3.6 cm, la 17 con 2.8, la 22 con 6 cm y la 24 con 10 cm, siendo esta última con la mayor pérdida, y las de menor pérdida se encuentran entre las estacas 3 con 0.3 cm y la 11 con 0.5 cm. En general todas las estacas excepto las antes mencionadas se encuentra entre un rango de 1.5 a 2.5 cm de suelo perdido.

Las estacas de mayor pérdida se debió a la formación de pequeños canalillos, ya que es donde se estuvo perdiendo la mayor cantidad de suelo por arastre del agua hacia la parte baja del talud Figura 12.

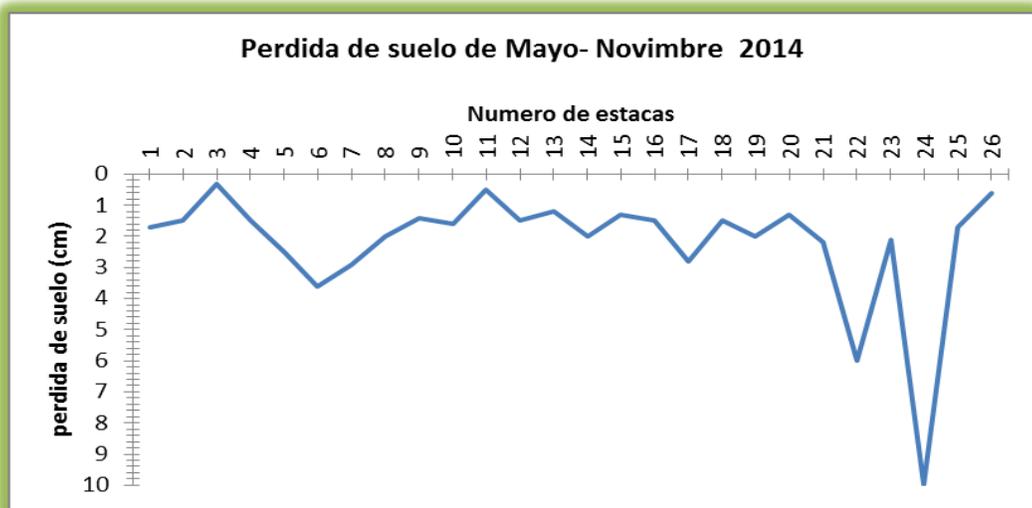


Figura 4.2. Pérdida de suelo en la primer fila de 26 estacas

Resultados para la segunda fila de estacas

En la segunda fila que comprende las estacas de la 27 a la 52 se observa una pérdida de suelo que va desde 1 cm hasta los 9.5 cm, observándose que la mayor pérdida de suelo se realiza entre las estacas 37 con 9.5 cm, la 43 con 3.4, la 44 con 3.6 cm y la 50 con 6 cm, siendo la estaca 37 con la mayor pérdida, y las de menor pérdida se encuentra entre las estacas 39 con 1.0 cm y la 41 y 42 con 1.3 cm. En general todas las demás estacas excepto las antes mencionadas se encuentra entre un rango de 1.3 a 2.7 cm de suelo perdido.

Las estacas de mayor pérdida en este caso la 37 y 50 se debió a la formación de pequeños canalillos, ya que es donde se estuvo perdiendo la mayor cantidad de suelo por arastre de agua hacia la parte baja del talud. Figura 13.

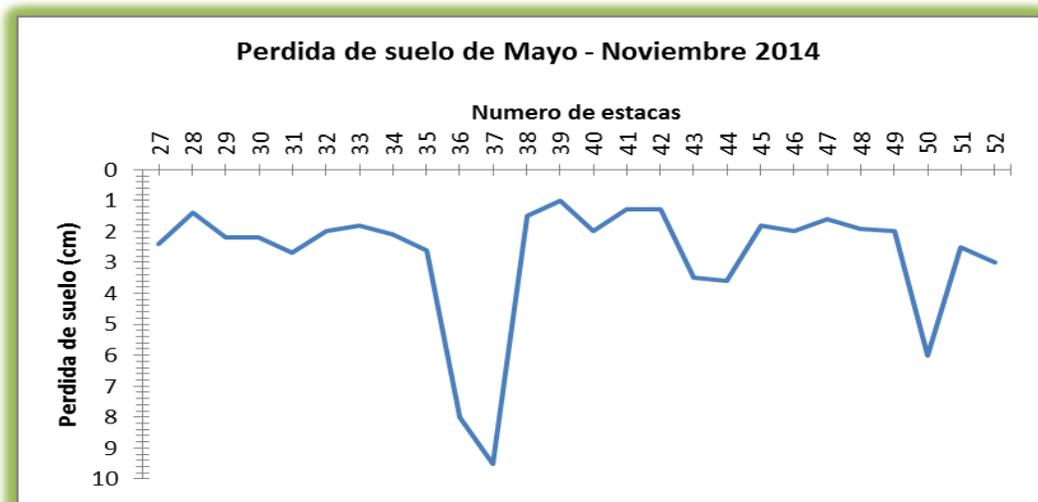


Figura 4.3. Pérdida de suelo de la segunda fila de estacas de la 27 a 52

Resultados para la tercera fila de estacas

En la siguiente gráfica se muestra la tercer fila de la 53 a la 78 estacas en la cual se observa una pérdida de suelo que va desde los 0.8 cm hasta los 4.6 cm, observandose que la mayor pérdida de suelo se realiza entre las estacas 60 con 4.5 cm, la 62 con 4.6, la 70 con 3.9 cm, y la 72 con 3 cm, siendo la estaca 62 con la mayor pérdida, y las de menor pérdida se encuentra entre las estacas 55 con 0.8 cm y la 56 con 1 cm. En general todas las demas estacas excepto las antes mencionadas se encuentra entre un rango de 1.0 a 2.8 cm de suelo perdido.

En este caso las estacas de mayor pérdida fueron la 60 y 62 con 4.5 y 4.6 cm, tambien con presencia de canalillos, pero fue menor la pérdida de suelo en comparación con la gráfica 12 y 13 que hubo mayor pérdida de suelo. Figura 14.

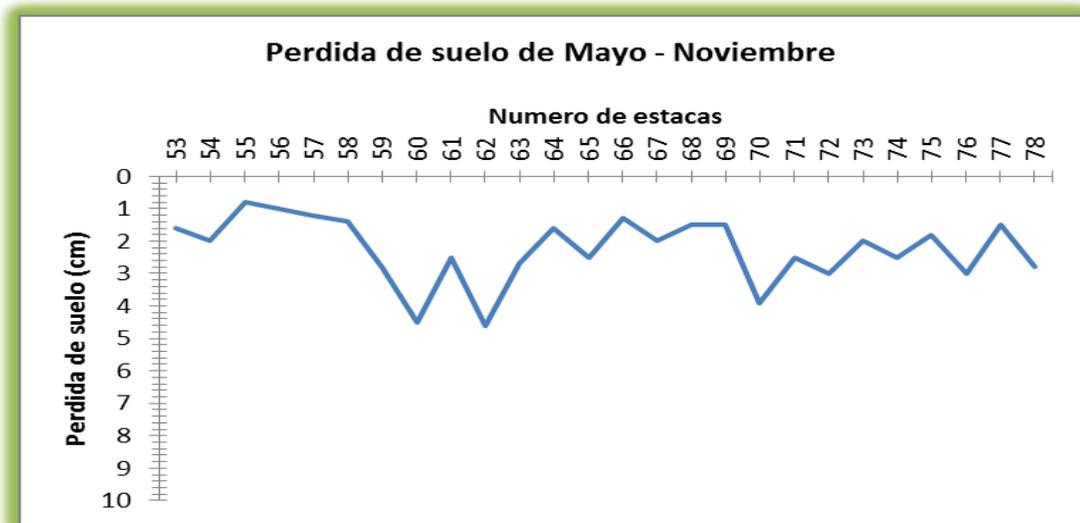


Figura 4.4. Pérdida de suelo en la tercera fila de estacas de la 53 a la 78

Resultados para la cuarta fila de estacas

En la siguiente gráfica se muestra la cuarta fila de la 79 a la 104 estacas en la cual se observa una pérdida de suelo que va desde los 0.2 cm hasta los 4.6 cm, observándose que la mayor pérdida de suelo se realiza entre las estacas 96 con 4.6 cm, la 102 con 4.0, la 92 con 3.9 cm, y la 82 con 2.8 cm, siendo la estaca 96 con la mayor pérdida, y las de menor pérdida se encuentra entre las estacas 103 con 0.2 cm, la 81 con 0.5 cm y la 95 con 1 cm. En general todas las demás estacas excepto las antes mencionadas se encuentra entre un rango de 1.0 a 2.8 cm de suelo perdido.

En este caso las estacas de mayor pérdida fueron la 96 y 102 con 4.5 y 4.6 cm, también con presencia de canalillos, pero fue menor la pérdida de suelo en comparación con la gráfica 14 que hubo mayor pérdida de suelo. Figura 15.

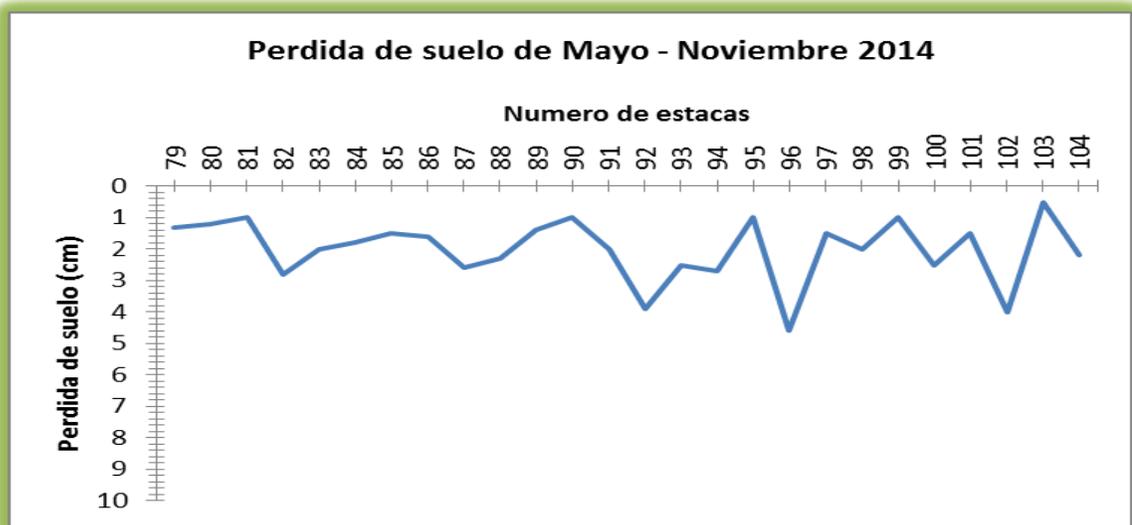


Figura 4.5. Pérdida de suelo en la cuarta fila de estacas de la 79 a la 104

Resultados para la quinta fila de estacas

En la quinta gráfica se muestra la fila 105 a la 130 en la cual se observa la pérdida de suelo que va de los 0.3 cm hasta los 8.0 cm, observando que la mayor pérdida de suelo se encuentra entre las estacas 110 y 114 con 2.8, la 112 con 7.1 cm, la 118 con 3.0, la 126 con 3.2 cm, y la 130 con 8.0 cm, siendo la estaca 130 con mayor pérdida, y las de menor pérdida se encuentra entre las estacas 105 con 0.3 cm, la 107 y 115 con 0.8, la 124 con 0.4 y la 125 y 127 con 0.2 cm y . En general todas las demas estacas excepto las antes mencionadas se encuentra entre un rango de 1.0 a 2.2 cm de suelo perdido.

En este caso las estacas de mayor pérdida fueron la 112 y 130 con 7.1 y 8.0 cm, con presencia de canalillos un poco mas profundas que la gráfica 15, asi mismo la pérdida de suelo fue mayor en esta fila. Figura 16.

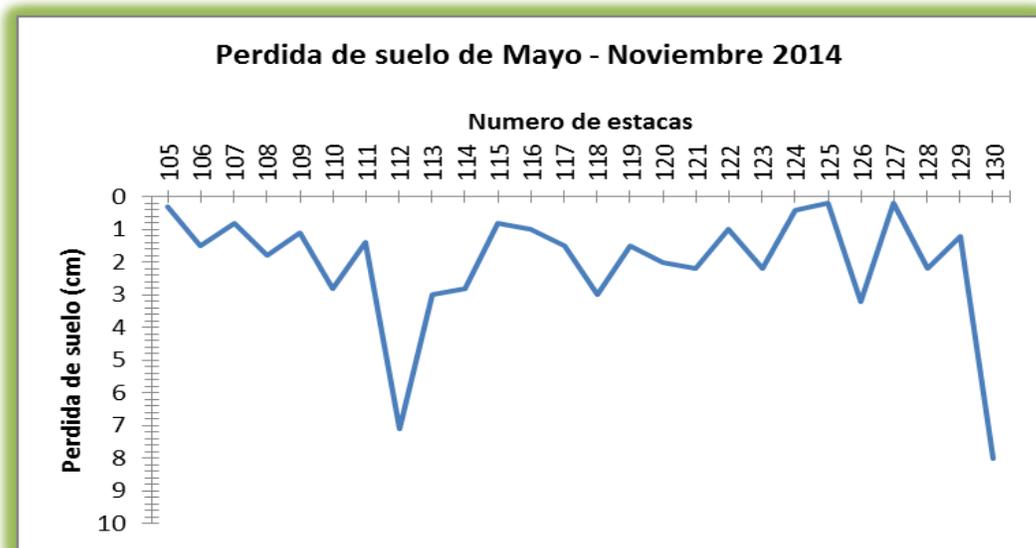


Figura 4.6. Pérdida de suelo quinta fila de estacas de la 105 a la 130

Resultados para la sexta fila de estacas

En la esta gráfica se muestra la fila 131 a la 156 en la cual se observa la pérdida de suelo que va de los 0.5 cm hasta los 6.4 cm, observando que la mayor pérdida de suelo se encuentra entre las estacas 134 con 3.2, la 147 con 4.0 cm, la 149 con 4.6 y 154 con 6.4 cm, siendo la estaca 154 con mayor pérdida, y las de menor pérdida se encuentra entre las estacas 132 con 0.5 cm, la 137 con 0.6, la 142 con 0.3 cm . En general todas las demas estacas excepto las antes mencionadas se encuentra entre un rango de 1.1 a 2.5 cm de suelo perdido.

En este caso la estaca de mayor pérdida fue la 154 cm con 6.4 cm, con presencia de canalillos un poco menos profundas que la gráfica 16, asi mismo la pérdida de suelo fue menor en esta fila. Figura 17.

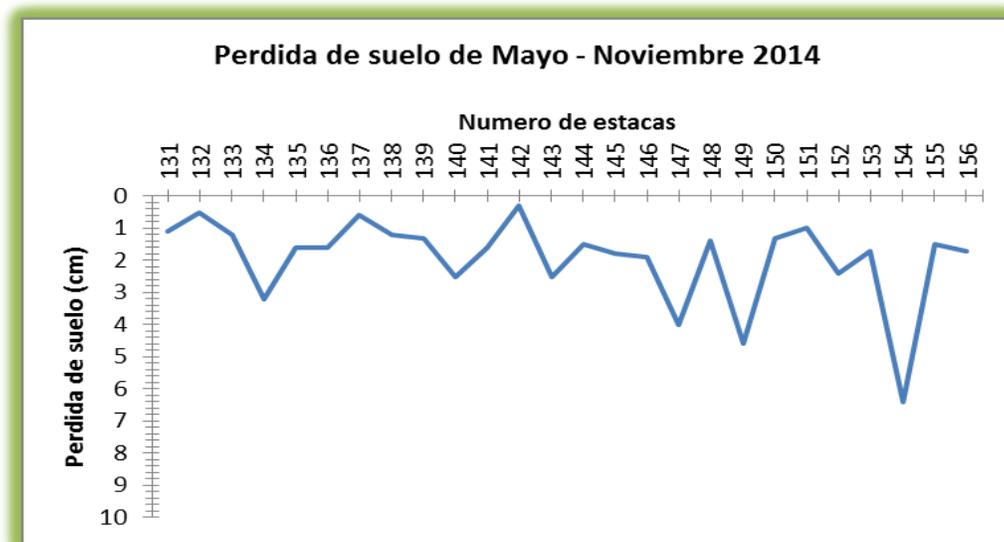


Figura 4.7. Pérdida de suelo sexta fila de estacas de la 131 a la 156

Resultados del total de filas de estacas

En la siguiente gráfica se muestra el total de filas de estacas de la 1 a la 6, donde se observa cual de todas las filas tubo una mayor pérdida de suelo.

Se encontró que la fila 1 es la de mayor pérdida ya que es donde más picos tiene el cual representa los canalillos formados por las corrientes del agua provocando la mayor pérdida de suelo. Continuando con la fila 2 se observa una pérdida menor que la fila 1, de la misma manera se observa la fila 6 demostrándonos una pérdida menor que la fila 1 y 2. También se puede observar la fila 5 y 3 con una disminución de pérdida menor que las antes mencionadas y por ultimo se observa la fila 4 donde podemos ver que tuvo la menor pérdida que las anteriores. Figura 18. Pero sin embargo todas las filas representan una pérdida de suelo debido a la erosión hídrica, de acuerdo a la precipitación presentada en el periodo Mayo – Noviembre como se muestra en el cuadro de precipitación obtenida en el Departamento de Agrometeorología de la UAAAN. Tabla 3.8.

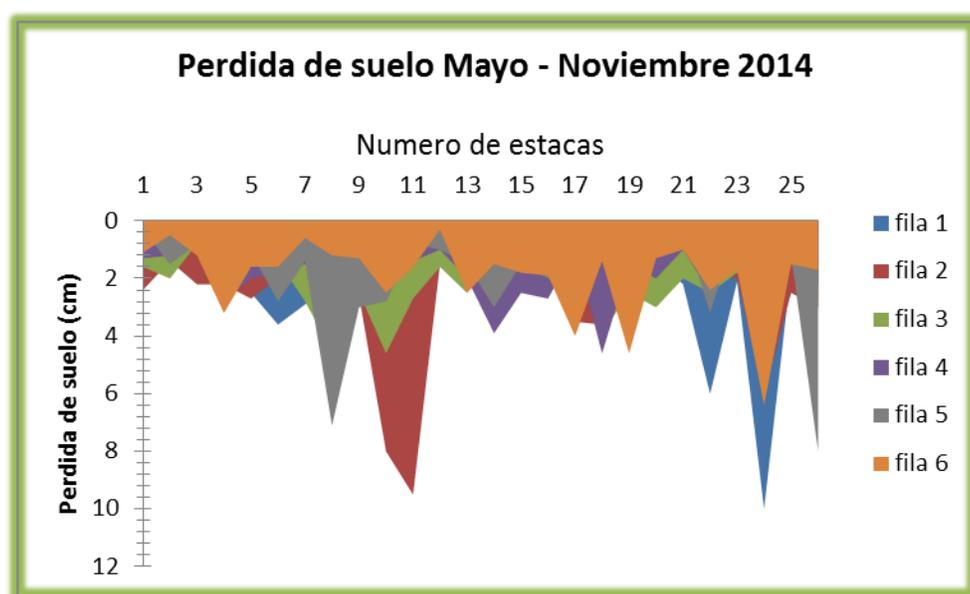


Figura 4.8. Numero total de filas de estacas establecidas

En la siguiente tabla podemos observar la precipitación registrada por el Departamento de Agrometeorología de la UAAAN, del año 2009 al 2014, en el cual se muestra la cantidad de lluvia caída por mes, comparando el total de precipitación se puede ver que los años con mas lluvia son 2009 y 2010 y donde menos llovió fue en el año 2011, siendo el 2014 con la precipitación mas alta con 580 mm total anual, siendo este año donde se llevo a cavo el trabajo de observación. Tabla 3.2.

Cuadro 4.2. Datos de precipitación 2009 – 2014

AÑOS	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	Total	Media anual
2009	0.0	0.0	11.3	2.0	48.0	77.0	12.6	97.6	155.8	22.9	22.5	15.6	465.3	38.775
2010	20.8	22.8	12.0	24.8	44.3	130.4	171.3	23.5	115.7	0.0	0.0	0.0	565.6	47.1333
2011	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	3.4	0.0	18.4	3.3	5.3	0.0	25.8	56.2	4.68333
2012	0.0	25.8	4.0	2.5	7.0	15.8	0.0	35.0	84.9	14.5	2.0	0.0	191.5	15.9583
2013	0.0	0.0	0.0	0.0	49.5	51.9	0.0	0.0	137.3	17.9	27.5	63.5	347.6	28.9666
2014	14.0	0.0	21.1	18.5	44.6	81.1	44.4	125.5	160.6	1.4	69.0		580.2	44.65

Resultado de pérdida de suelo sin malla

De alguna forma las estacas establecidas en esta área nos reflejaron la cantidad de suelo perdido en un tiempo de seis meses, tomando en consideración la perdida obtenida en este lapso y los datos levantados en campo, se realizaron los caculos necesarios para determinar las toneladas que se perderían en un tiempo de 12 meses y nos a rojo un resultado de **589.6 T/ha/año.**

Resultados de pérdida de suelo con malla

Así mismo para ver la capacidad de retención de suelo de las mallas, con los sedimentos acumulados en los costales colocados en el canal y el la D.A obtenida en campo, se pudo pesar y obtener el total de suelo perdido en al área cubierta con las mallas en seis meses.

Teniendo dichos datos se realizaron los cálculos necesarios para obtener las toneladas que se perderían de suelo en 12 meses. El cual nos arrojó un total de **3.865 T/ha/año**. En comparación a un suelo desnudo donde se estaría perdiendo un total de 589.6 T/ha/año.

Clasificación del grado de erosión de acuerdo a la FAO

De acuerdo a la FAO tenemos que el suelo perdido con malla representa un *riesgo ligero de erosión* de 0.5 – 5.0 T/ha/año encontrándose nuestro resultado dentro de este rango, en comparación al suelo desnudo tenemos un *riesgo de erosión catastrófica* encontrándose nuestro resultado por encima de los 200 T/ha/año. Tabla 3.3.

Tabla 4.3. Riesgos de erosión laminar de acuerdo a las pérdidas de suelo propuesta por la FAO (1980).

Grado	Pérdida de suelo T/ha año	Riesgo de erosión	
1	<0.5	Normal	
2	0.5-5.0	Ligera	Con malla
3	5-15	Moderada	
4	15-50	Severa	
5	50-200	Muy Severa	
6	>200	Catastrófica	Sin malla

CAPITULO V

CONCLUSIÓN

El objetivo general del trabajo pudo apreciarse que se cumplió ya que los resultados obtenidos para el control de la erosión se comprobó con la capacidad de retención de suelo de las mallas orgánicas, y se puede decir con certeza que la aplicación de esta misma minimiza en gran cantidad la erosión del suelo causada por factores hídricos y eólicos. Además se apreció gran desarrollo de la vegetación nativa en el talud de la presa ayudando de esta forma la retención de suelo en conjunto con las mallas. En caso del zacate buffel se obtuvo poco desarrollo vegetativo debido a muchos factores que dificultaron su crecimiento tales como ambientales y económicos, a pesar de los inconvenientes presentados se logro reducir en gran cantidad la erosión de ambos tipos en el talud de la presa, de esta manera se comprobó que la hipótesis planteada se cumplió. Además estas mallas orgánicas nos permiten obtener un grado de erosión ligera ya que este es un problema natural que no se puede controlar totalmente pero si se puede reducir a un valor máximo aceptable o pérdida tolerable de suelo.

RECOMENDACIONES

- Establecer otro tipo de pasto para ver su desarrollo sobre la malla y compararla con el zacate buffel ya que en esta investigación no se obtuvo el desarrollo deseado, como por ejemplo la estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*) que es una gramínea perenne de vida larga, frondosa y rastrera, produce estolones de rápido crecimiento con largos entrenudos y sus tallos pueden alcanzar hasta 3 m. de longitud, sobre todo por que tolera bien el calor, la sequía y los suelos de baja calidad; resiste también los suelos ácidos y los salinos.
- O bien establecer las mallas en diferentes puntos de la presa donde se llevo a cavo los muestreos como se señalo en el diseño de la presa antes mencionado con distintos tipos de pastos esto para de evaluar la capacidad de retención de suelo de la malla con cada tipo de pasto.
- Realizar otra investigación en esta misma área sobre el control de la erosión aplicando otra técnica con el objetivo de compararlo con esta técnica de las mallas orgánicas y ver si se obtienen mejores resultados.
- Contar con una fuente de agua que pueda abastecer el riego para cualquier investigación que se quiera realizar en esta área en el tiempo donde la presa no cuenta con agua.

CAPITULO VI

LITERATURA CITADA

- Avaria, C. C., Sánchez, M. C., & Donoso, Á. Z. 2001. Indicadores geomorfológicos de la fragilidad de Paleodunas. *Revista de Geografía Norte Grande*, vol 28 No.28-30, pp 13, 23.
- Bonterra Ibérica, S.L. 2012. *Mallas y Mantas Orgánicas* Granada, España.
- Calderón S, F. 2002. La conductividad eléctrica y la conductividad eléctrica a granel del suelo como base para la medición de humedad.
- Carrasco, J. y Reckmann, O. 1993. La conservación de suelos. *Revista IPA la Platina* N° 78. Santiago de Chile. P. 10-15.
URL: <http://www2.inia.cl/medios/biblioteca/serieactas/NR28871.pdf> (2014).
- Carrasco, J. y Reckmann, O. 1994. La conservación de suelos. II Parte. Determinación de la pendiente distancias y trazados de curvas a nivel. *Revista IPA la Platina* N° 80. Santiago de Chile. P. 10-15.
- Carrasco, J. y Valenzuela, J. 1994. La conservación de suelos. III Parte. Construcción de obras. *Revista IPA la Platina* N° 78. Santiago de Chile. P. 10-15.
- Casal P; Durán J; Montalvo J. 2007. Siembra en mantas orgánicas: establecimiento de nuevas especies y aplicaciones para la restauración de taludes, Universidad de Vigo, Pontevedra España.
- Contreras M. V. 2003. Control de la erosión de suelos con mantas orgánicas: experiencias y aplicaciones prácticas. Citado por: Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (2008). *Mantas orgánicas para el control de la erosión*. Gobierno de España.
- Desamparados S.S. Pons. M.V. 2001. Prácticas de edafología y climatología. En D. e. al, *Prácticas de edafología y climatología* (págs. 45-46). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- Dorronsor C. Departamento de Edafología y Química Agrícola. 2005. Universidad de Granada, España. Unidad docente de investigadores de la Facultad de Ciencias. *Degradación del suelo. Consecuencias del suelo*.
- Elías C. F. y Castellví S. F. *Agro-meteorología*. 2° edición. Mundi-Prensa Libros 2001. 517p.

- FAO-UNESCO 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma: FAO .86p
- Felipe R. M. 1997. Modificación de un Tanque de Almacenamiento Para el Aprovechamiento de Escurrimientos Superficiales de la Cuenca de la Sierra de Zapaliname. Tesis de Licenciatura. UAAAN. Saltillo, Coahuila. 96 p.
- Figuroa S. B., Amante O.,H.G. Cortes, J. Pimentel L., E.S. Osuna C., J.M. Rodríguez O., y F.J. Morales.. 1991. Manual de predicción de pérdidas de suelo por erosión. Colegio de Postgraduados Centro Regional para Estudios de Zonas Áridas y Semiáridas. SAHR. 150p
- Flores, R., Ruiz, F. y Bejarano, C. 1998. La Hidrosiembra: una alternativa para recuperar zonas afectadas ambientalmente. Puerto Ordaz. Venezuela. C.V.G EDELCA. 22 p.
URL: http://www.cadp.org.ar/docs/congresos/2008/53_3.pdf (2014).
- García I. y Dorronsoro C. 2005. Degradación del suelo. Importancia de la degradación del suelo y estado actual.
- Gestión de infraestructuras de Andalucía S. A. (2009). Consejería de obras públicas y transportes. Manual de recomendaciones técnicas para la redacción de proyectos de restauración paisajística. p 41
- Gutiérrez, A. M. 2010. La densidad aparente en suelos forestales. Recuperado el 02 de 04 de 2013, de Escuela Universitaria Técnica Agrícola, Universidad de Sevilla.
- INIFAP, 2005. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias. Centro de investigación regional norte centro campo experimental pabellón. Folleto para productores núm. 37.
- Jardí Natura, S.L. (2013). NATUR GRUP. Disponible en URL: www.hidrosiembra.net <http://www.semillasanfrancisco.com/?p=542> (2014).
- 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
- Llorca R., L. Inmaculada B.C. 2006. Prácticas de atmósfera, suelo y agua. En L. e. al, *Prácticas de atmósfera, suelo y agua* (pág. 79). Valencia: Universidad Politécnica de Valencia.
- López F. R. 2002. Degradación del Suelo. Causas, procesos, evaluación e investigación. Centro interamericano de desarrollo e investigación ambiental y territorial. Universidad de los andes, Mérida, Venezuela. Serie suelos y clima p 72.

- Loredo, O. C. 1994. Efecto de la reforestación en el control de la erosión hídrica. Tesis de Maestría en Suelos. UAAAN.
- Marín G., M. Aragón R., P. Gómez B., C. 2002. Análisis químico de suelos y aguas. Manual de laboratorio. Editorial Universidad Politécnica de Valencia. Valencia, España.
- Morgan, R.P.C. 1994. *Soil erosion and conservation*. Addison Wesley Longman Limited, London.
- Mendoza, M.E; Tinoco R. 1994. Evaluación de terraza de bordo y cultivos en curvas a nivel por el método clavos y rondanas. IRENA, SUWaR, PASOLAC. Managua, Nicaragua. p. 41.
- Ministerio de medio ambiente y medio rural y marino. (2008). Mallas y redes para el control de la erosión y otras aplicaciones Gobierno de España.
- Morgan R.P.C. 1996. Erosión y Conservación del Suelo. Grupo mundi- prensa, Madrid, ISBN: 84-7114-679-7 pp.292-295
- Morgan R.P.C. 1997. Erosión y Conservación del suelo. Ediciones Mundi-Prensa Madrid-Barcelona-México. 334p
- Ortiz S. M.L., Anaya G.M., Estrada B.W.J.W. 1994. Evaluación, cartografía y políticas preventivas de la degradación de la tierra. Comisión de las zonas áridas. Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo. Primera edición. 160p.
- Pacheco, B, O. 2000. Medidas de conservación para suelos potencialmente erosionables de relieve llano ha ondulado. Tesis en opción al título de Master en Fertilidad del Suelo, p 6.
- PNUMA-Earthscan, 2002. Global environment Outlook 3. PNUMA. Nairobi URL: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/411/cap3.pdf> (2014).
- Rojas Valverde, E. A. 2010. *Erosión*. - Scribd. Recuperado el 15 de agosto de 2014, de Erosión. - Scribd: URL: <http://es.scribd.com/doc/39074235/Erosion-d> (2014).
- SAGARPA. Conservación del suelo y agua. 1962. Dirección General de Conservación del suelo y agua Ignacio Mariscal 8, México D.F. 175 p.
- SEMARNAT. Dirección General de Estadística e Información Ambiental. Factores asociados a la degradación. 2000. URL: http://www.semarnat.gob.mx/estadisticas_2000/informe_2000/03_Suelos/3_4_Factores/index.shtml (2014).

- Soberón J., Ezcurra, E., Larson, J., Rodríguez, A. E., para el Desarrollo Sustentable, C. E., Randall, A., & Cedillo, J. A. (1995). Áreas protegidas y conservación in situ de la biodiversidad en México. *Gaceta Ecológica*, 7-15. P3.
- Vallejos, C.C. y Velázquez J.A. 1998. Evaluación de especies leguminosas como cultivos de cobertura y barreras vivas en el control de la erosión en cafetales jóvenes, Matagalpa, Nicaragua. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria.

CAPITULO VII

ANEXOS

5.1 Elaboración de las mallas



Unión de costales



Unión de costales



Unión de los costales



5.2 Siembra al boleto del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris*)



Siembra al boleto



Cubriendo la semilla



Dispersando uniformemente las semillas

5.3 Colocación de la malla



Colocación de la malla en el área



Colocación de la malla



Dispersión de la malla



Cociendo tiras para formar una sola manta

5.4 Colocación de estacas para sostén de la malla



Clavando las estacas



Sosteniendo la malla con las estacas

5.5 Colocación de costales para captación de suelo erosionado



Costales establecidos en el canal



Canal para captación del suelo

5.6 Elaboración de estacas para medir la pérdida de suelo



Pinteo de estacas



Estacas pintadas listas para su establecimiento

5.7 Colocación de estacas a 20 cm para medir la pérdida de suelo



Colocación de las estacas



Medición del área para establecer las estacas



Estacas establecidas



Estacas establecidas en el área

5.8 Determinación de densidad aparente en campo por el método de excavación.



Medición del hueco excavado



Método de excavación



Determinado los lts gastados

5.9 Peso de suelo seco para determinar D.A



Peso del suelo para determinara D.A

5.10 Muestreo de suelo en la malla establecida



Muestreo de suelo



5.11 Recolección de suelo captado en el canal



Suelo almacenado



Recolección del suelo almacenado en el canal



Levamiento de los costales para posteriormente pesarlo.

5.12 Pérdida de suelo en las estacas des pues de 6 meses de su establecimiento



5.13 Medición de la pérdida de suelo en cm



Levantamiento de datos



Medición de las estacas



Anotando datos

5.14 Desarrollo de la vegetación nativa del lugar sobre la malla establecida



Desarrollo de la vegetación nativa sobre la malla



Desarrollo de la vegetación nativa sobre la malla



Después de 5 meses del establecimiento



Vegetación nativa con el pasto buffel

5.15 Desarrollo del zacate buffel (*Cenchrus ciliaris* L. u *Pennisetum ciliare*, link)



Brote del zacate buffel

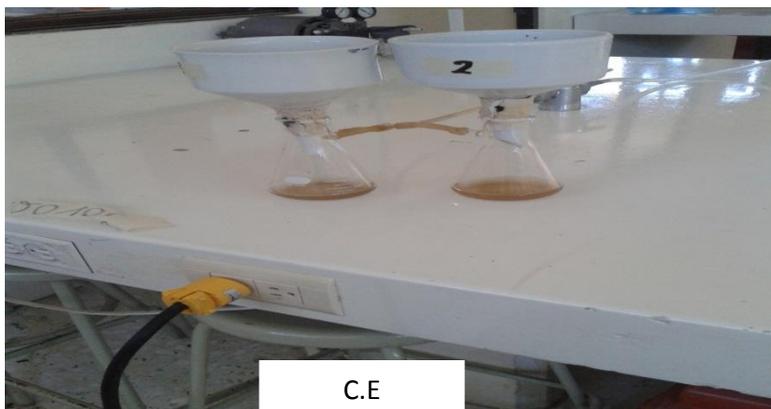


Brote del zacate buffel

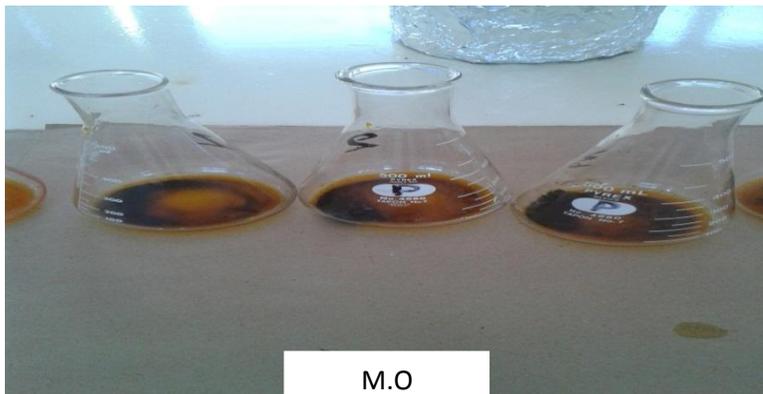


5.16 Análisis de laboratorio de las muestras recolectadas.

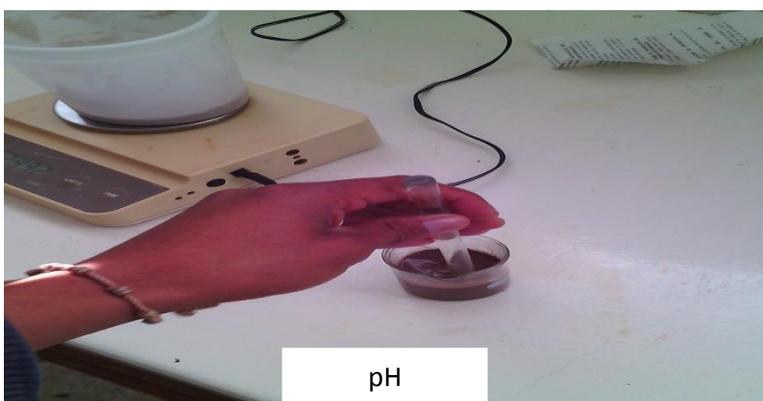
Textura



C.E



M.O



pH



Carbonatos

Cuadro 7.1. Datos de pérdida de suelo de las estacas establecidas

DATOS DE PÉRDIDA DE SUELO EN LAS ESTACAS																										SUMA
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	
1.7	1.5	0.3	1.5	2.5	3.6	2.9	2	1.4	1.6	0.5	1.5	1.2	2	1.3	1.5	2.8	1.5	2	1.3	2.2	6	2.1	10	1.7	0.6	57.2
27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	
2.4	1.4	2.2	2.2	2.7	2	1.8	2.1	2.6	8	9.5	1.5	1	2	1.3	1.3	3.5	3.6	1.8	2	1.6	1.9	2	6	2.5	3	71.9
53	54	55	56	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	
1.6	2	0.8	1	1.2	1.4	2.8	4.5	2.5	4.6	2.7	1.6	2.5	1.3	2	1.5	1.5	3.9	2.5	3	2	2.5	1.8	3	1.5	2.8	58.5
79	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103	104	
1.3	1.2	0.5	2.8	2	1.8	1.5	1.6	2.6	2.3	1.4	1	2	3.9	2.5	2.7	1	4.6	1.5	2	1	2.5	1.5	4	0.2	2.2	51.6
105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	119	120	121	122	123	124	125	126	127	128	129	130	
0.3	1.5	0.8	1.8	1.1	2.8	1.4	7.1	3	2.8	0.8	1	1.5	3	1.5	2	2.2	1	2.2	0.4	0.2	3.2	0.2	2.2	1.2	8	53.2
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140	141	142	143	144	145	146	147	148	149	150	151	152	153	154	155	156	
1.1	0.5	1.2	3.2	1.6	1.6	0.6	1.2	1.3	2.5	1.6	0.3	2.5	1.5	1.8	1.9	4	1.4	4.6	1.3	1	2.4	1.7	6.4	1.5	1.7	50.4
																									suma total	
																									343 cm	
																									promedio	
																									2.2 cm	