

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL



Obras de Conservación de Suelos en Cárcavas, para Contrarrestar la Erosión
en los Predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas

Por:

OLIVER RODRÍGUEZ AGUILAR

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2015

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO FORESTAL

Obras de Conservación de Suelos en Cárcavas, para Contrarrestar la Erosión
en los Predios, Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas

Por:

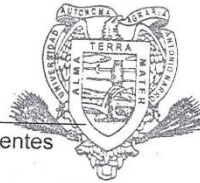
OLIVER RODRÍGUEZ AGUILAR

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO FORESTAL

Aprobada



Dra. Gabriela Ramírez Fuentes

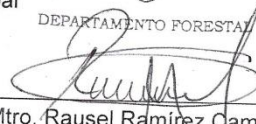
Asesor Principal

DEPARTAMENTO FORESTAL



M.C. Melchor García Valdez

Coasesor



Mtro. Rausel Ramírez Camacho

Coasesor



Dr. Leobardo Bañuelos Herrera

Coordinador de la División de Agronomía
División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Mayo, 2015

La presente investigación forma parte del proyecto de Compensación Ambiental por Cambio de Uso de Suelo en Terrenos Forestales (CACUSTF), con folio de solicitud: CA2011070008, apoyado por la CONAFOR en el 2011 y ejecutado por Consultores Forestales del Sureste S.C.

DEDICATORIAS

EN ESPECIAL A MI MADRE

- **Estefana Aguilar Santis**, por ser una excelente madre, amiga, padre, compañera y ejemplo a seguir. Además por todo el amor, cariño, comprensión y consejos que me ha brindado. A pesar de las adversidades que se nos presentó “lo logramos mamá” ya que sin tu esfuerzo y dedicación esto no lo hubiera logrado.

A MIS HERMANOS

- **Jorge Alejandro Rodríguez Aguilar**, por el apoyo que me brindo para culminar cada etapa de mis estudios y porque siempre estuvo pendiente de que nunca desistiera de estudiar “gracias hermano “.
- **Liliana Guadalupe Rodríguez Aguilar**, por su cariño y apoyo que me ha brindado desde el inicio de mi carrera “gracias hermanita “.

A MI NOVIA

- **Gladis Suarez Méndez**, por su amor, cariño y por apoyarme siempre en mis decisiones y porque además de ser mi novia ha sido mi compañera y amiga de la vida.

AGRADECIMIENTOS

En forma muy especial a **DIOS**, por darme esta vida llena de bendiciones y permitirme culminar con mis estudios. Gracias Dios por darme la sabiduría, salud, protección para salir adelante y ver que todo lo que nos proponíamos encomendándonos con fe en ti se logra.

A mí madre **Estefana Aguilar Santis**, por todo su apoyo económico durante la carrera, realización de esta investigación y por darme la oportunidad de estudiar apoyándome en cada momento que lo necesitaba “gracias Mamá”.

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN)**, en particular a los profesores del departamento forestal, por todos los conocimientos que aportaron en mi formación como profesionista.

A la **Dra. Gabriela Ramírez Fuentes**, por todo su apoyo, tiempo, dedicación en la revisión, aportación de ideas y conocimientos de ésta investigación; así como permitirme trabajar con ella al ser mi asesora principal y dirigir esta investigación.

Al **M.C. Melchor García Valdés**, por formar parte de mi comité evaluador “coasesor” y por las ideas que aportó para los enriquecimientos de esta investigación, así como la revisión del documento para una mejor presentación.

Al **Mtro. Rausel Ramírez Camacho**, por formar parte de mi comité evaluador “coasesor”; por darme la iniciativa de realizar este estudio; sobre todo por el apoyo que me dio desde la toma de datos en campo, procesamiento de datos y en la revisión del contenido, así como, sus ideas aportadas para el enriquecimientos de esta investigación.

A los ingenieros **Everildo Jose Felipe y Arturo Nolasco Gumeta** por apoyarme en la toma de datos en campo.

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE CUADROS.....	iii
ÍNDICE DE FIGURAS	v
Resumen	vi
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 Objetivos	2
1.2.1 Objetivo general.....	2
1.2.2 Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Cuenca.....	3
2.2 Suelo.....	3
2.2.1 Propiedades físicas del suelo.....	4
2.3 Erosión del suelo	6
2.4 Erosión hídrica	7
2.5 Factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica.....	8
2.6 Métodos de estimación de la erosión.....	8
2.7 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).....	9
2.7.1 Factor de erosividad de la lluvia (R)	10
2.7.2 Factor de erosionabilidad del suelo (K)	12
2.7.3 El factor longitud y grado de pendiente (LS).....	13
2.7.4 Factor de cultivo o cobertura vegetal (C)	14
2.7.5 Factor prácticas mecánicas (P).....	15
2.8 Erosión Hídrica Potencial (EHP) y Erosión Hídrica Actual (EHA)	15
2.9 Obras de conservación de suelos	15
2.9.1 Presas filtrantes	16
2.10 Evaluación de sedimentos en presas filtrantes.....	17
2.11 Estudios afines	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS	20
3.1 Descripción del área de estudio.....	20
3.1.1 Ubicación geográfica	20
3.1.2 Hidrografía.....	20
3.1.3 Clima.....	21

3.1.4 Suelo.....	21
3.1.5 Geología.....	21
3.1.6 Fisiografía	21
3.1.7 Vegetación.....	22
3.1.8 Fauna	22
3.2 Metodología.....	23
3.2.1 Cálculo de la erosión hídrica	23
3.2.2 Cálculo de la pérdida de suelo en el área de estudio mediante la proporción de desplazamiento	26
3.2.3 Capacidad de retención del suelo en volumen por presa filtrante	28
3.2.4 Capacidad de retención del suelo en peso (ton) por presa filtrante...	28
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	30
4.1 Erosión hídrica	30
4.1.1 Erosividad de la lluvia (R)	30
4.1.2 Erosionabilidad del suelo (K).....	30
4.1.3 Longitud y grado de pendiente (LS)	31
4.1.4 Cobertura vegetal (C) y prácticas mecánicas (P)	32
4.1.5 Erosión Hídrica Potencial (EHP) y Erosión Hídrica Actual (EHA)	32
4.2 Pérdida total de sedimento en el área de estudio.....	34
4.3 Capacidad de retención del suelo en cuanto a volumen (m ³) y a toneladas (ton)	35
4.4 Erosión evitada	41
V. CONCLUSIONES	43
VI. RECOMENDACIONES.....	44
VII. LITERATURA CITADA	45
VIII. APÉNDICE	50

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro	Título	Página
1	Formas de la erosión hídrica.	7
2	Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia (r) en las diferentes regiones del país.	12
3	Tolerancias de erosión.	15
4	Obras y prácticas de conservación de suelo.	16
5	Sedimento captado por presas de diferentes materiales.	19
6	Principal vegetación presente en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	22
7	Principal fauna presente en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	22
8	Efecto del tamaño de la cuenca sobre la proporción de desplazamiento del sedimento.	27
9	Erosionabilidad del suelo (K) en función de la textura y materia orgánica en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	31
10	Datos para el cálculo del factor longitud y grado de pendiente (LS) en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	31
11	Valores del factor cubierta vegetal (C) y prácticas mecánicas (p) en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	32
12	Erosión hídrica potencial y erosión hídrica actual en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	33
13	Sedimento perdido en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	34
14	Volúmenes y toneladas de suelo captado por las presas de piedra acomodada en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	35

15	Volúmenes y toneladas de suelo captado por las presas de morillos en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	36
16	Volúmenes y toneladas de suelo captado por las presas de ramas en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	37
17	Retención de sedimento en el periodo de un año de las diferentes presas filtrantes en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	39
18	Eficiencia de las presas filtrantes en el control de la erosión hídrica en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	42
19	Valores de la erosionabilidad del suelo (K) estimado en función del contenido de materia orgánica y textura del suelo.	50
20	Valores medios anuales del factor cobertura vegetal (C) utilizados para la estimación de la erosión hídrica actual en el estado de Chiapas.	50
21	Factor prácticas mecánicas.	51
22	Dimensiones de las presas de piedra acomodada.	51
23	Dimensiones de las presas de morillos.	51
24	Dimensiones de las presas de ramas.	52
25	Normales climatológicas de la estación 7349 Monterrey, Villa Corzo, Chiapas.	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Mapa de erosividad para la república Mexicana.	11
2	Nomograma para determinar la erosividad del suelo.	13
3	Localización de los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	20
4	Pérdida de sedimento en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	35
5	Promedios de retención de suelo (ton/año) por presas individuales en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	38
6	Total de sedimento (ton/año) captado por las diferentes presas filtrantes en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	39
7	Ubicación de las presas filtrantes en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	41
8	Suelo retenido (sr) y suelo perdido (sp) en ton/año en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.	42

Resumen

La erosión hídrica, es uno de los principales problemas que los ecosistemas terrestres presentan, ocasionando la desertificación y con ello la baja productividad en los suelos. El presente estudio se realizó en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, ubicados en el municipio de Villa Corzo, Chiapas; que tuvo como objetivos: 1) Evaluar la capacidad de retención en metros cúbicos (m³) y toneladas (ton) de suelo en tres tipos de presas filtrantes; 2) Estimar la cantidad de suelo que se pierde en el área de estudio. Para determinar la retención de suelo por las presas se utilizó la fórmula: $A = d \left(\frac{he}{2} + \sum hi + \frac{he'}{2} \right) * Aps$; dónde: A= volumen, d= longitud entre distancias intermedias, he y he'= longitudes extremas, $\sum hi$ = sumatorias de las distancias intermedias y Aps= altura promedio del sedimento; conociendo el volumen se multiplicó por la densidad aparente y así obtener el peso en toneladas que retuvieron las presas. Para el cálculo del suelo que se pierde en el área de estudio se utilizó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), donde se calculó los factores, erosividad de la lluvia (R), erosionabilidad del suelo (K), longitud y grado de pendiente (LS), cobertura vegetal (C) y prácticas mecánicas (P); que integran la ecuación $A = R * K * L * S * C * P$; donde A es la pérdida de suelo en ton/ha/año. El resultado que se obtuvo con la EUPS se multiplicó por 0.47 que corresponde a la proporción de desplazamiento. Como resultados finales se obtuvo que la pérdida total del suelo en el área de estudio es de 967.13 ton/año y las presas filtrantes retuvieron un total de 244.49 ton/año; reduciendo una pérdida del 25.28%.

Palabras claves: Erosión, EUPS, presas filtrantes, suelo, toneladas, densidad aparente.

Correo electrónico; Oliver Rodríguez Aguilar, rodriguez_agui@hotmail.com

I. INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y al fluir sobre la superficie de los terrenos (Tayupanta, 1993). Este problema durante los últimos cincuenta años, 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 (Kappelle, 2009).

Para México, el 22% de su territorio presenta degradación del suelo y una de las principales causas se debe a la erosión hídrica que va de moderada a extrema de acuerdo a la clasificación de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO); lo que representa pérdidas de 10 a 200 ton/ha/año (Colín-García *et al.*, 2013).

En el estado de Chiapas, la erosión hídrica es un problema muy importante, por lo que, con las condiciones actuales de manejo la pérdida de suelo agrícola es de hasta 80 ton/ha/año y ésta cada vez es más alta. Esto se reflejan en la pérdida de la productividad del suelo, y por ende en el rendimiento de los cultivos, afectando así la calidad de vida de los habitantes (Villar *et al.*, 2013).

Bajo esta problemática de los suelos del país, ha originado la necesidad de que el gobierno federal defina estrategias de conservación y restauración de suelos, apoyándose de dependencia como la Secretaria del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), la Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) y la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), para atenuar esta situación estableciendo obras y prácticas tanto en laderas como en cárcavas.

Sin embargo no basta con el establecimiento de las obras y prácticas de conservación de suelo y agua, si no que se debe de dar seguimiento como es la rehabilitación y monitoreo para ver si se está logrando los objetivos. Bajo

esta situación la Universidad Autónoma Chapingo (UACH) a través del Programa Conservación y Restauración de Ecosistemas Forestales (PROCOREF), se encargan de hacer evaluaciones desde el año 2004 a nivel nacional, eligiendo sitios de muestreos para cuantificar la retención de sedimentos por las obras de conservación de suelos y reportar el estado de funcionamiento en que se encuentran las obras.

El presente trabajo tiene la finalidad de dar a conocer el grado de erosión en los predios Fracción La Pochota y El Zapote y la retención de suelo que se logró con el establecimiento de presas filtrantes de piedra acomodada, presas filtrantes de morillos y presas filtrantes de ramas. Todo lo anterior para que sirva como escenario para el establecimiento en otras áreas degradadas y con ello atenuar el problema de la erosión que actualmente afecta a los dueños y poseedores de terrenos forestales así como a los usuarios de corrientes o cuerpos de agua de la parte baja de la cuenca provocando que los agricultores no tengan una buena producción en sus cultivos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo general

Evaluar la capacidad de retención de suelos en tres tipos de presas filtrantes, en terrenos forestales con pendientes pronunciadas y con presencia de procesos erosivos.

1.2.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la pérdida de suelo por erosión hídrica, en ton/ha/año, mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS).
- Evaluar la capacidad de retención de suelo en volumen (m^3) y peso (ton) por tipo de presas filtrantes.
- Estimar el porcentaje de reducción de la erosión hídrica con la implementación de las presas filtrantes.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Cuenca

Una cuenca se define como toda área drenada por una corriente o sistema de corrientes, en el que al agua confluye a un punto de salida (boquilla) y es utilizada como unidad de planeación en los trabajos de conservación y restauración de suelos (Becerra, 1999 y CONAFOR, 2007).

Para comprender más y poder delimitar en campo una cuenca, CONAFOR, (2007) describe las partes o los elementos más relevantes que la conforman:

- Parteaguas. Es el límite físico de la cuenca que define la dirección de los escurrimientos superficiales y es determinado por el trazo de una línea imaginaria a partir de la boquilla o parte más baja y prolongándola alrededor de todo el “filo” de mayor elevación del área de confluencia.
- Vertientes o laderas. Es donde se presenta directamente el impacto de las gotas de lluvia, produciendo los escurrimientos laminares que son la fuente de abastecimiento de las corrientes.
- Boquilla. Es la parte más baja de la cuenca donde los escurrimientos superficiales convergen en un punto sobre la corriente principal.
- Red de drenaje. Conjunto de afluentes naturales compuestos por un cauce principal y por corrientes que se derivan de éste.

2.2 Suelo

De acuerdo a la SEMARNAT, (2000) y a la CONAFOR, (2012) el suelo es una colección de cuerpos sólidos (minerales y orgánicos); líquidos y gaseosos; sobre la superficie del terreno que presenta horizontes o capas, que se diferencian del material de origen como resultado de adiciones, pérdidas, migraciones y transformaciones de materia y energía.

2.2.1 Propiedades físicas del suelo

Las propiedades físicas del suelo se refiere a cómo se ve, se siente o se comporta un suelo (Narro, 2004). Cada suelo presenta un conjunto de propiedades físicas únicas que dependen de la naturaleza de sus componentes, de las cantidades relativas de cada uno de ellos y de la manera en que se encuentran mutuamente acoplados (Thompson, 1978).

Textura. Se define como la cantidad o porción relativa de partículas de arena, limo y arcilla, las cuales al combinarse generan las clases texturales (Rodríguez, 1982 y SEMARNAT, 2000). De los suelos que presentan mayor erosión son aquellos altos en limo, bajos en arcilla y bajos en materia orgánica (Malagón, 1978; Kirkby & Morgan, 1984). Sin embargo las partículas de mayor tamaño comparado con las más finas, son más resistentes al transporte por el agua, debido a que se requiere mayor fuerza para arrastrarlas (Morgan, 1997). Lo anterior explica que a pesar de que las partículas de arcilla se desprenden con mayor dificultad que las partículas de arena, son más fáciles de transportar que las arenas (INIFAP, 2007 y FAO, 1967).

Materia orgánica. Es la composición de todos los materiales orgánicos muertos, de origen animal o vegetal, incluyendo a los productos orgánicos producidos en su transformación. Una pequeña fracción de la materia orgánica incluye materiales ligeramente transformados y productos que han sido completamente transformados; generalmente, de color oscuro y de alto peso molecular; estos son llamados, "compuestos húmicos" (Fournier, 1975 y FAO, 2000).

Cuando la materia orgánica se incrementa, la estabilidad en los suelos también lo hace y en consecuencia disminuye su erodabilidad, ante ello los suelos con menor del 3.5% de materia orgánica se considera erosionables (Malagón, 1978). Debido a la permeabilidad que origina la materia orgánica se logra impedir que se produzca la erosión (Kirkby & Morgan, 1984); este mismo autor considera que las áreas que han sido erosionadas tienen por lo general un bajo contenido de materia orgánica y vida en el suelo.

Infiltración. Corresponde al movimiento del agua dentro del perfil del suelo. Esto se ve favorecido con la materia orgánica, al aumentar la permeabilidad del agua y del aire, a causa de su acción positiva sobre la porosidad y sobre la actividad de la fauna edáfica (Rodríguez, 1982). Esta característica afecta la erodabilidad de los suelos ya que a medida en que más agua se infiltre y se percole, menos posibilidad existirá de producir escorrentía, causante del fenómeno erosivo (Malagón, 1978).

Estructura. La estructura del suelo se define por la forma en que se agrupan las partículas individuales de arena, limo y arcilla (SEMARNAT, 2000). Por su parte Narro, (1987) define la estructura del suelo como la manera en que las partículas primarias del suelo (arena, limo y arcilla), están ensambladas, formando agregados, es decir, unidades mayores. Los principales tipos de estructuras son granular, laminar, bloques, sin estructura, columnar y prismática (INIFAP, 2007).

La estructura del suelo influye en la velocidad de infiltración del agua: así estructuras laminares propician movimientos de agua muy lentos y estructuras columnares favorece más la infiltración, lo que ayuda a evitar el escurrimiento superficial causante de la erosión. Por lo tanto los suelos con estructuras prismáticas se drenan fácilmente, pero los suelos con estructuras malas, compacta o laminar impiden el drenaje (Kirkby & Morgan, 1984).

Densidad aparente. Es la relación entre la masa de los sólidos y el volumen total que ocupan, expresado en grs/cm^3 o ton/m^3 (FAO, 2000 y Narro, 2004). Por lo tanto, el volumen de los poros es una parte del volumen medido y por ello, la muestra se toma presionando un cilindro de metal (con bordes afilados y volumen conocido), contra el suelo. La forma y características del cilindro tienen por objetivo evitar alteración estructural al tomar la muestra. Posteriormente, el suelo se seca y se pesa; el valor obtenido se divide por el volumen del cilindro y poder así, obtener el valor de la densidad aparente (Thompson, 1978).

2.3 Erosión del suelo

La erosión del suelo es el proceso físico que consiste en el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo por agentes naturales y antropogénicos (Morgan, 1997; Torres, 1982 y Tayupanta, 1993). Lo que ocasiona que se pierda el suelo más fértil; el humus y todos los abonos que el agricultor le haya adicionado a su terreno (FAO, 1967).

De acuerdo a Torres, (1982) existen dos tipos principales de erosión:

- 1) Geológica. Consiste en la erosión del suelo en su medio natural sin la influencia del hombre, principalmente por la acción del agua, el viento, variaciones de temperatura, la gravedad, los glaciares, desgaste de los montes, montañas y el modelo de la superficie terrestre con sus elevaciones, cañones, llanuras y cursos de agua (FAO, 1967).

- 2) Inducida o acelerada. Se debe a la intervención del hombre que modifica la erosión natural acelerando el proceso de pérdida de suelo. Esto derivado principalmente por la destrucción de la cubierta vegetal o el uso irracional como son, las talas desmedidas o el sobrepastoreo (Torres, 1982).

Becerra, (2005) clasifica a los principales agentes que intervienen en la erosión en los siguientes grupos:

- a) Agentes activos. Los que directamente realizan ambas fases del proceso de la erosión, esto es, el desprendimiento y arrastre de los materiales del suelo.

- b) Agentes predisponentes. Fenómenos ambientales u organismos vivos que directamente o indirectamente predisponen al suelo para ser erosionado. Tal es el caso de la oscilación térmica, la humedad relativa, la acción de algunos animales y diversos aspectos inherentes a la actividad del hombre.

- c) Agente amortiguador. La vegetación es el agente amortiguador debido a su efecto de disminuir la energía cinética de la lluvia, escurrimientos superficiales y velocidad del viento.

- d) Agente pasivo. Como agente pasivo es el suelo, ya que recibe la acción de la erosión y de acuerdo a su grado de susceptibilidad influye en la magnitud del proceso.

Torres, (1982) distingue dos tipos de erosión, de acuerdo a los agentes erosivos (agua y viento), la primera conocida como erosión hídrica y la segunda como erosión eólica.

2.4 Erosión hídrica

La erosión hídrica es el resultado de la energía producida por el agua al precipitarse sobre la tierra y fluir sobre la superficie de los terrenos (Tayupanta, 1993). Como agente activo, el agua erosiona al suelo de dos maneras: a) por el impacto de la lluvia y b) por la fricción del escurrimiento superficial sobre la superficie del suelo (Becerra, 1999). Así, la erosión hídrica ocasiona la pérdida de grande cantidad de tierra, el arrastre de elementos químicos y orgánicos que entran en composición del suelo (FAO, 1967 y Fournier, 1975).

Cuadro 1. Formas de la erosión hídrica.

FORMA	DESCRIPCIÓN
Erosión por salpicamiento	Consiste en la dispersión de los agregados del suelo debido al impacto de las gotas de lluvia sobre la superficie del terreno. La cantidad de suelo erosionado depende de la clase de suelo y de la pendiente (Tayupanta, 1993).
Erosión laminar	Es la remoción más o menos uniforme de una capa o lámina delgada del suelo. Es una erosión poco inapreciable porque la cantidad total de tierra removida durante un aguacero es generalmente pequeña; sin embargo, con el paso de los años, esta cantidad de suelo removido es considerable (FAO, 1967).
Erosión en surcos	Consiste esencialmente en el arrastre de partículas del suelo por el agua, siguiendo los pequeños surcos que aparecen en la superficie del suelo, se presentan generalmente de forma perpendicular a las curvas de nivel (Fournier, 1975).
Erosión en cárcavas	EL suelo se divide profundamente y no puede nivelarse con instrumento de labranza ordinario, ésta se produce después de la erosión laminar y en surcos. La intensidad y la amplitud de la formación de cárcavas tiene una relación directa con la

FORMA	DESCRIPCIÓN
Movimientos de masas de suelo	<p>cantidad del agua del escurrimiento y la velocidad de ésta (FAO, 1967).</p> <p>Es una forma de erosión poco frecuente que sigue las líneas de fallas geológicas naturales; se inicia normalmente durante tormentas muy fuertes, que provocan que se infiltren grandes cantidades de agua, produciendo deslizamientos y movimientos de masas de suelo, tales como derrumbes y aluviales (Tayupanta, 1993).</p>

2.5 Factores que intervienen en el proceso de erosión hídrica

Los principales factores que afectan la erosión hídrica son el clima, el suelo, la vegetación y la topografía; de éstos, el componente vegetación y topografía bien podrían ser controlados; pero el clima y el suelo en sí, son componentes incontrolable, tanto en pequeña como en gran escala (Flores *et al.*, 2013).

De acuerdo a la FAO, (1994) citado por Becerra, (2005) los factores de la erosión hídrica son los siguientes:

- a) Climático. Se refiere a la agresividad de la lluvia para erosionar.
- b) Edáfico. Se manifiestan por la susceptibilidad del suelo para ser erosionado.
- c) Topográficos. Constituidos por la longitud, forma y pendiente del terreno.
- d) Humanos. Se manifiestan fundamentalmente por sus efectos sobre la cubierta vegetal alterando: el tipo de vegetación, el porcentaje de cobertura y las condiciones del terreno entre otras.

2.6 Métodos de estimación de la erosión

Estimación directa requiere de tiempo y esfuerzo, además de implicar costos considerables; constituyen una cuantificación local con restricciones para su interpolación. Algunos métodos de medición directa, son: uso de estacas, uso de varillas marcadas o el uso de clavos y rondanas, cubicación de cárcavas,

cuantificación de lotes de escurrimiento y cuantificación de sedimentos en una cuenca (Becerra, 1999).

Estimación indirecta. Se dividen en modelos determinísticos y paramétricos; los primeros describen procesos físicos, químicos o biológicos, que mediante ecuaciones diferenciales tiene la gran ventaja que los parámetros usados en el modelo pueden ser transferidos a otra área y periodo de tiempo; su resolución puede realizarse mediante métodos analíticos o numéricos. Por otra parte, los segundos presentan una descripción más detallada del área y caracterizan mejor la variación espacial de las fuentes de sedimentos; son modelos que se basan en la identificación de relaciones estadísticamente significativas entre variables, como ejemplo de este modelo se destaca la ecuación universal de pérdida de suelo (Navas, 1991).

2.7 Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS)

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS) es un modelo diseñado para estimar la pérdida de suelo promedio de la erosión por salpicamiento y en canalillo bajo condiciones específicas y para un tiempo prolongado. Agrupa las numerosas interacciones de parámetros físicos y de manejo que influyen en la tasa de erosión, cuyos valores pueden ser expresados numéricamente en hectárea y tiempo (Becerra, 2005).

Su importancia radica en que sirve como instrumento de planeación para establecer prácticas y obras de conservación de suelos para disminuir la erosión presente en un área (SAGARPA, 2005). Consiste en un modelo matemático multifactorial que integra seis procesos que intervienen en la erosión, como se indica en la siguiente fórmula (Flores *et al.*, 2003):

$$A = R * K * L * S * C * P$$

Donde:

- A = Erosión del suelo (ton/ha/año)
- R = Erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha.hr.año)
- K = Erosionabilidad del suelo (ton/hr/MJ.mm)
- L = Longitud de la pendiente (adimensional)
- S = Grado de la pendiente (adimensional)
- C = Factor cobertura vegetal (adimensional)
- P = Factor de prácticas mecánicas (adimensional)

2.7.1 Factor de erosividad de la lluvia (R)

Éste se refiere a la energía cinética de la lluvia, la que propicia que los suelos se erosionen; al momento que las gotas de lluvia mojan el suelo ocasionan que las partículas se remuevan y que con ello se presente el escurrimiento superficial, lo que hace que el suelo se pierda (INIFAP, 2007). De acuerdo a Montes-León *et al.*, (2011) se calcula con los datos de intensidad máxima de lluvia en 30 minutos consecutivos (I_{30}) y la energía cinética asociada (EC), multiplicando estos dos factores se tiene como resultado la erosividad de la lluvia, expresándose como:

$$EI_{30} = EC * I_{30}$$

Donde:

EI_{30} = Índice de erosividad para un evento (MJ.mm/ha.hr)

EC = Energía cinética total de la lluvia (MJ/ha)

I_{30} = Intensidad máxima de la lluvia en 30 minutos (mm/hr)

Con la suma de todos los EI_{30} de cada uno de los eventos del año se obtiene el índice de erosividad anual como se indica en la siguiente fórmula:

$$R = \sum_{j=1}^n (EI_{30})$$

Donde:

R = Erosividad de la lluvia

n = Número de eventos durante el año

EI_{30} = Índice de erosividad de la lluvia por evento

En la ecuación antes descrita es complicada su aplicación en muchos países, ya que, debido a la falta de instrumentación que mida la intensidad de la lluvia, se presenta una carencia de datos e información (Flores *et al.*, 2003). Bajo esta condición Cortes, (1991), generó para México, un mapa de erosividad que proporciona información de 53 estaciones meteorológicas, con periodos que varían de cuatro a once años, regionalizando las estaciones para caracterizar áreas sujetas a condiciones similares de lluvia, Figura 1 y formar 14 regiones diferentes con sus respectivas ecuaciones de erosividad para la república Mexicana, Cuadro 2.

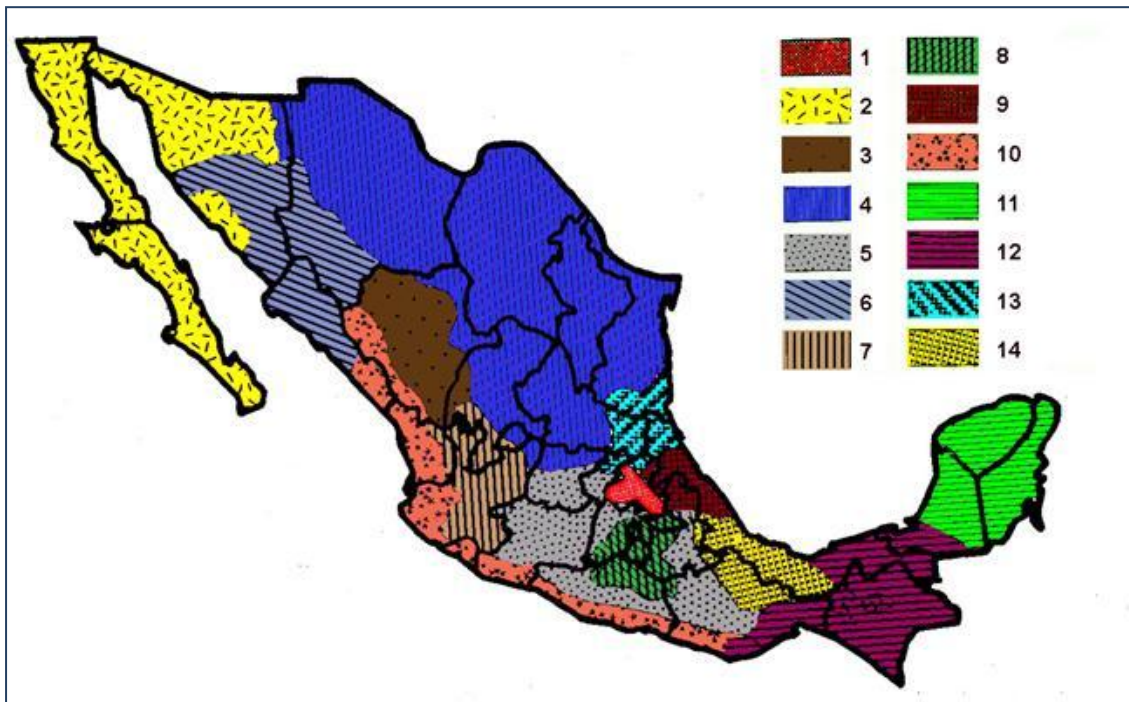


Figura 1. Mapa de erosividad para la república Mexicana (SAGARPA, 2005).

Cuadro 2. Ecuaciones para estimar la erosividad de la lluvia (R) en las diferentes regiones del país (SAGARPA, 2005).

Región	Ecuación	R ²
I	$R=1.2078P+0.002276P^2$	0.92
II	$R=3.4555P+0.006470P^2$	0.93
III	$R=3.6752P-0.001720P^2$	0.94
IV	$R=2.8559P+0.002983P^2$	0.92
IX	$R=7.0458P-0.002096P^2$	0.97
V	$R=3.4880P-0.000880P^2$	0.94
VI	$R=6.6847P+0.001680P^2$	0.9
VII	$R=0.0334P+0.006661P^2$	0.98
VIII	$R=1.9967P+0.003270P^2$	0.98
X	$R=6.8938P+0.000442P^2$	0.95
XI	$R=3.7745P+0.004540P^2$	0.98
XII	$R=2.4619P+0.006067P^2$	0.96
XIII	$R=10.7427P-0.00108P^2$	0.97
XIV	$R=1.5005P+0.002640P^2$	0.95

R=Factor de erosividad d la lluvia MJ.mm/ha.hr.año P=Precipitación (mm año⁻¹).

2.7.2 Factor de erosionabilidad del suelo (K)

El factor de erosionabilidad del suelo se refiere a la susceptibilidad que presentan los suelos para erosionarse en un terreno particular (Flores *et al.*, 2003). Por su parte Montes-León *et al.*, (2011) lo describe como el grado de susceptibilidad o resistencia de un horizonte específico del suelo a la erosión. La erodabilidad de un suelo es una propiedad compleja y se concibe como la facilidad con la cual es desprendido éste por: - el salpicado de las gotas durante un evento de lluvia, - el flujo superficial o - por la acción de ambos fenómenos.

Para el cálculo del valor del factor K, Becerra, (1999) hace mención que se puede obtener a través de un monograma que Wischmeier & Smith en 1978 presentaron, Figura 2, en el que para su uso se requieren conocer los valores de cinco parámetros del suelo, los que enseguida se mencionan:

- a) Porcentaje de limos (0.002mm-0.05mm) y arenas muy finas (0.05mm-0.10mm)
- b) Porcentaje de arena (0.1mm-2.0mm)
- c) Contenido de materia orgánica, en %
- d) Estructura
- e) Permeabilidad

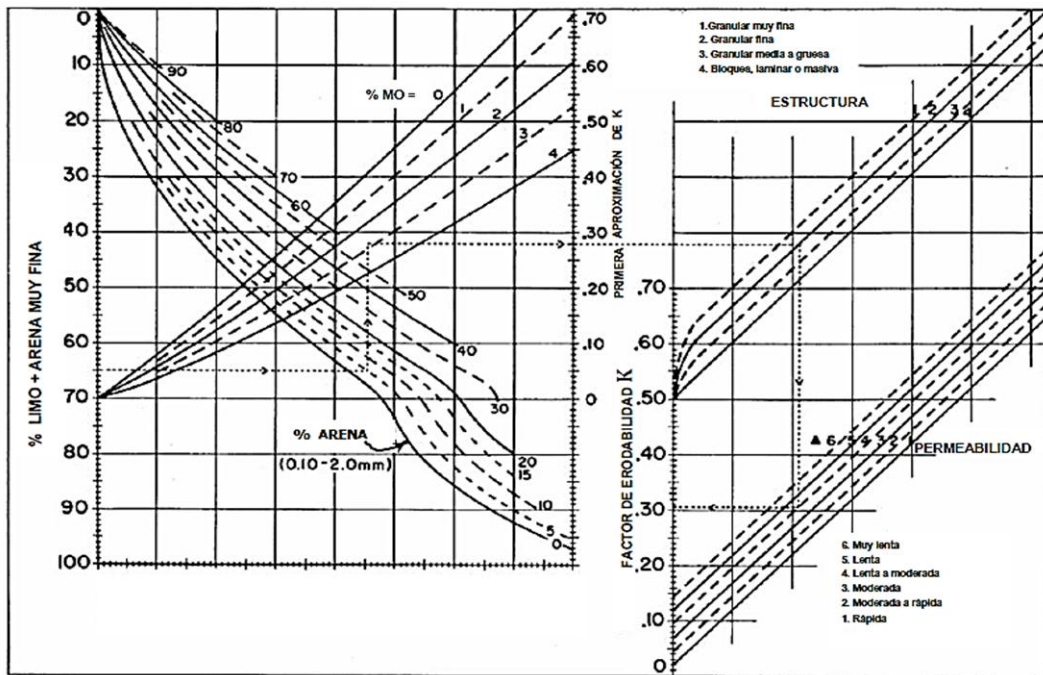


Figura 2. Nomograma para determinar la erosividad del suelo (Wischmeier & Smith, 1978).

2.7.3 El factor longitud y grado de pendiente (LS)

La longitud de la pendiente (L) se refiere a la distancia del punto de origen de un escurrimiento hasta el punto donde decrece la pendiente (punto donde el escurrimiento encuentra un canal de salida bien definido o donde ocurre la sedimentación) y, por otro lado, el factor de la pendiente (S), indica el grado de inclinación del terreno expresado generalmente como un porcentaje (Kirkby & Morgan, 1984; Becerra, 1999 y Montes-León *et al.*, 2011).

Para el cálculo del factor (LS) Becerra, (2005) describe una ecuación que se desarrolló, a partir de datos obtenidos con lotes de escurrimiento de 22.13 metros de longitud, como se indica en la siguiente expresión:

$$LS = (X/22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Donde:

LS = Longitud y grado de pendiente

X = Longitud de la pendiente en metros

S = Pendiente del terreno en porcentaje

m = Exponente que depende del grado de pendiente

Wischmeier & Smith, (1978) proponen los diferentes valores del exponente (m), de acuerdo a la pendiente del terreno:

- a) $m = 0.5$ si la pendiente del terreno es mayor del 5%
- b) $m = 0.4$ para pendientes entre 3% y 5%
- c) $m = 0.3$ para pendientes entre 1% y 3%
- d) $m = 0.2$ si la pendiente es menor a 1%

2.7.4 Factor de cultivo o cobertura vegetal (C)

El factor C de manejo de cultivo o cobertura, es la relación de la pérdida de suelo en una parcela con una determinada vegetación o cultivo, y la pérdida que tendría esa misma parcela sin vegetación o cultivo pero con barbecho continuo. Este factor tiene en cuenta la eficiencia de los cultivos, es decir, cobertura vegetal en general para proteger el suelo (Wischmeier & Smith, 1978; Almorox *et al.*, 2010).

2.7.5 Factor prácticas mecánicas (P)

Este factor se refiere a la pérdida de suelo cuando se hace uso de alguna práctica específica de conservación de suelo en comparación si se cultiva sin ningún tipo de práctica o en laderas. Los métodos de control que por lo general se incluyen son: la delineación de contornos (curvas de nivel), el cultivo en franjas de contorno y el terraceo (Kirkby & Morgan, 1984; Becerra, 1999).

2.8 Erosión Hídrica Potencial (EHP) y Erosión Hídrica Actual (EHA)

INIFAP, (2007) y Colín-García *et al.*, (2013) definen a la erosión hídrica potencial como la pérdida de suelo que ocurriría en el terreno si todo el año el suelo estuviese sin cubierta vegetal y sin prácticas mecánicas (producto de los factores, erosividad de la lluvia, erodabilidad del suelo, la longitud y el grado de pendiente); como erosión hídrica actual, se le considera, al producto de la erosión hídrica potencial multiplicado por los valores de cobertura vegetal y prácticas mecánicas presentes en el terreno. Sin embargo, para ver la magnitud del daño de la erosión actual se puede clasificar de acuerdo a Colín-García *et al.*, (2013) ver Cuadro 3.

Cuadro 3. Tolerancias de erosión (Colín-García *et al.*, 2013).

Clases de erosión	Pérdida de suelos (Ton/ha/año)
Nula o ligera	Menor a 10
Moderada	10-50
Alta	50 – 200
Muy alta	Mayor a 200

Ton=Toneladas, ha=Hectáreas.

2.9 Obras de conservación de suelos

La conservación del suelo se define como la ciencia de mantener y aumentar la productividad agrícola de los suelos, mediante prácticas mecánicas,

vegetativas y agronómicas, que debe aplicarse de acuerdo a las necesidades específicas de las diferentes clases de terreno (Torres, 1982).

De acuerdo a la CONAFOR, (2012) las obras y prácticas de conservación y restauración de suelos, son acciones que contribuyen a disminuir la erosión del suelo e incrementar la captación de agua tanto en laderas como en cárcavas, como se indica en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Obras y prácticas de conservación de suelo (CONAFOR, 2007).

Erosión laminar	Erosión en cárcavas
Terrazas de muro vivo	Presa de malla de alambre electrosoldada
Terrazas de formación sucesiva	Presa de morillos
Terrazas individuales	Presa de ramas
Barreras de piedra en curvas a nivel	Presa de piedra acomodada
Zanja trincheras (tinas ciegas)	Presa de geocostales
Sistema zanja bordo	Presa de llantas
Zanja derribadoras de escorrentía	Presa de mampostería
Bordos en curvas a nivel	Presa de gaviones
Roturación	Cabeceo de cárcavas
Cortinas rompe vientos	Estabilización de taludes
Enriquecimiento de acahuales	Protección y conservación de caminos
Sistemas agroforestales	
Acomodo de material de vegetal muerto	

Los objetivos de la conservación de suelo de acuerdo a Becerra, (2005) son:

- a) Controlar la pérdida de nutrientes de las tierras agrícolas.
- b) Reducir el aporte de sedimento a lagos, ríos, presas, canales, etc.
- c) Reducir el daño causado a cultivos por los materiales transportados por el viento o agua.
- d) Finalmente, un objetivo a largo plazo es prevenir el deterioro de los terrenos, es decir, evitar o reducir la erosión.

2.9.1 Presas filtrantes

Las presas filtrantes son estructuras hechas de diversos materiales que se construyen en cárcavas, arroyos y en cauces de torrenteras para restarle fuerza a las corrientes y permitir que en éstas se depositen las partículas de suelo que lleva el agua en suspensión. Las presas deberán construirse

aprovechando los materiales disponibles del área como: estacas, troncos, piedras, etc. (Torres, 1980 y CONAFOR, 2013).

Las presas filtrantes de acuerdo al tipo de material empleado para su construcción y su vida útil se clasifican en permanentes y temporales. Dentro del primer grupo se ubica a las presas de mampostería, presas de gaviones y presas de muros vivos; en el segundo grupo, se encuentran las presas de costales, presas de piedra acomodada, presas de ramas y presas de morillos (SAGARPA, 2009).

2.10 Evaluación de sedimentos en presas filtrantes

De acuerdo a Torres, (1982) el suelo captado por presas filtrantes, se obtiene multiplicando el volumen captado por la densidad aparente del suelo y se expresa en toneladas.

Para evaluaciones de sedimentos captados por presas filtrantes CONAFOR, (2006) plantea la siguiente fórmula:

$$R_{sp} = A_s * A_{ps} * L_s * D_a / 2$$

Donde:

R_{sp} = Retención de suelo por presa (ton)

A_s = Ancho o amplitud del sedimento captado (m)

A_{ps} = Altura promedio del sedimento captado (m)

L_s = Longitud del sedimento captado (m)

D_a = Densidad aparente del sedimento captado (ton/m³)

Por otra parte COLPOS, (1991) establece la siguiente fórmula:

$$Po = (Vol)(Da)$$

Donde:

Po = Peso del sedimento captado por la obra (ton)

Vol = Volumen del sedimento captado por la obra (m³)*

Da = Densidad aparente del sedimento captado (ton/m³)

*El cálculo del volumen se hace por medio de la siguiente fórmula:

$$Vol = A * Aps$$

Donde:

Vol = Volumen del sedimento captado (m³)

A = Área del sedimento captado (m²)*

Aps = Altura promedio del sedimento captado (m)

*El área se calcula con la siguiente fórmula:

$$A = \left[\frac{he}{2} + \sum hi + \frac{he'}{2} \right]$$

Donde:

A = Área de la sección ocupada por el sedimento (m²)

d = Longitud entre distancias intermedias (m)

he y he' = Longitudes de los extremos (m)

$\sum hi$ = Sumatoria de las distancias intermedias (m)

2.11 Estudios afines

Arellano y López, (2009) evaluaron presas filtrantes vegetativas, en las cuencas Sierra Madre de Chipas, haciendo mediciones en 72 presas, de las cuales 58 de éstas (80%) aún eran funcionales y las 14 restantes (20%) se encontraron parcialmente destruidas; de las primeras, 42 (72.4%) retuvieron sedimentos y 16 (27.6%) únicamente ramas y hojarasca. Se estimó un volumen total de suelo retenido de 174.79m³, en un rango por presa de 0.07m³ a 47.04m³, con un promedio individual de 4.28m³. En cuanto al peso se estimó un promedio por presa de 8.70ton de sedimentos, lo que se tradujo en un impacto positivo en la reducción de la erosión de hasta un 40%.

Por otra parte González, (2013) en el municipio de La Perla, Veracruz, comparó la retención de suelo en presas filtrantes de piedra acomodada en dos sitios de muestreo (Barranca del Vidrio y Barranca de los Juguetes), en el primer sitio evaluaron ocho presas y en el segundo trece. Obtuvo como resultado para la Barranca de los Juguetes 100.55 m³/ha de sedimentos, mientras que en la Barranca del Vidrio los sedimentos captados fueron de 71.00 m³/ha. Haciendo la conversión del volumen en peso se tiene que el primer sitio retuvo 150.00 ton/ha y el segundo 111.00 ton/ha.

La CONAFOR, (2007) en la evaluación externa de los apoyos para obras y prácticas de conservación de suelos forestales, realizó, mediciones de sedimentos captados en presas de ramas, morillos, llantas y piedra acomodada, obteniendo el volumen del sedimento y multiplicado por la densidad del suelo para obtener el peso en toneladas por obra. Los resultados se presentan en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Sedimento captado por presas de diferentes materiales (CONAFOR, 2007).

Tipo de presa	Vol. total (m ³)	Peso total (ton)	No. de obras (obras/ha)
De rama	7.11	7.94	16.00
De llantas	13.66	19.36	5.50
De morillos	118.76	164.78	10.00
De piedra acomodada	389.48	511.32	4.70

Vol.=Volumen; No.=Número; m³=Metros cúbicos; ton=Toneladas; ha=Hectáreas.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Descripción del área de estudio

3.1.1 Ubicación geográfica

El presente estudio se realizó en los Predios Fracción La Pochota y El Zapote, municipio de Villa Corzo, Chiapas. Su ubicación geográfica se encuentra en las coordenadas $16^{\circ} 05' 49.17''$ de latitud norte y $93^{\circ} 17' 31.08''$ de longitud oeste. Su altitud se encuentra alrededor de los 1000 m.s.n.m. Colinda al norte con los municipios de Villa Flores y Chiapa de Corzo; al este con La Concordia; al sur con La Concordia, Pijijiapan y Tonalá; al oeste con Tonalá y Villa Flores.

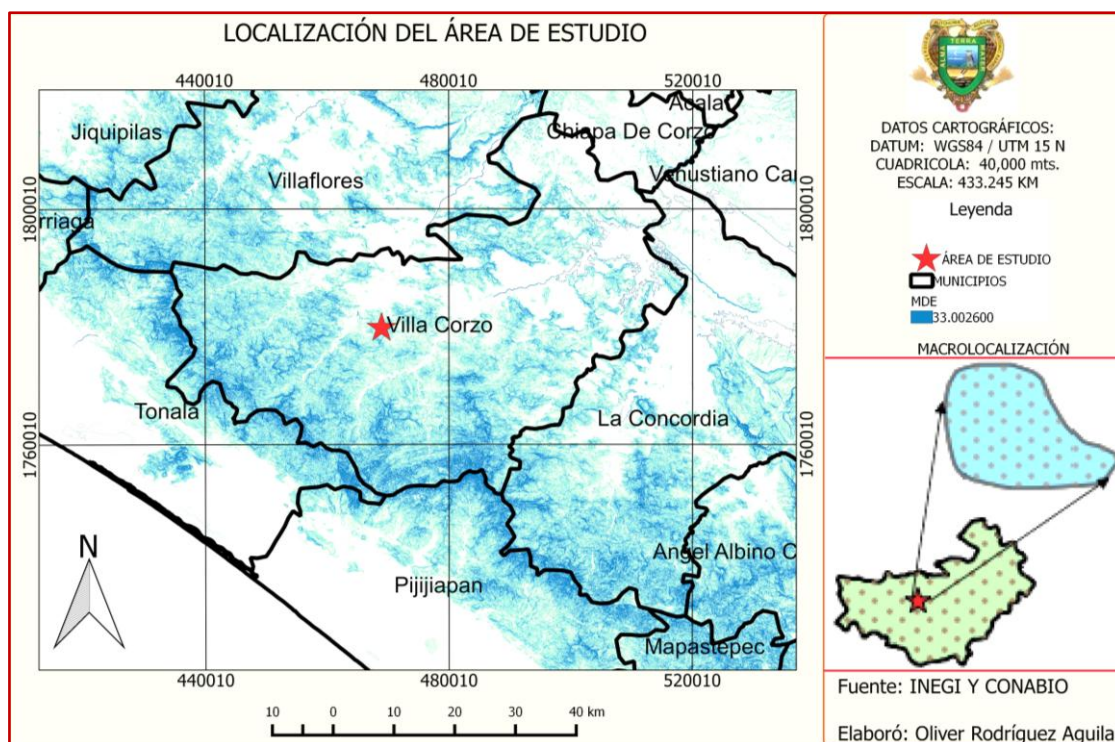


Figura 3. Localización de los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

3.1.2 Hidrografía

El área de estudio se encuentra en la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH30), cuenca Rio Grijalva-Tuxtla Gutiérrez (RH30E) y subcuenca Rio San

Pedro (RH30EL). Específicamente dentro del área de estudio, no existen cuerpos de agua permanentes, únicamente se llegan a presentar en temporada de lluvias y algunos escurrimientos adquieren volumen en las partes bajas (INEGI, 2005).

3.1.3 Clima

El clima presente en el área de estudio según la capa vectorial de climas (C15E89) de la república Mexicana por García y CONABIO, (2001) es (A)C(w2): Semicálido subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual mayor de 18°C y con una precipitación media anual que oscila entre 1500mm a 2000mm.

3.1.4 Suelo

Según la capa vectorial de edafología (C15E89) de la república Mexicana INIFAP Y CONABIO, (2001) el área de estudio está conformada únicamente por regosol éutrico (Re), el cual presenta una textura mediana.

3.1.5 Geología

De acuerdo a la capa vectorial (C15E89) conjunto de datos geológicos para la república Mexicana INEGI, (2002) el área presenta una geología conformada por rocas ígneas intrusivas ácidas; generadas a partir del periodo paleozoico.

3.1.6 Fisiografía

De acuerdo a la capa vectorial (C15E89) provincias fisiográficas de México Cervantes-Zamora *et al.*, (2001) el área de estudio se conforma por la provincia Sierras del Sur de Chiapas.

3.1.7 Vegetación

De acuerdo a los recorridos de campo y entrevistas a los propietarios se distinguieron como las principales especies vegetales, las mencionadas en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Principal vegetación presente en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas (Rzedowski, 2006).

Nombre común	Nombre científico
Jobo	<i>Spondias mombin</i>
Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
Roble negro	<i>Quercus brachistachys</i>
Ocote	<i>Pinus oocarpa</i>
Carnero	<i>Prunus sp.</i>
Totoposte	<i>Licania arbórea</i>
Mulato	<i>Bursera simaruba</i>
Hormiguillo	<i>Cordia alliodora</i>
Guanacastle	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>
Guachipilín	<i>Diphysa americana</i>
Nanchi o nance	<i>Byrsonima crassifolia</i>
Matillisguate	<i>Tabebuia rosea</i>
Canelo	<i>Drimys winteri</i>
Cuajinicuil	<i>Inga spuria</i>
Caspirola	<i>Inga laurina</i>
Caulote blanco	<i>Guazuma ulmifolia</i>

3.1.8 Fauna

La fauna que se encuentra en el área de estudio engloba tres grandes grupos: mamíferos, reptiles y aves, como se indica en el Cuadro 7.

Cuadro 7. Principal fauna presente en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas (Alvares, 1977).

Grupo	Nombre común	Nombre Científico
Mamíferos	Tuza	<i>Orthogeomys sp.</i>
	Comadreja	<i>Agkistrodon bilineatus</i>
	Zorrillo rayado	<i>Mephitis macroura</i>
	Tlacuache	<i>Didelphys marsupialis</i>
Reptiles	Lagartija	<i>Cnemidophorus guttatus</i>
	Iguana	<i>Iguana iguana</i>
	Culebra voladora	<i>Chrysopelea ornata</i>
	Nahuyaca	<i>Bothrops asper</i>
	Culebra negra	<i>Drymarchon melanurus</i>
Turipache	<i>Bassilliscus vittatus</i>	

Grupo	Nombre común	Nombre Científico
Aves	Chombo	<i>Caragyps atratus</i>
	Zanate	<i>Cassidix mexicanus</i>
	Aguililla caminera	<i>Buteo magnirostris</i>
	Urraca copetona	<i>Calocitta Formosa</i>
	Pijuy	<i>Crotophaga sulcirostris</i>
	Gavilán coliblanco	<i>Buteo albicaudatus</i>
	Tortolita roja	<i>Columbina magnirostris</i>

3.2 Metodología

3.2.1 Cálculo de la erosión hídrica

La pérdida de suelo por erosión hídrica se calculó utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (EUPS), por ser una metodología utilizada en varias partes del país por su sencillez y confiabilidad en la estimación de datos para la toma de decisión en materia de conservación del suelo; esta fórmula asigna valores cuantitativos a cada uno de los factores que intervienen en ella, la cual está estructurada de la siguiente manera:

$$A = R * K * LS * C * P$$

Donde:

A = Erosión del suelo (to/ha/año)

R = Erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha.hr.año)

K = Erosionabilidad del suelo (ton/hr/MJ.mm)

LS = Longitud y grado de la pendiente (adimensional)

C = Factor de cobertura vegetal (adimensional)

P = Factor de prácticas mecánicas (adimensional)

Primero se delimitó la microcuenca ubicando diferentes vértices lo cual permitió conformar un track en un Sistema de Posicionamiento Global (GPS) y para corroborarlo se utilizó el Simulador de Flujos de Agua de Cuencas

Hidrográficas (SIATL) y de un Modelo Digital de Elevación (MDE) del área de estudio para que por medio del software Quantum gis 2.8 se obtuvieran las curvas de nivel cada 20m y así, delimitar la cuenca y calcular su área. El SIATL y el MDE se encuentran en el portal de la página electrónica del INEGI.

En los recorridos de campo por el área de estudio, se determinó evaluar tres sitios de muestreo de acuerdo a criterios respecto de la pendiente y de la exposición, con el fin de aplicar la fórmula y obtener un promedio de pérdida de suelo para el área. A continuación se especifica cómo se calculó para cada factor de la fórmula en base a la metodología de SAGARPA, (2005).

3.2.1.1 Factor R: erosividad de la lluvia

Se utilizó para los tres sitios de muestreo, la precipitación media anual la cual fue de 1,442.1mm; dicha información fue tomada de la estación meteorológica número 7349 Monterrey del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Con el dato de la precipitación media anual se desarrolló la fórmula de regresión lineal propuesta por Cortés, (1991) correspondiente a la zona de estudio región XII. Ver Figura 1 y Cuadro 2.

$$R = 2.4619P + 0.006067P^2$$

Donde:

R = Erosividad de la lluvia (MJ.mm/ha.hr.año)

P = Precipitación media anual (mm)

3.2.1.2 Factor K: erosionabilidad del suelo

El factor de erosionabilidad del suelo (k) se calculó con datos de la textura y contenido de materia orgánica. Por lo tanto, fue necesario estimar los valores,

en cada uno de los sitios de muestreo, ya que la clase puede variar de un lugar a otro. Para el cálculo de este factor, se tomó una muestra representativa del suelo en cada sitio, se empaquetó en una bolsa de 1kg de polietileno y se le identificó por medio de una clave (P1 EUPS, P2 EUPS, P3 EUPS), posteriormente, las muestras se llevaron al laboratorio de suelos y plantas del Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR) con sede en San Cristóbal de Las Casas Chiapas, para que se realizaran los análisis de suelos y poder determinar el tipo de estructura, así como, el contenido de materia orgánica.

Con los datos anteriores, se obtuvieron los valores del factor K por medio de la matriz de doble entrada propuesta por Kirkby & Morgan, (1984) ver Cuadro 19 (apéndice).

3.2.1.3 Factor LS: longitud e inclinación de la pendiente

Para este factor se calculó la longitud y porcentaje de pendiente en cada sitio, utilizando, una cinta métrica y un clinómetro. Conociendo la longitud y el porcentaje de pendiente de cada uno de los sitios de muestreos se pudo desarrollar la siguiente fórmula:

$$LS = (X/22.13)^m (0.065 + 0.045s + 0.0065s^2)$$

Donde:

LS = Longitud y grado de pendiente

X = Longitud de la pendiente en metros

s = Pendiente del terreno en porcentaje

m = Exponente que depende del grado de pendiente

De acuerdo a las recomendaciones de Wischmeier & Smith, (1978) el valor del exponente m fue 0.5 debido a que las pendientes estaban por arriba del 5%.

3.2.1.4 Factor C: manejo y cobertura del suelo

Este factor se calculó asignando valores de acuerdo al tipo de vegetación propuesto por Arellano, (2005); por lo tanto, haciendo la evaluación en cada sitio de muestreo, se observó que existe, bosque de pino-encino y bosque de pino ver Cuadro 20 (apéndice).

3.2.1.5 Factor P: prácticas mecánicas

Para determinar el factor prácticas mecánicas, se consideraron las obras de conservación de suelos existentes, a las que se les asignaron valores de acuerdo a la tabla utilizada por SAGARPA, (2005) ver Cuadro 21 (apéndice). Cabe mencionar que cuando no se realizan prácticas el valor de P es igual a uno.

3.2.1.6 Cálculo de la Erosión Hídrica Actual (EHA)

La EHA se obtuvo multiplicando los factores: erosividad de la lluvia, erosionabilidad del suelo, longitud y grado de pendiente, cultivo o cobertura vegetal y prácticas mecánicas; obteniéndose, la pérdida de suelo en toneladas por hectárea por año (ton/ha/año).

3.2.2 Cálculo de la pérdida de suelo en el área de estudio mediante la proporción de desplazamiento

De acuerdo a Becerra, (2005) no todo lo que se calcula como erosión en la ecuación universal de pérdida de suelo se pierde, ya que parte del material irá siendo depositado o atrapado. Esa porción de suelo que sigue su ruta hasta la salida de una cuenca es llamada tasa de sedimentación. Ante ello, la erosión que se calculó con la EUPS se multiplicó por una proporción de desplazamiento, como se indica en la siguiente fórmula:

$$S = PD * ET$$

Donde:

S = Sedimento (ton/año)

PD = Proporción de desplazamiento

ET = Erosión total en el área de estudio (ton/año)

La erosión total se calculó, multiplicando la erosión hídrica actual (ton/ha/año) por las hectáreas del área de estudio y con ello se obtuvo la pérdida total del suelo en ton/año. Para la proporción de desplazamiento, se hizo uso de los valores propuesto en el Cuadro 8.

Cuadro 8. Efecto del tamaño de la cuenca sobre la proporción de desplazamiento del sedimento (Becerra, 2005).

Área de drenaje en diferentes tamaños de cuenca (km ²)	Proporción de desplazamiento (%)
0.10	53.00
0.50	39.00
1.00	35.00
5.00	27.00
10.00	24.00
50.00	15.00
100.00	13.00
200.00	11.00
500.00	08.50

Km²=kilómetros cuadrados; %=Porcentaje.

Por lo tanto, el área calculada para diferentes tamaños de cuenca se visualiza en el cuadro anterior, así como, el valor de proporción de desplazamiento. Sin embargo, dado que la cuenca para este estudio presentó una superficie de 0.256km² no se encontró coincidencia exacta con los valores de dicho cuadro. Por lo anterior, se realizó una interpolación simple con los valores del tamaño de la cuenca (Cuadro 8) entre el límite inferior de 0.1km² y el límite superior de 0.5km² respecto al tamaño de la cuenca de estudio, en el que se obtuvo un valor de proporción de desplazamiento del 47.54%; este valor se utilizó en decimales con el fin de aplicarlo en el cálculo de pérdida sedimentos.

3.2.3 Capacidad de retención del suelo en volumen por presa filtrante

Para obtener el volumen retenido por presa, primero se estimó el área del sedimento captado a través de la siguiente fórmula (COLPOS, 1991):

$$A = \left[\frac{he}{2} + \sum hi + \frac{he'}{2} \right]$$

Donde:

A = Área de la sección ocupada por el sedimento (m^3)

d = Longitud entre distancias intermedias (m)

he y he' = Longitudes de las distancias de los extremos (m)

$\sum hi$ = Sumatoria de las distancias intermedias (m)

Calculada el área en cada una de las presas, ésta se multiplicó por la altura promedio del sedimento y así se pudo obtener el volumen (m^3).

3.2.4 Capacidad de retención del suelo en peso (ton) por presa filtrante

Para el cálculo del peso del suelo retenido se utilizó la siguiente fórmula:

$$P = Vol * Da$$

Donde:

P = Peso del suelo por presa filtrante (ton)

Vol = Volumen de la obra (m^3)

Da = Densidad aparente del suelo (ton/m^3)

En el caso de la densidad aparente, se tomaron muestras de suelos en cada presa por medio de un cilindro metálico de dimensiones estables y conocidas (8cm de diámetro y 9.5cm de altura); posteriormente se llevaron las muestras de suelo al laboratorio de suelos y plantas de ECOSUR para secarlos. Una vez que las muestras presentaron un peso constante (peso seco), se aplicó la siguiente fórmula:

$$Da = \frac{Ps}{Vol}$$

Donde:

Da = Densidad aparente del suelo (grs/cm³)

Ps = Peso seco del suelo (grs)

Vol = Volumen del cilindro (cm³)

Para el caso del volumen del cilindro se calculó con la siguiente fórmula:

$$V = \pi * R^2 h$$

Donde:

V = Volumen del cilindro (cm³)

π = 3.1416

R² = Radio del cilindro al cuadrado (cm²)

h = Altura del cilindro (cm)

Posteriormente, se realizó la conversión de unidades de grs/cm³ a ton/m³.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Erosión hídrica

4.1.1 Erosividad de la lluvia (R)

El valor total que se obtuvo del factor de erosividad de la lluvia para los tres sitios evaluados fue de 16,167.56 MJ.mm/ha.hr.año al considerar una precipitación media anual de 1,442.1mm. Comparado con el dato que obtuvo Montes-León *et al.*, (2011) de 17,723 MJ.mm/ha.hr.año para la región hidrológica Lerma-Santiago (RH12) al utilizar una precipitación media anual de 1,498mm; se puede considerar que estos resultados tienen un diferencial de 1,556 MJ.mm/ha.hr.año, lo cual no difiere en gran medida, debido a que el diferencial entre las precipitaciones utilizadas es de 55.9mm. Comparando estos valores de erosividad respecto a la precipitación media anual se pudo determinar que entre mayor sea la intensidad de la precipitación media anual, mayor será la erosividad de la lluvia o factor R.

4.1.2 Erosionabilidad del suelo (K)

En el Cuadro 9 se observa que los suelos presentan más de 50% de partículas de arena, posteriormente le sigue el contenido de limo en un rango del 26% al 34% y por último, las partículas de limo del 7.84% al 11.84%; con éstos porcentajes se determinó que la clase textural es franco arenoso. Sin embargo, el contenido de materia orgánica para el primer sitio fue de 1.57% y para los sitios dos y tres fue de 2.05% esto originó que el factor erosionabilidad del suelo para el primer sitio diera como resultado 0.024 ton/hr/MJ.mm y para los otros sitios de 0.019 ton/hr/MJ.mm. Por otro lado, de acuerdo al contenido de materia orgánica, la clase que le corresponde es la clase media; lo ideal sería que los suelos estuvieran por arriba del 6% de contenido de materia orgánica, lo que se consideraría como una clase muy alta.

Cuadro 9. Erosionabilidad del suelo (K) en función de la textura y materia orgánica en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

Sitio	% de Arena	% de Limo	% de Arcilla	% de M.O	Tipo de Estructura	Factor K
1	62.16	26.00	11.84	1.57	Franco arenoso	0.024
2	64.16	24.00	11.84	2.05	Franco arenoso	0.019
3	58.16	34.00	07.84	2.05	Franco arenoso	0.019

%=Porcentaje; M.O=Materia orgánica; K=Factor de erosionabilidad del suelo.

4.1.3 Longitud y grado de pendiente (LS)

El factor de longitud y grado de pendiente (LS) como se muestra en el Cuadro 10; el valor máximo se presentó en el sitio uno (84.99) mientras que el valor mínimo fue para el sitio dos (68.12), y para el sitio tres el valor que se obtuvo fue (83.15), el cual fue mayor al promedio total (78.75). Los resultados obtenidos relacionan a las pendientes, en cuanto a su longitud y grado, las cuales se consideraron como muy pronunciadas; tal es el caso para el sitio uno que presentó la mayor pendiente con un 70% respecto de los otros dos sitios. En cuanto a las longitudes de las pendientes, la mayor la presentó el sitio tres con 165m. Estos dos factores generan el escurrimiento superficial, es decir, cuando el agua arrastra partículas de suelo las cuales se friccionan con las que están expuestas en el suelo mismo, y que, por lo tanto, se ocasiona el desprendimiento de más partículas.

Cuadro 10. Datos para el cálculo del factor longitud y grado de pendiente (LS) en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

Sitio	Longitud de la Pendiente (m)	Pendiente (%)	LS
1	130	70	84.99
2	150	60	68.12
3	165	65	83.15

m=Metros; %=Porcentaje; LS=Factor longitud y grado de pendiente.

4.1.4 Cobertura vegetal (C) y prácticas mecánicas (P)

Como se puede observar en el Cuadro 11. El factor de cobertura vegetal (C) para los sitios uno y dos es de 0.004, mientras que en el sitio tres se obtuvo un valor de 0.001. Esto se debe que en los primeros dos sitios se presentó una cobertura vegetal de pino-encino y en el sitio tres únicamente se exhibió una cobertura vegetal de pino. Por otro lado, el valor para el factor de prácticas mecánicas en todos los sitios fue de uno, al no encontrarse obras de conservación de suelos en las laderas.

Cuadro 11. Valores del factor cubierta vegetal (C) y prácticas mecánicas (P) en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

Sitio	Cobertura vegetal	Practicas mecánicas	Factor C	Factor P
1	Pino-encino	Sin practicas	0.004	1
2	Pino-encino	Sin practicas	0.004	1
3	Pino	Sin prácticas	0.001	1

C=Cobertura vegetal; P=Prácticas mecánicas.

4.1.5 Erosión Hídrica Potencial (EHP) y Erosión Hídrica Actual (EHA)

Calculados los factores anteriores, éstos se multiplicaron para obtener la erosión hídrica potencial (EHP) y la erosión hídrica actual (EHA) como se muestra en el Cuadro 12.

Respecto a la erosión hídrica potencial ($R * K * L * S$) el área de estudio presentó en promedio 26,481.79 ton/ha/año, siendo el sitio uno el de mayor EHP con 32,976.95 ton/ha/año y el sitio dos fue el que presentó la menor EHP con 20,925.40 ton/ha/año. Puede decirse que esta fórmula al no considerar el factor de cubierta vegetal y el factor de prácticas mecánicas permite visualizar la severidad de la erosión cuando no se cuenta con cobertura vegetal y obras de conservación de suelos.

En relación a la erosión hídrica actual ($R * K * L * S * C * P$) se obtuvieron valores para los tres sitios, siendo el sitio uno el que presentó el valor de mayor pérdida con 131.91 ton/ha/año, mientras que el sitio tres fue el que presentó la de

menor pérdida de suelo con 25.54 ton/ha/año. Por otro lado, de acuerdo a la clasificación presentada por Colín-García *et al.*, (2013) en los sitios uno y dos la erosión es alta al estar comprendida entre el rango de 50 a 200 ton/ha/año; mientras que el sitio tres presenta una erosión moderada de acuerdo al rango de 10 a 50 ton/ha/año. Se obtuvo un promedio de los tres sitios de 80.69 ton/ha/año, la cual es clasificada como alta. Esto significa que anualmente se pierde una lámina de suelo de 8.06 mm/ha/año, si consideramos que 1 mm/ha es igual a 10 ton/ha de suelo. Cabe mencionar que el promedio obtenido para nuestra área de estudio tiene un diferencial de 0.06 ton/ha/año, comparado con el promedio de 80 ton/ha/año para el estado de Chiapas que reportó Villar *et al.*, (2013) lo que significa que la erosión hídrica presente se encuentra en el promedio de Chiapas.

Al comparar los valores promedio que se obtuvieron de la EHP (26,481.79 ton/ha/año) y de la EHA (80.38 ton/ha/año) se pudo observar que el diferencial fue de 26,401.41 ton/ha/año lo cual equivale a un 99.67% esto permite ver la importancia de la cubierta vegetal con respecto a la pérdida de suelo, es decir, que un terreno cuando está desprovisto de vegetación es más susceptible a un considerable desprendimiento de suelo y que, por otro lado, se puede precisar que al existir cobertura vegetal y obras de conservación de suelo y agua la pérdida de suelo se verá significativamente reducida, como se puede observar en el Cuadro 12.

Cuadro 12. Erosión hídrica potencial y erosión hídrica actual en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

Sitio	Factor R	Factor K	Factor LS	Factor C	Factor P	EHP (ton/ha/año)	EHA (ton/ha/año)
1	16,167.56	0.024	84.99	0.004	1.00	32,976.95	131.91
2	16,167.56	0.019	68.12	0.004	1.00	20,925.40	83.70
3	16,167.56	0.019	83.15	0.001	1.00	25,543.02	25.54
					Prom	26,481.79	80.38

R=Erosividad de la lluvia; K=Erosionabilidad del suelo; LS=Longitud y Grado de pendiente; C=Cobertura vegetal; P=Prácticas mecánicas; EHP=Erosión hídrica potencial; EHA=Erosión hídrica actual; ton=Toneladas; ha=Hectáreas; Prom=Promedio.

4.2 Pérdida total de sedimento en el área de estudio

En el Cuadro 13 se presenta el cálculo de la erosión estimada por medio de la EUPS el cual fue de 80.38 ton/ha/año, que multiplicado por la superficie del área de estudio se obtuvo una pérdida total de 2,057.73 ton/año, sin embargo, hay que considerar que no todo lo que se calculó como pérdida de suelo por erosión con la EUPS se pierde realmente, ya que parte del suelo se va depositando o atrapado en cualquier zona del área, ante ello, la erosión total se multiplicó por 0.47 que es el factor de proporción de desplazamiento; obteniéndose entonces, como pérdida 967.13 ton/año y un promedio por unidad de superficie de 37.78 ton/ha/año, ésta última conocida como degradación específica.

Cuadro 13. Sedimento perdido en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

EHA (Ton/ha/año)	Superficie (ha)	Erosión total (ton/año)	PD	Pérdida real ton/año	Promedio ton/ha/año
80.38	25.6	2,057.73	0.47	967.13	37.78

EHA=Erosión hídrica actual; ton=Toneladas; ha=Hectáreas; PD=Proporción de desplazamiento.

En la Figura 4 se puede observar que el valor de la erosión total (2,057.73 ton/año) cuando se multiplica por el factor de la proporción de desplazamiento (0.47) se obtiene una reducción (53%) del valor de la pérdida de suelo, es decir, que en un 53% se logran retener partículas de suelo, lo que equivale a 1,090.60 ton/año; luego entonces, la pérdida real de suelo fue del 47%, o sea, 967.13 ton/año. Lo anterior es importante ya que el área de drenaje de la cuenca evaluada es pequeña (25.6ha) y que el valor de la proporción de desplazamiento se considera alto por el tamaño del área de estudio; ya que se sabe que en cuencas más grandes el factor de desplazamiento llega a ser menor.

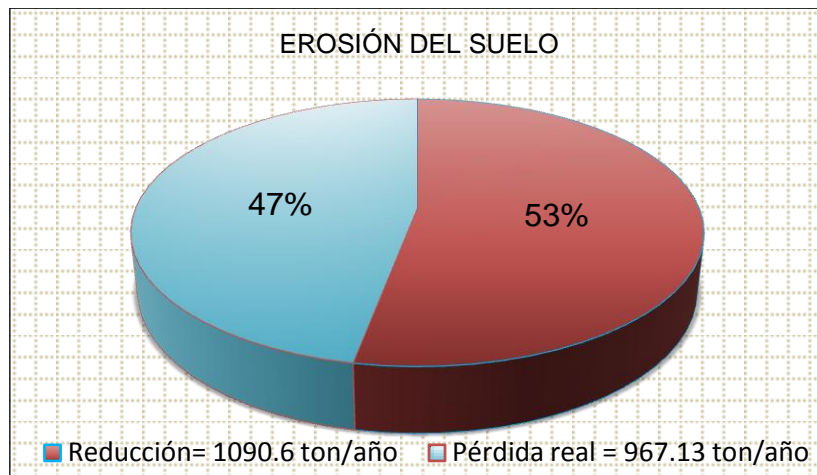


Figura 4. Pérdida de sedimento en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

4.3 Capacidad de retención del suelo en cuanto a volumen (m³) y a toneladas (ton)

Como se observa, en el Cuadro 14 se muestra la retención en volumen de sedimentos de las 13 presas filtrantes de piedra acomodada las cuales presentan un rango de 0.68 m³/año a 28.79 m³/año. Así como la densidad del suelo presentó un rango de 1.05 ton/m³ a 1.62 ton/m³ y un promedio de 1.42 ton/m³. Sin embargo al multiplicar el volumen por la densidad aparente la retención se presenta en toneladas encontrándose en un rango de 0.73 ton/año a 41.11 ton/año. Por otro lado, la presa número ocho fue la que más suelo retuvo con 41.11 ton/año, le precedió la número seis con 20.06 ton/año y la presa que menor suelo retuvo fue la uno con 0.73 ton/año.

Cuadro 14. Volúmenes y toneladas de suelo captado por las presas de piedra acomodada en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

No. de presas	Volumen (m ³)	Da (ton/m ³)	Retención (ton/año)
1	0.68	1.07	0.73
2	0.99	1.57	1.55
3	9.56	1.29	12.38
4	7.45	1.57	11.70
5	1.11	1.62	1.79
6	12.69	1.58	20.06
7	7.22	1.32	9.53
8	28.79	1.43	41.11

No. de presas	Volumen (m ³)	Da (ton/m ³)	Retención (ton/año)
9	10.46	1.47	15.41
10	2.68	1.05	2.81
11	2.40	1.49	3.57
12	1.82	1.55	2.82
13	9.77	1.42	13.86

No=Número; m³=Metros cúbicos; Da=Densidad aparente; ton=Toneladas.

Como se puede observar, en el Cuadro 15 se muestra la retención de sedimentos de las 11 presas filtrantes de morillos las cuales presentan un rango de 0.19 m³/año a 17.50 m³/año. Así como la densidad del suelo presentó un rango de 1.01 ton/m³ a 1.53 ton/m³ y un promedio de 1.37 ton/m³. Sin embargo al multiplicar el volumen por la densidad aparente la retención se presenta en toneladas encontrándose en un rango de 0.27 ton/año a 18.62 ton/año. Por otro lado, la presa número cinco fue la que más suelo retuvo con 18.62 ton/año, le precedió la número seis con 18.08 ton/año y la presa que menor suelo retuvo fue la diez con 0.27 ton/año.

Cuadro 15. Volúmenes y toneladas de suelo captado por las presas de morillos en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

No. de presas	Volumen (m ³)	Da (ton/m ³)	Retención (ton/año)
1	1.48	1.37	2.02
2	2.73	1.38	3.77
3	3.47	1.51	5.22
4	1.54	1.53	2.34
5	17.50	1.06	18.62
6	13.40	1.35	18.08
7	2.37	1.40	3.32
8	1.37	1.01	1.38
9	0.26	1.49	0.39
10	0.19	1.42	0.27
11	4.03	1.52	6.12

No=Número; m³=Metros cúbicos; Da=Densidad aparente; ton=Toneladas.

Como se puede observar, en el Cuadro 16 se muestra la retención de sedimentos de las 10 presas filtrantes de ramas las cuales presentan un rango de 0.68 m³/año a 28.79 m³/año. Así como la densidad del suelo presentó un rango de 1.05 ton/m³ a 1.69 ton/m³ y un promedio de 1.45 ton/m³. Sin embargo al multiplicar el volumen por la densidad aparente la retención se presenta en

toneladas encontrándose en un rango de 0.48 ton/año a 20.43 ton/año. Por otro lado, la presa número siete fue la que más suelo retuvo con 20.43 ton/año, le precedió la número seis con 5.99 ton/año y la presa que menor suelo retuvo fue la nueve con 0.48 ton/año.

Cuadro 16. Volúmenes y toneladas de suelo captado por las presas de ramas en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

No. de presas	Volumen (m ³)	Da (ton/m ³)	Retención (ton/obra)
1	3.00	1.47	4.39
2	4.77	1.21	5.77
3	0.72	1.49	1.07
4	1.17	1.36	1.59
5	2.25	1.05	2.36
6	3.96	1.51	5.99
7	14.04	1.46	20.43
8	0.50	1.69	0.85
9	0.29	1.64	0.48
10	1.70	1.61	2.73

No=Número; m³=Metros cúbicos; Da=Densidad aparente; ton=Toneladas.

Comparando los promedios de retención de suelos de los tres tipos de presas filtrantes, la Figura 5 muestra esta retención de la siguiente manera: en las presas de piedra acomodada, la mayor cantidad de suelo retenido fue de 10.56 ton/año, en segundo lugar se encuentra las presas de morillos con 5.59 ton/año y las presas de menor retención fueron las de ramas con 4.57 ton/año. Así, también se puede observar que entre las presas de morillos y ramas hay un diferencial de 1.33 ton/año; mientras que las presas de piedra acomodada comparadas con las de morillos difieren en 4.97 ton/año y, con las de ramas hay una diferencia de 5.99 ton/año; resultando de lo anterior diferencias significativas. Estas diferencias en capacidad de retención se debe a que se establecieron en diferentes condiciones del terreno (pendiente, cobertura vegetal, área de aporte de sedimento o superficie de laderas y tipo de afluente) y a la estructura que presentaron las obras; por lo tanto, las presas que menores espacios tenían en su estructura fueron las de piedra acomodada y por ende presentaron una mayor retención respecto de las otras dos obras; las presas que presentaron una mayor irregularidad en el acomodo del material

filtrante fueron las presas de ramas, lo que afectó significativamente su capacidad de retención de sedimentos.

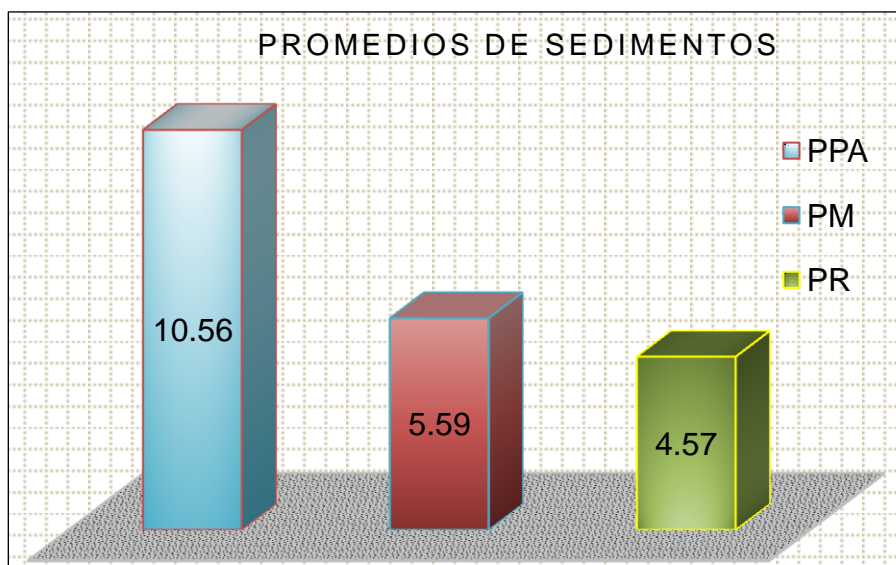


Figura 5. Promedios de retención de suelo (ton/año) por presas individuales en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

El Cuadro 17 y Figura 6 se presenta los valores sobre la retención de sedimentos con las obras de conservación de suelo; en lo que se refiere a la retención en volumen se tiene un total de 176.35m^3 , de los cuales las presas de piedra acomodada captaron 95.62m^3 ; las presas de morillos 48.32m^3 y las presas de ramas 32.40m^3 ; sin embargo al multiplicar el volumen por la densidad aparente del suelo la retención total ascendió a 244.49 ton/año con el establecimiento en total de 34 presas filtrantes. Del total de sedimento, las obras de piedra acomodada, captaron un total de 137.3 ton/año (con 13 presas), las presas de morillos un total de 61.52 ton/año (con 11 presas) y finalmente la retención de suelo de las presas de ramas fue de 45.67 ton/año (con 10 presas).

Velásquez, (2014) al evaluar presas filtrantes en el Ejido Buenos Aires, Motozintla, Chiapas, reportó una retención de sedimento de 33.38 ton/año , éste valor es bajo comparado con los que se obtuvo en este estudio de 244.49 ton/año ; teniéndose un diferencial de 211.11 ton/año . Estas diferencias significativas se deben a que Velásquez evaluó cuatro presas filtrantes de ramas y en este estudio se evaluaron 34 presas filtrantes.

De acuerdo al total de retención (244.49 ton/año) por las diferentes presas filtrantes al dividirlo por la superficie de aportación de sedimentos (25.6ha) se obtuvo un promedio de retención de 9.55 ton/ha/año; si se compara éste resultado con el valor promedio obtenido para la pérdida de suelo, el cual fue de 37.78 ton/ha/año por no existir obras de conservación de suelos en el área de estudio (ver Cuadro 13), nos indica que el diseño y estructura de las diferentes obras que se evaluaron cumplieron en un 25.28% con el objetivo de retener parte del suelo que se hubiera perdido, es decir, que posterior a la implementación de las presas filtrantes la pérdida de suelo total promedio fue de 28.23 ton/ha/año.

Cuadro 17. Retención de sedimento en el periodo de un año de las diferentes presas filtrantes en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

Tipo de presa	NP	Vol. Total retenido m ³	Peso total retenido ton
Presa de piedra acomodada	13	95.62	137.30
Presa de morillo	11	48.32	61.52
Presa de rama	10	32.40	45.67
Total	34	176.35	244.49

NP= Número de presas; m³=Metro cúbico; ton=Toneladas.

En la Figura 6 se puede observar la distribución del sedimento captado por las presas filtrantes en donde: PR= presas de ramas, PM= presas de morillos, PPA= presas de piedra acomodada y RT= retención total por las diferentes obras.

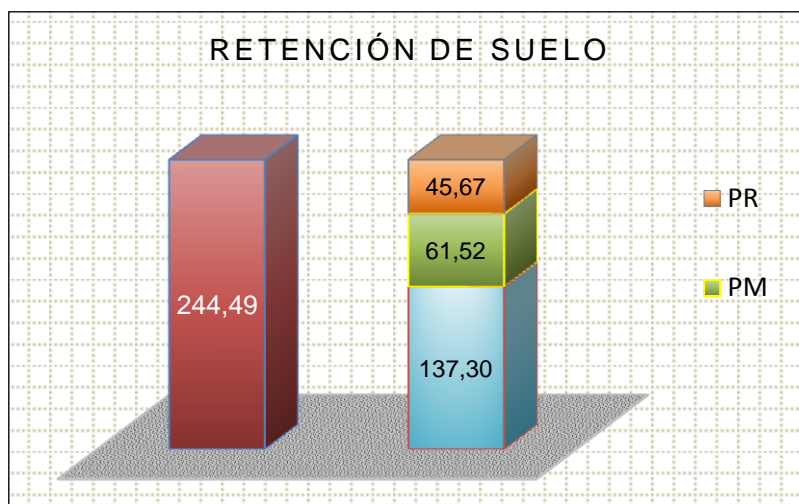


Figura 6. Total de sedimento (ton/año) captado por las diferentes presas filtrantes en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

En la Figura 7 se identifica con el símbolo de una estrella de color rojo las presas de piedra acomodada, con el símbolo de un triángulo de color amarillo las presas de morillos y con círculos de color morado las presas de rama. Así mismo, se pueden identificar para cada tipo de presa filtrante las tres principales obras de acuerdo a la capacidad de retención que presentaron; lo anterior se puede identificar con los numerales que están entre paréntesis en orden ascendente, es decir, el número uno correspondería a la presa con mayor retención de suelo y así sucesivamente. Lo anterior se puede observar en la figura referida en la que además, seis de éstas se encuentran en la parte baja de la cuenca (afluente del orden dos el cual se origina de la unión de dos afluentes del orden uno) lo que indica que al momento de unirse al punto donde confluyen los dos afluentes del orden uno (parte alta de la cuenca) se incrementa el escurrimiento superficial y la cantidad de suelo en suspensión; generándose un mayor azolvamiento de las presas ubicadas en el afluente del orden dos en especial en la parte alta es decir donde se origina el afluente dos es donde existe más sedimentación y por consiguiente las presas que se encuentran más abajo la captación de sedimento es menor.

Además de conocer las diferentes escorrentías que alimentan los afluentes es necesario observar y valorar la incidencia de las diferentes laderas que interaccionan con el drenaje natural del terreno, ya que éstas aportan en mayor o menor medida partículas de suelo a los caudales de agua cuando éstos se presentan. Lo anterior se puede ver en la presa F de piedra acomodada y en las presas de ramas B y F; dichas presas, tuvieron una mayor afluencia de sedimentos por la topografía del terreno; por lo tanto, cuando se presenten situaciones similares se deberán de realizar obras complementarias de conservación de suelo y agua en las laderas alimentadoras de sedimentos. Estas obras bien pudieran ser sistema zanja bordo, barreras de piedra en curvas a nivel, bordos en curvas a nivel etc., como las que se mencionan en el Cuadro 4 considerando siempre la longitud y pendiente de la ladera; así como la cubierta vegetal.

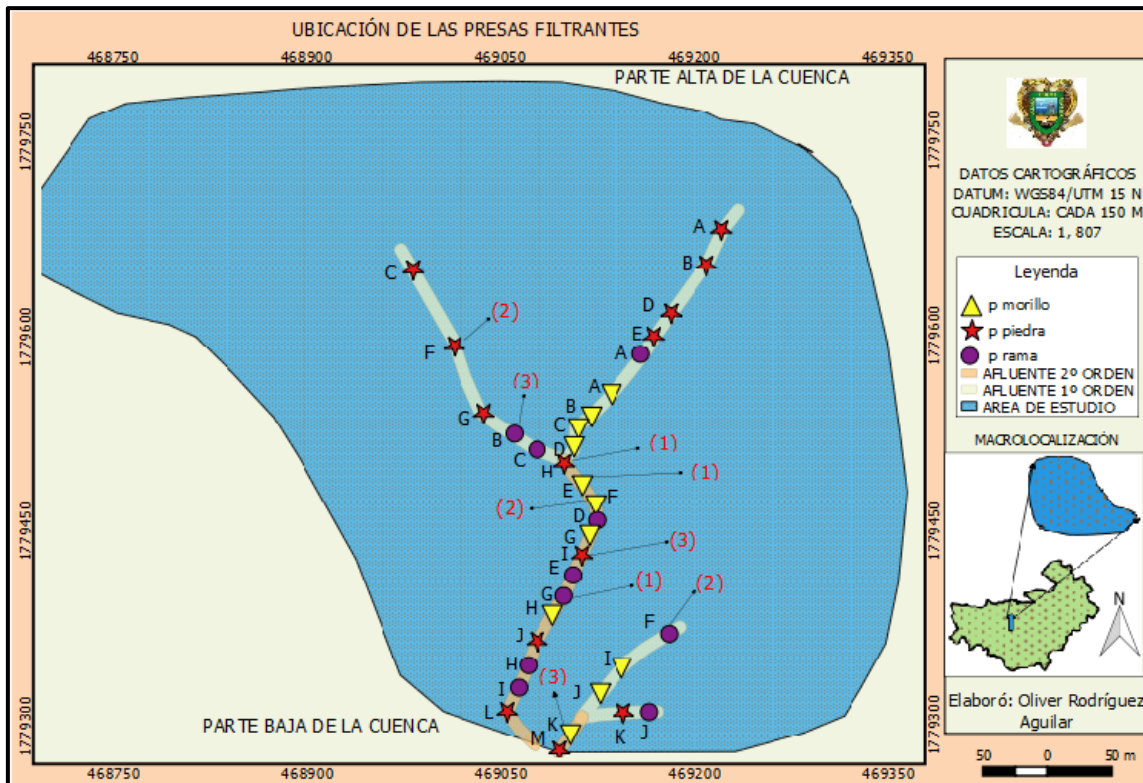


Figura 7. Ubicación de las presas filtrantes en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

4.4 Erosión evitada

Como se muestra en el Cuadro 18 y Figura 8 se puede observar comparativamente hablando, la cantidad total de suelo perdido en el área de estudio con obras de conservación y sin éstas; ya que la pérdida total estimada de sedimentos sin obras de conservación de suelos fue de 967.13 ton/año y por otro lado, con el establecimiento de las presas filtrantes la pérdida de sedimentos se vio reducida a 722.64 ton/año (74.72%), es decir que hubo una retención de suelo de alrededor de 244.49 ton/año (25.28%) con 34 presas filtrantes. Los resultados obtenidos indican que al largo plazo la pérdida de suelo sería significativamente menor con lo que se podría reducir en gran medida la erosión del terreno y con ello prevenir la pérdida en la calidad y fertilidad de las tierras, ya que la erosión es un proceso natural y por lo tanto, no puede evitarse pero puede reducirse a un valor aceptable.

Velásquez, (2014) al evaluar las prácticas y obras de conservación de suelos en el Ejido Buenos Aires, Motozintla, Chiapas, reportó una reducción de la erosión hídrica del 46%; comparado con lo que se obtuvo en este estudio, se observa que es mucho mayor lo reportado por Velásquez que el 25.28% que se obtuvo en este estudio; teniéndose un diferencial del 20.72%. Estas diferencias se deben a que Velásquez evaluó además de las presas filtrantes, obras de conservación de suelo y agua en laderas (terrazas individuales, sistema zanja bordo y terrazas de muro vivo) lo que ocasionó que existiera una mayor retención de sedimentos.

Cuadro 18. Eficiencia de las presas filtrantes en el control de la erosión hídrica en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

ESP ton/año	ECP ton/año	Erosión no controlada %	Erosión controlada %
967.13	722.64	74.72	25.28

ESP= Erosión sin practicas; ECP=Erosión con prácticas; ton=Toneladas; %=Porcentaje

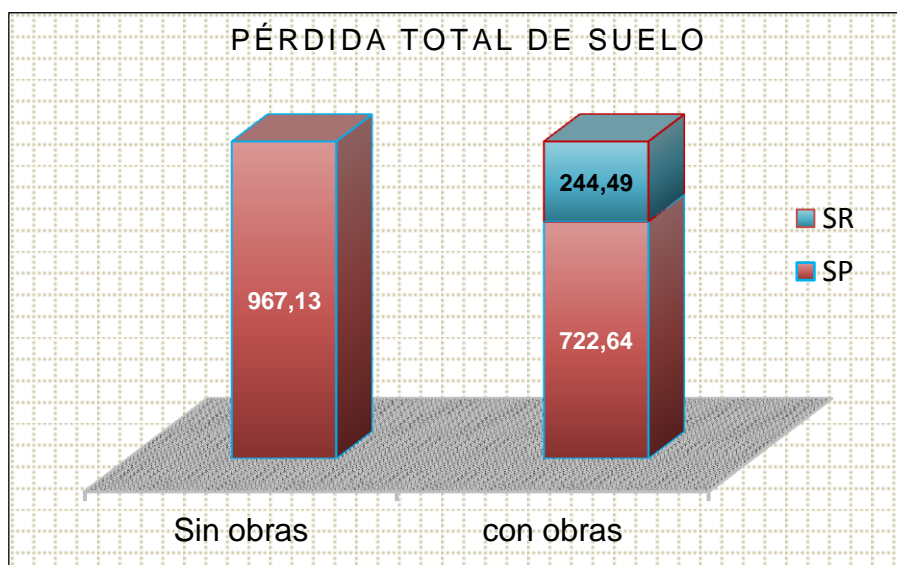


Figura 8. Suelo retenido (SR) y suelo perdido (SP) en ton/año en los predios Fracción La Pochota y El Zapote, Villa Corzo, Chiapas.

V. CONCLUSIONES

Los predios Fracción La Pochota y EL Zapote, son áreas que presentan alta vulnerabilidad a la erosión por presentar características tales como: una alta precipitación, una estructura franco arenosa con poco contenido de materia orgánica, topografía muy accidentada, con pendientes que van de un 60 a 70% con longitudes de 130m a 165m y además no existen obras de conservación de suelo en laderas.

El factor de proporción de desplazamiento juega un papel importante para la estimación de la pérdida real del sedimento ya que si no se hubiera aplicado este factor (0.47) la pérdida estimada sería de 2,057.73 ton/año, sin embargo, con el factor de desplazamiento la pérdida fue solo de 967.13 ton/año, por lo que se puede apreciar la importancia y la significancia del uso de este factor.

En este estudio se pudo constatar que el establecimiento de las obras de conservación de suelos y agua es una alternativa viable para atenuar la degradación de los suelos al reducirse la pérdida total de sedimentos en un 25.28%. Es decir, la implementación de obras de conservación de suelos tales como las presas filtrantes en zonas con cárcavas, permiten disminuir la pérdida de suelo reduciéndose el arrastre de sedimentos.

VI. RECOMENDACIONES

Dentro de lo posible hacer uso del factor de desplazamiento cuando se pretenda estimar la pérdida de sedimentos de una cuenca por medio de la EUPS, ya que este factor considera el suelo que se deposita en ciertas áreas de la cuenca.

Se recomienda de acuerdo al tipo de materiales disponibles la construcción de presas filtrantes en el siguiente orden: primero las presas de piedra acomodada, en segundo término las presas de morillos y finalmente las presas de ramas esto por la vida útil que pudieran tener los diferentes materiales; además de que en este mismo orden los materiales en cuestión tienen mayor capacidad de retención de sedimentos.

En este estudio no hubo en las laderas obras de conservación de suelo y agua que pudieran ayudar a la reducción de los sedimentos que se desplazan por estas declinaciones hacia las escorrentías naturales del terreno; por lo que se recomienda que cuando se presenten situaciones similares, se deberán de realizar estas obras complementarias en las laderas alimentadoras de sedimentos; debiéndose considerar siempre la longitud, pendiente, rugosidad, características edáficas y la cobertura vegetal.

Para incrementar la cantidad de retención de sedimentos, es recomendable la combinación de obras de conservación de suelo y agua con la implementación de prácticas vegetativas.

VII. LITERATURA CITADA

- Almorox A., J., F. Lopez B. y S. Rafaelli. 2010. La degradación de los suelos por erosión hídrica: métodos de estimación. Edi.tum. México. 312 p.
- Álvarez T., M. 1977. Los mamíferos de Chiapas. Universidad Autónoma de Chiapas. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. 147 p.
- Arellano M., J., L. y J. López. M. 2009. Tecnologías agrícolas locales para el control de la erosión en las cuencas de la Sierra Madre de Chiapas. *Agrociencia*. 24 (2): 17-19 p.
- Becerra M. A. 2005. Escorrentía, erosión y conservación de suelo. 1ª Reimpresión Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 375 p.
- Becerra M. A. 1999. Escorrentía, erosión y conservación de suelo. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco, Estado de México. 375 p.
- Velásquez P., C. 2014. Restauración forestal de suelos degradados en el Ejido Buenos Aires, Motozintla, Chiapas. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chiapas. Huehuetán, Chiapas, México 65 p.
- Cervantes-Zamora Y., S. L. Cornejo-Olgín., R. Lucero-Márquez., J. M. Espinoza-Rodríguez., E. Miranda-Viquez y A. Pineda-Velázquez. 2001. Provincias fisiográficas de México (C15E89). 1:4, 000,000. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>.(3 de Mayo de 2015).
- Colín-García G., L. A. Ibáñez-Castillo., J. Reyes-Sánchez y R. Arteaga-Ramírez. 2013. Diagnóstico de la erosión hídrica de la Cuenca del Rio Pichucalco. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas*.5 (1): 23-31 p.
- Colegio de Posgraduados (COLPOS). 1991. Manual de conservación del suelo y del agua. 3ª ed. Chapingo, México: 248 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2013. Obras en cárcavas. 54 p. <http://www.fedmvz.com/progan/13/8.3.Obras.pdf>. (3 de Mayo de 2015).

- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2012. Criterios técnicos para la ejecución de proyectos de conservación y restauración de suelos. Zapopán, Jalisco, México. 76 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2007. Evaluación externa de los apoyos de reforestación, obras y prácticas de conservación de suelos y sanidad forestal. 111 p. http://www.chapingo.mx/ceprae/archivos/1204225351_Suelos_Forestales_2006.pdf. (3 de Mayo de 2015).
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2007. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. 3ª ed. Tres60 Editores. México. 70 p.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2006. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. 2ª ed 1ª reimpression. LITOPRINT. Zapopán, Jalisco, México. 70 p.
- Flores L., H., E., C. Mora O., J. Ruiz C. y A. Chávez D. 2013. Efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosión hídrica. RCHSZA. 1:19-24 p.
- Flores L., H., E., M. Martínez M., J. L. Oropeza M., E. Mejía S. y R. Carrillo G. 2003. Integración de la EUPS a un SIG para estimar la erosión hídrica del suelo en una cuenca hidrográfica de Tepatitlán, Jalisco, México. Terra Latinoamericana. 21 (2): 233-244 p.
- Fournier F. 1975. Conservación de suelos. MUNDI-PRENSA. España. Pp: 14-67.
- González M., D., L. 2013. Efectividad de presas filtrantes en el municipio de La Perla Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 59 p.
- García E. Y CONABIO. 2001. Climas (C15E89). 1:1000000. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. (3 de Mayo de 2015).
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2007. Predicción de riesgo a la erosión hídrica a nivel microcuenca. San Luis Potosí, México. 66 p.

- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP) Y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2001. Edafología (C15E89). 1:1000000. México. <http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/>. (3 de Mayo de 2015).
- Instituto Nacional de Estadística Y Geografía (INEGI). 2005. Prontuario de información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos, Villa Corzo, Chipas. 9 p. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/datosgeograficos/07/07107.pdf>. (3 de Mayo de 2015).
- Instituto Nacional de Estadística Y Geografía (INEGI). 2002. Conjunto de datos vectoriales geológicos (C15E89). 1:1000000. Aguas calientes, México. <http://www.inegi.org.mx/geo/contenidos/reclnat/geologia/default.aspx>. (3 de Mayo de 2015).
- Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA). 2005. La medición de sedimentos en México. IMTA-UJAT. México. 306 p.
- Kappelle M. 2009. Erosión de suelos en Fundación Global Democracia y Desarrollo. Diccionario enciclopédico dominicano de medio ambiente. 5 p. http://www.dominicanaonline.org/DiccionarioMedioAmbiente/es/cpo_erosion_bis.asp. (3 de Mayo de 2015).
- Kirkby M., J. Y C. Morgan. R. 1984. Erosión del suelo. LIMUSA. México D.F. Pp: 55-152.
- Montes-León M., A., L., E. M. Uribe-Alcántara y E. García-Celis. 2011. Mapa Nacional de erosión potencial. Tecnología y ciencia del agua. 2(1):5-17 p.
- Morgan R., P., C. 1997. Erosión y conservación de suelos. Mandí-Prensa Barcelona Aedos. España. Pp: 56-81.
- Malagón C., D. 1978. Fundamentos de suelos útiles en la conservación de los mismos. CIDIAT. Venezuela. Pp: 23-35.

- Navas A. 1991. Modelización matemática de la escorrentía y erosión en cuencas: el modelo ANSWERS. Estación experimental de Aula Dei. CSIC. 20(3-4):29-30 p.
- Narro F., E. 2004. Física de suelos: con enfoque agrícola. 2da ed. TRILLAS. México. Pp: 23-40.
- Narro F., E. 1987. Física de suelos: con enfoque agrícola. TRILLAS. México. Pp: 3-9.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 2000. Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. Roma. 220 p.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 1967. La erosión del suelo por el agua. Algunas medidas para combatirla en tierras de cultivo. Italia. Pp: 1-30.
- Rodríguez V., J. 1982. Física de suelo, principio y aplicaciones. Talleres de OFFSET DICA, S.A., Independencia 1. México D.F. Pp: 35 y 238.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. Primera edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). Limusa, S. A. México. 504 p.
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2009. Control de cárcavas. México. 9 p. http://www.sagarpa.gob.mx/desarrolloRural/Documents/fichasCOUS_SA/Control%20de%20carcavas.pdf. (3 de Mayo de 2015).
- Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). 2005. Estimación de la erosión del suelo. Estado de México. 30 p.
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). 2000. NOM-021-RECNAT-2000 que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. 2ª ed. Diario Oficial de la federación. México. 85 p.

- Tayupanta J., J., R. 1993. La erosión hídrica: procesos, factores y formas. Instituto Nacional Autónomo de Investigaciones Agropecuarias (INIAP). Ecuador. 20 p.
- Torres R., E. 1982. Manual de conservación de suelos agrícolas. 2da ed. DIANA. México. D.F. Pp: 48 -53.
- Torres R., E. 1980. Manual de conservación de suelos agrícolas. ed. DIANA. México. D.F. Pp: 145.
- Thompson L., M. 1978. Los suelos y su fertilidad.4ta ed. REVERTÉ. Barcelona, España. Pp: 53-80.
- Villar S., B., O. H. Tosquy V., E. López S., V. A. Esqueda E. y G. Palacios P. 2013. Impacto de la pendiente y tres sistemas de producción sobre el escurrimiento, la erosión y el rendimiento de maíz. Tropical and Subtropical Agroecosystems.16: 497-504 p.
- Wischmeier W., H. and D. Smith D. 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. Ed. USDA. Washington. 67 p.

VIII. APÉNDICE

Cuadro 19. Valores de la erosionabilidad del suelo (K) estimado en función del contenido de materia orgánica y textura del suelo (Kirkby & Morgan, 1984).

Textura	% de materia orgánica		
	0.0 - 0.5	0.5 - 2.0	2.0 - 4.0
Arena	0.005	0.003	0.002
Arena fina	0.016	0.014	0.010
Arena muy fina	0.042	0.036	0.028
Arena migajosa	0.012	0.010	0.008
Arena fina migajosa	0.024	0.020	0.016
Arena muy fina migajosa	0.044	0.038	0.030
Migajón arenosa	0.027	0.024	0.019
Migajón arenosa fina	0.035	0.030	0.024
Migajón arenosa muy fina	0.047	0.041	0.033
Migajón	0.038	0.034	0.029
Migajón limoso	0.048	0.042	0.033
Limo	0.060	0.052	0.042
Migajón arcilloso arenosa	0.027	0.025	0.021
Migajón arcillosa	0.028	0.025	0.021
Migajón arcillo limosa	0.037	0.032	0.026
Arcillo arenosa	0.014	0.013	0.012
Arcillo limosa	0.025	0.023	0.019
Arcilla	0.013 - 0.029		

Cuadro 20. Valores medios anuales del factor cobertura vegetal (C) utilizados para la estimación de la erosión hídrica actual en el estado de Chiapas (Arellano, 2005).

CUBIERTA VEGETAL	VALOR DE C
Matorral de niebla	0.0020
Selvas altas siempre verdes	0.0034
Bosque de pino-encinos	0.0040
Bosque de liquidámbar	0.0030
bosque de álamo	0.0020
Bosque de pino	0.0010
Sabanas y guatalas	0.0090
Pastizales Naturales	0.0100
Pastizales inducidos	0.0250
Cultivos anuales	0.4700
Bosque de café	0.0380
Agricultura de riego	0.0710
Cuerpos de agua	0.0000
Áreas de depositación de sedimentos	1.0000
Nubes	0.0000

Cuadro 21. Factor prácticas mecánicas (SAGARPA, 2005).

Práctica	Valor de p
Surcado al contorno	0.75-0.90
Surcos rectos	0.80-0.95
Franjas al contorno	0.60-0.80
Terrazas (2-7 % de pendiente)	0.50
Terrazas (7-13 % de pendiente)	0.60
Terrazas (mayor de 13 %)	0.80
Terrazas de Banco	0.10
Terrazas de Banco en contrapendiente	0.05

Cuadro 22. Dimensiones de las presas de piedra acomodada.

No. de presas	d (m)	he (m)	he` (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	As (m)
1	0.73	0.20	0.50	0.30	0.60	0.20	0.65
2	0.66	0.70	0.75	0.60	0.90	0.75	0.50
3	0.93	1.50	2.20	2.25	3.75	1.55	1.10
4	0.83	1.10	1.00	2.10	2.60	1.20	1.30
5	0.55	1.30	1.40	1.45	2.50	1.40	0.30
6	1.13	2.30	2.85	2.40	4.00	2.90	0.95
7	1.25	1.50	1.90	1.80	2.30	1.90	0.75
8	1.50	4.70	4.75	4.80	7.00	4.80	0.90
9	1.25	2.50	3.00	3.50	3.70	4.00	0.60
10	0.63	0.60	0.70	1.55	2.40	1.80	0.67
11	0.40	1.35	1.30	2.40	3.10	2.40	0.65
12	0.45	1.20	1.30	1.20	1.90	2.40	0.60
13	1.05	1.80	1.60	4.00	6.00	3.80	0.60

No=Número; m=Metros d=Longitud entre distancias intermedias; he y he`=Longitudes extremas; h1, h2 y h3=Distancias intermedias; As=Altura promedio del sedimento.

Cuadro 23. Dimensiones de las presas de morillos.

No de presas	d (m)	he (m)	he` (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	As (m)
1	0.75	2.40	1.50	2.50	2.80	2.60	0.20
2	0.98	0.90	0.70	1.40	3.50	1.30	0.40
3	1.00	2.00	1.90	2.10	3.85	2.00	0.35
4	0.63	1.60	1.55	2.75	2.75	2.75	0.25
5	0.80	6.00	1.65	2.00	5.00	6.00	1.30
6	1.43	1.90	1.00	2.40	3.00	1.70	1.10
7	1.04	1.20	1.45	1.70	2.00	1.50	0.35
8	0.80	0.70	0.60	2.80	3.20	1.90	0.20
9	0.45	0.60	1.30	1.30	1.60	0.00	0.15
10	0.78	0.40	0.65	0.70	1.20	0.00	0.10
11	0.85	1.35	1.60	1.40	2.40	1.50	0.70

No=Número; m=Metros d=Longitud entre distancias intermedias; he y he`=Longitudes extremas; h1, h2 y h3=Distancias intermedias; As=Altura promedio del sedimento.

Cuadro 24. Dimensiones de las presas de ramas.

No. de presas	d (m)	he (m)	he` (m)	h1 (m)	h2 (m)	h3 (m)	As (m)
1	1.38	2.70	2.750	2.90	3.00	2.85	0.19
2	1.03	1.65	1.400	1.70	3.90	1.50	0.54
3	0.30	2.00	2.000	2.00	2.00	2.00	0.30
4	0.48	0.50	0.350	1.20	2.00	1.30	0.50
5	0.80	1.10	1.150	2.00	2.00	1.90	0.40
6	1.08	2.70	3.200	3.10	5.00	3.70	0.25
7	1.20	2.50	2.600	4.00	3.35	3.10	0.90
8	0.48	0.90	1.000	1.00	1.20	1.10	0.25
9	0.38	0.80	0.750	0.90	1.00	1.20	0.20
10	1.50	0.50	0.800	1.00	2.00	3.00	0.17

No=Número; m=Metros d=Longitud entre distancias intermedias; he y he`=Longitudes extremas; h1, h2 y h3=Distancias intermedias; As=Altura promedio del sedimento.

Cuadro 25. Normales climatológicas de la estación 7349 Monterrey, Villa Corzo, Chiapas.

Normales climatológicas de la estación 7349 Monterrey (Periodo: 1951 a 2010)												
Precipitación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Normal	0.3	3.5	9.6	16.9	122	258	266	282	335	114	29.1	4
mensual	4	32	90	96	328	437	412	494	1,16	441	186	31
Año de máxima	200	199	200	200	199	200	201	199	199	199	199	199
Máxima diaria	7	7	0	7	1	8	0	3	8	8	7	0
Máxima diaria	2	20	90	39	100	109	94.5	92	195	240	116	30
Años con datos	28	28	28	28	29	31	29	27	26	27	28	29
Promedio	1,442.1											