



UNIVERSIDAD DEL MAR
CAMPUS PUERTO ESCONDIDO

**HIDROEROSIÓN Y DEPÓSITO SEDIMENTARIO EN
SUELOS DE PIEDEMONTES Y ESTRIBACIONES DE LA
PLANICIE COSTERA EN COZOALTEPEC, OAXACA.**

TESIS

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERA FORESTAL**

PRESENTA

TERESA DE JESÚS GÓMEZ GÓMEZ

DIRECTOR

DR. EDGAR IVÁN SÁNCHEZ BERNAL

PUERTO ESCONDIDO, OAXACA, MÉXICO, ABRIL 2016

DEDICATORIA

A mis abuelos

CÁNDIDO Y JUANA GÓMEZ, por ser mi ejemplo de lucha y humildad, personitas de gran corazón que dejaron una huella muy profunda en mi vida.

A mi madre

La señora **MARÍA DEL CARMEN GÓMEZ**, gracias por todo tu esfuerzo, tu apoyo incondicional y por la confianza que siempre depositaste en mí, gracias porque siempre, aunque lejos, has estado a mi lado, este logro te lo dedico con todo el corazón mamita porque sin ti, que difícil hubiera sido este trayecto.

A mis hermanos

ROSA ISELA, RODRIGO y JOSÉ MAURICIO por creer en mí, por su apoyo y los ánimos que me brindaron para no dejarme vencer. Por las regañadas y las alegrías que hemos compartido juntos, y sobre todo por eso, por estar siempre juntos aun contra las adversidades.

A ti

SERGIO por aparecer y formar parte de mi presente, por estar ahí, justo cuando más lo necesito. Gracias por tu amor y cariño.

AGRADECIMIENTOS

En especial al **Doctor Edgar Iván Sánchez Bernal**, mi director de tesis, el por el apoyo profesional, los consejos, la paciencia y sobre todo por la dedicación otorgada para la realización del presente estudio.

A la comisión de revisores, por el tiempo dedicado en revisar y dar sus observaciones, que me ayudaron a nutrir y mejorar la calidad de la presente tesis.

A mis amigos y amigas que me apoyaron y que con su compañía hicieron más amenos los días de trabajo de campo y de laboratorio.

A mis compañeras y amigas Janet, Vanessa, Sonia, Natividad, Laura y Yesenia, que sin ustedes estos cinco años de carrera no hubieran sido los mismos, tantas anécdotas que hemos compartido juntas, que no fácilmente se olvidan. Gracias por su amistad chicas súper poderosas.

A mis profesores, y demás personas que de manera directa e indirecta colaboraron en la culminación de la primera etapa de mi carrera profesional y para la realización de esta investigación.

A todos ustedes gracias.

ÍNDICE GENERAL

Contenido	Pág.
ÍNDICE DE CUADROS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE ANEXOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. HIPÓTESIS	4
III. OBJETIVOS	4
3.1. Objetivo general	4
3.2. Objetivos específicos	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Características pedogenéticas y físico-químicas del suelo	5
4.1.1. Definición	5
4.1.2. Propiedades físicas del suelo	6
4.1.2.1. Textura	7
4.1.2.2 Estructura	9
4.1.2.3. Conductividad hidráulica	11
4.1.2.4. Densidad	12
4.1.2.5. Aireación	12
4.1.2.5.1. Movimiento del aire en el suelo	13
4.1.2.6. Temperatura	14
4.1.2.7. Color	15
4.1.3. Agua en el suelo	15
4.1.3.1. Movimiento del agua en el suelo	16
4.1.4. Reacción química del suelo	18
4.1.5. Fertilidad del suelo	19
4.2. Hidroerosión	20
4.2.1. Causas y efectos de la hidroerosión	21

4.2.2. Métodos para estimar y predecir hidroerosión	23
4.2.3. Escorrentía superficial	25
4.2.3.1. Factores a considerar en la determinación de la escorrentía superficial	26
4.2.3.2. Algunas ecuaciones empíricas para determinar escorrentía superficial	26
V. MATERIALES Y MÉTODOS	29
5.1. Área de estudio	29
5.1.1. Clima	30
5.1.2. Suelo	30
5.1.3. Vegetación	30
5.1.4. Hidrología	30
5.2. Muestreo y análisis de suelos	31
5.2.1. Muestreo	31
5.2.2. Análisis físicos y químicos	31
5.3. Establecimiento de la parcela experimental y el lote de escurrimiento	33
5.4. Cálculo de la erosión actual y potencial mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo	34
5.4.1. Determinación del índice de erosión pluvial	35
5.4.2. Determinación de la erosión potencial (EP)	36
5.4.3. Determinación de la erosión actual (EA)	38
5.5. Estimación de la escorrentía superficial	40
5.6. Estimación de la erosión bruta y la que podría migrar aguas abajo en las condiciones de manejo en el predio El Potrero	42
VI. RESULTADOS	44
6.1. Características físicas y químicas de los suelos aguas arriba-aguas abajo del área de estudio	44
6.1.1. Conductividad hidráulica	44
6.1.2. Textura, densidad aparente y porosidad del suelo	45
6.1.3. Color del suelo	46
6.1.4. pH, CE y STD del suelo	46

6.1.5. Composición iónica de extractos acuosos de suelo	47
6.2. Cálculo de la erosión actual y potencial mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo	48
6.2.1. Determinación del índice de erosión pluvial	49
6.2.2. Determinación de la erosión potencial (EP)	49
6.2.3. Determinación de la erosión actual (EA)	51
6.3 Estimación de la erosión mediante el lote de escorrentía	51
6.4. Evaluación de la escorrentía superficial	52
6.5. Estimación de la erosión bruta y la que podría migrar aguas abajo en las condiciones de manejo del predio el Potrero.	54
VII. DISCUSIÓN	56
7.1. Características físicas y químicas de los suelos aguas arriba-aguas abajo del área de estudio	56
7.1.1. Conductividad hidráulica de los suelos	56
7.1.2. Textura, densidad aparente y porosidad del suelo	56
7.1.3. Color del suelo	57
7.1.4. pH, CE y SDT del suelo	58
7.1.5. Composición iónica de extractos acuosos de suelo	58
7.2. Estimación de la erosión mediante el lote de escorrentía y su comprobación mediante la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo	59
7.3. Evaluación de la escorrentía superficial	60
7.4. Estimación de la erosión bruta y la que migra aguas abajo en las condiciones de manejo en el área de estudio	62
VIII. CONCLUSIONES	66
IX. BIBLIOGRAFÍA	67
X. ANEXOS	79

ÍNDICE DE CUADROS

	Pág.
Cuadro I. Clasificación de partículas del suelo	9
Cuadro II Metodología para determinar análisis químicos de muestras de suelo colectadas en el área de muestreo	32
Cuadro III. Valores del índice de factor de uso y manejo de suelo	39
Cuadro IV. Índice de prácticas conservacionistas	39
Cuadro V. Características físico-químicas de perfiles de suelo analizados antes de la época de lluvias	47
Cuadro VI. Composición química de extractos acuosos de pastas de saturación de suelo analizados previo al proceso erosivo	48
Cuadro VII. Características físico-químicas de perfiles de suelo analizados después del proceso erosivo	54
Cuadro VIII. Composición química de extractos acuosos de pastas de saturación de suelo analizados después del fenómeno de lluvias	54
Cuadro IX. Estimación de la erosión bruta y la que podría migrar aguas abajo en las condiciones de manejo del predio El Potrero	55

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Fases del suelo	6
Figura 2. Triángulo de textura del suelo	8
Figura 3. Tipos de estructura del suelo	10
Figura 4. Localización del área de estudio	29
Figura 5. Conductividad hidráulica del suelo en el área sujeta a remoción de sedimentos	44
Figura 6. Conductividad hidráulica del suelo en el área de depósito y acumulación de sedimentos	45
Figura 7. Análisis granulométrico por el método de Bouyoucos	46

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Establecimiento del lote de escurrimiento	79
Anexo 2. Colecta mensual de sedimentos	79
Anexo 3. Monolito establecido en suelos de piedemonte	79
Anexo 4. Monolito establecido en la planicie costera	79
Anexo 5. Secado de muestras de suelo en la UMAR	80
Anexo 6. Pozo de infiltración	80
Anexo 7. Establecimiento de los colectores de PVC	80
Anexo 8. Obtención de extractos acuosos de las muestras de suelo en laboratorio	80
Anexo 9. Determinación de Residuo Seco Evaporado a 105 °C	81
Anexo 10. Determinación de Residuo Seco Evaporado a 600 °C	81
Anexo 11. Determinación de Calcio y Magnesio	81
Anexo 12. Determinación de Carbonatos y Bicarbonatos	81
Anexo 13. Determinación de Cloruros	82
Anexo 14. Determinación de Sodio y Potasio	82
Anexo 15. Determinación de sulfatos	82

RESUMEN

La erosión hídrica es uno de los principales procesos de pérdida del suelo. Para cuantificar el volumen de suelo que se pierde por escurrimiento superficial en un evento de lluvias y su depósito en la baja planicie de la microcuenca de Cozoaltepec, Oaxaca, se estableció un lote de escurrimiento. Los resultados obtenidos por el método de parcela de escurrimiento, se compararon con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo USLE/RUSLE. También, se realizó un análisis físico-químico del suelo de la parcela experimental para conocer las características del mismo, previo y posterior al proceso erosivo, así como para cuantificar la migración y acumulación de iones en la baja planicie.

Los resultados indican que la erosión de la parcela de escurrimiento es de 4.24 Mg ha^{-1} , valor menor al obtenido por la Ecuación USLE/RUSLE que arrojó $12.32 \text{ Mg ha}^{-1}/\text{año}$. Esta diferencia se debe a que la parcela de escurrimiento está acotada a un monitoreo puntual y no considera aspectos como la heterogeneidad del terreno, mejor explicada por los factores RKLS (Erosividad de la lluvia, erodabilidad del suelo, longitud-pendiente), C (uso y manejo del suelo) y P (prácticas de conservación del suelo), los cuales si son considerados en la Ecuación. Ambos resultados exceden el umbral de tolerancia del suelo a la erosión, por lo que se trata de un suelo intolerante a la hidroerosión. Se concluye que el sistema productivo practicado genera degradación del suelo y por ende es insustentable.

La migración iónica, el depósito y acumulación de sedimentos en la baja planicie, indican que aún en condiciones de baja precipitación pluvial, estos suelos presentan una tendencia a empobrecer su contenido de iones nutrimentales y en consecuencia a disminuir su potencial productivo.

1. Palabras claves: regosol eutrítico, erosión hídrica, lote de escurrimiento, escurrimiento superficial, azolve, depositación.

ABSTRACT

Water erosion is one of the main causes of soil loss. In order to quantify the amount of soil lost by surface runoff in an event of rain and its deposit onto the low plain of the microbasin of Cozoaltepec, Oaxaca, a runoff batch was implemented. The results of soil erosion obtained by the method of runoff plot were compared with the Universal Soil Loss Equation USLE / RUSLE. Also, a physico-chemical analysis of the soil was practiced to know the characteristics, before and after the erosion process, as well as to quantify the migration and accumulation of ions in the low plain.

The results indicate that erosion of the land runoff is 4.24 Mg ha^{-1} , less than that obtained by Equation USLE / RUSLE value dropped $12.32 \text{ Mg ha}^{-1} / \text{year}$. This difference is due to the runoff plot is bounded to a monitoring point and it does not consider aspects such as heterogeneity of the land, RKLS best explained by factors (rainfall erosivity, soil erodibility, length-pending), C (use and soil management) and P (soil conservation practices), which are considered in the equation. Both results exceed the tolerance threshold of soil to erosion, so it comes down to an intolerant hydroerosion. It can be concluded that the production system generates practiced soil degradation and is therefore unsustainable.

The ionic migration, and accumulation of sediment deposition in the low plain, indicate that even under conditions of low rainfall, these soils have a tendency to impoverish the nutritional content of ions and thus reduce its productive potential.

Key words: eutric regosol soil, water erosion, runoff plot, surface runoff, silt, deposit.