



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), enero-febrero 2024,
Volumen 8, Número 1.

DOI de la Revista: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1

**CUANTIFICACIÓN DE LA EROSIÓN HÍDRICA
ACTUAL EN UNIDADES GEOMORFOLÓGICAS,
ESTUDIO DE CASO, MUNICIPIO DE TULANCINGO,
HIDALGO, MÉXICO**

**QUANTIFICATION OF CURRENT WATER EROSION IN
GEOMORPHOLOGICAL UNITS, CASE STUDY,
MUNICIPALITY OF TULANCINGO, HIDALGO, MEXICO**

Miguel Alvarado Cardona

Instituto Politécnico Nacional, México

J. Aurelio Colmenero Robles

Instituto Politécnico Nacional, México

Imelda Rosas Medina

Instituto Politécnico Nacional, México

María Concepción Martínez Rodríguez

Instituto Politécnico Nacional, México

Obed Pardo Santos

Instituto Politécnico Nacional, México

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.10465

Cuantificación de la Erosión Hídrica Actual en Unidades Geomorfológicas, Estudio de Caso, Municipio de Tulancingo, Hidalgo, México

Miguel Alvarado Cardona¹

maalvarado@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-9747-260X>

Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

J. Aurelio Colmenero Robles

acolmenero@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0003-4959-7963>

Secretaría de Investigación y Posgrado
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Imelda Rosas Medina

irosasm@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0001-6616-3898>

Secretaría de Investigación y Posgrado del
Instituto Politécnico Nacional
Becarios COFAA-IPN
Ciudad de México, México

María Concepción Martínez Rodríguez

mcmartinezr@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0003-3094-5411>

Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

Obed Pardo Santos

Opardos@ipn.mx

<https://orcid.org/0000-0002-4341-9368>

Centro Interdisciplinario de Investigaciones y Estudios sobre Medio Ambiente y Desarrollo
Instituto Politécnico Nacional
Ciudad de México, México

RESUMEN

El Municipio de Tulancingo de Bravo se localiza al Sureste del Estado de Hidalgo, México, con coordenadas geográficas centrales 20° 04' 53 Latitud Norte'' y 98° 22' 07' Longitud Oeste. La tala inmoderada, las actividades productivas llevadas a cabo de manera inadecuada han orinado que los suelos se erosionen de manera severa o muy severa. En esta investigación se caracterizó y evaluó la erosión de las Unidades Geomorfológicas, con el objetivo de identificar el estado actual de cada una de ellas. Para probar la hipótesis y cumplir con el objetivo se aplicaron estrategias metodológicas de tipo cualitativa, cuantitativa, documental, descriptiva y un método general de trabajo. resultaron trece Unidades Geomorfológicas como son la Llanuras A, B, Valle, Lomeríos A, B, C, D, E, F, Mesetas A, B y Sierras A baja, B alta de laderas escarpadas, con pendientes que varían de -1 a más del 50 %. Con respecto a la erosión actual los valores muy altos fueron 446.08, 682.11 Ton/ha/año y 878.22, 4039 Ton/ha/año para la erosión potencial muy alta, como se observa la diferencia entre la erosión actual y la potencial es muy alta (432.26 y 3357.09 Ton/ha/año, más del doble.

Palabras clave: Tulancingo, erosión hídrica, unidades geomorfológicas, suelo, Hidalgo

¹ Autor principal

Correspondencia: maalvarado@ipn.mx

Quantification of Current Water Erosion in Geomorphological Units, Case Study, Municipality of Tulancingo, Hidalgo, Mexico

ABSTRACT

The Municipality of Tulancingo de Bravo is in the Southeast of the State of Hidalgo, Mexico, with central geographic coordinates 20° 04' 53 North Latitude" and 98° 22' 07' West Longitude. The immoderate logging, the productive activities carried out in an inadequate way have caused the soil to erode severely or very severely. This investigation characterized and evaluated the erosion of the geomorphological units, with the objective of identifying the current state of each one of them. To test the hypothesis and meet the objective, a qualitative, quantitative, documentary, descriptive methodology and a general work method were applied. Thirteen geomorphological units resulted, such as Plains A, B, Valle, Lomerio A, B, C, D, E, F, Meseta A, B and Sierras A low, B high with steep slopes, with slopes that vary from -1 to more than 50 %. With respect to current erosion, the very high values were 446.08, 682.11 Ton/ha/year and 878.22, 4039 Ton/ha/year for very high potential erosion, as the difference between current and potential erosion is very high (432.26 and 3357.09 Ton/ha/year, more than double.

Keywords: Tulancingo, water erosion, geomorphological units, soil, Hidalgo

Artículo recibido 15 enero 2024

Aceptado para publicación: 20 febrero 2024



INTRODUCCIÓN

El Municipio de Tulancingo de Bravo se localiza al Sureste del Estado de Hidalgo, México, con coordenadas geográficas centrales 20° 04' 53 Latitud Norte'' y 98° 22' 07' Longitud Oeste. se ubica a una distancia de 93 kilómetros del de la Ciudad de México. De acuerdo con la posición que tiene dicho municipio en el mapa de la República Mexicana, limita con algunos lugares, al Norte con el Municipio de Metepec, al Este con Acaxochitlán y Cuauhtepac y al Oeste con los Municipios de Acatlán y Singuilucan (Municipios.mx, 2023).

La Geomorfología es la parte de la Geología que se encarga del estudio de las formas del relieve terrestre, incluye: el origen de las formas, las rocas que la constituyen y su relación con las rocas de su entorno, su edad y las dimensiones, además tomando en cuenta su relación con la estructura geológica, la vegetación y el suelo, en función del tiempo. las Unidades Geomorfológicas son las formas del terreno (morfografía) y sus dimensiones (morfometría) como: valles, terrazas, abanicos aluviales, conos volcánicos, fallas, corrientes de agua (Luis Guillermo Salazar Mondragón & Rodolfo Madrigal Gómez, 1994)

La erosión de suelos Es la remoción y eliminación del suelo. Los factores que acentúan la erosión del suelo son: la precipitación, la velocidad del viento, topografía, naturaleza., el grado y longitud del declive, las características físicas y químicas del suelo, las cubiertas de la tierra, su naturaleza y grado de cobertura, los fenómenos naturales como terremotos, y factores humanos como la tala indiscriminada, quema de subsecuente y pastores en exceso (INEGI 1997).

La degradación del suelo en particular por la erosión hídrica se manifiesta en la capa superficial del suelo, que al paso del tiempo se magnifica hasta incluir la pérdida de todos sus horizontes. El ejemplo, más evidente, lo representan los suelos de origen aluvial utilizados en la agricultura; la primera consecuencia del efecto de la erosión es la pérdida de minerales y materia orgánica; el segundo efecto incluye el potencial daño de los sedimentos, producto de la pérdida de la capa vegetal, sobre la calidad del agua de lagos o presas con fines deportivos, recreativos o de riego agrícola (EOS DATA ANALYTICS, 2021)).

La modificación del relieve a causa de estas actividades influye en la pérdida gradual del suelo. La erosión hídrica y eólica en México puede ser atribuida a la intensidad de las actividades de la agricultura,

deforestación, ganadería, minería, crecimiento urbano, industrialización, construcción de vías de comunicación y al efecto de incendios en bosques, matorrales y pastizales. Los estudios sobre la erosión hídrica se han realizado a nivel de cuencas, regiones montañosas y planicies; otro tipo de estudios se enfocan sobre la cuantificación de erosión en distintas geoformas del terreno como valles, laderas y mesetas.

Problema

La recopilación, sistematización y análisis de la información, así como los recorridos en campo por su territorio nos permitió llevar a cabo la identificación del problema, con relación al primer caso al revisar la bibliografía en gabinete se observó que las actividades productivas como la agricultura, ganadería y la silvicultura que se estaban realizando de manera inadecuada, así como el uso irracional de los recursos naturales han originado una problemática muy compleja como lo es la erosión de suelos, pérdida de la vegetación, así como una serie de impactos en la sociedad y la economía Alvarado, Colmenero, Álvarez, (s.f.), así mismo en el trabajo de campo se observó que esta remoción de suelos era principalmente de tipo hídrico y que se presentaban de forma más severa en Unidades Geomorfológicas llamadas Sierras Altas, La erosión o degradación de los suelos es la pérdida de los horizontes del suelo, principalmente por factores, como las corrientes de agua y aire, principalmente en terrenos secos y sin vegetación además del hielo y otros elementos. La erosión del suelo reduce su fertilidad porque provoca la pérdida de minerales y materia orgánica (Valencia, 2017) como apoyo a este planteamiento se hicieron las siguientes preguntas:

¿Cuál es la actividad productiva que está generando este conflicto?

¿En qué geoformas se presenta la erosión del suelo alta o muy alta?

¿Qué geoforma es la que tiene mayor superficie erosionada?

¿Qué estudios previos hay al respecto? ¿Qué se puede citar de ellos?

¿Qué aporta este trabajo a esos antecedentes?

¿En qué contexto se realiza esta investigación? Antecedentes históricos, sociales, culturales, legales, demográficos.

Antecedentes

En el Municipio Tulancingo no se han elaborado investigaciones sobre Unidades Geomorfológicas donde se relacionen con la erosión actual y potencial del suelo, se han llevado a cabo estudios, proyectos y algunas investigaciones con una semejanza aproximada

A continuación, se menciona algunas de ellas: Caracterización de la Cuenca del Río la Vieja, Plan de Ordenamiento y Manejo de la Cuenca del Río la Vieja IGAC, (2014), en esta investigación en punto 11.1 corresponde a la determinación y cartografía de las Unidades Geomorfológicas, para esto se utilizó las características del suelo, geología, relieve, es un estudio muy detallado resultando más de 35 Unidades Geomorfológicas.

Actualización del atlas de riesgos del Municipio de Tulancingo de Bravo, Hgo. Centro euro (2016), en este atlas se identifican y caracterizan Unidades Geomorfológicas como cerro, cañadas, barrancas y zonas planas, se describe a la erosión como un peligro geológico, analizan formas y clases de erosión.

Unidades Geomorfológicas y su relación directa con la litología Salazar M. L. (2017), en esta investigación el autor describe la Morfogénesis, Morfografía, Morfocronografía, su ubicación y su relación con la litología de las Unidades Geomorfológicas, además delimita las formas como valles, volcanes, terrazas, abanicos, cerros y llanuras y menciona las clases de erosión

Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tulancingo SEMARNAT, SE (2008), el documento contiene una descripción detallada de los elementos como climas, geología, hidrología, suelos, relieve, fisiografía, población, educación, comercio y salarios

Pasado, presente y futuro Marta González, (1991), hace un análisis y crítica de los diferentes factores de la Ecuación Universal de pérdidas de suelo, comenta las ventajas y desventajas de la formula.

Erosión del Suelo y microrregiones, el caso del Municipio de Tulancingo Hidalgo Varela, et. al. (s.f.), en este trabajo se delimitan, caracterizan y se evalúan la erosión actual de 10 micro regiones, para delimitación se utilizó una carta base y las características de los elementos del medio físico.

Los procesos agrícolas y la deforestación como factores causantes de la erosión del suelo en el Municipio de Tulancingo, Hidalgo Alvarado et. al. (s.f.) el contenido de este estudio contempla la delimitación, caracterización de 4 unidades, así como la evaluación de la erosión, en la delimitación

ambiental se utilizó la cartografía de los elementos del medio natural y en la evaluación la metodología que considera el Manual de Ordenamiento Ecológico SEDUE (1988).

Justificación

En los antecedentes se observa que existe huecos en la investigación sobre la evaluación de la erosión del suelo relacionada con Unidades Geomorfológicas, ya que no existen estudios y proyectos que aborden esta temática, esta información aportara información para los tomadores de daciones en la elaborar los planes y programas de los diferentes sectores, al conocer la problemática ambiental los habitantes del municipio tomaran las medidas necesarias para resolverla, esta investigación aportara metadatos que será la base para llevar a cabo recomendaciones para recupera los suelos erosionado y así contribuir al equilibrio ecológico y a protección del ambiente

Hipótesis

La Erosión Potencial del suelo alta y muy alta se presenta Sierras Altas de laderas pronunciadas desprovistos de vegetación y en los lomeríos dedicados a la agricultura de temporal.

Objetivo general

- En esta investigación se llevó a cabo una caracterización de los elementos del medio físico y una evaluación de la erosión actual y potencial de las diferentes Unidades Geomorfológicas, con el objetivo de generar información básica que pueda ser utilizada por los tomadores de decisiones en planes y programa.

Objetivos específicos

- Mostrar las causas e impactos de este conflicto en suelos
- Identificar las características de las Unidades Geomorfológicas
- Conocer la intensidad de erosión actual y potencial, así como las formas de este fenómeno

METODOLOGÍA

Métodos y técnicas

Metodología estudio de los métodos, para cumplir con objetivos, probar la hipótesis, y determinar el valor de la erosión del suelo de cada una Unidad Geomorfológicas, se aplicó el Método Científico al generar nuevo conocimiento,

Esta investigación es tipo de Básica ya que se aplicarán conocimientos de otras disciplinas y ciencias, documental por los materiales utilizados como cartográficos bibliográficos, fotográficos y otros, aplicada por la aplicación de los conocimientos de otra ciencia, exploratoria por las acciones de gabinete y campo para poder plantear el problema, descriptiva al describir las características de las Unidades Geomorfológicas y evaluativa al determinar la intensidad de la erosión actual y potencial, también se aplicaron técnicas particulares para cada una de las disciplinas, como es el caso de la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo.

Método General de Trabajo

Está integrado por las Fases de Recopilación de Información como bibliografía, cartografía, estudio; proyectos; fotos aéreas; imágenes de satélite, Fase de Caracterización de las Unidades Geomorfológicas y Fase de evaluación de la erosión de cada una diferentes unidades Figura 1

Fase recopilación de la información

La recopilación de la información es de tipo cartográfico, bibliográfico, fotos aéreas, imágenes de satélite, proyectos y estudio, se llevó a cabo en la Ciudad de México principalmente en oficinas públicas como INEGI, CONAPO, CONAGUA, SEMARNA, CONABIO por citar algunas, con apoyo de internet se bajó información del tema o relacionada con erosión del suelo. En campo se compilo información de temáticas como hidrología, geología; edafología; vegetación; fauna y relieve, con relación al aspecto socioeconómico se observó el tipo de actividad productiva, la clase de propiedad, crecimientos de los asentamientos humanos. La información recopilada se sistematizo y se adecuo a la escala necesaria.

Delimitación del área de estudio (Municipio de Tulancingo)

Sobre la información que contiene las Cartas Topográficas de INEGI, (2000, 2019), como formas del relieve, curvas a nivel, cueros y corrientes de agua, nombres de poblados y coordenadas se delimito el área de estudio, lo mismo se hizo sobre las imágenes del Keyhole (2023), considerando elementos como forma, textura

Delimitación de las Unidades Geomorfológicas

Sobre las imágenes del Satélite Keyhole, (2023b) se realizó una interpretación de las imágenes utilizando elementos como tono, textura, color, forma, asentamientos humanos y actividades

productivas, así mismo se emplearon elementos de las cartas topográficas escala 1::50,000, como curvas de nivel, pendiente, forma del relieve INEGI, (2000, 2019), (Mapa 1)

Fase de Caracterización

Caracterización de las Unidades Geomorfológicas

Una vez delimitadas las Unidades Geomorfológicas se procedió a la caracterización de las mismas, para esto se utilizó la Cartografía Temática de INEGI (1983, 2013), INEGI (2000 y 2019), esta información se ratificó y rectificó en campo, antes de iniciar esta actividad se planeó el trabajo de campo, primero se seleccionaron 36 puntos de chequeo en las cartas topográficas ya citadas, observación, toma de fotos y video, con esta información en gabinete se llevó a cabo la descripción de las características de las Unidades Geomorfológicas

Cuadro 8. Caracterización Tipos y formas de la erosión del suelo

Los tipos y formas de la erosión del suelo se caracterizaron considerando la información de Cartón, A (2021), en su publicación describe los diferentes tipos de erosión (del agua, eólica, antrópica, glacial, otros autores, también describe los tipos de erosión como hídrica y la forma cárcavas y la laminar. Colegio de Posgraduados (1991), en su manual de conservación de suelos comenta tipos de erosión (hídrica, eólica, por gravedad) y formas de erosión (cárcavas, surcos, pináculos, barracas, laminas

Cuadro 9. Caracterización del área de estudio

Elementos del medio físico

Clima

Los tipos de clima se describieron en función de la clasificación de W. Köppen, modificada por E. García para las condiciones de la República Mexicana García, E. (2004)

Hidrología

La hidrología superficial se describió con La información de SE-SGM, (2008.) del Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tulancingo, en este documento se describe la Región Hidrológica, los ríos, cuencas del área de estudio.

Para describir la Hidrología subterránea se utilizó la información de CONAGUA, (2020), este trabajo contiene un balance de agua subterránea, cuánta agua entra y cuánta sale del acuífero.

Geología

La Geología se describió tomando como base las cartas de INEGI, (1983), así como con la información de campo, en la carta se observa la ubicación de los tipos de roca, fallas y fracturas,

La Fisiografía

Se caracterizó con información de la Carta Fisiográfica de SPP (1981) y con la información de campo, la carta contiene las Provincias, Subprovincias y Sistemas de Topoformas

Suelos

Con base a la información Edafológica de INEGI, (2013), FAO-ISRIC y SICS, (1999) y los datos de campo, se describieron las unidades y subunidades de suelo

Vegetación

considerando los siguientes autores (Capulín *et al.*, 2012; INEGI, 1992; Granados *et al.*, 2000) y la información de campo, se describieron las características de la vegetación.

Uso actual del suelo

Para describir el uso del suelo se consultó la Carta de Uso del Suelo y Vegetación de INEGI, (2019) y con la información de campo, esta carta contiene los Usos del Suelo del área de estudio

Fase Evaluación de la Erosión Actual y Potencial

Factores de la formula

$A = R \times K \times LS \times C \times P$ Erosión actual $A = R \times K \times LS$ Erosión potencial

Factor R Erosibilidad por las lluvias

Factor R Erosibilidad del agua se determinó por las siguiente formulas $R_t = P_{ta} - R_{a1}$ $R_{a1} = P_{ta}$

$\times C_f$ de donde:

R_t Erosibilidad total P_{ta} Precipitación total anual R_{a1} Erosibilidad parcial C_f Coeficiente de agresividad

En el Cuadro 1 se tiene que el coeficiente de agresividad de los bosques y agricultura de riego es menos agresivo, en cambio el Regosol y la agricultura de temporal son los más degradantes

Cuadro 1 Coeficiente de agresividad

Uso del suelo y vegetación	Coeficiente de agresividad	Suelos	Coeficiente de agresividad
Bosque cerrado	0.10	Phaeozem	0.15
Bosque abierto	0.15	Cambisol crómico, Luvisol crómico	0.15
Pastizal	0.18	Leptosol	0.25
Agricultura de temporal	0.20	Regosol	0.20
Agricultura de riego	0.15	Vertisol	0.15

Fuente: Elaboración propia

En el Cuadro 2 se resumen los valores representativos de K para distintas texturas y contenidos de materia orgánica, se observa como al aumentar el contenido en materia orgánica disminuye el valor de K

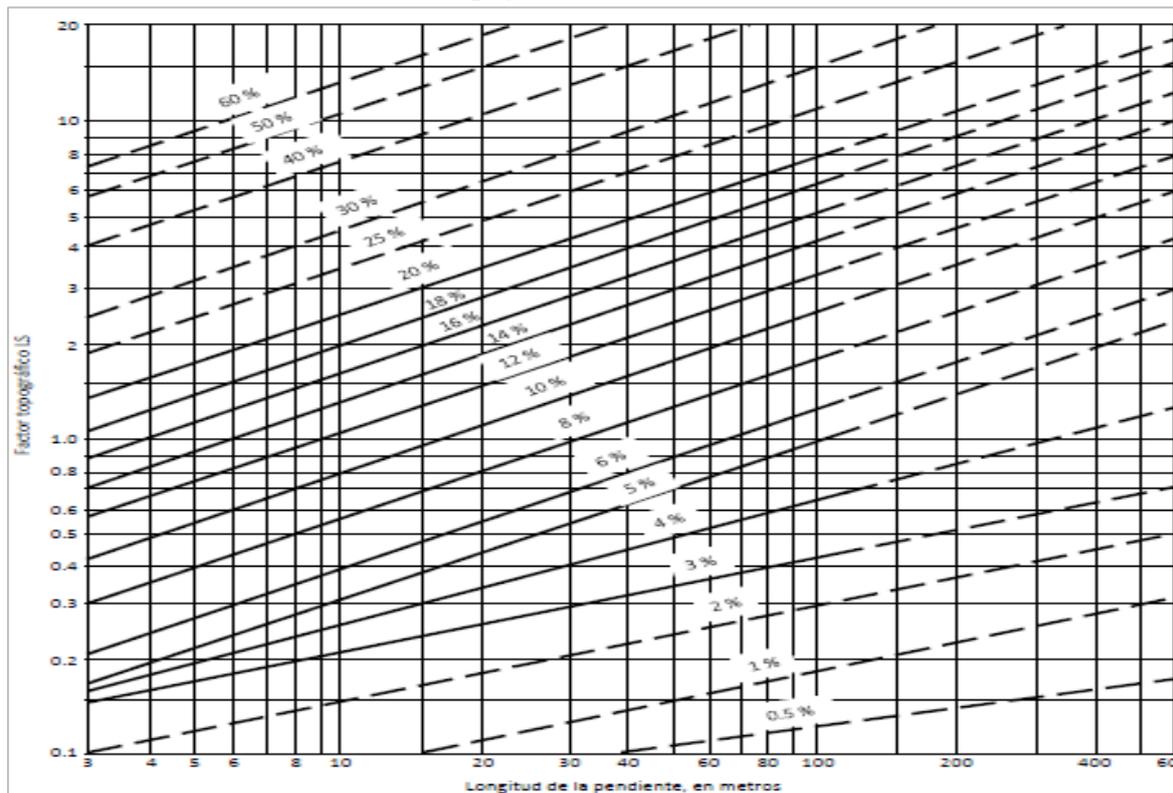
Cuadro 2 Determinación del factor K

Clase de textura	Contenido de materia orgánica		
	0.5 por ciento	2 por ciento	4 por ciento
	K	K	K
Arena	0.07	0.04	0.03
Arena fina	0.21	0.18	0.13
Arena muy fina	0.55	0.47	0.36
Arena franca	0.16	0.13	0.10
Arena fina franca	0.31	0.26	0.21
Arena muy fina franca	0.57	0.49	0.39
Franco arenoso	0.31	0.31	0.25
Franco arenoso fino	0.46	0.39	0.31
Franco	0.61	0.53	0.43
Franco limoso	0.49	0.44	0.38
Franco arcilloso arenoso	0.62	0.55	0.43
Franco arcilloso	0.35	0.33	0.27
Franco arcilloso limoso	0.36	0.33	0.27
Limo	0.48	0.42	0.34
Arcilla arenosa	0.78	0.68	0.55
Arcilla limosa	0.18	0.17	0.16
Arcilla	0.33	0.30	0.25
Arcilla	0.17-0.38		

Fuente: Evaluación de la USLE FAO, (s.f.)

Factor LS Topográfico Se determina por medio de una grafica

Grafica 1 Determinación del Factor Topográfico LS



Factor Topográfico LS
Fuente: Kirkby. M. J, (1984)

Factor C Cobertura

Para determinarla este factor se tomó en cuenta la vegetación, uso del suelo y otro tipo de cobertura

Cuadro 3 Valor del Factor C

Cobertura y Uso del suelo	Clave	% de cobertura
Bosque cerrado	Bc	
Bosque abierto	Ba	
Pastizal	P	
Agricultura de temporal	At	
Agricultura de riego	Ar	
Arena urbana	Au	
Cuerpo de agua	CA	
Invernadero	I	
Suelo desnudo	Sd	

Fuente: Elaboración propia, con información de gabinete y campo

Factor P Manejo

Para calcular este factor se contempló el manejo del suelo, esto se refiere si se están aplicando algunos técnicos

de conservación del suelo y pendiente del terreno **Cuadro 4**

Cuadro 4 Determinación del factor P

Técnicos de conservación del suelo	Pendiente 0-10 %	Pendiente Mayor 10 %	Pendiente 0-10 %	Pendiente Mayor 10 %
Terrazas	1	0.90	0.90	0.80
Curvas en contorno	0.90	0,80	0.85	0,75
Cercas vivas	0.80	0.75	0.75	0.70
Cortina rompeviento	1	0.95	0.90	0.80
Siembra al voleo	0,80	0.85	0,80	0.65

Fuente: Elaboración propia con información de la cartografía topográficas y trabajo de campo

Para determinar las Clases de Erosión Hídrica se empleó la información del Cuadro 5 SEDUE (1988), en este cuadro se observa que la erosión varía de ligera 0 - 10 /ton/ha/año a muy alta a más 200 /ton/ha/año.

RESULTADOS

Fase recopilación de la información

Como resultado de esta fase se dispone de un cumulo de información de tipo bibliográfico, cartográfico e imágenes del Satélite Lansat, fotos y videos

Delimitación del área de estudio

se obtuvo un mapa del municipio con coordenadas y límites con otros municipios

Delimitación de las Unidades Geomorfológicas

De esta delimitación resultando una regionalización con 13 Unidades Geomorfológicas homogéneos en cuanto a los elementos del subsistema natural (climas, geología, suelos, agua, relieve, vegetación y fauna Cuadro 1

Caracterización de las Unidades Geomorfológicas

Del 100% de las Unidades Geomorfológicas, el 77 % presentan un Clima templado subhúmedo de humedad media C (w₁) w, el 38 % tiene una pendiente que varían de 10-25 % y 30 % presenta una inclinación de más del 50 %, dominando la primera con un 38 %, los Luvisoles crómicos Lc, asociados

con Cambisoles Crómicos se presentan en un 30 % de las Unidades Geomorfológicas, los Pheozem Háplicos Hh en 30 %, un 60 % de las unidades están dedicadas a la agricultura de temporal o riego y el 30 % sustentan un bosque de pino o encino, el 61 % presenta tobas acidas y el 23% suelos aluviales (Cuadro 6)

Para determinar las clases de erosión se aplicó el siguiente cuadro

Cuadro 5 Clases de Erosión Hídrica

Clases de Erosión Hídrica	Valor de la erosión
Ligera	hasta 10 /ton/ha/año
Moderada	De +10 /ton/ha/año a 50 /ton/ha/año
Alta	+50/ton/ha/año a 200 /ton/ha/año
Muy alta	Más 200 /ton/ha/año

Fuente: elaboración propia con información de SEDUE 1988

Caracterización de los tipos y formas de erosión del suelo

Al analizar la información recopilada resulto que el tipo de erosión dominante en el Municipio de Tulancingo es la hídrica, las formas de erosión como barrancas, laminas y cárcavas se observan en la mayoría de las Unidades

Geomorfológicas Cuadro 7

Caracterización del área de estudio

En el área de estudio se presentan principalmente dos tipos clima el templado subhúmedo, humedad media $C(w_1)$ (w) y el tipo de Clima Semiseco, subtipo semiseco muy cálido y cálido, el 100 % se localiza en la Región Hidrológica No. 26 “Cuenca del Río Pánuco” y en la Subregión corresponde al Alto Pánuco del Río Moctezuma, El 87 % de su superficie del municipio se encuentra vedada y sujeta a las disposiciones del “DECRETO, Las rocas volcánicas como las tobas acidas y los basaltos son las dominante en el área de estudio, ya que se localizan casi en todo el municipio

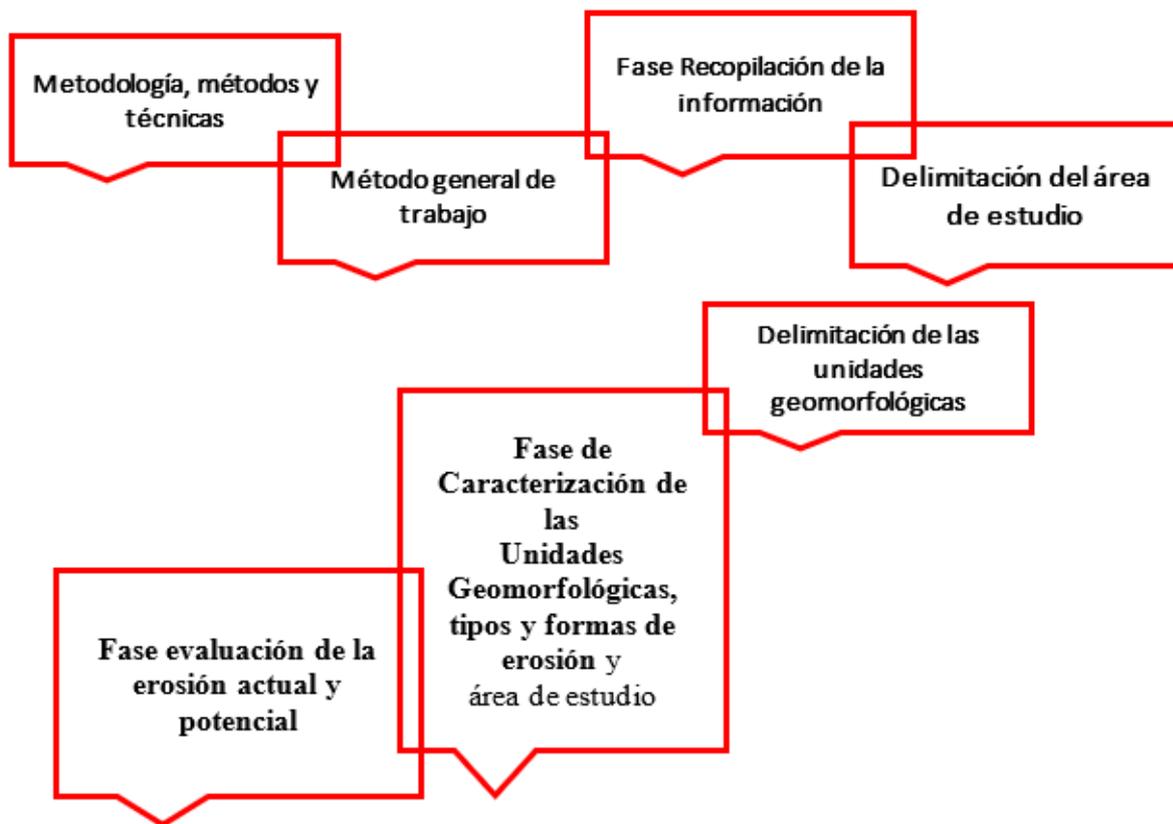
El 100% del área estudio se localiza en la Provincia fisiográfica Eje Neovolcánico, en gran parte Subprovincia Llanuras y Sierras de Querétaro e Hidalgo y de los Sistemas de Topoformas como valles y sierras, se observan en la mayoría de las Unidades Geomorfológicas, los suelos como Phaezem Háplico, Vertisol Pélico ocupan mayor superficie, la vegetación dominante son los bosques de pino y encino.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Del estado del arte se observa que en Municipio Tulancingo no se han realizado investigaciones semejantes, solamente se han llevado a cabo otras investigaciones, estudios y proyectos relacionados con las Unidades Geomorfológicas y la erosión del suelo, pero de manera más general, interpretar las imágenes de satélite y el trabajo de campo fue de gran utilidad al determinar el tipo y formas de erosión hídrica.

En la presente investigación la caracterización del medio físico fue muy semejante a la Varela, con relación evaluación se consideró la erosión actual y la potencial, se delimitaron 13 Unidades Geomorfológicas, con valores de la erosión actual de 446.80 y 682.11 Ton/ha/año en Lomerío y sierras y la erosión potencial en sierras, mesetas y

Figura 1 Esquema metodológica



Fuente elaboración propia

lomeríos con un valor de 878.22 y 4039.20 ton/ha/año, en la anterior no especifican las formas de erosión, en conclusión, esta fue más detallada.

La diferencia con la investigación de IGAC, (2014), es que no determino el tipo y las forma, así como la erosión actual y potencial de las Unidades Geomorfológicas

el atlas de riesgos del Municipio de Tulancingo de Bravo, Hgo. identifican y caracterizan unidades geomorfológicas describe a la erosión del suelo como un peligro geológico, analizan formas y clases de erosión, pero no lo hace por cada unidad

Salazar M. L. (1994). Este autor delimita las Unidades Geomorfológicas y las relaciona con la litología, identifica formas de erosión como valles, volcanes, terrazas, abanicos, cerros y llanuras y menciona las clases de erosión, pero no caracteriza cada unidad, ni evalúa la erosión de cada una de ellas

El Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tulancingo SE (2008), descripción detallada de los elementos del físico como climas, geología, hidrología, suelos, relieve, fisiografía, población, educación, comercio y salarios

Pasado, presente y futuro. González, (1991), hace un análisis y critica de los diferentes factores de la Ecuación Universal de pérdidas de suelo, comenta las ventajas y desventajas de la formula.

Alvarado et. al. (s.f.) en el contenido de su investigación delimita y caracteriza 4 unidades, así como la evaluación de la erosión, en la delimitación ambiental se utilizó la cartografía de los elementos del medio natural y en la evaluación de la erosión utiliza la metodología del Manual de Ordenamiento Ecológico SEDUE (1988), en este trabajo la delimitación de las unidades, así como su evaluación es muy general

Cuadro 6 Características Unidades Geomorfológicas

	Características					
	Ubicación	Clima	Pendiente (%)	Tipo de suelo	Uso del suelo/vegetación	Tipo de roca
Lomeríos A	La Lagunilla	C(w ₂) (w)	7-10	Luvisol Crómico, Cambisol Crómico	Agricultura de temporal, Encinos	Basalto, Toba acida
Lomeríos B	Santa Ana Hueyotlalpan	C(w ₁) (w)	2-4	Phaezem Háplico	Agricultura de temporal	Basalto, Toba acida
Lomeríos C	Viveros de las lomas	BS ₁ (w ₁)(w)	8-12, +50	Leptosol, Eutrico Phaeozem Háplico	Pastizal y Matorral crasicaule	Toba acida
Lomeríos D	San Vicente	C(w ₁) (w)	10-35	Luvisol Crómico	Agricultura de temporal	Toba acida

				Cambisol Crómico		
Lomeríos E	Santa María Asunción	$C(w_2)$ (w)	10-25	Luvisol Crómico Cambisol Crómico	Agricultura de temporal y riego	Toba ácida
Lomeríos F	Tepalcingo	$C(w_1)$ (w)	10-25	Phaeozem Háplico Leptosol Eutrico	Agricultura de temporal	Toba ácida
Valle	Lagunilla, El Susto	$C(w_2)$ (w)	-1	Luvisol Crómico Cambisol Crómico	Agricultura de temporal y riego	Suelo aluvial
Llanura A	Jaltepec Acocul Guadalupe	$BS_1K(w_1)$ (w)	-1	Vertisol Pélico – Phaeozem Háplico	Agricultura de temporal y riego	Suelo aluvial
Llanura B	Sur de Plan de Ayala	$C(w_1)$ (w)	-1	Vertisol Pélico – Phaeozem Háplico	Agricultura de riego	Suelo aluvial
Mesetas A Ladera	Huapalcalco	$C(w_1)$ (w)	10-25, + 50	Leptosol Eutrico Regosol Eutrico	Bosque de encino	Toba ácida
Lomerío	Huapalcalco	$C(w_1)$ (w)	10-25	Phaeozem Háplico Cambisol Crómico,	Agricultura de temporal	
Mesetas B Ladera	Napateco	$C(w_2)$ (w)	+50 15	Cambisol Crómico, Leptosol, Eutrico	Bosque de encino	Toba ácida
Lomerío					Agricultura de temporal	
Sierra A	San Vidal	$C(w_2)$ (w)	+ 50	Phaeozem Háplico, Leptosol Eutrico	Bosque de Pino Encino	Toba ácida
Sierra B	El Abra Lomeríos	$C(w_2)$ (w)	+ 50 10-25	Regosol Eutrico, Phaeozem Háplico Cambisol Crómico Luvisol crómico	Bosque de pino Agricultura de temporal	Toba ácida

Fuente: Elaboración propia, con información de INEGI y trabajo de campo

Cuadro 7 Tipos y Formas de la erosión hídrica

Unidades Geomorfológicas	Tipos de erosión	Formas de erosión
Lomeríos A		Cárcavas
Lomeríos B		Sin erosión aparente
Lomeríos C		Laminar, barrancas
Lomeríos D		Barrancas, cárcavas y laminas
Lomeríos E		Laminar, cárcavas y barrancas
Lomeríos F		Barrancas
Llanura A		Sin erosión aparente
Llanura B		Sin erosión aparente
Mesetas A		Ladera: laminas y barranca
Ladera		Lomeríos: Laminas y cárcavas
Lomerío		
Mesetas B		Ladera: Barrancas y laminas
Ladera	Erosión hídrica	Lomeríos; Barrancas y laminas
Lomeríos		
Sierra A		Barrancas y laminas
Sierra B		Barranca, laminas y cárcavas
Sierra		Laminas
Lomeríos		

Fuente elaboración propia, con información de gabinete y campo

Factor R Erosibilidad por la lluvia

En el **Cuadro 9** se tiene que el coeficiente de agresividad de los bosques y agricultura de riego es menos agresivo, en cambio el Regosol y la agricultura de temporal son los más degradantes

Cuadro 8 Coeficiente de agresividad

Uso del suelo y vegetación	Coeficiente de agresividad	Suelos	Coeficiente de agresividad
Bosque cerrado	0.10	Phaeozem	0.15
Bosque abierto	0.15	Cambisol crómico, Luvisol crómico	0.15
Pastizal	0.18	Leptosol	0.25
Agricultura de temporal	0.20	Regosol	0.20
Agricultura de riego	0.15	Vertisol	0.15

Fuente: Elaboración propia



Factor k Erodabilidad

En el **Cuadro 9** se observa que los valores más altos de K se presentan en el Phaeozem Háptico, Leptosol Regosol Eutrico

Cuadro 9 Cálculo del factor K

Suelo	Textura	Materia orgánica (%)	k
Phaeozem Háptico	Franco arcilloso	2	0.33
Leptosol	Franco arcilloso	2	0.33
Luvisol Crómico	Arcillo arenoso	2	0.17
Cambisol Crómico	Arcillo arenoso	2	0.17
Regosol Eutrico	Franco arcilloso	2	0.33
Vertisol Pélico	Arcillosos	2	0.17

Fuente: Elaboración propia

Para cada textura y % de materia orgánica al suelo le corresponde un valor de K

Cuadro 10 Determinación del factor K

Clase de textura	Contenido de materia orgánica		
	0.5 por ciento	2 por ciento	4 por ciento
	K	K	K
Arena	0.07	0.04	0.03
Arena fina	0.21	0.18	0.13
Arena muy fina	0.55	0.47	0.36
Arena franca	0.16	0.13	0.10
Arena fina franca	0.31	0.26	0.21
Arena muy fina franca	0.57	0.49	0.39
Franco arenoso	0.31	0.31	0.25
Franco arenoso fino	0.46	0.39	0.31
Franco	0.61	0.53	0.43
Franco limoso	0.49	0.44	0.38
Franco arcilloso arenoso	0.62	0.55	0.43
Franco arcilloso	0.35	0.33	0.27
Franco arcilloso limoso	0.36	0.33	0.27
Limo	0.48	0.42	0.34
Arcilla arenosa	0.78	0.68	0.55
Arcilla limosa	0.18	0.17	0.16
Arcilla	0.33	0.30	0.25
Arcilla	0.17-0.38		

Fuente: Evaluación de la USLE FAO, (s.f.)

En esta Cuadro se resumen algunos valores representativos de K para distintas textura y contenidos de materia orgánica. Se observa como al aumentar el contenido en materia orgánica disminuye el valor de K

Área de estudio

Factor LS Topográfico

En la quinta columna del cuadro se presentan los valores del factor LS, el valor más alto corresponde a las laderas de las mestas y sierras, con pendiente mayores a 50%

Factor 11 Cobertura

El valor más crítico de este factor se presenta en suelos desnudo cuadro el valor, es decir que no tienen cobertura

Cuadro 12 Valor del Factor C

Cobertura y Uso del suelo	Clave	% de cobertura	Valor de C
Bosque cerrado	Bc	+90 a 100	0.001
Bosque abierto	Ba	70 a 90	0.010
Pastizal	P	60-80	0.08
Agricultura de temporal	At	90 a 100	0.5
Agricultura de riego	Ar	80 a 100	0.5
Arena urbana	Au	90 a 100	0.1
Cuerpo de agua	CA	90-100	0.1
Invernadero	I	100	0.1
Suelo desnudo	Sd	80 a 100	0.350

Fuente: Elaboración propia

Factor P manejo de suelos

En el área de estudio no se observa la aplicación de técnicas de conservación y protección de suelos como terraza, surco en contorno, cercas vivas, revegetación por citar algunas, por lo tanto, el valor de P en todas las Unidades Geomorfológicas es 1

Los valores más altos de erosión (446.08, 682.11 Ton/ha/año) se presentan en lomeríos y sierras con pendiente que va de 25 a + 50 %, suelos delgados dedicados a la agricultura de temporal y los más bajos se tienen en las llanuras o mesetas con pendiente que varían de -1 hasta 3.74% dedicadas a la agricultura de riego o temporal o con bosque de encino (Cuadro 12)

Erosión Potencial

Es la erosión que presenta a futuro sin los elementos C y P, es decir no considerando la cobertura y técnicas de conservación y protección del suelo, se calcula con la formula $A = R \times K \times L \times S$

En el Cuadro 4 los valores más altos de erosión (878.22, 1944.80, 4039.20 Ton/ha/año) se presentan en lomeríos y sierras con pendiente que va de 25 a + 50 %, suelos delgados, dedicados a la agricultura de temporal y los más bajo se tienen en las llanuras o mesetas con pendiente que varían de -1 hasta 3.74% dedicadas a la agricultura de riego o temporal o con bosque de encino (Cuadro 3)

Cuadro 12. Elementos de la formula y el valor actual de la erosión

Unidades geomorfológicas	Elementos de la formula							Erosión Actual Ton/ha/año
	R	K	S (%)	L (m)	LS	C	P	
Lomeríos A	480	0.17	7	100	1.6	0.5	1	62.28
Lomeríos B	520	0.33	2	60	0.3	0.5	1	25.74
Lomeríos C	480	0.33	12 +50	60	2.32.4	0.5	1	182.16 190.08
Lomeríos D	574	0.17	10 35	40	2.0 9.0	0.01 8.0	1	195.16 7.02
Lomeríos E	656	0.17	10 25	40	2.5 8.0	0.5 0.5	1	139.40 446.08
Lomeríos F	520	0.17	10 25	60	2.0 6.0	0,5 0.5	1	88.40 262.20
Valle	480	0.17	7	100	1.6	0.5	1	62.28
Llanura A	574	0.33	-1	100	0.2	0.5	1	189.55
Llanura B	595	0.33	-1	100	0.2	0.5	1	19.63
Meseta A	480	0.17	+ 50	40	22	0.00	1	1.79
Ladera Lomerío	520		25	60	9.0	1 0.5		397.78
Meseta B	630	0.33	+50	30	18	0.001	1	3.74
Ladera lomerío	560	0.33	15	40	3.0	0.5		277.20
Sierra A	630	0.33	16	30	3.0	0-001	1	129.66
Sierra B	765	0.33	+ 50	20	16.0	0.001	1	4.03
Ladera Lomeríos	689	0.33	25	30	6.0	0,5		682.11

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 13 Elementos de la formula y el valor de Erosión Potencial

Unidades Geomorfológicas	Elementos de la formula					Erosión Potencial Ton/ha/año						
	R	K	S	L	Ls							
Lomeríos A	480	0.17	7 10	100	1.6	130.56						
Lomeríos B	520	0.33	2 4	60	0.3	51,48						
Lomeríos C	480	0.33	12 +50	60	2.3 2.4	364.32 380.16						
Lomeríos D	574	0.17	10 35	40	2.0 9.0	380.16 878.22						
Lomeríos E	656	0.17	10 25	40	2.5 6	278.86 669.12						
Lomeríos F	520	0.17	10 25	60	2.0 6	176.80 530.40						
Valle	480	0.17	7 10	100	1.6	130.56						
Llanura A	574	0.33	-1	100	0.2	37.88						
Llanura B	595	0.33	-1	100	0.2	39.27						
Mesetas A	480	0.17	+ 50	40	20	1944.80						
Lomerío	520		25	60	22	1632.00						
Mesetas B	630	0.33	*50	30	18	3742.20						
Lomeríos	560	0.33	15	40	3.0	554.40						
Sierra A	630	0.33	16	30	0.001	0.2079						
sierra B	765	0.33	+ 50	20	16.0	4039.20						
Ladera							689	0.33	25	30	6.0	1364.22
Lomeríos												

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 14 Contiene un resumen de resultados, se observa que la erosión muy alta se presenta tanto en la erosión actual como en la potencial, en Unidades Geomorfológicas lomeríos, mesetas y sierras, con relación a la clase ligera se presenta en laderas de sierras, mesetas y lomeríos

Cuadro 14 Resumen resultados de: Tipos de erosión, Formas de erosión, Erosión actual, Clases de Erosión Actual, Erosión Potencial, Clases de Erosión Potencial

Unidades geomorfológicas	Tipos de erosión	Formas de erosión	Erosión Actual Ton/ha/año	Clases de Erosión Actual	Erosión Potencial Ton/ha/año	Clases de Erosión Potencial
Lomeríos A	Erosión Hídrica	Cárcavas	62.28	Alta	130.56	Alta
Lomeríos B		Sin erosión aparente	25.74	Moderada	51,48	Alta
Lomeríos C		Laminar, barrancas	182.16 1980.40	Alta Muy alta	364.32 3816.60	Muy alta
Lomeríos D		Barrancas, cárcavas y laminas	195.16 7.02	Muy alta Ligera	380.16 878.22	Muy alta
Lomeríos E		Laminar, cárcavas y barrancas	139.40 5352.96	Alta Muy alta	278.86 669.12	Muy alta Muy alta
Lomeríos F		Barrancas	88.40 262.20	Alta Muy alta	176.80 530.40	Alta Muy alta
Valle		Cárcavas	62.28	Alta	130.56	Alta
Llanura A		Sin erosión aparente	189.55	Alta	37.88	moderada
Llanura B		Sin erosión aparente	19.63	Moderada	39.27	moderada
Meseta A Ladera		Laminas y barranca	1.79	Ligera	1795.20	muy alta
Lomerío		Laminas y cárcavas	397.78	Muy alta	5475.60	muy alta
Meseta B Ladera		Barrancas y Laminas	3.74	Ligera	3742.20	muy alta
lomerío		Barrancas y laminas	277.20	Muy alta	554.40	muy alta
Sierra A		Laminas	129.66	Alta	0.2079	ligera
Sierra B Ladera		Barranca, laminas y	4.03	Ligera	4039.20	muy alta
Lomeríos		cárcavas Laminas	682.11	alta	1364.22	muy alta

Fuente: Elaboración propia con los cuadros

En las fotos de la 1 a 8 se observa la clase, forma y ubicación de la erosión

Foto 1 Erosión muy alta en forma de barrancas y laminas, Sur de Tepalcingo



Foto 2 Erosión muy alta en forma de cárcavas y laminas, en Mesetas A



Foto 3 Erosión laminar ligera en la Sierra A, al Este de San Vidal



Foto 4 Erosión muy alta en la Sierra B, Sur del Abra



CONCLUSIONES

En el municipio Tulancingo se observan las siguientes Unidades geomorfológicas llanuras, valle, lomas, mesetas, y sierras.

Con la información del Cuadro X Resumen resultados, se prueba la hipótesis al observamos que la erosión actual del suelo se presenta en las sierras altas, mesetas y en lomeríos desprovistos de vegetación

Al analizar los resultados del cuadro de resumen de la erosión de actual y potencial se observa que la clase erosión actual muy alta es la dominante en las Unidades Geomorfológicas como mesetas y sierras

Con el cuadro 2 se cumple con el objetivo de mostrar las características físicas de cada una de las Unidades geomorfológicas y con los cuadros 3, 4 se realiza los objetivos de conocer la intensidad del conflicto La erosión hídrica es la de mayor cobertura, las formas de erosión dominantes son las barrancas, laminar y Cárcavas.

Foto 5 Erosión laminar muy alta en lomeríos C, Viveros de las Lomas



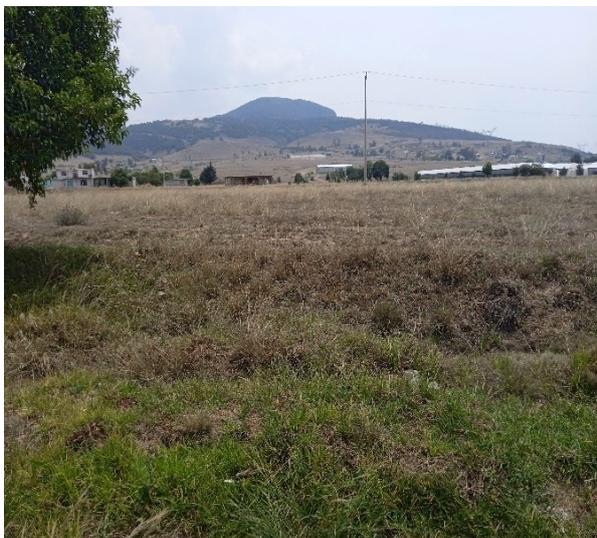
Foto 6 Erosión laminar muy alta en lomeríos D, en San Vicente



Foto 7 Erosión laminar alta en lomeríos A, Oeste de Lagunillas



Foto 8 Erosión aparente, Llanura A Sur de Jaltepec



La erosión actual muy alta (446.08 y 682.11)) se presentan en lomeríos con pendiente de más de 25%, en lomas, sierras y mesetas con inclinaciones mayores de 50%. La erosión potencial muy alta (3742.20 y 4039.20)) se observan en laderas de la sierra y mesetas con pendientes de más de 50 % Más del 87 % de su superficie del área de estudio se encuentra vedada y sujeta a las disposiciones del “DECRETO, se prohíbe la perforación de pozos, la construcción de obras de infraestructura.

Como recomendación para controlar este proceso de degradación del suelo se debe aplicar técnicas de conservación de suelos como terrazas, cercas vivas, presas de gavión, curvas en contorno, revegetación por citar algunas

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarado C. et. al. (s.f.), La deforestación y los procesos agrícolas como actores causantes de la erosión del suelo en el Municipio de Tulancingo, Hidalgo, México

Ana Cartón, (2021), Tipos de erosión, Ecología verde capturado el 25 DE JULIO DE 2023

<https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-erosion-2418.html>

Capulín G. J., Mateo J., Suárez, A. y Araújo M. (2012) “Contribuciones al conocimiento de los encinos de la Región

Central de México”, Editorial Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. ISBN 978-607-482-291-5, Hidalgo, México.

Colegio de posgraduados, (2021), Tipos y Temas agronómicos Obtenido de mayo de 2023

<http://www.beta.inegi.org.mx/app/buscador/default.html?q=erosi%C3%B3n>

Colmenero R, et. al. (s.f.), La deforestación y los procesos agrícolas como actores causantes de la erosión del suelo en el Municipio de Tulancingo, Hidalgo.

FAO-ISRIC y SICS (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación- Centro Internacional de Referencia e Información en Suelos y Sociedad Internacional de las Ciencias del Suelo). (1999). “Base referencial mundial del recurso suelo”. Reporte No. 84. ISBN 92-5-104141-5. Roma, Italia.

FAO, USLE (s, f), Tema 5 evaluación de la erosión hídrica con la USLE capturado 4 de octubre de 2023

[https://www.google.com/search?sca_esv=571342877&q=FAO,+USLE+\(s,+f\),+Tema+5+eval](https://www.google.com/search?sca_esv=571342877&q=FAO,+USLE+(s,+f),+Tema+5+eval)



[uaci%C](#)

García E. (2004). Modificaciones al Sistema de Clasificación climática de Köppen, número 6 IG-UNAM, México

<http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/view/83/82/251-1> capturado el 4 de octubre de 2023

Gonzales, M. (1991), La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo, pasado, presente y futuro 1991, pp. 13-50

https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_05_02_tcm30-100846.pdf obtenido el 1 de octubre de 2023

INEGI. (1992). “Síntesis Geográfica del Estado de Hidalgo”. ISBN 968-892-711-2, Aguascalientes, México.

Granados D., Germán R. y López G. (2000). “Estudio ecológico florístico del municipio de Cuauhtepac de Hinojosa,

Hidalgo”. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente vol. 6, no. 2, pp.103-112, e-ISSN: 007-4018. Universidad Autónoma Chapingo. Estado de México. México.

(INEGI, (1999,2015). Cartas Topográficas escala 1:50,000, Aguascalientes, México

SCSA (Soil Conservation Society of America). 1982. Resource conservation glossary. Ankeny, IA, USA. Bajado el 8 de julio de 2023

INEGI. (1997). Anuario Estadístico del Estado de Hidalgo. Aguascalientes, México. 604 pp.

INEGI, (2019), Carta Topografica Tulancingo F14 D 82, escala 1:50,000, Aguascalientes, México

INEGI, (2000), Carta Topografica Huauchinango F14 D 83, escala 1:50,000, Aguascalientes, México

INEGI, (2013), Carta Edafologica Pacchuca F14 11, escala 1:250,000, Aguascalientes, México

INEGI, (1983), Carta Geológicas Pachuca F14 11, escala 1:250,000, Aguascalientes, México

INEGI, (2019), Carta Uso del Suelo y Vegetación Pachuca de Soto F14 11, escala 1:250,000, Aguascalientes, México

Lucy, M. et.al, Unidades geomorfológicas de la cuenca del Río Grande de Comitán, Lagos de Montebello, Chiapas-México



Madrigal G, (1994). Unidades Geomorfológicas y su relación directa con la litología, Maya Y. (2011). “Diagnóstico ambiental de suelos erosionados”. Tropical and Subtropical Agroecosistemas, no.13, pp. 169-179. ISSN 1870-0462. Universidad Autónoma de Yucatán. Yucatán. México

Municipios.mx, (2023). Tulancingo de Bravo, Hidalgo, México
<http://www.municipios.mx/hidalgo/tulancingo-de-bravo/> capturado el 15 de marzo de 2023

Salazar, M, et. al. (1994), Capitulo de libro del Atlas Geológico: gran área metropolitana, editorial tecnológica de Costa Rica,

SEDUE, (1988), Manual de Ordenamiento Ecológico, Clases de erosión de suelos, Ciudad de México

SEDUE (Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología). (1988). “Manual de ordenamiento Ecológico”
Dirección General de Normatividad y Regulación Ecológica. D. F. México.

SPP 1981 Carta Fisuiografica México, escala 1: 1000,000, Distrito Federal, México

UNAM-IG, (2004), Modificaciones Sistema de Clasificación Climática de Köppen
<http://www.publicaciones.igg.unam.mx/index.php/ig/catalog/book/83> 9 DE AGOSTO 2023

SEMARNAT, SE, (2008). Ordenamiento Ecológico Territorial de la Región Tulancingo
<http://docencia.uaeh.edu.mx/estudios-pertinencia/docs/hidalgo-municipios/Tulancingo-Ordenamiento-Ecologico-Territorial.pdf> 2016 capturado el 15 de marzo de 2023
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-33222016000300377

Kirkby. M. J. (1984) *Erosión de Suelos*, Limusa, primera edición.
<https://earth.google.com/web/@20.1341454,-98.39905967,36241.05862856a,0d,35y,359.9896h,0t,0r/data=OgMKATA>

Salazar, M. (1994). Capitulo: Unidades Geomorfológicas y su relación directa con la litología, Universidad de Costa Rica, Costa Rica
[file:///C:/Users/Hp/Desktop/ARTICULO%20REVISTA%20CIENTIFICA/\(PDF\)%20CAPITULO_%20UNIDADES%20GEOMORFOLOGICAS%20Y%20SU%20RELACION%20DIRECTA%20CON%20LA%20LITOLOGIA.html](file:///C:/Users/Hp/Desktop/ARTICULO%20REVISTA%20CIENTIFICA/(PDF)%20CAPITULO_%20UNIDADES%20GEOMORFOLOGICAS%20Y%20SU%20RELACION%20DIRECTA%20CON%20LA%20LITOLOGIA.html) capturada el 17 de septiembre de 2023

Valencia, V. (2017), Erosión de los suelos en el Valle de Tulancingo. Tulancingo, Hidalgo, México

IGAC, (2014), Instructivos códigos para los levantamientos de suelos grupo interno de trabajo de levantamientos agrológicos, Colombia

<http://igacnet2.igac.gov.co/intranet/UserFiles/File/procedimientos/instructivos/I40100-06-14.V1Codigos%20para%20los%20levantamientos%20de%20suelo>

