



nuestra
cuenca
GOASCORÁN



DETERMINACIÓN DE LA SUSCEPTIBILIDAD A LA EROSIÓN, EROSIÓN POTENCIAL HÍDRICA Y EROSIÓN ACTUAL HÍDRICA EN LA CUENCA DEL RÍO GOASCORÁN, HONDURAS

Tegucigalpa, octubre 2020.
Ejecutado por consorcio: GFA – SRK



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Agencia Suiza para el Desarrollo
y la Cooperación COSUDE



GOBIERNO DE LA
REPÚBLICA DE HONDURAS



INSTITUTO DE CONSERVACIÓN FORESTAL
ICF



Determinación de la susceptibilidad a la erosión, erosión potencial hídrica y erosión actual hídrica en la cuenca del Río Goascorán, Honduras

Unidad de Monitoreo Forestal (UMF)

Centro de información y Patrimonio Forestal (CIPF)

La Unidad de Monitoreo Forestal presenta el documento “Determinación de la susceptibilidad a la erosión, erosión potencial hídrica y erosión actual hídrica en la cuenca del Río Goascorán, Honduras” con el objetivo de dar a conocer información que sirva para contrarrestar el efecto de la erosión en la productividad y estabilidad de los suelos de la cuenca del Río Goascorán.

Tegucigalpa, Distrito Central, octubre 2020

CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
OBJETIVOS	4
ÁREA DE ESTUDIO	5
DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA	7
Obtención de datos	7
Valoración de los niveles de susceptibilidad a la erosión de una zona propuesta (Van Zuidam, 1986).....	8
Ecuación Universal de Perdida de Suelo (USLE)	13
RESULTADOS	19
Valoración de los niveles de susceptibilidad a la erosión de una zona propuesta (Zuidam, 1986)	19
Ecuación Universal de Perdida de Suelo (USLE)	22
Erosión Potencial	22
Erosión Actual	24
PRINCIPIOS PARA EL CONTROL DE LA EROSION	26
CONCLUSIONES	27
BIBLIOGRAFÍA	28
ANEXOS	30

RESUMEN

En el país la principal problemática del recurso suelo se refiere a su degradación y pérdida. Las raíces de tal problema son el resultado de la acción de fuerzas económicas y patrones no sustentables de desarrollo agrícola, aplicados en el pasado y aún en el presente.

Se utilizaron las metodologías de susceptibilidad a erosión de Van Zuidam (1986) y la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE por sus siglas en inglés) para obtener los resultados aquí presentados. El 24% (41,409 ha) de la cuenca del Río Goascorán resultó como “altamente susceptible a la erosión” según la metodología de susceptibilidad. 75,350 ha (43%) se clasificaron como “muy severa” en la erosión potencial y 11,168 ha (7%) en la clase “severa” de la erosión actual.

El municipio de Guajiquiro tiene 10,927 ha de territorio en la categoría de susceptibilidad “altamente susceptible a la erosión”, 20,958 ha en “muy severa” según el análisis de erosión potencial y 176 ha en “muy severa” en la erosión actual. Esto pone a este municipio a la cabeza en cuanto a cantidad de hectáreas de tierra clasificadas con los niveles más altos de erosión en la cuenca.

La cobertura vegetal, expresada en el factor C, puede llegar a neutralizar los efectos erosivos de la lluvia en el suelo por lo que se deben orientar actividades hacia la reforestación y la regeneración de la cobertura vegetal de los suelos.

Palabras clave: Susceptibilidad a la erosión; erosión potencial; erosión actual; Ecuación Universal de Perdida del Suelo (USLE); Cuenca del Río Goascorán.

INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica, causada por la energía cinética de la precipitación, es un problema frecuente en los suelos de cultivo, que puede afectar en mayor o menor medida a la sostenibilidad de los agroecosistemas y que con frecuencia puede originar problemas medioambientales en los sistemas acuáticos, dependiendo de las regiones climáticas, y, dentro de estas, del uso y manejo del suelo (López, 2017). Aunque en este análisis no se considera, vale la pena mencionar que la erosión eólica en sus diferentes formas, puede convertirse en uno de los factores de degradación del suelo más importante, inhabilitando grandes áreas de cultivo, dejando las semillas al descubierto o afectándolos en la fase de plántulas (Quirantes, 1987).

En Honduras, tras largos años de uso incontrolado, predominan los suelos inestables con una marcada erosión; más del 60% se encuentra en situación de riesgo de deslizamiento y tan solo algo más del 15% de la superficie del país son tierras cultivables. Es así que, en el país, la principal problemática del recurso suelo se refiere a su degradación y pérdida, como resultado de la intensa deforestación, cultivos y pastoreo en tierras de fuerte pendiente, o en tierras húmedas no aptas para esta actividad. Aun así, más allá de estas razones, las raíces de la erosión y la degradación de las tierras son el resultado de la acción de fuerzas económicas y patrones no sustentables de desarrollo agrícola, aplicados en el pasado y aún en el presente (Soria, 2015).

En la cuenca del Río Goascorán, tomando en cuenta la naturaleza de los suelos y la geomorfología compleja de la cuenca asociada al régimen pluviométrico irregular; y a la vez, considerando la intervención directa e indirecta del hombre; da la pauta para el desencadenamiento de los procesos erosivos, principalmente de origen hídrico, tal como se ha constatado en la parte media y alta de la cuenca. Adicionalmente, el sobre pastoreo de ganado en laderas de fuerte pendiente ha provocado la compactación del suelo en diversas facetas; esta problemática reduce notablemente la capacidad de infiltración de agua en el suelo, incrementando las tasas de escorrentía superficial, acompañada del arrastre y depósito de sedimentos en las partes bajas; principalmente en las playas o riberas del río Goascorán (CATIE, 2007).

En el presente trabajo se detalla resultados obtenidos mediante la aplicación de dos metodologías para el cálculo de la erosión en la cuenca del Río Goascorán: 1) Valoración de los niveles de susceptibilidad a la erosión de una zona propuesta por Van Zuidam en 1986 y 2) La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE por sus siglas en inglés), desarrollada en 1930 por el Servicio de Conservación de Suelos del Departamento de Agricultura de EE. UU. (USDA SCS) y descrita por Wischmeier y Smith en 1978. La primera metodología da como resultados clases correspondientes a los diferentes niveles de susceptibilidad a la erosión encontrados y la segunda calcula la cantidad de toneladas de suelo perdidas por hectárea por año.

OBJETIVOS

Objetivo General

- Determinar la erosión hídrica actual ocurrida en la cuenca del Río Goascorán, a través de la implementación de metodologías basadas en sistemas de información geográfica, proporcionando resultados cualitativos y cuantitativos sobre la susceptibilidad a la erosión y a la cantidad anual de pérdida de suelo en la zona.

Objetivos específicos

- Describir cualitativamente la situación actual de la erosión en la cuenca del Río Goascorán, a través del desarrollo de la metodología propuesta por Zuidam (1986).
- Calcular la pérdida de suelo en la cuenca del Río Goascorán utilizando la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE).

ÁREA DE ESTUDIO

La cuenca del Río Goascorán en Honduras tiene una superficie de 176,540.56 hectáreas (1,765.40 km²), se caracteriza biofísicamente por presentar zonas muy inclinadas en su parte alta (rangos de pendiente de 40 a 60%) y zonas planas en su parte baja. El tipo de drenaje es dendrítico con mayor densidad en la parte alta y media, que definen 5 subcuencas (fig.1). La cobertura vegetal natural se caracteriza por encontrar rodales de pino en asociación con especies menores, como nance, roble, encino, en la zona alta de la cuenca, la zona media se caracteriza por el desarrollo de actividades productivas, como ganadería, agricultura y la pesca artesanal. En la zona baja encontramos áreas con pendientes menores al 10%, con vegetación característica de bosques xerofíticos caducifolios en la generalidad de las especies.



Figura 1. Subcuencas de la cuenca Goascorán.

Las 5 subcuencas se dividen en 109 microcuencas que van desde las 54 ha de extensión hasta 5,645 ha. El río Goascorán nace en la zona conocida con el nombre Loma de Peñas, donde se le nombra como río Gūajiniquil, aguas abajo toma el nombre de Río Unire hasta convertirse en

el río Goascorán perteneciendo a la cuenca del pacífico y desembocando específicamente en el Golfo de Fonseca (CATIE, 2007).

En Honduras, la división política de la cuenca del Río Goascorán incluye a los departamentos de Francisco Morazán, La Paz, Valle y Comayagua, y a 16 municipios (Tabla No.1). Además, son tres áreas protegidas las que, parcialmente, están dentro de la cuenca, estas son la zona productora de agua “El Jilguero”, la reserva biológica “Guajiquiro” y área de manejo de hábitat/especie “Bahía de Chismuyo”.

Tabla 1. Municipios por departamento, y su área en kilómetros cuadrados (Km²)

Departamento	Municipio	Km ²
La Paz	Aguanqueterique	189.70
	Guajiquiro	274.00
	Lauterique	36.70
	Mercedes de Oriente	51.50
	San Antonio del Norte	39.50
	San Juan	75.20
	Opatoro	240.60
	Santa Ana	197.70
Valle	Alianza	205.60
	Aramecina	100.40
	Caridad	52.00
	Goascorán	191.10
	Langue	143.90
Francisco Morazán	Curaren	311.63
	Lepaterique	541.03
Comayagua	Lamani	309.00
Total		2959.56

DESCRIPCIÓN METODOLÓGICA

Obtención de datos

El modelo de elevación digital del terreno para elaborar el mapa de pendientes se obtuvo en la plataforma *Google Earth Engine* (GEE), del sensor *Shuttle Radar Topography Mission* (SRTM), con una resolución espacial de 30x30m (<https://code.earthengine.google.com/c468cd635624afd19a0c0dc4bbec6abb>).

El Mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras fue elaborado por la UMF del ICF, usando como base un mosaico de imágenes libres de nubes obtenidas de la plataforma Sentinel-2, con una resolución espacial de 10x10m. La metodología de clasificación de usos del suelo utiliza como referencia el sistema internacional de clasificación de *Corine Land Cover*, desarrollada dentro del programa Coordinación de Información sobre Medio Ambiente (CORINE, por sus siglas en inglés, *Coordination of Information on the Environment*) promovido por la Comisión de la Comunidad Europea (<http://geoportal.icf.gob.hn/geoportal/main>).

Mapa de precipitación anual en Honduras, desarrollado por el CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical) y MiAmbiente+, a partir de observaciones de estaciones meteorológicas de diferentes fuentes oficiales (instituciones locales, nacionales y regionales) para el período 1981 a 2010. El mapa en formato ráster tiene una resolución espacial de 1x1 km². En áreas con baja densidad de estaciones, las observaciones meteorológicas se complementaron con pseudoestaciones de TerraClimate (Navarro *et. al.*, 2018. <https://dataverse.harvard.edu/dataset.xhtml?persistentId=doi:10.7910/DVN/QET5UQ>).

Mapa de suelos de la FAO/UNESCO. El proyecto, que se inició en 1961, llena un vacío en el conocimiento de las potencialidades del suelo en todo el mundo y proporciona un instrumento útil para planificar programas de desarrollo agrícola y económico. El mapa se descarga en formato *shape* (.shp) y viene acompañado de una tabla de Excel que provee las características de cada tipo de suelo (<http://www.fao.org/geonetwork/srv/en/metadata.show?id=14116>).

Valoración de los niveles de susceptibilidad a la erosión de una zona propuesta (Van Zuidam, 1986)

Esta metodología utiliza los siguientes parámetros:

- Pendiente; gradiente, forma y longitud;
- Suelo/geología; profundidad, textura y estructura.
- Vegetación/uso del suelo; cobertura vegetal.
- Frecuencia de las tormentas; nivel de incidencia.

Cada parámetro se califica y puntúa de acuerdo a una clase, según a su mayor o menor contribución en los rangos de susceptibilidad a la erosión. La clasificación de gradiente de la pendiente y de profundidad del suelo se realiza a partir de un mapa de pendientes expresado en porcentaje. La tabla 1 y 2 muestran las clasificaciones realizadas y los puntajes asignados por cada una.

Como no se dispone de información sobre profundidades de suelos, se puede combinar pendiente con profundidad, tal como se describe a continuación:

- Para suelos cuya pendiente sea de 1 – 3%, serán suelos profundos.
- Para suelos cuya pendiente sea de 3 – 20% serán moderadamente profundos.
- Para suelos cuya pendiente sea de 20 – 55% serán suelos superficiales.
- Para suelos cuya pendiente sea >55 serán muy superficiales.

Tabla 1. Clasificación de la gradiente de la pendiente y el puntaje por categoría.

Categoría	Puntaje
0 – 2%	1
3 – 7%	2
8 – 13%	4
14 – 20%	8
21 – 55%	24
>56%	32

Tabla 2. Clasificación de la profanidad del suelo.

Categoría	Valor	Puntaje
Muy superficiales	0 – 24%	4
Superficiales	25 – 49%	3
Moderadamente profundos	50 – 99%	2
Profundos	>100%	1

Para obtener una clasificación de cobertura vegetal se utilizó el Mapa forestal y cobertura de la tierra de Honduras publicado por el ICF en 2018. Se redujeron a 4 las categorías del mapa de cobertura y se le asignó a cada una el puntaje siguiente:

Tabla 3. Clasificación de la cobertura vegetal y su puntaje	
Cobertura vegetal (%)	
Categoría	Puntaje
Agroforestal o plantación forestal	1
Vegetación natural	2
Superficie cultivada	3
Sin cobertura	4

Respecto a las condiciones climatológicas, la frecuencia de las tormentas se considera homogéneas para toda el área, adscrita al valor que corresponda:

Tabla 4. Valoración de las lluvias	
Frecuencia de las tormentas	
Categoría	Puntaje
Excepcional	1
Una vez al año	2
Frecuentes	4

Como paso final se realiza la suma de todas las variables. Los valores resultantes corresponden a los diferentes niveles de susceptibilidad a la erosión encontrados (tabla 5).

Tabla 5. Clasificación de los niveles de susceptibilidad del suelo		
Descripción	Suma de los puntos asignados a cada parámetro	Clase
No o insignificamente susceptible a la erosión	0 – 16	1
Ligeramente susceptible a la erosión	17 - 22	2
Moderadamente susceptible a la erosión	22 - 25	3
Altamente susceptible a la erosión	25 - 35	4
Muy altamente susceptible a la erosión	35 - 40	5
Extremadamente susceptible a la erosión	> 40	6

El proceso se resume en el siguiente diagrama:

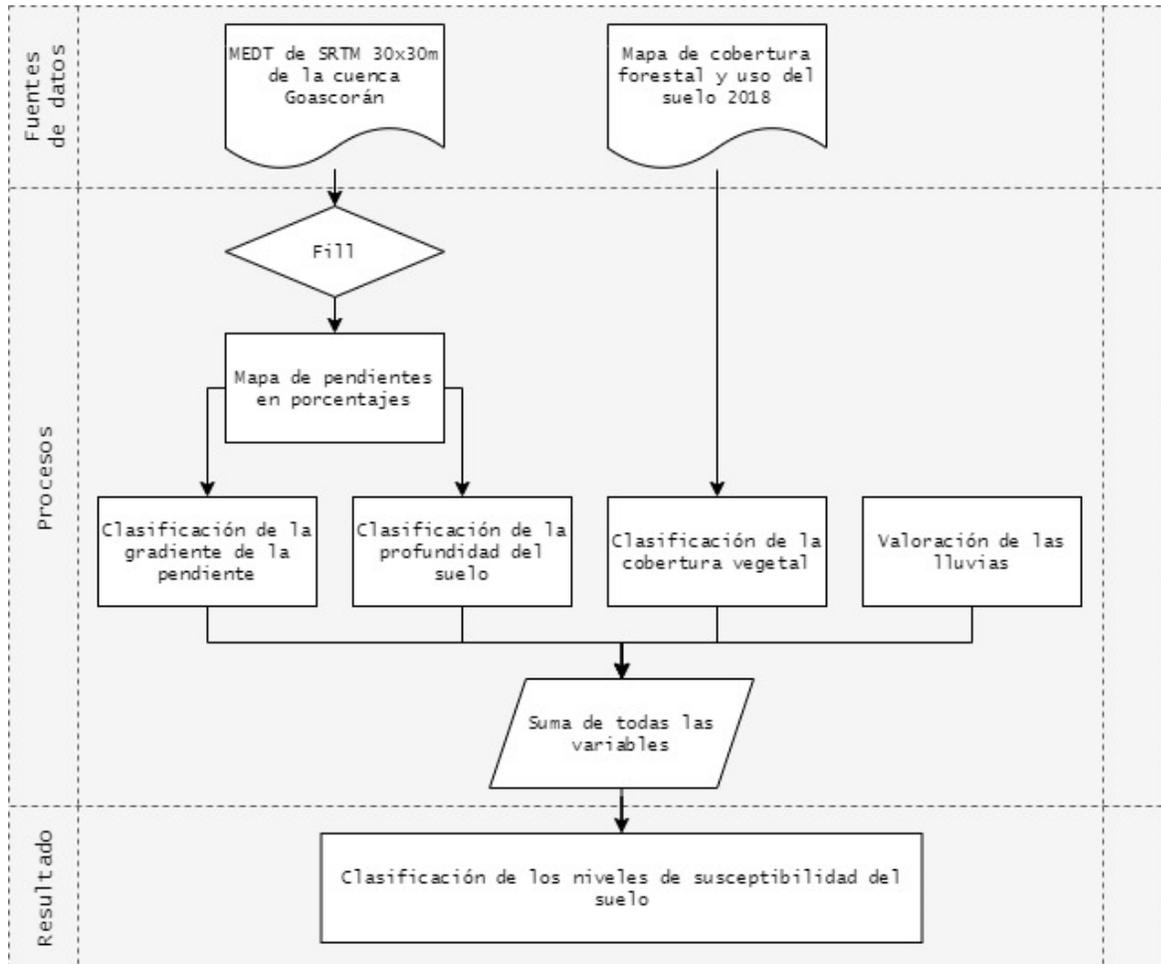


Figura 2. Proceso para realizar la metodología de susceptibilidad a la erosión de Van Zuidam (1986).

Ecuación Universal de Perdida de Suelo (USLE)

Para la estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica, se utilizó el modelo USLE, descrito por Wischmeier y Smith (1978), el cual basa sus pronósticos de pérdida de suelo en función de seis parámetros que se leen a continuación (ecuación 1).

$$A = R K L S C P [1]$$

Dónde:

A es la cantidad de material erodado calculado o medido, expresado en toneladas por hectárea para una duración de lluvia específica. **A** tiene las unidades de **K**, en el periodo de tiempo seleccionado para **R**.

R es el factor de lluvia en forma de un índice (EI30), que es medido por el poder erosivo de la lluvia expresado en toneladas por hectárea por hora o en joule por metro cuadrado, una medida de las fuerzas erosivas de la lluvia y escurrimiento asociado.

K es el factor de erodabilidad del suelo, es erosión estándar en tonelada por hectárea por unidad de erosividad **R**, para un suelo específico con una pendiente uniforme de 9% de gradiente y 22,1 m de longitud de pendiente en barbecho limpio labrado, es una medida de la susceptibilidad inherente de las partículas del suelo a la erosión.

L es el factor longitud de pendiente, expresa la relación de pérdida de suelo de una pendiente con una longitud dada y la pérdida de suelo de una pendiente con una longitud estándar de 22,13 m, con idénticos valores de erodabilidad y gradiente de pendiente.

S es el factor de gradiente de pendiente, expresa la relación de pérdida de suelo de una gradiente de pendiente específica y la pérdida de suelos de una pendiente con gradiente estándar de 9%, bajo otras condiciones similares, definen el efecto de la inclinación de la pendiente sobre la pérdida de suelo por unidad de área.

C es el factor combinado de vegetación y manejo, expresa relación de pérdida de suelo de un área con cobertura y manejo específicos a un área similar, pero en barbecho continuamente labrado;

y

P es el factor prácticas de conservación de suelo que expresa la relación de pérdida de suelo de un área con cobertura y manejo específico, como cultivo en contorno, cultivo en bandas o terrazas, con otro con labranza a favor de la pendiente.

El producto de los primeros cuatro factores (**R**, **K**, **L** y **S**) es el potencial erosivo inherente en el sitio; eso es, la pérdida de suelo que ocurriría en la ausencia de cualquier cobertura vegetal (**C**) o práctica de manejo (**P**). Los dos últimos factores reducen esta pérdida potencial para compensar los efectos de uso de la tierra, manejo y prácticas especiales.

El factor R se obtiene utilizando la siguiente formula:

$$R = 1.5005P + 0.002640P^2$$

Dónde P es el promedio de lluvias anuales. Dicho valor se obtiene del mapa ráster elaborado por Navarro *et. al.* (2018). Mediante el uso de la calculadora ráster se realiza la operación sustituyendo la P por el corte de la cuenca Goascorán.

Se realizó una revisión bibliográfica para encontrar valores del Factor C que concuerden con las categorías de cobertura que se describen en el mapa forestal del 2018 elaborado por el ICF. Los valores encontrados (Tabla 6) corresponden a publicaciones realizadas por Flores (2015), Lianes *et. al.* (2009), Panagos *et. al.* (2015) y Pacheco *et. al.* (2014). Utilizando la herramienta *Reclassify* se asignaron estos valores a las categorías de cobertura y uso del suelo encontradas en la cuenca del Río Goascorán.

Tabla 6. Valores del Factor C encontrados para los tipos de cobertura y uso de suelo en la cuenca del Río de Goascorán según el mapa forestal de Honduras 2018.

Categoría de Cobertura	Factor C	Categoría de Cobertura	Factor C
Bosque Latifoliado Húmedo	0.001	Vegetación Secundaria Decidua	0.01
Bosque Latifoliado Deciduo	0.003	Agricultura Tecnificada	0.495
Bosque Mixto	0.003	Pastos/Cultivos	0.3
Bosque de Conífera Denso	0.003	Zona Urbana Continua	0
Bosque de Conífera Ralo	0.003	Zona Urbana Discontinua	0
Bosque de Mangle Alto	0.003	Arenal de Playa	0
Bosque de Mangle Bajo	0.003	Suelo Desnudo Continental	1
Pino Plagado	0.037	Área Húmeda Costero	0
Arboles Dispersos	0.003	Cuerpos de Agua Artificial	0
Cafetales	0.3	Ríos y Otras Superficies de Agua	0
Vegetación Secundaria Húmeda	0.03	Mares y Océanos	0
		Camaroneras/salineras	0

El factor K se calcula obteniendo el tipo y la composición del suelo descrito en el mapa de suelos de la FAO. El mapa de suelos viene acompañado de una tabla de Excel donde se encuentran los porcentajes de arena, limo, arcilla y materia orgánica, que son los parámetros que se utilizarán para el cálculo.

Según Williams (1995) K se calcula de la siguiente manera:

$$K = 0.1317 f_{csand} \cdot f_{cl-si} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hisand}$$

$$f_{csand} = \left(0.2 + 0.3 \exp \left[-0.0256 m_s \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0.3}$$

$$f_{orgc} = \left[1 - \frac{0.25 orgC}{orgC + \exp[3.72 - 2.95 orgC]} \right]$$

$$f_{hisand} = \left[1 - \frac{0.70 \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[-5.51 + 22.9 \left(1 + \frac{m_s}{100} \right) \right]} \right]$$

Dónde:

Sand es arena, Cl o clay es arcilla, silt es limo y orgC es materia organica.

Se construye una tabla con los valores siguientes:

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
	Tipo de suelo	sand % topsoil	silt % topsoil	clay % topsoil	OC % topsoil	Fcsand	Fcl-si	Forgc	Fhisand	K_USLE	Factor_K
1											
2											
3											
4											
5											
6											

Figura 3. Tabla con valores de estructura de suelo y los cálculos del factor K.

Expresión en la celda F2 = $0.2 + (0.3 * (\text{EXP}(-0.256 * B2 * (1 - (C2/100))))))$

Expresión en la celda G2 = $(C2 / (D2 + C2))^{0.3}$

Expresión en la celda H2 = $1 - ((0.25 * E2) / (E2 + (\text{EXP}(3.72 - 2.95 * E2))))$

Expresión en la celda I2 = $1 - ((0.7 * (1 - (B2/100))) / (1 - (B2/100) + (\text{EXP}(-5.51 + 22.9 * (1 - (B2/100))))))$

Expresión en la celda J2 = $F2 * G2 * H2 * I2$

Expresión en la celda K2 = $0.1317 * J2$

Para los demás factores, utilizando las fórmulas de la tabla 7, se sigue el siguiente proceso:

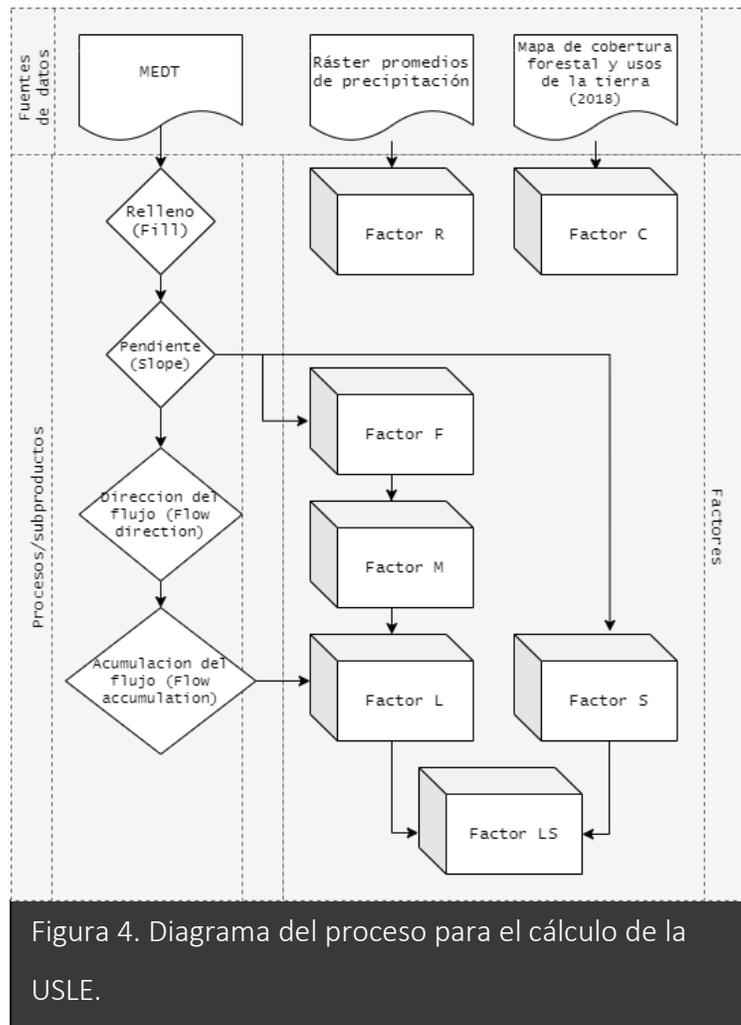


Tabla 7. Formulas a usar en la calculadora ráster.

Factor F	$((\text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) / 0.0896) / (3 * \text{Power}(\text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745), 0.8) + 0.56))$
Factor M	$\text{"\%factor_F.tif\%"} / (1 + \text{"\%factor_F.tif\%"})$
Factor L	$(\text{Power}(\text{"\%acumulation\%"} + 900, (\text{"\%factor_M\%"} + 1)) - \text{Power}(\text{"\%acumulation\%"}, (\text{"\%factor_M\%"} + 1))) / (\text{Power}(25, (\text{"\%factor_M\%"} + 2)) * \text{Power}(22.13, \text{"\%factor_M\%"}))$
Factor S	$\text{Con}((\text{Tan}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) < 0.09), (10.8 * \text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) + 0.03), (16.8 * \text{Sin}(\text{"\%slope\%"} * 0.01745) - 0.5))$
Factor LS	$\text{"\%factor_L\%"} * \text{"\%factor_S\%"}$

En este trabajo no se incluye el factor P debido a que no se cuenta con un mapa de prácticas de conservación de suelo realizado para la cuenca, por lo que a esta variable se le asigna el valor de 1.

RESULTADOS

Valoración de los niveles de susceptibilidad a la erosión de una zona propuesta (Zuidam, 1986)

Se encontraron 4 de las 6 clases que propone la metodología aplicada. El gráfico de la figura 5 muestra los porcentajes y las hectáreas encontradas por clase. La clase altamente susceptible tiene 41,409 ha mayormente distribuida en la cuenca alta y media. La figura 6 muestra la representación gráfica, en forma de mapa, del resultado del análisis de susceptibilidad a la erosión realizado en la cuenca del Río Goascorán.

La figura 7 indica que, el municipio con más suelo en la categoría de altamente susceptible es Guajiquiro con 10,927.70 ha y 8.87 ha en extremadamente susceptible a la erosión. Resaltan los municipios de Aguanqueterique y Opatoro con 6,269 y 3,942 ha respectivamente en la clase de altamente susceptibles, mientras que los demás municipios se mantienen en un rango de 67 a 2,631 ha.

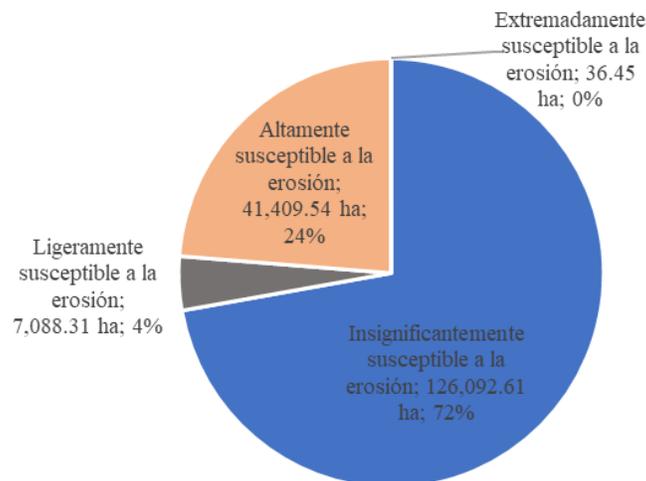


Figura 5. Gráfica de los porcentajes y el área (ha) encontrada por clase en la cuenca.

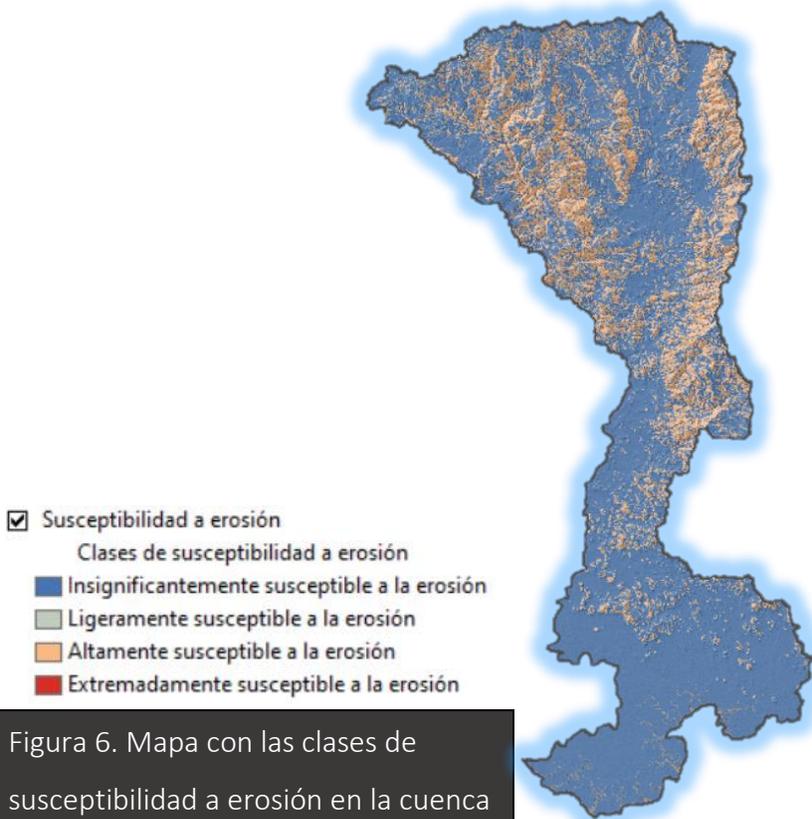


Figura 6. Mapa con las clases de susceptibilidad a erosión en la cuenca

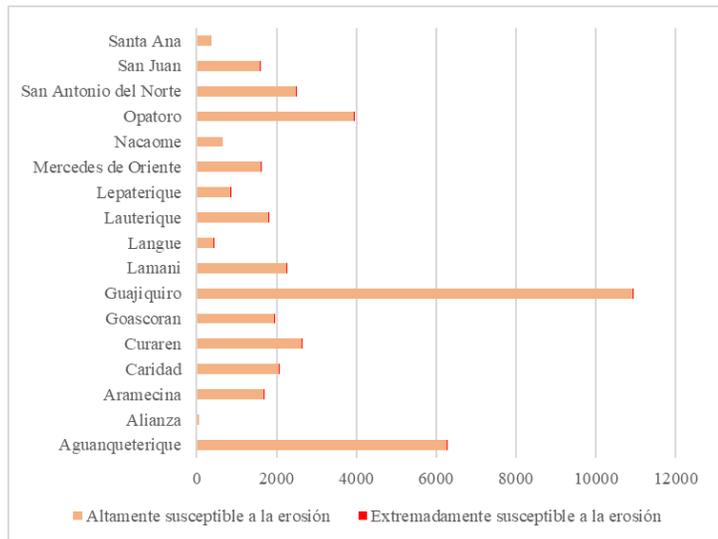


Figura 7. Gráfica de los porcentajes y el área (ha) encontrada por clase en la cuenca.

La figura 8 muestra la relación existente entre la cantidad de hectáreas en la categoría altamente susceptible a la erosión y el tamaño del municipio donde se observa que los municipios en rojo tienen un índice mayor a los demás. Para efectos de cálculo se unieron las categorías altamente susceptibles con extremadamente susceptible a la erosión. En el Anexo 1 se encuentra una tabla con los valores encontrados (hectáreas) por categoría de susceptibilidad de erosión por municipio.

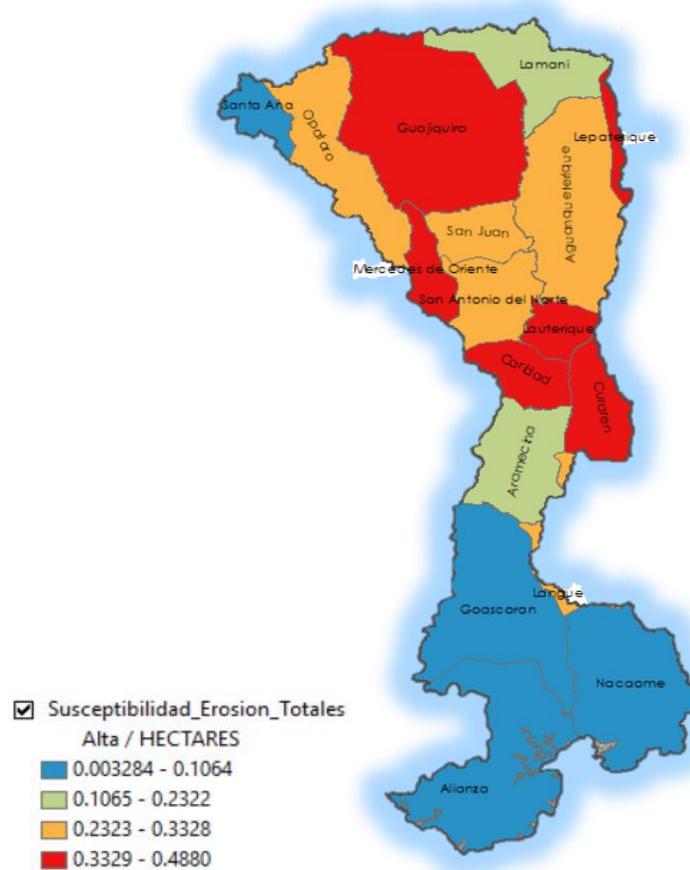


Figura 8. Relación entre las hectáreas en la categoría altamente susceptible y el área del municipio.

Ecuación Universal de Perdida de Suelo (USLE)

Erosión Potencial

La erosión potencial Muy Severa va de las 50 a 200 toneladas de suelo perdidas por hectárea por año (ton/ha/año) y está presente en un 43% (75,350 ha) del territorio de la cuenca del Río Goascorán. Le sigue la Severa (15 – 50 ton/ha/año) con el 25% (43,915 ha) y la ligera con 15% (26,091 ha). La figura 9 muestra las cantidades y porcentajes de las clases de erosión potencial encontradas en la cuenca, mientras que la figura 10 es el mapa de la cuenca con su erosión potencial.

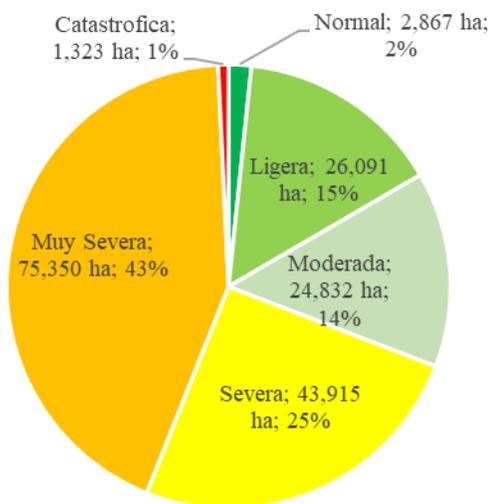


Figura 9. Porcentaje y cantidad en hectáreas de las clases de erosión

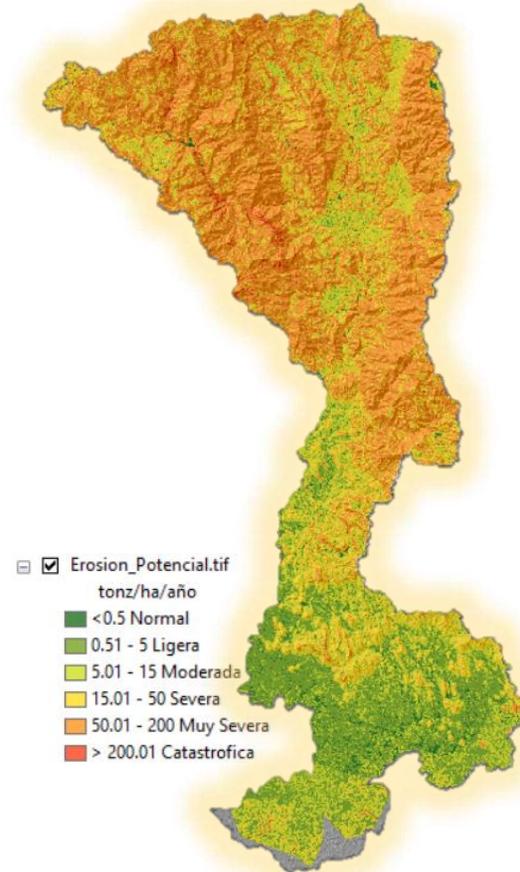


Figura 10. Mapa de erosión potencial en la cuenca Goascorán.

El municipio de Guajiquiro tiene la mayor cantidad de territorio con erosión Muy Severa como se observa en las figuras 11 y 12, seguido por los municipios de Opatoro y Aguanqueterique. En el anexo 2 se encuentra una tabla de las clases de erosión potencial con las cantidades en hectáreas por municipio en la cuenca.

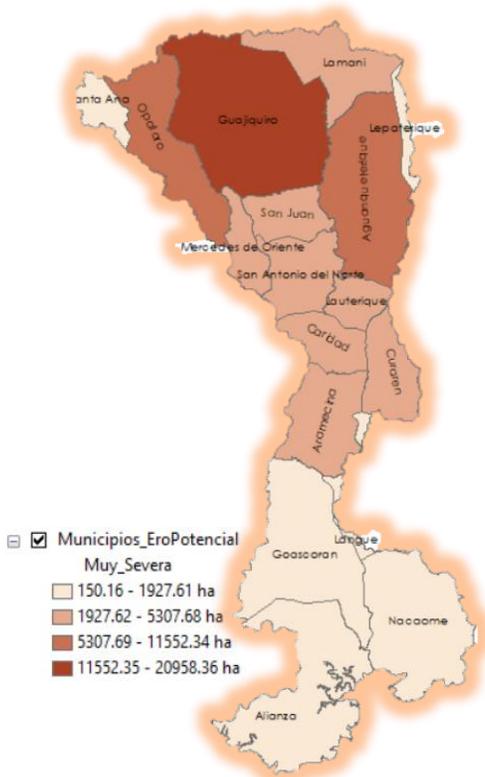


Figura 11. Mapa de erosión potencial en la cuenca Goascorán.

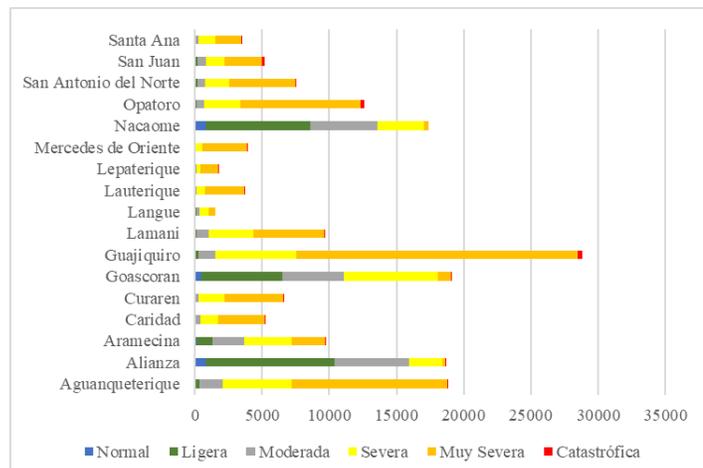


Figura 12. Clases de erosión en cada municipio de la cuenca.

Erosión Actual

La figura 13 muestra el mapa de la erosión actual en la cuenca del Río Goascorán, dividida en 6 clases o tipos de erosión. La clase Normal (< 0.5 ton/ha/año) ocupa el 66% del área de la cuenca (113,766.39 ha). La clase Severa (15.01 – 50 ton/ha/año) representa el 7% del territorio con 11,168.73 ha. Las clases Muy Severa y Catastrófica tienen menos del 1% cada una. La figura 14 muestra los porcentajes y cantidades de las 6 clases, mientras que el cuadro 3 muestra las hectáreas por categoría por municipio.

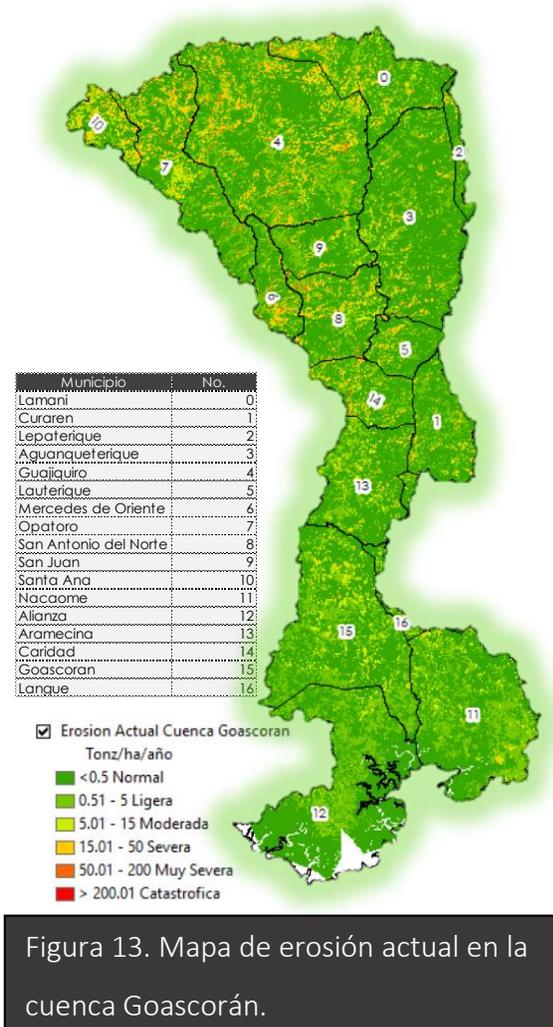


Figura 13. Mapa de erosión actual en la cuenca Goascorán.

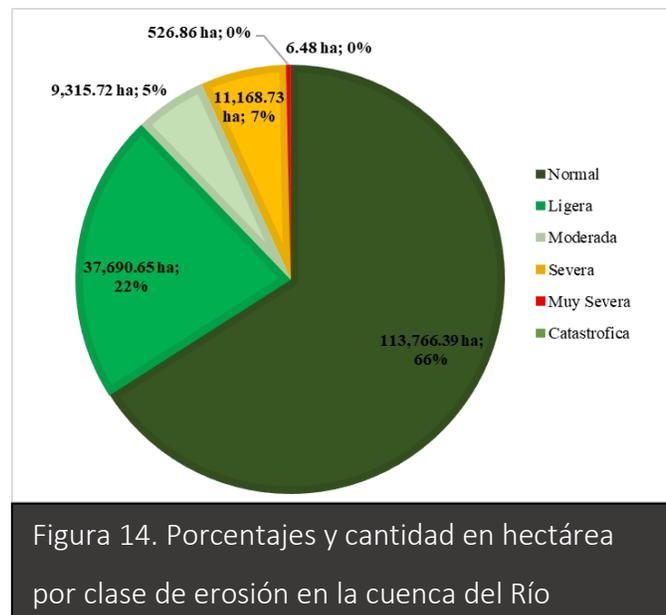


Figura 14. Porcentajes y cantidad en hectárea por clase de erosión en la cuenca del Río Goascorán.

Para representar mejor la severidad de la erosión actual en la cuenca se hizo una suma a la clase Severa de las clases Muy Severa y Catastrófica. El gráfico de la figura 15 muestra las proporciones de las clases de erosión encontradas por municipio dentro de la cuenca. El mapa de la figura 16 muestra una relación entre el tipo de erosión Severa y el tamaño del municipio para denotar que municipio tenía la mayor afectación de acuerdo a su tamaño. Se observa que los municipios de la cuenca alta, esto es más al norte de la cuenca, son los más afectados por la erosión severa, mientras que los ubicados en la cuenca media y baja no presentan valores altos en esta relación. En el anexo 3 se encuentra una tabla de las clases de erosión actual con las cantidades en hectáreas por municipio en la cuenca.

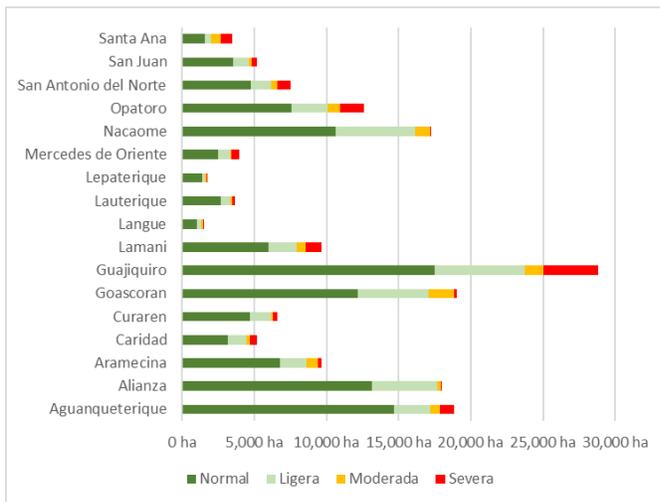


Figura 15. Clases de erosión representadas por cada municipio en la cuenca del Río Goascorán.



Figura 16. Mapa de relación entre las hectáreas de suelo en la clase Severa y el tamaño del municipio.

PRINCIPIOS PARA EL CONTROL DE LA EROSION

La erosión hídrica se produce cuando las condiciones son favorables para el desprendimiento y transporte de los materiales del suelo. El clima, la erosionabilidad del suelo, el gradiente y la longitud de la pendiente, las condiciones de la superficie y la vegetación influyen en la cantidad de erosión que se producirá. Se han desarrollado muchas prácticas diferentes para reducir la erosión. No todas las prácticas son aplicables en todos casos. Sin embargo, los principios sí que lo son, siendo estos los siguientes:

- Reducir el impacto de las gotas de agua.
- Reducir el volumen del escurrimiento y su velocidad
- Incrementar la resistencia del suelo a la erosión.
- Asegurar que el suelo siempre este con cobertura vegetal.

Las prácticas de manejo que afectan uno o más de estos principios ayudarán a controlar la erosión.

CONCLUSIONES

Honduras cuenta con los insumos necesarios, ya sea por obtención a través de plataformas internacionales o porque se elaboraron en el país, para elaborar análisis de erosión que permitan dirigir efectivamente actividades de conservación de suelos hacia zonas que presenten ocurrencia del fenómeno o mayor susceptibilidad a este. La precisión de estos análisis mejorará a medida mejoren los insumos por lo que se recomienda realizar actualizaciones del mismo.

El municipio de Guajiquiro resultó, en los análisis de susceptibilidad a la erosión, erosión potencial y erosión actual, ser el primero en cuanto a cantidad de área clasificada en las categorías que denotan mayor severidad y gravedad. Si bien es cierto, es uno de los municipios con mayor área en la cuenca, gran parte de ella presenta terrenos montañosos con pendientes largas y pronunciadas, factores que favorecen a la erosión.

Se deberán realizar estudios para determinar la colmatación en los cursos de agua, principalmente en la cuenca media y baja, debido al depósito de sedimentos que pueda provenir de la cuenca alta.

La degradación del suelo ocasionada por los procesos erosivos, podría ser proporcional al empobrecimiento de la población, debido a la disminución gradual de la fertilidad del suelo, lo que se traduce en una producción de cultivos de bajo rendimiento, falta de ingresos y disponibilidad de alimentos.

El factor C es de suma importancia porque es la cobertura la que puede llegar a neutralizar el impacto de las lluvias y las escorrentías, mismas que son las causantes de la erosión hídrica. Se debe trabajar en cuanto al mejoramiento de la cobertura vegetal del suelo para reducir la erosión y la susceptibilidad a ella.

BIBLIOGRAFÍA

López Guevara, J. (2018). Erosión hídrica en suelos de laderas cultivadas con café sin sombra, en Copán Honduras. Revista Ciencia Y Tecnología, (20), 135-151.

<https://doi.org/10.5377/rct.v0i20.5953>

Navarro Racines, Carlos E.; Llanos Herrera, Lizeth; Monserrate, Fredy, 2018, "30-seconds (1 Km2) monthly, seasonal and annual gridded Historical Climate Surfaces for Honduras.",

<https://doi.org/10.7910/DVN/QET5UQ>, Harvard Dataverse, V1

Quirantes, J. 1987. Erosión eólica; Valoración Experimental. PAPELES DE GEOGRAFIA (FISICA) No 12. 11-18pp.

Soria, A. 2015. Lineamientos técnicos para una ley de conservación de suelos para la República de Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano Honduras.

<https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/4509/1/IAD-2015-018.pdf>

Van Zuidam, R.A. 1986: Aerial Photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. 442 pp. Ed. Smits Publishers, The Hague.

Williams, J.R. (1995) Chapter 25: The EPIC model. In V.P. Singh (ed.) Computer models of watershed hydrology. Water Resources Publications, 909-1000.

Wischmeier, W.H. y Smith, D.D. 1978. Predicting Rainfall Erosion Losses. Agriculture Handbook 537. United States Department of Agriculture. Science and Education Administration. 58 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Tabla con las cantidades (hectáreas) de tierra afectada por cada clase de erosión potencial en los municipios de la cuenca del Río Goascorán.

NOMBRE	Altamente susceptible a la erosión	Extremadamente susceptible a la erosión	Insignificadamente susceptible a la erosión	Ligeramente susceptible a la erosión
Aguaqueterique	6269.372	2.956	12123.832	449.863
Alianza	67.078		19394.901	46.986
Aramecina	1670.092	0.05	7751.446	275.551
Caridad	2051.482	0.123	2861.511	278.488
Curaren	2630.899	0.554	3739.279	227.078
Goascorán	1941.109	0.876	16315.983	782.67
Guajiquiro	10927.699	8.867	16369.503	1503.197
Lamaní	2249.848	1.862	6899.87	531.31
Langue	405.57	0.328	1012.056	75.062
Lauterique	1785.288	1.499	1746.023	127.94
Lepaterique	840.981	0.3	860.618	31.106
Mercedes de Oriente	1611.964	0.275	2107.362	223.312
Nacaome	654.594		16235.345	338.5
Opatoro	3942.143	8.588	7969.856	663.626
San Antonio del Norte	2491.397	0.818	4583.297	445.295
San Juan	1569.247	2.205	3435.416	144.087
Santa Ana	369.233		2760.217	336.904
Total general	41477.996	29.301	126166.515	6480.975

Anexo 2. Tabla con las cantidades (hectáreas) de tierra afectada por cada clase de erosión potencial en los municipios de la cuenca del Río Goascorán.

NOMBRE	Normal	Ligera	Moderada	Severa	Muy Severa	Catastrófica
Aguaqueterique	52.3861458	306.108275	1678.2284	5163.66402	11552.3437	91.8553806
Alianza	817.374116	9596.41065	5479.68494	2553.08124	150.161964	5.26984533
Aramecina	118.547239	1178.90836	2338.16733	3582.38529	2474.70025	6.14414493
Caridad	9.59352049	54.2305145	307.703814	1319.83627	3488.92076	14.2079217
Curaren	18.3781943	40.3979434	213.237259	1948.19664	4361.09825	14.9130966
Goascoran	460.435078	6072.18356	4535.44417	7029.48468	943.949113	3.13698442
Guajiquiro	78.8190684	181.228777	1218.14413	6047.92096	20958.3608	327.228945
Lamaní	20.1109969	120.639192	907.72026	3287.81127	5307.67851	43.2554372
Langue	4.75217233	89.0798582	265.847987	655.367242	478.104743	0
Lauterique	4.87457408	12.5096051	73.5383807	635.677059	2914.37293	19.3801535
Lepaterique	39.9751433	15.250175	60.3411609	298.785191	1313.64596	3.83215847
Mercedes de Oriente	0.10021348	9.10585404	52.6656735	447.194107	3333.10785	104.810264
Nacaome	831.739039	7740.02542	4970.56237	3525.93116	292.647534	0
Opatoro	33.6346692	93.3826186	553.578383	2705.18225	8936.57052	263.29812
San Antonio del Norte	29.0517956	131.444464	598.297721	1798.04554	4892.41784	71.650511
San Juan	22.7046094	169.239691	629.14965	1357.76421	2767.77307	204.323625
Santa Ana	26.4287378	45.5429287	194.901431	1265.72376	1927.60983	6.15271152

Anexo 3. Tabla con las cantidades (hectáreas) de tierra afectada por cada clase de erosión actual en los municipios de la cuenca del Río Goascorán.

Municipio	Normal	Ligera	Moderada	Severa	Muy Severa	Catastrófica
Aguaqueterique	14,681.16	2,513.34	662.13	961.83	29.34	0.18
Alianza	13,154.04	4,535.19	217.71	9.54	0.72	0.09
Aramecina	6,757.38	1,884.33	795.24	242.37	1.53	0.18
Caridad	3,172.23	1,276.92	269.82	448.56	18.90	0.72
Curaren	4,700.25	1,456.56	152.19	292.23	0.45	0.09
Goascorán	12,169.17	4,875.21	1,810.89	165.96	1.71	0.72
Guajiquiro	17,482.41	6,249.06	1,298.07	3,596.04	176.13	1.98
Lamaní	6,000.93	1,937.25	631.53	1,082.34	19.89	0.09
Langue	1,039.77	257.13	155.70	42.21	0.00	0.00
Lauterique	2,685.42	674.82	90.54	208.89	1.89	0.09
Lepaterique	1,372.59	224.01	64.53	73.53	2.43	0.00
Mercedes de Oriente	2,497.32	823.23	77.67	492.93	45.18	0.00
Nacaome	10,644.12	5,524.02	992.34	66.15	0.00	0.00
Opatoro	7,579.98	2,511.27	824.13	1,509.39	136.44	2.07
San Antonio del Norte	4,725.54	1,427.13	414.36	885.42	64.44	0.27
San Juan	3,518.73	1,092.33	232.74	286.29	21.78	0.00
Santa Ana	1,585.35	428.85	626.13	805.05	6.03	0.00