



EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL CAUCE 31 DE DICIEMBRE, NICARAGUA

HYDRIC EROSION AT 31 DE DICIEMBRE CHANNEL MICROBASIN, NICARAGUA

M.E. Blanco Chávez

Universidad Nacional de Ingeniería. Managua, Nicaragua.
Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente. Managua, Nicaragua.
miguel.blanco@piensa.uni.edu.ni

(recibido/received: 20-Septiembre-2019; aceptado/accepted: 21-Noviembre-2019)

RESUMEN

En el presente artículo se aborda la erosión hídrica superficial en la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre, Municipio de Managua. El objetivo del estudio fue la determinación de la tasa de erosión hídrica en el área rural de la microcuenca, utilizando la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo (RUSLE), a partir de la erosividad de la lluvia, pendiente del terreno, tipo de suelo, uso de suelo y prácticas de conservación. Se estimó los factores de la ecuación RUSLE en formato raster, y utilizando las herramientas raster del análisis espacial del ArcGIS, se obtuvo el mapa de tasa de erosión hídrica del área rural de la microcuenca en estudio. El estudio sugiere que la tasa de erosión promedio anual varía de 25 a 100 Ton/(ha-año) en la parte media de la subcuenca, representando un nivel erosivo alto, y de 6 a 25 Ton/(ha-año) en la parte alta, representando un nivel erosivo moderado.

Palabras claves: Erosión hídrica; Lluvia; RUSLE; Erodabilidad del suelo.

ABSTRACT

In the present paper is exposed the study of hydric erosion at 31 de Diciembre channel micro basin from Managua. The objective of the study was to determinate the hydric erosion in the rural area of the micro basin, with the Revised Universal Loss Equation (RUSLE), using the erosivity rainfall, the soil slope, soil type, soil use, and practices of soil conservation. An estimation of the RUSLE equation factors was made in a raster format, and with the raster tools from the spatial analysis of ArcGIS, a erosion rate map for the rural area was made. The study suggests that the mean annual erosion rate range from 25 to 100 Ton/ (ha-year) in the middle side of the micro catchment, representing a high level of erosion, and range from 6 to 25 Ton/ (ha-year) in the upper side, that represent a moderate level of erosion.

Keywords: Hydric Erosion; Rainfall; RUSLE; Soil erodibility.

1. INTRODUCCIÓN

La erosión del suelo representa uno de los más serios problemas ambientales. Se define como la pérdida, disolución y remoción de material del suelo, de la superficie de la tierra, causada por una compleja interacción de procesos de muchos factores: naturales (clima, topografía, suelo, vegetación) y antropogénicos (sistemas de labranza, medidas de conservación de suelos, sobrepastoreo y deforestación), (Aiello, Adamo & Canora, 2015).

Como consecuencia del proceso erosivo se generan: pérdida de fertilidad de los suelos, azolvamiento de los cuerpos de agua, disminución de la recarga de acuíferos, incrementa la escorrentía superficial, contribuye a la desertificación y la degradación de los suelos (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación, 2005).

La microcuenca del cauce 31 de Diciembre pertenece a la subcuenca sur del Lago Xolotlán. En ella se asientan importantes ciudades, entre ellas la ciudad capital Managua. La alta intervención humana en los recursos naturales de la subcuenca sur ha provocado importantes cambios en el uso del suelo y deterioro de los mismos, con fuertes procesos erosivos, tanto antropogénicos como naturales. El régimen pluviométrico en la subcuenca, se caracteriza por tener fuertes precipitaciones de corta duración en la época lluviosa que contribuye a la erosión en la subcuenca en estudio, cuyos suelos de origen volcánico son susceptibles a ser rápidamente erosionados.

Con el fin de conocer los niveles de erosión hídrica superficial en la microcuenca del cauce 31 de Diciembre, se llevó a cabo un estudio de erosión hídrica empleando el método de la Ecuación Universal Revisada de Pérdida de Suelo, RUSLE por sus siglas en inglés (Renard et al, 1997). Para eso se estimó la erosividad de la lluvia (R) y su distribución espacial; utilizando el nomograma de Wischwmeier (1978) se determinó el índice de erodabilidad del suelo (K) en sitios representativos de la microcuenca, se actualizó los límites de la zona urbana y los diferentes usos del suelo de la zona rural. La zona urbana fue excluida del cálculo de la erosión hídrica ya que el método utilizado no es aplicable para esas condiciones de uso del suelo.

2. ÁREA DE ESTUDIO

La microcuenca del cauce 31 de diciembre está ubicado entre las coordenadas $12^{\circ} 11'$ a $12^{\circ} 02'$ de latitud norte, y entre los $86^{\circ} 16'$ y $86^{\circ} 09'$ de longitud oeste, es de forma alargada, tiene una extensión aproximada de 42 Km^2 , con elevación mínima de 40 msnm y máxima de 600 msnm. Forma parte de la subcuenca sur del Lago Xolotlán en el pacífico de Nicaragua, y según la clasificación Pfafstetter (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, 2014) pertenece a la cuenca 9525 (cuenca 69 en el sistema PHCA) o cuenca de los grandes lagos de Nicaragua que drena al mar Caribe por el río San Juan (Figura 1).

En esta microcuenca hay dos cauces importantes, el 31 de Diciembre y el Sabana Grande, este último es tributario del 31 de Diciembre en su parte baja (Figura 1). Se caracterizan por ser corrientes efímeras, únicamente escurre agua por corto tiempo en la época lluviosa, permaneciendo secos la mayor parte del año. Es una microcuenca exorreica, sus corrientes tienen dirección de Sur a Norte, desembocando en el lago Xolotlán.

Las precipitaciones medias anuales en la zona de estudio varían de 1,100 mm a 1,400 mm, las temperaturas medias anuales varían de 28 a 24°C , la evapotranspiración potencial media anual varía de los 1,800 a 2,000 mm, la humedad relativa media anual varía entre 70 a 75%, el índice de confort climático anual se clasifica como Muy cálido opresivo (MCo) y la clasificación climática según Koppen modificado es Clima caliente y subhúmedo con lluvias en verano AW (INETER, 2004).

En la microcuenca del cauce 31 de Diciembre las elevaciones topográficas varían dese 40 a 100 msnm en la parte baja del valle fluvial, en la parte media oscilan de 100 0 250 msnm y en la parte alta, de 250 a 600 msnm.

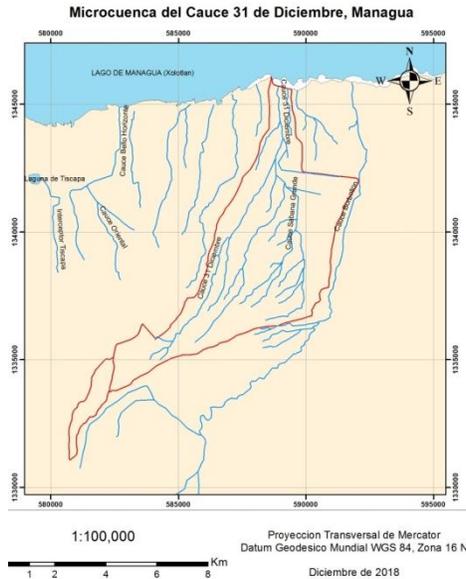


Figura 1. Localización de la Zona de estudio

Según el Mapa de Cobertura Forestal de Nicaragua (INETER, UNA & MARENA, 2015), el área rural de estudio tiene diferentes tipos de cobertura vegetal, predominando la categoría Agropecuaria (áreas dedicadas al pastoreo de ganado y agricultura) en la parte media y baja de la microcuenca. La categoría bosque latifoliado ralo se encuentra principalmente en la parte alta del área de estudio, con pequeñas áreas en la parte baja cerca del lago Xolotlán. La categoría Cafetales se presenta principalmente en la parte más alta de la microcuenca. La categoría Tacotal se encuentra en pequeñas áreas en distribuidas en toda el área de estudio.

3. METODOLOGÍA Y DESARROLLO

3.1. Procesamiento de datos y generación de los factores del RUSLE

Se recopiló información de la zona de estudio, que incluye topografía, hidrografía, tipos de suelos, cobertura vegetal, prácticas de conservación de suelos, pluviometría, crecimiento urbano y muestras de suelos en sitios representativos.

En este estudio los datos recopilados fueron procesados utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), con el software ArcGIS 10.1. Se aprovechó el potencial de cálculo espacial de este programa para estimar la erosión hídrica en la microcuenca en estudio. Los cálculos fueron realizados con las herramientas de procesamiento de capas raster del ArcGIS.

La ecuación del RUSLE (Renard et al, 1997) es el producto de cinco factores de entrada (Figura 2) con datos de formato raster: erodabilidad del suelo, erosividad de la lluvia, longitud e inclinación de la pendiente, cobertura vegetal y prácticas de conservación de suelos. La erosión en cada pixel fue calculada utilizando la ecuación RUSLE:

$$A = R * K * L * S * C * P \quad (1)$$

Donde:

A = pérdida promedio de suelo en el período seleccionado para R (anual) en Ton/(ha-año)

R = factor erosividad de la lluvia (MJ-mm/(ha-h-año))

K = factor erodabilidad del suelo (Ton-ha-h/(ha-MJ-mm))

S = factor inclinación de la pendiente (adimensional)

L = factor longitud de la pendiente (adimensional)

C = factor cobertura del suelo (adimensional)

P = factor de prácticas de conservación de suelos (adimensional)

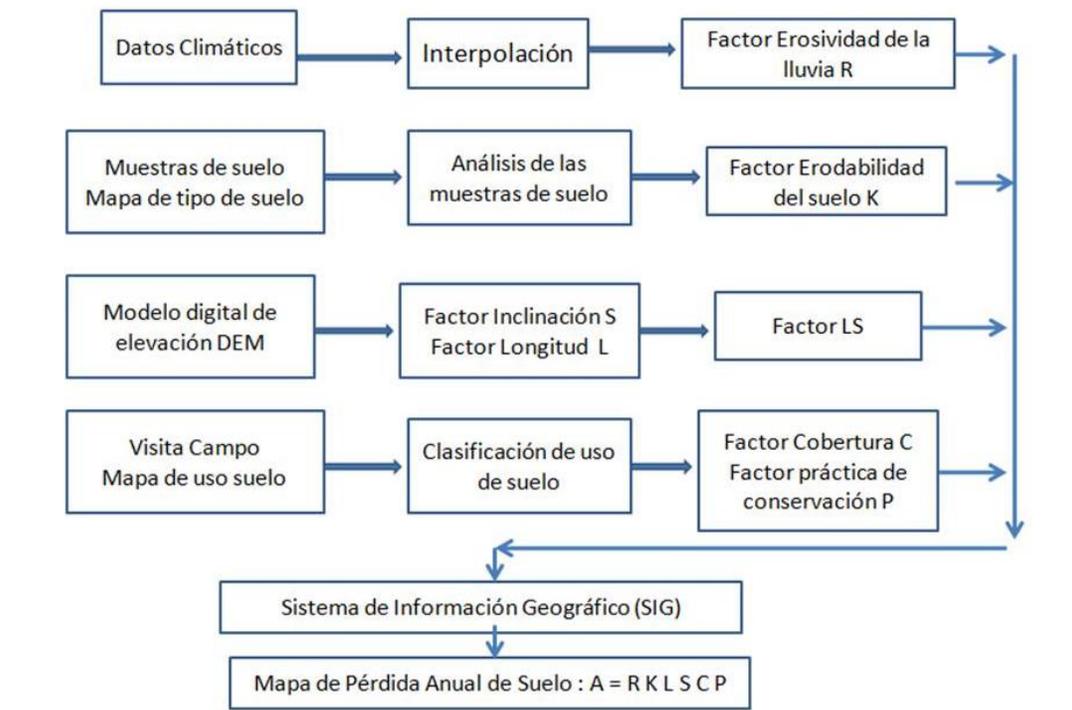


Figura 2: Flujo grama de la metodología de cálculo de la Erosión Hídrica Superficial
Fuente: (Belasri & Lakhouili, 2016).

Factor erosividad de la lluvia R: Se utilizó la ecuación de correlación que relaciona R anual con el índice modificado de Fournier (IMF), determinada por Blanco (2019) para la estación del Aeropuerto de Managua:

$$R = 29.81 IMF - 375.9 \quad (2)$$

El coeficiente de determinación de esta ecuación es de $R^2 = 0.86$, similar a los reportados en la literatura especializada y aceptable para nuestros propósitos.

Esta ecuación de correlación (2) permitió estimar el valor de R anual en 7 estaciones pluviométricas que están en la subcuenca sur del Lago Xolotlán y que no disponían de registros de intensidades de lluvia. Con

los valores de erosividad de la lluvia en las 7 estaciones, para el período 2000-2016, se generó una superficie de erosividad de la lluvia, utilizando el método de interpolación SplitLine en ambiente ArcGIS para obtener una capa formato raster para el factor R en la subcuenca sur del Lago Xolotlán (Figura 3), la cual abarca el área de estudio de la microcuenca del cauce 31 de Diciembre.

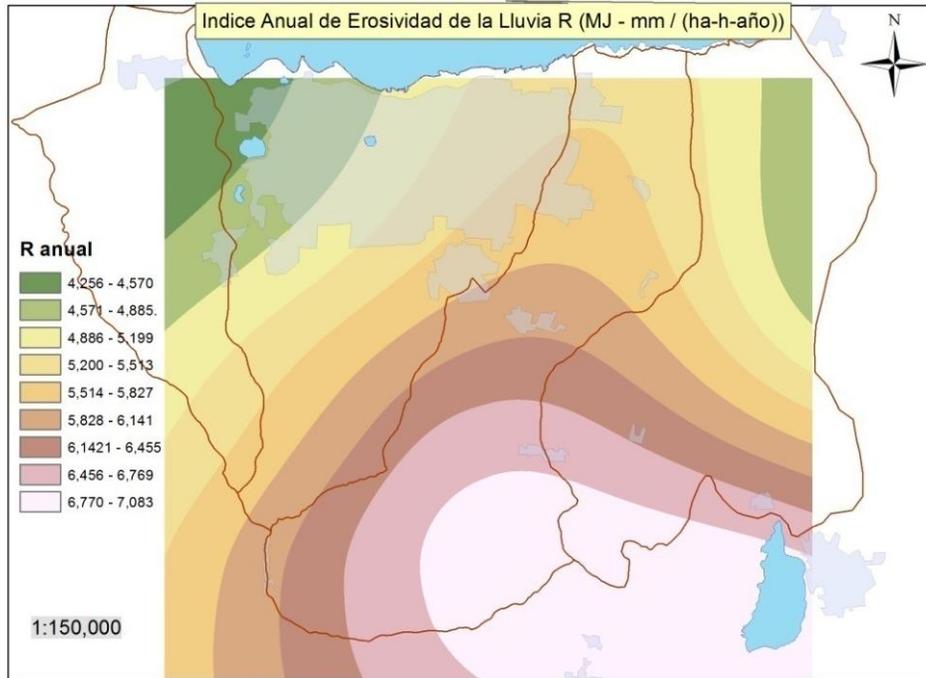


Figura 3: Factor erosividad de la lluvia R .

Factor erodabilidad del suelo K : El factor de erodabilidad del suelo es función de las características del suelo, como textura, contenido de materia orgánica, la permeabilidad y la estructura del suelo. Los investigadores Wischmeier y Smith (1978) determinaron las propiedades del suelo con mayor correlación con la erodabilidad del suelo. El factor K para un suelo dado es la pérdida el suelo esperada por hectárea y por unidad de EI sobre en una parcela unitaria experimental.

La parcela unitaria experimental es aquella con 22.1 m de longitud y 9% de pendiente, continuamente labrada a favor de la pendiente y sin cobertura.

Los valores de K (en unidades inglesas) se pueden estimar con la ecuación desarrollada con los datos de las parcelas experimentales:

$$100 K = 2.1 (M^{1.14}/10,000) (12-OM) + 3.25 (s-2) + 2.5 (p-3) \quad (3)$$

Donde:

M = (% Limo + % arena muy fina) (100- % arcilla)

OM = materia orgánica (%)

s = código de estructura del suelo

p = código de permeabilidad del suelo

Para obtener K en unidades del SI (Ton/ha-año)/(MJ-mm/ha-h), se divide (3) por 7.59.

La textura del suelo se determina con el análisis granulométrico del suelo en estudio. La clase textural ubica al suelo en un área dentro de un diagrama triangular basado en la distribución porcentual de arena, limo y arcilla en el suelo (United States Department of Agriculture, USDA, 1999).

La clase de permeabilidad se define en función de la textura del suelo, el código para permeabilidad del perfil del suelo se obtuvo del National Soils Survey Handbook No. 430 (USDA, 1983). La estructura del suelo se define de la observación en el campo durante el muestro, y los valores del código de estructura del suelo se obtienen según el método USDA (1999).

Se trabajó con el mapa de series de suelo (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1971) de la zona de la subcuenca sur del Lago Xolotlán proporcionado por la Unidad de Suelos del INETER. Este mapa contiene la clasificación de serie del suelo y de textura de su capa superior. Para cada serie de suelo se realizó un muestreo representativo del primer horizonte. En el Laboratorio de Suelos y Agua de la UNA se determinó el % de materia orgánica (MO) y el análisis de textura por el método de la pipeta. Los resultados del análisis de laboratorio de las muestras de suelo y la clase textural se presentan en la Tabla 1.

Tabla 1. Clase Textural y Materia orgánica (%) de las muestras de suelo

Muestra	Clase Textural	M.O. (%)	Arena Total (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Arena muy Fina 0.063 - 0.125 mm
M1	Franco	6.37	39.48	37.03	23.48	5.40
M2	Franco Arcilloso	2.18	30.08	39.84	30.07	6.52
M3	Franco Arcilloso	4.38	34.52	36.47	28.5	1.31
M4	Franco Arcilloso	2.34	46.76	27.67	25.56	3.75
M6	Franco Arenoso	3.04	65.32	20.65	14.01	14.87

En la Tabla 2 se muestran el código de estructura y el código de permeabilidad de las muestras de suelo del área de estudio.

Tabla 2. Código de estructura y permeabilidad de las muestras de suelo

Muestra	Serie de Suelo	Clase Textural	Código de Estructura	Código de Permeabilidad	Factor K unidades SI
M1	Nejapa	Franco	2	3	0.022
M2	Nejapa	Franco Arcilloso	2	4	0.031
M3	Esquipula	Franco Arcilloso	2	4	0.021
M4	Zambrano	Franco Arcilloso	2	4	0.022
M6	Sabana Grande	Franco Arenoso	2	2	0.020

El factor erodabilidad del suelo K se estima con (3) y los datos de la Tabla 1 y Tabla 2. Los resultados se muestran en la última columna de la Tabla 2, donde puede observarse que los valores del factor de erodabilidad del suelo varían muy poco, de 0.020 a 0.031, al tratarse todos de suelos francos y tener % de materia orgánica relativamente altos (de 2 al 6%).

En un estudio de erodabilidad del suelo en la subcuenca sur de Managua realizado por Murillo (1990), reporta para la serie Nejapa un K de 0.038, para la serie Esquipulas un K de 0.052 y para la serie Zambrano un K de 0.068, con suelos franco arcillosos arenosos, francos y francos arenosos

respectivamente. En otro estudio en la microcuenca D de la subcuenca sur de Managua realizado por Guido (1997), para la serie de suelo Nejapa reporta valores de K de 0.025 y 0.028. Estos valores son similares a los obtenidos en la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre, al pertenecer todos a la misma textura y porcentajes de materia orgánica similares.

Una vez obtenidos los valores de K para las diferentes series de suelo, se generó una capa vectorial de polígonos del factor K , y con las herramientas de raster del software ArcGIS se obtuvo una capa raster del mismo. La Figura 4 muestra la capa raster del factor K en la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre.

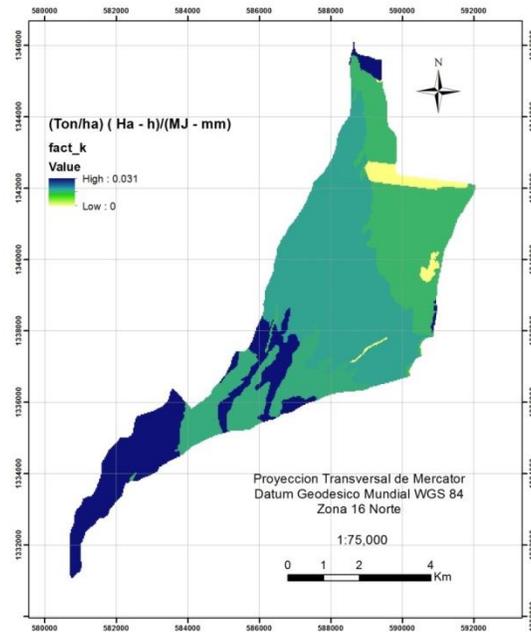


Figura 4: Factor erodabilidad del suelo K en la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre

Factor longitud de la pendiente L : La longitud de la pendiente se refiere a la proyección horizontal del suelo desde el punto de inicio de la escorrentía hasta el punto de cierre del tramo considerado. Como la parcela experimental con la que se desarrolló el método RUSLE es de 22.1 m y 9 % de pendiente, este factor intenta “rectificar su valor” para los suelos con diferentes longitudes y pendientes. El valor de L es a dimensional. La ecuación del cálculo del factor longitud de pendiente es:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.13} \right)^m \quad (4)$$

Donde:

λ = longitud de la pendiente del tramo en estudio (m)

L = factor longitud de la pendiente, a dimensional.

m = exponente que refleja la relación entre la pérdida de suelo y el gradiente de la pendiente, INETER y COSUDE (2005).

Para el cálculo de la longitud de la pendiente de la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre se trabajó con una capa raster de la zona de estudio, es un modelo digital del terreno (DEM) con tamaño de celda 30.6 m x 30.6 m, en el sistema de coordenadas WGS84, Zona 16 Norte, obtenido de la página web del USGS. Utilizando las herramientas del ArcGIS y la capa raster del DEM se calculó un mapa de pendientes y con este último y (4) se generó el mapa de longitud de la pendiente de la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre, como se muestra la Figura 5a.

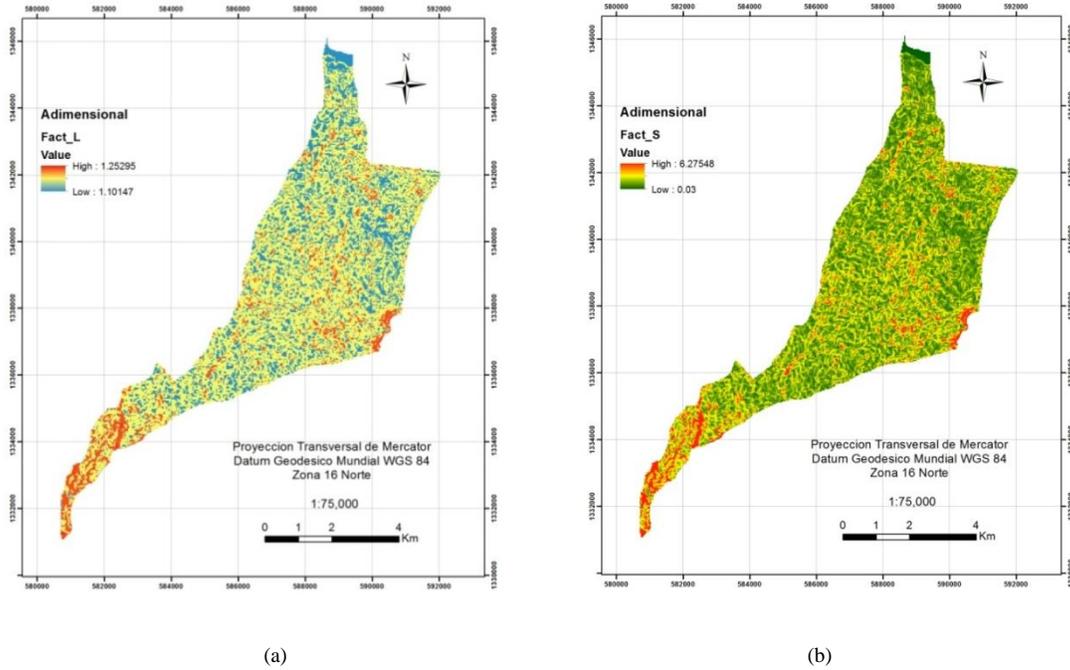


Figura 5: (a) Factor longitud de la pendiente L . (b) Factor índice de la pendiente S .

Factor inclinación de la pendiente S : Aquellos suelos con mayor pendiente causan mayor velocidad de la escorrentía superficial, por tanto, mayor poder erosivo de la misma. A mayor inclinación del suelo, mayor factor de inclinación de la pendiente. Las ecuaciones para el cálculo del factor de la pendiente son:

$$S = 10.8 \text{ Sen } \theta + 0.03; \quad p < 9\% \quad (5)$$

$$S = 16.8 \text{ Sen } \theta - 0.50; \quad p \geq 9\% \quad (6)$$

Donde:

S = factor inclinación de la pendiente, a dimensional

θ = ángulo de la pendiente del suelo, en grados.

p = pendiente del suelo en porcentaje.

Utilizando las herramientas del ArcGIS y la capa raster del DEM se calculó un mapa de pendientes y con este último y (5) y (6) se generó el mapa de índice de pendiente S de la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre, como se muestra la Figura 5b.

Factor Cobertura vegetal del suelo C : Este factor es función de la cobertura del suelo, que es la mayor defensa contra su erosión, pero otras variables como sistemas de cultivos y manejo también influyen el proceso erosivo (INETER & COSUDE, 2005). El valor de C es a dimensional.

Valores de C universalmente válidos no existen. Por la gran variedad de cultivos, secuencias y rotaciones de cultivos y manejos, sería necesaria la evaluación de valores de C experimentalmente en condiciones locales. Se pueden utilizar tablas que la literatura especializada ha publicado de valores experimentales de C producidas en ensayos experimentales en regiones similares a las de Nicaragua.

La estimación del factor *C* se realizó utilizando las capas vectoriales de polígonos de uso del suelo de la zona rural de estudio, el área correspondiente a la capa de polígonos de la zona urbana no fue incluida. Los mapas utilizados fueron:

Mapa de Cobertura Forestal de Nicaragua (INETER, UNA & MARENA, 2015).
 Mapa Existente de Uso de Suelo 2016 (Alcaldía de Managua & JICA, 2017).

Estos mapas permitieron preparar un mapa temático de uso de suelo, el cual fue actualizado con la información de las imágenes de Google Earth y datos de la inspección de campo durante el muestro de suelo. Para definir los valores de *C* se revisó la bibliografía existente, tanto para las aéreas de vegetación natural (pastizales, arbustos y bosques) como para las tierras de cultivos. Según el tipo de cobertura vegetal existente, se asignaron los valores de *C* y con ella se preparó un mapa temático de valores del factor *C* en formato vectorial, el cual, posteriormente fue transformado a capa raster. La Figura 6a muestra el mapa de uso de suelo utilizado en este estudio y la Figura 6b muestra el mapa de los valores del factor *C*.

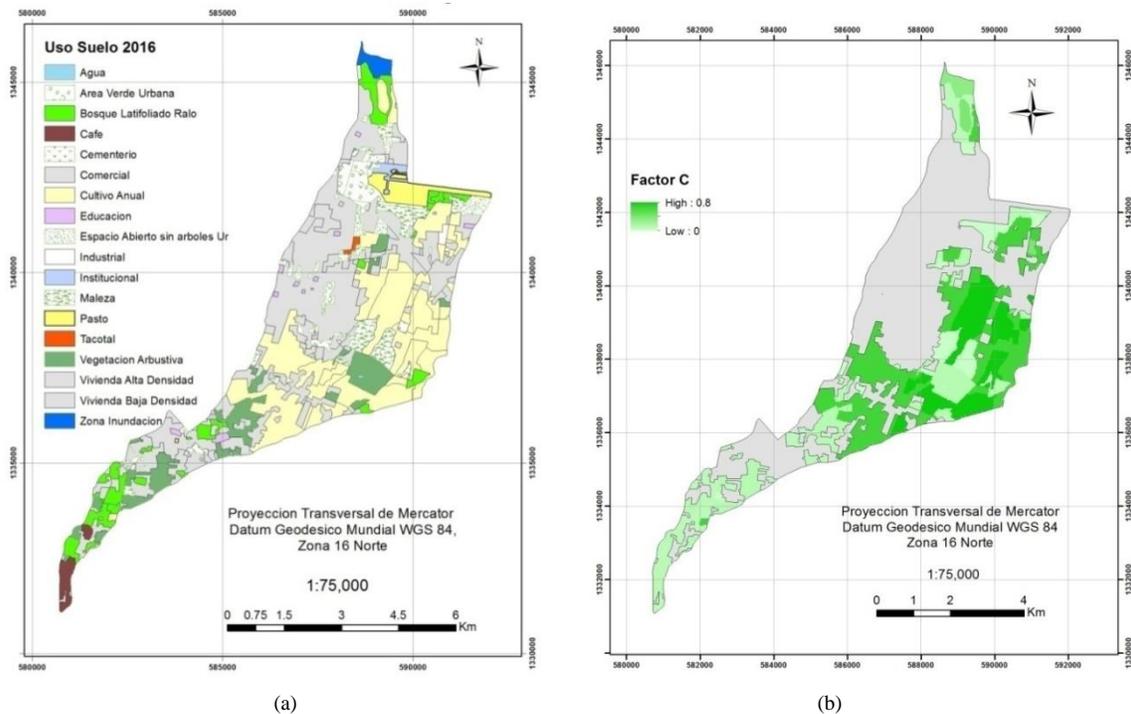


Figura 6: (a) Uso del suelo en la microcuenca. (b) Factor cobertura vegetal *C*.

Factor prácticas de conservación P: La asignación de los valores al factor *P* depende de si se están aplicando prácticas de conservación de suelos en el área de estudio. En las áreas de vegetación natural se asumió que no existen prácticas de conservación del suelo ($P = 1$). Para las áreas agrícolas se consideran como prácticas los cultivos en contorno tal como se observó en la inspección de campo. Los valores asignados al factor *P* se tomaron de INETER y COSUDE (2005), que variaron de 0.5 a 0.6 por el rango de pendiente de la zona agrícola en la microcuenca en estudio. La Figura 7 muestra el mapa de valores del factor *P* utilizado en este estudio.

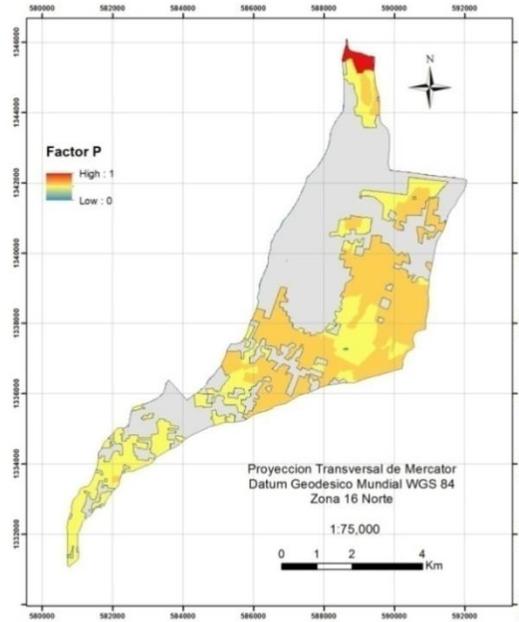


Figura 7: Valores del factor P en la microcuenca del cauce 31 de Diciembre

3.2. Resultados y Análisis de Resultados

Los datos tomados de las capas raster de los factores *R*, *K*, *L*, *S*, *C* y *P* del modelo RUSLE se utilizaron en (1) con la opción calculadora raster del análisis espacial de ArcGIS con el fin de cuantificar, evaluar y generar un mapa de intensidad de erosión del suelo “A” en la microcuenca del cauce 31 de Diciembre. La Figura 8 muestra el mapa de la erosión actual del suelo de la microcuenca en estudio, la cual varía de 6 a 314 Ton/(ha-año).

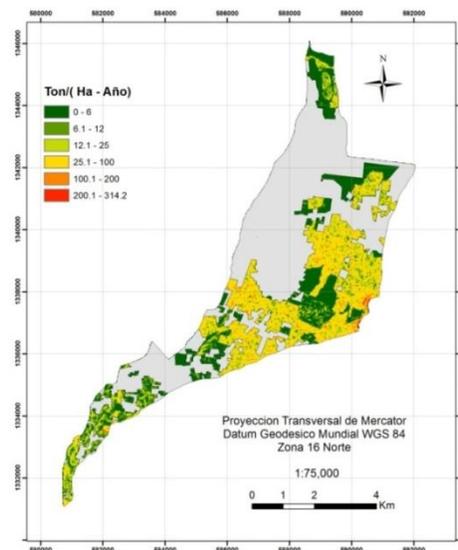


Figura 8: Erosión hídrica actual en la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre

En la parte sur de la zona de estudio, donde predomina el bosque latifoliado ralo, cultivo de café y vegetación arbustiva (ver Figura 6a), los valores de la erosión actual varían de 6 a 25 Ton/(ha-año), debido

al efecto protector de este tipo de cobertura vegetal, a pesar de las fuertes pendientes de esa zona sur (de tres a 30 por ciento).

En la parte media de la microcuenca, el predominio rural es de cultivos anuales, tales como maní, sorgo, maíz y hortalizas en menor proporción, los valores de la erosión actual varían de 25 a 100 Ton/(ha-año), en algunas aéreas con malezas los valores son menores a 6 Ton/(ha-año).

En la parte norte del área de estudio, cerca de la costa del Lago Xolotlán, se presentan bajos valores de erosión actual, en el rango de 0 a 12 Ton/(ha-año), debido a la presencia de bosque latifoliado bajo y pasto, sumado al hecho de que es la zona más plana del área de estudio, con pendientes de cero a 10 por ciento.

4. CONCLUSIONES

La zona media de la microcuenca del Cauce 31 de Diciembre, con cultivos agrícolas extensivos y pendientes moderadas (de uno a 20 por ciento), presenta los valores más altos de erosión actual, mayores que 25 Ton/(ha-año), que es el límite a partir del cual se clasifica como erosión alta. Esta tasa de erosión tiene un equivalente de pérdida de suelo > 5 mm/año, representando un alto riesgo de pérdida de este recurso.

Las zonas baja y media por tener bajos valores de la erosión actual (< 25 Ton/(ha-año)) presentan riesgos de erosión de bajo a medio, por lo que se debe preservar las aéreas de bosque latifoliado ralo y vegetación arbustiva que aún hay en esas zonas con el fin de proteger el recurso suelo.

REFERENCIAS

Aiello, A., Adamo, M. and Canora, F. (2015) Remote Sensing and GIS to Assess Soil Erosion with RUSLE3D and USPED at River Basin Scale in Southern Italy. *Catena*, 131, 174-158. <http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2015.04.003>

Alcaldía de Managua (ALMA) y Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA). (2017). *Proyecto del Plan Maestro para el Desarrollo Urbano del Municipio de Managua, en la República de Nicaragua. Informe Final*. Managua: Autor

Belasri, A. and Lakhouili, A. (2016). Estimation of Soil Erosion Risk Using the Universal Soil Loss Equation (USLE) and Geo-Information Technology in Oued El Makhazine Watershed, Morocco. *Journal of Geographic Information System*, 2016, 8, 98-107. <http://dx.doi.org/10.4236/jgis.2016.81010>

Blanco Chávez, M.E. (2019). Factor erosividad de la lluvia en la subcuenca sur del Lago Xolotlán, Managua. *Nexo, Revista Científica*, 32 (01), pp. 41-51. <https://doi.org/10.5377/nexo.v32i01.7986>

Guido López, J. (1997). *Evaluación de los Factores de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo en la Microcuenca D, de la Cuenca Sur del Lago de Managua*. (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Universidad Nacional Agraria y MARENA. (2015). *Atlas de suelo de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Autor.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales, Autoridad Nacional del Agua, Universidad Nacional de Ingeniería, Programa de Asistencia Técnica en Agua y Saneamiento. (2014). *Cuencas Hidrográficas de Nicaragua bajo la metodología Pfafstetter*. Managua: Autor.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER) y Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). (2005). *Recomendaciones Técnicas para la Elaboración de Mapas de Amenazas por Erosión Hídrica, Proyecto MET-ALARN*. Managua, Nicaragua: Autor.

Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER). (2004). *Atlas Climático de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Autor.

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (1971). *Volumen I. Levantamiento de Suelos de la Región Pacífica de Nicaragua. Parte 2. Descripción de Suelos. Catastro e Inventario de los Recursos Naturales de Nicaragua*. Managua, Nicaragua: Autor.

Murillo, G. U. (1990). *Erodabilidad de cuatro series de suelos determinada por el simulador de lluvia y el nomograma de Wischmeier*. (Tesis inédita de ingeniería). Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua.

Renard, K.G., Foster, G.A., Geesies, G.A., Mc Cool, D.K. & Yoder, D.C. (1997). *Predicting Soil Erosion by Water: A Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. *Agriculture Handbook, n°707*. Washington, D.C.: U.S. Department of Agriculture (USDA).

United States Department of Agriculture (USDA). (1999). *Guía para la evaluación de la calidad y salud del suelo*. Washington, D.C.: Autor

USDA (1983) National Soil Survey Handbook. No. 430, US. Washington DC: Department of Agriculture, USDA.

Wischmeier, W.H. & Smith, D.D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning*. *Agricultural Handbook 537*. Washington D.C: Department of Agriculture, USDA.

SEMBLANZA DE LOS AUTORES

Miguel E. Blanco Chávez: Obtuvo el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Ingeniería, Nicaragua. Desarrolló sus estudios de Maestría en Ingeniería Ambiental en el Programa de Investigación y Docencia en Medio Ambiente (PIDMA) de la UNI, Nicaragua. Ha participado como consultor en proyectos hidroeléctricos, de amenazas por inundación, de drenaje pluvial y manejo de cuencas hidrográficas. Ha sido profesor de hidráulica e hidrología en la carrera de ingeniería civil en la FTC de la UNI. Actualmente imparte los cursos Hidrología Aplicada y Redes de Alcantarillado en el Programa de Investigación, Estudios Nacionales y Servicios del Ambiente (PIENSA) de la UNI, Nicaragua.