

Cálculo de las
pérdidas del
suelo por erosión
hídrica en una
microcuenca
tropical mediante
el método USLE.

II Congreso de Datos Abiertos y Metadatos

CODAM 2022
DATOS ABIERTOS
EN LA CIENCIA Ecuador

26 al 28 de octubre de 2022 / Modalidad Híbrida



Juan Pablo Jaya Santillán

Universidad Regional Amazónica Ikiam, Tena-Ecuador,
juanpablojayas@gmail.com

ORGANIZADORES

datalat.org



AUSPICIANTES

CS&S Code for
Science &
Society

**Chan
Zuckerberg
Initiative**

GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION

SUMARIO/CONTENIDO:

- Introducción
- Justificación
- Metodología
- Resultados
- Discusión
- Conclusiones
- Referencias

Octubre, 2022

ORGANIZADORES

data-lat.org

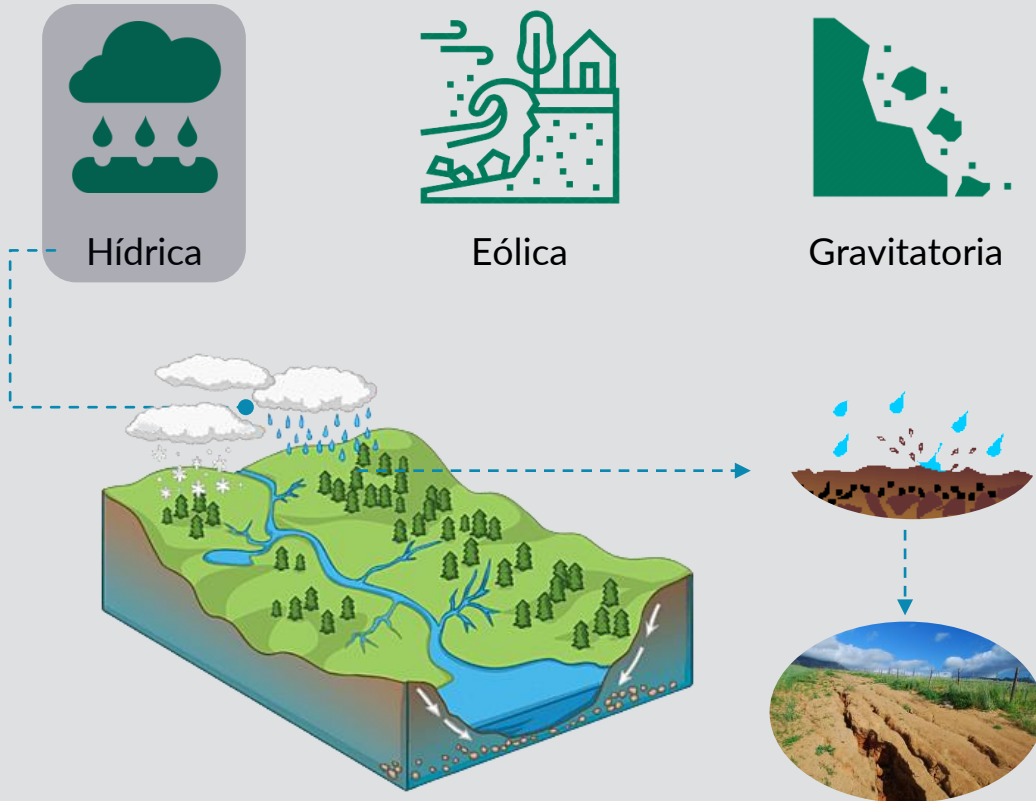


AUSPICIANTES



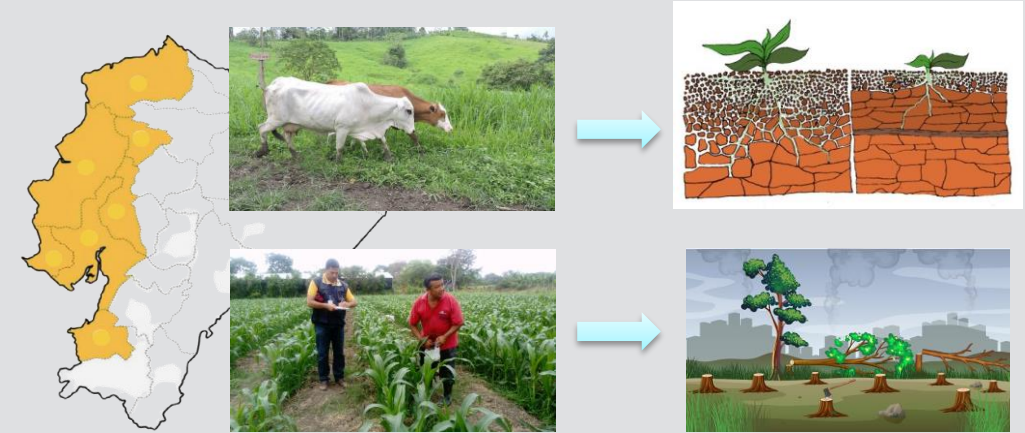
Introducción | Erosión hídrica del suelo

Remoción de nutrientes y partículas del suelo de un sitio a otro



- La escorrentía de flujo laminar es un proceso no erosivo
- Con las lluvias intensas el flujo se vuelve turbulento
- La erosión depende de variables ambientales y antrópicas

Más del 50% del territorio ecuatoriano ha sido degradado y afectado por procesos erosivos



Contexto en la microcuenca de Río Muchacho (MRM)



Octubre, 2022

ORGANIZADORES

datalat.org

REDAM
Red Ecuatoriana De
Datos Abiertos Y Metadatos

AUSPICIANTES

CS&S
Code for
Science &
Society

**Chan
Zuckerberg
Initiative**

GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION

Justificación | Datos abiertos para la conservación del suelo

Problema

En la MRM el 77,9 % del terreno está destinado a actividades agropecuarias

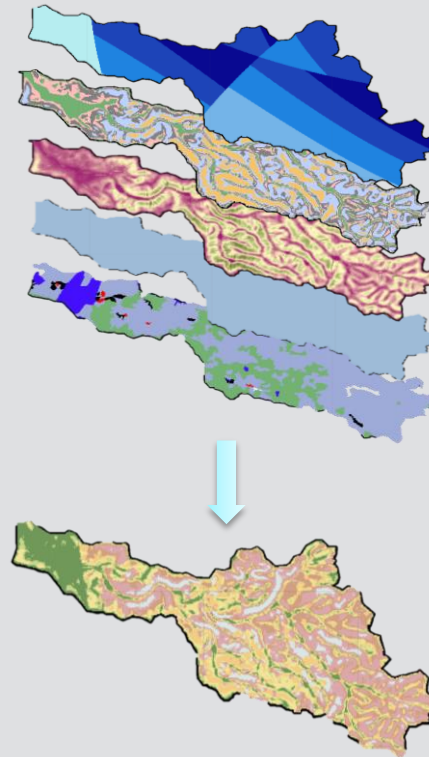
Los pequeños y grandes productores deforestan la superficie para cultivar o criar ganado

Efectos

Erosión, Pérdida de biodiversidad, reducción de la calidad y disponibilidad del agua, riesgo a inundaciones y pérdida de productividad del suelo



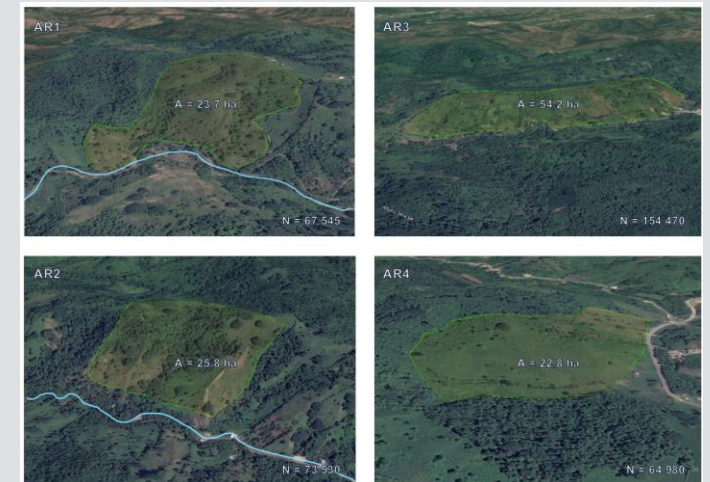
Evaluación



Altas tasas de erosión (74,4 t/ha/año) en la cuenca alta y media. Erosión leve en la parte baja de la MRM (0 - 25 t/ha/año)

Ejecución

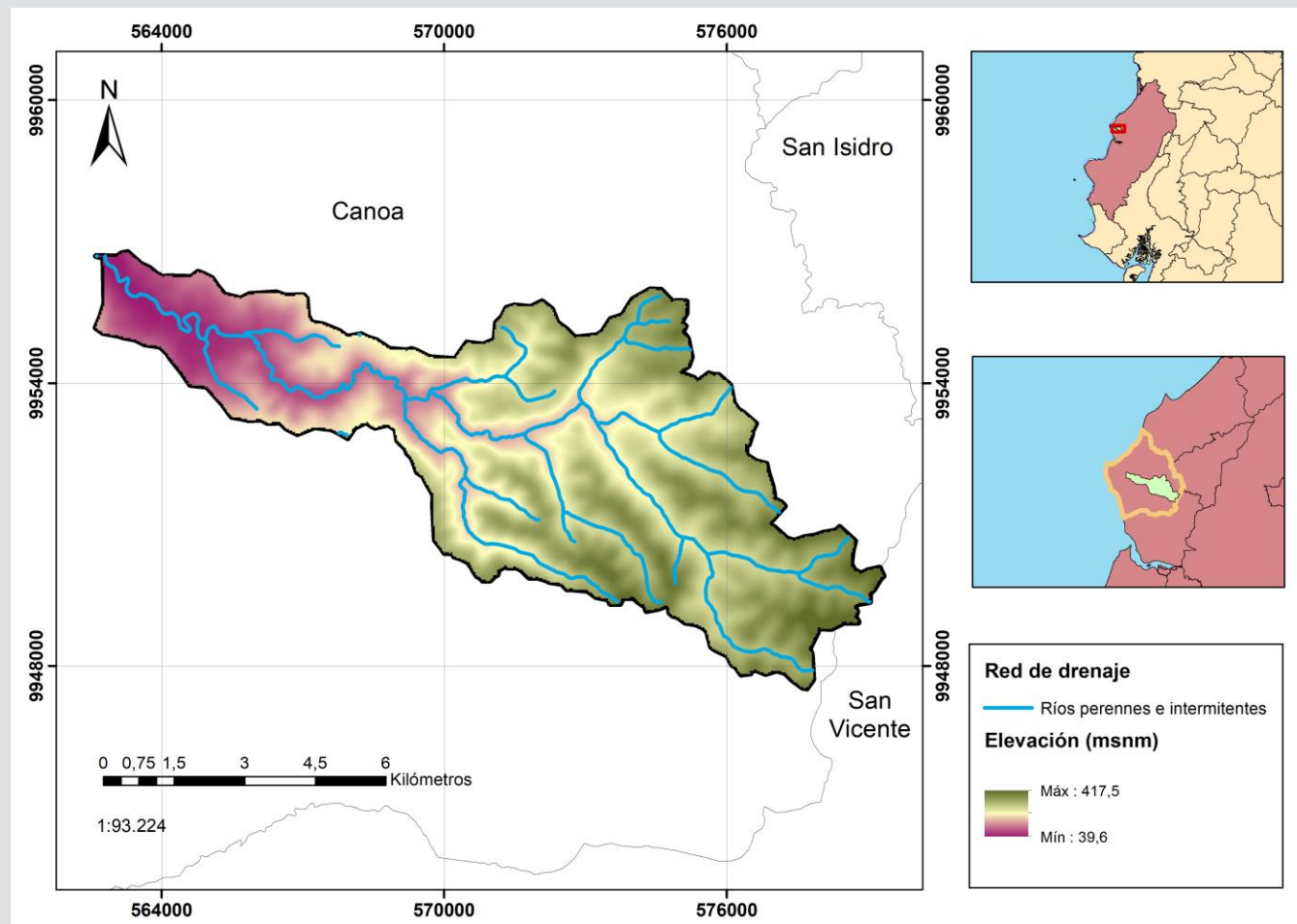
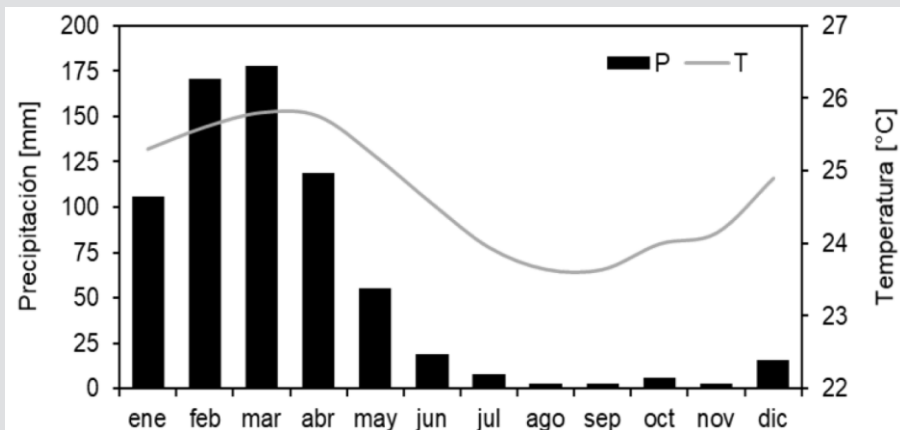
Implementar estrategias para mitigar la erosión del suelo en áreas de intervención prioritaria.



Sistema de producción agroforestal
Cultivo en terrazas
Reforestación

Metodología | Área de estudio

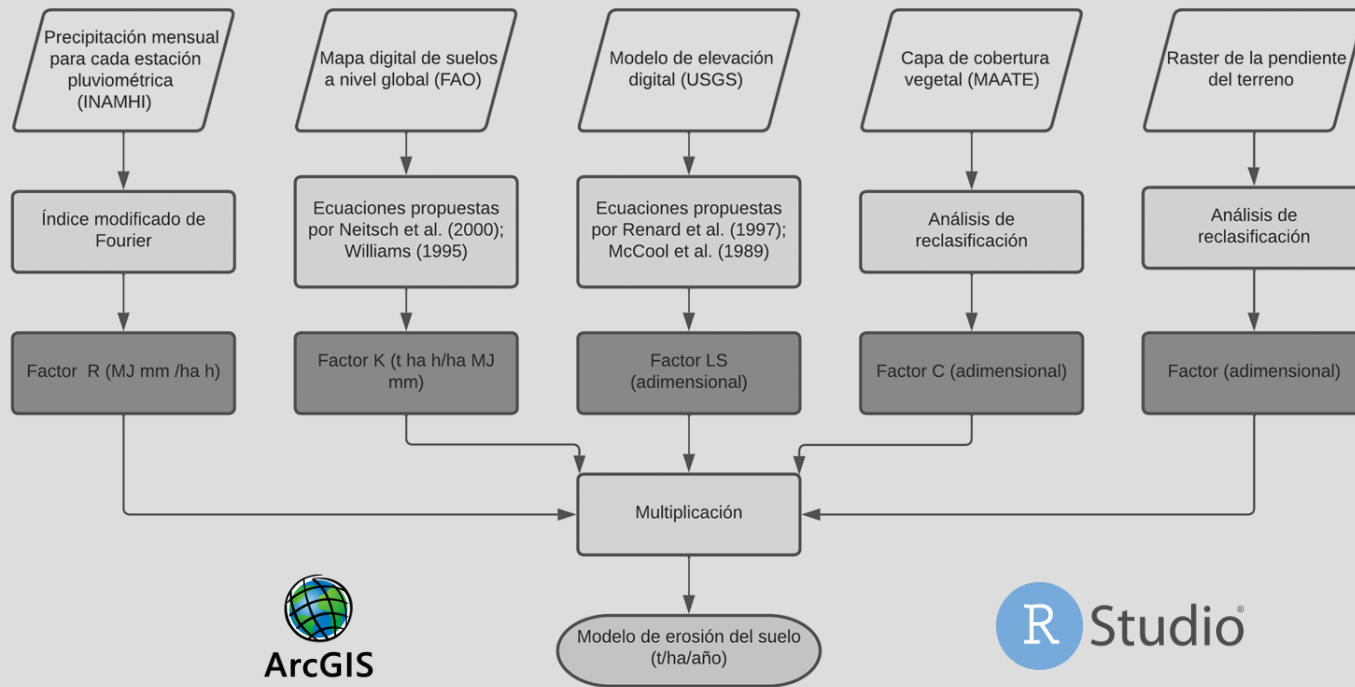
- Costa del pacífico de la provincia de Manabí, cantón San Vicente, parroquia Canoa
- Pertenece al sistema hidrográfico del Río Jama
- Su superficie aproximada es de 61,9 km²
- La longitud de su río principal es de 16,5 km
- Temperatura entre 23 y 31 °C
- Humedad media del 79 %
- Precipitación media anual de 600 mm



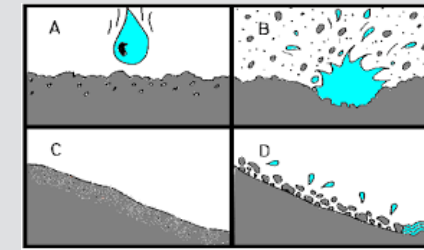
Metodología | Ecuación Universal de Perdidas del Suelo (USLE)

Propone una estimación de las pérdidas del suelo en toneladas por hectárea de superficie al año (t/ha/año), bajo diversas condiciones de clima, suelo, relieve y usos del suelo.

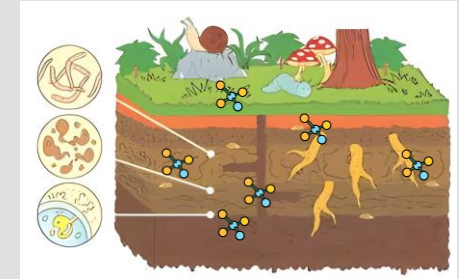
$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$



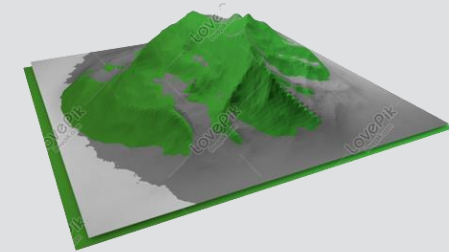
Erosión pluvial (R)



Erosividad del suelo (K)



Topografía (LS)



Prácticas de conservación (P)



Cobertura vegetal (C)



Metodología | Factor de erosión pluvial (R)

FUENTE:

- Memoria técnica del cantón Canoa
- Anuario meteorológico del INAMHI
- Proyecto CRUTEM5

DATOS:

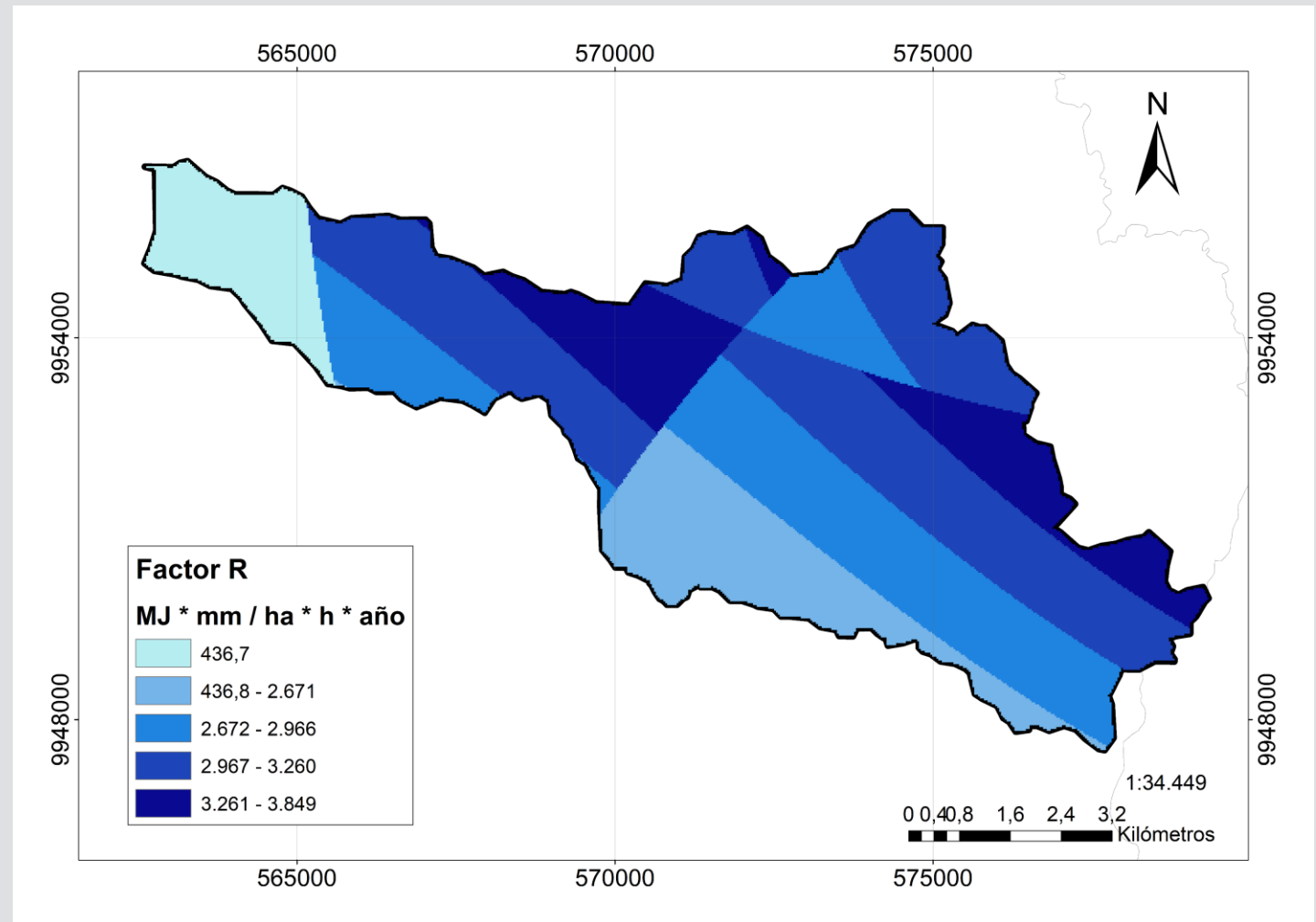
- Precipitación Mensual
- Ubicación de estaciones meteorológicas

PROCESO:

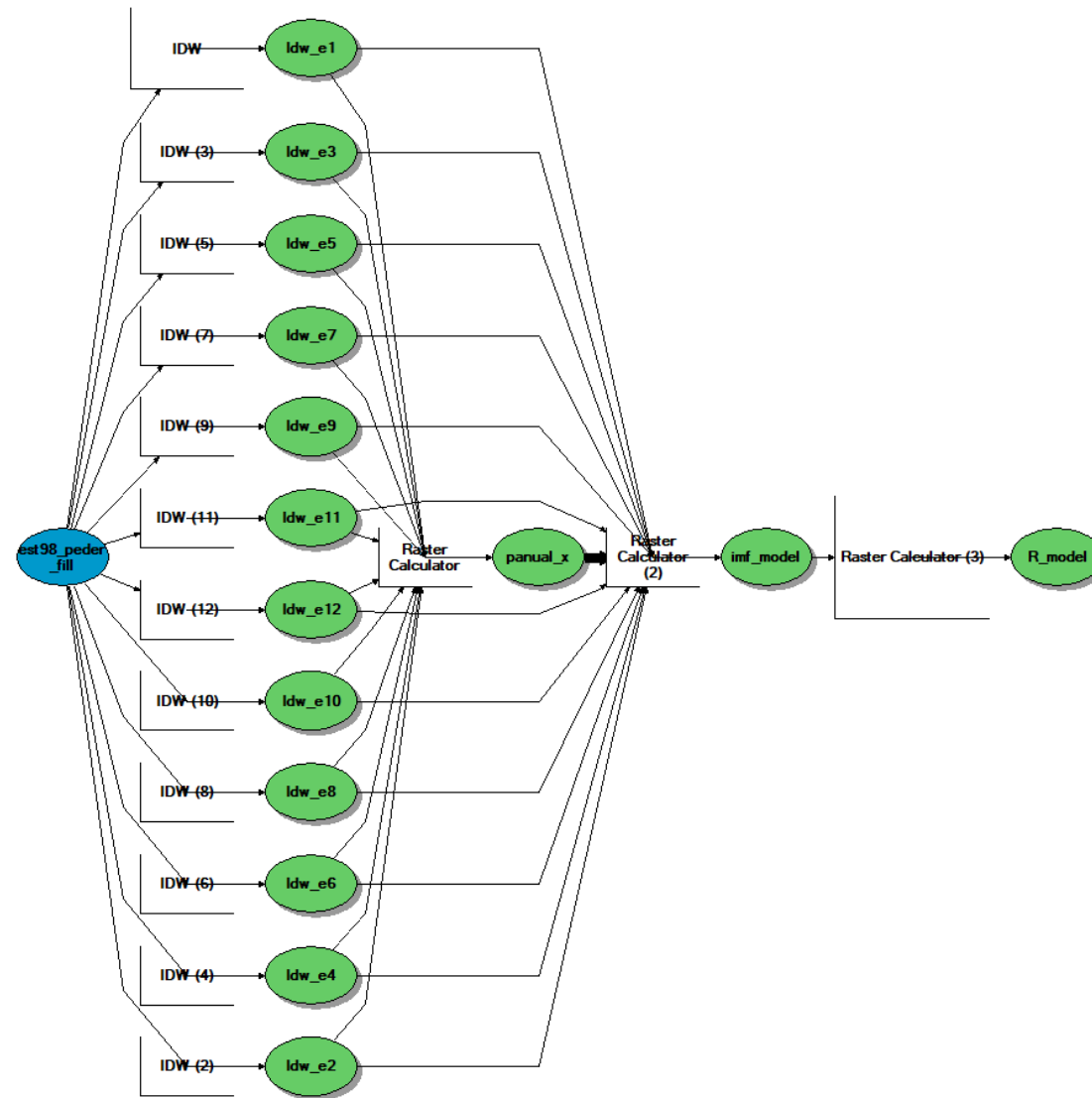
- Interpolación IDW
- Análisis espacial
- Índice Modificado de Fourirer

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{p_i^2}{P_t}$$

$$R = 2,56 \cdot IMF^{1,065}$$



Metodología | Modelo del factor R en ArcGIS



Octubre, 2022

ORGANIZADORES

datalat.org



AUSPICIANTES



Metodología | Factor de erosionabilidad (K)

FUENTE:

- FAO / UNESCO

DATOS:

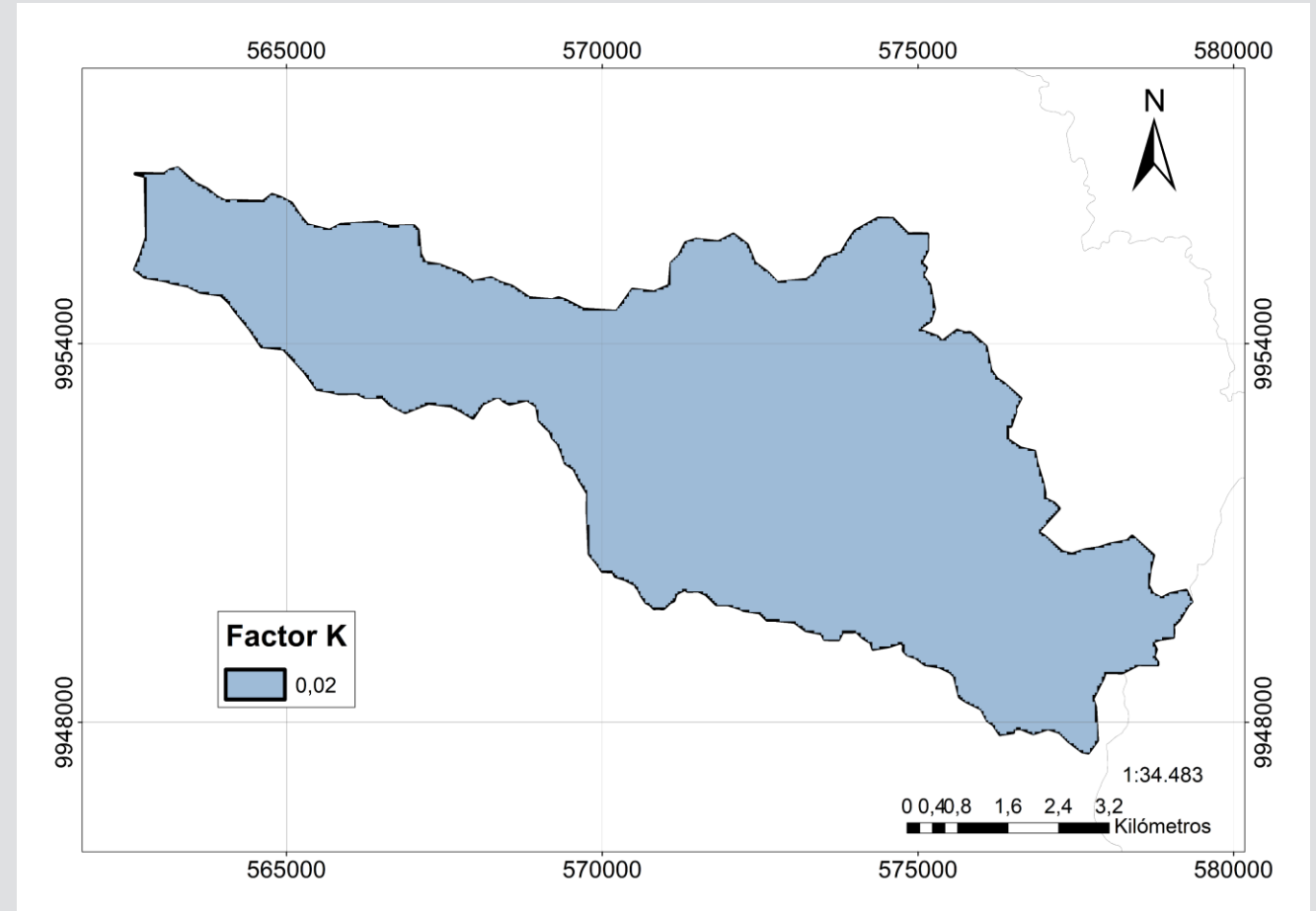
- Mapa digital de suelos a nivel global
- Variables físicas y químicas del suelo

PROCESO:

- Ecuaciones propuestas por Neitsch et al., (2000) y Williams (1995)

$$K = 0,1317 \cdot f_{csand} \cdot f_{cl-si} \cdot f_{orgc} \cdot f_{hisand}$$

- Análisis de reclasificación



Metodología | Factor de longitud de la pendiente (LS)

FUENTE:

- Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

DATOS:

- Modelo digital de elevación (DEM)

PROCESO:

- Ecuaciones propuestas por Renard et al., (1997); Desmet & Govers (1996) y McCool et al. (1989)
- Análisis espacial

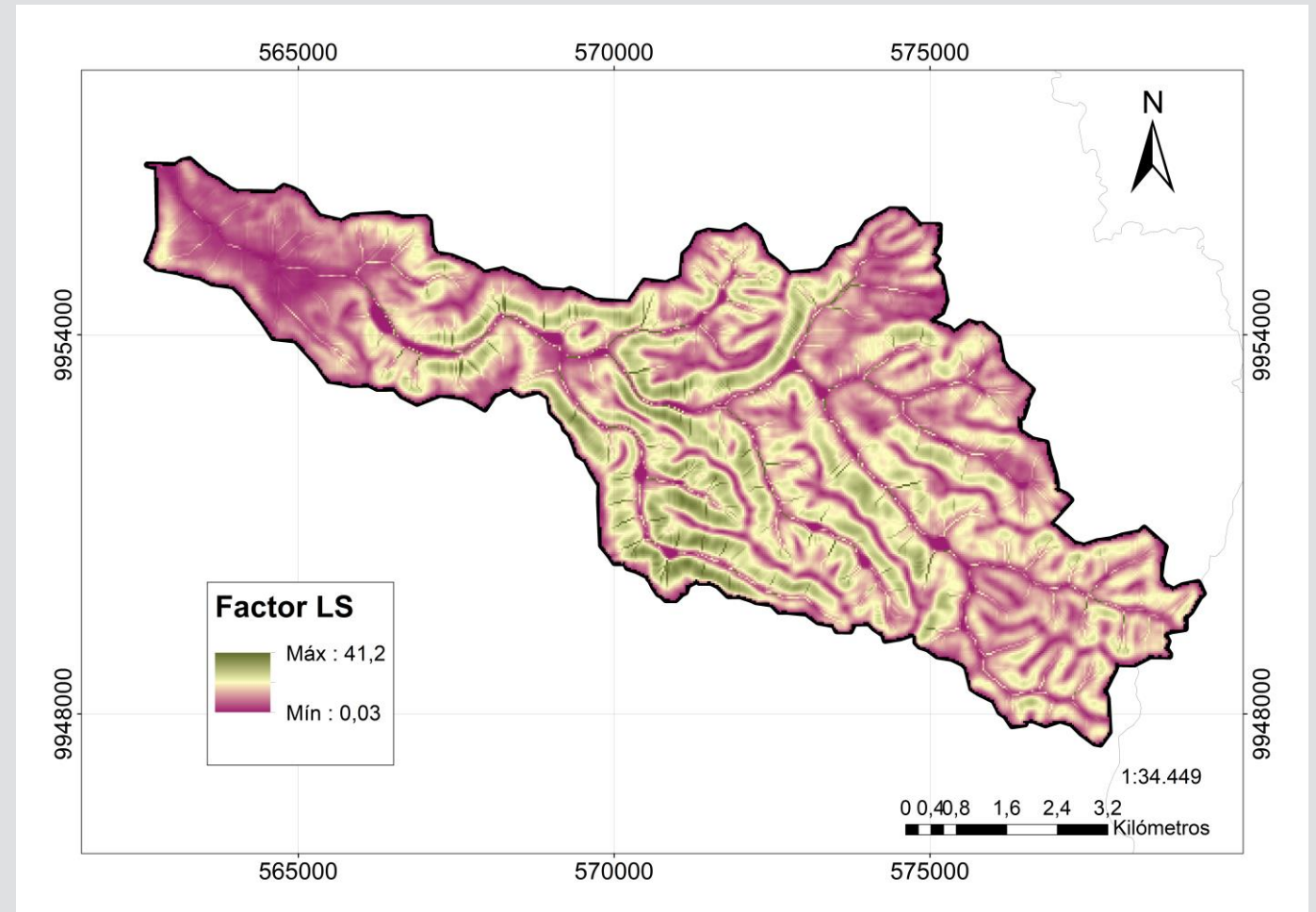
$$L = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - (A_{(i,j)})^{m+1}}{X^m \cdot D^{m+2} \cdot 22.13^m}$$

$$F = \frac{\frac{\sin \beta}{0.0896}}{3(\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$$

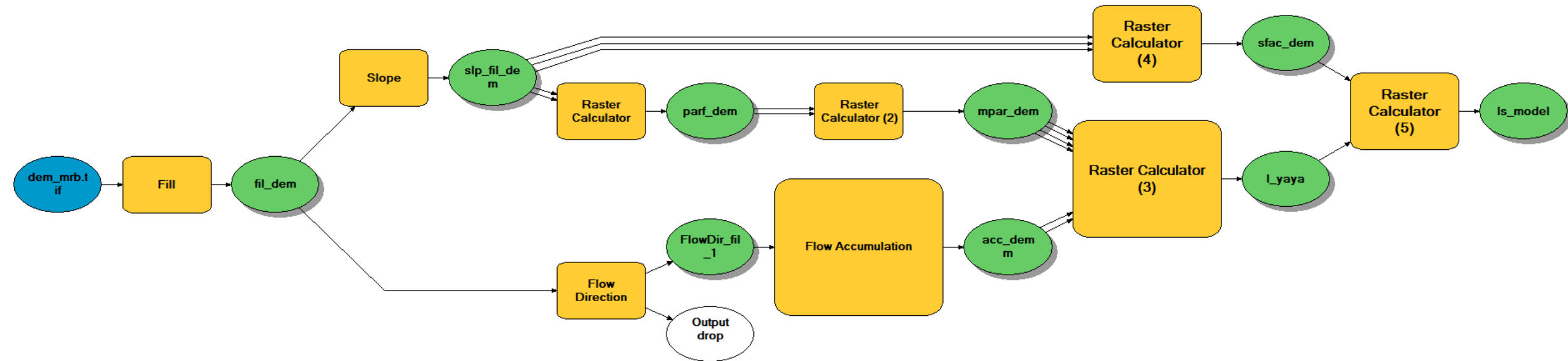
$$m = \frac{F}{1+F}$$

$$S = 10.8 \sin(\beta_{(i,j)}) + 0.03 < 9\%$$

$$S = 16.8 \sin(\beta_{(i,j)}) + 0.50 \geq 9\%$$



Metodología | Modelo del factor LS en ArcGIS



Metodología | Factor de cobertura vegetal (C)

FUENTE:

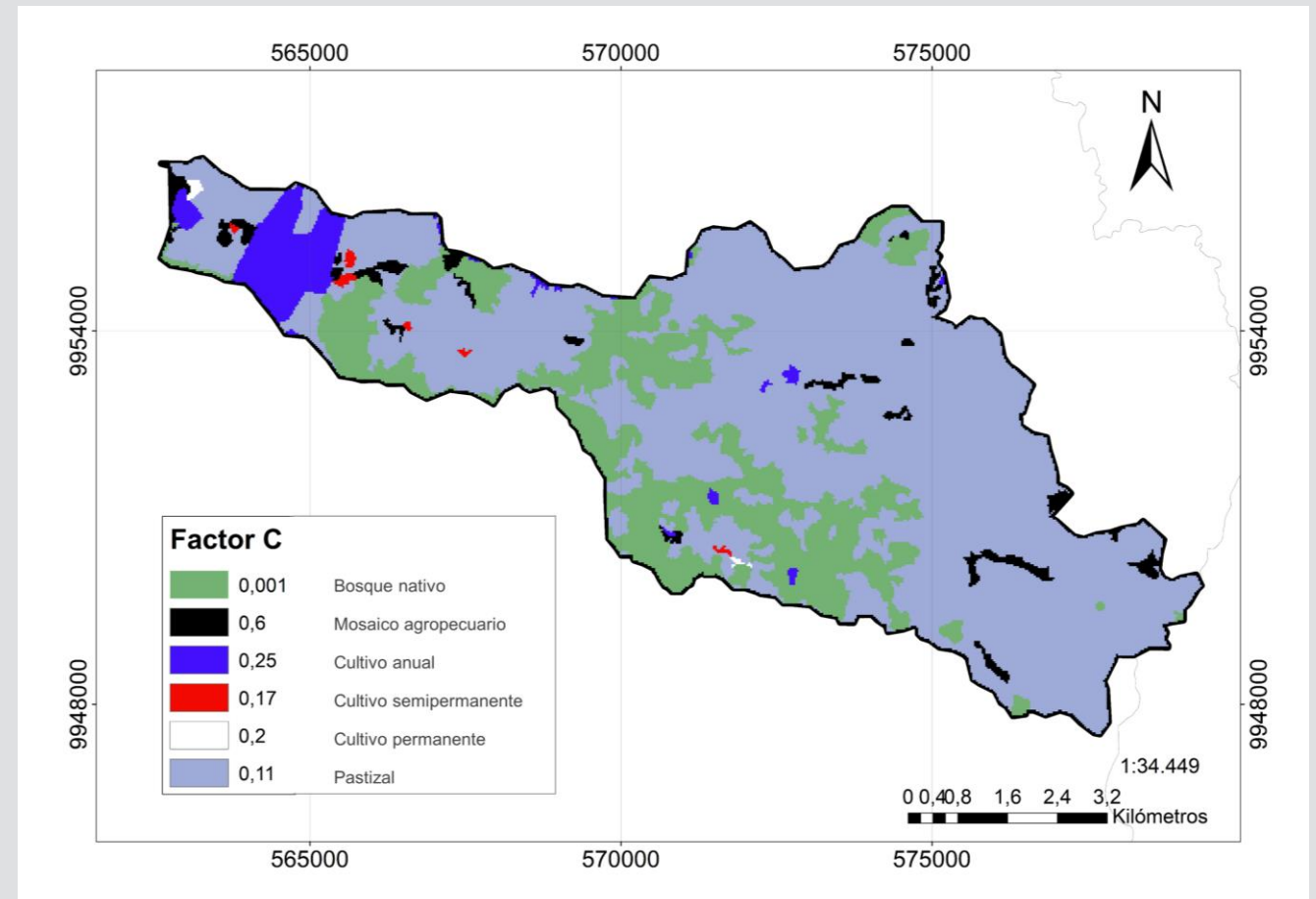
- Mapa interactivo del Ministerio del Ambiente Agua y Transición Ecológica del Ecuador

DATOS:

- Capa de cobertura vegetal (.shp)

PROCESO:

- Criterios de Wischmeier & Smith (1978) y Portuguez (2015)
- Análisis de reclasificación



Metodología | Factor de prácticas de conservación (P)

FUENTE:

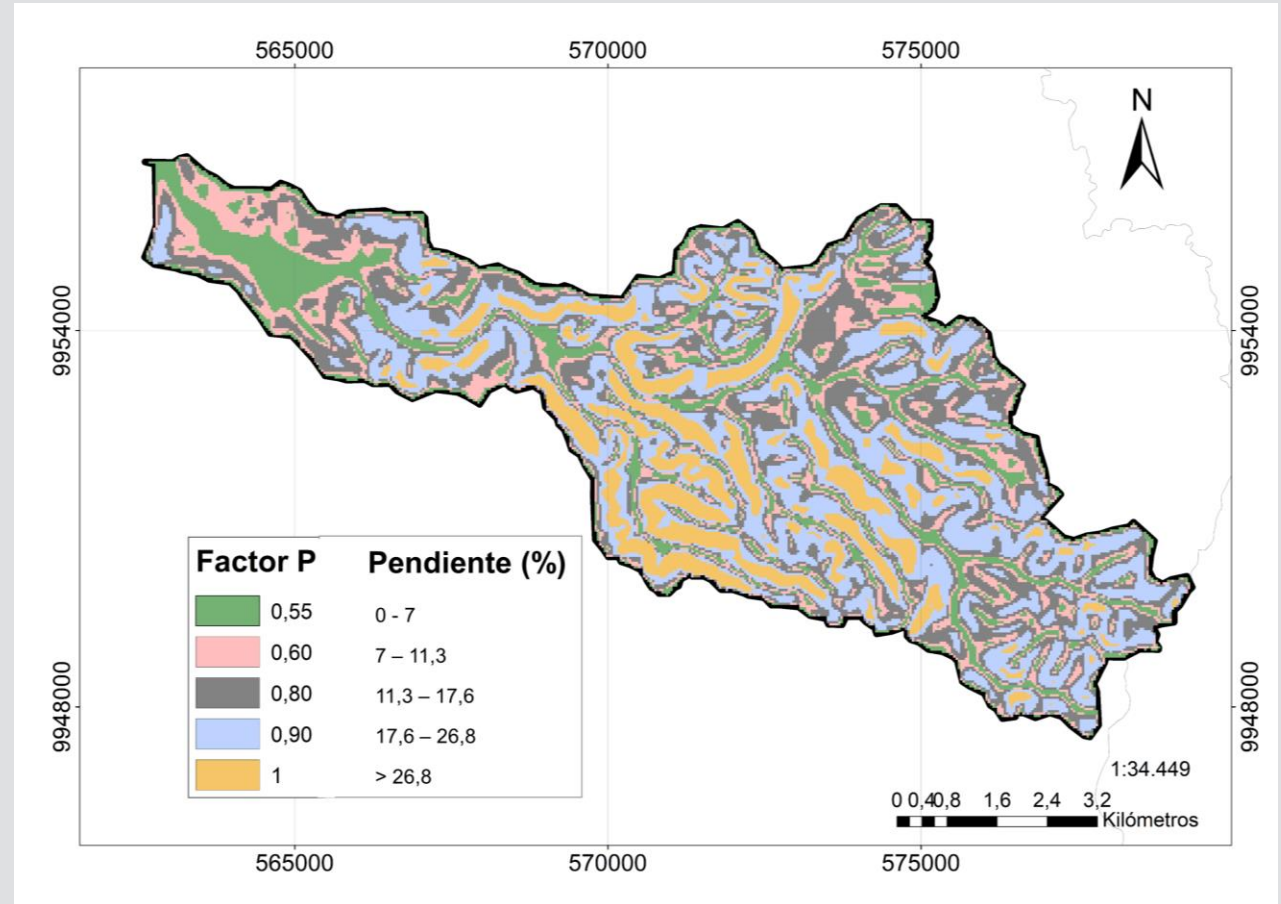
- Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS)

DATOS:

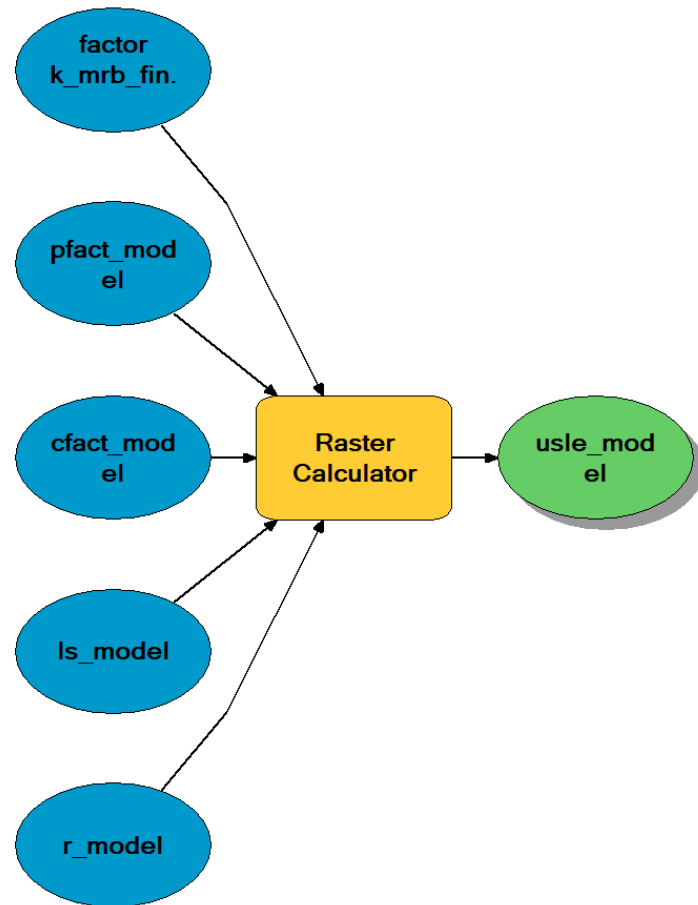
- Modelo de elevación digital (DEM)

PROCESO:

- Criterios de Rawat et al., (2016) y Xiong et al., (2019)
- Análisis de reclasificación

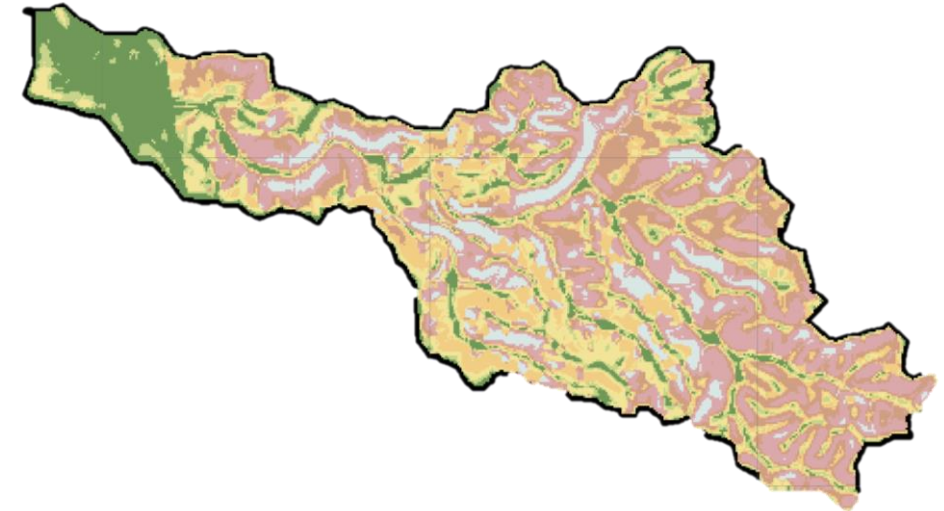


Metodología | Aplicación del modelo USLE en ArcGIS

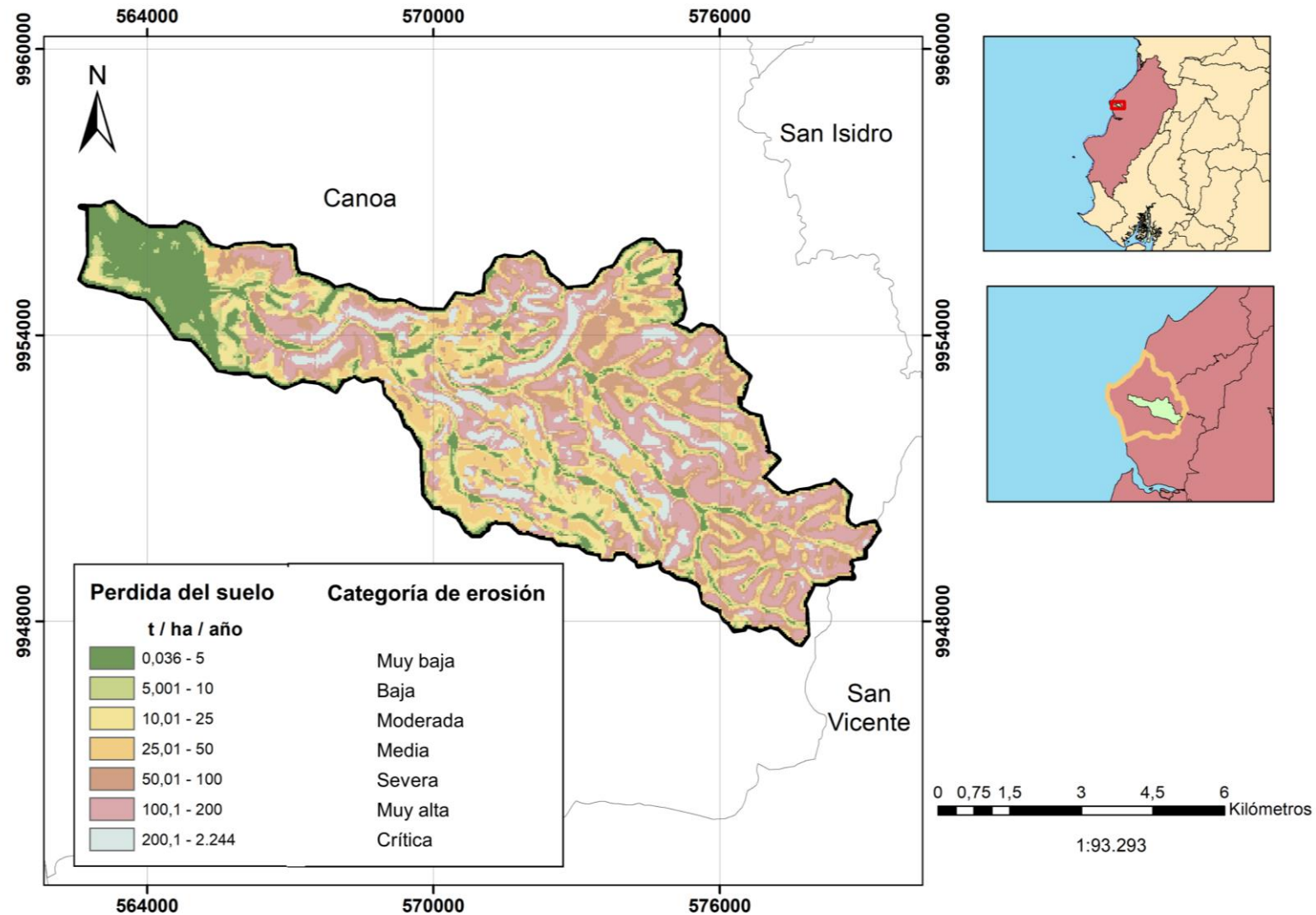


$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P$$

Perdida del suelo	Categoría de erosión
t / ha / año	
0,036 - 5	Muy baja
5,001 - 10	Baja
10,01 - 25	Moderada
25,01 - 50	Media
50,01 - 100	Severa
100,1 - 200	Muy alta
200,1 - 2.244	Crítica



Resultados y Discusión | Índice de erosión hídrica del suelo



Octubre, 2022

ORGANIZADORES

datalat.org

REDAM
Red Ecuatoriana De
Datos Abiertos Y Metadatos

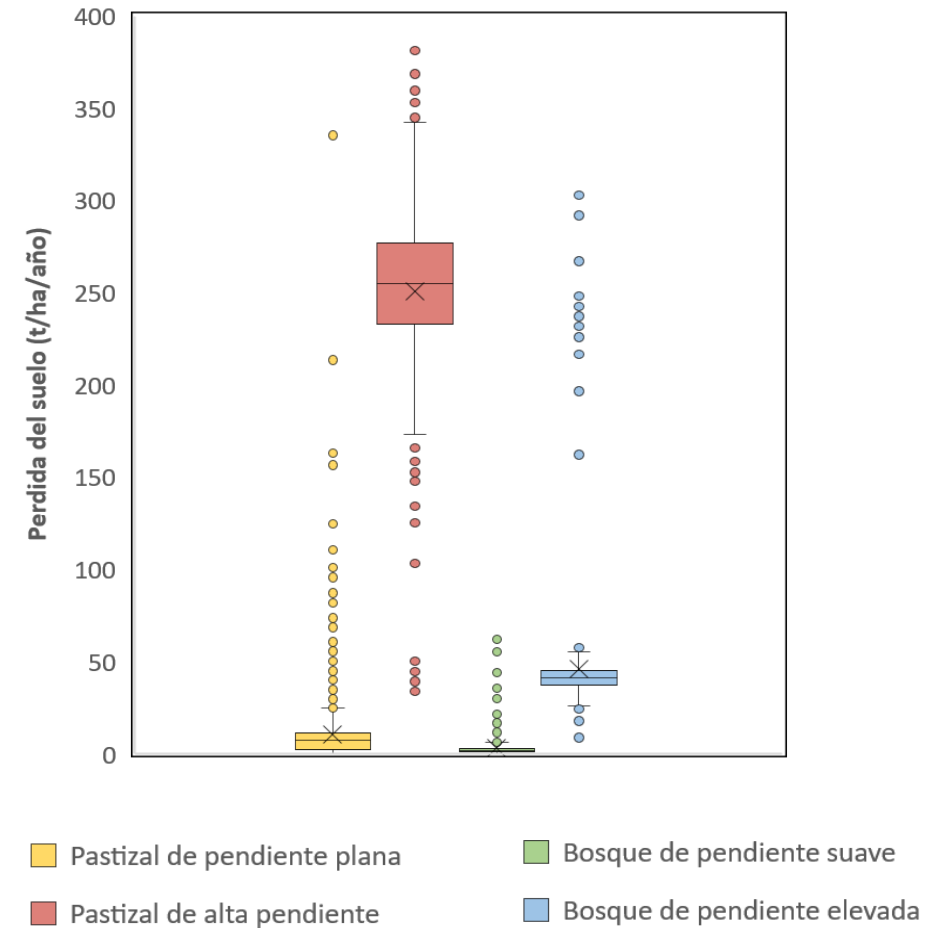
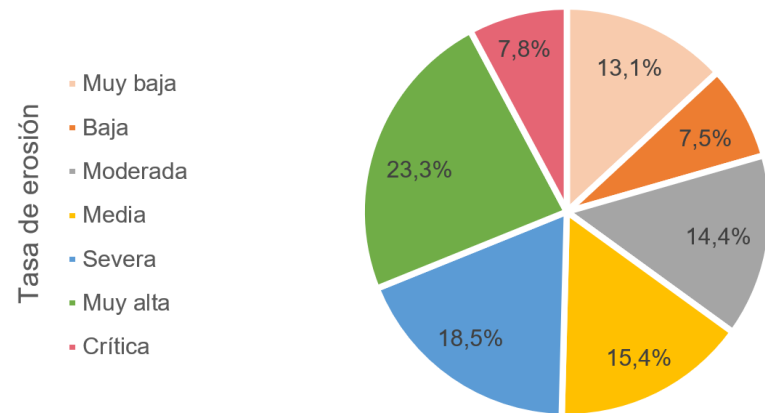
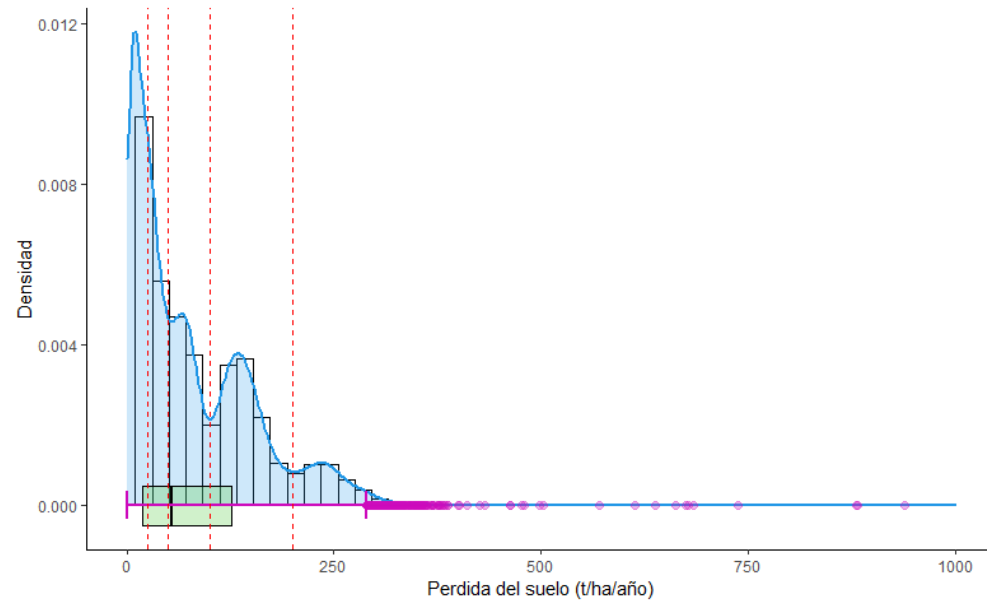
AUSPICIANTES

CS&S Code for
Science &
Society

Chan
Zuckerberg
Initiative

GORDON AND BETTY
MOORE
FOUNDATION

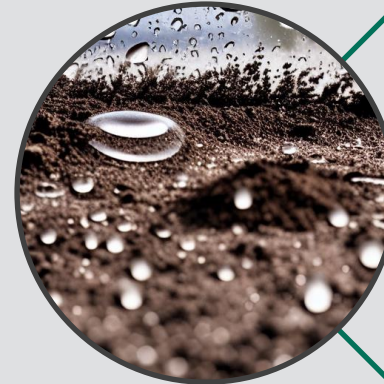
Resultados y Discusión | Análisis del modelo



Conclusiones



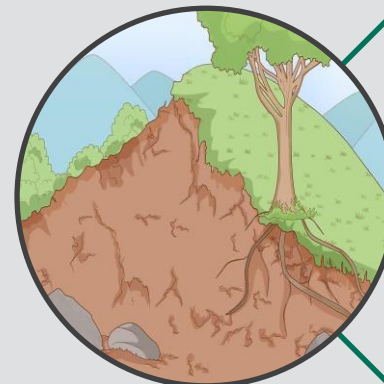
- La MRM presenta niveles de erosión severos (50 – 100 t/ha/año), en áreas ubicadas entre los 200 a 400 msnm.
- El problema se agrava en zonas con pendientes elevadas, lluvias intensas y poca o nula cobertura vegetal.



- Los problemas hídricos reportados en la MRM, se atribuyen en gran medida a la deposición natural de material en los cauces debido a la erosión, así como cambios en las dinámicas de infiltración y recarga de acuíferos.



- Las bases de datos de libre acceso en conjunto con SIG son herramientas fundamentales para la ejecución de proyectos de conservación del suelo y en la planificación territorial.



- Se evidenció un mayor grado de erosión en zonas con laderas, poca o nula vegetación, lluvias intensas y malas prácticas de conservación. Mientras que en sitios con mucha cobertura vegetal, pendientes suaves y lluvias leves, la erosión es baja.

Referencias

- Arnoldus, H. M. J. (1977). Methodology used to determine the maximum potential average annual soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco.
- Arnoldus, H. (1980). *Methodology used to determine the maximum average soil loss due to sheet and rill erosion in Morocco. Food and Agriculture Organization of the United Nations Soils Bulletin.*
- Benavides Fauta, A. V. (2013). Evaluación de los sistemas agroforestales para la elaboración de un plan de manejo y aprovechamiento sustentable de los recursos en el ceypsa, parroquia Eloy Alfaro, cantón Latacunga, provincia de Cotopaxi.
- Benavidez, R., Jackson, B., Maxwell, D., & Norton, K. (2018). A review of the (Revised) Universal Soil Loss Equation ((R) USLE): With a view to increasing its global applicability and improving soil loss estimates. *Hydrology and Earth System Sciences*, 22(11), 6059-6086.
- Calvo, A. (2019a, November 5). *¿Cómo calcular el número de árboles por hectárea?* Agroptima. <https://www.agroptima.com/es/blog/calcular-numero-arboles-hectarea/>
- Cárdena, L., Echeverría, X., Arévalo, D., Fierro, P., Salin, E., Carrera, A., Martínez, M., Palacios, F., Lucero, R., 2012. Memoria técnica del cantón San Vicente: Generación de geoinformación para la gestión del territorio a nivel nacional escala 1:25000. Quito, Ecuador.
- Carrillo, H., Mena, G., Martínez, D., Zurita, B., Chancay, J., Oñate, V., Segarra, V., Miño, K., & Sanmartín, R. (2020). Diagnóstico integral previo al plan de manejo de los recursos hídricos y acuáticos de la cuenca del río Muchacho.
- Chancay, J. E., Lucas-Solis, O., Alvear-S, D., Martínez-R, D., Mena, G., Zurita, B., Carrasco-S, L., Carrillo, H., Segarra, V., Naranjo, E., Coronel, B., Espinosa, R., Cabrera, M., Capparelli, M. V., & Celi, J. E. (2021). Integrating multiple lines of evidence to assess freshwater ecosystem health in a tropical river basin. *Environmental Pollution*, 289(July), 117796. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.117796>
- Climatic Research Unit (University of East Anglia) and Met Office (s/f). Temperatura anual, Portoviejo, Manabí, Ecuador. Proyecto CRUTEM5. Google Earth.
- Cohen, M. J., Shepherd, K. D., & Walsh, M. G. (2005). Empirical reformulation of the universal soil loss equation for erosion risk assessment in a tropical watershed. *Geoderma*, 124(3-4), 235-252.
- De Noni, G., & Trujillo, G. (1986). La erosión actual y potencial en Ecuador: localización, manifestaciones y causas. *Documentos de investigación, Centro ecuatoriano de investigación geográfica*, (6), 5-14.
- Desmet, P. J. J., Govers, G. A. (1996). GIS procedure for automatically calculating the USLE LS factor on topographically complex landscape units. *J. Soil Water Conserv.* 51, 427-33.

Referencias

- Escobar Quintero, J. N. (2021). *Análisis comparativo entre rusle y el análisis multicriterio, para obtener la erosión hídrica en la microcuenca del río Amarillo, El Oro Ecuador* (Bachelor's thesis, Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil).
- Gaspari, F., Rodríguez Vagaría, A., Senisterra, G., Delgado, M. I., & Besteiro, S. (2013). Elementos metodológicos para el manejo de cuencas hidrográficas.
- Gil, C. G. (2018). Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS): una revisión crítica. *Papeles de relaciones ecosociales y cambio global*, 140, 107-118.
- González del Tánago, M. (1991). La ecuación universal de pérdidas de suelo. Pasado, presente y futuro. *Ecología*, 5, 13-50.
- Guerrero Erazo, J. A. (2013). *Plan y manejo de una granja Agroforestal* (Bachelor's thesis).
- Harden, C. P. (1992). Incorporating roads and footpaths in watershed-scale hydrologic and soil erosion models. *Physical Geography*, 13(4), 368-385.
- Lal, R. (1998). Soil erosion impact on agronomic productivity and environment quality. *Critical reviews in plant sciences*, 17(4), 319-464.
- Loaiza, S., & Silva, M. A. D. (2018). Evaluación del potencial de mitigación de las estrategias de adaptación implementadas en los Territorios Sostenibles Adaptados al Clima (TeSAC).
- MAAE (2020). Sistema único de información ambiental (SUIA) [WWW Document]. Datos del Ministerio del Ambiente y Agua del Ecuador. Recuperado de <http://ide.ambiente.gob.ec/mapainteractivo/>
- McCool, D.K., Brown, L.C., Foster, G.R., Mutchler, C. K., & Meyer, L. D. (1989). Revised slope length factor for the Universal Soil Loss Equation. *Transactions of ASAE* 32 (5), 1571-1576.
- Moreno Roldan, H. L. (2017). Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica aplicando el método usle y haciendo uso del sig en la subcuenca del río olleros-distrito de olleros periodo 2015.
- Neitsch, S. L., Arnold, J. G., Kiniry, J. R., Williams, J. R. (2005). *Erosion Soil and Water Assessment Tool Theoretical Documentation*. Texas Agricultural Experiment Station, 625
- Portuguez, D. M. (2015). Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Sigüas utilizando geoinformática. In *Anales Científicos* (Vol. 76, No. 2, pp. 324-329). Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Ramírez, L. (2010). *Estimación de la Pérdida de Suelos por Erosión Hídrica en la Cuenca del Río Juramento-Salta*. Tesina Profesional. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Salta. Argentina. 104 p.
- Ramos, C. (2001). *Modelamiento ambiental para análisis de susceptibilidad erosiva en la cuenca media y alta del Río Cañete y determinación del mapa de erosión*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima, Perú. 30 p.

Referencias

- Rawat, K. S., Mishra, A. K., & Bhattacharyya, R. (2016). Soil erosion risk assessment and spatial mapping using LANDSAT-7 ETM+, RUSLE, and GIS—a case study. *Arabian Journal of Geosciences*, 9(4), 1-22.
- Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. United States Government Printing.
- Río Muchacho Organic Farm & Eco-lodge, 2019. Local Community..Comunidad Local – Río Muchacho. [WWW Document]. Disponible en <https://www.riomuchacho.com/local-community> [Accesed 16 April 2021].
- Sala de Situación Nacional (diciembre de 2013). Escenarios Mensuales y Trimestrales Amenaza déficit hídrico. Recuperado de https://www.gestionderiesgos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/01/Escenarios_diciembre_Deficitf.pdf
- Sánchez, J. M. R. (2016). El terraceo como técnica de conservación de suelos en Bolivia: Una propuesta para Hampaturi.
- Sánchez. C & Jaén. G (s.f.). Manual de conservación de suelos y aguas. Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM).
- Velásquez, S. (2008). Erosión de suelos utilizando la EUPSR (RUSLE). Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Cantón de Coronado, Costa Rica.
- Walle, R. (2003). Módulo de conservación de suelos y laderas.
- 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., Smith D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses, A. guide to conservation planning*. USDA Hand book N° 537. 58 p.
- Xiong, M., Sun, R., & Chen, L. (2019). Global analysis of support practices in USLE-based soil erosion modeling. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 43(3), 391-409.
- Zaccagnini, M. E., Wilson, M. G., & Oszust, J. D. (2014). *Manual de buenas prácticas para la conservación del suelo, la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Área piloto aldea Santa María, Entre Ríos*. Programa Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).
- Zuazo, V. H. D., & Pleguezuelo, C. R. R. (2009). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: a review. *Sustainable agriculture*, 785-811.

CO-ORGANIZADORES



ALIADOS DE DIFUSIÓN



ORGANIZADORES

datalat.org



AUSPICIANTES



Octubre, 2022

Material suplementario

Tabla 1S. Precipitación mensual en estaciones pluviométricas de la MRM

Código	Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	May.	Jun.	Jul.	Ago.	Sep.	Oct.	Nov.	Dic.
M163	1991,4	1685,7	1673,9	593	19	0	0	0	0	0	0	0
M167	409,2	426,9	481,3	322,2	347,6	124,3	47,9	0	55,5	11	13	0
M168	160,6	189,2	576,4	329,1	234,3	26,2	37,7	4,9	13,4	0	4	2,5
M446	102,1	198,6	84,7	76,5	18,4	6,2	2,4	2,7	1,4	1,7	1,2	13,2
M611	136,3	300,3	197,9	120,9	65,5	7,1	0,6	3,7	0,8	9,7	0,7	86,4

Tabla 2S. Clasificación del grado de erosión y pérdida del suelo

Pérdida del suelo (t/ha año)	Categoría	Interpretación
0 – 5	Muy Baja	Suelos no susceptibles al proceso erosivo
5 – 10	Baja	Suelos con niveles de erosión bajos y pérdidas tolerables
10 – 25	Moderada	Zonas con procesos erosivos leves
25 – 50	Media	Zonas con pérdidas del suelo poco tolerables
50 – 100	Alta	Suelos con grados de erosión grave
100 – 200	Muy Alta	Sitios donde la erosión se aprecia con frecuencia
> 200	Crítica	Zonas con procesos erosivos extremos

Fuente: Ramos (2001); Velázquez (2008) y Ramírez (2010). Elaborado por el autor.

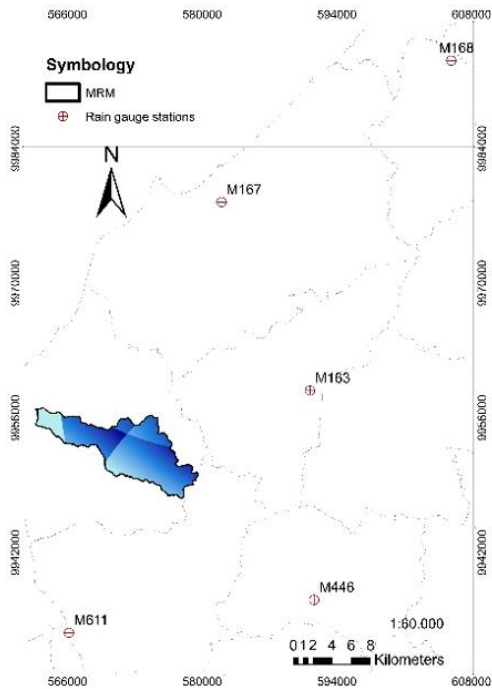


Figura 1S. Estaciones meteorológicas cercanas a la microcuenca

Material suplementario

Tabla 3S. Factor de cobertura vegetal C para diferentes cultivos y prácticas

Cultivo y Práctica	Media anual del factor C
Suelo desnudo	1.0
Bosque o matorral denso (alto mulch)	0.001
Pradera herbácea en buenas condiciones	0.01
Pradera sobrepastoreada	0.1
Maíz, sorgo, alto rendto., laboreo convencional	0.20 – 0.55
Maíz, sorgo, alto rendto.,sin laboreo convencional	0.50 – 0.90
Maíz, sorgo, bajo rendto.,laboreo mínimo	0.02 – 0.10
Maíz, sorgo, alto rendto., laboreo con chisel	0.12 – 0.20
Maíz, sorgo, bajo rendto., laboreo con chisel	0.30 – 0.45
Algodón	0.40 – 0.70
Pradera herbácea	0.01 – 0.025
Soya	0.20 – 0.50
Trigo	0.10 – 0.40
Arroz	0.10 – 0.20
Cacahuete	0.30 – 0.80
Frutales con cobertura vegetal	0.01 – 0.8
Caña de azúcar	0.56
Arbolado denso	0.001-0.003
Arbolado forestal clareado	0.003-0.009
Arbolado muy clareado (25-60%)	0.041
Matorral con buena cobertura	0.003-0.013
Matorral ralo y eriales	0.20-0.013
Cultivos anuales y herbáceos	0.25
Pasturas	0.15
Plantas herbáceas y matojos (100%)	0.003
Plantas herbáceas y matojos (60%)	0.035
Cubierta escasa (60%)	0.15-0.09
Cubierta inapreciable	0.45

Fuente: Wischmeier & Smith (1978), citado por Portuguez (2015)

Tabla 4S. Factor P para diferentes porcentajes de pendiente

Per cent slope	Contouring	Contour strip cropping	Terracing and contouring
1 to 2	0.6	0.30	—
2 to 7	0.5	0.25	0.10
7 to 12	0.6	0.30	0.12
12 to 18	0.8	0.40	0.16
18 to 24	0.9	0.45	—
Level bench terrace			0.14
Reverse slope bench terrace			0.05
Outward slopping bench terrace			0.35

Fuente: Rawat et al., (2016)

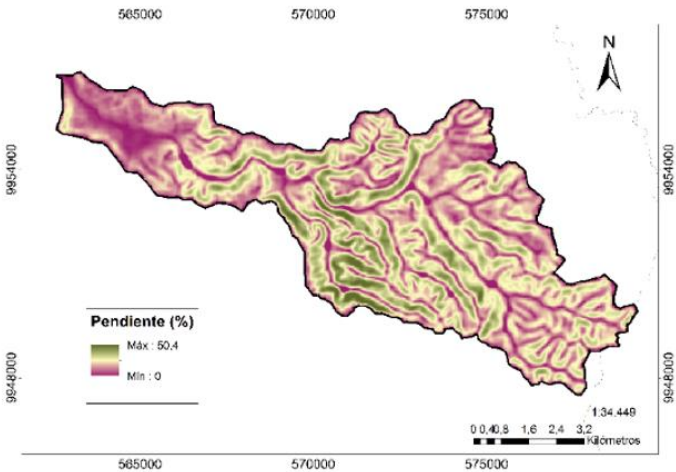


Figura 2S. Porcentaje de pendiente de la Microcuenca de Río Muchacho

Tabla 5S. Factor K para diferentes texturas del suelo

Soil texture	K factor (David, 1988)
Loamy fine sand	0.07
Clay	0.13–0.26
Clay loam	0.22–0.30
Loam	0.19–0.63
Sandy clay	0.09–0.20
Sandy loam	0.23–0.30
Silt loam	0.30–0.60
Silty clay	0.19–0.27
Silty clay loam	0.28–0.35

Fuente: Benavidez et al., (2018)