



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de Ingeniería Ambiental

“IMPACTO DE LA EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO Y LA
COBERTURA VEGETAL EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO
MOCHE 2020”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO AMBIENTAL

Autores:

Marcos Eduardo Perez Moran

Mabel del Carmen Damaris Castillo Barrena

Asesor:

Ing. Dr. Fernando Ugaz Odar

Trujillo - Perú

2021

TABLA DE CONTENIDOS.

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
ÍNDICE DE TABLAS	6
ÍNDICE DE FIGURAS	7
ÍNDICE DE ECUACIONES	8
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	10
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA	10
1.2. Formulación del problema	42
1.3. Objetivos	42
1.3.1. Objetivo general	42
1.4. Hipótesis	42
1.4.1. Hipótesis general	42
1.4.2. Hipótesis específicas	43
CAPÍTULO II. MÉTODO	44
2.1. Tipo de investigación	44
2.2. Diseño de investigación	44
2.3. Población y muestra	44
2.3.1. Población	44
2.3.2. Muestra	44
2.4. Procedimiento	45
2.4.1. Materiales	45
2.5. Aspecto ético	54

CAPÍTULO III. RESULTADOS	55
CAPÍTULO IV. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	66
4.1. Discusión	66
4.2. Conclusiones	70
REFERENCIAS	72
ANEXOS	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de IFM para Latinoamérica	31
Tabla 2. Valores del factor LS en función de la pendiente	34
Tabla 3. Valores de C según uso de tierra.....	37
Tabla 4. Valores de P para cultivos en contorno y su máxima longitud permitida entre obras.....	38
Tabla 5. Valores de P para curvas de nivel.....	38
Tabla 6. Valores de P para barreras con la distancia máxima entre obras.....	38
Tabla 7. Niveles de intensidad de pérdida de suelo.....	39
Tabla 8. Clasificación de los niveles de intensidad de pérdida de suelo. Pérdida de suelos tolerables.....	40

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Población y muestra de investigación.	44
Figura 2. Modelo de elevación DEM.	48
Figura 3. Procedimiento para la obtención del factor R.	50
Figura 4. Distribución de grillado en la zona de estudio para la obtención de datos pluviométricos.....	51
Figura 5. Precipitación interanual en mm/año en la cuenca alta del Río Moche	52
Figura 6. Factor C en el área de estudio.	55
Figura 7. Distribución de los niveles del factor R en el área de la cuenca alta del río Moche expresada en %.....	56
Figura 8. Factor R.	57
Figura 9. Pendiente en el área de estudio.....	58
Figura 10. Factor L en el área de estudio.....	59
Figura 11. Factor S en el área de estudio.	60
Figura 12. Factor LS en el área de estudio.	61
Figura 13. Factor K en el área de estudio.	62
Figura 14. Índice de USLE de la cuenca alta del río moche en el año 2016.....	63
Figura 15 . Índice de USLE de la cuenca alta del río moche en el año 2017.....	63
Figura 16. Índice de USLE de la cuenca alta del río moche en el año 2018.....	64
Figura 17. Índice de USLE de la cuenca alta del río moche en el año 2019.....	64
Figura 18. Índice de USLE de la cuenca alta del río moche en el año 2020.....	65

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Formula USLE.....	25
Ecuación 2. Factor de erosividad de la lluvia (R).....	26
Ecuación 3. Factor de Erodabilidad del Suelo (K).....	31
Ecuación 4. Factor LS o Longitud y Gradiente de la Pendiente.....	32
Ecuación 5. Factor LS o Longitud y Gradiente de la Pendiente.....	35
Ecuación 6. Factor P o de Prácticas de Conservación de Suelos.	37
Ecuación 7. Pérdida de Suelo (A).....	39

RESUMEN

La presente tesis tiene como objetivo determinar el impacto de la erosión hídrica del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca alta del río Moche. Esto mediante la determinación de la variación del factor C y el índice de erosión del suelo mediante la ecuación de la pérdida de suelos (USLE), y la identificación de las áreas críticas debido a procesos erosivos en la cuenca alta del río Moche entre los años 2016 y 2020. El presente proyecto descriptivo de diseño no experimental longitudinal hizo uso de técnicas de geoprocesamiento espacial y desarrollo de modelos matemáticos para el procesamiento de la información proveniente de sensores remotos y simuladores, para la determinación de los factores C, K, R y LS, los cuales componen la ecuación de USLE. Para esto se tomó como insumos esenciales a los resultados de modelos de precipitación, imágenes satelitales, modelos de elevación y registros de tipo de suelos de la cuenca alta del río Moche. El estudio realizado conllevó a determinar que entre los años 2016 al 2020 existió una variación de la erosión del suelo. En esta variación se pudo evidenciar que en el 2017, debido a los eventos climáticos extremos se presentó tasas de erosión de hasta 8363.93 Tm/Ha.año. Por su parte, los valores más bajos de erosión hídrica se presentaron en diciembre del 2020, con una tasa de 3857.25 Tm/Ha.año, esto se debió a que en ese año se presentaron menores tasas de precipitación respecto a años anteriores.

Asimismo, se pudo precisar que la erosión hídrica del suelo tiene un impacto alto en las zonas SE y NO de la cuenca alta del río Moche, lo cual se ve recrudecido por la presencia de suelos desnudos y la falta de cobertura vegetal que proteja al suelo de las altas precipitaciones propias del lugar.

Palabras clave: erosión hídrica, cobertura vegetal, suelos y cuenca.

NOTA DE ACCESO:

No se puede acceder al texto completo pues contiene datos confidenciales.

REFERENCIAS

- Antezana, J. 2001. Calibración de los factores de erosión utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo revisado “RUSLE” en sistemas de producción agrícola de la cuenca Taquiña. Centro de Levantamientos Aeroespaciales y aplicaciones SIG para el Desarrollo Sostenible de los Recursos. Taquiña – Bolivia.
- Arnoldus, HJ. 1978. An approximation of rainfall in the Universal Soil Loss Equation. New York, US. In M De Boodt and D. Gabriels (Editors).
- Aubert, J.; Boulaine, J. 1967. La Pedologie. Coll. «Que sais-je? » P.U.F. Paris. Traducción con el título «La Edafologia». Ed. Oikos-Tau. Barcelona, 1982
- Barrios, A. Y Quiñonez, E. 2000. Evaluación de la erosión utilizando el modelo R (USLE) con apoyo de SIG. Aplicación en una microcuenca de los Andes Venezolanos. Revista Forestal Venezolana. Trujillo – Venezuela.
- Bharad, G.M. y Bathkal, B.C. 1991. «Role of Vetiver grass in soil and moisture conservation». Vetiver Newsletter.
- Blum, W.E.H. 1998. Basic concepts: degradation, resilience, and rehabilitation. Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
- Bolaños, M., Paz, F., Cruz, C., Jesús, A., Romero, V., & De la Cruz, J 2016. Mapa de Erosión de los suelos de México y posibles implicaciones en el almacenamiento de carbono orgánico del suelo. TERRA Latinoamericana.

- Bravo, C., et al. 2017. Indicadores morfológicos y estructurales de calidad y potencial de erosión del suelo bajo diferentes usos de la tierra en la Amazonía ecuatoriana. *Anales de Geografía de la Universidad Complutense*.
- Brooks, K.N., Ffolliott, P.F., Gregerse, H.M., DeBano, L.F. 1997. *Hydrology and the Management of Watersheds*, Iowa State University Press/Ames, United States of America
- Camarasa-Belmonte, A., López, M., & García, I. E. 2018. Cambios de uso del suelo, producción de escorrentía y pérdida de suelo. Sinergias y compensaciones en una rambla mediterránea (Barranc del Carraixet, 1956–2011). *Boletín de la 69 Asociación de Geógrafos Españoles*.
- Colque, C. 2021. Determinación de la pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica mediante parcelas de escorrentía y microparcelas de varillas de erosión (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agronomo). Universidad Nacional del Altiplano de Puno, Puno - Perú
- Crespo, A. 1976. *Mecánica de suelos y cimentaciones*, 5a Ed.
- Dioses, J., & Perez, C. 2018. Estimación de la erosión hídrica mediante la aplicación de la metodología RUSLE en la cuenca del río Piura (Tesis para Para optar el Título Profesional de Ingeniero Geógrafo). Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima – Perú
- Edeso, J., Marauri, P., Merino, A., González, M. 1997. Determinación de la tasa de erosión hídrica en función del manejo forestal: la cuenca del río Santa Lucía. *Larrualde*, 20.
- Efthimiou, N., & Lykoudi, E. 2016. *Erosión del Suelo Estimación con el Modelo EPM*. Sociedad Geologica Griega.

- Efthimiou, N., Lykoudi, E., Panagoulia, D., & Karavitis, C. 2016. Evaluación de Susceptibilidad del Suelo a la Erosión Utilizando los Modelos RUSLE y EPM, el Caso de Cuenca VENETIKOS. Global Nest.
- Espinosa, R.M., Andrade, L.E., Rivera, O.P., Romero D.A. 2011. Degradación de suelos por actividades antrópicas en el norte de Tamaulipas, México. Papeles de Geografía.
- FAO y GTIS. Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS). Alianza mundial por el suelo. 1 ed. Roma, Italia, 2015. 92 pp. ISBN 978-92-5-308960-4.
- FAO. 1980. Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos. Roma.
- FAO. El Trabajo de la FAO sobre el Cambio Climático. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático 2017. [En línea]. Alemania. 2017. [Fecha de consulta 28 de septiembre de 2018]. Disponible en: www.fao.org/3/a-i8037s.pdf
- Flores, L. H. E., Mora, O.C., Ruiz, C.J.A., Chávez, D.A.A. 2013. Efecto de la cobertura de suelo de tres cultivos sobre la erosión hídrica. Revista Chapingo serie zonas áridas (RCHSZA).
- Francis, C. y Thornes, J.B.1990. «Runoff hydrographs from three Mediterranean vegetation cover types». In: J.B. Thornes (ed.), Vegetation and Erosion. Chischester, Wiley.
- Francisco-Nicolás, N., Turrent-Fernández, A, Oropeza-Mota, J.L., Martínez-Menes, M.R., Cortés-Flores, J.I. 2006. Pérdida de suelo y relación erosión-productividad en cuatro sistemas de manejo del suelo. Terra Latinoamericana.
- Gaitán , J., Navarro , M., Vuegen, L., Pizarro, M., Carfagno, P., & Rigo, S. 2017. Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. Buenos Aires: Instituto de Suelos – Centro de Investigación de Recursos Naturales (CIRN). Obtenido de <http://repositorio.inta.gob.ar/handle/20.500.12123/1981>

- García, J., 2005. Modelos paramétricos. Modelos USLE. Modelos RUSLE. Universidad Politécnica de Madrid. Madrid – España.
- Greenway, D.R. 1987. «Vegetation and slope stability». In: M.G. Anderson & K.S. Richards (eds.) Slope stability: geotechnical engineering and geomorphology Chichester, Wiley.
- Hudson, N. 2006. Conservación del suelo. Editorial Reverté S.A. Reimpresión. Barcelona – España.
- Instituto Nicaragüense De Estudios Territoriales (INETER), Agencia Suiza Para El Desarrollo Y La Cooperación. 2005. Erosión Hídrica: mapa de amenazas. Managua – Nicaragua. 52 pp
- Kirby, M.J. y MORGAN, R.P.C. 1984. Erosión de suelos. Editorial Limusa S.A. México D.F – México.
- Lal, R. 1998. Soil quality and sustainability pp. 17-30. In: R. Lal et al. (eds.) Methods for Assessment of Soil Degradation. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Lasanta T. & García J. M. 1999. Exportación de solutos desde diferentes usos del suelo. Estudio experimental en el pirineo central español. Instituto Pirenaico de Ecología, CSIC, Campus de Aula Dei. Zaragoza.
- Loch, R. J. 2000. Effects of Vegetation Cover on Runoff and Erosion under Simulated Rain and Overland Flow on a Rehabilitated Site on the Meandu Mine, Tarong, Queensland. Australian Journal of Soil Research.
- Mejía, J., Pozzo, D., Francesco, Montilla, P., & Torres, G. 2010. Evaluación Cualicuantitativa de la Erosión Hídrica en la Microcuenca Aguas Calientes, Estado Mérida - Venezuela. Geografica venezolana.

- Mekonnen Z, Woldeamanuel T. & Kassa H. 2019. Socio-ecological vulnerability to climate change/variability in Central Rift Valley, Ethiopia. *Advances in Climate Change Research*.
- Meyer, W.B. y Turner, B.L. 1994. *Change in Land Use and Cover: a global perspective*, Cambridge: Cambridge University.
- Morales, N. 2017. Teledetección espacial landsat, sentinel2, aster 11t Y modis. universidad nacional agraria de la selva Facultad de Recursos Naturales Renovables Escuela Profesional de Ingeniería Foresta. Peru
- Moreno, DA; Renner, I. 2007. *Gestión integral de cuencas; la experiencia del proyecto regional cuencas andinas*. I ed. Lima, PE. s.e.
- Moreno, H. 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 (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Agrícola)*. Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, Huaraz – Perú
- Morgan, R. 1997. *Erosión y conservación del suelo*. Madrid, ES.
- Morgan, R.P.C. 1997. “Erosión y Conservación del Suelo”, edi. Mundi Prensa
- Navia, J. & Rivera, L. 2016. Op cit.
- Núñez, J. 2001. *Manejo y conservación de suelos*. 1 ed. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, CR.
- Perales, A. 2019. *Perdida de suelo por erosión hídrica aplicando el modelo rusle en la cuenca del rio Supte Grande, provincia Leoncio Prado – Huánuco (Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero en Conservación de Suelos y Agua)*. Universidad Nacional Agraria de la Selva, Tingo María - Perú

- Pérez, SJ. 2001. Modelo para evaluar la erosión hídrica en Colombia utilizando Sistemas de información geográfica. Tesis Ing. Universidad Industrial de Santander, Bogotá, CO.
- Pulido J. & G. Bocco. 2011. ¿Cómo se evalúa la degradación de tierras? Panorama global y local. INTERCIENCIA. Rev. Ciencia y Tecnología de América.
- Quispe, T. 2018. “Influencia de la Cobertura Vegetal en la Erosión Hídrica del Suelo en la Comunidad de San Mateo, Perú”. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lima – Perú.
- Ramírez, F., Hincapié, E., Sadeguián, S., Pérez, U. 2007. Erosividad de las lluvias en la zona cafetera central y occidental del Departamento de Caldas. Caldas – Colombia.
- Ramírez, L. 2010. Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento-Salta. Universidad Nacional de Salta. Salta – Argentina.
- Ramos, C. 2009. Modelamiento ambiental para análisis de susceptibilidad erosiva en la cuenca del Chancay Lambayeque y determinación del mapa de erosión. Universidad Nacional Agraria La Molina. Lambayeque – Perú.
- Ramos, CL. 2001. Modelamiento ambiental para el análisis de susceptibilidad erosiva en la cuenca media y alta del río Cañete y determinación del mapa de erosión. Lima, PE.
- Rickson, R.J. 1990). «The role of simulated vegetation in soil erosion control». In: J.B. Thornes (ed.), Vegetation and erosion. Chichester, Wiley: 99-111
- Ríos, B. J. D. y Martínez, M. M. R. 1990. Efecto de la cobertura vegetal en el proceso erosivo. Agrociencia, 1: 61-73
- Rodríguez, F. H and Rodríguez A. 2011. Métodos de análisis de suelos y plantas, criterios de interpretación, editorial trilla, México.

- Sánchez-Hernández, R., Mendoza-Palacios, J. d., De la Cruz, J., Mendoza, J., & RamosReyes, R. 2013. Mapa de Erosión Potencial en la Cuenca Hidrológica GrijalvaUsumacinta. México Mediante el Uso de SIG. *Universidad y Ciencia*, 29(2), 153-161.
- Santacruz, De L.G. 2011. Estimación de la erosión hídrica y su relación con el uso del suelo en la cuenca del río Cahoacán, Chiapas, México. *Aqua-LAC*, 3 (1): 45 – 54.
- SENAMHI. Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú. Erosión Hídrica [En línea]. Lima, Perú. 2017. 132 pp. [Fecha de consulta 28 de septiembre de 2018]
- Serna, P.A. y Echavarría, C. F. G. 2002. Caracterización hidrológica de un agostadero comunal excluido al pastoreo en Zacatecas, México. I. Pérdidas de suelo. *Técnica Pecuaria México*, 40: 37-53.
- Solano, T. J. A., Martínez, M. M., Oropeza, M. J. L. y Anaya, G. M. 1990. Efecto de la relación precipitación-escorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos de suelo en la cuenca del Río Texcoco. *Agrociencia*, 1: 25-44.
- Suarez, J. 2001. Control de erosión en zonas tropicales. División Editorial Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, CO.
- Tang, K.; Zhou, H.; Hou, X. y Liu, Y. 1987. «The influence of destruction and reconstruction of vegetation on soil erosion and its control in the loess plateau in China». In: I. Pla Sentis (ed.), *Soil conservation and productivity Maracay*, Sociedad Venezolana de la Ciencia del Suelo: 963-972.
- Uri, N. y Lewis, J. 1998. The dynamics of soil erosion in US agriculture. *Sci. Total, Environ.* 218 (1998).
- Vásquez, A. 2000. Manejo de cuencas alto andinas. Tomo 1. Escuela superior de administración de aguas “Charles Sutton”, Lima, PE.

- Velásquez, S. 2008. Erosión de suelos utilizando la EUPSR (RUSLE). Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza. Cantón de Coronado – Costa Rica.
- Wischmeier, W.H; Smith, DD. 1978. Predicting rainfall erosion losses. USDA Agricultural Research Service Handbook.
- Rubio, J.L.; Sánchez, J.; Sanroque, P. & Molina, M^o.J^o. 1984. Metodología de evaluación de la erosión hídrica en suelos del área mediterránea. I Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo.