



La investigación, su esencia y arte.

**FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL Y AMBIENTAL
TESIS**

**ANÁLISIS DEL MODELAMIENTO TEMPORAL DE EROSIÓN
HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO HUARIBAMBA DURANTE EL
PERIODO 2018 - 2023**

Tesis para optar el título profesional de ingeniero forestal y ambiental

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
SEGURIDAD AMBIENTAL Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO**

**OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE:
VIDA DE ECOSISTEMAS TERRESTRES**

**CAMPO DE LA INVESTIGACIÓN Y EL DESARROLLO OCDE:
MEDIO AMBIENTE Y GESTIÓN DE RECURSOS NATURALES**

PRESENTADO POR:

Rodas Riveros Nick Maykol
(ORCID: 0000-0002-2069-7373)

ASESOR:

Dr. Alvarez Ticllasuca Adiel
(ORCID: 0000-0002-5410-0571)

Pampas - Perú

2025

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS EN LA MODALIDAD PRESENCIAL PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL	
Expediente N° 13-2025-UNAT/FI-EPIFA	Página 1 de 1

En esta acta, se hace constar que en el auditorium de la Escuela Profesional de Enfermería de la Facultad de Ciencias de la Salud de la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo, ubicado en el distrito de Ahuaycha, provincia de Tayacaja, departamento Huancavelica, el día **16 de diciembre del 2025**, a las **15:00** horas, se reunieron los miembros del Jurado Calificador designados con Resolución de Coordinación N° 26-2024-UNAT/FI de 22 de agosto de 2024 con el propósito de llevar a cabo el **Acto de Sustentación** de la Tesis de Titulación Profesional:

**“ANÁLISIS DEL MODELAMIENTO TEMPORAL DE EROSIÓN HÍDRICA EN LA
MICROCUECNA DEL RIO HUARIBAMBA 2018-2023”**




Dicha tesis ha sido presentada por el Bachiller en Ingeniería Forestal y Ambiental **RODAS RIVEROS NICK MAYKOL**, asesorado por el docente **Dr. ALVAREZ TICLLASUCA ADIEL** adscrito al Departamento Académico de Ingeniería Forestal y Ambiental.

Después de haber calificado el informe final de tesis, escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas formuladas por el Jurado, se le declara¹: APROBADO, para optar el **Título Profesional de INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL**, con la calificación de 16, que corresponde a la condición²: BUENO.

En consecuencia, el sustentante:

- Queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.
- NO queda en condición de recibir el indicado Título Profesional, de conformidad con las normas legales, estatutarias y reglamentarias aplicables en materia del proceso de titulación profesional.

Siendo las 16:04 horas del mismo día, mes y año, se da por concluido el Acto de Sustentación, firmando a continuación los intervinientes, en señal de conformidad de lo acontecido y consignado.

	
Dr. ANGELES SUAZO JULIO MIGUEL Presidente	Mg. GUTIERREZ COLLAO JAIRO EDSON Miembro
	
Dr. ALVAREZ TICLLASUCA ADIEL Asesor	

1. Indicar: Aprobado y/o Desaprobado.
2. Indicar: Excelente, Muy Bueno, Bueno, Regular y/o Desaprobado.



CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 068-2025

EL DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO, QUIEN SUSCRIBE:

HACE CONSTAR:

Que, la tesis titulada: "ANÁLISIS DEL MODELAMIENTO TEMPORAL DE EROSIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO HUARIBAMBA DURANTE EL PERIODO 2018 - 2023", desarrollado por el tesista de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **Rodas Riveros Nick Maykol**, asesorado por el **Dr. Álvarez Ticllasuca Adiel**, cumple con los requisitos de conformidad de originalidad mediante (*Software Anti Plagio Turnitin*), evidenciándose en el informe de originalidad un porcentaje de similitud de veinte (20%), el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja Daniel Hernández Morillo.

Se expide la presente constancia para los fines que estime conveniente.

Ahuaycha, 26 de noviembre de 2025


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE TAYACAJA
"DANIEL HERNÁNDEZ MORILLO"
.....
Dr. Ginebra Antezano Rosales
DIRECTOR DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Constancia: N°068-2025.
Cc. Archivo.

TESIS CORREGIDO-RODAS RIVEROS NICK MAYKOL.pdf

INFORME DE ORIGINALIDAD

20%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

6%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.untumbes.edu.pe Fuente de Internet	1%
2	Condori Apaza, Valeriano. "Pérdida del suelo por erosión hídrica en la comunidad de San Francisco de Chañajari Moho - Puno", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	1%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
4	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.uwiener.edu.pe Fuente de Internet	1%
6	www.coursehero.com Fuente de Internet	1%
7	Submitted to Universidad Estatal Amazonica- Trabajo del estudiante	1%
8	remexcu.org Fuente de Internet	<1%
9	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
10	congresosuelo.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1%
11	apirepositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1%

12	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.hindawi.com Fuente de Internet	<1 %
14	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
15	Muñoz, Yeidy Nicole Torres. "Conocimiento y Actitudes hacia la Sexualidad en Adultos Mayores", Ponce Health Sciences University, 2025 Publicación	<1 %
16	dspace.utpl.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
17	amanglana.unag.edu.hn Fuente de Internet	<1 %
18	Submitted to Michigan Technological University Trabajo del estudiante	<1 %
19	Submitted to uncedu Trabajo del estudiante	<1 %
20	zaguan.unizar.es Fuente de Internet	<1 %
21	Garcia-Chevesich, Pablo A. "Erosion processes and control", Proquest, 20111004 Publicación	<1 %
22	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	Submitted to Universidad Nacional Daniel Alcides Carrion Trabajo del estudiante	<1 %
24	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	<1 %

25	repositorio.ufpso.edu.co:8080 Fuente de Internet	<1 %
26	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1 %
27	dehesa.unex.es:8080 Fuente de Internet	<1 %
28	repositorio.unat.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	www.fao.org Fuente de Internet	<1 %
30	Escalante Gutiérrez, Josefina. "Erosión hídrica de la microcuenca lucre en la colmatación del humedal Huacarpay-Cusco", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru) Publicación	<1 %
31	Submitted to Universidad Distrital FJDC Trabajo del estudiante	<1 %
32	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
33	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
34	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
35	Submitted to Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo Trabajo del estudiante	<1 %
36	apirepositorio.unu.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
37	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
38	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

<1 %

39 revistas.unicauca.edu.co
Fuente de Internet

<1 %

40 core.ac.uk
Fuente de Internet

<1 %

41 www.jircas.go.jp
Fuente de Internet

<1 %

42 uvadoc.uva.es
Fuente de Internet

<1 %

43 www.tdx.cat
Fuente de Internet

<1 %

44 repositorio.continental.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

45 Submitted to unia
Trabajo del estudiante

<1 %

46 www.aeet.org
Fuente de Internet

<1 %

47 www.slideshare.net
Fuente de Internet

<1 %

48 Submitted to University of Canterbury
Trabajo del estudiante

<1 %

49 repositorio.utea.edu.pe
Fuente de Internet

<1 %

50 repositorio.utn.edu.ec
Fuente de Internet

<1 %

51 Submitted to Universidad Privada Boliviana
Trabajo del estudiante

<1 %

52 condesan.org
Fuente de Internet

<1 %

53 gredos.usal.es
Fuente de Internet

<1 %

54	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
55	Submitted to Universidad Nacional del Centro del Peru Trabajo del estudiante	<1 %
56	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
57	dspace.uclv.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
58	livrosdeamor.com.br Fuente de Internet	<1 %
59	roderic.uv.es Fuente de Internet	<1 %
60	Submitted to CORPORACIÓN UNIVERSITARIA IBEROAMERICANA Trabajo del estudiante	<1 %
61	Submitted to Universidad Popular del César,UPC Trabajo del estudiante	<1 %
62	bibliotecavirtual.unl.edu.ar Fuente de Internet	<1 %
63	es.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
64	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
65	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
66	Submitted to Universidad de Málaga Trabajo del estudiante	<1 %
67	Submitted to ipn Trabajo del estudiante	<1 %

68	Fuente de Internet	<1 %
69	www.siar.org.ni Fuente de Internet	<1 %
70	Lisbeth Tatiana Murillo-Orobio, Darcy Lisbeth Chapuel-Cuasapud, Luis Alvaro Botero-Gómez, Hugo Murcia. "Análisis morfoestructural del Campo Volcánico Monogenético Guamuéz-Sibundoy (sur de Colombia)", Geofísica Internacional, 2024 Publicación	<1 %
71	Submitted to Universidad Pública de Navarra Trabajo del estudiante	<1 %
72	www.aguabolivia.org Fuente de Internet	<1 %
73	Submitted to Universidad Católica de Santa María Trabajo del estudiante	<1 %
74	lanra.dac.uga.edu Fuente de Internet	<1 %
75	repositorio.uea.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
76	repositorio.ulp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
77	Baartman, Jantiene Elise Marianne. "Mind the Gap: Modelling Event-Based and Millennial-Scale Landscape Dynamics.", Wageningen University and Research, 2021 Publicación	<1 %
78	Joel Francisco, Volker Hochschil. "Chapter 3 Land Use and Land Cover (LULC) Change in the Boconó River Basin, North Venezuelan Andes, and Its Implications for the Natural Resources Management", IntechOpen, 2012	<1 %

79	Submitted to Universidad de Córdoba Trabajo del estudiante	<1 %
80	ridum.umanizales.edu.co Fuente de Internet	<1 %
81	vsip.info Fuente de Internet	<1 %
82	www.cjascience.com Fuente de Internet	<1 %
83	www.educandose.com Fuente de Internet	<1 %
84	www.pueblosindigenaspcn.net Fuente de Internet	<1 %
85	bitcoin.es Fuente de Internet	<1 %
86	blogs.dendro.cl Fuente de Internet	<1 %
87	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
88	files.eric.ed.gov Fuente de Internet	<1 %
89	renati.sunedu.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
90	repositorio.uam.es Fuente de Internet	<1 %
91	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
92	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
93	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

94	tumi.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
95	www.forestcarbonpartnership.org Fuente de Internet	<1 %
96	www.museonoelkempff.org Fuente de Internet	<1 %
97	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
98	"Encyclopedic Dictionary of Landscape and Urban Planning", Springer Nature, 2010 Publicación	<1 %
99	"Gobernanza del agua en territorios agrícolas - Estudio de caso en Perú", Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), 2021 Publicación	<1 %
100	Carrillo-Rojas, Galo, Brenner Silva, Mario Córdova, Rolando Céleri, and Jörg Bendix. "Dynamic Mapping of Evapotranspiration Using an Energy Balance-Based Model over an Andean Páramo Catchment of Southern Ecuador", Remote Sensing, 2016. Publicación	<1 %
101	Omar Llanes-Cárdenas, Mariano Norzagaray-Campos, Ernestina Pérez-González, Alberto Gaxiola et al. "Trend analysis and historical and recent return periods of erosivity indicators in the state of Sinaloa, Mexico", Arabian Journal of Geosciences, 2020 Publicación	<1 %
102	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
103	de.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

104	legacy.tropicos.org Fuente de Internet	<1 %
105	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
106	repositorio.una.edu.ni Fuente de Internet	<1 %
107	revistas.upel.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
108	riunet.upv.es Fuente de Internet	<1 %
109	sinia.minam.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
110	www.balayo.com Fuente de Internet	<1 %
111	www.dsc.admin.ch Fuente de Internet	<1 %
112	www.engormix.com Fuente de Internet	<1 %
113	www.grafiati.com Fuente de Internet	<1 %
114	www.greenpeace.org Fuente de Internet	<1 %
115	www.portalveterinaria.com Fuente de Internet	<1 %
116	www.rpan.org Fuente de Internet	<1 %
117	www.scribd.com Fuente de Internet	<1 %
118	www.sidalc.net Fuente de Internet	<1 %

119

Ortiz, Jorge Jesús Chávez. "La Política Pública de la Cabecera de Cuenca en el Perú y la Aprobación de la ley de Cabecera de Cuenca (Ley N° 30640) en el Congreso de la República para el Control de los Territorios Hidrosociales", Pontificia Universidad Católica del Perú (Peru), 2024

Publicación

<1%

120

Mamani Quispe, Elena Zenaida. "La competitividad y su relación con el capital intelectual en cadenas hoteleras de 3, 4 y 5 estrellas del departamento de Puno, 2024", Universidad Nacional del Altiplano de Puno (Peru), 2025

Publicación

<1%

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias

Apagado

Excluir bibliografía

Apagado

AGRADECIMIENTO

Quiero dedicar este espacio para expresar mi más sincera gratitud a todas las personas que me acompañaron en este largo proceso académico

A mi familia, por su paciencia, entendimiento y amor incondicional. Gracias por aportar ese granito de arena que me motivó a seguir y nunca rendirme.

A mi asesor de tesis, Adiel Alvarez Ticllasuca, por su dedicación, compromiso y valiosas orientaciones a lo largo del desarrollo de esta investigación.

A los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, por su guía durante mi formación y por despertar en mí una conciencia profesional y ambiental.

Quiero agradecer también a la Universidad Nacional Autónoma de Tayacaja – Daniel Hernández Morillo (UNAT) por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por haber sido el espacio donde crecí académica y personalmente.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación con todo mi corazón a mis padres, y muy especialmente a mi madre Evelin, por ser mi fuerza inquebrantable, mi guía en los momentos de duda y mi refugio en los días difíciles. Gracias, madre linda por creer siempre en mí y por enseñarme con tu ejemplo el valor de la perseverancia y la resiliencia.

A mis hermanos Daniel, Fabricio, Luigui y Jhon, porque en cada uno de ustedes encontré la motivación más sincera para seguir adelante. Cada noche de estudio, cada esfuerzo, llevaba el deseo profundo de ser un buen ejemplo para ustedes. Este logro no es solo mío, también es de ustedes, porque me dieron la fuerza para no rendirme y el motivo para soñar en grande.

A Waly, quien con cariño, paciencia y dedicación me acompañó desde niño y me enseñó más de lo que las palabras pueden expresar. Gracias por estar siempre, por enseñarme con el corazón, y por haber sido parte fundamental en mi formación.

A esa persona especial que, con su compañía constante, palabras de aliento y silencios compartidos, supo brindarme el equilibrio que tanto necesitaba. Gracias por estar presente con amor y paciencia, incluso en los días más complejos.

A todos ustedes, gracias por estar presentes en mi vida.

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
TABLA DE CONTENIDO.....	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema	2
1.2. Formulación del problema	2
1.2.1. Problema general.....	2
1.2.2. Problemas específicos	3
1.3. Justificación e importancia.....	3
1.3.1. Objetivo general	3
1.3.2. Objetivos específicos.....	4
1.4. Formulación de hipótesis	4
1.4.1. Hipótesis general	4
1.4.2. Hipótesis específicas	4
II. MARCO TEÓRICO.....	6
2.1. Antecedentes	6
2.1.1. Antecedentes internacionales	6
2.1.2. Antecedentes nacionales	8
2.1.3. Antecedentes regionales.....	9
2.2. Bases teóricas y conceptuales	10
2.2.1. Erosión del suelo	10
2.2.2. Propiedades físicas del suelo.....	14
2.2.3. Métodos para la estimación de pérdidas de suelo	15
2.2.4. Bases conceptuales.....	16
2.2.5. Base legal	17

III. METODOLOGÍA.....	19
3.1. Tipo de investigación	19
3.2. Nivel de investigación.....	19
3.3. Método de investigación	19
3.3.1. Ecuación RUSLE	20
3.3.2. Datos y fuente.....	20
3.3.3. El modelo RUSLE.....	22
3.3.4. Factor de erosividad de las precipitaciones (R).....	23
3.3.5. Erosionabilidad del suelo (K).....	24
3.3.6. Topografía (LS).....	26
3.3.8. Cobertura vegetal (C)	31
3.4. Diseño de investigación	32
3.5. Población, muestra y muestreo.....	33
3.5.1. Población	33
3.5.2. Muestra	34
3.5.3. Muestreo	34
3.6. Identificación y operacionalización de variables	35
3.6.1. Variable dependiente	35
3.6.2. Variable independiente.....	35
3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	37
3.7.1. Recolección de datos	37
3.7.2. Instrumentos de recolección de datos.....	37
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	38
3.8.1. Fase de pre-campo.....	39
3.8.2. Fase de campo	39
3.8.3. Fase de gabinete	39
3.8.4. Fase de procesamiento.....	39
3.8.5. Representación	40
3.8.6. Descripción de la prueba de hipótesis	40
3.9. Aspectos éticos y regulatorios.....	40
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41

V.	CONCLUSIONES	71
VI.	RECOMENDACIONES.....	72
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	73
VIII.	ANEXO.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Fuentes de datos y descripción.....	20
Tabla 2. Clasificación de la erosión hídrica.....	23
Tabla 3. Clasificación del factor topográfico (LS).....	28
Tabla 4. Reclasificación de valores NDVI.....	32
Tabla 5. Operacionalización de variables	36
Tabla 6. Erosión hídrica potencial para el año 2018	41
Tabla 7. Erosión hídrica potencial para el año 2019	42
Tabla 8. Erosión hídrica potencial para el año 2020	42
Tabla 9. Erosión hídrica potencial para el año 2021	43
Tabla 10. Erosión hídrica potencial para el año 2022	44
Tabla 11. Erosión hídrica potencial para el año 2023	44
Tabla 12. Factor de erosividad (R) de las estaciones meteorológicas (MJ·mm/ha·año) – 2018–2023.	47
Tabla 13. Análisis mecánico de los suelos superficiales de la microcuenca del río Huaribamba. ..	50
Tabla 14. Cálculo del Factor K (t.ha.h)/(MJ.mm.Ha) de los diversos puntos en la microcuenca del distrito de Huaribamba.....	52
Tabla 15. Valor de factor LS y nivel de susceptibilidad.	55
Tabla 16. Valores de NDVI del 2018	58
Tabla 17. Valores de NDVI del 2019.....	59
Tabla 18. Valores de NDVI del 2020	59
Tabla 19. Valores de NDVI del 2021	60
Tabla 20. Valores de NDVI del 2022.....	60
Tabla 21. Valores de NDVI del 2023.....	61
Tabla 22. Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para los porcentajes de erosión hídrica potencial en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.....	64
Tabla 23 . Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para los porcentajes de erosión hídrica potencial en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.....	65

Tabla 24. Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el Factor R en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.	66
Tabla 25. Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para el Factor R en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.	67
Tabla 26 . Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para los porcentajes de cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023	69
Tabla 27. Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los porcentajes de cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.....	70
Tabla 28. Matriz de consistencia.....	83
Tabla 29. Análisis mecánico de los suelos superficiales de la microcuenca del río Huaribamba.	88
Tabla 30. Datos de precipitación media anual	89
Tabla 31. Precipitación media anual del 2017 al 2023 de las 3 estaciones meteorológicas	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama descriptivo de la metodología.....	22
Figura 2. Esquema del diseño metodológico.....	33
Figura 3. Mapa de ubicación de la muestra (microcuenca del río Huaribamba).....	34
Figura 4. Fases para el procesamiento y Análisis de datos.....	38
Figura 5. Comportamiento anual del NDVI en la microcuenca del río Huaribamba.	45
Figura 6. Evolución temporal de la erosión potencial en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018-2023.	46
Figura 7. Evolución temporal del factor R en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018-2023.....	49
Figura 8. Factor K en la microcuenca del río Huaribamba.....	54
Figura 9. Factor LS en la microcuenca del río Huaribamba.....	57
Figura 10. Comportamiento anual del NDVI en la microcuenca del río Huaribamba.	62
Figura 11. Evolución temporal del factor de cobertura vegetal (C) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018-2023.	63
Figura 12. Análisis de suelo de la Microcuenca del Río Huaribamba.....	84
Figura 13. Análisis de consistencia de la estación meteorológica 1 (EM1).....	90
Figura 14. Análisis de consistencia de la estación meteorológica 2 (EM2).....	91
Figura 15. Análisis de consistencia de la estación meteorológica 3 (EM3).....	91
Figura 16. Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2018.....	92
Figura 17. Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2019.....	93
Figura 18. Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2020.....	94
Figura 19. Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2021.	95
Figura 20. Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2022.	96
Figura 21. Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2023.	97
Figura 22. Factor de longitud en inclinación de la pendiente (LS) de la microcuenca del río Huaribamba.	98
Figura 23. Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2018.....	99
Figura 24. Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2019.....	100
Figura 25. Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2020.....	101

Figura 26. Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2021.....	102
Figura 27. Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2022.....	103
Figura 28. Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2023.....	104
Figura 29. Mapa de erodabilidad de la microcuenca del río Huaribamba.	105
Figura 30. Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2018....	106
Figura 31. Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2019....	107
Figura 32. Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2020....	108
Figura 33. Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2021.	109
Figura 34. Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2022.	110
Figura 35. Mapa de erosión hídrica potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2023.	111
Figura 36. Punto de muestreo de suelo en el sector de Huanca Cruz-Huaribamba (P01).....	112
Figura 37. Punto de muestreo de suelo en el sector de Lacho-Huaribamba (P02).....	112
Figura 38. Punto de muestreo de suelo en el sector de Chococoto-Huaribamba (P03).....	113
Figura 39. Punto de muestreo de suelo en el sector de Sillapata-Huaribamba (P04).....	113
Figura 40. Punto de muestreo de suelo en el sector de Ancaypahua-Huaribamba (P05).....	114
Figura 41. Punto de muestreo de suelo en el sector del Barrio Chucmay-Huaribamba (P06) ..	114
Figura 42. Punto de muestreo de suelo en el sector de Samarina-Huaribamba (P07).....	115
Figura 43. Punto de muestreo de suelo en el sector Inquil-Huaribamba (P08).....	115
Figura 44. Punto de muestreo de suelo en el sector de Milchurpampa-Huaribamba (P09)	116
Figura 45. Punto de muestreo de suelo en el sector de Lote-Huaribamba (P10).....	116
Figura 46. Presencia de erosión por surcos en la parte baja de la microcuenca del río Huaribamba	117
Figura 47. Presencia de grietas en el suelo por el sector de Inquil-parte baja-Huaribamba.....	117
Figura 48. Presencia de deslizamiento por el sector de Milchurpampa, en el proyecto provincial del sistema de riego para el distrito de Huaribamba-2025.....	118
Figura 49. Presencia de plantaciones de paltos por el sector de Samarina.	118

RESUMEN

La erosión hídrica constituye un riesgo continuo para los ecosistemas de la región andina. Este estudio, de tipo aplicado, no experimental y descriptivo, tuvo el objetivo de evaluar el comportamiento de la erosión hídrica durante el periodo 2018 - 2023 a través de un modelamiento temporal en la microcuenca del río Huaribamba. Se utilizó una metodología cuantitativa que incluyó Sistemas de Información Geográfica (SIG) y el modelo RUSLE. Se calculó R, que corresponde a la erosividad de las lluvias, utilizando IMF y datos del SENAMHI; K, que mide la erodabilidad del suelo, fue determinado a partir de muestreos y análisis de laboratorio; LS, que representa la longitud y pendiente, se calculó utilizando el DEM de ALOS PALSAR; y C, referido a la cobertura del suelo, se evaluó a partir de imágenes de Landsat 8-9 y el NDVI. Los resultados indican que la erosión se concentró mayormente en categorías media (M, entre 5-10 t/ha/año) y alta (A, de 10-50 t/ha/año), con variaciones anuales (M oscilando entre el 27 y el 36%; A alcanzando picos del 30% en 2019 y del 33% en 2023). Se observó que, si bien existen fluctuaciones importantes en la distribución de la erosión entre años, el análisis estadístico mostró que las variaciones no son estadísticamente significativas. El estudio identificó zonas propensas con alta erodabilidad y pendientes pronunciadas, además de un deterioro progresivo en la cobertura vegetal. En conclusión, el modelado temporal demostró ser una herramienta efectiva para evaluar la dinámica de la erosión hídrica y para identificar áreas críticas en la microcuenca, confirmando patrones de riesgo que requieren intervención antrópica para implementar acciones de conservación.

Palabras clave: Erosión hídrica, RUSLE, microcuenca, SIG, teledetección, factores de erosión.

ABSTRACT

Water erosion poses a continuous risk to ecosystems in the Andean region. This applied, non-experimental, descriptive study aimed to evaluate water erosion behavior during the period 2018-2023 through temporal modeling in the Huaribamba River micro-basin. A quantitative methodology was used that included Geographic Information Systems (GIS) and the RUSLE model. R, which corresponds to rainfall erosivity, was calculated using IMF and SENAMHI data; K, which measures soil erodibility, was determined from sampling and laboratory analysis; LS, which represents length and slope, was calculated using the ALOS PALSAR DEM; and C, referring to soil cover, was evaluated from Landsat 8-9 images and the NDVI. The results indicate that erosion was mainly concentrated in the medium (M, between 5-10 t/ha/year) and high (A, 10-50 t/ha/year) categories, with annual variations (M ranging from 27 to 36%; H reaching peaks of 30% in 2019 and 33% in 2023). It was observed that, although there are significant fluctuations in the distribution of erosion between years, statistical analysis showed that the variations are not statistically significant. The study identified prone areas with high erodibility and steep slopes, as well as progressive deterioration in vegetation cover. In conclusion, temporal modeling proved to be an effective tool for assessing the dynamics of water erosion and identifying critical areas in the micro-watershed, confirming risk patterns that require anthropogenic intervention to implement conservation actions.

Keywords: Water erosion, RUSLE, micro-watershed, GIS, remote sensing, erosion factors.

I. INTRODUCCIÓN

La erosión hídrica es uno de los factores principales que indican directamente en la calidad del suelo a nivel mundial, contribuyendo a la degradación del mismo; además, la sedimentación derivada de la erosión hídrica también tiene efectos adversos en los cuerpos de agua lénticos y lóticos, incrementando la turbidez y afectando negativamente los hábitats acuáticos y las especies que dependen de estos ecosistemas (Correa, 2021; Instituto Geofísico del Perú [IGP], 2019). Este tipo de erosión elimina la capa fértil superior del suelo durante un episodio de precipitación. Esta capa superior se conoce como el horizonte A y es importante para el desarrollo fisiológico normal de las plantas, lo que a su vez reduce la productividad agrícola y la disponibilidad de terrenos adecuados para la producción de alimentos (Cisneros et al., 2012).

Actualmente, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) permiten realizar estudios de gran envergadura que contribuyen a realizar un análisis detallado y preciso como; visualizar los cambios de la cobertura del suelo, medir las zonas con alto impacto de erosión u otros (Almorox et al., 2010). Estimar la erosión hídrica mediante SIG y otras herramientas tecnológicas nos permite actuar y decidir de manera adecuada las estrategias de conservación y el manejo sostenible de los recursos (Burbano, 2018).

Los análisis sobre la erosión hídrica son cruciales para los gobiernos locales, las comunidades rurales y diversas entidades públicas y privadas. Su objetivo es informar y sensibilizar acerca de los efectos del manejo inadecuado del suelo en áreas susceptibles a la erosión hídrica. Además, estos estudios proporcionan una base para proponer proyectos de conservación y protección del suelo (Alvarez, 2020).

En tal sentido, la importancia de analizar el comportamiento de la erosión hídrica durante el periodo 2018 – 2023 en la microcuenca del río Huaribamba radica en la necesidad de entender cómo han evolucionado las dinámicas erosivas a lo largo del tiempo. Este análisis permite identificar patrones de degradación y zonas críticas que requieren intervención inmediata.

1.1. Planteamiento del problema

A nivel mundial, la erosión hídrica es un problema extendido que perjudica a muchas regiones, agravando la degradación ambiental y la pérdida de biodiversidad (Orbegoso y Rodríguez (2018). En Sudamérica, este fenómeno es especialmente grave en áreas montañosas y agrícolas, donde las prácticas de manejo inadecuadas y las condiciones climáticas extremas intensifican aún más el problema (Alvarez, 2019). En las regiones montañosas del Perú, la erosión hídrica es un fenómeno particularmente relevante ya que las condiciones de sequedad, las pendientes pronunciadas, la falta de técnicas de conservación del suelo, las precipitaciones intensas, el sobrepastoreo y la ausencia de cobertura vegetal intensifican el proceso de erosión (Solano, 2016). Algunos autores indican que el Perú enfrenta una situación preocupante con un 3% de su superficie en proceso de desertificación y un 24% en riesgo de desertificación (Orbegoso y Rodríguez, 2018).

En este contexto, la microcuenca del río Huaribamba, localizada en la provincia Tayacaja, región Huancavelica, se destaca por su importancia tanto ambiental como socioeconómica ya que alberga una rica biodiversidad y abastece de recursos hídricos a la población local, quienes juegan un rol crucial en la preservación de los recursos ecosistémicos acuáticos y terrestres (Correa, 2021). Sin embargo, cada año se han estado evidenciando cambios importantes y significativos dentro de la microcuenca a causa de la expansión urbana, agricultura intensiva, deforestación y variaciones en la precipitación debido al cambio climático. Esta situación afecta negativamente a la población y hábitats que dependen de estos recursos (Ezeudu et al., 2022).

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cómo es el comportamiento del nivel de erosión hídrica (RUSLE) durante el periodo 2018 - 2023 a través de un modelamiento temporal en la microcuenca del río Huaribamba?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el nivel de erosividad de la precipitación (Factor R) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 - 2023?
- ¿Cuál es el nivel de erodabilidad del suelo (Factor K) de la microcuenca del río Huaribamba?
- ¿Cuál es el valor de la longitud y pendiente (Factor LS) de la microcuenca del río Huaribamba?
- ¿Cuál es el cambio de la cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 - 2023?

1.3. Justificación e importancia

La importancia del estudio radica en la necesidad de comprender cómo han variado las dinámicas erosivas a lo largo del tiempo. Esto permite identificar patrones de degradación y zonas críticas que requieren intervención inmediata (Burbano, 2018).

Un análisis temporal de erosión hídrica identifica el cambio positivo o negativo de la degradación del suelo en una microcuenca, lo cual es fundamental para proteger las especies y recuperar los entornos naturales (Abarca, 2007). Es importante resaltar que la erosión del suelo contribuye al cambio climático debido a que se puede liberar grandes cantidades de carbono almacenado ya que la pérdida de suelo fértil y orgánico reduce la capacidad del suelo para capturar carbono y, además, la degradación puede aumentar la respiración del suelo, resultando en una liberación neta de CO₂. La gestión adecuada de la erosión hídrica puede ayudar a mitigar este impacto al mantener el suelo intacto y capturar carbono (Burbano, 2018).

1.3.1. Objetivo general

- Evaluar el comportamiento del nivel de erosión hídrica potencial durante el periodo 2018 - 2023 a través de un modelamiento temporal en la microcuenca del río Huaribamba.

1.3.2. Objetivos específicos

- Calcular el nivel de erosividad (Factor R) de la precipitación en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 - 2023.
- Determinar el nivel de erodabilidad (Factor K) del suelo por erosión de la microcuenca del río Huaribamba.
- Calcular el valor de la longitud y pendiente (Factor LS) de la microcuenca del río Huaribamba.
- Determinar el cambio de la cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 – 2023.

1.4. Formulación de hipótesis

1.4.1. Hipótesis general

- Si existen variaciones significativas interanuales del nivel de erosión hídrica en la microcuenca del río Huaribamba, asociadas a los factores de erosividad de la lluvia (R), erodabilidad del suelo (K), longitud y pendiente de la ladera (LS) y cobertura vegetal (C) durante el periodo 2018 - 2023.

1.4.2. Hipótesis específicas

- El nivel de erosividad de la precipitación (Factor R) en la microcuenca del río Huaribamba presenta variaciones significativas durante los años 2018 - 2023.
- El nivel de erodabilidad del suelo (Factor K) presenta valores altos de erodabilidad en la microcuenca del río Huaribamba, sin embargo, no presenta variaciones significativas ya que es un factor constante.
- La microcuenca del río Huaribamba presenta valores altos de longitud y pendiente (Factor LS), sin embargo, no presenta variaciones significativas ya que es un factor constante.

- La cobertura vegetal (Factor C) de la microcuenca del río Huaribamba presenta variaciones significativas durante los años 2018 – 2023.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

En Ecuador, Jaya (2023) aplicó el modelo RUSLE con el objetivo de evaluar el nivel de erosión en los diferentes tramos de la microcuenca del río Muchacho utilizando los Sistemas de Información Geográfica (SIG). La microcuenca fue clasificada como “alta erosión” debido a la pérdida media de 74,4 t/ha/año, según los datos. Las regiones superiores de la microcuenca, que se distinguen por suelos ralos, escasa cubierta vegetal, pastoreo intenso, pendientes pronunciadas y precipitaciones frecuentes, mostraron tasas de erosión del suelo de medias a extremadamente altas (> 25 t/ha/año). Por otro lado, las regiones bajas con vegetación densa, pendientes moderadas y precipitaciones poco frecuentes mostraron tasas de erosión bajas (0-25 t/ha/año), principalmente en las regiones bajas y centrales de la cuenca. Dado que la tasa de erosión hídrica está directamente correlacionada con variables como la pendiente, la cobertura vegetal, el uso del suelo y la precipitación, el estudio indica que el modelo RUSLE, cuando se combina con SIG, es una herramienta eficaz para la planificación territorial en zonas antropogénicas.

Por otro lado, en Indonesia, Devianti et al. (2023) analizaron cómo las características biofísicas y geológicas de la subcuenca de Krueng Jreu afectan la erosión y sedimentación. Utilizaron el método Gavrilović (Erosion Potential Method – EPM) y calcularon el coeficiente de intensidad de erosión, el volumen anual de erosión, la tasa de sedimentación espacial y la tasa de sedimentación total. Los resultados indicaron que la geología y el uso del suelo tienen una alta sensibilidad al coeficiente de intensidad de erosión. Además, se observó que el volumen de erosión anual y la tasa de sedimentación espacial están directamente relacionados con la temperatura y las precipitaciones, siendo estas últimas las que tienen un impacto más significativo. Se concluyó que las características biofísicas como la geología y el uso del suelo juegan un

papel fundamental en la erosión y sedimentación, mientras que la temperatura y las precipitaciones son factores clave que afectan directamente estos procesos.

En Colombia, Muñoz et al. (2022) realizaron una investigación con el objetivo de calcular la erosión hídrica en siete municipios de la región andina utilizando el modelo RUSLE, evaluando factores R, K, LS, C y P. Para este análisis, se emplearon SIG para caracterizar la región andina colombiana, identificando un territorio con lluvias de alta intensidad, suelos expuestos a pendientes montañosas y prácticas inadecuadas de manejo del suelo, lo que conlleva a la reducción de áreas fértiles. El estudio reveló que el deterioro del suelo exacerbado por precipitaciones que superan los 1 500 mm, resulta en una pérdida promedio de 973 t/ha/año, una cifra que dificulta la regeneración natural de los ecosistemas. Se concluyó que este elevado nivel de erosión ha impulsado la implementación de estrategias de manejo y uso del suelo, como la siembra en curvas de nivel, el uso de compost, la reducción de la agricultura convencional con maquinaria y herbicidas, y la siembra de barreras vegetales, entre otras medidas para mitigar el impacto de la erosión.

En la India, Ganasri y Ramesh (2016) evaluaron la erosión del suelo en la cuenca de Nethravathi utilizando el modelo RUSLE integrado con SIG. El objetivo del estudio fue estimar la erosión del suelo mediante datos de teledetección para calcular parámetros del modelo, incluyendo la erosividad de las precipitaciones, la erosionabilidad del suelo, los factores topográficos y los factores de gestión de cultivos. Los resultados indicaron que la pérdida potencial total anual de suelo en la cuenca fue de aproximadamente 473 339 t/año, lo que es comparable a los resultados del periodo hidrológico 2002-2003, en donde se identificó una pérdida potencia total de 441 870 t/año. El estudio también predijo una tasa de erosión del suelo de 14 673,5 t/año, atribuida al aumento de la superficie agrícola. El mapa de zonas de probabilidad elaborado mostró que la mayoría del área de estudio se encuentra en zonas de baja probabilidad de erosión, con solo una pequeña fracción en zonas de alta y muy

alta probabilidad. El estudio concluye que la erosión del suelo es un problema significativo en la cuenca de Nethravathi, impulsada por la intensificación de la agricultura, la degradación del suelo y otras actividades humanas. El estudio también subraya la necesidad de implementar prácticas de conservación y manejo del suelo para mitigar la erosión en la cuenca.

2.1.2. Antecedentes nacionales

En la cuenca del río Mantaro, que abarca las regiones de Junín, Huancavelica, Ayacucho, Pasco y Apurímac, Correa et al. (2016) evaluaron cómo los cambios climáticos afectan la erosión del suelo en esta región montañosa. Los análisis temporales indicaron que el riesgo actual de erosión en la mayoría de la cuenca es "muy severo" y se espera que este riesgo permanezca estable durante el siglo. A finales del siglo XXI, se proyecta que la tasa media de erosión aumentará progresivamente en las subcuencas del centro y norte, incrementando el riesgo de erosión del suelo. A pesar de un incremento en el potencial erosivo de las precipitaciones, las subcuencas más influenciadas por los Andes experimentarán un riesgo "moderado" de erosión del suelo a lo largo del siglo. Este estudio concluye que el cambio climático A1B conducirá a una disminución significativa de la erosividad de las precipitaciones y a un aumento en las concentraciones pluviométricas durante la estación lluviosa, lo que pondrá en peligro la sostenibilidad ambiental y las futuras actividades agrícolas.

En Tacna, Mejía et al. (2021) evaluaron la erosión del suelo en un área árida empleando los factores R, K, LS, C y P utilizando SIG y los modelos USLE (Modelo Universal de Pérdida de Suelo) y RUSLE. Los resultados obtenidos se clasificaron en categorías de bajo, medio y alto, con tasas que oscilan entre 0 y 50 t/ha/año. El estudio destacó que las estimaciones de erosión obtenidas con el modelo RUSLE fueron mayores que las del modelo USLE para tasas de erosión superiores a 10 t/ha/año, indicando una mayor sensibilidad del modelo RUSLE para áreas con tasas de erosión elevadas.

En San Martín, Camacho y Gomez (2018) investigaron la erosión hídrica en la subcuenca Cumbaza en Perú, el objetivo del estudio fue analizar cómo las precipitaciones máximas influyen en la erosión hídrica utilizando el modelo USLE y los SIG. El estudio empleó un diseño empírico no experimental y examinó 13 áreas de vulnerabilidad erosiva. La evaluación cartográfica identificó tres grupos de vulnerabilidad: el 23,2% presentó alta vulnerabilidad erosiva, el 58,1% vulnerabilidad media, y el 12,1% y el 6,6% vulnerabilidad baja y muy baja, respectivamente. Las tasas de erosión asociadas a estos grupos fueron de 31,40 y 50 t/ha por año. Como alternativas para la conservación de suelos, el estudio propone la reforestación de los claros con especies nativas adaptadas a las condiciones edafoclimáticas de la zona.

En Ancash, Orbegoso y Rodríguez (2018) estimaron la tasa media anual de deshielo en la subcuenca del río Urpay mediante el método de perfil. La investigación delimitó la fisiografía de la subcuenca que tiene una superficie de 5,7 km² y altitudes que varían de 3 034 a 4 561 m.s.n.m. utilizando ArcGIS 10,5. Durante las visitas de campo, se identificaron cuevas edáficas en cada unidad fisiográfica y se comparó la morfología del epipedón con el perfil modal de ONERN (1973). Las pérdidas de suelo, calculadas en toneladas métricas por año, se clasificaron según la FAO y los niveles de erosión de Ramírez (2010) en ligera (<10 t/ha/año), moderada (10-50 t/ha/año), fuerte (50-200 t/ha/año) y muy fuerte (>200 t/ha/año). Las pérdidas de suelo promedio fueron de 3,33 cm en pendientes del 4-15%, 4,37 cm en pendientes del 15-25%, y 4,0 cm en pendientes del 25-50%. La investigación resalta la necesidad de promover prácticas de conservación de suelos entre los agricultores altoandinos para mitigar el cambio climático y la disminución de la productividad agrícola.

2.1.3. Antecedentes regionales

En la región Huancavelica, Alvarez (2019) realizó una investigación con el objetivo de calcular el nivel de erosión hídrica durante los años 2013 y 2017 en

la subcuenca del río Ichu que abarca un área de 138 317,2 ha. Los resultados del método USLE mostraron una notable variación de la tasa de erosión hídrica a lo largo de los dos años, afectada principalmente por la cubierta vegetal y las precipitaciones. En 2013, la tasa máxima fue de 406,98 t/ha/año en 18,1 ha (0,013% del área), mientras que en 2017 aumentó a 554,36 t/ha/año en 25 ha (0,018% del área). Se concluyó que de 2013 a 2017 hubo un incremento notable de la erosión, lo que evidencia procesos acelerados de degradación en zonas vulnerables de la subcuenca.

Complementariamente, en la misma subcuenca, Escobar (2019), llevó a cabo otro estudio con el objetivo de calcular la pérdida anual de tierras mediante la versión revisada de la ecuación RUSLE, incorporando tecnologías de teledetección y herramientas SIG. Se utilizó QGIS 3,2 y scripts de Python para la exploración y el geoprocésamiento de los factores R, K, LS, C y P. A partir de las imágenes del satélite Sentinel 2B, se modificó el uso del suelo para lograr una nueva valoración del factor C, y se sugirieron estrategias de conservación que alteraban el factor P. Los resultados mostraron tasas de pérdida de tierras de entre 22,7 y 23,7 t/ha/año en las condiciones actuales, y una disminución a 21,7-22,1 t/ha/año aplicando medidas de conservación. Este estudio confirma la utilidad de la modelización espacial como herramienta esencial para la planificación territorial y la gestión sostenible de la tierra en las tierras altas de los Andes.

2.2. Bases teóricas y conceptuales

2.2.1. Erosión del suelo

La erosión del suelo es un fenómeno progresivo que ocurre cuando la acción del agua o del viento desplaza y arrastra las partículas del suelo, lo que resulta en su deterioro. Es una preocupación global de gran magnitud, ya que conlleva al deterioro del suelo y a la disminución de la calidad del agua debido a la erosión y al escurrimiento superficial. En algunos casos, la erosión del suelo puede llegar a ser tan grave que la tierra se vuelve inocultable y debe ser

abandonada. La mala gestión del suelo y los recursos naturales ha provocado el declive de muchas civilizaciones agrícolas a lo largo de la historia, lo que sirve como recordatorio de la importancia de proteger nuestros recursos naturales (Al-Kaisi, 2000).

Por otro lado, se hace mención que es un proceso constante que implica el movimiento de la masa de suelo de un lugar a otro bajo la influencia del agua, el viento y la gravedad (Al-Kaisi, 2000). La clasificación de la erosión incluye la erosión natural, provocada por las fuerzas de la naturaleza, y la erosión acelerada, provocada por la actividad antropogénica. Los procesos de erosión causados por las fuerzas de la naturaleza fueron más pronunciados durante la Edad del Hielo, cuando la cubierta vegetal era insignificante (Römken et al., 2002). La aparición de plantas superiores, como las herbáceas y leñosas, limitó en gran medida e incluso contribuyó a superar la acción de los procesos de erosión, acelerando los procesos de formación del suelo y la formación de la cobertura del suelo.

La erosión del suelo es un proceso complejo que incluye el almacenamiento y flujo de lluvia, la infiltración de partículas de suelo y la separación y transporte de estas partículas. Varios factores, incluido el clima, el suelo, la topografía, las técnicas de cultivo y manejo del suelo, las técnicas de control, la historia y el área en cuestión, determinan el tamaño y la importancia de estos procesos. Dado que se ha demostrado que las superficies lisas pierden menos suelo que las superficies rugosas, el papel de la rugosidad de la superficie en la erosión del suelo es crucial. La relación entre la rugosidad de la superficie del río y la cantidad de sedimentos no es monótona (Römken et al., 2002).

Además, la presión de las aguas subterráneas influye poco en la concentración de sedimentos en la escorrentía, pero tiene una influencia menor en las cantidades de escorrentía. El desarrollo de redes de drenaje y la densidad de drenaje pueden ayudar a determinar el impacto de la topografía superficial en los procesos de erosión relacionados con los patrones de flujo. En general, la

comprensión de los factores que influyen en la erosión del suelo es fundamental para desarrollar técnicas eficaces de control de la erosión del suelo (Römken et al., 2002).

2.2.1.1.Erosión laminar

La erosión laminar es la pérdida uniforme de la capa superficial del suelo causada por el agua que fluye sobre la superficie del terreno, afectando grandes áreas sin formar canales visibles. Lo caracteriza factores como el gradiente de inclinación, el tipo de suelo y la intensidad de la lluvia. La pérdida del suelo superior, puede tener un impacto negativo en la fertilidad del suelo y la productividad agrícola. Las prácticas de conservación, como la implementación de cubiertas vegetales o terrazas, pueden ayudar a reducir la erosión laminar al disminuir la velocidad del flujo del agua y fomentar la infiltración (Gottfriedt et al., 2004).

2.2.1.2.Erosión en surcos

La erosión en surcos es una de las formas de erosión hídrica que ocurre en el suelo cuando el agua de lluvia, al escurrir con cierta intensidad y volumen, concentra su flujo en pequeños canales o surcos que se forman en la superficie del terreno. Este tipo de erosión provoca la pérdida de suelo reduciendo o eliminando por completo la concentración de materia orgánica, minerales y microorganismos (Dibal et al., 2015).

La erosión en los surcos es un problema importante en las zonas agrícolas donde se utiliza habitualmente el riego por gravedad. Este tipo de riego implica la aplicación de agua a las parcelas a través de surcos o canales que debido a las fuerzas erosivas del agua sobre la hilera provoca la pérdida de suelo y una reducción del rendimiento de los cultivos. Las actividades humanas pueden acelerar enormemente las tasas de erosión, convirtiéndola en un problema grave asociado con prácticas agrícolas inapropiadas, sobrepastoreo y cambios en el uso de suelo (Chavez et al., 2011).

2.2.1.3.Erosión en cárcava

La erosión en cárcavas es una forma avanzada y severa de erosión hídrica, en la que el agua de escorrentía se concentra y excava canales profundos, anchos y permanentes en el suelo, llamados cárcavas (Alatorre y Beguería, 2013). Debido a su magnitud y persistencia, la erosión en cárcavas requiere medidas integrales de control, que incluyen tanto obras mecánicas de retención (diques, terrazas, gaviones) como la restauración de la cobertura vegetal y la implementación de un manejo sostenible del uso del suelo (Camera, 2018).

2.2.1.4.Erosión de márgenes

La erosión de los márgenes es un fenómeno natural que ocurre cuando el flujo de algún río, alguna corriente de agua arrastra y transporta partículas de suelo y/o sedimentos, provocando la pérdida y degradación de la vegetación y la alteración del paisaje ribereño o quebrada por donde se transportan los sedimentos. Este proceso puede ser acelerado por factores antropogénicos, como la deforestación, el sobrepastoreo y la construcción de infraestructuras cerca de los cuerpos de agua (Basile, 2018).

2.2.1.5.Socavación de la planicie de inundación

La socavación de la planicie de inundación es el proceso de erosión del suelo en las zonas planas adyacentes a un río o quebrada, ocasionado por el desborde y la fuerza del agua durante épocas de crecidas o inundaciones. Puede alterar excesivamente la topografía y la vegetación de una planicie de inundación, afectando los hábitats acuáticos, terrestres y la calidad del agua. Representa una amenaza para las comunidades humanas que dependen de estas áreas para la agricultura, la vivienda y otras actividades económicas (Díaz y Niño, 2023).

2.2.2. Propiedades físicas del suelo

2.2.2.1. Textura del suelo

La textura del suelo se define por las proporciones de arena, limo y arcilla que contiene el suelo y tienen un impacto significativo en diversas propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Saurette, 2022).

La textura del suelo es una propiedad importante de los suelos, definida como la colección de partículas de suelo de diferentes tamaños. Los métodos para analizar el tamaño de los granos del suelo incluyen el tamizado, las pruebas de densidad y el pipeteo, que son bien conocidos y ampliamente utilizados (Paseka, 2022).

2.2.2.2. Capacidad de retención de agua

Se refiere a la cantidad de agua que un suelo puede acumular después de haber infiltrado el exceso por gravedad. Esta propiedad es fundamental y necesaria para la supervivencia de la vegetación (Saurette, 2022).

2.2.2.3. Densidad aparente

Es el peso del suelo seco por unidad de volumen, englobando tanto las partículas sólidas como los espacios porosos que contienen aire o agua. Esta propiedad es una métrica utilizada para expresar la compactación del suelo. Se calcula sin alterar el estado natural del suelo. Además, una densidad aparente baja indica que el suelo es más poroso (suelto), mientras que una densidad aparente alta sugiere un suelo más compacto que puede impedir la penetración de las raíces de las plantas, la infiltración del agua y la circulación del aire (López, 2006).

2.2.2.4. Porosidad

Es el porcentaje del volumen total del suelo que está formado por espacios vacíos que se conoce como porosidad. Estos poros, que pueden contener agua o aire, son esenciales para la capacidad del suelo de retener

la humedad, así como para drenar y hacer circular el aire (Saurette, 2022).

2.2.2.5. Estructura del suelo

Es la disposición de las partículas individuales de arena, limo y arcilla para crear unidades más grandes o agregados se denomina estructura del suelo. Las formas y tamaños de estos agregados influyen en la distribución de los poros del suelo. La estructura del suelo influye en sus características más importantes, como la aireación, la capacidad de retención de agua, la permeabilidad y la facilidad de penetración de las raíces. Un mejor desarrollo de las plantas es posible gracias a una composición equilibrada del suelo que permite una retención adecuada del agua y el aire (Saurette, 2022).

2.2.3. Métodos para la estimación de pérdidas de suelo

2.2.3.1. Métodos indirectos

Los métodos indirectos para evaluar la erosión hídrica son enfoques que se apoyan en la observación y medición de factores asociados con la erosión, en lugar de realizar mediciones *in-situ*. Estos métodos proporcionan estimaciones o indicadores de la erosión hídrica basándose en variables relacionadas con el suelo, la vegetación, el clima y otros factores. Además, ayuda en la planificación del uso del suelo de manera eficiente y económica. No obstante, este método presenta limitaciones ya que solo otorga una visión generalizada de un área en específico, y su objetividad se rige en la veracidad del material utilizado (León, 2003).

2.2.3.2. Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE)

El modelo RUSLE nos permite estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica. Este modelo considera factores como pendiente, tipo de suelo, cobertura vegetal y erosividad de la lluvia. A diferencia del modelo

USLE, este permite integrar datos satelitales como el NDVI y ser aplicado en entornos SIG. Su uso facilita la planificación de medidas de conservación y la gestión sostenible del suelo en áreas vulnerables. (Alvarez, 2019).

2.2.4. Bases conceptuales

- **Erosión hídrica:** Proceso de desgaste y transporte de suelo y sedimentos causado por la acción del agua, ya sea por lluvias intensas, escorrentía superficial u otros fenómenos relacionados con el agua (Alvarez, 2019).
- **Microcuenca:** Es una unidad geográfica más pequeña dentro de una subcuenca hidrográfica. Se trata de un área específica drenada por un sistema de ríos o arroyos que convergen hacia un único punto de salida (Savenije et al., 2014).
- **Modelamiento temporal:** Es el desarrollo y uso de modelos matemáticos o computacionales para representar y simular procesos a lo largo del tiempo con el fin de comprender y prever cambios en fenómenos naturales o sistemas (Mazzetti y Nativi, 2024).
- **SIG:** Es un sistema que integra datos geoespaciales para analizar, visualizar y entender patrones y relaciones espaciales. Permite trabajar con información geográfica de manera eficiente (Alvarez, 2019).
- **Hidrología:** Es la ciencia que se ocupa del estudio del ciclo del agua en el planeta, abarcando aspectos como distribución, desplazamiento y su estado de calidad (Savhenije et al., 2014).
- **Geomorfología:** Se encarga del estudio de las formas del suelo o la superficie terrestre, así como fenómenos de erosión, sedimentación y deformación del relieve (Posada y Henao, 2008).
- **Cobertura vegetal:** La cantidad y tipo de vegetación que cubre una determinada área terrestre como bosques, pastizales, cultivos u otros tipos de plantas (Ugsha, 2023).

- **Pendiente:** La pendiente del terreno se puede describir como el grado de inclinación del terreno teniendo en cuenta altura y la distancia que existe horizontalmente. Es un factor determinante en la velocidad del escurrimiento y en la susceptibilidad a la erosión del suelo (Moore y Burch, 1986).
- **Uso de suelo:** La clasificación y distribución de las actividades humanas en un área determinada, como la agricultura, la urbanización, la forestación, etc. (Torres et al., 2014).
- **Terrazas:** Estructuras escalonadas construidas en laderas para controlar la velocidad del escurrimiento y así evitar la erosión del suelo (Caro, 1965).
- **Riesgo de erosión:** Probabilidad de que ocurra la pérdida de suelo debido a la acción de factores hídricos, eólicos u otras influencias (Orúe et al., 2007).
- **Sedimentación:** Acumulación de sedimentos, como partículas de suelo, en una determinada área, generalmente causada por la acción del agua (Moore y Burch, 1986).
- **Prácticas de conservación de suelos:** Métodos y técnicas que se emplean para evitar o reducir la erosión del suelo y mejorar su calidad, tales como el cultivo rotatorio, uso de cobertura vegetal y la construcción de terrazas (Cortés y Osorio, 2019).
- **Monitoreo continuo:** Vigilancia constante y sistemática de un fenómeno o proceso a lo largo del tiempo para obtener datos precisos y actualizados (Bogen, Walling y Day, 1992).

2.2.5. Base legal

- Ley General del Ambiente (Ley N.º 28611)

Define el marco jurídico para la salvaguarda del medio ambiente y el uso sostenible de los recursos naturales. El artículo 75 establece que el Estado tiene la obligación de prevenir el deterioro de los suelos, incluida la erosión,

para mantener su capacidad productiva y ecológica. Esta legislación apoya el análisis de la pérdida de suelos por erosión hídrica como medida preventiva para preservar los ecosistemas en microcuencas altoandinas, como la del río Huaribamba (MINAM, 2005).

- Ley de Recursos Hídricos (Ley N.º 29338)

Promueve la gestión integrada de los recursos hídricos a nivel de cuenca. El artículo 81 dicta que el Estado tiene la obligación de salvaguardar las cuencas hidrográficas, los suelos y los ecosistemas vulnerables promoviendo acciones que prevengan la erosión. La evaluación del riesgo de erosión en este estudio responde directamente a este mandato al identificar áreas de atención prioritaria para la conservación y restauración de suelos (MINAM, 2009).

- Decreto Supremo N.º 001-2010-AG – Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos

Herramientas técnicas y metodológicas específicas para la gestión del agua, como el análisis de vulnerabilidad y degradación del suelo. Reconoce la importancia de la investigación con herramientas como EUPS y SIG para la toma de decisiones territoriales, tal y como se ha implementado en este trabajo de tesis (MINEM, 2010).

- Política Nacional del Ambiente (Decreto Supremo N.º 012-2009-MINAM)

Define como una de sus prioridades la preservación y recuperación de los suelos deteriorados. Incentiva la aplicación de datos científicos, análisis espaciales y zonificación ecológica para mitigar procesos como la erosión. Esta tesis se alinea con las orientaciones técnicas sugeridas por esta política (MINAM, 2009).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo de investigación

Esta investigación es de tipo aplicada ya que los resultados obtenidos sobre la erosión hídrica en la microcuenca del río Huaribamba no solo generan conocimiento, sino que también constituyen una información valiosa para la gestión ambiental y la toma de decisiones en conservación de suelos y planificación del territorio. Asimismo, es no experimental porque las variables de estudio como R, K, P, LS y C ya han ocurrido y no pueden ser manipuladas; el análisis se realiza a partir de datos secundarios y registros obtenidos en los años 2018 y 2023. En este enfoque, el investigador se limita a observar y analizar la información existente para comprender las relaciones entre los factores que influyen en la erosión hídrica (Kaplan, 2012).

3.2. Nivel de investigación

El estudio se enmarca en un nivel descriptivo, dado que se caracterizó el comportamiento de la erosión hídrica en la microcuenca del río Huaribamba durante 6 años (2018-2023). Asimismo, mediante el uso de herramientas como el SIG, el estudio incorpora un componente predictivo, orientado a la determinación de zonas críticas con mayor susceptibilidad a procesos erosivos. De esta manera, además de generar conocimiento científico, la investigación aporta un enfoque aplicado, al brindar insumos relevantes para la gestión ambiental y la planificación del uso sostenible del territorio (Fatmawati, 2022).

3.3. Método de investigación

Se empleó un enfoque cuantitativo, ya que el estudio se basa en la recolección, procesamiento y análisis de datos numéricos relacionados con la cobertura vegetal, la precipitación, el tipo de suelo y la pendiente. Según Yoon (2023), este enfoque permite describir e interpretar condiciones existentes, identificar relaciones entre variables y generar información objetiva para la toma de decisiones. En esta investigación, se aplicaron herramientas como SIG y el método RUSLE, lo que permitió describir el comportamiento de la erosión hídrica y predecir zonas críticas con mayor susceptibilidad a procesos erosivos.

3.3.1. Ecuación RUSLE

Para desarrollar la investigación descriptiva se empleó la ecuación RUSLE (Renard, 1997), el cual se ha calculado a partir de cinco factores: la erosividad del escurrimiento (R), la erosionabilidad del suelo (K), la cobertura vegetal (C), la práctica de conservación (P) y la topografía (LS).

El SIG es la herramienta principal en este estudio. Con ArcGIS, se georreferenciaron, digitalizaron e interpretaron los mapas para delimitar el área de estudio utilizando un modelo digital de elevación (DEM). Posteriormente, se integraron los mapas y datos en ArcGIS para mapear y modelar la información.

3.3.2. Datos y fuente

Los datos se recopilaron de varias fuentes, así como indica la Tabla 1.

Tabla 1

Fuentes de datos y descripción

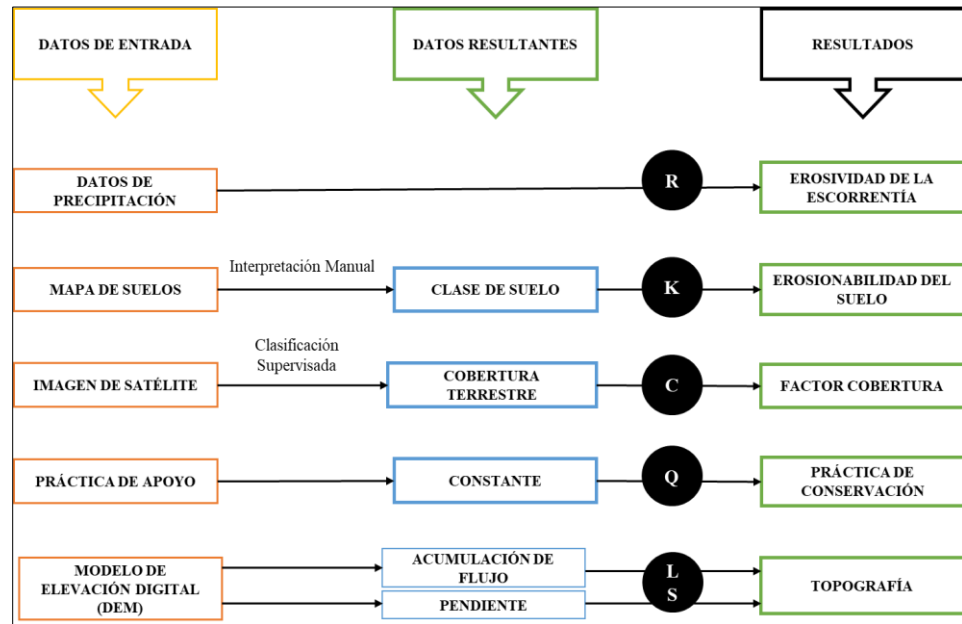
Factor	Fuente de datos	Software
R	Datos de estaciones meteorológicas del SENAMHI interpolados en ArcGIS (IDW) para crear mapas de erosividad de la lluvia.	ArcGIS
LS	DEM de 12,5 m del satélite ALOS PALSAR, procesado en ArcGIS para calcular pendientes y longitudes del terreno.	ArcGIS
K	Mapa de suelos interpretado en ArcGIS para calcular la erodabilidad del suelo y el factor K.	ArcGIS
P	Datos sobre prácticas de conservación del suelo en ArcGIS para asignar valores al factor P, en este caso de le atribuyó el valor de 1 en vista que no existe bibliografía que nos permita categorizar el factor P (Zapata, 2023).	ArcGIS
C	Teledetección con imágenes ALOS PALSAR procesadas en ENVI y clasificadas en ArcGIS para análisis de cobertura vegetal y NDVI.	ArcGIS

Fuente: Elaboración propia (2025).

- **Para el factor R:** se utilizaron estaciones meteorológicas del SENAMHI para el periodo 2018 al 2023. Los valores de R se calcularon con el índice modificado de Fournier (IMF) a partir de los datos de precipitación media anual de las estaciones meteorológicas. Los valores de R fueron interpolados espacialmente utilizando ArcGIS, mediante métodos de IDW. Este proceso permitió generar un mapa de erosividad de la lluvia, incluso en áreas donde no se contaba con datos registrados.
- **Para el factor LS:** se requirió un DEM con una resolución de 12,5 m. El DEM fue obtenido del satélite ALOS PALSAR (2011). Posteriormente, el DEM fue procesado en el software ArcGIS para calcular las pendientes y longitudes del terreno, lo cual fue esencial para determinar el factor LS. Este análisis permitió generar mapas detallados de pendientes y perfiles topográficos de la microcuenca.
- **Para el factor K:** se recolectaron muestras de suelo en diferentes puntos de la microcuenca y fueron analizadas en laboratorio para determinar su granulometría, contenido de materia orgánica y estructura. Posteriormente, se calculó el factor K mediante fórmulas empíricas que reflejan la susceptibilidad del suelo a la erosión bajo condiciones estándar de lluvia y pendiente. Finalmente, estos datos fueron interpolados en ArcGIS para elaborar un mapa de erodabilidad del suelo.
- **Para el factor P:** Usualmente se recurre a fuentes bibliográficas para poder atribuir valores numéricos para poder caracterizar una microcuenca, sin embargo, para este estudio este factor se consideró como una constante, pues no existen antecedentes para determinarlo (Zapata, 2023).
- **Para el factor C:** se empleó teledetección mediante imágenes satelitales LANDSAT 8-9 del geoservidor Earth Explorer (USGS) con un porcentaje de nubosidad menor al 15%. Estas imágenes fueron procesadas en Arcgis para clasificar los diferentes tipos de cobertura vegetal y uso del suelo. Se calculó el índice NDVI con el fin de cuantificar la densidad de la vegetación y posteriormente el factor C durante los 6 años.

Figura 1

Diagrama descriptivo de la metodología.



Fuente: Elaboración propia (2025).

3.3.3. El modelo RUSLE

Se calculó multiplicando los factores R, K, LS, C y P con la calculadora ráster del ArcGis (*Spatial Analyst Tools >Map Algebra >Raster Calculator*).

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

Donde:

A: Pérdida de Suelo conmutada por unidad de área por año.

R: Factor de erosividad del Esguerrimiento.

K: El factor de erosionabilidad del suelo.

LS: Longitud de la Pendiente y el factor de inclinación (topografía).

C: Factor de cobertura Vegetal.

P: Factor de práctica de conservación.

Luego los valores se reclasificaron (*Spatial Analyst Tools >Reclass >Reclassify*) de acuerdo a la Tabla 2:

Tabla 2

Clasificación de la erosión hídrica.

Nivel	Pérdida de suelo (t/ha/año)
Erosión muy baja	0 – 1
Erosión Baja	1 – 5
Erosión media	5 – 10
Erosión alta	10 – 50

Fuente: Pham et al., (2018)

3.3.4. Factor de erosividad de las precipitaciones (R)

Para calcular el factor R se utilizó datos de precipitaciones mensuales del 2018 al 2023 para luego determinar la precipitación media anual, posteriormente, se calculó el índice modificado de Fournier (IFM):

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{P}$$

Donde:

IMF: Índice de Fournier modificado, en (mm).

P_i: Precipitación media registrada durante un mes específico (mm).

P: Cantidad promedio de lluvia durante todo el año (mm).

La relación entre el IMF y el factor R ha mostrado mayor precisión cuando se aplican técnicas de ajuste e interpolación espacial, tal como se evidencia numerosos estudios de campo (Crettaz et al., 2016). En este caso, los valores del factor R se calcularon mediante la siguiente fórmula empírica:

$$R = 21,56 \times IMF^{0,927}$$

En este estudio se empleó el método de interpolación Inverse Distance Weighting (IDW), ya que, pese a su simplicidad, ofrece resultados comparables a los métodos como el Kriging sin la necesidad de tener una alta densidad de estaciones meteorológicas. Algunas investigaciones demuestran que el IDW puede ser igual de eficiente que métodos geoestadísticos más complejos, incluso en cuencas con redes pluviométricas limitadas (Shope y Maharjan, 2015). Por ello, considerando que en la microcuenca solo se dispone de tres estaciones dentro de un radio de 15 km, el IDW fue la opción más adecuada para estimar la distribución espacial del factor R.

3.3.5. Erosionabilidad del suelo (K)

De acuerdo a Beretta y Carrasco (2017), el factor de erodabilidad del suelo (K) mide el nivel de susceptibilidad del suelo a la erosión. Los suelos con alto contenido de limo o arena son más propensos a la erosión porque tienen menor cohesión. Sin embargo, la presencia de arcilla y limo puede reducir la erosión al mejorar la cohesión y la capacidad de retención de agua del suelo. También señala que una cantidad excesiva de arcilla puede limitar el factor K, ya que puede compactar el suelo y aumentar la escorrentía en algunas condiciones. Esta información es importante para evaluar y gestionar el riesgo de erosión en suelos.

El tipo de muestreo para determinar este factor fue de tipo intencional dirigido, ya que se utilizó la ZEE del tipo de uso de suelo de la región de Huancavelica en formato *Shapefile* del geo-servidor (GEO GPS PERÚ), esta metodología fue aplicada por algunos autores como Alvarez (2019). Así mismo, el mismo autor indica que debe extraerse la capa superficial del suelo, específicamente la zona arable comprendida entre los 0 y 40 centímetros de profundidad. La extracción se realizó en un área aproximada de 15 por 15 centímetros, lo cual permite obtener, en promedio, una muestra con un peso cercano a un kilogramo.

El factor K, en tal sentido, muestra las propiedades físicas y químicas del suelo, que determinan la resistencia de un tipo de suelo específico (Renard, 1997), y

se calcularon por el método establecido por Williams, en donde K_{USLE} es la multiplicación de los siguientes factores:

$$K_{USLE} = f_{csand} \times f_{cl-si} \times f_{orgc} \times f_{hisand}$$

Donde:

- ✓ f_{csand} : es un factor que disminuye el valor del coeficiente K cuando el suelo contiene mucha arena gruesa, pero lo incrementa si la cantidad de arena es baja.
- ✓ f_{cl-si} : asigna una menor capacidad de erosión a los suelos donde predomina la arcilla sobre el limo.
- ✓ f_{orgc} : disminuye el valor de K en aquellos suelos con una proporción muy elevada de arena total.
- ✓ f_{hisand} : atenúa el valor de K en suelos con alto contenido de materia orgánica.

Además, cada factor se calculó con las siguientes fórmulas:

$$f_{csand} = \left(0,2 + 0,3 \times \exp \left[-0,256 \times m_s \times \left(1 - \frac{m_{silt}}{100} \right) \right] \right)$$

$$f_{cl-si} = \left(\frac{m_{silt}}{m_c + m_{silt}} \right)^{0,3}$$

$$f_{orgc} = \left(\frac{0,256 \times orgC}{orgC + \exp[3,72 - 2,95 \times orgC]} \right)$$

$$f_{hisand} = \left(1 - \frac{0,7 \times \left(1 - \frac{m_s}{100} \right)}{\left(1 - \frac{m_s}{100} \right) + \exp \left[-5,51 + 22,9 \times \left(1 + \frac{m_{silt}}{100} \right) \right]} \right)$$

Donde:

- ✓ m_s : porcentaje de arena (partículas de 0,05 a 2 mm).
- ✓ m_{silt} : porcentaje de limo (partículas de 0,002 a 0,05 mm).

- ✓ m_c : porcentaje de arcilla (partículas menores a 0,002 mm).
- ✓ $orgC$: porcentaje de carbono orgánico en el suelo.

Luego se multiplicaron K_{USLE} por un factor de corrección (0,1317) para determinar el FACTOR K:

$$FACTOR K = 0,1317 \times K_{USLE}$$

Para el cálculo del factor K se aplicó un diseño de muestreo estratificado, seleccionando un punto en cada una de las 10 clases de uso de suelo identificadas en el Geoservidor del Perú. Esta metodología permitió representar la variabilidad espacial de la microcuenca, considerando que el valor de K varía significativamente según la cobertura y el uso del suelo, tal como se evidenció en estudios previos realizados en regiones semiáridas (Luo, et al., 2022).

Además, el factor K, se calculó únicamente una vez, ya que representa una propiedad inherente y constante del suelo. Este valor se obtiene de mediciones realizadas en parcelas estándar (*unit plots*) que se mantienen en barbecho continuo durante un periodo prolongado, preferiblemente de unos 10 años, con el fin de reflejar únicamente la capacidad natural del suelo para erosionarse. Este factor no debe modificarse por prácticas de manejo o por el aumento de materia orgánica, pues dichos efectos ya se consideran en otros factores del modelo, como el de cobertura (C) (USDA-NRCS, 2001). Por ello, una vez calculado, el factor K se mantuvo fijo y fue utilizado en todas las estimaciones de pérdida de suelo en la investigación.

3.3.6. Topografía (LS)

Para determinar el factor LS se empleó el método de Moore y Burch (1986) ya que permite calcular de manera continua en terrenos con pendientes y longitudes de flujo variables. A diferencia del método de Wischmeier y Smith (1978), que está basado en parcelas experimentales con condiciones uniformes,

Moore y Burch incorporan un enfoque más flexible que aprovecha las capacidades del análisis espacial en ArcGIS.

El primer paso es la preparación del DEM, asegurando su corrección topográfica mediante la herramienta *Fill* (*Spatial Analyst Tools > Hydrology > Fill*), eliminando depresiones espurias que puedan alterar la dirección del flujo. Posteriormente, se calcula la pendiente del terreno utilizando la herramienta *Slope* (*Spatial Analyst Tools > Surface > Slope*) en grados y en porcentaje, configurando la salida en grados. A continuación, se determina la dirección y acumulación del flujo utilizando las herramientas *Flow Direction* y *Flow Accumulation* dentro de *Hydrology*. Estas capas permiten modelar la dinámica del agua sobre la superficie del terreno, identificando las áreas donde se concentra la escorrentía.

El factor LS se obtiene multiplicando los factores L y S (Moore y Burch (1986):

$$LS = L \times S$$

En ArcGIS, se implementa la ecuación combinada:

$$LS = \left(\left(\frac{\text{Flow Acc} \times \text{CellSize}}{22,13} \right)^{0,4} \right) \times \left(\left(\frac{\sin(\text{Slope_Radians})}{0,0896} \right)^{1,3} \right)$$

El resultado se guarda como *Factor_LS_Huaribamba*, generando un ráster que representa la influencia topográfica en la erosión hídrica dentro de la microcuenca, estos valores se clasificaron de acuerdo a la Tabla 3:

Tabla 3*Clasificación del factor topográfico (LS).*

Clase	Valor	Clasificación del factor LS
1	< 1,50	Muy bajo
2	1,50 – 3,00	Bajo
3	3,00– 5,00	Moderado
4	5,00 – 7,00	Alto
5	>7,00	Muy alto

Fuente: Lu et al., (2020).

Es importante indicar que el factor LS es una constante en el presente estudio, puesto que la microcuenca no ha sufrido cambio topográficos extremos ni significativos. Esto se fundamenta en la afirmación de Pulido (2021), quien indica que el facto LS calculado a partir de un DEM puede mantenerse constante siempre en cuento la topografía no cambie sustancialmente, como se evidencio en su análisis temporal de 1986 al 2018, en donde lo factores de LS, P y K se mantuvieron constantes durante esos 32 años.

3.3.6.1. Factor L

El factor L mide la influencia de la longitud de la pendiente en la erosión y se calcula con la ecuación:

$$L = \left(\frac{\lambda}{22,13} \right)^{0,4}$$

Donde:

- λ : Longitud del flujo superficial en metros (obtenida del ráster de acumulación de flujo y la resolución del DEM).
- **22,13**: Longitud estándar de referencia en metros.
- **0,4**: Exponente ajustado basado en Moore y Burch (1986).

En ArcGIS, este cálculo se realiza con la siguiente expresión en la calculadora ráster:

$$L = \left(\frac{\text{Flow Acc} \times \text{CellSize}}{22,13} \right)^{0,4}$$

3.3.6.2. Factor S

El factor S representa la inclinación del terreno y su influencia en la erosión hídrica que se expresa como:

$$S = \left(\frac{\sin(\text{Slope_Radians})}{0,0896} \right)^{1,3}$$

Donde:

- **Slope_radians:** Pendiente en radianes (convertida de grados utilizando la ecuación:

$$\text{Slope_Radians} = (\text{Slope_Huaribamba} \times \frac{\pi}{180})$$

- **0,0896:** Pendiente de referencia en radianes que es igual a 5,16°.
- **1,3:** Exponente ajustado en función de la relación pendiente-erosión determinada por Moore y Burch (1986).

En ArcGIS, se ingresa la siguiente ecuación en la calculadora ráster:

$$S = \left(\frac{\sin(\text{Slope_Radians})}{0,0896} \right)^{1,3}$$

La geomorfología del área de estudio contribuye significativamente a la erosión del suelo a través de la longitud de la pendiente (L) y la pendiente de inclinación (S) (Da Cunha,

2017). El factor LS se estimó aplicando la ecuación desarrollada por (Moore y Burch, 1986).

$$LS = \left(\text{Flow accumulation} \times \frac{\text{cell size}}{22,13} \right)^{0,4} \times \left(\frac{\sin\text{Slop}}{0.0896} \right)^{1,3}$$

Donde:

- Flow Accumulation: Agua acumulada en cada celda.
- Cell Size: Tamaño de cada celda del mapa.
- sin(Slope): Seno del ángulo de pendiente.

El DEM utilizado en este estudio tiene una resolución de 12,5 m y la pendiente es en porcentaje. La acumulación de flujo se calcula a partir de la dirección del flujo. La pendiente es una de las características topográficas más importantes que afectan la erosión del suelo. La longitud y la pendiente son el otro factor principal para estimar la pérdida de suelo que mide la capacidad de transporte de sedimentos del flujo. La aplicación numérica de la ecuación LS nos permitió ver el factor LS (Guerra et al., 2017).

3.3.7. Práctica de conservación (P)

El Factor de Prácticas de Conservación (P) es fundamental en el método RUSLE para mostrar cómo las técnicas de conservación del suelo pueden reducir los impactos de la erosión hídrica. En este estudio, se estableció un valor de $P = 1$ para la microcuenca del río Huaribamba, lo que significa que no se aplican prácticas de conservación del suelo, como terrazas, cultivo en contorno o barreras vivas. Según Zapata (2023), esta cifra indica que no se ha logrado disminuir la tasa de erosión potencial a causa de la intervención humana, lo que permite que la erosión dependa únicamente de los factores naturales R, K, LS y C.

Esta situación coloca a la microcuenca en un nivel elevado de vulnerabilidad ante la erosión, subrayando la urgencia de adoptar medidas efectivas de

conservación del suelo para reducir la pérdida de tierras y salvaguardar la sostenibilidad de los recursos naturales. En este contexto, la ausencia de prácticas de conservación también presenta una oportunidad estratégica para futuras acciones e iniciativas en la elaboración de políticas de gestión integral de la microcuenca.

3.3.8. Cobertura vegetal (C)

Para calcular el factor de cobertura vegetal (C) se descargó imágenes satelitales Landsat 8-9 de la plataforma *USGS Earth Explorer* de la época seca (de junio a setiembre) del periodo 2018 hasta el 2023, en los cuales se empleó el índice de vegetación normalizado (NDVI), esto permitió estimar la cobertura vegetal mediante las bandas espectrales correspondientes al rojo (B4) e infrarrojo cercano (B5).

La fórmula para calcular el NDVI en ArcGIS es la siguiente:

$$NDVI = \frac{Float(B5 - B4)}{Float(B5 + B4)}$$

Donde:

- ✓ **B5:** NIR - Infrarrojo Cercano
- ✓ **B4:** Red - Rojo Visible

Los valores del NDVI tienen que encontrarse dentro del rango de -1, 0 y 1. Dichos valores se reclasificaron (*Spatial Analyst tools > Reclass > Reclassify*) de acuerdo a la Tabla 4 para poder interpretarlos de forma más sencilla:

Tabla 4

Reclasificación de valores NDVI

CLASIFICACIÓN	VALOR
Nubes y agua (NA)	<0,01
Suelo sin vegetación (SV)	0,01 – 0,1
Vegetación ligera (VL)	0,1 – 0,2
Vegetación mediana (VM)	0,2 – 0,4
Vegetación alta (VA)	>0,4

Fuente: López et al., (2015).

Luego de haber determinado el NDVI se calcula el factor C con la calculadora ráster (*Spatial Analyst Tool > Map Algebra > Raster calculator*) en donde se inserta la siguiente ecuación:

$$\text{Factor } C = \frac{1 - NDVI}{2}$$

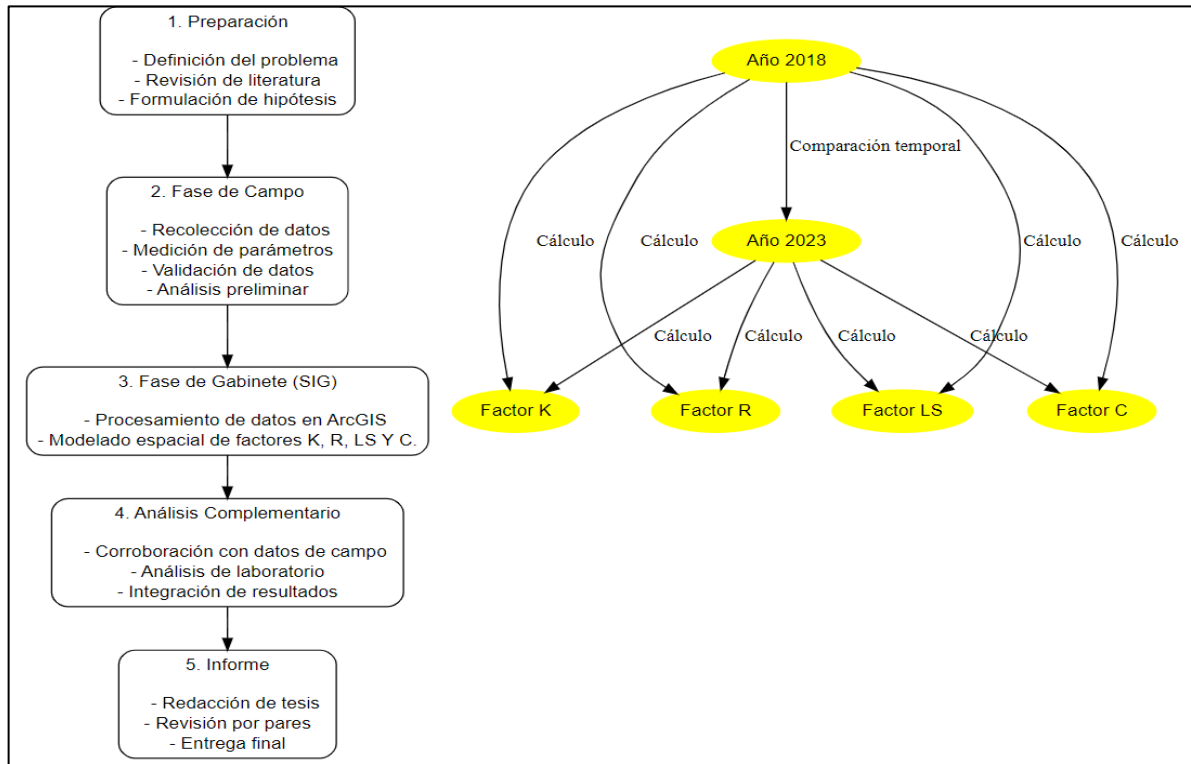
Esta ecuación permite transformar los valores de NDVI en un índice de susceptibilidad a la erosión, donde valores bajos de C indican áreas con vegetación densa y menor riesgo de erosión, mientras que valores altos representan zonas con menor cobertura vegetal y mayor vulnerabilidad a la erosión hídrica (Ayalew et al., 2020).

3.4. Diseño de investigación

El estudio empleó un diseño no experimental de tipo longitudinal, ya que las variables se observaron y analizaron tal como ocurrieron en su contexto natural. Este enfoque nos permitió evaluar el comportamiento de la erosión hídrica considerando los factores R, K, LS y C. La elección de este diseño responde a la necesidad de identificar cambios, tendencias y patrones a lo largo de varios años, lo cual no sería posible mediante un diseño transversal, que solo describe la situación en un único momento.

Figura 2

Esquema del diseño metodológico



Fuente: Elaboración propia (2025).

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

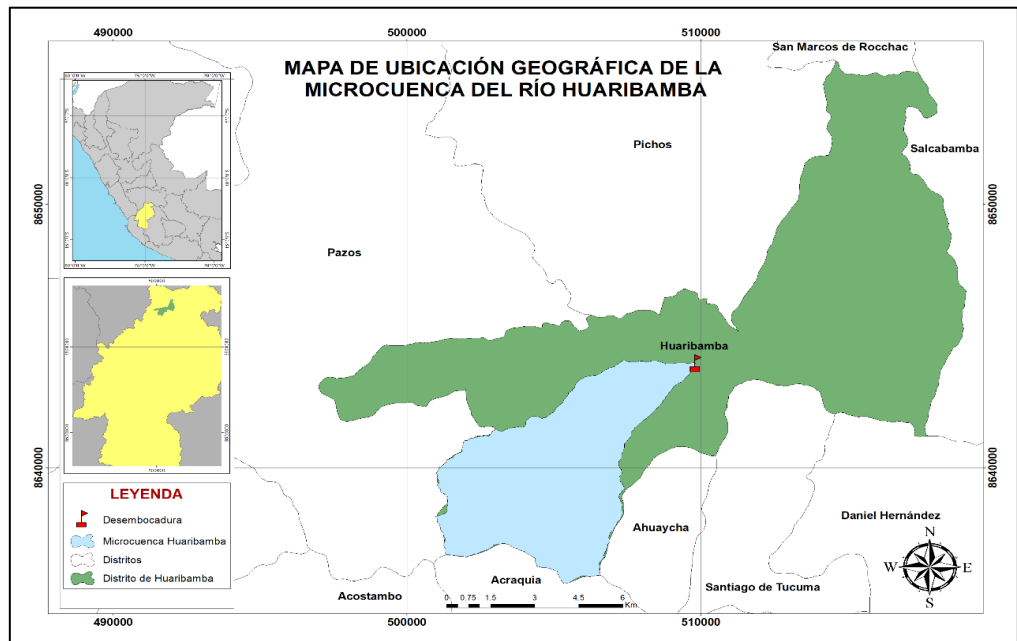
La población de la investigación abarca a toda la cuenca del Mantaro, que se conforma por una superficie de 1 541 000 hectáreas. Esta cuenca es una extensa área geográfica en la parte central de Perú, que se encuentra principalmente en las regiones de Junín y Huancavelica. Esta cuenca hidrográfica está conformada por el río Mantaro y sus afluentes, y desempeña un papel crucial en el sistema hidrológico del país, incluyendo sus importancias sobre la agricultura y el bienestar mismo de la población.

3.5.2. Muestra

La muestra se constituye por la microcuenca del río Huaribamba (aprox. 3 719 ha), perteneciente a la cuenca del río Mantaro. Su delimitación se realizó en el software ArcGIS, aplicando el método de dirección del flujo a partir de un DEM.

Figura 3

Mapa de ubicación de la muestra (microcuenca del río Huaribamba)



Fuente: Elaboración propia (2025).

3.5.3. Muestreo

Se utilizó un tipo de muestreo no probabilístico o intencional. Este método implica seleccionar elementos de la población sin conocer su probabilidad de selección. A diferencia del muestreo probabilístico, donde cada elemento tiene una probabilidad conocida de ser elegido, el muestreo no probabilístico se basa en decisiones subjetivas o en la disponibilidad de los elementos (Parra y Vásquez, 2017).

3.6. Identificación y operacionalización de variables

3.6.1. Variable dependiente

- Nivel de erosión hídrica (t/ha/año) en la subcuenca del río Huaribamba.

3.6.2. Variable independiente

- Factores (R, P, K, LS, C)

Tabla 5

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	OPERACIONALIDAD	INDICADORES	INSTRUMENTO
DEPENDIENTE	Tasa de erosión hídrica (t/ha/año)	Es la cantidad de suelo que se pierde por acción del agua sobre una determinada superficie durante un periodo de tiempo. Se expresa generalmente en toneladas por hectárea por año y se estima utilizando la ecuación RUSLE (Moore y Burch, 1986).	Cálculo mediante la multiplicación de los factores R, K, LS, C y P. Los resultados se expresan espacialmente en mapas temáticos.	Tasa de pérdida de suelo (t/ha/año).	ArcGIS, resultados del cálculo de factores R, K, LS, C y P.
INDEPENDIENTE	Factor R (Erosividad de las lluvias)	La erosividad de la lluvia se refiere a la fuerza erosiva de las precipitaciones y a su capacidad para provocar la erosión del suelo. Es esencial para comprender y reducir la erosión del suelo. Los conjuntos de datos reticulares sobre precipitaciones obtenidos mediante teledetección han brindado la oportunidad de investigar la erosividad de las precipitaciones durante un largo periodo de tiempo en grandes áreas y de abordar las limitaciones de las estimaciones basadas en puntos de datos (Pham et al.,2018).	Medición de la cantidad y distribución temporal de las precipitaciones. Utilizar pluviómetros y registradores de lluvia. Los datos se interpolarán utilizando el método IDW para crear los mapas.	Mapa de erosividad de la lluvia (nivel de erosividad de la lluvia) (MJ mm/ha/h año).	Estaciones meteorológicas, ArcGIS (IDW).
	Factor K (Erosividad del suelo)	La erosividad del suelo es la capacidad de la lluvia de causar desgaste del suelo desde una superficie durante una tormenta. Es una medida del poder erosivo de la lluvia y está influenciada por factores como la intensidad, duración y frecuencia de la lluvia. La erosividad de las precipitaciones es un factor determinante para determinar el riesgo de erosión del suelo y se utiliza para calcular la pérdida potencial de suelo en diferentes áreas	Cálculo del potencial de erosión del suelo, teniendo en cuenta la intensidad de las lluvias, el tipo de suelo y la cobertura vegetal. Además, se utiliza un modelo para predecir cómo esta erosión se desarrollará en el futuro.	Mapa de erodabilidad del suelo (nivel de erosividad del suelo) (t/ha MJ mm).	Hidrómetro, Mapa de suelos, ArcGIS.
	Factor LS (Topografía)	La topografía es el estudio de un área de la superficie terrestre, específicamente la pendiente o contorno del terreno. Implica comprender las diferencias de elevación entre las curvas de nivel y proporciona un modelo tridimensional del relieve de la superficie del terreno (Moore y Burch, 1986).	Modelo de Elevación Digital (DEM) de 12.5 m del satélite ALOS PALSAR. Procesamiento en ArcGIS para realizar el levantamiento topográfico y calcular pendientes y longitudes del terreno.	Pendiente (%) Longitud de la pendiente (m).	DEM (ALOS PALSAR), ArcGIS.
	Factor C (Cobertura Vegetal)	La cobertura vegetal es un componente esencial ya que su variabilidad y valor ecológico exigen estrategias de conservación y gestión específicas. El indicador de cobertura se convierte en una herramienta útil para medir y estudiar la cobertura vegetal, permitiendo evaluar su estado y tomar decisiones informadas para su manejo sostenible (Pham et al.,2018).	Mapeo detallado de la cobertura vegetal utilizando imágenes de satélite, SIG y técnicas de teledetección.	Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI).	Imágenes Landsat 8-9, ArcGIS.
	Factor P (Práctica de Conservación)	La práctica de la conservación implica la aplicación de principios o teorías de conservación para abordar diversas cuestiones de conservación, que van desde la gestión de la naturaleza hasta la influencia en las políticas públicas y los comportamientos privados, desde comunidades locales hasta órganos rectores internacionales (Zapata, 2023).	Se le atribuye el valor constante 1 en vista que no existe bibliografía que nos permita atribuir valores numéricos al factor P (Zapata, 2023)	-	-

Fuente: Elaboración propia (2025).

3.7. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.7.1. Recolección de datos

Existen diversas técnicas para la recolección de datos, no obstante, la elección de la técnica adecuada dependerá del tipo de datos que se buscan, los objetivos de la investigación y los recursos disponibles.

Por lo tanto, en este estudio se aplicó la observación directa. Ya que aquí, el investigador observa y registra eventos, comportamientos o situaciones en tiempo real sin intervenir en el proceso natural que está siendo observado. Esta técnica es valiosa para obtener información detallada y objetiva sobre el comportamiento de las personas, los fenómenos naturales o cualquier otro aspecto que pueda ser observado directamente (González, 2005). En ese sentido, en la investigación se analizó el comportamiento de la erosión hídrica del periodo 2018 al 2023, sin intervenir o realizar una acción de mitigación. Para ello, se emplearon los siguientes recursos:

- Registros meteorológicos
- El índice de Fournier modificado (IFM)
- DEM
- Imágenes Landsat 8-9
- Distribución espacial del factor de erosionabilidad

3.7.2. Instrumentos de recolección de datos

- **Para factor (R):** Se descargaron datos meteorológicos correspondientes al 2018-2023 del SENAMHI. Esta base de datos nos permitió determinar el factor R (erosividad de las lluvias) (Alvarez, 2020).
- **Para (K) - Erodabilidad del Suelo:** Se realizó el muestreo de suelo ubicando puntos muestrearles de acuerdo a la clasificación nacional del tipo

de uso de suelo en la microcuenca, posteriormente se efectuó la interpolación con el software ArcGIS.

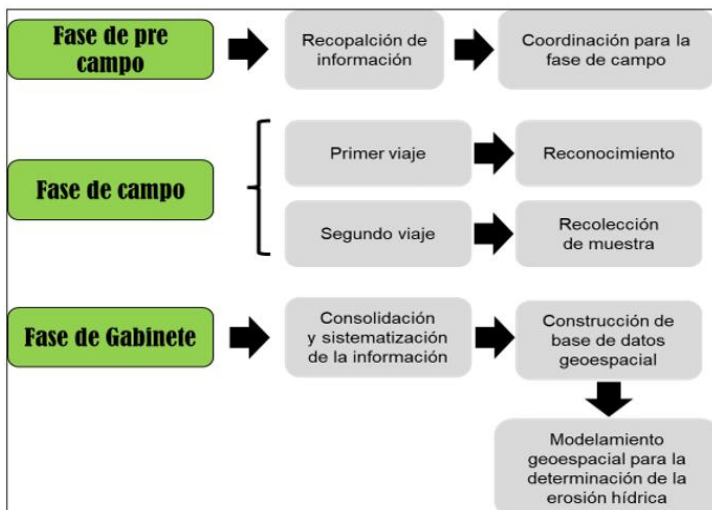
- **Para (LS) - Longitud y Pendiente:** Se descargó la imagen satelital (DEM) de ALOS PALSAR para clasificar la pendiente de la microcuenca en ArcGIS
- **Para (C) - Cobertura Vegetal:** Se descargó imágenes LandSat 8-9 del geoservidor *USGS-Earth Explorer*. específicamente imágenes satelitales de banda B4 = Rojo y B5 = NIR, estos inputs se procesan en ArcGIS para calcular el factor C.

3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La investigación sobre la erosión hídrica en la microcuenca del río Huaribamba se desarrolló en tres fases. Primero, en la fase de pre-campo, se recopiló información satelital y se planificó el estudio. En la fase de campo, se realizaron dos viajes para validar modelos preliminares y recolectar muestras de suelo, siguiendo la metodología de Alvarez (2019). Luego, en la fase de gabinete, se procesaron los datos con herramientas geoespaciales y el modelo RUSLE. Se utilizó SPSS para efectuar el análisis estadístico y Microsoft Excel para las estadísticas descriptivas.

Figura 4

Fases para el procesamiento y Análisis de datos



Nota. Metodología planteada para el estudio. Fuente: Alvarez, (2019).

3.8.1. Fase de pre-campo

Es la etapa antes de ir campo, donde se planificó y se estudiaron las características físicas y socioeconómicas del área de investigación. Esto incluyó la recopilación de datos satelitales en diferentes formatos, como imágenes rasterizadas y vectoriales, así como también el DEM, información sobre la cobertura vegetal, la geología, la fisiografía y los suelos.

3.8.2. Fase de campo

Para esta fase, se siguió el enfoque metodológico de Alvarez (2019), quien estructuró la etapa de campo en dos viajes. Durante el primer viaje, se realizó una exploración directa del área de estudio y se actualizó la información previamente recopilada. En el segundo viaje, utilizando los datos obtenidos en el primero, se generó un modelo preliminar que posteriormente fue validado en el terreno. Asimismo, se recolectaron muestras de suelo en distintos puntos para analizar su textura y contenido de materia orgánica (Alvarez, 2019).

3.8.3. Fase de gabinete

Esta fase se ejecutó para el procesamiento de la información recopilada durante las etapas preliminares y de campo. Se implementaron dos enfoques para evaluar la erosión hídrica en la microcuenca del río Huaribamba. El primero consistió en un proceso de modelado geoespacial para identificar las zonas propensas a la erosión o zonas vulnerables. El segundo consistió en el modelamiento cuantitativo del modelo RUSLE.

3.8.4. Fase de procesamiento

Se procesó y analizó datos con SIG como el ArcGis, el programa estadístico IBM SPSS Statistics y el programa Microsoft Office Excel 2023.

3.8.5. Representación

Se utilizó la estadística descriptiva (tablas y gráficos) para representar los datos de manera efectiva. Este método permitió resumir y facilitar el entendimiento de los datos recopilados a lo largo de la investigación

3.8.6. Descripción de la prueba de hipótesis

Se realizó la prueba de hipótesis para determinar si los cambios de erosión potencial interanuales fueron significativos o no.

3.9. Aspectos éticos y regulatorios

Durante la ejecución de este estudio, fue crucial considerar el posible impacto ambiental de la toma de muestras en la microcuenca del río Huaribamba. Se implementó medidas para minimizar estos efectos negativos.

Por ello, se empleó Equipos de Protección Personal (EPPs), ya que el trabajo de campo implicó áreas remotas, por lo cual se consideró el uso de chaleco de seguridad, zapato de seguridad, casco y botiquín de primeros auxilios.

Además, el estudio concluido se informará a las instituciones académicas y autoridades municipales sobre el estado de los suelos en toda la microcuenca del río Huaribamba una vez que este estudio se apruebe, con el fin de promover acciones correctivas si es necesario.

Adicionalmente, el procesamiento y análisis espacial de los datos se realizó con ArcGIS, que tenía licencia institucional vigente, cumpliendo con los requisitos legales de uso del programa, conforme a las políticas de propiedad intelectual establecidas por la entidad desarrolladora del software (Esri).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la modelación del factor de pérdida de suelo (t/ha/año) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018–2023 muestran una distribución variable entre los distintos niveles de erosión, aunque con tendencias generales que permiten identificar zonas críticas y patrones temporales.

Tabla 6

Erosión hídrica potencial para el año 2018.

Nivel de erosión potencial	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Ha	% de la microcuenca
Erosión muy baja (MB)	0 – 1	537,91	14
Erosión Baja (B)	1 – 5	972,05	26
Erosión media (M)	5 – 10	1221,73	33
Erosión alta (A)	10 – 50	987,31	27
Erosión extrema (E)	> 50	0,00	0

Fuente: Elaboración propia (2025).

En 2018 (Tabla 6), la erosión se caracterizó por el predominio de los niveles Media (33%) y Alta (27%), abarcando en conjunto el 60% del área total de la microcuenca. El nivel Media, con pérdidas entre 5 y 10 t/ha/año, es particularmente sensible, pues se acerca al límite superior del umbral de tolerancia internacional de 10 t/ha/año (Ramos, 2001). Esto sugiere que gran parte del territorio experimenta una tasa de pérdida que podría ser superior a la tasa natural de formación de suelo. Por otro lado, las áreas en Erosión Alta (987,31 ha) representan focos críticos que exceden claramente el umbral de sostenibilidad, demandando la priorización de prácticas de conservación inmediatas, como la implementación de terrazas y barreras vivas (Baritz et al., 2018).

Tabla 7*Erosión hídrica potencial para el año 2019.*

Nivel de erosión potencial	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Ha	% de la microcuena
Erosión muy baja (MB)	0 – 1	534,07	14
Erosión Baja (B)	1 – 5	912,27	25
Erosión media (M)	5 – 10	1163,41	31
Erosión alta (A)	10 – 50	1109,16	30
Erosión extrema (E)	> 50	0,00	0

Fuente: Elaboración propia (2025).

El año 2019 (Tabla 7) marcó el primer pico crítico en la microcuena, con la Erosión Alta incrementándose al 30% (1 109 ha). Este aumento significativo en la severidad está directamente relacionado con el pico máximo del Factor R (Erosividad) registrado en la estación Salcabamba durante este mismo año (Sección 4.1.1.). El incremento en las tasas de pérdida, superior a 25 t/ha/año en ciertos sectores, se considera un aspecto crucial para la vigilancia constante (Morgan, 1997), evidenciando la alta vulnerabilidad del sistema a eventos de precipitación intensa. Este escenario de degradación se agrava en áreas con agricultura no planificada, lo que acentúa la exposición al riesgo (Correa et al., 2016).

Tabla 8*Erosión hídrica potencial para el año 2020.*

Nivel de erosión potencial	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Ha	% de la microcuena
Erosión muy baja (MB)	0 – 1	537,73	14
Erosión Baja (B)	1 – 5	963,70	26
Erosión media (M)	5 – 10	1208,99	33
Erosión alta (A)	10 – 50	1008,65	27
Erosión extrema (E)	> 50	0,00	0

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 8, la distribución de la erosión en 2020 mostró una estabilidad relativa, con la Erosión Media (33%) predominando y la Erosión Alta (27%) retornando a niveles pre-pico (similares a 2018). Este patrón de estabilidad, donde las áreas críticas no se reducen significativamente, es un indicativo de la influencia dominante de los factores estáticos (K y LS). En zonas andinas, la geomorfología y el tipo de suelo imponen un riesgo base que se mantiene constante, independientemente de las variaciones moderadas en la precipitación (Arias et al., 2023). Este fenómeno de vulnerabilidad estructural se observa en diversos estudios de cuencas de alta montaña donde, incluso con una moderación del Factor R, el Factor LS (topografía) mantiene al territorio en un nivel constante de pérdida de suelo (Vásquez y Tapia, 2011).

Tabla 9

Erosión hídrica potencial para el año 2021.

Nivel de erosión potencial	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Ha	% de la microcuenca
Erosión muy baja (MB)	0 – 1	567,06	15
Erosión Baja (B)	1 – 5	1080,53	29
Erosión media (M)	5 – 10	1273,43	34
Erosión alta (A)	10 – 50	797,77	21
Erosión extrema (E)	> 50	0,00	0

Fuente: Elaboración propia (2025).

En 2021 (Tabla 9) se observó un desplazamiento de la erosión hacia los niveles más bajos. La Erosión Alta disminuyó al 21%, mientras que los niveles Baja y Media se incrementaron (29% y 34%, respectivamente). Este patrón puede ser interpretado como una ligera descompresión del riesgo crítico, donde menos áreas experimentaron pérdidas superiores a 10 t/ha/año. Este comportamiento se asocia generalmente a una disminución en la intensidad de las precipitaciones o a una mejoría temporal en la cobertura vegetal (Factor C). La estabilidad de los niveles Muy Baja (15%) y Baja (29%) confirma la importancia de las áreas con buena cobertura vegetal como mitigadores eficaces de la erosión (Dumas, 2012).

Tabla 10*Erosión hídrica potencial para el año 2022.*

Nivel de erosión potencial	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Ha	% de la microcuena
Erosión muy baja (MB)	0 – 1	574,50	15
Erosión Baja (B)	1 – 5	1141,22	31
Erosión media (M)	5 – 10	1337,62	36
Erosión alta (A)	10 – 50	665,35	18
Erosión extrema (E)	> 50	0,00	0

Fuente: Elaboración propia (2025).

El año 2022 (Tabla 10) se caracterizó por la menor extensión de Erosión Alta (18%) en el periodo analizado. Esta disminución drástica es directamente atribuible a la baja erosividad pluvial (Factor R), resultado de condiciones de déficit hídrico o sequía. En el modelo RUSLE, la reducción del Factor R minimiza la energía cinética del agua, lo que frena el proceso de salpicadura y desprendimiento (Wischmeier y Smith, 1978). Estudios en los Andes, como el de Dioses y Pérez (2018), confirman que la reducción de la precipitación y la escorrentía durante épocas de bajas precipitaciones (sequía) conduce a una disminución temporal de la pérdida de suelo, trasladando áreas críticas de los niveles A a los niveles M y B (que en conjunto alcanzaron el 67%), reflejando una recuperación aparente, aunque temporal, del suelo.

Tabla 11*Erosión hídrica potencial para el año 2023.*

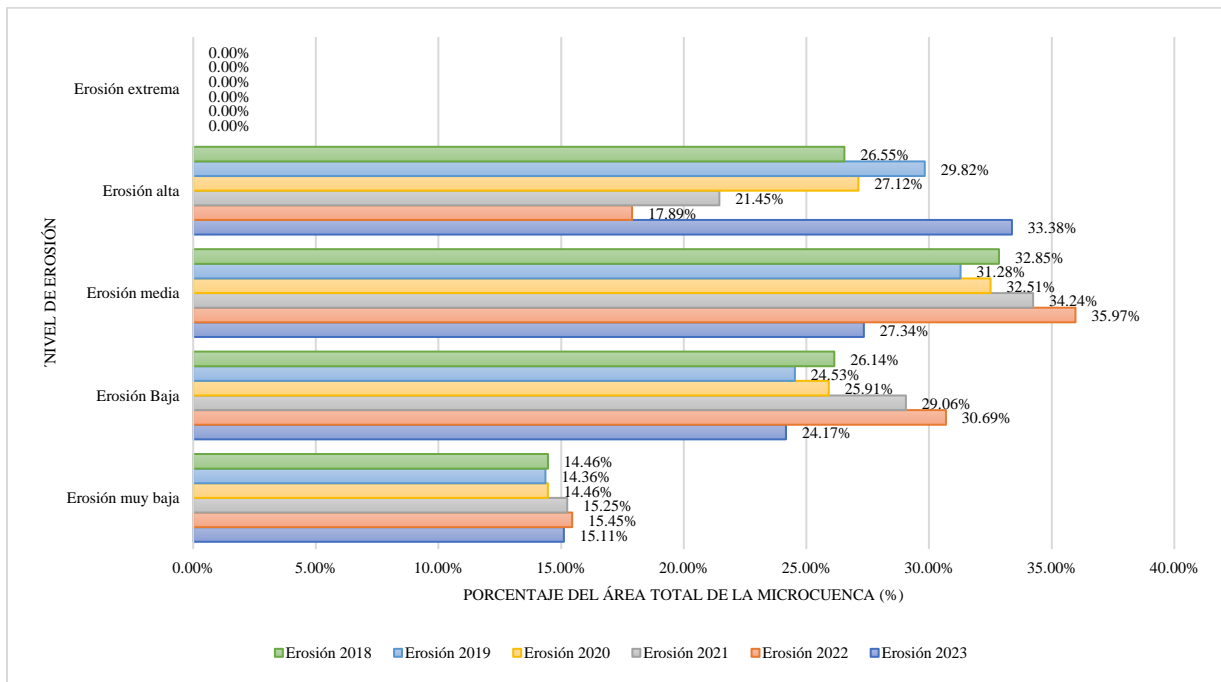
Nivel de erosión potencial	Pérdida de suelo (t/ha/año)	Ha	% de la microcuena
Erosión muy baja (MB)	0 – 1	562,00	15
Erosión Baja (B)	1 – 5	898,78	24
Erosión media (M)	5 – 10	1016,83	27
Erosión alta (A)	10 – 50	1241,33	33
Erosión extrema (E)	> 50	0,00	0

Fuente: Elaboración propia (2025).

El año 2023 (Tabla 11) registró el máximo de Erosión Alta (33%) en toda la serie, revirtiendo completamente la tendencia de 2022. Este repunte significativo se explica por el incremento de la erosividad de la lluvia, que, al incidir sobre un suelo que no ha sido intervenido con prácticas de conservación (Factor P=1), revela la vulnerabilidad inherente del territorio. Este fenómeno es consistente con lo documentado por Vásquez y Tapia (2011), quienes indican que el incremento de la erosividad pluvial genera un aumento directo en la estimación de la pérdida de suelo, especialmente en áreas con altos factores LS y limitada cobertura vegetal. La rápida progresión de áreas de riesgo de M a A subraya la necesidad de una gestión proactiva del riesgo, pues estas áreas, con más de 10 t/ha/año de pérdida, son las más propensas a la generación de procesos geomorfológicos rápidos. Por lo tanto, ante el repunte a 1 241 ha en el nivel A, la prioridad absoluta debe ser el establecimiento de medidas como terrazas y zanjas de infiltración para proteger el suelo y la productividad agrícola (Baritz et al., 2018).

Figura 5

Comportamiento anual del NDVI en la microcuenca del río Huaribamba.



Fuente: Elaboración propia (2025).

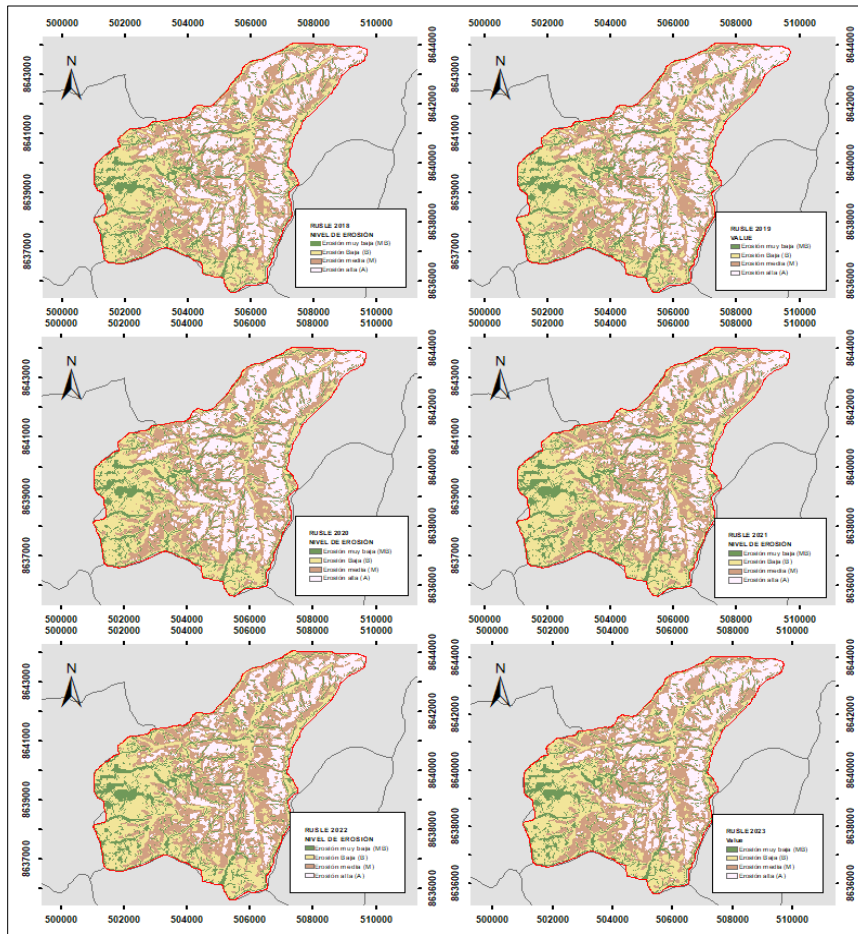
El comportamiento de la erosión hídrica en la microcuenca posee una dinámica variable, pero con patrones definidos (figura 5). M fue la que predominó mayormente en los 6 años. A en

contraste, se elevó a 29,82% en el 2019, luego descendió a 21,45% y 17,89% para el 2021 y el 2022 respectivamente, y repuntó fuertemente para el 2023 con 33,38%, evidenciando la vulnerabilidad frente a eventos extremos de precipitación. Esto sugiere que existen sectores con buena cobertura vegetal y condiciones de suelo que limitan los procesos erosivos, actuando como áreas de protección natural.

Por otro lado, B osciló entre 24% y 31%, con una tendencia al alza en 2021–2022, mientras que la MB se mantuvo relativamente estable (14–15%) en todo el periodo. Cabe señalar que no se reportaron áreas con erosión extrema, lo que indica que, aunque existan niveles altos de erosión, estos no llegan a ser extremos o catastróficos dentro de la microcuenca.

Figura 6

Evolución temporal de la erosión potencial en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018-2023.



Fuente: Elaboración propia con ArcGis, (2025).

Estos resultados se calcularon mediante el producto de los factores que continuación se detallan:

4.1. Estadística descriptiva

4.1.1. Cálculo del nivel de erosividad (Factor R)

El índice modificado de Fournier (IMF), según Alvarez (2019), es una herramienta confiable para calcular la agresividad de la lluvia. Los cálculos del factor de erosividad (R) realizados en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo de 2018 a 2023 muestran variaciones tanto anuales como espaciales, así como se visualiza en la Tabla 12, donde se muestran los valores anuales del factor de erosividad de la lluvia (R), expresado en MJ·mm/ha·año.

Tabla 12

Factor de erosividad (R) de las estaciones meteorológicas (MJ·mm/ha·año) – 2018–2023.

Estación	R 2018	R 2019	R 2020	R 2021	R 2022	R 2023
EM1– Acostambo	117,82	108,26	117,37	93,05	86,03	85,49
EM2 – Ahuaycha	84,56	95,13	82,70	87,38	78,58	96,84
EM3–Salcabamba	104,36	145,02	104,29	103,33	86,88	86,88

Fuente: Elaboración propia con datos de SENAMHI (2025).

La estación EM1 registró valores de erosividad que oscilaron entre 117,82 MJ·mm/ha·año (2018) y 85,49 MJ·mm/ha·año (2023). Se observa una tendencia general de disminución gradual en la agresividad de la precipitación a lo largo del periodo de estudio. La tendencia decreciente en Acostambo sugiere un cambio en el patrón de las precipitaciones, moviéndose posiblemente hacia una menor frecuencia o intensidad de lluvias torrenciales erosivas. Este patrón es relevante porque una disminución sostenida del Factor R puede indicar un riesgo ligeramente atenuado en comparación con otras áreas. No obstante, el rango de valores sigue siendo significativo. Esta dinámica de variabilidad climática a largo plazo ha sido documentada en estudios que analizan las tendencias temporales del Factor R, donde

los cambios en los regímenes de precipitación pueden generar fluctuaciones anuales considerables (Chen et al., 2020). La erosividad media de esta estación contribuye al potencial de pérdida de suelo, un umbral crítico que, en zonas andinas, debe ser vigilado para la sostenibilidad de los ecosistemas (Morgan, 1997).

La estación EM2 presentó la menor erosividad de toda la microcuenca, con 78,58 MJ·mm/ha·año en 2022. Sin embargo, mostró la mayor variación porcentual interanual, con un incremento notable a 96,84 MJ·mm/ha·año en el último año de estudio (2023). El mínimo registrado en 2022 (78,58 MJ·mm/ha·año) se correlaciona con los periodos de déficit hídrico o sequía reportados (anomalías de -44%) por el SENAMHI (2023) para la sierra central, lo que limita la energía cinética disponible para la erosión hídrica. La relación directa entre la reducción de la precipitación total y la disminución del Factor R es un principio fundamental del modelo RUSLE. Por otro lado, el fuerte repunte en 2023 (a 96,84 MJ·mm/ha·año) subraya la vulnerabilidad de la zona a los eventos extremos de precipitación (SENAMHI, 2022), donde un solo evento de lluvia intensa puede elevar significativamente la erosividad anual. Esta fluctuación rápida impone un desafío mayor para la gestión de riesgos, ya que el suelo que pudo recuperarse durante la sequía de 2022 está expuesto inmediatamente a un alto potencial erosivo en 2023. Este análisis se evidencia en los deslizamientos producidos por fuertes lluvias en algunos distritos de la provincia de Tayacaja durante el 2023 (Gonzales, 2023).

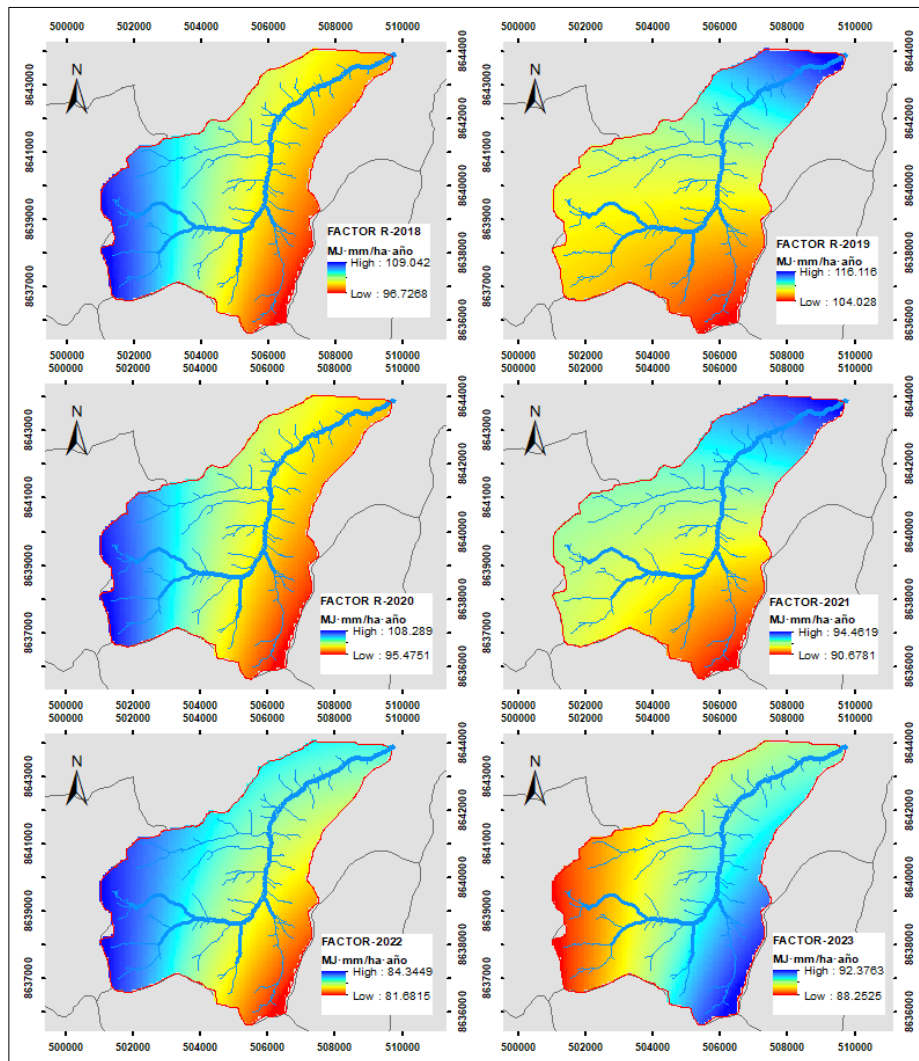
La estación EM3 registró el valor máximo absoluto de toda la serie temporal y espacial: 145,02 MJ·mm/ha·año durante el año 2019. Esto representa el máximo potencial erosivo de la precipitación identificado en la microcuenca. Este resultado es crucial, ya que un Factor R tan elevado se traduce en una alta energía cinética de las gotas de lluvia, exacerbando el proceso de desprendimiento de partículas del suelo (Zhang et al., 2019). La literatura sugiere que una alta erosividad, especialmente en combinación con pendientes pronunciadas (Factor LS) y escasa cobertura vegetal (Factor C), es un precursor directo de eventos catastróficos como huaicos o movimientos en masa (Renard et al., 1997). El pico de 2019 es consistente con informes como la de Andina (2018) que destacan la intensificación de las lluvias en

la sierra central en ese periodo, lo que obliga a priorizar a Salcabamba como una zona de riesgo extremo por erosión hídrica, superando ampliamente el umbral de tolerancia tolerable para la sostenibilidad de los suelos.

Estos datos se representaron gráficamente a través de la interpolación IDW en ArcGIS, produciendo mapas de calor que muestran la distribución espacial de la erosividad en la microcuenca.

Figura 7

Evolución temporal del factor R en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018-2023.



Fuente: Elaboración propia con ArcGis, (2025).

4.1.2. Cálculo del nivel de erodabilidad (Factor K)

El factor K se determinó a partir de un análisis de laboratorio llevada a cabo en el INIA-Junín, donde se evaluaron aspectos como la textura (%arena, %limo, %arcilla), contenido de materia orgánica y la densidad aparente.

A continuación, se presentan los 10 puntos que se muestrearon y los hallazgos de las pruebas realizadas en el laboratorio (tipo de textura y materia orgánica). Además, se calcularon y establecieron los valores correspondientes a la estructura y la permeabilidad (Tabla 7).

Tabla 13

A

ⁿ ID ^a	Nombre de la zona	m.o (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	Estructura	Permeabilidad (m/días)
^l P01 ⁱ	Huanca cruz	8,9	83	10	7	Arena franca	Granular gruesa	Mediana rápida
^s P02 ⁱ	Lacho	6,4	81	10	9	Arena	Granula gruesa	Moderada
^s P03	Chococoto	6,0	77	12	11	Arena	Granular media	Moderada
P04	Silla pata	6,5	69	17	13	Franco	Granular media	Moderada
^e P05	Ancaypahua	2,8	56	16	28	Franco	Granular fina	Lenta
^c P06	Chucmay	3,0	60	24	16	Franco	Granular fina	Moderada lenta
^á P07	Samarina	1,7	59	24	17	Franco	Granular fina	Moderada lenta
^á P08	Inquil	1,0	60	21	20	Franco	Granular fina	Moderada lenta
ⁱ P09 ^c	Milchur pampa	0,5	76	12	12	Arena	Granular media	Moderada
P10	Lote	2,4	50	22	28	Franco	Granular fina	Lenta

de los suelos superficiales de la microcuenca del río Huaribamba.

Fuente: Elaboración propia (2025).

La clase textural predominante en los puntos muestreados fue franco, seguida por arena y arena franca. Los niveles de materia orgánica fluctuaron entre 0,5% (P09 Milchurpampa) y 8,9% (P01 Huanca cruz). Respecto a la permeabilidad, se registraron niveles que iban desde "mediana rápida" hasta "lenta".

La Tabla 14 muestra los valores determinados del Factor K para cada uno de los puntos muestreados.

Tabla 14

Cálculo del Factor K (t.ha.h)/(MJ.mm.Ha) de los diversos puntos en la microcuenca del distrito de Huaribamba.

ID	m_s	m_{silt}	m_c	$orgC$	f_{csand}	f_{cl-si}	f_{orgc}	f_{hisand}	K_{USLE}	FACTOR K
P01	83,00	10,00	7,00	8,90	0,20	0,85	0,75	1,00	0,13	0,0168
P02	81,00	10,00	9,00	6,40	0,20	0,86	0,75	1,00	0,13	0,0170
P03	77,00	12,00	11,00	6,00	0,20	0,89	0,75	1,00	0,13	0,0175
P04	69,00	17,00	13,00	6,50	0,20	0,91	0,75	1,00	0,14	0,0179
P05	56,00	16,00	28,00	2,80	0,20	0,96	0,75	1,00	0,14	0,0188
P06	60,00	24,00	16,00	3,00	0,20	0,97	0,75	1,00	0,14	0,0191
P07	59,00	24,00	17,00	1,70	0,20	0,98	0,78	1,00	0,15	0,0202
P08	60,00	21,00	20,00	1,00	0,20	0,99	0,92	1,00	0,18	0,0239
P09	76,00	12,00	12,00	0,50	0,20	0,99	0,99	1,00	0,20	0,0257
P10	50,00	22,00	28,00	2,40	0,2000	0,97	0,75	1,00	0,15	0,0192

Fuente: Elaboración propia (2025).

Los valores más bajos del factor K en la Tabla 14, indican una menor vulnerabilidad a la erosión; estos están ubicaron en las zonas más altas de la microcuenca, como Huanca cruz (K= 0,0168) y Lacho (K= 0,0170), donde el suelo presenta un mayor porcentaje de arena (83% y 81%, respectivamente) y una notable concentración de materia orgánica (8,9% en Huanca cruz y 6,4% en Lacho). Este tipo de clase textural promueve una mayor absorción de agua y disminuye la escorrentía superficial, limitando así la energía erosiva del agua, lo cual coincide con lo señalado por Mohsin et al. (2021), quienes han demostrado que los terrenos con mayor cantidad de

arena y materia orgánica suelen presentar una menor erodabilidad debido a su estabilidad de agregados.

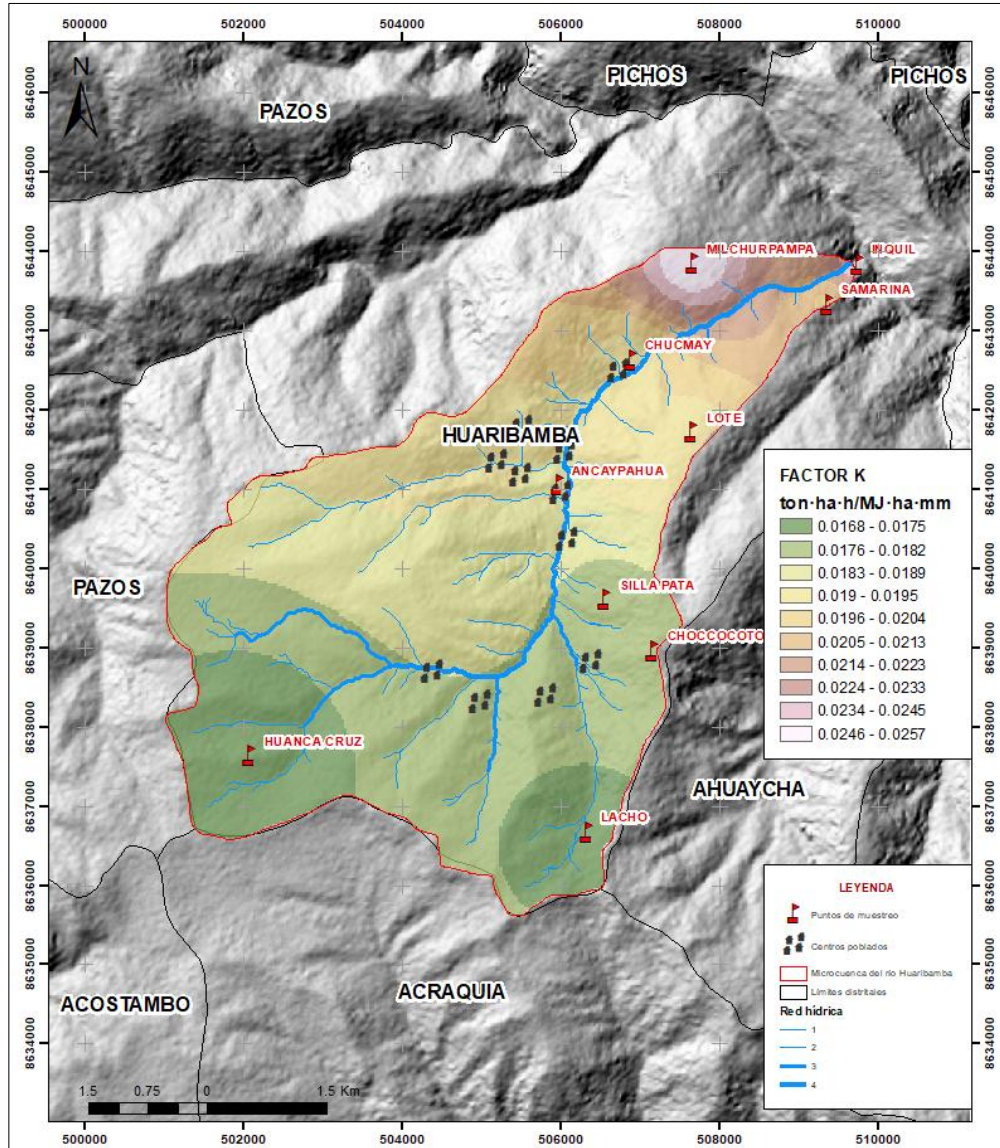
Por otro lado, el valor más alto de K, alcanzó 0,0257 (t.ha.h)/(MJ.mm.Ha), y se registró en Milchurpampa (P09), que se halla en la zona más baja de la microcuenca. Este suelo mostró una cantidad notable de arena (76%), pero con un contenido de materia orgánica muy escaso (0,5%). A pesar de que la arena podría indicar una buena permeabilidad, la baja proporción de materia orgánica afecta considerablemente la cohesión de las partículas, resultando en una baja eficiencia en el amortiguamiento de la fuerza de las gotas de lluvia. Así como indican Penagos et al. (2017), los suelos con poco contenido de materia orgánica tienen una menor capacidad para formar y conservar suelos estables, volviéndolos más vulnerables a la erosión hídrica, incluso si su textura no es principalmente limosa o arcillosa, asimismo, añaden que la escasa cohesión entre partículas en suelos con bajo contenido orgánico puede provocar una rápida desestructuración o erosión hídrica durante lluvias intensas, especialmente si no hay suficiente cobertura vegetal.

A pesar de que el tipo de textura más común en la microcuenca fue "franco", lo que Argueta (2010) cataloga como suelos con una resistencia media a la erosión y adecuados para la agricultura, los resultados obtenidos indican que tanto la textura como la materia orgánica son factores clave en la erodabilidad. Por ejemplo; en la zona Milchurpampa, la escasa cantidad de materia orgánica, a pesar de tener un alto porcentaje de arena, parece ser el elemento principal que aumenta a que este sea mucho más propenso a la erosión. Estos resultados son consistentes con los de Flores (2015), quien reporta que los suelos con altos niveles de limo pueden presentar valores significativos de K (hasta 0,0433 (t.ha.h)/(MJ.mm.Ha)). La información en conjunto indica que la textura (en particular un desequilibrio desfavorable entre arena, limo y arcilla) unida a una baja materia orgánica, representa un riesgo elevado de pérdida de suelo debido a la erosión hídrica, incluso en situaciones de lluvia moderada.

Estos valores de K fueron interpolados espacialmente utilizando el método IDW para generar un mapa de distribución de la erodabilidad en toda la microcuenca (figura 8).

Figura 8

Factor K en la microcuenca del río Huaribamba.



Fuente: Elaboración propia con ArcGis (2025).

4.1.3. Cálculo de la longitud y Pendiente (Factor LS)

En la Tabla 15 se evidencian los resultados del cálculo del factor LS lo que ha permitido detectar distintos niveles de susceptibilidad del suelo a la erosión en función de la longitud y la inclinación de la pendiente.

Tabla 15

Valor de factor LS y nivel de susceptibilidad.

Clase	Valor	Clasificación del factor LS	Área (Ha)	% de área de la microcuena
1	< 1,50	Muy bajo	577,19	15,43
2	1,50 – 3,00	Bajo	256,19	6,85
3	3,00– 5,00	Moderado	368,43	9,85
4	5,00 – 7,00	Alto	349,77	9,35
5	>7,00	Muy alto	2188,74	58,52

Fuente: Elaboración propia (2025).

En la Tabla 15 los datos obtenidos para la microcuena del río Huaribamba muestran una clara variabilidad en la erosión, destacando áreas con “alta” y “muy alta” vulnerabilidad.

El cálculo del factor LS indica que el 58,52% del total del área (2 188, 74 ha) se clasifica con un nivel de susceptibilidad " Muy Alta", mientras que un 9,35% adicional (349,77 ha) se encuentra en la categoría de "Alta". Estos resultados revelan la presencia de áreas grandes con zonas críticas en la microcuena, donde la combinación de pendientes pronunciadas y extensiones significativas de laderas aumenta notablemente el riesgo de erosión hídrica. El Consorcio GFA-SRK (2020) subraya que estas características topográficas provocan un aumento en la velocidad del escurrimiento y la capacidad de transporte de sedimentos, impactando de manera significativa en la estabilidad del terreno.

Por otro lado, las áreas clasificadas con susceptibilidad "Baja" (6,85%, 256,19 ha) y "Muy Baja" (15,43%, 577,19 ha) son aquellas donde la topografía presenta inclinaciones menores por ende el riesgo de erosión en mucho más bajo y son más estables para prácticas de manejo del suelo, tal como mencionan Matías et al. (2020).

La clasificación "Moderado" (9,85%, 368,43 ha), aunque no es extrema, sugiere que estas áreas requieren monitoreos constantes, pues podrían verse afectadas por erosiones si no se implementan las adecuadas medidas de conservación (Condori, Pino y Tacora, 2022).

Estos hallazgos son consistentes con lo que afirma INETER (2005), quien resalta que la acumulación de escorrentía en laderas que son más amplias o empinadas aumenta considerablemente la capacidad de deslizamiento y transporte de partículas, esto debido al incremento de la energía cinética del agua en la superficie. Además, Ramos (2001) determinó valores de LS que variaron entre 1,5 y 28,5, siendo los más altos vinculados a pendientes por encima del 30%, lo que refuerza la relación existente entre la inclinación y la erodabilidad. La influencia de las pendientes también es confirmada por Chilton et al. (2020), quienes señalan que pendientes superiores al 15% incrementan notablemente el riesgo de erosión, especialmente en áreas agrícolas. Esta información es de gran relevancia para la microcuenca del río Huaribamba, dada la vulnerabilidad observada en sus secciones medias y bajas, donde es probable que las actividades agrícolas agraven el riesgo.

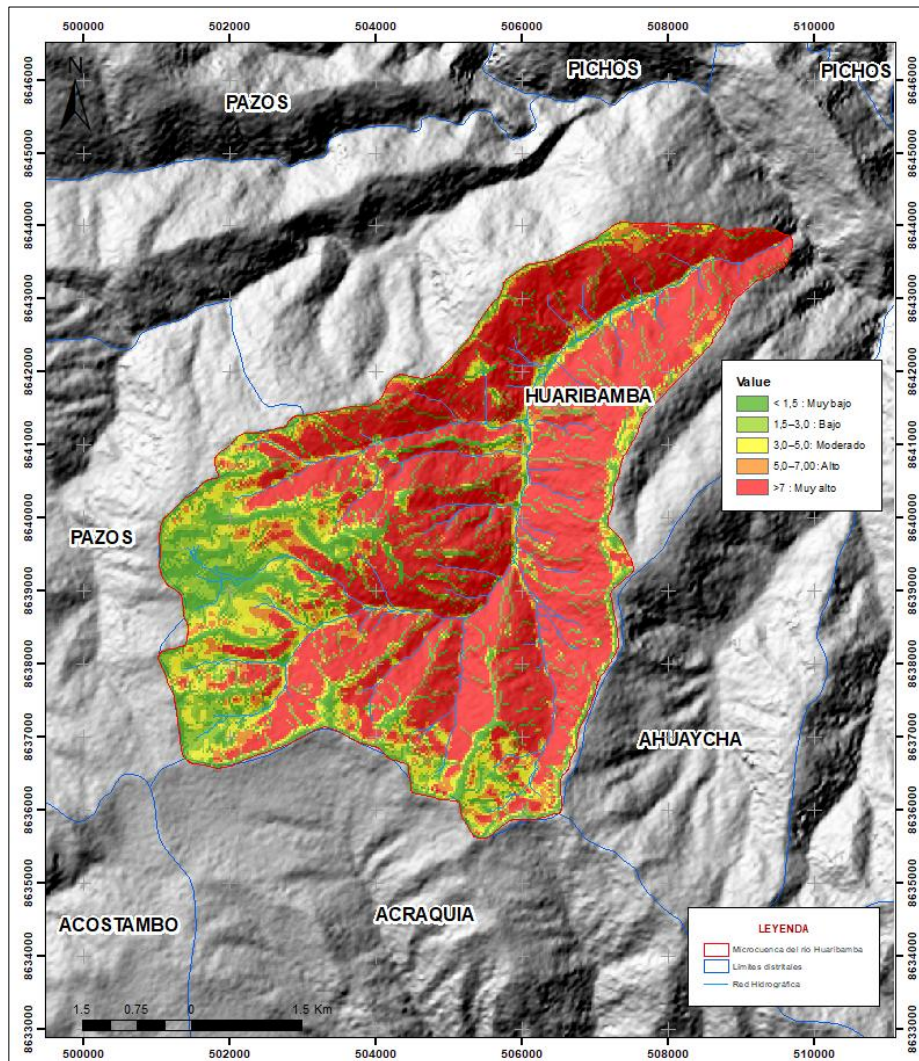
En resumen, la distribución del factor LS en la microcuenca del río Huaribamba evidenció la existencia de amplias zonas con gran vulnerabilidad a la erosión, así como áreas específicas con un riesgo muy alto. Esta situación resalta la necesidad urgente de adoptar prácticas de manejo y conservación del suelo para reducir los procesos de erosión que podrían poner en peligro la sostenibilidad de los recursos naturales. Implementar estrategias como barreras vegetales, terrazas agrícolas y otras técnicas de conservación del suelo es crucial para los lugares con alta y muy alta susceptibilidad. Casos de éxito en la gestión, como los proyectos del Instituto Pirenaico de Ecología en los Pirineos (Cris, 2024), que abarcan la rehabilitación de tierras agrícolas abandonadas y la gestión sostenible de bosques para mejorar la calidad del suelo y el agua, sirven como ejemplos aplicables. Las áreas con menor susceptibilidad, de acuerdo con Farré (2025) en referencia a estudios del CREAM, pueden ser utilizadas para actividades agrícolas o de infraestructura con un impacto

ambiental reducido, siempre que se mantenga una adecuada gestión del suelo, y pueden incluso favorecer la resiliencia del ecosistema.

La distribución geográfica del factor LS fue representada a través de mapas temáticos, que ilustran las áreas con distintos niveles de susceptibilidad a la erosión (figura 9).

Figura 9

Factor LS en la microcuenca del río Huaribamba



Fuente: Elaboración propia (2025).

4.1.4. Cálculo de la cobertura vegetal (Factor C)

Los valores del factor C se clasificaron en 5 categorías (López et al., 2015). Las Tablas 16 al 21 muestran los porcentajes de cobertura para las cinco categorías de clasificación del NDVI: nubes y agua (NA), suelo sin vegetación (SV), vegetación ligera (VL), vegetación mediana (VM) y vegetación alta (VA) en el lapso de 2018 a 2023.

Los resultados indican que la cobertura de nubes y agua (NA) fue inexistente a lo largo de todo el período, lo que demuestra que las imágenes satelitales utilizadas no presentaron nubes ni grandes extensiones de agua superficial que pudieran influir en el cálculo del NDVI.

En la Tabla 16, se observa que entre 2018 y 2023 los valores del NDVI mostraron una variación temporal notable en la cobertura vegetal, lo que afecta directamente la vulnerabilidad a la erosión hídrica.

Tabla 16

Valores de NDVI del 2018.

Clase	Clasificación del NDVI	% de la microcuena	Área (ha)
1	Nubes y agua (NA)	0,00	0,00
2	Suelo sin vegetación (SV)	1,69	63,35
3	Vegetación ligera (VL)	49,61	1856,42
4	Vegetación mediana (VM)	48,29	1807,18
5	Vegetación alta (VA)	0,41	15,33

Fuente: Elaboración propia (2025).

En el año 2018, la microcuena del río Huaribamba estuvo mayormente compuesta por VL (49,61%) y VM (48,29%), que en total representaron más del 97% del territorio. La existencia de SV fue mínima (1,69%), mientras que la VA solo alcanzó un 0,41%.

Tabla 17*Valores de NDVI del 2019.*

Clase	Clasificación del NDVI	% de la microcuenca	Área (ha)
1	Nubes y agua (NA)	0,00	0,00
2	Suelo sin vegetación (SV)	2,24	83,82
3	Vegetación ligera (VL)	67,05	2509,06
4	Vegetación mediana (VM)	30,70	1148,75
5	Vegetación alta (VA)	0,01	0,55

Fuente: Elaboración propia (2025).

Para el 2019 (Tabla 17), la microcuenca mostró un notable aumento en la VL (67,05%), seguida por la VM (30,70%), mientras que casi no hubo VA (0,01%). La porción de SV aumentó ligeramente a 2,24%, lo que señala una disminución en la densidad total de la cobertura vegetal en comparación con 2018.

Tabla 18*Valores de NDVI del 2020.*

Clase	Clasificación del NDVI	% de la microcuenca	Área (ha)
1	Nubes y agua (NA)	0,00	0,00
2	Suelo sin vegetación (SV)	1,79	66,97
3	Vegetación ligera (VL)	57,38	2147,20
4	Vegetación mediana (VM)	40,77	1525,74
5	Vegetación alta (VA)	0,07	2,45

Fuente: Elaboración propia (2025).

Durante el año 2020 (Tabla 18), la microcuenca mostró una dominancia de VL (57,38%), acompañada de una porción considerable de VM (40,77%), lo que sugiere una cobertura intermedia aceptable. A pesar de que la VA experimentó un leve incremento, continuaba siendo limitada (0,07%), y el SV permaneció en cifras reducidas (1,79%), reflejando una estabilidad en comparación con el año previo.

Tabla 19*Valores de NDVI del 2021.*

Clase	Clasificación del NDVI	% de la microcuenca	Área (ha)
1	Nubes y agua (NA)	0,00	0,00
2	Suelo sin vegetación (SV)	0,91	34,23
3	Vegetación ligera (VL)	53,05	1985,29
4	Vegetación mediana (VM)	45,75	1712,24
5	Vegetación alta (VA)	0,27	10,17

Fuente: Elaboración propia (2025).

En 2021 (Tabla 19), la vegetación estuvo dominada en gran medida por VL (53,05%) y VM (45,75%), que juntas ocuparon casi toda el área. La proporción de SV disminuyó a 0,91%, mientras que la VA incrementó levemente (0,27%), indicando una recuperación parcial de la densidad vegetal en relación con años anteriores.

Tabla 20*Valores de NDVI del 2022.*

Clase	Clasificación del NDVI	% de la microcuenca	Área (ha)
1	Nubes y agua (NA)	0,00	0,00
2	Suelo sin vegetación (SV)	1,94	72,76
3	Vegetación ligera (VL)	71,65	2681,36
4	Vegetación mediana (VM)	26,40	988,10
5	Vegetación alta (VA)	0,01	0,31

Fuente: Elaboración propia (2025).

En comparación, para el año 2022, la VL fue predominantemente alta (71,65%), mientras que la VM tuvo una caída considerable (26,40%) en relación con años pasados (Tabla 20). El SV experimentó un ligero incremento hasta el 1,94%, mientras que la VA volvió a descender (0,01%), lo que sugiere una menor cantidad de vegetación y una posible reducción en la cobertura presente.

Tabla 21*Valores de NDVI del 2023.*

Clase	Clasificación del NDVI	% de la microcuenca	Área (ha)
1	Nubes y agua (NA)	0,00	0,00
2	Suelo sin vegetación (SV)	1,81	67,84
3	Vegetación ligera (VL)	70,77	2648,48
4	Vegetación mediana (VM)	27,40	1025,47
5	Vegetación alta (VA)	0,02	0,61

Fuente: Elaboración propia (2025).

Para el año 2023 (Tabla 21), la VL siguió siendo la categoría principal (70,77%), mientras que la VM constituyó el 27,40%, registrando un pequeño aumento en comparación con el 2022. El SV permaneció en cifras reducidas (1,81%) y la VA logró llegar apenas al 0,02%, lo que indica una vegetación con un predominio de densidad baja a media.

Como se pudo evidenciar en las Tablas 16, 17, 18, 19, 20 y 21, durante el 2018 al 2023, la categoría de vegetación ligera (VL) se destacó como la más predominante, ocupando más del 50% de la superficie en todo momento y alcanzando máximos del 67,05% en 2019 y 71,65% en 2022. Esta dominancia de la VL sugiere que gran parte de la microcuenca está compuesta por pastos, cultivos con escasa densidad o vegetación dispersa. Aunque esta cobertura proporciona una protección limitada contra la erosión, los niveles de C asociados a la VL son intermedios, indicando una mayor susceptibilidad en comparación con coberturas más densas.

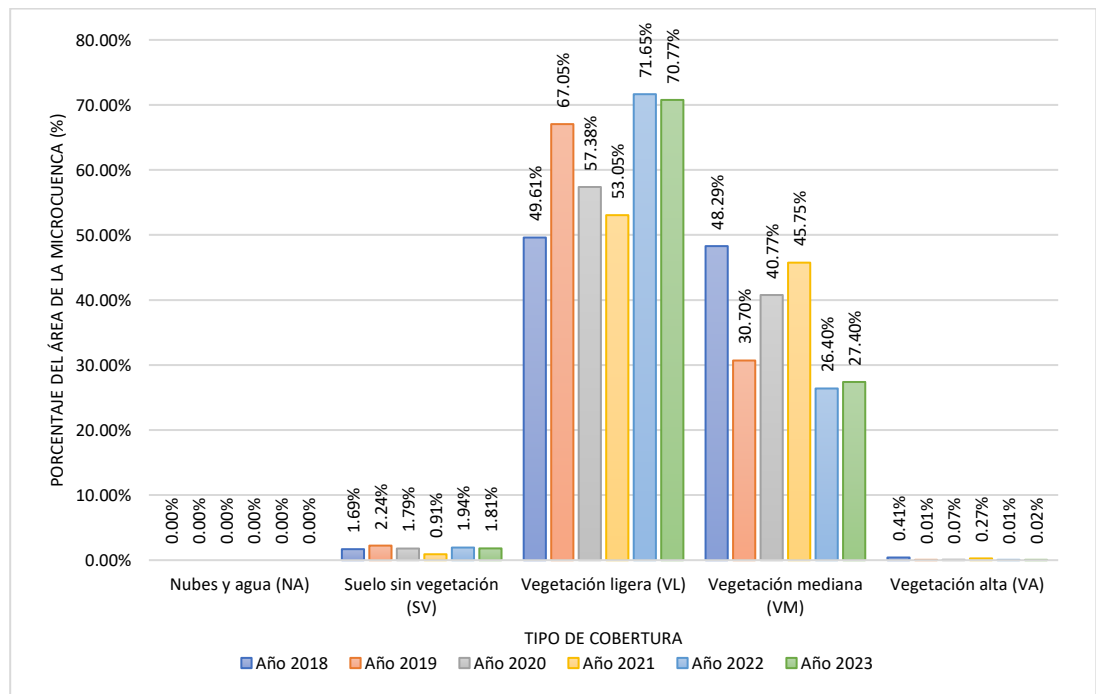
Una cuestión alarmante en este estudio es la reducción continua de la vegetación mediana (VM), que se redujo del 48,29% del territorio en 2018 al 27,40% en 2023. Este descenso indica una disminución en la cobertura de plantas con una capacidad protectora moderada, lo cual, en relación al factor C, resulta en una mayor vulnerabilidad general a la erosión. La pérdida de la cobertura de VM puede deberse a diversos factores, como la actividad antrópica, que incluye la expansión agrícola y

el pastoreo excesivo, junto con cambios climáticos a nivel regional (Contreras et al., 2021).

La vegetación alta (VA) fue casi nula, con porcentajes muy bajos ($\leq 0,5\%$ del área) durante todos los años. Esta falta de bosques densos o ecosistemas montañosos bien preservados implica que los valores del factor C son extremadamente bajos (Gonzales, 2023).

Figura 10

Comportamiento anual del NDVI en la microcuenca del río Huaribamba.



Fuente: Elaboración propia (2025).

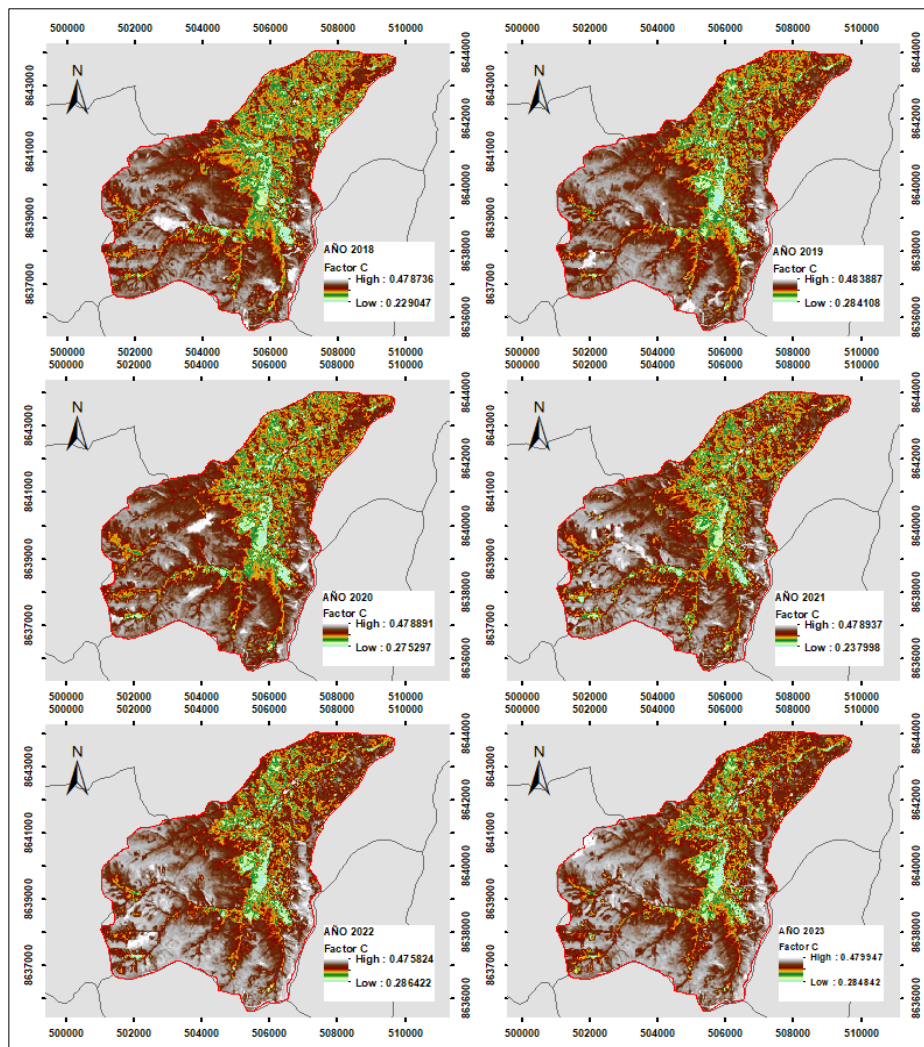
Como se visualiza en la figura 10, indican que VL es el más abundante, con un incremento del 49,61% en 2018 a más del 70% en 2022–2023, lo que sugiere que predominan las áreas con cobertura dispersa o praderas. La proporción de VM ha ido disminuyendo (de 48,29% en 2018 a 26,40% en 2022), lo que revela una baja en la densidad de plantas. La cantidad de SV se mantuvo baja (entre 1 y 2%), y la VA fue prácticamente inexistente (menos de 0,5%), lo que indica una escasa presencia de árboles.

Estos hallazgos están en línea con lo que reporta SENAMHI sobre el clima, que menciona años de lluvias fuertes (2018–2019) seguidos de sequías moderadas a severas (2022–2023) (SENAMHI, 2023), lo cual afecta directamente la dinámica de la vegetación. La disminución de vegetación densa reduce la capacidad del suelo para retener agua y eleva el riesgo de erosión, especialmente en pendientes pronunciadas.

La Figura 11 ilustra el comportamiento anual de estas categorías de cobertura vegetal en la microcuenca.

Figura 11

Evolución temporal del factor de cobertura vegetal (C) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018-2023.



Fuente: Elaboración propia con ArcGis, (2025).

4.2. Estadística inferencial

4.2.1. Estadística inferencial del nivel de erosión hídrica (RUSLE)

4.2.1.1. Prueba de normalidad

Antes de aplicar la prueba de hipótesis, se evaluó la normalidad de los datos con el fin de determinar el tipo de prueba estadística más adecuada (paramétrica o no paramétrica).

Para ello, se utilizó la prueba de Shapiro–Wilk, ya que esta es la más recomendable cuando el tamaño de muestra es pequeño ($n < 50$), como en el presente estudio, que considera valores anuales de erosión hídrica para seis años (2018–2023).

El criterio de decisión fue el siguiente:

- Si $p > 0,05$, los datos siguen una distribución normal.
- Si $p \leq 0,05$, los datos no presentan normalidad.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 22.

Tabla 22

Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para los porcentajes de erosión hídrica potencial en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.

	Año	Estadístico	gl	p-value
	2018	0,906	5	0,442
	2019	0,890	5	0,355
Porcentaje del área	2020	0,904	5	0,432
total de la microcuenca	2021	0,959	5	0,804
	2022	0,958	5	0,793
	2023	0,937	5	0,647

Fuente: Elaboración propia con SPSS (2025).

Dado que en todos los casos el valor de significancia fue $p > 0,05$, se concluye que los datos presentan una distribución normal. Por tanto, se aplicó una prueba paramétrica (ANOVA de un factor) para la comparación de medias interanuales del nivel de erosión hídrica.

4.2.1.2. Prueba de hipótesis

Con el propósito de determinar si existen diferencias significativas en el nivel de erosión hídrica entre los años 2018 y 2023, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, considerando un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$).

- **Hipótesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas en el nivel de erosión hídrica (RUSLE) entre los años 2018–2023.
- **Hipótesis alterna (H_1):** Existen diferencias significativas en el nivel de erosión hídrica (RUSLE) entre los años 2018–2023.

Tabla 23

Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para los porcentajes de erosión hídrica potencial en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	0,00	5	0,00	0,00	1,00
Dentro de grupos	4203,50	24	175,15		
Total	4203,50	29			

Fuente: Elaboración propia con SPSS (2025).

Los resultados ANOVA indican que en vista que el valor de significancia fue de $p = 1,00$, el cual es mayor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1). Esto indica que, aunque existen fluctuaciones interanuales en los porcentajes de erosión hídrica potencial, dichas variaciones no son estadísticamente significativas, por lo que la hipótesis planteada de que el nivel de erosión

hídrica presenta variaciones significativas durante los años 2018–2023 no se cumple en términos estadísticos.

4.2.2. Estadística inferencial del factor R

4.2.2.1. Prueba de normalidad

Antes de aplicar la prueba de hipótesis, se evaluó la normalidad de los datos con el fin de determinar el tipo de prueba estadística más adecuada (paramétrica o no paramétrica). Para ello, se utilizó la prueba de Shapiro–Wilk, recomendada cuando el tamaño de muestra es pequeño ($n < 50$), como en el presente estudio, que considera valores del Factor R para seis años (2018–2023).

El criterio de decisión fue el siguiente:

- Si $p > 0,05$, los datos siguen una distribución normal.
- Si $p \leq 0,05$, los datos no presentan normalidad.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 24.

Tabla 24

Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para el Factor R en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.

	Año	Estadístico	gl	p-value
	2018	0,988	3	0,791
	2019	0,930	3	0,490
Factor de erosividad en	2020	0,980	3	0,731
la microcuenca	2021	0,973	3	0,684
	2022	0,826	3	0,178
	2023	0,840	3	0,215

Fuente: Elaboración propia con SPSS (2025).

Dado que en todos los casos el valor de significancia fue $p > 0,05$, se concluye que los datos presentan una distribución normal. Por tanto, se aplicó

una prueba paramétrica (ANOVA de un factor) para la comparación de medias interanuales del Factor R.

4.2.2.2. Prueba de hipótesis

Con el propósito de determinar si existen diferencias significativas en el nivel de erosividad de la precipitación (Factor R) entre los años 2018 y 2023, se aplicó un Análisis de Varianza (ANOVA) de un factor, considerando un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$).

- **Hipótesis nula (H_0):** El nivel de erosividad de la precipitación (Factor R) no presenta diferencias significativas entre los años 2018–2023.
- **Hipótesis alterna (H_1):** El nivel de erosividad de la precipitación (Factor R) presenta diferencias significativas entre los años 2018–2023.

Tabla 25

Resultados del Análisis de Varianza (ANOVA) para el Factor R en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1918,862	5	383,772	1,669	0,216
Dentro de grupos	2759,557	12	229,963		
Total	4678,419	17			

Fuente: Elaboración propia con SPSS (2025).

Los resultados ANOVA indican que, dado que el valor de significancia fue $p = 0,216$, el cual es mayor al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$), se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1). Esto indica que, aunque existen fluctuaciones interanuales del Factor R, dichas variaciones no son estadísticamente significativas, por lo que la hipótesis planteada no se cumple en términos estadísticos.

4.2.3. Estadística inferencial del factor K

El nivel de erodabilidad del suelo (Factor K) en la microcuenca del río Huaribamba presenta valores altos, lo que indica una susceptibilidad relativamente elevada del suelo a la erosión hídrica. Dado que este factor se mantiene constante a lo largo de los años 2018–2023, no se aplicaron pruebas estadísticas de comparación interanual. Por ello, se acepta la hipótesis planteada, indicando que el Factor K no presenta variaciones significativas durante el período de estudio.

4.2.4. Estadística inferencial del factor LS

La microcuenca del río Huaribamba presenta valores altos de longitud y pendiente (Factor LS), reflejando condiciones del terreno propensas a la erosión hídrica. Este factor, Al igual que el anterior, se mantiene constante durante los años 2018–2023, por lo que no se aplicaron pruebas estadísticas de comparación interanual. Por ello, se acepta la hipótesis planteada, indicando que el Factor LS no presenta variaciones significativas durante el período de estudio.

4.2.5. Estadística inferencial del factor C

4.2.5.1. Prueba de normalidad

Antes de aplicar la prueba de hipótesis, se evaluó la normalidad de los datos con el fin de determinar el tipo de prueba estadística más adecuada (paramétrica o no paramétrica).

Para ello, se utilizó la prueba de Shapiro–Wilk, ya que esta es la más recomendable cuando el tamaño de muestra es pequeño ($n < 50$), como en el presente estudio, que considera valores anuales de cobertura vegetal para seis años (2018–2023).

El criterio de decisión fue el siguiente:

- Si $p > 0,05$, los datos siguen una distribución normal.
- Si $p \leq 0,05$, los datos no presentan normalidad.

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 26.

Tabla 26

Resultados de la prueba de normalidad (Shapiro-Wilk) para los porcentajes de cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba.

	Año	Estadístico	gl	Sig.
	2018	0,752	4	0,041
	2019	0,877	4	0,326
Porcentaje del área total	2020	0,856	4	0,247
de la microcuenca	2021	0,794	4	0,092
	2022	0,852	4	0,233
	2023	0,857	4	0,250

Fuente: Elaboración propia con SPSS (2025).

Dado que algunos años no cumplen normalidad ($p < 0,05$) y el tamaño de muestra es pequeño ($n = 4$ por año), se decidió utilizar una prueba no paramétrica (Kruskal-Wallis) para la comparación interanual de la cobertura vegetal.

4.2.5.2. Prueba de hipótesis

Con el propósito de determinar si existen diferencias significativas en la cobertura vegetal (Factor C) entre los años 2018 y 2023, se aplicó la prueba de Kruskal-Wallis, considerando un nivel de significancia del 5% ($\alpha = 0,05$).

- **Hipótesis nula (H_0):** No existen diferencias significativas en la cobertura vegetal (Factor C) entre los años 2018–2023.
- **Hipótesis alterna (H_1):** Existen diferencias significativas en la cobertura vegetal (Factor C) entre los años 2018–2023.

Tabla 27

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para los porcentajes de cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba, 2018–2023.

Clase	H de Kruskal-Wallis	gl	p-Value
Sin vegetación (SV)	5,000	5	0,416
Vegetación ligera (VL)	5,000	5	0,416
Vegetación media (VM)	5,000	5	0,416
Vegetación Alta (VA)	5,000	5	0,416

Fuente: Elaboración propia con SPSS (2025).

Los resultados de Kruskal-Wallis indican que todos los valores de p (0,416) son mayores al nivel de significancia establecido ($\alpha = 0,05$). Por tanto, se acepta la hipótesis nula (H_0) y se rechaza la hipótesis alterna (H_1).

Esto indica que, aunque existen fluctuaciones interanuales en los porcentajes de cobertura vegetal, estas no son estadísticamente significativas, por lo que la hipótesis planteada de que el Factor C presenta variaciones significativas durante los años 2018–2023 no se cumple en términos estadísticos.

V. CONCLUSIONES

La erosión hídrica potencial en la microcuenca del río Huaribamba predominó en la categoría media (M, 5–10 t/ha/año), oscilando entre el 27% y el 36% de la superficie total. La erosión severa (A, 10–50 t/ha/año) alcanzó máximos del 30% en 2019 y del 33% en 2023, además, no se encontraron zonas con erosión extrema (E, >50 t/ha/año). Estos niveles de pérdida de suelo son resultado de la compleja interacción entre los factores R,K,LS y C, en donde:

- El nivel de erosividad de las lluvias (factor R) mostró una notable fluctuación entre los años. Se registraron los valores más altos en 2019 (145,02 MJ·mm/ha·año en Salcabamba) y 2021 (133,60 MJ·mm/ha·año en Pampas), mientras que los menores se dieron en 2018 (82,64 MJ·mm/ha·año) y 2022 (78,58 MJ·mm/ha·año), reflejando la variación en la pluviosidad.
- El factor de erodabilidad del suelo (K) mostró variaciones en la susceptibilidad del suelo. Los suelos de Huanca Cruz (K = 0,0168) y Lacho (K = 0,0170) exhibieron menor erodabilidad, mientras que Milchurpampa (K = 0,0257) mostró mayor sensibilidad. Este factor se mantuvo estable a lo largo del tiempo, indicando una característica estructural relevante para la erosión.
- El factor topográfico (LS) demostró que la mayor parte de la microcuenca se clasificó en categorías de alta (58,52%) y muy alta (9,35%) susceptibilidad a lo largo de los seis años, debido a la existencia de extensas laderas y pendientes pronunciadas. Las categorías de baja y muy baja vulnerabilidad ocuparon solamente un 22,28% del territorio, subrayando la topografía como un elemento crítico y constante en la erosión del suelo.
- El estudio del factor de cobertura vegetal (C) mostró un deterioro progresivo entre 2018 y 2023. La cobertura ligera fue predominante (67,05% en 2019, 71,65% en 2022), mientras que la cobertura mediana disminuyó del 48,29% en 2018 al 27,40% en 2023, y la alta cobertura prácticamente desapareció. Esta tendencia reafirma la degradación de la vegetación en la zona.

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda instalar una estación meteorológica dentro de la microcuenca del río Huaribamba para monitorear las precipitaciones y evaluar el comportamiento de la lluvia y determinar el nivel de erosionabilidad de forma más directa.
- Los cálculos y mapas realizados para el distrito de Huaribamba deberían de utilizarse como una herramienta útil para la planificación del territorio. Esta información es un instrumento importante para la planificación local, como la Zonificación Ecológica y Económica (ZEE) o los Planes de Desarrollo Concertado.
- Se debería de crear un sistema de monitoreo que permita evaluar periódicamente la evolución del riesgo de erosión. Este debe incluir mediciones climáticas, cambios en la cobertura vegetal y observaciones comunitarias. La participación de las comunidades fortalecerá la gestión ambiental local.
- Se debería de intervenir en las áreas con alto riesgo de erosión hídrica mediante la implementación de planes de acción que incluyan la reforestación con especies de rápido crecimiento y/o la aplicación de sistemas silvopastoriles. Estas estrategias contribuirán a estabilizar el suelo, reducir la escorrentía y acelerar el proceso de regeneración de las zonas degradadas.
- Se debería promover campañas de sensibilización ambiental y capacitación técnica dirigidas a agricultores y pobladores locales, con énfasis en el uso de prácticas sostenibles de manejo del suelo y conservación de la cobertura vegetal.
- Se sugiere impulsar e intensificar los cultivos permanentes con un sistema de cultivo sostenible para reducir la agresividad de la lluvia e incrementar áreas de cobertura vegetal en la microcuenca.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abarca, F. J. (2007). Técnicas para evaluación y monitoreo del estado de los humedales y otros ecosistemas acuáticos. In *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*.
- Alatorre, L. C., y Beguería, S. (2013). Identificación de zonas de erosión activa y áreas de riesgo mediante teledetección: un ejemplo en un paisaje de cárcavas sobre margas en el Pirineo Central Español. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35(2). <https://doi.org/10.18172/cig.1217>
- Al-Kaisi, M. (2000). Soil erosion: An Agricultural production challenge. *Integrated Crop Management*.
- Almorox, J., López, F., y Rafaelli, S. (2010). La degradación de los suelos por erosión hídrica. In *Editum. Gaia*.
- Alvarez, A. (2019). *ANÁLISIS TEMPORAL DEL NIVEL DE LA EROSIÓN HÍDRICA DE LA SUBCUENCA DEL RÍO ICHU 2013 Y 2017*. [Tesis]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE HUANCVELICA.
- Alvarez, A. (2020). Análisis temporal del nivel de la erosión hídrica de la subcuenca del río Ichu 2013 y 2017. *TAYACAJA*, 3(2). <https://doi.org/10.46908/rict.v3i2.97>
- Andina., (2018). *Declaran estado de emergencia a distritos de Huancavelica por lluvias intensas*. Agencia Peruana de Noticias Andina. Recuperado de <https://andina.pe/agencia/noticia-declaran-estado-emergencia-a-distritos-huancavelica-lluvias-intensas-706627.aspx>
- Argueta, J. C. (2010). *Estimación de los riesgos y niveles de erosión hídrica en la microcuenca del Río Negro, Chimaltenango* (Doctoral dissertation, Universidad de San Carlos de Guatemala). http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_2572.pdf
- Arias, P., Escolano, S., y Saz, M. (2023). Estimación de la erosión del suelo mediante el modelo RUSLE. *Caso de estudio: cuenca media alta del río Mira en los Andes de Ecuador*. <https://zaguan.unizar.es/record/125941>
- Ayalew, D. A., Deumlich, D., Šarapatka, B., y Doktor, D. (2020). Quantifying the sensitivity of NDVI-based C factor estimation and potential soil erosion prediction using Spaceborne earth observation data. *Remote Sensing*, 12(7), 1136.

- Baritz, R., Wiese, L., Verbeke, I., y Vargas, R. (2018). Voluntary guidelines for sustainable soil management: global action for healthy soils. *International yearbook of soil law and policy 2017*, 17-36. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-68885-5_3
- Basile, P. A. (2018). Transporte de sedimentos y morfodinámica de ríos aluviales. <https://rehip.unr.edu.ar/server/api/core/bitstreams/28348368-1aef-46ee-8abd-aa55d4806376/content>
- Beretta, A. N., y Carrasco-Letelier, L. (2017). USLE/RUSLE K-factors allocated through a linear mixed model for Uruguayan soils. *Ciencia e investigación agraria: revista latinoamericana de ciencias de la agricultura*, 44(1), 100-112.
- Bogen, J., Walling, D. E., y Day, T. (Eds.). (1992). *Erosion and sediment transport monitoring programmes in river basins. Proceedings of the International Symposium held at Oslo, Norway, 24-28 August 1992* (pp. x+-538).
- Burbano, H. (2018). El carbono orgánico del suelo y su papel frente al cambio climático. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 35(1). <https://doi.org/10.22267/rcia.183501.85>
- Camacho, K., y Gomez, W. (2018). Erosión hídrica por lluvias máximas en diferentes tiempos de retorno en la subcuenca Cumbaza - Región San Martín. *Cátedra Villarreal*, 6(2). <https://doi.org/10.24039/cv201862275>
- Camera, C., Djuma, H., Bruggeman, A., Zoumides, C., Eliades, M., Charalambous, K., Abate, D., y Faka, M. (2018). Quantifying the effectiveness of mountain terraces on soil erosion protection with sediment traps and dry-stone wall laser scans. *Catena*, 171. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2018.07.017>
- Caro, L. H. (1965). Implementación del uso de terrazas en la finca La Reforma de Pitalito Huila. <https://repository.unad.edu.co/handle/10596/56056>
- Chavez, C., Fuentes, C., y Brambil, F. (2011). Erosion Control in Furrow Irrigation Using Polyacrylamide. In *Soil Erosion Issues in Agriculture*. <https://doi.org/10.5772/24067>
- Chen, Y., Xu, M., Wang, Z., Chen, W., y Lai, C. (2020). Reexamination of the Xie model and spatiotemporal variability in rainfall erosivity in mainland China from 1960 to 2018. *Catena*, 195(March), 104837. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104837>
- Chilton, K. D., y Spotila, J. A. (2020). Preservation of Valley and Ridge topography via delivery of resistant, ridge-sourced boulders to hillslopes and channels, Southern Appalachian Mountains, USA. *Geomorphology*, 365, 107263. ANEXOS

- Cisneros, J. M., Cholaky, C. G., Cantero Gutierrez, A., Gonzalez, J. G., Reynero, M. A., Diez, A., y Bergesio, L. (2012). Erosión hídrica: principios y técnicas de manejo. *Universidad Nacional de Rio Cuarto, 1*.
- Condori, F., Pino, E., y Tacora, P. (2022). Pérdida de suelos por erosión hídrica en laderas semiáridas de la subcuenca Cairani-Camilaca, Perú. *Idesia (Arica), 40(2)*, 7-15. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292022000200007>
- Consorcio GFA – SRK. (2020). *Determinación de la susceptibilidad a la erosión, erosión potencial hídrica y erosión actual hídrica en la cuenca del Río Goascorán, Honduras*. Instituto de Conservación Forestal. https://sigmof.icf.gob.hn/wp-content/uploads/2023/03/Determinacin_erosin_cuenca_del_Ro_Goascorn.pdf
- Contreras, R., Pérez, O., Montoya, K., y Chávez, M., (2021). Estimación de la erosión hídrica para el uso actual y erosión potencial del suelo en la finca agrícola experimental UNI, municipio “Las Flores”, departamento de Masaya. *Revista Ciencia y Tecnología El Higo, 11(2)*, 28-47.
- Correa, J. (2021). Modelamiento hidrogeológico de la microcuenca del río Opamayo - Huancavelica. *ALICIA*.
- Correa, S. W., Mello, C. R., Chou, S. C., Curi, N., y Norton, L. D. (2016). Soil erosion risk associated with climate change at Mantaro River basin, Peruvian Andes. *Catena, 147*. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.003>
- Cortés, E., y Osorio, Á. A. (2019). Efectividad de cuatro prácticas agroecológicas de conservación de suelos, frente a procesos erosivos hídricos en Guasca – Cundinamarca. *Revista Lasallista de Investigación*. <https://doi.org/10.22507/rli.v16n1a11>
- Crettaz, E., Gvozdenovich, J., y Saluzzio, M. (2016). Cálculo del Factor R de la USLE a través del Índice Modificado de Fournier. *INTA Paraná. 7pp*.
- Cris, P. (2024). *El suelo es la base de toda actividad humana es muy frágil y protegerlo es necesario*. Cadena SER. <https://cadenaser.com/aragon/2024/11/26/el-suelo-es-la-base-de-toda-actividad-humana-es-muy-fragil-y-protegerlo-es-necesario-radio-jaca-ser-pirineos/>
- Da Cunha E.B. (2017) Modeling soil erosion using RUSLE and GIS in a watershed occupied by rural settlement in the Brazilian Cerrado. *Nat. Hazards, 85(2)*, 851–868.

- Devianti, D., Ramli, I., Aryani, I., Satrio, P., y Thamren, D. S. (2023). Estimation of Erosion and Sediment using Gavrilović Method in Krueng Jreu Sub-basin, Aceh Province, Indonesia. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 20(2). <https://doi.org/10.33462/jotaf.1183026>
- Diaz, E. P., y Niño, J. A. (2023). Análisis del riesgo por socavación e inundación en la ribera del río Magdalena de los municipios El Piñón y Salamina (Departamento del Magdalena). <https://repository.eia.edu.co/entities/publication/d8a156e5-1b00-4ce9-9b37-5de0e067e1bd>
- Dibal, J., Igbadun, H., Umara, B., y Bashir, A. (2015). Effect of Stream Sizes and Furrow Geometry on Furrow Irrigation Erosion in Samaru, Northern Nigeria. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 2(1). <https://doi.org/10.9734/jaeri/2015/12490>
- Dioses, J., y Pérez, C. (2018). Estimación de la erosión hídrica mediante la aplicación de la metodología RUSLE en la cuenca del río Piura. *Para optar el Título*. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNMS_09414aa7e41a2f9a187b67368338ed95
- Dumas, Á. (2012). Riesgo de erosión hídrica en la cuenca hidrográfica del río Mundo. <https://hdl.handle.net/20.500.14352/46543>
- Escobar, M. Y. (2019). Mitigación de la erosión hídrica para la conservación del suelo en la subcuenca del río Ichu, Huancavelica. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/items/ec236156-cbc7-477d-afcc-cdf8b4488d70>
- Ezeudu, O. B., Ezeudu, T. S., Ugochukwu, U. C., Okolo, O. J., Ani, C. D., Ajogu, A. P., Ajaero, C. C., Mbakwe, U. I., y Nduji, N. N. (2022). Coping Strategies, Cultural Practices and Policy Implications on Domestic Water Supply in an Erosion Susceptible Rural Community, Nigeria. *Resources*, 11(8). <https://doi.org/10.3390/resources11080077>
- Farré, G. (2025). *Un estudio señala que recuperar 17.000 hectáreas de cultivos y pastos ayudaría a proteger la región de Barcelona contra los incendios*. Ediciones EL PAÍS S.L. <https://elpais.com/espana/catalunya/2025-01-16/un-estudio-senala-que-recuperar-17000-hectareas-de-cultivos-y-pastos-ayudaria-a-proteger-la-region-de-barcelona-contra-los-incendios.html>

- Fatmawati. (2022). Perubahan dan Perkembangan Kurikulum terhadap Pemelajaran Sejarah Kebudayaan Islam di Madrasah. *Uniqbu Journal of Social Sciences (UJSS)*, 3(2).
- Flores V., Á. L. (2015). Aproximación de riesgo por erosión hídrica aplicando un sistema de información geográfica en la subcuenca shambillo, distrito de Padre Abad. <https://hdl.handle.net/20.500.14292/1477>
- Ganasri, B. P., y Ramesh, H. (2016). Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*, 7(6). <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007>
- Gonzales, M. A. (2023). Fenómeno El Niño: Lluvias intensas y huaicos azotan a Huancavelica. infobae. <https://www.infobae.com/peru/2023/11/30/fenomeno-el-nino-lluvias-intensas-y-huaicos-azotan-a-huancavelica/>
- González, E. (2005). LA OBSERVACIÓN DIRECTA BASE PARA EL ESTUDIO DEL ESPACIO LOCAL. *Redalyc.Org*, 10, 101–105.
- Gottfriedt, G., De Siervi, M., Chagas, C. I., y de Iorio, A. F. (2004). Erosión laminar en suelos de Pampa Ondulada con contenidos contrastantes de sodio intercambiable. *Ciencia Del Suelo*, 22(2).
- Guerra A.J. (2017) Slope processes, mass movement and soil erosion: A review. *Journal of Pedosphere*, 27(1), 27–41.
- Haas, F., Heckmann, T., Becht, M., y Cyffka, B. (2011). Ground-based laserscanning - A new method for measuring fluvial erosion on steep slopes? *IAHS-AISH Publication*, 343.
- Instituto Geofísico del Perú (IGP). (2019). Vulnerabilidad actual y futura ante el cambio climático y medidas de adaptación en la Cuenca del Río Mantaro: Volumen III. In *Repositorio institucional - IGP*.
- INSTITUTO NICARAGÜENSE DE ESTUDIOS TERRITORIALES (INETER). 2005. Erosión hídrica. Mapa de Amenazas. Recomendaciones técnicas para su elaboración. Publicación del proyecto: Metodologías para el análisis y manejo de los riesgos naturales. Agencia Suiza para el Desarrollo y la Cooperación (COSUDE). Managua, Nicaragua. 52 p
- Jaya, J. (2023). Altos niveles de erosión hídrica en una microcuenca tropical calculado mediante el modelo USLE. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 15(1). <https://doi.org/10.29166/revfig.v15i1.4269>

- Kaplan, D. (2012). Causal inference in non-experimental educational policy research. In *Handbook of education policy research* (pp. 139-153). Routledge..
- León. (2003). Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica. *Gestión y Ambiente*, 6(1), 39–56.
- López, A. J. (2006). Manual de edafología. *Sevilla, España: Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola de la Universidad de Sevilla.*
- López, A., Martínez, M., y Fernández, D. (2015). Priorización de áreas de intervención mediante análisis morfométrico e índice de vegetación
- Lu, S., Liu, B., Hu, Y., Fu, S., Cao, Q., Shi, Y., y Huang, T. (2020). Soil erosion topographic factor (LS): Accuracy calculated from different data sources. *Catena*, 187, 104334. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.104334>
- Luo, T., Liu, W., Xia, D., Xia, L., Guo, T., Ma, Y., ... y Hu, Y. (2022). Effects of land use types on soil erodibility in a small karst watershed in western Hubei. *PeerJ*, 10, e14423. <https://peerj.com/articles/14423/>
- Matías, M., Gómez, D., Monterroso, I., Uribe, M., Villar, B., Ruiz, P., y Asencio, C. (2020). Factores que influyen en la erosión hídrica del suelo en un bosque templado. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 11(59), 51-71. <https://doi.org/doi10.29298/rmcf.v11i59.673>
- Mazzetti, P., y Nativi, S. (2024). The model-as-a-resource paradigm for geoscience digital ecosystems. *Environmental Modelling & Software*, 176, 106002. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2024.106002>
- Mejía, J., Pino, E., Guevara, E., Olivos, V., y Condori, M. (2021). Predicción espacial de la erosión del suelo en zonas áridas mediante teledetección. Estudio de caso: Quebrada del Diablo, Tacna, Perú. *Revista Ingeniería UC*, 28(2). <https://doi.org/10.54139/revinguc.v28i2.24>
- Ministerio de Energía y Minas (MINEM) (2010). *Reglamento de la Ley de Recursos Hídricos [Decreto Supremo N.º 001-2010-AG]. El Peruano.* <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5323760/4773151-d-s-n-001-2010-ag.pdf?v=1698184614>

- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2005). *Ley General del Ambiente [Ley N.º 28611]*. El Peruano. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-28611.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). *Ley de Recursos Hídricos [Ley N.º 29338]*. El Peruano. <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/Ley-N%C2%B0-29338.pdf>
- Ministerio del Ambiente (MINAM). (2009). *Política Nacional del Ambiente 2009-2021: Documento para consulta pública*. Ministerio del Ambiente. https://www.minam.gob.pe/consultaspublicas/wp-content/uploads/sites/52/2014/02/pna_2009_documento_para_consulta.pdf
- Mohsin, M., Hassan, B., Martins, W. M., Li, R., Abdullah, S., Sands, K., y Walsh, T. R. (2021). Emergence of plasmid-mediated tigeicycline resistance tet (X4) gene in Escherichia coli isolated from poultry, food and the environment in South Asia. *Science of the Total Environment*, 787, 147613.
- Moore, I. D. y Burch, G. J. (1986). *Physical basis of the length-slope factor in the universal soil loss equation*. Soil Science Society of America Journal, **50**(5), 1294-1298. <http://dx.doi.org/10.2136/sssaj1986.03615995005000050042>
- Morgan, R.P.C. (1997). “Erosión y Conservación del Suelo”, edi. Mundi Prensa. Pidwirny, M. (2006). Physical Geography. Obtenido de <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/10w.html>
- Muñoz Gomez, F. A., Rengifo Rengifo, I. Y., y Toro Trochez, O. A. (2022). Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana. *Bioteología En El Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 20(2). <https://doi.org/10.18684/rbsaa.v20.n2.2022.1738>
- Orbegoso, L. A., y Rodríguez, S. C. (2018). EROSIÓN HÍDRICA EN LA SUB CUENCA RÍO URPAY UTILIZANDO EL MÉTODO DEL PERFIL, HUARAZ. *TZHOECOEN*, 10(3). <https://doi.org/10.26495/rtzh1810.327731>
- Orúe, M. E., Laterra, P. A., y Cabria, F. (2007). Expansión de la frontera agrícola en Argentina y erosión hídrica: mapas de riesgo utilizando el Modelo Usle con apoyo de SIG. *TELEDETECCIÓN*, 185–192. <http://www.aet.org.es/congresos/xii/arg24.pdf>

- Panagos, P., Borrelli, P., Meusburger, K., Yu, B., Klik, A., Jae Lim, K., ... y Ballabio, C. (2017). Global rainfall erosivity assessment based on high-temporal resolution rainfall records. *Scientific reports*, 7(1), 4175.
- Parra, L., y Vásquez, M. (2017). *Muestreo probabilístico y no probabilístico*.
- Paseka, S. (2022). THE APPLICATION OF THE LASER DIFFRACTION TO DETERMINE SOIL TEXTURE AND INFLUENCE ON SOIL TEXTURE CLASSIFICATION. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 22(3.1). <https://doi.org/10.5593/sgem2022/3.1/s13.37>
- Pham, T. G., Degener, J., y Kappas, M. (2018). Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(2), 99-110.
- Posada P., B. O., y Henao P., W. (2008). Diagnóstico de la Erosión en la Zona Costera del Caribe Colombiano. *INVEMAR, Serie de Publicaciones Especiales*, 13.
- Pulido, E. D. Z. (2021). Análisis multitemporal de la cobertura del terreno y su asociación con las tasas de erosión hídrica en Acoculco, Puebla. *Maestría en Ciencias con orientación deficiencias asociambientales*, 1. <https://cicese.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1007/3597>
- Ramos, (2001). “Modelamiento Ambiental Para Análisis de Susceptibilidad Erosiva en la Cuenca Media y Alta del Río Cañete y Determinación del Mapa de Erosión Lima – Perú”
- Renard, K. G. (1997). *Predicting soil erosion by water: a guide to conservation planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE)*. US Department of Agriculture, Agricultural Research Service.
- Römkens, M. J. M., Helming, K., y Prasad, S. N. (2002). Soil erosion under different rainfall intensities, surface roughness, and soil water regimes. *Catena*, 46(2–3). [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(01\)00161-8](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(01)00161-8)
- Saurette, D. D. (2022). Comparing direct and indirect approaches to predicting soil texture class. *Canadian Journal of Soil Science*, 102(4). <https://doi.org/10.1139/cjss-2022-0040>

- Savenije, H. H. G., Hoekstra, A. Y., y Van Der Zaag, P. (2014). Evolving water science in the Anthropocene. *Hydrology and Earth System Sciences*, 18(1). <https://doi.org/10.5194/hess-18-319-2014>
- SENAMHI. (2022). *Erosividad de la lluvia en el Perú para el periodo 2000-2020*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01401SENA-104.pdf>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2023). *Boletín Climático Nacional – Resumen anual 2023*. Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú. https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/5652643/5008910-boletin-climatico-nacional-dic_2023-f.pdf?v=1704908820
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) (2023). *Monitoreo de sequías meteorológicas (octubre 2023)*. Dirección de Meteorología y Evaluación Ambiental Atmosférica, Subdirección de Predicción Climática, Subdirección de Predicción Meteorológica. <https://sinia.minam.gob.pe/documentos/monitoreo-sequias-meteorologicas-octubre-2023>
- Shope, C. L., y Maharjan, G. R. (2015). Modeling spatiotemporal precipitation: Effects of density, interpolation, and land use distribution. *Advances in meteorology*, 2015, 1–16. <https://doi.org/10.1155/2015/174196>
- Solano, R. (2016). *Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la subcuenca del río Shullcas 2000 – 2013, Huancayo*. UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.
- Torres, E., Linares, G., Tenorio, M. G., Peña, R., Castelán, R., y Rodríguez, A. (2014). Índices de vegetación y Uso de Suelo en la Región Terrestre Prioritaria 105: Cuetzalan, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias*.
- Ugsha, Á. M. (2023). Evaluación multitemporal de la cobertura vegetal (2013-2022) de los páramos de la parroquia Isinliví, provincia de Cotopaxi. <https://repositorio.utc.edu.ec/server/api/core/bitstreams/a168f0e5-9015-435e-945a-f738972d3464/content>
- USDA-Natural Resources Conservation Service (NRCS) (2001). *RUSLE2 Handbook*. USDA – United States Department of Agriculture. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-10/RUSLE2%20Handbook_0.pdf

- Vásquez V, A., y Tapia M, M. (2011). Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiaridas de la sierra peruana. *Revista Ingeniería UC*, Vol 18, 1-4.
- Wischmeier, W. H., y Smith, D. D. (1978). *Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning* (No. 537). Department of Agriculture, Science and Education Administration.
https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=rRAUAAAAYAAJ&oi=fnd&pg=PA5&dq=Predicting+rainfall+erosion+losses-a+guide+to+conservation+planning&ots=cwqnvUrrSQ&sig=NdVW9hfbBB39pThhHW7-ITZ9urI&redir_esc=y#v=onepage&q=Predicting%20rainfall%20erosion%20losses-a%20guide%20to%20conservation%20planning&f=false
- Yoon, J. (2023). Descriptive Method in Observation and Its Application. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4389979>
- Zapata A, J. C. (2023). Aplicación del método RUSLE mediante SIG, para calcular la sedimentación por erosión hídrica en la cuenca Casitas-Bocapán, Tumbes, 2023. <https://repositorio.untumbes.edu.pe/handle/20.500.12874/65240>
- Zhang, X., Liu, W., y Li, A. (2019). *Spatial and temporal variations in rainfall erosivity and erosivity density in South Korea*. *Catena*, 176, 125–144. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2019.01.005>


VIII. ANEXO

Tabla 28


Matriz de consistencia.


PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE E INDICADORES	METODOLOGÍA
GENERAL	GENERAL	GENERAL	<i>Variable Independiente:</i>	Tipo de investigación:
¿Cómo es el comportamiento de la erosión hídrica durante el periodo 2018 - 2023 a través de un modelamiento temporal en la microcuenca del río Huaribamba?	Evaluar el comportamiento de la erosión hídrica durante el periodo 2018 - 2023 a través de un modelamiento temporal en la microcuenca del río Huaribamba.	Si existen variaciones significativas interanuales del nivel de erosión hídrica en la microcuenca del río Huaribamba, asociadas a los factores de erosividad de la lluvia (R), erodabilidad del suelo (K), longitud y pendiente de la ladera (LS) y cobertura vegetal (C) durante el periodo 2018 - 2023.	Erosividad del escurrimiento (R), Erosionabilidad del suelo (K), Cobertura Vegetal (C), Práctica de conservación (P) y Topografía (LS). Indicadores: R (Erosividad): Indicadores: precipitación anual, índice de Fournier (IMF). K (Erosionabilidad): Indicadores: textura del suelo, materia orgánica. C (Cobertura vegetal): Indicadores: NDVI, porcentaje de cobertura vegetal. P (Prácticas de conservación): Indicadores: presencia de terrazas o zanjas, área con manejo conservacionista. LS (Topografía): Indicadores: pendiente (%), longitud de pendiente (m).	Nivel de investigación: Descriptivo Método de investigación: Cuantitativo, basado en análisis espacial. Diseño de investigación: No experimental de tipo longitudinal (2018–2023) Población: Cuenca del río Mantaro, con una extensión aproximada de 1 541 000 ha. Muestra: Microcuenca del río Huaribamba, con una superficie aproximada de 3 719 ha. Técnica de muestreo: No probabilístico Técnica e instrumentos de recolección de datos:
ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS	ESPECÍFICOS		
¿Cuál es el nivel de erosividad (Factor R) de la precipitación en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 - 2023?	Calcular el nivel de erosividad (Factor R) de la precipitación en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 - 2023.	El nivel de erosividad de la precipitación (Factor R) en la microcuenca del río Huaribamba presenta variaciones significativas durante los años 2018 - 2023.		
¿Cuál es el nivel de erodabilidad (Factor K) del suelo por erosión de la microcuenca del río Huaribamba?	Determinar el nivel de erodabilidad (Factor K) del suelo por erosión de la microcuenca del río Huaribamba.	El nivel de erodabilidad del suelo (Factor K) presenta valores altos de erodabilidad en la microcuenca del río Huaribamba, sin embargo, no presenta variaciones significativas ya que es un factor constante.		
¿Cuál es el valor de la longitud y pendiente (Factor LS) de la microcuenca del río Huaribamba?	Calcular el valor de la longitud y pendiente (Factor LS) de la microcuenca del río Huaribamba.	La microcuenca del río Huaribamba presenta valores altos de longitud y pendiente (Factor LS), sin embargo, no presenta variaciones significativas ya que es un factor constante.	<i>Variable dependiente:</i> - Tasa de erosión hídrica (t/ha/año) Indicadores: - Tasa de erosión a lo largo del tiempo - Variaciones estacionales - Eventos extremos de lluvia	<ul style="list-style-type: none">• Análisis de imágenes satelitales (NDVI, uso del suelo)• Sistemas de Información Geográfica (SIG)• Modelamiento con la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE).• Datos meteorológicos e hidrológicos históricos (2018–2023)
¿Cuál es el cambio de la cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 - 2023?	Determinar el cambio de la cobertura vegetal (Factor C) en la microcuenca del río Huaribamba durante el periodo 2018 - 2023.	La cobertura vegetal (Factor C) de la microcuenca del río Huaribamba presenta variaciones significativas durante los años 2018 - 2023.		

Figura 12
Análisis de suelo de la Microcuenca del Río Huaribamba.



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200**






INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053888-25 / SU / SA


I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
 Propietario / Productor : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
 Dirección del cliente : Barrio Santa Ana SN, Huaribamba, Huancavelica
 Solicitado por : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
 Muestreado por : Reservado por el cliente
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (****) : Huancavelica/Tayacaja/Huaribamba
 Fecha(s) de muestreo (****) : 2025-05-04
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-05
 Lugar de ensayo : LABSAF SANTA ANA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-05-30 al 2025-06-04
 Cotización del servicio : 194-25-SA
 Fecha de emisión : 2025-06-04

II. RESULTADO DE ANÁLISIS


ÍTEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU11085-SA-25	SU11086-SA-25	SU11087-SA-25	SU11088-SA-25	SU11089-SA-25	SU11090-SA-25		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo (****)	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (****)	11:32	12:11	13:01	13:41	14:23	15:14		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (****)	RRNM - P1	RRNM - P2	RRNM - P3	RRNM - P4	RRNM - P5	RRNM - P6		
	Resultados							
Materia Orgánica	%	0.2	6.9	6.4	6.0	6.5	2.8	3.0
Textura	-	-	-	-	-	-	-	-
Arena	%	-	83	81	77	89	89	60
Arcilla	%	-	7	9	11	13	28	16
Limo	%	-	10	10	12	17	16	24
Clase Textural	-	-	Arena Franca	Arena	Arena	Franco	Franco	Franco





Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Santa Ana

Dirección: Carretera Saños Grande-Hualahoyo km 08 Santa Ana, El Tambo, Huancayo
Email: labafsantaana@inia.gov.pe



F-46 / Ver.06
www.inia.gov.pe



**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200**





INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053888-25 / SU / SA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Materia Orgánica	NOM-021-RECNAT-2000, 2da Sección, 2002, Ítem 7.1.7 AS-07 2002 Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black)
Textura	Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), Ítem 7.1.5, AS-09 2002 Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos)

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(****) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Ing. Lidiana Alejandra Mendez - Responsable de Laboratorio del LABSAF - SANTA ANA





Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Santa Ana

Dirección: Carretera Saños Grande-Hualahoyo km 08 Santa Ana, El Tambo, Huancayo
Email: labafsantaana@inia.gov.pe



F-46 / Ver.06
www.inia.gov.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053889-25 / SU / SA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Propietario / Productor : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Dirección del cliente : Barrio Santa Ana SN, Huanbamba, Huancavelica
Solicitado por : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Muestreado por : Reservado por el cliente
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) (****) : Huancavelica/Tayacaja/Huanbamba
Fecha(s) de muestreo (****) : 2025-05-04
Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-05
Lugar de ensayo : LABSAF SANTA ANA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-05-30 al 2025-06-04
Cotización del servicio : 184-25-SA
Fecha de emisión : 2025-06-04

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU11091-SA-29	SU11092-SA-25	SU11093-SA-25	SU11094-SA-25	-	-
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	-	-
Fecha de Muestreo (****)	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (****)	16:55	17:25	18:00	18:35	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (****)	RRNM - P7	RRNM - P8	RRNM - P9	RRNM - P10	-	-
	Resultados					
Materia Orgánica	Unidad	LC	1.7	0.5	2.4	-
Textura	%	0.2	-	-	-	-
Arena	%	-	59	60	76	50
Arcilla	%	-	17	20	12	28
Limo	%	-	24	21	12	22
Clase Textural	-	-	Franco	Franco	Arena	Franco



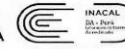
Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande-Hualahoy km 08 Santa Ana, El Tambo, Huancayo
Email: labsafsantaana@inia.gov.pe

F-48 / Ver.06
www.inia.gov.pe



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200



INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053889-25 / SU / SA



III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Materia Orgánica	NDM-021-RECNAT-2000, 3da Sección, 2002, ítem 7.1.7 AS-07 2002 Determinación de Materia Orgánica (AS-07 Walkley y Black)
Textura	Norma Oficial Mexicana NDM-021-RECNAT-2000, Segunda Sección (31 de Diciembre 2002), ítem 7.1.9, AS-09 2002 Determinación de la textura del suelo (AS-09 Método de Bouyoucos).

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
 - Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
 - Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
 - Este documento es válido solo para el producto mencionado anteriormente
 - El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
 - Medición de pH realizada a 25 °C.
 - Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.
- (****) Este dato ha sido proporcionado por el cliente, por lo que el laboratorio no es responsable de dicha información.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por Ing. Lidiana Alejandra Méndez - Responsable de Laboratorio del LABSAF - SANTA ANA



FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

Dirección: Carretera Saños Grande-Hualahoy km 08 Santa Ana, El Tambo, Huancayo
Email: labsafsantaana@inia.gov.pe

F-48 / Ver.06
www.inia.gov.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053888-25NA / SU / SA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Propietario / Productor : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Dirección del cliente : Barrio Santa Ana SN, Huancavelica
Solicitado por : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Muestreado por : Reservado por el cliente
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) (****) : Huancavelica/Tayacaja/Huanbamba
Fecha(s) de muestreo (****) : 2025-05-04
Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-05
Lugar de ensayo : LABSAF SANTA ANA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-05-30 al 2025-06-04
Cotización del servicio : 194-25-SA
Fecha de emisión : 2025-06-04

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	SU11085 -SA-25	SU11086 -SA-25	SU11087 -SA-25	SU11088 -SA-25	SU11089 -SA-25	SU11090 -SA-25		
Matriz Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo		
Fecha de Muestreo (****)	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (****)	11:32	12:11	13:01	13:41	14:28	16:14		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (****)	RRNM - P1 HUANCA CRUZ	RRNM - P2 LACHO	RRNM - P3 CHOCOCOCO OTO	RRNM - P4 SILLAPATA	RRNM - P5 ANGAYPAH UA	RRNM - P6 BARRIO CHUCMAY		
	Resultados							
Ensayo	Unidad	LC						
Densidad Aparente	g/cm3	-	0.82	1.021	0.782	0.758	0.862	1.042



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF (Nombre)
Dirección: (Dirección del laboratorio)
Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.06
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053888-25NA / SU / SA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Densidad Aparente	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA CON FINES DE RIEGO, MIDAGRI-NIA

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Lidiana Alejandro Mendez - Responsable de Laboratorio del LABSAF - SANTA ANA



FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF (Nombre)
Dirección: (Dirección del laboratorio)
Email: (correo de contacto del laboratorio)

F-46 / Ver.06
www.inia.gob.pe



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053889-25NA / SU / SA

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Propietario / Productor : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Dirección del cliente : Barrio Santa Ana SN, Huambamba, Huancavelica
Solicitado por : NICK MAYKOL RODAS RIVEROS
Muestreado por : Reservado por el cliente
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) (***) : Huancavelica/Tayacaja/Huambamba
Fecha(s) de muestreo (***) : 2025-05-04
Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-05
Lugar de ensayo : LABSAF SANTA ANA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-05-30 al 2025-06-04
Colización del servicio : 194-25-SA
Fecha de emisión : 2025-06-04

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU11091 -SA-25	SU11092 -SA-25	SU11093 -SA-25	SU11094 -SA-25	-	-
Muestra Analizada	Suelo	Suelo	Suelo	Suelo	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	2025-05-04	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	16:55	17:25	18:00	18:35	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	RRNM - P7 SAMARINA	RRNM - P8 INQUIL	RRNM - P9 MILCHURPA MPA	RRNM - P10 SAN JOSE	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
Densidad Aparente	g/cm3	-	1.02	1.137	1.087	0.91



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF (Nombre)
Dirección: (Dirección del laboratorio)
Email: (correo de contacto del laboratorio)



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO
LABSAF SANTA ANA
N° 053889-25NA / SU / SA

III. METODOLOGÍA DE ENSAYO

ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA
Densidad Aparente	MANUAL DE PROCEDIMIENTOS DE LOS ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUA CON FINES DE RIEGO, MIDAGRI-INA

IV. CONSIDERACIONES

- Este informe no puede ser reproducido total, ni parcialmente sin la autorización de LABSAF y del cliente.
- Los resultados se relacionan solamente con los ítems sometidos a ensayo
- Los resultados se aplican a las muestras, tales como se recibieron
- Este documento es válido sólo para el producto mencionado anteriormente.
- El Laboratorio no es responsable cuando la información proporcionada por el cliente pueda afectar la validez de los resultados.
- Medición de pH realizada a 25 °C.
- Medición de Conductividad Eléctrica realizada a 25 °C.

(**) El (Los) resultado(s) obtenido(s) corresponde(n) a métodos de ensayo que no han sido acreditados por el INACAL-DA, debido a que la muestra no es idónea para el ensayo.

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Lidiana Alejandra Mendez - Responsable de Laboratorio del LABSAF - SANTA ANA



Firma

FIN DE INFORME DE ENSAYO



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Follares
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF (Nombre)
Dirección: (Dirección del laboratorio)
Email: (correo de contacto del laboratorio)

Tabla 29*Análisis mecánico de los suelos superficiales de la microcuenca del río Huaribamba.*

ID	Nombre de la zona	Longitud	Latitud	m.o (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase textural	Estructura	Permeabilidad (m/días)
P01	Huanca cruz	502074	8637643	8,9	83	10	7	Arena franca	Granular gruesa	mediana rápida
P02	Lacho	506324	8636677	6,4	81	10	9	Arena	Granula gruesa	moderada
P03	Chococoto	507157	8638969	6,0	77	12	11	Arena	Granular media	moderada
P04	Silla pata	506553	8639609	6,5	69	17	13	Franco	Granular media	moderada
P05	Ancaypahua	505962	8641054	2,8	56	16	28	Franco	Granular fina	lenta
P06	Chucmay	506875	8642635	3,0	60	24	16	Franco	Granular fina	moderada lenta
P07	Samarina	509350	8643335	1,7	59	24	17	Franco	Granular fina	moderada lenta
P08	Inquil	509737	8643841	1,0	60	21	20	Franco	Granular fina	moderada lenta
P09	Milchurpampa	507654	8643850	0,5	76	12	12	Arena	Granular media	moderada

Tabla 30*Datos de precipitación media anual*

EM	Latitud	Longitud	Altitud	Distrito	Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ppmm anual (mm)
EM1	493776	8633551	3603	ACOSTAMBO	2018	152.20	149.20	179.60	53.70	13.90	11.60	20.40	30.20	28.60	109.30	52.20	47.80	848.70
EM2	512593	8628987	3250	AHUAYCHA	2018	112.90	109.10	131.90	48.30	7.90	11.60	20.90	40.00	14.80	66.10	46.20	40.10	649.80
EM3	524000	8650879	3005	SALCABAMBA	2018	126.00	136.80	152.20	90.60	22.40	27.10	36.70	22.50	34.70	113.70	35.00	91.70	889.40
EM1	493776	8633551	3603	ACOSTAMBO	2019	145.80	117.50	124.70	37.60	45.60	1.40	0.90	0.00	17.20	39.20	104.70	167.00	801.60
EM2	512593	8628987	3250	AHUAYCHA	2019	121.60	110.20	108.90	29.20	30.00	3.00	14.70	5.60	14.70	54.00	61.30	132.40	685.60
EM3	524000	8650879	3005	SALCABAMBA	2019	186.70	149.10	197.60	33.20	22.00	1.80	12.40	0.00	23.30	79.40	93.60	160.00	959.10
EM1	493776	8633551	3603	ACOSTAMBO	2020	97.80	192.50	8.70	90.60	22.00	11.60	0.60	5.70	28.80	30.30	5.10	122.40	616.10
EM2	512593	8628987	3250	AHUAYCHA	2020	27.40	130.60	110.00	27.20	12.20	8.30	7.60	0.00	33.70	23.10	6.10	73.30	459.50
EM3	524000	8650879	3005	SALCABAMBA	2020	81.90	175.30	6.50	45.10	11.10	11.60	11.20	0.00	16.10	42.10	18.20	116.70	535.80
EM1	493776	8633551	3603	ACOSTAMBO	2021	143.70	59.00	126.00	56.90	29.50	8.30	1.30	23.80	42.40	52.70	119.90	60.60	724.10
EM2	512593	8628987	3250	AHUAYCHA	2021	123.50	38.00	113.00	63.00	29.40	3.90	3.60	11.70	19.00	56.60	109.40	86.30	657.40
EM3	524000	8650879	3005	SALCABAMBA	2021	154.90	59.60	119.10	67.90	29.50	21.00	0.00	12.80	23.20	60.20	151.70	52.60	752.50
EM1	493776	8633551	3603	ACOSTAMBO	2022	100.80	111.30	114.50	63.60	21.90	7.60	0.00	29.50	22.80	57.20	18.20	103.90	651.30
EM2	512593	8628987	3250	AHUAYCHA	2022	105.40	117.40	79.60	46.20	19.30	9.10	1.80	18.80	28.00	23.90	21.20	89.80	560.50
EM3	524000	8650879	3005	SALCABAMBA	2022	82.10	103.40	131.20	30.50	2.70	12.90	8.10	11.40	19.40	5.20	9.70	83.90	500.50
EM1	493776	8633551	3603	ACOSTAMBO	2023	93.30	127.90	86.80	33.50	41.30	0.00	2.70	1.40	17.20	39.20	104.70	63.80	611.80
EM2	512593	8628987	3250	AHUAYCHA	2023	100.10	105.30	63.10	24.30	42.90	0.80	0.70	6.70	30.50	34.50	80.10	104.90	593.90
EM3	524000	8650879	3005	SALCABAMBA	2023	90.70	140.40	78.70	6.00	45.40	0.00	1.80	8.50	25.70	47.00	106.40	120.30	670.90

Tabla 31

Precipitación media anual del 2017 al 2023 de las 3 estaciones meteorológicas

AÑO	ESTACIONES METEREOLÓGICAS		
	ACOSTAMBO (mm)	AHUAYCHA (mm)	SALCABAMBA (mm)
2017	825.15	634.50	884.30
2018	848.70	649.80	889.40
2019	801.60	685.60	959.10
2020	616.10	459.50	535.80
2021	724.10	657.40	752.50
2022	651.30	560.50	500.50
2023	611.80	593.90	670.90

Figura 13

Análisis de consistencia de la estación meteorológica 1 (EM1)

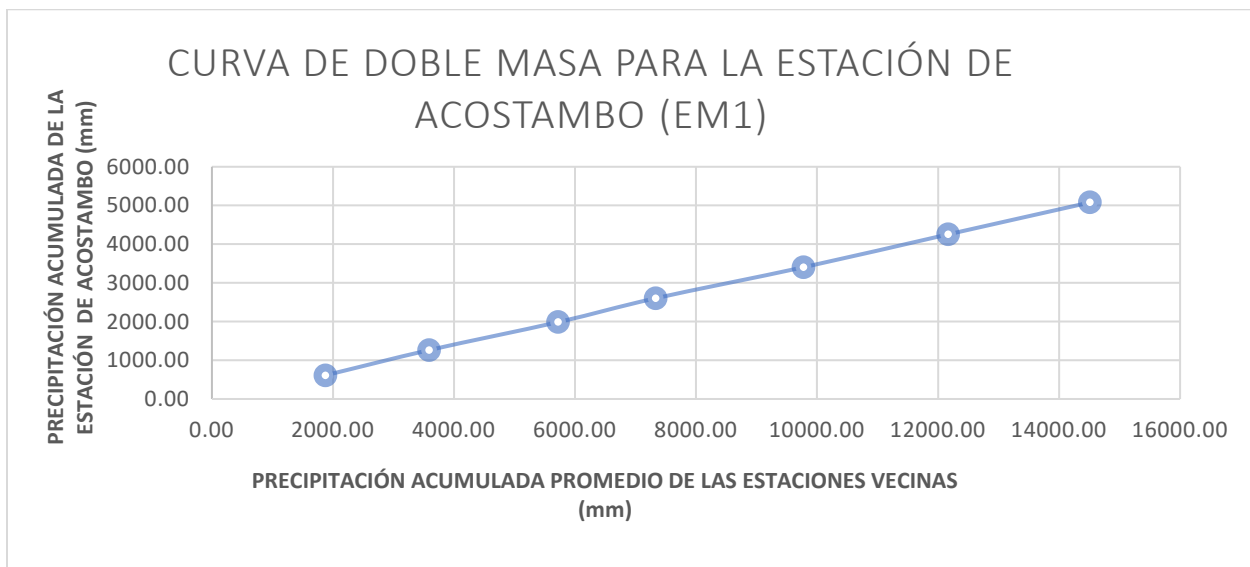


Figura 14

Análisis de consistencia de la estación meteorológica 2 (EM2)

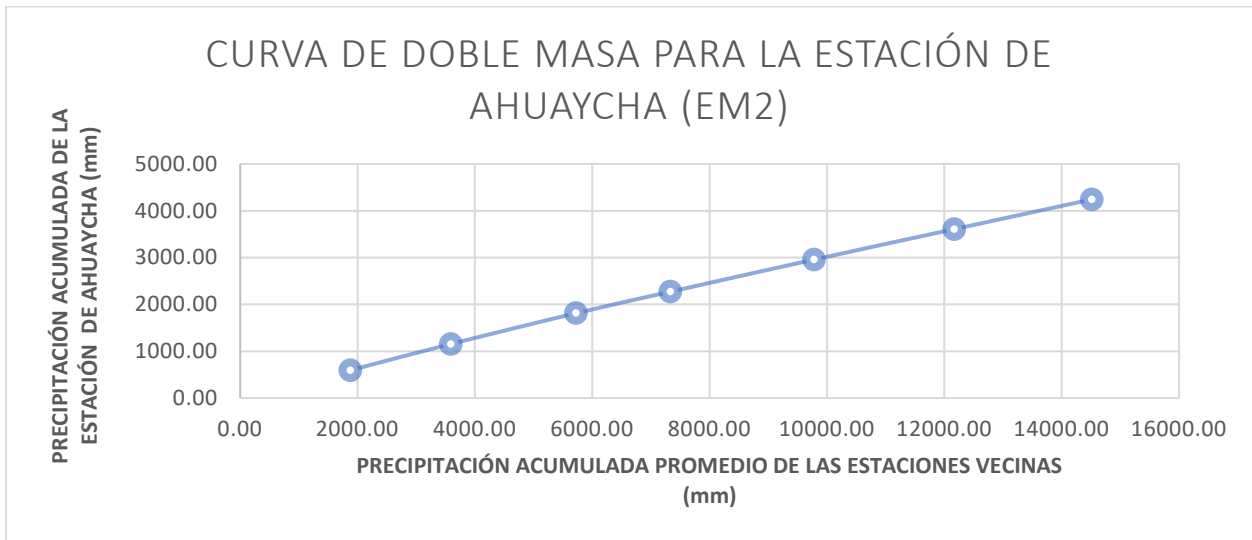


Figura 15

Análisis de consistencia de la estación meteorológica 3 (EM3)

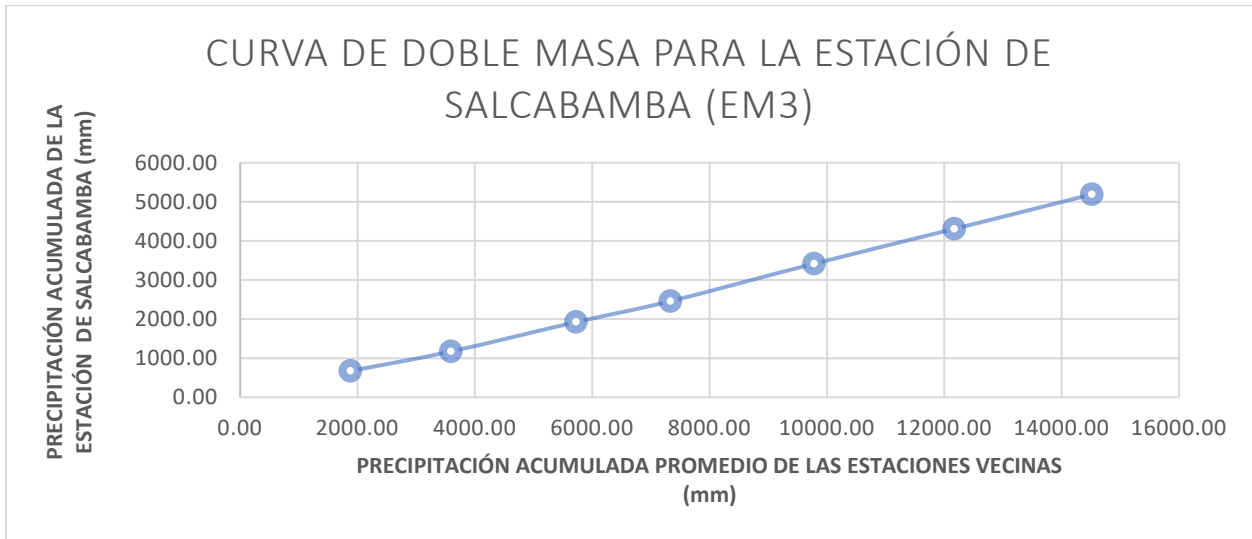


Figura 16

Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2018.

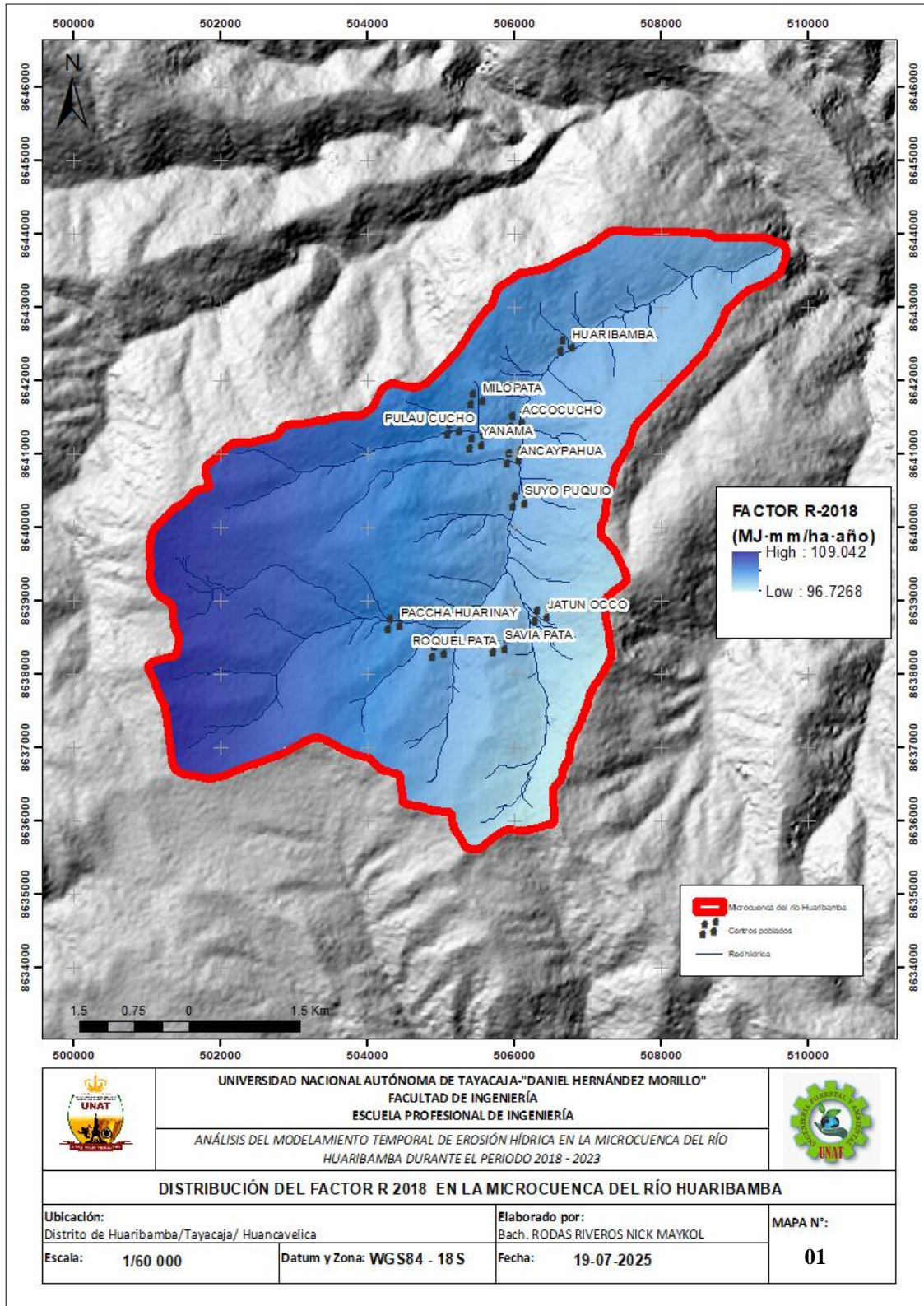


Figura 17

Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2019.

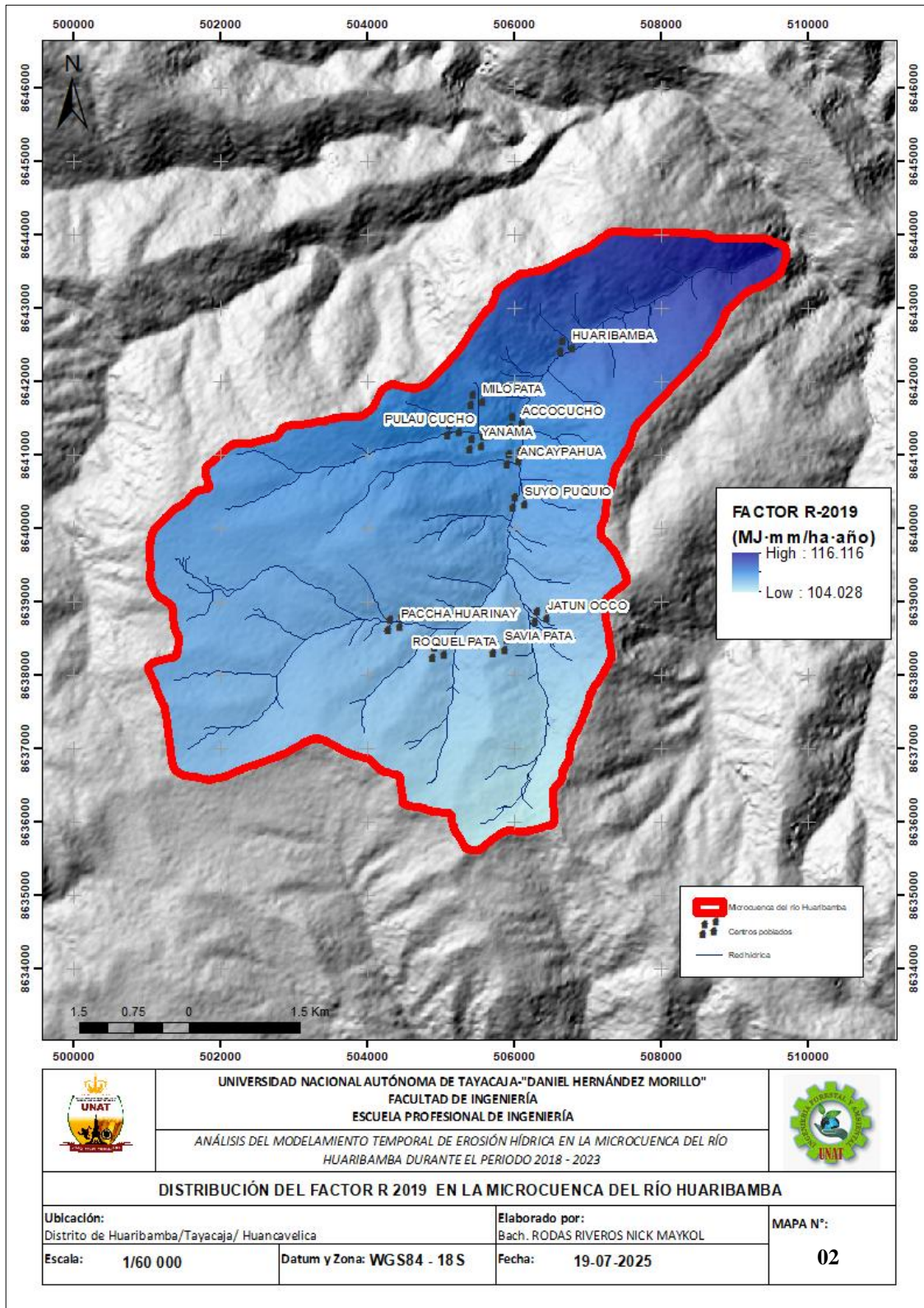


Figura 18

Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2020.

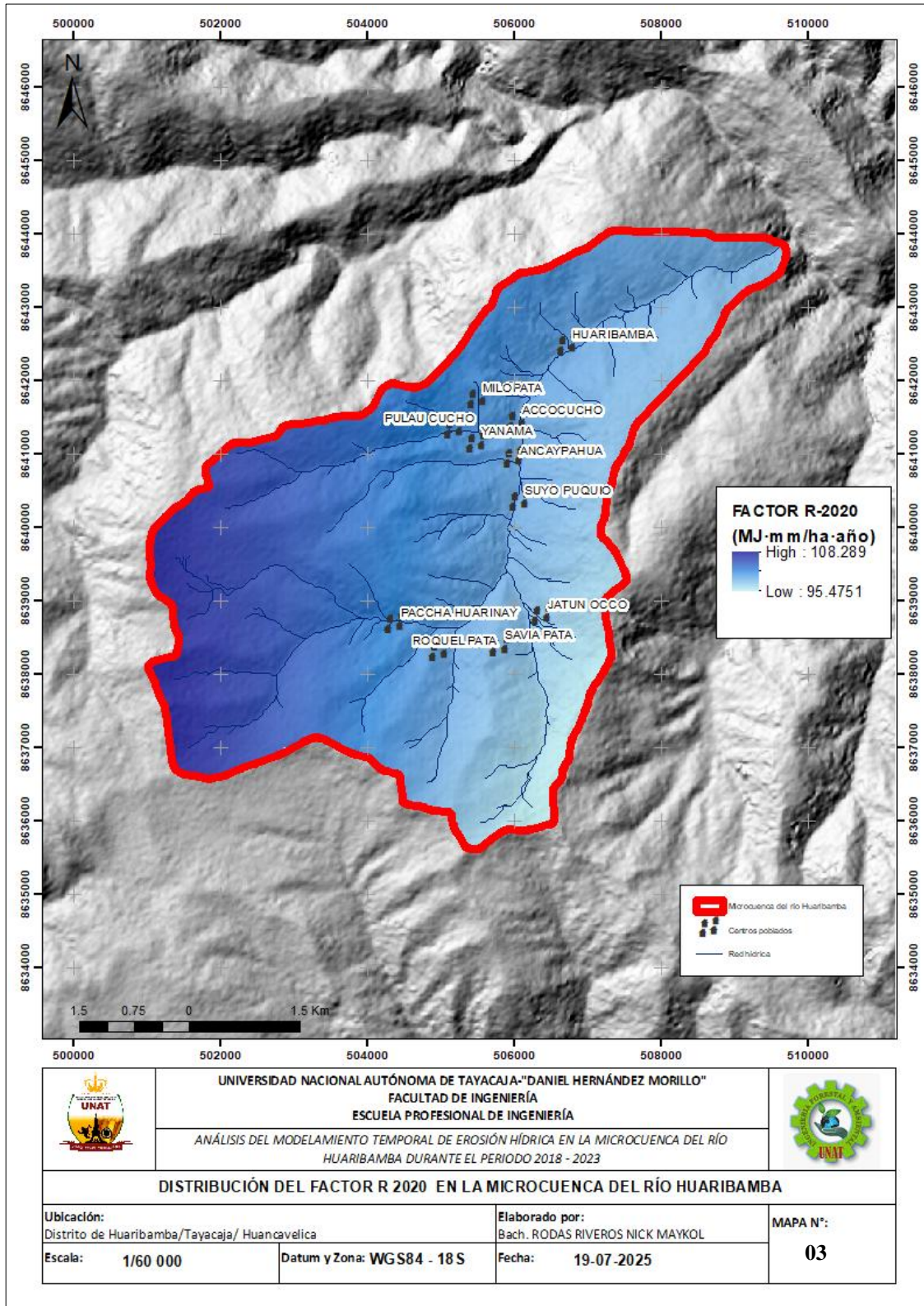


Figura 19

Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2021.

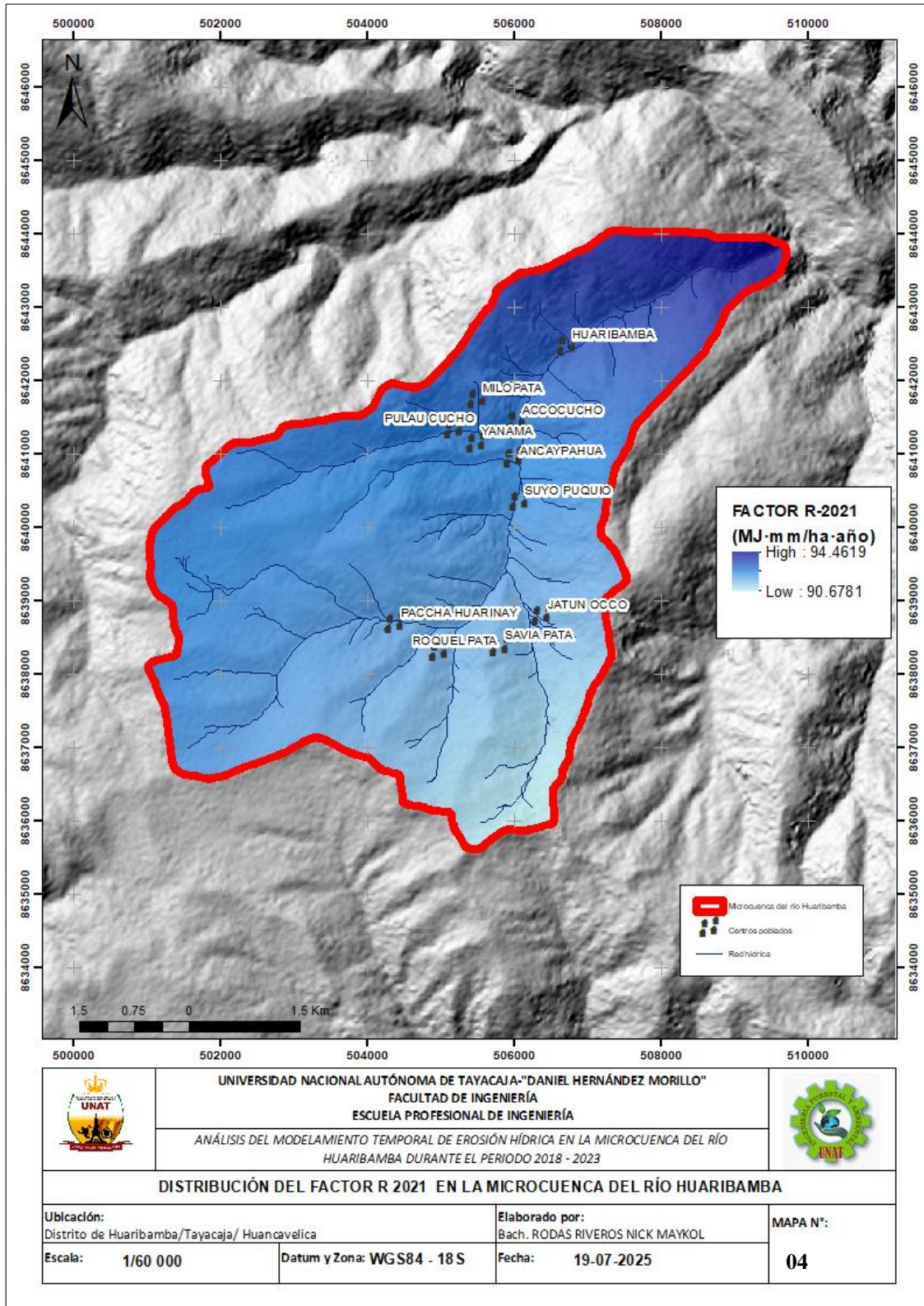


Figura 20

Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2022.

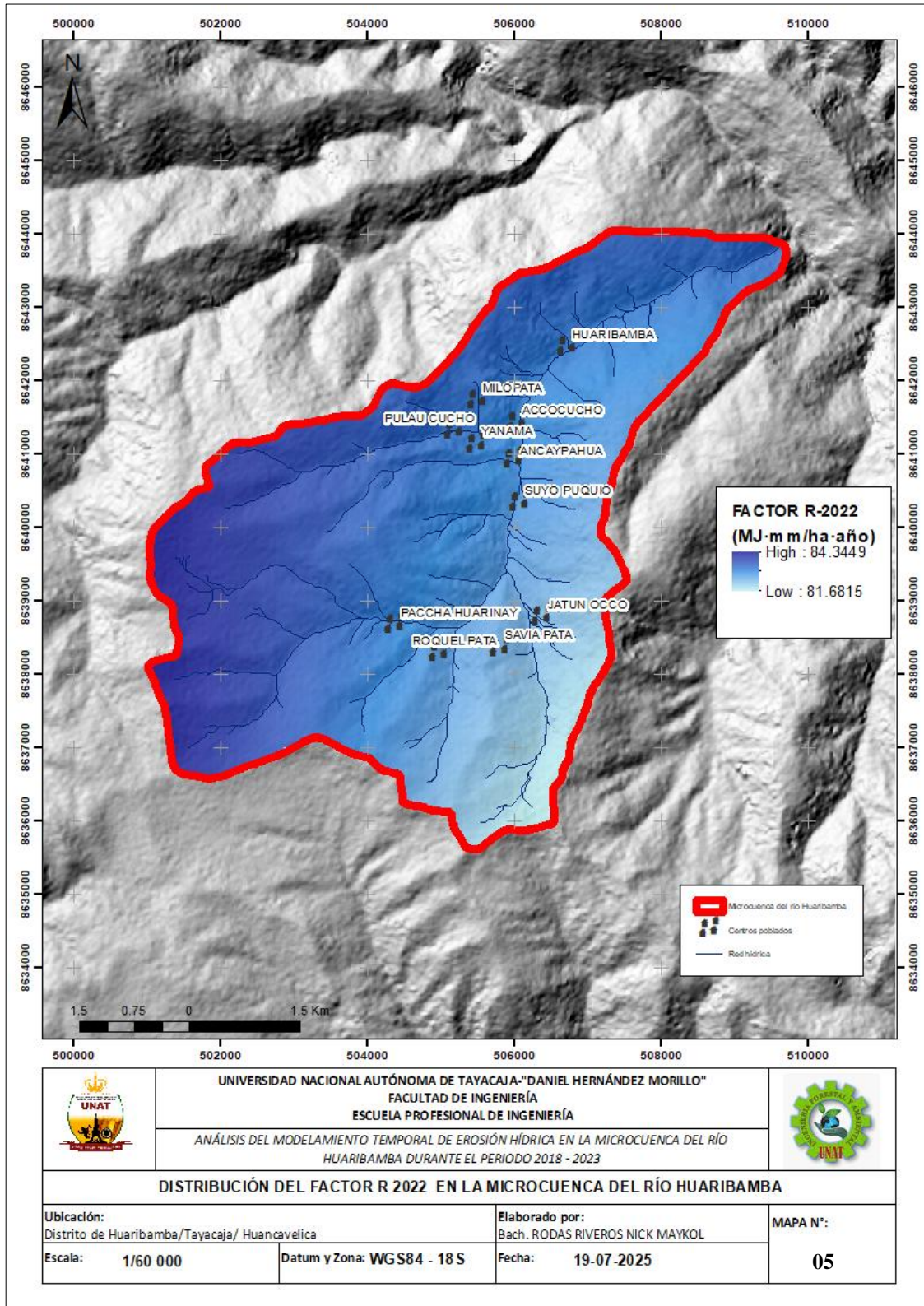


Figura 21

Mapa de erosividad de la microcuenca del río Huaribamba para el 2023.

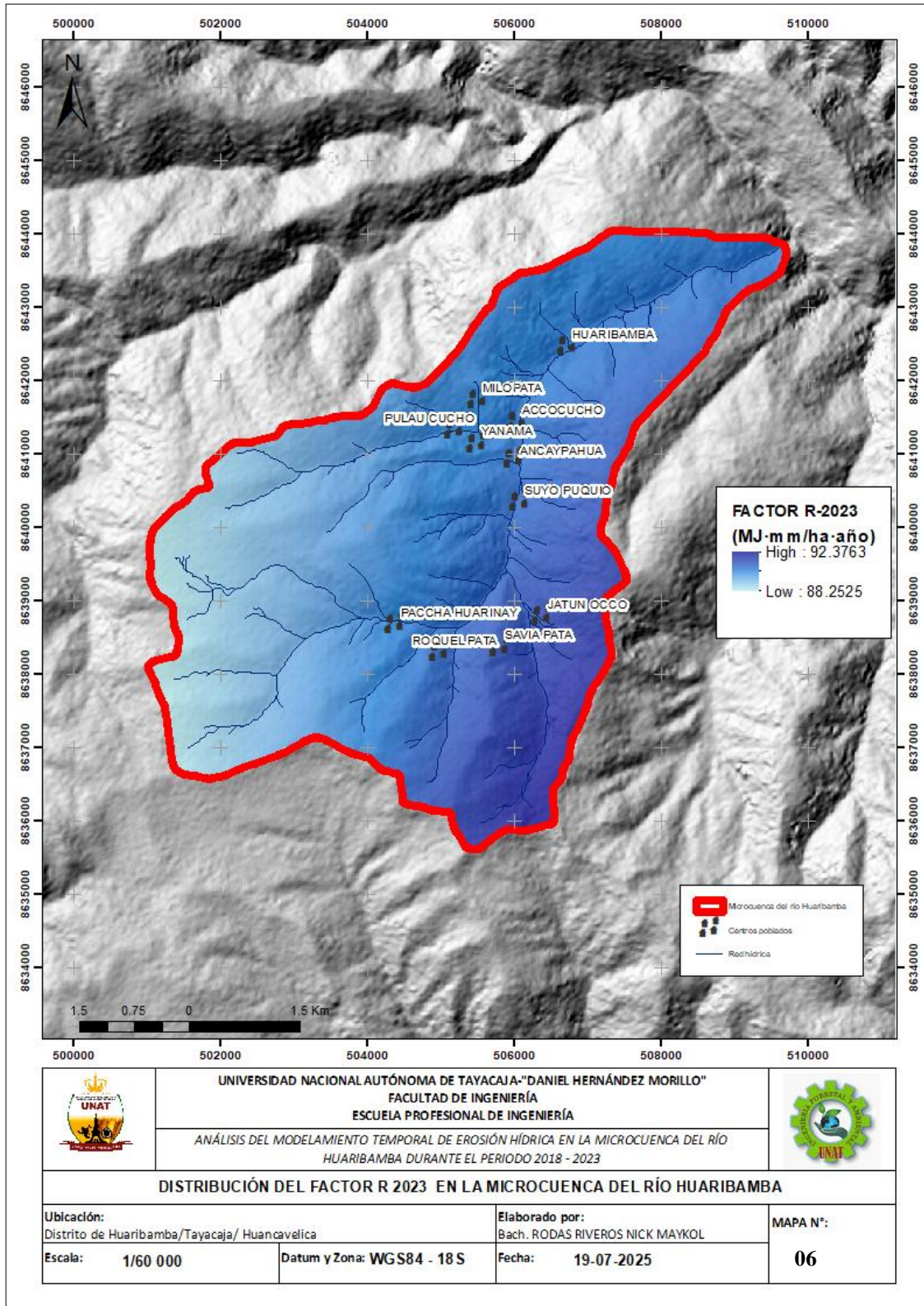


Figura 22

Factor de longitud en inclinación de la pendiente (LS) de la microcuenca del río Huaribamba.

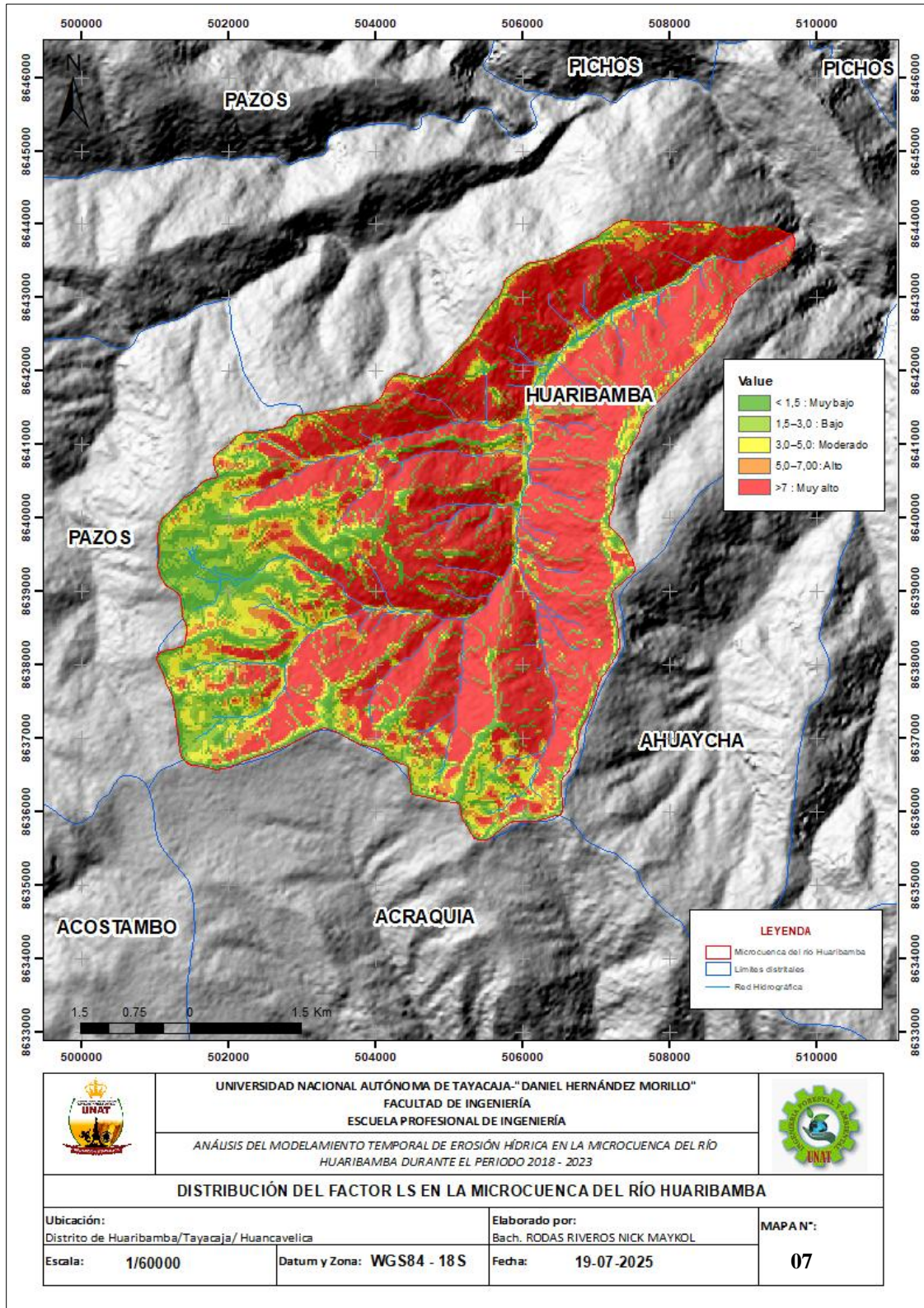


Figura 23

Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2018.

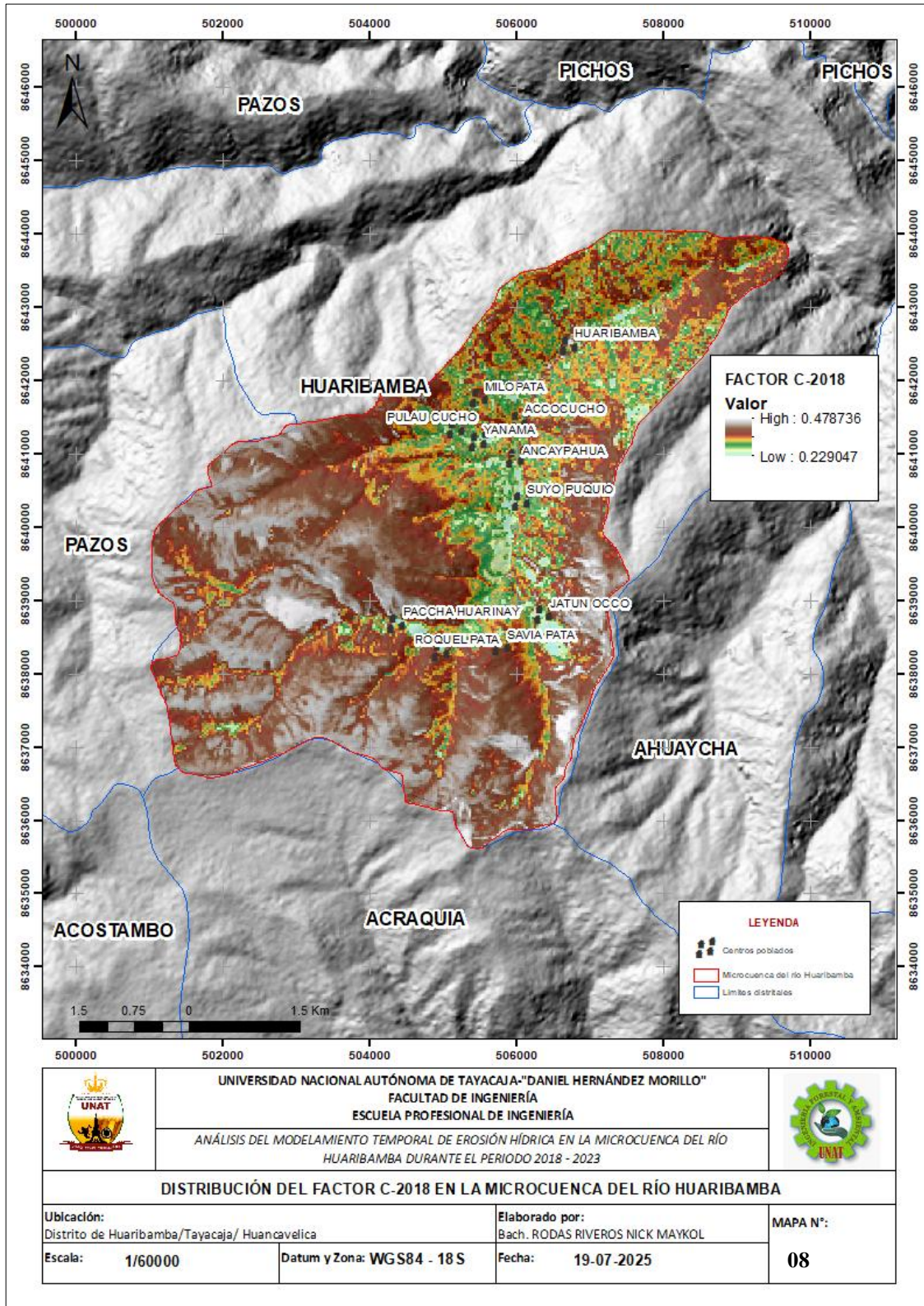


Figura 24

Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2019.

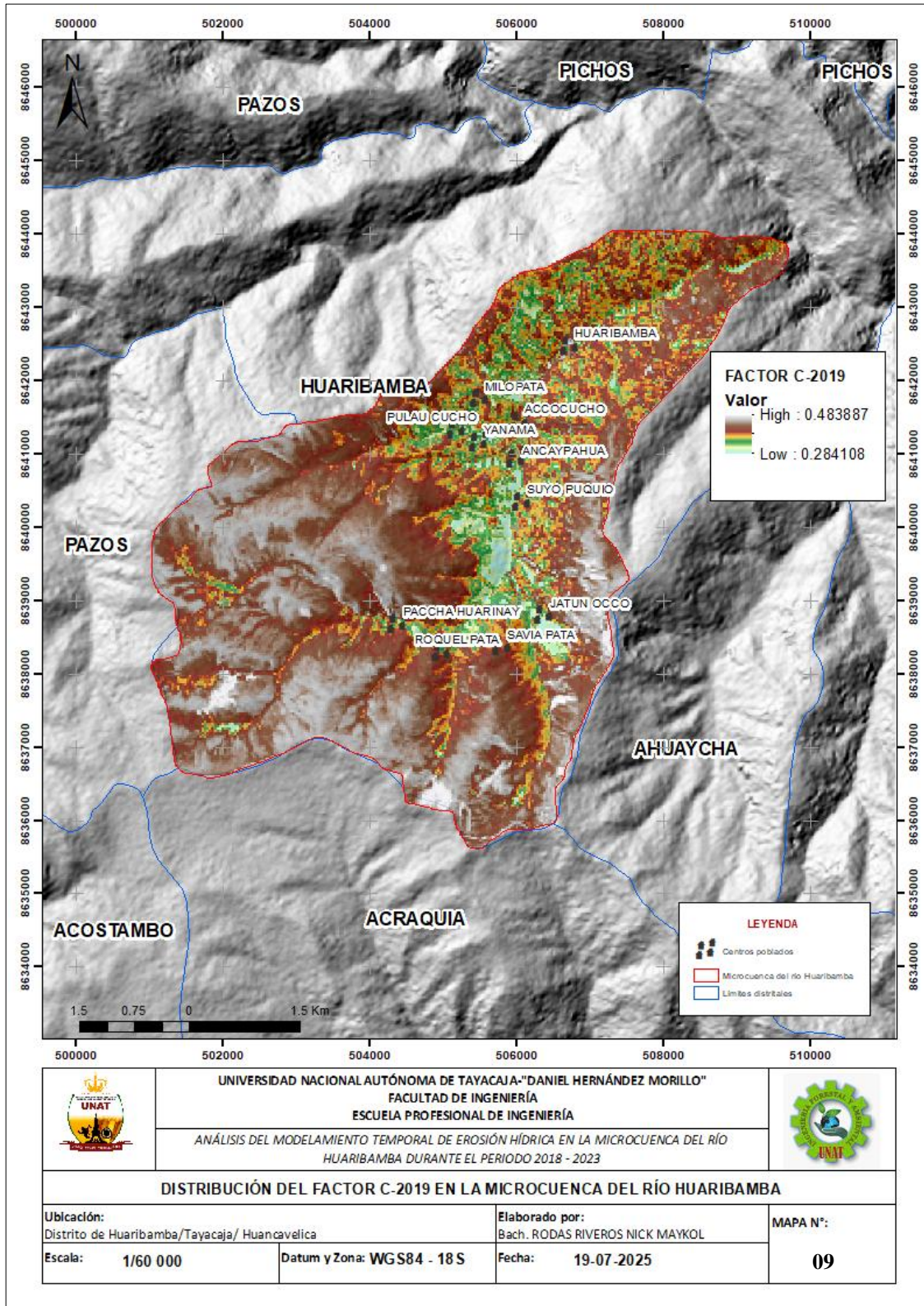


Figura 25

Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2020.

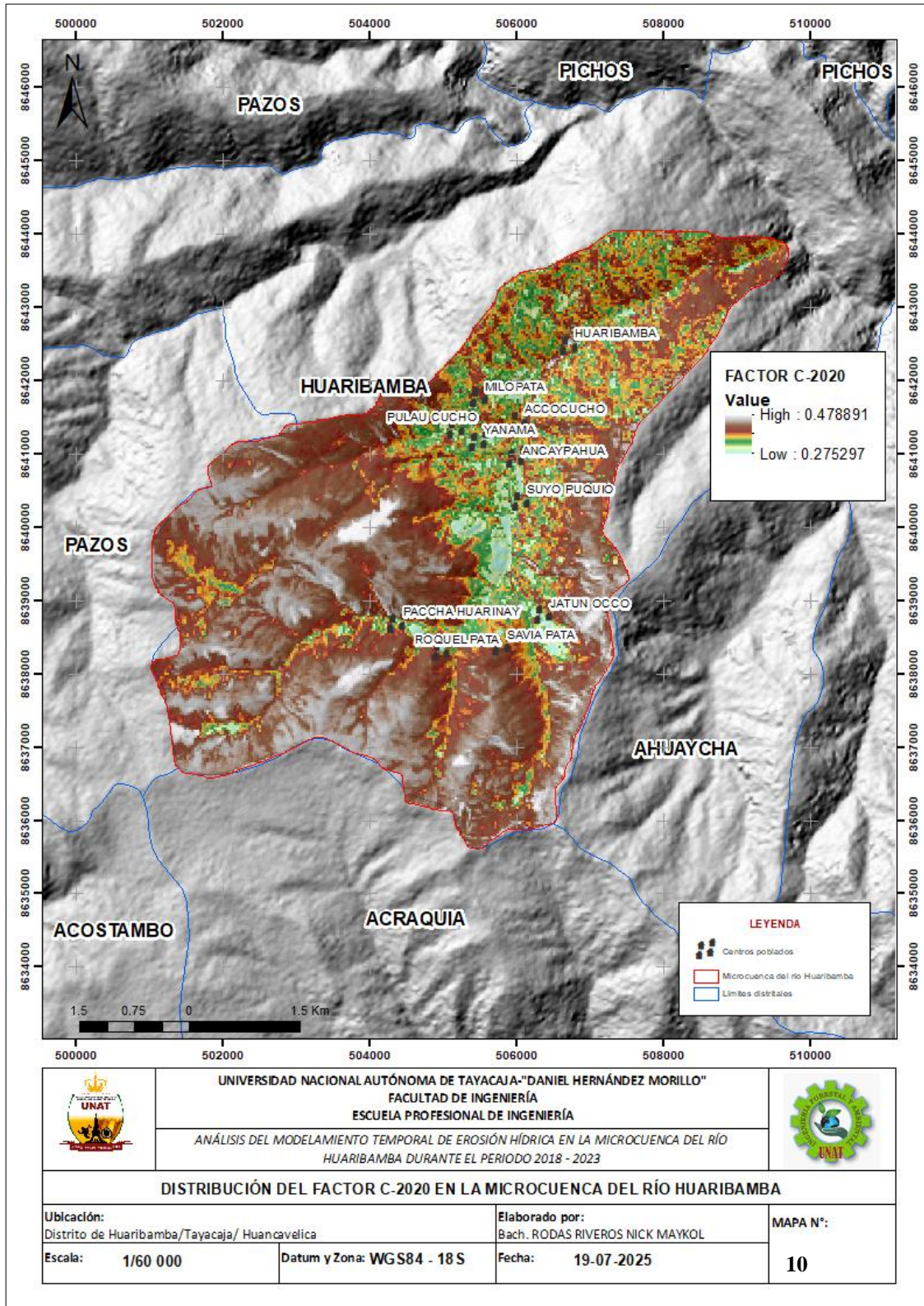


Figura 26

Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2021.

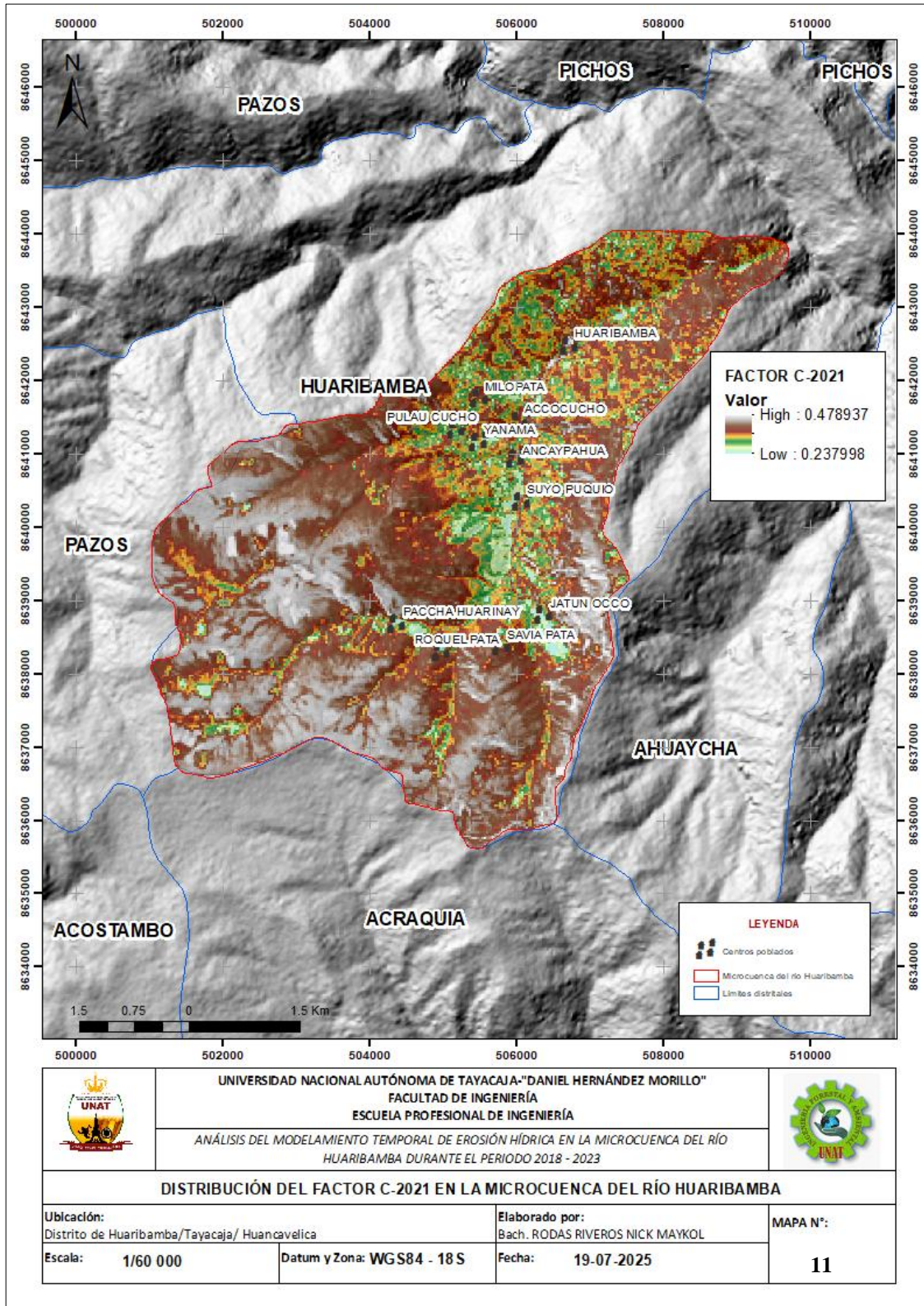


Figura 27

Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2022.

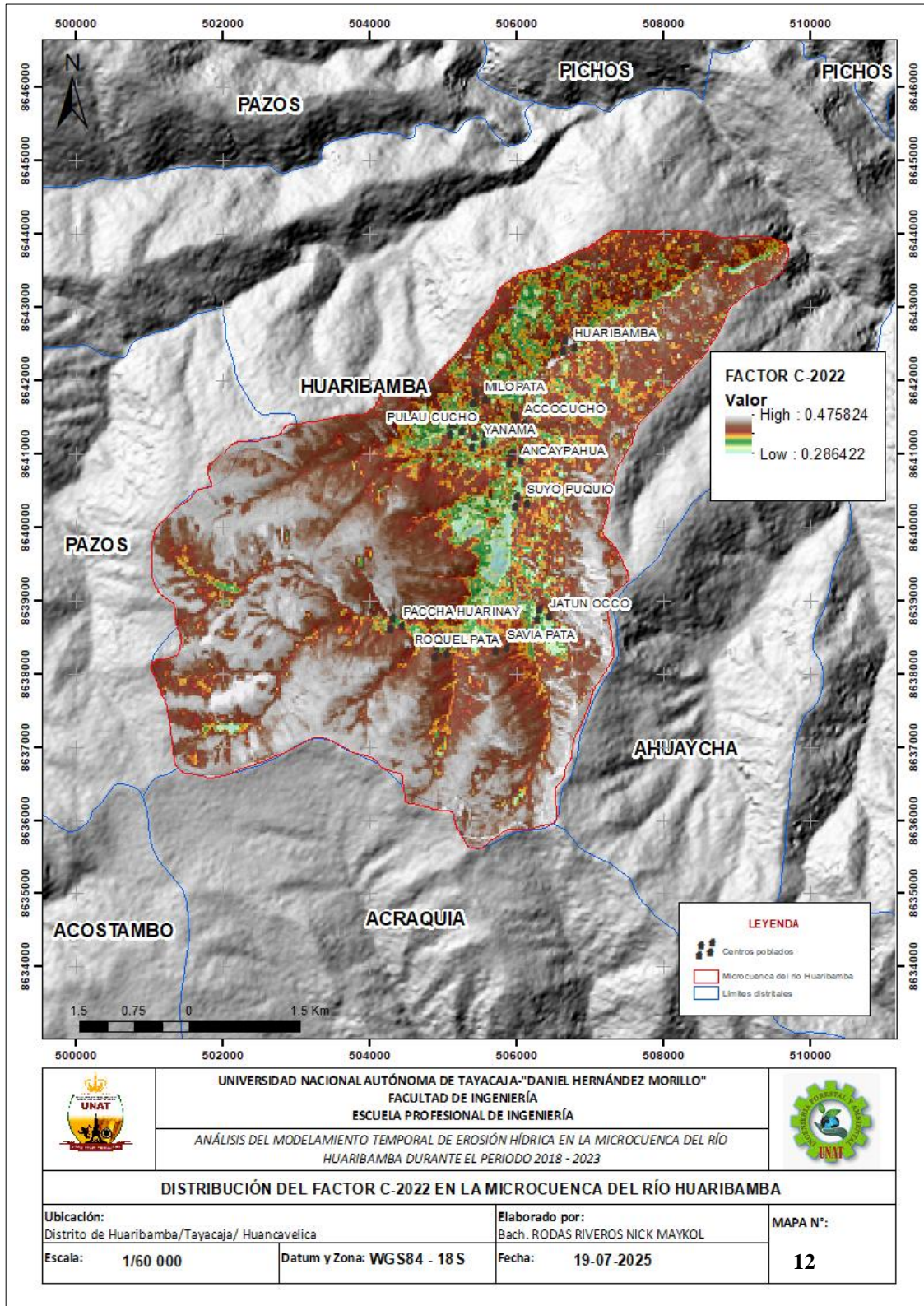


Figura 28

Factor de cobertura vegetal en la microcuenca del río Huaribamba-2023.

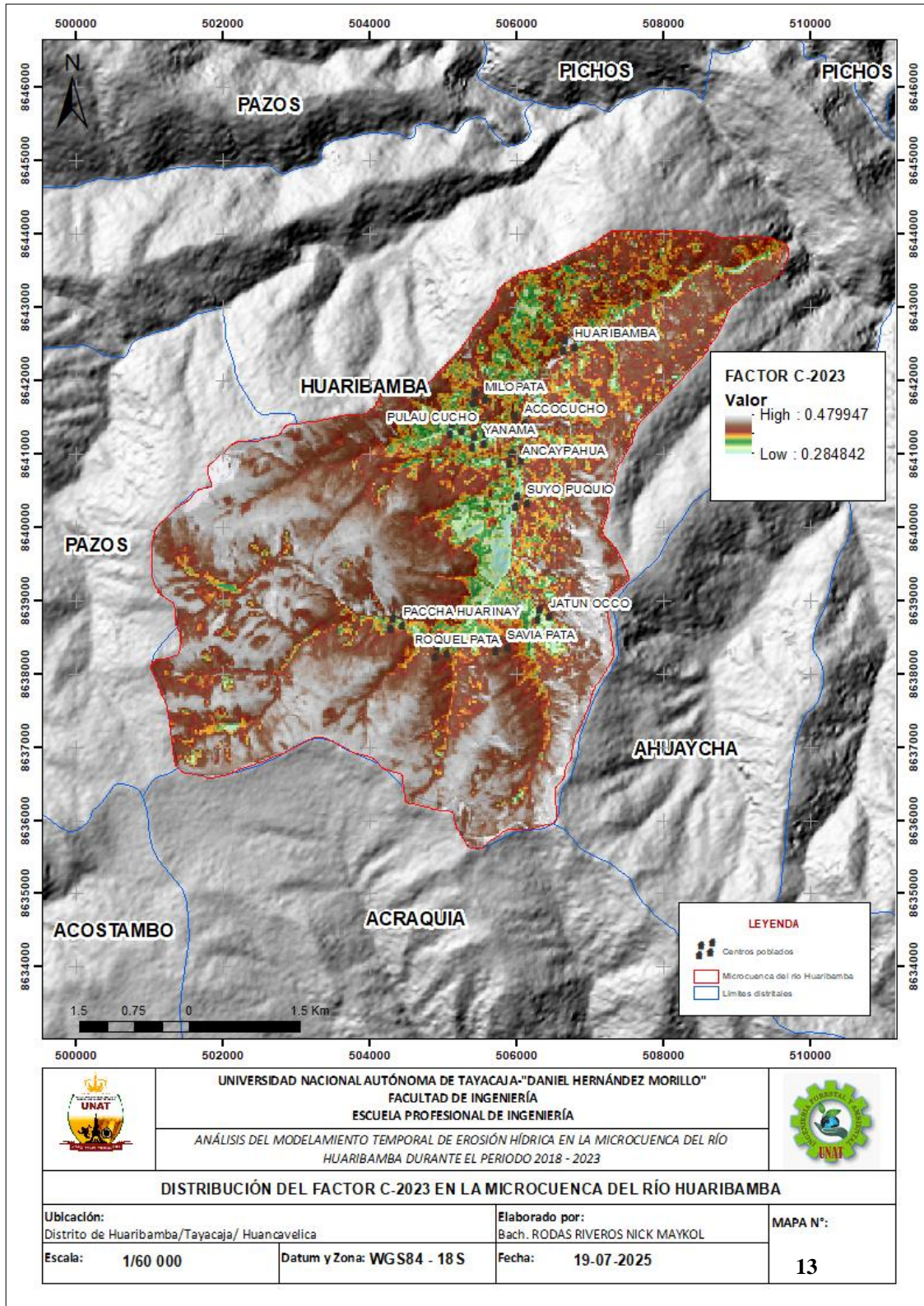


Figura 29

Mapa de erodabilidad de la microcuenca del río Huaribamba.

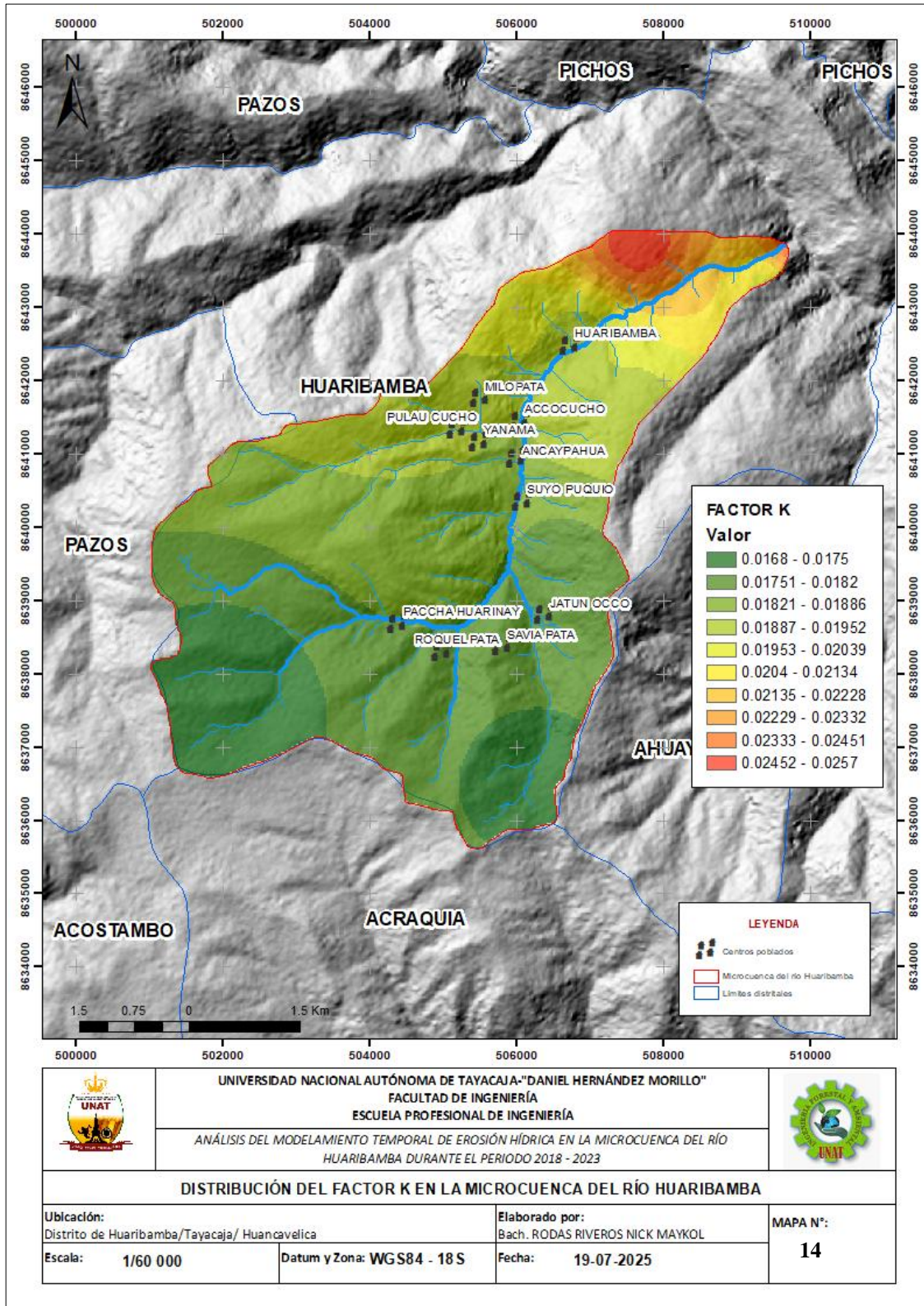


Figura 30

Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2018.

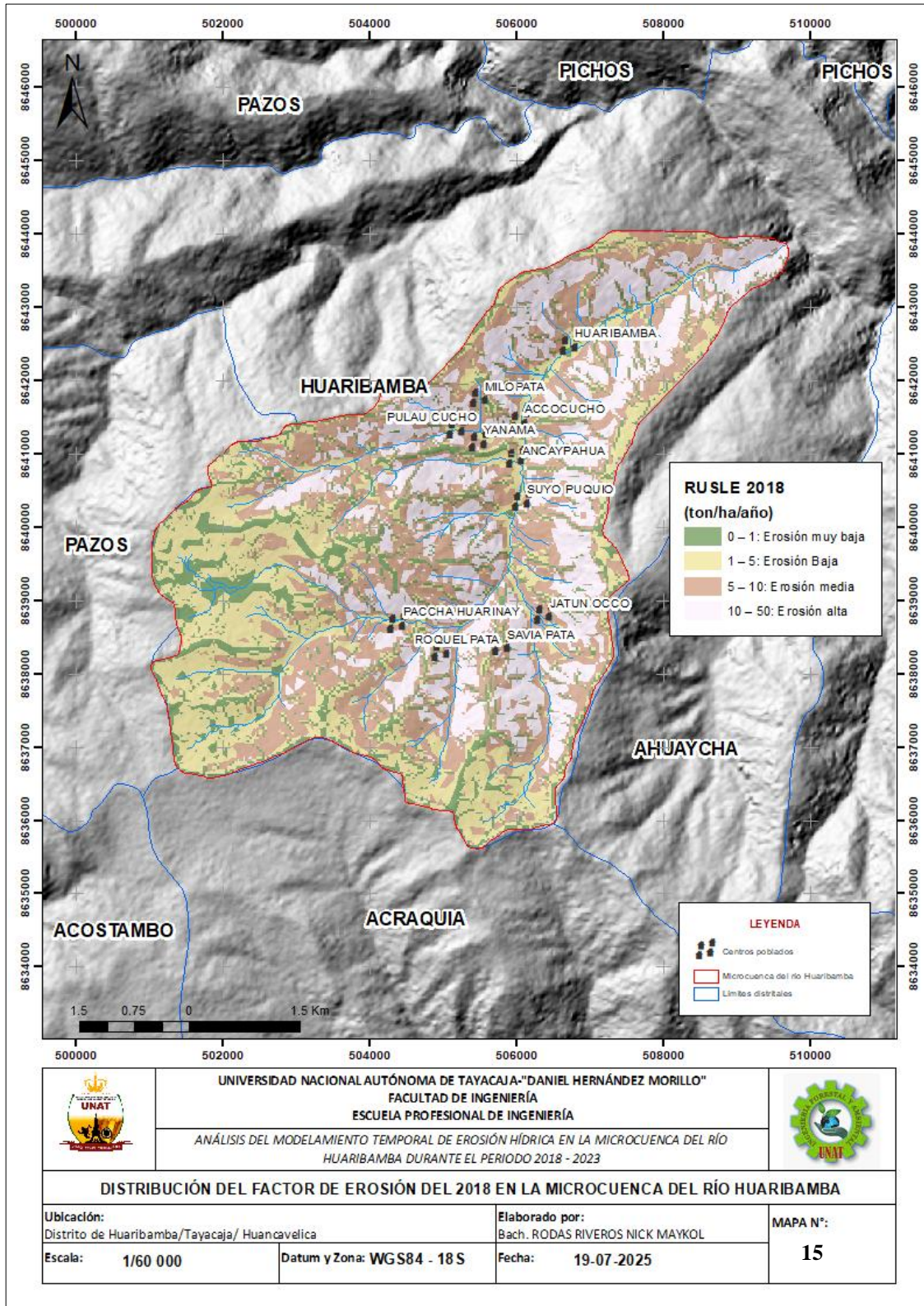


Figura 31

Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2019.

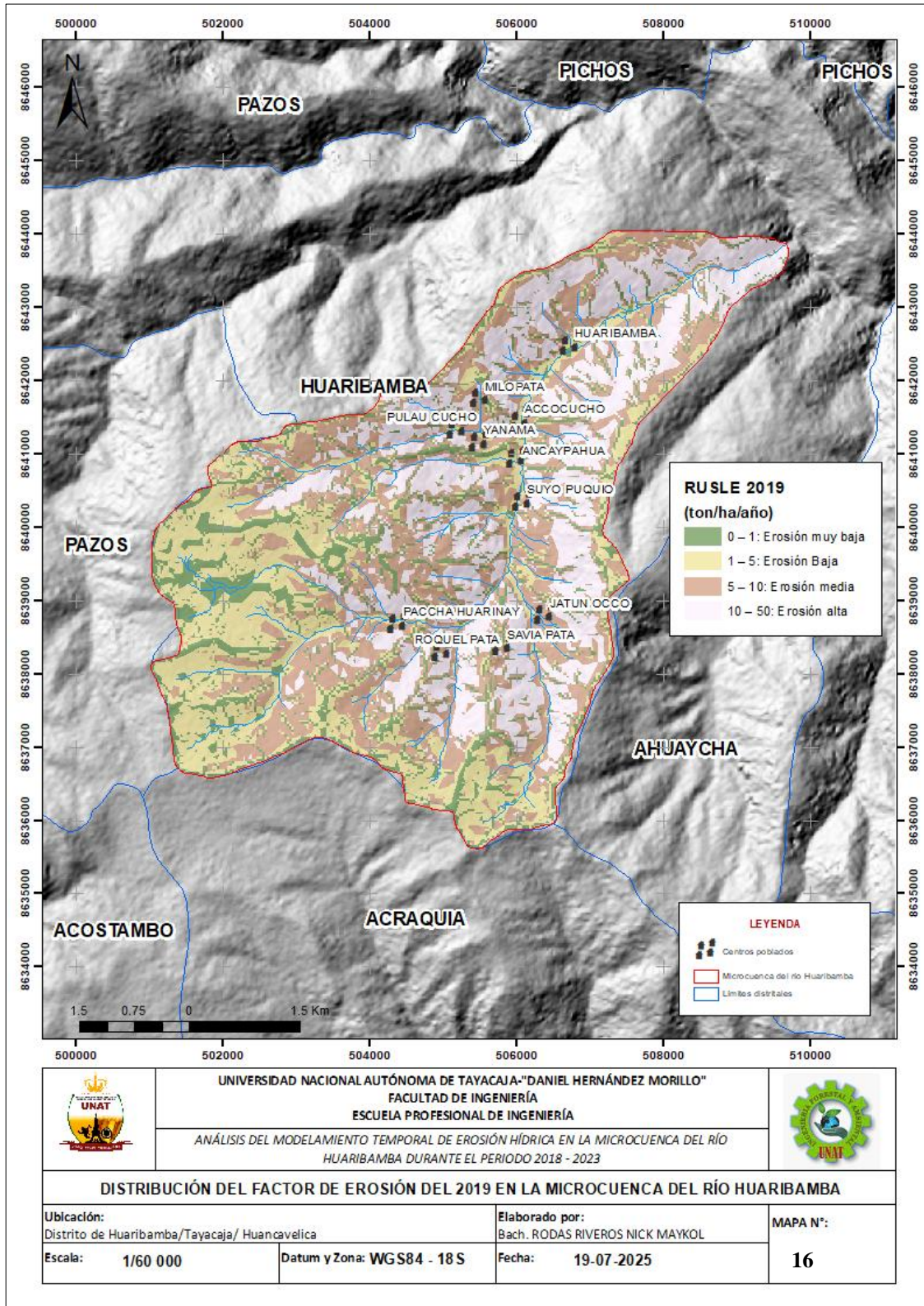


Figura 32

Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2020.

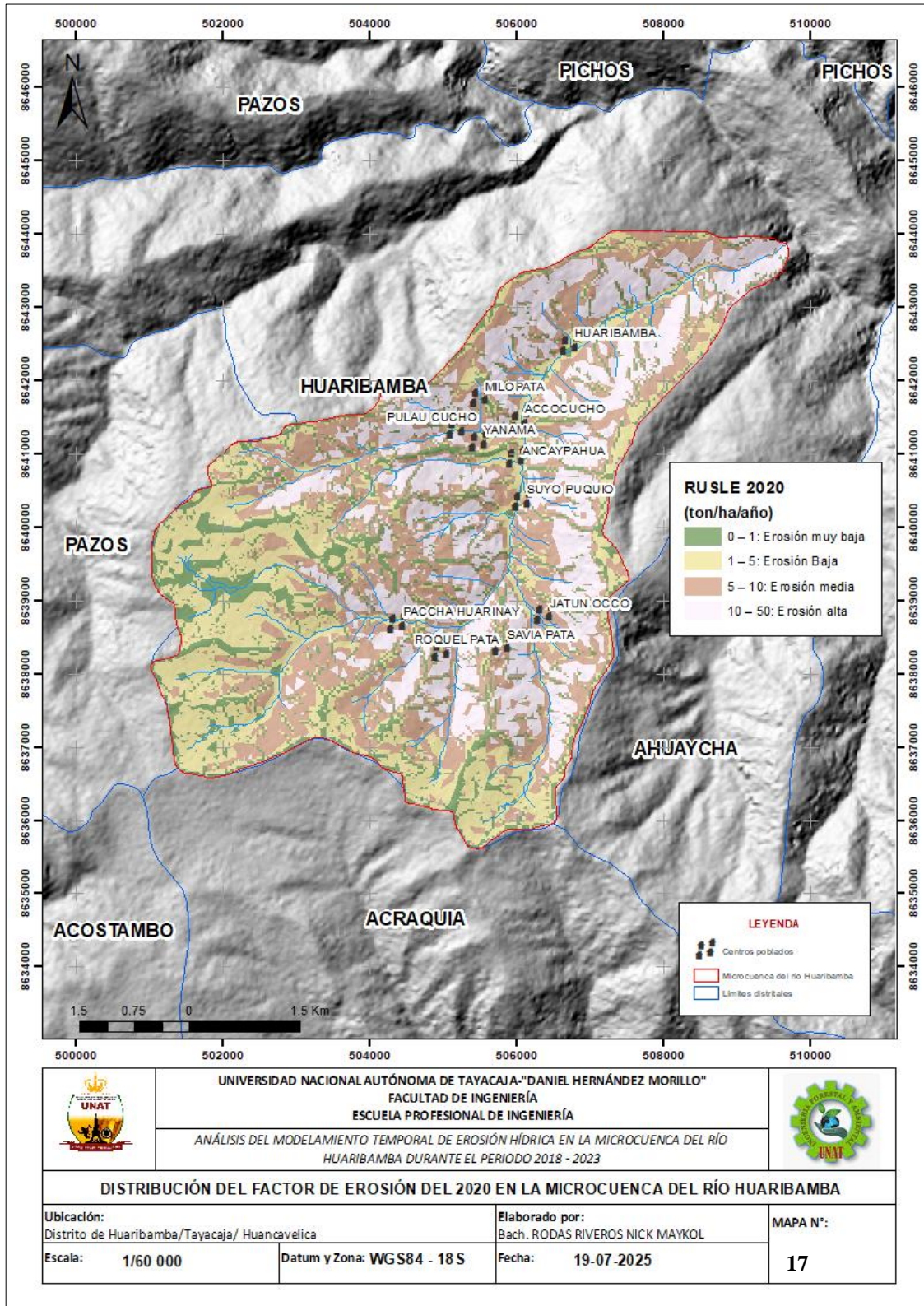


Figura 33

Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2021.

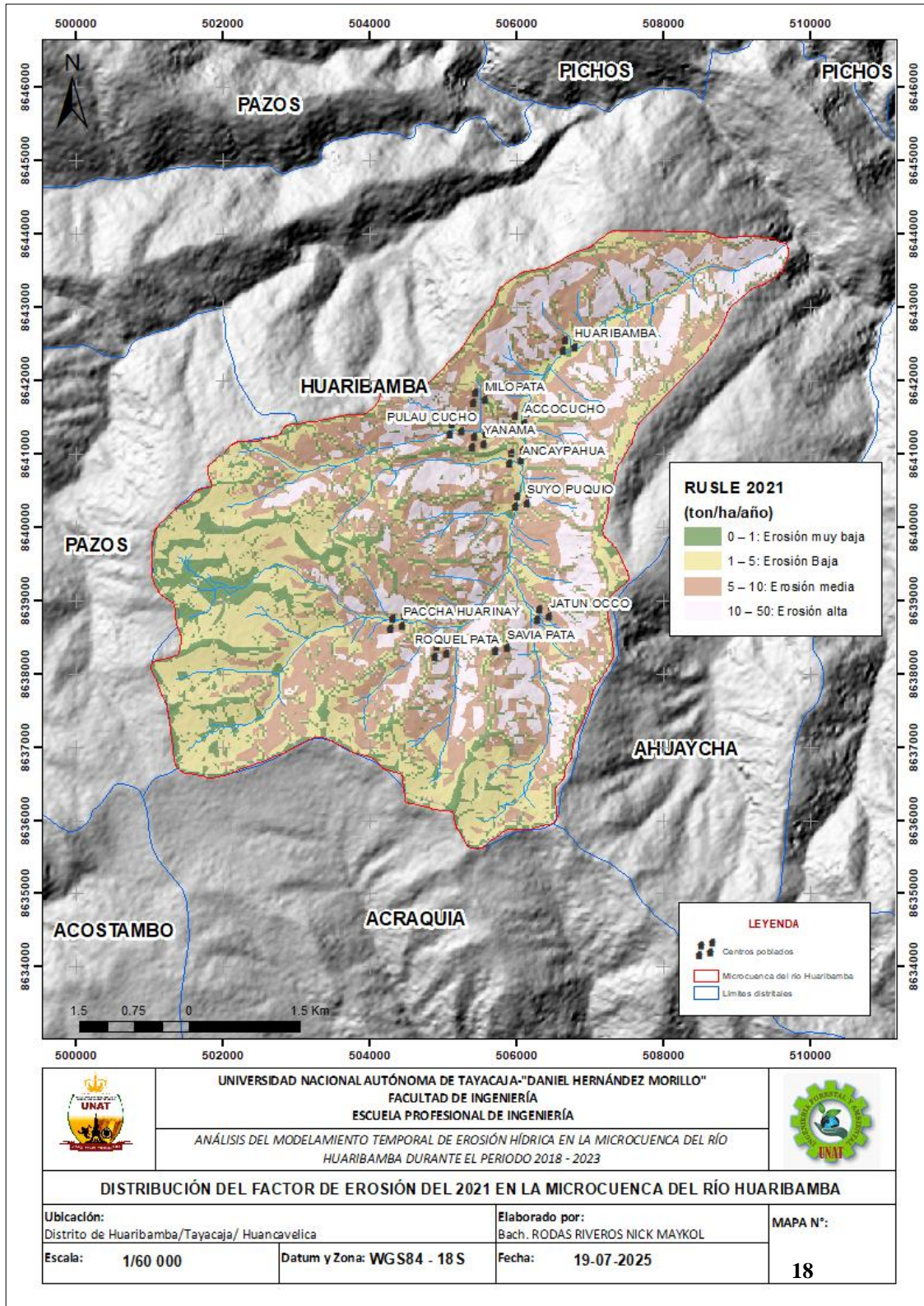


Figura 34

Mapa de erosión potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2022.

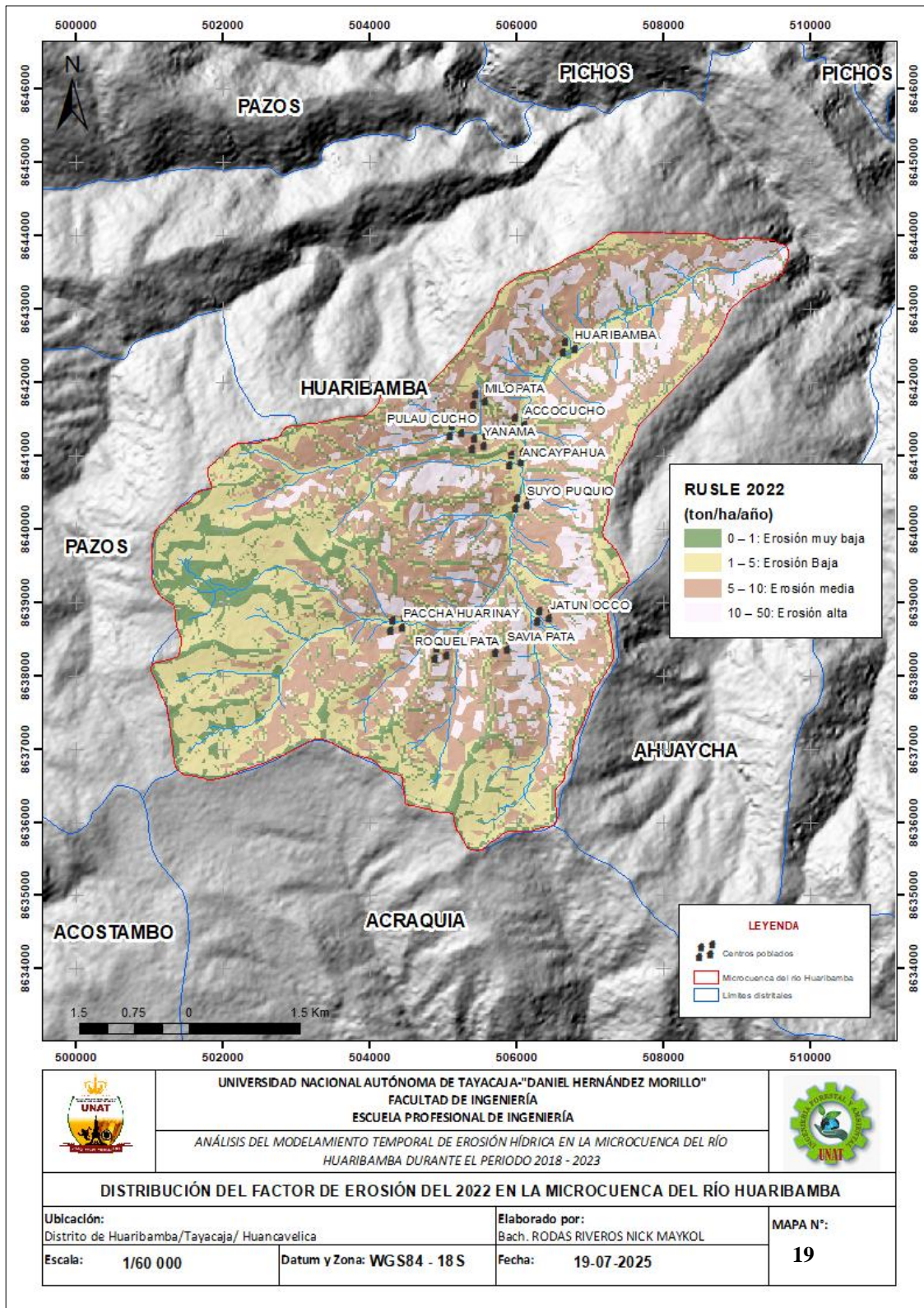


Figura 35

Mapa de erosión hídrica potencial de la microcuenca del río Huaribamba del año 2023.

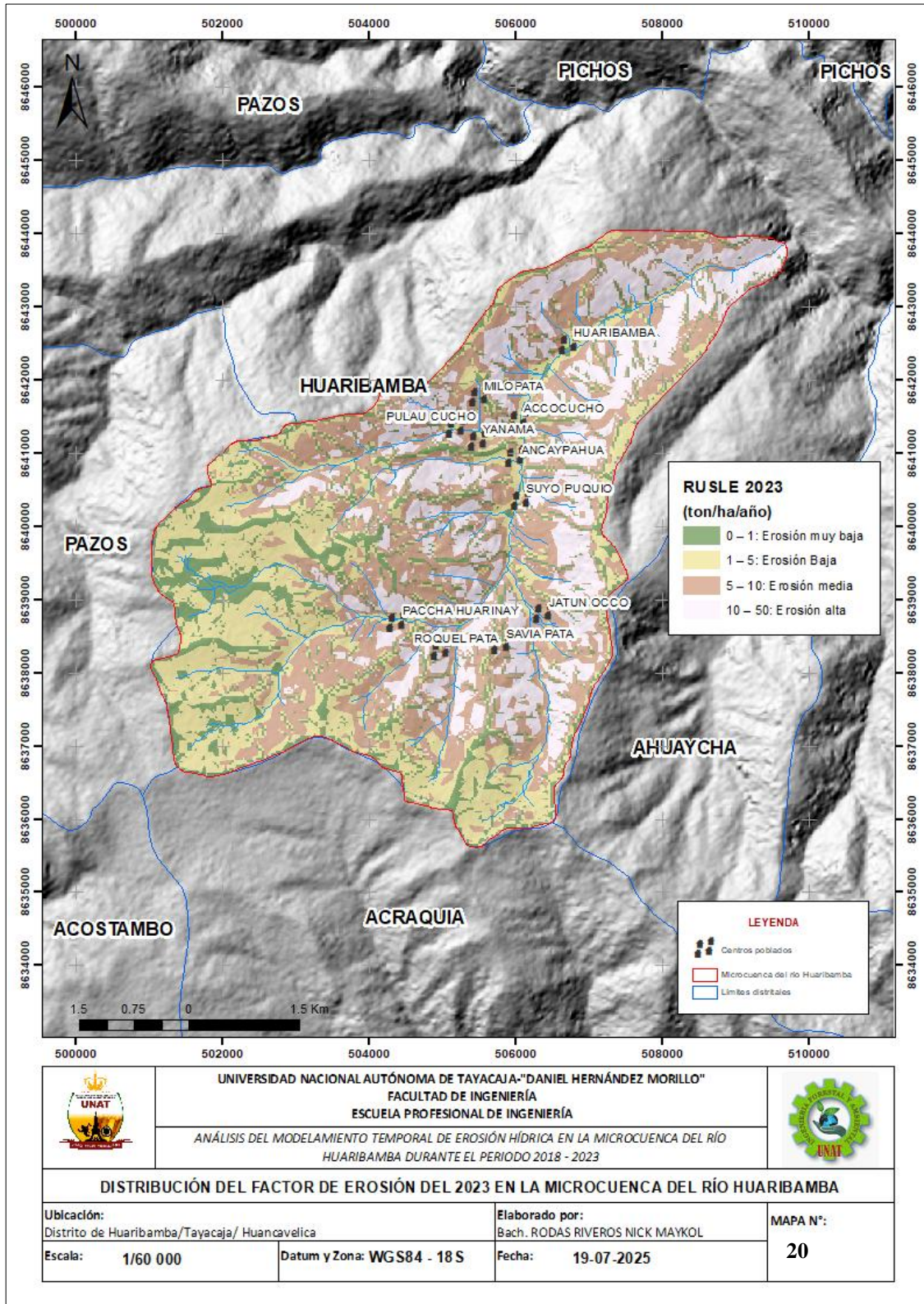


Figura 36

Punto de muestreo de suelo en el sector de Huanca Cruz-Huaribamba (P01)



Figura 37

Punto de muestreo de suelo en el sector de Lacho-Huaribamba (P02)



Figura 38

Punto de muestreo de suelo en el sector de Chococoto-Huaribamba (P03)



Figura 39

Punto de muestreo de suelo en el sector de Sillapata-Huaribamba (P04)



Figura 40

Punto de muestreo de suelo en el sector de Ancaypahua-Huaribamba (P05)



Figura 41

Punto de muestreo de suelo en el sector del Barrio Chucmay-Huaribamba (P06)



Figura 42

Punto de muestreo de suelo en el sector de Samarina-Huaribamba (P07)



Figura 43

Punto de muestreo de suelo en el sector Inquil-Huaribamba (P08)



Figura 44

Punto de muestreo de suelo en el sector de Milchurpampa-Huaribamba (P09)



Figura 45

Punto de muestreo de suelo en el sector de Lote-Huaribamba (P10)



Figura 46

Presencia de erosión por surcos en la parte baja de la microcuenca del río Huaribamba



Figura 47

Presencia de grietas en el suelo por el sector de Inquil-parte baja-Huaribamba



Figura 48

Presencia de deslizamiento por el sector de Milchurpampa, en el proyecto provincial del sistema de riego para el distrito de Huaribamba-2025.



Figura 49

Presencia de plantaciones de paltos por el sector de Samarina.

