



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA
AMBIENTAL Y FORESTAL



**“ESTIMACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN
HÍDRICA Y FAVORABLES PARA LA PLANTACIÓN DE *Polylepis*
incarnum CON FINES DE PROTECCIÓN DE SUELOS EN LA
CUENCA HIDROGRÁFICA RAMIS - PUNO”**

Bach. Luis Alberto Condori Copa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Dr. José Luis Pineda Tapia
Co-asesora: Ing. Aleisy Katherine Ginez Quispe



JULIACA, PERÚ

2024





UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL
Y FORESTAL



**“ESTIMACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN
HÍDRICA Y FAVORABLES PARA LA PLANTACIÓN DE *Polylepis
incarum* CON FINES DE PROTECCIÓN DE SUELOS EN LA
CUENCA HIDROGRÁFICA RAMIS – PUNO”**

Bach. Luis Alberto Condori Copa

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL**

Asesor: Dr. José Luis Pineda Tapia

Co-asesora: Ing. Aleisy Katherine Ginez Quispe



JULIACA, 2024



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
FORESTAL



**“ESTIMACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN
HÍDRICA Y FAVORABLES PARA LA PLANTACIÓN DE *Polylepis
incarum* CON FINES DE PROTECCIÓN DE SUELOS EN LA
CUENCA HIDROGRÁFICA RAMIS – PUNO”**

Bach. Luis Alberto Condori Copa

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE

INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Asesor: Dr. José Luis Pineda Tapia

Co-asesora: Ing. Aleisy Katherine Ginez Quispe

Juliaca, 2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Condori, L. A. (2024). *Estimación de áreas susceptibles a la erosión hídrica y favorables para la plantación de *Polylepis incarum* con fines de protección de suelos en la cuenca hidrográfica Ramis – Puno* (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca.

AUTOR: Luis Alberto Condori Copa.

TÍTULO: Estimación de áreas susceptibles a la erosión hídrica y favorables para la plantación de *Polylepis incarum* con fines de protección de suelos en la cuenca hidrográfica Ramis – Puno.

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2024.

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (136 pp.)

NOTAS: Tesis de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental y Forestal – Universidad Nacional de Juliaca.

CÓDIGO: 01-000039-01/C76

NOTA: Incluye Bibliografía.

ASESOR: Dr. José Luis Pineda Tapia

CO – ASESORA: Ing. Aleisy Katherine Ginez Quispe

PALABRAS CLAVE: Erosión de suelo, RUSLE, MaxEnt, *Polylepis incarum*, unidad hidrográfica intercuenca Ramis.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y FORESTAL

“ESTIMACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES A LA EROSIÓN HÍDRICA Y FAVORABLES PARA LA PLANTACIÓN DE *Polylepis incarum* CON FINES DE PROTECCIÓN DE SUELOS EN LA CUENCA HIDROGRÁFICA RAMIS – PUNO”

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO AMBIENTAL Y FORESTAL

Presentada por:

Bach. Luis Alberto Condori Copa

Sustentada y aprobada ante el siguiente jurado:

Dr. Alejandro Félix Taquire Arroyo
PRESIDENTE DE JURADO



Mg. Cesar Enrique Yupanqui Bendita
JURADO (Secretario)

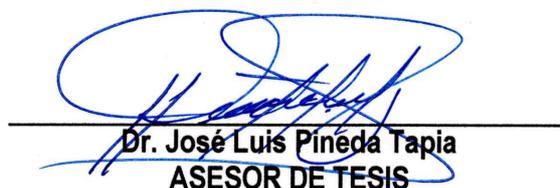


2° MIEMBRO

M.Sc. Jael Calla Calla
JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO



Dr. José Luis Pineda Tapia
ASESOR DE TESIS



Ing. Aleisy Katherine Ginez Quispe
CO - ASESOR DE TESIS

NOMBRE DEL TRABAJO

**ESTIMACIÓN DE ÁREAS SUSCEPTIBLES
A LA EROSIÓN HÍDRICA Y FAVORABLES
PARA LA PLANTACIÓN DE Polylepis i**

AUTOR

Luis Alberto Condori Copa

RECUENTO DE PALABRAS

39410 Words

RECUENTO DE CARACTERES

171483 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

136 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

13.1MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 29, 2024 11:07 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 29, 2024 11:10 AM GMT-5

● **5% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 4% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



DEDICATORIA

Con gratitud y amor a mis padres Pablo y Nicolasa, quienes me brindan su apoyo continuo constantemente para lograr mis objetivos profesionales.

A las luces que iluminan mi vida y los caminos rectos por los cuales voy. Mi gratitud y agradecimiento a mis hermanos por su comprensión y apoyo en todo momento, por haberme brindado sus sabios consejos.

Luis A. Condori Copa.

AGRADECIMIENTOS

- Deseo manifestar mi agradecimiento a la Universidad Nacional de Juliaca por haberme brindado acceso a sus instalaciones científicas para poder estudiar mi carrera profesional. Asimismo, a los académicos que me asistieron con su conocimiento y la orientación durante mi formación académica a fin de seguir adelante.
- Agradezco de igual manera por el asesoramiento de la presente investigación, al Dr. José Luis Pineda Tapia, por darme el privilegio de consultar su talento y discernimiento científico en el proceso. De la misma forma a la Ing. Aleisy Katherine Ginez Quispe por el direccionamiento del estudio realizado.
- Al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología por facilitar datos meteorológicos para el análisis, de los periodos de 1969 al 2022.
- A la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre – Puno, por brindarme la autorización para la extracción de muestras forestales.
- Al Departamento de Taxonomía Vegetal de la Universidad Nacional del Altiplano - Facultad de Ciencias Agrarias de Puno, por la identificación taxonómica del espécimen.
- Finalmente, quiero expresar mi gratitud a todos los compañeros de estudio durante mi estadía en la universidad, porque la solidaridad, colaboración y aliento moral han contribuido significativamente a mi anhelo de continuar desarrollándome profesionalmente.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
FICHA CATALOGRÁFICA	ii
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	vii
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xi
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
ABSTRACT	xv
INTRODUCCIÓN.....	xvi
CAPÍTULO I.....	1
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
1.1. Formulación del problema	1
1.2. Preguntas de investigación.....	2
1.2.1. El problema de investigación general.....	2
1.2.2. Las preguntas de investigación específicas	2
1.3. Objetivos de la investigación	2
1.3.1. Objetivo general.....	2
1.3.2. Objetivos específicos	3
1.4. Justificación.....	3
CAPÍTULO II.....	5
REVISIÓN DE LITERATURA	5
2.1. Antecedentes	5
2.1.1. Antecedentes relacionados con el modelo RUSLE	5
2.1.2. Antecedentes relacionados con el modelo MaxEnt.....	8
2.2. Marco teórico	11
2.2.1. Erosión del suelo.....	11
2.2.2. Modelo de predicción de erosión de suelo	13
2.2.3. Ecuación universal de pérdida de suelo.....	14
2.2.4. Ecuación universal de pérdida de suelo revisada	15
2.2.5. Prácticas de conservación de suelos	17
2.2.6. El género <i>Polylepis</i>	18

2.2.7. Modelo de distribución de especies	21
2.2.8. MissForest	22
2.2.9. Muestreo en poblaciones finitas	23
CAPÍTULO III	24
MATERIALES Y MÉTODOS.....	24
3.1. Área de estudio.....	24
3.1.1. Ubicación política.....	24
3.1.2. Ubicación hidrográfica	24
3.2. Materiales y equipos	26
3.2.1. Materiales	26
3.2.2. Equipos	26
3.3. Tipo y nivel de investigación	27
3.4. Población y muestra	27
3.5. Procedimiento de Análisis	28
3.6. Parametrización del modelo.....	28
3.6.1. Determinación del factor erosividad (R)	29
3.6.2. Determinación del factor erodabilidad (K).....	31
3.6.3. Determinación del factor topográfico (LS).....	35
3.6.4. Determinación del factor de cobertura vegetal (C).....	36
3.6.5. Determinación del factor de prácticas de conservación (P).....	38
3.6.6. Determinación de la idoneidad de hábitad de <i>P. incarum</i>	39
CAPÍTULO IV	42
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	42
4.1. Factor de erosividad del suelo (R)	42
4.2. Factor de erodabilidad del suelo (K).....	46
4.3. Factor de pendiente y longitud (LS).....	48
4.4. Factor de cobertura vegetal (C).....	49
4.5. Factor de prácticas de suelo (P)	51
4.6. Erosión potencial hídrica actual	52
4.7. Distribución de hábitad de la especie <i>Polylepis incarum</i>	56
4.8. La especie <i>P. incarum</i> como medida mitigadora para la erosión hídrica del suelo. ..	61
CAPÍTULO V	66
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	66

5.1. Conclusiones	66
5.2. Recomendaciones.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	76

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1.	Factores que influyen en la erosión debido al agua 13
Tabla 2.	Lista de 25 modelos de predicción de erosión del suelo más aplicados a nivel mundial 14
Tabla 3.	Valores de erosividad (R) 15
Tabla 4.	Valores de erodabilidad (K)..... 16
Tabla 5.	Niveles de erosión hídrica del suelo 17
Tabla 6.	Lista de especies de <i>Polylepis</i> reportadas en Perú 19
Tabla 7.	Clasificación de valores de idoneidad de entorno..... 22
Tabla 8.	Ubicación política de la intercuenca Ramis – Puno..... 24
Tabla 9.	Estaciones meteorológicas 31
Tabla 10.	Información de imagen satelital Landsat 8 37
Tabla 11.	Categorización del valor de NDVI 38
Tabla 12.	Variable de práctica de apoyo según el relieve del terreno 39
Tabla 13.	Componentes bioclimáticas WorldClim versión 2 41
Tabla 14.	Precipitación promedio multimensual 1969 – 2022 43
Tabla 15.	Factor de erosividad (R) por estaciones..... 44
Tabla 16.	Rango de pendientes intercuenca Ramis..... 49
Tabla 17.	Erosión potencial hídrica actual método RUSLE 54
Tabla 18.	Variables bioclimáticas seleccionadas, y su porcentaje de contribución al modelo..... 58

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	Especie <i>P. incarum</i>	18
Figura 2.	Taxonomía de <i>P. incarum</i>	21
Figura 3.	Mapa de ubicación Intercuenca Ramis	25
Figura 4.	Representación de flujo de trabajo destinado a los modelos RUSLE y MaxEnt	28
Figura 5.	Diagrama de flujo para la determinación erosividad (R).....	29
Figura 6.	Histograma de los datos nativos de precipitaciones mensuales.....	30
Figura 7.	Representación de flujo para el análisis de erodabilidad de suelo, factor (K)	31
Figura 8.	Distribución de las localizaciones de muestreo	34
Figura 9.	Esquema de flujo para la identificación de topografía de suelo, factor (LS)	35
Figura 10.	Diagrama de flujo para la determinación de cobertura vegetal, factor (C)..	36
Figura 11.	Diagrama de flujo para la determinación de estrategias de conservación de suelo, factor (P).....	38
Figura 12.	Diagrama de flujo para la determinación de idoneidad de habitad.....	39
Figura 13.	Variación de la precipitación promedio multimensual (1969 – 2022) de la intercuenca Ramis	42
Figura 14.	Correlaciones de Pearson entre estaciones	46
Figura 15.	Clases texturales de suelo intercuenca Ramis.....	48
Figura 16.	Erosión potencial hídrica con el método RUSLE	55
Figura 17.	Contribución de las variables al modelo de <i>P. incarum</i>	57
Figura 18.	Curva ROC del modelo <i>P. incarum</i>	57
Figura 19.	Mapa de distribución de habitad muy alta y alta de la especie <i>P. incarum</i> en la intercuenca Ramis	59
Figura 20.	Distribución de niveles de erosión severos a catastróficos en áreas de idoneidad de habitad muy alta e idoneidad de habitad alta de <i>P. incarum</i> en la intercuenca - Ramis.....	61
Figura 21.	Distribución espacial de niveles de erosión severa a catastrófica coincidentes en áreas de idoneidad de habitad muy alta de <i>P. incarum</i> respecto a la figura 20 y figura 23 (ZONA – A)	62

Figura 22.	Distribución espacial de niveles de erosión severa a catastrófica coincidentes en áreas de idoneidad de hábitad alta <i>P. incarum</i> respecto a la figura 20 y figura 23 (ZONA – B).....	62
Figura 23.	Convergencia del mapa de erosión hídrica actual con el método RUSLE y el mapa de distribución de idoneidad de hábitad de la especie <i>P. incarum</i> con el modelo MaxEnt en la intercuenca Ramis	63

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1.	Análisis estadístico de datos de las precipitaciones pluviales 76
Anexo 2.	Precipitaciones medias mensuales 1969 – 2022 82
Anexo 3.	Análisis de suelo – laboratorio UNAJ 96
Anexo 4.	Cartográfica de erosividad de suelo – factor (R) 99
Anexo 5.	Cartográfica de erodabilidad de suelo – factor (K)..... 100
Anexo 6.	Cartográfica de rango de pendientes de la intercuenca Ramis 101
Anexo 7.	Cartográfica del factor topográfico – factor (LS) 102
Anexo 8.	Cartográfica de cobertura vegetal – factor (C) 103
Anexo 9.	Cartográfica de factor de prácticas de suelo – factor (P)..... 104
Anexo 10.	Resolución administrativa para la extracción de muestras de <i>Polylepis</i> 105
Anexo 11.	Cartografía de ubicación de <i>P. incarum</i> 111
Anexo 12.	Constancia taxonómica 112
Anexo 13.	Matriz de correlaciones de datos bioclimáticas para el modelamiento de <i>P. incarum</i> 113
Anexo 14.	Dendrograma de variables altamente correlacionadas de <i>P. incarum</i> 114
Anexo 15.	Panel fotográfico de cobertura vegetal 115
Anexo 16.	Panel fotográfico de análisis en laboratorio..... 118

RESUMEN

La degradación del suelo es un problema ambiental y un desafío mundial que repercute en la fertilidad del suelo, dificulta los medios de subsistencia y provoca crisis. La presente investigación tuvo como objetivo estimar áreas susceptibles a la erosión hídrica y adecuados para la plantación de *Polylepis incarum* con fines de protección de suelos en la intercuenca Ramis – Puno; el modelo RUSLE se utilizó para determinar la distribución de la erosión hídrica del suelo, mientras que el modelo MaxEnt se empleó para el análisis de la modelización del hábitat de *P. incarum*, ambos integrado al Sistema de Información Geográfica (SIG). Los parámetros de entrada para RUSLE son: erosividad (R), erodabilidad (K), longitud y pendiente (LS), cobertura vegetal (C) y prácticas de conservación del suelo (P); y para MaxEnt son: puntos de presencia y factores bioclimáticos. El modelo RUSLE estimó niveles de erosión de suelo: normal de 46676.75 ha (29.6%), ligera de 44441.34 ha (28.2%), moderada de 35596.86 ha (22.6%), severa de 27999.95 ha (17.7%), muy alto de 3122.40 ha (2.0%) y catastrófica de 2.03 ha (< 1%). Por otro lado, MaxEnt localizó áreas de distribución de la especie *P. incarum*, áreas de idoneidad muy alta de una extensión de 50555.69 ha (31.93%), idoneidad alta con una extensión de 71877.43 ha (45.39%). El estudio reveló que las zonas con idoneidad muy alta se encontraban en áreas con niveles de erosión del suelo de severos a catastróficos, cubriendo una superficie de 18339.46 ha (11,58%); e idoneidad alta en zonas con niveles de erosión del suelo de severos a catastróficos, cubriendo 12885.65 ha (8,14%). Se concluye, de acuerdo con los resultados obtenidos, que las áreas simultáneas entre los dos modelos de predicción de distribución, son ideales para controlar y reducir la degradación de suelos causada por la erosión hídrica.

Palabras clave: Erosión de suelo, RUSLE, MaxEnt, *Polylepis incarum*, unidad hidrográfica intercuenca Ramis.

ABSTRACT

Soil degradation is an environmental problem and a global challenge that affects soil fertility, hinders livelihoods and causes crises. The present research aimed to estimate areas susceptible to water erosion and suitable for planting *Polylepis incarum* for soil protection purposes in the Ramis - Puno inter-basin; the RUSLE model was used to determine the distribution of soil water erosion, while the MaxEnt model was used for the analysis of *P. incarum* habitat modelling, both integrated to Geographic Information Systems (GIS). The input parameters for RUSLE are: erosivity (R), erodibility (K), length and slope (LS), vegetation cover (C) and soil conservation practices (P); and for MaxEnt they are: points of occurrence and bioclimatic factors. The RUSLE model estimated soil erosion levels: normal 46676.75 ha (29.6%), light 44441.34 ha (28.2%), moderate 35596.86 ha (22.6%), severe 27999.95 ha (17.7%), very high 3122.40 ha (2.0%) and catastrophic 2.03 ha (< 1%). On the other hand, MaxEnt located areas of distribution of the species *P. incarum*, areas of very high suitability with an extent of 50555.69 ha (31.93%), high suitability with an extent of 71877.43 ha (45.39%). The study revealed that very high suitability zones were in areas with severe to catastrophic soil erosion levels, covering an area of 18339.46 ha (11.58%); and high suitability in areas with severe to catastrophic soil erosion levels, covering 12885.65 ha (8.14%). It is concluded from the results obtained that the simultaneous areas between the two distribution prediction models are ideal for controlling and reducing soil degradation caused by water erosion.

Keywords: Soil erosion, RUSLE, MaxEnt, *Polylepis incarum*, Ramis interbasin hydrographic unit.

INTRODUCCIÓN

La degradación del suelo puede adoptar la forma de erosión (Sathiyamurthi et al., 2023); es uno de los principales riesgos climáticos que repercuten negativamente en el nivel de vida y la economía de los países en los que se presenta. (Senanayake & Pradhan, 2022), es un desafío y un problema medioambiental que afecta el rendimiento de los medios de provisión, generando crisis (Sathiyamurthi et al., 2023), amenaza la seguridad y la sostenibilidad de los recursos hídricos y alimentarios (Özşahin, 2023).

Es uno de los problemas medioambientales que se presenta a nivel global, la erosión hídrica del suelo, implica en la desestabilización de laderas y el aporte de sedimentos en las partes bajas (Xu et al., 2022). Su cuantificación de la pérdida anual es necesaria para la creación y aplicación de tácticas de conservación eficaces (Saha et al., 2022). Desde ese contexto, es necesario la aplicación de estrategias de gestión para su conservación y planificación sostenible de una cuenca hidrográfica (Mhaske et al., 2021), los mapas de susceptibilidad brindan una buena comprensión de la futura vulnerabilidad (distribución espacial) y se pueden utilizar para desarrollar políticas de resiliencia climática (Senanayake & Pradhan, 2022).

La cuenca Ramis está constituida por materiales fácilmente erosionables, notables en tramos fluviales consecuencia de temporadas lluviosas; estos suelos en las laderas y cima de las montañas son muy superficiales, con pendientes pronunciadas, propensos a la erosión por el agua (Carpio et al., 2021; INRENA, 2008). En la mayoría de los casos, los movimientos en masa se desencadenan con el máximo de su energía y se distribuyen uniformemente, o bien se manifiestan localmente con niveles distintos de intensidad; en el primer caso, la vegetación puede ofrecer una protección mínima o carecer completamente de ella ante los efectos devastadores, en contraste, en el segundo caso resulta altamente efectiva (Zavala & Guerrero, 2006).

En el presente estudio, mediante la identificación de la ubicación espacial de las zonas importantes de erosión hídrica del suelo de la intercuenca del Ramis, así como también la identificación del área de distribución de la especie *P. incarum*; estos hallazgos permitirán la identificación de la distribución coincidente. Siendo una de las propuestas de medidas paliativas para combatir el problema de la erosión del suelo y sus consecuencias negativas, siendo efectivas y económicamente asequibles de controlar la erosión hídrica, según Olika et al., (2023).

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1. Formulación del problema

La erosión del suelo se manifiesta como un fenómeno físico en el que una parte o la totalidad es removida, transportada y depositada en otro lugar, provocada por fuerzas como el agua y el viento, la gravedad o la acción humana (Sangita & Maity, 2023). La mala gestión de ello da como consecuencia la disminución de los recursos hídricos y la pérdida parcial o total de la cubierta vegetal (Senanayake et al., 2022), las cuales están situadas por lo general en zonas con pendientes pronunciadas (Getu et al., 2022), la erosión causada por el viento y el agua es más común en estos lugares (Guo et al., 2020); a nivel global, la erosión del suelo y sus causas relacionadas con ella, provocan la pérdida anual de más de seis millones de hectáreas de suelo fértil. (Sathiyamurthi et al., 2023).

Es uno de los mayores problemas a los que se enfrentan los países en desarrollo, la gestión inadecuada del suelo (Senanayake et al., 2022); su degradación está asociado al desequilibrio del ecosistema, producidas por las acciones de la creciente densidad de población y sus actividades (Gürtekin & Gökçe, 2021; Sathiyamurthi et al., 2023). Uno de los principales problemas medioambientales de este siglo es la aceleración de la degradación provocada por la actividad humana; sin embargo, cada actividad muestra tasas diferentes de erosión; representando un peligro latente en temporadas lluviosas (Mhaske et al., 2021).

La cordillera de los Andes domina gran parte de nuestra topografía, con colinas y valles escarpados, donde las lluvias estivales elevan el peligro de erosión hídrica por sus relieves pronunciados (Solagro, 2019). La región de Puno es parte de los Andes, la cual tiene una probabilidad alta de peligros de desplazamiento de suelo a consecuencia de la lluvia (Ordoñez, 2019). La región hidrológica del Titicaca presenta 19 subcuencas con una extensión de 49508.92 km², encontrándose una tasa de erosión hídrica de 26.4 ton/ha/año con un nivel de erosión media, esto a escala regional para los periodos de 1981 a 2014 (Sabino et al., 2017).

Dado que los factores de formación del suelo se desarrollan lentamente, el estado del suelo en la sierra se encuentra erosionada en un 75% (Solagro, 2019). Según la

Dirección Regional Agraria de Puno, los factores eólicos e hídricos contribuyen a la disminución de la superficie del suelo, perdiéndose alrededor de 1300 ton/km²/año, lo que supera el límite permitido de erosión de 30 ton/km²/año. Conforme con el estudio de la INRENA y reafirmado por Koirala et al., (2019), la cuenca hidrográfica Ramis está constituida por materiales fácilmente erosionables y sujetas a inundaciones, implicando la deposición de estos materiales en embalses de ríos, lagos, lagunas y sitios de almacenamiento de agua.

La erosión del suelo en la región de Puno alcanza una superficie de 66866 km², siendo una de las principales la erosión hídrica con un área de 33433 km², causada por procesos naturales y actividades antrópicas (Pacho, 2021); la cuenca hidrográfica Ramis a un ámbito regional tiene una erosión hídrica de: moderada, severa y muy severa, con una extensión de 9121 km², 2438 km² y 3100 km² respectivamente, según el Plan Coordinado de Desarrollo Regional de Puno al 2021.

1.2. Preguntas de investigación

1.2.1. El problema de investigación general

¿Cómo se pueden identificar las áreas propensas a la erosión hídrica en la intercuenca hidrográfica Ramis – Puno, y cuáles de estas áreas son más favorables para la plantación de *Polylepis incarum* con el fin de proteger y mejorar la calidad del suelo?

1.2.2. Las preguntas de investigación específicas

- ¿Cómo se puede identificar la distribución de áreas susceptibles a la erosión hídrica de suelo en la intercuenca Ramis – Puno?
- ¿Cómo se puede identificar la distribución potencial de la especie *Polylepis incarum* en la intercuenca Ramis – Puno?
- ¿Cuáles son las áreas de la intercuenca Ramis – Puno que coinciden entre las zonas susceptibles a la erosión hídrica y las zonas potencialmente idóneas para la plantación de *Polylepis incarum*?

1.3. Objetivos de la investigación

1.3.1. Objetivo general

Estimar áreas susceptibles a la erosión hídrica y favorables para la plantación de *Polylepis incarum* con fines de protección de suelos en la intercuenca Ramis – Puno.

1.3.2. Objetivos específicos

- Generar zonas de distribución de riesgo susceptibles a la erosión de suelo para la intercuenca Ramis – Puno.
- Establecer áreas de distribución potencial de la especie *Polylepis incarum* en la intercuenca Ramis – Puno.
- Identificar áreas coincidentes en las áreas susceptibles a la erosión hídrica de suelo y áreas potencialmente idóneas para la plantación de *Polylepis incarum* en la intercuenca Ramis – Puno.

1.4. Justificación

Los resultados del estudio ayudarán a tomar decisiones más precisas con respecto a la gestión del suelo (Özşahin, 2023); se eligen las localidades más vulnerables a la erosión hídrica como medida preventiva, para poder aplicar las medidas correctoras de conservación adecuadas destinados a disminuir la pérdida de suelo y sus efectos, (Olika et al., 2023); a fin de garantizar que las iniciativas de conservación se apliquen correctamente (Saha et al., 2022); a fin de que las actividades productivas puedan seguir desarrollándose y sostenerse en el tiempo (Solagro, 2019).

El desarrollo de las áreas de distribución espacial de las zonas vulnerables a la erosión del suelo nos proporciona información fundamental (Senanayake et al., 2022), estos hallazgos nos permiten comprender el grado de susceptibilidad de erosión hídrica, que luego será empleado para una gestión sostenible de la cuenca hidrográfica (Saha et al., 2022), para periodos corto, mediano o de largo plazo, según los criterios de los planificadores y administradores de la cuenca hidrográfica (Sangita & Maity, 2023), son elementos fundamentales destinados a promover la sostenibilidad de la cuenca hidrográfica durante el tiempo (Senanayake et al., 2022).

Los principales beneficiarios de esta investigación serán los pobladores y comunidades rurales de la intercuenca hidrográfica Ramis Puno. Estas poblaciones dependen directamente de la calidad del suelo para sus medios de subsistencia. Además, las autoridades locales y los rectores de recursos naturales podrán utilizar los resultados con el propósito de diseñar e implementar políticas y programas de manejo sostenible del suelo. Por lo tanto, los resultados de este estudio son ventajosos porque disminuyen la probabilidad de que el tema relacionado fracase, garantizan el uso correcto y adecuado

de los recursos, minimicen el esfuerzo e incluso pueden evitar problemas a lo largo del proceso (Özşahin, 2023).

Estudios han demostrado que, a fin de prevenir la erosión hídrica, es fundamental mantener una cobertura vegetal en el suelo no inferior al 70%, a fin de evitar posibles desprendimientos de partículas y así evitar un avance mayor de la erosión (EOS, 2021). La erosión del suelo puede controlarse empleando especies arbóreas o arbustivas, las cuales mejoran significativamente las áreas afectadas (Gürtekin & Gökçe, 2021; Halder, 2023), aumenta la disponibilidad de agua, la fertilidad del suelo y la productividad agrícola (Olika et al., 2023; Sathiyamurthi et al., 2023) y brinda servicios ecosistémicos invaluable. Estas son algunas de las mejores técnicas preventivas para diversas formas de erosión hídrica (EOS, 2021). En regiones muy erosivas y en pendiente, estas técnicas de sostenimiento son cruciales con el propósito de reducir al mínimo la erosión generada por el agua en el suelo (Koirala et al., 2019).

Asimismo, a la hora de elaborar planes y medidas adecuados destinados a evitar catástrofes relacionadas con el agua y el suelo, los responsables de la toma de decisiones encontrarán en los resultados y conclusiones del presente estudio un recurso útil (Özşahin, 2023). Por ello, el mantenimiento de nuestros suelos es esencial para mantener el crecimiento y la viabilidad a largo plazo de la producción de nuestro país (Solagro, 2019). También este estudio beneficiará a los investigadores y profesionales medioambientales, quienes tendrán acceso a nuevas metodologías y datos para sus estudios y proyectos futuros.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Antecedentes

Con el fin de respaldar el estudio, se presentan los siguientes antecedentes:

2.1.1. Antecedentes relacionados con el modelo RUSLE

a. Antecedentes internacionales relacionados con el modelo RUSLE:

Getu et al., (2022), con el fin de implementar procesos efectivos de planificación y toma de decisiones con miras implementar medidas de protección respecto al problema de erosión de la capa superficial en la cuenca del Megech, Etiopía, se empleó el modelo RUSLE, sus seis parámetros del modelo es: erosividad, erodabilidad, longitud y pendiente, manejo de la cubierta vegetal y estrategias de manejo de la erosión, son parámetros de entrada para calcular la disminución anual de suelo e identificar los puntos críticos de erosión en la cuenca. El resultado del estudio estimó que la reducción total de suelo es de 1399.21 ton/ha/año, con una pérdida media anual de 32.84 ton/ha/año. Se crearon mapas de severidad por subcuencas: Baja (por debajo de 10), moderada (10 – 20), alta (30 – 35), severa (35 – 40), muy severa (40 – 45) y extremadamente severa (por encima de 45) los valores están comprendidos en (ton/ha/año); la cobertura de área fue de 6.5%, 11.1%, 8.7%, 22%, 30.9%, 13.4% y 7.4% para los niveles de degradación del suelo respectivamente mencionados; alrededor del 82% de la cuenca pertenece a la clasificación de alto riesgo, lo que hace necesario una gestión inmediata de la superficie del terreno.

Olika et al., (2023), estimó la reducción de suelo usando el modelo RUSLE, sobre el distrito de Horo, Etiopía occidental, con el propósito de seleccionar las estrategias de preservación apropiadas a fin de reducir la erosión del suelo y sus efectos, para ello se emplearon la data del Modelo Raster (DEM) y conjuntos de datos de capturas satelitales como entradas de datos, para los parámetros siguientes: el parámetro de erosividad (R), erodabilidad (K), topografía (LS), vegetación (C) y prácticas de apoyo (P). El resultado muestra una pérdida anual mínima y máxima potencial de suelo desde 0.01 ton/ha/año en superficies planas y hasta 216.01 ton/ha/año en zonas de pendiente; el índice anual media de pérdida de suelo es 13.27 ton/ha/año; la pérdida más

significativa del recurso edáfico se notó en tierras de cultivo y es la porción más grande constituyendo un 73.75% del área total de estudio.

Gürtekin & Gökçe, (2021), hizo la evaluación del riesgo de degradación de suelo en la cuenca Harebakayis, Turquía utilizando el modelo RUSLE basado en sistema de datos geográficos, con el fin de ello se emplearon datos de mapas de suelos, registros de estaciones meteorológicas e imágenes satelitales, estos factores se integraron en ArcGIS 10.4.1. Los resultados obtenidos estiman una degradación de suelo de 68% en pastizales y 70% en bosques dispersos, en general el 43% de la cuenca cuenta con un riesgo de erosión alto y un 57% de la cuenca presenta un riesgo de erosión normal y bajo, con el fin de evitar esta situación, son necesarias actividades relacionadas con la reforestación.

Mhaske et al., (2021), estimó la erosión anual promedio del recurso edáfico en la región Saranda, Albania; empleando el modelo integrado RUSLE y SIG, las variables intervenidas se cuantificaron a 10 m de resolución basados en SIG, se clasifica seis categorías (muy baja a extrema), aproximadamente el 63% se clasifica en la categoría de erosión muy baja, se estima que el nivel de erosión media es de 76 ton/ha/año, la región está cubierta principalmente por suelos forestales y el 1% del área total comprende la zona de minería donde la degradación del suelo es extremadamente alta alcanzando 157 ton/ha/año.

Halder, (2023), determinó la disminución media anual de superficie edáfica en la cuenca de la vertiente Kumari en la meseta de Chorta Nagpur en India, a fin de identificar las áreas críticas de erosión con el propósito de diseñar estrategias de manejo extensivas para combatir el peligro de erosión de suelo; con el propósito de calcular el parámetro de erosividad (R) se utilizó los registros de precipitación media anual el cual se extrajo de las 7 estaciones pluviométricas de 1965 – 2011 de la zona de estudio, para el factor de topografía (LS) se empleó los mapas topográficos Survey of India a una escala de 1:50 000 y para los variables de gestión de vegetación (C) y medidas de conservación (P) se empleó los datos de suelo de obtenidas del servidor Earth Explorer (USGS); los resultados muestran una variación de pérdida del recurso edáfico de 0 a 364.05 ton/ha/año, con una tasa promedio de 1.92 ton/ha/año. El estudio evidenció que el 8.93% del territorio de la cuenca muestra una degradación de suelo intolerable.

b. Antecedentes nacionales relacionados con el modelo RUSLE:

Cueva, (2018) estimó el grado de erosión inducida por agua en la microcuenca Sonocco perteneciente al distrito de Juli, provincia de Chucuito. Como resultado de las prácticas agronómicas inadecuadas, se produce la aparición de cárcavas, lo que limita las áreas de cultivo. Por lo tanto, se proponen medidas para prevenir la degradación hídrica del suelo. Se utilizó la metodología USLE; las variables intervinientes los principales elementos que intervienen en la erosión generada por el agua son la agresividad de la lluvia, la facilidad con que el suelo se erosiona, las prácticas de manejo agrícola, la longitud y pendiente del terreno, y la cobertura vegetal existente. Mostrando como resultado una tasa de degradación anual de 26.95 ton/ha/año, produciendo, 55728.76 ton/año de materiales sedimentales.

Paco, (2022) pronosticó la evaluación de la disminución anual de suelo de la microcuenca del río temporal Escalerani distrito de Puno, departamento de Puno. El método empleado es USLE, se determinaron los factores de pronóstico: R, K, LS, C, P, con el fin de calcular la degradación de suelo causada por el agua potencial y análisis de movimiento y retención de los depósitos. Con el propósito de proponer estrategias para la gestión sostenible de la microcuenca. Encontrándose una degradación de suelo potencial de 257.60 ton/ah/año, con un índice medio de 92.59 ton/ha/año, con un transporte de 34.48 ton/ha/año, retención de 58.11 ton/año por parte de los muros de defensa.

Correa et al., (2016) la erosión del recurso edáfico causada por la erosión por agua está siendo acelerada por las actividades humanas. Con el fin de analizar la erosión del suelo en escenarios climáticos durante el siglo XXI en la vertiente del río Mantaro de los Andes Peruanos, empleando el modelo RUSLE, determinado en los parámetros de erosividad, erodabilidad, relieve del terreno, vegetación y estrategias de conservación. Los análisis preliminares revelaron riesgo hídrico, con niveles de muy severo a extremadamente severo, para las partes del centro y norte de la cuenca, observando aumentos progresivos para finales de este siglo. El factor más incidente es la erosividad principalmente durante las temporadas de lluvias, generando riesgo para la sostenibilidad ambiental y las actividades productivas futuras.

c. Antecedentes locales relacionados con el modelo RUSLE:

Condori et al., (2019) estimó la dimensión de reducción del recurso edáfico por el debido al proceso de la erosión de suelo por acción del agua, utilizando la ecuación USLE, en la vertiente de Chañajari, localidad de Moho, con la finalidad de disminuir la pérdida de la cobertura terrestre con la implementación de estrategias de cuidado de suelos y forestación, se trabajó con los detalles pluviométrica del SENAMHI e información cartográfica de la microcuenca, para estimar los parámetros. Los hallazgos obtenidas para el parámetro de erosividad de precipitación (R) variaron entre 146.8 – 170.3 $\text{MJ}\cdot\text{mm}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, el factor de erodabilidad del suelo (K) es de 0.5 $\text{To}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}\cdot\text{MJ}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}\cdot\text{ha}^{-1}$, el factor de longitud es de 13.6, el factor de pendiente (LS) se calculó en 1.08, mientras que el factor de cultivo (C) fue de 0.2 y el factor de técnicas de preservación (P) de 0.6. La reducción del recurso edáfico anual fluctuó entre 38.9 y 45.2 toneladas por hectárea al año.

Valeriano & Mamani, (2023) analizó la degradación de suelo a consecuencia de la erosión suelo provocada por el agua en la vertiente Sapancota, localidad de Pucará, Puno. La acumulación de sedimentos en el embalse es un desafío que se presenta progresivamente, por lo que es impredecible calcular la disminución de suelos. Con el fin de calcular la cantidad de sedimentos que se acumularan en los acontecimientos de 5, 10, 20 y 50 años, en el interior de las reservas de agua (embalse), empleando el algoritmo USLE dentro del ámbito de evaluación, considerando los parámetros de ímpetu de la tormenta, erodabilidad de suelos, relieve del terreno y vegetación del suelo. El resultado fue una tasa de erosión del recurso edáfico consecuencia de la lluvia de 1.005 ton/ha/año.

2.1.2. Antecedentes relacionados con el modelo MaxEnt

a. Antecedentes internacionales relacionadas con el modelo MaxEnt:

Mejia & Abad, (2019), teniendo en cuenta la importancia del recurso hídrico a nivel nacional, se hizo el modelamiento de la dispersión probable de la especie *Polylepis sp*, con el fin de gestionar su conservación, para ello se utilizó datos de la página WorldClim, el cual se complementa conjuntamente con 134 datos de ocurrencias en el área de evaluación, los cuales han sido la data de entrada para el algoritmo de Máxima Entropía (MaxEnt). Los hallazgos detectados indican escenarios posibles actuales (1950 – 2000) de 38.72 ha el cual es (6.01%), año 2020 área de 44.1 ha (6.85%) y

para el año 2050 un área de 42.91 ha (6.66%) (los porcentajes representan parte del área total de la cuenca), la interacción de la especie en la vertiente del río Paute, son data introductoria que proporcionara en las decisiones vinculadas a la sostenibilidad de los recursos naturales.

Fajardo et al., (2018), con la intención de identificar la dispersión potencial de tres taxones de *Polylepis* (*P. quadrijuga*, *P. sericea*, *P. incana*), con el fin de identificar áreas relevantes para la sostenibilidad de las especies, para ello se empleó el modelo MaxEnt 3.3.3, se recopilaron 233 registros de presencia como insumo (GIB y SIB Colombia), acompañado con 23 parámetros medioambientales. Los elementos que adicionaron a la modelación han sido la altitud, temperatura estacional y rango de temperatura mensual. El resultado de distribución potencial más amplia presentó la especie *P. sericea*, con 23243.5 km² en las tres cadenas montañosas; seguido de *P. quadrijuga*, con 6264.2 km² en la cadena montañosa Oriental, y *P. incana*, con 1772.8 km² en la cadena montañosa Central y límites con Ecuador.

Zutta et al., (2012), desarrollo y analizó el modelo de distribución de especies de dos taxones de *Polylepis* (*P. sericea* y *P. weberbaueri*), con el fin de reducir las repercusiones perjudiciales del cambio climático mediante la sostenibilidad y la plantación de las especies arbóreas, utilizó el programa MaxEnt versión 3.2.1 a modo de modelo; como datos de entrada se tomó el ambiente meteorológico y los estratos medioambientales a una precisión espacial de 1 km, para el modelamiento se incluyeron 11 capas bioclimáticas en el análisis, tales como la temperatura media anual, el promedio de temperatura diurna, la estacionalidad de la temperatura, la temperatura máxima del mes más caluroso, la mínima del mes más frío, la precipitación anual, su estacionalidad, la precipitación en los trimestres más húmedos y secos, y la precipitación durante el trimestre más cálido y en los trimestres más fríos. También se analizaron el máximo anual del Índice de Área de Hoja (LAI), su rango anual, el promedio anual de los datos del Sensor de Microonda (QSCAT), su desviación estándar, el porcentaje de cobertura arbórea y el Modelo de Elevación Digital (DEM) SRTM, incluyendo la altura media y su desviación estándar. Los cálculos de la modelación para la especie *P. sericea*, indican que el 60% de los bosques se encuentran en Perú (cordillera Blanca, cordillera Huayhuash, cadena de montañas Occidentales y Oriental de los Andes Peruanos); la especie *P. weberbaueri* en un 93% está presente en Perú y Ecuador, de ello Perú cuenta

aproximadamente con el 70% en las cadenas montañosas Centrales y particularmente en la cordillera Blanca y cordillera Huayhuash.

b. Antecedentes nacionales relacionados con el modelo MaxEnt:

Quispe, (2022), plantea una simulación de la dispersión tentativa en nuestro país de la especie *Polylepis sp*, en situaciones del cambio climático, a fin de encontrar zonas fundamentales para la sostenibilidad de áreas ecológicas protegidas de alta importancia para la preservación de las especies, se emplearon 118 puntos de aparición de la especie y capas climáticas recientes y previstas hacia el 2070, para ello se empleó el modelo MaxEnt. El estudio determina que las zonas de dispersión potencial se minimizan debido al cambio climático, por ejemplo es la situación de la *P. albicans* se desplazará hasta los 4291.76 msnm y desaparece el 46.84% de su área de su distribución probable de; *P. argenta* migrará incluso a los 3953.83 msnm, deteriora 62.97% de su dimensión; *P. flavipila* se desplazará incluso a los 4581.66 msnm, mermando 76.52% de su espacio; *P. multijuga* migrará aún a los 3618.43 msnm, perdiendo el 52.48% de su área; *P. Rodolfo vasquezii* perderá el total de su área de dispersión probable y *P. subsericans* se desplazará incluso a los 4481 msnm, perderá el 78.76% de su espacio de distribución tentativa. Todas las evaluaciones se estimaron a variación temporal en la concentración de CO₂ en la atmósfera, según las directrices de concentraciones representativas (RCP) 8.5.

c. Antecedentes locales relacionados con el modelo MaxEnt:

Huayhua, (2020), identifico los ámbitos idóneos de dispersión de la especie *P. incarum*, empleando las aplicaciones QGis versión 3.10.5 y MaxEnt edición 3.4.1; con el propósito de sostenibilidad de los bosques de Queñuales, para ello se consideró como parámetros de entrada, ubicaciones de existencia de la especie, parámetros bioclimáticos, quienes han sido gestionados en Rstudio y QGis. El resultado obtenido sugiere una distribución potencial en las localidades de Lampa, Palca, Vilavila y Cabanillas. El variable climático más influyente, con un 32.6%, es el rango diurno medio; la importancia de la fiabilidad del área bajo la curva (AUC) es de 0.979, lo cual indica un excelente modelamiento.

2.2. Marco teórico

2.2.1. Erosión del suelo

En esencia, la degradación del suelo adopta la forma de erosión del suelo, es el proceso natural y provocado por actividades productivas que afectan el uso del suelo, la productividad agrícola, la capacidad productiva del suelo y la provisión de agua (Sathiyamurthi et al., 2023), en consecuencia afecta el desarrollo económico, la seguridad alimentaria y los servicios ecosistémicos (Getu et al., 2022).

a. Erosión hídrica

Es la pérdida de suelo por acción del agua, el aumento de la intensidad de lluvias, aumenta significativamente la tasa de erosión de suelo (Senanayake et al., 2022), es muy frecuente que se vuelva muy peligros en temporadas de lluvia (Mhaske et al., 2021) y se considera uno de los procesos de deterioro más significativos que existen a nivel global (Halder, 2023).

b. Proceso de erosión hídrica

Los siguientes agentes meteorizan, transportan y depositan el suelo, lo que provoca la erosión hídrica. (Gaitán et al., 2017):

- Energía cinética: es la fuerza que ejerce al caer una gota de lluvia al suelo, generando fracturas de grumos y agregados, que se fragmentan en trozos que pueden ser transportados a zonas más bajas.
- Escorrentía: cuando hay flujo laminar o turbulento, la escorrentía superficial provoca el arrastre del suelo desprendido por las gotas de lluvia.

c. Formas de erosión hídrica

- Erosión por salpicamiento

Se trata de la división de las partículas del suelo como resultado de la precipitación; la naturaleza exacta y la pendiente del suelo lo determinan.

- Erosión laminar

Es la pérdida consistente y uniforme de suelo en capas finas provocada por el deslizamiento de la superficie de la ladera y la saturación del suelo; es más común en suelos arenosos y menos en suelos arcillosos.

- Erosión en canales

Es constante y no tomada en cuenta por los agricultores debido a las labores agrícolas que se realizan al ser borradas sin complicación, se produce donde la escorrentía se reúne en irregularidades, ya sean naturales o provocadas por el hombre, y se concentra hasta alcanzar un volumen y una velocidad lo suficientemente grandes como para deslizarse ladera abajo, produciendo a medida que avanza, pequeños canales y conductos fácilmente observables sin amplificación.

- Erosión en cárcavas y zanjas

Las cárcavas son hendiduras pronunciadas en el terreno, se observa comúnmente en suelos profundos y delicados, provocada por el deslizamiento de tierra debido al flujo de agua y la inestabilidad de las pendientes, esto suele ocurrir debido a la acumulación de escorrentía en áreas específicas, que se expanden tanto en profundidad como en superficie; estas cuando alcanzan cierta profundidad toman la forma de cascadas produciendo turbulencias en la base misma.

- Movimiento de masa del suelo

Es poco común seguir las fallas geológicas naturales, y estas se activan en situaciones de tormentas extremas, la creación de cantidades significativas de agua que se infiltra, que cuando se combina con una presión de agua baja, da lugar a deslizamientos de tierra y al desplazamiento de masas de suelo en diferentes tamaños, incluyendo avalanchas, deslizamientos de tierra y aluviones.

d. Factores influyentes en la erosión hídrica

La resistencia del suelo estará influenciada a causa de la erosión provocada por el agua, y se determinará por las propiedades del suelo, tanto físicas como químicas, así como por la naturaleza y cantidad de vegetación presentes.

Tabla 1.

Factores que influyen en la erosión debido al agua

Erosión hídrica (depende de)	
Fuerzas activas (condicionadas por)	Resistencias (debidas a)
Características de las precipitaciones.	Características físicas y composición
Gradiente y extensión del terreno.	química del sustrato.
Capacidad de absorción del suelo.	Vegetación arbórea y herbácea.

Fuente: Suárez (2001), citado por Condori, (2018).

2.2.2. Modelo de predicción de erosión de suelo

El modelo de predicción de erosión del suelo utiliza técnicas matemáticas llamadas modelos de erosión del suelo para estimar y pronosticar la pérdida de suelo por erosión. Estos modelos dan cuenta de una variedad de variables relacionadas con la erosión, incluido el clima, el tipo de suelo, el terreno, el uso de la tierra y las técnicas de gestión (Renard, 1997). Estos modelos están destinados a ayudar en el diseño de estrategias para detener la pérdida de suelo y evaluar cómo diversas técnicas de manejo afectan la degradación del suelo (Delgado et al., 2013). Los métodos de análisis de erosión vienen en una variedad de formas, desde empíricas hasta basadas en procesos, y pueden variar en complejidad y nivel de detalle que ofrecen.

Tabla 2.

Lista de 25 modelos de predicción de erosión del suelo más aplicados a nivel mundial

Modelo	Registro	%
RUSLE	507	17.1
USLE	412	13.9
WEPP	191	6.4
SWAT	185	6.2
WaTEM/SEDEM	139	4.7
RUSLE-SDR	115	3.9
USLE-SDR	64	2.2
LISEM	57	1.9
Customized approach	53	1.8
MUSLE	52	1.7
MMF	48	1.6
AnnAGNPS	47	1.6
RHEM	44	1.5
Unkown	36	1.2
Erosion 3D	29	1.0
EPIC	25	0.8
PESERA	23	0.8
USPED	22	0.7
GeoWEPP	20	0.7
RUSLE2	20	0.7
EPM	19	0.6
STREAM	19	0.6
RUSLE/SEDD	16	0.5
DSESYM	15	0.5
EUROSEM	15	0.5

Fuente: Borrelli et al., (2021).

2.2.3. Ecuación universal de pérdida de suelo

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE), es un modelo estadístico práctico establecido empleado por el departamento de agricultura de los E. U. con el fin de

estimar la pérdida de suelo generada por la erosión hídrica (Renard & Freimund, 1994).

2.2.4. Ecuación universal de pérdida de suelo revisada

La Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) constituye una mejora de USLE, su aplicación es amplia como: en tierras de cultivo, suelos forestales perturbadas, pastizales, lugares de construcción, tierras minadas, suelos recuperados, campos de entrenamiento militar, vertederos, botaderos y suelos donde la lluvia y su flujo superficial causan erosión edáfica (Renard, 1997). El método de análisis de RUSLE es un método predictivo económico de naturaleza estadística, que no requiere muchos datos y que se ha empleado ampliamente para las cuencas hidrográficas para la gestión de espacios forestales y agrícolas (Renard, 1997; Renard & Freimund, 1994). Un modelo utilizado empíricamente para calcular la pérdida de suelo por erosión laminar y en surcos por el agua (Renard, 1997).

a. Factor de erosividad lluvia (R)

Este criterio está influenciado por el clima, las precipitaciones en el suelo van a generar una erosión laminar, es común en terrenos baldíos la erosión por salpicadura, la fuerza que ejerce la lluvia va a depender de la intensidad, la duración y volumen de precipitación la cual se puede calcular, de la precipitación específica o secuencias de precipitaciones de forma acumulativa (Sangita & Maity, 2023).

Tabla 3.

Valores de erosividad (R)

Factor R	Grado
0 – 50	Ligero
50 – 500	Moderado
500 – 1000	Alto
> 1000	Muy alto

Fuente: Bircher et al. (2019), citado por Rengifo et al., (2022).

b. Factor de erodabilidad del suelo (K)

El aspecto K representa la capacidad de defensa del suelo ante la erosión por los impactos de la fuerza ejercida por las gotas de lluvia. Este dependerá de la estructura, textura, contenido orgánico y porosidad del suelo (Al-Mamari et al., 2023; Getu et al., 2022).

Tabla 4.

Valores de erodabilidad (K)

Límite de grados	Variable K (Ton.h/Mj.MM ha.)
Muy poco erodable	≤ 0.007902
Débilmente erodable	0.0079 – 0.0171
Medianamente erodable	0.0171 – 0.0329
Fuertemente erodable	0.0329 – 0.0684
Extremadamente erodable	0.0684 – 0.1027

Fuente: Según USDA, citado por Del Castillo, (2023).

c. Factor de longitud y pendiente (LS)

La pendiente y la medida del terreno determinan el caudal del agua, el cual tiene un efecto significativo en el transporte de suelo (Gürtekin & Gökçe, 2021).

d. Factor de gestión de la cobertura vegetal del suelo (C)

El porcentaje de pérdida de suelo bajo una cubierta vegetal específica en relación con el suelo desnudo se representa mediante el factor de cubierta vegetal (Olika et al., 2023), la presencia de vegetación en la tierra permite que el agua se filtre en el terreno y reduce el transporte y la erosión del suelo (Gürtekin & Gökçe, 2021). Muchas investigaciones asignaron el factor C sobre el esquema de distribución, uso de suelo, masa vegetal y el índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) (Sangita & Maity, 2023).

e. Factor de práctica de manejo (P)

La cantidad de erosión del suelo asociada a una determinada práctica en relación con la agricultura de ladera se conoce como factor de práctica de conservación, las prácticas de cultivo afectan la erosión al modificar la dirección y la velocidad de la escorrentía, así como reduciendo el volumen total de escorrentía (Olika et al., 2023).

El factor de apoyo P refleja la proporción de suelo que se pierde con ciertas prácticas de control de erosión a la pérdida de suelo correspondiente si la práctica de cultivo es cuesta arriba o cuesta abajo.

f. Clasificación del coeficiente de degradación del suelo (A)

La variable A es el producto de los factores: R, K, LS, C, P, este modelo matemático con el objetivo de estimar la pérdida de suelo debido a la acción del agua (Gürtekin & Gökçe, 2021). Con el fin de categorizar las tasas de erosión calculadas, se tienen a modo de referencia los criterios adoptados en el cuadro 5.

Tabla 5.

Niveles de erosión hídrica del suelo

Niveles de erosión	Ton/ha/año
Normal	< 0.5
Ligera	0.5 - 5.0
Moderada	5.0 - 15.0
Severa	15.0 - 50.0
Muy alto	50.0 - 200
Catastrófica	> 200

Fuente: FAO (1980), citado por Ticllasuca, (2020).

2.2.5. Prácticas de conservación de suelos

Se debe salvaguardar la superficie del suelo de los impactos de las gotas de lluvia, potenciar la capacidad de infiltración, y disminuir o erradicar por completo la velocidad del flujo de escorrentía; los cuales se deben comenzar desde la parte alta de la cuenca (Robins & Burgoa, 2016).

a. Prácticas mecánicas estructurales

- Zanjas o acequias de infiltración: son canales construidos transversalmente a la pendiente del terreno, su desembocadura se hace a una zona protegida.
- Terrazas de absorción: son una secuencia de plataformas colocadas en laderas en forma de escalera, las cuales existen de varios tipos. Las principales son terrazas con muros de vegetación, terrazas formadas progresivamente, terrazas solitarias y estructuras de piedra en contornos de nivel.

- Diques para el control de cárcavas: estas son surcos pronunciados formados por el agua. Las principales formas de control son el empleo de cercas de alambre electrosoldado o tipo ciclón, ramas forestales, piedra estructurada y geoceldas.
- Andenes: los andenes son escalones artificiales que están contruidos en pendientes.

b. Prácticas agronómicas

- Barreras vivas: son los tipos de cultivos que se realizan en las pendientes en curvas de nivel, se siembran de manera más densa, en los surcos, los cuales actúan como barreras.
- Surcos en contornos: cultivos que son sembrados en dirección transversal de la pendiente del terreno.
- Prácticas forestales: La combinación de especies arbóreas y arbustivas, las cuales forman bosques, ya sea con fines maderables, protección y mixtos; estas se siembran como manejo en sectores críticos o complementarios a las defensas antes descritas. La infiltración del agua y la gestión de la erosión pueden lograrse con ayuda de la reforestación y la forestación; estas logran infiltrar hasta un 47% de agua de las precipitaciones.

2.2.6. El género *Polylepis*

Este género de plantas es endémico de los Andes, tiene un rango que se extiende desde la Sierra Nevada de Mérida en Venezuela hasta la Sierra de Comechingones en el centro de Argentina; su altitud varía desde los 900 metros sobre el nivel del mar en Córdoba, Argentina, hasta los 5000 metros sobre el nivel del mar en el volcán Sajama en Bolivia. (Espinoza & Kessler, 2022).



Figura 1. Especie *P. incarum*
Fuente: Espinoza & Kessler, (2022).

a. Distribución geográfica de *Polylepis* en Perú

El Perú reporta la mayor cantidad de taxon (23), Bolivia (15), Ecuador (10), Colombia (5), Chile (2) y Venezuela (1); las 23 especies están presentes en 19 departamentos, en Cusco (7), Ayacucho (4), Puno (4); la mayor densidad poblacional se reporta en los Andes del sur, considerándose igual que un centro de diversificación del género *Polylepis*; su elevación se encuentra entre los 3000 y 4000 msnm en más del 90% de las especies (Espinoza & Kessler, 2022). La extensión del género *Polylepis* en el sur peruano son los bosques más extensos del Perú y Sudamérica (Mendoza & Cano, 2011; Yallico, 1992).

Tabla 6.

Lista de especies de Polylepis reportadas en Perú

Especie	Altitud (m)	Departamento
<i>Polylepis canoi</i>	3150 - 4500	Cusco, Junín, Puno y parte de Bolivia.
<i>Polylepis flavipila</i>	3300 - 4660	Ayacucho, Huancavelica, Lima.
<i>Polylepis incana</i>	2150 - 4700	Áncash, Cusco, Apurímac, Ayacucho, Junín, Huancavelica, Lima, Huánuco, La Libertad, Pasco, Lambayeque, y parte de Ecuador.
<i>Polylepis incarum.</i>	3250 - 4110	Cusco, Puno y parte de Bolivia.
<i>Polylepis microphylla</i>	3150 - 4550	Áncash, Cajamarca, Cusco, Lima y parte de Ecuador.
<i>Polylepis multijuga</i> <i>Pilger</i>	2700 - 3750	Amazonas, Cajamarca, La Libertad, Lambayeque.
<i>Polylepis racemosa</i>	2750 - 4660	Áncash, Pasco, Apurímac, Lima, Ayacucho, Cajamarca, La Libertad, Cusco, Junín, Huánuco y parte de Ecuador.
<i>Polylepis rugulosa</i>	2900 - 4550	Arequipa, Cusco, Moquegua, Tacna, Puno.
<i>Polylepis subsericans</i>	3760 - 4800	Apurímac, Ayacucho, Cusco.
<i>Polylepis tarapacana</i>	3400 - 5013	Puno, Tacna, parte de Bolivia y Chile.

<i>Polylepis</i>	3500 - 4970	Áncash, Huánuco, Lima.
<i>weberbaueri</i>		

Fuente: Adaptado de Espinoza & Kessler, (2022).

b. Factores que condicionan su ocurrencia

Para ello nos basaremos en los autores Espinoza & Kessler, (2022); Yallico, (1992).

- La temperatura, exposición

El nivel térmico del aire varía respecto a la superficie del suelo en 5 C° a 6 C°, esta variación se da en lapsos de 1 hora, entonces las plántulas recién germinadas, a pesar de su bajo poder germinativo, también deben enfrentarse a condiciones severas y alteraciones repentinas, de ahí la importancia de la pedregosidad y ubicación del bosque sobre el límite térmico inferior. El calor acumulado por la quebrada durante el día ascendería a medida que el sol se ponía y el aire fresco descendía por la ladera de la montaña, por consiguiente, el aire frío no impactaría directamente al bosque.

- Altitud

En montañas entre 3900 y 4200 msnm aproximadamente, los bosques suelen ser más compactos; a partir de 4200 msnm ya no es posible encontrar grandes bosques, solo hay presencia de rodales; y a más de 4500 msnm se encuentran árboles separados entre sí reflejando los efectos de la helada.

- Geología y suelo y pedregosidad

Los acantilados ofrecen pie de monte pedroso ideal para el género *Polylepis*, acumulan calor y precipitación que favorecen su desarrollo. La influencia de rocas es benéfica para los bosques. Ofrecen valores de humedad altos en estación seca respecto a otro tipo de mantos de suelo; también permite el establecimiento de las raíces al poder penetrar y absorber agua del suelo. La adecuada profundidad de suelo y el afloramiento rocoso influyen en la distribución del total del género.

- Temperatura y precipitación

Esta va a variar de especie, por ejemplo la *P. tomentella* tiene un rango de distribución más amplia entre los extremos de la temperatura y con una amplitud

reducida entre la precipitación, esta especie podría colonizar lugares ambientes más áridos y fríos de los Andes, en cambio, la precipitación requerida para la *P. incana* sería aproximadamente 500 mm hasta los 2000 mm; pero la introducción de especies híbridas podría mejorar su rango de distribución obteniéndose atributos que se podrían aprovechar de las especies intervinientes.

c. Distribución de *P. incarum* en el departamento de Puno

Los bosques de *P. incarum* se distribuyen alrededor del Lago Titicaca entre los 3600 y 4100 msnm, común en la Puna húmeda y subhúmeda; son árboles que varían desde 3 a 8 metros de altura, con hojas amontonadas en las terminaciones de las ramas (Espinoza & Kessler, 2022). Las ramas presentan más cantidad de hojas en su extremo, las cuales constan de 1 a 2 pares de folios. Las flores, cuyo diámetro alcanza los 0,5 – 1 cm y son hermafroditas con entre 14 y 20 estambres con anteras orbiculares, exhiben dicogamia. La dispersión del fruto se lleva a cabo mediante aquenios alados que poseen espinas para favorecer el transporte por medio del viento (Espinoza & Kessler, 2022).

Reino: Plantae

Sub Reino: *Phanerogamae*

División: *Angiospermae*

Clase: *Dicotyledoneae*

Sub Clase: *Methachlamydeae*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Subfamilia: *Rosoidea*

Tribu: *Sanguisorbeae*

Subtribu: *Sanguisorbinae*

Género: *Polylepis*

Especie: *P. incarum*

Figura 2. Taxonomía de *P. incarum*

Fuente: Espinoza & Kessler, (2022).

2.2.7. Modelo de distribución de especies

El modelado de localización de especies es una técnica que describe y pronostica la distribución prospectiva de una especie en un hábitat específica en el futuro, utilizando datos acerca de la existencia y falta de una especie en varias ubicaciones geográficas, junto con variables ambientales o climáticas, además de establecer los factores que

más impactan esta distribución en el pasado, presente y futuro (Pearson & Dawson, 2003).

a. Máxima entropía

La máxima entropía es un principio que establece que, en ausencia de información adicional, la distribución de probabilidad que mejor representa el estado de un sistema es aquel que tiene la máxima entropía; esto significa que, si no se tiene información adicional sobre el sistema, se debe asumir que todas las configuraciones posibles son igualmente probables (S. J. Phillips et al., 2017). El algoritmo MaxEnt es una aplicación que simula la distribución de especies a partir de registros de presencia, se basa en perspectiva estadística, se basa en probabilidades de datos de presencia y factores relacionados con la presencia definidas en el espacio de covariables Elith et al., (2011), citado por Lagones, (2023).

Tabla 7.

Clasificación de valores de idoneidad de entorno

Clasificación de valores de idoneidad de hábitat	
Ausencia	0
Bajo	< 0.25
Medio	0.25 – 0.50
Alto	0.50 – 0.75
Muy alto	> 0.75

Fuente: Araújo et al.,(2005), citado por Lagones, (2023).

2.2.8. MissForest

La función 'missForest' de este paquete es utilizada con el fin de sustituir valores perdidos, especialmente con datos mixtos. Con el propósito de predecir los valores faltantes, aplica un bosque aleatorio entrenado con los datos observados de una matriz. Puede usarse destinados a imputar datos continuos o categóricos, como relaciones no lineales e interacciones complejas. Proporciona una aproximación al error de imputación fuera de bolsa (OOB) sin depender de un conjunto de pruebas o una validación cruzada minuciosa. Se puede implementar simultáneamente para reducir el tiempo requerido para el cálculo.

2.2.9. Muestreo en poblaciones finitas

El uso de técnicas de muestreo probabilístico y el uso de estimadores apropiados para poblaciones finitas brindan la oportunidad de acceder a información representativa de un conjunto de individuos de manera más rápida y económica que un censo (Domínguez-Chávez et al., 2022).

$$n = \frac{N \times Z^2 \times p \times q}{d^2 \times (N - 1) + Z^2 \times p \times q} \quad (1)$$

En el cual:

n: tamaño de la muestra representativa.

N: número total de la población en análisis.

Z²: 1.65 (consistencia de 90%)

p: proporción prevista de respuesta (50% = 0.5)

q: (1-p) proporción prevista no esperada (1-0.5 = 0.5)

d: error de cálculo estadístico (10% = 0.10).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio

La unidad hidrográfica (intercuenca – Ramis) (fig. 3) cuenta con una extensión de 1583.51 km^2 con un perímetro de 440.75 km perteneciente a la vertiente del lago Titicaca (Carpio et al., 2021).

3.1.1. Ubicación política

Situada en la parte norte del departamento de Puno, se encuentra la intercuenca del río Ramis. Incluye parte de las provincias:

Tabla 8.

Ubicación política de la intercuenca Ramis – Puno

Departamento	Provincia	Distrito
Puno	San Román	Caracoto, San Miguel.
	Huancané	Taraco, Pusi.
	Azángaro	Achaya, Arapa, Caminaca, Samán, Chupa.
	San Antonio de Putina Puno	Pedro Vilca Apaza Capachica, Coata.

Fuente: Carpio Fernández et al., (2021).

3.1.2. Ubicación hidrográfica

A continuación, se presentan los límites hidrográficos:

- Al norte, junto a las cuencas del río Azángaro y del río Huancané
- Hacia el sur, colindante con la cuenca del río Coata.
- En la dirección este, junto al lago Titicaca.
- En la dirección oeste, adyacente a la cuenca del río Pucará.

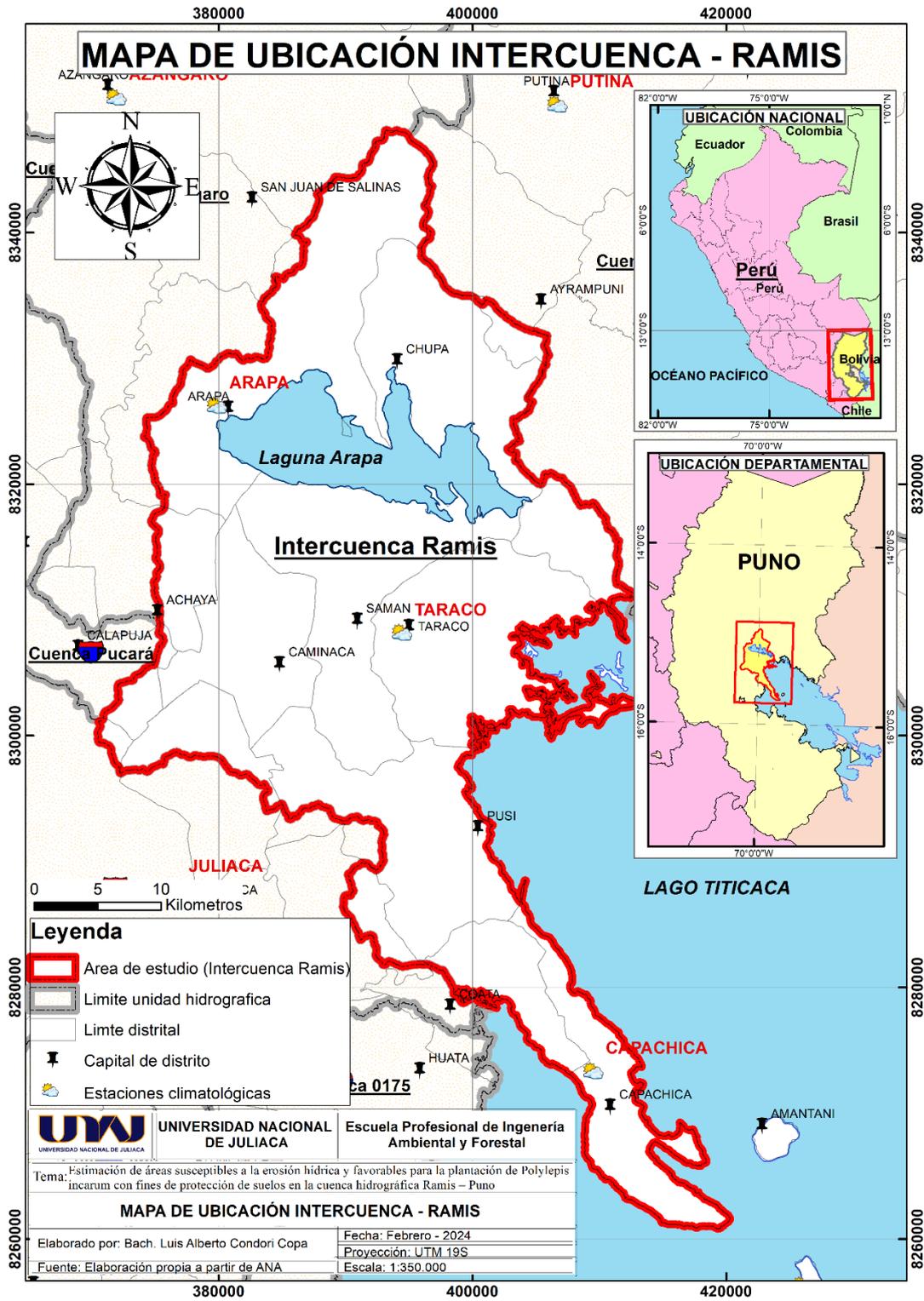


Figura 3. Mapa de ubicación Intercuenca Ramis
 Fuente: Adaptado de (<https://snirh.ana.gob.pe/onrh/MapaTematicoUH.aspx>).

3.2. Materiales y equipos

3.2.1. Materiales

a. Materiales digitales

- Precipitaciones acumuladas de los periodos de 1959 – 2022. De la data del Servicio Nacional Peruano de Hidrología y Meteorología (SENAMHI).
- Data vectorial de cuencas hidrográficas de Puno (Shapefile) del MINAM.
- Modelo de elevación digital (DEM) Alos Palsar del satélite “The Alaska Satellite Facility” (ASF).
- Capas vectoriales de carreteras, departamentos, provincias, distritos y centros poblados, de base de datos del Perú en formato Shapefile (GEO GPS Peru).
- Imágenes satelitales Landsat 8 del Servicio Geológico de los E. U. (Explorer USGS Earth).
- Herbarios virtuales Gbif, Inaturalist y Andes Amazon Fund.

b. Softwares

- ArcGIS 10.8.
- Qgis 3.28.12.
- Office 2019.
- Rstudio 4.3.3.
- Maxent 3.4.4.
- Google Earth Pro.

c. Materiales de campo

- Cuaderno de apuntes.
- Lápices, lapiceros, regla y borrador.
- Bolsa ziplox.
- Tijera de poda.

3.2.2. Equipos

- Laptop MSI Core i7.
- GPS Garmin 65 S.
- Disco externo 1 TB.
- Smartphone.
- Impresora.

3.3. Tipo y nivel de investigación

Debido a que utilizamos recolección y análisis desde datos numéricos, la investigación actual sigue un enfoque cuantitativo. Es un tipo de estudio aplicada porque adquirimos conocimientos con anticipación y los aplicamos a la práctica en función de la investigación para resolver problemas del estudio previamente planteados. Dado que las variables que se buscaban interpretar no fueron manipuladas de manera deliberada, el estudio se llevó a cabo en nivel no experimental. Esta situación permitió una evaluación completa de la situación actual de la intercuenca y su importancia en cuanto a la degradación del suelo provocada por la erosión por agua.

3.4. Población y muestra

La muestra determinada para el presente análisis representa toda la extensión de la intercuenca Ramis. La muestra fue utilizada en los dos modelos de predicción implementados en esta evaluación (figura 4): la Ecuación Universal de Perdida de Suelo Revisada (RUSLE) y el modelo de máxima entropía (MaxEnt).

El modelo RUSLE considera todo el área de investigación para el análisis, sin dejar fuera ninguna superficie, para lograr una mayor precisión en los resultados (Getu et al., 2022; Halder, 2023; Olike et al., 2023). Del mismo modo, para el algoritmo MaxEnt requiere diez puntos de presencia como mínimo, el cual representa la muestra, según Quispe, (2022).

3.5. Procedimiento de Análisis

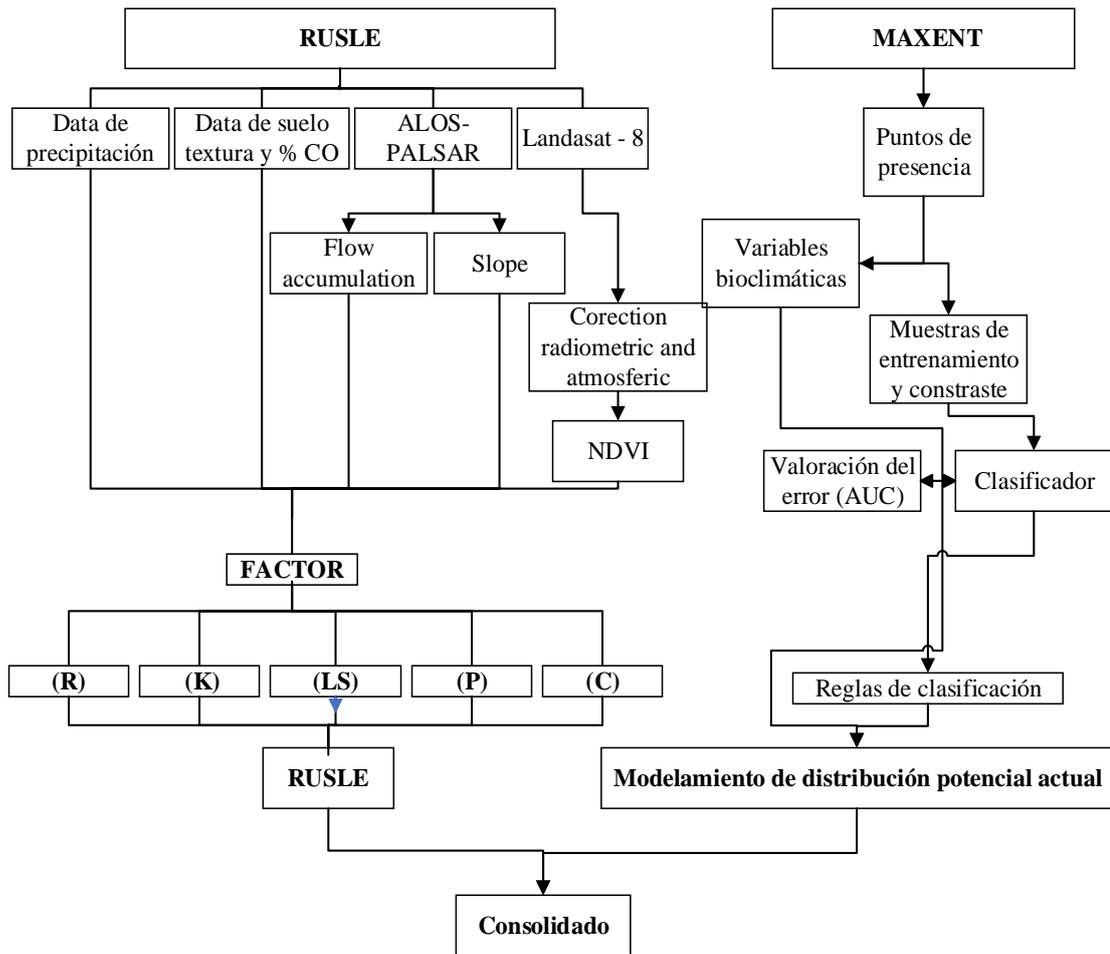


Figura 4. Representación de flujo de trabajo destinado a los modelos RUSLE y MaxEnt Adaptado de: Alvarez, (2020); Lagones, (2023).

3.6. Parametrización del modelo

Es un esquema práctico para cuantificar la pérdida de suelo en surcos y por erosión laminar (Renard, 1997). Es la versión actualizada de USLE (Wischmeier & Smith, 1978).

$$A = R \times K \times LS \times C \times P \quad (2)$$

En que:

A: se refiere al cálculo del promedio tanto espacial como temporal de la pérdida de suelo por unidad de área (ton/ha/año), formulado en las unidades definidas para el factor K y para el periodo establecido del factor R.

R: constituye el factor de erosividad ($\text{MJ mm. ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$) basado en precipitación pluvial.

K: es el factor de erodabilidad ($\text{ton.ha.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}.\text{ha}^{-1}$) del suelo, constituye la tasa de pérdida de suelo por unidad del índice de erosión en un tipo de suelo determinado.

LS: longitud de la ladera y ángulo de inclinación de la misma (adimensional).

C: el impacto de la cobertura vegetal sobre la pérdida de suelo en una zona cubierta y la gestión específica de dicha pérdida de suelo (adimensional).

P: influencia de las prácticas de conservación o medidas complementarias en la pérdida de suelo, tales como el uso de barreras de contorno o terrazas (adimensional).

3.6.1. Determinación del factor erosividad (R)

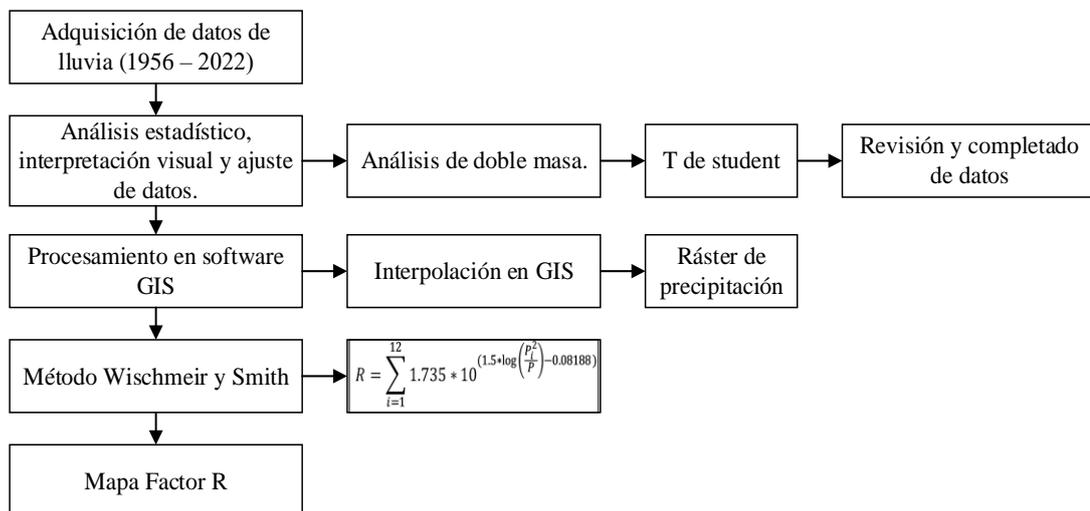


Figura 5. Diagrama de flujo para la determinación erosividad (R)

Fuente: Adaptado Getu et al., (2022).

Se reunieron los datos de las lluvias diarias de las estaciones pluviométricas proporcionadas por el SENAMHI tabla 9 y anexo 2. Para su verificación se han utilizado los coeficientes de análisis visual gráfico, T de Student y F de Fisher para una evaluación estadística de cambios y tendencias. Como también se ha empleado el software “Rstudio” a fin de llevar un análisis detallado entre estaciones, determinándose la correlacionalidad entre ellas, para una completación de la data faltante histórica (figura 6) con el paquete “MissForest”.

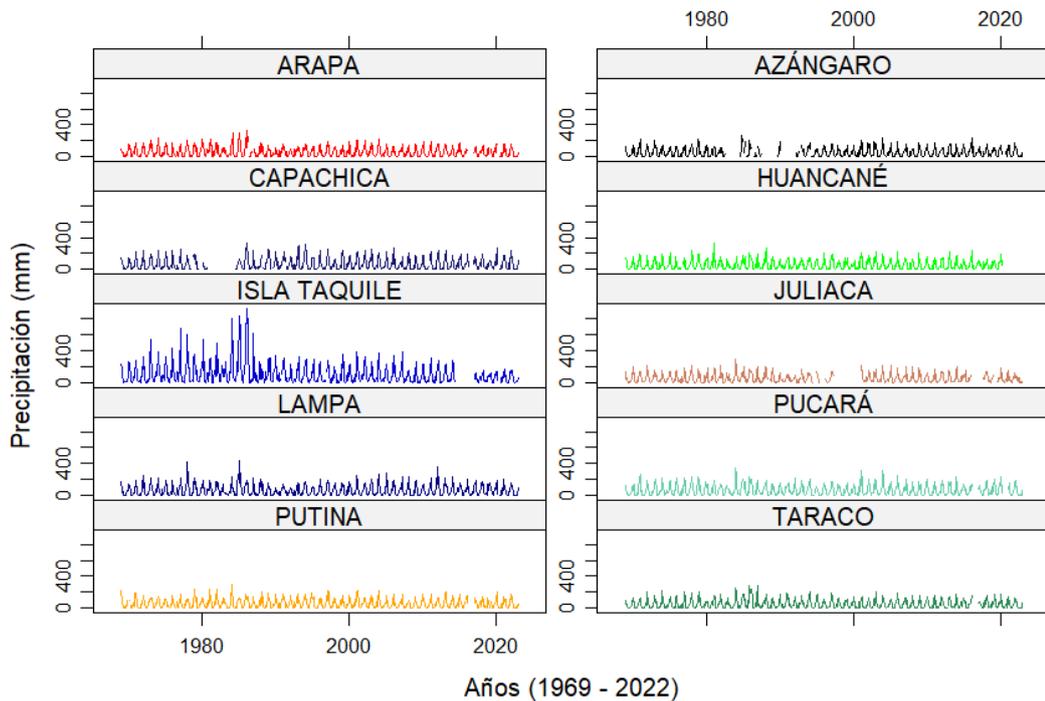


Figura 6. Histograma de los datos nativos de precipitaciones mensuales
Fuente: Elaboración propia a partir del SENAMHI.

Se hace la estimación del factor de erosividad, con base en mediciones de precipitación de las estaciones meteorológicas (tabla 9), se trabajó para un periodo de 54 años, se llevó a cabo el cálculo de las precipitaciones mensuales y de la precipitación promedio anual. Se llevaron a cabo interpolaciones de los puntos utilizando el método de distancia inversa ponderada (IDW) dentro del conjunto de herramientas de análisis espacial (Sathiyamurthi et al., 2023), para generar datos continuos de precipitación en cada celda de la cuadrícula de 12.5×12.5 . El valor de R se determina utilizando la ecuación (3) que fue formulada originalmente por Wischmeier & Smith, (1978), modificado por Arnoldus (1980) y citado por Al-Mamari et al. (2023); Sangita and Maity (2023); Sathiyamurthi et al. (2023)

$$R = \sum_{i=1}^{12} 1.735 \times 10^{\left(1.5 \times \log\left(\frac{P_i^2}{P}\right) - 0.08188\right)} \quad (3)$$

Donde R representa el factor de erosividad de la lluvia en $\text{MJ mm ha}^{-1} \text{ h}^{-1} \text{ año}^{-1}$; P_i corresponde a la precipitación mensual en mm y P se refiere a la precipitación anual en mm.

Tabla 9.

Estaciones meteorológicas

N°	Estación	Tipo	Coordenadas UTM		Altitud
			Este	Oeste	
1	Arapa	Convencional/atmosférica	379852.6	8326297.9	3830
2	Azángaro	Convencional/atmosférica	371926.6	8350803.5	3863
3	Capachica	Convencional/atmosférica	409525.7	8273409.5	3828
4	Huancané	Convencional/atmosférica	419061.4	8319247.4	3840
5	Isla Taquile	Convencional/atmosférica	425977.42	8256362.84	3837
6	Juliaca	Convencional/atmosférica	376641.3	8287883.5	3820
7	Lampa	Convencional/atmosférica	353314.5	8300654.7	3900
8	Pucará	Convencional/atmosférica	354971.9	8336954.2	3910
9	Putina	Convencional/atmosférica	406676.1	8350232.9	3856
10	Taraco	Convencional/atmosférica	394428.7	8308253.2	3820

Fuente: Elaboración propia a partir del SENAMHI.

3.6.2. Determinación del factor erodabilidad (K)

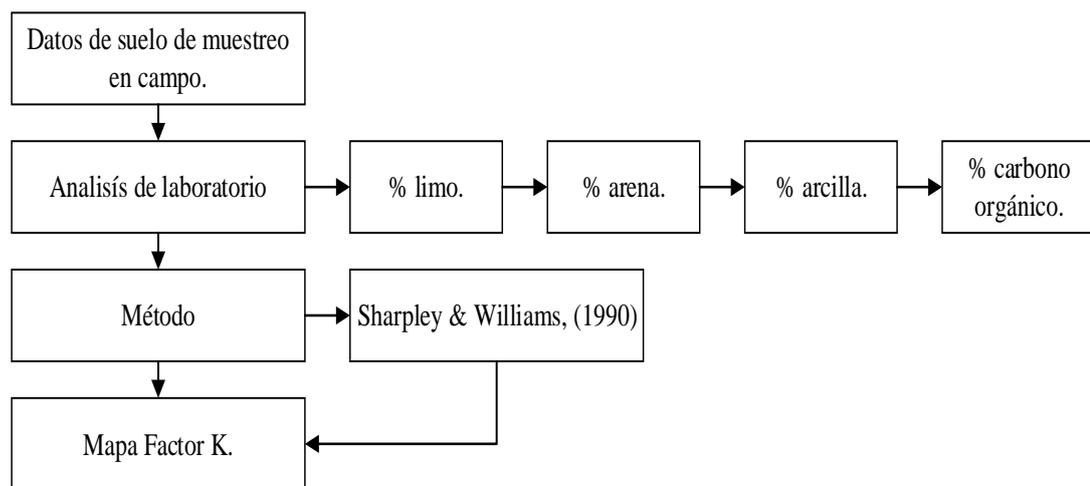


Figura 7. Representación de flujo para el análisis de erodabilidad de suelo, factor (K)
Fuente: Adaptado de Getu et al., (2022).

Se empleó la ecuación 1 con el fin de establecer el número de puntos de muestreo, considerando como unidad muestral el área total de estudio en hectáreas, con un nivel de significancia del 90% y un margen de error permitido del 10%, obteniéndose 68 hectáreas (unidades de muestreo), método empleado en el estudio de Flores Villanueva, (2015), para este estudio se muestrearon 89 unidades muestreo (figura 8). Las muestras compuestas de suelo se recogieron después de retirar la hojarasca superficial. Con el propósito de obtener una muestra representativa, se hizo una incisión en "V" de 20 cm de profundidad con pico o pala en cada punto de muestreo (muestra compuesta). Después de secar al aire las muestras de suelo, se tamizaron (< 2 mm); para luego, analizar para su determinación del porcentaje de textura de suelo por el método de Bouyoucos y el contenido de carbono orgánico por el método de Walkley Black, las cuales se realizaron dentro de las instalaciones de los laboratorios de la Universidad Nacional de Juliaca (ver Anexo 3).

Se interpoló los puntos usando el procedimiento de interpolación de distancia inversa (IDW) bajo el paquete de herramienta de análisis espacial (Sathiyamurthi et al., 2023), a fin de generar datos continuos de suelo en cada celda de cuadrícula de 12.5×12.5 , con la ecuación (4) establecida por Sharpley & Williams, (1990) utilizado en el estudio de Getu et al., (2022)

$$K = A \times B \times C \times D \times 0.1317 \quad (4)$$

En la cual:

$$A = \left[0.2 + 0.3 \exp \left(-0.0256 \text{ Sand} \left(1 - \frac{SIL}{100} \right) \right) \right] \quad (5)$$

Un factor que disminuye el valor del indicador de K en suelos con un alto contenido de arena gruesa, mientras que lo incrementa en suelos con bajo contenido de arena

$$B = \left[\frac{SIL}{CLA} \right]^{0.3} \quad (6)$$

En suelos que presentan altas proporciones de arcilla en comparación con limo, se generan bajos factores de erosión.

$$C = \left[1.0 - \frac{0.25 C}{C + \exp[(3.72 - 2.95)]} \right] \quad (7)$$

Disminuye los valores de K en suelos con un alto contenido de carbono orgánico.

$$D = \left[1.0 - \frac{0.70 \left(1 - \frac{SAND}{100} \right)}{\left(1 - \frac{SAND}{100} \right) + \exp[5.51 - 22.9 \left(1 - \frac{SAND}{100} \right)]} \right] \quad (8)$$

Baja los valores de K en suelos que presentan un alto porcentaje de arena.

En dónde:

Sand: contenido de fracción de arena (0.05 – 2.00 mm % de diámetro).

SIL: contenido de fracción de limo (0.002 – 0.05 mm % de diámetro).

CLA: contenido de fracción de arcilla (< 0.002 mm % de diámetro).

C: contenido de carbono orgánico (% SOC).

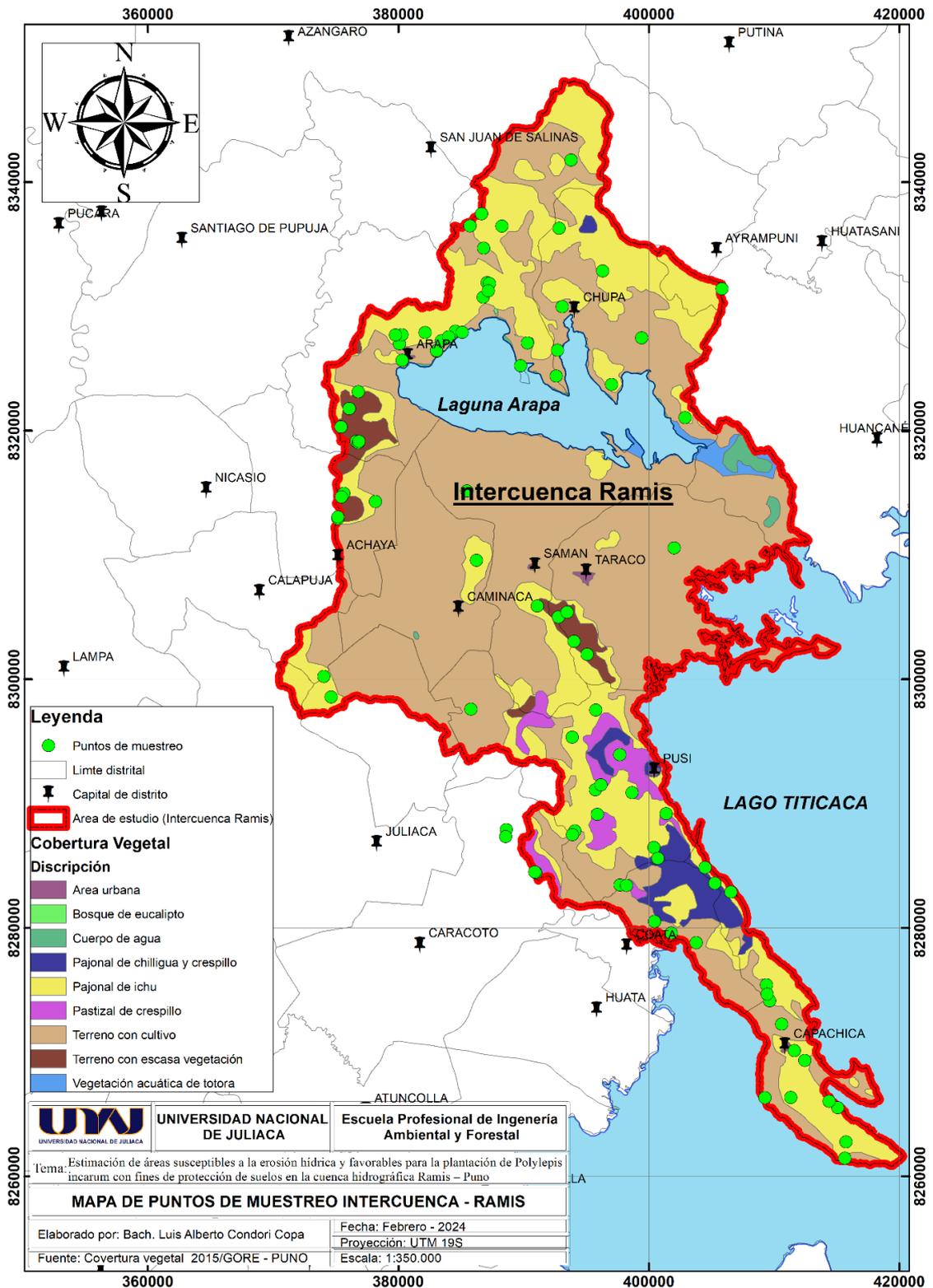


Figura 8. Distribución de las localizaciones de muestreo

Fuente: Elaboración a partir de <https://zeepuno.blogspot.com/search?q=aptitud+forestal>

3.6.3. Determinación del factor topográfico (LS)

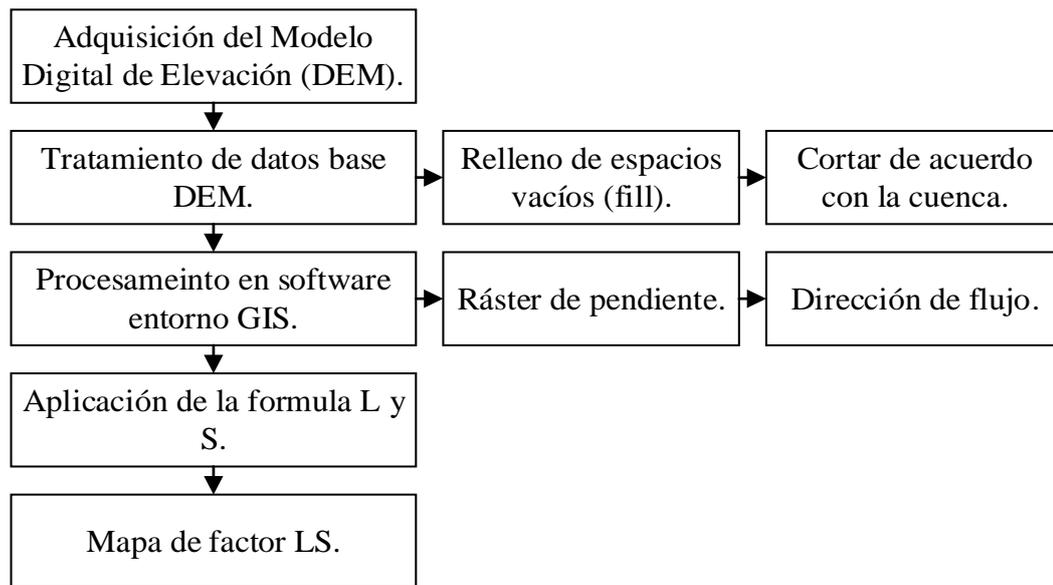


Figura 9. Esquema de flujo para la identificación de topografía de suelo, factor (LS)
Fuente: Adaptado de Getu et al., (2022).

Los detalles topográficos del área de estudio se derivan de las imágenes satelitales Alos Palsar, con un detalle espacial de 12.49846488 m. (<https://search.asf.alaska.edu/>) en su estado nativo, seguida para la generación del modelo de elevación digital en entorno SIG, para el DEM generado se vuelve a darle una resolución de 12.5 m, para reunir todos los parámetros RUSLE en una escala única para el análisis. Inicialmente, se lleva a cabo la operación de llenado de píxeles vacíos del DEM, seguida de la preparación de la trayectoria del flujo y el mapa de acumulación en un entorno SIG. El aspecto de relieve del terreno en el modelo RUSLE se obtuvo a partir de la ecuación (9) utilizada por Getu et al., (2022).

$$LS = L * S \quad (9)$$

El aspecto L se evaluó mediante base en la expresión (10) establecida por Wischmeier & Smith, 1978, empleada en el estudio de Getu et al., (2022).

En esta ecuación, L simboliza el factor de longitud de la pendiente, λ corresponde a la longitud horizontal de la pendiente en metros, mientras que “m” es el exponente que describe la longitud variable de la pendiente.

$$L = \left(\frac{\lambda}{22.1} \right)^m \quad (10)$$

$$m = \frac{F}{1 + F} \quad (11)$$

$$F = \frac{\left(\frac{\text{sen}\theta}{0.0896}\right)}{3 * (\text{sen}\theta)^{0.8} + 0.56} \quad (12)$$

El factor S se calculó a partir de las ecuaciones (13) y (14) establecidas por McCool et al., 1987; Renard et al., 1997, utilizadas en el estudio de Getu et al., (2022).

$$10.8\text{sen}\theta + 0.03 \text{ para } < 9\% \quad (13)$$

$$16.8\text{sen}\theta - 0.50 \text{ para } \geq 9\% \quad (14)$$

En esta expresión, L designa el factor relacionado con la longitud de la pendiente, y 22.1 representa la longitud de la gráfica estándar utilizada en el modelo RUSLE en metros, λ es la longitud de la pendiente proyectada horizontal obtenida al multiplicar la acumulación de flujo de una cuadrícula por la resolución de la celda, “m” es el exponente de la pendiente de longitud (adimensional) que depende de la relación entre surcos, en este contexto, S se refiere al factor que mide el gradiente de la pendiente, y “ θ ” corresponde al ángulo de inclinación de dicha pendiente en grados.

3.6.4. Determinación del factor de cobertura vegetal (C).

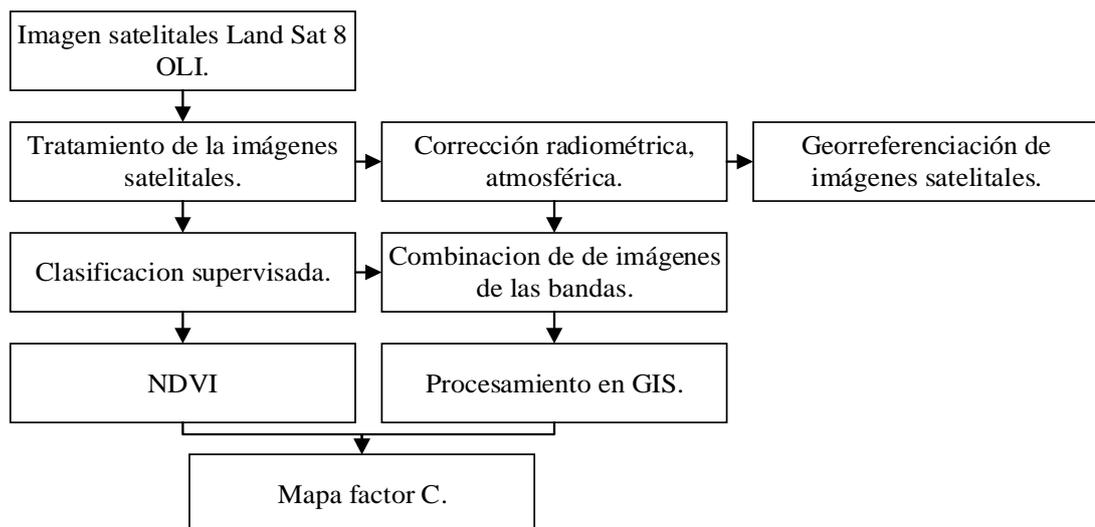


Figura 10. Diagrama de flujo para la determinación de cobertura vegetal, factor (C)
Fuente: adaptado de Al-Mamari et al., (2023).

El factor de manejo de cobertura refleja el efecto de la degradación del suelo debido a las actividades distribuidas, la biomasa del suelo, nivel de productividad, la secuencia de cultivos y las plantas (Wischmeier & Smith, 1978). El índice de vegetación de diferencia normalizada NDVI, representa un indicador de la salud vegetativa y el vigor del crecimiento (Sathiyamurthi et al., 2023).

Con el fin de determinar el NDVI, se empleó las imágenes satelitales Landsat 8, las cuales se realizó el tratamiento de ajuste radiométrico y atmosférico de las bandas: banda 4 (banda roja) y la banda 5 (infrarrojo cercano NIR), en el software Envi 5.3, en función del factor proporcionado en el archivo de metadatos de la tabla 10. El NDVI se obtuvo a partir de la ecuación (15) aplicada en los estudios de Halder, 2023; Senanayake et al., (2022).

$$NDVI = \left(\frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \right) \quad (15)$$

Donde:

ρ_{NIR} , Coeficiente de reflexión de la banda infrarrojo cercana (NIR).

ρ_R , Coeficiente de reflexión de la banda roja (RED).

Tabla 10.

Información de imagen satelital Landsat 8

Satélite	Sensor	Fecha de adquisición	Path/row	Nubosidad	Resolución espacial	M _P	A _P	S _E
Landsat 8	OLI	05/05/2022	2/71	3.28%	30	2.00E-05	-0.1	47.216

* M_P, factor de cambio de escala multiplicativo; A_P, banda específica adicional, modifica la escala del factor de los metadatos; S_E, ángulo de elevación del sol local.

Referencia: (<https://landsat.usgs.gov/using-usgs-landsat-8-product/>).

Para finalizar el cálculo del mapa del aspecto C, se aplicó los resultados de los valores del NDVI en el modelo matemático (18) planteada por Durigon et al., (2014), aplicado en las investigaciones de Al-Mamari et al., (2023); Halder, (2023); Senanayake et al., (2022), en el cual esta ecuación establece valores de 0 a 1, 0 representa áreas donde existe prevalencia de una buena cobertura vegetal y al contrario valores cercanos a 1 establece áreas con ausencia de cobertura vegetal.

$$C_r = \left(\frac{-NDVI + 1}{2} \right) \quad (16)$$

Tabla 11.

Categorización del valor de NDVI

Valor de NDVI	Descripción
< 0.00	El material inanimado / muerto, por ejemplo: carreteras, edificios, el suelo o las plantas muertas.
0 > 0.33	Material vegetativo no saludable.
0.33 > 0.66	Material vegetativo sano.
> 0.66	Material vegetal muy saludable.

Fuente: Adaptado de Earth Observatory (NASA).

3.6.5. Determinación del factor de prácticas de conservación (P).

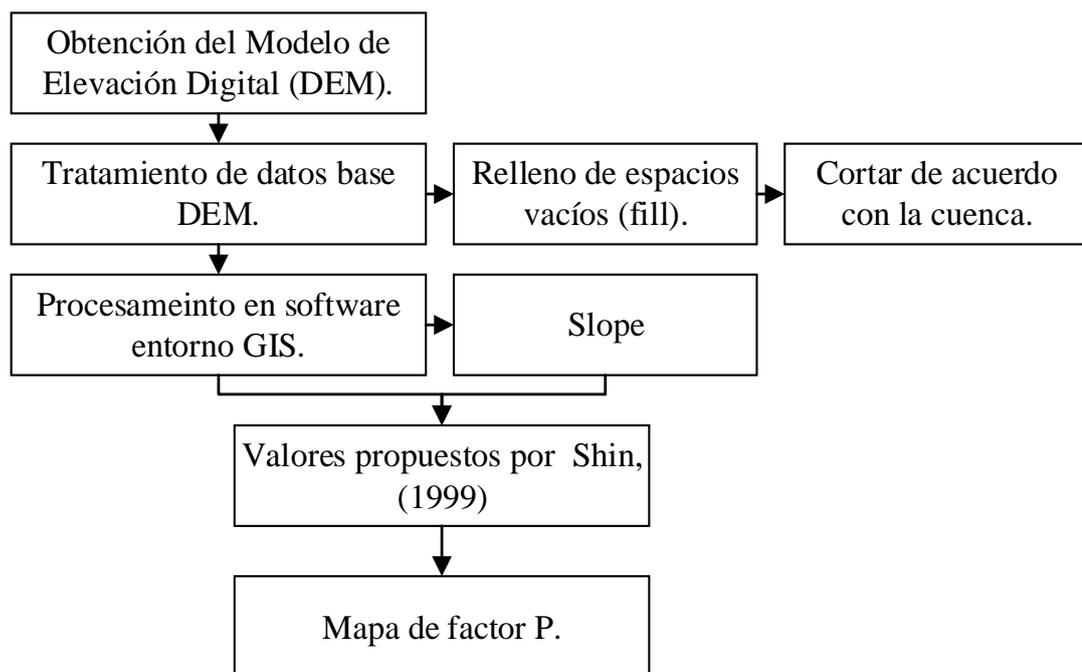


Figura 11. Diagrama de flujo para la determinación de estrategias de conservación de suelo, factor (P).

Fuente: Elaboración propia.

Se trabajó con las imágenes satelitales DEM Alos Palsar, en un entorno SIG. El factor de práctica de apoyo P representa los efectos de aquellas prácticas como contornos, cultivos en franjas, terrazas y otros, que ayudan a prevenir la disminución de la capa superficial del suelo al reducir la tasa de escorrentía de agua. La tabla 12 demuestra

el parámetro del factor de apoyo basado en los modelos de cultivo y la pendiente planteado inicialmente por Shin, (1999) citado por (Koirala et al., 2019). El valor de P varía de 0 a 1, de donde 0 representa muy buena instalación de resistencia a la erosión artificial y 1 representa ninguna instalación de resistencia a la erosión generada por el agua.

Tabla 12.

Variable de práctica de apoyo según el relieve del terreno

Pendiente (%)	Contorno	Cultivo en franjas	Terrazas
0.0 – 7.0	0.55	0.27	0.10
7.0 – 11.3	0.60	0.30	0.12
11.3 – 17.6	0.80	0.40	0.16
17.6 – 26.8	0.90	0.45	0.18
> 26.8	1.00	0.50	0.20

Fuente: Shin, (1999), indicado por Koirala et al., (2019).

3.6.6. Determinación de la idoneidad de hábitad de *P. incarum*.

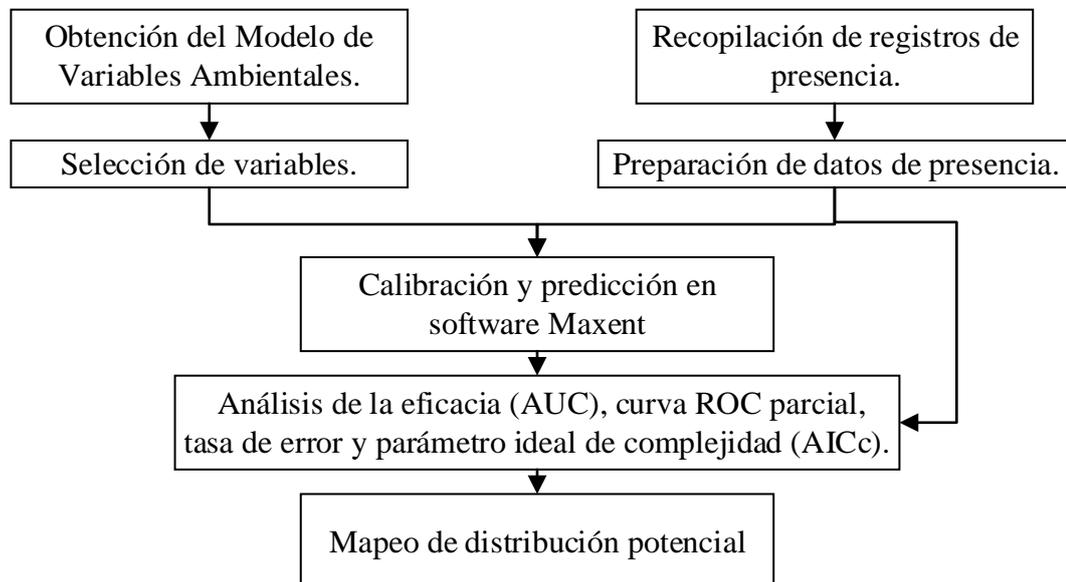


Figura 12. Diagrama de flujo para la determinación de idoneidad de hábitad
Fuente: Elaboración propia.

La elaboración de un modelo de distribución de la especie *P. incarum* dentro de la intercuenca Ramis, se empleó el método de aprendizaje automático de Máxima

Entropía (MaxEnt), que se basa en modelar las distribuciones con base en registros de aparición y datos bioclimáticos (S. B. Phillips et al., 2006; S. J. Phillips et al., 2017).

Para reforzar la ubicación de los puntos de presencia de la especie *P. incarum*, de los datos extraídos de herbarios virtuales, emplearemos estudios previos relacionados con la especie. Zutta et al., (2012) localizó la especie distribuida en sur del Perú a Bolivia, fundamentalmente en 3800 – 4200 msnm en lugares con lluvias temporales, por otro lado, Hurtado et al., (2018) señala que están distribuidos alrededor del lago Titicaca (Perú) y la Paz (Bolivia) con vegetación típica de la puna subhúmeda entre los 3600 – 4100 msnm. Del mismo modo que Espinoza & Kessler, (2022), expone en su estudio el avistamiento de la especie en riberas del lago Umayo distrito de Atuncolla a 4100 msnm, también, en la localidad de la isla Taquile distrito de Amantani todos pertenecientes al departamento de Puno.

Las ubicaciones de la especie se organizaron en plataformas digitales, se eliminaron repeticiones de puntos de presencia de una misma ubicación geográfica, se consideró puntos de presencia mayores a 1 kilómetro con el propósito de reducir efectos de sobredimensionamiento en el modelo como lo recomienda Quispe & Elias, (2020). La cantidad de puntos para el modelo mayores a diez son regulares y mayores a veinte puntos son buenos según (Quispe, 2022), pero, Mejia et al., (2018) sugiere que no hay un número fijo de puntos necesarios, ya que suele depender de las características propias de cada especie.

Para el establecimiento del ajuste de rendimiento del modelo se correlacionó las 19 variables bioclimáticas (tabla 13), los cuales fueron evaluados con un coeficiente de correlación de Pearson $> \pm 80$ y analizar los componentes principales que intervienen en desarrollo de la especie, de las cuales 6 entraron al proceso del modelado (Quispe & Elias, 2020); esto se hace con el fin de seleccionar variables significativamente relevantes para la especie y atenuar un sobre ajuste y/o sobre parametrización, para evitar la colinealidad múltiple entre las variables (Simoes et al., 2020).

El área debajo de la curva estadística, se empleó para analizar el desempeño del modelo MaxEnt. Los valores del AUC pueden ir desde 1 cuando hay una calibración ideal del modelo hasta 0, cuando el modelamiento no es válido. El modelo se clasifica de la siguiente manera: Excelente (AUC superior a 0,9), bueno (0,8 <AUC inferior a 0,9), aceptable (0,7 <AUC inferior a 0,8), malo (0,5 <AUC inferior a 0,7) y no válido

(S. B. Phillips et al., 2006; S. J. Phillips et al., 2017). Por otra parte, se recurrió a la prueba del kniffe con el propósito de determinar los parámetros bioclimáticos más significativos.

Tabla 13.

Componentes bioclimáticas WorldClim versión 2

Variable	Definición
BIO1	Temperatura promedio anual (°C)
BIO2	Rango medio diario (temp max – temp min; promedio mensual) (°C)
BIO3	Isotermalidad (BIO1/BIO7) * 100 (°C)
BIO4	Estacionalidad en temperatura (SD × 100) (%)
BIO5	Temperatura máxima del período más caliente (°C)
BIO6	Temperatura mínima del período más frío (°C)
BIO7	Rango anual de temperatura (BIO5-BIO6) (°C)
BIO8	Temperatura media en el trimestre más lluvioso (°C)
BIO9	Temperatura promedio en el trimestre más seco (°C)
BIO10	Temperatura promedio en el trimestre más caluroso (°C)
BIO11	Temperatura promedio en el trimestre más frío (°C)
BIO12	Precipitación anual (mm)
BIO13	Precipitación en el período más lluvioso (mm)
BIO14	Precipitación en el período más seco (mm)
BIO15	Estacionalidad de la precipitación (Coeficiente de variación) (%)
BIO16	Precipitación en el trimestre más lluvioso (mm)
BIO17	Precipitación en el trimestre más seco (mm)
BIO18	Precipitación en el trimestre más caluroso (mm)
BIO19	Precipitación en el trimestre más frío (mm)

Nota: Valores promedios mensuales de temperatura y precipitación de los años 1970 – 2000, con resolución de 30 segundos aproximados de 1 km².

Fuente: Fick and Hijmans, (2017).

Se verificaron las zonas de localización de las especies en Puno utilizando la dispersión de Espinoza & Kessler, (2022) (anexo 11). Se colectaron muestras representativas de hojas, ramas, flores y frutos, etiquetadas para su preservación y análisis. Se escogió una muestra al azar para la determinación taxonómica (anexo 12).

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Factor de erosividad del suelo (R)

La precipitación promedio multimensual (1969 – 2022) en la intercuenca Ramis, la cual oscila entre 1199.45 mm/año a 578.92 mm/año (tabla 14). Las mayores precipitaciones se observaron en la parte sur de la intercuenca del distrito de Capachica (estación meteorológica de isla Taquile y parte de la estación Capachica) y disminuyeron en la parte noreste, distritos de Arapa y Chupa (estación Azángaro). Estos resultados se asemejan a los obtenidos en el estudio de Condori (2018) con precipitaciones de 813.60 mm a 952.30 mm; Cueva (2018) evidencia precipitaciones de 521.67 a 870.59 mm y Valeriano & Mamani (2023) evidencia precipitaciones de hasta 173.8 mm; encontrándose que están en el rango de precipitaciones de la presente investigación. Más del 80% de las precipitaciones se presentaron entre los meses de diciembre a febrero (figura 13) (tabla 14).

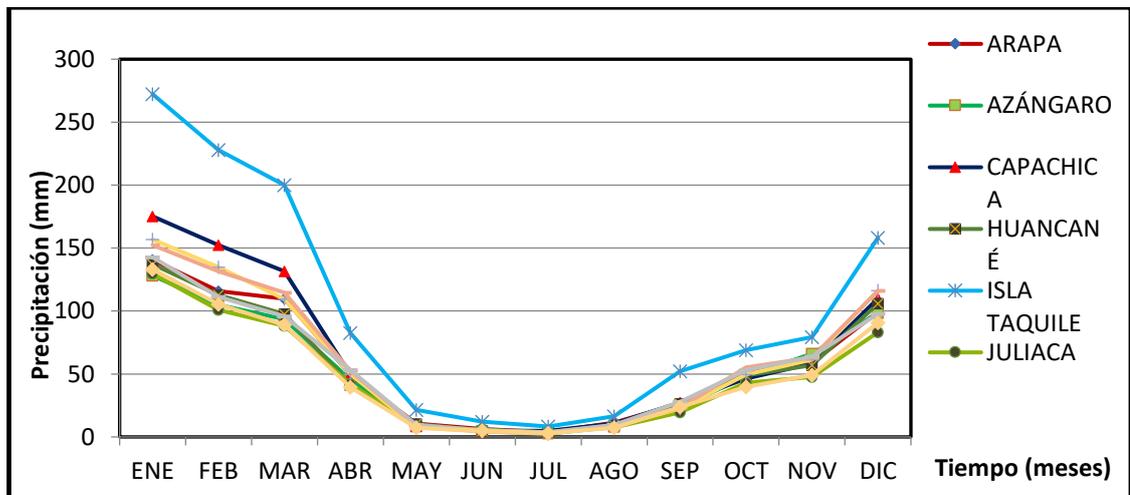


Figura 13. Variación de la precipitación promedio multimensual (1969 – 2022) de la intercuenca Ramis

Fuente: Elaboración propia a partir de (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=Estaciones>).

Tabla 14.

Precipitación promedio multimensual 1969 – 2022

N°	Estaciones meteorológicas	Altitud (msnm)	Meses												Total Anual (\bar{X})
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	
1	Arapa	3830	140.66	115.86	109.81	49.73	10.70	6.17	3.72	11.29	26.48	51.50	58.99	99.28	684.19
2	Azángaro	3863	128.07	104.86	93.42	45.23	8.37	4.41	2.62	8.14	23.52	48.17	66.20	98.28	631.29
3	Capachica	3828	175.22	152.38	131.62	49.52	8.74	4.96	4.83	10.59	27.31	46.21	58.21	110.05	779.65
4	Huancané	3840	137.16	112.78	97.45	41.38	10.44	5.00	3.84	9.27	26.25	48.90	56.87	105.81	655.15
5	Isla Taquile	3837	272.24	227.98	199.94	82.55	21.56	11.98	8.27	16.41	52.12	68.94	79.30	158.15	1199.45
6	Juliaca	3820	129.58	100.89	88.05	41.92	8.43	5.80	3.53	7.46	19.50	43.08	47.50	83.19	578.92
7	Lampa	3900	156.84	134.78	109.48	49.80	7.56	4.13	2.55	8.42	22.60	49.68	61.20	116.41	723.44
8	Pucará	3910	152.38	131.52	114.52	52.51	8.90	4.51	3.65	8.70	23.21	55.26	62.99	116.16	734.32
9	Putina	3856	142.72	111.29	95.68	53.10	9.60	5.27	3.69	9.48	27.85	52.84	63.78	97.76	673.06
10	Taraco	3820	133.09	105.41	88.85	39.56	7.21	4.97	3.01	7.22	23.65	39.83	49.21	90.64	592.64

Fuente: Elaboración propia a partir de (<https://www.senamhi.gob.pe/?p=Estaciones>).

Tabla 15.

Factor de erosividad (R) por estaciones

N°	Estaciones	Altitud (msnm)	Este	Norte	PP Anual (\bar{X}) (mm)	Factor R
1	Arapa	3830	379852.60	8326297.90	684.19	815.33
2	Azángaro	3863	371926.60	8350803.50	631.29	727.03
3	Capachica	3828	409525.70	8273409.50	779.65	1219.86
4	Huancané	3840	419061.40	8319247.40	655.15	849.64
5	Isla Taquile	3837	425977.42	8256362.84	1199.45	2581.87
6	Juliaca	3820	376641.30	8287883.50	578.92	750.52
7	Lampa	3900	353314.50	8300654.70	723.44	1079.89
8	Pucará	3910	354971.90	8336954.20	734.32	965.45
9	Putina	3856	406676.10	8350232.90	673.06	779.03
10	Taraco	3820	394428.70	8308253.20	592.64	770.67

Fuente: Elaboración propia a partir de SENAMHI.

El factor de erosividad (anexo 4) causado por las precipitaciones está determinado por la cantidad e intensidad de las precipitaciones; el factor R es una representación numérica de estas dos características que tienen una fuerte correlación (Sangita & Maity, 2023; Sathiyamurthi et al., 2023). Los resultados del presente estudio para el aspecto R oscilan entre valores 727,03 a 2581.87 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹; el factor R tiene un gran peso en la pérdida total anual de suelo (Senanayake et al., 2022).

La erosividad anual de la lluvia en la región andina es similar a los resultados de los estudios de Correa et al., (2016), que presentan cifras de 500 a 2000 MJ. mm. ha⁻¹ h⁻¹ año⁻¹; Valeriano & Mamani (2023) registra medidas de 779 a 839 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹; Cueva (2018) con cifras de 342.08 a 558.64 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹; Paco (2022) con estimaciones de 101.25 a 117.80 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹; los valores máximos del factor R se presentaron en todos los casos entre los meses más lluviosos de la región andina. Los resultados de los estudios presentan similitudes, dado que se encuentran en las mismas condiciones biofísicas del altiplano peruano. Sin embargo, Condori (2018) evidencia valores del factor de erosividad bajos con medidas de 121. 82 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹ y 151.25 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹ en los observadores meteorológicos de Huaraya Moho y la Isla Soto en el mismo orden; son valores que están en el intervalo de este estudio, sin

embargo; son valores reducidos a comparación con los valores máximos encontrados por otros autores. Por el contrario, Mamani et al. (2021) indica el factor de erosividad en la localidad de Juliaca varía de 100.78 a 6928.59 MJ mm ha⁻¹h⁻¹año⁻¹, este valor máximo evidenciado se podría considerar anormal, porque no se encontraron cifras altas similares o iguales en otros estudios, en la región altiplánica.

Los autores Getu et al., (2022); Sangita & Maity, (2023); Sathiyamurthi et al., (2023) consideran que el aumento de las intensidades de las lluvias da como resultado mayores tasas de erosión y, por el contrario, menores tasa de lluvias disminuirá el factor de erosividad; como los que se encontraron en el presente estudio (tabla 15). Sangita & Maity, (2023) menciona que la erosionabilidad del suelo es influenciada por su carácter cohesivo del suelo, las cuales se rigen por sus propiedades físicas y químicas. Las nevadas y granizadas acumuladas también causan erosión hídrica sobre el suelo, que incluye aludes y fenómenos de deslizamiento, aunque faltan más estudios relacionados con este último (Correa et al., 2016).

El factor de erosividad es uno de los parámetros más influyente, su pronóstico y evaluación precisas ayuda a la detección tempranas de la vulnerabilidad de la pérdida de suelo causada por el agua y puede minimizar los daños al tomar las medidas apropiada causadas por tormentas severas, sequías e inundaciones (Senanayake et al., 2022). La frecuencia e intensidad muestran una correlación positiva (Sangita & Maity 2023), dado que el grado y el tiempo que duran las lluvias son los principales factores significativos en este parámetro (Getu et al., 2022). Las fuertes precipitaciones pueden disociar las partículas de suelo y sus agregados por salpicadura, además el fuerte flujo de la escorrentía provoca la máxima cantidad de erosión por cárcavas, erosión laminar y en surcos, además, está influenciado directamente por la variación geográfica y el uso de suelo (Sathiyamurthi et al., 2023). La incertidumbre asociada al factor R está relacionada con el hecho de que no existen datos pluviométricos satisfactorios evidenciados en el estudio de (Correa et al., 2016) para los Andes del Perú, como se pudo constatar con los datos nativos del presente estudio (figura 6).

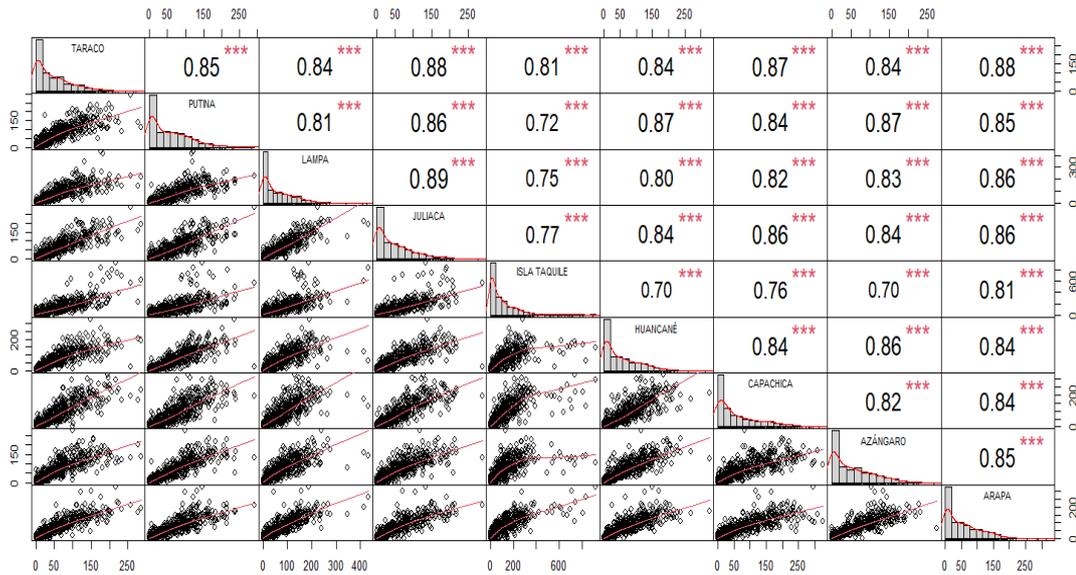


Figura 14. Correlaciones de Pearson entre estaciones

Fuente: Elaboración individual fundamentada en la data de precipitación pluvial disponible proporcionada por SENAMHI.

4.2. Factor de erodabilidad del suelo (K)

A partir de los muestreos y análisis de suelos (anexo 3), la intercuenca Ramis tiene alrededor de cinco tipos de textura de suelo: arcillo arenosa (13.48%), arcillosa (12.36%), areno francosa (3.37%), franco arcillo arenosa (55.06%) y franco arenoso (15.73%); la intercuenca está influenciada mayoritariamente por materiales arcillosos (figura 15). Estos resultados son similares a los encontrados en los estudios de Correa et al. (2016), Condori (2018); Paco (2022) y la evaluación de Cueva, (2018). Por otro lado, Valeriano & Mamani, (2023) defiere, al encontrar, que la estructura principal de sus zonas de estudios contiene una muy baja de proporción de arcilla, lo que resulta en una susceptibilidad moderada de los suelos a la erosión causada por el agua.

El sustrato que contienen mayor porcentaje de arcilla tienen naturaleza más cohesiva que une las partículas del suelo, reduciendo así su susceptibilidad a la erosión hídrica (Sangita & Maity, 2023). Los resultados del estudio muestran que, según el mapa de erodabilidad (anexo 5), existe heterogeneidad entre los resultados, pues los valores fluctúan entre $0.0084 - 0.0374 \text{ ton.ha.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}\text{ha}^{-1}$. Los valores más altos son de $0.0374 \text{ ton.ha.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}\text{ha}^{-1}$, los cuales corresponden a suelos francos arenosos y los valores bajos son de $0.0084 \text{ ton.ha.h.MJ}^{-1}.\text{mm}^{-1}\text{ha}^{-1}$ presentes en suelos franco arcillo arenosos. Son valores similares a los encontrados en los estudios de Correa et al., (2016)

con cifras que oscilan de 0 a 0.0950 ton.ha.h.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha⁻¹; Paco (2022) valores comprendidos entre 0.05 a 0.08 ton.ha.h.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha⁻¹ y Cueva (2018) valores comprendidos entre los intervalos de 0.03937 a 0.08182 ton.ha.h.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha⁻¹; sin embargo, las cifras encontrados por Valeriano & Mamani (2023) y Condori (2018) difieren con intervalos de 0.026 a 0.32 ton.ha.h.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha⁻¹ e intervalos entre 0.458 a 1.276 ton.ha.h.MJ⁻¹.mm⁻¹.ha⁻¹ respectivamente. Son cifras relativamente mayores, cercanos a la unidad indicándonos que son suelos propensos a la erosión hídrica y, por el contrario, los valores cercanos a cero corresponden a suelos aluviales son moderadamente susceptibles al desprendimiento de las partículas; además de que es influenciada por la cubierta vegetal presente (Valeriano & Mamani 2023). La estructura de textura media a gruesa, con mayor cantidad de arcilla, dan una mayor estabilidad de los agregados al tener una cohesión de las partículas por la presencia de minerales de tipo 2:1, con una adecuada permeabilidad de moderada a rápida (Paco, 2022).

Los suelos francos arenosos se distribuyen mayoritariamente en la parte media hacia el sur de la intercuenca de distritos de Samán, Pusi y Capachica; los cuales presentan el factor de erodabilidad mayor, debido a su poca capacidad cohesiva del suelo, como lo indica Sangita & Maity, (2023). Los suelos arcillosos se concentran en la región noroeste de la intercuenca en la zona que comprende los distritos de Achaya y Arapa. Los suelos arcillosos tienen naturaleza más cohesiva, uniendo las partículas en consecuencia y reduciendo la susceptibilidad a la erosión hídrica (Sangita & Maity 2023). En los resultados del estudio de Saha et al., (2022), difiere e indica que los suelos con textura arcillosa tienen resistencia moderada a la erosión hídrica. Los suelos con abundancia de materia orgánica suelen ser menos sensibles a la erosión hídrica porque coagula los coloides de suelo con contacto con el agua y crea una estructura de suelo más estable y agregada (Getu et al., 2022). En este análisis se emplearon datos reales, los cuales nos proporcionan un grado de confiabilidad descrito en la metodología, ya que los datos mundiales tienen grados de incertidumbre altos a escala local, tal como lo recomienda Correa et al., (2016) en su estudio en los Andes de nuestro país.

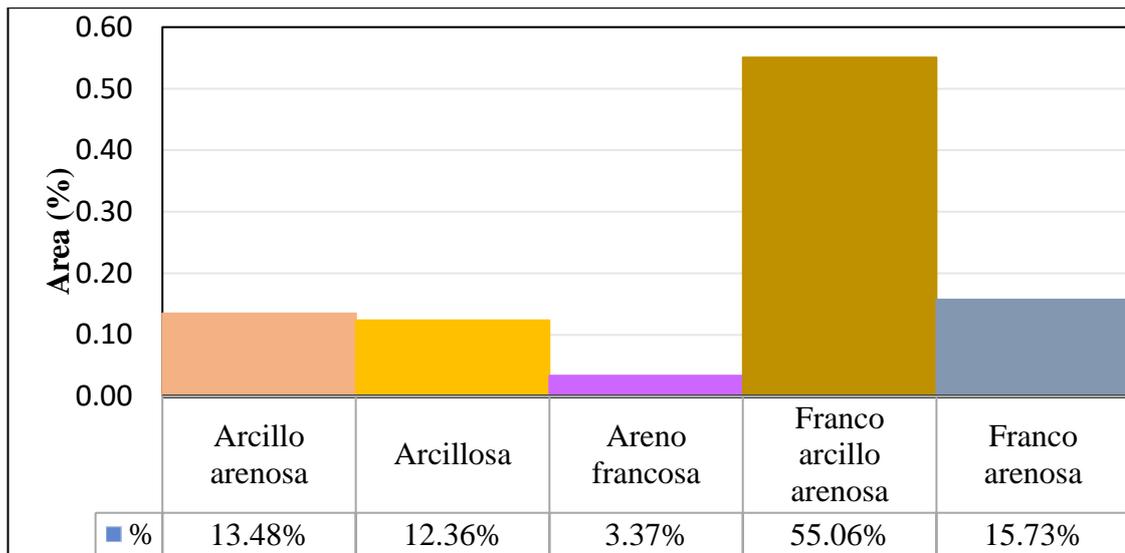


Figura 15. Clases texturales de suelo intercuenca Ramis
Fuente: Elaboración propia.

4.3. Factor de pendiente y longitud (LS)

La tabla 16 muestra la distribución espacial y la incidencia del factor LS (anexo 7) en el área de investigación. En los trabajos de investigación de Getu et al., (2022); Mhaske et al., (2021) indican que el factor LS es el más significativo en áreas de laderas montañosas, dado que está asociado con el aspecto de la pendiente. El factor LS en la intercuenca está entre los intervalos de 0 a 32.02 (anexo 7), los valores significativos de LS son considerados a partir del valor de 22.51 a más; estas representan relieves de pendiente fuertemente quebrado, escarpado y muy escarpado. En el estudio de Condori (2018), el factor LS se encuentra en un rango de 0.17 a 25.71, señala que hay una mayor probabilidad de que ocurra erosión hídrica en los rangos más altos, específicamente entre los valores de 11.63 a 25.71. También Valeriano & Mamani (2023) indica que los valores encontrados de LS varían de 0.096 a 22.69. Estos resultados de los estudios mencionados no difieren mucho de los hallazgos del presente análisis, puesto que, estas investigaciones pertenecen a la vertiente del Titicaca.

En tramos con pendientes altos, la tasa de erosión hídrica está influenciada principalmente por las precipitaciones más que por la resistencia a la erosión de la vegetación, lo cual es parcialmente cierto para pendientes mayores al 25% (Gürtekin & Gökçe, 2021; Sathiyamurthi et al., 2023). La presencia de fuertes pendientes entre las uniones continuas de efluentes contribuye a una menor tasa de infiltración y, posteriormente, a un aumento del flujo superficial debido a las precipitaciones pluviales

(Saha et al., 2022). Basándonos en el mapa de pendientes (anexo 7), la intercuenca es altamente vulnerable a la erosión hídrica. El factor LS determina las condiciones de escorrentía, principalmente su velocidad y capacidad hidráulica de los efluentes para el transporte de sedimentos, como lo indica Correa et al., (2016). La topografía y el suelo, en su mayor parte, son estables y cambian poco a lo largo del tiempo, por tanto, la variación en la degradación del suelo ha sido promovida principalmente por variaciones de la vegetación y la precipitación de la cubierta que pueden acelerar o retardar el mecanismo de pérdida de suelo (Sathiyamurthi et al., 2023).

Tabla 16.

Rango de pendientes intercuenca Ramis

Rango pendiente en grados (°)	Pendiente	Área (ha)	Área%
0 – 5°	Plano, plano cóncavo y ligeramente plano	97214.36	61.39
5 – 15°	Ondulado, inclinado	34654.62	21.88
15 – 25°	Fuertemente ondulado, fuertemente inclinado	21591.47	13.64
25 – 35°	Fuertemente quebrado	4548.86	2.87
35 – 45°	Escarpado	313.07	0.20
> 45°	Muy escarpado	27.57	0.02

Fuente: Composición propia.

4.4. Factor de cobertura vegetal (C)

El factor de vegetación de suelo (anexo 8) varía desde 0 a 1, los cuales se han clasificado de acuerdo al índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI) con la ecuación (15) las cifras próximas a 1 se asocian cobertura vegetal sana y abundante y valores próximos a -1 se asocian a suelo desnudo (tabla 11). Conforme al resultado del NDVI a la ecuación (16), los valores determinados a partir de los resultados son estables, con esta adaptación al índice de cobertura vegetal se ajusta adecuadamente al rango entre 0.0 y 1.0 (variación saturada) para el factor C. Los estudios de Macedo et al., (2021). Al-Mamari et al., (2023); Halder, (2023) indican que este enfoque de escala dio mejores resultados a comparación con los métodos convencionales (asignación de valores a cada tipo de cobertura vegetal). En los estudios de Valeriano & Mamani (2023) los valores registrados oscilan entre 0.0 y 0.15, siendo los más elevados en áreas de cultivo y

humedales; Paco (2022) estima el factor C de 0.15 a 0.7 y Condori (2018) encontró cifras en 0.001 a 1, valores cercanos a 1 tienen mayor posibilidad de que exista erosión hídrica y, por el contrario, valores cercanos a 0 tienen una probabilidad poca o nula de erosión hídrica. Las cifras de los valores encontrados por los autores mencionados están dentro del intervalo de valores del presente estudio, indicando similitud.

La investigación de Koirala et al., (2019); Olika et al., (2023) muestran que las tierras forestales tuvieron menores niveles de erosión hídrica a comparación de otros tipos de uso de suelos. En el estudio de Sathiyamurthi et al., (2023), los resultados de su estudio muestran que la tasa de la degradación del suelo está determinada tanto por la resistencia a la erosión como por la erosión causada por la lluvia en la cubierta vegetal. La vegetación y la precipitación son factores sensibles y directos que controlan la variación espacial de la degradación del suelo. El manto vegetal en el suelo permite que el agua se filtre en el terreno y reduce el transporte de materiales erosionables (Gürtekin & Gökçe, 2021). En el estudio de Correa et al., (2016) la cubierta vegetal de tundra y pastizal altoandino son especies herbáceas característicos de los Andes del Perú, las cuales tienen buena capacidad de mitigación a la acción de las gotas de lluvia, reduciendo la vulnerabilidad a la erosión hídrica del terreno; un aumento de la vegetación en el suelo ayuda a prevenir las repercusiones de la lluvia (Sathiyamurthi et al., 2023).

Se observa que en altitudes altas del área de investigación de Correa et al., (2016) los factores de cobertura herbáceas, arbóreas y estrategias de conservación; la vegetación presenta un tamaño reducido, lo cual está relacionado con una disminución en la acumulación de biomasa, ya que las bajas temperaturas limitan su crecimiento, disminuyendo la defensa del suelo frente a los impactos de las gotas de lluvia. Los resultados de las investigaciones mencionadas son similares con los datos encontrados en la presente investigación; como también lo reafirma en el estudio de Condori, (2018). La deforestación y el abandono de suelos infértiles para crear nuevas áreas agrícolas que sustenten a la población en expansión son dos de las fuentes de las consecuencias, que provocan una disminución de la cubierta forestal y consecuentemente a la biodiversidad (Saha et al., 2022).

4.5. Factor de prácticas de suelo (P)

El aspecto de las estrategias de conservación factor P (anexo 9) representa los efectos de aquellas prácticas como contornos, cultivos en franjas, terrazas, entre otras prácticas. Se emplearon los efectos combinados del uso del suelo y la gradiente de la pendiente como parámetros de entrada para generar e impulsar el mapa del factor P debido a la falta de datos exhaustivos sobre los diversos métodos de preservación en la zona de investigación. Los análisis de Getu et al., (2022); Koirala et al., (2019) emplearon esta metodología, tabla 12.

En el estudio de Correa et al., (2016), se evidencia ausencia de estrategias de cuidado, optándose para la variable P asignándole el valor de 1 (considerado el valor más crítico). También los resultados de Cueva, (2018) asignaron datos para las estrategias de cuidado de suelos, es 1, a causa de que no existen proyectos de investigación relacionados. En la región andina existe una mayor prevalencia de pastoreo extensivo, impactando directamente a la cobertura vegetal, haciéndolo vulnerable a la erosión hídrica (Correa et al., 2016). Por otro lado, Swinton & Quiroz, (2003), indica que el pastoreo rotativo y reducción del tamaño de rebaño son las principales prácticas que contribuyen positivamente a la conservación y es una forma de revitalizar la fertilidad del sustrato y prevenir la erosión causada por el agua en el suelo. La disminución de nutrientes y la degradación del suelo se redujeron mediante el uso de descanso de la tierra (Swinton & Quiroz, 2003). En el estudio de Condori, (2018) considera un porcentaje mayor de suelos protegidos, por cultivos en laderas, construcciones de infraestructura incluyendo andenes, canales de infiltración o terrazas de nivelación realizados por personas locales de antaño, obteniéndose valores que oscilan de 0.01 a 0.5. Por otro lado, Paco, (2022) recomienda la implementación de metodologías alternativas con el fin de analizar las estrategias de conservación para tipos de suelo específicos, vegetación y topografía, brindando recomendaciones para prácticas de conservación de suelo y densidad para caminos transversales a lo largo de una ladera, con base en parámetros relacionados con la textura del suelo, la eficiencia del agua de escorrentía y el área de distribución de agua.

Las prácticas encontradas en la zona de estudio son el surcado al contorno como labranzas, siembra y otras operaciones de campo en contorno de la gradiente del terreno. El factor P en la intercuenca Ramis varió de 0 para una buena práctica de control a 1 para una mala práctica de control (tabla 12), como lo indica Koirala et al., (2019). La

organización espacial de los valores de P exhibe que la mayor parte de la intercuenca de la parte del norte y la parte media baja de la intercuenca Ramis mostraron un valor de P de 0.81. Por el contrario, la mayor parte de la cuenca media tiene valores de P menores a 0.61. Esto sugiere que la zona alta y la media baja de la intercuenca son más propensas a la erosión hídrica del terreno.

La capacidad de producción del suelo se ve afectada negativamente por la escorrentía superficial excesiva en zonas de relieves pronunciados; aumentado a la deforestación de especies herbáceas y arbóreas en la zona debido principalmente a la búsqueda de leña como medio de combustible, lo cual agrava la erosión causada por la escorrentía (Swinton & Quiroz, 2003). Los pobladores no invierten significativamente en la conservación del recurso edáfico, esto también debido a que se pueda atribuir a la pobreza y la creencia de invertir sus escasos fondos en otra parte (Swinton & Quiroz, 2003). A pesar de que los habitantes dependen de la agricultura y la ganadería a pequeña escala; estas actividades se realizan, de manera muy intensiva, en temporadas de avenida.

4.6. Erosión potencial hídrica actual

En la presente investigación al establecer áreas de distribución de riesgo susceptibles a la degradación del suelo en la intercuenca hidrográfica Ramis – Puno, se pudo encontrar que el nivel de erosión de suelo normal representa una extensión de 46676.75 ha, nivel de erosión de suelo ligera representa una superficie de 44441.34 ha, el nivel de erosión de suelo moderada representa una extensión de 35596.86 ha, nivel de erosión de suelo severa representa una área de 27999.95 ha, nivel de erosión de suelo muy alto representa una dimensión de 3122.406 ha y nivel de erosión de suelo catastrófica presenta un tamaño de 2.03 ha. Los hallazgos indican que hay una pérdida de suelo medio con tendencia a muy extremo que corresponde a niveles de erosión de suelo: severa, muy alto y catastrófica que corresponde a una superficie del 17.7%, 2.0% y 0.0013% respectivamente del área de estudio (tabla 17) y (figura 16) y muestra una pérdida de suelo mínima y máxima fue de 0 – 277.88 ton/año/ha, la tasa anual promedio de degradación del suelo en la zona de investigación fue de 8.22 ton/año/ha, que está dentro del nivel tolerable de 2 a 18 ton/año/ha según Olike et al., (2023). Halder, (2023) menciona que la estructura básica del modelo RUSLE se basa en sus aspectos de erosividad (R), erodabilidad (K), topográfico (LS), cobertura vegetal (C) y prácticas de conservación (P) sobre la tasa de erosión del suelo, supone que la variabilidad específica

de entrada y salida seguirá la misma tendencia en un paisaje con características hidrogeomórficas homogéneas.

Debido a lo mencionado, se encontró similitudes relativas con los estudios de Correa et al., (2016) estimó un promedio de 48.5% como áreas de erosión de suelo muy severa a extremadamente severa; Paco, (2022) determinó una erosión potencial en el área de su evaluación de una microcuenca de 257.60 ton/ha/año, junto a una extensión de erosión baja de 39.67%, erosión alta de 6.37% y muy alta de 5.68%, localizadas generalmente en áreas con pendientes muy inclinadas y con densidad vegetal baja; por el contrario, suelos con nula o poca deterioro del terreno por erosión a causa de agua, se presentaron en terrenos de baja inclinación y muy buena cobertura vegetal, respecto a su área de estudio. Al contrario, los resultados de los estudios por Cueva, (2018) estima una erosión en la microcuenca de 26.95 ton/ha/año con un nivel de erosión moderada; Condori, (2018) el 9% de su área de estudio presenta un riesgo de erosión crítica de 49.75 toneladas por hectárea al año, mientras que el 10.47% de su superficie enfrenta un riesgo de erosión hídrica extremadamente alta de 55.77 toneladas por hectárea anualmente y Valeriano & Mamani, (2023) determinó un grado de erosión de 1.005 ton/ha/año, con nivel de erosión normal a moderada. Estas variaciones de tasas de erosiones hídricas se deben a que está influenciada principalmente por la escala de área de trabajo, y factores como la distribución de la erosión, la conectividad hidrológica, las estrategias de gestión y la capacidad de amortiguación del suelo, a pesar de compartir las mismas características hidrogeomórficas (Wischmeier & Smith, 1978).

Estas áreas propensas a la erosión hídrica están situadas por lo general en pendientes fuertemente quebrados, escarpados y muy escarpados (tabla 16), lo que implica que agrava la erosión de suelo impulsada por la lluvia, como se corrobora en los estudios de Getu et al., (2022); Gürtekin & Gökçe,(2021); Halder, (2023). También en el modelo RUSLE es posible la manipulación de los factores de gestión como: factor de vegetación (C) y factor de prácticas de conservación (P), también conocidos como factores de reducción (Halder, 2023), para evitar sesgos en el tratamiento de estos factores de reducción, se trabajó con modelos matemáticos, los cuales estiman e interpretan de mejor manera el área de estudio basándose en los atributos nativos descargados de las fuentes de datos y tratados como lo indican Shin, (1999) citado por Durigon et al., (2014).

En congruencia con otros estudios de acuerdo con el diseño RUSLE, los resultados de la presente investigación prueban claramente que la topografía fue el factor principal de pérdida de suelo, seguida de los factores de reducción, ya que estas últimas variables tienden a ser manejados por criterio de los investigadores. Aunque este modelo es muy empleado para la evaluación de la pérdida de suelo a nivel global, los resultados tendrían grados de incertidumbre debido a errores migratorios transmitidos por los parámetros (Halder, 2023). El modelo identifica zonas con alto riesgo de erosión del suelo, lo que permite desarrollar planes de conservación de suelo y agua, tanto a nivel general como específicos, para el área de estudio, con el fin de prevenir la erosión en las regiones más vulnerables. El presente trabajo consiste en uno de los pioneros para el altiplano, ya que trae una contribución única y significativa que puede desarrollarse para guiar el desarrollo económico de la intercuenca.

Tabla 17.

Erosión potencial hídrica actual método RUSLE

N°	Nivel de erosión	Ton/año/ha	Área (ha)	%
1	Normal	< 0.5	46676.75	29.6%
2	Ligera	0.5 - 5.0	44441.34	28.2%
3	Moderada	5.0 - 15.0	35596.86	22.6%
4	Severa	15.0 - 50.0	27999.95	17.7%
5	Muy Alto	50.0 - 200	3122.406	2.0%
6	Catastrófica	> 200	2.03125	0.0013%
Total			157839.3438	100.00%

Fuente: Elaboración propia.

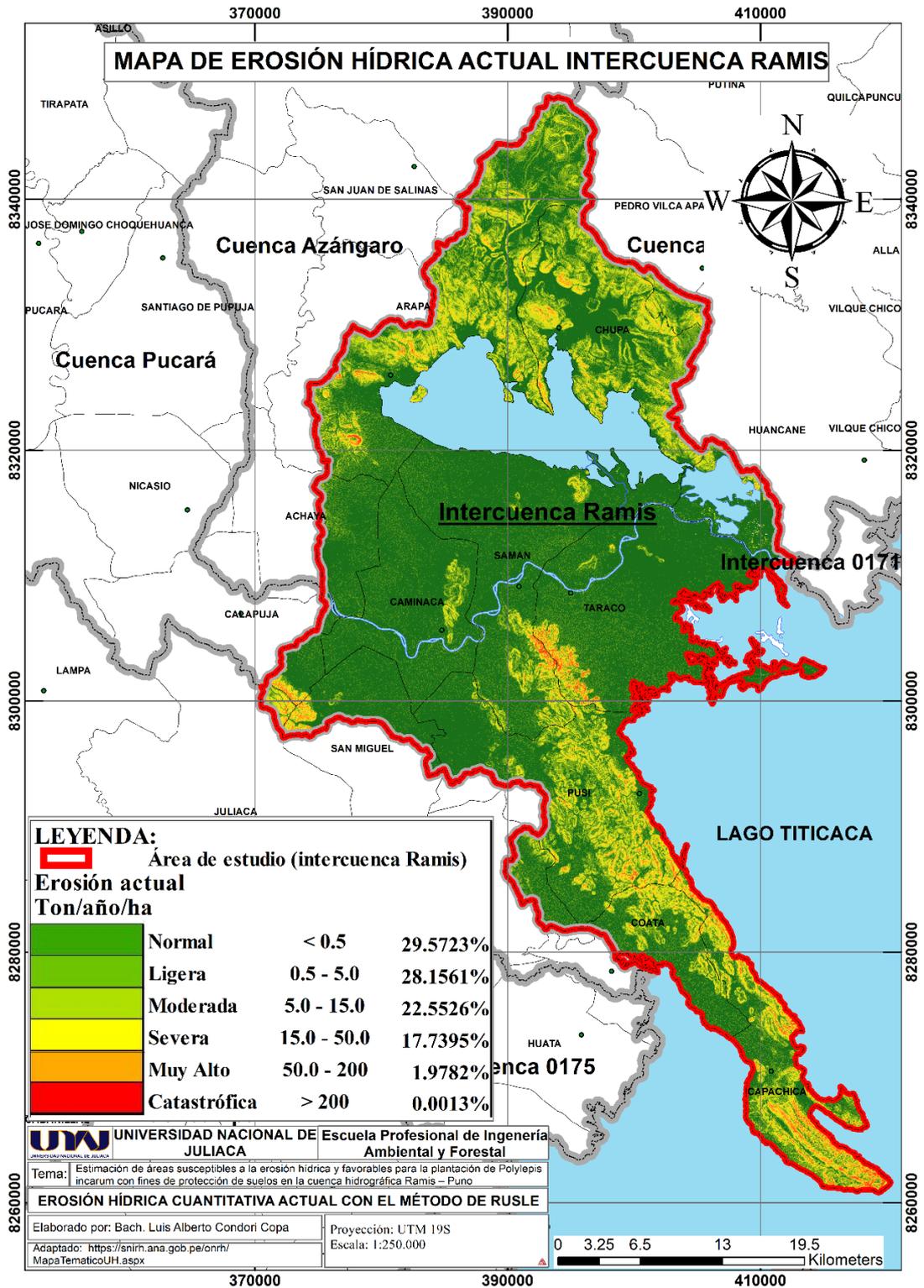


Figura 16. Erosión potencial hídrica con el método RUSLE
 Fuente: Elaboración propia.

4.7. Distribución de hábitad de la especie *Polylepis incarum*

De los 95 registros colectados de *P. incarum* en la fase inicial (herbarios virtuales), se hizo un tratamiento (eliminación de registros duplicados y distanciamiento entre puntos < 1 km) quedando 14 puntos de presencia, para contrastar con los puntos de presencia del estudio de Espinoza & Kessler, (2022) (Anexo 11), optándose como datos de entrada para el modelo de predicción los puntos de presencia de las ubicaciones del estudio del autor señalado.

Así también los datos bioclimáticos (tabla 13), se seleccionaron con base a un análisis de correlación de Pearson, lo cual se realizó en el software Rstudio, se descartó las variables que tuvieron un valor de correlación por encima de ± 0.80 , con los paquetes "corrplot", "ggplot" y "cluster" (Anexo 13) y (Anexo 14). Seleccionándose de acuerdo a la correlación, seis variables bioclimáticas: isothermalidad (BIO1/BIO7) * 100 (°C) (BIO 3), temperatura máxima del período más caliente (°C) (BIO 5), temperatura mínima del período más frío (°C) (BIO 6), precipitación en el período más lluvioso (mm) (BIO 13), precipitación en el período más seco (mm) (BIO 14) y precipitación en el trimestre más caluroso (mm) (BIO 18), los cuales se emplearon como data de entrada para el enfoque de predicción de la distribución potencial de idoneidad de hábitad de la especie en estudio.

Los valores de la figura 18 son valores promedio de las diez replicas de MaxEnt, que se efectúan mediante el método de estimación que utilizó el algoritmo. Los resultados de AUC para el modelamiento son de 0.958 (figura 18), cuyo valor se clasifica como excelente, según Araújo et al., (2005). Con una desviación estándar de 0,040, es posible concluir que los hallazgos son confiables debido a su bajo margen de error (Lagones, 2023).

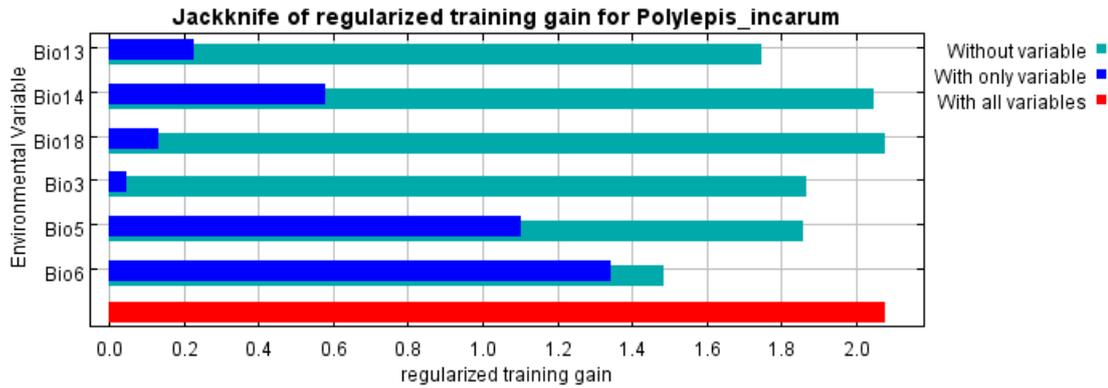


Figura 17. Contribución de las variables al modelo de *P. incarum*
Fuente: Elaboración propia.

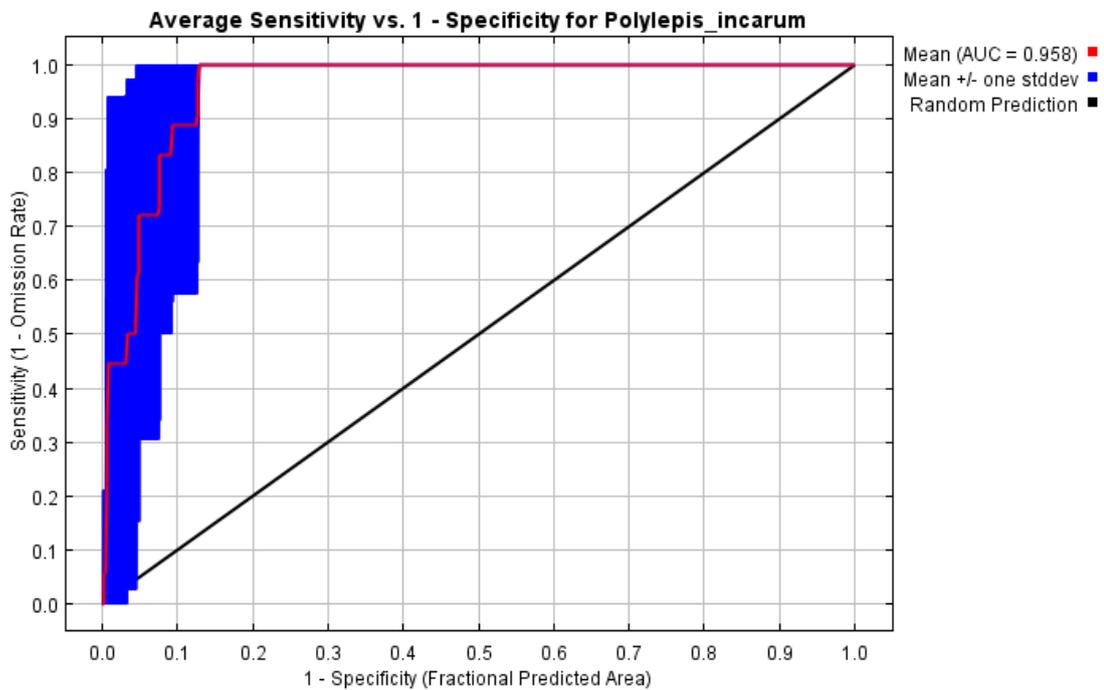


Figura 18. Curva ROC del modelo *P. incarum*
Fuente: Elaboración propia.

La evaluación Jackknife (figura 17) reveló el grado de contribución de cada variable bioclimática al modelo creado, destacando la variable de precipitación del trimestre más caliente (BIO 18), la que menos contribución tiene en la especie. La variable temperatura mínima del mes más frío (BIO 6) respondió bien al prototipo, siendo una de las cualidades esenciales de la especie el que limita la expansión de su población (Yallico, 1992). El género *Polylepis* es una de las escasas especies de árboles presentes en la sierra Peruana, ubicado en la zona de puna, estableciendo el límite máximo de

altitud con otras formaciones vegetales arbóreas, como resultado de que pueden soportar temperaturas extremadamente frías, vientos fuertes e intensa insolación (Kessler, 2006).

Tabla 18.

Variables bioclimáticas seleccionadas, y su porcentaje de contribución al modelo

Atributo	Tasa de contribución	Valor de la permutación
Bio6	61.9	55.9
Bio5	15.7	11.3
Bio13	13	17.2
Bio3	8.1	7.8
Bio14	1.4	7.4
Bio18	0	0.5

Fuente: Elaboración propia.

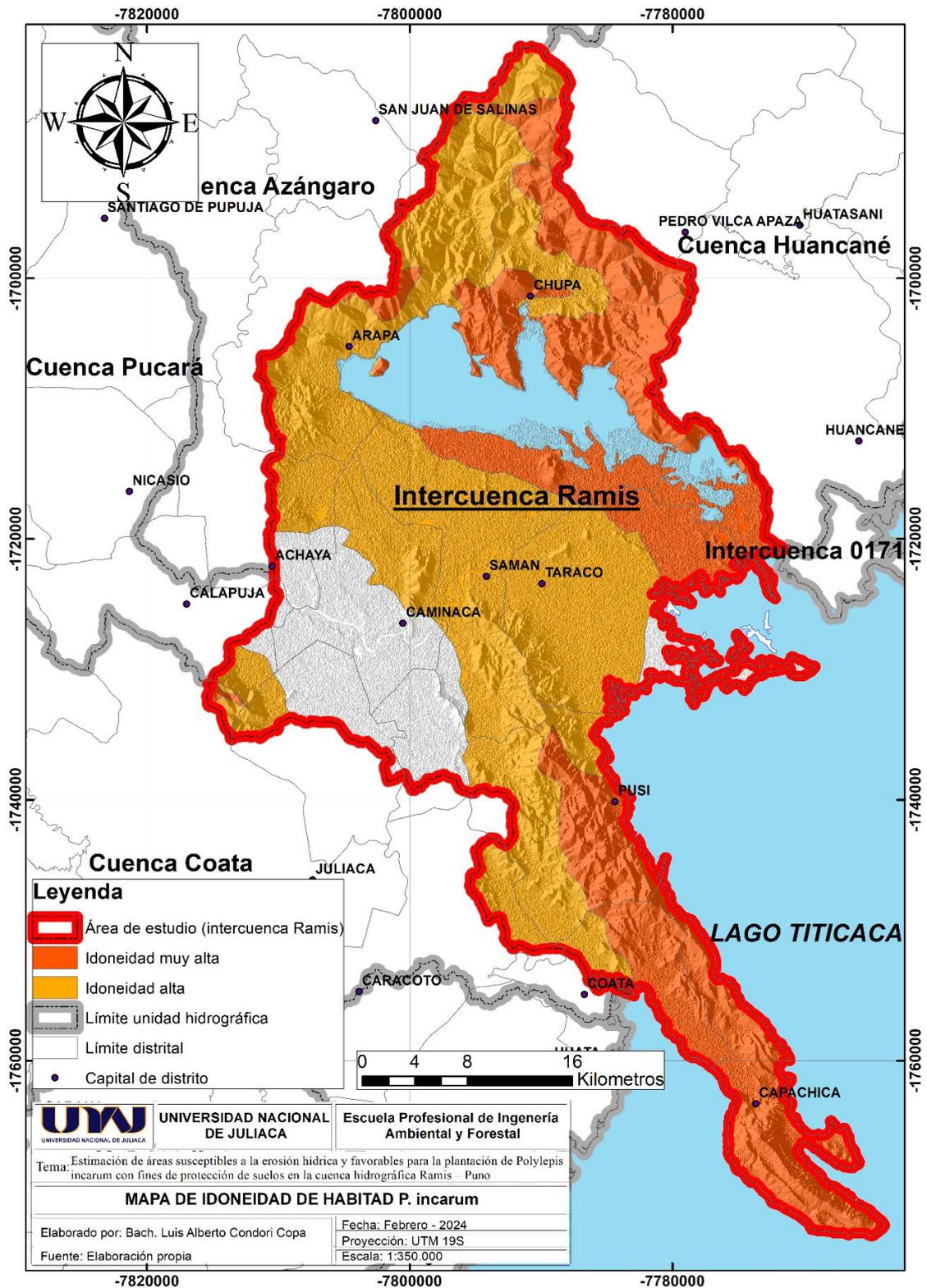


Figura 19. Mapa de distribución de hábitad muy alta y alta de la especie *P. incarum* en la intercuena Ramis
Fuente: Elaboración propia.

La investigación actual busca localizar posibles localizaciones de la especie *P. incarum* en la intercuena hidrográfica Ramis – Puno, lográndose encontrar áreas de idoneidad

muy alta de *P. incarum* con una extensión de 50555.69 ha (31.93%), idoneidad alta de *P. incarum* con un área de 71877.43 ha (45.39%) e idoneidad baja de *P. incarum* con una superficie de 35917.88 ha (22.68%) (figura 19). Los hábitats potenciales de *P. incarum* obtenidos por el algoritmo MaxEnt indican las áreas apropiadas de evolución de la especie en la intercuena. Estos resultados son respaldados en el estudio de Espinoza & Kessler, (2022), donde los hábitats de distribución potencial y puntos de presencia de la población son coincidentes, los cuales, están distribuidos en las riberas del lago Titicaca. Asimismo, en los estudios de Huamán, (2018); Hurtado et al., (2018); Vega et al., (2018) indican que es una especie en particular que se desarrolla por lo general en riberas de cuerpos de agua, como se evidencia con los resultados de la presente investigación. Por el contrario, la investigación de Huayhua, (2020), difiere que los hábitats de distribución potencial más idóneos del taxon se encuentran por la parte del distrito de Lampa (distantes a áreas de cuerpos de agua), esto podría deberse a que las especies comparten hábitat (Fajardo et al., 2018), como también podría deberse a errores espaciales (georreferenciación incorrecta) y errores taxonómicos (identificación taxonómica incorrecta de la especie) por parte de la base de datos, de los herbarios virtuales, lo que implica una validación de la identificación de los especímenes por parte de expertos (Utjés et al., 2022).

Dentro de la zona Andina, las investigaciones respecto a la biodiversidad son escasas (Mejia et al., 2018). Esta situación nos lleva a plantear el estudio de la distribución potencial de *P. incarum* como una respuesta a la susceptibilidad hídrica del suelo. Existen pocos estudios relacionados con el género *Polylepis* (Hurtado et al., 2018). Estas especies arbóreas (*Polylepis*) actúan como recursos indispensables para la conservación de la diversidad biológica y las dinámicas hidrológicas (Huamán, 2018; Zutta et al., 2012). La especie *P. incarum* es de crecimiento rápido, el cual es considerada potencial para la forestación y también la reforestación en comparación de sus similares (Vega et al., 2018). Son especies arbóreas que se hallan repartidas en fragmentos y como individuos en laderas y quebradas de roca (Hurtado et al., 2018). La cual se constató en la presente investigación perteneciente al departamento de Puno (Anexo 10) y (Anexo 12). Su poder germinativo es de 2% y en espacios controlados puede llegar hasta el 8% (Vega et al., 2018).

Las intensas actividades productivas en el suelo, son responsables a menudo en las diferencias de hábitat de *Polylepis* (Zutta et al., 2012). Por otra parte, la data de

variables bioclimáticas utilizada para el modelamiento está basada en periodos de 1950 – 2000, siendo un factor que podría ocasionar posibles errores en los resultados (Mejía et al., 2018). En lo referido a este estudio, es de las publicaciones pioneras relacionadas con la especie *P. incarum*. Las condiciones para la forestación, así como la reforestación en el área de investigación, son viables, fundamentadas en las visitas de campo, en las cuales existen especies nativas como también especies exóticas (anexo 15).

4.8. La especie *P. incarum* como medida mitigadora para la erosión hídrica del suelo.

La convergencia de los resultados de los dos modelamientos: distribución potencial de erosión hídrica (figura 16) y modelamiento de distribución de idoneidad de hábitad de la especie *P. incarum* (figura 19) nos brinda una estimación de la viabilidad de la plantación con fines de aminorar la erosión hídrica existente en la intercuenca Ramis (figura 23). Robins & Burgoa, (2016) afirman que la cobertura vegetal proporcionada por especies arbóreas y/o arbustivas disminuye la erosión, la formación de costras, reduce la escorrentía y potencia la capacidad de conservación de agua. El establecimiento de especies arbóreas autóctonas, dado sus características intrínsecas, les permite adaptarse mejor al entorno abiótico de los sitios a restaurar (Broadhurst et al., 2008), disminuyendo el riesgo de fracaso de forestación, así como reforestación (Broadhurst et al., 2008). Las prácticas de cobertura vegetal presentan valores de erosión mínimos en comparación con las prácticas estructurales (Olivares et al., 2015).

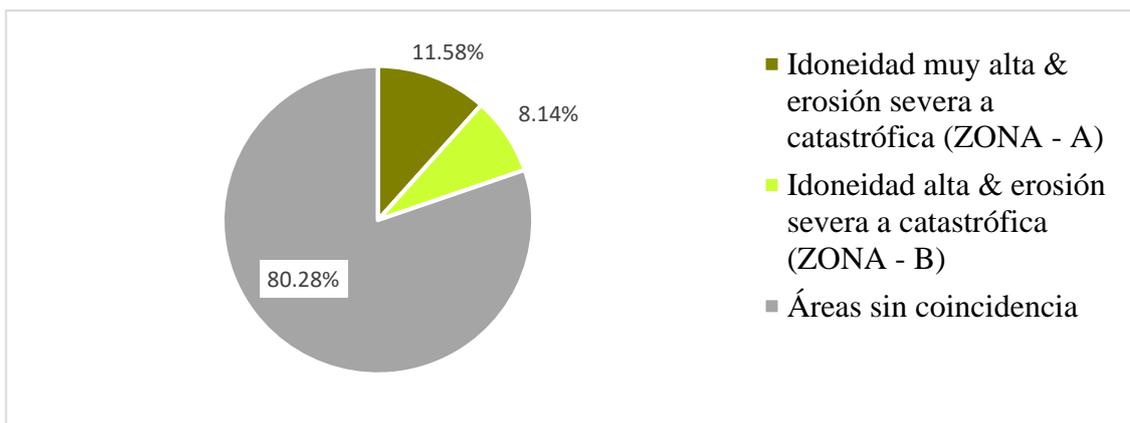


Figura 20. Distribución de niveles de erosión severos a catastróficos en áreas de idoneidad de hábitad muy alta e idoneidad de hábitad alta de *P. incarum* en la intercuenca - Ramis.

Fuente: Elaboración propia.

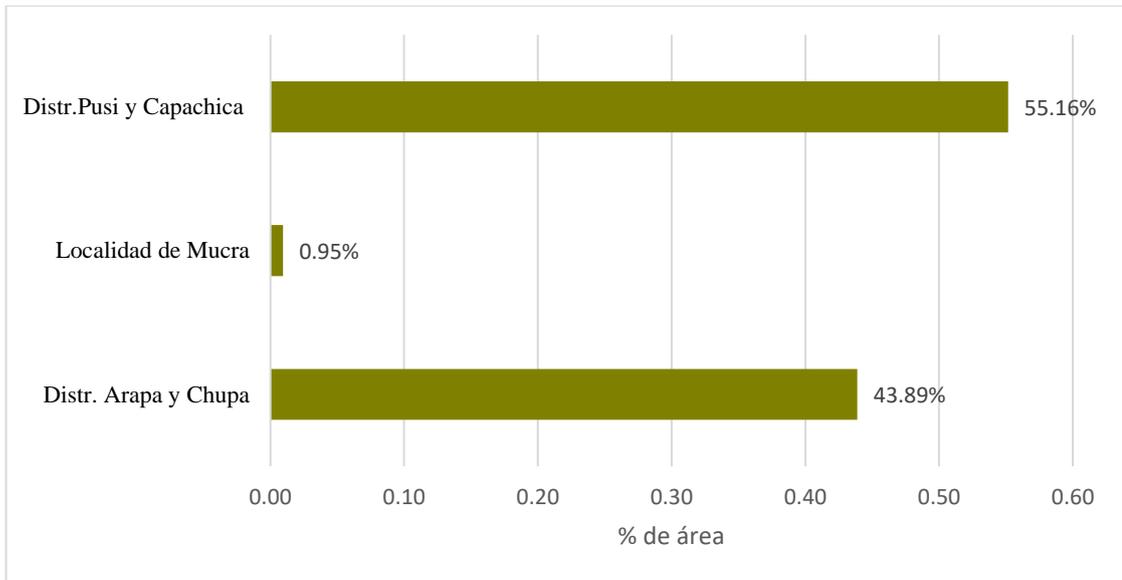


Figura 21. Distribución espacial de niveles de erosión severa a catastrófica coincidentes en áreas de idoneidad de habitat muy alta de *P. incarum* respecto a la figura 20 y figura 23 (ZONA – A)
Fuente: Elaboración propia.

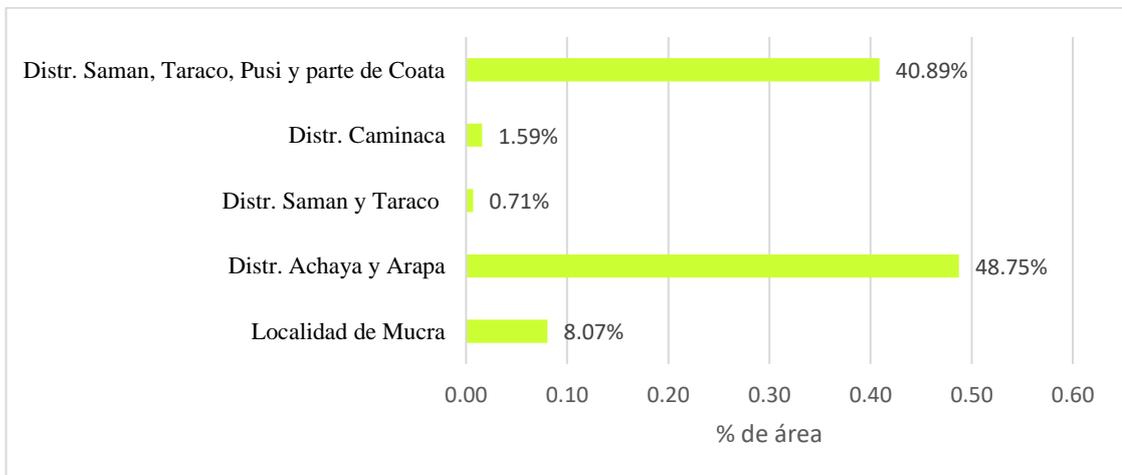


Figura 22. Distribución espacial de niveles de erosión severa a catastrófica coincidentes en áreas de idoneidad de habitat alta *P. incarum* respecto a la figura 20 y figura 23 (ZONA – B)
Fuente: Elaboración propia.

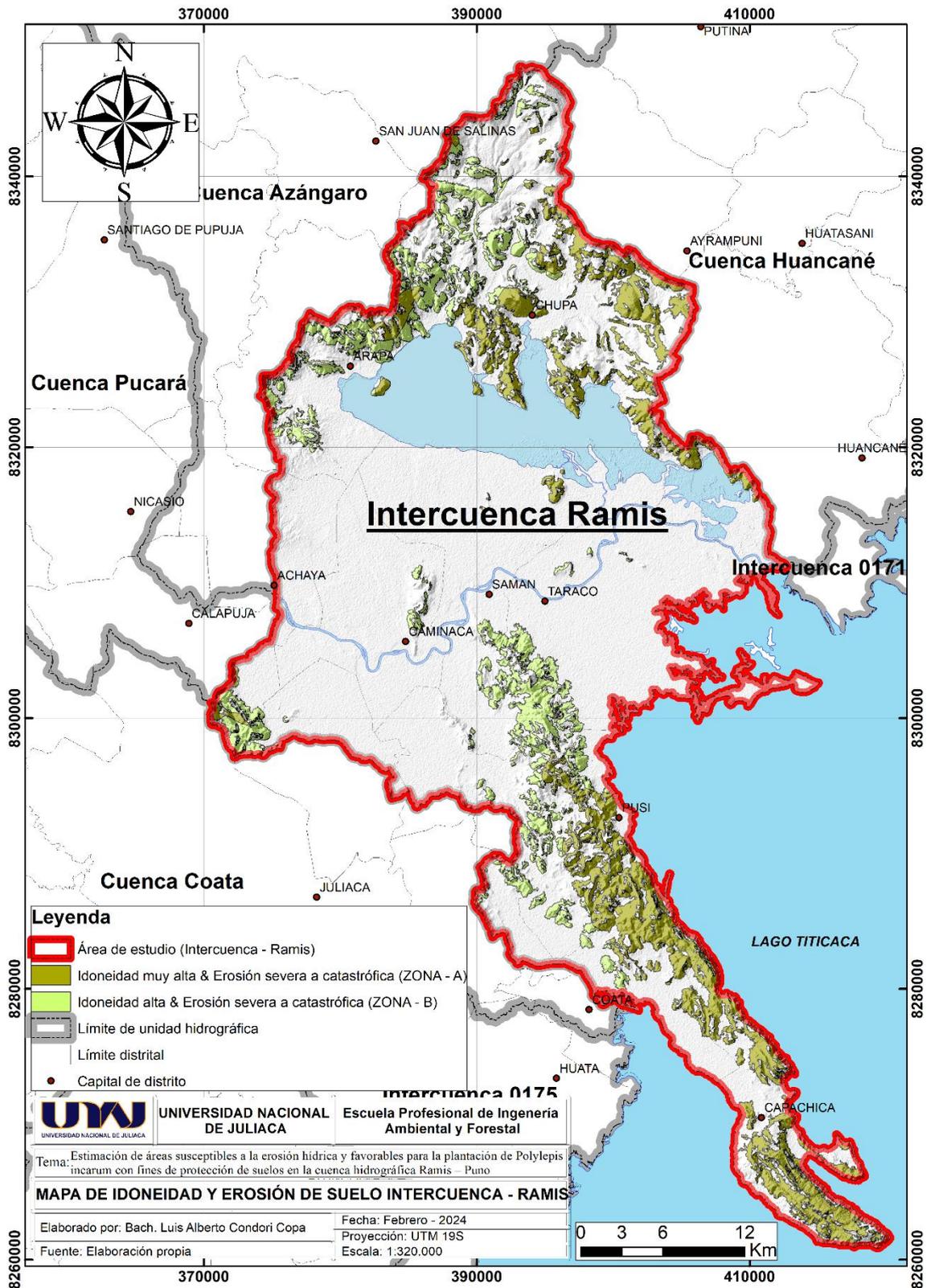


Figura 23. Convergencia del mapa de erosión hídrica actual con el método RUSLE y el mapa de distribución de idoneidad de hábitat de la especie *P. incarum* con el modelo MaxEnt en la intercuenca Ramis
 Fuente: Elaboración propia.

En la intercuenca Ramis-Puno, se seleccionaron las áreas susceptibles a la erosión hídrica del suelo que podrían ser favorables para la plantación de *P. incarum*. Los hallazgos demuestran que las áreas de distribución potencial con niveles de idoneidad muy alta de *P. incarum* son coincidentes en las áreas de niveles de erosión de suelo severa a catastrófica con una superficie de 18339.46 ha (11.58%) (figura 23) y de idoneidad alta de *P. incarum* coincidentes con áreas de niveles de erosión de suelo severa a catastrófica con una superficie de 12885.65 ha (8.14%) (figura 23) los porcentajes son respecto al área total de la intercuenca. El estudio evidencia que las áreas de erosión severa a catastrófica coincidentes con idoneidad muy alta de *P. incarum* se encuentran distribuidas en los distritos de Arapa y Chupa con 8049.19 ha (figura 20), distritos de Pusi y Capachica con 10116.17 ha (figura 20) y localidad de Mucra con 174.09 ha (figura 20). De igual manera las áreas de erosión severa a catastrófica coincidentes con áreas de distribución de idoneidad alta de *P. incarum* se encuentran distribuidos en los distritos de Achaya y Arapa con 6281.28 ha (figura 21), distritos de Samán, Taraco, Pusi y parte de Coata con 526862 ha (figura 21) distrito de Caminaca 204.45 ha (figura 21), localidad de Mucra con 1039.25 ha (figura 21) y parte media de la intercuenca distritos de Samán y Taraco con 92.06 ha (figura 21).

Las prácticas de forestación y reforestación realizadas antaño por programas conjuntos, como lo indica Vila et al., (2023) muestra como experiencias viables y replicables en los ecosistemas degradados del departamento de Puno. Durante el año 2020 se hizo una campaña de reforestación en espacios degradados de los distritos de Pusi, Huancané y Chucuito por voluntariados de los promotores del movimiento ambientalista juvenil andino (PROMAJAN – J), evidenciando ausencia de los gobiernos locales en este tipo de medidas de prevención de degradación de suelo. Los pobladores que han experimentado esto creen que es necesario continuar con las prácticas de reforestación con especies nativas y/o exóticas, las cuales han sido observadas y evaluadas en su territorio y se integran como una oportunidad de mejora de los suelos (Vila et al., 2023). La implementación de áreas de plantación mediante un consenso de parte de los pobladores e instituciones públicas o privadas, son beneficiosos porque tienen potencial destinados a actividades de ecoturismo, turismo vivencial y turismo científico, además de brindar servicios ecosistémicos importantes (Huamán, 2018).

Para terrenos que han sido afectados por la deforestación, la desertificación así como consecuente erosión de sus suelos, son superficies que presentan restricciones al

momento de instalar los cultivos de pan llevar, actividad dependiente de los pobladores; el empleo de especies forestales y nativas del lugar, han sido la medida más exitosa y económica estrategia de control, destinados a suelos afectados por la erosión (Arrovaye Alvarado, 2002; Diaz Mendoza, 2011), sin embargo, es un proceso lento y puede durar años establecerlos (Diaz Mendoza, 2011). Se debe implementar y establecer un plan a largo plazo, como por ejemplo la estrategia regional de restauración forestal y arborización de Arequipa, que contempla objetivos, estrategias, programas establecidos para 20 años. La erosión hídrica no solo afecta la tierra, sino que también genera impactos negativos por la sedimentación aguas abajo (Koirala et al., 2019). Por tanto, es importante diseñar e implementar prácticas de control de erosión. Para maximizar la eficacia, las medidas de control deben apuntar a las áreas más vulnerables donde el impacto probablemente sea mayor. Las prácticas de apoyo son extremadamente importantes para reducir la erosión en áreas inclinadas y altamente erosivas (Koirala et al., 2019). Los embalses naturales, como los hechos por el hombre, experimentan una sedimentación significativa, lo que resulta en mayores gastos para la rehabilitación del sistema; esto es un fenómeno real que se ha observado en varios estudios (Halder, 2023). Los resultados muestran que tienen potencial de acumular sedimentos, para evitar esta situación, se plantean planes de forestación y reforestación (Gürtekin & Gökçe, 2021). Estos resultados de susceptibilidad y respuesta a fin de mitigar, son como una guía para introducir medidas de conservación específicas tales como: terraplenes de suelo graduados con revestimientos de piedra, represas de contención, trincheras en terrazas y/o medidas biológicas expandidas propuesto en este estudio, en estos lugares gravemente afectados como lo recomienda Getu et al., (2022).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se encontró la distribución espacial de erosión hídrica de suelo para la intercuenca Ramis consiste en: nivel de erosión normal es de 46676.75 ha (29.6%), nivel de erosión ligera fue de 44441.34 ha (28.2%), nivel de erosión moderada fue de 35596.86 ha (22.6%), nivel de erosión severa fue de 27999.95 ha (17.7%), nivel de erosión muy alto fue de 3122.40 ha (2.0%) y nivel de erosión catastrófica fue de 2.03 ha (< 1%).

Se identificaron áreas potenciales de idoneidad de habitat muy alta 50555.69 muy alta (31.93%), idoneidad de habitat alta 71877.43 ha (45.39%), e idoneidad de habitat baja 35917.88 ha (22.68%).

Se localizaron identificar áreas en la intercuenca Ramis-Puno que son susceptibles a la erosión del suelo provocada por el agua y que son adecuadas para la plantación de *P. incarum*, los hallazgos demuestran que las áreas de distribución potencial con niveles de idoneidad de habitat muy alta son coincidentes en las áreas de niveles de erosión de suelo severa a catastrófica con una superficie de 18339.46 ha (11.58%) y de idoneidad de habitat alta coincidentes con áreas de niveles de erosión de suelo severa a catastrófica con una superficie de 12885.65 ha (8.14%).

5.2. Recomendaciones

En investigaciones futuras se aconseja utilizar imágenes satelitales de alta calidad y de mayor resolución para mejorar la producción de mapas, ya que esto nos permite trabajar con mayor precisión y detalle.

Se sugiere hacer pruebas de campo respecto a la generación de determinación anual de erosión de suelo provocada por el agua.

Se recomienda implementar estudios y medidas de protección y/o recuperación a mediano y largo plazo, con el establecimiento de especies nativas, así como exóticas para la mitigación de la erosión de suelo generada por el agua en la intercuenca Ramis.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Al-Mamari, M. M., Kantoush, S. A., Al-Harrasi, T. M., Al-Maktoumi, A., Abdrabo, K. I., Saber, M., & Sumi, T. (2023). Assessment of sediment yield and deposition in a dry reservoir using field observations, RUSLE and remote sensing: Wadi Assarin, Oman. *Journal of Hydrology*, 617(PA), 128982. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2022.128982>
- Alvarez, A. (2020). Análisis temporal del nivel de la erosión hídrica de la subcuenca del río Ichu 2013 y 2017. *Tayacaja*, 3(2), 7–21. <https://doi.org/10.46908/riect.v3i2.97>
- Araújo, M. B., Pearson, R. G., Thuiller, W., & Erhard, M. (2005). Validation of species-climate impact models under climate change. *Global Change Biology*, 11(9), 1504–1513. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2486.2005.01000.x>
- Arrovaye Alvarado, J. (2002). INIAP Estación Experimental Portoviejo. In *Guia Tecnica Sobre El Manejo De Los Citricos En Litoral Ecuatoriano*. [https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1199/1/INIAP PORTOVIEJO-650.pdf](https://repositorio.iniap.gob.ec/bitstream/41000/1199/1/INIAP_PORTOVIEJO-650.pdf)
- Borrelli, P., Alewell, C., Alvarez, P., Anache, J. A. A., Baartman, J., Ballabio, C., Bezak, N., Biddoccu, M., Cerdà, A., Chalise, D., Chen, S., Chen, W., De Girolamo, A. M., Gessesse, G. D., Deumlich, D., Diodato, N., Efthimiou, N., Erpul, G., Fiener, P., ... Panagos, P. (2021). Soil erosion modelling: A global review and statistical analysis. *Science of the Total Environment*, 780. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.146494>
- Broadhurst, L. M., Lowe, A., Coates, D. J., Cunningham, S. A., McDonald, M., Vesk, P. A., & Yates, C. (2008). Seed supply for broadscale restoration: Maximizing evolutionary potential. *Evolutionary Applications*, 1(4), 587–597. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4571.2008.00045.x>
- Carpio, J. M., Machaca, D. S., & Quispe, B. (2021). Estudio hidrogeológico de la intercuenca Ramis (0179). In *INGEMMET*. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/3215>
- Condori, V. (2018). Pérdida del suelo por erosión hídrica en la comunidad de san francisco de Chañajari Moho - Puno. In *Tesis*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Condori, V., Alfaro, R., & Mamani, J. (2019). Estimacion de la pérdida del suelo por erosion hidrica en la microcuenca Chañajari , Moho – Puno. *Researchgate*, September, 0–4.

- https://www.researchgate.net/publication/337144787_Estimacion_de_la_perdida_del_suelo_por_erosion_hidrica_en_la_microcuenca_Chanajari_Moho_-_Puno
- Correa, S. W., Mello, C. R., Chou, S. C., Curi, N., & Norton, L. D. (2016). Soil erosion risk associated with climate change at Mantaro River basin, Peruvian Andes. *Catena*, 147, 110–124. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.07.003>
- Cueva, P. E. (2018). *Propuesta de estructura de disipación de energía para el control de la pérdida de suelo por erosión hídrica en cárcava en la microcuenca Sonocco*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Del Castillo, J. J. (2023). Evaluación de la pérdida del suelo por erosión hídrica utilizando metodología RUSLE con SIG en la cuenca del río Sacanche - San Martín [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. In *Facultad De Zootecnia*. <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1507>
- Delgado, J. A., Nearing, M. A., & Rice, C. W. (2013). Conservation practices for climate change adaptation. In *Advances in Agronomy* (1st ed., Vol. 121). Copyright © 2013 Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-407685-3.00002-5>
- Díaz Mendoza, C. (2011). Alternatives for erosion control by using conventional coverage, nonconventional coverage and revegetation. *Ingeniería e Investigación*, 31(3), 80–90. <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v31n3.26390>
- Domínguez-Chávez, C. J., Mendoza-Catalán, G. S., & Villa-Rueda, A. A. (2022). Cálculo de la Muestra. *Tópicos En La Construcción de Un Proyecto de Investigación Cuantitativo*, 11, 117–128. <https://doi.org/10.59760/8733590.06>
- Durigon, V. L., Carvalho, D. F., Antunes, M. A. H., Oliveira, P. T. S., & Fernandes, M. M. (2014). NDVI time series for monitoring RUSLE cover management factor in a tropical watershed. *International Journal of Remote Sensing*, 35(2), 441–453. <https://doi.org/10.1080/01431161.2013.871081>
- EOS. (2021). *La erosión hídrica y sus consecuencias en la agricultura*. <https://eos.com/es/blog/erosion-hidrica/>
- Espinoza, T. E. B., & Kessler, M. (2022). A monograph of the genus *Polylepis* (Rosaceae). *PhytoKeys*, 203, 1–274. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.203.83529>
- Fajardo, F., Infante, J., & Cabrera, D. M. (2018). Modelización de la distribución potencial

- del género *Polylepis* en Colombia y consideraciones para su conservación. *Ecología Austral*, 28(1bis), 202–215. <https://doi.org/10.25260/ea.18.28.1.1.585>
- Fick, S. E., & Hijmans, R. J. (2017). WorldClim 2: new 1-km spatial resolution climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 37(12), 4302–4315. <https://doi.org/10.1002/joc.5086>
- Flores Villanueva, Á. L. (2015). *Aproximación de riesgo por erosión hídrica aplicando un sistema de información geográfica en la subcuenca Shambillo, distrito de padre abad* [Universidad Nacional Agraria de la Selva]. https://www.unas.edu.pe/web/sites/default/files/web/archivos/actividades_academicas/INVENTARIO DE AVES DEL oconal - INFORME FINAL.pdf
- Gaitán, J., Navarro, M., Tenti, L., Pizarro, M., Carfagno, P., & Rigo, S. (2017). Estimación de la pérdida de suelo por erosión hídrica en la República Argentina. In *INTA-Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria*. (Issue December). https://inta.gob.ar/sites/default/files/libro_erosion_hidrica_rep_argentina.pdf
- Getu, L. A., Nagy, A., & Addis, H. K. (2022). Soil loss estimation and severity mapping using the RUSLE model and GIS in Megech watershed, Ethiopia. *Environmental Challenges*, 8(April). <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100560>
- Guo, B., Zang, W., Yang, X., Huang, X., Zhang, R., Wu, H., Yang, L., Wang, Z., Sun, G., & Zhang, Y. (2020). Improved evaluation method of the soil wind erosion intensity based on the cloud–AHP model under the stress of global climate change. *Science of the Total Environment*, 746, 141271. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141271>
- Gürtekin, E., & Gökçe, O. (2021). Estimation of erosion risk of Harebakayış sub-watershed, Elazığ, Turkey, using GIS based RUSLE model. *Environmental Challenges*, 5(June). <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100315>
- Halder, J. C. (2023). The integration of RUSLE-SDR lumped model with remote sensing and GIS for soil loss and sediment yield estimation. *Advances in Space Research*, xxxx. <https://doi.org/10.1016/j.asr.2023.01.008>
- Huamán, J. C. (2018). Evaluación de bosque de *Polylepis incarum* (Bitter) M. Kessler & Scvhmidt-Leb. de Nuñoa; para una propuesta de área de conservación regional (ACR) - región Puno [Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]. In *Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco*.

<http://repositorio.unsaac.edu.pe/bitstream/handle/UNSAAC/2874/253T20171097.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Huayhua, L. J. (2020). *Modelamiento de áreas potenciales de distribución de Queñua (Polylepis Incarum) en la subcuenca Lampa, Puno-Perú*. Universidad Peruana Unión.
- Hurtado, R., Palabral-Aguilera, A. N., Domic, A. I., Gómez, M. I., & Liberman, M. (2018). Estudios etnobotánicos y florísticos de los bosques amenazados de *Polylepis incarum* y *Polylepis pacensis* (Rosaceae) en Bolivia. *Bonplandia*, 27(2), 113–126. <https://doi.org/10.30972/bon.2723534>
- INRENA. (2008). *Actualización del Balance Hídrico de la Cuenca del río Ramis*.
- Kessler, M. (2006). Bosques de *Polylepis*. *Botánica Económica de Los Andes Centrales*, January 2006, 110–120. http://www.beisa.dk/Publications/BEISA_Book_pdf/Capitulo_07.pdf
- Koirala, P., Thakuri, S., Joshi, S., & Chauhan, R. (2019). Estimation of Soil Erosion in Nepal using a RUSLE modeling and geospatial tool. *Geosciences (Switzerland)*, 9(4). <https://doi.org/10.3390/geosciences9040147>
- Lagones, K. L. (2023). *Modelado de nicho ecológico de Polylepis canoi y Polylepis rodolfovasquezii para la identificación de áreas potenciales de restauración* [Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6003>
- Macedo, P. M. S., Oliveira, P. T. S., Antunes, M. A. H., Durigon, V. L., Fidalgo, E. C. C., & Carvalho, D. F. de. (2021). New approach for obtaining the C-factor of RUSLE considering the seasonal effect of rainfalls on vegetation cover. *International Soil and Water Conservation Research*, 9(2), 207–216. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2020.12.001>
- Mamani, W., Mamani, L., Narvaez, Y., Menacho, Y. M., & Quispe, M. G. (2021). Estimación del factor de erosividad de las precipitaciones pluviales en la localidad Juliaca - Perú. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 3(Vol. 3, Num. 3), 23–29. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i3.3>
- Mejia, D., Tonón, M., & Abad, L. (2018). Distribución potencial del género *Polylepis* en la Cuenca del río Paute bajo un escenario de cambio climático Potential distribution of the genus *Polylepis* in the Paute river. *Revista de La Facultad de Ciencias Químicas*, 21–

37.

- Mendoza, W., & Cano, A. (2011). Diversidad del género *Polylepis* (Rosaceae, Sanguisorbeae) en los Andes peruanos. *Revista Peruana de Biología*, 18(2), 197–200. <https://doi.org/10.15381/rpb.v18i2.228>
- Mhaske, S. N., Pathak, K., Dash, S. S., & Nayak, D. B. (2021). Assessment and management of soil erosion in the hilltop mining dominated catchment using GIS integrated RUSLE model. *Journal of Environmental Management*, 294(March 2020), 112987. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112987>
- Olika, G., Fikadu, G., & Gedefa, B. (2023). GIS based soil loss assessment using RUSLE model: A case of Horo district, western Ethiopia. *Heliyon*, 9(2), e13313. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13313>
- Olivares, B., Lobo, D., & Verbist, K. (2015). Aplicación del modelo USLE en parcelas de erosión bajoprácticas de conservación de suelos y aguas en San Pedro de Melipilla, Chile. *Revista Ciencia e Ingeniería*, 36(December 2017), 3–9. <http://hdl.handle.net/1854/LU-8728716>
- Ordoñez, J. J. (2019). Movimiento en masa por lluvias intensas en el Perú. In *Dirección de Hidrología* – *DHI*. <http://repositorio.senamhi.gob.pe/handle/20.500.12542/291#.XuuzTXE3a2o.mendele y>
- Özşahin, E. (2023). Climate change effect on soil erosion using different erosion models: A case study in the Naip Dam basin, Türkiye. *Computers and Electronics in Agriculture*, 207(February). <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.107711>
- Pacho, R. D. (2021). *Efecto de coberturas con leguminosas para reducir la erosión hídrica y mejorar la calidad del suelo en el cultivo de quinua (chenopodium quinoa willd) - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Paco, F. Y. (2022). *Influencia de medidas de conservación de suelos en la erosión hídrica en la microcuenca del río temporal Escalerani- Puno* [Universidad Nacional del Altiplano]. http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/7104/Molleapaza_Mamani_Joel_Neftali.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Pearson, R. G., & Dawson, T. P. (2003). Predicting the impacts of climate change on the distribution of species: Are bioclimate envelope models useful? *Global Ecology and Biogeography*, *12*(5), 361–371. <https://doi.org/10.1046/j.1466-822X.2003.00042.x>
- Phillips, S. B., Aneja, V. P., Kang, D., & Arya, S. P. (2006). Modelling and analysis of the atmospheric nitrogen deposition in North Carolina. *International Journal of Global Environmental Issues*, *6*(2–3), 231–252. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026>
- Phillips, S. J., Anderson, R. p., Dudík, M., Schapire, R. E., & Blair, M. E. (2017). Opening the black box an open-source release of Maxent.pdf. *Ecography*, *40*(7), 887–893. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/ecog.03049>
- Quispe, W. R. (2022). *Modelamiento de los efectos del cambio climático en la distribución potencial de seis especies del genero polylepis en los Andes Peruanos* [Universidad Nacional del Centro del Perú]. https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/8305/T010_47661879_T.pdf?sequence=1
- Quispe, W. R., & Elias, E. (2020). Distribución potencial de puya raimondii harms en futuros escenarios del cambio climático. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, *22*(2), 170–181. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2020.605> Journal
- Renard, K. G. (1997). Predicting Soil Erosion. In *ASAE Publ* (Issues 4–77).
- Renard, K. G., & Freimund, J. R. (1994). Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. *Journal of Hydrology*, *157*(1–4), 287–306. [https://doi.org/10.1016/0022-1694\(94\)90110-4](https://doi.org/10.1016/0022-1694(94)90110-4)
- Rengifo, I. Y., Muñoz, F. A., & Toro, O. A. (2022). *Modelo USLE para estimar la erosión hídrica en siete municipios de la zona andina colombiana*. *20*(2), 29–44.
- Robins, P., & Burgoa, B. (2016). *Guía de prácticas para el manejo de erosión y escorrentía agrícola en laderas* (Issue October).
- Sabino, E., Felipe, O. G., & Lavado, W. S. (2017). Atlas de erosión de suelos por regiones hidrológicas del Perú. In *Senamhi*. https://idesep.senamhi.gob.pe/portaledesep/files/tematica/atlas/erosion_de_suelo/Atlas_Erosion_Suelos_por_Regiones_Hidrologicas_Peru.pdf

- Saha, M., Sauda, S. S., Real, H. R. K., & Mahmud, M. (2022). Estimation of annual rate and spatial distribution of soil erosion in the Jamuna basin using RUSLE model: A geospatial approach. *Environmental Challenges*, 8(April), 100524. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2022.100524>
- Sangita, S., & Maity, R. (2023). Journal of Hydrology : Regional Studies Effect of climate change on soil erosion indicates a dominance of rainfall over LULC changes. *Journal of Hydrology: Regional Studies*, 47(April), 101373. <https://doi.org/10.1016/j.ejrh.2023.101373>
- Sathiyamurthi, S., Ramya, M., Saravanan, S., & Subramani, T. (2023). Estimation of soil erosion for a semi-urban watershed in Tamil Nadu, India using RUSLE and geospatial techniques. *Urban Climate*, 48(July 2022), 101424. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2023.101424>
- Senanayake, S., & Pradhan, B. (2022). Predicting soil erosion susceptibility associated with climate change scenarios in the Central Highlands of Sri Lanka. *Journal of Environmental Management*, 308(January), 114589. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2022.114589>
- Senanayake, S., Pradhan, B., Alamri, A., & Park, H. J. (2022). A new application of deep neural network (LSTM) and RUSLE models in soil erosion prediction. *Science of the Total Environment*, 845(July), 157220. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.157220>
- Simoës, M., Romero, D., Nuñez, C., Jiménez, L. E., & Cobos, M. (2020). General Theory and Good Practices in Ecological Niche Modeling: A Basic Guide. *Biodiversity Informatics*, 15(2), 67–68. <https://doi.org/10.17161/bi.v15i2.13376>
- Solagro. (2019). *Erosionamiento de la tierra en el Perú*. <https://solagro.com.pe/blog/erosion-de-la-tierra-del-cultivo-en-el-peru/>
- Swinton, S. M., & Quiroz, R. (2003). Is poverty to blame for soil, pasture and forest degradation in Peru's Altiplano? *World Development*, 31(11), 1903–1919. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2003.06.004>
- Utgés, M., Nualart, N., & López, J. (2022). *Misidentifications of herbarium specimens are a great problem for distribution studies : Kalanchoe as a case study*.

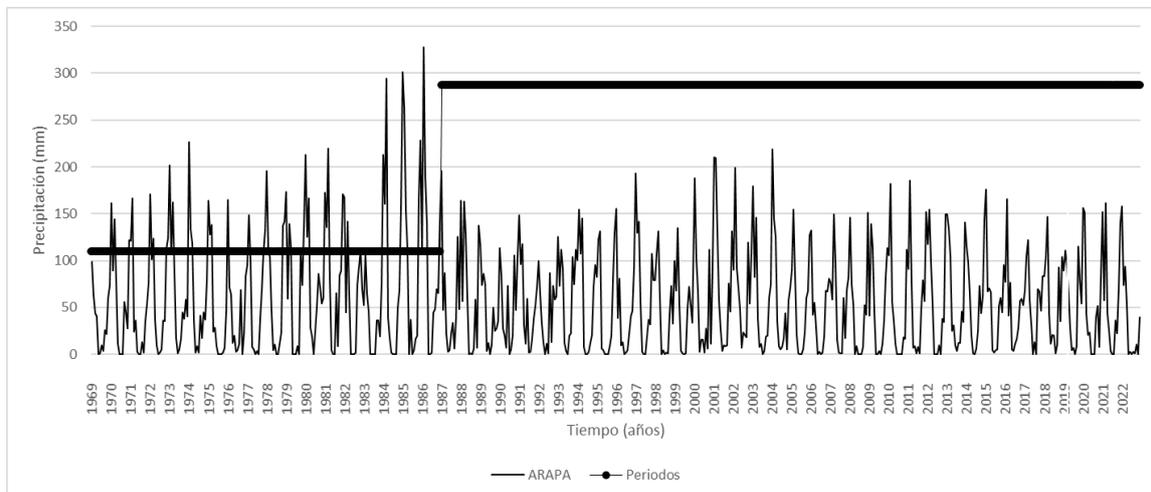
- Valeriano, F. G., & Mamani, D. L. (2023). *Modelamiento de acumulación de sedimentos a los 5, 10, 20 y 50 años en el embalse Sapancota – Pucara – Lampa – Puno*. Universidad Nacional del Altiplano.
- Vega, C. K., Villegas, G. C., Rocabado, P. A., Quezada, J. A. N., López, M. Y., & Quevedo, A. W. (2018). *Biología reproductiva de tres especies de Polylepis (P. neglecta, P. incarum y P. pacensis), con énfasis en su comportamiento germinativo*. 310–324.
- Vila, M. L., Egoavil, J. A., Apaza, R. D., & Mamani, W. O. (2023). *Reforestación comunitaria altoandina de Picaflor Cututuni, Arapa, Azángaro*. <https://www.manosperu.org.pe/comunicaciones/reflexion/reforestacion-comunitaria-altoandina-de-picaflor-cututuni-arapa-azangaro>
- Wischmeier, W. H., & Smith, D. D. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses: A Guide to Conservation Planning. *Department of Agriculture, Science and Education Administration*. [http://refhub.elsevier.com/S0022-1694\(22\)01552-9/h0295](http://refhub.elsevier.com/S0022-1694(22)01552-9/h0295)
- Xu, Z., Zhang, S., Zhou, Y., Hou, X., & Yang, X. (2022). Characteristics of watershed dynamic sediment delivery based on improved RUSLE model. *Catena*, 219(August), 106602. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2022.106602>
- Yallico, E. (1992). *Distribución de Polylepis en el sur de Puno*. ARBOLANDINO.
- Zavala, B., & Guerrero, C. (2006). *Estudio geoambiental Cuenca Río Ramis*.
- Zutta, B. R., Rundel, P. W., Saatchi, S., Casana, J. D., Gauthier, P., Soto, A., Velazco, Y., & Buermann, W. (2012). Prediciendo la distribución de Polylepis: bosques Andinos vulnerables y cada vez más importantes. *Revista Peruana de Biología*, 19(2), 205–212. <https://doi.org/10.15381/rpb.v19i2.849>

ANEXOS

Anexo 1. Análisis estadístico de datos de las precipitaciones pluviales

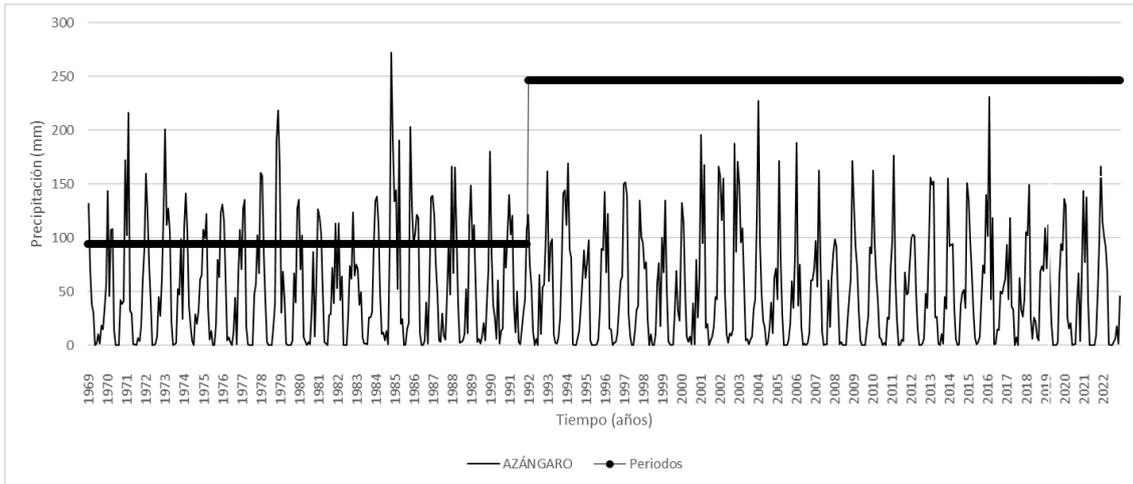
A. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Arapa.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1969 – 1986	213	53.388	55.2051	0.83	1.96	1.12	1.22	No	No
1987 – 2022	416	57.3783	58.3943						



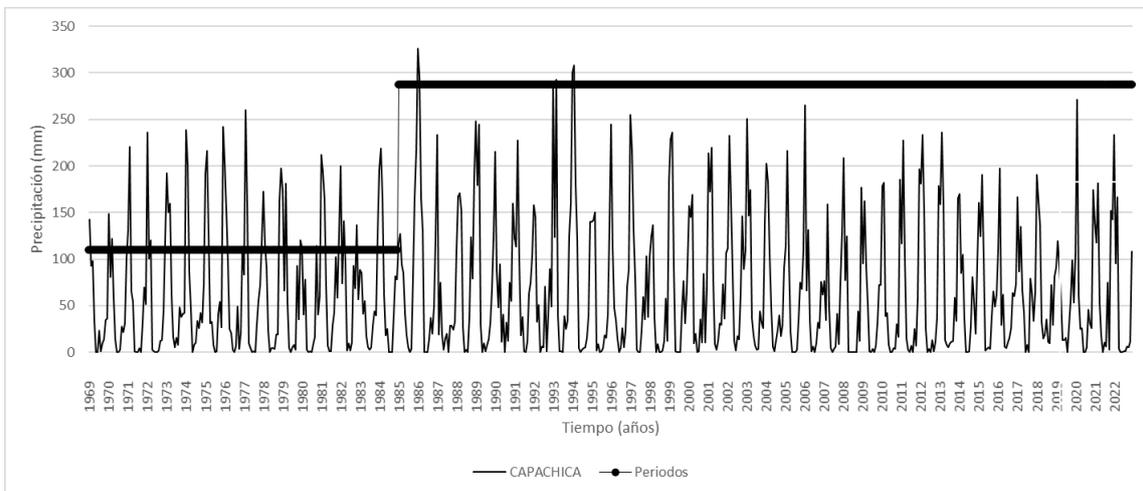
B. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Azángaro.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1969 – 1991	195	51.9222	51.8125	0.11	1.96	1.09	1.24	No	No
1992 – 2022	357	52.4577	54.2013						



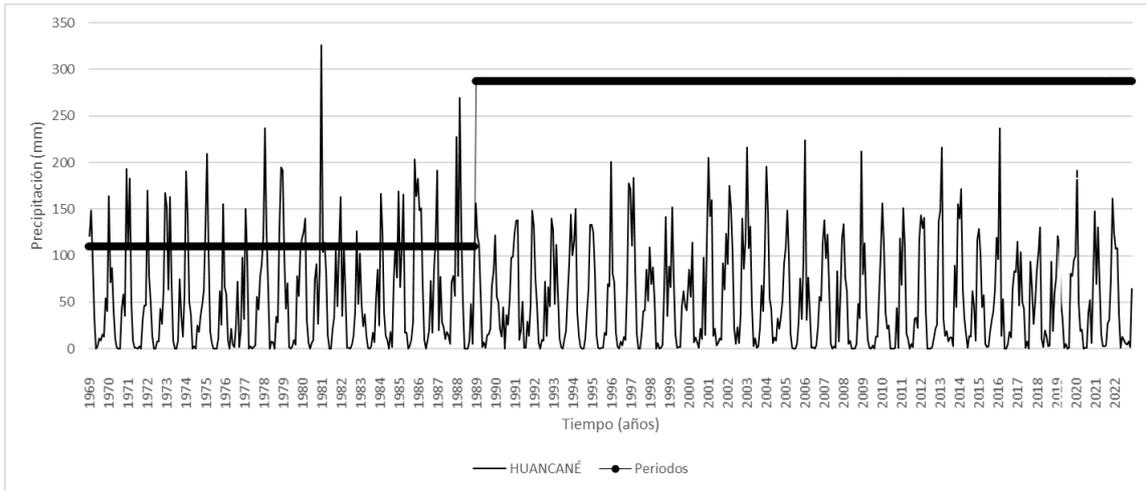
C. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Capachica.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1969 – 1984	136	59.5841	68.0968	1.10	1.96	1.15	1.27	No	No
1985 – 2022	438	67.3268	73.0376						



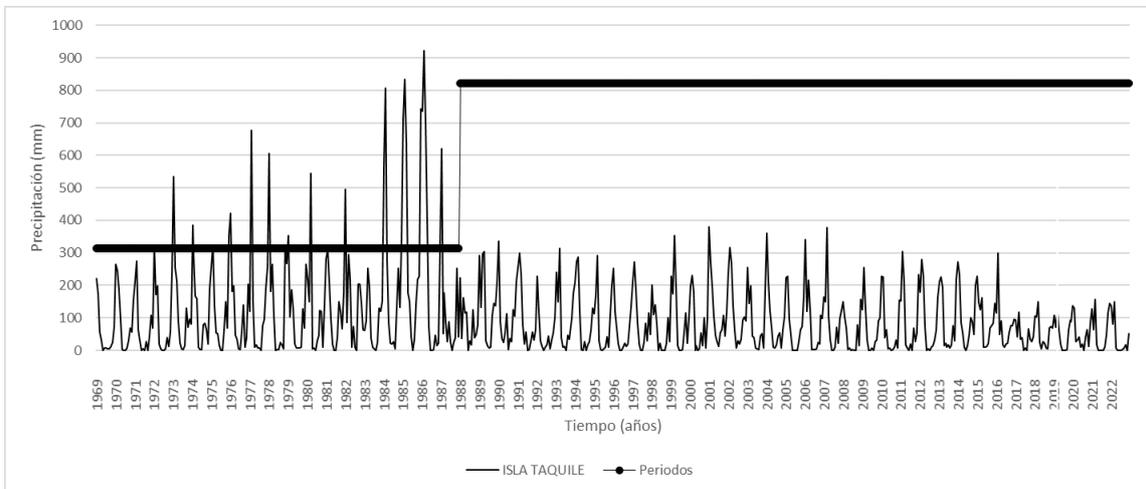
D. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Huancané.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1988 – 1988	237	49.1381	55.1521						
1989 – 2022	375	56.5978	58.3943	0.83	1.96	1.12	1.22	No	No



E. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Azángaro Isla Taquile.

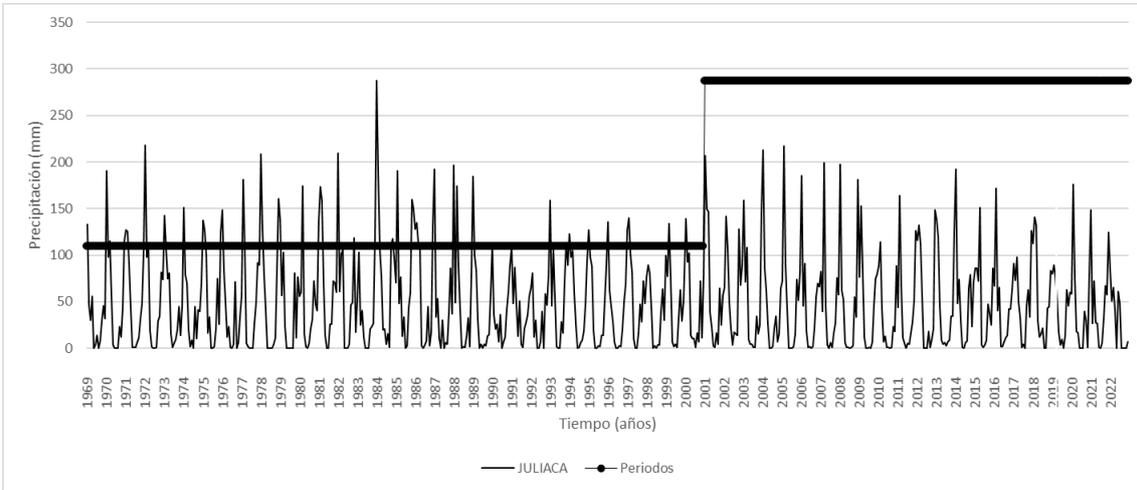
Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1988 – 1988	237	49.1381	55.1521	0.83	1.96	1.12	1.22	No	No
1989 – 2022	375	56.5978	58.3943						



F. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Juliaca.

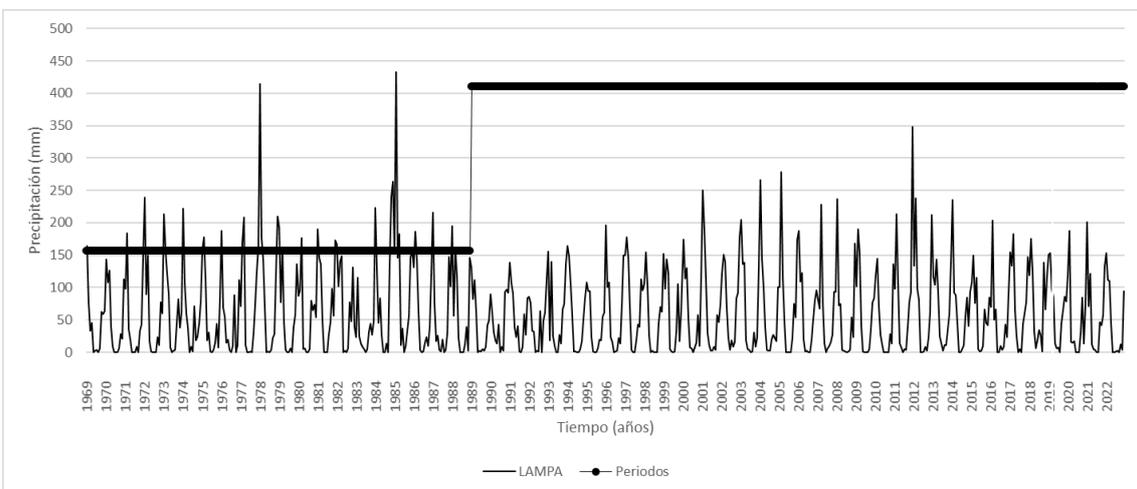
Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St

1969 – 2000	316	47.6486	50.4015						
2001 – 2022	242	502277	53.2949	0.58	1.96	1.12	1.22	No	No



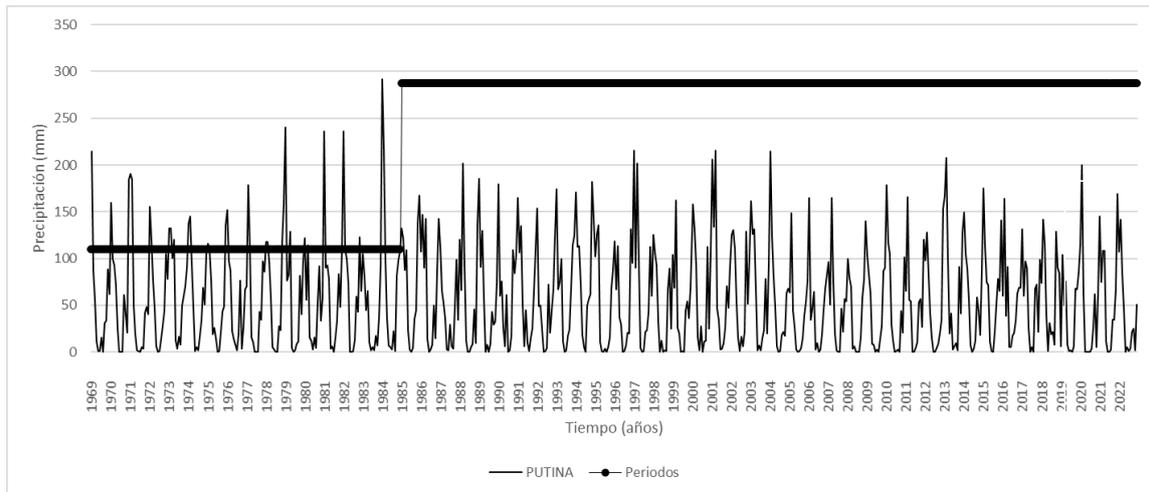
G. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Lampa.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1969 – 1988	238	54.7176	62.0362						
1989 – 2022	405	61.5093	67.3481	1.27	1.96	1.18	1.21	No	No



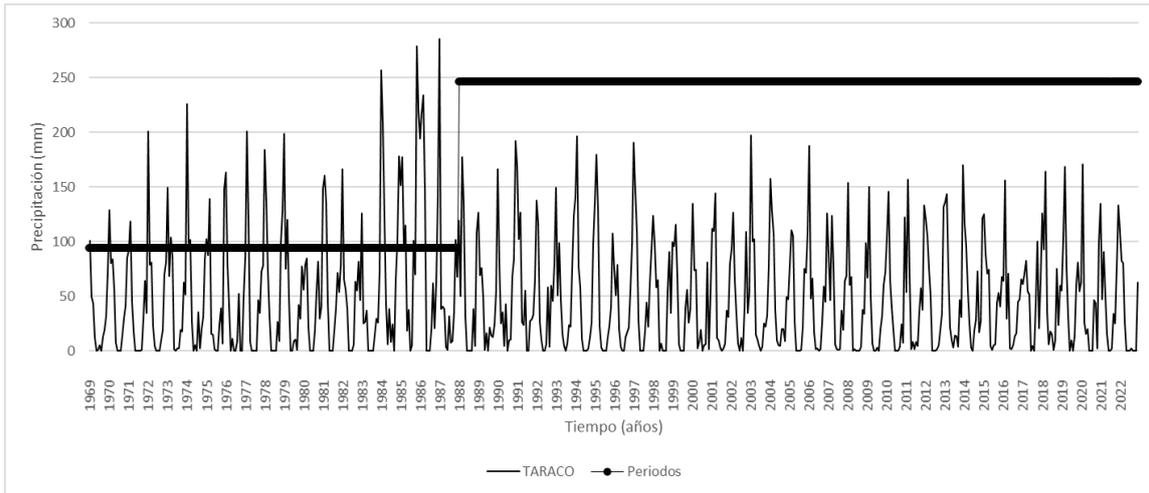
H. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Putina.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1969 – 1984	189	53.8543	53.1665	0.55	1.96	1.08	1.23	No	No
1985 – 2022	444	56.4710	55.3221						



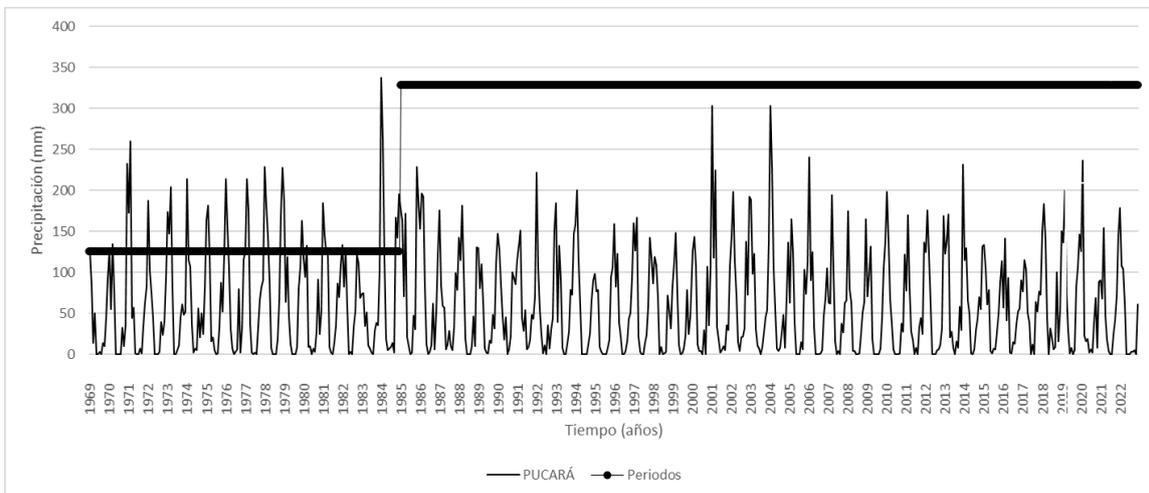
I. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Taraco.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1969 – 1987	228	43.2519	50.4264	1.81	1.96	1.17	1.22	No	No
1988 – 2022	407	51.1951	54.4426						



J. Evaluación de consistencia utilizando la prueba T de Student y la prueba F de Fisher sobre las precipitaciones en la estación Pucará.

Periodos	N	Media	Desc. Std	Prueba estadística 95%				Cambios	
				Tc	Tt	Fc	Ft	Media	dv. St
1969 – 1984	192	59.1870	64.8511	0.64	1.96	1.04	1.22	No	No
1985 – 2022	437	62.7501	63.5853						



Anexo 2. Precipitaciones medias mensuales 1969 – 2022

A. Precipitaciones medias mensuales – estación Arapa

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA															
(mm)															
Estación	:ARAPA				Latitud	:15°10'42.86" S			Departamento	:PUNO					
Tipo	:CO - Meteorológica				Longitud	:70°6'32.56" W			Provincia	:AZÁNGARO					
Cuenca	:RAMIS				Altitud	:3837 msnm			Distrito	:ARAPA					
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1	1969	99.00	62.70	43.90	40.70	0.00	1.20	9.50	3.70	26.10	21.10	59.70	72.90	440.50	
2	1970	161.30	89.40	144.40	77.40	11.50	0.00	0.00	0.20	56.20	45.00	27.10	121.50	734.00	
3	1971	121.00	166.30	24.50	35.90	2.80	0.00	0.00	12.60	2.00	35.20	53.10	76.70	530.10	
4	1972	171.20	101.60	123.80	37.20	9.90	0.00	1.40	5.10	36.00	35.20	112.10	123.50	757.00	
5	1973	201.70	107.60	162.20	85.80	17.30	0.50	5.40	16.40	44.90	38.10	58.00	40.00	777.90	
6	1974	227.00	132.80	118.90	35.90	1.70	8.50	1.70	41.60	16.80	44.90	36.70	78.10	744.60	
7	1975	164.30	128.00	138.20	24.40	28.70	8.80	0.00	0.00	0.00	2.00	6.70	45.30	546.40	
8	1976	164.90	71.40	63.60	11.80	19.40	2.60	4.00	10.80	68.60	0.30	23.40	83.60	524.40	
9	1977	95.40	148.50	101.50	7.40	5.60	0.00	3.40	0.00	38.60	68.60	109.40	132.60	711.00	
10	1978	196.10	108.80	103.60	45.60	4.20	10.20	0.20	0.00	11.00	23.20	137.20	142.00	782.10	
11	1979	173.00	59.60	139.50	113.00	0.20	0.00	0.00	8.40	0.20	111.20	73.60	134.40	813.10	
12	1980	212.60	125.20	166.60	28.00	19.00	0.00	25.10	50.40	85.60	71.70	53.80	60.40	898.40	
13	1981	172.20	135.30	219.70	80.10	4.00	0.10	0.00	65.10	8.80	83.90	89.40	170.80	1029.40	
14	1982	167.30	44.60	141.40	63.30	0.40	0.00	0.00	1.80	74.10	93.40	110.50	69.40	766.20	
15	1983	52.80	106.50	64.00	45.60	0.00	0.00	0.00	0.00	35.70	36.40	18.70	74.30	434.00	
16	1984	212.50	160.30	294.60	38.80	17.30	1.50	0.00	0.00	0.00	49.60	67.60	159.10	1001.30	
17	1985	301.10	263.30	152.80	111.90	0.00	36.80	0.00	4.70	16.60	20.20	166.30	228.70	1302.40	
18	1986	110.20	327.80	188.90	129.96	0.00	0.00	2.10	44.80	48.20	69.20	61.16	140.29	1122.61	
19	1987	197.50	46.90	86.60	21.70	2.80	4.30	22.20	33.30	6.00	38.50	125.00	48.50	633.30	
20	1988	164.20	56.90	163.00	127.90	59.40	0.00	0.80	0.00	6.00	58.30	6.60	137.50	780.60	
21	1989	116.70	73.90	85.90	75.10	3.90	11.70	0.00	9.20	50.20	24.70	27.20	35.60	514.10	
22	1990	113.60	84.40	27.30	19.60	6.70	72.80	0.00	5.50	19.50	105.90	47.00	104.20	606.50	
23	1991	148.90	96.10	117.40	31.00	11.50	59.60	1.80	2.30	16.00	37.60	51.80	71.70	645.70	
24	1992	99.60	64.70	32.80	11.90	0.00	11.00	0.60	86.70	13.30	73.10	58.30	62.00	514.00	
25	1993	125.50	73.10	111.70	91.10	11.80	3.50	0.00	19.80	22.00	103.80	74.70	111.60	748.60	
26	1994	100.60	154.90	107.50	145.20	8.00	0.40	0.00	3.00	11.90	21.00	72.40	95.50	720.40	
27	1995	82.40	122.80	131.50	6.40	4.30	0.00	0.00	0.00	9.00	19.50	80.30	129.60	585.80	
28	1996	155.70	38.70	80.80	9.30	13.00	0.00	1.70	4.70	22.50	40.70	46.20	92.80	506.10	
29	1997	193.20	129.90	141.80	55.40	2.50	0.00	0.00	18.70	36.80	31.80	107.00	78.90	796.00	
30	1998	78.90	107.60	131.60	59.00	0.00	4.30	0.00	1.40	0.90	42.70	72.60	33.00	532.00	
31	1999	99.80	68.00	134.60	52.00	3.50	1.00	0.00	0.50	48.30	72.20	52.30	33.10	565.30	
32	2000	187.80	102.20	68.00	2.90	15.60	15.60	1.60	27.50	6.40	111.90	11.40	89.90	640.80	
33	2001	210.00	209.40	129.40	57.90	27.00	3.20	9.20	9.00	9.60	75.70	45.20	131.70	917.30	
34	2002	90.40	198.80	91.70	70.30	47.80	6.50	23.60	20.40	17.70	119.10	54.20	107.30	847.80	
35	2003	179.20	82.60	145.80	37.70	7.80	11.40	0.00	3.50	19.20	19.40	59.80	74.60	641.00	
36	2004	219.00	144.40	125.40	35.60	8.40	5.60	7.80	17.10	43.80	5.60	57.60	70.60	740.90	
37	2005	90.00	154.80	83.80	20.50	1.00	0.00	0.00	5.20	22.80	60.00	68.20	126.80	633.10	

Continuación

38	2006	131.80	42.40	55.20	28.40	0.00	2.60	0.00	1.40	19.00	67.60	67.40	80.60	496.40
39	2007	76.80	58.80	149.80	98.20	15.80	1.80	1.00	1.20	59.80	17.00	68.30	81.80	630.30
40	2008	146.20	74.90	53.00	0.00	8.60	0.40	0.00	0.00	7.60	52.20	42.10	150.80	535.80
41	2009	41.10	139.10	113.00	44.40	0.00	0.00	3.60	0.00	11.60	35.20	82.00	113.50	583.50
42	2010	105.80	181.80	55.40	35.70	10.80	0.00	0.00	0.00	0.00	17.70	16.10	111.40	534.70
43	2011	90.80	185.30	76.30	6.70	8.30	0.60	7.60	0.90	48.60	78.90	56.90	151.80	712.70
44	2012	117.40	154.90	98.50	53.60	0.00	0.00	0.00	9.70	0.40	37.50	34.80	149.00	655.80
45	2013	149.10	133.50	104.80	24.60	30.90	9.90	3.20	11.90	12.00	45.50	34.20	140.60	700.20
46	2014	115.40	98.10	64.20	20.10	1.00	0.00	6.10	24.70	73.20	43.40	61.50	143.30	651.00
47	2015	175.80	67.40	70.10	66.20	4.20	1.80	4.00	5.30	51.90	59.90	44.90	95.10	646.60
48	2016	77.30	165.33	40.54	79.05	2.76	2.94	13.70	17.57	29.50	56.08	58.05	52.50	595.32
49	2017	68.10	105.10	121.80	57.30	31.70	0.00	12.80	0.00	69.80	67.40	46.70	83.20	663.90
50	2018	83.60	104.40	146.70	42.80	11.60	20.70	20.20	0.50	10.00	92.80	35.30	103.90	672.50
51	2019	93.63	113.15	94.60	65.60	27.60	4.60	6.70	0.00	8.50	114.70	79.40	54.00	662.48
52	2020	156.20	150.90	41.85	21.25	21.95	0.00	0.00	0.00	39.60	51.90	7.40	81.80	572.85
53	2021	151.80	57.60	161.80	44.20	25.60	3.90	0.00	0.00	36.10	22.50	68.30	139.70	711.50
54	2022	158.20	74.00	93.60	54.20	0.00	2.60	0.00	2.90	0.90	10.20	0.00	39.40	436.00
MEDIA		140.66	115.86	109.81	49.73	10.70	6.17	3.72	11.29	26.48	51.50	58.99	99.28	684.19
MAX		301.10	327.80	294.60	145.20	59.40	72.80	25.10	86.70	85.60	119.10	166.30	228.70	1912.40

B. Precipitaciones medias mensuales – estación Azángaro.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA														
(mm)														
Estación		:AZÁNGARO			Latitud		:14°55'1.9" S			Departamento		:PUNO		
Tipo		:CO - Meteorológica			Longitud		:70°11'25.7" W			Provincia		:AZÁNGARO		
Cuenca		:RAMIS			Altitud		:3857 msnm			Distrito		:AZÁNGARO		
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	1969	132.03	70.26	38.39	30.08	0.00	1.40	10.68	1.70	18.19	14.84	33.55	55.94	407.06
2	1970	143.35	45.32	107.79	108.36	13.80	0.00	0.00	0.00	42.21	37.93	40.94	172.44	712.14
3	1971	102.59	216.55	32.62	29.27	0.50	0.60	0.30	6.87	3.53	17.73	61.26	89.31	561.13
4	1972	159.51	122.57	76.15	40.01	0.00	0.00	1.45	8.03	44.86	27.20	61.03	119.91	660.72
5	1973	200.50	112.06	127.18	105.02	22.46	0.00	0.75	2.49	51.90	47.29	98.78	24.31	792.74
6	1974	109.98	141.16	105.82	37.12	18.77	3.87	0.00	28.70	19.69	31.47	61.14	65.18	622.90
7	1975	107.67	99.13	122.22	35.05	5.14	13.57	0.00	0.00	20.73	79.61	63.22	123.84	670.18
8	1976	130.65	115.18	63.10	4.56	7.10	3.18	0.40	12.19	44.40	0.64	67.26	107.79	556.45
9	1977	70.95	127.30	135.61	17.03	0.75	0.00	0.00	0.00	46.82	56.41	102.13	67.26	624.26
10	1978	160.32	157.67	86.43	40.01	2.70	0.00	0.00	0.00	17.38	37.93	191.38	218.86	912.68
11	1979	165.52	29.97	68.65	42.55	1.45	0.00	0.00	0.00	4.33	67.14	39.66	127.07	546.34
12	1980	135.50	70.95	102.24	7.22	3.41	0.00	3.18	0.99	30.77	86.77	8.49	62.53	512.05
13	1981	126.72	118.41	103.40	51.10	3.29	1.45	0.00	27.89	28.81	72.34	38.86	113.10	685.37
14	1982	52.83	113.56	41.63	64.37	0.00	0.00	0.00	28.00	60.35	70.92	109.86	59.75	601.27
15	1983	70.90	69.11	33.96	40.48	7.43	2.21	2.56	1.53	27.35	27.63	32.97	91.20	407.33
16	1984	149.28	164.90	110.22	38.55	7.82	8.34	6.96	14.43	0.80	87.23	272.55	189.76	1050.84

Continuación

17	1985	144.33	147.75	52.02	190.23	19.42	18.15	0.00	0.70	15.65	20.27	203.16	128.45	940.13
18	1986	94.97	103.75	130.90	100.75	10.24	0.00	0.00	4.10	39.55	1.68	55.74	119.13	660.81
19	1987	142.99	120.95	75.00	48.32	4.10	2.95	29.62	7.37	4.55	44.68	87.97	55.36	623.86
20	1988	167.89	69.91	161.79	98.68	33.85	0.00	2.64	2.53	8.58	48.79	10.03	106.96	711.65
21	1989	130.53	84.36	107.95	58.86	2.96	4.63	1.28	9.92	20.84	4.33	37.82	71.30	534.78
22	1990	180.41	84.58	60.74	31.15	9.86	49.75	0.30	9.01	17.09	98.35	80.71	95.59	717.54
23	1991	125.11	107.23	129.87	36.48	19.65	47.68	3.17	5.36	17.89	32.96	42.43	91.79	659.62
24	1992	142.58	76.77	49.70	14.40	0.00	8.00	0.00	59.80	7.95	48.08	49.69	128.69	585.66
25	1993	142.80	54.50	84.30	87.90	11.60	4.80	1.30	9.20	24.40	68.60	125.40	127.40	742.20
26	1994	111.70	169.30	89.10	72.47	0.50	0.00	0.00	6.30	13.40	35.60	59.80	88.10	646.27
27	1995	62.30	78.00	97.80	4.60	0.20	0.00	0.00	0.60	5.10	33.10	90.00	88.40	460.10
28	1996	142.50	67.90	121.90	15.70	15.00	0.30	2.00	3.10	11.20	35.20	59.50	64.00	538.30
29	1997	150.40	151.30	139.10	30.10	7.80	0.00	0.00	13.10	32.10	36.90	134.60	100.50	795.90
30	1998	95.00	71.40	77.20	24.60	0.00	10.50	0.00	0.00	11.00	58.00	76.30	17.60	441.60
31	1999	99.80	68.00	134.60	52.00	3.50	1.00	0.00	0.50	30.60	69.30	31.80	23.20	514.30
32	2000	132.40	114.00	51.30	8.40	2.90	7.90	0.50	38.80	0.70	79.80	25.60	65.30	527.60
33	2001	195.40	94.80	168.00	15.90	19.90	0.00	4.40	8.00	16.60	44.90	42.50	166.60	777.00
34	2002	157.40	116.40	155.40	49.10	10.30	1.90	10.80	9.00	15.00	187.30	87.10	170.60	970.30
35	2003	149.90	95.30	109.10	58.90	4.70	5.70	0.60	5.00	7.80	32.90	42.40	118.20	630.50
36	2004	227.40	93.90	47.70	22.80	15.90	0.00	2.80	16.50	39.60	11.00	62.60	71.50	611.70
37	2005	42.50	171.80	78.50	28.60	0.30	0.00	0.00	5.00	19.60	59.80	34.30	84.50	524.90
38	2006	188.70	36.70	75.30	17.20	0.20	1.30	0.00	2.30	11.30	60.60	60.60	71.10	525.30
39	2007	96.90	54.50	162.80	80.50	12.50	0.30	0.60	0.80	60.60	17.10	62.80	85.30	634.70
40	2008	98.40	91.90	43.70	1.00	3.10	0.00	0.00	0.00	22.80	44.00	61.50	171.60	538.00
41	2009	130.00	91.90	72.20	33.20	4.40	0.00	0.40	0.00	14.20	28.20	91.10	85.40	551.00
42	2010	162.60	95.10	63.10	41.80	7.60	5.80	0.30	2.30	0.00	25.60	24.50	70.70	499.40
43	2011	96.70	176.30	60.90	23.40	0.30	0.00	5.50	3.80	67.90	46.80	36.22	76.10	593.92
44	2012	99.70	103.20	101.60	49.40	14.60	0.00	0.00	1.30	6.60	47.50	34.60	93.20	551.70
45	2013	156.20	149.50	152.00	25.80	26.30	1.60	0.30	10.60	1.50	44.60	33.90	155.10	757.40
46	2014	92.20	93.30	94.10	33.90	5.30	0.00	0.90	37.50	48.30	51.20	34.90	150.90	642.50
47	2015	135.50	97.90	65.30	31.50	6.70	0.60	2.90	8.30	42.20	74.30	66.70	139.70	671.60
48	2016	101.20	230.80	42.50	118.70	0.80	1.50	12.83	14.10	49.70	48.00	50.23	61.60	731.96
49	2017	93.20	42.60	118.20	36.10	33.50	0.40	7.30	0.00	62.80	33.40	26.30	42.50	496.30
50	2018	105.00	102.60	149.30	24.20	6.10	26.00	22.10	7.50	4.60	68.20	73.50	68.90	658.00
51	2019	108.80	71.30	111.70	61.70	19.80	0.00	0.30	0.00	3.30	65.00	94.10	88.20	624.20
52	2020	136.30	129.40	26.00	13.94	22.60	2.54	2.43	1.43	38.20	67.00	3.60	63.40	506.84
53	2021	143.20	77.40	137.40	40.50	0.40	0.30	0.00	0.00	8.60	47.40	96.60	166.00	717.80
54	2022	114.70	101.90	91.30	68.60	0.70	0.00	0.00	2.70	6.10	17.60	1.20	46.00	450.80
MEDIA		128.07	104.86	93.42	45.23	8.37	4.41	2.62	8.14	23.52	48.17	66.20	98.28	631.29
MAX		227.40	230.80	168.00	118.70	33.50	26.00	22.10	38.80	67.90	187.30	134.60	171.60	1426.70

C. Precipitaciones medias mensuales – estación Capachica.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA															
(mm)															
Estación	:CAPACHICA				Latitud	:15°36'48.4" S			Departamento	:PUNO					
Tipo	:CO - Meteorológica				Longitud	:69°50'32" W			Provincia	:AZÁNGARO					
Cuenca	:RAMIS				Altitud	:3822 msnm			Distrito	:CAPACHICA					
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1	1969	142.50	92.40	98.30	33.30	0.00	0.40	23.10	0.70	9.40	14.00	34.80	35.80	484.70	
2	1970	148.30	80.40	121.60	58.20	14.10	0.20	0.00	2.60	27.70	21.60	30.70	101.20	606.60	
3	1971	130.10	220.40	65.40	54.30	0.50	0.00	0.00	4.10	0.20	31.40	69.70	51.70	627.80	
4	1972	236.10	100.40	120.40	2.70	0.90	0.00	0.20	2.00	12.40	12.60	44.10	119.10	650.90	
5	1973	192.40	150.30	159.90	60.80	16.70	5.00	15.10	8.10	48.10	37.60	41.50	41.70	777.20	
6	1974	238.30	200.90	85.70	45.60	0.00	8.10	10.70	33.80	25.40	42.20	31.80	71.90	794.40	
7	1975	191.60	216.10	126.70	30.80	32.80	8.00	0.00	0.70	41.40	54.30	26.40	242.10	970.90	
8	1976	203.80	152.40	96.90	24.70	21.00	2.90	0.20	6.70	49.00	3.30	19.99	111.80	692.69	
9	1977	83.70	260.40	156.60	9.60	4.00	0.00	0.80	0.00	30.60	55.40	72.20	117.00	790.30	
10	1978	172.90	116.70	91.40	23.10	0.00	4.20	4.30	2.91	15.30	23.84	163.00	197.50	815.15	
11	1979	174.50	66.30	180.80	52.40	4.00	0.00	4.46	7.60	2.86	87.85	46.62	144.64	772.03	
12	1980	113.11	40.50	77.90	2.20	0.00	0.80	0.00	9.00	16.70	113.13	42.40	53.75	469.49	
13	1981	221.82	185.01	166.01	84.64	4.12	3.82	0.69	30.93	45.59	109.52	60.17	127.75	1040.07	
14	1982	196.28	73.42	139.06	99.61	2.23	9.02	1.89	12.45	81.54	82.95	151.18	51.80	901.43	
15	1983	83.71	76.97	48.49	54.81	13.51	3.76	2.33	4.84	30.11	45.97	39.29	120.42	524.21	
16	1984	192.67	231.44	152.08	53.75	19.38	21.56	0.00	0.00	0.00	39.20	81.90	78.00	869.98	
17	1985	116.60	126.70	93.40	84.90	41.00	18.10	4.80	0.00	3.50	83.10	166.70	216.60	955.40	
18	1986	326.10	295.20	164.70	131.00	0.40	0.00	0.00	14.90	37.10	20.20	49.00	123.00	1161.60	
19	1987	233.40	18.90	74.80	19.20	2.20	14.60	19.40	0.00	28.40	28.50	24.00	32.60	496.00	
20	1988	110.00	167.20	171.20	138.40	26.80	0.00	2.50	0.00	37.70	123.60	79.20	190.10	1046.70	
21	1989	248.30	179.30	244.40	29.60	0.00	8.89	1.79	9.23	13.90	31.40	66.40	123.40	956.61	
22	1990	215.70	87.00	47.90	94.60	11.20	40.80	0.00	31.50	12.30	74.50	54.70	159.90	830.10	
23	1991	122.70	113.10	227.60	96.60	18.95	38.00	0.50	0.00	11.50	62.50	74.50	103.00	868.95	
24	1992	157.70	145.00	32.50	51.00	0.00	6.00	5.00	70.00	0.50	40.50	89.00	49.00	646.20	
25	1993	284.00	123.50	293.00	39.00	1.00	0.50	0.00	38.70	25.30	34.00	124.80	159.50	1123.30	
26	1994	300.00	308.30	179.00	120.80	4.50	0.00	2.70	4.50	5.50	15.30	38.80	139.60	1119.00	
27	1995	140.20	141.70	150.30	1.80	8.40	0.00	0.50	4.50	18.20	15.90	40.70	133.00	655.20	
28	1996	244.90	111.30	47.10	34.50	14.90	0.00	4.40	25.50	5.60	22.00	70.40	88.80	669.40	
29	1997	255.30	217.40	132.20	79.40	2.50	0.00	0.00	22.90	59.30	35.60	103.10	38.00	945.70	
30	1998	102.20	124.50	136.40	36.20	0.00	8.20	0.00	0.00	1.80	12.40	57.40	12.10	491.20	
31	1999	184.40	229.00	236.10	91.50	0.90	0.00	0.00	0.00	42.90	76.40	30.60	64.70	956.50	
32	2000	157.00	145.00	169.10	9.50	20.00	0.00	1.00	35.20	10.70	84.10	18.66	68.80	719.06	
33	2001	214.10	172.70	219.40	75.40	9.00	2.60	12.20	31.00	29.00	73.30	35.70	106.50	980.90	
34	2002	111.50	232.70	163.80	85.90	12.00	2.00	17.60	13.70	62.40	146.10	89.70	109.20	1046.60	
35	2003	250.80	147.20	174.60	36.10	18.30	6.80	2.40	3.40	43.70	31.50	25.60	138.00	878.40	
36	2004	202.40	182.90	105.60	48.90	6.20	0.80	12.70	23.70	39.80	17.20	29.20	91.10	760.50	
37	2005	113.80	216.40	101.10	21.10	0.00	0.00	0.00	2.60	34.60	74.90	67.70	108.70	740.90	
38	2006	265.10	65.70	131.50	33.70	1.20	6.20	0.00	9.20	32.00	25.90	75.40	62.00	707.90	

Continuación

39	2007	76.50	34.70	158.50	46.60	4.20	0.00	3.20	6.40	41.50	9.00	75.30	128.90	584.80
40	2008	208.60	77.60	124.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.00	12.40	176.70	644.20
41	2009	94.90	162.30	91.10	52.60	0.80	0.00	3.50	0.00	6.80	31.70	72.10	72.50	588.30
42	2010	178.60	181.80	38.90	41.80	8.10	0.00	0.00	4.60	3.20	30.50	14.44	185.70	687.64
43	2011	116.90	227.10	102.70	14.50	2.30	0.00	6.60	0.00	25.20	6.50	57.80	197.00	756.60
44	2012	181.30	233.70	152.70	25.10	0.00	3.40	0.00	13.30	1.20	11.00	36.80	178.90	837.40
45	2013	158.70	236.00	158.40	12.90	7.70	5.10	9.20	11.60	12.20	58.10	33.30	165.30	868.50
46	2014	170.20	85.40	105.10	34.90	0.00	0.00	1.20	28.30	80.90	53.70	19.90	95.20	674.80
47	2015	160.20	124.70	190.50	101.60	2.00	2.98	5.00	3.40	38.30	64.90	49.33	62.10	805.01
48	2016	111.00	197.60	29.20	62.10	2.95	3.39	12.00	14.17	29.28	53.42	54.60	73.40	643.11
49	2017	166.50	86.50	135.20	66.00	42.20	0.00	7.50	0.00	79.40	63.10	33.20	64.30	743.90
50	2018	190.40	163.20	136.20	33.00	14.60	18.70	35.30	11.10	9.70	72.00	29.60	81.20	795.00
51	2019	90.60	119.70	91.50	59.00	12.50	13.20	15.60	0.00	28.10	55.00	98.80	53.10	637.10
52	2020	105.70	270.90	60.90	18.27	25.09	0.00	0.00	5.10	45.50	30.70	25.80	174.10	762.06
53	2021	140.20	117.60	182.10	52.40	17.00	0.00	10.00	6.10	75.10	2.80	151.60	142.30	897.20
54	2022	233.80	94.90	166.90	3.80	0.00	0.00	0.60	0.90	6.20	5.40	11.10	108.00	631.60
MEDIA		175.22	152.38	131.62	49.52	8.74	4.96	4.83	10.59	27.31	46.21	58.21	110.05	779.65
MAX		265.10	270.90	236.10	101.60	42.20	18.70	35.30	35.20	80.90	146.10	151.60	197.00	1580.70

D. Precipitaciones medias mensuales – estación Huancané.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA														
(mm)														
Estación	:HUANCANÉ			Latitud	:15°12'24.7" S			Departamento	:PUNO					
Tipo	:CO - Meteorológica			Longitud	:69°45'29.9" W			Provincia	:HUANCANÉ					
Cuenca	:RAMIS			Altitud	:3842 msnm			Distrito	:HUANCANÉ					
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	1969	142.50	92.40	98.30	33.30	0.00	0.40	23.10	0.70	9.40	14.00	34.80	35.80	484.70
2	1970	148.30	80.40	121.60	58.20	14.10	0.20	0.00	2.60	27.70	21.60	30.70	101.20	606.60
3	1971	130.10	220.40	65.40	54.30	0.50	0.00	0.00	4.10	0.20	31.40	69.70	51.70	627.80
4	1972	236.10	100.40	120.40	2.70	0.90	0.00	0.20	2.00	12.40	12.60	44.10	119.10	650.90
5	1973	192.40	150.30	159.90	60.80	16.70	5.00	15.10	8.10	48.10	37.60	41.50	41.70	777.20
6	1974	238.30	200.90	85.70	45.60	0.00	8.10	10.70	33.80	25.40	42.20	31.80	71.90	794.40
7	1975	191.60	216.10	126.70	30.80	32.80	8.00	0.00	0.70	41.40	54.30	26.40	242.10	970.90
8	1976	203.80	152.40	96.90	24.70	21.00	2.90	0.20	6.70	49.00	3.30	19.99	111.80	692.69
9	1977	83.70	260.40	156.60	9.60	4.00	0.00	0.80	0.00	30.60	55.40	72.20	117.00	790.30
10	1978	172.90	116.70	91.40	23.10	0.00	4.20	4.30	2.91	15.30	23.84	163.00	197.50	815.15
11	1979	174.50	66.30	180.80	52.40	4.00	0.00	4.46	7.60	2.86	87.85	46.62	144.64	772.03
12	1980	113.11	40.50	77.90	2.20	0.00	0.80	0.00	9.00	16.70	113.13	42.40	53.75	469.49
13	1981	221.82	185.01	166.01	84.64	4.12	3.82	0.69	30.93	45.59	109.52	60.17	127.75	1040.07
14	1982	196.28	73.42	139.06	99.61	2.23	9.02	1.89	12.45	81.54	82.95	151.18	51.80	901.43
15	1983	83.71	76.97	48.49	54.81	13.51	3.76	2.33	4.84	30.11	45.97	39.29	120.42	524.21
16	1984	192.67	231.44	152.08	53.75	19.38	21.56	0.00	0.00	0.00	39.20	81.90	78.00	869.98
17	1985	116.60	126.70	93.40	84.90	41.00	18.10	4.80	0.00	3.50	83.10	166.70	216.60	955.40

Continuación

18	1986	326.10	295.20	164.70	131.00	0.40	0.00	0.00	14.90	37.10	20.20	49.00	123.00	1161.60
19	1987	233.40	18.90	74.80	19.20	2.20	14.60	19.40	0.00	28.40	28.50	24.00	32.60	496.00
20	1988	110.00	167.20	171.20	138.40	26.80	0.00	2.50	0.00	37.70	123.60	79.20	190.10	1046.70
21	1989	248.30	179.30	244.40	29.60	0.00	8.89	1.79	9.23	13.90	31.40	66.40	123.40	956.61
22	1990	215.70	87.00	47.90	94.60	11.20	40.80	0.00	31.50	12.30	74.50	54.70	159.90	830.10
23	1991	122.70	113.10	227.60	96.60	18.95	38.00	0.50	0.00	11.50	62.50	74.50	103.00	868.95
24	1992	157.70	145.00	32.50	51.00	0.00	6.00	5.00	70.00	0.50	40.50	89.00	49.00	646.20
25	1993	284.00	123.50	293.00	39.00	1.00	0.50	0.00	38.70	25.30	34.00	124.80	159.50	1123.30
26	1994	300.00	308.30	179.00	120.80	4.50	0.00	2.70	4.50	5.50	15.30	38.80	139.60	1119.00
27	1995	140.20	141.70	150.30	1.80	8.40	0.00	0.50	4.50	18.20	15.90	40.70	133.00	655.20
28	1996	244.90	111.30	47.10	34.50	14.90	0.00	4.40	25.50	5.60	22.00	70.40	88.80	669.40
29	1997	255.30	217.40	132.20	79.40	2.50	0.00	0.00	22.90	59.30	35.60	103.10	38.00	945.70
30	1998	102.20	124.50	136.40	36.20	0.00	8.20	0.00	0.00	1.80	12.40	57.40	12.10	491.20
31	1999	184.40	229.00	236.10	91.50	0.90	0.00	0.00	0.00	42.90	76.40	30.60	64.70	956.50
32	2000	157.00	145.00	169.10	9.50	20.00	0.00	1.00	35.20	10.70	84.10	18.66	68.80	719.06
33	2001	214.10	172.70	219.40	75.40	9.00	2.60	12.20	31.00	29.00	73.30	35.70	106.50	980.90
34	2002	111.50	232.70	163.80	85.90	12.00	2.00	17.60	13.70	62.40	146.10	89.70	109.20	1046.60
35	2003	250.80	147.20	174.60	36.10	18.30	6.80	2.40	3.40	43.70	31.50	25.60	138.00	878.40
36	2004	202.40	182.90	105.60	48.90	6.20	0.80	12.70	23.70	39.80	17.20	29.20	91.10	760.50
37	2005	113.80	216.40	101.10	21.10	0.00	0.00	0.00	2.60	34.60	74.90	67.70	108.70	740.90
38	2006	265.10	65.70	131.50	33.70	1.20	6.20	0.00	9.20	32.00	25.90	75.40	62.00	707.90
39	2007	76.50	34.70	158.50	46.60	4.20	0.00	3.20	6.40	41.50	9.00	75.30	128.90	584.80
40	2008	208.60	77.60	124.90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.00	12.40	176.70	644.20
41	2009	94.90	162.30	91.10	52.60	0.80	0.00	3.50	0.00	6.80	31.70	72.10	72.50	588.30
42	2010	178.60	181.80	38.90	41.80	8.10	0.00	0.00	4.60	3.20	30.50	14.44	185.70	687.64
43	2011	116.90	227.10	102.70	14.50	2.30	0.00	6.60	0.00	25.20	6.50	57.80	197.00	756.60
44	2012	181.30	233.70	152.70	25.10	0.00	3.40	0.00	13.30	1.20	11.00	36.80	178.90	837.40
45	2013	158.70	236.00	158.40	12.90	7.70	5.10	9.20	11.60	12.20	58.10	33.30	165.30	868.50
46	2014	170.20	85.40	105.10	34.90	0.00	0.00	1.20	28.30	80.90	53.70	19.90	95.20	674.80
47	2015	160.20	124.70	190.50	101.60	2.00	2.98	5.00	3.40	38.30	64.90	49.33	62.10	805.01
48	2016	111.00	197.60	29.20	62.10	2.95	3.39	12.00	14.17	29.28	53.42	54.60	73.40	643.11
49	2017	166.50	86.50	135.20	66.00	42.20	0.00	7.50	0.00	79.40	63.10	33.20	64.30	743.90
50	2018	190.40	163.20	136.20	33.00	14.60	18.70	35.30	11.10	9.70	72.00	29.60	81.20	795.00
51	2019	90.60	119.70	91.50	59.00	12.50	13.20	15.60	0.00	28.10	55.00	98.80	53.10	637.10
52	2020	105.70	270.90	60.90	18.27	25.09	0.00	0.00	5.10	45.50	30.70	25.80	174.10	762.06
53	2021	140.20	117.60	182.10	52.40	17.00	0.00	10.00	6.10	75.10	2.80	151.60	142.30	897.20
54	2022	233.80	94.90	166.90	3.80	0.00	0.00	0.60	0.90	6.20	5.40	11.10	108.00	631.60
MEDIA		175.22	152.38	131.62	49.52	8.74	4.96	4.83	10.59	27.31	46.21	58.21	110.05	779.65
MAX		265.10	270.90	236.10	101.60	42.20	18.70	35.30	35.20	80.90	146.10	151.60	197.00	1580.70

E. Precipitaciones medias mensuales – estación Juliaca.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA															
(mm)															
Estación	:JULIACA				Latitud	:15°26'38.94" S			Departamento	:PUNO					
Tipo	:CO - Meteorológica				Longitud	:70°12'28.02" W			Provincia	:SAN ROMAN					
Cuenca	:RAMIS				Altitud	:3838 msnm			Distrito	:JULIACA					
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1	1969	133.40	46.50	29.70	55.70	0.00	3.20	14.20	0.00	8.10	29.20	45.20	31.60	396.80	
2	1970	190.40	98.10	115.30	55.60	3.20	0.00	0.00	0.00	22.90	11.80	42.20	114.80	654.30	
3	1971	127.20	125.70	90.00	43.30	0.80	1.08	0.70	5.70	10.80	30.80	47.40	103.30	586.78	
4	1972	217.70	97.90	109.90	18.80	2.00	0.00	0.00	0.80	29.00	34.50	81.70	74.20	666.50	
5	1973	142.30	107.40	74.70	80.30	15.70	1.20	5.40	9.20	20.00	45.00	14.20	44.40	559.80	
6	1974	150.90	79.00	69.90	19.90	1.80	8.40	0.00	44.80	10.70	40.90	39.90	69.40	535.60	
7	1975	137.10	126.80	100.50	16.60	33.90	0.20	0.00	1.50	21.00	74.30	25.90	124.60	662.40	
8	1976	148.70	83.00	48.80	11.90	23.30	1.00	0.00	4.10	71.30	0.00	6.30	33.30	431.70	
9	1977	56.10	180.80	104.60	5.00	1.40	0.00	0.00	0.00	27.40	49.20	92.20	88.90	605.60	
10	1978	208.20	127.90	78.10	42.10	0.00	0.00	0.00	0.00	4.10	11.60	83.00	160.70	715.70	
11	1979	137.70	56.60	103.00	23.60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	81.10	10.90	76.20	489.10	
12	1980	55.70	60.00	174.40	15.10	1.60	0.00	5.23	21.60	31.20	72.30	47.20	40.00	524.33	
13	1981	137.30	173.50	158.30	71.30	14.00	0.00	0.00	25.80	26.10	72.50	70.50	59.90	809.20	
14	1982	209.30	61.10	101.10	105.80	0.00	0.00	0.00	4.00	46.40	48.70	118.90	17.50	712.80	
15	1983	52.40	102.80	24.90	40.00	12.00	0.00	0.00	0.00	21.00	23.40	26.30	117.90	420.70	
16	1984	287.80	189.80	106.10	77.10	19.80	20.80	4.00	15.50	1.00	109.70	117.20	95.80	1044.60	
17	1985	70.30	190.70	48.40	76.50	12.60	33.40	0.00	2.30	43.50	59.40	159.50	149.30	845.90	
18	1986	127.60	134.70	112.70	104.80	3.00	0.00	3.30	7.50	44.80	2.90	17.40	131.90	690.60	
19	1987	192.30	33.70	53.20	10.40	0.00	29.90	0.00	6.40	4.70	37.80	86.20	36.80	491.40	
20	1988	196.60	48.90	174.50	86.80	40.00	0.06	2.02	0.92	12.59	33.00	1.50	80.00	676.89	
21	1989	184.20	99.30	83.30	30.80	0.00	4.40	0.00	4.00	2.50	13.00	14.80	58.80	495.10	
22	1990	110.80	35.80	20.50	25.40	7.00	36.50	0.32	7.00	12.00	41.40	60.60	88.10	445.42	
23	1991	109.20	47.80	86.60	46.00	13.00	51.00	4.00	1.00	21.30	27.30	36.50	55.70	499.40	
24	1992	64.10	80.80	12.00	30.50	0.00	0.00	6.50	39.60	0.00	58.00	46.32	77.80	415.62	
25	1993	158.80	45.80	105.20	54.50	1.50	0.00	0.00	28.00	16.00	71.00	113.00	89.50	683.30	
26	1994	122.40	98.00	105.00	60.00	26.00	0.00	1.06	6.19	8.44	19.26	47.03	94.43	587.81	
27	1995	127.00	98.00	88.00	19.20	0.00	0.05	2.54	1.46	13.38	13.83	51.46	89.12	504.04	
28	1996	135.70	61.72	45.00	29.00	7.00	0.00	0.00	2.50	2.00	21.00	50.00	69.00	422.92	
29	1997	127.00	140.00	101.50	81.00	10.59	0.06	0.02	16.76	47.01	28.68	71.95	47.92	672.49	
30	1998	76.76	89.52	81.04	43.18	0.06	3.05	0.06	3.23	3.81	39.46	63.31	30.13	433.61	
31	1999	99.56	77.54	133.79	76.93	6.55	1.80	3.91	0.73	32.33	62.39	29.59	49.69	574.81	
32	2000	139.09	92.72	102.26	14.20	10.42	9.93	0.51	16.58	6.61	72.51	11.48	77.47	553.78	
33	2001	206.50	149.04	146.98	38.84	23.58	2.53	0.74	16.71	4.04	64.00	24.74	56.51	734.21	
34	2002	65.34	141.54	106.83	48.57	21.62	3.24	17.52	15.11	13.68	127.89	67.57	89.34	718.25	
35	2003	158.58	71.68	108.44	9.75	4.04	4.13	1.19	0.74	34.29	15.29	25.28	145.56	578.97	
36	2004	212.92	86.13	62.13	25.37	0.00	0.39	1.55	21.89	34.56	6.63	15.91	64.45	531.93	
37	2005	72.12	216.94	89.52	41.88	0.00	0.00	0.00	1.81	14.48	74.17	51.24	82.83	644.99	
38	2006	185.26	45.53	90.59	18.68	0.92	1.99	0.00	1.55	21.44	54.99	69.45	66.14	556.54	

Continuación

39	2007	82.38	39.20	198.73	44.91	3.42	0.39	6.01	0.92	16.45	27.06	75.69	57.76	552.92
40	2008	197.22	61.59	52.40	5.74	0.74	1.10	0.00	1.19	2.26	54.90	33.31	181.51	591.96
41	2009	76.85	152.69	85.77	12.43	0.00	0.00	1.10	0.39	6.90	45.89	74.98	80.06	537.06
42	2010	88.27	114.06	42.14	7.08	12.52	0.56	0.56	0.00	0.56	23.05	17.96	88.18	394.94
43	2011	44.11	164.38	66.23	11.54	5.38	0.00	5.47	4.40	16.71	28.76	50.80	125.93	523.71
44	2012	115.49	132.08	111.56	56.15	0.00	0.39	0.00	18.32	0.56	9.22	20.91	148.50	613.18
45	2013	137.97	119.50	44.82	8.77	4.67	6.45	2.44	7.26	8.77	34.11	34.38	125.75	534.89
46	2014	192.13	48.12	73.64	29.83	0.56	0.30	6.27	8.15	64.00	79.17	22.96	71.41	596.54
47	2015	85.86	85.77	72.21	151.09	3.24	1.28	3.33	8.86	47.23	36.97	25.28	85.60	606.72
48	2016	67.39	171.31	40.72	64.86	2.04	2.04	7.03	11.27	14.18	42.30	41.78	63.67	528.59
49	2017	91.31	72.88	98.03	49.63	32.80	1.05	4.59	0.08	45.89	62.58	33.76	125.84	618.44
50	2018	112.36	140.38	131.90	28.85	11.98	15.46	21.26	0.00	0.39	43.04	45.00	83.45	634.07
51	2019	80.11	89.52	75.48	51.51	17.39	3.24	9.13	0.30	13.41	62.40	45.62	60.08	508.19
52	2020	58.65	175.89	77.03	18.32	16.54	0.30	0.00	0.00	39.11	30.28	1.01	80.24	497.37
53	2021	148.41	26.89	72.03	27.42	26.44	1.19	0.00	6.45	31.97	67.22	57.76	124.14	589.92
54	2022	84.35	50.89	65.25	41.16	0.30	61.06	48.48	0.00	0.00	0.39	0.00	7.34	359.22
MEDIA		129.58	100.89	88.05	41.92	8.43	5.80	3.53	7.46	19.50	43.08	47.50	83.19	578.92
MAX		287.80	216.94	198.73	151.09	40.00	61.06	48.48	44.80	71.30	127.89	159.50	181.51	1589.10

F. Precipitaciones medias mensuales – estación Lampa.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA														
(mm)														
Estación	:LAMPA				Latitud	:15°21'39.9" S			Departamento	:PUNO				
Tipo	:CO - Meteorológica				Longitud	:70°22'27" W			Provincia	:LAMPA				
Cuenca	:RAMIS				Altitud	:3866 msnm			Distrito	:LAMPA				
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	1969	164.40	75.70	32.90	45.50	0.00	2.80	3.20	0.00	5.80	62.20	58.70	63.40	514.60
2	1970	142.90	107.60	126.30	39.20	8.60	0.00	0.00	0.00	5.90	27.70	21.40	112.70	592.30
3	1971	97.80	184.40	36.00	19.40	0.00	0.00	0.00	8.40	0.50	32.60	42.90	144.40	566.40
4	1972	239.30	89.00	149.60	17.60	0.80	0.00	0.00	0.00	23.10	11.10	77.50	60.30	668.30
5	1973	213.10	158.10	121.10	89.80	7.60	0.00	2.00	3.30	43.80	81.60	38.10	61.60	820.10
6	1974	222.40	107.20	60.60	36.40	0.00	8.70	1.30	71.10	18.20	24.00	44.70	78.90	673.50
7	1975	157.70	178.10	113.80	18.10	30.50	0.80	0.00	3.80	14.80	43.60	7.20	82.90	651.30
8	1976	187.20	68.50	55.20	15.00	19.10	4.00	0.30	9.30	88.20	0.00	11.00	111.30	569.10
9	1977	71.00	170.00	208.50	11.50	0.00	0.00	1.00	0.00	29.00	75.20	124.00	163.70	853.90
10	1978	414.20	176.00	142.50	71.00	0.00	1.50	0.00	3.50	22.00	28.70	123.00	209.60	1192.00
11	1979	192.50	76.90	161.90	45.70	3.30	0.00	0.00	6.20	0.00	38.80	57.90	136.50	719.70
12	1980	86.50	95.50	176.50	5.00	5.90	0.00	0.00	5.50	80.10	65.00	73.50	54.00	647.50
13	1981	190.50	145.50	136.10	48.50	0.00	0.00	0.00	28.00	46.50	97.74	56.50	173.50	922.84
14	1982	166.50	101.50	140.00	148.50	0.00	2.50	0.00	6.50	77.50	48.20	131.00	39.50	861.70
15	1983	23.00	115.56	24.50	13.00	8.50	4.50	0.00	4.50	32.50	44.00	26.50	47.50	344.06
16	1984	223.80	127.10	44.90	83.00	25.50	0.00	0.00	13.00	0.00	137.30	240.30	263.70	1158.60
17	1985	156.10	433.30	146.50	182.20	11.00	37.00	0.00	9.50	33.70	56.00	145.40	158.40	1369.10

Continuación

18	1986	131.30	186.70	142.40	64.20	3.60	0.00	1.40	15.10	23.50	10.40	38.90	122.00	739.50
19	1987	215.50	76.30	17.10	25.80	4.00	1.80	19.20	0.00	4.20	29.60	146.60	101.40	641.50
20	1988	194.50	56.50	160.50	117.30	21.70	0.00	0.10	0.00	11.90	39.70	2.90	146.20	751.30
21	1989	131.40	82.00	111.50	63.20	0.50	2.60	0.80	4.90	2.60	9.10	41.90	49.70	500.20
22	1990	89.70	61.70	31.30	18.90	13.90	43.10	0.00	9.00	2.90	92.70	96.70	91.80	551.70
23	1991	138.70	107.00	90.50	38.20	23.50	40.00	0.80	0.00	8.50	59.40	26.60	82.90	616.10
24	1992	86.40	76.20	33.50	31.40	0.00	2.80	1.40	63.40	0.50	49.20	61.00	111.10	516.90
25	1993	155.30	18.20	140.10	24.60	9.60	0.20	0.00	26.90	13.40	66.00	74.60	135.70	664.60
26	1994	164.00	148.20	105.00	58.10	1.50	0.70	0.00	0.00	4.50	17.60	51.80	85.20	636.60
27	1995	107.80	94.90	94.20	23.70	0.80	0.00	0.00	5.80	19.70	18.70	55.30	61.80	482.70
28	1996	196.00	100.60	108.40	23.60	16.50	0.00	1.80	2.50	22.10	13.50	74.10	149.30	708.40
29	1997	149.40	177.80	147.10	68.90	3.90	0.00	0.00	19.00	42.90	39.90	113.20	95.60	857.70
30	1998	105.00	154.40	104.00	25.80	0.00	2.00	0.00	0.00	0.20	44.90	69.90	62.10	568.30
31	1999	152.70	97.80	143.40	123.00	5.30	1.80	0.00	0.80	32.70	105.50	17.60	63.50	744.10
32	2000	173.70	113.50	130.30	52.70	7.10	6.20	0.00	7.40	14.50	57.10	9.90	114.20	686.60
33	2001	249.70	188.30	114.60	29.50	10.60	2.90	2.20	8.10	4.00	57.50	46.10	73.70	787.20
34	2002	121.30	150.70	139.40	67.60	21.70	4.00	18.70	9.10	16.40	83.30	92.60	177.40	902.20
35	2003	204.30	136.20	139.10	18.30	5.20	3.20	0.00	1.50	30.90	9.10	23.70	132.10	703.60
36	2004	266.60	144.10	101.00	38.90	3.30	2.00	2.30	19.20	26.50	21.60	16.80	100.00	742.30
37	2005	100.60	278.30	116.50	49.60	0.00	0.00	0.00	0.00	22.40	74.90	54.30	174.50	871.10
38	2006	188.20	109.50	122.90	19.80	0.70	2.30	0.00	0.20	20.10	52.00	79.70	95.70	691.10
39	2007	81.50	67.80	228.00	76.10	14.00	0.50	6.70	10.00	16.20	27.40	93.30	93.80	715.30
40	2008	236.80	71.80	74.60	3.40	2.79	1.20	0.00	1.40	3.30	54.60	23.40	168.30	641.59
41	2009	102.10	190.30	153.40	40.20	0.80	0.00	0.00	0.00	4.60	35.20	77.80	83.80	688.20
42	2010	118.90	144.20	71.60	26.80	12.40	0.00	0.00	0.00	0.00	28.40	14.00	136.30	552.60
43	2011	97.80	213.50	105.40	14.10	7.20	0.00	4.80	4.30	39.60	77.90	93.30	348.20	1006.10
44	2012	134.00	238.10	97.60	80.40	0.00	0.00	1.70	8.30	2.90	23.40	61.50	212.20	860.10
45	2013	116.40	104.30	143.40	94.70	25.10	13.90	2.20	10.70	11.70	35.60	58.40	140.10	756.50
46	2014	235.50	92.40	88.50	45.80	0.00	0.00	4.70	11.30	53.50	84.10	41.00	93.00	749.80
47	2015	107.50	149.10	76.40	114.90	4.90	1.80	2.70	10.20	65.70	45.90	41.80	84.70	705.60
48	2016	70.20	204.00	50.00	66.50	0.10	0.40	9.40	3.20	9.10	42.80	23.30	91.40	570.40
49	2017	155.10	133.60	183.10	65.20	24.50	0.10	5.10	0.30	44.70	60.00	77.30	147.60	896.60
50	2018	119.20	175.70	126.20	32.40	5.60	18.70	34.80	26.70	1.30	138.50	66.40	118.10	863.60
51	2019	150.50	153.10	97.50	85.20	13.40	5.90	7.80	0.00	44.90	64.80	85.40	78.70	787.20
52	2020	118.90	188.20	15.50	14.97	17.63	0.00	0.40	0.00	29.90	85.20	13.20	73.90	557.80
53	2021	201.00	71.70	121.10	12.20	5.50	3.20	0.00	0.60	46.70	41.50	57.00	134.30	694.80
54	2022	152.90	111.30	110.00	43.60	0.00	0.00	0.90	2.00	0.10	11.90	3.90	94.20	530.80
MEDIA		156.84	134.78	109.48	49.80	7.56	4.13	2.55	8.42	22.60	49.68	61.20	116.41	723.44
MAX		414.20	433.30	228.00	182.20	30.50	43.10	34.80	71.10	88.20	138.50	240.30	348.20	2252.40

G. Precipitaciones medias mensuales – estación Pucará.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA														
(mm)														
Estación	:PUCARA				Latitud	:15°2'44.4" S			Departamento	:PUNO				
Tipo	:CO - Meteorológica				Longitud	:70°21'59.9" W			Provincia	:LAMPA				
Cuenca	:RAMIS				Altitud	:3877 msnm			Distrito	:PUCARA				
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	1969	125.80	86.70	13.80	49.60	0.00	0.00	2.90	0.00	13.80	9.80	43.00	92.60	438.00
2	1970	125.90	55.40	134.60	77.50	0.00	0.00	0.00	0.00	32.40	10.30	35.60	232.90	704.60
3	1971	173.10	259.70	43.90	56.60	1.20	0.00	0.00	7.40	1.40	34.00	62.80	82.80	722.90
4	1972	187.00	101.90	74.50	44.30	0.00	0.00	0.00	2.90	39.60	23.90	39.60	92.70	606.40
5	1973	173.70	147.50	203.60	79.70	0.00	0.00	5.10	11.20	45.20	61.30	47.90	52.40	827.60
6	1974	213.40	114.80	106.70	36.20	1.70	7.30	5.20	55.50	21.00	50.40	24.70	80.20	717.10
7	1975	163.40	181.40	118.20	16.00	20.80	4.90	0.00	1.30	32.50	87.50	51.60	123.30	800.90
8	1976	213.80	155.80	102.20	30.90	7.40	0.00	3.30	5.60	79.20	1.80	32.20	115.50	747.70
9	1977	125.20	213.70	175.30	36.20	1.60	0.00	1.60	0.00	34.80	66.40	82.20	90.00	827.00
10	1978	228.40	180.70	144.20	89.80	8.30	0.00	0.00	0.00	17.30	66.90	169.60	227.80	1133.00
11	1979	186.10	64.10	118.90	45.60	11.70	0.00	0.20	0.00	8.40	80.10	106.90	163.20	785.20
12	1980	117.00	93.80	132.10	9.10	9.60	0.00	7.10	3.10	27.50	90.90	24.10	53.50	567.80
13	1981	184.40	145.60	124.70	125.00	8.40	2.50	0.00	13.80	34.30	86.60	69.30	110.30	904.90
14	1982	133.00	82.20	126.80	57.60	0.00	3.10	0.00	33.60	51.80	120.20	110.90	69.10	788.30
15	1983	73.90	74.20	34.10	50.70	10.50	7.30	1.90	0.00	28.60	38.30	35.00	100.20	454.70
16	1984	337.30	261.60	117.10	18.70	5.40	6.70	9.30	13.60	2.20	166.30	142.10	195.40	1275.70
17	1985	178.00	163.40	70.20	171.50	20.30	10.20	0.00	1.70	47.10	30.20	228.10	186.00	1106.70
18	1986	152.70	196.00	192.10	81.50	12.20	0.00	3.30	11.30	61.50	5.80	51.50	121.60	889.50
19	1987	176.00	83.80	58.70	57.30	6.20	11.40	28.70	9.90	4.90	32.10	99.40	78.40	646.80
20	1988	142.60	114.70	181.30	102.80	18.90	0.00	0.00	0.00	9.90	46.30	9.90	130.90	757.30
21	1989	129.50	80.30	110.10	62.80	7.00	2.30	1.30	16.40	13.50	48.20	31.60	111.10	614.10
22	1990	147.10	127.20	85.50	46.50	17.50	45.40	0.00	5.70	22.10	99.90	93.70	85.50	776.10
23	1991	114.80	132.00	150.80	43.70	28.70	54.20	5.60	9.10	18.00	48.20	43.50	69.30	717.90
24	1992	221.60	105.00	54.70	23.70	0.60	10.80	0.00	35.20	6.90	29.60	43.90	151.10	683.10
25	1993	184.80	39.60	132.60	89.90	8.30	0.50	0.00	12.50	27.20	78.70	73.00	147.40	794.50
26	1994	158.00	199.70	113.20	58.60	0.00	0.00	0.00	0.00	11.37	25.90	65.40	90.10	722.27
27	1995	98.10	76.90	78.90	9.30	2.60	0.00	0.30	0.50	7.70	17.80	94.30	106.00	492.40
28	1996	158.70	82.10	122.60	38.60	22.10	0.00	0.50	4.40	15.70	43.40	50.40	93.10	631.60
29	1997	160.30	126.30	166.50	21.30	2.70	0.00	0.00	13.40	23.30	59.00	142.10	118.00	832.90
30	1998	86.10	118.40	108.60	70.50	0.00	8.60	0.00	1.50	2.70	71.40	51.90	31.60	551.30
31	1999	83.80	111.60	147.70	73.60	10.60	0.00	1.00	6.80	22.30	78.10	24.50	46.20	606.20
32	2000	126.90	143.30	107.90	11.70	4.20	4.10	0.10	29.00	0.30	106.60	35.60	105.70	675.40
33	2001	302.90	117.90	224.90	33.60	18.10	1.80	4.80	9.90	5.00	35.20	29.80	108.30	892.20
34	2002	144.70	197.80	113.30	72.40	14.90	3.90	20.90	21.50	31.40	137.30	72.50	192.00	1022.60
35	2003	188.30	98.60	122.20	30.50	10.40	6.80	0.00	8.80	26.20	44.80	54.00	137.70	728.30
36	2004	302.70	227.40	104.10	55.20	6.90	4.00	8.20	26.50	48.00	7.50	68.10	136.70	995.30
37	2005	63.00	164.80	123.30	37.70	0.00	0.00	0.00	14.70	6.20	103.20	73.40	112.00	698.30
38	2006	240.70	90.20	124.60	32.60	0.00	0.20	0.00	0.60	5.00	47.20	68.10	104.60	713.80

Continuación

39	2007	63.20	62.30	194.60	102.90	15.50	0.00	3.50	0.00	37.40	27.00	63.30	65.30	635.00
40	2008	174.60	79.90	62.40	4.10	3.90	0.00	0.00	0.90	24.20	51.40	63.50	165.20	630.10
41	2009	70.20	98.40	131.80	18.20	0.00	0.00	0.00	0.10	6.90	42.90	104.90	137.70	611.10
42	2010	198.10	138.70	66.40	38.20	6.00	0.00	0.00	0.20	1.20	36.90	27.90	121.30	634.90
43	2011	77.70	169.50	80.40	27.90	17.70	0.20	8.20	0.00	33.00	44.40	24.10	136.30	619.40
44	2012	125.00	176.10	121.60	61.00	0.00	0.00	0.00	4.60	6.20	12.20	31.40	168.90	707.00
45	2013	122.80	139.20	171.10	20.40	27.70	7.70	0.40	15.60	7.80	58.30	29.90	231.60	832.50
46	2014	115.00	129.10	65.30	49.50	1.00	0.00	6.40	29.80	42.80	70.10	54.60	131.60	695.20
47	2015	133.30	105.10	60.90	78.10	4.30	0.60	6.60	6.40	27.20	48.80	87.40	114.20	672.90
48	2016	56.60	141.20	40.83	93.42	1.85	1.45	14.99	12.98	36.34	51.68	55.54	90.40	597.28
49	2017	76.20	115.20	103.40	50.00	39.20	0.00	11.80	0.00	63.70	51.80	76.60	72.60	660.50
50	2018	149.80	183.00	140.40	43.40	0.00	31.20	19.60	6.20	8.80	100.00	15.60	51.80	749.80
51	2019	149.70	136.60	200.20	73.80	28.80	1.20	7.60	0.00	5.20	82.80	106.00	145.80	937.70
52	2020	125.20	236.80	22.40	15.75	18.20	1.65	6.34	2.43	38.70	68.50	7.66	88.39	632.02
53	2021	89.80	67.60	154.00	47.50	17.80	3.60	0.00	0.20	24.40	40.80	71.00	145.20	661.90
54	2022	178.60	107.50	103.90	62.60	0.00	0.00	0.20	2.80	3.40	5.20	0.00	61.20	525.40
MEDIA		152.38	131.52	114.52	52.51	8.90	4.51	3.65	8.70	23.21	55.26	62.99	116.16	734.32
MAX		302.90	236.80	224.90	102.90	39.20	31.20	20.90	29.80	63.70	137.30	142.10	231.60	1563.30

H. Precipitaciones medias mensuales – estación Putina.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA															
(mm)															
Estación		:PUTINA			Latitud			: 14°55'15.6" S			Departamento				:PUNO
Tipo		:CO - Meteorológica			Longitud			: 69°52'32.5" W			Provincia				: SAN
Cuenca		:RAMIS			Altitud			:3861 msnm			Distrito				: PUTINA
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL	
1	1969	214.60	86.50	55.60	11.10	1.00	1.20	15.50	0.00	31.30	33.90	88.60	61.93	601.23	
2	1970	159.41	99.80	92.60	70.89	25.50	0.00	0.00	0.00	61.40	40.30	20.70	184.40	755.00	
3	1971	190.80	184.40	49.50	19.00	2.00	0.70	0.00	5.60	3.80	42.10	48.10	40.60	586.60	
4	1972	155.60	119.00	77.70	46.60	6.00	0.00	1.00	13.80	28.60	43.90	105.10	77.80	675.10	
5	1973	131.90	132.20	100.70	120.50	11.70	3.40	16.20	7.90	49.80	59.90	70.40	90.70	795.30	
6	1974	137.10	144.80	93.60	47.50	0.60	4.80	1.40	16.80	33.40	68.30	51.00	104.70	704.00	
7	1975	115.60	110.30	77.50	18.80	25.50	13.50	0.00	0.50	21.40	42.80	49.30	135.60	610.80	
8	1976	151.70	97.30	86.60	22.30	14.00	8.00	1.50	19.10	76.30	3.70	26.20	66.70	573.40	
9	1977	70.00	178.20	111.80	15.40	10.00	0.00	0.10	0.00	42.80	34.50	97.10	85.60	645.50	
10	1978	117.20	117.40	95.30	58.30	5.30	2.60	0.30	0.30	27.80	23.50	117.30	158.10	723.40	
11	1979	240.10	76.30	82.40	128.60	4.60	0.00	1.50	8.20	11.40	82.00	40.40	97.00	772.50	
12	1980	121.50	55.40	114.40	15.20	11.90	3.00	15.30	4.60	52.90	91.70	33.80	57.40	577.10	
13	1981	236.00	90.50	92.50	77.80	3.30	5.70	0.00	15.90	33.90	83.40	48.30	107.20	794.50	
14	1982	236.40	109.90	99.50	73.80	0.00	0.00	0.80	12.90	59.30	43.00	123.10	65.50	824.20	
15	1983	104.60	81.10	44.40	65.10	10.40	2.00	5.60	1.60	16.80	6.70	36.20	92.20	466.70	
16	1984	291.60	217.30	98.30	34.60	6.80	5.30	2.20	22.50	0.60	81.80	98.00	108.10	967.10	
17	1985	132.50	121.70	87.70	109.00	23.20	2.80	0.00	4.70	35.30	44.30	137.90	167.40	866.50	

Continuación

18	1986	107.10	146.90	90.40	142.60	13.70	0.00	2.40	7.90	49.70	14.40	86.70	142.60	804.40
19	1987	112.80	65.40	52.30	34.90	2.50	2.10	29.00	6.00	3.60	47.50	98.60	34.50	489.20
20	1988	120.60	66.00	202.10	91.90	12.00	0.00	0.00	5.30	8.90	45.90	9.30	137.40	699.40
21	1989	185.30	90.80	129.50	58.50	0.00	7.50	0.00	9.00	43.30	29.60	32.40	72.90	658.80
22	1990	179.00	60.10	75.90	25.70	5.80	61.00	0.00	1.80	17.30	109.00	84.00	103.70	723.30
23	1991	164.80	106.10	134.90	51.00	5.70	45.00	9.80	0.80	14.90	24.80	64.70	108.70	731.20
24	1992	153.60	49.30	49.70	25.20	0.00	1.20	4.00	72.50	20.80	44.50	66.30	123.70	610.80
25	1993	174.40	67.10	75.30	99.80	11.40	0.00	2.10	17.00	24.20	67.30	114.20	124.20	777.00
26	1994	170.80	112.60	113.70	72.40	17.80	5.20	0.00	49.80	57.00	61.90	182.20	142.50	985.90
27	1995	102.50	126.50	135.30	10.50	0.50	0.00	3.40	0.00	5.20	15.50	67.60	89.40	556.40
28	1996	118.60	66.80	113.50	37.30	29.60	0.00	0.90	6.90	20.80	19.90	131.60	95.70	641.60
29	1997	215.20	90.50	201.90	96.80	4.20	0.00	1.10	21.40	22.90	42.40	112.80	59.90	869.10
30	1998	125.60	105.70	92.80	32.90	0.00	12.00	0.00	1.60	0.50	66.90	89.40	24.60	552.00
31	1999	104.10	68.90	162.30	25.60	19.80	0.00	0.70	0.00	45.10	53.80	36.40	68.90	585.60
32	2000	158.00	131.40	93.70	15.10	1.70	27.40	0.00	11.00	12.20	112.30	25.00	105.20	693.00
33	2001	206.30	134.20	215.10	46.50	34.80	3.00	3.10	9.80	25.80	70.10	47.10	91.40	887.20
34	2002	125.50	130.50	110.60	53.30	14.60	1.00	16.70	5.80	21.80	128.40	51.60	100.60	760.40
35	2003	161.10	126.40	131.30	67.00	1.40	7.20	2.00	14.90	23.00	78.10	20.10	95.60	728.10
36	2004	215.00	123.30	79.90	47.90	6.10	0.00	1.20	18.30	21.60	17.00	62.40	67.90	660.60
37	2005	63.50	148.90	44.00	26.40	2.90	0.00	1.00	4.30	14.70	39.00	53.70	75.50	473.90
38	2006	165.20	34.60	46.10	64.80	2.20	9.70	0.00	2.30	20.10	45.30	68.80	82.50	541.60
39	2007	96.40	50.60	164.40	74.40	19.20	2.10	0.00	0.00	46.30	21.80	57.10	54.10	586.40
40	2008	99.50	79.40	69.70	3.20	6.00	0.00	0.00	0.00	15.50	58.70	77.10	140.00	549.10
41	2009	103.40	83.10	63.50	8.60	8.00	0.00	2.40	0.00	13.60	27.80	86.60	89.90	486.90
42	2010	178.20	116.50	105.10	29.30	12.10	0.00	0.60	2.30	0.00	43.70	20.90	101.40	610.10
43	2011	65.20	165.70	56.20	54.00	0.40	0.00	4.10	10.20	53.30	56.60	26.40	120.00	612.10
44	2012	97.60	128.00	82.40	41.40	14.40	0.00	0.00	4.70	8.70	19.50	34.30	152.90	583.90
45	2013	167.70	207.70	98.00	20.00	40.90	2.90	5.90	9.10	1.80	91.20	41.00	127.50	813.70
46	2014	149.50	105.00	89.10	55.40	7.30	0.00	3.60	12.10	58.00	43.40	18.20	87.20	628.80
47	2015	174.70	112.60	74.50	71.70	11.00	1.30	0.00	21.30	49.70	78.00	65.08	140.50	800.38
48	2016	60.20	164.20	38.89	90.64	5.39	5.41	17.45	20.36	33.56	62.72	68.89	69.03	636.74
49	2017	131.30	60.10	97.20	89.30	25.40	0.00	5.10	0.00	67.90	72.30	21.50	98.60	668.70
50	2018	73.90	141.80	114.90	38.40	0.90	31.20	19.10	21.50	7.60	129.00	90.20	84.40	752.90
51	2019	6.00	104.03	49.60	75.50	7.70	0.80	1.40	0.00	6.30	67.50	67.30	85.10	471.23
52	2020	115.30	199.70	61.40	0.00	0.00	0.00	0.00	3.40	25.60	62.10	5.50	59.70	532.70
53	2021	145.00	75.00	107.80	107.80	11.20	0.00	0.00	2.70	34.40	34.50	65.90	169.40	753.70
54	2022	107.60	142.00	83.80	47.20	0.00	5.30	0.60	3.60	21.60	24.90	1.90	50.80	489.30
MEDIA		142.72	111.29	95.68	53.10	9.60	5.27	3.69	9.48	27.85	52.84	63.78	97.76	673.06
MAX		291.60	217.30	215.10	142.60	40.90	61.00	29.00	72.50	76.30	129.00	182.20	184.40	1641.90

I. Precipitaciones medias mensuales – estación Taraco.

ARCHIVO HISTÓRICO DE PRECIPITACIÓN CORREGIDA, COMPLETADA														
(mm)														
Estación		: TARACO			Latitud		: 15°18'42" S			Departamento		: PUNO		
Tipo		: CO - Meteorológica			Longitud		: 69°58'20.9" W			Provincia		: HUANCANÉ		
Cuenca		: RAMIS			Altitud		: 3828 msnm			Distrito		: TARACO		
N°	AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1	1969	100.50	49.60	43.30	12.90	0.00	0.90	5.20	0.00	12.60	18.80	32.00	71.60	347.40
2	1970	128.50	79.90	83.60	57.00	7.70	0.00	0.00	0.00	14.30	29.70	41.50	85.60	527.80
3	1971	92.10	118.70	45.50	17.80	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	28.50	64.40	34.90	402.90
4	1972	200.50	78.70	81.30	23.20	4.20	0.00	0.00	0.00	9.60	19.50	69.80	81.10	567.90
5	1973	149.30	68.20	103.40	86.00	1.50	0.00	2.10	2.30	19.50	17.40	62.60	51.40	563.70
6	1974	225.80	98.80	101.80	26.40	0.00	5.10	0.00	35.10	2.30	20.00	30.70	84.10	630.10
7	1975	102.00	87.30	139.00	15.50	15.10	1.30	0.00	0.00	23.40	38.90	6.90	148.30	577.70
8	1976	163.40	80.30	40.80	0.00	11.30	0.00	0.00	9.10	52.00	0.00	0.00	49.30	406.20
9	1977	86.30	200.80	120.00	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	46.50	34.80	73.10	78.00	647.50
10	1978	183.70	135.90	72.20	31.30	0.00	0.00	0.00	0.00	26.30	8.70	98.40	128.20	684.70
11	1979	198.70	75.40	119.80	47.90	0.00	0.00	8.60	10.00	0.70	41.90	29.10	77.40	609.50
12	1980	56.20	79.00	84.90	21.70	0.00	0.00	0.20	18.50	54.70	81.40	29.20	40.50	466.30
13	1981	148.50	160.10	135.30	43.60	0.30	0.00	0.00	18.70	38.50	71.60	53.80	77.90	748.30
14	1982	166.10	65.60	55.80	38.90	0.00	0.00	0.00	5.90	63.40	54.90	81.40	46.60	578.60
15	1983	126.10	25.40	26.30	36.90	0.20	0.00	0.00	0.00	14.50	29.60	25.70	71.20	355.90
16	1984	256.70	207.60	123.10	41.50	6.00	38.00	8.00	24.50	0.00	65.90	100.10	178.40	1049.80
17	1985	151.30	177.00	95.30	115.00	18.40	37.40	0.00	5.40	100.70	69.80	278.70	220.80	1269.80
18	1986	194.50	217.90	233.80	147.90	0.00	0.00	0.00	19.10	61.50	20.60	62.30	140.90	1098.50
19	1987	285.40	38.50	40.80	38.00	3.70	0.80	32.00	7.50	9.00	34.80	101.30	67.80	659.60
20	1988	119.20	49.80	177.30	134.20	31.10	0.00	0.00	0.00	0.00	38.00	4.80	108.30	662.70
21	1989	126.40	69.10	76.00	50.30	0.60	16.00	0.00	21.60	14.30	12.40	24.00	54.50	465.20
22	1990	166.40	79.80	24.80	35.60	4.50	42.50	0.00	9.70	10.60	67.70	83.70	192.10	717.40
23	1991	168.70	102.60	126.90	26.20	23.50	55.00	0.00	0.00	27.00	28.90	32.80	63.70	655.30
24	1992	137.70	116.40	26.60	9.30	0.00	0.00	6.20	58.10	3.80	59.70	45.50	79.00	542.30
25	1993	149.50	50.70	98.90	46.20	15.40	4.60	0.00	6.60	23.80	22.00	75.20	123.80	616.70
26	1994	140.60	196.40	76.60	58.50	11.20	0.00	0.00	0.00	2.40	12.60	25.70	98.40	622.40
27	1995	135.70	179.80	129.10	22.00	3.20	0.00	0.00	0.00	12.60	23.20	40.40	107.10	653.10
28	1996	74.20	51.00	79.10	19.60	3.80	0.00	0.00	12.80	16.80	21.20	55.40	98.20	432.10
29	1997	190.20	146.40	109.00	27.80	0.00	0.00	0.00	17.80	44.10	22.00	61.60	92.00	710.90
30	1998	123.60	98.60	58.40	64.60	0.00	6.40	0.00	0.00	0.00	54.60	90.60	34.30	531.10
31	1999	99.60	96.00	115.80	67.20	5.80	0.00	0.00	0.00	39.40	56.20	26.00	38.60	544.60
32	2000	135.00	73.40	74.00	2.40	8.00	19.30	0.00	5.00	5.60	81.20	1.80	54.00	459.70
33	2001	111.80	109.80	144.00	11.80	9.60	2.80	0.00	2.20	6.60	37.00	31.00	79.60	546.20
34	2002	93.60	126.20	63.80	33.40	6.40	0.00	12.00	0.00	39.00	109.20	34.50	53.60	571.70
35	2003	197.00	100.20	102.40	14.40	10.00	4.80	0.00	4.00	25.00	21.80	32.20	78.20	590.00
36	2004	157.20	127.00	107.00	37.60	9.40	5.20	4.60	19.80	20.20	8.80	49.60	47.20	593.60
37	2005	78.40	110.60	105.40	26.60	0.00	0.00	0.00	1.00	21.20	75.00	71.20	108.20	597.60
38	2006	187.60	47.80	66.20	16.60	1.40	2.00	0.00	1.40	26.60	58.60	44.60	125.60	578.40

Continuación

39	2007	89.20	46.20	123.50	77.40	6.20	1.20	0.60	1.80	36.80	18.80	64.40	68.80	534.90
40	2008	154.00	60.00	67.80	0.00	1.40	0.00	0.00	0.00	3.80	37.40	34.00	98.40	456.80
41	2009	67.00	150.00	50.40	6.40	0.00	0.00	3.00	0.00	20.20	31.40	60.20	72.00	460.60
42	2010	103.00	145.40	63.80	39.60	18.40	0.00	0.00	0.00	3.60	24.00	7.40	121.80	527.00
43	2011	53.60	156.40	69.60	1.20	8.40	1.20	8.40	4.40	35.40	57.20	37.40	133.20	566.40
44	2012	120.60	105.20	76.00	50.20	0.00	0.00	0.00	1.80	5.00	19.42	33.60	131.80	543.62
45	2013	136.40	143.20	71.40	21.40	9.80	3.20	14.00	13.60	3.80	46.20	31.00	169.80	663.80
46	2014	116.60	96.00	56.00	25.20	2.80	0.00	18.40	28.60	72.80	16.80	27.20	121.40	581.80
47	2015	125.00	88.20	70.60	74.00	4.20	0.89	5.20	5.60	44.00	53.20	40.29	67.60	578.78
48	2016	64.20	156.00	29.73	70.81	2.61	1.66	5.39	12.94	15.90	45.00	47.03	65.80	517.07
49	2017	60.80	71.00	82.50	54.60	51.20	0.00	4.40	0.00	43.20	99.80	21.00	64.00	552.50
50	2018	126.00	92.80	164.00	35.00	5.60	18.00	14.60	0.80	9.80	75.20	23.60	59.81	625.21
51	2019	55.00	104.80	168.20	75.60	30.60	0.00	9.80	0.00	13.40	60.20	81.00	54.60	653.20
52	2020	62.80	170.80	25.80	15.20	20.00	0.00	0.00	0.00	46.20	43.80	2.60	99.60	486.80
53	2021	135.00	47.20	90.80	49.80	15.60	0.00	0.00	2.00	33.80	25.40	75.00	133.00	607.60
54	2022	109.40	82.60	80.20	26.00	0.00	0.00	0.00	2.20	0.00	0.00	0.00	62.80	363.20
MEDIA		133.09	105.41	88.85	39.56	7.21	4.97	3.01	7.22	23.65	39.83	49.21	90.64	592.64
MAX		285.40	217.90	233.80	147.90	51.20	55.00	32.00	58.10	100.70	109.20	278.70	220.80	1790.70

Anexo 3. Análisis de suelo – laboratorio UNAJ

Nº	% de carbono orgánico	% arena	% limo	% arcilla	Clase textural
1	0.8853	78.2743	8.2379	13.4878	Franco arenosa
2	1.3332	55.7865	9.6422	34.5713	Franco arcillo arenosa
3	1.2247	54.7608	4.9690	40.2702	Arcillo arenosa
4	0.5240	59.1538	12.6296	28.2166	Franco arcillo arenosa
5	0.9694	67.0031	9.0816	23.9153	Franco arcillo arenosa
6	0.2970	80.1236	5.1117	14.7647	Franco arenosa
7	0.7555	69.4852	10.0873	20.4275	Franco arcillo arenosa
8	0.2960	52.3948	10.1174	37.4878	Arcillo arenosa
9	0.5590	71.3948	7.0873	21.5179	Franco arcillo arenosa
10	0.6258	59.2245	8.7612	32.0142	Franco arcillo arenosa
11	0.6609	67.7297	12.1121	20.1582	Franco arcillo arenosa
12	0.4178	39.4852	11.0270	49.4878	Arcillosa
13	0.4056	76.4156	4.9389	18.6454	Franco arenosa
14	2.2255	41.3647	7.3943	51.2410	Arcillosa
15	3.1035	36.0146	12.6214	51.3640	Arcillosa
16	0.5727	57.9372	7.5148	34.5481	Franco arcillo arenosa
17	0.4676	54.1796	9.0896	36.7308	Arcillo arenosa
18	0.6762	67.6875	6.7459	25.5666	Franco arcillo arenosa
19	0.5513	60.1827	7.3185	32.4988	Franco arcillo arenosa
20	0.7816	57.9372	5.5449	36.5179	Arcillo arenosa
21	1.4619	37.7235	11.4318	50.8447	Arcillosa
22	1.4127	60.0162	7.5441	32.4396	Franco arcillo arenosa
23	0.4551	57.7262	7.5751	34.6987	Franco arcillo arenosa
24	1.5617	64.8769	3.5751	31.5481	Franco arcillo arenosa
25	0.2990	63.6385	4.8861	31.4754	Franco arcillo arenosa
26	1.3211	73.7865	4.5751	21.6384	Franco arcillo arenosa
27	0.5560	54.5846	9.3233	36.0922	Arcillo arenosa
28	0.3783	58.9072	7.3831	33.7098	Franco arcillo arenosa
29	0.1376	57.2171	9.1252	33.6577	Franco arcillo arenosa

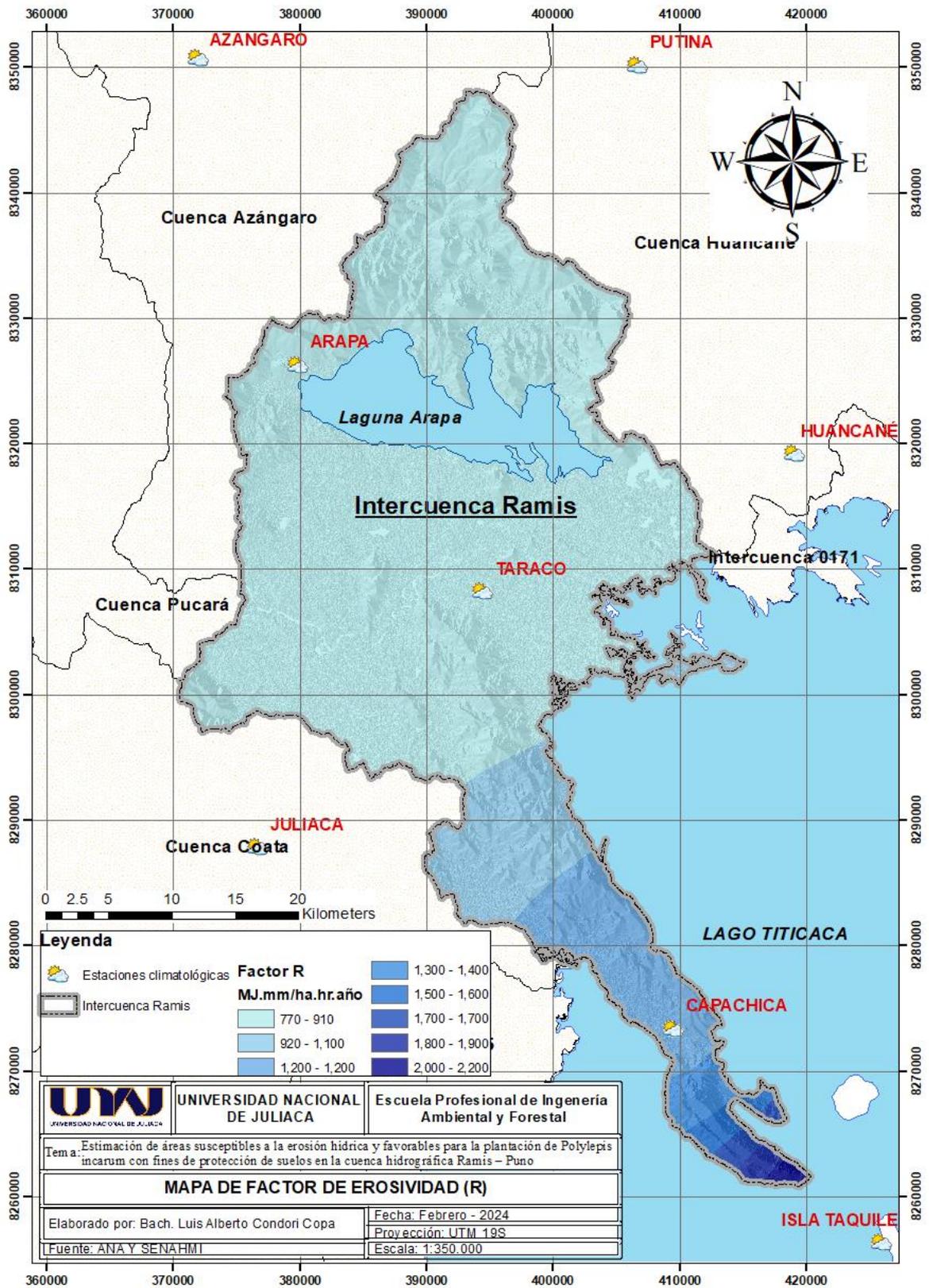
Continuación

30	2.2603	58.9070	8.6353	32.4577	Franco arcillo arenosa
31	1.5199	61.4168	8.6353	29.9478	Franco arcillo arenosa
32	0.5940	55.9372	8.6353	35.4275	Arcillo arenosa
33	0.6299	61.3437	8.8851	29.7712	Franco arcillo arenosa
34	0.3472	53.9070	9.6655	36.4275	Arcillo arenosa
35	0.7639	50.8102	9.4705	39.7192	Arcillo arenosa
36	0.6914	59.7865	3.9065	36.3070	Arcillo arenosa
37	2.2109	61.9316	3.0868	34.9817	Franco arcillo arenosa
38	1.6935	60.7865	3.8161	35.3974	Arcillo arenosa
39	0.6233	71.1086	5.3289	23.5625	Franco arcillo arenosa
40	0.1152	66.4852	7.2681	26.2468	Franco arcillo arenosa
41	0.1003	73.4852	3.9668	22.5481	Franco arcillo arenosa
42	1.0371	71.0340	5.3309	23.6351	Franco arcillo arenosa
43	1.8245	68.5979	5.4413	25.9608	Franco arcillo arenosa
44	1.4404	71.4551	4.2379	24.3070	Franco arcillo arenosa
45	0.8503	67.3490	9.8744	22.7766	Franco arcillo arenosa
46	0.7112	80.1065	2.2982	17.5953	Franco arenosa
47	0.8549	57.1495	8.9467	33.9039	Franco arcillo arenosa
48	0.0231	77.5756	2.9065	19.5179	Franco arenosa
49	1.0446	70.3435	7.7369	21.9195	Franco arcillo arenosa
50	1.8685	77.9833	1.9776	20.0391	Franco arcillo arenosa
51	1.4385	64.4852	4.9366	30.5782	Franco arcillo arenosa
52	1.2663	74.4295	2.1323	23.4381	Franco arcillo arenosa
53	0.5831	81.4852	3.9366	14.5782	Franco arenosa
54	0.5251	72.3305	4.9154	22.7541	Franco arcillo arenosa
55	0.3565	81.5153	3.2379	15.2468	Franco arenosa
56	0.1595	66.1140	7.5986	26.2874	Franco arcillo arenosa
57	1.2436	68.7275	4.1521	27.1204	Franco arcillo arenosa
58	2.4500	65.4852	3.2379	31.2769	Franco arcillo arenosa
59	0.0731	30.0191	14.9193	55.0616	Arcillosa
60	1.7163	61.9316	3.0947	34.9737	Franco arcillo arenosa
61	0.9623	60.4852	10.2379	29.2769	Franco arcillo arenosa

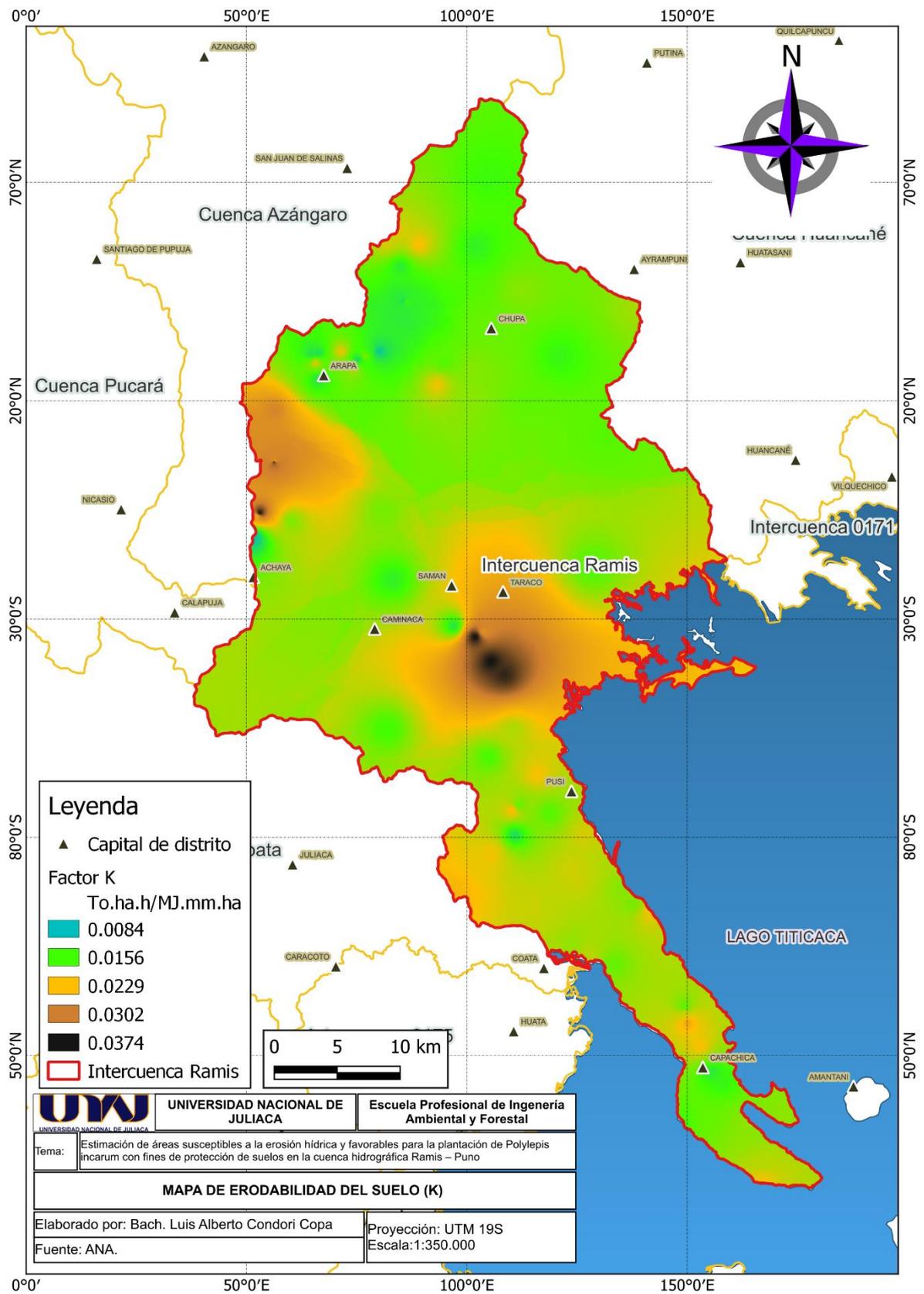
Continuación

62	1.5067	68.8594	4.1642	26.9765	Franco arcillo arenosa
63	1.4066	78.3044	8.1174	13.5782	Franco arenosa
64	0.0428	56.3044	32.1777	11.5179	Franco arenosa
65	0.0609	54.3044	30.1174	15.5782	Franco arenosa
66	0.0000	56.4852	32.1174	11.3974	Franco arenosa
67	0.1006	83.3352	3.8746	12.7902	Areno francosa
68	0.0996	78.3044	8.1174	13.5782	Franco arenosa
69	0.0322	69.2248	16.9633	13.8119	Franco arenosa
70	0.1037	64.6837	5.4437	29.8727	Franco arcillo arenosa
71	0.1120	27.2743	12.5694	60.1564	Arcillosa
72	0.1081	28.7621	25.5091	45.7288	Arcillosa
73	0.1459	47.2846	4.2054	48.5100	Arcillo arenosa
74	0.1527	30.0779	13.8413	56.0809	Arcillosa
75	0.0638	84.5756	1.0571	14.3673	Areno francosa
76	0.0700	12.4852	21.0571	66.4577	Arcillosa
77	0.1338	31.4708	13.5568	54.9724	Arcillosa
78	0.1456	52.4852	13.1475	34.3673	Franco arcillo arenosa
79	0.0988	85.2906	1.7911	12.9183	Areno francosa
80	0.3573	33.9718	10.9541	55.0741	Arcillosa
81	1.3558	64.6837	5.4437	29.8727	Franco arcillo arenosa
82	1.0747	48.1438	5.3903	46.4659	Arcillo arenosa
83	1.2968	70.8612	4.9581	24.1806	Franco arcillo arenosa
84	1.9777	68.0981	7.7748	24.1271	Franco arcillo arenosa
85	1.1062	71.2367	5.3215	23.4417	Franco arcillo arenosa
86	0.4625	66.5072	4.8898	28.6030	Franco arcillo arenosa
87	0.4940	68.7039	4.8966	26.3995	Franco arcillo arenosa
88	0.7595	68.8797	3.8182	27.3021	Franco arcillo arenosa
89	0.0274	80.1968	3.3248	16.4784	Franco arenosa

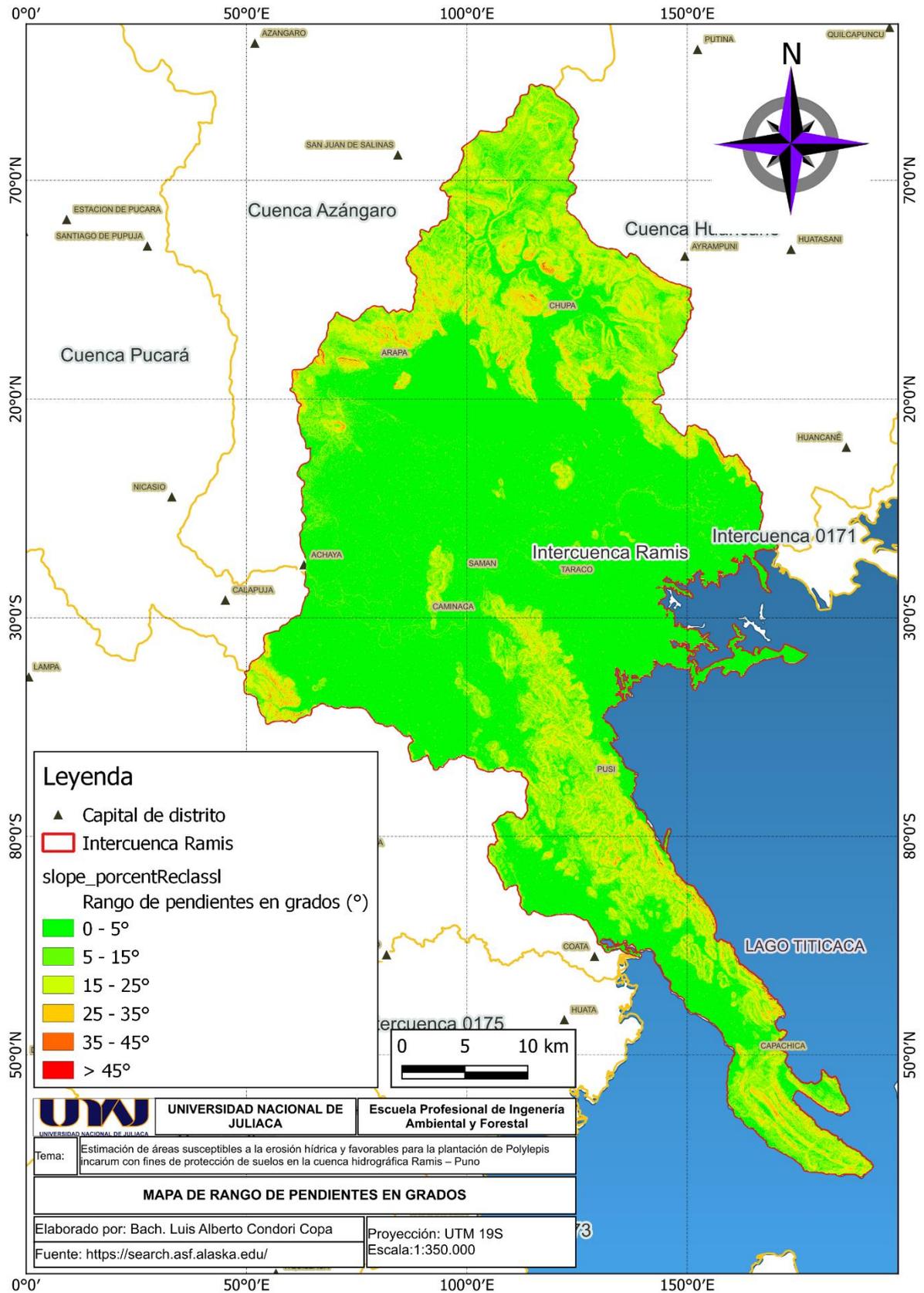
Anexo 4. Cartográfica de erosividad de suelo – factor (R)



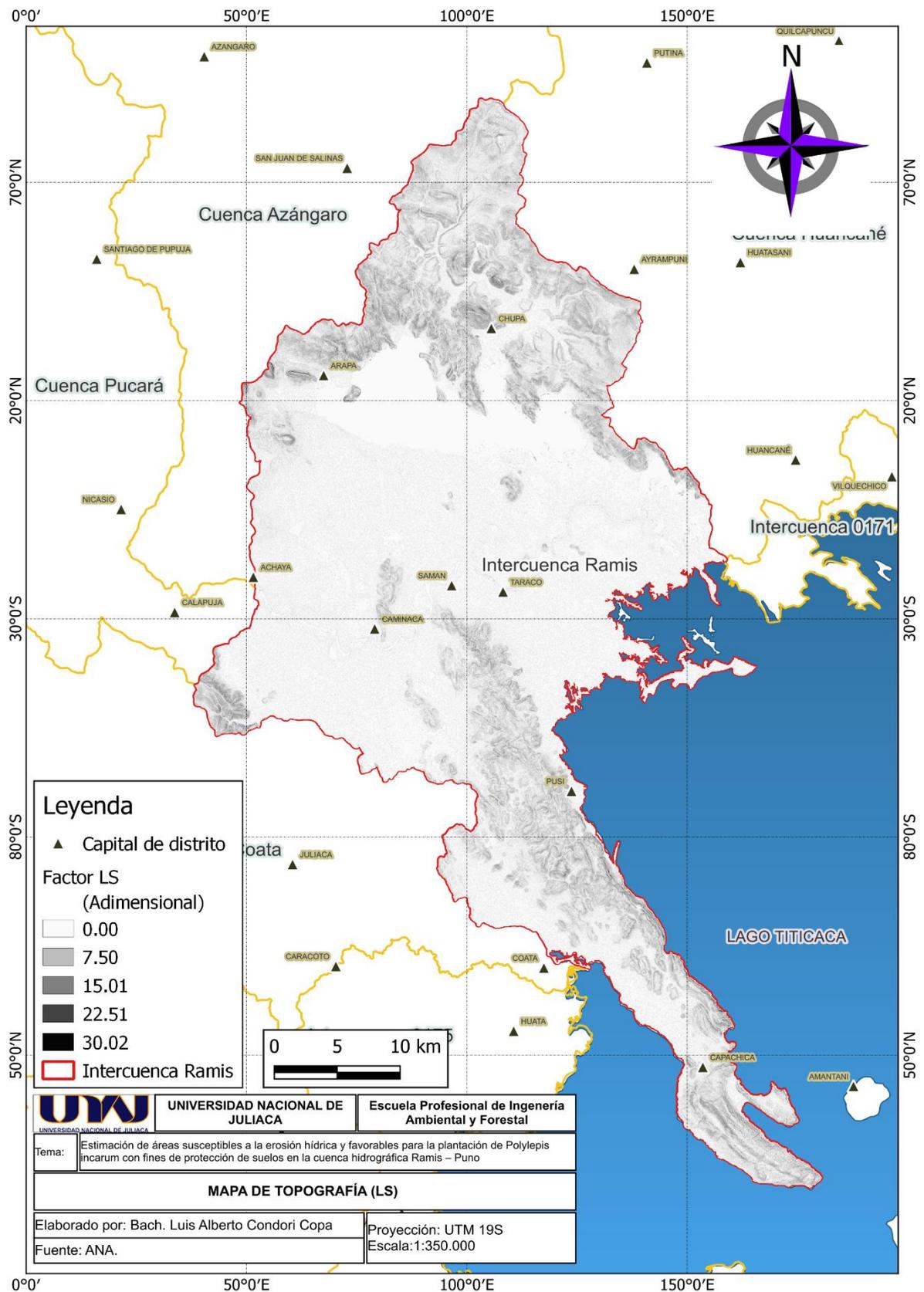
Anexo 5. Cartográfica de erodabilidad de suelo – factor (K)



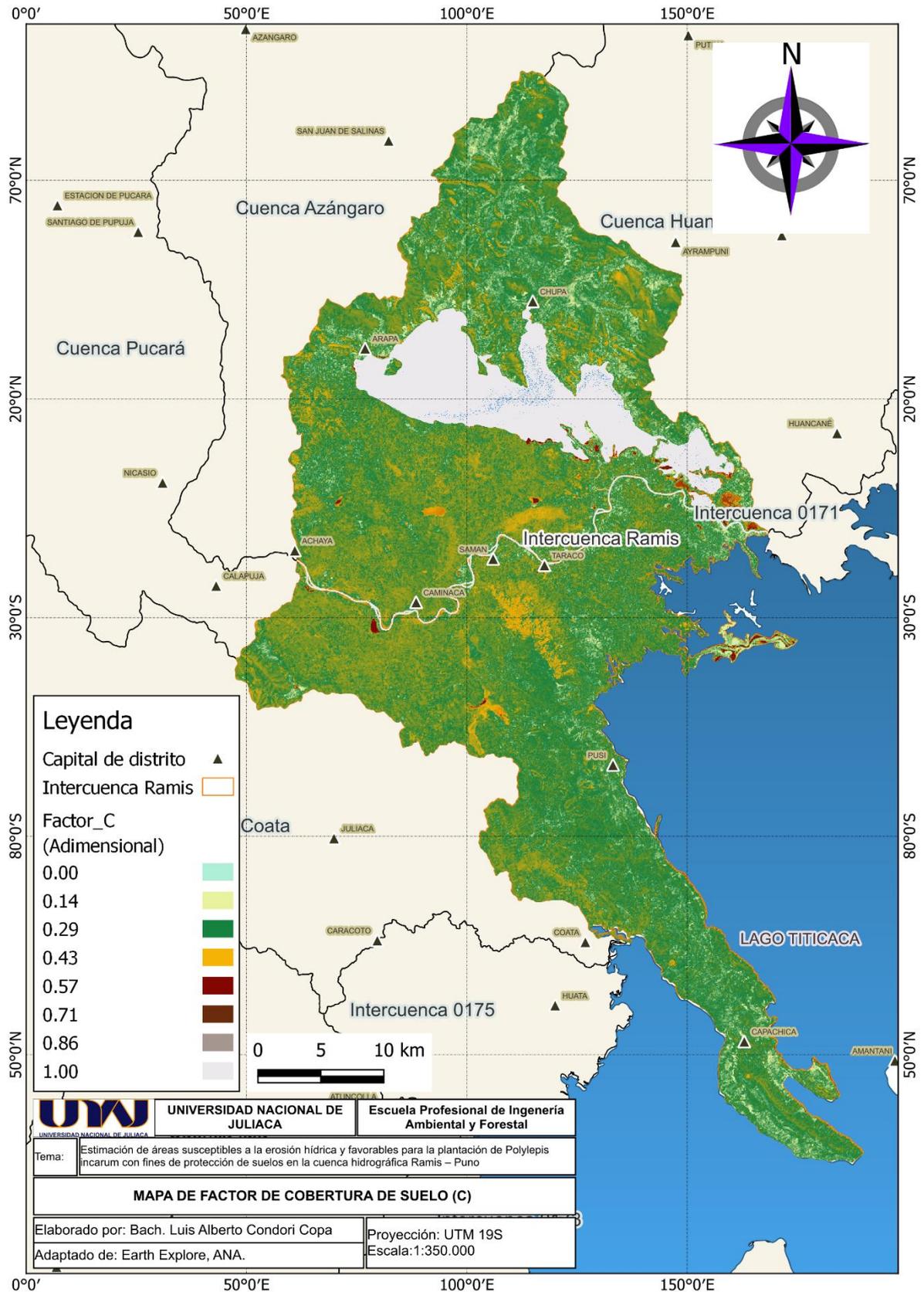
Anexo 6. Cartográfica de rango de pendientes de la intercuenca Ramis



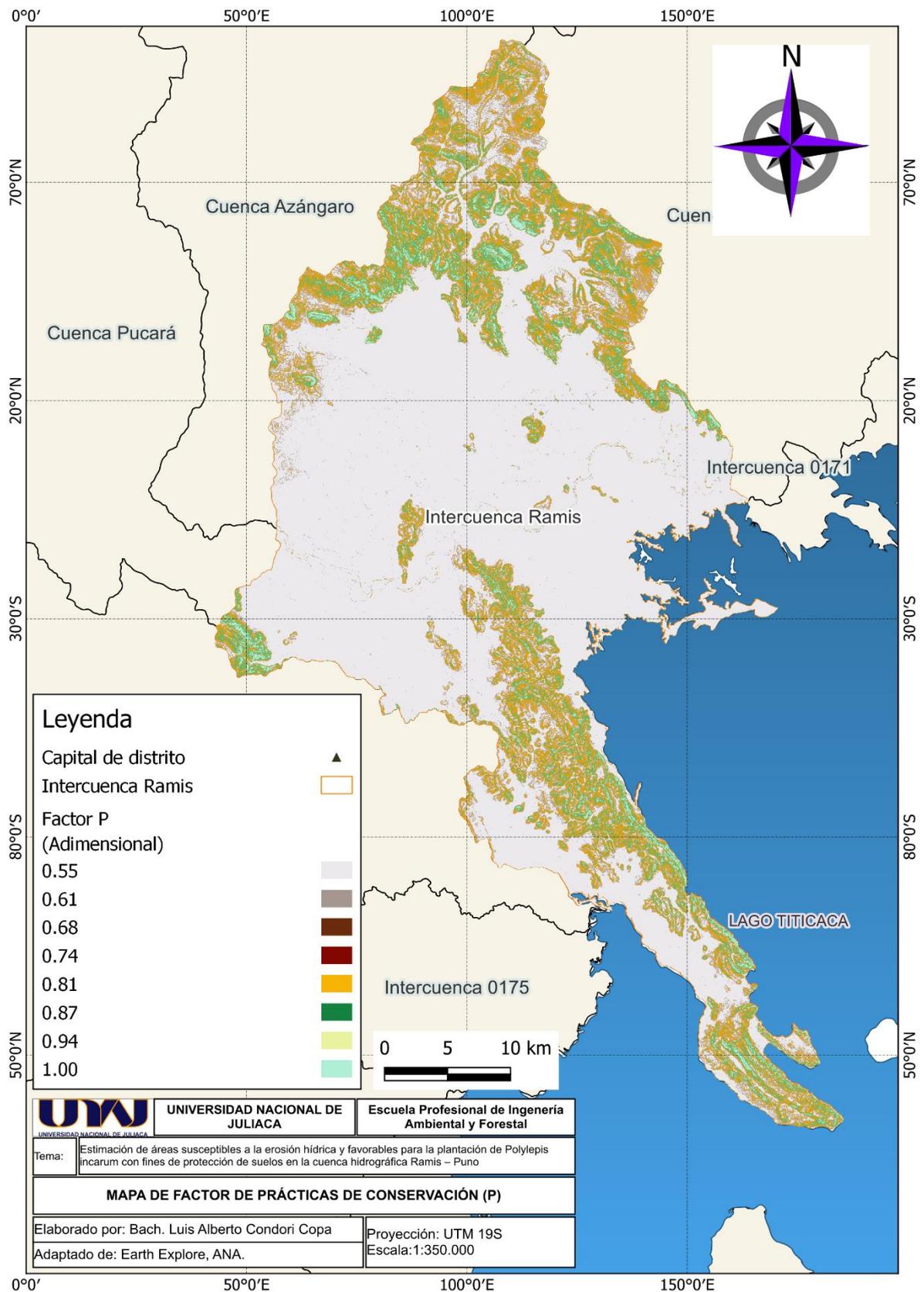
Anexo 7. Cartográfica del factor topográfico – factor (LS)



Anexo 8. Cartográfica de cobertura vegetal – factor (C)



Anexo 9. Cartográfica de factor de prácticas de suelo – factor (P)



Anexo 10. Resolución administrativa para la extracción de muestras de *Polylepis*



Firmado digitalmente por IDME
HANARI Grover FAU 20562836927
soft
Cargo: Administrador Técnico Ffs (E)
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 22.03.2024 18:17:08 -05:00

RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Puno, 22 de Marzo del 2024

RA N° D000036-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO

VISTO:

El Informe Técnico N° D000010-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-YPM de fecha 14 de marzo de 2024, sobre la solicitud de evaluación de autorización con fines de investigación científica presentada por el administrado el señor LUIS ALBERTO CONDORI COPA identificado con DNI N° 46796673, y,

CONSIDERANDO:

- Que, el artículo 66° de la Constitución Política del Perú, establece que los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento; asimismo, en su artículo 68° establece que es obligación del Estado promover la conservación de la diversidad biológica;
- Que, la Ley N° 26821, Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, establece en su artículo 9°, referido a la investigación científica, que el Estado promueve la investigación científica y tecnológica sobre la diversidad, calidad, composición, potencialidad y gestión de los recursos naturales. Asimismo, promueve la información y el conocimiento sobre los recursos naturales. Para estos efectos, podrán otorgarse permisos para investigación en materia de recursos naturales;
- Que, el artículo 13° de la Ley N° 29763, crea el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre-SERFOR, como organismo público técnico especializado, con personería jurídica de derecho público interno, como pliego presupuestal adscrito al Ministerio de Agricultura y Riego. Asimismo, se señala que el SERFOR es la autoridad nacional forestal y de fauna silvestre, ente rector del Sistema Nacional de Gestión Forestal y de Fauna Silvestre (SINAFOR), y se constituye en su autoridad técnico-normativa a nivel nacional, encargada de dictar las normas y establecer los procedimientos relacionados a su ámbito;
- Que el artículo 137° de la Ley N° 29763, declara de interés nacional la investigación, el desarrollo tecnológico, la mejora del conocimiento y el monitoreo del estado de conservación del patrimonio forestal y de fauna silvestre de la Nación.
- Que, mediante Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI del 18 de julio del 2013, y modificado por Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI del 03 de setiembre del 2014, aprobó el Reglamento de Organización y Funciones - ROF del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, el mismo que en la parte de disposiciones complementarias transitorias señala que las administraciones técnicas forestales y de fauna silvestre se incorporan al SERFOR, como órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR, ejerciendo una de las funciones de las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre, la de actuar como primera instancia en la gestión y administración de los recursos forestales y de fauna silvestre, dentro del ámbito territorial de su competencia, y acorde a las atribuciones reconocidas;
- Que, mediante Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, se aprueba los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre";
- Que, según lo dispuesto por el artículo 140° de la Ley N° 29763, dispone que La autoridad regional forestal y de fauna silvestre otorga autorizaciones para extracción de recursos forestales y de fauna silvestre con fines de investigación científica.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 3GZ5ZV7



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

- Que, mediante Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI, vigente desde 01 de octubre de 2015, se aprobó el Reglamento para la Gestión Forestal, el mismo que en el artículo 154°, menciona que la investigación científica del Patrimonio se aprueba mediante autorizaciones, salvaguardando los derechos del país, respecto a su patrimonio genético nativo, así mismo, las ARFFS otorgan autorizaciones con fines de investigación científica, que impliquen la utilización de métodos directos e indirectos para especies no categorizadas como amenazadas, no listadas en los apéndices CITES y que en ningún caso otorgue el acceso a los recursos genéticos o sus productos derivados, de acuerdo a los lineamientos aprobados por el SERFOR para la evaluación para las solicitudes, así como los criterios para la verificación del cumplimiento de los compromisos de los investigadores;
- Que si bien es cierto el Texto Único de procedimientos Administrativos – TUPA institucional no contempla el procedimiento de autorización para realizar investigación científica fuera de ANP, en observancia al principio de impulso de oficio establecido en el TUO de la Ley N° 27444 las autoridades deben dirigir e impulsar de oficio el procedimiento y ordenar la realización o práctica de los actos que resulten convenientes para el esclarecimiento y resolución de las cuestiones necesarias
- Que, mediante solicitud de fecha 27 de febrero de 2024, el administrado el señor LUIS ALBERTO CONDORI COPA, investigador, solicita autorización con fines de investigación científica de flora silvestre fuera de áreas naturales protegidas, para el proyecto denominado: *"Estimación de áreas susceptibles a la erosión hídrica para la plantación de Polylepis incarum con fines de protección de suelos en la cuenca hidrográfica Ramis - Puno"* estando a lo antes indicado y conforme lo prescrito por la norma correspondiente es responsabilidad del investigador contar con los permisos de los titulares de los predios, y autoridades correspondientes a fin de que cuente con el acceso correspondiente a las áreas de estudio, de ser el caso;
- El área de estudio se ubica en las provincias de Puno, Lampa y Azangaro del departamento de Puno por un periodo de dieciocho (18) meses;
- Que, por tanto, la solicitud presentada ha sido evaluada verificando el cumplimiento de los requisitos exigidos en el numeral 9 del Anexo N° 1 del Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre en concordancia con los "Lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación científica de flora y/o fauna silvestre", aprobados por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE, siendo estos los siguientes: i) Solicitud con carácter de declaración jurada que contenga información sobre el investigador, según formato; ii) Hoja de vida del investigador principal y plan de investigación, según formato; iii) Carta de presentación de los investigadores participantes, emitida por la institución académica u organización científica nacional o extranjera de procedencia; iv) Documento que acredite el consentimiento informado previo, expedido por la respectiva organización comunal representativa, de corresponder; y v) Documento que acredite el acuerdo entre las instituciones que respaldan a los investigadores nacionales y extranjeros, en caso la solicitud sea presentada por un investigador extranjero.
- Que, el Informe Técnico N° D000010-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-YPM de fecha 14 de marzo de 2024, señala que la solicitud materia de resolución cumple todos los requisitos establecidos en los lineamientos para el otorgamiento de la autorización con fines de investigación de fauna silvestre, aprobado por Resolución de Dirección Ejecutiva N° 060-2016-SERFOR/DE.
- Adicional a ello precisa que la investigación de fauna silvestre prevé la colecta de ejemplares conforme se describe a continuación;

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 3GZ5ZV7



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Familia	Nombre científico	Nombre común	Cantidad	Tipo de Muestra (ejemplar entero, hojas, flores, plumas, sandre, etc)	Finalidad de la colecta o captura temporal
Rosaseae	<i>Polylepis Incarum</i>	Queñua	24	Hojas, ramas y flores	determinación de la especie

- Que, el artículo 158° del Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI que aprueba el reglamento para la gestión del patrimonio forestal señala que: La autorización para actividades de investigación científica de flora silvestre genera las siguientes obligaciones:
 - a. No extraer especímenes, ni muestras biológicas, de flora silvestre no autorizada; no ceder los mismos a terceras personas, ni utilizarlos para fines distintos a lo autorizado.
 - b. Entregar al SERFOR un informe final en idioma español, incluyendo una versión digital en el mismo idioma, como resultado de la autorización otorgada, así como copia de las publicaciones producto de la investigación realizada, e indicar el número de la Autorización en las publicaciones generadas. Esta información es ingresada al SNIFFS.
 - c. Depositar el material colectado en una institución científica nacional depositaria de material biológico, así como entregar al SERFOR la constancia de dicho depósito. En casos debidamente justificados, y siempre que el material colectado no constituya holotipos ni ejemplares únicos, el depósito se podrá realizar en una institución distinta a la mencionada; para ello se requiere la autorización del SERFOR.
 - d. Incluir a por lo menos un investigador nacional, cuando la autorización de investigación sea requerida por extranjeros.
 - e. Incluir en las publicaciones el reconocimiento correspondiente al investigador nacional que participó en la investigación, en caso la autorización haya sido otorgada a investigadores extranjeros.
- Que, de conformidad a lo dispuesto en la Ley N° 29763, Ley Forestal y de Fauna Silvestre; el Texto Único Ordenado de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General aprobado con Decreto Supremo N° 004-2019-JUS, el Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre, aprobado por Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI, el Decreto Supremo N° 007-2013-MINAGRI, que aprueba el Reglamento de Organización y Funciones del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre - SERFOR, modificado mediante Decreto Supremo N° 016-2014-MINAGRI, en la cual incorpora a las Administraciones Técnicas Forestales y de Fauna Silvestre como Órganos desconcentrados de actuación local del SERFOR;

SE RESUELVE:

Artículo 1°.- Otorgar la autorización con fines de investigación científica de flora silvestre fuera de Áreas Naturales Protegidas, al señor LUIS ALBERTO CONDORI COPA identificado con DNI N° 46796673, para la realización de la investigación científica titulada: "*Estimación de áreas susceptibles a la erosión hídrica para la plantación de Polylepis incarum con fines de protección de suelos en la cuenca hidrográfica Ramis - Puno*" en la que participará como investigador principal, en virtud de las consideraciones antes expuestas, correspondiéndole el Código de Autorización N° **21-PUN/AUT-IFL-2024-001**.

Artículo 2°.- El desarrollo de la investigación científica autorizada se circunscribe en las provincias de Puno, Lampa y Azángaro del departamento de Puno, de acuerdo con las disposiciones establecidas en el Informe Técnico N° D000010-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-YPM.

Artículo 3°.- El proyecto "*Estimación de áreas susceptibles a la erosión hídrica para la plantación de Polylepis incarum con fines de protección de suelos en la cuenca hidrográfica*"

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 3GZ5ZV7



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Ramis - Puno, será realizado por un periodo de dieciocho (18) meses, conforme al plan de investigación participaran los siguientes investigadores.

Apellidos, Nombres	DNI/PASAPORTE	Profesión	Nacionalidad	Relación en la investigación
Luis Alberto Condori Copa	46796673	Bach. Ingeniería Ambiental y Forestal	Peruano	Investigador Principal

Artículo 4º.- El titular de la autorización se encuentra obligado al cumplimiento del plan de investigación, así como el cumplimiento de las obligaciones establecidas en la parte considerativa de la presente resolución así mismo está obligado a:

- a) Colectar únicamente las muestras autorizadas.
- b) No ceder el material colectado a terceros, ni utilizarlo para fines distintos a lo autorizado.
- c) Si por razones científicas acotadas, se requiere enviar al extranjero parte del material colectado, los interesados deberán gestionar el correspondiente Permiso para la Exportación ante la Dirección General de Gestión Sostenible del Patrimonio Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, así como pasar el control respectivo.
- d) No contactar, ni ingresar a los territorios comunales sin contar con la autorización de las autoridades comunales correspondientes.
- e) Entregar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de Puno una (01) copia del Informe Parcial anual (incluyendo versión digital), al término de cada año, contado a partir de la emisión de la presente autorización. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- f) Entregar a la Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre de Puno, una (01) copia del Informe Final (incluyendo versión digital) como resultado de la autorización otorgada, copias del material fotográfico y/o slides que puedan ser utilizadas para difusión. Asimismo, entregar una (01) copia de las publicaciones producto de la investigación realizada en formato impreso y digital.
- g) Los Informes Parciales y Final deberán contener una lista taxonómica de las especies de fauna colectadas o registradas bajo la presente autorización, en formato MS Excel. Ésta lista deberá contar con sus respectivas coordenadas en formato UTM (Datum WGS84), incluyendo la zona (17, 18 ó 19). El formato de Informe Parcial y Final que debe ser usado se encuentra en el Anexo 1 de la presente resolución.
- h) La entrega de lo indicado en el literal e), no deberá exceder los seis (06) meses luego de terminado cada año de la autorización; y en el caso del literal f) no deberá ser mayor a los seis (06) meses al vencimiento de la presente autorización.
- i) Indicar el número de la Resolución en las publicaciones generadas a partir de la autorización concedida.
- j) Solicitar anticipadamente al SERFOR o ARFFS y dentro del plazo de vigencia de la autorización, cualquier cambio en las características del proyecto (p. ej. Cronograma, especialistas, puntos de muestreo, etc) que demanden la modificación de la presente Resolución.

Artículo 5º.- El investigador deberá tomar las medidas de bioseguridad necesarias durante la captura y/o colecta de flora silvestre.

Artículo 6º.- Los derechos otorgados a través de la presente autorización, no eximen al titular de contar con la autorización respectiva para el ingreso a territorios de comunidades nativas o comunidades campesinas, ANP, predios privados ni a áreas comprendidas en títulos habilitantes, por lo que es responsabilidad de los titulares obtener las citadas autorizaciones.

Artículo 7º.- La Administración Técnica Forestal y de Fauna Silvestre del SERFOR, no se responsabiliza por accidentes o daños sufridos por la o el solicitante de esta autorización, durante la ejecución del proyecto; asimismo, se reserva el derecho de demandar del proyecto de investigación los cambios a que hubiese lugar en los casos en que se formulen ajustes sobre la presente autorización.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 3GZ5ZV7



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

Artículo 8°.- Notificar la presente resolución y el Informe Técnico N° D000010-2024-MIDAGRI-SERFOR-ATFFS-PUNO-YPM, al administrado, para su conocimiento y fines.

Contra la presente resolución, es posible la interposición de los recursos impugnativos previstos en el TUO de la Ley N° 27444, Ley del Procedimiento Administrativo General, aprobado por Decreto Supremo N° 004-2019-JUS.

Artículo 9°.- Disponer la publicación de la presente Resolución en el Portal Web del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre: www.serfor.gob.pe.

Regístrese, comuníquese.

Firmado Digitalmente

Bigo. GROVER IDME HANARI
Administrador Técnico (e)
Forestal y de Fauna Silvestre de Puno
Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre – SERFOR

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 3GZ5ZV7



RESOLUCIÓN ADMINISTRATIVA

ANEXO FORMATO DE INFORME FINAL

Como parte del cumplimiento de obligaciones adquiridas en el marco de la autorización de investigación científica de flora y/o fauna silvestre, fuera de áreas naturales protegidas, el o la administrado(a) deberá presentar la siguiente información:

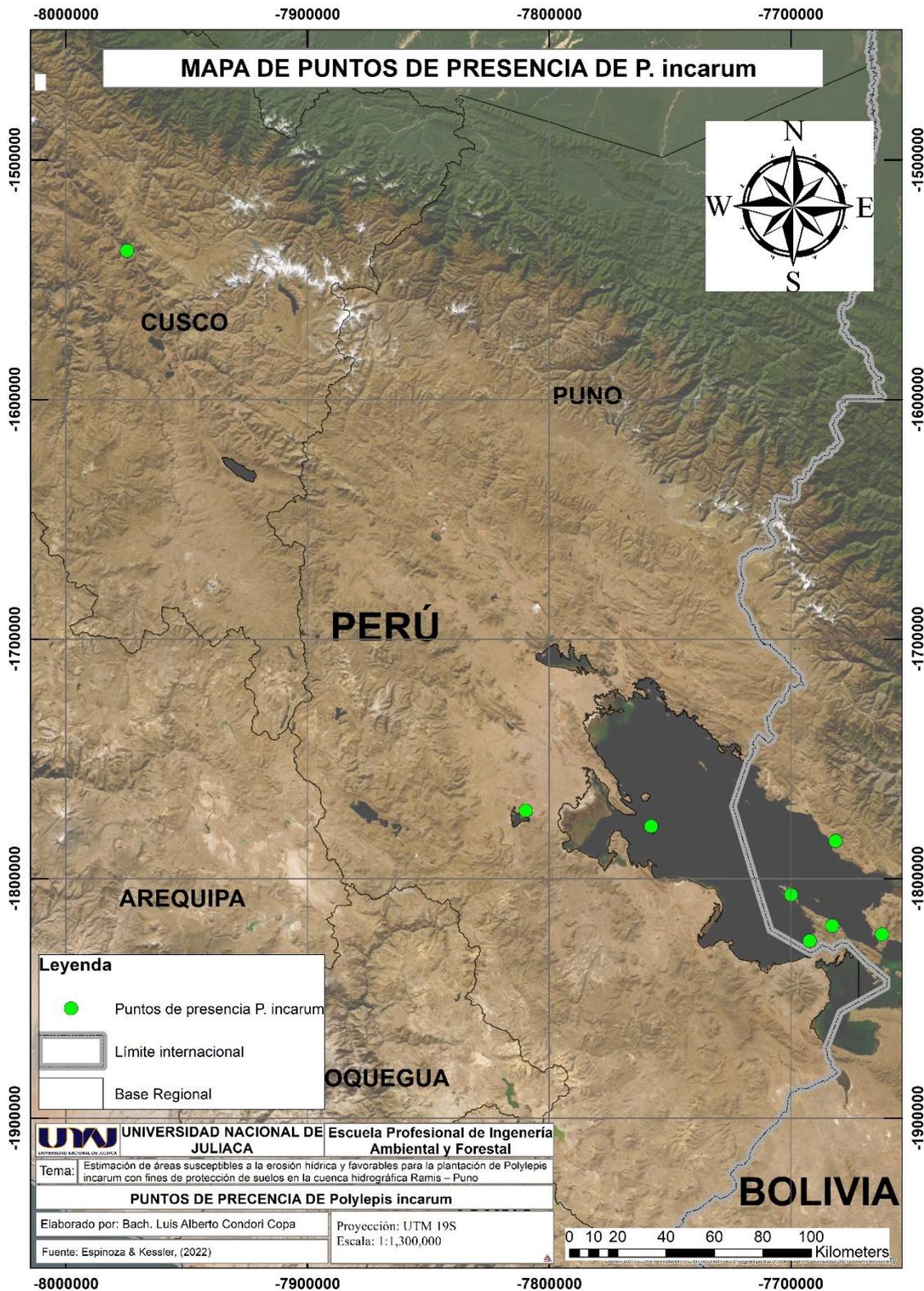
- a. Indicar el número de la Resolución Directoral que autorizó la investigación y el(los) número(s) de resolución de modificación, de corresponder. Tener en cuenta que el título del proyecto debe coincidir con la autorización otorgada.
- b. Resumen para ser publicado en la web del SERFOR (donde se deberá señalar los resultados y la relevancia del estudio, entre otros, de forma sintetizada respecto de lo encontrado en la investigación realizada, hasta 3000 caracteres o 500 palabras). Se adjunta un modelo en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1E0Y-u0UdEjwy1p76GhhiKC7AaOTYPwyH?usp=drive_link
- c. Resultados (Se debe indicar los resultados más relevantes tomando en cuenta los objetivos planteados para la investigación).
- d. Conclusiones (En esta sección se deberá incorporar los enunciados generados producto del análisis de resultados, los cuales responderán las interrogantes u objetivos planteados).
- e. Anexos
 - ✓ Adjuntar la(s) copia(s) de las(s) constancia(s) de depósito del material biológico¹, en caso de haber realizado colectas. La(s) constancia(s) deberá(n) ser emitida(s) por una institución científica nacional depositaria de material biológico-ICNDMB, registrada por el SERFOR. Si desea visualizar el registro de ICNDMB autorizadas, puede ingresar al siguiente enlace: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1UxftWWSZPPQsvj7yYvqysVGUzLXUs54/edit#gid=587067988>
 - ✓ Material fotográfico, en formato original. Se resguardará los derechos de autor.
 - ✓ Adjuntar las autorizaciones de ingreso a territorios comunales, ACR, ACP, títulos habilitantes, predios rurales cuando corresponda.
 - ✓ Listado taxonómico de las especies de flora y/o fauna silvestre objeto de investigación (colectadas, capturas temporalmente, registros mediante registros directos e indirectos, etc.), de acuerdo con el formato indicado en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1E0Y-u0UdEjwy1p76GhhiKC7AaOTYPwyH?usp=drive_link
 - ✓ En caso de no haber realizado colectas, remitir la información del ámbito de estudio, de acuerdo con el formato indicado en el siguiente enlace: https://drive.google.com/drive/folders/1E0Y-u0UdEjwy1p76GhhiKC7AaOTYPwyH?usp=drive_link
 - ✓ Entregar la(s) publicación(es), producto de la investigación realizada en formato digital, (se podrá adjuntar el enlace de acceso al artículo, DOI, etc.) o de lo contrario señalar que no cuenta con publicación. En caso de contar con publicación de tesis de pre o posgrado, indicar el enlace del repositorio en donde se encuentra depositado.

Dicha información podrá ser entregada en formato digital a través de la Mesa de Partes Virtual (<https://apps.serfor.gob.pe/mesadepartesvirtual/#/>) o físico en formato impreso en mesa de partes presencial de las ATFFS.

¹ El Artículo 155 y el Artículo 135 del Reglamento para la Gestión Forestal y el Reglamento para la Gestión de Fauna Silvestre, aprobados con Decreto Supremo N° 018-2015-MINAGRI y Decreto Supremo N° 019-2015-MINAGRI, respectivamente; señalan que el material biológico colectado debe ser depositado en Instituciones Científicas Nacionales registradas ante el SERFOR.

Esta es una copia auténtica imprimible de un documento electrónico archivado en el Servicio Forestal y de Fauna Silvestre, aplicando lo dispuesto por el Art. 25 de D.S. 070-2013-PCM y la Tercera Disposición Complementaria Final del D.S. 026-2016-PCM. Su autenticidad e integridad pueden ser contrastadas a través de la siguiente dirección web: Url: <https://sgd.serfor.gob.pe/validadorDocumental/> Clave: 3GZ5ZV7

Anexo 11. Cartografía de ubicación de *P. incarum*



Anexo 12. Constancia taxonómica



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA
LABORATORIO DE TAXONOMIA VEGETAL



CONSTANCIA

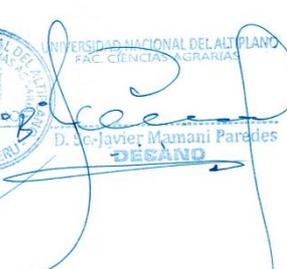
El que suscribe jefe del Laboratorio de Taxonomía Vegetal de la Facultad de Ciencias Agrarias de la U.N.A. Puno, hace constar que el espécimen botánico puesto a disposición pertenece a la especie: *Polylepis incarum* M. Kessler & Schmidt "Queñua" que, según el Sistema de Clasificación Filogenético de Adolph Engler, posee la siguiente Posición Taxonómica:

REINO	Plantae
SUB REINO	Phanerogamae
DIVISIÓN	Angiospermae
CLASE	Dicotyledoneae
SUB CLASE	Methachlamydeae
ORDEN	Rosales
FAMILIA	Rosaceae
GENERO	Polylepis
ESPECIE	<i>Polylepis incarum</i> M. Kessler & Schmidt

Según el interesado esta muestra fue colectada en la ribera de la laguna de Umayo, expide la presente constancia a petición escrita del interesado: **Luis Alberto Condori Copa**, Bachiller en Ingeniería Ambiental y forestal, de la Facultad de Ingeniería, de la Universidad Nacional de Juliaca-Puno, para los fines que viere por conveniente.

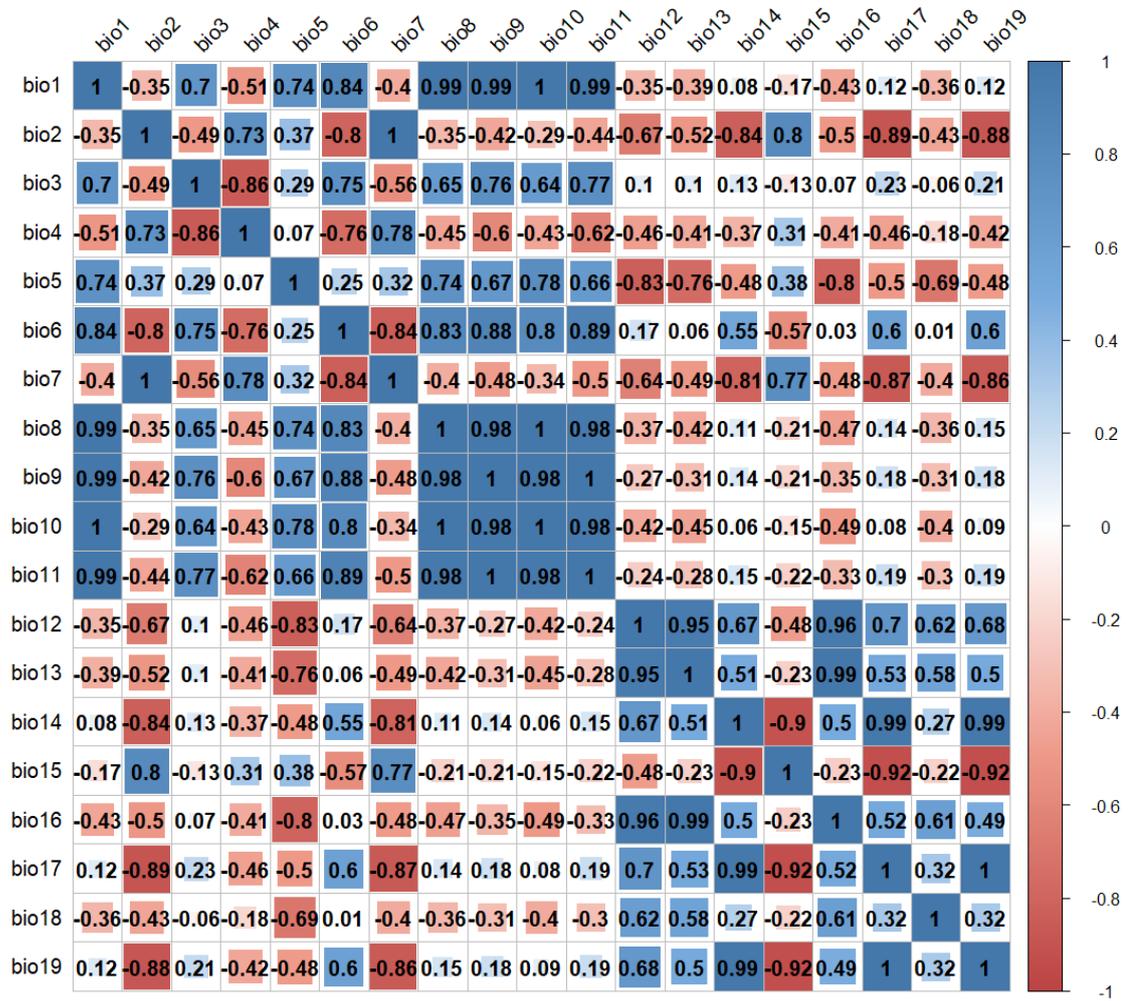


INGENIERO PELILEO RUELAS
INGENIERO AGRÓNOMO
C.I.P. N° 88134
JEF. LABORATORIO TAXONOMIA VEGETAL



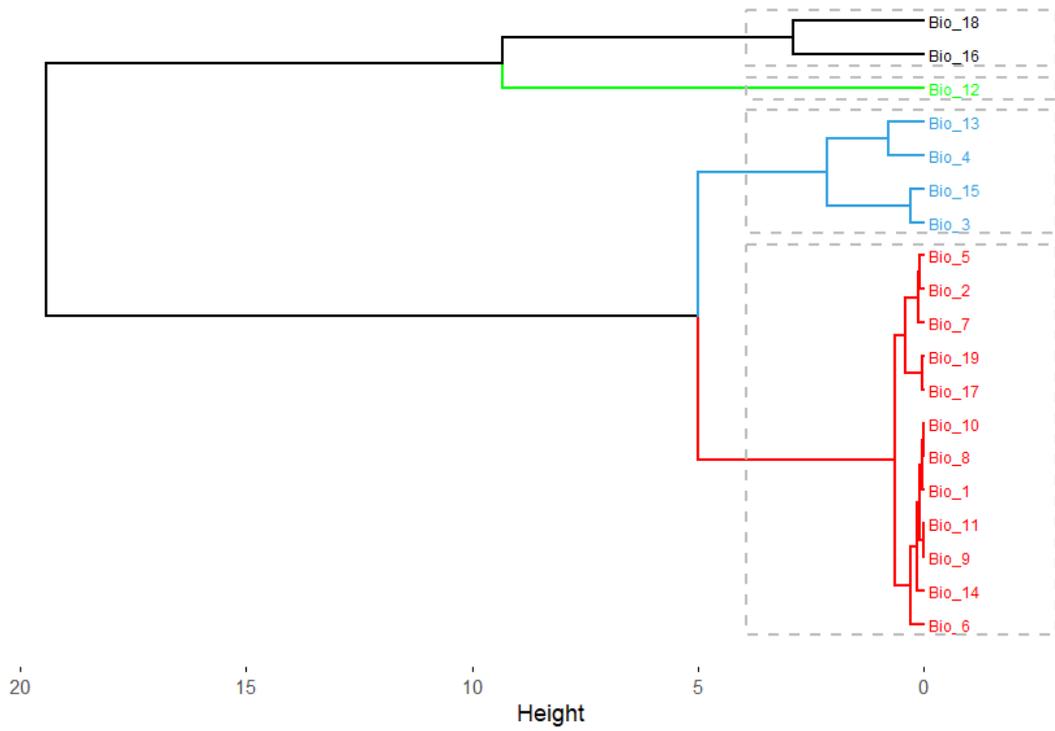
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FAC. CIENCIAS AGRARIAS
D. Sr. Javier Mamani Paredes
DESANO

Anexo 13. Matriz de correlaciones de datos bioclimáticas para el modelamiento de *P. incarum*

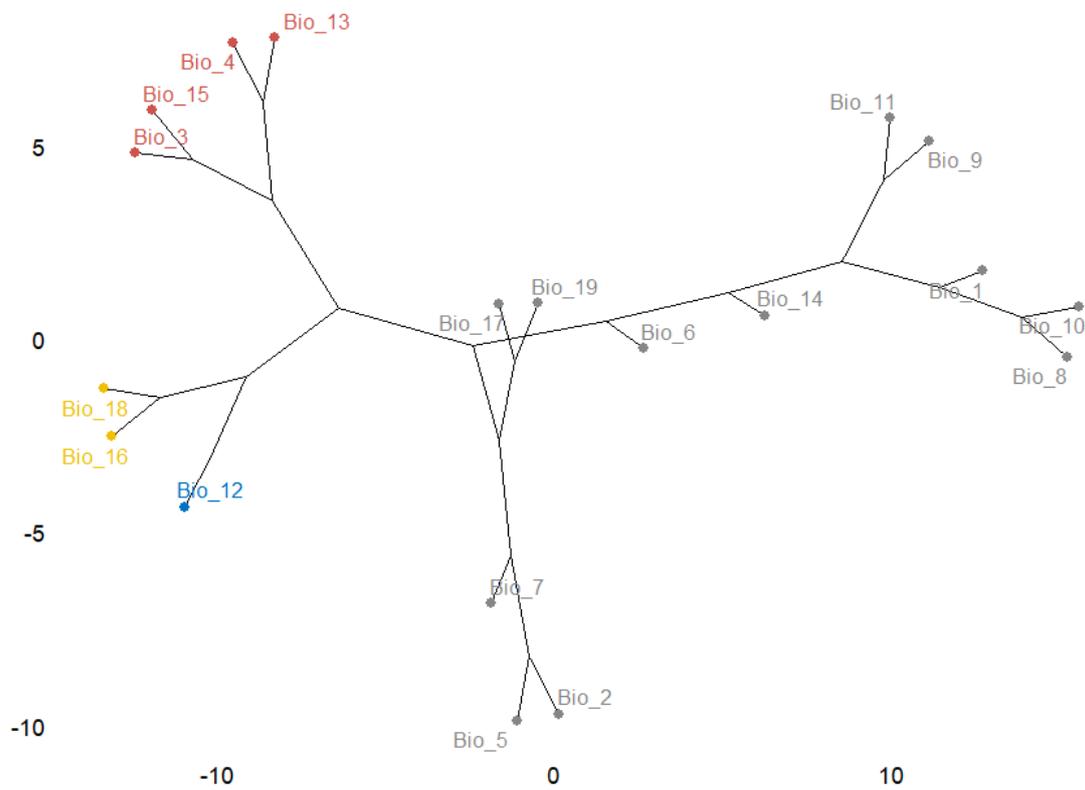


Anexo 14. Dendrograma de variables altamente correlacionadas de *P. incarum*

Cluster Dendrogram



Cluster Dendrogram 2



Anexo 15. Panel fotográfico de cobertura vegetal



Suelos sin cobertura vegetal.



Suelo con poca vegetación.



Suelo con escasa vegetación.



Vegetación nativa



Vegetación nativa y especie arbórea.



Formación de cárcavas.



Afloramiento rocoso y vegetación nativa.



Afloramiento rocoso.



Suelo sin vegetación y vegetación nativa.



Suelo sin vegetación.



Vegetación nativa.



Afloramiento rocoso.



Vegetación nativa y especies arbóreas.



Especies nativas en surcos.



Afloramiento rocoso.



Suelo sin vegetación.



Suelo con escasa vegetación.



Suelo con escasa vegetación.

Anexo 16. Panel fotográfico de análisis en laboratorio



Reactivo dicromato de potasio.



Reactivo sulfato ferroso amoniacal.



Reactivo difenilamina.



Reactivo hexametafosfato de sodio.



Reactivo carbonato de sodio.



Muestras de suelo.



Tamizando la muestra.



Titulación de la muestra.



Muestras para titulación.



Muestras tituladas.



Determinando textura de suelo.



Probetas de 1000 ml con muestras de suelo.

UNW



UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

"Universidad Pública de Calidad"