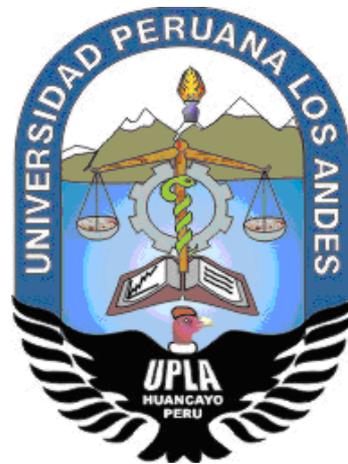


UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**EROSIÓN HÍDRICA MEDIA ANUAL EN LA UNIDAD
HIDROGRÁFICA DEL RÍO SECO, TARMA - JUNÍN**

PRESENTADO POR:

BACH. SILES CHACCHI QUIROZ.

Línea de investigación institucional:

Salud y gestión de la salud.

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

Huancayo – Perú

2021

Ing. Juan José Bullón Rosas.

Asesor

Dedicatoria

- El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano .

Agradecimiento

- El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas.
- A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado incondicionalmente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron.
- De igual manera, agradezco al asesor que me guio en la elaboración de mi tesis, que gracias a sus experiencias y correcciones hoy puedo culminar este trabajo. A los docentes que me ayudaron a progresar como persona, y gracias a sus experiencias y sabiduría hoy puedo sentirme satisfecho y contento.
- Y por supuesto a mi querida alama mater y a todas las personas que están inmersas en ella, por permitirme coronar con una etapa de mi vida, gracias por la tolerancia, educación y dirigirme en el desarrollo de mi investigación.

HOJA DE CONFORMIDAD DE MIEMBROS DEL JURADO

Dr. RUBEN TAPIA SILGUERA
Presidente

Mg. HENRY GUSTAVO PAUTRAT EGOAVIL
Jurado revisor

Mg. JULIO CESAR LLALLICO COLCA
Jurado revisor

Ing. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
Jurado revisor

Mg. LEONEL UNTIVEROS PEÑALOZA
Secretario docente

ÍNDICE

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN	xiii

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema	15
1.2. Formulación y sistematización del problema	16
1.2.1. Problema general	16
1.2.2. Problemas específicos	16
1.3. Justificación	17
1.3.1. Práctica o social	17
1.3.2. Metodológica	17
1.4. Delimitaciones	17
1.4.1. Espacial	17
1.4.2. Temporal	18
1.4.3. Económica	18
1.5. Limitaciones	18
1.6. Objetivos	19
1.6.1. Objetivo general	19
1.6.2. Objetivos específicos	19

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes	20
2.1.1. Antecedentes internacionales	20
2.1.2. Antecedentes nacionales	22
2.2. Marco conceptual	26
2.2.1. Erosión hídrica	26
2.2.2. Factores que intervienen en la erosión	26
2.2.3. Consecuencias de la erosión del suelo	27

2.2.4. Proceso de erosión hídrica	27
2.2.5. Ecuación universal de pérdida de suelo (USLE)	28
2.2.6. Factor LS	29
2.2.7. Factor R	30
2.2.8. Factor C	31
2.2.9. Factor K	31
2.3. Definición de términos	34
2.4. Hipótesis	34
2.4.1. Hipótesis general	34
2.4.2. Hipótesis específicas	35
2.5. Variables	35
2.5.1. Definición conceptual de la variable	35
2.5.2. Definición operacional de la variable	35
2.5.3. Operacionalización de la variable	36

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación	37
3.2. Tipo de investigación	37
3.3. Nivel de investigación	37
3.4. Diseño de investigación	38
3.5. Población y muestra	38
3.5.1. Población	38
3.5.2. Muestra	38
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	38
3.7. Procesamiento de la información	39
3.7.1. Determinación del factor LS	39
3.7.2. Determinación del factor R	39
3.7.3. Determinación del factor C	39
3.7.4. Determinación del factor K	39
3.7.5. Determinación de la erosión en la unidad hidrográfica	40
3.8. Técnicas y análisis de datos	40

**CAPÍTULO IV
RESULTADOS**

4.1. Factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS)	41
4.1.1. Sub factor "L"	41
4.1.2. Sub factor "S"	44
4.1.3. Factor "LS"	45
4.2. Factor de erosividad (R)	46
4.3. Factor de la cobertura vegetal (C)	48
4.4. Factor de erodabilidad (K)	49
4.5. Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco	50

**CAPÍTULO V
DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

5.1. Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco	52
CONCLUSIONES	55
RECOMENDACIONES	57
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS	60
ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA	
ANEXO N° 02: DATOS DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL	
ANEXO N° 03: DATOS DE SUELO	
ANEXO N° 04: PLANOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Niveles de erosión hídrica.	29
Tabla 2. Índices del factor C según el uso de la cobertura vegetal.	31
Tabla 3. Clasificación del factor de materia orgánica.	32
Tabla 4. Clases de permeabilidad.	32
Tabla 5. Parámetros de estructuras de suelos a profundidades de 15 a 18 cm.	32
Tabla 6. Operacionalización de la variable: erosión hídrica.	36
Tabla 7. Factor "LS" de la unidad hidrográfica del río Seco.	45
Tabla 8. Precipitación promedio en la unidad hidrográfica del río Seco.	46
Tabla 9. IMF y R de acuerdo a estación meteorológica.	46
Tabla 10. Factor "R" de la unidad hidrográfica del río Seco.	48
Tabla 11. Factor "C" de la unidad hidrográfica del río Seco.	49
Tabla 12. Factor "K" de la unidad hidrográfica de la unidad hidrográfica del río Seco.	50
Tabla 13. Erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco.	51
Tabla 14. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Huasahuasi.	64
Tabla 15. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Jauja.	65
Tabla 16. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación La Oroya.	66
Tabla 17. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Ricrán.	67
Tabla 18. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Tarma.	68
Tabla 19. Factor K de acuerdo al suelo.	72

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación de la unidad hidrográfica del río Seco.	18
Figura 2. Factores que intervienen en la erosión.	27
Figura 3. Proceso de la erosión hídrica.	28
Figura 4. Triángulo de permeabilidad.	33
Figura 5. Resultado del cálculo del parámetro F de la unidad hidrográfica del río Seco.	41
Figura 6. Resultado del cálculo del parámetro "m" de la unidad hidrográfica del río Seco.	42
Figura 7. Obtención del DEM de la unidad hidrográfica del río Seco.	42
Figura 8. Obtención de la dirección de flujo en la unidad hidrográfica del río Seco.	43
Figura 9. Obtención de la acumulación de flujo en la unidad hidrográfica del río Seco.	43
Figura 10. Factor L de la unidad hidrográfica del río Seco.	44
Figura 11. Sub factor "S" de la unidad hidrográfica del río Seco.	44
Figura 12. Factor "LS" de la unidad hidrográfica del río Seco.	45
Figura 13. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas.	47
Figura 14. Factor "R" de la unidad hidrográfica del río Seco.	47
Figura 15. Factor "C" de la unidad hidrográfica del río Seco.	49
Figura 16. Factor K de la unidad hidrográfica del río Seco.	49
Figura 17. Erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco.	50

RESUMEN

La presente investigación tuvo como problema general: ¿Cuál es la erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma – Junín?, el objetivo general fue: Evaluar la erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma – Junín y la hipótesis general que se contrastó fue: La erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco se encuentra entre alta y muy alta.

El método de investigación fue el científico, el tipo de investigación fue la aplicada con un nivel descriptivo y un diseño no experimental; la población correspondió a las unidades hidrográficas de la cuenca hidrográfica del río Mantaro, el tipo de muestreo fue el no probabilístico y correspondió a la unidad hidrográfica del río Seco con 16478.58 ha de área, que involucra los distritos de Tarma y Huaricolca, provincia de Tarma y departamento Junín.

La conclusión principal fue que, la unidad hidrográfica del río Seco presenta en 0.93 % de área erosión nula o ligera, en 11.15 % erosión moderada, en 30.25 % erosión alta y 57.67 % de erosión muy alta.

Palabras clave: erosión hídrica, unidad hidrográfica, USLE, erosividad, erodabilidad, uso de suelo.

ABSTRACT

The present investigation had as a general problem: What is the average annual water erosion in the hydrographic unit of the Seco river, Tarma - Junín?, the general objective was: To evaluate the average annual water erosion in the hydrographic unit of the Seco river, Tarma - Junín and the general hypothesis that was contrasted was: The average annual water erosion in the hydrographic unit of the Seco river is between high and very high.

The research method was scientific, the type of research was applied with a descriptive level and a non-experimental design; the population corresponded to the hydrographic units of the Mantaro river basin, the type of sampling was non-probabilistic and corresponded to the hydrographic unit of the Seco river with 16478.58 ha of area, which involves the districts of Tarma and Huaricolca, province of Tarma and department Junín.

The main conclusion was that the hydrographic unit of the Seco river presents 0.93 % of null or light erosion area, 11.15 % moderate erosion, 30.25 % high erosion and 57.67 % very high erosion.

Keywords: water erosion, hydrographic unit, USLE, erosion, erodability, soil use.

INTRODUCCIÓN

La tesis titulada: Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín, tiene como objetivo evaluar la erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín; para lo cual se utilizó información de la unidad hidrográfica del río Seco, el uso y tipo de suelo, la precipitación media mensual y la topografía de la misma, esto para determinar los factores de LS (longitud y gradiente de la pendiente), R (erosividad), C (uso de suelo) y K (erodabilidad), con el fin de multiplicarlos según estipula la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) para obtener la erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco.

La presente tesis cuenta con los siguientes capítulos:

El Capítulo I, trata sobre el problema de investigación, el planteamiento del problema, la formulación y sistematización del problema, la delimitación de la investigación, la justificación, las limitaciones y los objetivos.

El Capítulo II, muestra el marco teórico, los antecedentes de la investigación, el marco conceptual, la definición de términos, las hipótesis y variables.

El Capítulo III, desarrolla la metodología de la investigación, donde se explica el método de investigación, tipo de investigación, nivel, diseño, la población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de información, el procesamiento de la información y las técnicas y análisis de datos.

El Capítulo IV, trata sobre los resultados obtenidos en base a los problemas, objetivos y las hipótesis.

El Capítulo V, explica la discusión de resultados obtenidos en la investigación.

Finalmente se tiene las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos.

Bach. Siles Chacchi Quiroz

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad la pérdida de suelo por la erosión hídrica constituye un grave problema crítico a nivel global, que se refleja en la pérdida de productividad, pérdida de recursos naturales y sobre todo biodiversidad (Morales y Marín, 2018; Raymundo, 2018).

A nivel mundial el crecimiento poblacional y las afectaciones del calentamiento global hacen que estos impactos se acentúen, exponiendo los diversos sectores a riesgos de deslave; otro problema que se presenta es la falta de información concerniente a erosión hídrica e información incompleta de los factores climatológicos (Arciniegas, Morillo, Jacome, Ibaza y Nieto, 2017).

El Perú no es ajeno a esta problemática, pues la erosión hídrica es un proceso de pérdida de suelo que afecta a toda la sierra peruana, debido a las condiciones semiáridas, las altas pendientes, uso de prácticas agrícolas inadecuadas, creciente presión demográfica por el uso del suelo, escasa cubierta vegetal debido a la deforestación, sobre pastoreo y presencia de

esporádicas lluvias, pero de alta intensidad; presentándose un 3 % de la superficie del país desertificada y hasta un 24 % en proceso de desertificación (Orbegoso y Rodríguez, 2018).

En la región Junín, una de las actividades económica que más se desarrolla en las cuencas hidrográficas es la agricultura la que contribuye a la pérdida de suelo generando susceptibilidad a perder suelo por deslizamiento en época de lluvia (Nakaya, 2018).

Situación por la cual, con la presente se pretende evaluar la erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco que involucra los distritos de Tarma y Huaricolca ambos de la provincia de Tarma; considerando que, el éxito de un proyecto hidráulico depende en gran medida de los planes de manejo a implementarse con miras a asegurar, hasta cierto punto, la disponibilidad de agua y la reducción del volumen de sedimentos hasta rangos aceptables, en este caso es necesario contar con metodologías que permitan la evaluación de zonas vulnerables a la erosión hídrica, la que predominantemente origina la pérdida de suelo y la consecuente producción de sedimentos (Oñate-Valdivieso, 2004).

1.2. Formulación y sistematización del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es la erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma – Junín?

1.2.2. Problemas específicos

- a) ¿Cuál es el factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la unidad hidrográfica del río Seco?

- b) ¿Qué factor de erosividad (R) tiene la unidad hidrográfica del río Seco?
- c) ¿Cuál es el factor de la cobertura vegetal (C) de la unidad hidrográfica del río Seco?
- d) ¿Qué factor de erodabilidad (K) tiene la unidad hidrográfica del río Seco?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica o social

Con la presente investigación se pretendió conocer la pérdida de suelo en la unidad hidrográfica del río Seco el cual es un problema que aqueja a los pobladores de los distritos de Tarma y Huaricola de la provincia de Tarma del departamento de Junín, a fin de ser herramienta para la toma de decisiones para las autoridades competentes y población en general (Bernal, 2006).

1.3.2. Metodológica

Se propuso la utilización de la metodología sobre la pérdida universal de suelos (USLE) en base a información geográfica espacial, la misma que servirá para futuras investigaciones relacionadas (Bernal, 2006).

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Espacial

La investigación involucró los distritos de Tarma y Huaricolca, provincia de Tarma del departamento Junín.

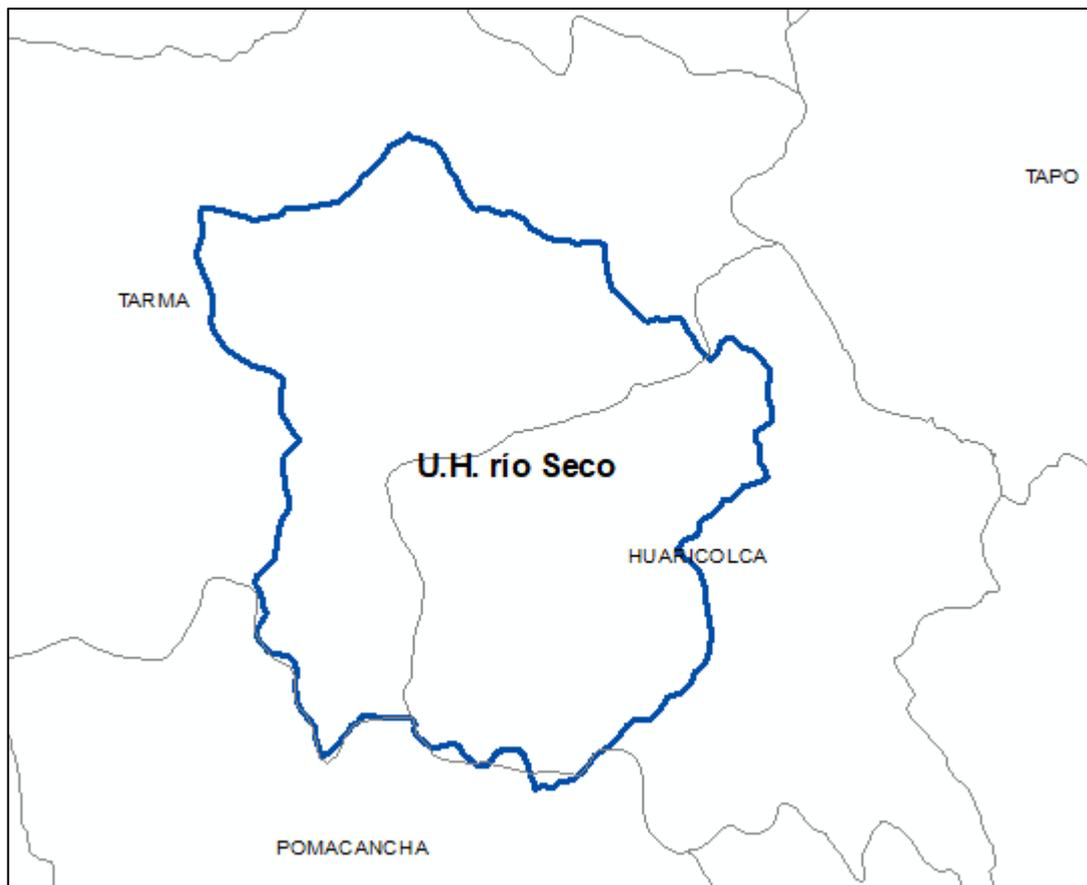


Figura 1. Ubicación de la unidad hidrográfica del río Seco.

1.4.2. Temporal

Se desarrolló durante los meses de mayo hasta setiembre de 2019.

1.4.3. Económica

Esta investigación se realizó con recursos propios, no se contó con financiamiento externo.

1.5. Limitaciones

- No se contó con información secundaria fiable respecto al uso de suelos en la unidad hidrográfica del río Seco; no obstante, se recurrió a imágenes satelitales para su desarrollo.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo general

Evaluar la erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma – Junín.

1.6.2. Objetivos específicos

- a) Determinar el factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la unidad hidrográfica del río Seco.
- b) Estimar el factor de erosividad (R) de la unidad hidrográfica del río Seco.
- c) Determinar el factor de erodabilidad (K) de la unidad hidrográfica del río Seco.
- d) Estimar el factor de la cobertura vegetal (C) de la unidad hidrográfica del río Seco.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes internacionales

Morales y Marín (2018) realizaron la investigación: “Estimación de la pérdida de suelo en la microcuenca de la quebrada Cune del municipio de Villeta, utilizando el modelo RUSLE2”, siendo el objetivo principal el “estimar la pérdida de suelo en la microcuenca quebrada Cune del municipio de Villeta, región Cundinamarca, utilizando diferentes escenarios ambientales, por medio del modelo RUSLE2 (Revised Universal Soil Loss Equation, versión 2), el cual es una revisión y sistematización de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo (USLE)”; para el desarrollo de la investigación en primera instancia generaron información cartográfica y alfanumérica por medio de un Sistema de Información Geográfica (SIG), identificaron valores de pérdida de suelo bajo diferentes escenarios medio ambientales de 211.98 T/ha.año, 83.57 T/ha.año y 64.70 T/ha.año, para el cultivo de caña panelera en los años húmedo, medio y seco

respectivamente; para el cultivo del café en el año húmedo, medio y seco fue de 246.18 T/ha.año, 85.89 T/ha.año y 53.08 T/ha.año. Los valores para pastos de año húmedo, medio y seco fueron de 116.19 T/ha.año, 44.90 T/ha.año y 18.31 T/ha.año. Finalmente, para los cítricos obtuvieron para año húmedo, medio y seco valores de 78.25 T/ha.año, 30 T/ha.año y 12.41 T/ha.año .

Arciniegas et al. (2017) desarrollaron la investigación: “Propuesta metodológica para evaluación del riesgo de erosión hídrica, utilizando sistemas de información geográfica y teledetección, Cantón Cayambe”; en este trabajo presenta una metodología para evaluar el riesgo de erosión hídrica en el Cantón Cayambe aplicando Sistemas de Información Geográfica (SIG). La metodología propone la modelización en función de variables topografía y suelo, de la topografía tomaron en cuenta la pendiente y de algunas de las características del suelo tomaron en cuenta la textura. El resultado es combinado con la variable de precipitación, dando como resultado una zonificación del riesgo de erosión hídrica. El modelo resultante toma en cuenta la precipitación, porque es uno de los factores climáticos desencadenante del proceso de erosión hídrica. Esto permite realizar un diagnóstico preliminar de la erosión hídrica en las diferentes actividades y usos del suelo en el Cantón, apoyando en análisis posteriores en la determinación del grado de fertilidad y producción, en procesos de Planificación y Ordenamiento Territorial.

Oñate-Valdivieso (2004) realizó la investigación: “Metodología para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en zonas áridas y su aplicación en el manejo y protección de proyectos hidráulicos”; para lo cual el fin fue identificar las áreas críticas para la erosión hídrica como base para implementar planes de

manejo y protección que aseguren el total funcionamiento del proyecto de riego Zapotillo, que irrigará 10 000 ha en una zona sub desértica tropical ubicada en la provincia de Loja, zona fronteriza entre Ecuador y Perú, la conducción principal atraviesa zonas con fuertes pendientes y escasa cobertura vegetal, condiciones que producen una pérdida considerable de suelo que se traduce en transporte de sedimentos en el canal y obstrucciones por deslizamientos. Para ello aplicó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE) en combinación con Sistemas de Información Geográfica (SIG), cabe mencionar que, al tratarse de un canal de riego en una zona con escasa información meteorológica, introdujo modificaciones en la metodología general de la RUSLE en lo referente a la determinación de la erosividad de la lluvia, y al factor topográfico LS ; como resultado obtuvo que en área de estudio se presentará un nivel de erosión leve de 0.35 % (< 10 T/ha/año), moderada de 54.81 % (10 – 50 T/ha/año), fuerte de 38.39 % (50 – 200 T/ha/año) y muy fuerte de 6.45 % (> 200 T/ha/año).

2.1.2. Antecedentes nacionales

Morante y Gonzales (2019) realizaron la investigación: “Elaboración de mapas de erosión en la cuenca del río Perené”, donde establecieron como objetivo el procesar, calcular y determinar cada factor de la ecuación del USLE, así como el de elaborar una mapa de erosiones, la estimación de pérdidas potenciales y validar la información de forma cualitativa; para ello cuantificó las pérdidas en base a la interacción de 6 factores del método USLE, siendo K (erodabilidad del suelo), factor R (erosión hídrica), factor C (cobertura de suelo), factor LS (factor longitud pendiente) y el factor P (conservación del suelos); las conclusiones, abordó fueron que, la pérdida del suelo es muy alta entre 100 – 300 Tn/Ha/año

debido a la intensidad y duración de las precipitaciones, seguido de la cobertura en la zona.

Alvarez (2019) desarrolló la investigación: “Análisis temporal del nivel de la erosión hídrica de la subcuenca del río Ichu 2013 y 2017”, considerando como objetivo general estimar el nivel de erosión hídrica en la subcuenca del río Ichu, considerando la erosividad, la erodabilidad, longitud y pendiente, a fin de estimar “los cambios de la erosión hídrica por el cambio de la cobertura vegetal; para esto utilizó la metodología de la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) y el análisis con herramientas de sistemas de información geográfica (SIG)”; las conclusiones a las que llegó fueron que, el año 2013 la tasa de erosión hídrica fue de 406.98 Ton/ha/año en un área de 0.013 % de la subcuenca, mientras que, en el año 2017 se presentó 554.36 Ton/ha/año en 0.018 % de la subcuenca; siendo así que desde el 2013 al 2017 se dio una variación extrema por el cambio en la cobertura vegetal y la precipitación.

Camacho-Zorogastúa y Gómez (2018) realizaron la investigación: “Erosión hídrica por lluvias máximas en diferentes tiempos de retorno en la subcuenca Cumbaza - región San Martín”, para lo cual establecieron como objetivo el conocer la erosión hídrica de acuerdo a las lluvias máximas para diferentes periodos de retorno utilizando la ecuación universal de pérdida de suelos y el modelamiento de los sistemas de información geográfica (SIG) con el fin de proponer medidas de conservación de suelos; para ello evaluaron lluvias máximas en 24 horas mediante la regionalización hidrológica y la distribución Gumbel tipo I, seguidamente evaluaron la vulnerabilidad erosiva con SIG; las

conclusiones a las que llegaron fueron que, la tasa de erosión fue de 31, 40 y 50 toneladas/ha/año para periodos de retorno de 5, 25 y 100 años.

Nakaya (2018) desarrolló la investigación: “Estimación de la pérdida de suelo media anual mediante el modelo R.U.S.L.E., en la cuenca del río Tingo - Cajamarca”, considerando la cuenca del río Tingo; para ello aplicó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada (RUSLE) y un modelo geoespacial con el empleo de las herramientas SIG (Sistema de Información Geográfica), mediante la cual identificó las zonas vulnerables a la erosión hídrica según la clasificación de la FAO; finalmente de acuerdo a cada zona de vulnerabilidad erosiva propuso alternativas de protección y/o conservación de suelo. Desarrolló el estudio en tres etapas, la primera etapa consistió en la recopilación de información de la zona de estudio (información temática de cobertura vegetal, suelos, precipitaciones, fisiográfica, geología y cartas nacionales, asimismo estableció en esta etapa la ruta y puntos de muestreo de suelos), la segunda etapa consistió en el trabajo de campo (tomó muestras de suelo, identificó in situ el tipo de cobertura vegetal, los accesos de la cuenca y las prácticas de manejo de suelo que se realizan en las parcelas de cultivo) y la tercera etapa consistió en la determinación de la textura, materia orgánica y arena muy fina de las muestras de suelo tomadas; así mismo, procesó toda la información obtenida en las dos primeras etapas en SIG. Culminado el proceso, obtuvo un mapa temático que presenta la distribución espacial de la vulnerabilidad a la erosión hídrica, en las cuales se presenta una mayor pérdida de suelos en las zonas con alta pendiente y con escasa cobertura vegetal, estando la erosión hídrica más influenciada por la pendiente y cobertura vegetal, que por la precipitación en sí .

Orbegoso y Rodríguez (2018) realizó la investigación: “Erosión hídrica en la sub cuenca río Urpay utilizando el método del Perfil, Huaraz”, siendo el objetivo determinar la erosión hídrica promedio anual para la sub cuenca del río Urpay, utilizando el método del Perfil, en base al Manual utilizado por la Universidad Nacional Agraria de Managua y otras instituciones del Estado Nicaragüense. La metodología consistió en tomar como perfil patrón, el perfil modal identificado por la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN) del Perú (1973); también utilizó el programa ArcGis10.5, para delimitar la fisiográfica de la sub cuenca por pendientes. Adicionalmente, consideró todos los perfiles encontrados a nivel de la sub cuenca Urpay de otros estudios y complementando con algunos muestreos realizados el 2017. El número de calicatas que utilizaron fue 21, describiéndose en cada una, el perfil del suelo, cuyo Epipedón (horizonte Ap.), se ha comparado con el Epipedón modal de la ONERN (1973) que ha sido de 15 cm de espesor. Los resultados que obtuvieron indican que la erosión hídrica en la sub cuenca Urpay va de leve a moderada, según la FAO. Las pérdidas de suelo varían en el rango de: 10.69, 14.97 y 12.83, en T/ha/año, para las pendientes de 4 – 15 %, 15 – 25 % y 25 – 50 % .

Raymundo (2018) desarrolló la investigación: “Evaluación de la pérdida del suelo mediante el modelo RUSLE en la microcuenca del río Jucusbamba, provincia de Luya, región Amazonas (Perú)”, para lo cual evaluó la pérdida del suelo mediante la Ecuación de Pérdida de Suelo Universal Revisada (RUSLE) con el uso de herramientas de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y teledetección en la microcuenca del río Jucusbamba. Los factores de la ecuación los estimó a partir de información base como datos de precipitación (Factor R),

mapa de suelos de la FAO (Factor K), modelo de elevación digital de terreno (Factor LS), mapa de cobertura y uso actual del suelo (Factor C) y mapa de pendiente (Factor P). Los resultados a los que llegó indican que el 93.34 % (0 a 5 T/ha.año) del área total existe una pérdida leve, en el 3.94 % (5 a 10 T/ha.año) existe una pérdida moderada, en el 1.82 % (10 – 20 T/ha.año) ocurre una pérdida alta, en el 0.61 % (20 - 40 T/ha.año) la pérdida de suelo es muy alta, y solo en el 0.29 % (> 40 T/ha.año) la pérdida de suelo es severa; concluyendo así que, las zonas con alta, muy alta y severa erosión del suelo se localizan en la parte media y baja de la microcuenca .

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Erosión hídrica

“Se produce por el efecto combinado de las condiciones meteorológicas y el clima, los cuales preparan el material parental para la erosión y la lluvia actúa como el mayor agente erosivo; siendo la cobertura vegetal, el tipo y características del suelo, la geomorfología, la geología y los usos del suelo, los que establecen el grado de propensión del suelo a ser afectado por la erosión” (Nakaya, 2018).

2.2.2. Factores que intervienen en la erosión

De acuerdo a Morales y Marín (2018), “los factores que afectan la erosión y la sedimentación están en función del tipo de erosión; no obstante, la erosión que ocurre en el suelo depende directamente de ciertas variables”, entre las cuales se encuentran:

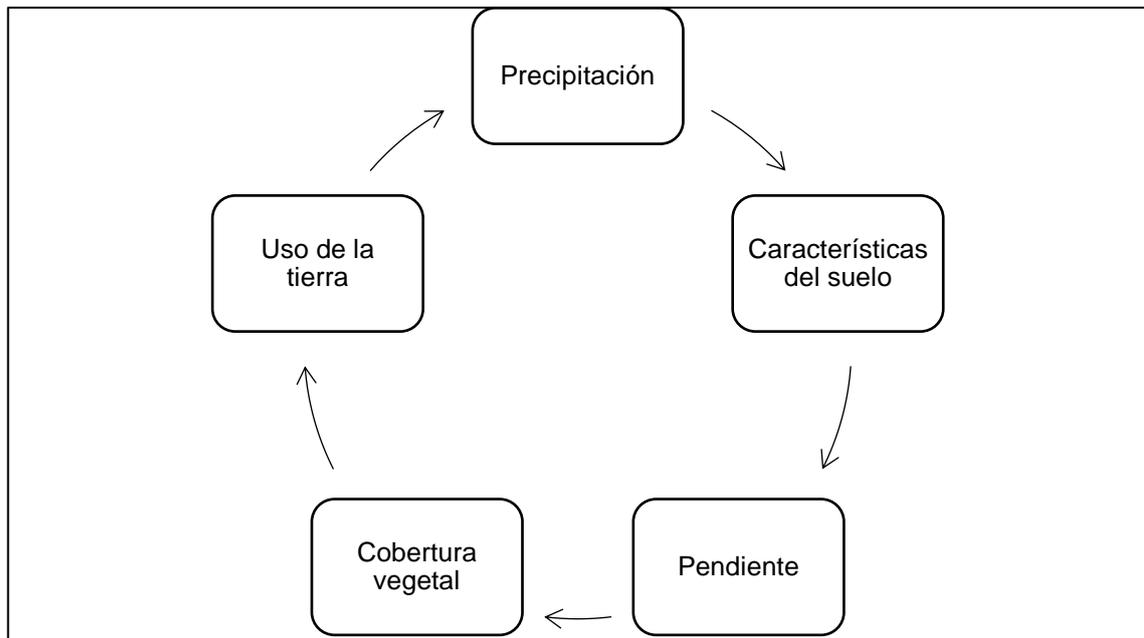


Figura 2. Factores que intervienen en la erosión.
Fuente: En base a lo estipulado por Morales y Marín (2018).

2.2.3. Consecuencias de la erosión del suelo

“Las consecuencias se producen en el lugar donde se produce la erosión (in situ) y también fuera de esta (erosión difusa); los efectos in situ repercute en las tierras de uso agrícola, por la redistribución y pérdida del suelo, la degradación de su estructura y el arrastre de la materia orgánica y de nutrientes, que causan la pérdida del espesor del perfil cultural y al descenso de la fertilidad; en cambio la erosión difusa, genera la sedimentación aguas abajo, reduce la capacidad de transporte de ríos y acequias, aumenta el riesgo de inundaciones, ciega los canales de riego y disminuye la vida útil de los embalses y represas hidroeléctricas” (Morales y Marín, 2018).

2.2.4. Proceso de erosión hídrica

Se da por la secuencia de pasos que se inicia con la caída de la gota de lluvia, generando un golpe sobre la superficie, por lo que la energía cinética se

transfiere de la gota a la superficie presentándose el desprendimiento y esparcimiento del suelo (Nakaya, 2018).

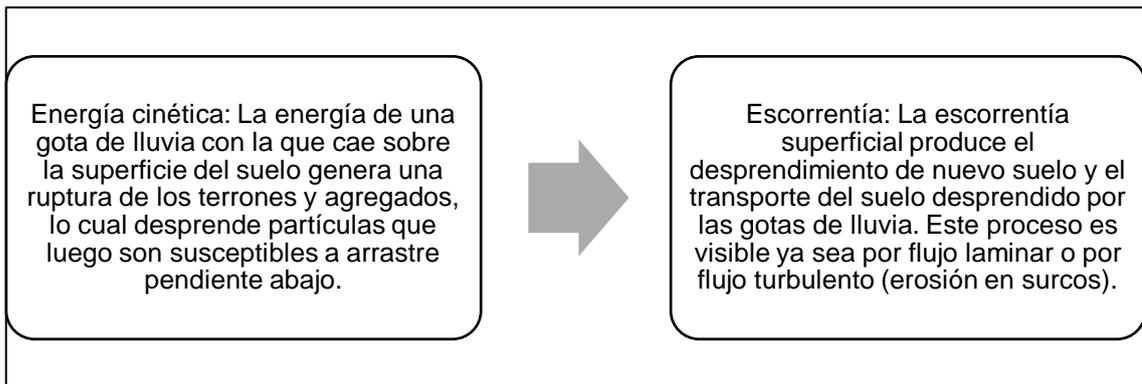


Figura 3. Proceso de la erosión hídrica.

Fuente: En base a Nakaya (2018).

2.2.5. Ecuación universal de pérdida de suelo (USLE)

De acuerdo Fue desarrollada a fin de predecir las pérdidas de suelo promedio anual debido a la erosión hídrica laminar, siendo la ecuación la siguiente:

$$E = R. K. LS. C. P \quad \text{(Ecuación 1)}$$

Donde:

R : factor de erosividad de las lluvias (Mj.mm/ha.año).

K : factor de erodabilidad del suelo (textura de suelo + % MO).

LS : factor topográfico (según pendiente y longitud entre los rangos de la pendiente).

C : factor de la cubierta vegetal.

P : factor de prácticas de conservación de suelos.

Los valores de la erosión resultante se diferencian de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 1. Niveles de erosión hídrica.

Símbolo	Nivel de erosión	Rango(ton/ha/año)
1	Erosión nula o ligera	< 10
2	Erosión moderada	10 - 50
3	Erosión alta	50 - 200
4	Erosión muy alta	> 200

Fuente: Oñate-Valdivieso (2004).

Donde se tiene que según Oñate-Valdivieso (2004):

- Erosión nula o ligera (<10 ton/ha/año): Este rango corresponde a zonas con pérdidas de suelos permisibles, en este rango se dan los tipos de erosión hídrica laminar .
- Erosión moderada (10 – 50 ton/ha/año): Este rango corresponde a zonas con procesos erosivos donde ya existe una erosión no permisible y se puede observar a simple vista, tales casos se muestran en erosiones hídricas laminares con posibles formaciones de surcos .
- Erosión alta (50 – 200 ton/ha/año): Este rango corresponde a zonas con erosión muy notables, así como zonas con posibles formaciones de surcos y en algunos casos cárcavas .
- Erosión muy alta (> 200 ton/ha/año): Este rango corresponde a zonas donde los procesos erosivos son graves y la erosión es observada a simple vista, aquí ya se pueden observar las formaciones de cárcavas .

2.2.6. Factor LS

“Se determina combinando dos parámetros, el factor longitud de pendiente “L” y por su ángulo de inclinación “S”, este factor representa la relación de pérdida de suelo que se espera por unidad de área en una pendiente determinada “x” en relación con la pérdida correspondiente en una pendiente del 9 % y en relación

de una longitud “y” con la de 22.13 m cuando estas áreas no son estándares se emplea los Sistemas de Información Geográfica” (Alvarez, 2019).

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

$$m = \frac{F}{(1 + F)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

$$F = \frac{\text{sen}\phi/0.0896}{3(\text{sen}\phi)^{0.8} + 0.56} \quad (\text{Ecuación 4})$$

Donde:

L : es el factor de longitud de pendiente

A(i,j) : es el área aportador unitaria a la entrada de un píxel y D es el tamaño de píxel del ráster.

m : es un exponente adimensional.

Φ : es la pendiente en grados el mismo que es multiplicado por 0.01745 para obtener información en radianes.

Para el subfactor S, se tiene:

$$S_{(i,j)} = \begin{cases} 10.8\text{sen}\beta_{(i,j)} + 0.03 & \tan\beta_{(i,j)} < 0.09 \\ 16.8\text{sen}\beta_{(i,j)} - 0.5 & \tan\beta_{(i,j)} \geq 0.09 \end{cases} \quad (\text{Ecuación 5})$$

2.2.7. Factor R

Según Alvarez (2019) corresponde a la erosividad por la precipitación pluvial, está unido a la cantidad, duración e intensidad de la lluvia, asimismo va acorde a la energía cinética por su caída; se determina según la siguiente fórmula:

$$R = 21.56 * IMF^{0.927} \quad (\text{Ecuación 6})$$

Donde:

IMF : es el índice modificado de Fournier (IMF) y se determina de la siguiente fórmula:

$$IFM = \sum_{i=1}^{12} \frac{pi^2}{P} \quad (\text{Ecuación 7})$$

Donde:

Pi : Precipitación del mes i (mm)

P : Precipitación total anual (mm)

2.2.8. Factor C

Está en función a los parámetros de protección contra erosión, clase y el porcentaje de cobertura vegetal presente en la unidad hidrográfica (Alvarez, 2019).

Para ello se consideró los siguientes valores:

Tabla 2. Índices del factor C según el uso de la cobertura vegetal.

Símbolo	Descripción	Factor C
HhCaE	Herbazal Húmedo en Colinas Altas Empinadas	0.028
HhCmME	Herbazal Húmedo en Colinas Medias Moderadamente Empinadas	0.028
HMhCcaE	Herbazal y Matorral Húmedo en Cimas de Colinas Altas Empinadas	0.038
HMhCcaE	Herbazal y Matorral Húmedo en Colinas Altas Empinadas	0.038
MmHMbE	Matorral Muy Húmedo en Montañas Bajas Muy Empinadas	0.076
SD	Suelos Desnudos	1
Clt	Cultivos	0.4
AR	Afloramiento Rocoso	1
CP	Centros Poblados	1
PF	Plantación Forestal	0.014

Fuente: Camacho-Zorogastúa y Gómez (2018).

2.2.9. Factor K

“Representa el grado de susceptibilidad del suelo a ser erosionado, relaciona el factor K con diversas propiedades del suelo como son su textura, estructura, permeabilidad, presencia de materia orgánica y profundidad; se cuenta con un nomograma de erosionabilidad donde se relaciona de forma gráfica los valores

de K con las propiedades del suelo, este nomograma permite calcular el valor de K de forma gráfica” (Sharpley & Williams, 1990).

Tabla 3. Clasificación del factor de materia orgánica.

Clase	% MO	Calificación
Muy bajo	< 1	1
Bajo	1 - 1.5	2
Medio	1.5 - 2.5	3
Alto	2.5 - 6	4
Muy Alto	> 6	5

Fuente: Arciniegas et al. (2017).

Tabla 4. Clases de permeabilidad.

Clase de permeabilidad	USDA (1982) textura	Ravis et. al (1982)	Hudson (1982)
	Textura	K (m/día)	K (m/día)
Rápida y muy rápida	Arenosa	> 1.463	> 3
Moderada a rápida	Franco arenosa	0.488 - 1.463	1.5 - 3
Moderada	Franco limosa	0.122 - 0.488	0.48 - 1.5
Lenta a moderada	Franco arcillo limosa	0.049 - 0.122	0.12 - 0.48
Lenta	Franco arcillo arenoso	0.024 - 0.049	0.03 - 0.120
Muy lenta	Arcillo limoso	< 0.024	0.03

Fuente: Arciniegas et al. (2017).

Tabla 5. Parámetros de estructuras de suelos a profundidades de 15 a 18 cm.

Clase de estructura	USDA (1983)
1	Granular y migajosa muy fina (< 1mm)
2	Granular y migajosa fina (1 - 2mm)
3	Granular y migajosa media (2 - 5 mm) y granular grosera (5 - 10 mm)
4	Granular y prismática muy columnar (>10 mm)

Fuente: Arciniegas et al. (2017).

El factor K también se determina interpretando el triángulo de permeabilidad de la Figura 4.

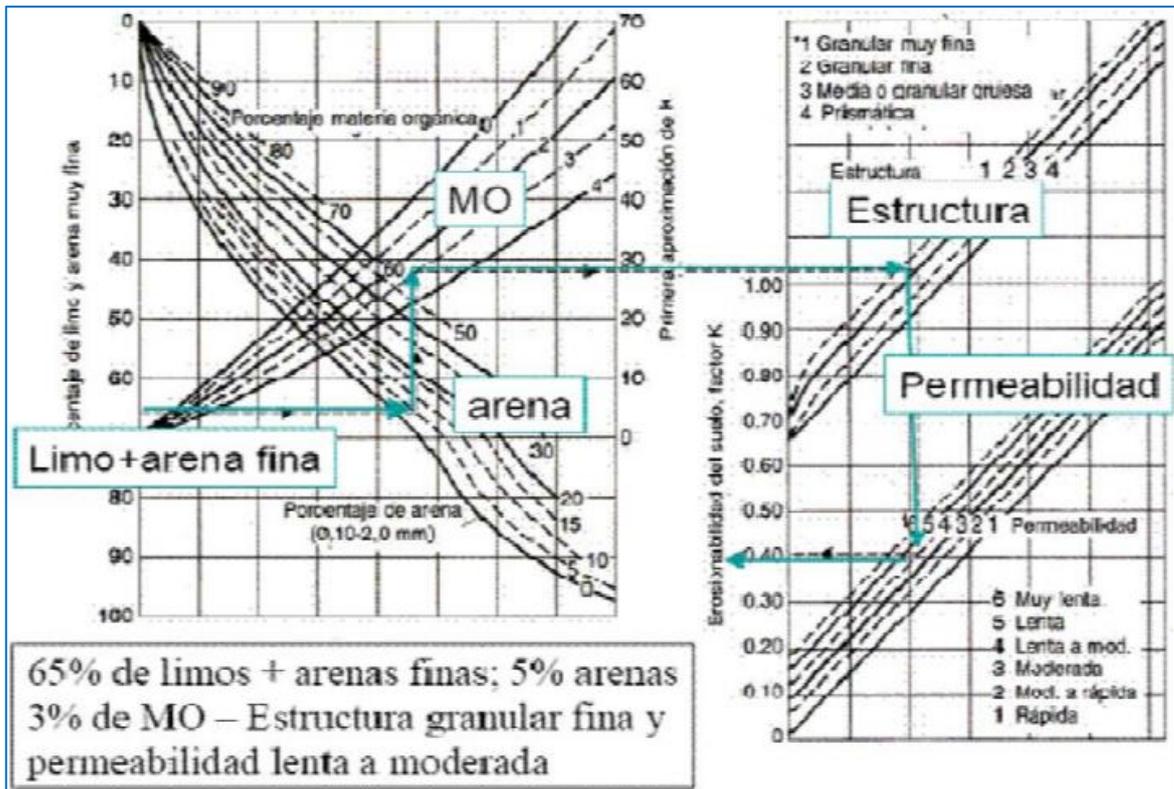


Figura 4. Triángulo de permeabilidad.

El factor K se estima mediante el nomograma de la Figura 4 o puede ser calculado analíticamente mediante la ecuación:

$$100 K = 2.1M^{1.14}(10^{-4})(12 - a) + 3.25(b - 2) + 2.5(c - 3) \quad (\text{Ecuación 8})$$

Donde:

M : Se determina según:

$$M = (\% \text{ limo} + \text{arena muy fina}) * (100 - \% \text{ arcilla}) \quad (\text{Ecuación 9})$$

a : % de materia orgánica.

b : código de estructura de suelo.

c : clase de permeabilidad.

El valor de K está expresado en unidades inglesas, su transformación a unidades métricas se multiplica por 1.317.

2.3. Definición de términos

Erosión. – Es el desprendimiento y remoción de las partículas que conforman el suelo por acción de agentes externos (Nakaya, 2018).

Erosión en cárcavas. – “Efecto intensivo de la erosión por surcos, la cual depende del potencial de generación de escurrimiento de la cuenca, del área de drenaje que recibe la cárcava, del material del suelo, así como también de la sección y pendiente del terreno” (Nakaya, 2018).

Erosión laminar. – “Producto de la caída de partículas en el suelo, generadas por acción de la lluvia y cuando la cantidad de esta excede la capacidad de infiltración del suelo” (Nakaya, 2018).

Erosión por surcos. – Se produce cuando la cantidad de agua en la superficie del suelo se incrementa, concentrándose y fluyendo de acuerdo a la pendiente, pasando de un flujo subcrítico a uno supercrítico en pequeños cauces (Nakaya, 2018).

Pérdida de suelo. – “Proceso por el cual el sustrato natural de una región es alterado, removido y transportado por efectos de la erosión; se da cuando no hay una capa vegetal que dé protección al suelo, dejándolo desnudo o descubierto y expuesto a estos agentes” (Morales y Marín, 2018).

2.4. Hipótesis

2.4.1. Hipótesis general

La erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco se encuentra entre alta y muy alta.

2.4.2. Hipótesis específicas

- a) El factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la unidad hidrográfica del río Seco es de acuerdo a la topografía.
- b) El factor de erosividad (R) en la unidad hidrográfica del río Seco está dada por la precipitación media mensual.
- c) El factor de la cobertura vegetal (C) en la unidad hidrográfica del río Seco está dada por el uso de suelo.
- d) El factor de erodabilidad (K) en la unidad hidrográfica del río Seco está en función al tipo de suelo y el porcentaje de materia orgánica presente en la misma.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Variable de caracterización: Erosión hídrica. – Producto del efecto combinado de las condiciones meteorológicas y el clima, los cuales preparan el material parental para la erosión y la lluvia actúa como el mayor agente erosivo ; (Nakaya, 2018).

2.5.2. Definición operacional de la variable

Variable de caracterización: Erosión hídrica. – Se determinó la erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco de acuerdo a la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) y con ayuda de información geográfica espacial en el ArcGis.

2.5.3. Operacionalización de la variable

Tabla 6. Operacionalización de la variable: erosión hídrica.

Variable	Dimensiones	Indicadores
Erosión hídrica	Factor de longitud y gradiente de la pendiente	Pendiente Longitud
	Factor de erosividad	Precipitación
	Factor de la cobertura vegetal	Uso del suelo
	Factor de erodabilidad	Textura del suelo % de M.O.

CAPITULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

Se utilizó el método científico considerando que, este método hace uso de un conjunto de pasos sistematizados que buscan acercarse a la verdad científica (Bernal, 2006).

3.2. Tipo de investigación

Se consideró el tipo de investigación aplicada, pues se utilizó el conocimiento de la investigación básica para resolver un problema real (Hernández, Fernández y Baptista, 2014), en este caso el del desconocimiento de la erosión hídrica de la unidad hidrográfica del río Seco.

3.3. Nivel de investigación

La investigación se enfocó en el nivel descriptivo, pues se caracterizó la variable de estudio (erosión hídrica) y cada uno de sus dimensiones, tal como se presenta en la realidad sin manipulación alguna (Hernández et al., 2014).

3.4. Diseño de investigación

El diseño de la investigación fue no experimental, pues no se manipuló la variable deliberadamente tal como menciona Hernández et al. (2014).

3.5. Población y muestra

3.5.1. Población

Correspondió a las unidades hidrográficas que conforman la cuenca hidrográfica del río Mantaro, que abarca los departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho.

3.5.2. Muestra

De acuerdo al tipo de muestreo no probabilístico o dirigido, la muestra correspondió a la unidad hidrográfica del río Seco cuya área es de 16478.58 ha, esta involucra los distritos de Tarma y Huaricolca en la provincia de Tarma del departamento de Junín.

3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Se utilizó la observación directa para la determinación de las características de la unidad hidrográfica del río Seco, se consideró el análisis de documentos como imágenes satelitales, shape de uso de suelos, información meteorológica concerniente a precipitación del SENAMHI e información de la Zonificación Ecológica y Económica del departamento de Junín; asimismo se utilizó el Geoservidor del MINAM que facilita la obtención de la información geográfica del ámbito de estudio.

3.7. Procesamiento de la información

3.7.1. Determinación del factor LS

En primera instancia se determinó el factor L, para ello se generó el modelo de elevación digital DEM a partir de la imagen aster gdem obtenido a partir del Geoservidor del MINAM; haciendo uso de la herramienta “Raster calculator” del programa Arcgis 10.4 y utilizando la (Ecuación 2); asimismo se determinó el exponente adimensional “m” de acuerdo a la (Ecuación 3) y el subfactor F según la (Ecuación 4). Finalmente se tiene el sub factor “S” se determinó según la (Ecuación 5) y con el “raster calculator”.

Una vez obtenido los sub factores “L” y “S” se procedió a multiplicarlos, para así obtener el factor “LS”.

3.7.2. Determinación del factor R

Para ello se utilizó datos de precipitación media mensual de 5 estaciones meteorológicas (Ver Tabla 14 - Tabla 18) para así determinar el IFM de acuerdo a la (Ecuación 7) y reemplazarla en la (Ecuación 6), este procedimiento también se realizó en el Arcgis 10.4.

3.7.3. Determinación del factor C

Se consideró lo establecido por la Zonificación Ecológica y Económica de Junín (ZEE, 2015) y lo establecido en la Tabla 2 con la ayuda del ArcGis 10.4.

3.7.4. Determinación del factor K

Se utilizó ArcGis 10.4. considerando los datos de Tabla 19 y contrastándola con la información de la Tabla 3, Tabla 4 y Tabla 5.

3.7.5. Determinación de la erosión en la unidad hidrográfica

Con cada uno de los factores determinados (LS, R, C y K) se procedió a determinar la erosión siguiendo la (Ecuación 1) y utilizando el “ráster calculator” en ArcGis 10.4.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Las técnicas y análisis de datos para la presente investigación fueron de acuerdo al enfoque cuantitativo, se utilizó la estadística descriptiva para la caracterización de cada uno de los factores que intervienen en la erosión hídrica en base a rangos, promedios y variación porcentual; asimismo, se consideró Microsoft Excel y ArcGis para el análisis.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

4.1. Factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS)

4.1.1. Sub factor “L”

Parámetro “F”

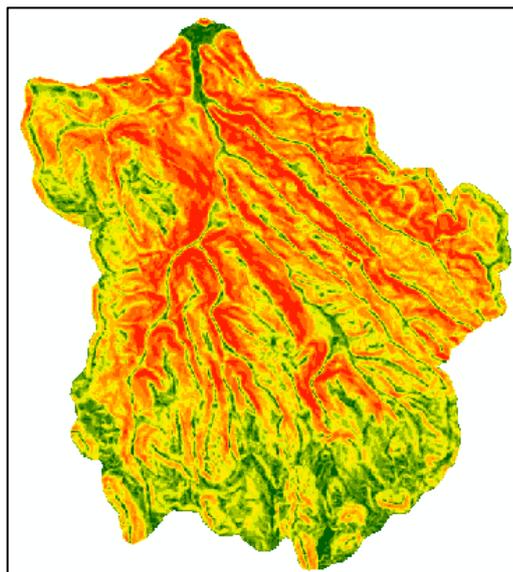


Figura 5. Resultado del cálculo del parámetro F de la unidad hidrográfica del río Seco.

En la Figura 5 se muestra el resultado del cálculo del parámetro “F” de la unidad hidrográfica del río Seco de acuerdo al análisis en ArcGis.

Parámetro “m”

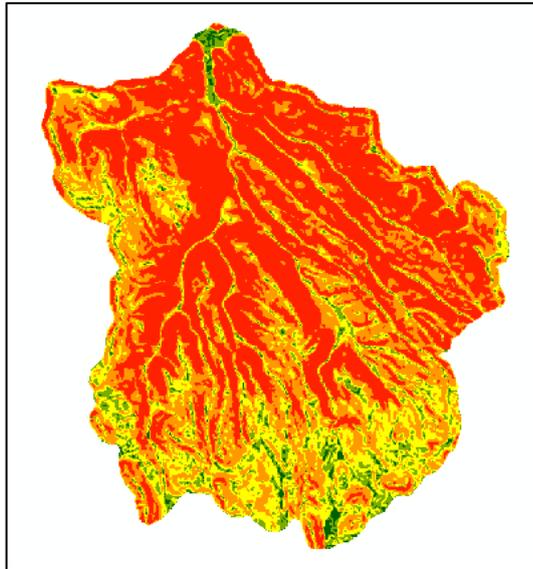


Figura 6. Resultado del cálculo del parámetro “m” de la unidad hidrográfica del río Seco.

Asimismo, en la Figura 6 se muestra el resultado del cálculo del parámetro “m” de la unidad hidrográfica del río Seco de acuerdo al análisis en ArcGis.

DEM

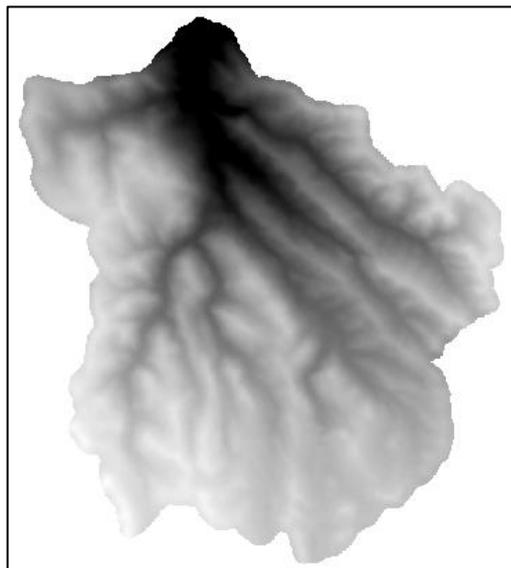


Figura 7. Obtención del DEM de la unidad hidrográfica del río Seco.

En la Figura 7 se muestra el DEM de la unidad hidrográfica del río Seco, el mismo que se determinó en el ArcGis.

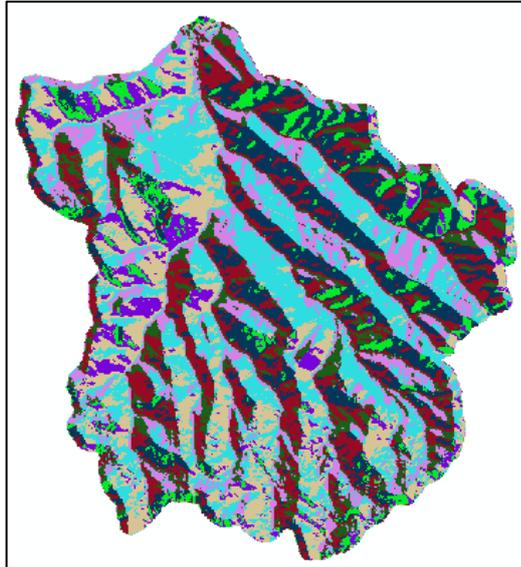


Figura 8. Obtención de la dirección de flujo en la unidad hidrográfica del río Seco.

La Figura 8 representa la dirección del flujo de la unidad hidrográfica del río Seco con ayuda del ArcGis.

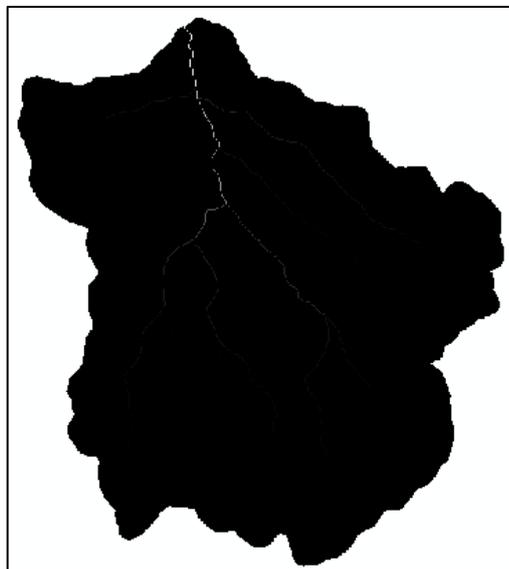


Figura 9. Obtención de la acumulación de flujo en la unidad hidrográfica del río Seco.

De la misma forma en la Figura 9 se especifica la acumulación de flujo de la unidad hidrográfica del río Seco, siendo también obtenido en el ArcGis.

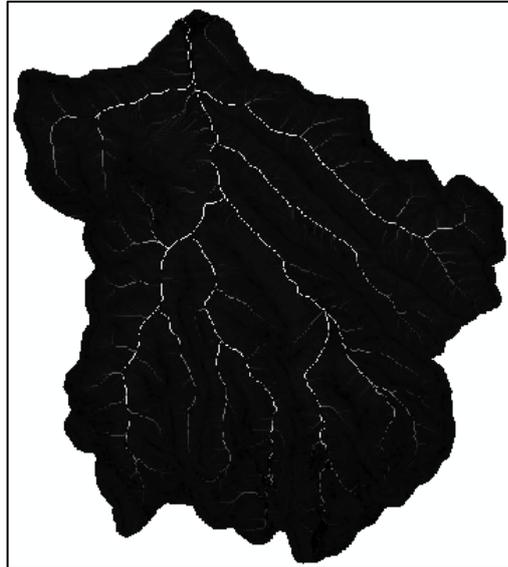


Figura 10. Factor L de la unidad hidrográfica del río Seco.

Finalmente, en la Figura 10 se tienen el factor L de la unidad hidrográfica del río Seco, que fue obtenido en el ArcGis con la interacción de los mapas obtenidos anteriormente.

4.1.2. Sub factor “S”

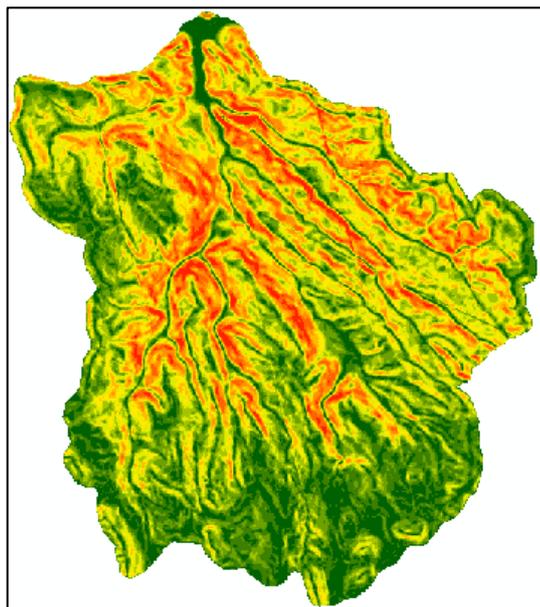


Figura 11. Sub factor “S” de la unidad hidrográfica del río Seco.

En la Figura 11 se muestra el sub factor “S” de la unidad hidrográfica del río Seco, que fue obtenido en el ArcGis.

4.1.3. Factor "LS"

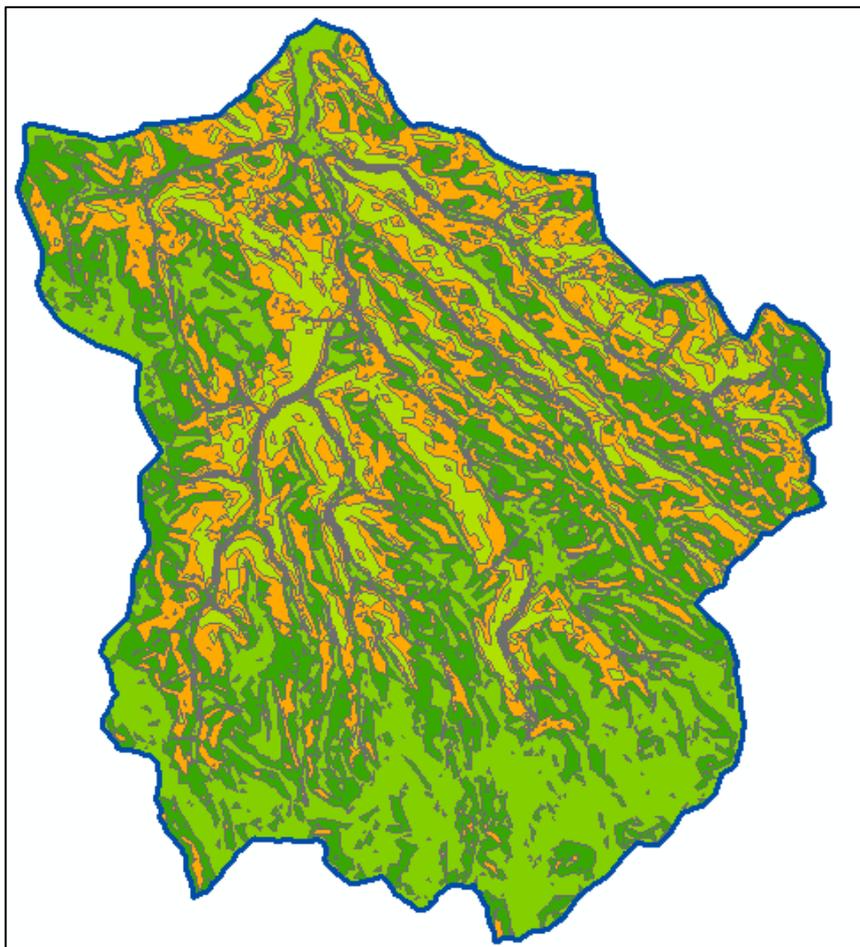


Figura 12. Factor "LS" de la unidad hidrográfica del río Seco.

Multiplicando los mapas obtenidos según el numeral 4.1.1 y 4.1.2 se tiene el factor "LS" de la unidad hidrográfica del río Seco tal como se muestra en la Figura 12; cuyos valores se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 7. Factor "LS" de la unidad hidrográfica del río Seco.

Rango	Área (ha)	Porcentaje
0 - 3.35	4440.46	26.95%
3.35 - 6.67	5495.20	33.35%
6.67 - 10.0	4276.30	25.95%
10.0 - 16.64	2215.55	13.44%
16.64 - 30.76	33.92	0.21%
30.76 - 49.86	10.42	0.06%
49.86 - 68.13	3.55	0.02%
68.13 - 85.57	1.59	0.01%
85.57 - 127.10	1.03	0.01%
127.10 - 211.81	0.56	0.003%
Total	16478.58	100.00%

4.2. Factor de erosividad (R)

Tabla 8. Precipitación promedio en la unidad hidrográfica del río Seco.

Estación	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
Ricrán	97.61	102.73	122.09	66.00	16.15	9.41	10.23	12.46	29.22	84.43	67.72	125.69	743.73
Tarma	49.34	62.80	62.68	30.30	11.26	5.77	7.67	7.01	12.37	39.53	35.23	61.38	385.35
Huasahuasi	77.53	92.64	99.46	47.10	16.15	9.60	16.03	16.67	24.15	61.77	48.08	81.78	590.95
La Oroya	84.01	93.00	99.10	46.28	28.65	10.33	14.76	14.70	35.64	65.89	63.46	96.63	652.46
Jauja	99.78	104.52	118.06	46.55	15.28	4.87	4.33	6.30	23.75	60.85	67.14	97.56	649.00

En la Tabla 8 se muestra la precipitación promedio mensual de acuerdo a la estación meteorológica de Ricrán, Tarma, Huasahuasi, La Oroya y Jauja.

Tabla 9. IMF y R de acuerdo a estación meteorológica.

Estación	Ene _(IMF)	Feb _(IMF)	Mar _(IMF)	Abr _(IMF)	May _(IMF)	Jun _(IMF)	Jul _(IMF)	Ago _(IMF)	Set _(IMF)	Oct _(IMF)	Nov _(IMF)	Dic _(IMF)	R
Ricrán	12.81	14.19	20.04	5.86	0.35	0.12	0.14	0.21	1.15	9.58	6.17	21.24	1423.81
Tarma	6.32	10.23	10.20	2.38	0.33	0.09	0.15	0.13	0.40	4.05	3.22	9.78	769.22
Huasahuasi	10.17	14.52	16.74	3.75	0.44	0.16	0.43	0.47	0.99	6.46	3.91	11.32	1097.41
La Oroya	10.82	13.26	15.05	3.28	1.26	0.16	0.33	0.33	1.95	6.65	6.17	14.31	1159.15
Jauja	15.34	16.83	21.48	3.34	0.36	0.04	0.03	0.06	0.87	5.71	6.94	14.67	1334.60

En la Tabla 9 se especifica el IMF (índice modificado de Fournier) mensual de cada una de las estaciones meteorológicas analizadas; asimismo se tiene el parámetro R que es ingresado en el ArcGis.

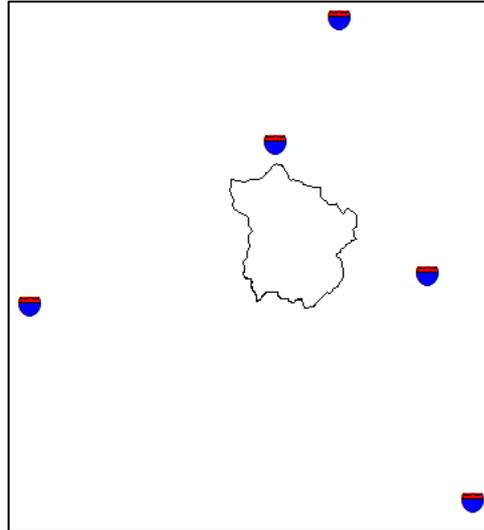


Figura 13. Distribución espacial de las estaciones meteorológicas.

En la Figura 13 se muestra las estaciones meteorológicas consideradas en el ArcGis.

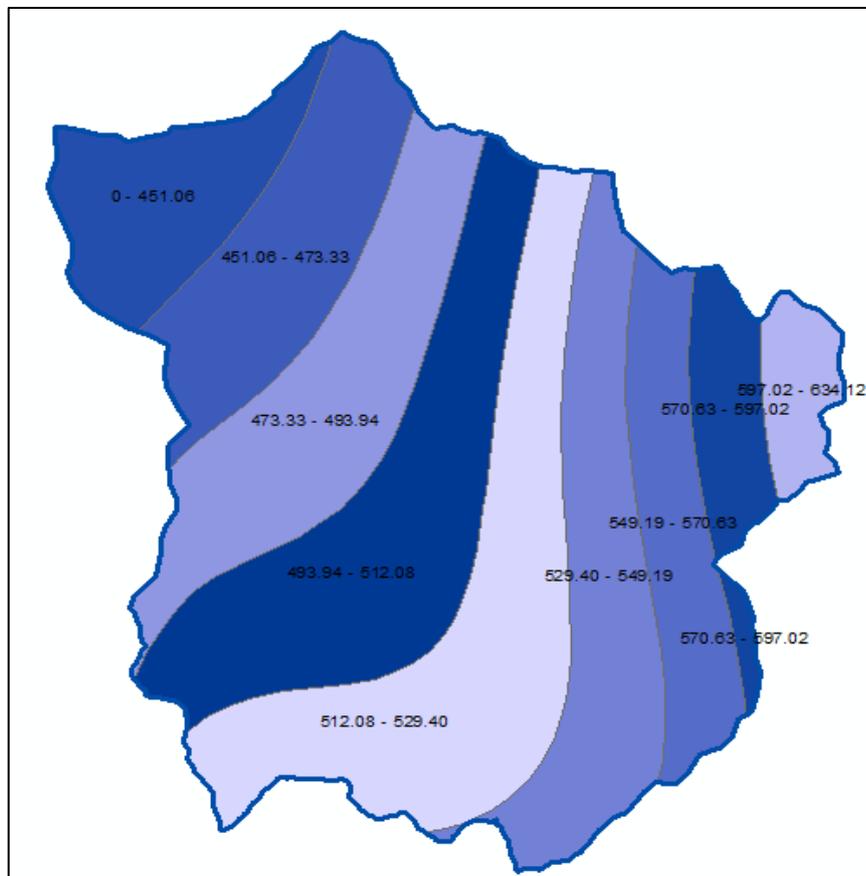


Figura 14. Factor "R" de la unidad hidrográfica del río Seco.

En la Figura 14 se muestra el factor “R” de la unidad hidrográfica del río Seco, el mismo que fue determinado en el ArcGis.

Tabla 10. Factor “R” de la unidad hidrográfica del río Seco.

Rango	Área (ha)	Porcentaje
0 - 451.06	1374.85	8.34%
451.06 - 473.33	1830.07	11.11%
473.33 - 493.94	505.47	3.07%
493.94 - 512.08	2334.40	14.17%
512.08 - 529.40	801.85	4.87%
529.40 - 549.19	2941.31	17.85%
549.19 - 570.63	1334.81	8.10%
570.63 - 597.02	3239.55	19.66%
597.02 - 634.12	2116.26	12.84%
Total	16478.58	100.00%

En la Tabla 10 se muestra los rangos de erosividad de la precipitación en la unidad hidrográfica del río Seco.

4.3. Factor de la cobertura vegetal (C)

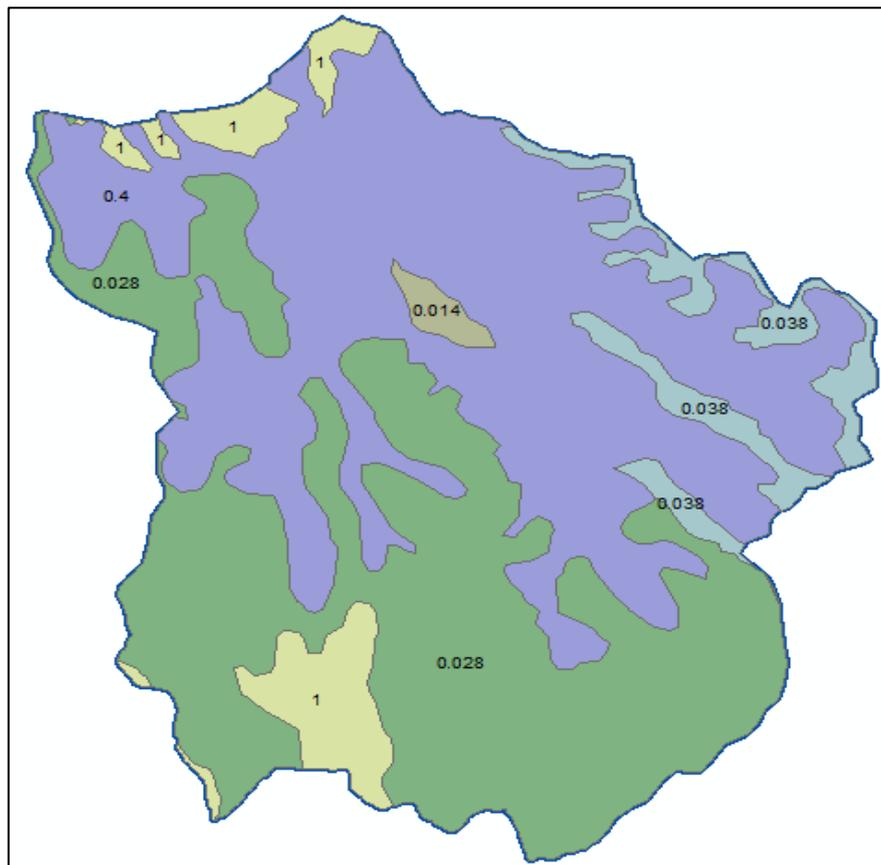


Figura 15. Factor “C” de la unidad hidrográfica del río Seco.

En la Figura 15 se muestra el factor “C” de la unidad hidrográfica del río Seco, este fue obtenido en el ArcGis.

Tabla 11. Factor “C” de la unidad hidrográfica del río Seco.

Rango	Área (ha)	Porcentaje
0.028	6759.95	41.02%
0.038	898.28	5.45%
1	981.90	5.96%
0.4	7704.73	46.76%
0.014	133.71	0.81%
Total	16478.58	100.00%

Asimismo, en la Tabla 11 se muestra rango del factor “C” en la unidad hidrográfica del río Seco.

4.4. Factor de erodabilidad (K)

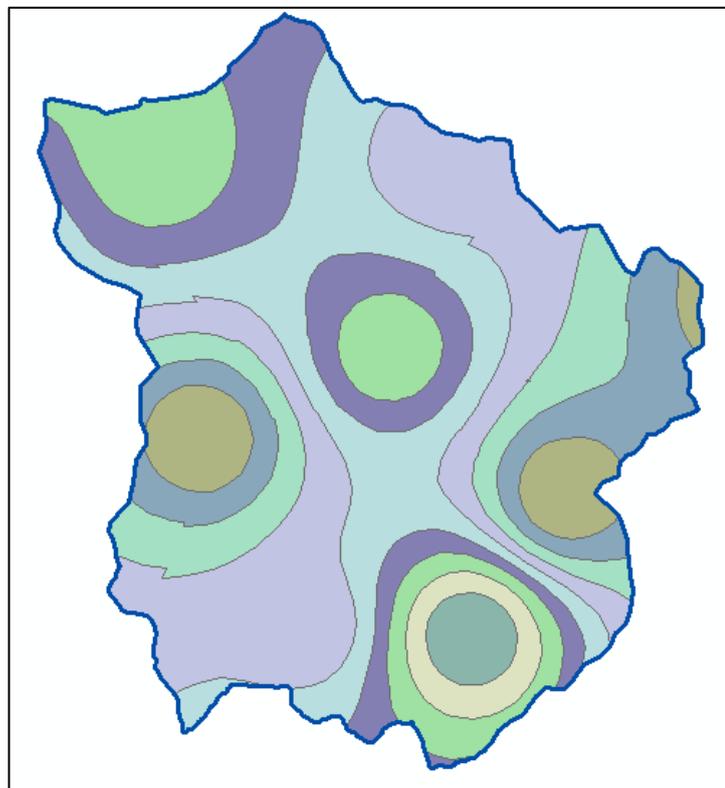


Figura 16. Factor K de la unidad hidrográfica del río Seco.

En la Figura 16 se muestra el factor “K” de la unidad hidrográfica del río Seco que fue obtenido en el ArcGis.

Tabla 12. Factor "K" de la unidad hidrográfica de la unidad hidrográfica del río Seco.

Rango	Área (ha)	Porcentaje
0 - 0.033	1374.85	8.34%
0.033 - 0.037	1830.07	11.11%
0.037 - 0.039	505.47	3.07%
0.039 - 0.041	2334.40	14.17%
0.041 - 0.044	801.85	4.87%
0.044 - 0.047	2941.31	17.85%
0.047 - 0.050	1334.81	8.10%
0.050 - 0.054	3239.55	19.66%
0.054 - 0.060	2116.26	12.84%
Total	16478.58	100.00%

En la Tabla 12 se muestra los rangos del factor "K" de la unidad hidrográfica de la unidad hidrográfica del río Seco.

4.5. Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco

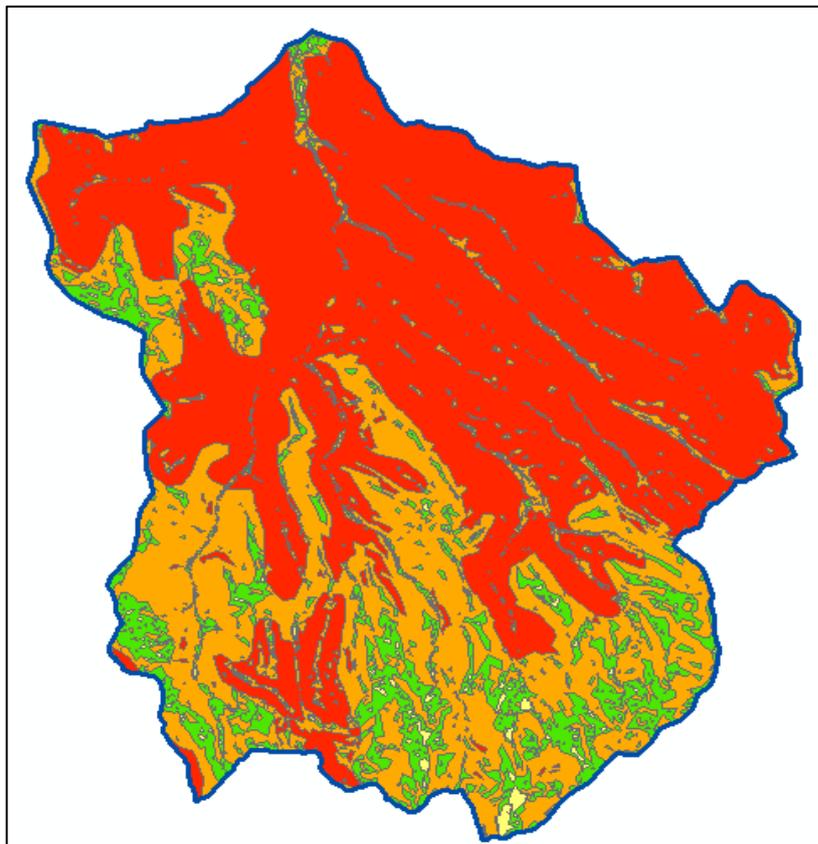


Figura 17. Erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco.

En la Figura 17 se muestra la erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco, que se obtuvo con la interacción del factor de longitud y gradiente de la pendiente, la erosividad de las precipitaciones, la erodabilidad del suelo y la cobertura vegetal.

Tabla 13. Erosión hídrica en la unidad hidrográfica del río Seco.

Rango	Descripción	Área (ha)	Porcentaje
< 10	Nula o ligera	153.57	0.93%
10 - 50	Moderada	1836.78	11.15%
50 - 200	Alta	4984.81	30.25%
> 200	Muy alta	9503.43	57.67%
Total		16478.58	100.00%

En la Tabla 13 se especifica los valores de erosión en la unidad hidrográfica del río Seco, para ello se consideró los rangos de nula o ligera, de moderada, de alta y muy alta.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco

Se utilizó la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) que relaciona la pendiente, la gradiente, el uso del suelo y la precipitación, pues de acuerdo a (Raymundo, 2018) la erosión hídrica depende de la topografía, la cubierta vegetal y la escorrentía.

El primer factor que se determinó fue el LS de acuerdo a lo estipulado por Alvarez (2019) según la (Ecuación 2, (Ecuación 3, (Ecuación 4 y (Ecuación 5 cuyo resultado final se muestra en la Figura 12 y Tabla 7 donde 26.95 % del área presenta un rango menor a 3.35 %, el 33.35 % se encuentra dentro de 3.35 – 6.67 %, el 25.95 % está entre 6.67 – 10.0 %, el 13.44 % entre 10.0 – 16.64 %, el 0.21 % está entre 16.64 % - 30.76 %, el 0.06 % está entre 30.76 % - 49.86 %, el 0.02 % está entre 49.86 – 68.13 %, el 0.01 % está entre 68.13 – 85.57 % y 85.57 – 127.10 %; finalmente, el 0.003 % está entre 127.10 – 211.81 %; esto se interpreta que lo valores más altos se encuentran en las zonas de mayor altitud

y pendiente lo cual se refleja en mayor recorrido de una gota de lluvia que trae consigo mayor pérdida del suelo por unidad de área (Raymundo, 2018).

El factor R (Mj.mm/ha.año) se determinó con el índice modificado de Fournier tal como recomienda Alvarez (2019) por ser uno de los mejores estimadores de erosividad de lluvia, para esto se consideró la precipitación promedio mensual de la estación meteorológica de Ricrán, Tarma, Huasahuasi, La Oroya y Jauja (ver Tabla 9), de acuerdo al análisis en ArcGis se obtuvo que, el 8.34 % del área presenta una rango de 0 – 451.06, el 11.11 % entre 451.06 – 473.33, el 3.07 % entre 473.33 – 493.94, el 14.17 % entre 493.94 – 512.08, el 4.87 % entre 512.08 – 529.40, el 17.85 % entre 529.40 – 549.19, el 8.10 % entre 549.19 – 570.63, el 19.66 % entre 570.63 – 597.02 y el 12.84 % entre 597.02 – 634.12; estos valores elevados se dieron porque la unidad hidrográfica del río Seco se encuentran en una zona donde se altas precipitaciones; por lo tanto se encuentra más propenso a erosión por el factor lluvia.

Para el factor C se consideró el tipo de cobertura en la unidad hidrográfica del río Seco y los valores asumidos de acuerdo a la recomendado por Camacho-Zorogastúa y Gómez (2018) (ver Tabla 2) con valores que varían desde 0.014 a 1 según a cómo se encuentra protegido el suelo, pues de ser 1 refleja que, el suelo no tiene protección alguna lo cual provoca que las gotas de lluvia sean el principal factor detonante de la erosión; los resultados obtenidos fueron que, el 41.02 % del área de la unidad hidrográfica del río Seco es de 0.028, el 5.45 % presenta un C de 0.038, el 5.96 % presenta valor 1, el 46.76 % presenta un valor de 0.4 y el 0.81 % del área presenta valor de 0.014.

Para el factor K se consideró la (Ecuación 8 y (Ecuación 9 donde involucra el % de limo, la arena fina, el % de arcilla, la permeabilidad, la textura del suelo y el contenido de materia orgánica, esto según información que se presenta en la Tabla 19; cabe mencionar que, este factor es muy importante pues depende de las características del suelo el escurrimiento del agua; asimismo, mientras el K es mayor representa que el suelo son fáciles de desprender y susceptibles a los procesos erosivos (Alvarez, 2019).

Finalmente, se tiene con la multiplicación de los factores LS, R, C y K se determinó la erosión en la unidad hidrográfica del río Seco, obteniendo que el 0.93 % del área presenta una erosión nula o ligera (> 10 T/ha/año), el 11.15 % presenta erosión moderada (10 - 50 T/ha/año), el 30.25 % presenta erosión alta (50 - 200 T/ha/año) y el 57.67 % presenta erosión muy alta (> 200 T/ha/año).

CONCLUSIONES

1. Se determinó la erosión en la unidad hidrográfica del río Seco resultando que, el 0.93 % del área presenta una erosión nula o ligera, el 11.15 % presenta erosión moderada, el 30.25 % presenta erosión alta y el 57.67 % presenta erosión muy alta.
2. Se calculó el factor "LS" de la unidad hidrográfica del río Seco, donde 26.95 % del área presenta un rango menor a 3.35 %, el 33.35 % se encuentra dentro de 3.35 – 6.67 %, el 25.95 % está entre 6.67 – 10.0 %, el 13.44 % entre 10.0 – 16.64 %, el 0.21 % está entre 16.64 % - 30.76 %, el 0.06 % está entre 30.76 % - 49.86 %, el 0.02 % está entre 49.86 – 68.13 %, el 0.01 % está entre 68.13 – 85.57 % y 85.57 – 127.10 %; finalmente, el 0.003 % está entre 127.10 – 211.81 %.
3. Se determinó el factor de erosividad "R" (Mj.mm/ha.año) obteniéndose que, el 8.34 % del área presenta una rango de 0 – 451.06, el 11.11 % entre 451.06 – 473.33, el 3.07 % entre 473.33 – 493.94, el 14.17 % entre 493.94 – 512.08, el 4.87 % entre 512.08 – 529.40, el 17.85 % entre 529.40 – 549.19, el 8.10 % entre 549.19 – 570.63, el 19.66 % entre 570.63 – 597.02 y el 12.84 % entre 597.02 – 634.12.
4. Se determinó el factor de cobertura vegetal o uso de suelo C obteniéndose que, el 41.02 % del área de la unidad hidrográfica del río Seco es de 0.028, el 5.45 % presenta un C de 0.038, el 5.96 % presenta valor 1, el 46.76 % presenta un valor de 0.4 y el 0.81 % del área presenta valor de 0.014.
5. Se determinó el factor de erodabilidad K de la unidad hidrográfica del río Seco obteniéndose que, el 8.34% se encuentra dentro de 0 - 0.033, el 11.11% está

entre 0.033 - 0.037, el 3.07% se encuentra entre 0.037 - 0.039, el 14.17 % está entre 0.039 - 0.041, el 4.87 % está entre 0.041 - 0.044, el 17.85 % está entre 0.044 - 0.047, el 8.10 % está entre 0.047 - 0.050, el 19.66 % está entre 0.050 - 0.054 y el 12.84 % está entre 0.054 - 0.060.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda la utilización del modelo USLE para la identificación de zonas vulnerables a erosión, permitiendo así gestionar las actividades que se realice en la unidad hidrográfica.
2. Se recomienda usar los sistemas de información geográfica en la evaluación de erosión de suelo en las unidades hidrográficas, pues permite estimar la pérdida del suelo por este fenómeno.
3. Se recomienda al MINAM considerar el ordenamiento territorial de las unidades hidrográficas, pues uno de los factores determinantes en la pérdida de suelo es el uso del mismo.
4. Se recomienda la difusión de la presente investigación a la población, a fin de que tengan el conocimiento de la situación de la unidad hidrográfica donde residen.
5. Se recomienda al gobierno regional, provincial o distrital implementar un plan de restauración de la cobertura vegetal en la unidad hidrográfica del río Seco.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Alvarez, A. (2019). *Análisis temporal del nivel de la erosión hídrica de la subcuenca del río Ichu 2013 y 2017* (Universidad Nacional de Huancavelica). Retrieved from <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/2603>
2. Arciniegas, S., Morillo, K., Jacome, A., Ibaza, D., & Nieto, D. (2017). Propuesta metodológica para evaluación del riesgo de erosión hídrica , utilizando sistemas de información geográfica y teledetección , Cantón Cayambe. *Revista Perspectiva*, 18(3), 274–282.
3. Bernal, C. (2006). *Metodología de la investigación. Para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. (Segunda; L. Gaona, Ed.). México: Pearson Educación.
4. Camacho-Zorogastúa, K., & Gómez, W. (2018). Erosión hídrica por lluvias máximas en diferentes tiempos de retorno en la subcuenca Cumbaza - región San Martín. *Cátedra Villarreal*, 6, 125–143. Retrieved from <http://revistas.unfv.edu.pe/index.php/RCV/article/view/275/254>
5. Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. del P. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta; J. Mares, Ed.). México: McGRAW-HILL.
6. Morales, A., & Marín, R. (2018). *Estimación de la pérdida de suelo en la microcuenca de la quebrada Cune del municipio de Villeta, utilizando el modelo RUSLE2*. Universidad de La Valle.
7. Morante, S., & Gonzales, D. (2019). *Elaboración de mapas de erosión en la cuenca del río Perené* (Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas). Retrieved from <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625315>

8. Nakaya, D. (2018). *Estimación de la pérdida de suelo media anual mediante el modelo R.U.S.L.E., en la cuenca del río Tingo - Cajamarca* (Universidad Nacional Agraria La Molina). Retrieved from <http://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/UNALM/3591>
9. Oñate-Valdivieso, F. (2004). Metodología para la evaluación del riesgo de erosión hídrica en zonas áridas y su aplicación en el manejo y protección de proyectos hidráulicos. *Revista Electrónica de La REDLACH*, 1(4), 27–32. Retrieved from <http://www.siagua.org/documentos/metodologia-evaluacion-riesgo-erosion-hidrica-zonas-aridas-aplicacion-manejo-proteccion-proyectos-hidraulicos>
10. Orbegoso, L., & Rodríguez, S. (2018). Erosión hídrica en la sub cuenca río Urpay utilizando el método del Perfil, Huaraz. *Revista Tzhoecoen*, 10, 473–481. <https://doi.org/https://doi.org/10.26495/rtzh1810.327731> Luis
11. Raymundo, A. (2018). *Evaluación de la pérdida del suelo mediante el modelo RUSLE en la microcuenca del río Jucusbamba, provincia de Luya, región Amazonas (Perú)*. Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
12. Sharpley, A., & Williams, J. (1990). *EPIC Erosion/Productivity Impact Calculator*. EE.UU: US Department of Agriculture.
13. ZEE. (2015). *Memoria descriptiva del estudio hidrológico y de cuencas del departamento de Junín a escala 1:10000* (Primera, Ed.). Junin-Peru: Zoonificación ecológica y económica de la región Junín.

ANEXOS

ANEXO N° 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Matriz de consistencia

Tesis: “Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín”						
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
<p>Problema general: ¿Cuál es la erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma – Junín?</p> <p>Problemas específicos: a) ¿Cuál es el factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la unidad hidrográfica del río Seco? b) ¿Qué factor de erosividad (R) tiene la unidad hidrográfica del río Seco? c) ¿Cuál es el factor de la cobertura vegetal (C) de la unidad hidrográfica del río Seco? d) ¿Qué factor de erodabilidad (K) tiene la unidad hidrográfica del río Seco?</p>	<p>Objetivo general: Evaluar la erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma – Junín.</p> <p>Objetivos específicos: a) Determinar el factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la unidad hidrográfica del río Seco. b) Estimar el factor de erosividad (R) de la unidad hidrográfica del río Seco. c) Determinar el factor de erodabilidad (K) de la unidad hidrográfica del río Seco. d) Estimar el factor vegetal (C) de la unidad hidrográfica del río Seco.</p>	<p>Hipótesis general: La erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco se encuentra entre alta y muy alta.</p> <p>Hipótesis específicas: a) El factor de longitud y gradiente de la pendiente (LS) de la unidad hidrográfica del río Seco es de acuerdo a la topografía. b) El factor de erosividad (R) en la unidad hidrográfica del río Seco está dada por la precipitación media mensual. c) El factor de la cobertura vegetal (C) en la unidad hidrográfica del río Seco está dada por el uso de suelo. d) El factor de erodabilidad (K) en la unidad hidrográfica del río Seco está en función al tipo de suelo y el porcentaje de materia orgánica presente en la misma.</p>	<p>Variable de caracterización: Erosión hídrica.</p>	<p>- Factor de longitud y gradiente de la pendiente.</p> <p>- Factor de erosividad.</p> <p>- Factor de cobertura vegetal.</p> <p>- Factor de erodabilidad.</p>	<p>- Pendiente.</p> <p>- Longitud.</p> <p>- Precipitación.</p> <p>- Uso de suelo.</p> <p>- Textura del suelo.</p> <p>- % de materia orgánica.</p>	<p>Método general: Método científico.</p> <p>Tipo de investigación: Aplicada.</p> <p>Nivel: Descriptivo.</p> <p>Diseño de investigación: No experimental.</p> <p>Población: Correspondió a las unidades hidrográficas que conforman la cuenca hidrográfica del río Mantaro, que abarca los departamentos de Junín, Huancavelica y Ayacucho.</p> <p>Muestra: De acuerdo al tipo de muestreo no probabilístico o dirigido, la muestra correspondió a la unidad hidrográfica del río Seco cuya área es de 16478.58 ha, esta involucra los distritos de Tarma y Huaricolca en la provincia de Tarma del departamento de Junín.</p>

ANEXO N° 02: DATOS DE PRECIPITACIÓN MEDIA MENSUAL

Tabla 14. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Huasahuasi.

Tabla 14. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Huasahuasi.														
Estación:	Huasahuasi			Latitud:	11°16'03.06" S				Departamento:	Junín				
N°:	111030			Longitud:	75°38'20.07" W				Provincia:	Tarma				
Categoría:	CO			Altitud:	2765 msnm				Distrito:	Huasahuasi				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año	
2000	109.6	127.9	142.1	41.3	14.0	8.2	10.8	15.9	46.8	16.0	46.6	64.3	643.5	
2001	107.0	107.4	93.2	41.0	27.6	14.7	21.4	9.6	16.1	51.4	42.3	77.3	609.0	
2002	19.9	92.7	98.0	54.3	25.2	0.9	34.9	6.3	35.3	104.5	87.1	56.6	615.7	
2003	49.4	98.7	114.1	40.7	19.2	1.6	7.4	23.4	13.4	24.7	29.0	85.0	506.6	
2004	46.7	80.1	68.3	14.5	15.1	23.7	17.0	36.2	29.8	96.7	27.6	137.4	593.1	
2005	57.1	67.7	81.0	28.4	9.4	0.0	20.6	9.6	31.9	53.3	31.8	87.4	478.2	
2006	92.1	79.6	106.8	58.1	4.3	23.6	0.0	23.8	22.6	80.3	77.8	76.3	645.3	
2007	88.6	61.2	119.6	38.2	21.0	1.3	22.0	10.3	8.5	74.6	37.4	109.2	591.9	
2008	90.9	88.1	70.1	47.9	17.3	16.6	3.8	21.9	15.7	74.5	46.9	61.8	555.5	
2009	105.6	79.1	114.1	114.4	20.5	1.6	35.4	20.4	8.7	30.0	70.6	51.7	652.1	
2010	85.9	136.5	86.8	39.3	4.0	13.4	3.0	6.0	36.8	73.5	31.8	92.6	609.6	
Promedio	77.5	92.6	99.5	47.1	16.1	9.6	16.0	16.7	24.1	61.8	48.1	81.8	591.0	

Tabla 15. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Jauja.

Estación: Jauja		Latitud: 11°47'03.06" S		Departamento: Junín									
N°: 111005		Longitud: 75°28'28.32" W		Provincia: Jauja									
Categoría: CO		Altitud: 3378 msnm		Distrito: Jauja									
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
2000	152.5	148.2	147.4	32.4	10.5	3.9	4.4	12.5	16.8	52.6	40.8	99.9	721.9
2001	125.2	77.3	169.4	34.0	18.9	7.8	6.6	1.7	18.4	70.3	93.7	76.8	700.1
2002	53.4	136.3	131.5	79.1	8.1	2.0	18.2	3.6	66.0	51.6	88.8	101.8	740.4
2003	122.5	82.7	130.7	54.1	4.9	1.5	0.7	6.0	14.5	39.1	63.3	117.2	637.2
2004	50.3	136.1	108.5	38.3	14.7	6.1	4.7	5.1	36.1	50.4	89.5	78.5	618.3
2005	68.4	122.2	89.8	27.5	18.9	0.0	0.7	14.9	15.4	99.2	42.9	110.1	610.0
2006	105.3	98.1	114.6	43.2	8.0	19.9	4.0	3.9	17.0	48.1	50.2	89.9	602.2
2007	81.1	76.2	169.4	50.1	17.4	0.0	4.6	1.4	12.5	66.3	63.3	76.2	618.5
2008	112.7	100.5	63.3	11.3	13.3	6.4	0.6	4.2	28.0	64.2	31.4	72.8	508.7
2009	95.7	76.0	115.1	89.4	47.2	3.8	2.6	15.4	8.6	55.3	122.8	142.2	774.1
2010	130.5	96.1	59.0	52.7	6.2	2.2	0.5	0.6	27.9	72.3	51.8	107.8	607.6
Promedio	99.8	104.5	118.1	46.6	15.3	4.9	4.3	6.3	23.7	60.9	67.1	97.6	649.0

Tabla 16. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación La Oroya.

Estación: La Oroya		Latitud: 11°34'18.36" S		Departamento: Junín									
N°: 111046		Longitud: 75°57'27.06" W		Provincia: Yauli									
Categoría: CO		Altitud: 3957 msnm		Distrito: La Oroya									
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
2000	143.2	136.2	101.0	39.1	43.2	6.6	15.6	27.3	30.3	58.7	27.3	101.9	730.4
2001	119.4	63.5	127.7	48.2	57.2	16.8	43.5	11.3	42.7	70.3	88.9	93.3	782.8
2002	31.9	114.0	138.8	46.7	25.2	0.0	37.8	28.1	68.1	76.8	77.7	119.3	764.4
2003	43.8	93.3	94.4	74.8	27.7	0.0	1.8	23.3	43.7	30.9	24.2	74.8	532.7
2004	27.9	93.7	74.7	17.7	30.0	30.5	16.0	6.4	48.3	67.5	66.7	100.8	580.2
2005	63.1	59.2	97.3	24.6	28.5	0.0	10.8	8.4	36.1	71.4	51.8	81.1	532.2
2006	111.0	86.2	151.4	49.3	7.3	32.0	0.1	20.2	14.8	105.5	97.4	87.8	762.8
2007	77.0	63.7	104.0	69.9	27.9	0.3	6.9	0.0	12.6	86.5	54.4	79.0	582.1
2008	82.0	98.9	43.6	19.5	20.5	12.4	1.5	13.0	25.9	57.8	43.4	88.7	507.0
2009	105.6	65.6	80.3	89.7	39.8	5.9	19.9	20.1	20.7	70.7	112.7	126.2	757.3
2010	119.2	148.9	76.9	29.6	7.8	9.1	8.5	3.7	48.9	28.8	53.7	110.1	645.3
Promedio	84.0	93.0	99.1	46.3	28.6	10.3	14.8	14.7	35.6	65.9	63.5	96.6	652.5

Tabla 17. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Ricrán.

Estación: Ricrán		Latitud: 11°32'25.5" S		Departamento: Junín									
N°: 111095		Longitud: 75°31'38.0" W		Provincia: Jauja									
Categoría: CO		Altitud: 3580 msnm		Distrito: Ricrán									
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
2000	147.6	138.0	148.8	60.8	14.8	12.0	4.8	20.3	33.3	47.4	29.3	126.9	784.0
2001	143.8	80.9	103.8	72.9	19.3	13.4	9.7	21.5	33.2	86.2	88.4	96.4	769.5
2002	24.8	181.1	131.9	86.9	11.8	9.9	28.4	10.6	31.7	101.8	102.7	90.3	811.7
2003	79.0	69.1	143.6	51.6	29.4	2.3	1.3	8.6	9.5	45.9	43.9	128.7	612.9
2004	49.8	102.5	88.6	54.9	15.0	16.4	17.6	23.0	35.7	70.9	71.6	135.6	681.6
2005	63.5	81.6	146.0	34.6	6.2	0.0	3.2	3.0	9.5	52.5	50.0	132.6	582.7
2006	134.0	77.7	117.2	84.5	2.6	17.1	13.3	13.8	28.4	83.2	92.5	142.8	807.1
2007	71.7	74.9	107.8	43.2	18.9	0.0	12.0	8.2	12.6	111.6	72.3	128.8	662.0
2008	109.6	111.8	101.9	61.4	15.5	17.6	1.8	13.0	47.1	216.3	38.3	120.0	854.3
2009	132.9	104.3	120.7	115.8	25.4	7.1	18.8	11.5	39.3	48.7	93.7	126.4	844.6
2010	117.0	108.1	132.7	59.5	18.8	7.7	1.7	3.6	41.1	64.2	62.2	154.1	770.7
Promedio	97.6	102.7	122.1	66.0	16.2	9.4	10.2	12.5	29.2	84.4	67.7	125.7	743.7

Tabla 18. Precipitación media mensual de acuerdo a la estación Tarma.

Estación:	Tarma			Latitud:	11°23'48.00" S			Departamento:	Junín				
N°:	111029			Longitud:	75°41'23.76" W			Provincia:	Tarma				
Categoría:	CO			Altitud:	3034 msnm			Distrito:	Tarma				
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Año
2000	72.0	95.4	93.3	28.6	7.5	6.3	3.0	7.4	20.2	7.2	24.7	51.8	417.4
2001	68.0	57.9	39.2	22.5	28.4	4.8	6.3	10.5	4.5	36.6	22.9	61.2	362.8
2002	7.8	75.3	69.0	36.0	6.1	0.0	19.0	4.9	15.4	46.2	63.6	25.8	369.1
2003	28.3	44.2	78.5	27.4	15.6	1.8	1.8	7.2	16.5	12.9	13.2	58.6	306.0
2004	34.9	54.5	37.0	13.4	3.9	19.4	15.8	17.7	13.9	47.2	38.8	77.8	374.3
2005	30.0	22.0	56.0	10.0	8.4	0.0	8.1	1.4	5.4	38.3	26.8	67.1	273.5
2006	76.7	64.1	51.3	41.5	6.7	20.8	2.1	5.9	13.1	53.9	55.7	78.3	470.1
2007	36.9	47.3	93.7	23.3	19.2	0.0	14.0	2.0	1.2	68.7	24.5	53.1	383.9
2008	52.9	66.1	25.0	30.8	13.3	6.8	0.3	3.1	12.0	36.5	14.3	64.9	326.0
2009	75.0	81.2	70.8	69.6	11.2	0.3	12.8	14.2	10.7	23.1	76.0	62.9	507.8
2010	60.3	82.8	75.7	30.2	3.6	3.3	1.1	2.8	23.2	64.2	27.0	73.7	447.9
Promedio	49.3	62.8	62.7	30.3	11.3	5.8	7.7	7.0	12.4	39.5	35.2	61.4	385.3

MES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES	FACTOR DE EROSIVIDAD DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA DEL RIO SECO TARMA				
	AÑO 2001	AÑO 2002	AÑO 2003	AÑO 2004	AÑO 2005
ENE	144.69	75.35	100.20	55.15	69.30
FEB	95.28	119.65	87.80	124.20	94.40
MAR	221.99	137.16	149.94	106.53	118.13
ABR	66.68	77.21	73.78	51.76	53.92
MAY	27.70	29.28	27.82	37.00	19.65

JUN	13.35	12.22	23.04	24.63	9.65
JUL	330.49	52.03	14.96	32.39	17.08
AGO	20.88	31.73	34.95	34.23	22.80
SET	65.41	69.10	39.85	41.81	31.35
OCT	82.14	79.52	33.75	78.50	80.69
NOV	83.21	106.13	61.06	104.47	46.44
DIC	88.86	107.19	118.25	89.49	100.18

MES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES	FACTOR DE EROSIVIDAD DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA DEL RIO SECO TARMA				
	AÑO 2006	AÑO 2007	AÑO 2008	AÑO 2009	AÑO 2010
ENE	116.27	73.78	74.89	79.64	55.46
FEB	85.74	70.65	39.48	31.99	79.05
MAR	118.64	130.47	52.01	69.90	62.12
ABR	64.25	13.08	15.44	49.84	17.75
MAY	17.78	9.95	21.76	17.95	10.17
JUN	27.06	2.97	10.31	3.12	4.78
JUL	15.44	8.97	2.28	17.74	2.66
AGO	27.10	3.49	5.96	25.74	10.29
SET	37.12	8.26	19.73	10.47	17.93
OCT	77.51	36.55	22.99	48.66	19.72
NOV	81.47	35.14	25.28	32.51	26.48
DIC	115.01	65.36	33.82	45.00	47.17
MES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES	FACTOR DE EROSIVIDAD DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA DEL RIO SECO TARMA				
	AÑO 2011	AÑO 2012	AÑO 2013	AÑO 2014	AÑO 2015

ENE	56.84	55.08	42.89	59.00	42.86
FEB	78.99	50.04	84.44	45.11	77.89
MAR	84.79	37.47	55.15	45.15	39.63
ABR	26.56	29.01	18.67	24.88	22.54
MAY	4.79	16.18	6.27	10.07	21.37
JUN	3.11	8.73	3.50	9.07	2.90
JUL	3.63	2.24	13.66	3.71	7.43
AGO	3.11	4.47	10.80	3.74	7.31
SET	7.14	34.57	22.65	11.32	32.59
OCT	24.87	37.60	54.23	32.12	16.02
NOV	39.54	20.19	20.13	49.15	46.56
DIC	60.72	46.67	54.16	52.88	56.52
MES DE INTENSIDAD DE PRECIPITACIONES	FACTOR DE EROSIVIDAD DE LA UNIDAD HIDROGRAFICA DEL RIO SECO TARMA				
	AÑO 2016	AÑO 2017	AÑO 2018	AÑO 2019	
ENE	43.12	69.50	60.30	31.31	
FEB	53.36	86.44	85.78	64.62	
MAR	59.11	64.83	82.47	63.35	
ABR	15.90	27.45	37.89	22.30	
MAY	5.70	19.94	19.80	10.30	
JUN	3.71	4.46	7.40	5.76	
JUL	3.66	3.86	3.62	4.13	
AGO	6.24	9.65	29.04	4.03	
SET	10.88	13.80	6.99	10.17	
OCT	28.78	88.79	59.40	34.76	
NOV	29.46	46.84	26.17	50.41	
DIC	44.50	64.92	45.65	75.21	

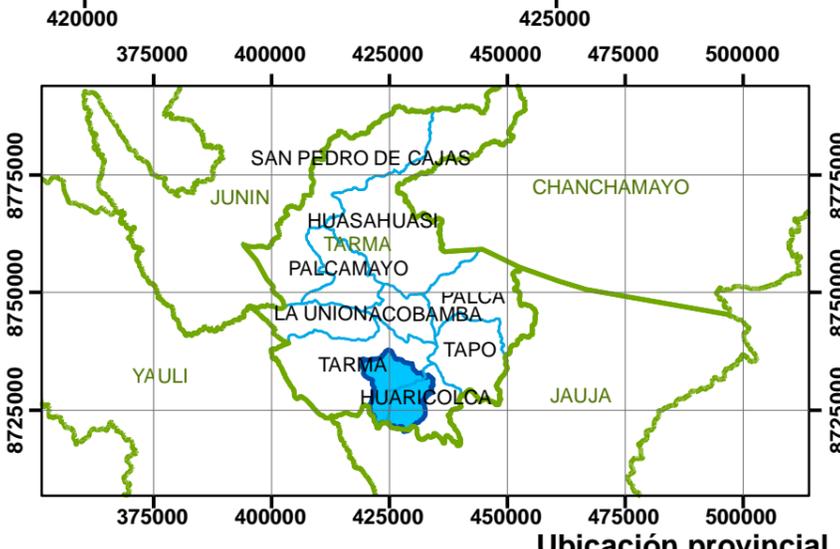
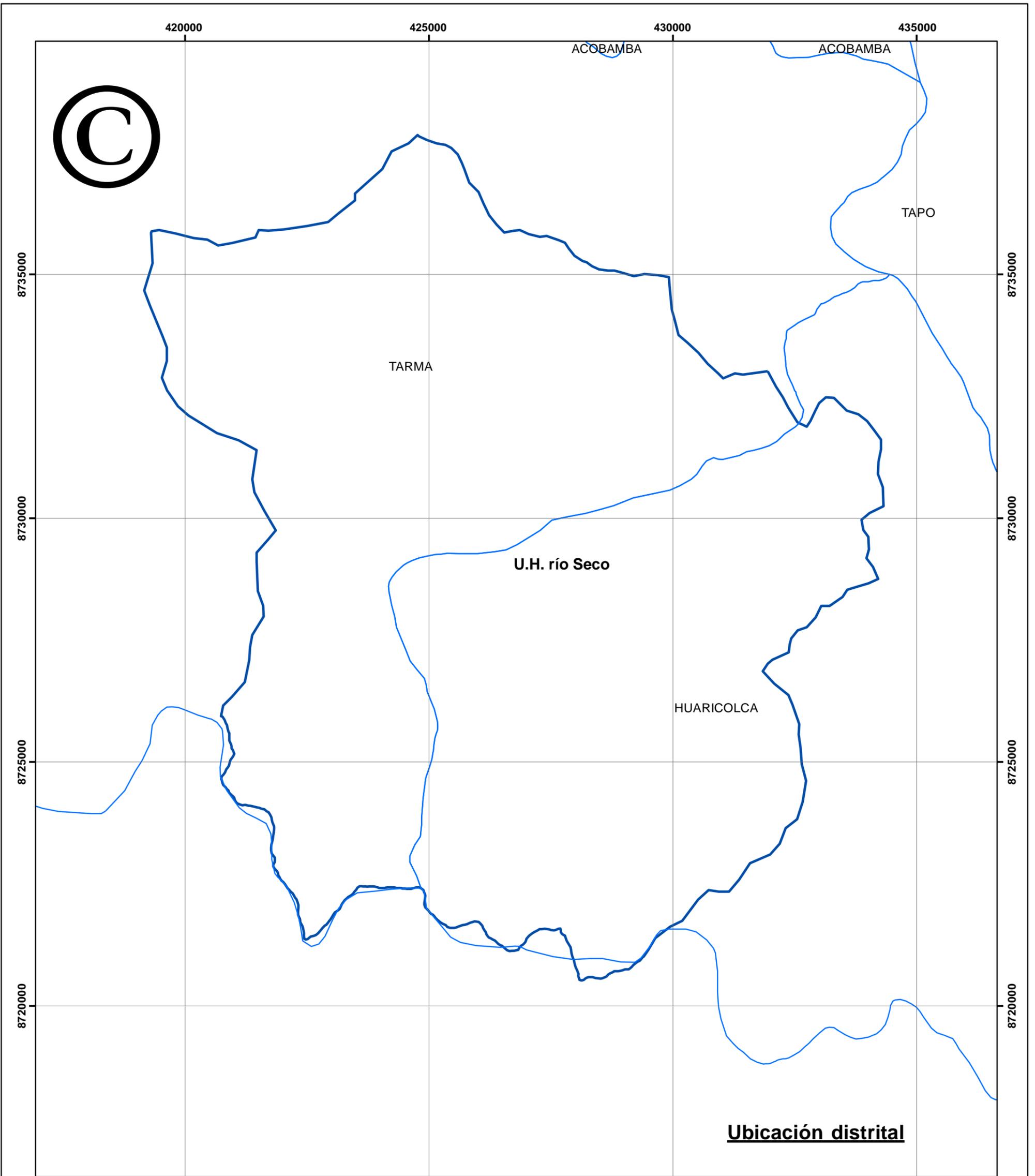
ANEXO N° 03: DATOS DE SUELO

Tabla 19. Factor K de acuerdo al suelo.

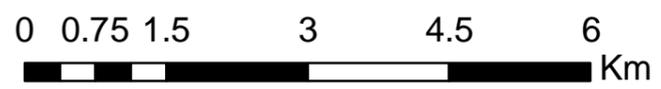
V	E	N	Arena %	Limo %	Arcilla %	Textura	M.O %	Perm .	Estructura	Factor K preli.	Factor K
1	43416 8	871999 1	29.54	54.02	16.448	Franco limoso	5.49	3 1	Granular fina	25.70	0.03
2	42362 5	871849 8	44.69	32.70	22.608	Franco	0.92	3 2	Granular muy fina	34.65	0.05
3	42288 9	872814 6	40.69	26.98	32.336	Franco arcilloso	1.56	4 2	Granular muy fina	26.04	0.03
4	42899 7	872360 2	45.70	50.70	3.6	Franco limoso	3.80	3 1	Granular fina	42.81	0.06
5	42174 3	873451 6	70.69	22.98	6.336	Franco arenoso	0.64	2 1	Granular fina	40.88	0.05
6	43089 1	873984 2	45.68	38.27	16.048	Franco	1.41	4 1	Granular fina	40.26	0.05
7	43113 6	872684 8	61.84	28.13	10.032	Franco arenoso	4.54	3 1	Granular fina	26.57	0.03
8	41963 0	872280 0	66.26	20.13	13.616	Franco arenoso	1.20	2 1	Granular fina	30.69	0.04
9	41789 7	873268 5	65.41	24.56	10.032	Franco arenoso	3.25	3 1	Granular fina	30.42	0.04
10	41701 7	873915 9	65.68	28.27	6.048	Franco arenoso	0.37	2 1	Granular fina	45.00	0.06
11	42540 0	872380 7	53.12	22.42	24.464	Franco arcillo arenoso	0.86	4 2	Granular muy fina	31.94	0.04
12	43554 4	873149 0	49.12	32.42	18.464	Franco	5.70	4 2	Granular muy fina	24.20	0.03
13	42717 2	873015 7	57.39	26.02	16.592	Franco arenoso	0.58	3 1	Granular fina	35.12	0.05
14	42839 6	873447 7	66.26	18.13	15.616	Franco arenoso	0.49	3 1	Granular fina	32.89	0.04
15	42362 5	871849 8	44.69	32.70	22.608	Franco	0.92	4 2	Granular muy fina	37.15	0.05

ANEXO N° 04: PLANOS

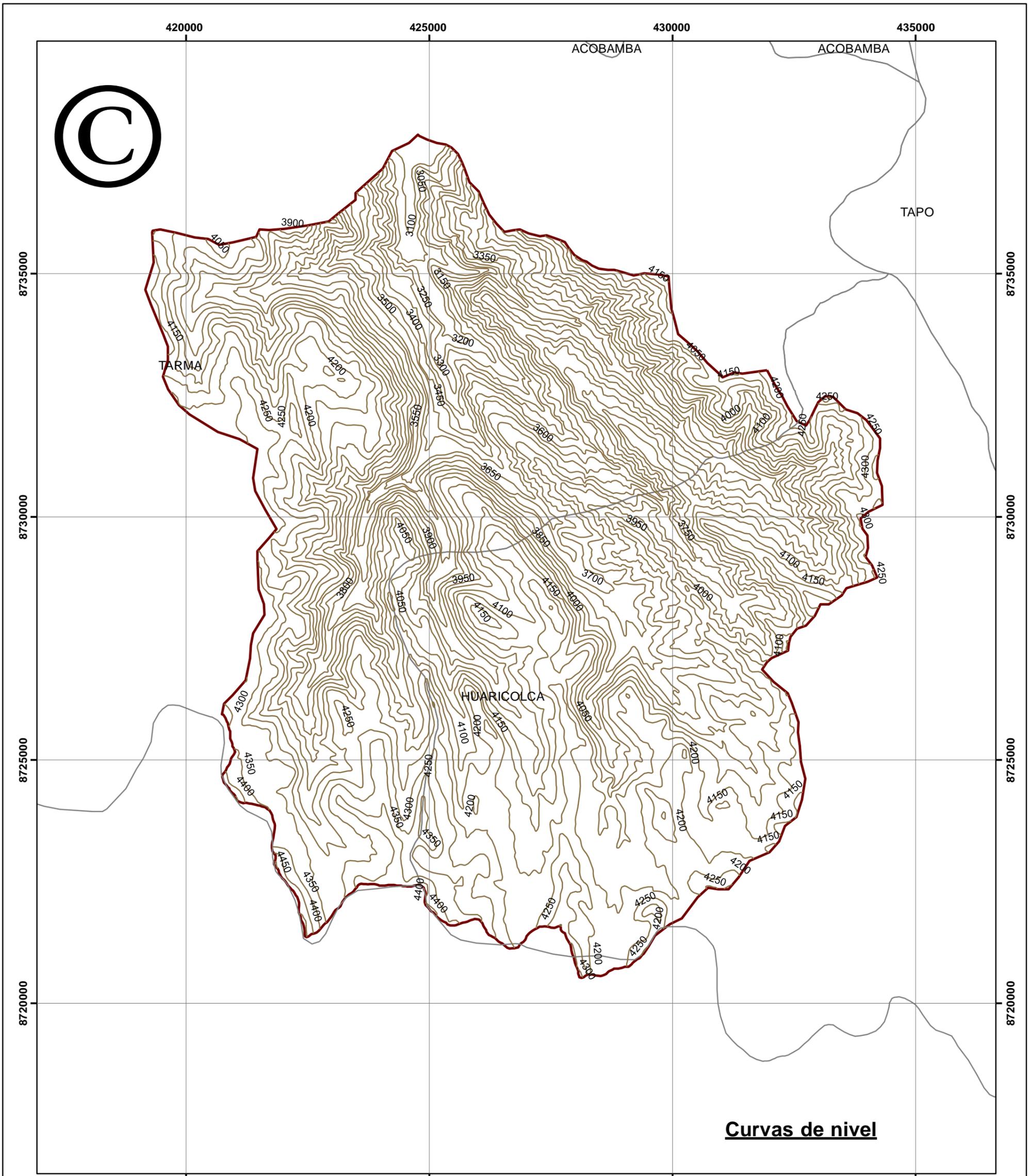
- Ubicación de la unidad hidrográfica del río Seco (U – 01).
- Topografía de la unidad hidrográfica del río Seco (T – 01).
- Hidrografía de la unidad hidrográfica del río Seco (H – 01).
- Uso de suelos de la unidad hidrográfica del río Seco (US – 01).
- Factor LS de la unidad hidrográfica del río Seco (LS – 01).
- Factor R de la unidad hidrográfica del río Seco (R – 01).
- Factor K de la unidad hidrográfica del río Seco (K – 01).
- Factor C de la unidad hidrográfica del río Seco (C – 01).
- Erosión de la unidad hidrográfica del río Seco (E – 01).



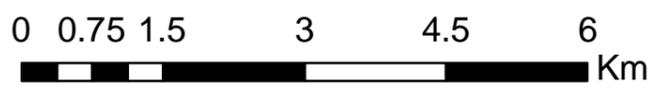
- Legend**
- Distritos
 - Rio_seco



	Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
	Plano: Ubicación de la unidad hidrográfica del río Seco		
	Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: U - 01
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84		

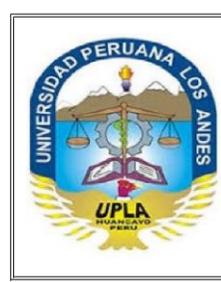
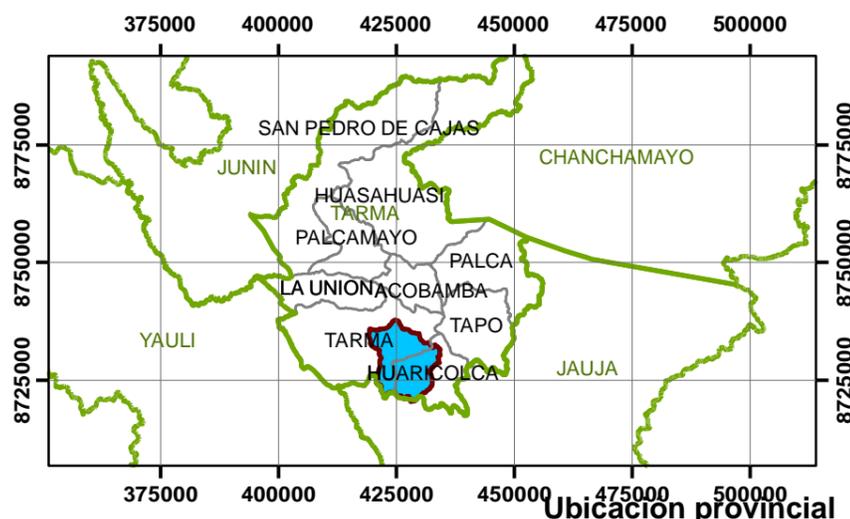


Curvas de nivel

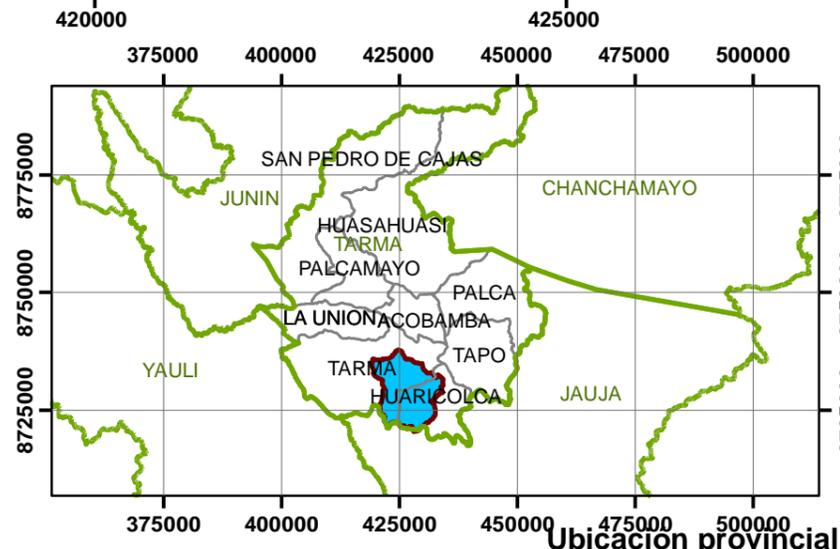
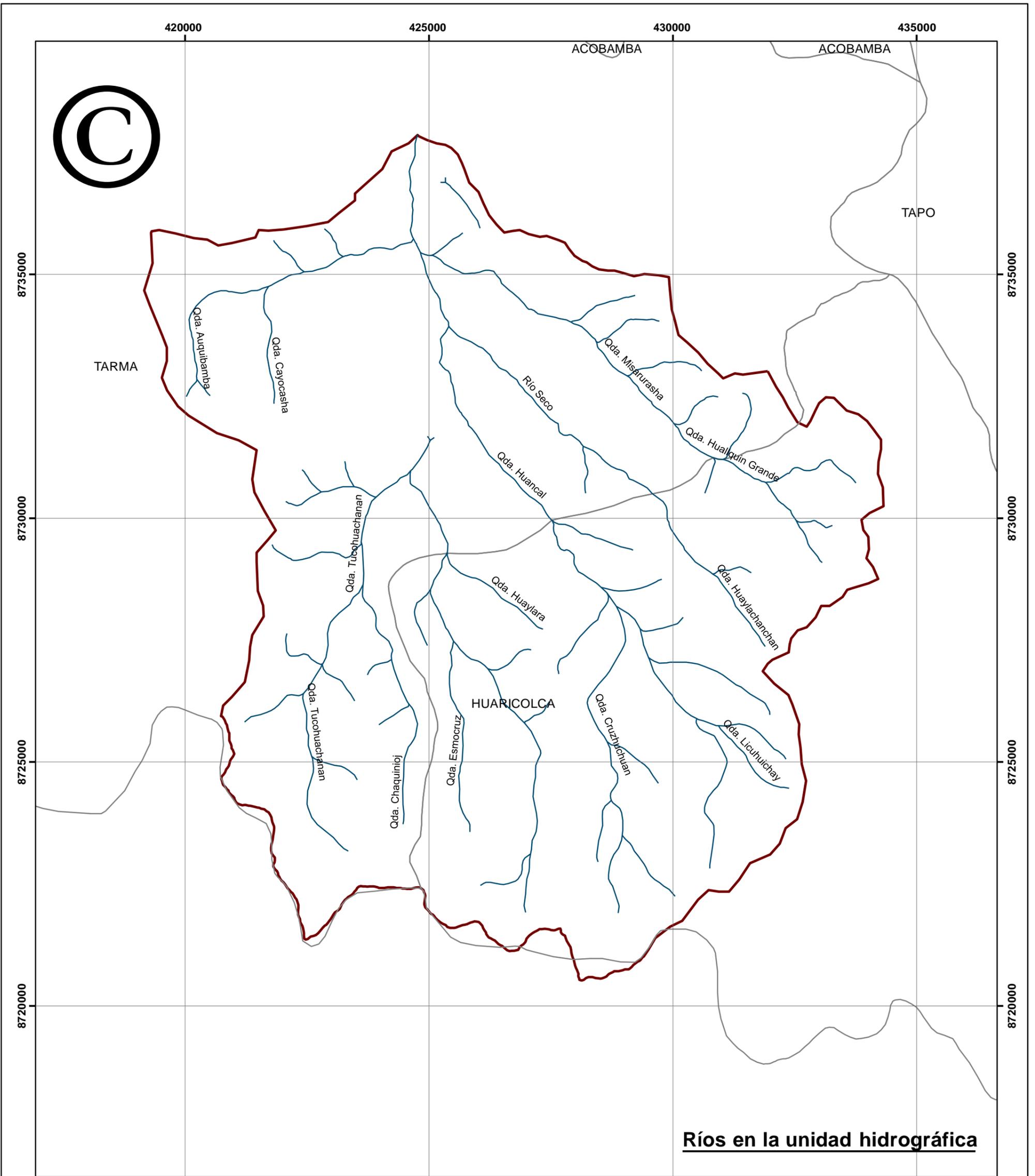


Leyenda

-  Curvas
-  Distritos
-  Rio_seco

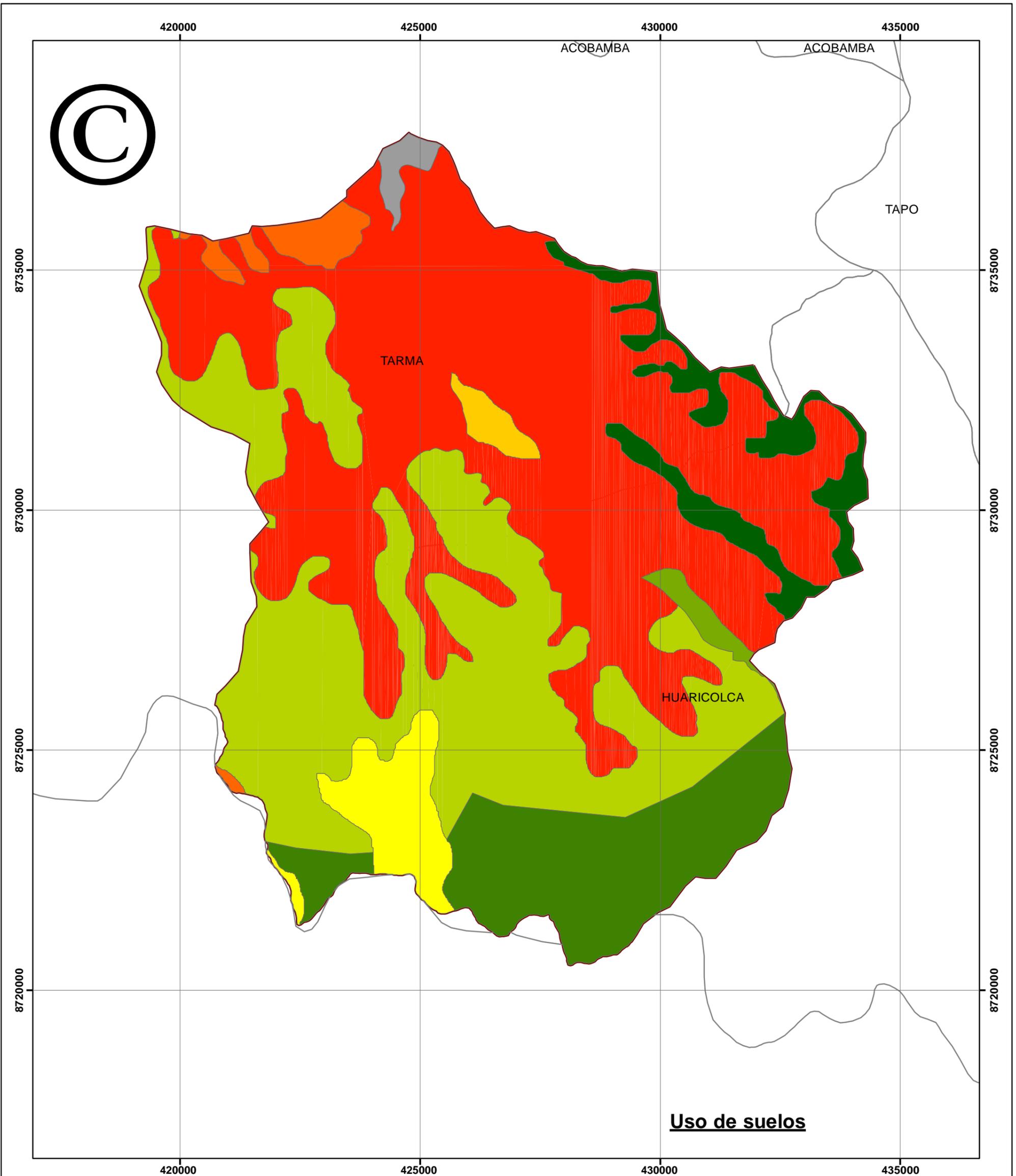


Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
Plano: Topografía de la unidad hidrográfica del río Seco		
Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: T - 01
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	



- Leyenda**
-  Ríos
 -  Distritos
 -  Rio_seco

	Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
	Plano: Hidrografía de la unidad hidrográfica del río Seco		
	Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lamina: H - 01
	Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	



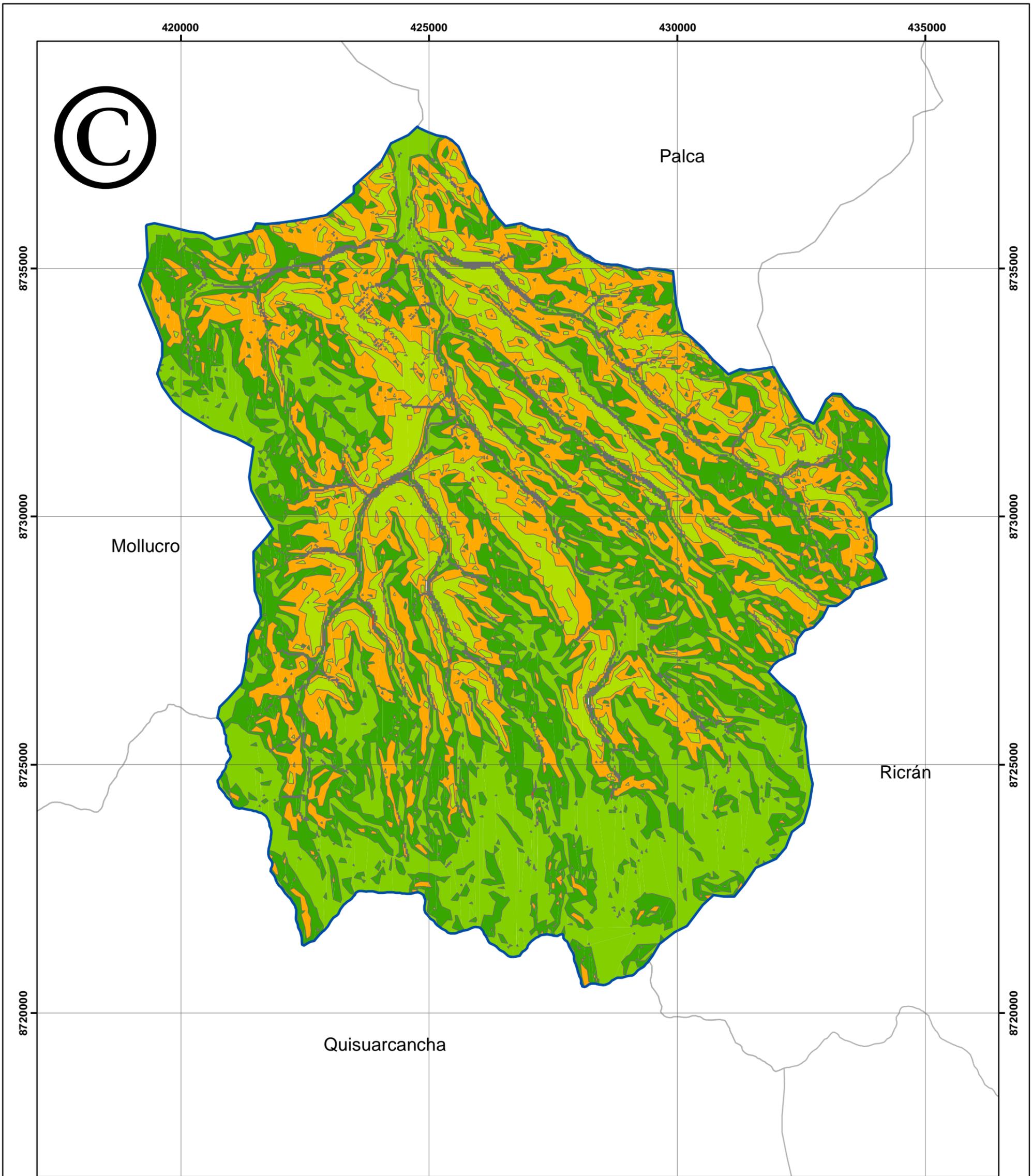
Uso de suelos

Leyenda

- Descripc_1**
-  Alforamiento Rocoso
 -  Centros Poblados
 -  Cultivos
 -  Herbazal Húmedo en Colinas Altas Empinadas
 -  Herbazal Húmedo en Colinas Medias Moderadamente Empinadas
 -  Herbazal y Matorral Húmedo en Cimas de Colinas Altas Empinadas
 -  Herbazal y Matorral Húmedo en Colinas Altas Empinadas
 -  Plantación Forestal
 -  Suelos Desnudos
 -  Distritos



	Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
	Plano: Uso de suelos en la unidad hidrográfica del río Seco		
	Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: US - 01
	Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	



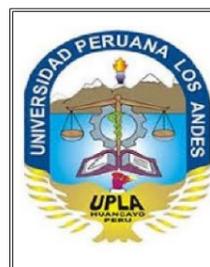
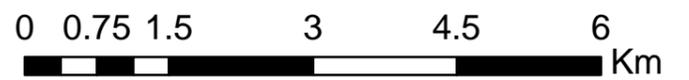
Subcuencas 420000 425000 430000 435000

Factor_LS

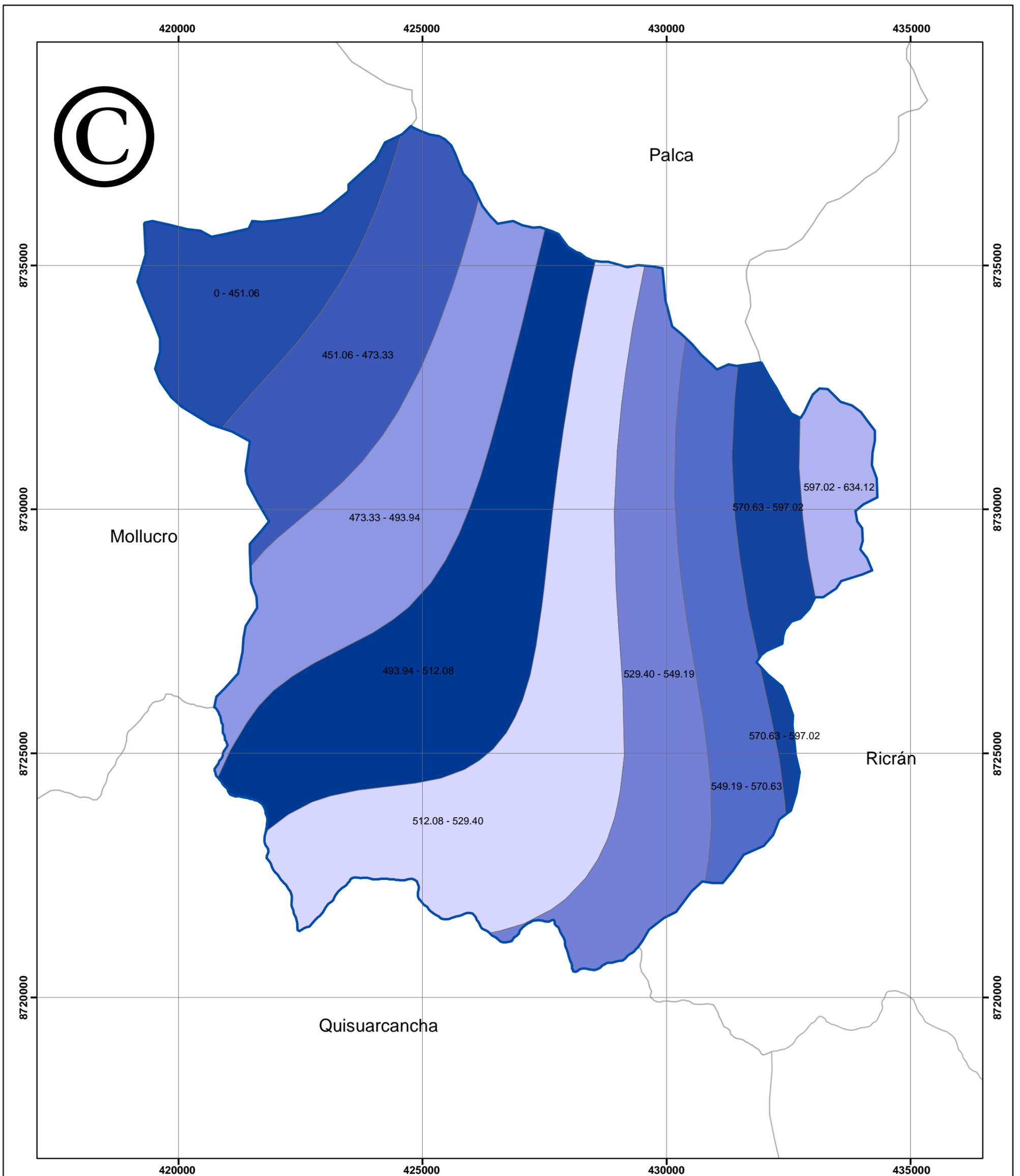
Rangos

- 0 - 3.35
- 10.0 - 16.64
- 127.10 - 211.81
- 16.64 - 30.76
- 3.35 - 6.67
- 30.76 - 49.86
- 49.86 - 68.13
- 6.67 - 10.0
- 68.13 - 85.57
- 85.57 - 127.10

Rango	Área (ha)	Porcentaje
0 - 3.35	4440.46	26.95%
3.35 - 6.67	5495.20	33.35%
6.67 - 10.0	4276.30	25.95%
10.0 - 16.64	2215.55	13.44%
16.64 - 30.76	33.92	0.21%
30.76 - 49.86	10.42	0.06%
49.86 - 68.13	3.55	0.02%
68.13 - 85.57	1.59	0.01%
85.57 - 127.10	1.03	0.01%
127.10 - 211.81	0.56	0.003%
Total	16478.58	100.00%



Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
Plano: Factor LS de unidad hidrográfica del río Seco		
Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: LS - 01
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	



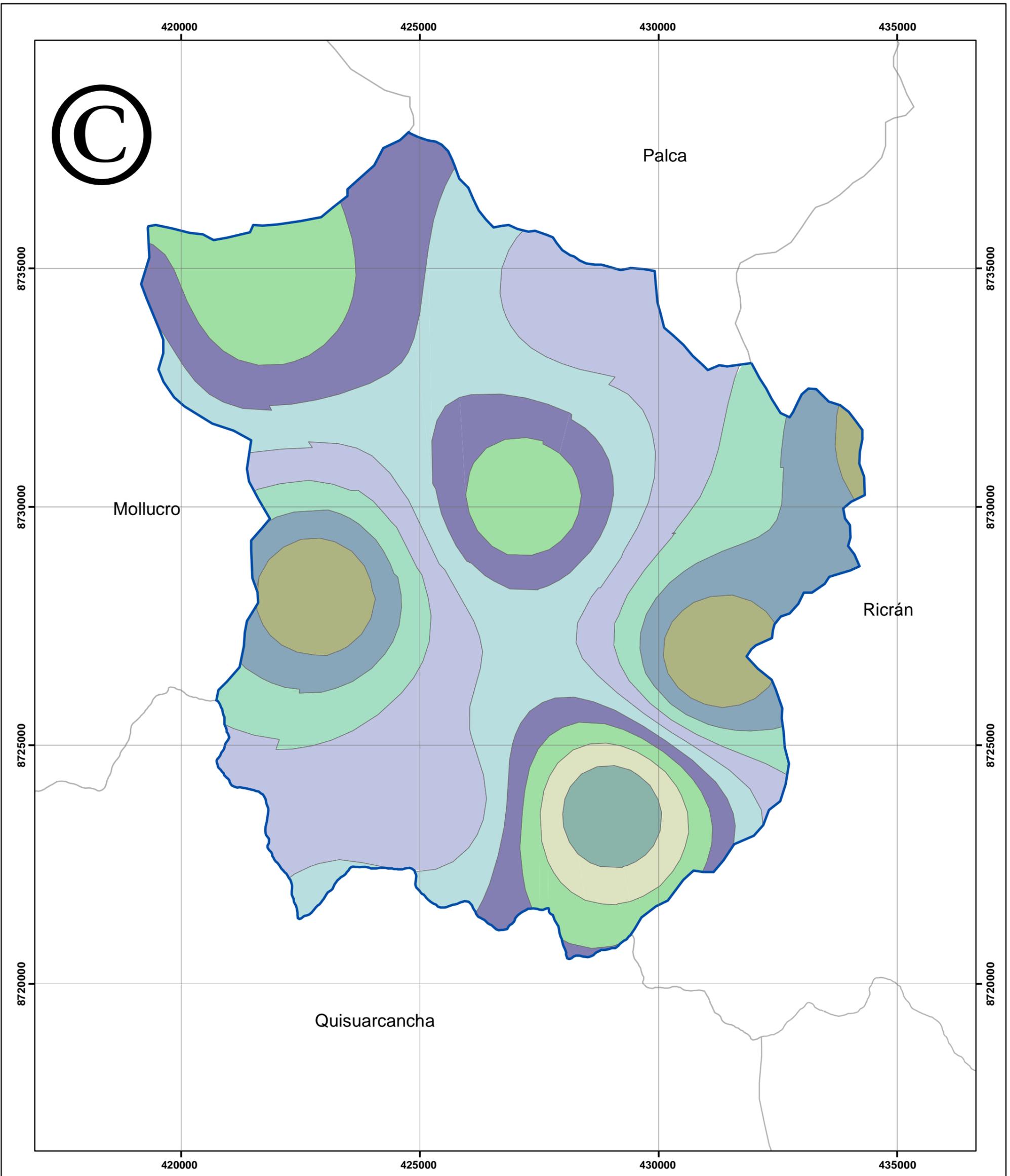
Rangos

- 0 - 451.06
- 451.06 - 473.33
- 473.33 - 493.94
- 493.94 - 512.08
- 512.08 - 529.40
- 529.40 - 549.19
- 549.19 - 570.63
- 570.63 - 597.02
- 597.02 - 634.12

Rango	Área (ha)	Porcentaje
0 - 451.06	1374.85	8.34%
451.06 - 473.33	1830.07	11.11%
473.33 - 493.94	505.47	3.07%
493.94 - 512.08	2334.40	14.17%
512.08 - 529.40	801.85	4.87%
529.40 - 549.19	2941.31	17.85%
549.19 - 570.63	1334.81	8.10%
570.63 - 597.02	3239.55	19.66%
597.02 - 634.12	2116.26	12.84%
Total	16478.58	100.00%



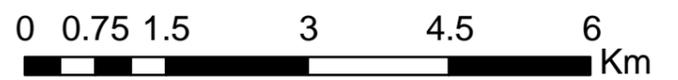
Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
Plano: Factor R de unidad hidrográfica del río Seco		
Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: R - 01
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	



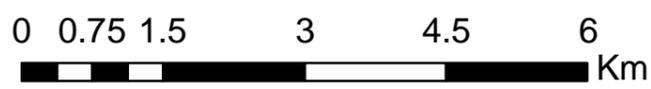
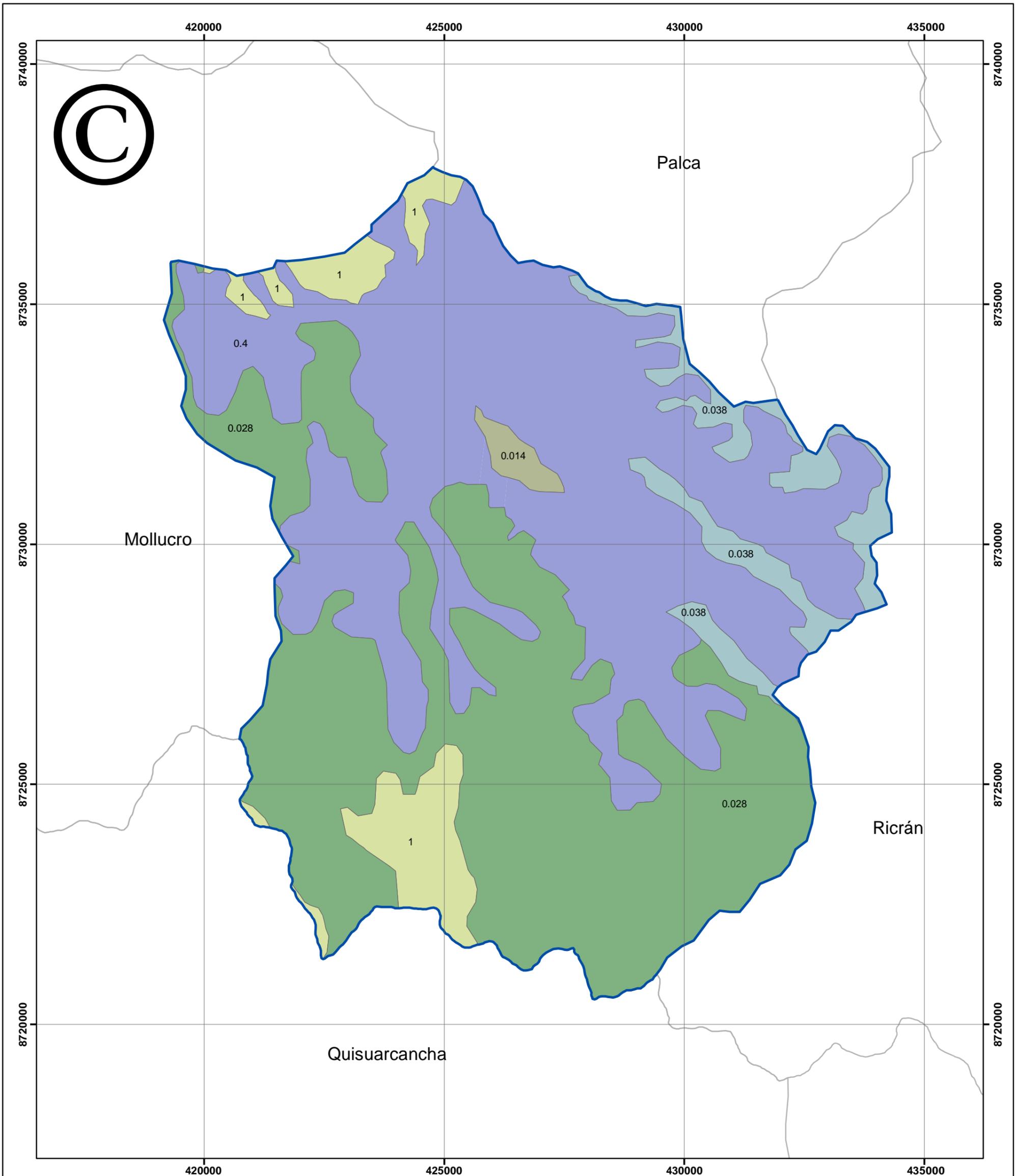
Rangos

- 0 - 0.033
- 0.033 - 0.037
- 0.037 - 0.039
- 0.039 - 0.041
- 0.041 - 0.044
- 0.044 - 0.047
- 0.047 - 0.050
- 0.050 - 0.054
- 0.054 - 0.060
- Subcuencas

Rango	Área (ha)	Porcentaje
0 - 0.033	1374.85	8.34%
0.033 - 0.037	1830.07	11.11%
0.037 - 0.039	505.47	3.07%
0.039 - 0.041	2334.40	14.17%
0.041 - 0.044	801.85	4.87%
0.044 - 0.047	2941.31	17.85%
0.047 - 0.050	1334.81	8.10%
0.050 - 0.054	3239.55	19.66%
0.054 - 0.060	2116.26	12.84%
Total	16478.58	100.00%



Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
Plano: Factor K de unidad hidrográfica del río Seco		
Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: K - 01
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	



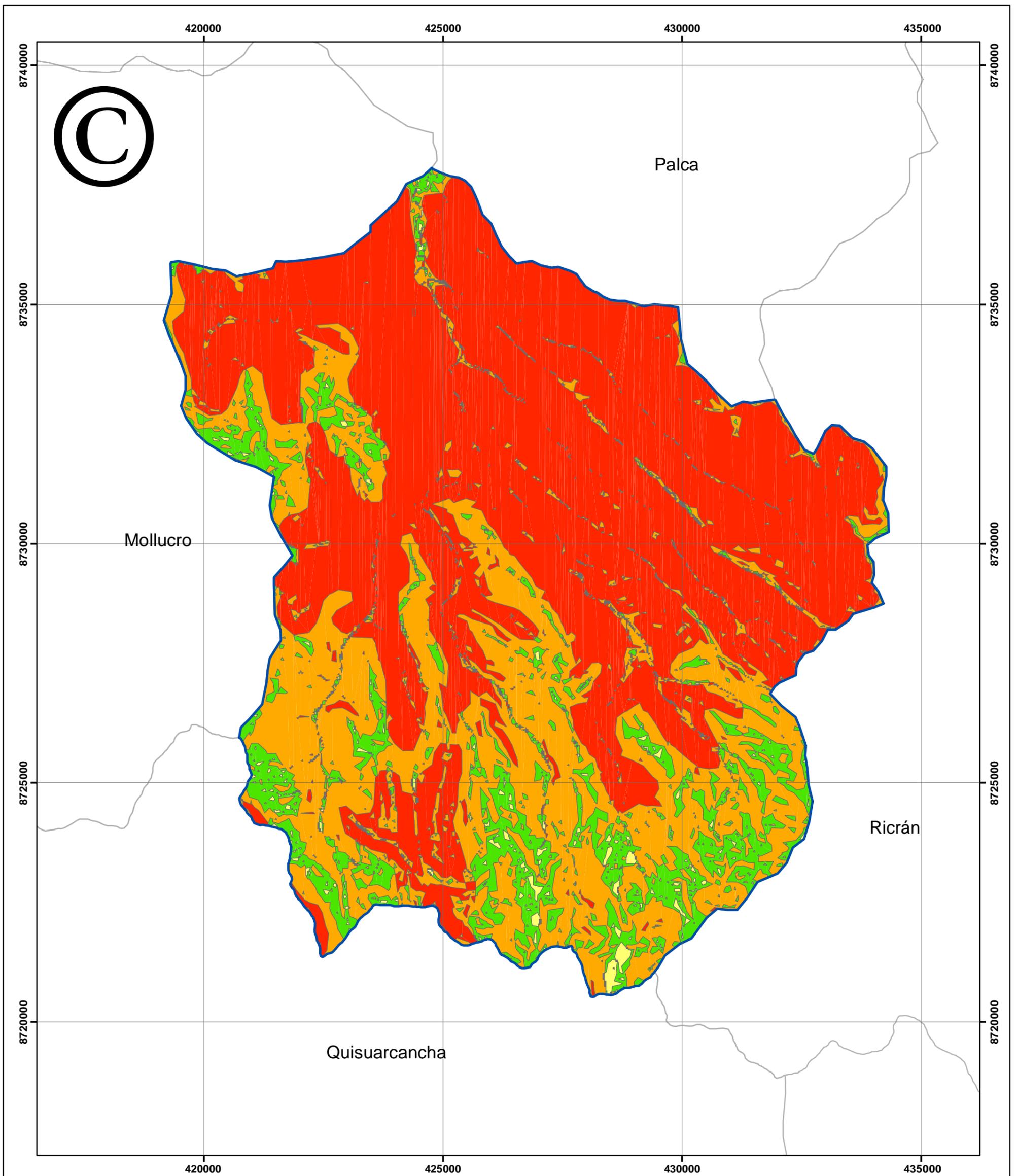
C

	0.014
	0.028
	0.038
	0.4
	1
	Subcuencas

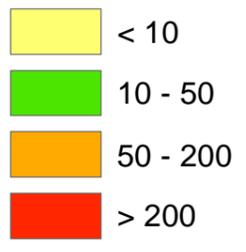
Rango	Área (ha)	Porcentaje
0.028	6759.95	41.02%
0.038	898.28	5.45%
1	981.90	5.96%
0.4	7704.73	46.76%
0.014	133.71	0.81%
Total	16478.58	100.00%



Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
Plano: Factor C de unidad hidrográfica del río Seco		
Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: C - 01
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	



Rangos (T/ha/año)



Rango	Descripción	Área (ha)	Porcentaje
< 10	Nula o ligera	153.57	0.93%
10 - 50	Moderada	1836.78	11.15%
50 - 200	Alta	4984.81	30.25%
> 200	Muy alta	9503.43	57.67%
Total		16478.58	100.00%



Tesis: "Erosión hídrica media anual en la unidad hidrográfica del río Seco, Tarma - Junín"		
Plano: Erosión en la unidad hidrográfica del río Seco		
Dibujo:	Fecha: Setiembre - 2019	Lámina: E - 01
Escala: 1 : 75 000	UTM: WGS - 84	