



**FORMATO DE AUTORIZACIÓN PARA PUBLICACIÓN DE TESIS Y TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN,
PARA OPTAR GRADOS ACADÉMICOS Y TÍTULOS PROFESIONALES EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL - UNASAM**

Conforme al Reglamento del Repositorio Nacional de Trabajos de Investigación – RENATI.
Resolución del Consejo Directivo de SUNEDU N° 033-2016-SUNEDU/CD

1. Datos del Autor:

Apellidos y Nombres: **GARRO ESPINOZA, NESTOR DAMASCENO**

Código de alumno: **092.0304.245**

Teléfono: **927849715**

Correo electrónico: garro2471@gmail.com

DNI o Extranjería: **45207692**

2. Modalidad de trabajo de investigación:

Trabajo de investigación

Trabajo académico

Trabajo de suficiencia profesional

Tesis

3. Título profesional o grado académico:

Bachiller

Título

Segunda especialidad

Licenciado

Magister

Doctor

4. Título del trabajo de investigación:

**“PERDIDA DE SUELOS POR ACCION HIDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN –
YACUNAC, SUBCUENCA QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018”**

5. Facultad de: Ciencias Agrarias

6. Escuela, Carrera o Programa: Ingeniería Agrícola


7. Asesor:

Apellidos y Nombres: **Dr. Ing.HURTADO RUBIO, SEGUNDO MESIAS** Teléfono: **943893565**

Correo electrónico: segundohurrubio@hotmail.com DNI o Extranjería: **16531729**

A través de este medio autorizo a la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, publicar el trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, Repositorio Nacional Digital de Acceso Libre (ALICIA) y el Registro Nacional de Trabajos de Investigación (RENATI).

Asimismo, por la presente dejo constancia que los documentos entregados a la UNASAM, versión impresa y digital, son las versiones finales del trabajo sustentado y aprobado por el jurado y son de autoría del suscrito en estricto respeto de la legislación en materia de propiedad intelectual.

Firma: 

D.N.I.: **45207692**

FECHA:

12	/ JUNIO	/ 2019
----	---------	--------

UNIVERSIDAD NACIONAL
“SANTIAGO ANTÚNEZ DE MAYOLO”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE
“INGENIERÍA AGRÍCOLA”



TÍTULO:

**PERDIDA DE SUELOS POR ACCION HIDRICA EN LA
MICROCUEENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA
QUILCAY, PERIODO: 2005 – 2015, HUARAZ, 2018**

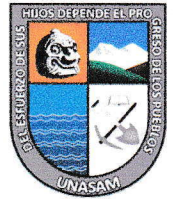
Presentado por:

Bach.: NESTOR DAMASCENO GARRO ESPINOZA

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO
DE INGENIERO AGRÍCOLA**

HUARAZ – PERÚ

2019



ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

Los Miembros de jurado de tesis que suscriben, nombrados por Resolución N° 174-2019-UNASAM-FCA/D, se reunieron para revisar el informe de tesis, presentado por el Bachiller en Ingeniería Agrícola, **Nestor Damasceno, GARRO ESPINOZA**, titulado: **"PERDIDA DE SUELOS POR ACCION HIDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA QUILCAY, PERIODO: 2005 – 2015, HUARAZ, 2018"**, y sustentada el día 03 de mayo del 2019, por Resolución Decanatural N° 289-2018-UNASAM-FCA/D, lo declaramos CONFORME.

En consecuencia, queda en condiciones de ser publicado.

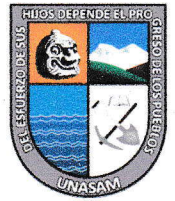
Huaraz, 03 de Mayo del 2019.

Dr. Pedro Alejandro COLONIA CERNA
PRESIDENTE

Dr. Luis Alberto ORBEGOSO NAVARRO
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Tito Moner TINOCO MEYHUAY
VOCAL

Dr. Segundo Mesías HURTADO RUBIO
PATROCINADOR



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la Tesis presentado por el Bachiller en Ingeniería Agrícola, **Nestor Damasceno, GARRO ESPINOZA**, titulado: "**PERDIDA DE SUELOS POR ACCION HIDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA QUILCAY, PERIODO: 2005 – 2015, HUARAZ, 2018**". Escuchada la sustentación y las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:

APROBADO

CON EL CALIFICATIVO DE (*)

16

En consecuencia, queda en condiciones de ser calificado **APTO** por el Consejo de Facultad, de la Facultad de Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayolo" y recibir el Título de **INGENIERO AGRÍCOLA**, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 03 de Mayo del 2019.



Dr. Pedro Alejandro COLONIA CERNA
PRESIDENTE



Dr. Luis Alberto ORBEGOSO NAVARRO
SECRETARIO



Ing. M. Sc. Tito Moner TINOCO MEYHUAY
VOCAL



Dr. Segundo Mesías HURTADO RUBIO
PATROCINADOR

(*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, ésta debe ser calificada con términos de: Aprobado con Excelencia (19-20), Aprobado con Distinción (17-18), Aprobado (14-16) y Desaprobado (00-13).

DEDICATORIA

Con profundo amor y eterna gratitud a mis padres, en reconocimiento a su sacrificio por ser pilares para concluir con esta profesión que me enorgullece y haber guiado mis pasos por el camino de la superación.

A mis hermanos que me brindan su apoyo incondicional, para poder hacer realidad mis propósitos.

A la universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, a quién debo mi formación y desarrollo, por brindarme las herramientas necesarias durante mis estudios.

LISTA DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
LISTA DE CONTENIDO	iii
INDICE GENERAL	iv
INDICE DE TABLAS.....	v
INDICE DE CUADROS	vi
INDICE DE FIGURAS	vii
INDICE DE IMAGENES.....	viii
INDICE DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACTxi

ÍNDICE GENERAL

I. INTRODUCCIÓN	2
1.1.- Aspectos generales.....	2
1.2.- Objetivo general.....	3
1.3.- Objetivo específicos.....	3
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	6
2.1. Antecedentes.....	6
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	6
2.1.2. Antecedente Nacional.....	9
2.1.3. Antecedentes Locales.....	10
2.2. Marco teórico	11
2.2.1. Fórmula de RUSLE	11
2.2.1.1. Coeficiente de agresividad de precipitación (Factor R).....	13
2.2.1.2. Factor de erodibilidad del suelo (factor K).....	14
2.2.1.2.1.- Métodos de determinación del factor de erodibilidad del suelo.....	15
2.2.1.2.2.- Métodos de determinación del factor de erodibilidad del suelo para (% arena + % limo) < 70 % y (% arena + % limo) >70%	19
2.2.1.3. Factor Topográfico (factor LS).....	20
2.2.1.4. La cobertura y factor de manejo (factor C).....	22
2.2.1.4.1. Fórmula de Van der Knijff et al.....	23
2.2.1.5. Factor de prácticas de conservación de suelos (factor P).....	24
2.2.2. Imágenes	24
2.2.2.1. Imágenes Ráster.....	24

2.2.2.2. Imágenes DEM.....	26
2.2.2.3. Imágenes NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)....	26
III. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Materiales, métodos, técnica, e instrumentos de recolección de datos.....	30
3.1.1. Área de investigación.....	30
3.1.2. Población y muestra de estudio.....	30
3.1.3. Ubicación del área de estudio. Descripción fisiográfica:	
Relieve, Medio físico, Zonas de vida (características ecológicas),	
Recursos hídricos	30
3.1.3.1. Descripción fisiográfica del área de estudio.....	31
3.1.4. Campo de interés.	36
3.1.5. Métodos empleados en la Investigación.....	37
3.2 Materiales y/o Equipos.....	37
3.2.1. Material cartográfico e hidrológico.....	37
3.2.2. Software.....	37
3.2.3. Materiales de escritorio.....	37
3.2.4. Herramientas	38
3.3 Métodos, técnicas e instrumento de recolección de datos	
3.3.1. Tipo de investigación.....	38
3.4. Método.....	38
3.4.1. Métodos para determinar los objetivos.....	38
A. Delimitación del área de estudio.....	38
B. Erosividad de la lluvia (Factor R).....	39
C. Erodibilidad del suelo (Factor K).....	39
D. Factor topográfico (Factor LS).....	42
E. cobertura y factor de manejo (Factor C).....	42
F. Factor de prácticas de conservación de suelos (Factor P).....	42
3.4.2. Método para determinar la variable dependiente.....	43
A. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos (RUSLE)	43
IV. RESULTADOS.....	46
4.1. Delimitación del área estudio.....	46
4.2. Factor de agresividad de precipitación (Factor R)	

Clasificación de rangos típicos de erosividad de lluvia anual.....	46
4.3. Erodabilidad del suelo (factor K).....	47
4.4. Factor topográfico (Factor LS).....	50
4.5. Cobertura vegetal (Factor C).....	50
4.6. Prácticas de conservación de suelo (Factor P).....	53
4.7. Aplicación de la fórmula de RUSLE.....	53
V.- DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	57
5.1. Factor de agresividad de precipitación (Factor R)	
5.2. Erodabilidad del suelo (factor K).....	58
5.3. Factor topográfico (Factor LS).....	59
5.4. Cobertura vegetal (Factor C).....	60
5.5. Prácticas de conservación de suelo (Factor P).....	60
5.6. Cálculo de la pérdida de suelos en t/ha/año.....	60
VI. CONCLUSIONES.....	63
VII. RECOMENDACIONES.....	65
VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA.....	67
VIII. ANEXOS.....	72

ÍNDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla 1. Clases de riesgo de erosión de suelos y valores RUSLE.....	12
Tabla 2. Rangos típicos del factor R.....	13
Tabla 3. Clasificación de las clases de erodibilidad con diferentes rangos del factor K	15
Tabla 4. Código USLE para la estructura del suelo.....	16
Tabla 5. Clasificación del perfil de permeabilidad.....	16
Tabla 6. Valores de m.....	22

ÍNDICE DE CUADROS

	Pag.
Cuadro 1. Cálculo del factor R de cada estación meteorológica.....	39
Cuadro 2. Cálculo del factor K para cada calicata.....	41
Cuadro 3. Flujograma para el cálculo de la pérdida de suelos.....	44
Cuadro 4. Parámetros geomorfológicos de la microcuenca: INPAN – YACUNAC.....	46
Cuadro 5. Clasificación de la erosividad de lluvia anual.....	47
Cuadro 6. Clasificación de la erodibilidad del suelo en la zona de estudio.....	47
Cuadro 7. Pérdida de suelos en la microcuenca: INPAN – YACUNAC.....	54

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1. Estructura del Suelo mediante gráficos.....	16
Figura 2. Nomograma del Factor (K) de erodibilidad del suelo en unidades del Sistema internacional.....	18
Figura 3. Relación entre NDVI y USLE – C.....	23
Figura 4. Diferencia de valor NDVI calculado.....	27

ÍNDICE DE IMAGENES

	Pag.
Imagen N°01: Factor: R.....	48
Imagen N°02: Factor: K.....	49
Imagen N°03: Factor: LS.....	51
Imagen N°04: Factor: C.....	52
Imagen N°05: Pérdida de suelos promedio anual (Factor A)	55

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pag.
Anexo 1: Registro de serie histórica de precipitaciones mensuales para los años: 1 963 - 2 017 de 9 estaciones meteorológicas	72
Anexo 1.1: Datos de precipitación mensual de la estación: Huaraz-UNASAM.....	73
Anexo 1.2: Datos de precipitación mensual de la estación: Chavín I	74
Anexo 1.3: Datos de precipitación mensual de la estación Chavín: II.....	75
Anexo 1.4: Datos de precipitación mensual de la estación: Laguna Otuto.....	76
Anexo 1.5: Datos de precipitación mensual de la estación: Recuay.....	77
Anexo 1.6: Datos de precipitación mensual de la estación: Aija.....	78
Anexo 1.7: Datos de precipitación mensual de la estación: La Merced.....	79
Anexo 1.8: Datos de precipitación mensual de la estación: Cajamarquilla.....	80
Anexo 1.9: Datos de precipitación mensual de la estación: Pira.....	81
Anexo 2: Resultado del laboratorio de Suelos y Aguas.....	82
Anexo 3: Panel fotográfico.....	96
Anexo 4: Mapas.....	102
Mapa N°01.- Mapa de ubicación de la zona de estudio	
Mapa N°02.- Mapa de cuencas hidrográficas	
Mapa N°03.- Mapa de zonas de vida	
Mapa N°04.- Delimitación de la microcuenca INPAN-YACUNAC	
Mapa N°05.- Mapa del factor: R	
Mapa N°06.- Mapa de ubicación de las calicatas	
Mapa N°07.- Mapa del factor: K	
Mapa N°08.- Mapa Flow Accumulation	
Mapa N°09.- Mapa Pendiente: %	
Mapa N°10.- Mapa del factor: LS	
Mapa N°11.- Mapa del factor: C	
Mapa N°12.- Mapa de pérdida de suelos promedio anual	

RESUMEN

La pérdida de suelos es un tema de vital importancia en el estudio de conservación de los suelos alrededor del mundo, su determinación se puede hacer en forma directa e indirecta a través de ecuaciones o modelos empíricos, como lo es, para este último caso, la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE), que fue publicada el año 1940 en el cinturón del maíz (corn belt) región situada en el Medio Oeste de Estados Unidos, donde el maíz es el principal cultivo. Esta ecuación ha sufrido varias modificaciones a través de los años, tal es así que recién en 1997, salió a luz la ecuación RUSLE, que es la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada, publicado por Renard et al que es una actualización del *Agriculture Handbook N°537*, cuyo uso ya no se limita a áreas agrícolas, sino que abarca la aplicación a varios ambientes.

Por lo tanto, el objetivo del presente trabajo fue hacer uso de la ecuación RUSLE para estimar la pérdida de suelos promedio en unidades de t/ha/año aplicada a las condiciones medio ambientales de la microcuenca Inpan-Yacunac ubicado en la sub cuenca del río Quilcay, centro poblado: Coyllur, distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, región: Ancash, Perú.

La metodología utilizada ha consistido en hacer uso de la ecuación RUSLE y adicionalmente de diversas herramientas SIG, tal como el software ArcGIS 10.2, e imágenes adquiridas del satélite: Alaska Satellite Facility de 12.5 m. de resolución espacial, para calcular el factor LS; con datos de precipitación de los años 1963 al 2017,

correspondiente a 9 estaciones meteorológicas, proporcionados por la página web de la Autoridad Nacional del Agua (ANA) para determinar el factor R; con imágenes satelitales del satélite Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) para el año: 2005 y Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) para los años: 2010 y 2015, lo cual permitió calcular el factor C.

Para el cálculo del factor R se utilizó los datos de precipitación media anual de los años 1963 al 2017 de las 9 estaciones meteorológicas y con ayuda del software ArcGIS 10.2 se graficó los datos puntuales del factor R tal que genere el mapa temático.

Para la determinación del factor: K., se realizó trabajo de campo para lograr 14 muestras de suelo a profundidades de hasta 30 centímetros, extraídas del área de la microcuenca, las muestras extraídas fueron analizadas en el laboratorio de aguas y suelos de la FCA-UNASAM, con los resultados de las muestras se insertó en la fórmula: 06 y se calculó el factor K.

La determinación del factor LS, se logró con la utilización del modelo de elevación digital (DEM) obtenido de la página web del satélite: Alaska Satellite Facility de 12.5 m. de resolución espacial.

Finalmente, para calcular el factor C., se hizo uso de 3 imágenes satelitales, obtenidas de la página web del Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) y Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) para los años de 2005, 2010 y 2015.

Debido a la ausencia de prácticas de conservación de suelos en la microcuenca en estudio se asignó al factor P, un valor constante de: 1.

Los resultados indican que la pérdida de suelos en la microcuenca: INPAN-YACUNAC está entre el rango de 0 – 2 100 t/ha/año, predominando la clase de erosión muy suave (0 - 2 t/ha/año) con un área de 235.64 ha, que representa el 88.37 % del área de estudio. La clase de erosión leve (2 -5 t/ha/año) con un área de 0.06 ha, que representa el 0.02 % del área de estudio. La clase de erosión moderado (5 -10 t/ha/año) con un área de 0.03 ha, que representa el 0.01 % del área de estudio. La clase de erosión alto (10 -50 t/ha/año) con un área de 1.61 ha, que representa el 0.60 % del área de estudio. La clase de erosión severo (50 -100 t/ha/año) con un área de 2.73 ha, que representa el 1.03 % del área de estudio. La clase de erosión muy severo (100 -500 t/ha/año) con un área de 17.05 ha, que representa el 6.39 % del área de estudio. La clase de erosión catastrófico (500 - 2073.90 t/ha/año) con un área de 9.52 ha, que representa el 3.57 % del área de estudio.

ABSTRACT

The loss of soils is an issue of vital importance in the study of soil conservation around the world, its determination can be made directly and indirectly through equations or empirical models, as it is, for this last case, the Universal Soil Loss

Equation (USLE), which was published in 1940 in the Corn Belt, a region located in the Midwest of the United States, where corn is the main crop. This equation has undergone several modifications over the years, so much so that it was not until 1997 that the RUSLE equation, which is the Universal Soil Loss Equation Revised, published by Renard et al, which is an update of the Agriculture Handbook, came to light. No. 537, whose use is no longer limited to agricultural areas, but covers the application to various environments.

Therefore, the objective of this work was to make use of the RUSLE equation to estimate the average soil loss in units of $t / ha / year$ applied to the environmental conditions of the Inpan-Yacunac micro-watershed located in the sub-basin of the river Quilcay, populated center: Coyllur, district of Huaraz, province of Huaraz, region: Ancash, Peru.

The methodology used consisted in making use of the RUSLE equation and additionally of several GIS tools, such as the ArcGIS 10.2 software, and images acquired from the satellite: Alaska Satellite Facility of 12.5 m. of spatial resolution, to calculate the LS factor; with rainfall data from years 1963 to 2017, corresponding to 9 meteorological stations, provided by the website of the National Water Authority (ANA) to determine the R factor; with satellite images of the Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) satellite for the year: 2005 and Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor

(TIRS) for the years: 2 010 and 2 015, which allowed calculating the factor C.

To calculate the R factor, the average annual rainfall data for the years 1 963 to 2 017 of the 9 meteorological stations were used and with the help of the Arcgis 10.2 software, the point data of the R factor was plotted such that the thematic map was generated.

For the determination of the factor: K., field work was carried out to obtain 14 soil samples at depths of up to 30 centimeters, extracted from the micro-basin area, the extracted samples were analyzed in the water and soil laboratory of the FCA- UNASAM, with the results of the samples was inserted in the formula: 06 and the K factor was calculated.

The determination of the LS factor was achieved with the use of the digital elevation model (DEM) obtained from the satellite website: Alaska Satellite Facility of 12.5 m. of spatial resolution.

Finally, to calculate the C factor, 3 satellite images were used, obtained from the Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +) and lansat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS) web page for the years of 2 005, 2010 and 2015.

Due to the absence of soil conservation practices in the microbasin under study, the P factor was assigned a constant value of: 1.

The results indicate that the loss of soils in the micro-watershed: INPAN-YACUNAC is between the range of 0 - 2 100 t / ha / year, predominating the very mild erosion class (0 - 2 t / ha / year) with an area of 235. 64 ha, which represents 88.37% of the study area. The mild erosion class (2 -5 t / ha / year) with an area of 0.06 ha, which represents 0.02% of the study area. The moderate erosion class (5 -10 t / ha / year) with an area of 0.03 ha, which represents 0.01% of the study area. The high erosion class (10 -50 t / ha / year) with an area

of 1.61 ha, which represents 0.60% of the study area. The severe erosion class (50 -100 t / ha / year) with an area of 2.73 ha, which represents 1.03% of the study area. The very severe erosion class (100 -500 t / ha / year) with an area of 17.05 ha, which represents 6.39% of the study area. The catastrophic erosion class (500 - 2073.90 t / ha / year) with an area of 9.52 ha, which represents 3.57% of the study area.

CAPITULO: I

I. INTRODUCCIÓN

1.1.- Aspectos generales.

El cambio climático en el mundo está ocasionando alteraciones en el comportamiento del clima, el mismo que incide en la variación de las precipitaciones que acarrearán la pérdida de los suelos.

La pérdida de los suelos es un proceso dinámico y propenso a una rápida degradación por el mal uso de la tierra, por tanto es un proceso natural que ocurre alrededor del mundo y se presenta cuando los suelos de las capas superiores sufren desplazamientos hacia las partes bajas, la precipitación pluvial es vital para el desarrollo de las especies vegetales, sin embargo dichas precipitaciones generan erosión en la superficie del suelo, en función a la intensidad y duración de la precipitación, por tanto se constituye en agente erosionador de la superficie del suelo, erosiones que son de mayor intensidad en suelos con poca o nula cobertura vegetal.

Los agentes que causan la erosión de los suelos son el agua y el viento, el proceso puede ser lento o rápido, dependiente de la actividad de los elementos que lo generan y la intervención del ser humano. Según Toy et al (2002) la tasa de erosión de los suelos excede a la tasa de formación de suelos sobre amplias áreas.

El trabajo de investigación ha tenido la duración de: 5 meses (Julio a Diciembre del 2018) y se sustentó en un evento extremo que el día: 01/30/2011 a las 3:00 pm. se presentó cerca a la salida de la microcuenca, el evento produjo: inundación de lodo y piedras, colapso de 3 viviendas y la sepultura de sus enseres (SNIRH – ANA).

En este contexto se formuló el problema de investigación siguiente: **¿Conociendo los elementos que permiten la determinación de la erosión de los suelos en la microcuenca: Inpan – Yacunac se podrá determinar la pérdida de suelos?**

El estudio se justificó porque se logró determinar, el cálculo de la pérdida de suelos en la microcuenca: Inpan – Yacunac, logra identificar las probables áreas de conservación productivas en la microcuenca, a la par que propone la aplicación de parámetros para la determinación del método de cálculo, empleando la fórmula del RUSLE (Revised Universal Soil Equation).

El trabajo de investigación se torna importante porque permitirá contar con información actualizada para ser utilizada por quienes tienen la responsabilidad de elaborar planes de conservación de suelos en las áreas territoriales de la microcuenca, puesto que la erosión de los suelos es un fenómeno que modifica las condiciones del suelo en el área territorial de la microcuenca.

La parte operacional del estudio se ha efectuado bajo la perspectiva de la hipótesis de trabajo siguiente: “Se podrá determinar la pérdida de suelos por acción hídrica en la microcuenca Inpan – Yacunac, conociendo los elementos que permiten la determinación de la pérdida de suelos.

1.2.- Objetivo General

Determinar la pérdida de suelos por acción hídrica en la microcuenca: Inpan-Yacunac, sub-cuenca Quilcay, periodo: 2 005 – 2 015.

1.3.- Objetivos específicos

- Determinar el factor de agresividad de precipitación (R) para el área de estudio (factor R)
- Calcular el factor de erodabilidad del suelo (K) en el área de estudio, (factor K).

- Calcular el factor topográfico (factor LS) del área de estudio procesando imágenes DEM de 12.5m. de resolución espacial.
- Calcular el factor de cobertura y manejo (factor C) en el área de estudio, usando imágenes satelitales del Lansat 8 Operational Imager y Thermal Infrared Sensor, para los años: 2005, 2010 y 2015.

CAPITULO: II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Internacionales

La pérdida de suelos es un tema que ha venido y viene siendo tratado bajo diversas condiciones y circunstancias, Benzer (2 010), realizó una investigación (Using the Geographical Information System and Remote Sensing Techniques for Soil Erosion Assessment) con el objetivo de establecer un método de sistema de información geográfica para validar la erosión del suelo basado en la fórmula universal de pérdida de suelos (USLE), para tal tarea, considero como área de estudio la zona de nombre: Goynuk con 1 437 Km², de área, localizado al sudeste de Bolu- Turquía.

El estudio incluyó los factores presentes en: USLE (Universal Soil Loss Equation); es decir la presencia de: lluvia erosiva (factor R), erodibilidad del suelo (factor K), pendiente y la longitud de la pendiente (factor LS), cobertura vegetal (factor C) y prácticas de conservación (factor P).

Para cuantificar la lluvia erosiva, asumió el valor de: 50 para el factor R (valor determinado por Dogan en 1999) citado por (Benzer 2 010, p. 884), el mapa de uso de suelos del área de estudio fue generado a partir de las imágenes del satélite Landsat TM 2 000, el mismo que fue empleado para generar el valor del factor K, el modelo de elevación digital (DEM) fue generado a partir de las curvas de nivel del área de estudio, DEM que fue empleado para generar el valor del factor LS, los valores de la cobertura vegetal fueron extraídas de la lectura efectuada por el Landsat TM imagery, las que fueron empleadas para

determinar el factor C y las prácticas de conservación de los suelos: factor P, al cual se asignó un valor constante de 1. Con los parámetros cuantificados para el área de estudio, se hizo uso de la fórmula de USLE (Universal Soil Loss Equation) y se obtuvo áreas cuyos valores de pérdida de suelo se ubicó por debajo de 3 t/ha/año (77%), el 18% del área de estudio experimentó la pérdida de suelos mayor que 10 t/ha/año y alrededor del 5% del área de estudio se ubicó en la categoría de erosión de suelos moderado (Según la clasificación realizada por Wijesekera 2001) La cuantificación del USLE fue expresado a través del uso del sistema de información geográfica (SIG: ArcGIS 10.2) y los datos de los sensores remotos empleados para mejorar la modelación espacial requerido para la expresión de la erosión de los suelos.

Copacean y Oncia (2015), desarrollaron una investigación (Estimate Soil Loss Through Surface Using Geographical Information Systems and Satellite Images) que hace referencia al empleo de la fórmula: USLE (Universal Soil Loss Equation), contrastado con Benzer, los parámetros de cálculo presentan nueva connotación de entendimiento, pero en el contexto de empleo hacen uso de los mismo u parecidos parámetros, se hace uso del: factor coeficiente de agresividad de lluvia (R), el factor de erodibilidad del suelo (K), el factor topográfico (LS), el factor que expresa la influencia cultural sobre la cantidad de suelo erosionado (C) y el factor que expresa la influencia de medidas antierosivas (P).

El objetivo de la investigación fue: calcular la pérdida promedio anual de suelos en la unidad administrativa territorial (ATU) Traian Vuia - Rumania. Para hallar el valor del factor R: usaron la fórmula: índice modificado de Fornier ,Arnoldus (1980), citado por (Zisu I 2014), citado por (Copacean y Oncia, 2015,p. 48), el factor K, fue determinado del mapa de tipos y subtipos de suelos, Oncia, Silvica et al (2013), citado por (Copacean y Oncia, 2015, p. 49), el factor LS fue calculado en base a un DEM con 30 m. de resolución espacial,

usando el algoritmo propuesto por Pelton J. et al (2 012), el factor C, fue obtenido a partir de las imágenes satelitales del Landsat TM usando NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), el factor P, fue asumido con un valor constante de 1 (indica ausencia de prácticas antierosivas).

La operacionalización de los parámetros considerados arrojó resultados entre el rango promedio de: 0 - 72.46 t/ha/año de erosión de suelos, el valor de pérdida de suelo ha ido variando de acuerdo a la mayor o menor presencia de cobertura vegetal, además de las altitudes y las pendientes pronunciadas.

Veena, Suswara y Sinha (2 016) en “Estimating Soil Loss from a Watershed in Western Deccan, India, Using Revised Universal Soil Loss Equation” al estimar la pérdida de suelos dentro de la cuenca semiárida (Deccan) en la India, emplearon la fórmula RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation).

La fórmula de RUSLE utiliza los factores: R, expresa la erosión potencial causada por tormentas, K es el factor de erodibilidad del suelo, LS es el factor de longitud pendiente - gradiente, C es el factor de cultivo y P, el factor de práctica de conservación de suelos. Para determinar el valor de R, utilizaron datos de precipitación correspondiente a 50 años (años: 1 955 - 2 005), hicieron uso de la fórmula: $R = P * 0.50$, donde P: es la precipitación promedio anual en mm, para hallar el factor K usó el nomograma propuesto por Wischmeier et al. (1 971), basado en el tamaño, estructura y permeabilidad de las partículas de suelo, para hallar el valor del factor: C, utilizó la clasificación de uso de suelo/cobertura a partir del satélite: IRS LISS III imagery usando ERDAS IMAGINE 9.2. Finalmente, para hallar el valor del parámetro: P, asignaron valores entre 0 - 1 considerados en la tabla de: “factores de prácticas de conservación” de Weichmeier – Smith (1 978).

El estudio concluye que los factores: C (de cultivo) y P (de prácticas de conservación de suelos) fueron determinantes para calcular la pérdida de suelos en el área de estudio, la pérdida de suelo se estimó en $0.562 \text{ Kg/m}^2 / \text{año}$.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Córdova Yoel (2 015) realizó el estudio (Estimación de la tasa de erosión hídrica en la Microcuenca de la quebrada Chaye Grande de la Subcuenca del río Yapatera) en la microcuenca de la quebrada Chaye Grande que pertenece a la subcuenca del río Yapatera, ubicada en el distrito de Frías, provincia de Ayabaca, región Piura, del cual obtuvo la información necesaria para la aplicación de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE), la hipótesis se centró en considerar a las precipitaciones como el agente principal de erosión superficial. Las mismas condiciones de erosividad de las lluvias pueden producir erosiones diferentes según las siguientes características del suelo: textura, estructura, contenido de materia orgánica y permeabilidad. De la misma forma el suelo expuesto a la lluvia sufre variaciones en la intensidad de erosión de acuerdo a la ubicación alta, media o baja de una ladera y según sea la pendiente de dicha ladera (relieve), Así mismo la erosión resultante varía según el tipo de vegetación inmersa al suelo, las prácticas de cultivos o de aprovechamiento de dicha vegetación protege al suelo respecto a la pendiente de la ladera. La metodología implementada fue un Sistema de Información Geográfica usando base de datos alfanuméricas y espaciales con los siguientes indicadores: agresividad de la lluvia, erodabilidad del suelo, mapa de pendientes, cobertura vegetal, con el fin de lograr una espacialidad de la microcuenca con respecto a la erosión hídrica en t/ha/año. Los resultados de la investigación indicaron que existe un 97.5% del área de la microcuenca que posee erosión nula a leve (0 – 10 t/ha/año) y el 2.5% de la superficie está clasificada con erosión moderada (10 – 50 t/ha/año) de acuerdo a la clasificación de erosión FAO, el índice de erodibilidad del suelo de la microcuenca de la quebrada Chaya Grande varia de 0.05 - 0.11

T-h/MJ-mm, la aplicación de sistemas de información geográfica permitió obtener una visión integral sobre el proceso de erosión hídrica en la zona de estudio además la eliminación de cobertura vegetal vulnera la estabilidad de suelos ante la erosión hídrica.

2.1.3. Antecedentes locales

Colque (2 015) desarrolló el estudio: Categorización de la erosión hídrica en la microcuenca de Ranrahirca, aplicando la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE), Yungay –Ancash- 2014. en la microcuenca de Ranrahirca, ubicado en la provincia de Yungay, región Ancash. El objetivo del estudio era categorizar la erosión hídrica, para lo cual usó la fórmula USLE y la aplicación de un sistema de información geográfica (GIS) que permitió obtener tablas alfanuméricas y cartografía temática. Finalmente clasificó la erosión hídrica de la microcuenca Ranrahirca en cuatro rangos y obtuvo que 73.82% del área de la microcuenca posee una categoría de ninguno a ligera ($< 10 \text{ Ton/ha}\cdot\text{año}$), 8.25% del área posee la categoría moderada ($10 -50 \text{ t/ha}\cdot\text{año}$), 9.69% del área posee la categoría alta ($50 - 200 \text{ Ton/ha}\cdot\text{año}$) y 8.24% del área posee la categoría muy alta ($> 200 \text{ Ton/ha}\cdot\text{año}$).

Antúnez (2 016) efectuó el estudio: Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos para determinar el grado de erosión en la subcuenca del río Marcará – Carhuaz 1975 – 2000. en la subcuenca del río Marcará, ubicado en la provincia de Carhuaz, región Ancash. El objetivo de la investigación fue aplicar la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos (USLE) utilizando los softwares ArcGIS 10.1 y ENVI 5.1 para predecir el grado de erosión Hídrica en la subcuenca del río Marcará. Para ello usó datos de precipitación promedio anual de cuatro estaciones pluviométricas, información de suelos, modelo de elevación digital del terreno y cobertura vegetal de la zona de estudio. Obteniendo como resultado que 7% del área de la subcuenca posee la categoría de ninguno a ligera, 11.3% del área posee la categoría de moderada, 13.1% del área posee la categoría alta, y 68.6% del área posee la categoría muy alta de erosión hídrica.

2.2. – Marco teórico.

2.2.1.- Fórmula de RUSLE.

Segun el departamento de agricultura americano “The USLE is an erosion model designed to predict the longtime average soil losses in runoff from specific field areas in specified cropping and management systems. Widespread field use has substantiated its usefulness and validity for this purpose. It is also applicable for such nonagricultural conditions as contruction sites.” (United States Department of Agriculture 1978, p. 3).

El USLE es un modelo de erosión diseñado con el cual se inició los cálculos de las pérdidas de suelos, predicción mejorada con la aplicación de la formula RUSLE para las pérdidas promedio de suelo a largo plazo en la escorrentía de áreas de campo específicas en sistemas específicos de cultivo y manejo. El uso generalizado en el campo ha demostrado su utilidad y validez para este propósito. También es aplicable para condiciones no agrícolas como sitios de construcción.

Lal y Soil and Water Conservation Society (1 994) sostienen que, en 1 985, en los Estados Unidos, en un encuentro del departamento de Agricultura (USDA) y otros investigadores sobre la erosión se decidió que la ecuación USLE (Universal Soil Loss Equation) debía ser revisado para incorporar investigaciones adicionales y desarrollos tecnológicos que se habían realizado después de la publicación del manual USLE (USLE handbook) de 1 978. La revisión de los trabajos fue iniciado a finales de 1 987 los resultados fueron sistematizados en un nuevo manual (Handbook) tecnológico llamado: RUSLE, o USLE revisado.

United States Surface Transportation Board, (2 006) indica que la RUSLE (Revised Universal Soil Loss Equation) predice durante un largo periodo la tasa promedio anual de erosión basado en parámetros que incluyen: lluvia, tipo de suelo y topografía. La ecuación

desarrollada para ser usado en sistemas de cultivos y manejo seleccionados. Pero también se aplican a condiciones no agrícolas.

United States Department of the interior et al. (2 006), indica que la ecuación revisada de pérdida universal de suelos (RUSLE) retiene la estructura básica de la ecuación USLE.

La ecuación RUSLE (Revised Universal Soil Equation) considera 5 factores para calcular la pérdida de suelos; los factores son: R; K, LS, C, P expresados en la fórmula:

$$A = R * K * LS * C * P \dots\dots\dots (1)$$

Donde:

- A:** Es la pérdida promedio anual de suelos (t/ha/año)
- R:** Factor de agresividad de precipitación (MJ .mm/h.ha/año)
- K:** El factor de erodibilidad del suelo (t.h.ha /MJ.mm.ha)
- LS:** Factor topográfico (adimensional)
- C:** Factor de cobertura y manejo (adimensional)
- P:** Factor de prácticas de conservación de suelos (adimensional)

Morgan (2 005) hace la clasificación basado en el riesgo de erosion y valores de RUSLE:

Tabla 1. Clases de riesgo de erosión de suelos y valores RUSLE

Clase	Perdida de suelo t/ha/año
Muy Suave	0 - 2
Suave	2 - 5
Moderado	5 - 10
Alto	10 - 50
Severo	50 - 100
Muy Severo	100 - 500
Catastrófico	Más de 500

Fuente: Adaptado de "Soil Erosion and Conservation" por R.P.C. Morgan, 2 005, Blackwell publishing Ltd, p. 88.

2.2.1.1. Coeficiente de agresividad de precipitación (Factor R)

United States Surface Transportation Board (2 006) plantea que el factor R en la ecuación de pérdida de suelos representa a la precipitación. El valor de R es calculado por la suma de la energía de la precipitación y la intensidad máxima de 30 minutos de duración de una tormenta. La precipitación de mayor intensidad y duración tiene mayor potencial de erosión.

Lal y Soil and Water Conservation Society (1 994) indican que la lluvia erosiva en términos de RUSLE (Universal Soil Loss Equation) es calculada como el producto de la energía cinética de una tormenta por una lluvia de duración máxima de 30 minutos sumados para todas las tormentas ocurridas en un año.

Kalambukattu y Kumar (2 017) para calcular el factor R, emplean la fórmula:

$$R = 81.5 + 0.375 * A \quad (340 \leq A \leq 3500 \text{ mm}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

Donde:

R: factor de erosividad de lluvia (MJ.mm/ha.h.año).

A: Precipitación promedio anual (mm).

De acuerdo al curso dictado por Mannaerts (1 999) los factores de la erosión, clasifica los rangos típicos del factor R anual, tal como se muestra en la tabla siguiente:

Tabla 2. Rangos típicos del factor R

Clase	R (MJ.mm/ha.h.año)
Muy baja	< 500
Baja	500-1000
Mediana	1000-3000
Alta	3000-6000
Muy Alta	> 6000

Fuente: “Factores de erosión” por Mannaerts, C, 1999, Curso de postgrado en levantamiento de recursos hídricos. Cochabamba, Bolivia.

2.2.1.2. Factor de erodibilidad del suelo (factor K).

United States Surface Transportation Board (2 006) sostiene que el parámetro K, representa la erodibilidad del suelo, y puede alcanzar rangos de 0.05 a 0.65 mm de ϕ para arena fina, siendo esta última más erosionable.

Lal y Soil and Water Conservation Society (1 994) plantean que el parámetro: K es una medida de erodibilidad inherente de un suelo bajo condiciones estándar en la gráfica del nomograma.

United States Department of Agriculture, (1 978) indican que el significado del término “erodibilidad del suelo” es diferente al término “erosión del suelo”. La tasa de erosión de suelo A, en la ecuación de pérdida de suelos, es influenciado mayormente por la pendiente, las características de lluvia - tormenta, cobertura y prácticas de conservación, que las propiedades de suelo (textura, estructura). Sin embargo, algunos suelos se erosionan más fácilmente que otros, incluso cuando todos los otros factores se mantienen constantes. Esta diferencia causada por las propiedades del suelo en sí, es denominada como erodibilidad del suelo.

Blanco y Lal, (2 010) afirman que la erodibilidad del suelo se refiere a la susceptibilidad del suelo a la erosión. Además, es afectado por las propiedades inherentes del suelo.

United States Department of Interior et al. (2006) confirma que el factor K (erodibilidad del suelo) es una medida intrínseca de la susceptibilidad de un suelo a la erosión.

En la siguiente tabla se muestra la clasificación de las clases de erodibilidad del suelo:

Tabla 3. Clasificación de las clases de erodibilidad con diferentes rangos del factor K

Grupo	K-Factor	Naturaleza del suelo	Clase de erodibilidad
I	0.0 – 0.10	Permeable suelo bien drenado teniendo subestrato rocoso	Bajo
II	0.11 – 0.17	Suelo bien drenado en arena graduada libre de material	Moderado
III	0.18 – 0.28	Suelo maltratado, moderadamente fino y texturizado.	Alto
IV	> 0.28	Limo mal clasificado o suelo muy arenoso, bien y moderadamente drena el suelo	Muy alto

Fuente. Adaptado de “A Review of Soil Erodibility Case Study of Ugboju Settlement of Oturkpo Local Government Area of Benue State Nigeria” por S. Abata, M. Tiza, B. Iorwua, y S. Olu, 2016, EPRA International Journal of Multidisciplinary Research.

2.2.1.2.1.- Métodos de determinación del factor de erodibilidad del suelo.

A.- Solución Matemática del Nomograma de estimación de erodibilidad del suelo

EL nomograma es sólo aplicable para suelos que tienen hasta un límite del 70% en la suma de los porcentajes de limo y arena muy fina, ($\% \text{ silt} + \% \text{ vfs} \leq 70\%$).

Matemáticamente se puede hallar el valor de K en unidades métricas mediante la siguiente fórmula:

$$K = \left[\frac{2.1 * M^{1.14} * (10^{-4}) * (12 - a) + 3.25 * (b - 2) + 2.5 * (c - 3)}{1000} \right] * 1.313 \dots (3)$$

Donde:

K: Factor de erodibilidad del suelo (t.h.ha /MJ.mm.ha)

M: Parámetro tamaño-partícula

a: Porcentaje de materia orgánica

b: El código suelo-estructura usado en la clasificación del suelo (ver Tabla 4.)

c: La clasificación del perfil de permeabilidad del suelo (ver Tabla 5.)

Tabla 4. Código USLE para la estructura del suelo

Clase de estructura del suelo	Medida	Código USLE
Very fine granular (granular muy fino)	<1 mm. (ϕ)	1
Fine granular (granular fino)	1-2 mm. (ϕ)	2
Medium - coarse granular (granular medio-granular grueso)	2-10 mm. (ϕ)	3
Blocky, platy or massive (bloque delgado o masivo)	> 10 mm. (ϕ)	4

Fuente: Bureau of Plant Industry, soils, and Agriculture Engineering 1 951,p. 228.

Figura 1. Estructura del Suelo mediante gráficos

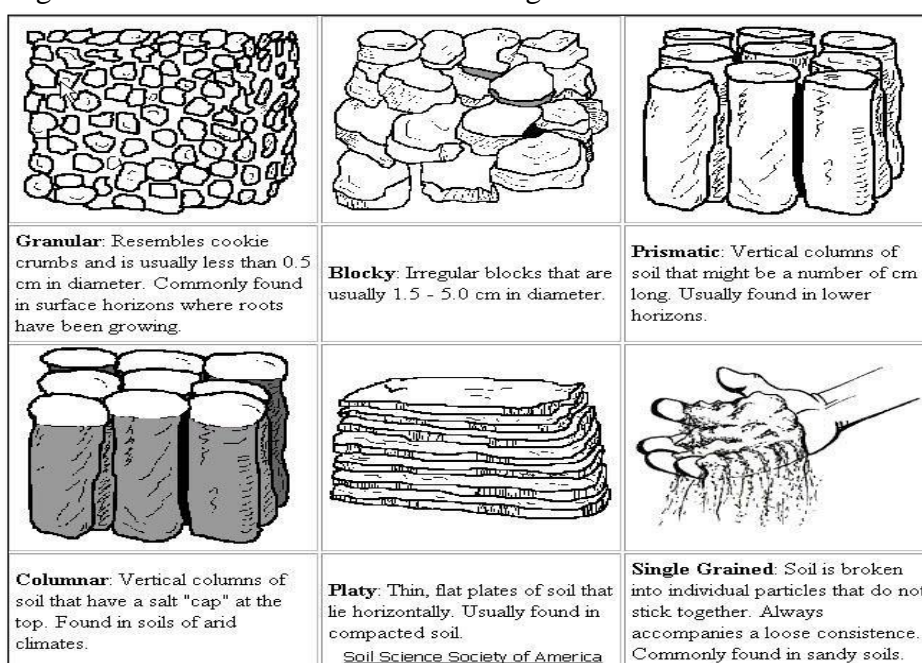


Figura 1. Muestra las diferentes estructuras del suelo adaptado de Quora (2 017)

Tabla 5. Clasificación del perfil de permeabilidad

Clase	Descripción	velocidad
1	Rapid (Rápido)	> 130 mm/h
2	Moderate to rapid (Moderado a rápido)	60 – 130 mm/h
3	Moderate (Moderado)	20 – 60 mm/h
4	Slow to moderate (lento a moderado)	5 – 20 mm/h
5	Slow (Lento)	1 – 5 mm/h
6	Very slow (muy lento)	< 1 mm/h

Nota. Fuente: Mckenzie, Coughlan y Cresswell 2 002, p. 364.

$$\boxed{M = (\% \text{ Silt} + \% \text{ vfs}) * (100 - \% \text{ c})} \dots\dots\dots (4)$$

Donde:

M: Parámetro del tamaño - partícula

% Silt: Porcentaje de limo

% vfs: Porcentaje de arena muy fina

% c: Porcentaje de arcilla

B.- Solución gráfica del nomograma de estimación de erodibilidad del suelo

El nomograma es un cuadro para hallar gráficamente los valores de K, toma en consideración el porcentaje de materia orgánica, el porcentaje de arena y la suma de: los porcentajes de limo (% Silt) y porcentaje arena muy fina (% vfs). Además, considera una clasificación del suelo y del perfil de permeabilidad. Con los datos apropiados, entrar en la parte izquierda de la escala y proceder con los puntos que representan el % de arena (% sand), % de materia orgánica (% OM), estructura (structure) y permeabilidad en esa secuencia. Las líneas discontinuas ilustran el proceso para un suelo que tiene: (% Silt + % vfs) = 65 %, sand = 65 %, OM = 2.80 %, estructura 2 y permeabilidad 4. Dando como resultado un valor de $K = 0.04$ (t.h.ha /MJ.mm.ha).

Figura 2. Nomograma del Factor (K) de erodibilidad del suelo en unidades del Sistema internacional

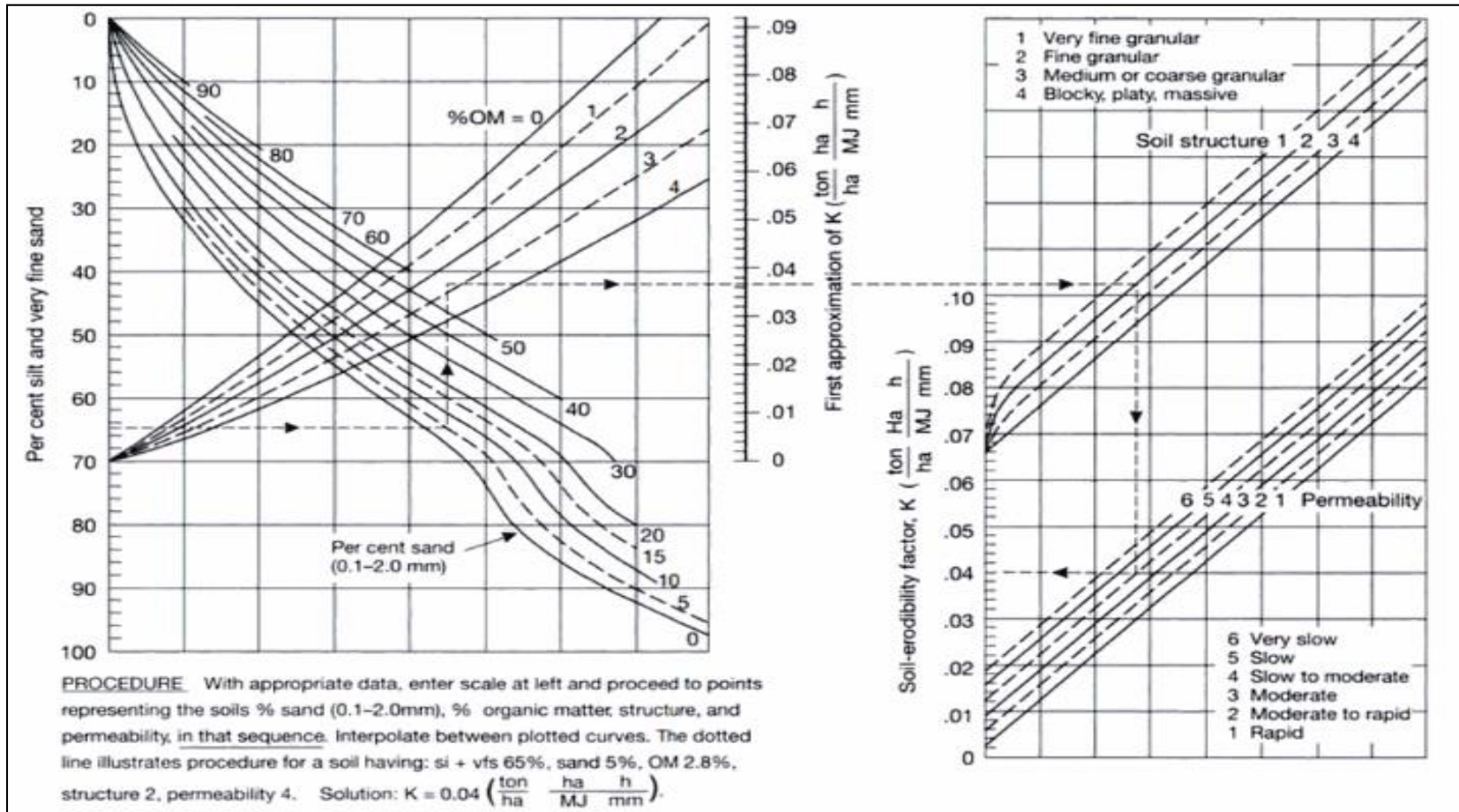


Figura 2. Procedimiento: con los datos apropiados, entrar a la escala de la izquierda y proceder a apuntar las representaciones de % arena (Sand 0.1 a 2mm), % materia orgánica (MO), estructura (Structure) y permeabilidad (Permeability), en esa secuencia. Interpolarse entre las curvas dibujadas. La línea discontinua ilustra el procedimiento para los suelos teniendo: Silt (limo) +Vfs (arena muy fina) = 65%, Sand (arena) = 5%, OM (Materia orgánica) = 2.8 %, structure (Estructura) = 2 y Permability (Permeabilidad) = 4, Adaptado de “Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation” por M. Mckenziec, K. Coughland, y H. Cresswell, 2002, p. 362.

2.2.1.2.2.- Métodos de determinación del factor de erodibilidad del suelo para porcentaje de arena + porcentaje de limo < 70 por ciento y porcentaje de arena + porcentaje de limo >70 por ciento

Auerswald et al. (2 014) plantea las siguientes fórmulas:

- Para limo (silt) + arena (very fine sand) < 70 por ciento

$$K_1 = 2.77 * 10^{-6} * M^{1.14} \dots\dots\dots (5)$$

- Para limo (silt) + arena (very fine sand) > 70 por ciento

$$K_1 = 1.75 * 10^{-6} * M^{1.14} + 0.0024 * (\% \text{silt} + \% \text{very fine sand}) + 0.16 \dots (6)$$

- Para materia orgánica (organic matter) < 4 por ciento

$$K_2 = 100 - \text{clay} \dots\dots\dots (7)$$

- Para materia orgánica (organic matter) > 4 por ciento

$$K_2 = 0.8 \dots\dots\dots (8)$$

- Para $K_1 * K_2 > 0.2$

$$K_3 = 2.77 * 10^{-6} * M^{1.14} * (12 - a) + 0.043 * (b - 2) + 0.033 * (c - 3) \dots\dots\dots (9)$$

- Para $K_1 * K_2 < 0.2$

$$K_3 = 0.091 - 0.34 * K_1 * K_2 + 1.79 * (K_1 * K_2)^2 + 0.24 * K_1 * K_2 * b + 0.033 * (c - 3) \dots (10)$$

- Para fragmento de roca (rock fragment) < 1.5 por ciento

El factor de erodibilidad del suelo

$$K = K_3 \dots\dots\dots (11)$$

- Para fragmento de roca (rock fragment) > 1.5 por ciento

El factor de erodibilidad del suelo

$$K = K_3 * \left[1.1 - (e^{-0.024 * F_{rk}} - 0.06) \right] \dots\dots\dots (12)$$

Donde:

F_{rk} : Fragmento de roca en porcentaje

Para hallar K en unidades de t.ha.h/MJ.ha.mm, dividir el valor de K hallado en las fórmulas anteriores entre 10.

2.2.1.3. Factor Topográfico (factor LS)

Para United States Surface transportation Board (2006) el factor LS representa la longitud de la pendiente (L) y lo escarpado del terreno (S). Los factores combinados LS en RUSLE representan el cociente de la pérdida de suelos de una longitud de pendiente y gradiente entre la pérdida de suelos de una pendiente que tiene una longitud de pendiente de 22.1 m. y una gradiente del 9% donde todas las demás condiciones se mantienen constantes.

United States Department of Agriculture (1 978) sostiene que ambos: la longitud y la gradiente del terreno afectan sustancialmente la tasa (cociente) de erosión del suelo causada por el agua. Los dos efectos han sido evaluados separadamente en la investigación y son representados en la ecuación de pérdida de suelos por L y S respectivamente. En aplicaciones de campo sin embargo se considera los dos factores como un solo factor topográfico, es por eso que el uso de las siglas LS es más conveniente.

Lahaoi et al (2015) menciona que Wischmeier y Smith en 1978 desarrollaron la siguiente ecuación empírica:

$$LS = \left(\frac{L}{22.13} \right)^m * (0.065 + 0.045 * S + 0.0065 * S^2) \dots\dots\dots (13)$$

Donde:

L: Es la longitud de pendiente en metros.

S: Es el ángulo de pendiente en porcentaje.

m: Es una constante dependiente del valor del gradiente pendiente: 0.5 si el ángulo de pendiente es mayor que 5%, 0.4 en pendientes de 3% a 5%, 0.3 en pendientes de 1 a 3% y 0.2 en pendientes menores que 1%.

Para implementar el factor LS en ArcGIS, Bizuwerk et al (2008) usaron la siguiente fórmula:

$$LS = \left(\frac{\text{Flow accumulation} * \text{Cell size}}{22.13} \right)^m * (0.065 + 0.045 * S + 0.0065 * S^2) \dots\dots\dots (14)$$

Donde:

Flow accumulation: Acumulación de flujo

S: raster de pendiente en porcentaje (%)

m: Es una constante dependiente del valor del gradiente pendiente

Los valores de m varían de 0.2 – 0.5 dependiendo de la pendiente mostrada en la siguiente tabla:

Tabla 6. Valores de m

Valor de m	Pendiente % (Slope%)
0.5	> 5
0.4	3 – 5
0.3	1 – 3
0.2	< 1

Nota. Adaptado de “Application of Gis for Modeling Soil Loss Rate in Awash River Basin, Ethiopia” por Bizuwerk, A., Taddese, G., y Getahun, Y., 2008, p. 5.

2.2.1.4. La cobertura y factor de manejo (factor C)

United States Surface transportation Board (2 006) sostiene que el factor C representa un cociente entre la tasa de erosión de las condiciones actuales a la tasa de erosión de un suelo sin cobertura vegetal. El factor C es también dependiente de periodo de lluvia.

Lal y Soil and Water Conservation Society (1994) indican que el factor C es quizá el más importante factor de USLE/RUSLE porque representa condiciones que más fácilmente pueden ser manejados para reducir la erosión.

United States Department of Agriculture (1978) afirma q el factor C en la ecuación de pérdida de suelos, es la tasa de: pérdida de suelos de un terreno cultivado bajo condiciones específicas entre la pérdida de suelos de cultivo-limpio de continuo barbecho. Este factor mide todos los efectos de las variables combinadas: cobertura y manejo. La pérdida de suelos que ocurrirá en un campo en particular si estaría continuamente en la condición de barbecho es calculado por el producto de $R \cdot K \cdot LS$ en la ecuación de pérdida de suelos.

El rango de valor de C se encuentra entre 0-1 donde 0 es el valor que indica un área de terreno completamente lleno de cobertura vegetal y 1 es el valor para zonas donde no existe cobertura vegetal.

2.2.1.4.1. Fórmula de Van der Knijff et al.

En 1999 Van der Knijff et al. Agregaron 10 imágenes NDVI diarias compuestas dentro de imágenes promedio mensuales, y usaron estos para hacer estimaciones mensuales de C para toda Italia.

Figura 3. Relación entre NDVI y USLE-C

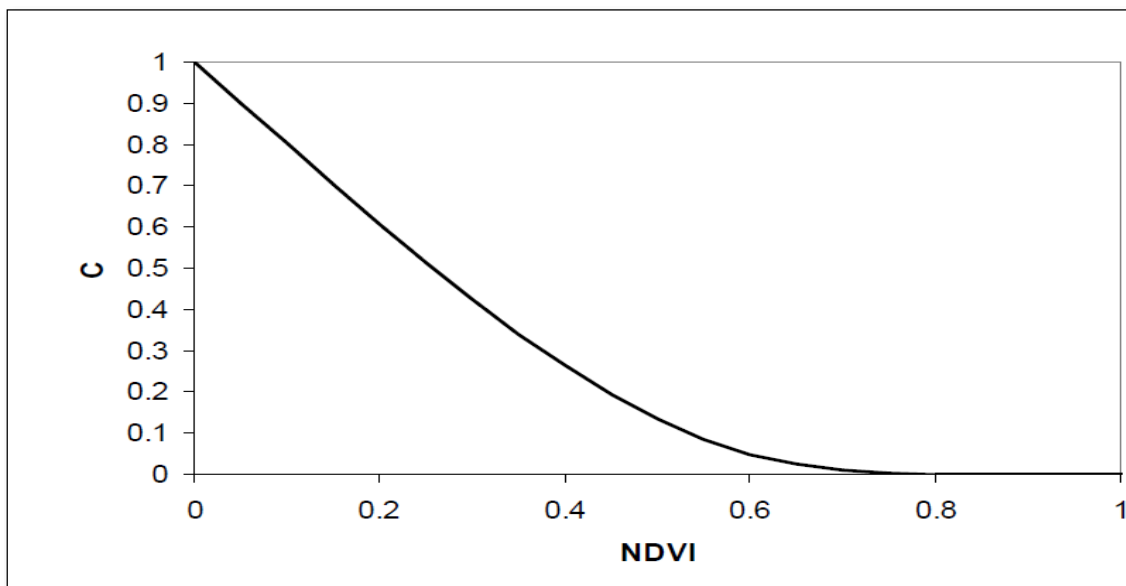


Figura 3. Relación entre NDVI y USLE-C usando la fórmula de escala exponencial adaptado de “Soil Erosion Risk Assessment in Europe” por Van der Knijff et. al (2000), EUR 19044 EN, EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL JRC JOINT RESEARCH CENTRE Space Application Institute European Soil Bureau.pag.18.

$$C = \exp \left[-\alpha * \frac{NDVI}{(\beta - NDVI)} \right] \dots\dots\dots(15)$$

Donde:

C: Valor del factor C (adimensional)

NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada

α , β : Parámetros que determinan la forma de la curva NDVI - C

$\alpha = 2$, $\beta = 1$

2.2.1.5. Factor de prácticas de conservación de suelos (factor P)

Para United States Surface transportation board (2 006) la variable P es el factor de prácticas de conservación de suelos, que toma en cuenta los efectos de las condiciones de la superficie, como contorno boscoso y terreno no boscoso.

Lal y Soil and Water Conservation Society (1994) sostiene que el factor P representa principalmente, como las condiciones de superficie afectan el recorrido del flujo hidráulico.

United States Department of Agriculture (1978) indica que por definición, el factor P en el USLE es la tasa de pérdida de suelo con una práctica de conservación de suelos específico para la correspondiente pérdida de suelos, causadas por pendientes positivas y negativas.

Los valores de P están en un rango de 0 a 1 donde el valor de 0 indica una zona con práctica de conservación de suelos y un valor de 1 indica zonas con ninguna práctica de conservación de suelos.

2.2.2. Imágenes

2.2.2.1. Imágenes Ráster

“En formato ráster se pueden representar objetos espaciales cubriendo todo el espacio con una matriz de celdas y asignando valores concretos a las celdas que cubren el objeto. Este tipo

de formato tiene menos precisión que el formato vectorial, ya que se ve limitado por el tamaño de las celdas, pero es ideal para ciertos tipos de análisis y cierto tipo de información. Entendemos como datos raster tanto imágenes georreferenciadas como la información almacenada en parrillas como las coberturas. Dependiendo de la herramienta SIG que se utilice, puede dar más peso a un tipo o al otro” (Pérez, 2011, p.189).

En general hablaremos de formatos de datos ráster como generalización a cualquier tipo de datos que se distribuyen en el espacio bidimensional de forma matricial o en cuadrícula. Por ejemplo, imágenes aéreas, planos digitalizados, imágenes de teledetección, datos de teledetección en general, modelos digitales del terreno. Cada uno de los tipos de datos mencionados tendrá sus características particulares, En los que cada píxel o nodo de la malla ráster tendrá un valor correspondiente a la variable estudiada en cada caso: altitud, color, frecuencia, longitud de onda. El fichero de la imagen raster contendrá estos valores para cada nodo, y utilizando el software adecuado se pueden tratar dichos datos. El otro aspecto del software es la capacidad para convertir dichos datos en una imagen que pueda ser visualizada en el ordenador y ser grabada en un formato de imagen digital. En el caso de datos ráster particulares de una aplicación, el rango de valores que puede corresponder a cada nodo es muy amplio (números reales, enteros, complejos) por lo que no existen demasiadas formas de almacenar dichos datos. Sólo existen un par de métodos estándar para ello (RAW, ASCII, LZW) y otros métodos que dependen de la aplicación de software que los interprete (ENVI, ERDAS, PCI, ARCINFO). Por otro lado, en las imágenes ráster (imágenes para ser visualizadas en el ordenador) el rango de valores para cada nodo se encuentra generalmente entre 0 y 255 (1 byte) lo que ha permitido el desarrollo de gran cantidad de formatos de imagen, desde los formatos sin compresión (RAW, ASCII) a formatos con métodos de compresión con el fin de ahorrar

espacio de almacenamiento y formatos particulares de cada aplicación. (Sánchez, 2009, p. 1 - 21:1 - 22).

2.2.2.2. Imágenes DEM

Kamel (2 007) plantea que DEM es otro Sistema de datos de teledetección, actualmente disponible, con casi una cobertura global. Derivado de los datos adquiridos por la transbordador espacial durante la misión topográfica nave radar (SRTM), llevado a cabo en febrero del 2000. Cubre el 80% de la masa de tierra, con una resolución de 3 arcos-segundos (90 metros en el ecuador), una precisión vertical y horizontal, con 90 % de confianza, de 7 y 10 metros respectivamente. Y está disponible gratuitamente para ser descargado desde el internet.

2.2.2.3. Imágenes NDVI (Índice de vegetación de diferencia normalizada)

Bruzzone y Smits (2004) indica que los aspectos temporales de fenómenos naturales son importantes para la interpretación de imágenes, porque estos factores como el crecimiento vegetal y la actividad vegetal varían durante el año. Basado en esta última suposición, los beneficios de usar imágenes satelitales multi- estacionales para la cobertura del suelo, especialmente para el mapeo de cultivos, campos, cuencas, bosques y vegetación en general es ampliamente reconocido. En particular los datos multi-estacional de imágenes NDVI, fueron usados por varios autores para incrementar la clasificación vegetal basado en la fenología de los diferentes tipos de vegetación. The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Es uno de los índices de vegetación más comunes y usados, a menudo es aplicado para la evaluación de las condiciones de vegetación y el monitoreo temporal de los cambios asociados con la vegetación y tierras agrícolas. Usando una serie de NDVI imágenes bien distribuidas durante el año, es posible mejorar la clasificación de los diferentes tipos de vegetación.

Muchos satélites que poseen sensores ópticos tiene las bandas visible y cercana a la infrarroja (near-infrared) que son las bandas 3 y 4 del Landsat-7/ETM+ o las bandas 1 y 2 de NOAA/AVHRR. Hay una gran absorción (baja reflexión) por la clorofila en la región visible, mientras gran dispersión (alta reflexión) en la región cercana a la infrarroja (near-infrared). El NDVI usa las propiedades diferenciales de reflexión de las plantas de las regiones visible y near infrared. El NDVI es definido por:

$$\boxed{\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{R})}{(\text{NIR} + \text{R})}} \dots\dots\dots (16)$$

Donde:

NDVI: Índice de vegetación de diferencia normalizada

NIR: es la reflexión de radiación de espectro cercano a la infrarroja (near-infrared)

R: es la reflexión de la radiación del espectro visible

Liong et al. (2004) indican que para R la banda roja es usualmente usada y los valores de NDVI dependen de la actividad vegetal.

Figura 4. Diferencia de valor NDVI calculado

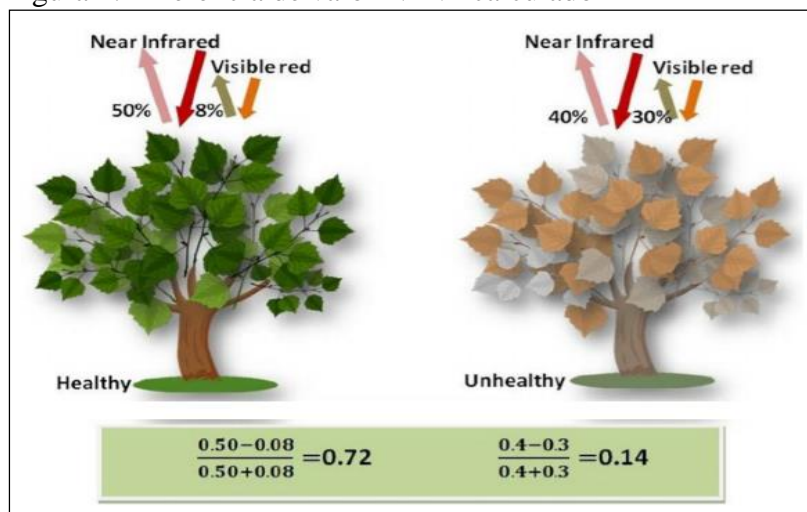


Figura 4. Diferencia del valor NDVI calculado, adaptado de geodronsolutions (2018)

Según Santos (2016) el NDVI:

- Es una aproximación para todas las medidas ambientales.
- Es relativamente barato, comparado con otras medidas
- Es un Algoritmo: $(NIR - R) / (NIR + R)$
- En las plantas saludables absorben mucha más luz roja (red light, R) y reflejan mucha más luz cercana a la infraroja (Near Infrared, NIR)
- Cuando la reflectancia del NIR aumenta, aumenta también el numerador y denominador de la ecuación 10 (Normalización)
- Cuando R se incrementa, el numerador disminuye y el denominador aumenta en la ecuación 10 dando como resultado valores cercanos a cero (0) o uno negativo (-1)
- Cuando la reflectancia de R disminuye, debido a que la planta la absorbe, el numerador y el denominador disminuye a valores cercanos a 1 en la ecuación 10
- Muchos algoritmos como este, ayudan a filtrar objetos cuando lo vemos desde el aire, mayormente es la vegetación que se muestra cuando usamos este algoritmo.
- Retorna valores de -1 a 1, donde valores cercanos a 1 indican una vegetación más productiva.

CAPITULO: III

MATERIALES Y MÉTODOS

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Materiales, métodos, técnica, e instrumentos de recolección de datos.

3.1.1. Área de investigación

Ingeniería agrícola

3.1.2. Población y muestra de estudio

La población comprende todo el Límite de la microcuenca Inpan – Yacunac, donde se obtuvieron imágenes satelitales de los años 2005, 2010 y 2015, y registro de precipitaciones entre los años 1963-2017 de 9 estaciones meteorológicas.

3.1.3. Ubicación del área de estudio. Descripción fisiográfica: Relieve, Medio físico, Zonas de vida (características ecológicas), Recursos hídricos.

- **Ubicación política**

El área de estudio se encuentra ubicado en el Centro poblado de Coyllur, en el distrito de Huaraz, provincia de Huaraz, departamento de Ancash, Perú. Como se observa en el Mapa N°01 (anexo: 4).

- **Ubicación geográfica**

Se encuentra ubicada en coordenadas UTM en el datum WGS84, zona 18 sur, 8961235 – 8977890 metros Norte y 213285 – 215261 metros Este, a una altitud entre los 3 290 m.s.n.m. y 4112 m.s.n.m.

- **Ubicación hidrográfica**

Se encuentra ubicada en la vertiente oriental de la cordillera blanca, microcuenca que es tributario de la subcuenca Quilcay, cuenca de Santa como se muestra en el Mapa N°02 (anexo: 4)

3.1.3.1. Descripción fisiográfica del área de estudio

A. Relieve

Según la clasificación de suelos de la FAO presenta un suelo Lepsol dístico – afloramiento lítico y un paisaje con estribaciones de la vertiente occidental de la cadena montañosa andina con pendientes de 25% a 75% (Geoportal ANA, 2 017)

B. Medio físico

En la capacidad de uso mayor de suelos es una tierra apta para la producción de pastos y forestal, con limitación de clima. Calidad agrológica baja a Calidad agrológica media. La cobertura vegetal presente en la parte baja de la microcuenca, es matorral arbustivo y la parte alta presenta pajonal alto andino (Geoportal ANA, 2 017).

C. Zonas de vida (características ecológicas)

Como se observa en el Mapa N° 03 (anexo: 4), la microcuenca Inpan – Yacunac presenta Bosque húmedo – Montano Tropical (bh - MT) y Páramo muy húmedo –Subalpino Tropical (pmh -SaT):

C.1. Bosque húmedo – Montano Tropical (bh - MT)

i) Clima.

Es el bosque húmedo –Montano Tropical (bh-MT), donde existen 14 estaciones climatológicas y 34 estaciones pluviométricas, la biotemperatura media anual máxima es de 13.1° C (Huariaca, Pasco) y la media anual mínima, de 7.3° C (Laive, Junín). El promedio máximo de precipitación total por año es de 1154 milímetros (Piscobamba, Ancash) y el promedio mínimo, de 498 milímetros (pampas, Huancavelica). Según el diagrama Bioclimático de Holdridge, esta zona de vida tiene un promedio de evaporación potencial total variable entre la mitad (0.5) y una cantidad igual al volumen de precipitación promedio total por año, lo que ubica a estas dos zonas de vida en la provincia de humedad : HÚMEDO (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú), 1994, p. 147)

ii) Relieve y suelos

El relieve es predominantemente empinado ya que conforma el borde o parte superior de las laderas que enmarcan a los valles interandinos, haciéndose un tanto más suave en el límite con las zonas de Páramo que presentan gradientes moderadas por efecto de la acción glacial pasada. Por lo general, aquí dominan suelos relativamente profundos, arcillosos, de reacción ácida, tonos rojizos a pardos y que asimilan al grupo edafogénicos de phaeozems. Asimismo, donde predominan materiales litológicos calcáreos pueden aparecer los Kastozems, de tonalidad rojizas generalmente. En las áreas muy empinadas, aparecen suelos delgados dando paso a los litosoles y algunas formas de rendzinas así como grupos transicionales pertenecientes a los cambisoles (dístrico y eútricos) (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Peru), 1994, p. 148)

iii) Vegetación

La relación natural clímax prácticamente no existe y se reduce a pequeños relictos o bosques residuales homogéneos, como el “chachacomo” (*Escallonia* sp.), “quinual” (*Polylepis* sp.), “ulcumano”, “romerillo” o “intimpa” (*Podocarpus* sp.) o pequeños bosques heterogéneos constituidos por especies de los géneros *Gynoxis*, *Polylepis*, *Berberis*, *Eugenia*, *Senecio*, *Podocarpus*, *Baccharis*, *Oreopanax*, *Solanum*, etc.

Tanto el “quinual” (*Polylepis* sp) como el “sauco” (*Sambucus peruviana*) se encuentran cerca de casas, aparentemente bajo un cuidado riguroso como planta cultivada, El “mutuy” (*Cassia* sp.), arbusto de flores amarillas, es también muy frecuente así como el “tarhui” o “chacho” silvestre (*Lupinus mutabilis*) cerca de los caminos, especie esta gran indicadora de la parte alta de estas formaciones ecológicas. En las partes altas o superiores de esta Zona de Vida, denominadas también Subpáramos o Praderas, se observa la presencia de grandes extensiones de pastos naturales altoandinos, constituidos principalmente por especies de la familia de las Gramíneas como *Stipa*, *Calamagrostis*, *Festuca* y *Poa*, entre las más importantes. Todas las plantas mencionadas pueden ser consideradas como de estas Zonas de Vida (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú), 1994, p. 148)

iv) Uso Actual y Potencial de la Tierra.

Estas Zonas de Vida, a pesar de tener una precipitación no mayor de 800 mm. Anuales y la reducida evapotranspiración debido a las temperaturas bajas, permiten llevar a cabo una agricultura de secano. En este sentido, constituyen una de las Zonas de Vida donde se fija el centro de la agricultura de secano del país. Se cultiva preferentemente plantas

autóctonas de gran valor alimenticio, como la “papa” (*Solanum tuberosum*), “oca” (*Oxalis tuberosa*).

A pesar de que el clima de los niveles inferiores es favorable para el crecimiento de bosques naturales y artificiales (plantado) principalmente, debido a la elevada densidad de población y a la casi completa destrucción de los bosques originales, existe una enorme deficiencia de leña y madera para consumo. La reforestación, como política de conservación, es aconsejable llevarla a cabo en las partes medias e inferiores de estas zonas de vida, empleando para tal efecto el “eucalipto” (*eucaliptus globulus*) y el “pino” (*pinus radiata*), que son especies exóticas aclimatadas y que producen maderas de buena calidad para diversos usos (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú), 1994, p. 148 - 149)

C.2 Páramo muy húmedo –Subalpino Tropical (pmh -SaT)

i) Clima

Donde existen 15 estaciones climatológicas y 23 estaciones pluviométricas, la biotemperatura media anual máxima es de 6° C (Carhuamayo, Junín) y la media anual mínima, de 3.8°C (Hda. Pucará, Junín). El promedio máximo de precipitación total por año es de 1254.8 milímetros (Río pallanga, Junín) y el promedio mínimo, de 584.2 milímetros (Conococha, Ancash).

Según el diagrama de Holdridge, la evapotranspiración potencial total por año para estas dos zonas de vida se ha estimado que varía entre la cuarta parte (0.25) y la mitad (0.5) del promedio de precipitación total por año, lo que las ubica en la provincia de humedad; Perhumedo (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Peru), 1994, p. 175)

ii) Relieve y suelos

La configuración topográfica está definida por áreas bastante extensas, suaves a ligeramente onduladas y colinadas, en las que se incluye la Pampa de Junín y otras mesetas altoandinas, con laderas de moderado a fuerte declive hasta presentar en muchos casos afloramientos rocosos. El escenario edáfico está conformado por suelos relativamente profundos, de textura media, ácidos, generalmente con influencia volcánica (Páramo Andosoles) o sin influencia volcánica (Paramosoles). Donde existe predominio de materiales calcáreos, aparecen los Cambisoles éutricos y Rendzinas. Completan el cuadro edáfico suelos de mal drenaje (Gleysoles), suelos orgánicos (Histosoles), y Litosoles (suelos delgados) (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú), 1994, p. 175 - 176)

iii) Vegetación

El escenario vegetal está constituido por una abundante mezcla de gramíneas y otras hierbas de hábitat perenne. Entre las especies dominantes, se tiene la *Distichlis dolycophylla*, *Festuca orthophylla*, *Calamagrostis antoniana*, *C. intermedia*, *C. vicunarum*, *Stipa brachyphylla*, *S. ichu*, *S. obtusa* y *S. inconspicua*; además de estas especies dominantes, se encuentran otras tales como: “grama salada”, *Distichlis hulilis*, *Bromus* sp, *Trifolium amabile*, “grama dulce”, *Muhlenbergia ligularis*, *M. peruviana*, *Alchemilla pinnata*, *Poa gynantha*, *P. annua*, *Paspalum* sp. , *Bromus lanatus*, *Agrostis breviculmis*, *Luzula racemosa*, *Hypochoeris elata* *H. stenocephala* y *H. imayeniana*. Debido al intenso sobrepastoreo, prolifera la “chaca” o “romero” (*Chuquiragua huamanpinta*), “caqui caqui” (*Adesmia spinosissima*), “garbancillo” (*Astragalus garbancillo*) y “pacco pacco” (*Aciachne pulvinata*) (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú), 1994, p. 176)

Entre las especies forestales más comunes que se observa en forma aislada o formando bosques residuales de árboles pequeños, tenemos el “quinual” (*Polylepis* sp.) el “culli” en Puno y “usuch” en Ancash (*Buddleia* sp.), el “chachacomo” (*Escallonia* sp.) y la “Intimpa”, denominada así en el departamento de Apurimas, a una especie del genero *Podocarpus* que se ubica en las quebradas o en los límites inferiores de esta Zona de Vida. Asimismo, uno de los más admirables gigantes de la vegetación altoandina es la Puya Raimondi a la que Raimondi ha dado el nombre de *Pourretia gigantea*. Esta especie pertenece a la familia de las Bromeliáceas y su altura es alrededor de 10 m.; se distribuye altitudinalmente entre los 3,900 y 4200 m.s.n.m., presentándose sólo en ciertos lugares de esta Zona de Vida en forma de asociaciones casi puras. Los nombres regionales con que se le conoce en Ancash son “cuncush” o “cunco” y en Apurímac “Titanca”. Completan este cuadro vegetativo un conjunto de cactáceas, entre los que destacan aquella de porte almohadillado como la *Opuntia floccosa* cubierta de largos pelos blancos; y la *Opuntia Lagopus*, caracterizada por su vello amarillento. El *Echinocactus* también es típico en esta zona de vida y tiene la forma de esfera y vive aislada en los pajonales (Instituto Nacional de Recursos Naturales (Perú), 1 994, p. 176)

D. Recursos hídricos

La microcuenca Inpan-Yacunac posee un caudal de 0.005 L/S en épocas de estiaje, provenientes de manantiales, esta microcuenca pertenece a la subcuenca Quilcay, cuenca del río Santa.

3.1.4. Campo de interés.

UNESCO lo considera como tema de Conservación de suelos y le asigna el código:2511.06

3.1.5. Métodos empleados en la Investigación

El método empleado fue la observación científica.

3.2 Materiales y/o Equipos

3.2.1. Material cartográfico e hidrológico

- Imagen DEM adquirido de Alaska Satellite Facility de 12.5 m. de resolución espacial.
- Imágenes satelitales de entre los años de 2005-2015 (2005, 2010 y 2015) adquiridos del Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) y Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)
- Registro de precipitaciones de 9 estaciones meteorológicas de entre los años 1963-2017

3.2.2. Software

- ArcGIS 10.2
- Google Earth Pro
- Autocad civil 3D
- Microsoft Office 2016

3.2.3. Materiales de escritorio

- Computador de escritorio
- Plotter a colores
- Útiles de escritorio

3.2.4. Herramientas

- Barreta
- Pala
- Wincha
- GPS Garmin Oregon 750t

3.3 Métodos, técnicas e instrumento de recolección de datos

3.3.1. Tipo de investigación

El estudio es del tipo Descriptivo, No experimental longitudinal.

3.4. Método

3.4.1. Métodos para determinar los objetivos

Se realizó de la siguiente manera:

- Se adquirió información hidrológica existente de estaciones cercanas a la microcuenca Inpan - yacunac.
- Se obtuvo una imagen DEM adquirido de Alaska Satellite Facility de 12.5 m. de resolución espacial.
- Se realizó un trabajo de campo para la obtención de muestras de suelo mediante 14 calicatas distribuidas a lo largo de la microcuenca en estudio.

A. Delimitación del área de estudio.

Se delimitó la microcuenca Inpan – Yacunac haciendo uso de la imagen: DEM, adquirido de Alaska Satellite Facility de 12.5 m. de resolución espacial con el software ArcGIS 10.2 además se trabajó en el Datum UTM WGS 84 como se observa en el Mapa N°04 (anexo 4).

B. Erosividad de la lluvia (Factor R)

Se usó los registros históricos de las estaciones de Huaraz - Unasam, Chavín I, Chavín II, Laguna Otuto, Recuay, Aija, La Merced, Cajamarquilla y Pira, Con cada uno de estos registros se realizó el análisis de salto y tendencia para datos hidrológicos, además de la completación y extensión de datos. Como se observa en los cuadros: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 ,9 (anexo: 1).

Con cada una de las precipitaciones media anual de cada estación meteorológica se aplicó la fórmula: 2

Cuadro 1. Cálculo del Factor R de cada estación meteorológica.

ESTACION METEOROLOGICA	Precipitación media anual (A)	Factor R	WGS84, UTM	
			ESTE (m)	NORTE (m)
HUARAZ -UNASAM	807.47	384.30	222802.0000	8947030.0000
CHAVIN I	914.44	424.42	253042.0800	8939847.8600
CHAVIN II	700.52	344.20	261248.9800	8939601.9200
LAGUNA OTUTO	1420.13	614.05	225667.0000	8928592.0000
RECUAY	745.54	361.08	230782.0000	8923554.0000
AIJA	440.55	246.71	214005.0000	8917655.0000
MERCED	533.22	281.46	205551.1200	8926593.9100
CAJAMARQUILLA	538.07	283.28	199149.0000	8933971.0000
PIRA	834.12	394.30	202852.0000	8939495.0000

Elaboración Propia.

En el software ArcGIS 10.2 se insertó las coordenadas y vinculó el Factor R con las estaciones meteorológicas, luego se realizó una interpolación y de esta manera se genera el factor R para la microcuenca Inpan –Yacunac.

C. Erodibilidad del suelo (Factor K)

Se obtuvo muestras de suelos mediante 14 calicatas en la zona de estudio, tomando en consideración la ubicación en coordenadas UTM en el datum: WGS84 de cada calicata, con la

ayuda de un GPS navegador como se observa en el Mapa N°06 (anexo: 4), posterior a ello se analizó las muestras en el laboratorio de aguas y suelos de la Universidad Nacional Santiago Antúñez de Mayolo, donde se obtuvo los datos presentados en el cuadro: 2.

Luego se verificó que la calicata 14 posee porcentaje de limo + porcentaje de arena ≤ 70 por ciento motivo por el cual se usó la fórmula 4, luego se usó la fórmula 3 obteniendo el factor K para la calicata 14, finalmente de la misma manera se verificó que las calicatas de 1 a 13 poseen porcentaje de limo + porcentaje de arena > 70 por ciento, razón por el cual se usaron las siguientes fórmulas: 6, 7, 9, y 11 para cada una de dichas calicatas, obteniéndose 13 valores del factor K3, finalmente para obtener el factor K en unidades de t.ha.h/MJ.ha.mm, se divide cada uno de los 13 valores del factor K3 entre 10 obteniéndose 13 valores del factor K, como se observa en el cuadro 2.

Los 14 valores del factor K obtenidos líneas arriba fueron ingresados al software ArcGI 10.2 junto con sus coordenadas UTM en el datum WGS84, luego se realizó una interpolación de estos valores dando como resultado los valores del Factor K para la microcuenca Inpan-Yacunac.

Cuadro 2. Cálculo del Factor K para cada calicata

CALICATA N°	LIMO %	ARENA %	ARCILLA %	a	b	c	M	LIMO % +ARENA%	% roca fragmentada	K1	K2	K1*K2	K3	K3/10	K
1	28	48	24	2.812	3	5	5776	76	<1.50	0.37638545	76	28.605294	0.6033	0.0603	0.0603
2	22	54	24	2.906	3	5	5776	76	<1.50	0.37638545	76	28.605294	0.5982	0.0598	0.0598
3	22	68	10	2.436	3	5	8100	90	<1.50	0.42597019	90	38.337317	0.8655	0.0865	0.0865
4	32	54	14	3.14	2	5	7396	86	<1.50	0.41144997	86	35.384698	0.6978	0.0698	0.0698
5	26	56	18	2.964	3	5	6724	82	<1.50	0.39721417	82	32.571562	0.6870	0.0687	0.0687
6	18	68	14	2.032	3	5	7396	86	<1.50	0.41144997	86	35.384698	0.8198	0.0820	0.0820
7	26	58	16	1.878	2	4	7056	84	<1.50	0.40429675	84	33.960927	0.7171	0.0717	0.0717
8	14	70	16	1.728	2	3	7056	84	<1.50	0.40429675	84	33.960927	0.6942	0.0694	0.0694
9	26	64	10	2.43	2	4	8100	90	<1.50	0.42597019	90	38.337317	0.7899	0.0790	0.0790
10	30	58	12	2.105	3	4	7744	88	<1.50	0.4186743	88	36.843338	0.8196	0.0820	0.0820
11	35	52	13	2.226	2	5	7569	87	<1.50	0.41505322	87	36.10963	0.7816	0.0782	0.0782
12	18	64	18	1.258	3	3	6724	82	<1.50	0.39721417	82	32.571562	0.7302	0.0730	0.0730
13	24	56	20	2.31	2	5	6400	80	<1.50	0.39020175	80	31.21614	0.6519	0.0652	0.0652
14	18	52	24	1.912	4	5	5320	70							0.0645

Elaboración Propia.

D. Factor topográfico (Factor LS)

De la imagen DEM, obtenida de la estación: Alaska Satellite Facility de 12.5 m. de resolución espacial, disponible gratuitamente en: <https://vertex.daac.asf.alaska.edu/#>, con la ayuda del software ArcGIS 10.2 se determinó el raster flow accumulation como se observa en el Mapa N°08 (anexo: 4) y el raster de pendiente en % como se observa en el Mapa N°09 (anexo: 4), finalmente se usó la herramienta *raster calculator* en el software ArcGIS 10.2 y se usó la fórmula 14, obteniendo el factor LS para la microcuenca Impan – Yacunac.

E. cobertura y factor de manejo (Factor C)

Se adquirió 3 imágenes satelitales del: 16 de noviembre del 2005, 14 de noviembre del 2010 (estos 2 del Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM+) y 20 de noviembre del 2015 (este último del Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) and Thermal Infrared Sensor (TIRS)) (ver anexo) que se pueden descargar gratuitamente de: <https://earthexplorer.usgs.gov/>, Estas 3 imágenes se convirtieron a imágenes NDVI con el uso del software ArcGIS 10.2 y la aplicación de la fórmula 16, Luego se promedió los valores de las 3 NDVI en el *raster calculator*, finalmente se obtuvo el NDVI promedio, este último se usó en la fórmula 15 con el *raster calculator* dando como resultado el Mapa N°11 (anexo: 4)

F. Factor de prácticas de conservación de suelos (Factor P)

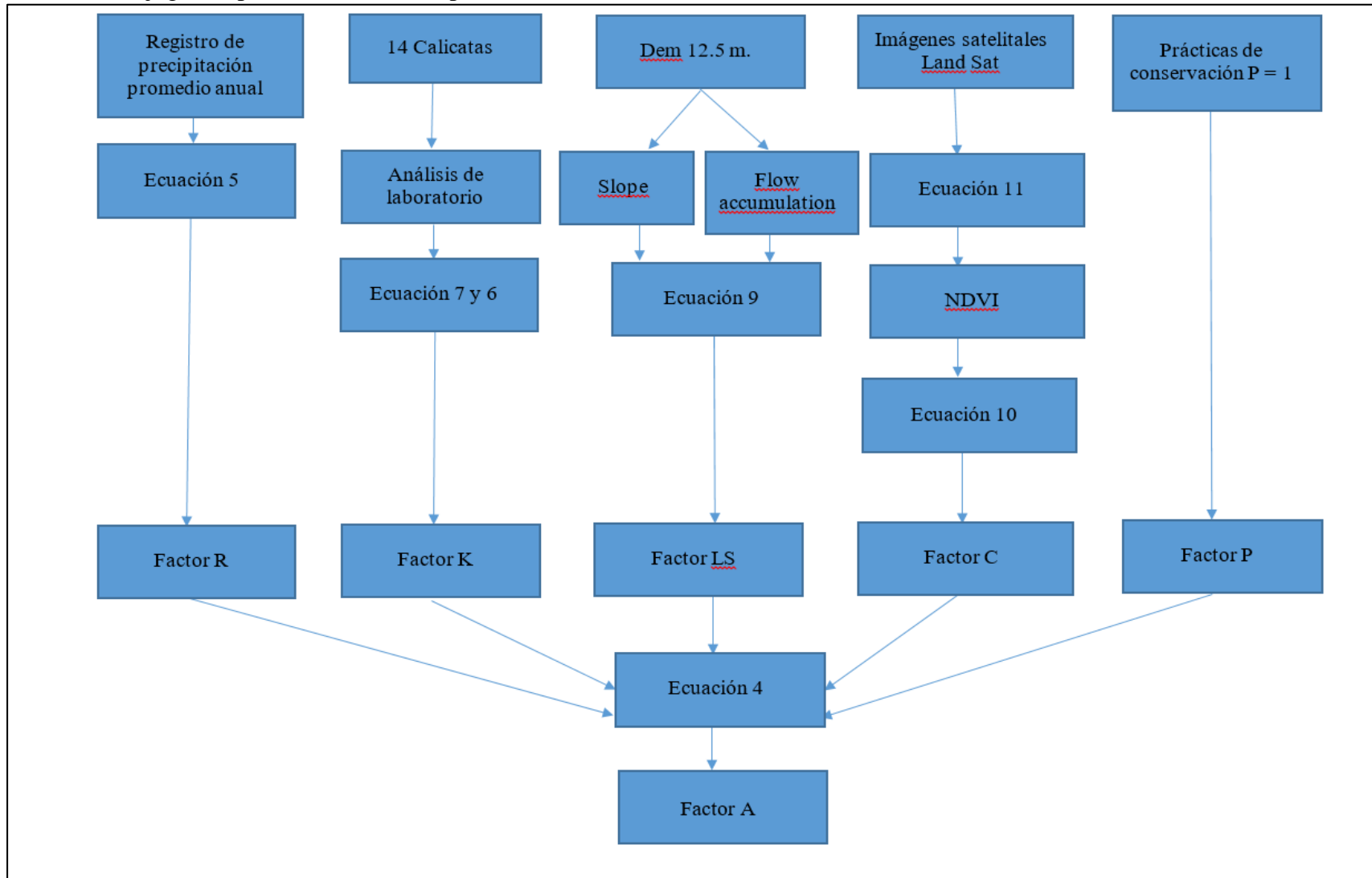
Como no existe prácticas de conservación de suelos dentro de la microcuenca en estudio se asignó un valor constante de uno.

3.4.2. Método para determinar la variable dependiente

A. Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos (RUSLE)

Una vez hallados los valores del factor R, factor K, factor LS , factor C y factor P. Se procederá a aplicar la fórmula 1 en el *raster calculator* del software ArcGIS 10.2, obteniéndose valores de pérdida de suelos en la microcuenca de la quebrada Inpan y yacunac como se muestra el Mapa N°12 (anexo: 4).

Cuadro 3. Flujograma para el cálculo de la pérdida de suelos



Fuente: Elaboración propia.

CAPITULO: IV.

RESULTADOS

RESULTADOS

4.1. Delimitación del área de estudio

Cuadro 4. Parámetros geomorfológicos: micro-cuenca: INPAN - YACUNAC

Descripción	Unidad	Valor
Área	Km ²	2.66
Perímetro	Km	7.55
X centroidal	m.	228169.0985
Y centroidal	m.	8945077.2454
Z centroidal	m.	3588.00
Altitud media de la cuenca	m.s.n.m	3684.33
Pendiente de la cuenca	m/m	0.4242
Longitud del cauce principal	Km	3.500

Fuente: Elaboración propia.

4.2. Factor de agresividad de precipitación (Factor R) Clasificación de rangos típicos de erosividad de lluvia anual

Los valores del factor R se encuentran en un rango de entre 390 a 400 MJ.mm/h.ha/año. Los valores altos se encuentran en la parte alta de la microcuenca, mientras que los valores bajos se encuentran en la parte baja de la microcuenca en mención como se aprecia en imagen: 01 (anexo: 4).

En base a la clasificación de los rangos típicos del factor R mencionado por Mannaerts (1999) se clasificó la erosividad de precipitación anual: muy baja, presentado en el cuadro: 5.

Cuadro 5. Clasificación de la erosividad de lluvia anual

Clase	R	Área (Km ²)	Área %
Muy baja	389.708 – 400.448	2.66	100%

Elaboración propia.

4.3. Erodabilidad del suelo (factor K).

Los valores de erodibilidad del suelo se encuentran en el rango de: 0.060 a 0.086 t.ha.h/MJ.mm.ha como se aprecia en el imagen: 02 (anexo: 4). Los valores bajos de erodibilidad de suelo se encuentran en la parte baja y algunas zonas de la parte alta de la microcuenca en estudio. Mientras los valores altos se encuentran en la parte media y alta de la microcuenca Inpan – Yacunac. Debido a la homogeneidad de los suelos en la parte media de la microcuenca, los valores de erodibilidad de suelo no varían mucho. En otras zonas donde la heterogeneidad de suelos es alta, la variación en la erodibilidad de los suelos es alta.

Además, en base a la clasificación de las clases de erodibilidad con diferentes rangos de K se obtuvo el cuadro: 6, el que indica que la microcuenca en estudio presenta clase de erodibilidad baja.

Cuadro 6. Clasificación de la erodibilidad del suelo en la zona de estudio

Grupo	K – Factor	Naturaleza del suelo	Clase de erodibilidad
I	0.06 -0.086	Permeable bien drenado, posee sub estrato rocoso	Bajo

Elaboración propia

Imagen N° 01: Factor R

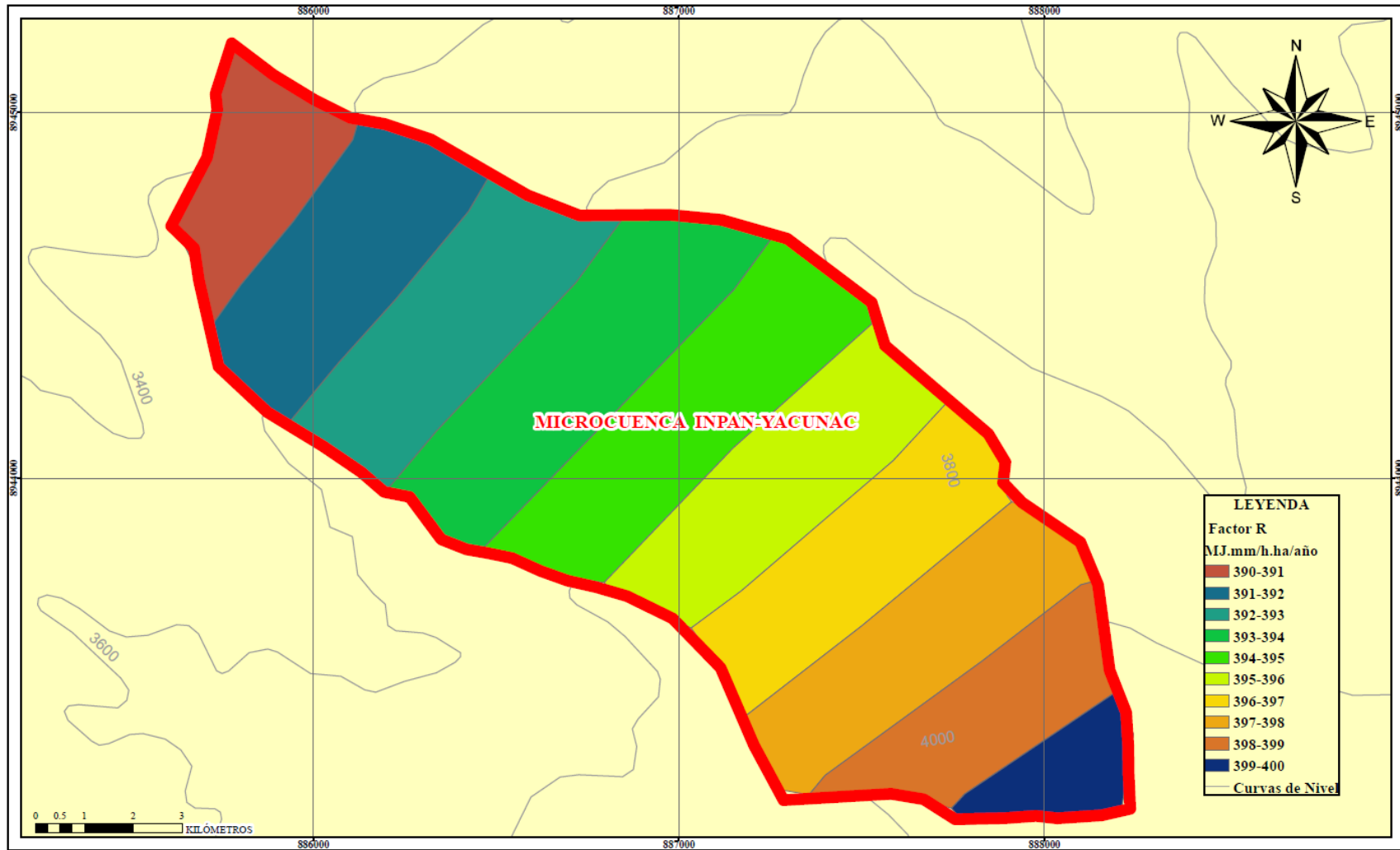
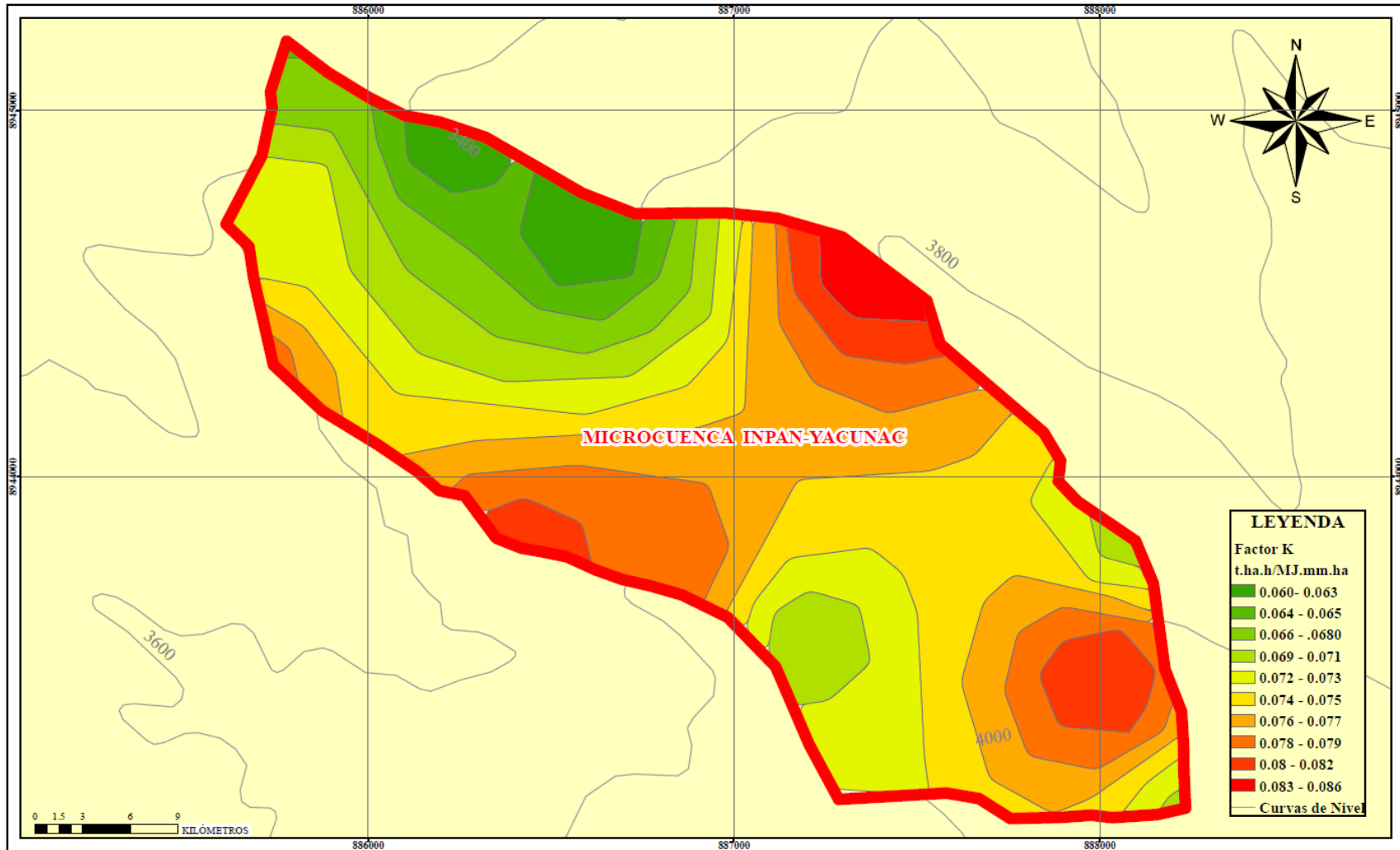


Imagen N° 02: Factor K



4.4. Factor topográfico (Factor LS)

Los valores del factor topográfico se encuentran en el rango de entre 0 a 68, como se observa en la imagen: 03 (anexo: 4). La mayor parte del área de la microcuenca posee valores bajos cercanos a cero y solo un porcentaje del área de la microcuenca en estudio posee valores altos, estos últimos son zonas por donde la corriente de agua discurre.

4.5. Cobertura vegetal (Factor C)

Los valores del factor C se encuentran en un rango de entre 0.75 a 1 como se observa en la imagen: 04 (anexo: 4). Los valores bajos son para las áreas con mediana cobertura vegetal que se encuentran a lo largo de los rastros de las corrientes de riachuelos dejados por las precipitaciones en épocas de avenidas. Estas últimas son menos vulnerables a la pérdida de suelos por acción hídrica. Los valores altos son para áreas con nula cobertura vegetal como son los suelos desérticos y desnudos.

Imagen N° 03: Factor LS

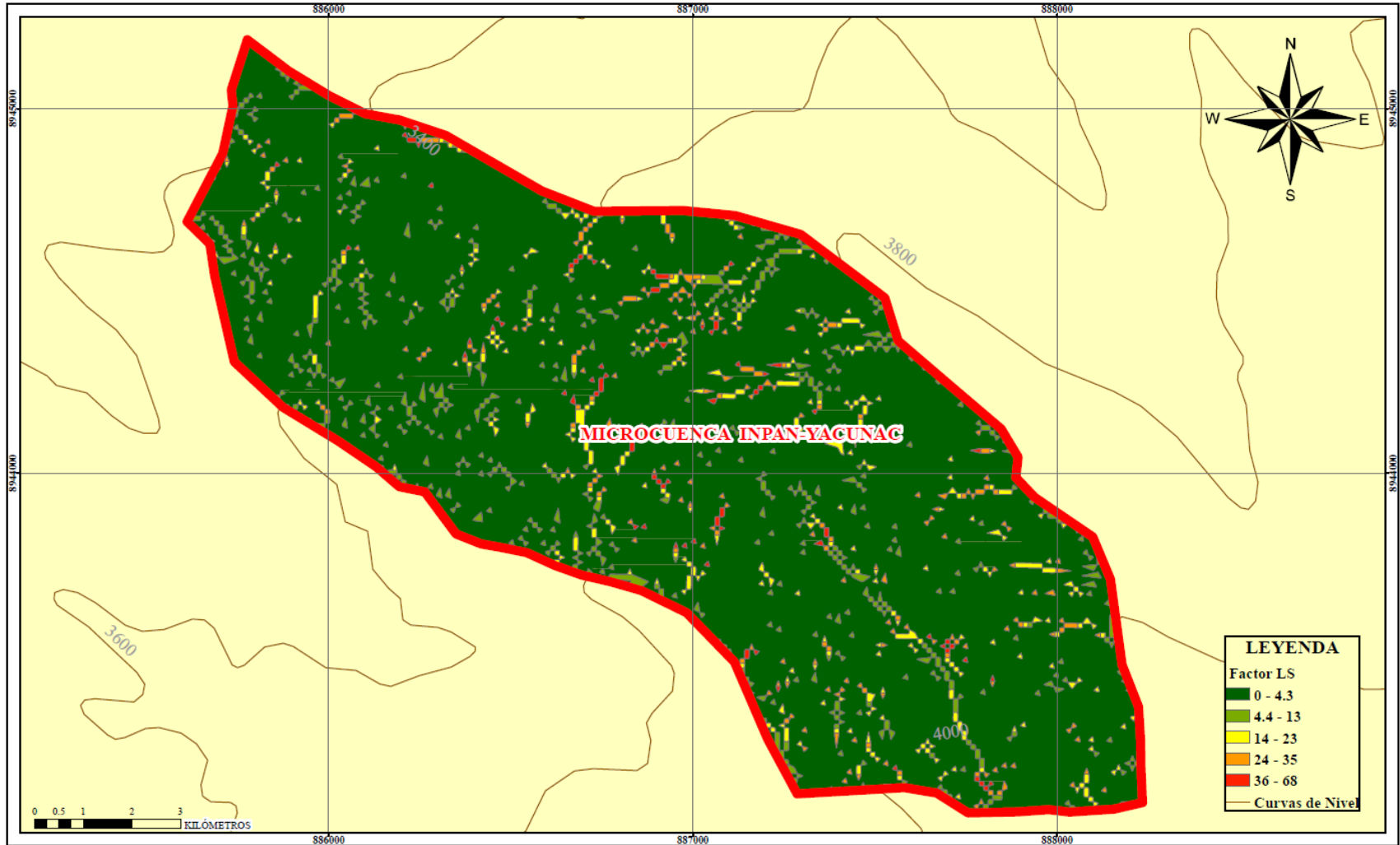
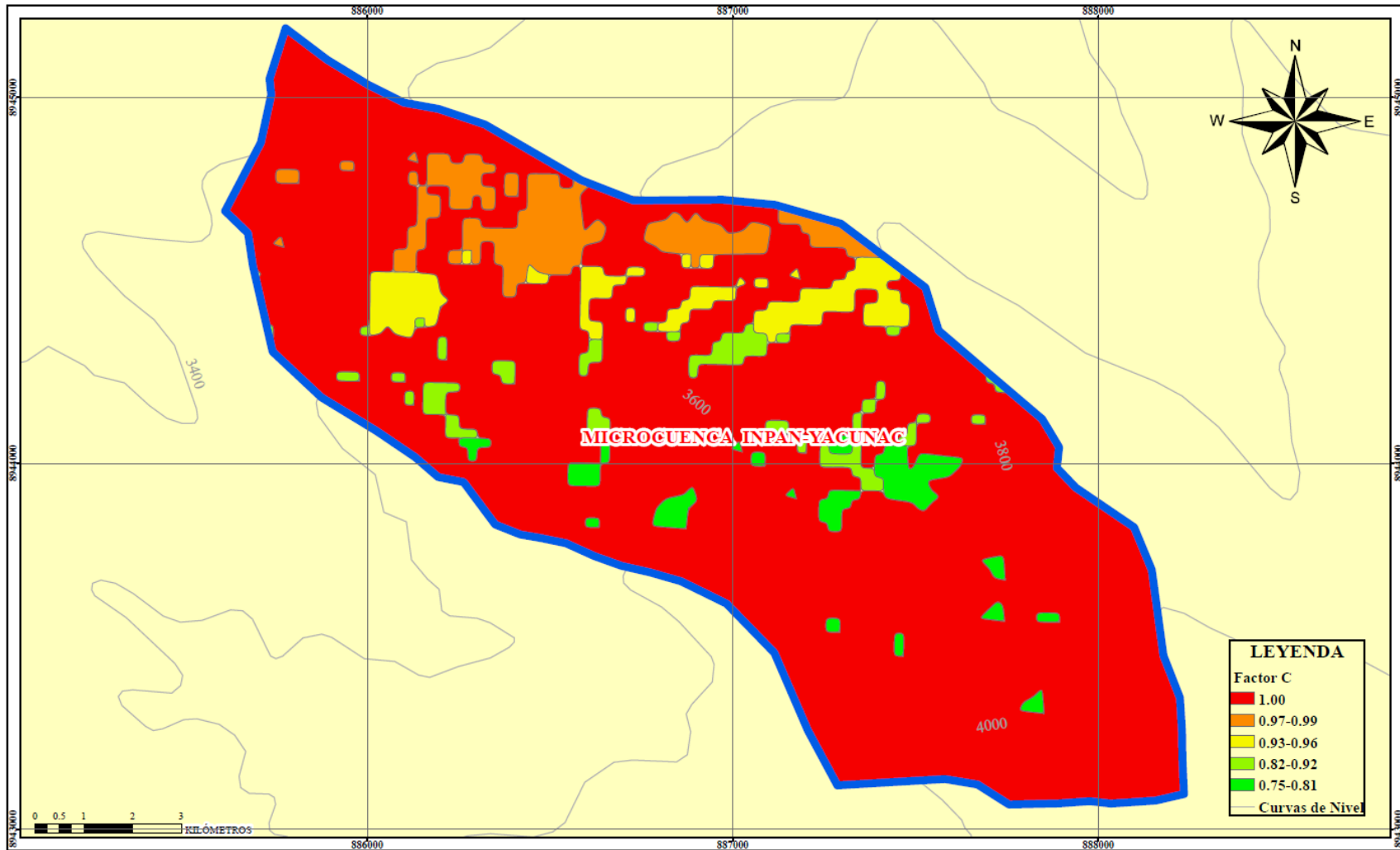


Imagen N° 04: Factor C



4.6. Prácticas de conservación de suelo (Factor P)

No se encontró ninguna información acerca de las prácticas de conservación en la microcuenca de estudio, además se asignó un valor constante de 1 al factor P. Indicando que no se implementó prácticas de conservación en el área de estudio, haciendo que los suelos sean más vulnerables a la erosión. Se consideró un valor constante de 1 para toda la microcuenca en estudio.

4.7. Aplicación de la fórmula de RUSLE.

La pérdida de suelos promedio anual en la microcuenca Inpan – Yacunac están en un rango de entre 0 a 2 100 t/ha/año. Como se aprecia en la imagen N° 05 (anexo 4). La clasificación de pérdida de suelos está dividida de acuerdo a la clasificación realizada por Morgan (2 005), la tabla N°15 muestra que el 88.37 % del área de estudio posee clase: muy suave de riesgo de erosión de suelo, valores bajos de la clase: suave y moderado presentan 0.02 % y 0.01 % del área de estudio. Las clases: alto, severo, muy severo y catastrófico corresponden a valores de 0.60 %, 1.03 %, 6.39 % y 3.57 %, estos últimos 4 porcentajes corresponde al curso de los riachuelos dentro de la microcuenca Inpan –Yacunac.

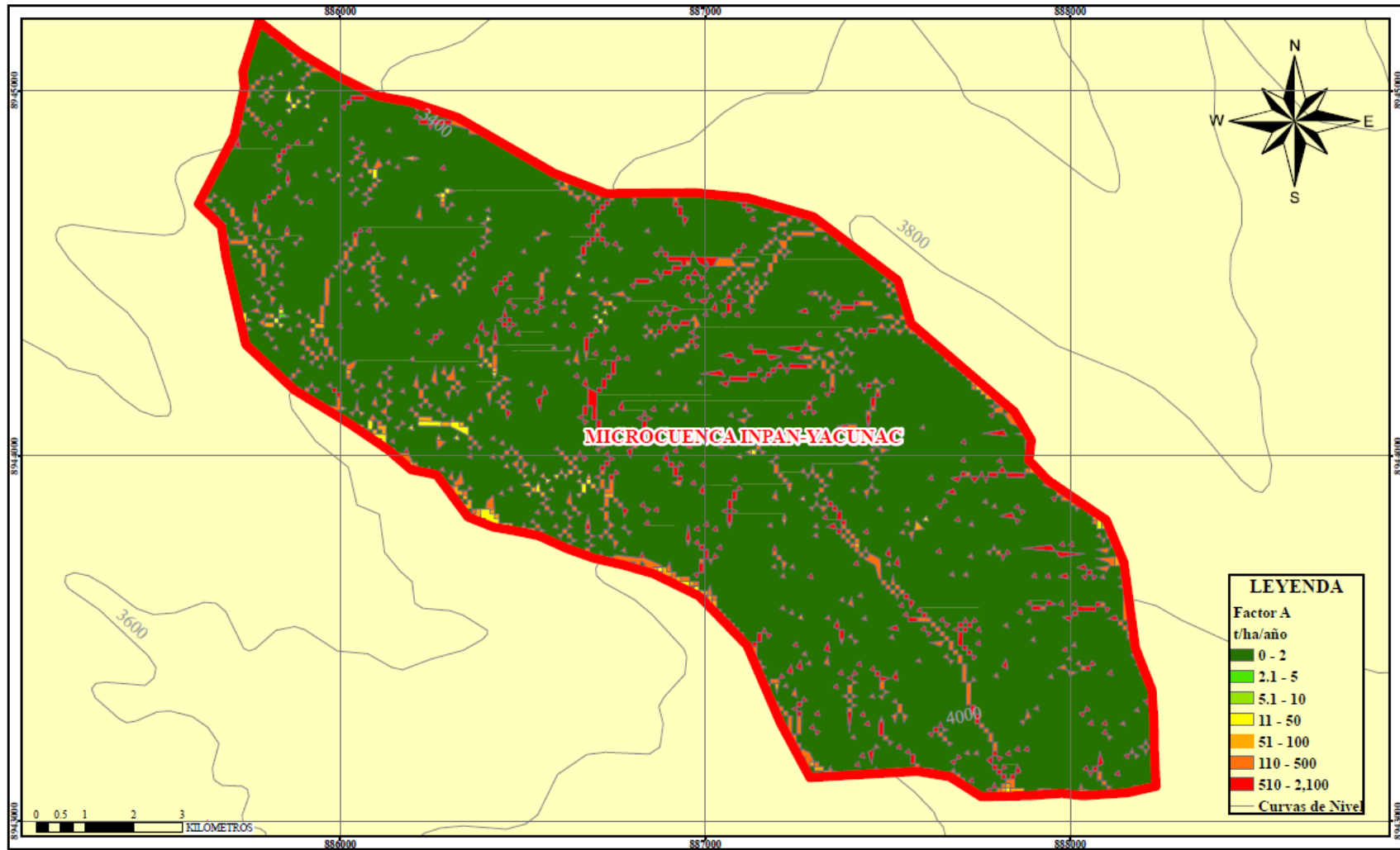
En base a la fórmula: 4 se obtuvo los siguientes valores

Cuadro 7. Pérdida de suelos en la microcuenca: Inpan – Yacunac.

Clases de riesgo de erosión del suelo	Perdida de suelo t/ha/año	% de Área	Área (ha)
Muy Suave	0 - 2	88.37	235.64
Suave	2 - 5	0.02	0.06
Moderado	5 - 10	0.01	0.03
Alto	10 - 50	0.60	1.61
Severo	50 - 100	1.03	2.73
Muy Severo	100 - 500	6.39	17.05
Catastrófico	Más de 500	3.57	9.52

Fuente: Elaboración propia

Imagen N° 05: Mapa de pérdida de suelos promedio anual (Factor A)



CAPITULO: V.

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. Factor de agresividad de precipitación (Factor R).

Originalmente la fórmula del cálculo del factor R fue propuesta por Weischmeier y Smith (1978), sin embargo su uso es aplicable siempre y cuando se cuente con datos de precipitación muy detallados, motivo por el cual surgieron otras fórmulas para el cálculo del factor R. Existen investigaciones que usan el índice modificado de Fournier para el cálculo del Factor R, afirmando una buena correlación entre índice modificado de Fournier y el Factor R como lo mencionan Almoza et al (2016), no obstante Arnoldus (1977) afirma que el índice modificado de Fournier deberá ser aplicado para el cálculo del factor R en zonas dentro de regiones climáticas homogéneas. Renard y Freimund (1994) mencionan que el uso indiscriminado del índice modificado de Fournier puede conllevar a errores de estimación que pueden incidir en la determinación de la pérdida de suelos. En esta investigación se usó la fórmula usada por Kalambukattu y Kumar (2017) obteniéndose valores del factor: R que se encuentran en el rango de: 389.708 – 400.448, los valores altos corresponden a las zonas que experimentan mayor cantidad de precipitación mientras que los valores bajos pertenecen a las zonas que experimentan menor cantidad de precipitación. No obstante, a pesar de la aplicación correcta de la fórmula, el valor calculado del Factor: R parece ser subestimado o sobreestimado comparado con otras investigaciones. Por ejemplo, Antúnez (2016) calculó el factor R para la microcuenca del río Marcará donde la precipitación es similar con la precipitación considerada en esta investigación, estos valores sobrepasan a los valores calculados en esta investigación.

Colque (2015) usó la fórmula de índice modificado de Fournier para calcular el factor: R en la microcuenca Ranrahirca obteniendo valores del factor: R en el rango de 48 - 105, valores que son muy bajos comparados con los calculados en esta investigación. Finalmente, Kalambukattu y Kumar (2017) calcularon el factor: R en la cuenca Maniyar, ubicada en las montañas medias del Himalaya-India obteniendo valores de 606.5 que es un valor similar obtenido en esta investigación. Finalmente parece haber una relación directa entre las zonas de regiones climáticas homogéneas y el uso de una respectiva fórmula para el cálculo verídico del Factor R.

5.2. Erodabilidad del suelo (factor K).

En esta investigación de campo-gabinete se usaron 2 fórmulas para el cálculo del factor K: si $(\% \text{ Limo} + \% \text{ arena}) > 70\%$ se usaron las fórmulas 6, 7, 9, y 11, mientras que si el $(\% \text{ Limo} + \% \text{ arena}) \leq 70\%$ se usaron las fórmulas 4 y 3. No obstante muchos investigadores usan diferente metodología para el cálculo de los valores del factor K entre ellos: campo-gabinete y solo gabinete, este último consiste en el uso de mapas de suelos preexistentes a los cuales se le asignan valores del factor K, dando como resultado valores del factor K para una respectiva zona de estudio. En esta investigación se obtuvo valores del Factor K en un rango de 0.060 - 0.086, comparado estos resultados con los resultados obtenidos en otras investigaciones, los valores del Factor K difieren significativamente que en muchos de los casos subestiman o sobreestiman los valores calculados en esta investigación. Por ejemplo, Antunez (2016) realizó un trabajo solo de gabinete para el cálculo del factor K, obteniendo valores en un rango de 0.14 - 0.28, valores que son mayores a los valores encontrados en la presente investigación, pese a que su zona de estudio fue similar a la zona de estudio de la presente investigación ya que ambas zonas de estudio pertenecen a la cordillera blanca. Colque (2015) realizó una

investigación de campo-gabinete y obtuvo valores del factor K que están en el rango de 0 - 1.64, pero se observó que usó la fórmula propuesta por United States Department of Agriculture (1978) de manera indiscriminada puesto que dicha fórmula solo tiene validez cuando el ($\% \text{ limo} + \% \text{ arena}$) $\leq 70\%$, quizá por ese motivo los valores encontrados por Colque distan mucho respecto a los valores hallados en nuestra investigación pese a que también su zona de estudio es similar a la zona de estudio de la presente investigación, por pertenecer a la cordillera blanca. Finalmente, Kalambukattu y Kumar (2017) realizaron un trabajo de campo - gabinete y calcularon valores del factor K en la cuenca Maniyar, obteniendo como resultado valores del Factor K en un rango de 0.033 - 0.077 que se aproxima a los valores calculados en nuestra investigación. Finalmente parece que un trabajo campo – gabinete es ideal para el cálculo del factor K.

5.3. Factor topográfico (Factor LS)

Existen diferentes fórmulas para el cálculo del factor LS. En esta investigación se usó la fórmula usada por Lahloai et al. (2015) y un DEM de 12.5 m de resolución espacial obteniéndose valores del factor LS en un rango de 0 – 68. Colque (2015) usó un DEM de 90 m de resolución espacial y una fórmula para el cálculo del factor LS obteniendo un rango de 0.03 – 206.29 de valores del factor LS para la microcuenca de Ranrahirca. Antunez (2016) usó un DEM de 30 m de resolución espacial, convirtió este último en un raster de pendientes y asignó valores del Factor LS con ayuda de una tabla. De esta manera calculó el factor LS en la subcuenca del río Marcará obteniendo valores de entre 0 – 558.43. Finalmente parece que el uso de un DEM con menor resolución espacial mejora el cálculo del Factor LS debido a que el tamaño de los píxeles del raster mejora la diferenciación del relieve y topografía en las zonas de estudio.

5.4. Cobertura vegetal (Factor C)

En esta investigación se usó imágenes satelitales del landsat 7 y landsat 8, se generó 3 imágenes NDVI, se sacó un promedio y se aplicó la fórmula 15, obteniéndose valores del Factor C de 0.75 – 1.00. Colque (2015) usó una imagen satelital y asignó valores del factor C con ayuda de una tabla a la zona de estudio, obteniendo valores del Factor C en un rango de 0 - 1, Antunez (2016) sigue la misma metodología empleando por Colque, usa una imagen satelital y asigna valores del factor C con ayuda de una tabla obteniendo resultado valores entre 0.001 - 0.33 del factor C. Finalmente Parece que el uso del NDVI y la aplicación de la fórmula 15 mejora el cálculo del Factor C debido a que el NDVI es un índice que estima la calidad y desarrollo de la vegetación.

5.5. Prácticas de conservación de suelo (Factor P)

Las prácticas de conservación son políticas empleadas por los gobiernos para la conservación de suelos, pero al no haber estas políticas implantadas en la microcuenca en estudio solo se asignó un valor constante de 1. Colque (2015) y Antunez (2016) asignaron de la misma forma valores constantes de 1 en sus respectivas zonas de estudio.

5.6. Cálculo de la Pérdida de suelos en t/ha/año.

Al multiplicar los valores de los factores de la fórmula de Rusle en el *raster calculator* dentro del software ArcGis en esta investigación, se obtuvo valores de pérdida de suelos entre un rango de 0-2100 t/ha/año predominando la clase de erosión muy suave (0 – 2 t/ha/año con un área de 235.64 Ha que representa el 88.37% del área de estudio. comparado con otras investigaciones este valor es similar, por ejemplo Colque (2015) en su investigación obtiene valores de 0 a mayor de 200 t/ha/año manifestando que la categoría de ninguno a ligero se

presenta en 73.82 % del área de la microcuenca de Ranrahirca. No obstante Antunez (2016) en el cálculo del factor A obtiene valores de 0-1538.91 t/ha/año, obteniendo la clasificación muy alta en un 68.6% del área de la subcuenca del río Marcará. Finalmente En esta investigación y en las investigaciones mencionadas se manifiesta patrones determinantes de algunos factores que incrementan el valor de la pérdida de suelos en t/ha/año entre ellos se observó el factor R y el factor LS. Además, el cálculo correcto de cada uno de los factores de la fórmula de RUSLE determinará la validez de los valores de pérdida de suelos en t/ha/año en una respectiva zona de estudio.

CAPITULO: V.

CONCLUSIONES

V. CONCLUSIONES

El Factor R (factor de agresividad de lluvia) presenta valores entre 389.708 – 400.448 MJ.mm/h.ha/año que está clasificada como una clase Muy baja.

El factor K (factor de erodibilidad) varia en rango de 0.06 -0.086 t.ha.h/MJ.mm y está clasificado como clase de erodibilidad muy bajo.

El factor LS (El factor topográfico) presenta valores entre el rango de 0-160, este factor incide con mayor proporción en la variación del valor del factor A (Pérdida de suelos)

El factor C (El factor de cobertura vegetal) presenta valores entre el rango de 0.53-1, valores que indican que hay ligera y nula cobertura vegetal.

Los valores del factor A (Valores de pérdida de suelos en promedio anual) varían desde las clases muy suaves a clase catastrófico, predominando la clase de erosión de clase muy suave (0 -2 t/ha/año) con un área de 235.64 ha que representan el 88.37% del área de estudio.

CAPITULO: VI.

RECOMENDACIONES

VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda usar imágenes DEM con mayor precisión de resolución espacial para el cálculo del factor LS, para la correcta discriminación del relieve y topografía en una respectiva zona de estudio.

Se recomienda realizar incrementar el número de calicatas para una mayor cobertura de la zona de estudio, para ello se debe de realizar calicatas dentro y fuera de la zona de estudio que permitirá realizar una mejor interpolación y obtención de valores del factor K.

Se recomienda aplicar políticas de conservación de suelos los cuales reducirán la pérdida de suelos en la microcuenca Inpan-Yacunac

CAPITULO: VII.

REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

VII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Abata, S., Tiza, M., Iorwua, B. y Olu, S. (2016). A Review of Soil Erodibility Case Study of Ugboju Settlement of Oturkpo Local Government Area of Benue State Nigeria. EPRA International Journal of Multidisciplinary Research, 2 (6), 95- 102.
- Almoza, Y. et al.(2016). Rainfall energy characterization in Cuyaguaje basin erosion. Cultivos Tropicales, vol. 37, n°2, 56-71.
- Antunez, C. (2016). Aplicación de la ecuación universal de pérdida de suelos para determinar el grado de erosión en la subcuenca del río Marcará – Carhuaz 1975 – 2000. (Tesis, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz, Ancash, Perú).
- Arnoldus, H.M.J. (1977). Methodology Used to Determine the Maximum Potential Average Annual Soil Loss Due to Sheet and Rill Erosion in Morocco. FAO Soils Bull, 34, 39-51.
- Auerswald, K., Fiener, P., Martin, W. y Elhaus, D. (2014). Use and misuse of the K factor equation in soil erosion modeling: An alternative equation for determining USLE nomograph soil erodibility values. Catena 118, 220-225.
- Blanco, H. y Lal R. (2010). Principles of Soil Conservation and Management. USA:Springer.
- Benzer, N. (2010). Using the Geographical Information System and Remote Sensing Techniques for Soil Erosion Assessment. Polish journal of environmental study, 19 (5), 881-886.
- Bizuwerk, A., Taddese, G., y Getahun, Y. (2008). Application of Gis for Modeling Soil Loss Rate in Awash River Basin, Ethiopia. International Livestock Research Institute (ILRI).

- Bruzzone, L y Smits P. (2004). Proceedings of the Second International Workshop on the Analysis of Multi- temporal Remote Sensing Images. Italia: World Scientific.
- Bureau of Plant Industry, Soils and Agriculture Engineering. (1951). Soil survey Manual.
- Colque, M. (2015). Categorización de la erosión hídrica en la microcuenca de Ranrahirca, aplicando la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE), Yungay –Ancash- 2014. (Tesis, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo, Huaraz, Ancash, Perú).
- Córdova, Y. (2015). Estimación de la tasa de erosión hídrica en la Microcuenca de la quebrada Chaye Grande de la Subcuenca del rio Yapatera. (Tesis, Universidad de Piura, Piura, Perú).
- Copacean, L., y Oncia. S. (2015). Estimate Soil Loss through Surface Erosion Using Geographical Information Systems and Satellites Images. Research journal of agriculture science, 47 (4), 47-54.
- Jagadeeswara Rao, P., Nageswara Rao, K. y Kubo, S. (2018). Proceedings of International Conference on Remote Sensing for Disaster Management: Issues and Challenges in Disaster Management. Switzerland: Springer.
- Kalambukattu, J.G y Kumar, S. (2017) .Modelling soil erosion risk in a mountainous watershed of Mid-Himalaya by integrating RUSLE model with GIS. Eurasian Journal of soil Science, 6(2), 92-105.
- Kamel, M. (2007). Image Analysis and Recognition. Alemania: Springer.
- Karaburun, A. (2010). Estimation of C factor for soil erosion modeling using NDVI in Buykcekmece watershed. Ozean Journal of Applied Sciences, 3 (1), 77-85.
- Lahloui, H., Rhinane, H., Hilali, A., Lahssini, S., y Khalile, L. (2015). Potential Erosion Risk Calculation Using Remote Sensing and Gis in Oued El Maleh Watershed, Morocco. Journal of Geographic Information System (7), 128-139.

- Lal, R. y Soil and Water Conservation Society (1994). Soil Erosion Research Methods. USA: CRC Press.
- Liong, S., Phoon, K., y Babovic, V. (2004). Hydroinformatics. Singapore: World Scientific.
- Mannaerts, C. (1999). “Factores de erosión”. Curso de postgrado en levantamiento de recursos hídricos. Cochabamba, Bolivia.
- Mckenzie, N., Coughland, K., y Cresswell, H. (2002). Soil Physical Measurement and Interpretation for Land Evaluation. Australia: Sciro Publishing.
- Morgan, R.P.C. (2005). Soil Erosion and Conservation. Blackwell publishing Ltd
- Pérez, A. (2011). Introducción a los Sistemas de Información Geográfica y Geotelemática. Barcelona: UOC.
- Reclamation. (2006). Erosion and Sedimentation Manual.
- Renard, K. G., y Freimund, J. R. (1994). Using Monthly Precipitation Data to Estimate the R factor in the Revised USLE. Journal of hydrology (157), 287-306.
- Sánchez Menendez, F. J. (2009). Georreferenciación de Cartografía: Datos Raster y Vectoriales. España: EOSGIS SL.
- Santos, N. (2016). Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Curso Imagery, Automation, and Applications-University of California, Davis – Coursera.
- Toy, T. J., Foster, G. R., y Renard, K. G. (2002). Soil Erosion: Processes, Prediction, Measurement, and Control. New York: Jhon Wiley & Sons Inc.
- United States Department of Agriculture. (1978). Predicting Rainfall Erosion Losses. Agriculture Handbook number 537.
- United States Department of Agriculture. (1997). Predicting Soil Erosion by Water a Guide to Conservation Planning with the Revised Universal Soil Loss Equation (RUSLE).

United States Department of the Interior, Bureau of Reclamation, Technical Service Center, Sedimentation and River Hydraulics. (2006). Erosión Sedimentation Manual.

United States Surface Transportation Board. (2006). Tongue River Railroad Company inc, Construction and Operation Western Alignment, Tongue River III, Rosebud and Big Horn Counties: Environmental Impact Statement.

Van der Knijff, J. et. al (2000). Soil Erosion Risk Assessment in Europe. EUR 19044 EN, EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE GENERAL JRC JOINT RESEARCH CENTRE Space Application Institute European Soil Bureau.

Veena, J., Suswara, N., y Sinha, D. (2016). Estimation Soil Loss from Watershed in Western Deccan, India using Revised Universal Soil Loss Equation. Landscape and environment 10(1), 13-25.

Wikipedia, La enciclopedia libre. (2018, 16 de diciembre). Erosión en el suelo. Recuperado https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Erosi%C3%B3n_en_el_suelo&oldid=112705263

Geodronsolutions. (2018, 13 noviembre). <http://geodronsolutions.com/la-salud-de-los-cultivos/>.

Geoportal ANA.(2017, 23 febrero). <http://geo.ana.gob.pe:6080/arcgis/services>.

Quora .(2017, 14 junio). What is a structure soil. Recuperado <https://www.quora.com/What-is-soil-structure> .

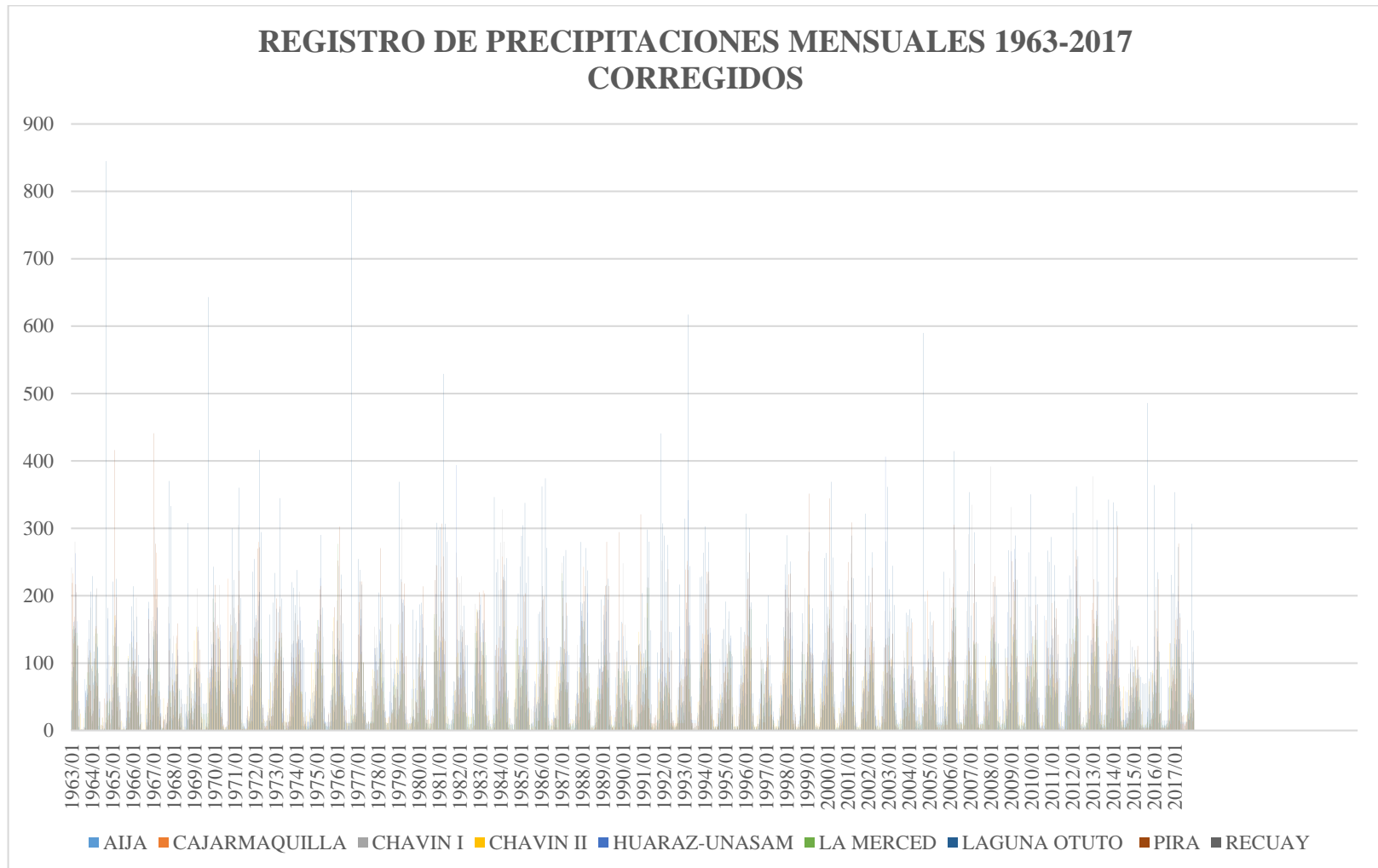
USGS, Landsat Geoexplorer. (2017, 23 Marzo). Recuperado de <https://landsat.usgs.gov/what-are-best-spectral-bands-use-my-study>.

CAPITULO: VIII.

ANEXOS

VIII. ANEXOS

Anexo 1: Registro de serie histórica de precipitaciones mensuales entre los años 1963-2017 de 9 estaciones meteorológicas



Anexo 1.1. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Huaraz-UNASAM

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA											Datum WGS84 , UTM		
Nombre de Estación: Huaraz - Unasam				Río			Región: Ancash				Norte: 8947030.00 m		
Codigo de Estación : 000400				Cuenca: Cuenca Santa			Provincia: Huaraz				Este: 222802.00 m		
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 1376			Distrito: Independencia				Altitud: 3052.00 m		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	78.98	161.04	263.06	162.07	5.02	0.99	0.00	4.97	56.01	62.07	136.05	96.95	1027.21
1964	87.98	107.03	129.03	125.05	32.11	1.97	3.01	0.00	9.00	166.20	42.01	41.98	745.37
1965	67.98	98.02	164.04	56.02	31.10	0.00	0.00	0.99	63.02	103.12	49.02	146.93	780.24
1966	139.96	85.02	80.02	71.03	24.08	0.00	0.00	0.99	17.00	181.22	87.03	60.97	747.32
1967	126.97	164.04	183.04	60.03	46.15	2.96	13.06	8.95	35.01	159.19	41.01	65.97	906.38
1968	100.97	56.01	120.03	19.01	13.04	0.00	0.00	27.85	17.00	84.10	33.01	36.98	508.00
1969	71.98	101.02	154.03	87.04	11.04	0.99	2.01	0.00	3.00	79.10	128.04	130.94	769.19
1970	189.95	87.02	96.02	157.07	17.06	1.97	0.00	5.97	92.02	73.09	72.02	129.94	922.13
1971	87.08	105.42	173.82	79.19	5.21	5.17	3.61	30.50	13.15	64.12	45.77	114.09	727.13
1972	161.02	114.17	205.63	114.19	22.76	3.60	3.61	27.33	14.74	33.07	58.50	115.68	874.30
1973	121.03	102.02	133.14	124.14	28.82	0.00	0.63	5.54	55.83	109.16	129.15	83.88	893.34
1974	129.06	134.15	183.35	134.18	0.00	10.38	0.00	13.52	20.68	18.69	25.70	51.76	721.47
1975	143.62	164.09	226.23	81.56	81.79	12.52	5.81	23.19	44.65	60.24	65.05	55.30	964.05
1976	164.01	80.58	105.82	102.93	45.75	15.39	6.78	6.77	10.67	15.53	24.27	61.12	639.62
1977	100.82	86.88	166.18	35.57	27.23	8.51	9.44	9.43	42.10	30.92	122.34	102.67	742.09
1978	66.32	150.32	63.55	72.89	27.23	8.51	11.32	57.68	41.16	72.01	48.63	65.38	685.00
1979	83.11	87.81	195.09	194.21	25.35	12.19	9.44	19.65	13.17	30.92	62.63	45.80	779.37
1980	113.88	86.88	172.71	65.43	18.81	15.88	10.38	30.77	32.77	116.84	202.58	102.67	969.60
1981	89.64	130.72	119.53	113.02	11.32	9.43	8.51	15.00	30.90	41.19	393.86	80.29	1043.41
1982	78.44	131.66	101.80	88.76	21.61	9.43	9.44	10.36	25.30	81.35	132.60	84.96	775.71
1983	186.61	61.68	149.38	37.43	20.67	14.03	9.44	10.36	22.50	119.63	31.84	110.13	773.70
1984	121.34	133.52	154.04	119.55	45.94	9.43	8.51	9.43	34.63	17.85	76.62	125.04	855.90
1985	49.54	90.61	133.52	135.42	31.90	8.51	9.44	12.22	72.89	39.33	45.83	65.38	694.59
1986	102.69	137.25	36.50	154.08	38.46	9.43	11.32	27.06	18.77	21.59	44.89	70.04	672.08
1987	99.89	98.07	114.86	117.68	33.78	9.43	10.38	14.08	36.50	56.13	47.69	190.31	828.80
1988	162.37	161.28	101.62	203.45	42.09	0.98	0.00	2.16	37.28	53.72	93.45	95.70	954.10
1989	88.71	163.62	176.49	194.08	16.28	9.06	0.00	13.80	31.44	92.36	67.71	39.59	893.14
1990	140.16	87.59	44.30	77.07	35.05	0.98	0.00	7.99	10.37	98.21	47.81	91.03	640.56
1991	114.43	120.35	167.13	133.24	25.67	0.00	0.00	0.00	16.22	17.41	130.89	87.52	812.86
1992	99.24	85.25	37.28	107.49	26.84	5.60	0.00	6.82	30.27	154.42	98.13	65.31	716.65
1993	79.78	107.00	341.94	156.12	15.86	3.54	4.42	7.03	13.19	72.87	121.91	135.83	1059.49
1994	91.17	74.56	142.93	152.61	17.61	5.27	3.54	9.64	33.35	41.28	56.15	100.79	728.90
1995	102.56	76.31	131.54	136.83	23.77	5.27	3.54	7.03	68.42	81.65	58.78	92.03	787.73
1996	84.15	77.19	200.80	107.01	26.41	4.41	3.54	9.64	47.38	73.75	36.86	49.10	720.24
1997	93.80	60.53	49.13	48.26	28.16	3.54	3.54	3.54	14.94	54.44	37.74	216.43	614.05
1998	78.03	81.57	175.37	140.34	37.84	6.14	3.54	14.88	43.87	57.07	37.74	67.49	743.88
1999	102.56	126.28	122.77	158.75	27.29	5.27	4.42	6.16	32.48	104.46	66.67	120.06	877.17
2000	85.03	155.21	120.14	132.44	31.69	3.54	4.42	24.47	57.90	78.13	66.67	122.69	882.33
2001	162.15	103.49	163.98	79.83	22.89	10.47	4.42	4.41	27.22	54.44	105.25	66.62	805.17
2002	85.28	112.05	149.93	77.16	37.12	16.19	15.52	11.79	73.44	66.06	406.20	85.26	1136.00
2003	151.35	83.09	78.63	72.71	40.85	16.19	11.79	14.75	62.30	83.91	48.93	91.21	755.71
2004	96.42	80.12	76.41	61.56	37.12	20.58	14.03	11.79	22.19	112.89	51.16	103.82	688.09
2005	72.66	61.56	115.77	53.39	38.61	12.53	11.79	12.53	49.67	29.64	20.70	107.53	586.38
2006	105.33	104.63	179.64	164.08	32.65	11.79	12.54	11.79	74.18	44.50	111.32	153.55	1006.00
2007	80.08	52.64	133.60	70.47	22.97	24.25	12.54	14.75	59.33	72.75	54.13	42.96	640.47
2008	132.77	82.71	143.67	99.44	14.54	11.76	8.19	46.82	10.90	28.99	175.76	46.55	802.10
2009	265.89	59.54	269.35	107.01	27.12	7.07	7.92	7.07	19.56	76.25	80.35	118.56	1045.69
2010	162.70	113.65	103.66	86.19	33.80	6.24	7.08	12.04	48.71	132.09	66.19	112.74	885.09
2011	141.06	64.53	49.54	104.51	10.42	6.24	7.08	13.69	52.04	107.93	63.70	95.27	716.01
2012	102.78	115.32	243.54	181.13	33.80	7.07	6.24	6.24	23.73	81.25	26.23	134.38	961.71
2013	137.73	85.34	177.76	137.83	26.29	7.88	6.24	7.07	87.01	88.75	52.88	120.23	935.01
2014	68.66	102.83	132.80	134.50	36.31	6.24	16.27	26.95	57.03	36.24	99.51	48.68	766.02
2015	62.00	64.53	58.69	42.89	32.97	6.24	6.24	7.07	27.89	53.75	26.23	57.00	445.50
2016	139.40	56.20	146.96	24.56	29.63	7.88	7.08	9.56	91.17	12.91	62.87	73.64	661.86
2017	128.64	127.69	191.83	96.14	25.92	11.55	7.54	12.60	17.72	52.38	59.48	70.62	802.11
Min	49.54	52.64	36.50	24.56	10.42	0.00	0.00	0.00	10.37	12.91	20.70	39.59	445.50
Max	265.89	163.62	341.94	203.45	45.94	24.25	16.27	46.82	91.17	154.42	406.20	216.43	1136.00
Prom.	112.08	97.82	137.09	109.80	28.42	8.67	7.13	12.46	39.88	68.64	89.67	95.82	807.47

Anexo 1.2. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Chavín I

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA											Datum WGS84 , UTM		
Nombre de Estación: Chavin I				Río			Región: Ancash				Norte: 8939847.00 m		
Codigo de Estación : 154115				Cuenca: Intercuenca Alto Marañon V			Provincia: Huari				Este: 253042.00 m		
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 49899			Distrito: Chavin de Huantar				Altitud: 3210.00 m		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	241.90	96.80	280.05	70.87	22.59	0.00	0.00	0.00	30.00	131.74	111.85	182.30	1168.10
1964	10.25	140.26	65.97	89.49	48.64	6.54	18.92	12.73	41.21	91.97	111.78	43.68	681.44
1965	30.06	63.49	158.83	63.49	7.78	12.73	11.49	4.06	69.68	41.21	27.59	30.06	520.47
1966	43.68	163.58	197.12	26.33	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	91.97	144.06	162.49	829.23
1967	168.73	302.45	143.91	39.97	25.11	0.35	21.40	16.44	13.97	183.59	79.59	93.21	1088.72
1968	140.26	104.35	137.78	6.54	4.06	7.78	0.00	25.11	68.45	116.73	21.40	28.83	661.29
1969	47.40	99.40	210.83	132.83	0.00	0.00	0.00	4.06	20.16	87.02	146.45	195.97	944.12
1970	167.49	145.21	136.54	215.78	35.02	17.68	0.00	6.54	74.64	132.83	99.40	126.64	1157.77
1971	167.49	161.30	304.92	178.64	16.44	9.02	0.00	22.64	11.49	136.54	54.83	137.78	1201.09
1972	153.87	131.59	192.26	108.06	42.45	0.00	5.30	1.59	11.49	70.92	85.78	59.78	863.09
1973	78.00	96.00	115.00	119.00	18.00	23.00	11.00	23.00	43.00	116.00	23.00	163.00	828.00
1974	98.00	164.00	206.00	91.00	2.00	27.00	3.00	32.00	30.00	22.00	41.00	64.00	780.00
1975	144.00	115.00	180.00	99.00	139.00	6.00	1.00	27.00	44.00	53.00	67.00	85.00	960.00
1976	193.00	244.00	171.00	67.00	13.00	31.00	1.00	32.00	7.00	34.00	25.00	52.00	870.00
1977	68.00	143.00	151.00	51.00	42.00	23.00	0.00	1.00	27.00	61.00	154.00	142.00	863.00
1978	90.00	129.00	167.00	113.00	48.00	4.00	0.00	0.00	28.00	51.00	91.00	12.00	733.00
1979	34.00	160.00	314.00	108.00	37.00	0.00	0.00	3.00	23.00	21.00	150.00	91.00	941.00
1980	108.00	171.00	164.00	58.00	2.00	1.00	7.00	20.00	0.00	167.00	246.00	135.00	1079.00
1981	58.00	243.00	192.00	136.00	0.00	3.00	0.00	8.00	13.00	72.00	264.00	224.00	1213.00
1982	219.00	229.00	121.00	110.00	2.00	0.00	0.00	0.00	25.00	188.00	176.00	134.00	1204.00
1983	146.00	118.00	132.00	25.00	7.00	29.00	0.00	0.00	8.00	0.00	0.00	208.00	673.00
1984	279.00	328.00	280.00	194.00	26.00	3.00	0.00	3.00	8.00	62.00	32.00	112.00	1327.00
1985	152.00	98.00	191.00	68.00	58.00	1.00	32.00	29.00	66.00	37.00	84.00	75.98	891.98
1986	183.09	111.87	105.96	114.92	6.99	0.99	6.99	19.01	17.97	31.03	88.05	67.98	754.85
1987	249.13	98.89	149.94	56.96	23.96	16.88	1.00	1.00	19.97	127.13	85.05	101.97	931.88
1988	73.04	128.85	129.95	174.88	16.97	47.65	0.00	29.01	3.99	83.09	41.02	130.97	859.42
1989	133.07	96.89	196.92	88.94	8.98	0.00	3.00	4.00	52.91	32.03	27.02	84.98	728.74
1990	248.12	156.82	107.96	65.95	6.99	0.99	1.00	44.02	19.97	0.00	2.00	7.00	660.82
1991	115.06	167.81	212.91	94.93	12.98	0.99	1.00	19.01	0.00	75.08	116.07	251.93	1067.77
1992	62.03	146.83	114.95	49.97	11.98	17.87	1.00	1.00	63.90	96.10	121.07	12.00	698.70
1993	22.49	106.87	245.60	154.66	49.95	7.75	4.11	5.94	21.53	77.67	133.70	75.74	906.01
1994	21.13	62.01	232.64	126.36	32.77	1.61	1.62	26.01	47.38	106.08	68.95	148.84	875.40
1995	48.46	127.27	165.38	118.56	1.62	0.00	0.00	36.74	21.08	62.15	104.07	131.28	816.61
1996	55.28	113.64	225.83	134.15	13.29	0.00	0.00	0.64	42.51	123.65	106.02	54.27	869.28
1997	87.49	112.66	90.32	20.14	17.19	0.63	0.00	0.00	6.48	72.89	104.07	134.21	646.08
1998	70.90	169.16	174.16	74.71	71.70	32.59	0.00	9.42	61.98	116.82	159.69	211.23	1152.36
1999	89.44	38.63	142.96	111.74	106.74	1.61	0.00	2.59	38.62	100.22	115.79	144.93	893.27
2000	173.34	112.66	216.08	151.69	39.57	2.57	11.36	2.59	42.51	124.63	185.06	160.54	1222.60
2001	222.12	193.51	262.87	54.24	6.48	7.41	0.00	0.00	27.90	57.26	119.69	155.66	1107.14
2002	136.26	140.91	135.16	88.35	32.77	1.61	1.62	3.57	67.83	41.65	177.25	127.39	954.37
2003	161.63	176.95	109.82	92.24	21.08	1.61	0.00	1.62	61.98	118.77	69.92	47.44	863.06
2004	76.75	151.62	95.20	14.29	12.33	0.00	0.64	7.47	15.24	71.91	42.61	12.35	500.41
2005	90.41	119.48	160.51	42.55	2.58	0.63	0.64	8.44	9.40	36.76	25.03	96.18	592.61
2006	226.03	150.65	218.03	111.74	16.22	0.00	17.20	16.26	21.08	106.08	177.25	291.18	1351.72
2007	85.52	334.76	104.95	121.48	2.58	78.09	0.64	4.54	24.01	13.33	14.31	8.44	792.65
2008	391.89	168.18	172.21	70.81	4.53	7.41	0.64	10.40	0.00	39.69	124.56	205.38	1195.70
2009	331.40	141.88	209.25	149.74	3.56	0.63	0.64	6.49	2.59	70.94	76.76	183.93	1177.81
2010	129.44	108.76	155.64	48.40	49.31	11.28	0.64	0.64	65.87	123.65	109.92	42.57	846.12
2011	150.82	138.15	152.77	59.16	7.47	0.00	0.00	5.52	73.78	102.06	58.18	53.30	801.21
2012	87.44	88.41	155.70	65.01	46.48	59.16	0.00	0.64	0.00	50.38	57.21	127.42	737.85
2013	377.07	131.32	161.55	125.47	108.89	14.30	0.00	0.00	77.68	106.94	147.90	195.68	1446.80
2014	57.21	82.56	227.87	91.34	21.12	2.59	32.83	58.18	26.00	84.51	134.25	55.25	873.71
2015	86.46	109.87	119.62	94.26	0.00	0.00	0.00	0.64	16.25	65.98	16.25	43.55	552.88
2016	73.78	213.24	133.27	20.15	4.54	6.49	0.00	0.64	29.90	18.20	62.08	14.30	576.59
2017	68.69	183.14	214.36	135.02	2.35	2.35	1.05	3.65	24.46	80.39	73.89	116.81	906.16
Min	21.13	38.63	90.32	14.29	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.00	500.41
Max	391.89	334.76	280.00	194.00	108.89	78.09	32.83	58.18	77.68	188.00	264.00	291.18	1446.80
Prom.	140.71	146.61	167.90	92.47	22.60	9.54	3.33	10.25	29.60	77.45	98.60	115.36	914.44

Anexo 1.3. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Chavín II

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA											Datum WGS84 , UTM		
Nombre de Estación: Chavin II			Rio				Región: Ancash				Norte: 8939601.92 m		
Codigo de Estación : 000445			Cuenca: Interuencia Alto Marañon V				Provincia: Huari				Este: 261248.98 m		
Tipo de Estación: Climática			Pfafstetter: 49899				Distrito: Chavin de Huantar				Altitud: 3210.00 m		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	60.66	129.09	132.96	67.41	21.13	24.98	2.82	18.35	34.71	44.28	104.99	115.62	757.00
1964	95.37	61.62	151.28	92.47	20.16	8.60	19.14	2.82	38.57	41.39	47.16	95.38	673.96
1965	141.65	170.53	99.22	44.27	28.83	14.38	2.82	2.82	14.42	110.78	94.39	131.05	855.16
1966	103.08	91.50	61.63	34.63	44.24	12.45	2.82	53.29	37.61	45.24	71.26	51.99	609.74
1967	53.92	54.87	118.50	35.59	19.20	3.79	47.94	4.76	36.64	13.42	56.80	76.09	521.52
1968	56.81	129.09	91.51	18.24	25.94	19.20	5.70	3.79	51.13	81.87	92.46	27.89	603.63
1969	133.94	154.15	86.69	83.80	34.61	17.27	16.26	6.71	78.19	70.30	52.94	78.99	813.85
1970	96.34	86.68	94.40	138.74	20.16	6.68	3.79	4.76	8.61	58.73	156.08	53.93	728.90
1971	79.58	76.78	133.61	111.25	12.51	6.92	2.82	2.82	29.36	61.89	51.63	82.39	651.56
1972	111.26	109.37	144.78	62.81	12.51	17.16	2.82	15.46	46.18	72.12	34.86	95.43	724.76
1973	118.72	106.58	131.74	73.99	11.57	14.37	32.85	2.82	24.69	57.22	86.09	65.62	726.26
1974	109.02	66.00	120.02	58.01	26.98	9.99	21.91	2.01	27.07	101.01	76.00	116.03	734.05
1975	59.01	91.00	148.02	71.01	16.99	9.99	0.00	1.01	26.06	85.01	168.01	102.03	778.14
1976	58.01	51.00	100.01	42.00	21.99	1.00	10.96	0.00	38.09	87.01	55.00	34.01	499.08
1977	85.02	101.00	113.02	32.00	20.99	2.00	2.99	2.01	20.05	91.01	88.00	62.02	620.11
1978	70.01	107.00	116.02	58.01	19.99	11.99	18.92	19.13	24.06	65.01	84.00	108.03	702.17
1979	157.03	74.00	130.02	85.01	15.99	8.99	3.98	10.07	47.12	76.01	44.00	60.02	712.24
1980	109.02	77.00	108.02	63.01	22.99	15.99	16.93	11.08	29.07	18.00	141.01	103.03	715.15
1981	123.02	76.00	133.02	86.01	35.98	20.99	2.99	0.00	30.07	59.01	109.00	115.03	791.12
1982	39.01	62.00	98.01	65.01	25.98	21.99	7.97	32.22	24.06	8.00	180.01	70.02	634.28
1983	52.01	131.00	111.02	37.00	21.99	21.99	5.98	16.11	24.06	111.01	86.00	43.01	661.18
1984	18.00	40.00	163.02	113.01	49.97	18.99	3.98	1.01	46.11	103.01	155.01	96.03	808.14
1985	87.02	124.00	116.02	53.00	20.99	30.98	4.98	6.04	27.07	101.01	50.00	133.04	754.15
1986	36.01	95.00	60.00	103.00	19.00	4.00	17.00	13.00	65.16	103.01	80.00	86.02	681.20
1987	74.01	122.00	96.01	56.00	10.00	11.00	17.00	16.00	45.00	39.00	94.00	86.00	666.02
1988	153.88	128.15	93.23	126.31	25.23	3.17	3.17	3.17	44.52	64.74	43.60	61.98	751.15
1989	75.77	98.74	112.53	63.82	20.63	21.55	6.85	19.71	54.63	91.39	47.28	29.82	642.72
1990	87.26	96.26	103.27	44.24	30.23	35.23	10.22	1.22	53.24	146.29	117.27	96.26	820.99
1991	108.27	89.26	189.30	46.24	24.23	5.22	4.22	1.22	33.23	77.25	84.26	45.24	707.94
1992	53.24	67.25	100.26	54.24	31.21	6.22	4.22	37.24	24.23	64.25	77.25	42.24	561.85
1993	76.04	80.55	119.80	78.62	11.69	3.32	5.25	7.18	42.58	54.16	101.79	115.94	696.92
1994	141.65	148.95	134.34	78.34	24.77	16.66	6.10	6.10	45.06	53.18	49.12	71.04	775.31
1995	97.01	85.64	129.47	67.79	49.12	23.96	6.92	6.10	35.32	77.53	67.79	121.36	768.01
1996	93.76	121.36	125.41	119.73	33.70	8.54	6.10	22.34	24.77	40.19	33.70	54.80	684.40
1997	75.90	108.37	55.61	23.15	15.84	10.97	6.92	16.66	39.38	48.31	88.08	96.20	585.39
1998	136.78	109.18	129.47	39.38	15.84	10.16	6.10	9.35	15.03	53.18	60.48	37.76	622.71
1999	101.88	200.09	98.63	85.64	34.51	17.47	10.97	9.35	62.92	47.50	80.77	82.40	832.13
2000	66.98	106.75	97.82	87.27	34.51	15.03	10.97	33.70	25.58	16.66	39.38	75.90	610.55
2001	120.90	62.32	128.58	36.39	37.35	5.66	5.66	7.58	34.47	74.80	95.93	87.29	696.93
2002	58.70	83.89	131.37	71.30	19.95	5.41	30.61	6.38	20.92	87.77	97.46	85.83	699.59
2003	47.08	64.52	105.21	53.86	28.67	10.26	5.41	18.01	18.01	32.54	59.67	145.90	589.14
2004	35.45	81.96	55.80	24.79	15.10	15.10	23.82	8.32	40.29	89.71	87.77	93.58	571.69
2005	59.67	86.80	103.29	39.33	24.79	5.41	4.45	7.35	18.01	81.96	42.23	95.52	568.81
2006	79.05	95.52	145.90	84.86	12.20	49.98	10.26	10.26	17.07	68.39	104.24	118.77	796.50
2007	59.68	32.54	131.37	104.24	24.79	4.45	9.29	10.26	20.92	111.02	66.45	74.20	649.21
2008	101.33	96.49	106.18	90.68	31.57	19.95	5.41	16.07	30.61	108.12	84.86	62.58	753.85
2009	168.19	139.12	192.41	93.58	42.23	21.89	17.04	13.17	10.26	94.55	43.20	111.02	946.66
2010	96.76	102.65	127.19	32.97	23.15	3.52	12.35	2.54	32.06	56.52	83.02	75.19	647.92
2011	108.54	101.67	70.26	72.23	12.35	15.30	6.46	1.56	29.04	53.58	81.06	108.54	660.59
2012	78.11	113.45	156.64	51.61	23.15	3.52	1.56	0.58	29.04	101.67	70.26	97.75	727.34
2013	84.00	109.52	165.47	65.36	13.33	27.08	3.52	23.15	50.63	62.41	73.21	74.19	751.87
2014	110.31	139.09	134.83	77.26	17.57	13.31	65.54	3.71	14.37	60.21	86.86	63.41	786.47
2015	80.46	106.04	78.33	77.26	45.29	28.23	0.00	9.04	12.24	73.00	43.15	88.99	642.03
2016	57.01	54.88	139.09	23.97	28.23	4.78	3.71	6.91	15.44	129.50	93.25	106.04	662.81
2017	137.16	95.66	120.33	85.56	27.23	2.55	7.04	22.75	32.84	56.40	56.40	53.03	696.95
Min	18.00	32.54	55.61	23.15	10.00	2.55	0.00	0.00	10.26	8.00	33.70	29.82	561.85
Max	168.19	200.09	192.41	126.31	49.97	49.98	65.54	37.24	65.16	146.29	180.01	145.90	946.66
Prom.	86.55	98.25	117.54	67.79	25.93	14.73	9.92	11.49	32.03	71.55	80.39	84.34	700.52

Anexo 1.4. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Laguna Otuto

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA												Datum WGS84 , UTM	
Nombre de Estación: Laguna Otuto				Río				Región: Ancash				Norte: 8928592.00 m	
Codigo de Estación : 150905				Cuenca: Cuenca Santa				Provincia: Recuay				Este: 225667.00 m	
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 1376				Distrito: Recuay				Altitud: 4200.00 m	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	31.01	94.15	152.06	121.19	43.96	0.00	0.00	0.00	59.20	52.98	163.90	206.12	924.57
1964	229.04	117.18	200.07	123.20	42.96	0.00	0.00	2.01	844.89	181.92	67.96	80.05	1889.28
1965	221.04	139.22	225.08	85.14	51.96	0.00	0.00	0.00	19.07	106.96	128.92	184.11	1161.50
1966	214.04	121.19	169.06	112.18	72.94	0.00	0.00	1.00	33.11	190.92	15.99	61.04	991.47
1967	135.47	49.49	182.04	72.80	26.06	0.00	0.00	0.00	26.27	370.25	332.98	114.58	1309.94
1968	71.24	83.49	84.11	59.08	60.38	39.41	39.41	39.41	307.75	63.44	58.70	54.99	961.41
1969	93.25	85.18	77.34	63.82	70.19	39.75	39.41	40.77	643.01	58.02	95.57	242.97	1549.28
1970	65.48	155.02	136.09	92.65	32.19	0.00	0.00	0.00	0.00	77.87	299.80	223.35	1082.45
1971	158.90	67.70	360.34	196.60	94.39	6.74	0.00	0.00	0.00	44.66	235.49	254.51	1419.33
1972	171.36	163.33	416.41	294.32	38.41	0.00	0.00	0.00	172.04	0.00	189.85	233.75	1679.47
1973	180.72	175.49	344.70	196.00	108.23	12.71	12.71	12.71	14.08	220.22	211.98	186.25	1675.80
1974	238.09	135.82	162.99	134.45	123.24	57.24	12.71	12.71	46.98	18.18	42.75	120.67	1105.83
1975	101.50	48.28	290.06	182.33	33.19	12.71	12.71	12.71	14.08	63.22	27.72	109.73	908.24
1976	137.02	105.73	231.31	159.07	50.93	12.71	12.71	12.71	802.05	12.71	12.71	78.31	1627.97
1977	254.48	238.41	216.28	98.89	59.11	12.71	12.71	12.71	12.71	12.71	112.35	123.40	1166.47
1978	204.54	129.04	198.09	120.39	29.21	0.00	0.00	0.00	0.00	102.76	0.00	85.58	869.61
1979	368.98	224.37	189.44	185.39	35.70	0.00	0.00	0.00	179.29	0.00	163.26	98.58	1445.01
1980	187.23	189.72	152.64	74.89	126.47	0.00	0.00	0.00	0.00	102.76	308.11	297.71	1439.53
1981	301.90	189.72	529.19	306.73	279.92	17.72	0.00	0.00	72.93	0.00	98.41	133.21	1929.73
1982	115.82	146.39	185.11	126.88	126.47	0.00	0.00	57.74	0.00	122.23	178.40	178.66	1237.70
1983	198.05	159.37	163.48	111.71	44.35	0.00	0.00	0.00	346.42	234.67	254.07	154.85	1666.97
1984	209.73	228.36	246.32	255.78	48.30	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	203.49	243.33	1435.31
1985	288.90	304.58	337.67	219.19	258.16	0.00	0.00	0.00	0.00	33.11	173.05	176.33	1790.99
1986	361.96	194.81	374.23	271.03	124.34	0.00	0.00	0.00	18.04	0.00	0.00	124.55	1468.96
1987	221.93	258.83	267.65	170.43	112.16	0.00	0.00	0.00	24.16	87.90	0.00	279.89	1422.95
1988	188.42	191.77	270.70	237.49	63.52	0.00	0.00	0.00	0.00	27.02	90.92	194.60	1264.44
1989	87.96	200.90	215.88	225.31	115.21	0.00	0.00	0.00	0.00	133.53	48.33	161.08	1188.20
1990	0.00	51.53	118.44	88.12	96.97	38.53	0.00	0.00	97.46	127.45	87.87	203.73	910.10
1991	84.92	85.04	298.09	280.20	148.66	0.00	0.00	0.00	115.79	0.00	440.77	307.29	1760.76
1992	289.11	220.90	275.46	146.38	145.95	0.00	0.00	0.00	0.00	216.50	34.45	107.02	1435.77
1993	314.41	179.99	617.22	243.81	50.76	0.00	0.00	0.00	0.00	227.37	228.78	263.83	2126.17
1994	302.83	217.70	279.70	145.18	66.67	0.00	0.00	0.00	24.88	29.08	136.16	150.82	1353.02
1995	191.32	107.48	176.87	140.84	110.08	0.00	0.00	0.00	3.08	153.55	97.08	146.47	1126.77
1996	321.65	235.11	299.99	190.14	55.10	0.00	0.00	0.00	17.62	68.17	99.98	84.18	1371.94
1997	158.00	200.30	111.68	69.77	20.38	0.00	0.00	14.71	21.97	52.24	153.52	246.44	1049.01
1998	289.80	197.38	250.74	175.65	10.26	20.02	0.00	0.00	39.41	173.83	49.33	98.66	1305.08
1999	199.95	294.31	150.66	181.42	47.24	0.00	0.00	0.00	0.00	103.59	256.08	263.46	1496.71
2000	183.51	157.92	369.09	256.67	54.26	0.00	0.00	0.00	0.00	77.76	26.13	181.23	1306.57
2001	98.97	113.24	289.24	226.10	157.50	0.00	0.00	0.00	0.00	80.11	321.78	185.93	1472.87
2002	229.72	98.22	264.51	133.03	21.21	0.00	0.00	0.00	0.00	123.57	280.67	361.52	1512.45
2003	209.59	94.56	244.38	186.12	41.30	0.00	0.00	0.00	45.25	92.49	174.69	171.27	1259.65
2004	179.79	166.43	95.81	75.08	47.02	34.39	34.39	34.39	589.80	191.44	43.41	106.67	1598.62
2005	176.18	156.48	109.36	94.08	81.30	34.39	35.38	36.20	235.53	41.61	35.29	102.14	1137.94
2006	2.51	147.72	414.55	268.19	73.29	28.44	0.00	0.00	0.00	23.91	206.67	353.65	1518.93
2007	170.59	76.78	294.24	190.64	129.25	0.00	0.00	0.00	0.00	74.97	70.01	101.43	1107.91
2008	0.00	137.84	213.48	200.54	129.25	0.00	0.00	0.00	121.56	17.32	267.60	167.36	1254.95
2009	0.00	157.62	289.29	223.64	71.64	0.00	0.00	0.00	197.61	114.49	264.30	350.33	1668.92
2010	50.61	27.33	228.74	187.35	48.90	4.00	7.66	7.34	4.00	266.81	250.14	287.06	1369.94
2011	111.57	245.40	165.37	113.63	78.10	27.52	0.00	0.00	128.77	194.85	230.00	209.89	1505.10
2012	322.87	145.17	361.86	258.39	28.13	0.00	0.00	0.00	11.62	141.13	0.00	115.33	1384.50
2013	23.12	66.28	312.26	220.92	66.17	23.12	23.12	24.92	23.12	342.54	84.12	163.22	1372.91
2014	338.51	157.64	325.43	185.42	58.12	15.81	15.81	15.81	18.75	26.03	91.68	123.90	1372.91
2015	95.07	81.27	89.98	82.24	79.54	70.57	69.13	70.10	485.97	77.12	86.81	85.13	1372.93
2016	364.08	66.93	234.89	116.86	79.72	15.18	15.18	15.18	15.18	15.18	230.99	203.55	1372.92
2017	353.58	134.98	272.30	173.78	128.85	0.00	0.00	0.00	55.62	20.55	306.85	148.42	1594.93
Min	0.00	27.33	89.98	69.77	10.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	84.18	910.10
Max	364.08	304.58	617.22	306.73	279.92	70.57	69.13	70.10	589.80	342.54	440.77	361.52	2126.17
Prom.	190.11	160.16	260.43	180.36	90.12	8.68	5.28	7.27	71.44	100.39	155.52	190.37	1420.13

Anexo 1.5. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Recuay

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA											Datum WGS84 , UTM		
Nombre de Estación: Recuay				Río			Región: Ancash				Norte: 8923554.00 m		
Codigo de Estación : 000441				Cuenca: Cuenca Santa			Provincia: Recuay				Este: 230782.00 m		
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 1376			Distrito: Recuay				Altitud: 3394.00 m		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	150.04	150.12	204.98	126.08	31.99	2.00	0.00	5.00	45.07	108.14	119.08	91.96	1034.46
1964	29.01	81.07	210.98	85.05	42.99	8.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	30.99	488.09
1965	126.04	153.13	79.99	51.03	31.99	0.00	6.06	1.00	51.08	87.11	41.03	122.95	751.41
1966	85.02	96.08	48.00	43.03	24.99	0.00	0.00	0.00	12.02	107.14	52.04	69.97	538.29
1967	119.03	195.16	142.99	58.03	23.99	5.00	16.16	11.00	35.05	136.18	35.02	58.97	836.58
1968	74.02	83.07	110.99	22.01	46.99	0.00	0.00	22.00	25.04	90.12	34.02	14.99	523.25
1969	44.01	94.08	91.99	65.04	12.00	1.00	0.00	11.00	10.02	62.08	89.06	127.94	608.22
1970	127.04	57.05	86.99	133.08	42.99	6.00	0.00	14.00	95.15	172.22	200.14	181.92	1116.58
1971	64.02	93.08	199.98	45.03	0.00	4.00	0.00	16.00	18.03	67.09	69.05	152.93	729.21
1972	100.64	106.42	205.34	86.75	33.51	14.70	14.70	22.07	14.70	21.26	40.08	76.05	736.22
1973	85.51	114.77	180.58	105.01	62.77	0.00	0.00	0.00	20.69	127.81	133.14	174.04	1004.32
1974	129.85	139.65	129.79	46.61	14.15	0.00	0.00	0.11	17.44	56.40	58.51	87.61	680.12
1975	92.01	153.71	171.93	47.70	35.76	10.92	0.00	2.27	53.16	147.29	121.24	43.32	879.31
1976	111.46	133.16	116.82	97.44	34.68	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	52.03	24.96	570.55
1977	92.01	139.65	116.82	24.99	26.04	0.00	0.00	0.00	66.14	78.03	122.32	90.85	756.85
1978	95.25	107.20	167.61	30.39	0.11	0.00	0.00	157.94	30.42	31.51	61.76	104.90	787.09
1979	32.54	119.10	176.25	95.28	16.31	0.00	0.00	2.27	18.52	5.53	42.29	26.04	534.13
1980	81.32	57.84	87.88	45.59	10.77	4.18	1.36	9.83	10.79	149.20	119.00	140.50	718.26
1981	133.07	167.03	177.21	50.30	4.18	1.36	1.36	16.41	10.79	42.80	135.00	78.44	817.95
1982	149.99	154.79	90.70	41.83	5.13	1.36	9.91	4.18	15.49	154.86	122.77	102.89	853.90
1983	118.01	39.01	107.63	47.47	10.77	15.47	3.26	1.36	10.79	68.22	88.88	57.76	568.63
1984	94.97	223.31	222.11	86.12	59.42	18.03	11.27	0.00	41.77	149.37	85.14	79.13	1070.64
1985	36.78	110.81	106.76	123.61	43.66	0.00	10.27	0.00	69.41	42.74	40.74	104.75	689.53
1986	214.30	132.52	64.36	84.14	14.09	0.00	0.00	5.22	38.80	46.69	70.34	123.47	793.93
1987	169.92	120.67	72.25	71.32	4.23	0.00	0.00	3.24	54.60	52.61	107.84	177.68	834.36
1988	150.20	128.57	85.07	110.79	29.86	0.29	0.00	19.02	42.75	105.92	92.05	67.30	831.82
1989	171.90	135.48	103.80	78.23	29.86	4.23	0.00	20.00	34.85	133.57	37.78	6.20	755.90
1990	105.82	39.76	71.27	45.67	29.86	0.29	0.00	2.26	6.21	128.63	113.75	57.44	600.96
1991	54.53	60.48	227.04	95.00	38.73	0.00	2.31	0.00	0.00	57.55	72.31	29.86	637.81
1992	0.00	67.39	108.73	46.66	26.90	15.08	0.00	10.15	45.72	73.35	40.74	43.65	478.37
1993	94.95	82.01	160.53	98.40	11.52	0.00	0.00	0.00	23.88	95.74	79.26	116.06	762.35
1994	118.61	127.43	222.71	99.38	35.41	3.91	1.29	4.78	32.84	45.98	49.46	72.15	813.95
1995	40.68	86.25	126.44	113.39	34.53	1.28	0.41	3.91	16.19	66.14	70.47	109.77	669.46
1996	118.61	141.44	183.33	54.71	24.91	0.41	0.41	6.53	16.19	104.70	38.07	67.78	757.09
1997	94.09	124.80	38.92	44.20	14.41	0.41	0.41	2.16	21.45	43.35	68.72	176.26	629.18
1998	215.79	178.24	151.81	121.27	27.53	14.41	0.41	5.66	34.59	131.87	24.06	34.52	940.16
1999	115.98	187.00	113.31	91.49	54.66	8.28	0.41	1.28	54.76	42.47	84.50	98.40	852.54
2000	52.94	165.98	108.93	80.10	43.29	0.41	0.41	25.80	28.46	37.21	34.57	144.77	722.87
2001	193.90	108.15	227.08	42.45	27.53	12.66	0.41	0.41	74.04	59.13	151.06	49.40	946.22
2002	76.57	87.13	153.57	52.08	22.28	7.41	0.41	0.41	36.35	61.76	136.17	137.77	771.91
2003	101.97	95.89	143.94	58.21	24.03	8.28	0.41	1.28	55.64	108.21	42.45	76.52	716.83
2004	78.33	109.91	27.54	56.46	14.41	1.28	6.59	1.28	2.16	45.11	88.00	136.02	567.09
2005	124.73	66.98	94.93	38.07	30.16	0.41	0.41	1.28	6.54	66.14	0.41	81.77	511.83
2006	106.62	162.80	145.05	109.26	11.38	2.90	12.13	2.25	31.64	69.50	67.51	122.84	843.88
2007	40.09	36.19	127.45	39.44	4.86	3.55	2.91	10.08	43.40	58.40	56.42	62.22	485.01
2008	106.62	169.33	128.10	85.77	13.34	21.15	2.25	43.34	4.21	32.29	80.56	72.65	759.61
2009	111.19	131.48	254.60	87.08	8.12	2.25	23.33	4.21	5.52	81.91	72.73	95.47	877.89
2010	65.36	74.84	144.93	75.87	26.57	0.00	0.00	0.00	66.52	122.08	90.55	122.89	789.61
2011	136.37	191.99	86.88	74.84	9.20	0.00	0.00	37.46	58.74	52.66	90.99	65.68	804.81
2012	92.98	113.23	222.08	165.69	42.49	0.00	19.52	0.00	0.00	59.73	28.39	95.93	840.04
2013	158.58	110.19	171.63	125.32	45.52	63.68	0.00	0.00	74.91	98.12	102.10	113.08	1063.13
2014	121.23	114.24	178.69	62.72	44.51	0.00	0.00	25.36	19.33	51.65	52.63	42.48	712.84
2015	119.21	70.81	90.92	45.56	24.33	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20	6.19	53.58	417.80
2016	72.79	71.82	118.16	25.37	0.00	1.13	0.00	1.13	63.79	129.44	95.04	88.87	667.54
2017	58.54	165.50	136.10	91.65	0.00	0.00	0.00	28.01	91.75	53.52	99.29	30.54	754.90
Min	0.00	36.19	27.54	25.37	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	7.20	0.41	6.20	417.80
Max	215.79	223.31	254.60	165.69	59.42	63.68	23.33	43.34	91.75	154.86	151.06	177.68	1070.64
Prom.	107.83	116.09	133.75	75.41	23.75	5.63	2.94	7.85	32.76	77.10	74.63	87.80	745.54

Anexo 1.6. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Aija

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA											Datum WGS84 , UTM		
Nombre de Estación: Aija				Rio			Región: Ancash				Norte: 8917655.00 m		
Codigo de Estación : 000440				Cuenca: Cuenca Huarney			Provincia: Aija				Este: 214005.00 m		
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 137594			Distrito: Aija				Altitud: 3360.00 m		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	29.00	135.89	163.04	41.03	1.01	0.00	0.00	1.99	76.52	67.91	55.80	27.00	599.19
1964	21.00	71.00	73.00	51.00	7.00	0.00	0.00	0.00	12.00	44.00	26.00	9.00	314.00
1965	44.00	70.00	130.00	29.00	2.00	0.00	0.00	0.00	7.00	28.00	20.00	53.00	383.00
1966	92.00	57.00	55.00	23.00	7.00	0.00	0.00	0.00	24.00	90.00	8.00	43.00	399.00
1967	139.00	155.00	102.00	21.00	9.00	5.00	3.00	1.00	11.00	67.00	21.00	18.00	552.00
1968	18.00	46.00	96.00	14.00	25.00	0.00	0.00	6.00	20.00	30.00	25.00	9.00	289.00
1969	26.00	56.00	77.00	51.00	5.00	0.00	1.00	0.00	6.00	48.00	92.00	62.97	424.97
1970	96.00	62.95	74.00	59.00	23.00	2.00	0.00	5.00	53.00	55.00	75.00	47.00	551.95
1971	41.27	64.34	104.95	37.11	10.81	10.81	10.81	18.19	14.50	28.35	33.42	58.80	433.36
1972	45.42	42.19	184.78	32.96	10.81	10.81	12.19	14.04	18.66	14.96	23.27	34.81	444.90
1973	77.54	62.92	136.94	48.30	25.45	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	67.49	99.47	553.96
1974	78.46	104.96	50.13	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	7.17	13.57	23.62	320.93
1975	32.76	116.84	111.35	27.28	14.48	13.57	7.17	7.17	7.17	51.95	13.57	39.16	442.47
1976	113.39	96.50	52.60	56.02	4.18	0.00	0.00	0.00	39.36	54.77	0.00	12.05	428.87
1977	37.96	64.92	179.87	10.95	24.65	0.00	0.00	0.00	1.94	3.06	31.09	61.57	416.01
1978	32.33	132.43	23.32	30.10	0.00	0.00	0.00	43.43	92.63	77.26	7.54	30.07	469.11
1979	50.34	49.18	104.41	59.40	0.00	0.00	0.00	0.81	62.02	61.52	18.75	8.69	415.12
1980	33.46	84.05	106.66	31.23	0.00	0.00	0.86	4.17	0.00	45.77	82.70	48.07	436.97
1981	79.62	123.42	102.16	34.60	0.00	0.00	0.00	0.00	51.82	52.53	56.90	67.20	568.25
1982	19.95	156.05	85.27	39.11	0.00	0.00	2.03	0.00	0.82	99.75	67.00	46.94	516.92
1983	43.59	51.42	37.97	21.08	3.09	0.79	0.86	0.00	48.42	110.99	34.46	46.94	399.61
1984	13.19	76.18	49.23	58.27	84.83	0.79	0.00	0.00	1.94	46.90	32.22	90.83	454.38
1985	35.71	90.81	96.53	26.72	30.34	1.92	0.00	0.00	35.96	27.79	18.75	40.19	404.72
1986	48.09	98.68	43.60	45.87	0.00	0.00	0.00	0.81	22.35	8.67	0.81	61.57	330.45
1987	95.11	72.12	76.01	67.12	4.63	5.89	5.97	10.98	4.63	8.46	10.98	140.91	502.81
1988	170.30	115.41	39.05	47.99	27.76	4.63	4.63	7.17	11.04	4.63	17.33	54.31	504.25
1989	54.33	126.87	73.46	70.95	7.21	5.89	4.63	23.67	79.04	53.00	10.98	19.91	529.94
1990	65.80	88.68	21.20	9.73	11.06	4.63	4.63	4.63	7.19	13.54	24.95	27.56	283.60
1991	68.35	92.50	93.86	36.52	7.21	4.63	4.63	4.63	7.19	14.81	90.98	47.94	473.25
1992	22.47	50.47	73.46	26.31	5.92	4.63	4.63	4.63	5.92	64.45	37.65	42.84	343.38
1993	26.42	37.68	155.05	27.78	16.95	15.82	15.82	15.82	26.26	37.67	34.25	30.02	439.54
1994	86.96	41.74	150.09	43.50	4.28	1.70	1.70	1.70	8.56	54.49	21.24	40.90	456.86
1995	63.94	67.30	46.04	46.92	10.29	1.70	1.70	1.70	1.70	40.02	22.94	51.13	355.38
1996	16.19	53.67	162.87	46.92	6.00	1.70	1.70	1.70	3.41	73.22	17.00	26.41	410.79
1997	40.92	41.74	48.60	5.11	5.14	1.70	2.60	1.70	33.46	67.27	25.49	132.93	406.66
1998	67.35	49.41	52.01	44.36	3.42	1.70	1.70	1.70	21.45	88.55	7.65	17.89	357.19
1999	72.47	109.89	56.28	34.98	111.75	1.70	2.60	1.70	12.86	72.37	29.84	40.07	546.51
2000	56.27	105.72	91.22	50.30	20.46	1.70	1.70	7.67	3.41	10.23	15.34	88.67	452.69
2001	113.39	59.68	144.08	43.48	7.67	1.70	1.70	1.70	26.43	44.33	57.12	28.98	530.26
2002	27.97	88.48	104.62	29.99	0.00	3.77	0.00	0.00	9.82	54.19	83.44	40.07	442.35
2003	87.90	53.93	95.45	34.12	6.75	3.92	3.92	3.92	6.77	30.31	41.67	51.10	419.76
2004	21.85	54.88	48.27	3.92	5.81	4.87	3.92	3.92	29.40	53.93	5.81	62.43	299.01
2005	32.23	21.85	90.74	15.25	8.64	3.92	3.92	3.92	3.92	20.91	3.92	58.65	267.87
2006	77.52	63.37	189.81	72.81	3.92	3.92	3.92	3.92	3.92	35.06	58.65	75.64	592.46
2007	30.34	46.39	127.54	39.78	3.92	4.87	6.75	10.53	3.92	42.61	16.19	30.33	363.17
2008	67.14	121.87	108.66	37.89	3.92	7.70	3.92	11.47	7.70	7.69	36.01	44.50	458.47
2009	94.51	67.10	143.58	82.24	3.92	3.92	3.92	7.70	12.42	99.23	60.54	46.39	625.47
2010	55.82	71.86	60.55	41.70	21.05	3.92	3.92	3.92	170.18	99.10	54.70	49.19	635.91
2011	80.36	37.89	59.60	60.54	3.92	3.92	3.92	5.81	41.67	35.06	55.82	47.33	435.84
2012	69.03	81.30	137.92	50.16	21.85	3.92	4.87	3.92	6.75	7.70	3.92	68.09	459.43
2013	127.54	105.83	98.28	9.58	22.80	4.87	3.92	3.92	40.72	129.42	11.47	69.03	627.38
2014	34.12	81.30	98.28	5.81	33.18	3.92	4.87	13.36	4.87	9.58	28.46	29.40	347.15
2015	65.26	36.01	43.55	31.29	4.87	3.92	3.92	3.92	10.53	33.18	30.34	19.02	285.81
2016	49.22	70.92	109.61	11.47	3.92	3.92	3.92	7.70	4.87	7.70	34.12	29.40	336.77
2017	29.15	43.28	42.95	24.43	12.65	12.65	12.99	14.00	149.30	53.38	25.78	19.05	439.61
Min	13.19	21.85	21.20	3.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	4.63	0.81	17.89	267.87
Max	170.30	156.05	189.81	82.24	111.75	15.82	15.82	23.67	170.18	129.42	90.98	140.91	635.91
Prom.	59.05	74.73	88.53	37.10	13.92	3.71	3.60	5.21	24.23	46.28	33.35	50.84	440.55

Anexo 1.7. Datos de Precipitación Mensual de la estación: La Merced

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA											Datum WGS84 , UTM		
Nombre de Estación: La Merced				Río			Región: Ancash				Norte: 8926593.91 m		
Codigo de Estación : 154416				Cuenca: Cuenca Huarmey			Provincia: Aija				Este: 205551.12 m		
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 137594			Distrito: La Merced				Altitud: 3250.00 m		
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	87.83	155.11	144.93	144.98	4.96	0.00	0.00	0.00	26.21	86.31	86.32	32.29	768.94
1964	13.97	103.08	143.93	143.98	18.86	0.00	0.00	3.88	19.16	44.16	44.16	17.16	552.34
1965	21.96	71.05	124.94	124.98	3.97	0.00	1.95	0.00	3.02	29.10	29.11	59.54	469.62
1966	74.85	63.05	36.98	37.00	9.93	0.00	0.00	0.00	8.07	92.33	92.34	13.12	427.67
1967	146.71	148.11	101.95	101.99	7.94	2.50	2.92	0.00	10.08	59.21	59.22	15.14	655.77
1968	36.93	28.02	61.97	61.99	25.81	0.00	0.00	0.00	15.12	40.14	40.15	9.08	319.21
1969	32.42	38.54	37.39	37.40	26.33	24.54	24.54	24.97	25.90	32.23	32.24	195.78	532.28
1970	72.55	46.92	73.60	73.63	5.79	2.79	2.00	2.00	7.78	122.79	122.81	50.20	582.86
1971	76.36	120.53	103.20	103.24	2.00	2.00	2.00	2.00	14.52	13.50	13.50	66.58	519.43
1972	84.94	101.42	135.66	135.71	2.94	2.00	2.00	2.00	13.56	6.79	6.79	48.27	542.08
1973	44.90	66.05	137.57	137.62	7.69	2.00	2.92	2.00	5.85	20.21	20.21	37.67	484.69
1974	52.08	70.53	57.57	57.59	6.04	5.37	5.37	5.37	8.79	17.62	17.62	16.32	320.27
1975	163.77	103.79	100.28	100.31	9.41	7.06	5.37	5.37	6.74	112.91	112.93	16.32	744.26
1976	277.09	68.05	86.42	86.44	12.66	10.99	10.99	10.99	21.99	21.94	21.94	21.15	650.65
1977	57.85	50.42	101.50	101.53	31.80	10.99	12.63	10.99	14.37	52.22	52.23	28.76	525.29
1978	37.77	146.92	78.87	78.90	11.82	10.99	10.99	10.99	31.28	67.37	67.38	24.53	577.81
1979	31.07	53.79	83.90	83.93	10.99	10.99	10.99	10.99	20.29	16.04	16.04	26.22	375.24
1980	26.06	65.58	61.36	61.38	11.54	10.17	10.17	10.17	12.96	172.71	172.74	39.50	654.34
1981	28.13	73.89	87.65	87.68	10.85	10.17	10.17	10.17	17.14	24.75	24.76	24.83	410.19
1982	28.86	34.43	27.23	27.23	20.04	19.89	20.19	19.89	20.35	144.77	144.79	24.58	532.25
1983	81.36	65.96	130.87	130.92	7.39	5.88	6.06	4.80	17.91	24.37	24.38	32.36	532.26
1984	50.51	35.15	55.83	55.84	13.05	7.83	8.79	7.83	9.49	136.23	136.25	15.46	532.26
1985	68.80	95.75	85.61	85.63	34.16	8.53	10.86	7.60	17.71	14.31	14.31	28.97	472.24
1986	99.96	118.06	55.52	55.53	7.60	7.60	7.60	7.60	18.84	16.55	16.55	21.10	432.51
1987	233.49	99.09	61.10	61.11	9.82	7.60	7.60	7.60	10.97	15.43	15.44	58.23	587.48
1988	40.98	162.69	62.21	62.22	85.08	7.60	7.60	7.60	21.09	62.42	62.43	31.23	613.15
1989	46.55	111.37	90.06	90.09	8.70	7.60	7.60	7.60	13.22	88.17	88.18	27.85	586.99
1990	34.30	83.47	87.83	87.86	15.35	7.60	7.60	7.60	14.35	25.51	25.51	30.10	427.08
1991	34.30	119.17	211.53	211.61	10.92	7.60	9.77	7.60	14.35	44.53	44.53	39.11	755.02
1992	65.47	77.90	63.33	63.34	8.70	7.60	7.60	7.60	13.22	15.43	15.44	37.98	383.61
1993	15.78	67.30	106.35	106.39	6.55	0.00	1.19	0.00	2.78	98.31	98.32	29.91	532.88
1994	38.37	76.87	114.07	114.11	15.98	6.46	6.46	6.46	19.36	18.23	18.23	45.18	479.78
1995	40.51	66.20	117.27	117.31	15.98	6.46	6.46	6.46	8.61	40.69	40.70	35.51	502.16
1996	37.31	71.53	180.13	180.19	12.81	6.46	6.46	6.46	12.91	92.03	92.06	21.52	719.87
1997	41.57	43.80	52.27	52.28	14.92	6.46	6.46	6.46	10.75	22.50	22.51	147.38	427.36
1998	17.45	47.38	96.87	96.91	5.39	2.86	2.86	2.86	17.60	113.19	113.21	15.69	532.27
1999	60.21	157.95	72.47	72.50	36.64	5.00	5.00	5.00	18.23	36.99	37.00	32.44	539.43
2000	146.30	179.53	86.54	86.56	8.72	5.00	5.00	5.00	7.83	22.88	22.88	27.71	603.95
2001	80.80	88.51	117.46	117.50	14.31	5.00	5.00	5.00	16.34	18.17	18.17	23.92	510.18
2002	51.79	104.46	99.65	99.69	7.79	6.56	5.00	5.00	11.62	12.53	12.53	58.93	475.55
2003	139.34	89.81	78.14	78.17	15.83	9.64	9.64	9.64	15.93	33.76	33.76	38.38	552.04
2004	67.38	74.66	49.68	49.69	11.41	9.64	11.38	9.64	20.41	25.72	25.73	38.38	393.72
2005	46.06	37.25	68.36	68.38	12.30	9.64	9.64	10.51	13.23	14.11	14.11	24.02	327.61
2006	62.05	109.40	182.23	182.29	9.64	9.64	12.24	9.64	10.54	20.36	20.36	82.40	710.79
2007	74.49	46.16	128.85	128.89	11.41	9.64	9.64	9.64	17.72	21.26	21.26	26.71	505.67
2008	150.89	156.61	131.52	131.56	14.06	11.13	9.64	9.64	13.23	22.15	22.15	31.20	703.78
2009	76.75	29.62	134.75	134.80	9.56	9.56	11.70	9.56	11.77	39.73	39.74	24.73	532.27
2010	93.91	139.90	134.51	134.56	11.74	0.00	0.00	0.00	22.51	66.94	66.95	77.88	748.90
2011	65.25	45.84	54.91	54.92	0.00	0.00	0.00	0.00	25.14	22.39	22.39	50.21	341.05
2012	151.31	116.56	169.47	169.53	26.53	8.69	12.67	8.69	11.99	16.89	16.89	33.41	742.63
2013	115.45	117.37	154.78	154.84	17.61	8.69	9.49	8.69	22.69	31.64	31.64	26.82	699.71
2014	50.26	76.52	65.01	65.03	34.64	8.69	8.69	8.69	10.34	17.71	17.71	26.00	389.29
2015	29.07	50.37	49.50	49.51	9.50	8.69	8.69	8.69	20.22	15.25	15.25	22.71	287.45
2016	82.03	43.83	102.55	102.59	11.94	8.69	8.69	8.69	10.34	66.06	66.06	33.41	544.88
2017	45.22	124.41	109.13	109.16	0.00	0.00	0.00	0.00	43.99	40.41	40.41	27.08	539.81
Min	15.78	29.62	27.23	27.23	0.00	0.00	0.00	0.00	2.78	12.53	12.53	15.46	287.45
Max	233.49	179.53	211.53	211.61	85.08	19.89	20.19	19.89	43.99	172.71	172.74	147.38	755.02
Prom.	68.90	86.96	98.33	98.36	15.22	7.32	7.73	7.21	15.73	45.13	45.14	37.18	533.22

Anexo 1.8. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Cajamarquilla

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA												Datum WGS84 , UTM	
Nombre de Estación: Cajamarquilla				Río				Región: Ancash				Norte: 8933971.00 m	
Codigo de Estación : 154108				Cuenca: Cuenca Casma				Provincia: Huaraz				Este: 199149.00 m	
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 137596				Distrito: La Libertad				Altitud: 3028.00 m	
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
1963	2.00	233.02	168.97	74.01	1.00	0.00	0.00	0.00	2.99	49.96	97.99	67.02	696.96
1964	22.00	68.01	106.98	71.01	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	55.96	22.00	11.00	357.96
1965	60.00	93.01	170.97	35.01	4.99	0.00	0.00	0.00	0.00	29.98	11.00	57.02	461.98
1966	84.00	82.01	58.99	27.00	4.99	0.00	0.00	0.00	11.96	82.94	26.00	2.00	379.89
1967	23.00	202.02	263.95	34.01	14.97	0.00	14.12	0.00	7.97	46.96	15.00	2.00	624.00
1968	23.00	20.00	140.97	17.00	4.99	0.00	0.00	0.00	1.00	28.98	26.00	16.00	277.94
1969	6.00	42.00	145.97	89.01	2.99	0.00	0.00	0.00	3.99	55.96	71.99	91.02	508.93
1970	149.00	26.00	156.97	67.01	19.96	0.00	0.00	0.00	225.18	45.97	104.99	58.02	853.10
1971	53.97	83.08	186.00	36.07	2.49	2.49	2.49	2.49	5.84	10.32	14.80	120.04	520.08
1972	109.78	132.18	279.89	3.42	0.00	0.00	5.72	6.87	0.00	10.13	44.84	66.14	658.97
1973	132.17	82.92	145.57	109.80	12.35	0.00	12.49	8.00	13.44	44.81	41.48	77.34	680.37
1974	71.72	156.81	87.37	54.93	0.00	8.80	0.00	0.00	0.00	0.00	7.90	35.90	423.43
1975	98.58	154.57	209.37	0.00	2.29	0.00	0.00	24.99	12.34	34.75	30.29	37.02	604.20
1976	162.40	119.87	82.89	49.34	0.00	0.00	0.00	1.21	0.00	0.00	0.00	16.86	432.57
1977	88.51	190.40	155.65	26.93	15.71	0.00	0.00	0.00	10.10	29.15	48.19	61.65	626.29
1978	38.13	40.37	61.63	2.31	0.00	0.00	4.59	1.21	26.83	26.91	20.22	16.86	239.06
1979	22.78	43.20	220.63	27.88	1.07	1.07	1.07	6.24	12.52	1.07	12.56	35.56	385.65
1980	78.95	34.27	100.63	18.95	4.89	1.07	1.07	6.24	1.07	115.89	68.73	48.32	480.08
1981	154.28	206.64	138.93	24.05	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	27.86	36.82	75.15	669.08
1982	61.08	77.68	27.88	2.35	1.07	1.07	1.07	1.07	1.07	63.58	147.87	165.81	551.60
1983	139.05	90.12	207.75	71.47	0.00	0.00	0.00	0.00	10.82	14.35	29.51	137.91	700.98
1984	107.58	257.92	225.23	44.67	41.07	0.00	0.00	0.00	0.00	63.26	0.00	50.50	790.23
1985	30.68	87.79	39.99	49.33	13.16	0.00	0.00	2.77	49.14	0.00	14.37	79.64	366.87
1986	91.27	115.75	19.03	12.03	0.00	0.00	6.28	15.73	17.79	19.01	0.00	104.11	401.00
1987	88.94	71.46	57.47	44.67	3.87	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	41.17	86.63	394.21
1988	78.45	242.77	77.28	60.99	15.50	0.00	0.00	0.00	8.50	45.79	45.81	47.00	622.09
1989	86.61	185.67	95.91	0.00	0.00	0.00	3.92	0.00	28.24	66.75	5.04	0.00	472.14
1990	158.85	55.15	76.11	0.00	12.00	0.00	0.00	0.00	5.02	67.92	72.62	38.85	486.52
1991	42.61	38.64	78.27	47.57	16.83	10.89	10.89	10.89	11.88	71.30	41.62	32.71	414.10
1992	43.60	14.86	16.84	56.49	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89	10.89	218.91
1993	10.89	238.85	251.67	61.45	35.62	10.89	10.89	10.89	18.79	44.56	100.08	143.73	938.31
1994	128.74	180.04	142.21	90.96	22.05	0.00	0.00	0.00	26.04	1.86	30.21	30.23	652.34
1995	73.41	57.21	46.40	59.92	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	32.89	45.05	70.73	385.61
1996	142.24	194.89	139.51	73.42	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	39.62	1.87	20.78	612.33
1997	88.25	136.85	20.77	65.32	0.00	0.00	0.00	0.00	3.18	35.59	85.54	139.58	575.08
1998	85.36	118.74	135.39	53.52	9.49	0.00	0.00	0.00	0.00	6.48	6.49	25.46	440.93
1999	73.23	265.89	69.42	77.80	26.15	0.00	0.00	0.00	12.50	42.10	43.64	97.53	708.26
2000	78.54	152.12	98.23	35.32	25.39	0.00	0.00	0.00	10.99	13.30	7.25	86.90	508.04
2001	137.69	66.41	160.42	34.56	0.00	0.00	0.00	0.00	9.47	17.09	61.85	13.32	500.81
2002	28.71	123.79	154.17	114.91	2.08	0.00	0.00	0.00	8.40	0.00	122.49	57.88	612.43
2003	126.31	83.23	61.66	36.32	8.41	0.00	0.00	0.00	0.00	17.29	5.90	57.88	397.00
2004	14.77	66.74	160.49	40.13	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	38.83	70.53	207.48	598.97
2005	15.49	15.49	118.96	43.78	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	8.42	63.71	316.37
2006	104.20	181.99	212.79	69.49	8.42	8.42	8.42	8.42	39.16	8.42	29.63	137.01	816.37
2007	19.99	9.06	189.01	85.57	29.59	8.42	8.42	8.42	8.42	43.10	36.69	8.42	455.11
2008	92.06	94.47	160.95	92.38	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	107.93	0.00	547.79
2009	113.94	67.80	158.25	36.94	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	48.28	98.94	44.73	568.88
2010	62.86	77.39	105.56	102.18	3.90	3.05	4.77	3.05	9.00	17.56	122.65	52.62	564.59
2011	189.31	77.39	57.72	77.39	3.90	3.05	3.05	3.05	6.46	3.05	20.99	10.74	456.10
2012	73.96	109.00	267.86	132.08	9.87	3.05	3.05	3.05	3.90	3.90	27.83	133.81	771.36
2013	189.31	165.39	149.98	86.80	3.90	3.05	3.05	3.05	132.45	4.76	10.74	143.21	895.69
2014	17.57	60.30	119.22	28.68	78.93	3.05	47.85	3.91	3.90	3.05	7.32	15.86	389.64
2015	16.72	26.12	77.36	30.39	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	3.05	4.76	82.53	256.18
2016	16.72	19.28	151.69	56.03	3.05	3.05	3.05	3.05	10.71	31.23	9.88	72.27	380.01
2017	76.73	164.23	154.93	14.96	9.82	9.82	9.82	9.82	25.21	15.99	25.26	13.93	530.52
Min	10.89	9.06	16.84	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	218.91
Max	189.31	265.89	267.86	132.08	78.93	10.89	47.85	15.73	132.45	115.89	147.87	207.48	938.31
Prom.	82.60	111.35	119.10	53.50	10.85	2.43	3.92	3.07	12.78	27.55	42.27	68.63	538.07

Anexo 1.9. Datos de Precipitación Mensual de la estación: Pira

PRECIPITACION COMPLETADA Y EXTENDIDA											Datum WGS84 , UTM			
Nombre de Estación: Pira				Río			Región: Ancash				Norte: 8939495.00 m			
Codigo de Estación : 154110				Cuenca: Cuenca Casma			Provincia: Huaraz				Este: 202852.00 m			
Tipo de Estación: Climática				Pfafstetter: 137596			Distrito: Pira				Altitud: 3570.00 m			
Año	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total	
1963	219.00	140.01	216.99	126.10	1.00	0.00	0.00	0.00	3.00	36.05	67.98	58.98	869.11	
1964	25.00	47.00	154.99	66.05	0.00	0.00	6.98	47.70	11.98	16.02	23.99	1.00	400.71	
1965	49.00	416.04	197.99	64.05	42.06	0.00	0.00	0.00	3.00	43.06	18.99	79.97	914.16	
1966	104.00	89.01	130.99	80.06	9.01	0.00	0.00	0.00	5.99	165.21	82.97	76.97	744.21	
1967	441.00	277.03	224.99	51.04	21.03	0.00	16.95	23.85	40.94	119.15	34.99	67.98	1318.95	
1968	51.00	73.01	158.99	25.02	35.05	0.00	0.00	0.00	0.00	47.98	16.99	16.99	426.06	
1969	33.00	98.01	148.99	120.09	20.03	0.00	0.00	4.97	1.00	91.12	107.96	160.94	786.11	
1970	216.00	37.00	151.99	121.09	26.04	8.97	4.98	0.00	62.91	146.19	60.98	70.98	907.13	
1971	101.00	147.01	236.99	127.10	2.00	0.00	0.00	35.78	20.97	52.07	67.98	136.95	927.85	
1972	166.00	270.02	271.98	99.08	34.05	6.98	6.98	22.86	32.95	21.03	21.99	100.97	1054.89	
1973	196.00	105.01	183.99	145.11	88.13	0.00	11.96	12.92	50.93	80.10	107.96	61.98	1044.09	
1974	132.00	113.01	102.99	54.04	20.03	13.95	1.00	2.98	4.99	12.02	21.99	67.98	546.98	
1975	135.00	132.65	214.62	91.71	11.24	0.00	0.00	0.00	0.00	45.97	183.03	38.00	852.22	
1976	252.15	302.53	209.79	53.04	37.02	30.05	10.66	10.66	10.66	17.54	23.25	77.02	1034.37	
1977	142.28	221.27	221.24	101.15	41.61	10.66	14.09	10.66	10.66	10.66	73.59	89.61	947.48	
1978	51.86	270.49	70.18	39.30	18.69	10.66	20.93	11.80	25.52	53.07	48.42	61.00	681.92	
1979	36.99	46.14	114.80	217.98	110.38	16.36	10.66	10.66	20.95	17.54	41.55	12.95	656.96	
1980	129.88	95.94	214.00	75.32	16.24	30.87	2.91	21.97	20.61	223.17	244.93	2.93	1078.77	
1981	79.69	307.04	258.28	132.93	0.00	1.44	0.00	0.00	0.00	60.57	227.23	53.10	1120.28	
1982	82.64	138.75	149.05	54.64	0.00	4.39	0.00	0.00	7.34	100.49	175.58	205.09	917.97	
1983	82.64	112.18	203.67	23.61	0.00	1.44	0.00	0.00	4.39	127.09	122.45	59.01	736.48	
1984	122.50	79.70	98.88	11.80	4.42	0.00	0.00	0.00	0.00	20.67	112.12	63.42	513.51	
1985	66.40	199.27	203.67	90.10	33.99	0.00	1.44	0.00	5.87	0.00	14.74	84.09	699.57	
1986	193.35	199.27	97.40	137.36	0.00	0.00	0.00	19.03	4.39	4.42	56.06	59.01	770.29	
1987	197.17	132.61	189.67	71.82	10.95	0.00	0.00	0.00	21.19	40.00	20.28	162.49	846.18	
1988	56.64	214.38	81.45	65.56	26.55	5.25	5.25	5.25	12.32	46.06	24.74	86.73	630.18	
1989	93.86	214.38	279.92	214.52	37.20	5.25	5.25	5.25	116.74	294.48	77.89	70.80	1415.54	
1990	5.25	46.01	17.66	42.50	8.79	31.74	5.25	5.25	5.25	125.92	320.59	37.13	651.34	
1991	30.06	83.22	102.72	33.62	5.25	10.55	19.37	22.87	5.25	10.57	162.92	122.18	608.58	
1992	79.68	70.82	239.16	86.84	118.83	14.08	5.25	5.25	19.41	70.91	67.26	76.12	853.61	
1993	116.39	189.71	238.10	43.12	25.64	0.05	0.05	0.05	6.77	37.75	107.61	66.61	831.85	
1994	188.58	235.68	235.65	79.77	45.44	14.95	5.17	5.17	7.13	13.02	24.77	85.56	940.89	
1995	94.42	114.05	75.79	92.53	20.88	5.17	5.17	5.17	24.75	69.00	71.84	82.62	661.39	
1996	125.81	224.89	264.08	122.95	21.86	5.17	5.17	10.04	9.08	69.99	12.03	12.03	883.10	
1997	103.25	131.70	51.27	23.81	8.11	5.17	5.17	5.17	19.86	30.70	76.75	209.11	670.07	
1998	181.71	231.76	232.71	51.30	14.98	24.72	5.17	5.17	21.82	70.97	11.05	76.74	928.10	
1999	128.75	351.43	115.99	114.13	24.81	6.15	7.12	5.17	19.86	30.70	37.52	65.96	907.59	
2000	155.68	344.36	207.12	130.06	17.29	1.34	3.78	7.43	19.69	25.88	30.73	140.94	1084.30	
2001	250.01	114.05	308.79	94.51	19.74	1.34	2.57	1.34	31.93	62.66	122.57	74.81	1084.32	
2002	57.69	190.00	241.42	123.93	6.25	1.34	2.57	1.34	20.92	17.29	127.47	85.84	876.06	
2003	104.24	106.70	143.42	29.54	6.25	3.78	1.34	1.34	1.34	29.55	20.93	154.41	602.84	
2004	25.84	84.65	94.44	73.67	2.57	3.78	1.34	1.34	20.92	74.94	78.49	101.75	563.73	
2005	63.81	85.87	163.02	50.38	5.02	1.34	1.34	1.34	1.34	17.29	8.69	116.45	515.89	
2006	100.56	118.95	305.12	154.58	2.57	1.34	2.57	2.55	7.45	38.14	47.88	117.67	899.38	
2007	96.89	60.14	247.54	131.28	20.96	3.78	2.57	1.34	1.34	49.18	38.08	29.50	682.60	
2008	167.93	220.63	229.17	98.19	1.34	5.00	1.34	1.34	2.57	95.78	45.43	40.53	909.25	
2009	251.23	220.63	224.27	110.45	6.25	1.34	1.34	1.34	11.08	1.34	108.05	95.63	57.66	1089.27
2010	139.76	79.75	186.30	30.76	8.70	1.34	23.32	1.34	164.04	92.11	66.24	49.10	842.76	
2011	83.33	167.47	181.46	142.32	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	44.16	136.55	128.13	883.42	
2012	135.39	132.97	253.66	69.59	199.08	9.78	4.92	4.92	11.00	33.00	37.83	179.23	1071.37	
2013	224.41	131.75	198.79	62.28	9.81	4.92	15.86	4.92	103.55	113.59	18.33	147.54	1035.75	
2014	165.88	226.87	303.65	67.16	13.47	4.92	4.92	6.13	11.00	28.11	64.64	86.59	983.34	
2015	48.82	67.11	125.63	35.43	7.36	4.92	4.92	4.92	4.92	9.81	17.11	25.64	356.59	
2016	178.07	90.29	224.39	25.66	4.92	4.92	6.14	4.92	4.92	31.78	58.56	82.93	717.50	
2017	68.97	77.27	277.37	167.59	21.28	23.30	11.94	12.97	16.08	60.73	49.26	46.15	832.91	
Min	5.25	46.01	17.66	11.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	8.69	2.93	356.59	
Max	251.23	351.43	308.79	214.52	199.08	31.74	23.32	22.87	164.04	294.48	320.59	209.11	1415.54	
Prom.	117.82	155.06	191.18	83.31	20.44	6.44	4.49	5.04	19.90	62.59	79.81	88.04	834.12	

Anexo 2: Resultados del laboratorio de Suelos y Aguas



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -01

COORDENADAS: N 8945907 E 227407 Altitud: 3 481

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash


Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
159	48	28	24	Franco	4.94	2.812	0.141	09	79	0.034	1.93

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.




Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -02

COORDENADAS: N 8945657 E 227783 Altitud: 3 571

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
159-a	54	22	24	Franco arcillo arenoso	4.89	2.906	0.145	11	76	0.022	3.44

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -03

COORDENADAS: N 8945640 E 228604 Altitud: 3 834

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
160	68	22	10	Franco arenoso	4.76	2.436	0.122	10	71	0.027	4.45

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



Ing. Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -04

COORDENADAS: N 8944073 E 229495 Altitud: 4 132

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
160-a	54	32	14	Franco arenoso	4.17	3.140	0.157	07	54	0.023	3.58

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -05

COORDENADAS: N 8944885 E 229344 Altitud: 3 962

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
161	56	26	18	Franco arenoso	4.39	2.964	0.150	06	43	0.018	3.57

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA - SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ - REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -06

COORDENADAS: N 8944455 E 229213 Altitud: 3 946

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur - Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
161-a	68	18	14	Franco arenoso	4.97	2.032	0.102	04	46	0.015	3.01

RECOMENDACIONES Y

OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



[Signature]
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -07

COORDENADAS: N 8944063 E 228485 Altitud: 3 944

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
162	58	26	16	Franco arenoso	4.82	1.878	0.094	05	45	0.052	12.98

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



[Signature]
M.Sc. Gerardo Pazillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -08

COORDENADAS: N 8944541 E 228412 Altitud: 3 943

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
162-a	70	14	16	Franco arenoso	6.63	1.728	0.086	13	60	0.090	30.13

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



[Signature]
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -09

COORDENADAS: N 8944768 E 228011 Altitud: 3 810

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
163	64	26	10	Franco arenoso	4.79	2.430	0.122	03	64	0.032	9.35

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL CENTRO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -10

COORDENADAS: N 8944732 E 227625 Altitud: 3 766

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
163-a	58	30	12	Franco arenoso	4.58	2.105	0.105	05	59	0.024	6.21

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



Ing. M.Sc. Guillermo Castiño Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -11

COORDENADAS: N 8945267 E 226866 Altitud: 3 569

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
164	52	35	13	Franco	4.38	2.226	0.111	10	64	0.023	3.98

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco, se caracteriza por tener una reacción fuertemente ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



[Signature]
M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -12

COORDENADAS: N 8945727 E 226968 Altitud: 3 381

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
164-a	64	18	18	Franco arenoso	5.11	1.258	0.063	07	65	0.052	24.81

**RECOMENDACIONES Y
OBSERVACIONES ESPECIALES:**

La muestra es de textura franco arenoso, se caracteriza por tener una reacción ácida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, pobre en fósforo y en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



[Signature]
Ing. M.Sc. Guillerma Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -13

COORDENADAS: N 8946203 E 226961 Altitud: 3 292

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
164-b	56	24	20	Franco arcillo arenoso	5.40	2.310	0.116	14	59	0.036	3.72

**RECOMENDACIONES Y
OBSERVACIONES ESPECIALES:**

La muestra es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción ácida, medianamente rica en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



[Signature]
Ing. M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS
DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAVAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE FERTILIDAD Y PERMEABILIDAD

SOLICITANTE : Garro Espinoza, Néstor - Tesista

MUESTRA : Calicata -14

COORDENADAS: N 8946172 E 226693 Altitud: 3 256

UBICACIÓN : C.P. de Coyllur – Huaraz - Ancash

Muestra N°	Textura (%)			Clase Textural	pH	M.O %	Nt. %	P ppm	K ppm	C.E dS/m.	Permeabilidad (K) mm/h
	Arena	Limo	Arcilla								
164-c	52	18	24	Franco arcillo arenoso	6.56	1.912	0.096	16	89	0.274	2.84

RECOMENDACIONES Y OBSERVACIONES ESPECIALES:

La muestra es de textura franco arcillo arenoso, se caracteriza por tener una reacción ligeramente ácida, pobre en materia orgánica y en nitrógeno, medianamente rico en fósforo y pobre en potasio, no tiene problemas de salinidad.

Huaraz, 03 de Setiembre del 2018.



[Signature]
M.Sc. Guillermo Castillo Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y AGUAS

Anexo 3: Panel fotográfico

Foto 01: Excavación de la Muestra, M-1



Foto 02: Excavación de la Muestra, M-3

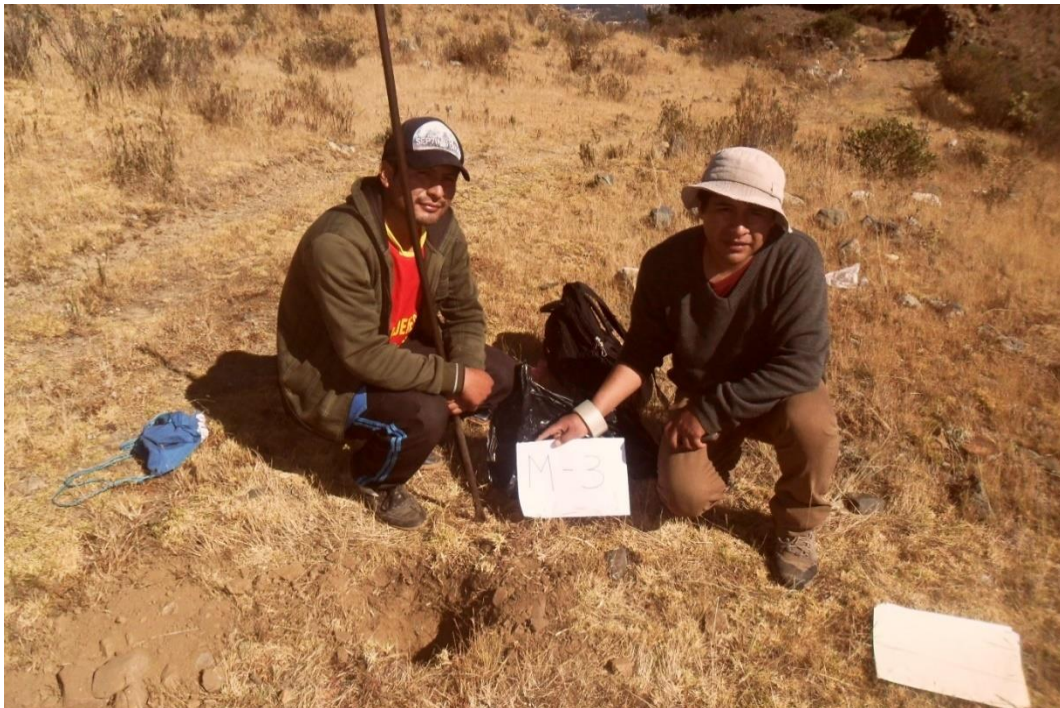


Foto 03: Excavación de la Muestra, M-5



Foto 04: Excavación de la Muestra, M-7



Foto 07: Excavación de la Muestra, M-12



Foto 08: Tesista en la zona de estudio



Foto 09: Vista Panorámica de la zona de estudio



Foto 10: Vista Panorámica de la zona de estudio



Foto 11: Tesista indicando la cercanía de la zona de estudio con algunos nevados



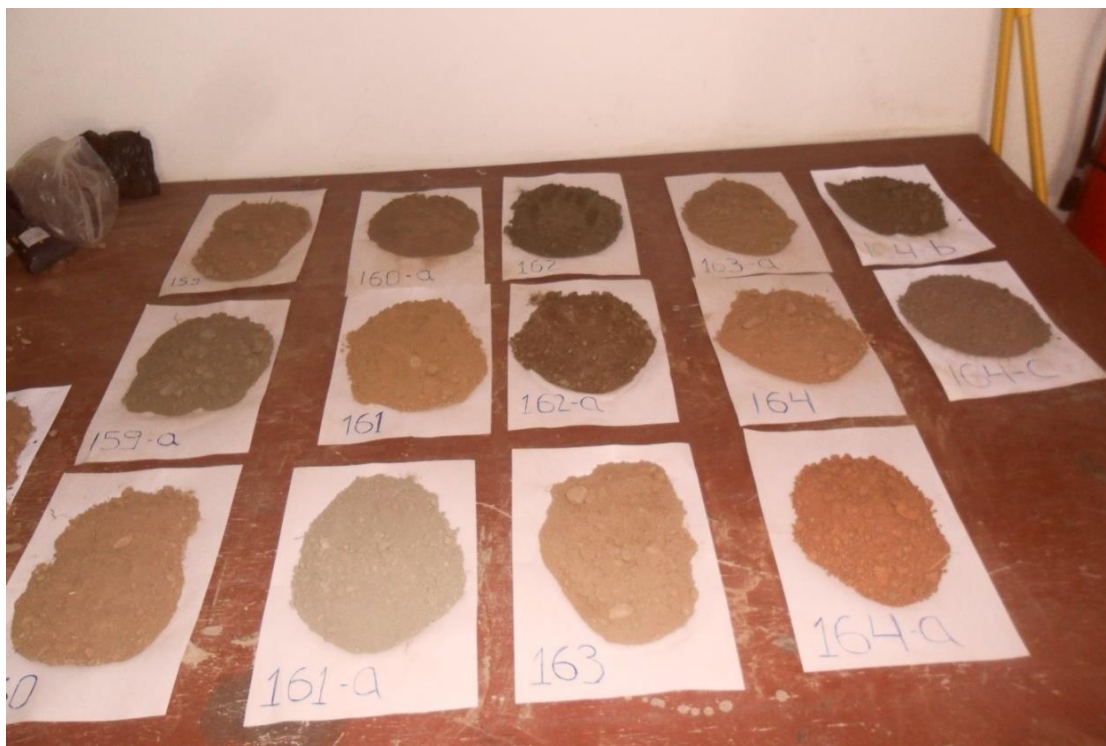
Foto 12: Cruzando a través de la zona de estudio para tomar más muestras



Foto 13: Se muestra los nevados y el crecimiento del ichu.



Foto 14: Se observa las 14 muestras de suelos tomados de la zona de estudio, puestos a secar en el laboratorio de Análisis de Suelos y Aguas con sus respectivos códigos.

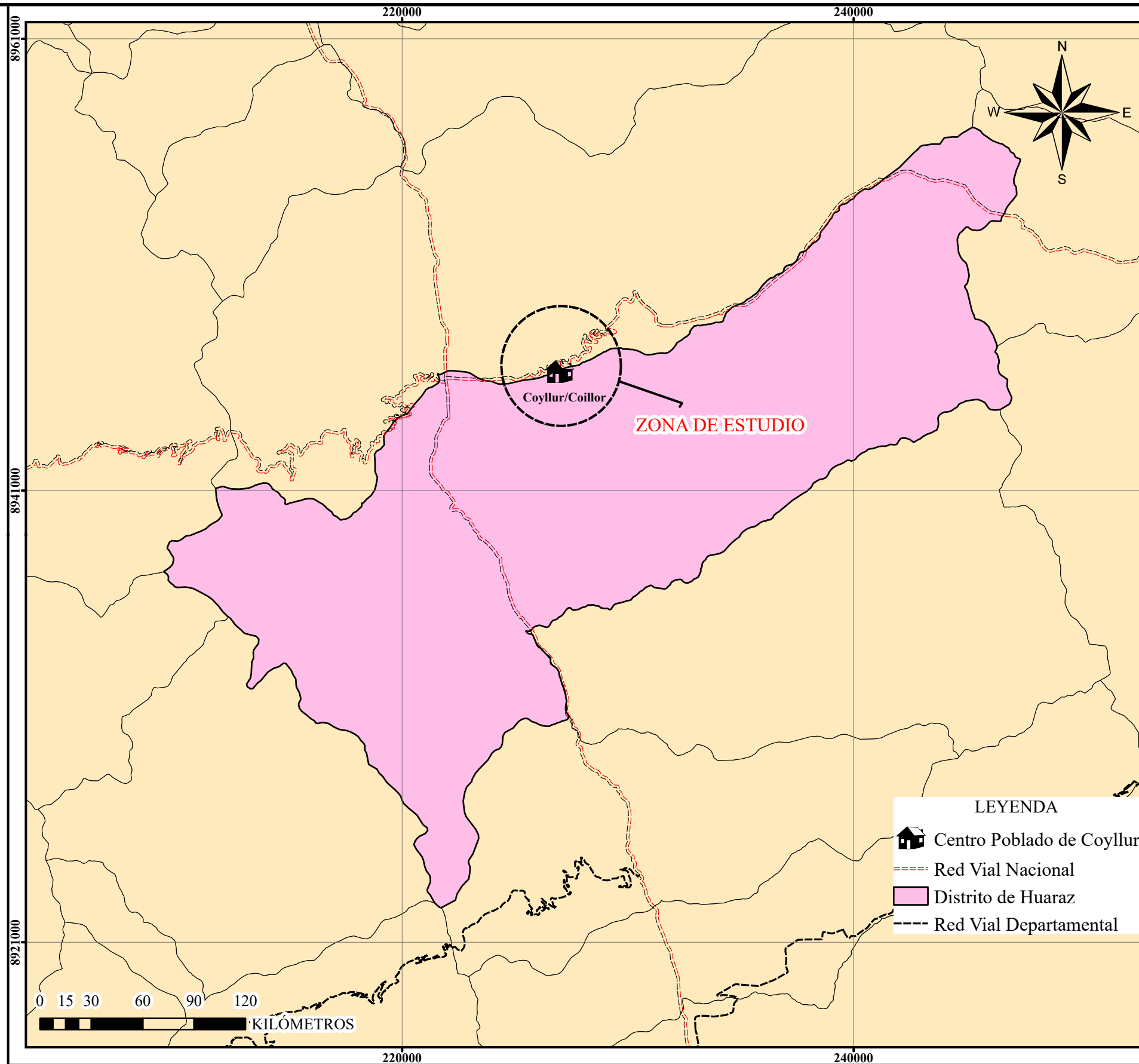
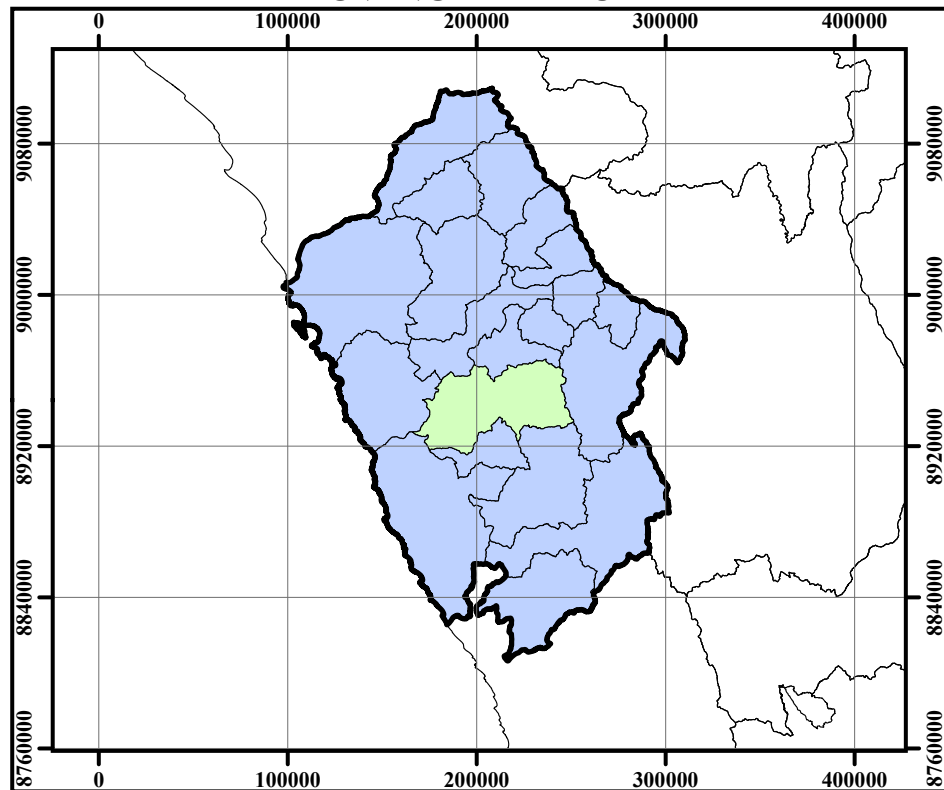


Anexo 4: Mapas





DEPARTAMENTO DE ANCASH



PROVINCIA DE HUARAZ



LEYENDA

-  Centro Poblado de Coyllur
-  Red Vial Nacional
-  Distrito de Huaraz
-  Red Vial Departamental

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
 TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA
 MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA
 QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.

Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza
 Escala: 1/200,000
 Fecha: Setiembre 2018

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Centro Poblado: Coyllur

Datum: WGS84
 Proyección Geográfica: UTM
 Zona: 18 Hemisferio Sur

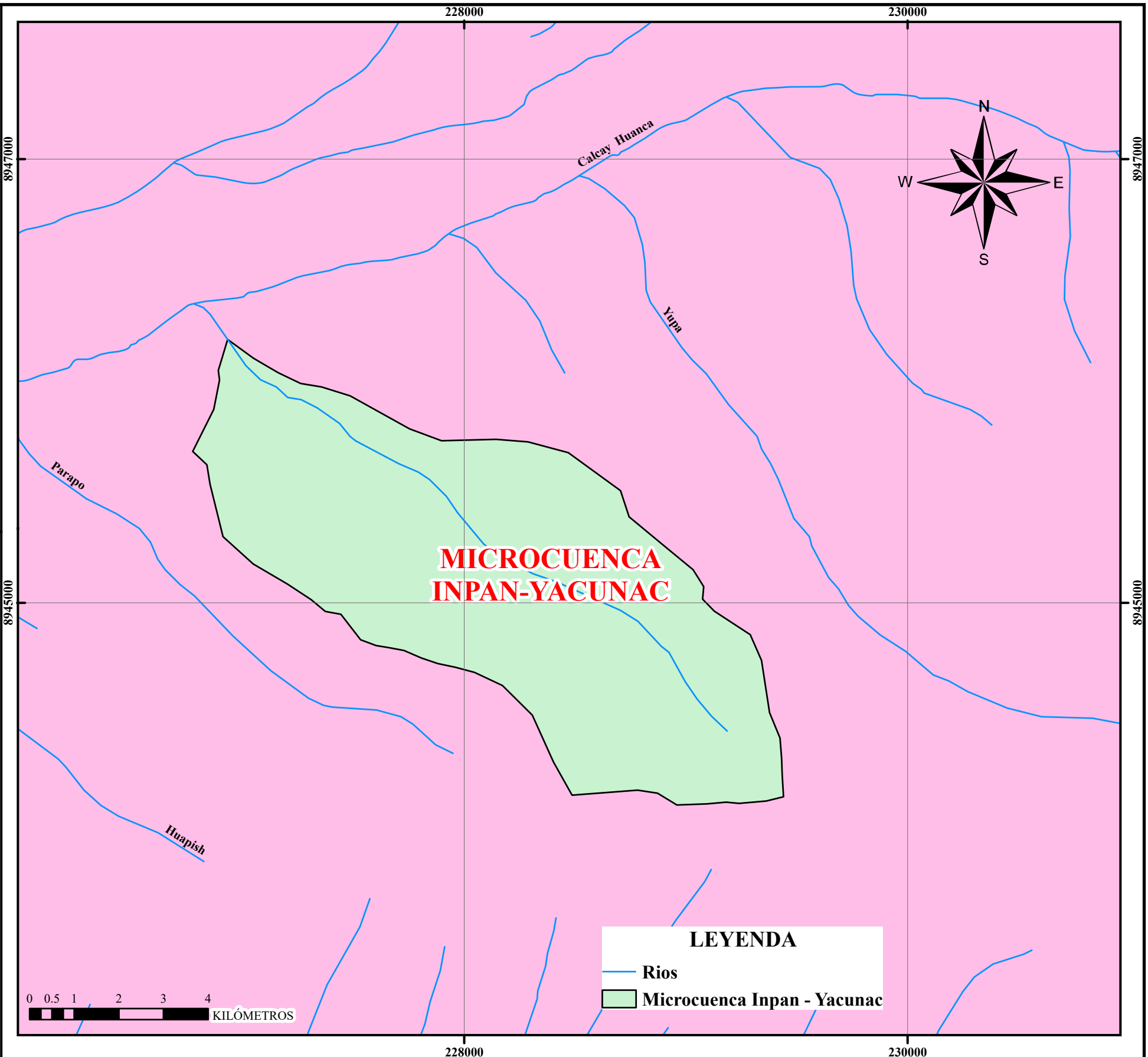
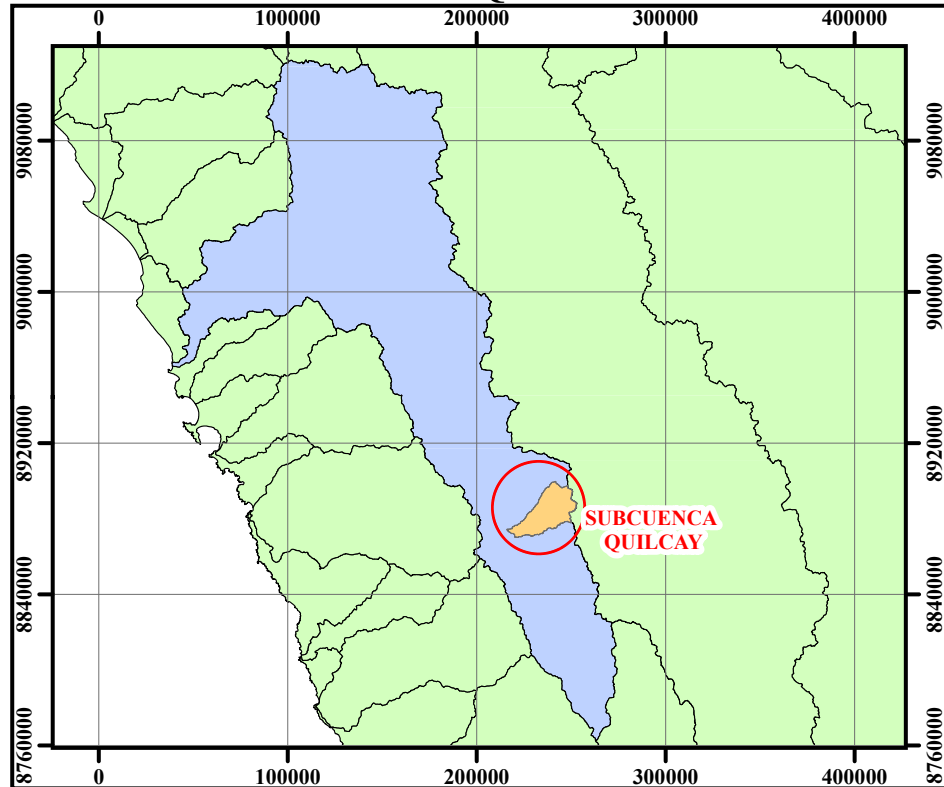
**MAPA DE UBICACIÓN DE
 LA ZONA DE ESTUDIO**

MAPA N°:
01

CUENCA DE SANTA



SUBCUENCA QUILLCAY



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
 TÍTULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA
 MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA
 QUILLCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.

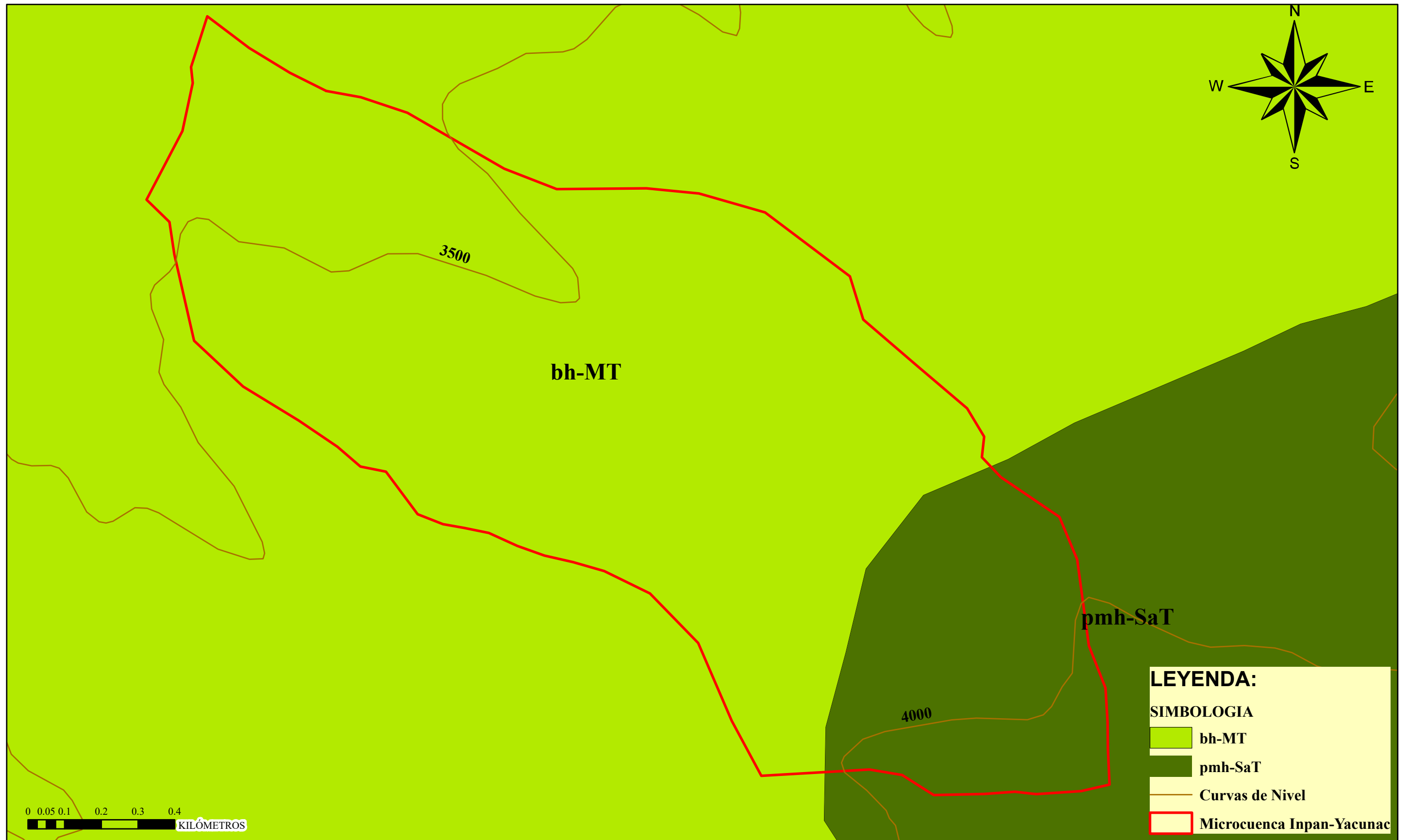
Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza
 Escala: 1/20,000
 Fecha: Setiembre 2018

Cuenca: Santa
 Subcuenca: Quillcay
 Microcuenca: Inpan- Yacunac

Datum: WGS84
 Proyección Geográfica: UTM
 Zona: 18 Hemisferio Sur

**MAPA DE CUENCAS
 HIDROGRÁFICAS**

MAPA N°:
02



LEYENDA:

SIMBOLOGIA

- bh-MT
- pmh-SaT
- Curvas de Nivel
- Microcuenca Inpan-Yacunac

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
**TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA
 MICROCUEENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA
 QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.**

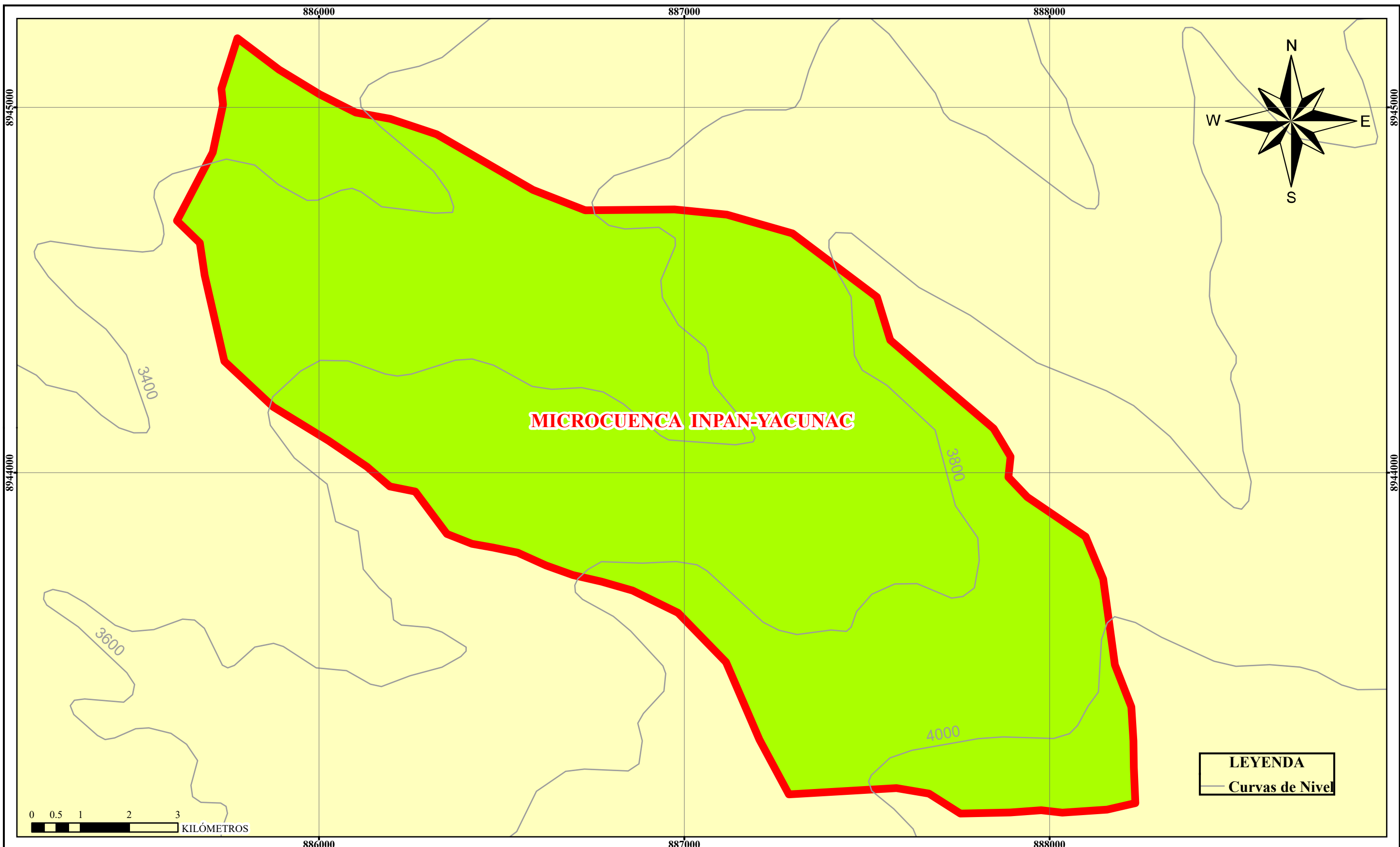
Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza
 Escala: 1/200,000
 Fecha: Setiembre 2018

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Centro Poblado: Coyllur

Datum: WGS84
 Proyección Geográfica: UTM
 Zona: 18 Hemisferio Sur

MAPA DE ZONAS DE VIDA

MAPA N°:
03

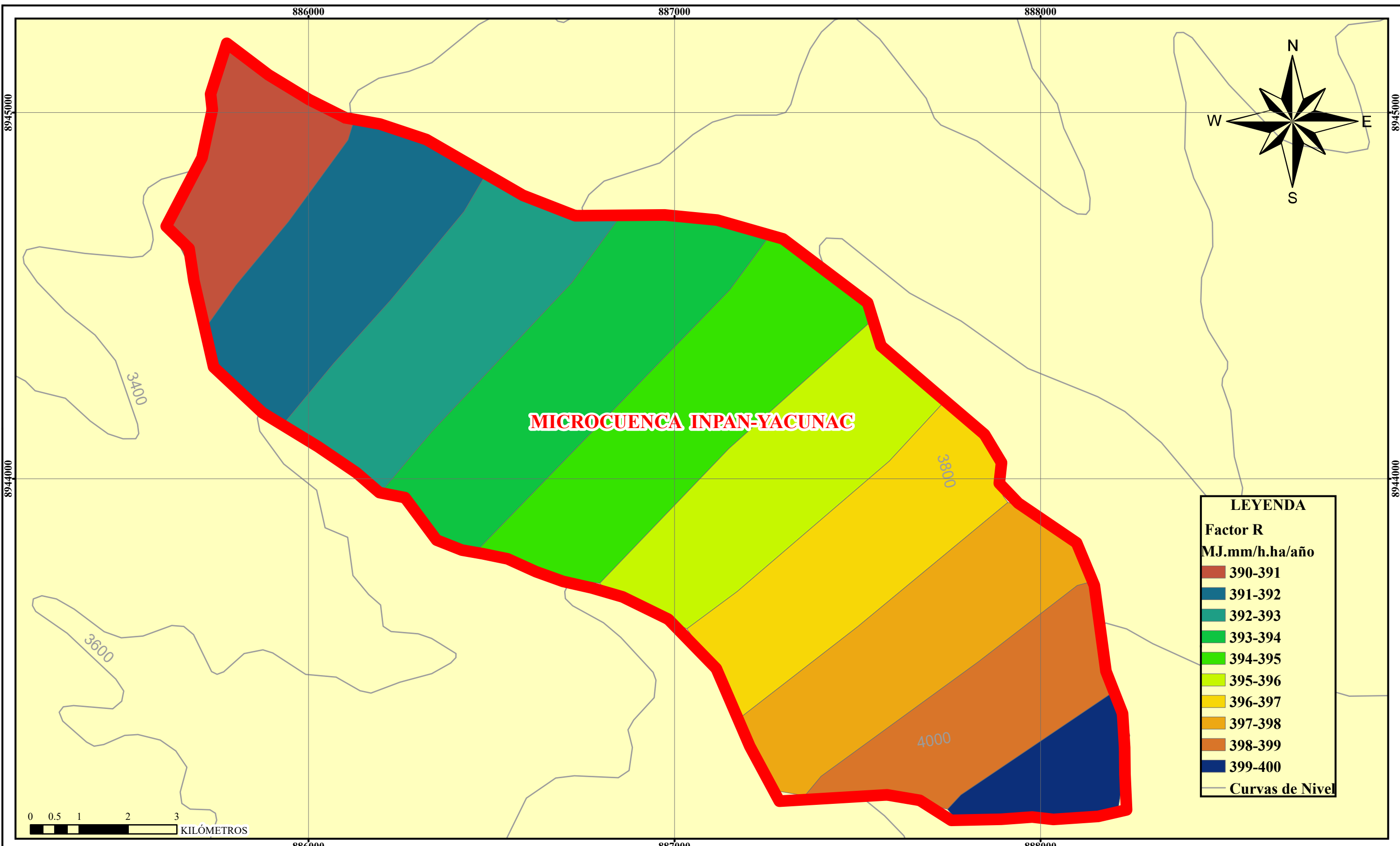


MICROCUENCA INPAN-YACUNAC

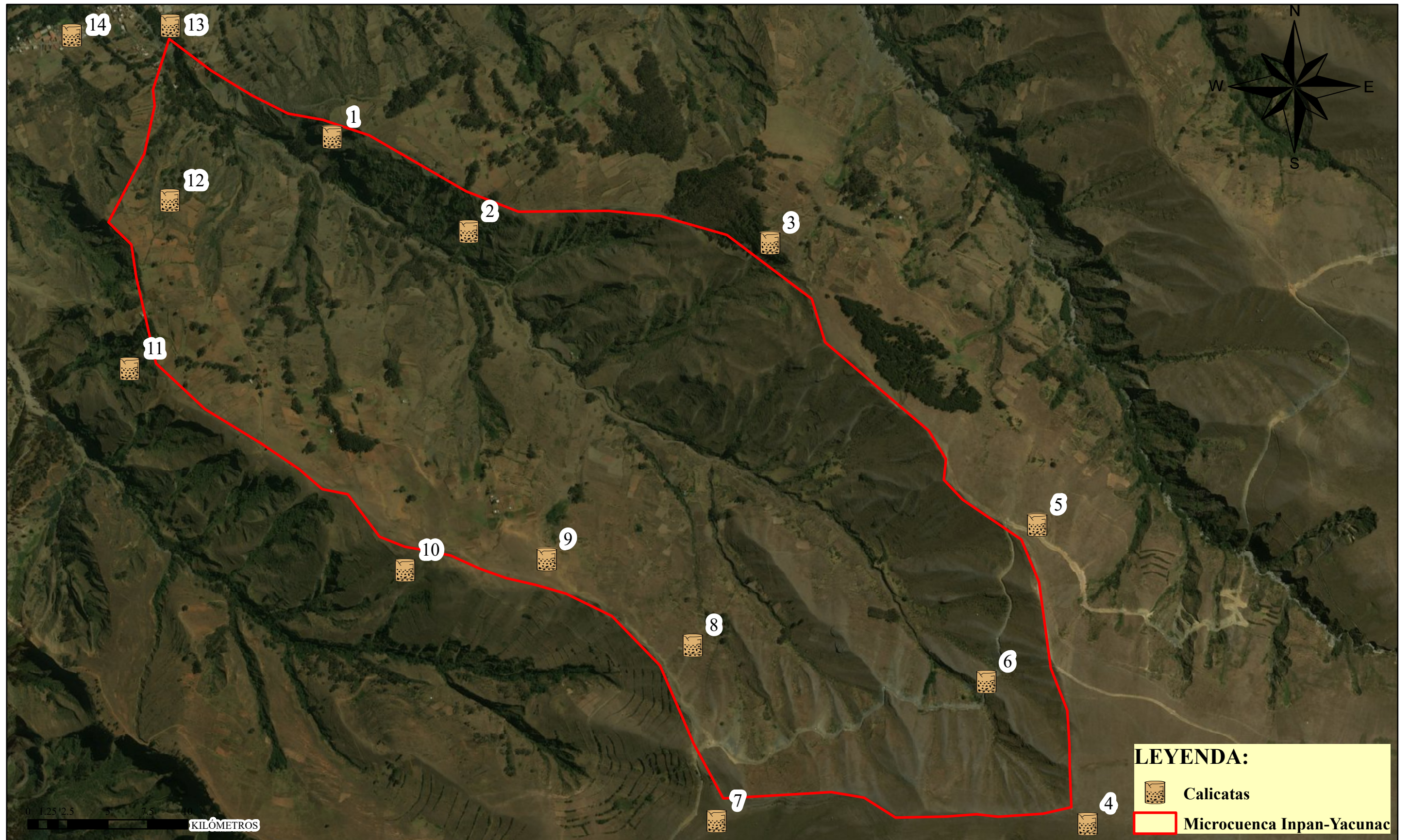
LEYENDA
 — Curvas de Nivel

0 0.5 1 2 3
 KILÓMETROS



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.	Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza	Provincia: Huaraz	Datum: WGS84	DELIMITACION DE LA MICROCUENCA INPAN-YACUNAC	MAPA N°: 04
	Escala: 1/200,000	Distrito: Huaraz	Proyección Geográfica: UTM		
	Fecha: Setiembre 2018	Centro Poblado: Coyllur	Zona: 18 Hemisferio Sur		



UNIVERSIDAD SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC. SUBCUENCA QUILCAY. PERIODO: 2005-2015, HUARAZ. 2018.	Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza	Provincia: Huaraz	Datum: WGS84	MAPA DEL FACTOR R 05
	Escala: 1/10,000	Distrito: Huaraz	Proyección Geográfica: UTM	
	Fecha: Setiembre 2018	Centro Poblado: Coyllur	Zona: 18 Hemisferio Sur	



LEYENDA:

-  Calicatas
-  Microcuenca Inpan-Yacunac

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
 TÍTULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA
 MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA
 QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.

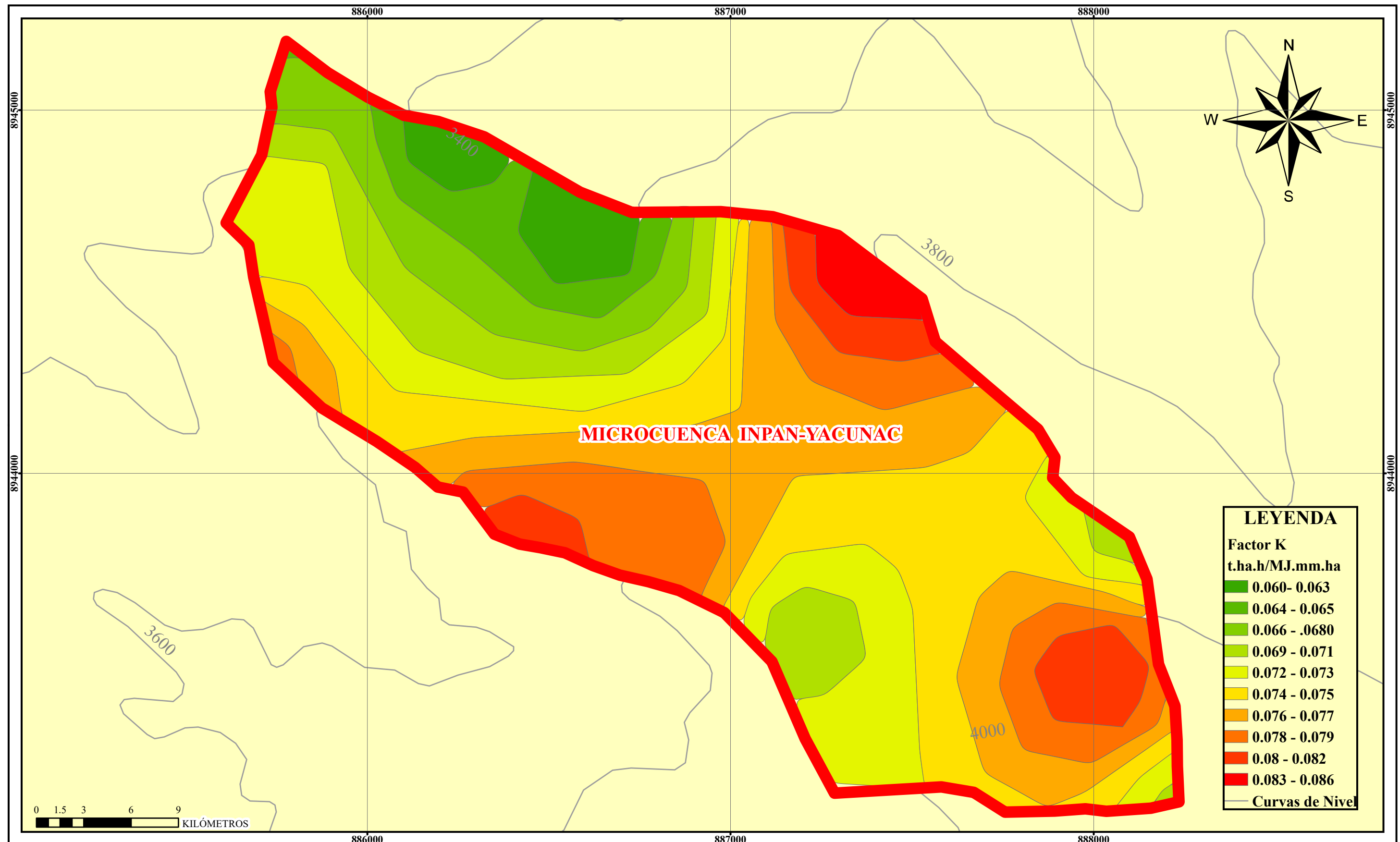
Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza
 Escala: 1/200,000
 Fecha: Setiembre 2018

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Centro Poblado: Coyllur

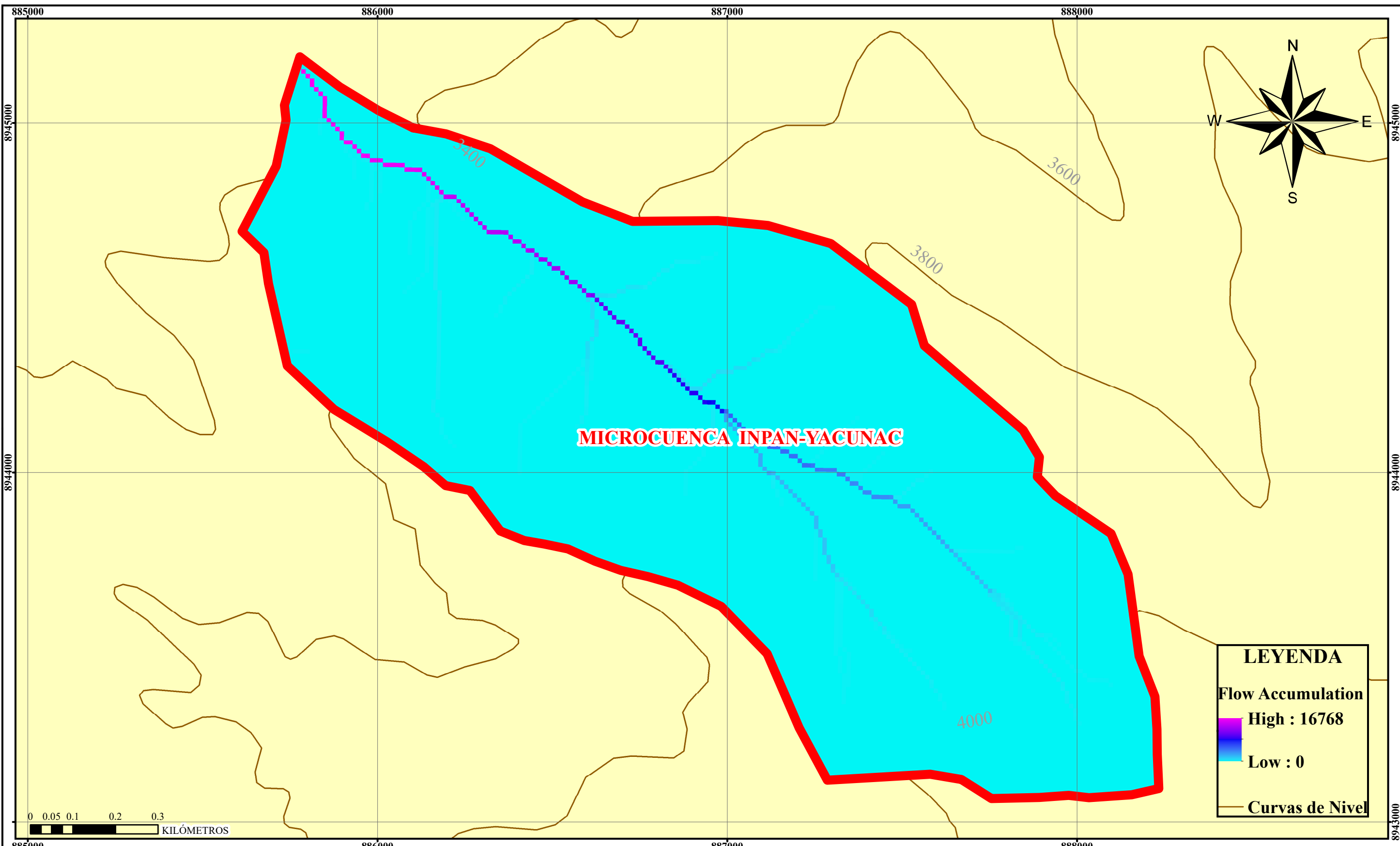
Datum: WGS84
 Proyección Geográfica: UTM
 Zona: 18 Hemisferio Sur

**MAPA DE UBICACION DE
 LAS CALICATAS**

MAPA N°:
06



UNIVERSIDAD SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUEENCA: INPAN-YACUNAC. SUBCUENCA QUILCAY. PERIODO: 2005-2015, HUARAZ. 2018.	Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza	Provincia: Huaraz	Datum: WGS84	MAPA DEL FACTOR K 07
	Escala: 1/10,000	Distrito: Huaraz	Proyección Geográfica: UTM	
	Fecha: Setiembre 2018	Centro Poblado: Coyllur	Zona: 18 Hemisferio Sur	



MICROCUEENCA INPAN-YACUNAC

LEYENDA

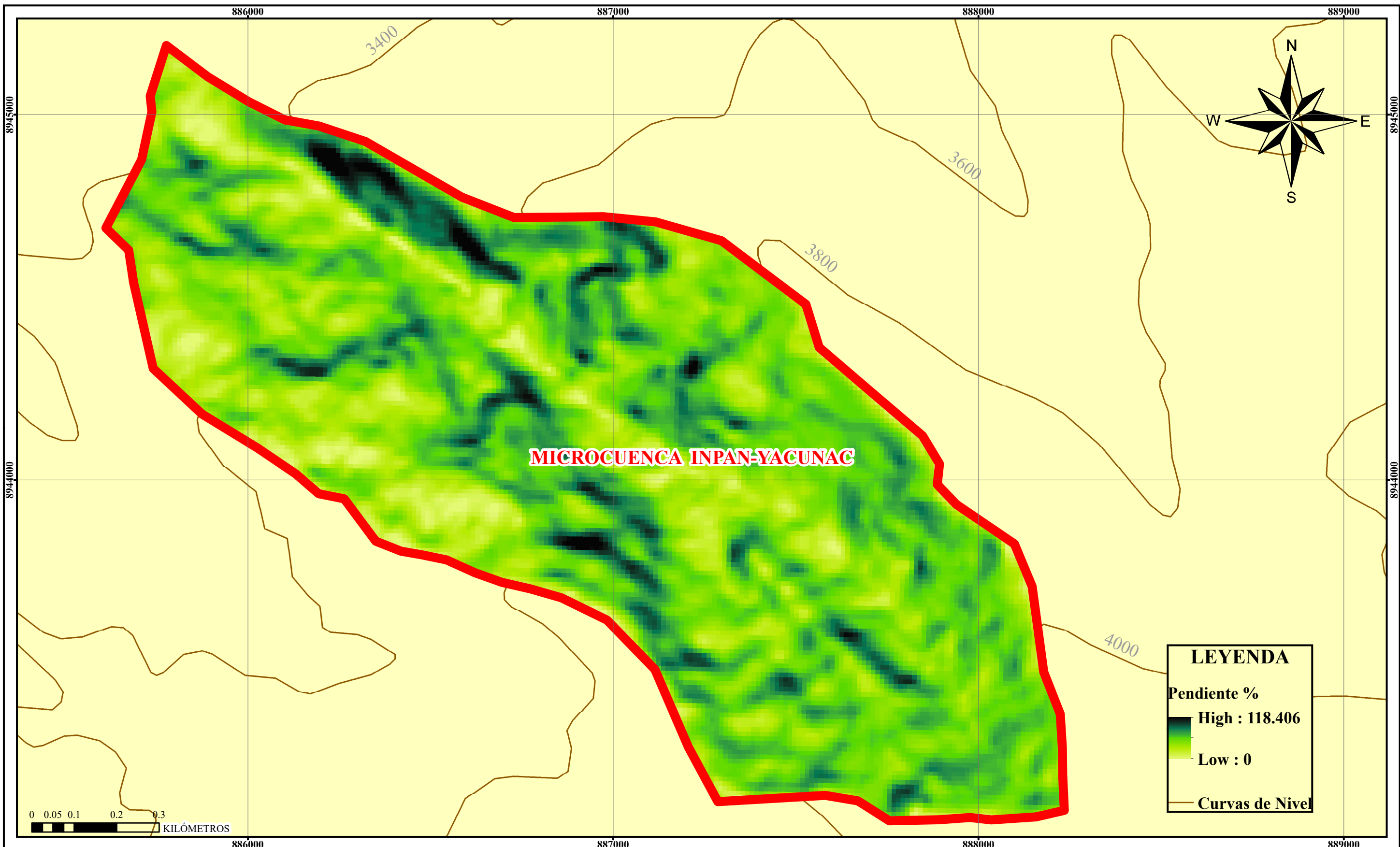
Flow Accumulation

High : 16768

Low : 0

Curvas de Nivel

UNIVERSIDAD SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC. SUBCUENCA QUILCAY. PERIODO: 2005-2015, HUARAZ. 2018.	Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza	Provincia: Huaraz	Datum: WGS84	MAPA FLOW ACCUMULATION	MAPA N°: 08
	Escala: 1/10,000	Distrito: Huaraz	Proyección Geográfica: UTM		
	Fecha: Setiembre 2018	Centro Poblado: Coyllur	Zona: 18 Hemisferio Sur		



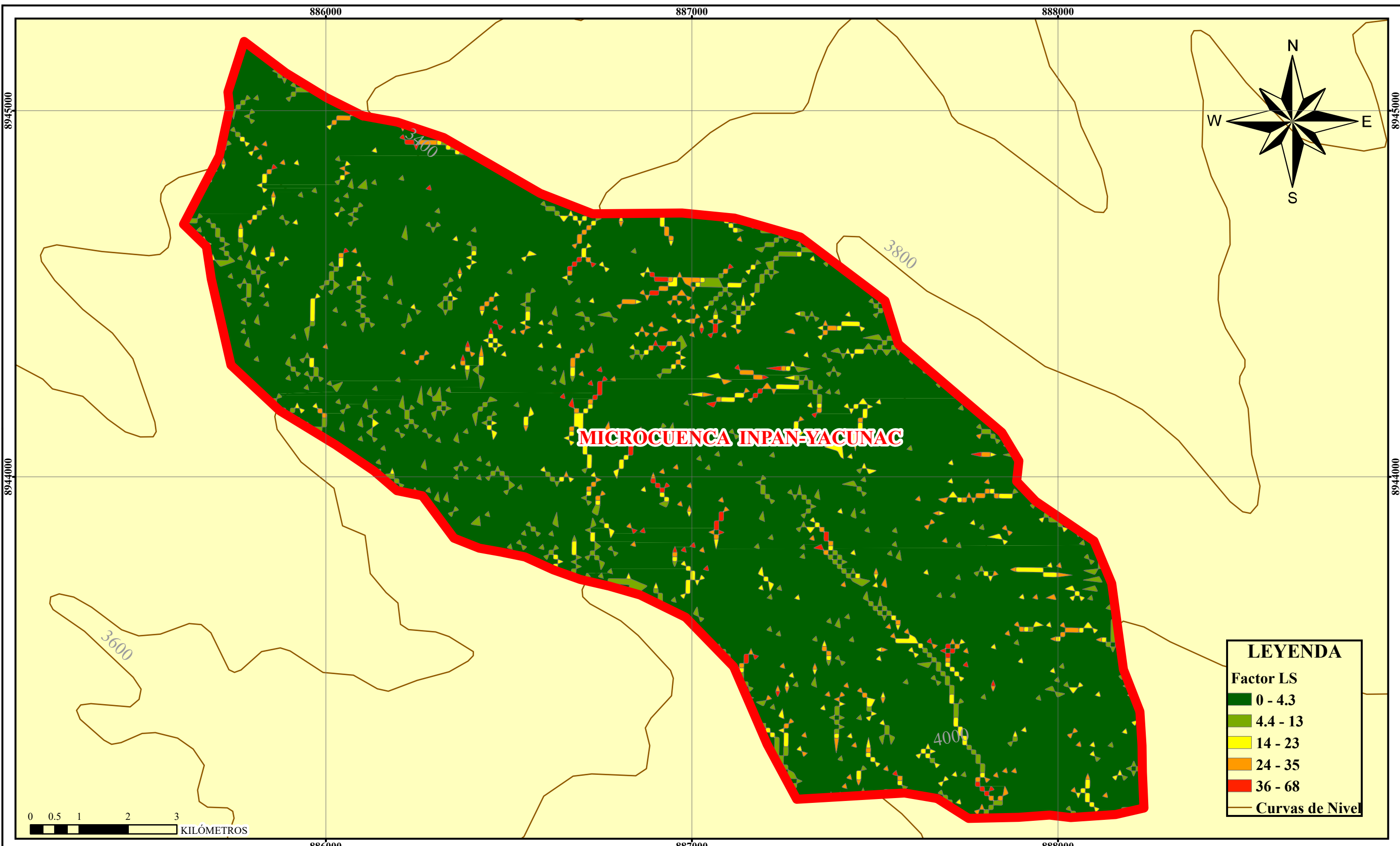
MICROCUEENCA INPAN-YACUNAC

LEYENDA

Pendiente %

- High : 118.406
- Low : 0
- Curvas de Nivel

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA QUILCAY. PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.	Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza	Provincia: Huaraz	Datum: WGS84	MAPA PENDIENTE %	MAPA N°: 09
	Escala: 1/10,000	Distrito: Huaraz	Proyección Geográfica: UTM		
	Fecha: Setiembre 2018	Centro Poblado: Coyllur	Zona: 18 Hemisferio Sur		



LEYENDA

Factor LS

0 - 4.3
4.4 - 13
14 - 23
24 - 35
36 - 68
Curvas de Nivel

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO
 FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
 ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA
 TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA
 MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA
 QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.

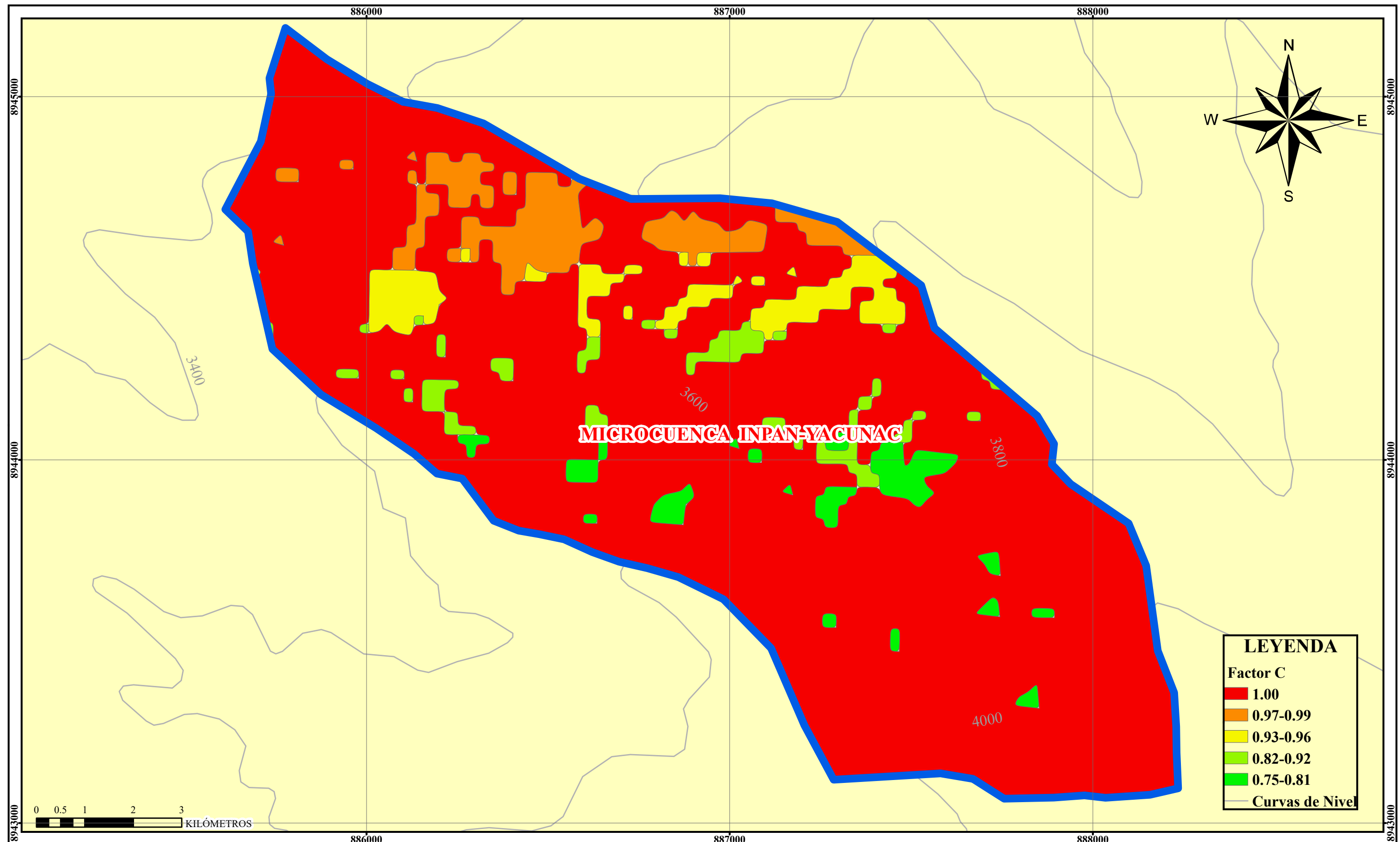
Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza
 Escala: 1/10,000
 Fecha: Setiembre 2018

Provincia: Huaraz
 Distrito: Huaraz
 Centro Poblado: Coyllur

Datum: WGS84
 Proyección Geográfica: UTM
 Zona: 18 Hemisferio Sur

MAPA DEL FACTOR LS

MAPA N°:
10



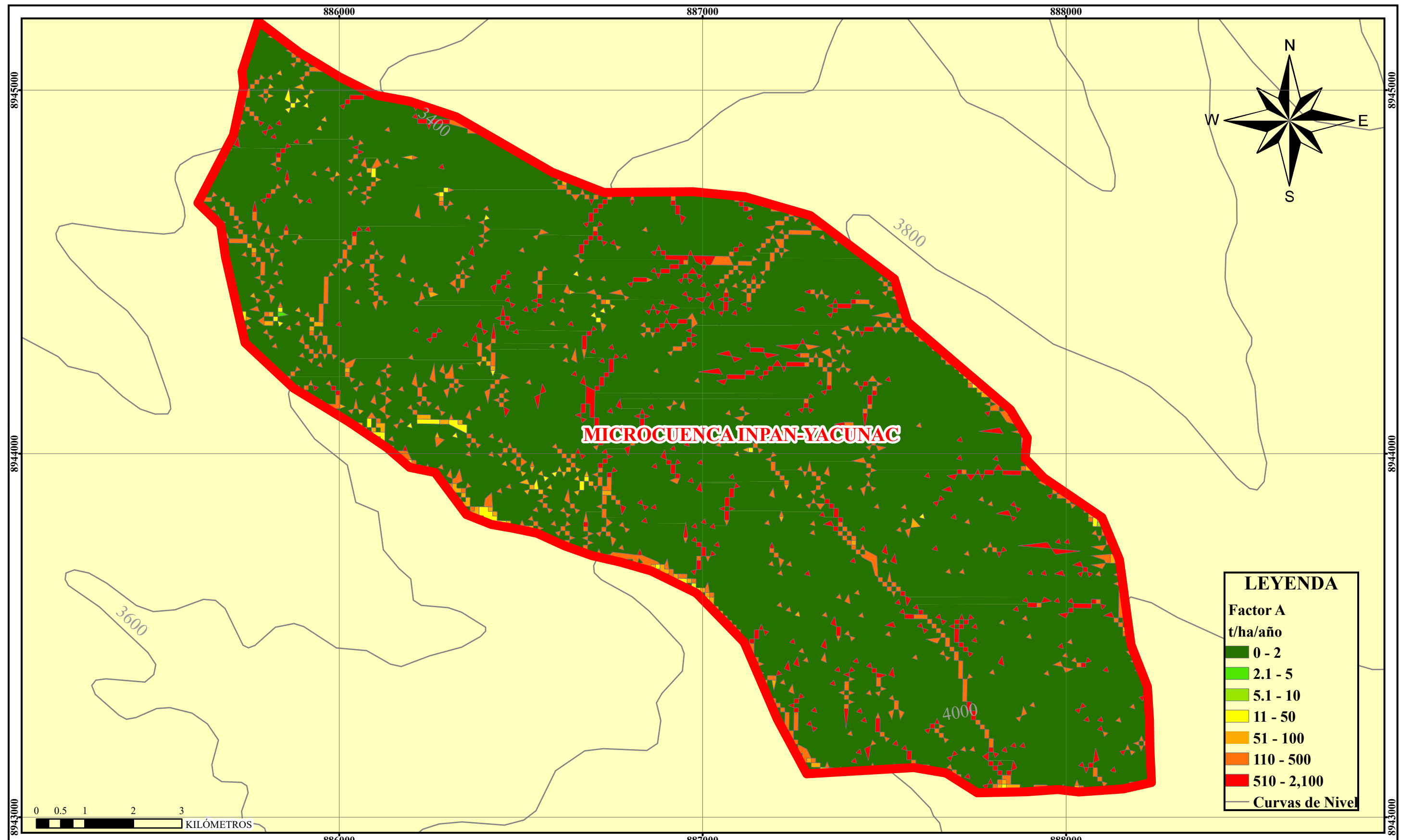
MICROCUEENCA INPAN-YACUNAC

LEYENDA

Factor C

- 1.00
- 0.97-0.99
- 0.93-0.96
- 0.82-0.92
- 0.75-0.81
- Curvas de Nivel

UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.	Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza	Provincia: Huaraz	Datum: WGS84	MAPA DEL FACTOR C	MAPA N°: 11
	Escala: 1/10,000	Distrito: Huaraz	Proyección Geográfica: UTM		
	Fecha: Setiembre 2018	Fuente: Varias	Zona: 18 Hemisferio Sur		



UNIVERSIDAD NACIONAL SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS ESCUELA DE INGENIERIA AGRÍCOLA TITULO DE LA TESIS: PÉRDIDA DE SUELOS POR ACCIÓN HÍDRICA EN LA MICROCUENCA: INPAN-YACUNAC, SUBCUENCA QUILCAY, PERIODO: 2005-2015, HUARAZ, 2018.	Elaborado: Bach. Nestor Garro Espinoza	Provincia: Huaraz	Datum: WGS84	MAPA DE PÉRDIDA DE SUELOS PROMEDIO ANUAL	MAPA N°: 12
	Escala: 1/10,000	Distrito: Huaraz	Proyección Geográfica: UTM		
	Fecha: Setiembre 2018	Centro Poblado: Coyllur	Zona: 18 Hemisferio Sur		