



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

“Erosión hídrica del suelo como efecto de la precipitación pluvial del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Ambiental

AUTORES:

Castillo Lázaro, David Arturo (ORCID: 0000-0003-0452-3020)

Rojas Ibáñez, Alexandra Abigail (ORCID: 0000-0001-8293-7734)

ASESOR:

Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto (ORCID: 0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Trujillo – Perú

2019

Dedicatoria

Este proyecto es fruto de nuestro esfuerzo y va dedicado a nuestros padres, que son lo más importante que tenemos, su apoyo, cariño y comprensión que nos han dado desde pequeños y que han sido nuestra mayor motivación para ser mejores cada día. Así mismo, a los profesores que nos acompañaron y fueron el principal cimiento para la construcción de nuestra vida profesional. Del mismo modo, esta investigación está dedicada a nuestro asesor por brindarnos sus enseñanzas, paciencia y tiempo durante todo el desarrollo.

Los autores.

Agradecimiento

En primer lugar, a Dios, por guiarnos en este camino y permitirnos llegar al lugar donde estamos hoy. A nuestros padres por ser el soporte constante y por estar en los peores y mejores momentos de nuestras vidas.

Agradecer también a nuestro asesor el Dr. Quezada Álvarez Alberto, por brindarnos las pautas y lineamientos para encaminar nuestra investigación. Al Ing. Walter Moreno Eustaquio, quien desinteresadamente nos brindó su apoyo en el desarrollo de nuestra investigación.

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	---------------------------------------	---

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a)..... CASTILLO LAZARO, DAVID ARTURO.....
 cuyo título es: EROSIÓN HIDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA
PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO
EN LA SUBCUENCA HUANCAY, CHICAMA 2017.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el
 estudiante, otorgándole el calificativo de: 17 (número)
Diecisiete (letras).

Trujillo (o Filial)..... 16de 12 del 2019.



 PRESIDENTE
 Dr. ALFREDO CRUZ MONZÓN



 SECRETARIO
 Ms. WALTER MORENO EUSTAQUIO



 VOCAL
 Dr. ALBERTO QUEZADA ALVAREZ

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Página del Jurado

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02
		Versión : 10
		Fecha : 10-06-2019
		Página : 1 de 1

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don
 (a).....ROJAS IBÁÑEZ ALEXANDRA ABIGAIL
 cuyo título es: EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA
PRECIPITACIÓN DIURNA DEL FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO
EN LA SUBCUBA HUANCAV, CHICANA 2017

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el
 estudiante, otorgándole el calificativo de: 17.....(número)
Diecisiete.....(letras).

Trujillo (o Filial).....16.....de.....12.....del 2019



 PRESIDENTE
 Dr. ALFREDO CRUZ HOUZÓN



 SECRETARIO
 Ms. WALTER MORENO EOSTAQUIO



 VOCAL
 Dr. ALBERTO QUEZADA ALVAREZ

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Declaratoria de autenticidad

Yo, David Arturo Castillo Lázaro, identificada con DNI N°71575022, estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad Cesar Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

En tal sentido asumo la respetabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Trujillo, 05 de julio de 2019.



David Arturo Castillo Lázaro.

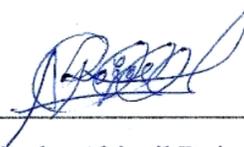
DNI: 71575022

Declaratoria de autenticidad

Yo, Alexandra Abigail Rojas Ibáñez, identificada con DNI N° 74347310, estudiante de la escuela profesional de INGENIERÍA AMBIENTAL de la Universidad Cesar Vallejo sede TRUJILLO; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, 05 de julio de 2019.



Alexandra Abigail Rojas Ibáñez.

DNI: 74347310

Índice

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Página del Jurado	iv
Declaratoria de autenticidad.....	vi
Índice.....	viii
Índice de tablas.....	ix
Índice de figuras	ix
Resumen.....	1
Abstract	2
I. INTRODUCCIÓN.....	3
II. MÉTODO.....	13
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	13
2.2. Operacionalización de variables.....	14
2.3. Población, muestra y muestreo.....	15
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5. Procedimiento.....	16
2.6. Método de análisis de datos.....	18
2.7. Aspectos éticos	18
III. RESULTADOS	19
IV. DISCUSIÓN.....	24
V. CONCLUSIONES	29
VI. RECOMENDACIONES	30
VII. REFERENCIAS	31
ANEXOS.....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	14
Tabla 2. Resultados de la clasificación del IFM en la Subcuenca Huancay 2017.....	19
Tabla 3. Resultados del factor K de la Subcuenca Huancay, Chicama.	20
Tabla 4. Resultados del factor LS de la Subcuenca Huancay 2017.	20
Tabla 5. Resultados del factor C en la Subcuenca Huancay 2017.	21
Tabla 6. Resultados del factor P en la Subcuenca Huancay 2017.....	21
Tabla 7. Resultados de los valores en función a la pendiente de los cultivos en franja.	22
Tabla 8. Clasificación de la erosión hídrica según la FAO.	23
Tabla 9. Precipitación pluvial (mm) de cada estación meteorológica del año 2017.	43
Tabla 10. Resultados de la ecuación del Índice de Fournier Modificado.....	44
Tabla 11. Clasificación del Índice de Fournier Modificado.....	44
Tabla 12. Código de permeabilidad en función a su textura.	48
Tabla 13. Código USDA de la permeabilidad.....	49
Tabla 14. Código de estructura del suelo.	49
Tabla 15. Datos del factor erodabilidad (K).....	50
Tabla 16. Clasificación del factor LS.	54
Tabla 17. Valores para el factor de cobertura vegetal.	57
Tabla 18. Valores de prácticas de conservación en función a la pendiente de Kim, 2006.....	59
Tabla 19. Clasificación de rangos de erosión hídrica FAO.	59
Tabla 20. Clasificación de erosión hídrica de la Subcuenca Huancay según el ANA.	59

Índice de figuras

Figura 1. Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada.....	16
Figura 2. Diagrama de bloques.	17
Figura 3. Mapa de erosión hídrica del suelo de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.	22
Figura 4. Erosión hídrica según la ANA (2015) y 2017 de la Subcuenca Huancay, Chicama.	23
Figura 5. Mapa de ubicación de la Subcuenca Huancay, Chicama.....	40
Figura 6. Mapa de la ubicación de las estaciones meteorológicas.	41
Figura 7. Mapa de erosividad (R) de la Subcuenca Huancay 2017.	42
Figura 8. Ecuación del Índice de Fournier Modificado de Anrnoldus, 1980.....	43
Figura 9. Mapa de erodabilidad (K) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.....	45
Figura 10. Mapa de la ubicación de las muestras de suelo.....	47
Figura 11. Triangulo textural básico del suelo, USDA.	48
Figura 12. Ecuación de erodabilidad de Wischmeier & Smith, 1978.	51
Figura 13. Mapa de la longitud y pendiente (LS) de la Subcuenca Huancay 2017.	52
Figura 14. Ecuación del exponente de la longitud y la pendiente de Desmet & Gosver, 1996.	53
Figura 15. Ecuación de a longitud y pendiente (L) de Desmet & Gosver, 1996.....	53
Figura 16. Condición de la inclinación de la pendiente (S) de McCool et al, 1987.....	54
Figura 17. Cobertura vegetal (C) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.	55
Figura 18. Mapa de prácticas de conservación (P) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.	58

Resumen

El presente trabajo de investigación se realizó en la Subcuenca Huancay perteneciente a la Cuenca del Río Chicama, debido a que en el año 2017 ocurrió el fenómeno del niño costero, por lo cual se desconoce cuánto ha sido la pérdida de masa de suelo, así como los sitios que presentan mayor degradación. El objetivo de este proyecto de investigación fue determinar la cantidad de pérdida de suelo anual en función a la erosión hídrica como efecto de las precipitaciones pluviales del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay, utilizando el método RUSLE (Ecuación universal de pérdida de suelo revisada), en el cual requiere de 5 factores (R, K, LS, C y P) y con ayuda de los sistemas de información geográfica, hacen un método práctico para evaluar la variabilidad espacial de la erosión del suelo. Este estudio consistió en la recopilación de información satelital (satélite Landsat) e información de precipitaciones pluviales de 7 estaciones meteorológicas del SENAMHI. Con la información obtenida, se procedió al procesamiento de las imágenes y de las diferentes ecuaciones para cada factor, así mismo se le otorgó un valor a cada unidad de las variables, para posteriormente realizar la cuantificación, con cada una de las variables del modelo, mediante el software ArcGIS 10.3. Se concluyó que la tasa de pérdida de suelo en la Subcuenca Huancay, Chicama, fue del 13.8% del área en un nivel incipiente, el 5.0% en nivel ligera, el 23.5% en nivel fuerte y el 57.7% un nivel de erosión severa.

Palabras claves: Precipitación pluvial, ecuación universal de pérdida de suelos revisada, erosión hídrica, sistemas de información geográfica.

Abstract

The present research work was carried out in the Huancay Sub-basin belonging to the Río Chicama Basin. The work was carried out because in the year 2017 the phenomenon of the coastal child occurred, so it is unknown how much the loss of soil mass has been, as well as the sites that present the greatest degradation. The objective of this research was to determine the amount of annual soil loss in function of water erosion as an effect of rainfall from the Coastal boy Phenomenon in the Huancay sub-basin, using the RUSLE method (Universal soil loss equation revised), in which it requires 5 factors (R, K, LS, C and P) and with the help of geographic information systems, they make a practical method to evaluate the spatial variability of soil erosion. This study consisted in the collection of satellite information (Landsat satellite) and rainfall information from 7 meteorological stations of SENAMHI. With the obtained information, we proceeded to the processing of the images and the different equations for each factor, likewise a value was given to each unit of the variables, to later perform the quantification, with each one of the variables of the model, using the ArcGIS 10.3 software. It was concluded that the rate of soil loss in the Huancay Subbasin, Chicama, was 13.8% of the area at an incipient level, 5.0% at the level of light erosion, 23.5% at a strong level and 57.7% a level of erosion severe

Keywords: Rainfall, universal equation of soil loss reviewed, water erosion, geographic information systems.

I. INTRODUCCIÓN

Según la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) sostiene que el cambio climático seguirá produciendo fenómenos meteorológicos muy intensos, como la degradación de tierras y también desertificación, todo esto contribuyendo a la erosión de suelos (FAO, 2017, p. 4). También alterando el desempeño de los ecosistemas y la agricultura, como la producción de cultivos, que se da por pérdida de fertilidad y erosión del suelo. El rendimiento agrícola disminuirá, provocando un problema de seguridad alimentaria, dejando que la población rural pobre sea la más afectada (Mekonnen, Woldeamanuel, Kassa, 2019, p. 19).

La erosión hídrica es un fenómeno muy variado, puesto que este retira de a pocos los nutrientes que contiene el suelo, llamada manto orgánico que se encuentra en la superficial del suelo, también altera los niveles de composición de la materia orgánica llevándolos a reducir drásticamente, es decir que la erosión producida por las lluvias genera un ambiente muy poco favorable para el crecimiento de cobertura vegetal. (SENAMHI, 2017, p. 4).

Según la FAO nos menciona que existe una conexión entre la erosión del suelo con la productividad de la pérdida media mundial, la cual es de 0.3% del rendimiento anual de los cultivos, y esta sería ocasionada por la erosión. Si para el año 2050 el problema de la erosión continua se produciría una pérdida que será del 10% del rendimiento potencial anual, es decir, en el año 2050 se eliminarán 150 millones de ha., de suelo destinadas a la producción de cultivos o una cancha de fútbol cada cinco segundos (FAO y GTIS, 2015, p.10).

Existe un patrón de eventos de lluvias intensas durante el invierno y la primavera, es allí donde los suelos son más vulnerables a la erosión, ya que las lluvias se dan en terrenos semicongelados provocando que la erosión llegue hasta la línea de congelación y siendo más difícil de detenerla (Delta Farm Press 2019, párr. 5).

Según la ley de caída de los cuerpos, de Aristóteles nos menciona que cuando el agua va a una distancia, esta cambia con la raíz cuadrada de la distancia vertical, pero no solo cambia

eso, sino que también modifica la capacidad de erosión por el cuadrado de la velocidad. Por ello podemos decir que la pendiente de un terreno es un factor muy importante, porque al aumentarlo 4 veces, el agua que fluye sobre la pendiente se desplazará al doble de velocidad, por lo tanto, su capacidad de erosión del suelo será multiplicada por 4 (Álvarez, 2012, p. 36).

La superficie es vulnerable a la erosión del agua, así como la intensidad total de la magnitud puede verse muy vulnerable por la deforestación, los sistemas de laboreo tradicional y las rotaciones de cobertura vegetal. Por lo tanto, es importante cuantificar el riesgo y la variación espacial de erosividad en diferentes escenarios del mundo para llevar a cabo el control de la erosión, ya que estas producen una formación de costra superficial que afecta milímetros o centímetros del suelo (Norzagaray, [et al], 2016, p. 133).

Los mayores efectos negativos de la erosión hídrica se dan en los campos de cultivos, ya que arrastran los fertilizantes llevándolos a los ríos y alterando la calidad del agua. En un año a nivel mundial el nitrógeno pierde de 23 a 42 millones de toneladas y de 15 a 26 millones de toneladas de fósforo. Esta información se comparó con los datos que se tiene en un 1 año en el uso de fertilizantes, donde el nitrógeno tiene un valor de 112 millones de toneladas y el fósforo de 18 millones de toneladas. Por lo tanto, al reemplazarlo por nuevos fertilizantes se generó un gasto económico, donde el nitrógeno costó de 33 a 60 billones de dólares, mientras que el fósforo fue de 77 a 140 billones de dólares (FAO y GTIS, 2015, p.17).

La ecuación universal de pérdida de suelo revisada (RUSLE), proporciona un marco bastante simple pero completo para evaluar la erosión del suelo y sus 5 factores, lluvia, suelo, longitud y pendiente, cubierta vegetal y prácticas agrícolas (Phinzi y Ngetar, 2019, p. 27). El modelado proporciona información significativa sobre el riesgo relativo de erosión del suelo, ya que nos ayuda a calcular la probabilidad de riesgo a la pérdida de masa (Xihua, 2014, p. 259), además proporciona una base para el manejo integral y el uso sostenible de la tierra para la cuenca (Prasannakumar, Vijith y Geetha, 2012, p. 214)

La Autoridad Nacional del Agua (ANA) en el año 2015, publicó un estudio de la erosión total mediante la ecuación universal de pérdida de suelo (USLE) en la cuenca del Río Chicama la cual tuvo un total de 4 518 ton/ha/año de erosión hídrica, en donde la Subcuenca Huancay, tuvo 34.9 ton/ha/año en nivel bajo, 128.8 en moderada, 153.0 en nivel media, 253.5 en nivel alta, 260.5 en muy alta y 351.4 ton/ha/año en nivel muy crítico, haciendo un total de 1 182.1 ton/ha/año (ANA, 2015, p. 285). En el año 2017 en Perú se produjo un desastre natural, el niño costero, que se dio gracias al incremento de la temperatura del mar y esta a su vez generó fuertes lluvias. En la región la Libertad la mayor parte de los afectados por las precipitaciones fueron los andes y la costa peruana, es por ello que este trabajo de investigación se planteó saber ¿En qué medida las precipitaciones pluviales del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay Chicama afecta a la erosión hídrica expresada como pérdida anual de suelo?

MENDES Henrique [et al] (2018), en su artículo científico “Water erosion in Oxisols under coffee cultivation”, tuvo como objetivo determinar cuánto es la pérdida de suelo en relación con el límite de tolerancia a la pérdida de masa en los suelos oxisoles de cultivos de café. Este estudio se realizó a partir de marzo 2015 a enero de 2017 en la Subcuenca Hidrográfica de Córrego da Laje en el municipio de Alfenas en la región sur de Minas Gerais, sureste de Brasil. La metodología que se utilizó fue la RUSLE a través del ArcGIS. Los resultados mostraron que las plantaciones de eucalipto cuesta abajo son uno de los principales factores de degradación del suelo favoreciendo los efectos de la erosión. Se concluyó que la ausencia de prácticas de conservación aumenta las pérdidas del suelo del área a tasas muy superiores comprometiendo a la sostenibilidad de las actividades agrícolas. Por otro lado, el uso de la RUSLE puede reducir los costos y el tiempo requerido para evaluar el uso de tierra y los factores erosivos.

NAJERA Oyolsi [et al] (2016), en su artículo científico “Water erosion risk and soil loss estimation in volcanic geomorphological landscapes of Mexico”, evaluó el riesgo de erosión y pérdida de suelo sobre unidades de paisaje geomorfológico de origen volcánico en la cuenca del río Mololoa, México, aplicando USLE, con el apoyo de los SIG. Los resultados para el factor C mostraron que el pino, el roble y los bosques son atenuantes ante la erosión

hídrica, mientras que los cambios de cobertura vegetal del suelo, es decir los bosques sustituidos por cultivos tienen dramáticos aumentos de pérdida de suelo que pueden alcanzar el desarrollo de cárcavas aumentando la carga de los sedimentos. Se concluyó que la cubierta vegetal es el factor más importante para reducir las tasas de erosión es por ello, que es necesario reducir la deforestación y promover la preservación de los bosques a través de espacios naturales protegidos y programas de reforestación.

SANTOS Alma y ORREGO Elmer (2016), en su tesis titulada “Riesgo potencial a erosión hídrica para la planificación del manejo y conservación de suelos de la agroindustria azucarera Guatemalteca”, consistió en generar y validar los planes de manejo y conservación de suelos de sus áreas de cultivo. Se utilizó el modelo USLE, asociada al software ArcGIS 10, para predecir el riesgo potencial de erosión hídrica de los suelos. Los resultados de pérdida de suelo fueron de 37.8% en nivel de erosión leve, mientras que el 18.3% en moderado, el 34.6% en nivel fuerte y el 12.2% en nivel muy fuerte. Se concluyó que las zonas de mayor riesgo a erosión se dan en lugares con pendiente altas, laderas y partes media-alta de la zona cañera, acompañado de las altas precipitaciones y propiedades físicas del suelo.

TUNG Gian [et al] (2018), en su investigación “Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam”, tuvo como objetivo cuantificar la erosión del suelo en la cuenca del río A Sap, distrito de A Luoi, Thua Thien provincia de Hue, Vietnam, utilizando la metodología USLE y los sistemas de información geográfica. Los resultados para el factor R oscilan entre los 1 732.9 y 1 634.2 MJ*mm/ha*h del territorio, mientras que para factor LS los valores oscilaron entre 0.0 hasta 30.7 adimensional, y para el factor C se identificó que la pérdida de suelo aumenta solo cuando el ciclo de cosecha aún no ha comenzado. Se concluyó que los factores P y C deben mejorarse para minimizar el riesgo de erosión del suelo plantando árboles con hojas ancha y promoviendo la agricultura.

VEGA Julio (2016), en su tesis titulada “Determinación de zonas susceptibles a erosión hídrica en los cantones de Catamayo y Gonzanamá de la provincia de Loja, utilizando

Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Teledetección”, se centraron en determinar la pérdida del suelo actual y potencial en Catamayo y Gonzanamá, Loja. La metodología que se utilizó es el modelo RUSLE. Los resultados para el factor K oscilaron entre 0.04 a 0.06 ton*ha*h/MJ*ha*mm , y ambos son de clase textural franco a franco arcilloso y/o arenoso, y ambos presentan alto contenido de arcilla. Además, los resultados para la adecuación del manejo de cultivo fueron la utilización de terrazas, ya que ayuda al desarrollo de la agricultura, evitando la erosión y aprovechando el agua. En conclusión, los factores RUSLE generados permitieron identificar las zonas más susceptibles y plantear alternativas para conservar el recurso suelo.

Autoridad Nacional del Agua (2015), en su investigación titulada “Evaluación de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Río Chicama”, consistió en determinar los recursos hídricos para darle una correcta gestión integrada y sostenible. La metodología empleada para la erosión hídrica del suelo fue la USLE. Los resultados para el factor R estuvieron dentro de 2.9 a 170.0 MJ*mm/ha*h , con la utilización de 14 estaciones meteorológicas, de las cuales 5 están dentro de la Subcuenca Huancay, mientras que para el factor LS los valores adimensionales oscilaron entre 0.03 a 642.83 dentro del territorio. En cuanto a la erosión hídrica del suelo el 3.0% del área total presentó erosión baja, el 10.9% moderada, el 12.9% media, el 21.4% alta, el 22.0% muy alta y el 29.7% del área tuvo pérdida de erosión en un nivel crítica.

CASTRO Itzel (2013), en su tesis titulada “Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en Microcuenca de presa Madín, México”, consistió en el cálculo de la erosión hídrica como uno de los principales pasos para determinar la degradación. Se basó en el modelo USLE para el cálculo de la erosión hídrica actual y potencial, a través del software ArcGis. Los resultados para el factor LS están entre 0 y 16 (adimensional), donde la erosión aumenta cuando la longitud del terreno está en sentido de una pendiente que está en aumento, haciendo que la inclinación se haga mayor. Se concluyó que la microcuenca tuvo erosión incipiente con un valor del 74.5% del área, el 15.8% ligera, el 8.1% fuerte y por último el 1.6% erosión severa.

SOLANO Roosevelt (2016), en su tesis titulada “Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la Subcuenca del Río Shullcas 2000 – 2013, Huancayo”, nos manifiesta que la deforestación, el pastoreo y las lluvias intensas han hecho que la erosión hídrica vaya en aumento, por ello su objetivo fue cuantificar la pérdida del suelo producto de la erosión del agua en la Subcuenca para el año 2000 y 2013. La metodología es la aplicación USLE mediante los SIG. Los resultados para el factor K presentaron valores entre 0.07 a 0.39 $\text{ton}\cdot\text{ha}\cdot\text{h}/\text{MJ}\cdot\text{ha}\cdot\text{mm}$, donde el valor mínimo es franco arenoso con permeabilidad moderada y estructura granular muy fina, mientras que el máximo es franco arcilloso con permeabilidad lenta y de estructura granular gruesa. Se concluyó que los pajonales, bofedales y césped de puna fueron los que generaron la disminución frente a la erosión hídrica.

El suelo es una delgada capa de material que se encuentra en la superficie terrestre, donde el ser humano utiliza este recurso natural que produce el 95% de sus alimentos (FAO, 2015, p. 3). La materia orgánica influye mucho en la fertilidad del suelo, así como la textura y el material parental, puesto que un suelo con alto contenido de materia orgánica quiere decir que existen microorganismos viviendo y dejando nutrientes para el crecimiento de las plantas (INIA, 2015, p. 7).

La erosión es cuando la parte del suelo se desintegra, es arrastrada por la lluvia o el viento, y las malas prácticas del hombre. Estas pérdidas disminuyen la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad afectando a la región alto andina (MINAGRI, 2014, p. 3). Esto se da mediante el clima, el factor físico, hidrobiológico, químico y factores biológicos como la cantidad e intensidad de las precipitaciones, dejando surcos o cárcavas en el suelo (Wang [et al], 2015, p.409). La erosión en cárcavas se forma cuando existen grandes precipitaciones creando grietas y canales (JARAMILLO Julio, 2015, p. 25).

Los factores de la erosión hídrica influyen sobre la vegetación y deja al descubierto las raíces de la planta; en el peor de los casos existe la pérdida de plantas, así como también del propágulo, mantillo y los nutrientes (Vásquez, [et al], 2016, p. 309). La tasa de erosión en

la región andina es muy alta, puesto que la pendiente y las precipitaciones son factores muy principales para la ocurrencia de la pérdida de masa del suelo (SENAMHI, 2017, p. 50).

En el año 2017 el Perú pasó el tercer fenómeno del niño más intenso de los últimos 100 años, lo cual conllevó a generar fuertes y constantes precipitaciones que se descargaban en la costa y sierra, y se denominó niño costero (ENFEN, 2017, p.1).

Los SIG combinados con el modelo RUSLE son un método práctico y relevante para evaluar la variabilidad espacial de la erosión del suelo para una gestión eficaz, en pocas palabras podemos realizar investigaciones muy complejas ahorrando tiempo y esfuerzo (Fayas, [et al], 2019, p. 136). Los modelos matemáticos posibilitan la estimación de la erosión hídrica, permite identificar las áreas de riesgo potencial y real del suelo. (Díaz, 2015, p. 292).

El satélite Landsat fue diseñado especialmente para ver los cambios de la capa vegetal, estos datos contienen una resolución espacial la cual tiene una precisión para observar hasta un cuerpo de agua (Elkhrachy, 2017, p. 2). La teledetección se obtiene a través del pixel, mediante las imágenes de la superficie terrestres, estas proporcionan información oportuna, precisa y confiable (Abdelrahman, [et al], 2018, p. 11).

Wischmeier y Smith en el año 1962 crearon la metodología USLE, la cual requiere de 5 factores y es la ecuación de predicción de pérdida de suelos más aceptada y utilizada, la cual fue elaborada con metodologías correlacionadas hasta la actualidad (Zúñiga Javier, 2017, p. 11). En el año 1989 la USLE tuvo su otra versión (RUSLE), la cual fue dada por Renard y Foster (SENAMHI, 2017. p. 17) (Renard [et al], 1997, p. 15).

Los mapas (R) de la lluvia son útiles para ilustrar cómo la lluvia influye en la erosión del suelo y representan una importante fuente de información para predecir la erosión (Klik [et al], 2015, p. 285). Las precipitaciones son uno de los principales impulsores de la erosión del suelo, tanto en su intensidad como en su duración, se expresa como erosividad de la lluvia (Panagos, [et al], 2015, p. 801).

El IFM es el más aceptado y utilizado en lugares donde no se cuente con información pluviométrica (PHI-LAC, 2006, p. 9). Está dado por la relación entre la suma del cuadrado de las precipitaciones de todos los meses para un año, respecto a la precipitación media anual (Crettaz, Gnozdenovich y Saluzzio, 2017, p. 3).

El factor (K) es un insumo para un modelo de erosión, porque mejora el nivel de detalle y la sensibilidad del análisis (Yang, [et al], 2018 p.169). Según, K; Wischmeier & Smith. Es la resistencia que presenta el terreno frente a la erosión hídrica y para definir su erodabilidad tenemos que saber las propiedades físicas y mecánicas (SENHAMI, 2017. p. 17).

El factor (L) de longitud de pendiente es la relación entre la pérdida del suelo desde una pendiente dada hasta el punto donde se depositan los sedimentos provocados por la lluvia, en este caso la pendiente estándar es de 22.1 m. El factor (S) es la inclinación de la pendiente que proporciona la pérdida de suelo de un terreno con una pendiente específica con respecto a una pendiente estándar de 9% (Thomas, Josep y Thrivikramji, 2018, p. 897).

La cobertura vegetal tiene aportes diferentes al suelo, esta amplia gama de factores es difícil y costoso de estimar, es por ello que se utilizan imágenes de satélites. (SENHAMI, 2017, p. 21). Estas son una forma simple y efectiva de mapear la distribución espacial y temporal ante el peligro de erosión de laderas en una gran área (Xihua, 2014, p. 259)

Las prácticas de conservación de suelos frente a la erosión hídrica, se hacen realizando medidas de control como fajas, terrazas u otro cualquier método, ya que estas cortan las líneas de la erosión provocada por las lluvias (SENHAMI, 2017, p. 22). El impacto de las prácticas se observa principalmente en áreas agrícolas donde el riesgo de erosión del suelo se reduce en un 5% (Pánagos [et al], 2015, p. 32)

La formulación del problema es la siguiente: ¿En qué medida las precipitaciones pluviales del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay Chicama afecta a la erosión hídrica expresada como pérdida anual de suelo?

La justificación es la siguiente: la erosión del suelo es el problema común de la degradación de la tierra en todo el mundo debido a su uso económico e impactos ambientales (Devatha, Deshpande y Runukaprasad, 2015, p. 1429). La lluvia es el principal impulsor de la erosión del suelo por el agua, la relación entre la precipitación y el rendimiento de los sedimentos que está dada por la erosividad de la lluvia (Xihua y Yu, 2015, p 178). El cambio climático y las variaciones inducidas por el hombre en el ambiente requieren una atención considerable a la erosión del suelo (Aiello, Adanmo, Canora, 2015, p 174).

Según Astier Marta; Maass Manuel y Etchevers Jorge, nos argumenta que para restablecer 1 centímetro del recurso suelo, es necesario que pase un tiempo que oscila entre 100 a 400 años, por lo tanto, se dice que es un recurso natural no renovable (SEMARNAT, 2013, p.141). El suelo es la base de todos los ecosistemas, además ésta posee la mayor reserva de carbono, el arrastre de materia orgánica y minerales provoca la alteración de las propiedades físicas, químicas y biológicas de los suelos. Pero este proceso de erosión se acelera cuando existe una pendiente muy alta y ausencia de cobertura vegetal

Se eligió la Subcuenca Huancay, ya que cuenta con 7 estaciones meteorológicas (Lucma, Marmot, La Fortuna, Callancas, Usquil, Puente Coina, Capachique) distribuidas dentro del área, haciendo que la base de datos sea excelente para el estudio. Ver anexo (4). Y por último se trabajará con el año 2017, puesto que en ese año ocurrió el niño costero, donde hubo aumento de la temperatura del mar que género fuertes precipitaciones. Por lo tanto, se desconoce los rangos de erosión en la Subcuenca Huancay, así como el de los sitios que presentan una mayor degradación física por pérdida de suelo frente a un niño costero.

Para el presente trabajo de investigación se utilizar la RUSLE, ya que nos ayudó a modelar y cuantificar la pérdida de erosión hídrica para identificar las áreas que tienen las tasas más altas de pérdida de masa del suelo. También para brindar opciones a los responsables de la formulación de políticas en cuanto al manejo de los riesgos de erosión del suelo de la manera más eficiente, y así priorizar las diferentes áreas de la cuenca para su tratamiento (Ganasri y Ramesh, 2016, p. 961). En este trabajo de investigación los resultados ayudarán a tomar decisiones en cuanto a la aplicación de los fertilizantes en las áreas de cultivo, también saber

cuáles son las áreas aptas para cultivar, las zonas que necesita reforestación y por último podremos crear una estrategia sustentable para la mitigación frente al cambio del clima de la Subcuenca Huancay.

La hipótesis que planteamos es la siguiente: H_1 Mediante los sistemas de información geográfica y el modelo RUSLE se determinará la cantidad de pérdida de suelo anual como efecto de las precipitaciones pluviales del Fenómeno del Niño Costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017. Mientras que la hipótesis nula es que H_0 Mediante los sistemas de información geográfica y el modelo RUSLE no se determinará la cantidad de pérdida de suelo anual como efecto de las precipitaciones pluviales del Fenómeno del Niño Costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.

El objetivo general de la presente investigación es determinar la cantidad de pérdida de suelo anual en función a la erosión hídrica como efecto de las precipitaciones pluviales del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay, utilizando la ecuación universal de pérdida de suelo revisada, mediante los sistemas de información geográfica.

Como primer objetivo específico es elaborar los mapas digitales de erosividad (R), erodabilidad (K), longitud y pendiente (LS), cobertura vegetal (C) y buenas prácticas (P) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017. El segundo es determinar la erosión hídrica real del suelo en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017. Y el tercero es comparar la erosión hídrica real del suelo según la investigación de la ANA publicada el año 2015 con el 2017 de la Subcuenca Huancay, Chicama.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Por su tipo

Es aplicativo, ya que se basó en la recopilación de conocimientos que ya se han adquirido.

2.1.2. Por su nivel

El estudio es explicativo, porque busca el porqué de los hechos a partir de la relación causa – efecto, es decir estuvo dirigido en darnos una explicación del porqué ocurre un fenómeno y también cuales fueron las condiciones en que se manifiesto o por que se relacionan dos o más variables (Martínez y Benito, 2016, p.70)

2.1.3. Por su diseño

La investigación es no experimental transversal, porque las variables no se manipularon y solo se observaron las diferentes situaciones de un fenómeno, que luego se estudió sin alterar los datos obtenidos.

Es un estudio no experimental, ya que se observan situaciones de la realidad, es decir no se pueden provocar alteraciones en la investigación (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p.152).

Transversal, porque se realizará una sola recogida de datos de la realidad y en un tiempo determinado, cuyo propósito es describir variables, así como también analizar su incidencia e interrelación de un momento de tiempo (Escobar [el all], 2018, p. 88).

2.2.Operacionalización de variables

2.2.1. Variables

Variable dependiente: Erosión hídrica del suelo

Variable independiente: Precipitación pluvial (Fenómeno del Niño Costero)

Tabla 1. Operacionalización de variables.

Variables		Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Dependiente	Erosión hídrica del suelo	Trasporte de partículas de suelo desprendidas por el impacto de las gotas de lluvia, generando erosión laminar, surcos o cárcavas en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017 (FAO, 2016)	Estimada por la ecuación RUSLE de Renard y Foster que refleja la pérdida de masa del suelo en un área y tiempo determinado (Thomas, Josep y Thri vikramji, 2018)	Agresividad de lluvias	Erosividad de las lluvias (R)	Razón
				Resistencia del Terreno	Erodabilidad del suelo (K)	Razón
				Efecto de la longitud de la pendiente y la inclinación del terreno	Longitud y pendiente (LS)	Razón
				Protección del suelo	Cobertura del suelo (C)	Razón
				Influencia de las prácticas de conservación	Práctica de conservación (P)	Razón
Independiente	Precipitación pluvial	Cantidad de lluvia durante el fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017 (ENFEN, 2017)	Recolección de las precipitaciones pluviales de las estaciones meteorológicas del SENAMHI		mm/ mes	Razón

Fuente: elaboración propia.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Es el área de la Subcuenca Huancay, Chicama tiene 118 507.5 ha, la cual está constituida por el tipo de cobertura vegetal, uso de suelo, variabilidad topográfica, edáfica y precipitación. Ver anexo (3).

2.3.2. Muestra

La muestra estuvo constituida por 7 estaciones meteorológicas del SENAMHI, y por 7 muestras de suelo que fueron tomados en los alrededores de la ubicación de las estaciones meteorológicas de la Subcuenca Huancay, Chicama. Ver anexo (12).

2.3.3. Selección de muestra

El muestreo es no probabilístico por conveniencia porque depende del criterio del investigador y de las características de la investigación, por lo tanto, no utiliza fórmulas o cálculos. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 176).

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

Se utilizó la observación, puesto que establece una conexión con el resultado durante la recogida de información, sin dejar de mencionar que este es un método sistemático válido y confiable. También entiende las vinculaciones entre los eventos y circunstancias que se desarrollan en el área a estudiar. (Hernández, Fernández y Baptista, 2014, p. 260-261).

El análisis documental también se utilizó, puesto que su contenido nos ayudó a manejar los datos que necesitamos en esta investigación, sin dejar de mencionar que este producto secundario no es alterado del original y solo fue dada en un formato diferente.

2.4.2. Instrumento, validación y confiabilidad

Los datos se recolectaron utilizando la ficha de muestreo, la cual se elaboró a base de guía de muestreo de suelos del MINAM en el marco del Decreto Supremo N°002-

2013-MINAM, estándares de calidad ambiental (ECA) para suelo. Instrumento validado y respaldado legalmente. Ver anexo (2).

2.5. Procedimiento

Se empleó la Ecuación Universal de Pérdida de Suelo Revisada (RUSLE), el cual es el método más aceptado y empleado en todo el mundo para cuantificar la erosión del suelo.

Figura 1. Ecuación Universal de Pérdida de Suelos Revisada

$$A = R * K * LS * C * P$$

A = Pérdida anual de suelo (ton/ha/año)
R = Factor de erosividad de la lluvia (MJ*mm/ha*h)
K = Factor de erodabilidad del suelo (ton*ha*h/MJ*ha*mm)
LS = Longitud e inclinación de la pendiente (adimensional)
C = Cobertura vegetal (adimensional)
P = Prácticas de conservación de suelos (adimensional)

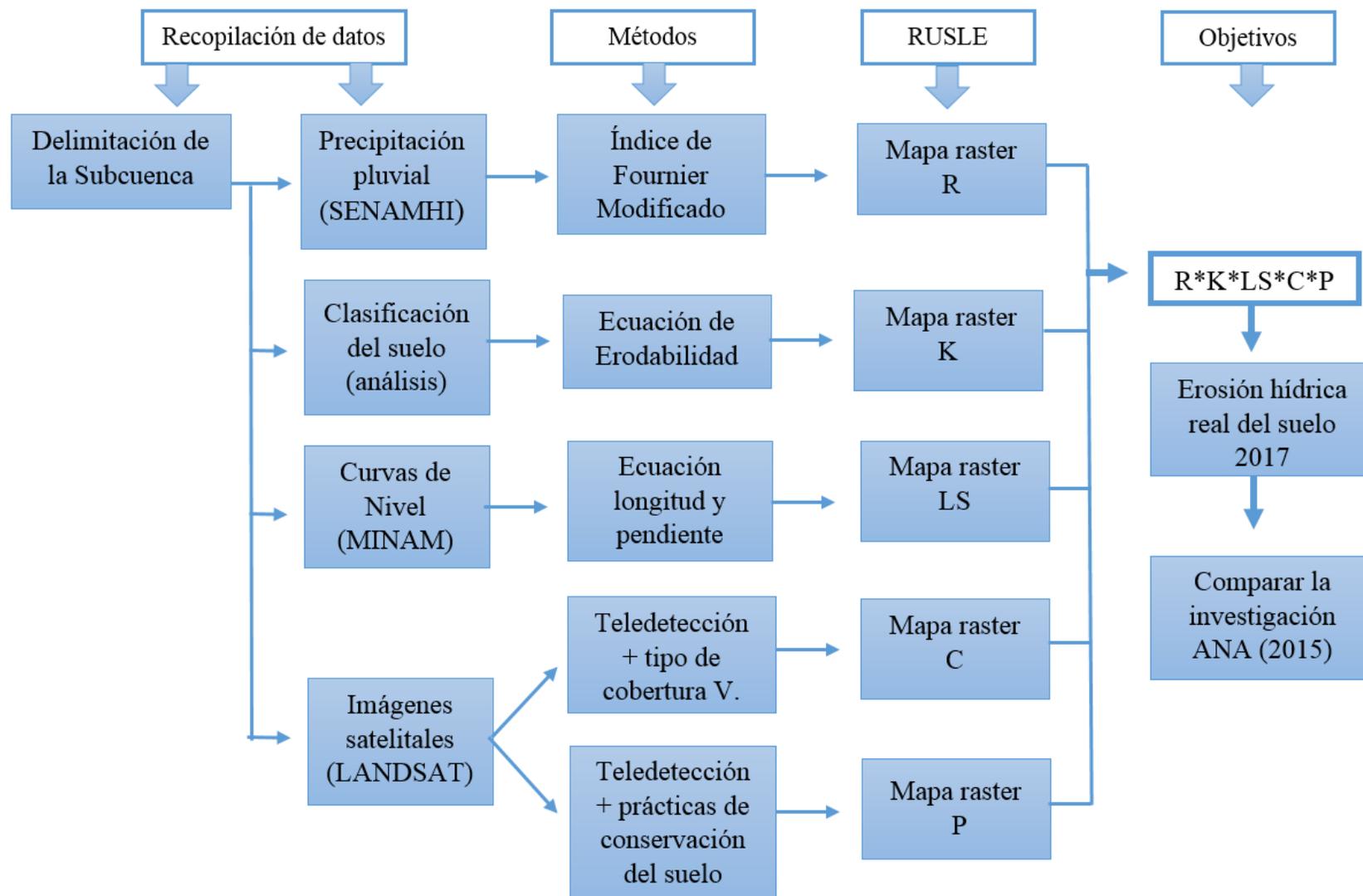
Fuente: Phinzi y Ngetar, 2019.

Como primera etapa, se recopiló data de 7 estaciones meteorológicas referentes al año 2017 y también imágenes satelitales del área, así como también se reunió información en formato shapefile y raster como: el área de la Cuenca Chicama, el modelo digital de elevación, los ríos y las curvas de nivel.

La segunda etapa fue de campo, donde se viajó para recolectar 7 muestras de suelo, de diferentes puntos de la Subcuenca con ayuda de nuestra ficha de muestreo con el fin de analizar y obtener el porcentaje de materia orgánica, limo, arena y arcilla.

La tercera etapa fue de gabinete, donde se procesó la información obtenida para cada factor del modelo, esto se hizo en el software ArcGIS 10.3, el cual generó 5 mapas en formato raster con un tamaño de pixel de 50 m. y finalmente se multiplicó todos los mapas generando el mapa de erosión hídrica. Ver figura (2).

Figura 2. Diagrama de bloques.



Fuente: elaboración propia.

2.6.Método de análisis de datos

Para el proceso de análisis de los factores RUSLE se empleó los sistemas de información geográfica, a través del software ArcGIS 10.3, así como también el programa Microsoft Excel 2015, puesto que este último nos ayudó a procesar los datos recopilados y el satélite Landsat, el cual nos brindó la imagen satelital de la Subcuenca Huancay del año 2016.

2.7.Aspectos éticos

En este presente proyecto se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Respeto por el medio ambiente al momento que se realizó la toma de muestras y el procesamiento de las mismas.
- No se realizó ninguna copia, es decir se respetó la propiedad intelectual, puesto que se citó los conceptos y procedimientos extraídos de las investigaciones.
- La veracidad de los resultados, sin ninguna alteración de estos.

III. RESULTADOS

3.1. Mapas digitales de erosividad, erodabilidad, longitud y pendiente, cobertura vegetal y buenas prácticas de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.

El mapa de erosividad R, ver anexo (5), se generó utilizando los datos de precipitaciones pluviales de 7 estaciones meteorológicas durante el año 2017, ver anexo (6), seguidamente se aplicó la ecuación del IFM, ver anexo (7), el cual generó una base de datos, ver anexo (8), las cuales sirvieron para la interpolación en el ArcGIS produciendo un raster con un tamaño de pixel de 50 m.

El resultado del mapa R, dio valores de agresividad de lluvias al suelo que oscilaron entre 6.2 a 598.5 MJ*mm/ha*h en el área de la Subcuenca, y seguidamente se clasificó según la tabla IFM, para encontrar las áreas con mayor erosividad. Ver anexo (9).

Tabla 2. Resultados de la clasificación del IFM en la Subcuenca Huancay 2017.

IFM	Clasificación	(MJ * mm/ha * h)	Área (%)
0 - 60	Muy baja	5225.0	4.4
60 - 90	Baja	2950.5	2.5
90 - 120	Moderada	3596.8	3.0
120 - 160	Alta	8363.0	7.1
> 160	Muy alta	98372.3	83.0
Total		118507.5	100.0

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 2, podemos observar que el 83.0% y el 7.1% representan erosividad en nivel muy alta y alta respectivamente, lo que indica que casi todo el terreno sufrió agresividad de las lluvias en el año 2017.

El mapa de erodabilidad K, ver anexo (10), se utilizó el análisis de 7 muestras de suelo, ver anexo (11), tomadas en función a la ubicación de las estaciones meteorológicas, ver anexo (12), los resultados fueron clasificados por códigos, ver anexo (13), el cual generó una base de datos, ver anexo (14), que sirvió para aplicar la ecuación de erodabilidad, ver anexo (15), los resultados se interpolaron en el ArcGIS produciendo un raster con un tamaño de pixel de 50 m.

Tabla 3. Resultados del factor K de la Subcuenca Huancay, Chicama.

Muestra	Clase Textural	Estructura	Permeabilidad	K
M-01	Franco arcilloso arenoso	Granular fina	Moderada	0.31
M-02	Franco arcilloso	Granular fina	Moderada lenta	0.25
M-03	Franco arcilloso arenoso	Granular muy fina	Moderada	0.34
M-04	Franco arcilloso	Granular fina	Moderada lenta	0.38
M-05	Franco arenoso	Granular muy fina	Moderada rápida	0.50
M-06	Franco arcilloso	Granular muy fina	Moderada lenta	0.21
M-07	Franco arcilloso	Granular muy fina	Moderada lenta	0.37

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 3 se puede observar valores que oscilan entre 0.21 y 0.50 $\text{ton} \cdot \text{ha} \cdot \text{h} / \text{MJ} \cdot \text{ha} \cdot \text{mm}$, donde el valor más cercano a 0 es menos propenso a la erosión hídrica. El valor mínimo se caracteriza por ser franco arcilloso con granulometría muy fina y con permeabilidad lenta, mientras que el valor máximo es franco arenoso con granulometría muy fina y permeabilidad rápida.

El mapa de longitud y pendiente LS, ver anexo (16), se desarrolló en el ArcGIS, utilizando las curvas del nivel del MINAM del año 2017 y la ecuación de longitud y pendiente, ver anexo (17), produciendo un raster con un tamaño de pixel de 50 m.

Como resultado los valores adimensionales oscilan entre 0 – 854, y seguidamente se utilizó la clasificación de dificultad de acceso, ver anexo (18).

Tabla 4. Resultados del factor LS de la Subcuenca Huancay 2017.

Valores LS	Dificultad de acceso	Área (ha)	Área (%)
< 2	Baja	8424.8	7.1
2 – 20	Media	96197.5	81.2
> 20	Alta	13885.2	11.7
Total		118507.5	100

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 4 observamos que la dificultad de acceso media ocupa la mayor parte de la Subcuenca con el 81.2% del área, mientras que el alta y media el 11.7% y 7.1% respectivamente, lo que indica que la longitud y pendiente es muy pronunciada porque el área se encuentra ubicada en la cordillera de los andes.

El mapa de cobertura vegetal C, ver anexo (19), se generó utilizando la imagen satelital Landsat, ver anexo (20), y aplicando la teledetección del software ArcGIS, el cual identificó tipos de cobertura vegetal, para que luego se le asigne un valor según la tabla del SENAMHI, ver anexo (21), y producir un raster con un tamaño de pixel de 50 m.

Tabla 5. Resultados del factor C en la Subcuenca Huancay 2017.

Factor C	Tipo	Área (ha)	Área (%)
0.63	Tierra Cultivada	5931.4	5.0
0.003	Bosques	13353.0	11.3
0.22	Matorral	23879.3	20.2
0.5	Tierra desolada	75343.8	63.6
Total		118507.5	100

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 5, podemos observar que se identificaron: bosques, matorrales y tierras cultivadas, cuya extensión de estas no llega a ocupar ni la mitad del territorio, mientras que las tierras desoladas ocupan el 63.6% del área.

El mapa de prácticas de conservación P, ver anexo (22), se generó utilizando la imagen satelital Landsat, ver anexo (20), y la teledetección, el cual identificó el uso del suelo, para que luego se le asigne valores según la tabla de Kim, ver anexo (23), y crear el raster con un tamaño de pixel de 50 m.

Tabla 6. Resultados del factor P en la Subcuenca Huancay 2017.

Tipo de conservación	Área (ha)	Área (%)
Cultivos en franja	5931.4	5.0
No existe	112576.1	95.0
Total	118507.5	100.0

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 6 en la Subcuenca Huancay se identificó que el 95% del área no presenta conservación de suelo, mientras que el restante sí.

Tabla 7. Resultados de los valores en función a la pendiente de los cultivos en franja.

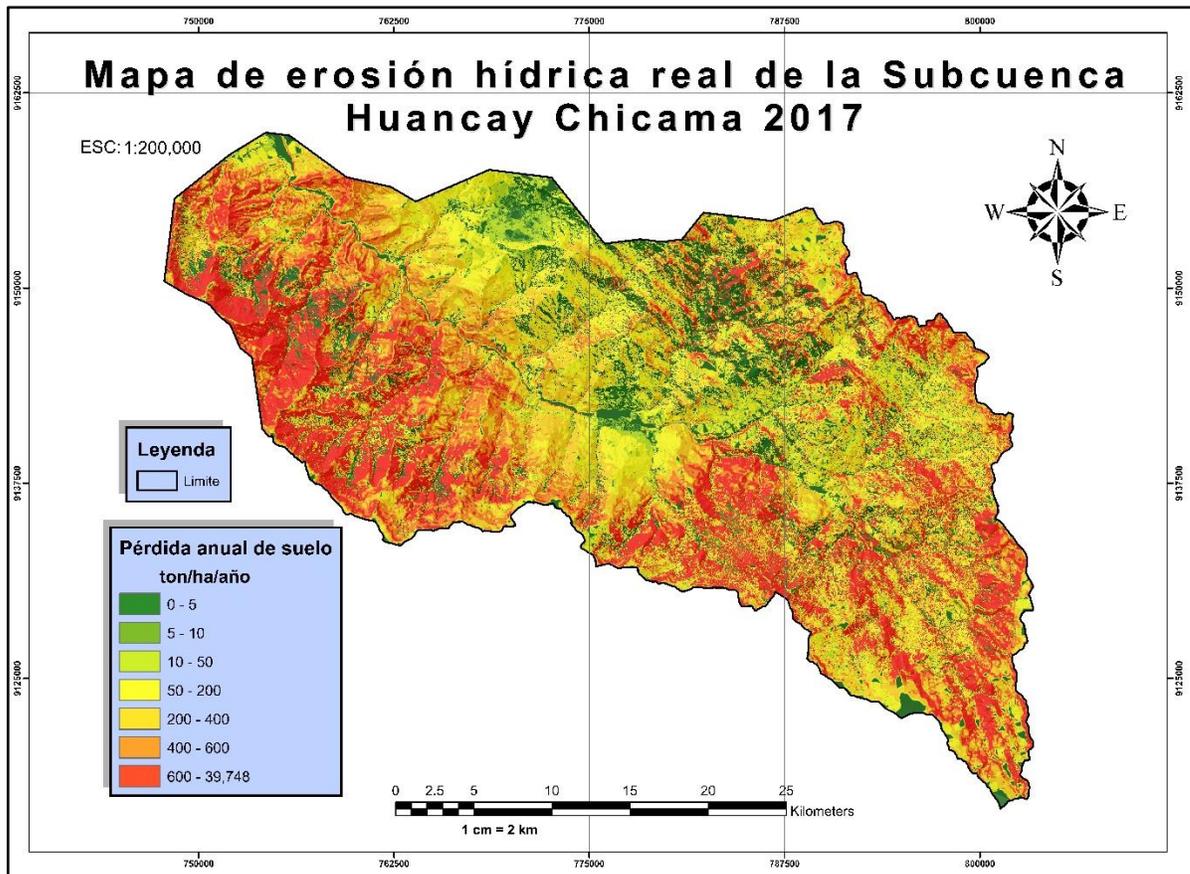
Cultivos en franja			
Pendiente	Factor P	Área (ha)	Área (%)
0.0 - 7.0	0.27	266.5	4.5
7.0 - 11.3	0.30	860.9	14.5
11.3 - 17.6	0.40	2462.3	41.5
17.6 - 26.8	0.45	1296.5	21.9
26.8 >	0.50	1045.2	17.6
Total		5931.4	100

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 7, se aprecia el valor mínimo que fue de 0.27 con una pendiente entre (0.0 – 7.0), mientras que el valor 0.50 tuvo una pendiente (> 26.8), entonces decimos que los cultivos que se encontraron en una pendiente baja protegen más al suelo.

3.2. Erosión hídrica real del suelo en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017

Figura 3. Mapa de erosión hídrica del suelo de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.



Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Clasificación de la erosión hídrica según la FAO.

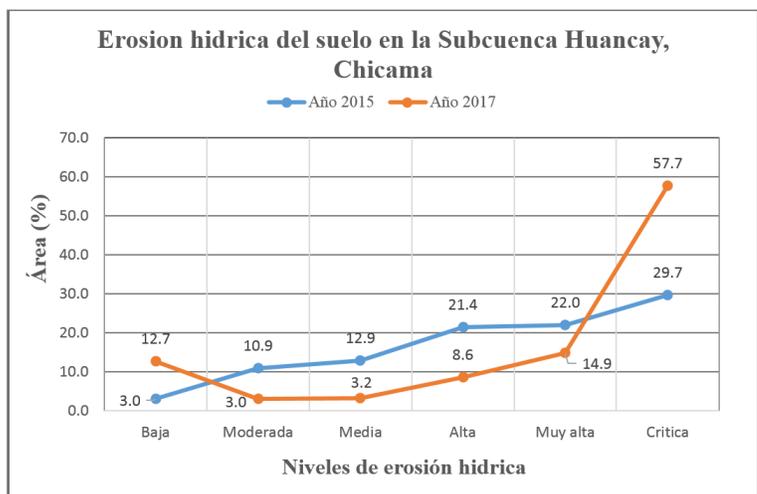
Erosión hídrica	Rango	ton/ha/año	Área (%)
Incipiente	0 - 10	16397.5	13.8
Ligera	10 - 50	5904.8	5.0
Fuerte	50 - 200	27817.8	23.5
Severa	> 200	68387.5	57.7
Total		118507.5	100

Fuente: elaboración propia.

Según la tabla 8 se puede observar que el 57.7% y el 23.5% del área presentó erosión hídrica de nivel severa y fuerte respectivamente, lo que indica que en el año 2017 la pérdida de suelo afecto a casi toda la Subcuenca, mientras que la erosión ligera e incipiente fue del 13.8% y 5.0% del área respectivamente.

3.3.Comparación de la erosión hídrica real del suelo según la ANA (2015) con el 2017 de la Subcuenca Huancay.

Figura 4. Erosión hídrica según la ANA (2015) y 2017 de la Subcuenca Huancay, Chicama.



Fuente: elaboración propia

Según la figura 4, en la investigación de la ANA de la Subcuenca tuvo erosión crítica en el 29.7% del área, mientras que para el año 2017 fue de 57.7% lo que indica que la pérdida de suelo fue más para el 2017, porque los niveles de baja, moderada, media, alta y muy alta se encuentran con pocas cantidades haciendo que el nivel crítico acumule más erosión en un 28.0% del área.

IV. DISCUSIÓN

Los valores para el factor R en este estudio de la Subcuenca Huancay, Chicama del año 2017, se generaron mediante 7 estaciones meteorológicas, cuyo resultados oscilan entre 6.2 a 598.5 MJ*mm/ha*h, ver anexo (5), datos que son superiores a los obtenidos por la Autoridad Nacional del Agua (2015), en la Cuenca Chicama, donde utilizó 14 estaciones meteorológicas, y cuyos valores se sitúan entre 2.9 a 170.0 MJ*mm/ha*h. Donde claramente vemos la diferencia y podemos decir que en el año 2017 se registró una agresividad mayor por parte de las lluvias en la Subcuenca, y así produciendo elevadas tasas de pérdida de suelo, y esto es corroborado por Panagos [et al] (2015), que nos menciona que las precipitaciones pluviales son uno de los principales impulsores de la erosión hídrica, tanto por su intensidad, así como por su duración. Además, los datos obtenidos para el año 2017, reflejan una mayor exactitud, puesto que cuenta con 7 estaciones meteorológicas, el cual nos indica que se acerca más a la realidad, mientras que en el estudio de la Cuenca Chicama utilizó 14 estaciones distribuidas por todo su territorio, donde solo 5 estaciones se encuentran dentro del área de la Subcuenca Huancay.

La clasificación del factor R según el IFM, indicó que el 83.0% del área de la Subcuenca Huancay presentó erosividad muy alta con rangos mayores de los 160 MJ*mm/ha*h, ver tabla (2), a lo que podríamos decir que la agresividad de las lluvias generó problemas a la agricultura, puesto que las gotas de lluvia separa pequeños fragmentos del suelo y los transporta, todo esto dependiendo a la intensidad y duración, en este caso como fue muy alta deducimos que dejó el suelo muy degradado y no apto para el cultivo, y esto es corroborado por el MINAGRI (2014), que nos menciona que la erosión del agua disminuye la profundidad del suelo, afectando la fertilidad de la región alto andina, así como también lo es corroborado por el investigador JARAMILLO Julio (2015), que nos afirma que las grandes precipitaciones que se dan en los terrenos generan canales y grietas, a lo que se denomina erosión en cárcavas.

En cuanto al factor K, el investigador Yang [et al] (2018), nos manifiesta que determinar los valores de erodabilidad mejora el nivel de detalle y la sensibilidad de análisis en cuanto al estudio de un terreno. A base de esto se desprende nuestros resultados para el factor K,

cuyo valor máximo fue de $0.50 \text{ ton*ha*h/MJ*ha*mm}$, el cual es de clase textural franco arenoso con permeabilidad rápida, mientras que como valor mínimo se obtuvo el $0.21 \text{ ton*ha*h/MJ*ha*mm}$, con clase textural franco arcilloso con permeabilidad lenta, ver tabla (3). Entonces podemos decir que el valor máximo representa al suelo que tiene menor resistencia frente a la erosión del agua, y esto es muy aparte de que el valor máximo se encuentra más lejos del 0, sino que esto se debe a sus características que posee el suelo, y esto es corroborado por el SENAMHI (2017), el cual nos menciona que para definir la erodabilidad de un suelo primero se debe tener información de las propiedades físicas y mecánicas. Por lo tanto, en nuestra investigación el valor máximo es de suelo arenoso, mientras que el mínimo es arcilloso, lo que indica que la arcilla es más resistente al agua, porque la arena posee mayor porosidad que la arcilla entonces el agua puede filtrarse haciendo más rápido el desprendimiento y transporte de estas.

Al comparar nuestro resultado K con el estudio de SOLANO Roosevelt (2016), del Río Shullcas en Huancayo, el cual tuvo valores entre 0.07 a $0.39 \text{ ton*ha*h/MJ*ha*mm}$, y el nuestro que presentó valores entre 0.21 a $0.50 \text{ ton*ha*h/MJ*ha*mm}$, podemos afirmar que los suelos del río Shullcas son más resistentes a la erosión hídrica, porque su rango de valores está más cercano al 0 a comparación del nuestro. Pero también comparamos nuestros resultados K con el estudio de VEGA Julio (2016), en los cantones de Catamayo y Gonzanamá en Ecuador, el cual tuvo valores entre 0.04 a $0.06 \text{ ton*ha*h/MJ*ha*mm}$, de ellos deducimos fácilmente que estos suelos deben contener alto porcentaje de arcilla, materia orgánica, sin dejar de mencionar que su granulometría debe ser muy fina para tener este resultado tan homogéneo, puesto que están más cercanos al 0 que el estudio del río Shullcas y la Subcuenca Huancay.

La distribución espacial del factor LS en la Subcuenca Huancay del año 2017 generó datos adimensionales que fluctúan entre 0 a 854, ver anexo (16), valores que son superiores a los obtenidos por la Autoridad Nacional del Agua (2015), en la Cuenca Chicama con valores adimensionales ente 0.03 a 642.8, cuyo rango mayor es diferente al de nuestra investigación. Por lo que deducimos que esto se debe a las curvas de nivel, ya que éste es el insumo principal para generar el factor LS aplicando la fórmula de Desmet & Gosver, es

decir, para generar el factor LS en la investigación de la ANA se tomó las curvas de nivel de años atrás, mientras que para nuestro estudio se tomaron las publicadas por el MINAM del año 2017, por lo tanto, la actualización de las curvas de nivel generó la diferencia del valor máximo haciendo que nuestro estudio este más cercano a la realidad.

Al evaluar los datos LS generados en la Subcuenca Huancay el 81.2% del área presentó dificultad de acceso media, ver tabla (4), lo que nos indica que la mayor parte de la Subcuenca cuenta con pendientes poco pronunciadas y lo que nos lleva a afirmar que la erosión hídrica se puede desarrollar produciendo la pérdida de suelo, y más aún cuando el 11.7% del área está en nivel alta, ver tabla (4), lo que indica que las mayores tasas de pérdida de suelo se dieron en estas áreas donde la longitud y la inclinación de la pendiente es más pronunciada y esto es corroborado por SANTOS Alma y ORREGO Elmer (2016), en su investigación de conservación de suelos en la agroindustria azucarera Guatemalteca en Guatemala, donde concluye que las áreas de mayor riesgo a la pérdida de suelo se da en los lugares donde existen pendiente muy altas y laderas.

En cuanto los valores del factor C, el investigador Abdelrahman [et al] (2018), nos menciona que la imagen satelital junto con la teledetección proporciona información precisa y confiable. Por lo tanto, a base de este argumento se desprende nuestra investigación del factor de cobertura vegetal que demostró que el 63.6% del área total de la Subcuenca Huancay fue tierra desolada, ver tabla (5), lo que indica que estas áreas presentaron grandes cantidades de pérdida de suelo, porque no tenían la protección ni el amortiguamiento de la cubierta vegetal, y esto es corroborado por el investigador NAJERA Oyolsi [et al] (2016), el cual concluyó que la cubierta vegetal es el factor más importante para disminuir la erosión del agua es por ello que es necesario reducir la deforestación y promover la preservación de los bosques.

Los bosques, matorrales y tierras cultivadas del factor C representaron el 11.3%, 20.2% y el 5.0%, del área respectivamente, ver tabla (5), lo que indica que estas partes del suelo estuvieron mejor protegidas ante la erosión hídrica, pero algunas especies protegen más que otras, y en esta investigación recordemos que se clasificó con el método de la teledetección,

el cual no identifica las especies para saber cuál protege más al suelo, por lo tanto, el investigado MENDES Henrique [et al] (2018), nos menciona que cuando las plantaciones de eucalipto están cuesta abajo favorecen a la pérdida de suelo. Además, el investigador SOLANO Roosevelt (2016), nos manifiesta que las plantaciones forestales, como el césped, bofedales y pajonales son buenos protectores del suelo frente a la erosión del agua. De esto podemos afirmar que cada tipo de cobertura vegetal tiene características y aportes diferentes al suelo, cuya información es de gran importancia para ajustar el modelo.

Los valores de P reflejan que el 5.0% del territorio presentó prácticas de conservación de suelo a través de los cultivos en franja, lo que quiere decir que el 95.0% restante del área tuvo mayor exposición frente a la erosión del agua, ver tabla (6), y provocando problemas a la agricultura, lo cual es corroborado por MENDES Henrique [et al] (2018), que nos menciona que la ausencia de prácticas de conservación aumenta las tasas de pérdidas del suelo y afecta las actividades agrícolas. De esto podemos afirmar que la agricultura se vio afectada en la Subcuenca Huancay, sin dejar de mencionar que hasta los fertilizantes pudieron ser removidos de su lugar de aplicación a causa de la erosión hídrica, por lo tanto, se debió realizar medidas de control para conservar el suelo, así como nos menciona el SENAMHI (2017), que la fajas o terrazas cortan la erosión provocada por las lluvias, y esto a su vez es corroborado por Panagos [et al] (2015), que nos afirma que la pérdida de suelo se puede reducir siempre y cuando exista prácticas de conservación, ya que estas reducen el 5% el riesgo frente a la erosión del agua.

Una vez detallado los factores R, K, LS, C y P que conforman la RUSLE se presenta la erosión hídrica real de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017, dado los resultados, ver tabla (8), podemos ver la superficie y porcentaje afectada por la erosión hídrica expresada como pérdida de suelo, donde el 57.7% del área presentó erosión hídrica severa con rangos mayores de 200 ton/ha/año, valores superiores a los obtenidos por CASTRO Itzel (2013), de la Microcuenca Madín en México, cuyo valor fue de 1.6% de erosión en nivel severa. De esto podemos deducir que la Subcuenca Huancay fue la más afectada en cuanto a la pérdida de suelo, pero también en la pérdida de cobertura vegetal el cual es corroborado por Vásquez [et al] (2016), donde nos manifiesta, que los factores de la erosión hídrica dejan al

descubierto las raíces de las plantas provocando la pérdida de propágulos, mantillo y nutrientes. Por lo tanto, para mitigar estos problemas y no poner en riesgo la fertilidad de nuestros suelos debemos aplicar estrategias, el cual es corroborado por TUNG Gian (2018), que nos menciona que para minimizar el riesgo a la erosión debemos mejorar el factor P y C plantando árboles y promover la agricultura. Así como también es corroborado por VEGA Julio (2016), que nos afirma que se debe utilizar terrazas, ya que estas ayudan al desarrollo de la agricultura, evitando la erosión y aprovechando el agua.

El modelo RUSLE, fue la base de este estudio de predicción de erosión hídrica expresada como pérdida de suelo en la Subcuenca Huancay para el año 2017, ya que este describió cada factor a través de mapas, donde pudimos analizar y evaluar cada variable con el fin de encontrar las deficiencias o carencias de cada factor, además estamos de acuerdo con MENDES [et al] (2018), porque nos afirma que la RUSLE evalúa el uso de tierra y los factores erosivos reduciendo costos y tiempo, así como también es corroborado por Fayas [et al] (2019), que los SIG y la RUSLE es un método práctico para hacer investigaciones.

La comparación de erosión hídrica de la Subcuenca Huancay en el estudio de la Autoridad Nacional del Agua con el nuestro, refleja que en el año 2017 se determinó que el 57.7% del área presentó erosión en un nivel crítico, valor superior al obtenido por la ANA, donde se determinó el 29.7% del área estuvo en un nivel crítico, ambas investigaciones con rangos mayores a las 200 ton/ha/año, ver figura (4). De esto podemos afirmar que de la investigación de la ANA (2015) al 2017 la pérdida de suelo aumento en un 28.0% en un nivel crítico y esto se debe a que nosotros utilizamos las curvas de nivel para el factor LS, que fueron publicadas el mismo año del estudio, y otra variante más importante son las precipitaciones pluviales, que sirvieron para la elaboración del factor R, sin dejar de mencionar que fue un año atípico, lo cual es corroborado por ENFEN (2017), que nos manifiesta que en el año 2017 el fenómeno del niño fue el más intenso registrado en los últimos 100 años, el cual trajo consigo constantes y fuertes precipitaciones en la costa y sierra del país. De la misma manera es corroborado por el SENAMHI (2017), que nos afirma que en la región andina la tasa de pérdida de suelo siempre será alta, pero todo depende a las precipitaciones y a la pendiente.

V. CONCLUSIONES

- ✓ El mapa digital del factor erosividad (R) determinó que el 83.0% del área presento agresividad de las lluvias en nivel muy alto, especialmente en las zonas con pendientes altas; el factor erodabilidad (K) mostró que los valores estuvieron entre 0.21 y 0.50 ton*ha*h/MJ*ha*mm , donde el valor mínimo estuvo representado por suelos franco arcillo, granulometría muy fina y permeabilidad lenta; el factor longitud y pendiente (LS) mostró que el 11.7% del área está en nivel de accesibilidad alta, con grandes riesgos de sufrir elevadas pérdidas del suelo; el factor de cobertura vegetal (C) logró identificar: bosques, matorrales, tierras cultivadas y tierras desoladas, donde este último ocupan el 63.6% del área; y el factor de prácticas de conservación (P) identificó que solo el 5% del área presenta conservación de suelo.

- ✓ La erosión hídrica real del suelo de la Subcuenca Huancay para el año 2017, presento pérdida de suelo en el 13.8% del área con un nivel de erosión incipiente, el 5.0% ligera, mientras que las grandes pérdidas se dieron en el 23.5% con erosión fuerte y el 57.7% del área con erosión severa, según la clasificación de la FAO.

- ✓ La comparación de erosión hídrica real de suelo de la Subcuenca Huancay del ANA (2015) con el nuestro concluyó que el fenómeno del niño costero del año 2017 provocó el aumento de la pérdida de suelo en un 28.0% del área en un nivel de erosión hídrica crítica por sus constantes y fuertes precipitaciones.

VI. RECOMENDACIONES

- Utilizar la mayor cantidad de estaciones meteorológicas cercanas a la Subcuenca Huancay, además obtener un registro de la intensidad de lluvia cada 30 minutos, y así poder obtener mayor información de los eventos para el factor R.
- Realizar más muestreos de suelo, con el fin de analizarlas para mejorar el nivel de detalle de la erodabilidad del suelo, puesto que a más muestreos más cercanas de la realidad estarán.
- Utilizar curvas de nivel con una distancia menor de 50 metros, ya que estas serían más precisas acercándose a la realidad y ajustando el modelo para el factor LS.
- Crear una base de datos de cada especie de cobertura vegetal, el cual nos permitirá saber que especie es más resistente frente a la erosión hídrica, y así mejorando el nivel de análisis para el factor C y P.
- Realizar la cuantificación de la erosión hídrica potencial, puesto que esta se podrá comparar con la erosión hídrica real, dejando entre ver la agresividad de la lluvia sin la existencia de cobertura vegetal.

VII.REFERENCIAS

- ABDELRAHMAN A., [et al]. Assesment of land degradation using comprehensive geostatistical approach and remote sensing data in GIS model builder. *The Egyptian Journal of Remote Sensing and Space Science*. [en línea]. 6 de December 2018. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.ejrs.2018.03.002>
- AIELLO Antonello, ADAMO Maria y CANORA Filomena. Remote sensing and GIS to assess soil erosion with RUSLE3D and USPED at river basin scale in southern Italy. *CATENA*. [en línea]. Vol. 131, August 2015, pages 174-185. [Fecha de consulta: 14 de mayo del 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.catena.2015.04.003>
- ÁLVAREZ José. El fenómeno de la caída de los cuerpos. *Revista Mexicana de Física E*. Distrito Federal, México. vol.58, (1), 2012. Páginas 36-40.
ISBN 1870-3542
- ANA, Autoridad Nacional del Agua. Evaluación de los Recursos Hídricos de la Cuenca del Rio Chicama. Informe Final: Aguas Superficiales. Paiján, Trujillo. Diciembre 2015. 585 pp.
- CASTRO Itzel. Estimación de pérdida de suelo por erosión hídrica en microcuenca de presa Madín, México. *Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental*. [en línea]. Mayo-Agosto 2013 Vol. 34 No. 2. Páginas 3-16. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2019]. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v34n2/riha01213.pdf>
ISSN 1815-591X
- CRETAAZ E., GNOZDENOVICH J., Y SALUZZIO M. Cálculo del factor R de la USLE a través del índice modificado de Fournier. *ResearchGate*. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/321058206_CALCULO_DEL_FACTOR_R_DE_LA_USLE_A_TRAVES_DEL_INDICE_MODIFICADO_DE_FOURNIER
- DELTA FARM PRESS. Take note of late winter soil erosion. *Agriculture Collection*. [En línea]. 8th Edition. 29 Jan. 2019. [Fecha de consulta: 13 de Abril 2019]. Disponible en:<http://link.galegroup.com/apps/doc/A571574502/PPAG?u=univcv&sid=PPAG&xid=3b12648a>

- DEVATHA C., DESHPANDE Vaibhav y RENUKAPRASAD M. Estimation of soil loss Using USLE Model for Kulgan Watershed, Chattisgarh A Case Study. *Aquatic Procedia*. [en línea]. Vol. 4, 2015, pages 1429-1436. [Fecha de consulta: 14 de Mayo 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.aqpro.2015.02.185>
- DÍAZ Jorge., Diagnóstico del potencial de Erosión Hídrica mediante técnicas de geoprosesamiento en la sub-cuenca del Río Angasmarca, La Libertad, Perú. Lima. *Revista Anales Científicos*. Universidad Nacional Agraria La Molina. [en línea] Vol. 79, 2015, 293 pp. Disponible en: <http://revistas.lamolina.edu.pe/index.php/acu/article/viewFile/793/761> ISSN: 2519-7398
- Metodología de la investigación científica. Arturo Hernández Escobar [et al.]. 1°ed. España. Editorial área de innovación y desarrollo S.L. 2018. 174 pp. ISBN: 978-84-948257-0-5
- ELKHRACHY Ismail. Vertical accuracy assessment for SRTM and ASTER Digital Elevation Models: A case study of Najran city, Saudi Arabia. *Ain Shams Engineering Journal*. [En línea] Vol. 9, December 2018 pages 1807-1817. [Fecha de consulta: 14 de Mayo 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.asej.2017.01.007>
- ENFEN. Informe Técnico Extraordinario N°001-2017, El Niño costero, 2017. 31pp
- FAO. El Trabajo de la FAO sobre el Cambio Climático. Conferencia de las Naciones Unidas sobre el cambio climático 2017. [En línea]. Alemania. 2017. [Fecha de consulta 28 de septiembre de 2018]. Disponible en: www.fao.org/3/a-i8037s.pdf
- FAO y GTIS. Estado Mundial del Recurso Suelo (EMRS). Alianza mundial por el suelo. 1 ed. Roma, Italia, 2015. 92 pp. ISBN 978-92-5-308960-4.
- FAO. Boletín del Año Internacional de los Suelos América Latina y el Caribe. [en línea]. Agosto 2015. Equipo AIS. [Fecha de consulta: 12 de octubre de 2018]. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i4885s.pdf>
- FAYAS Mohamed, [et al]. Soil loss estimation using rusle model to prioritize erosion control in Kelani river in Sri Lanka. *International Soil and Water Conservation Research*. [En línea] 15 de January, 2019, pages 130- 137. [Fecha de consulta: 14 de Mayo 2019]. Disponible en: www.elsevier.com/locate/iswcr

- GANASRI B.P Y RAMESH H. Assessment of soil erosion by RUSLE model using remote sensing and GIS - A case study of Nethravathi Basin. *Geoscience Frontiers*. [En línea]. Vol 7, Issue 6, November, 953-961. 2016 [Fecha de consulta: 28 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2015.10.007>
- GÁRCIA Hugo y RAMÍREZ Jesica. Estudio de capacidad de carga ambiental jardín botánico universidad tecnológica de Pereira. *Revista Luna Azul*. [En línea]. N° 32. Enero-Junio 2011. [Fecha de consulta: 14 de Abril 2019]. Disponible en <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=321727234009>
E-ISSN: 1909-2474
- HERNÁNDEZ Roberto, FERNÁNDEZ Carlos y BAPTISTA María. Metodología de la Investigación. México D.F. 6° Ed, Edit. McGraw-Hill Education. 2014, 634 pp.
ISBN: 978-1-4562-2396-0
- INIA Tacuarembó. Semana de la Ciencia y Tecnología Jornada de Puertas Abiertas. Mayo de 2015. 19 pp. [Fecha de consulta: 19 de Abril 2019]. Disponible en <http://inia.uy/Documentos/P%C3%BAblicos/INIA%20Tacuaremb%C3%B3/2015/EI%20Suelo%2020%20de%20mayo.pdf>
- JARAMILLO Julio. “Estudio del Riesgo por erosión hídrica del suelo utilizando el modelo U.S.L.E, mediante herramientas S.I.G, aplicado en la Subcuenca Río Portoviejo, provincia de Manabí” Tesis (Magíster en Sistemas de Información Geográfica, aplicada a la Conservación y el Desarrollo Sostenible) Ecuador, Quito. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática. Instituto de Investigación y Posgrado (IIP) 2015.143 pp.
- K.G. Renard, G.R. Foster, G. A. Weesies, D. K. McCool and D. C. Yoder. Predicting Soil erosion by wáter: Aguide to conservation planning with the Revised Universal soil loss equation (RUSLE) por Renard Foster McCool [et al.]. United States Departament of Agriculture. [En línea]. Julio 1997, n.o. 537. [Fecha de consulta: 04 de mayo del 2019]. Disponible en: https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/64080530/rusle/ah_703.pdf
ISBN: 0-16-048938-5
- KLIK Andreas, HAAS Kathrin., DVORACKOVA and FULLER Ian C. Spatial and temporal distribution of raindall erosivity in New Zelanda. *Revista Agriculture Collection*

[En línea]. vol. 53, no. 7, 2015. [Fecha de consulta: 27 de Abril 2019]. Disponible en: <http://link.galegroup.com/apps/doc/A437395031/PPAG?u=univcv&sid=PPAG&xid=eac207b7>

- KIM Ski, “Soil Erosion Modeling Using Rusle And Gis On The Imha Watershed, South Korea”. Fort Collins, Colorado. Estados Unidos. Universidad Estatal de Colorado. Departamento de ingeniería Civil, 2006. 131 pp.
- MARTINEZ Héctor y BENITO Lourdes. Metodología de la investigación social I. México, D.F. Editores Cengage learning. 2016. 118 pp.
ISBN: 978-607-522-682-8
- MEKONNEN Zenebe, Woldeamanuel Teshale, Kassa Habtemarian. Socio-ecological vulnerability to climate change/variability in Central Rift Valley, Ethiopia. *Advances in Climate Change Research*. [En línea]. 3 April 2019. [Fecha de consulta: 14 de Abril 2019]. Disponible en <https://doi.org/10.1016/j.accre.2019.03.002>
- MENDES Henrique, SILVA André, REIS Walbert, NAVES Marx, REGIS Breno y LUIZ Ronaldo. Water Erosion in Oxisols under Coffee Cultivation. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. [en línea]. abril-junio. Vol. 42. 2018 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: <http://www.scielo.br/pdf/rbcs/v42/0100-0683-rbcs-42-e0170093.pdf>
- MINAGRI. Programa Presupuestal 0089 Reducción de la Degradación de los Suelos Agrarios. La erosión del suelo. 2014.16 pp.
- MINAM. Guía para muestreo de suelo. Lima. 2014, 64 pp.
- NAJERA Oyolsi, BOJORQUEZ José, FLORES Fernando, MURRAY Rafael y GONZALES Areli. Water Erosion risk and soil loss estimation in volcanic geomorphological landscapes of Mexico. *Revista Cultivos Tropicales*. [en línea]. Abril-junio. Vol 37. n ° 2. 2016. Pages 45-45 [Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v37n2/en_ctr06216.pdf
- NORZAGARAY Mariano, MUÑOZ Patricia, ESPINOSA Leticia, RUIZ Rosario, GONZALES Héctor y LLANES Omar. Erosivity indicators based on rainfall in northwestern Mexico. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*. [En línea]. Vol. 24, no. 2, June 2016. Pages 133-142. [Fecha de consulta: 13 de Abril 2019]. Disponible en

en

<http://link.galegroup.com/apps/doc/A569607621/PPAG?u=univcv&sid=PPAG&xid=67f19214>

ISSN 1648-6897

- PANAGOS Panos, [et al.] Rainfall erosivity in Europe. *Science of the environment*. [En línea]. Volume 511, 1 April 2015, Pages 801-814. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.01.008>
- PANAGOS Panos, [et al.]. Modelling the effect of support practice (P-factor) on the reduction of soil erosion by water at European scale. *Environmental Science & Policy*. [En línea]. Volumen 51, August 2015, Pages 23-34. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.03.012>
- PRASANNAKUMAR, V., VIJITH H., y GEETHA N. Estimation of soil erosion risk within a small mountainous sub-watershed in Kerala, India, using RUSLE and geo-information technology. *Geoscience Frontiers*. [En línea]. Vol. 3, March 2012, pages 209-215. [Fecha de consulta: 14 de mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2011.11.003>
- PHI-LAC. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas de América Latina y El Caribe. Programa Hidrológico Internacional, UNESCO. [En línea]. Documento técnico N°3, 2006. 67 pp. [Fecha de consulta: 29 de abril de 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/261286799_GUIA_METODOLOGICA_PARA_LA_ELABORACION_DEL_MAPA_DE_ZONAS_ARIDAS_SEMIARIDAS_Y_SUBHUMEDAS_SECAS_DE_AMERICA_LATINA_Y_EL_CARIBE
ISBN 92-9089-088-6
- PHINZI Kwanele y NGETER Njoya. The assessment of water-borne erosion at catchment level using GIS-based RUSLE and remote sensing: A review. *International Soil and Water Conservation Research*. [en línea]. Volume 7, Issue 1, March 2019, Pages 27-46. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.12.002>
- SANTOS, Almar y ORREGO Elemer. Riesgo Potencial a Erosión Hídrica para la planificación del manejo y conservación de suelos de la Agroindustria Azucarera Guatemalteca. Guatemala. Revista Tikalia. [en línea]. enero-junio 2016 Vol. 34 No.

1[Fecha de consulta: 15 de abril de 2019]. Disponible en: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2017/07/TIKALIA-1-2016-31-47.pdf>

- SENAMHI. Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú. Erosión Hídrica [En línea]. Lima, Perú. 2017. 132 pp. [Fecha de consulta 28 de septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.senamhi.gob.pe/load/file/01402SENA-7.pdf>
- SEMARNAT (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. [En línea]. Tlalpan, México. 2013. 141pp. [Fecha de consulta 08 de octubre de 2018]. Disponible en <http://apps1.semarnat.gob.mx/dgeia/informe15/tema/cap5.html>. ISBN: 978-607-8246-61-8
- SOLANO Roosevelt. Estimación de la pérdida de suelos por Erosión Hídrica en la subcuenca del Río Shullcas 2000 – 2013, Huancayo. Tesis (Ingeniero forestal y ambiental). Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente. 2016. 111pp.
- THOMAS Jobin, JOSEPH Sabu, THRIVIKRAMJI K. Assessment of soil erosion in a tropical mountain river basin of the southern Western Ghats, India using RUSLE and GIS. *Geoscience Frontiers*. [En línea] Vol. 9, May 2018, pages 893-906. [Fecha de consulta: 15 de Mayo de 2019]. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gsf.2017.05.011>
- TUNG Gian, DEGENER, Jan y KAPPAS Martin. Integrated universal soil loss equation (USLE) and Geographical Information System (GIS) for soil erosion estimation in A Sap basin: Central Vietnam. *International Soil and Water Conservation Research*. [En línea] junio 2018. Vol 6. Pages 99-110. [Fecha de consulta: 14 de abril de 2019]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095633917302162>
- Manejo y Gestión de Cuencas Hidrográficas por Absalón Vásquez. 2016. 709 pp. ISBN: 978-612-4147-55-5
- VEGA Julio. Determinación de zonas susceptibles a Erosión Hídrica en los Cantones de Catamayo y Gonzanamá de la provincia de Loja, utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG) Y Teledetección. Tesis (Ingeniero Forestal). Ecuador: Universidad Nacional de Loja, Área Agropecuaria y de Recursos Naturales Renovables. 2016. 92 pp

- WANG Guoqiang, FANG Qingqing, WU Binbin, YANG Huicai and XU Zongxue. Relationship between soil erodibility and modeled infiltration rate in different soils. *Journal of Hydrology*. [En línea]. Vol. 528, September, 2015. [Fecha de consulta: 19 de abril 2019]. Disponible en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169415004576>
- XIHUA Yang. Deriving RUSLE cover factor from time series fractional vegetal cover for hillslope erosion modelling in New South Wales. *Soil Research. Agriculture Collection*. [En línea]. vol. 52, no. 3, 2014. Pages 253-261.[Fecha de consulta: 27 de abril de 2019]. Disponible en: <http://link.galegroup.com/apps/doc/A367966325/PPAG?u=univcv&sid=PPAG&xid=714cfd38>
- XIHUA Yan y YU Bofu. Modelling and mapping rainfall erosivity in New South Wales, Australia. *Soil Research*. [En línea]. February 2015, pages 178-189. Disponible en: <https://doi.org/10.1071/SR14188>
- YANG Xihua, GRAY Jonathan, CHAPMAN Greg, ZHU Qunggaozi, TULAU Mitch and MCLNNES Sally. Digital mapping of soil erodibility for water erosion in New South Wales, Australia. *Soil Research. Agriculture Collection* [En línea]. vol. 56, no. 2, 2018, pages 258-170. [Fecha de consulta: 27 de abril de 2019]. Disponible en: <http://link.galegroup.com/apps/doc/A532528497/PPAG?u=univcv&sid=PPAG&xid=0ef53d1d>
- ZÚÑIGA Javier, Determinación de la pérdida de suelos en la Cuenca aportante del embalse Aguada Blanca-Arequipa, aplicando USLE y técnicas geoespaciales. (Magister en gestión de integral de cuencas hidrográficas). Perú. Universidad Nacional Agraria La Molina. 2017, 150 pp.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia.

Título: “Erosión hídrica del suelo como efecto de la precipitación pluvial del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017”.				
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿En qué medida las precipitaciones pluviales del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay Chicama afecta a la erosión hídrica expresada como pérdida anual de suelo?	Determinar la cantidad de erosión hídrica anual del suelo como efecto de la precipitación pluvial (Fenómeno del Niño Costero) en la Subcuenca Huancay, utilizando la RUSLE, mediante los sistemas de información geográfica.	Mediante los sistemas de información geográfica y el modelo RUSLE se determinará la cantidad de pérdida de suelo anual como efecto de las precipitaciones pluviales del Fenómeno del Niño Costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017	Erosión Hídrica del Suelo	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo de Investigación Estudio Aplicativo • Nivel de Investigación Explicativa • Método Deductivo • Diseño de la Investigación No experimental, de diseño transversal. • Población La población de estudio es el área de la Cuenca del Rio Chicama
	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar los mapas digitales de erosividad (R), erodabilidad (K), longitud y pendiente (LS), cobertura vegetal (C) y buenas prácticas (P) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017. • Determinar la erosión hídrica real del suelo en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017. • Comparar la erosión hídrica real del suelo del año 2015, según el ANA con el 2017 de la Subcuenca Huancay, Chicama. 	Mediante los sistemas de información geográfica y el modelo RUSLE no se determinará la cantidad de pérdida de suelo anual como efecto de las precipitaciones pluviales del Fenómeno del Niño Costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017	Precipitación pluvial 2017	<ul style="list-style-type: none"> • Muestra La muestra está constituida por 7 estaciones meteorológicas del SENMAHI, y por 7 muestras de suelo en función de las estaciones meteorológicas de la Subcuenca Huancay, Chicama • Técnicas Ficha de muestreo de suelo Análisis documental • Instrumentos Guía de observación de campo Cuadros de registros y formatos shapefile • Indicadores Pérdida de masa del suelo (ton/ha/año)

Fuente: Elaboración propia.

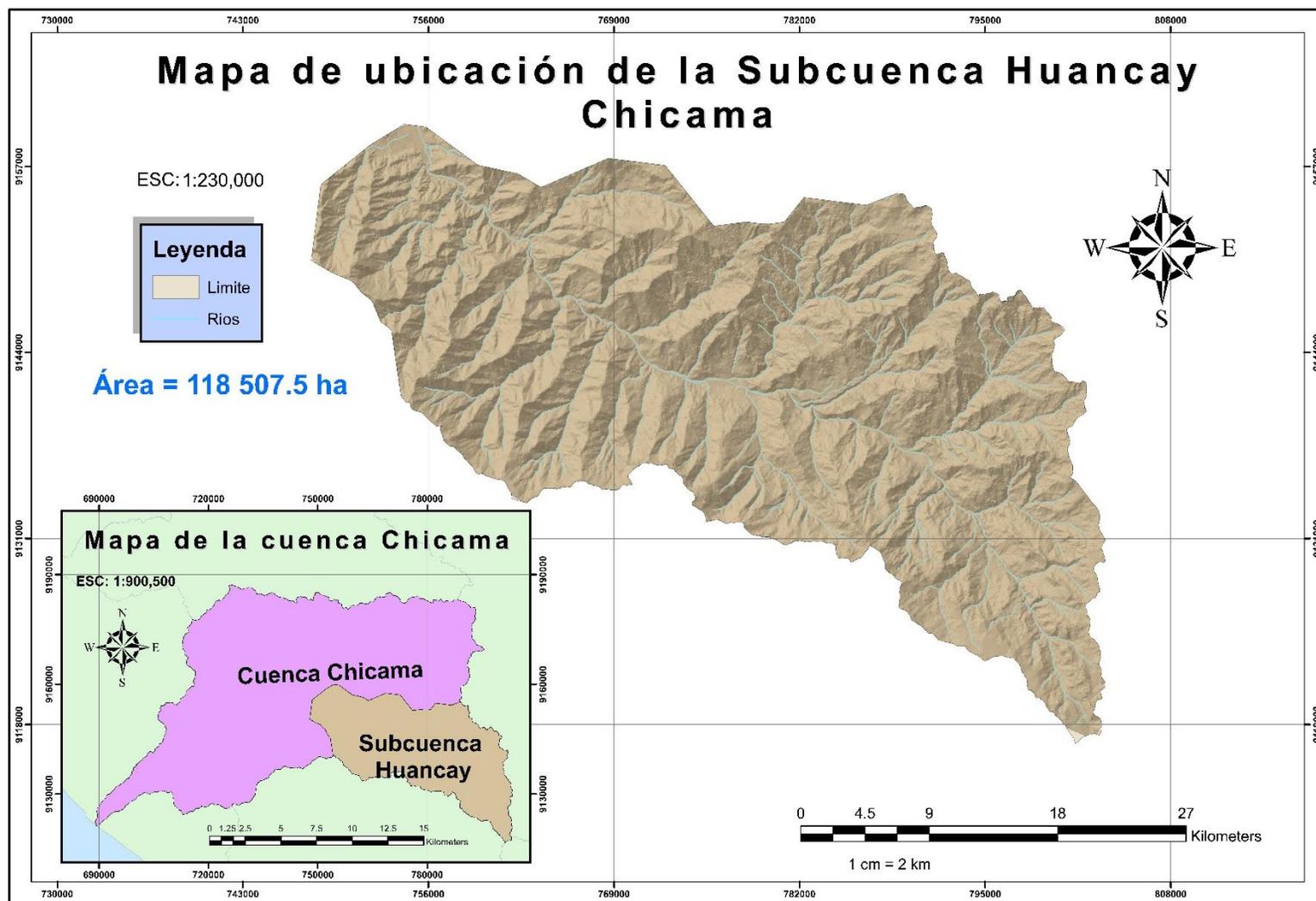
Anexo 2. Ficha de muestreo de suelo.

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X):		Norte (Y):	
Lugar:				
Uso principal:				
Provincia:				
Distrito:				
Departamento:				
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:		Relleno del agujero después del muestreo:	Si	No
Responsable:		Precipitación:	Si	No
Técnica de muestreo:		Temperatura:		
Profundidad:		Cantidad de la muestra:		
Descripción de la superficie:		Materiales usados:		

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

Anexo 3. Mapa de ubicación de la Subcuenca Huancay, Chicama.

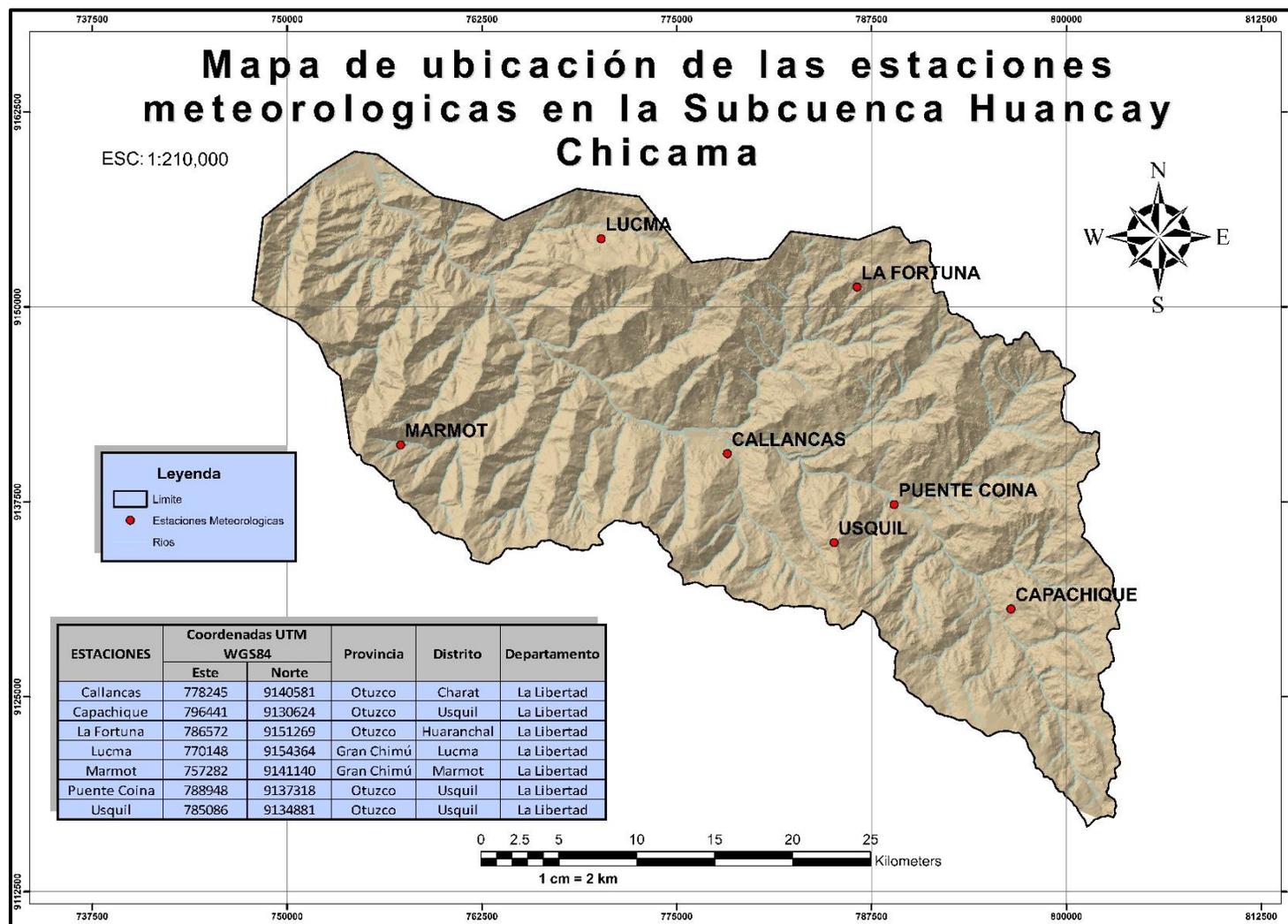
Figura 5. Mapa de ubicación de la Subcuenca Huancay, Chicama.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 4. Mapa de ubicación de las estaciones meteorológicas.

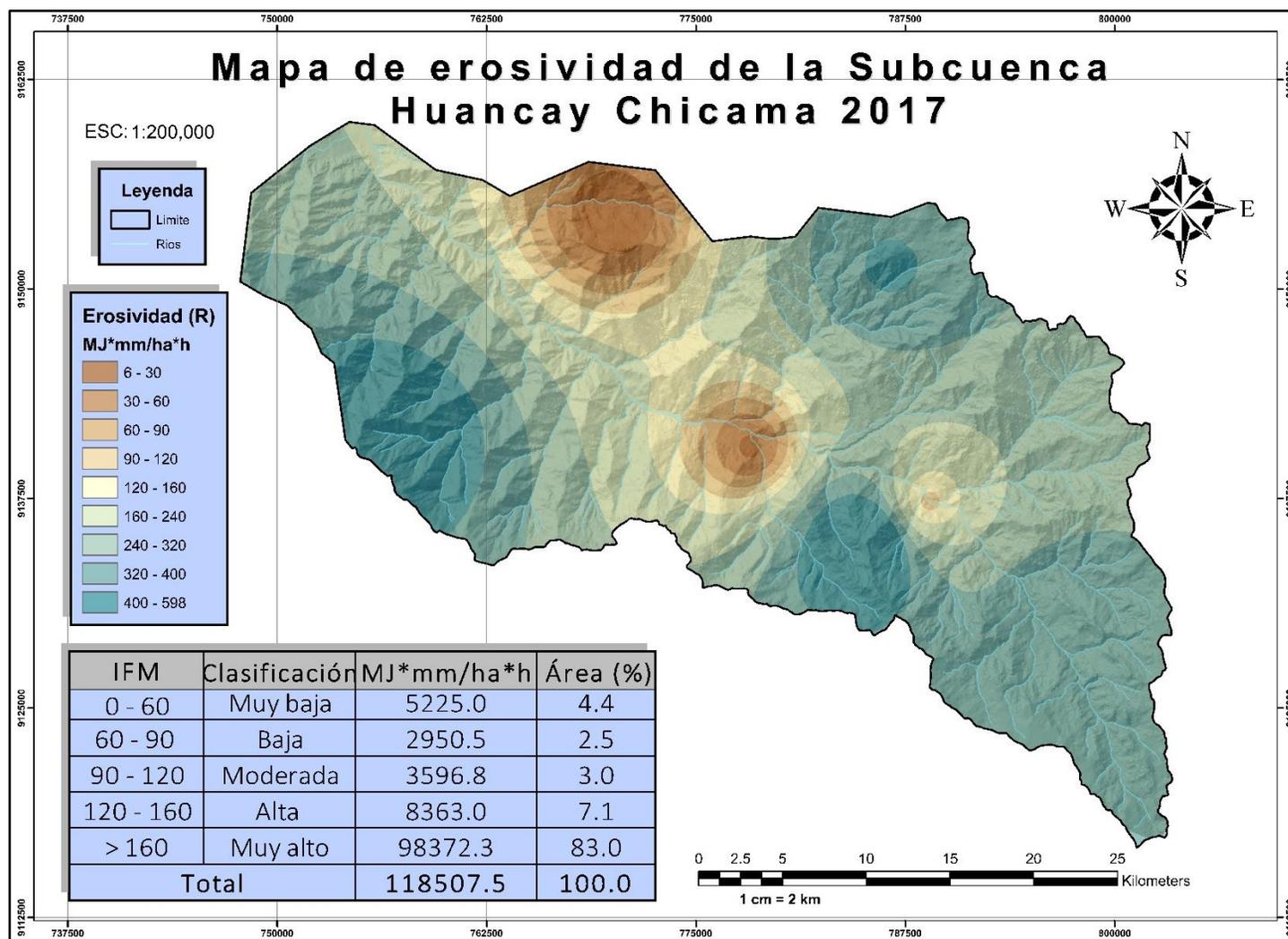
Figura 6. Mapa de la ubicación de las estaciones meteorológicas.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 5. Mapa del factor erosividad (R) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.

Figura 7. Mapa de erosividad (R) de la Subcuenca Huancay 2017.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 6. Precipitaciones pluviales de las estaciones meteorológicas.

Tabla 9. Precipitación pluvial (mm) de cada estación meteorológica del año 2017.

Meses del año 2017	Estaciones meteorológicas de la Subcuenca Huancay, Chicama						
	Callancas	Capachique	La fortuna	Lucma	Marmot	Puente Coina	Usquil
Enero	0.1	267.6	325.7	7.3	258.2	0.8	417.5
Febrero	3.2	218.7	307.5	3.0	347.1	1.2	523.2
Marzo	35.6	505.6	755.5	7.5	751.1	199.3	1387.7
Abril	0.0	73.1	300.1	0.0	163.7	104.8	408.2
Mayo	0.0	0.0	146.1	0.0	82.4	75.7	198.1
Junio	0.0	0.1	27.9	0.0	0.5	7.4	20.6
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	1.1	0.0	0.6
Agosto	0.3	1.0	15.7	0.0	4.5	6.7	26.9
Septiembre	0.4	0.0	71.5	0.0	0.0	34.6	46.1
Octubre	4.7	0.0	87.4	0.0	0.0	65.4	203.7
Noviembre	14.3	0.0	57.2	0.0	0.0	29.4	62.3
Diciembre	27.1	0.0	150.0	3.7	13.5	93.1	165.0
P. Anual	85.7	1066.1	2244.6	21.5	1622.1	588.4	3015.5

Fuente: elaboración propia.

Anexo 7. Ecuación del índice de Fournier Modificado

Figura 8. Ecuación del Índice de Fournier Modificado de Arnouldus, 1980.

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

Donde:

IFM = índice de Fournier modificado en mm

P_i = precipitación del mes (mm).

P = precipitación total anual (mm).

Fuente: Thomas, Josep y Thri vikramji, 2018.

Anexo 8. Resultados del factor R por cada estación meteorológica del año 2017.

Tabla 10. *Resultados de la ecuación del Índice de Fournier Modificado.*

Meses del año 2017	Estaciones meteorológicas de la Subcuenca Huancay, Chicama						
	Callancas	Capachique	La fortuna	Lucma	Marmot	Puente Coina	Usquil
Enero	0.0	67.2	47.3	2.5	41.1	0.0	57.9
Febrero	0.1	44.9	42.1	0.4	74.3	0.0	57.1
Marzo	14.8	239.8	254.3	2.6	347.8	67.5	398.7
Abril	0.0	5.0	40.1	0.0	16.5	18.7	42.4
Mayo	0.0	0.0	9.5	0.0	4.2	9.7	23.1
Junio	0.0	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0
Julio	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Agosto	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1	0.1
Septiembre	0.0	0.0	2.3	0.0	0.0	2.0	0.9
Octubre	0.3	0.0	3.4	0.0	0.0	7.3	9.8
Noviembre	2.4	0.0	1.5	0.0	0.0	1.5	1.3
Diciembre	8.6	0.0	10.0	0.6	0.1	6.8	7.2
Factor R	26.1	356.8	410.9	6.2	484.0	113.6	598.5

Fuente: elaboración propia.

Anexo 9. Clasificación de los resultados del factor R aplicando la tabla del IFM

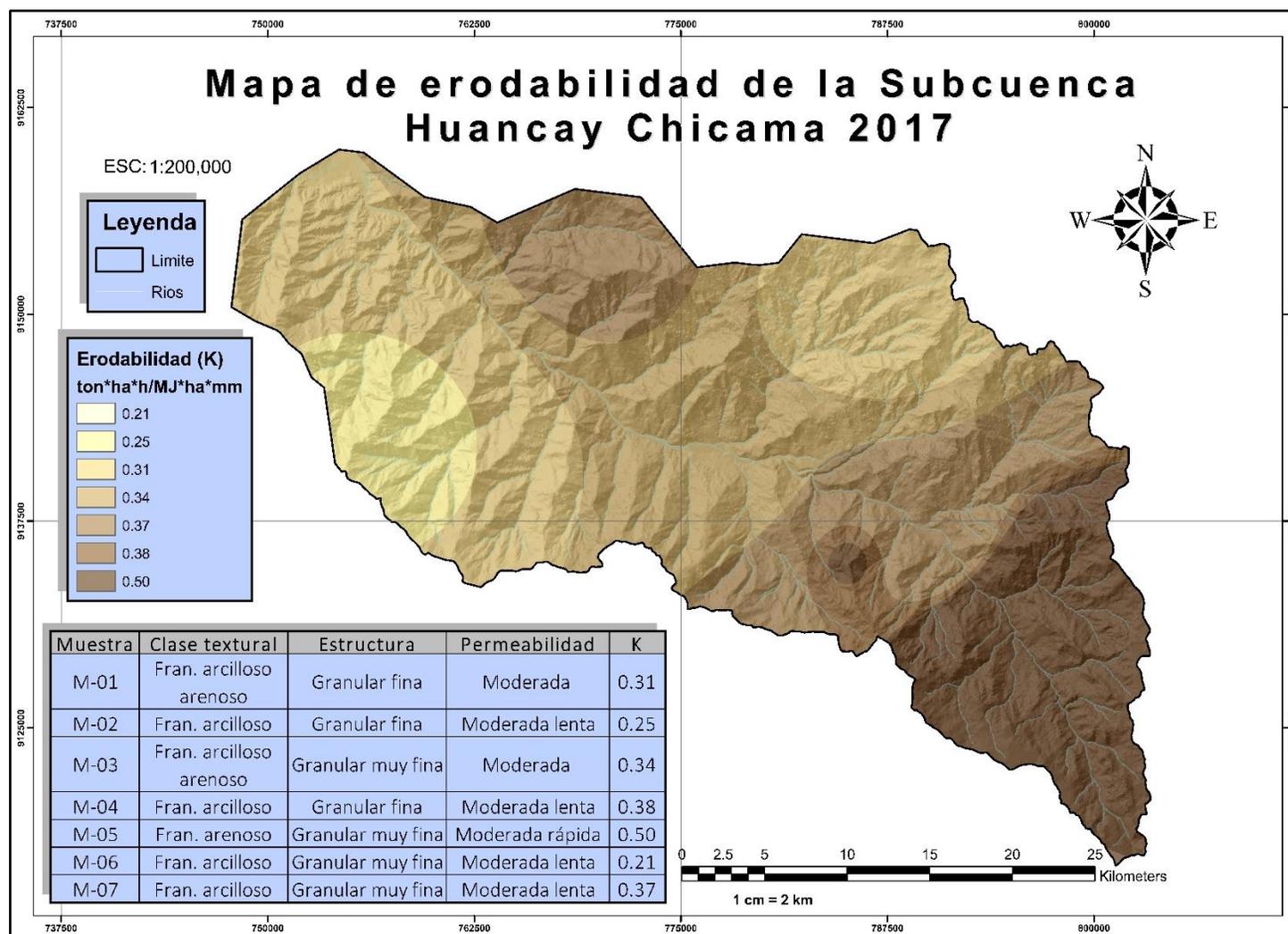
Tabla 11. *Clasificación del Índice de Fournier Modificado.*

IFM	CLASIFICACIÓN
0 – 60	Muy bajo
60 – 90	Bajo
90 – 120	Moderado
120 – 160	Alto
> 160	Muy alto

Fuente: Solano Roosevelt, 2016.

Anexo 10. Mapa del factor erodabilidad (K) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.

Figura 9. Mapa de erodabilidad (K) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 11. Reporte de los resultados de cada muestra suelo de la Subcuenca Huancay.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS
LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS AGUAS Y FOLIARES



INFORME DE ENSAYO
1905016

Cliente David Castillo Lazaro
Dirección Calle 29 de Agosto 486 Frcia. de Mora.
Procedencia La Libertad - Alto Chicama - Subcuenca Huancay
Matriz Suelo

Fecha de Muestreo 24/05/2019
Fecha de Ingreso 27/05/2019
Fecha de Informe 03/06/2019

Id.	Lab	Campo	M.O. %	Análisis Mecánico			Clase	
				Arena %	Arcilla %	Limo %	Textural	
1905016.1		Huanchaco	1.6	50	34	16	Fr.Ar.A.	
1905016.2		El Paraiso	3.7	42	36	22	Fr.Ar.	
1905016.3		Coina	2.7	47	25	28	Fr.Ar.A.	
1905016.4		Usquil	1.7	45	29	26	Fr.Ar.	
1905016.5		Capachique	2.5	72	11	17	Fr.A.	
1905016.6		Las Espinas	4.7	42	34	24	Fr.Ar.	
1905016.7		Lucma	0.5	44	31	25	Fr.Ar.	

A = Arena ; A.Fr. = Arena Franca ; Fr.A. = Franco Arenoso ; Fr. = Franco ; Fr.L. = Franco Limoso ; L = Limoso ; Fr.Ar.A. = Franco Arcillo Arenoso ; Fr.Ar. = Franco Arcilloso ; Fr.Ar.L. = Franco Arcillo Limoso ; Ar.A. = Arcillo Arenoso ; Ar.L. = Arcillo Limoso ; Ar. = Arcilloso



Ing. Julid Zavaleta Armas
 Jefe de Laboratorio

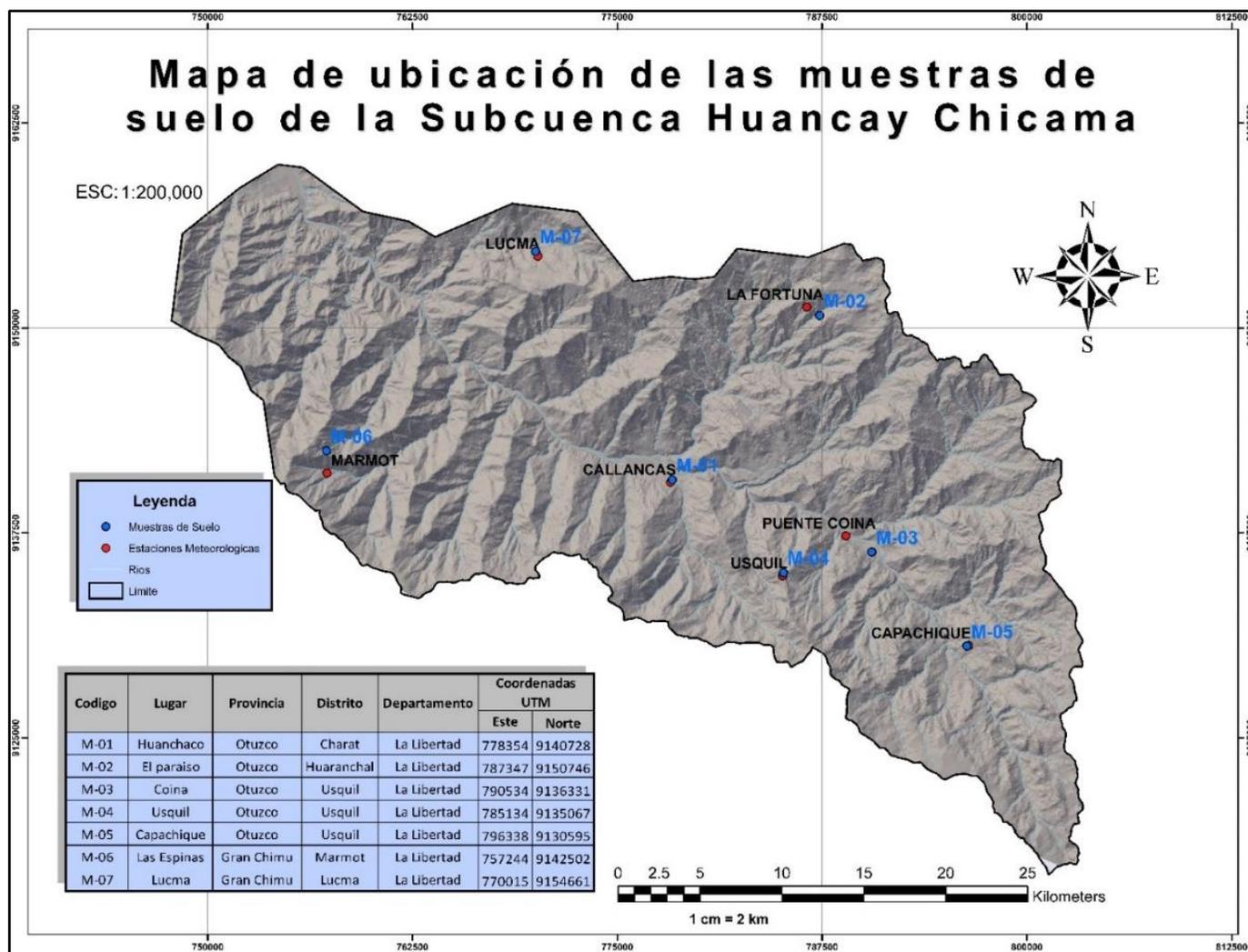
Av. Juan Pablo II s/n Ciudad Universitaria,
 Trujillo – Perú

E-mail: laboratoriosuelosunt@gmail.com

Fuente: UNT - Facultad de ciencias agropecuarias – Laboratorio de análisis de suelos, aguas y foliares.

Anexo 12. Mapa de ubicación de las muestras de suelo en función a las estaciones meteorológicas.

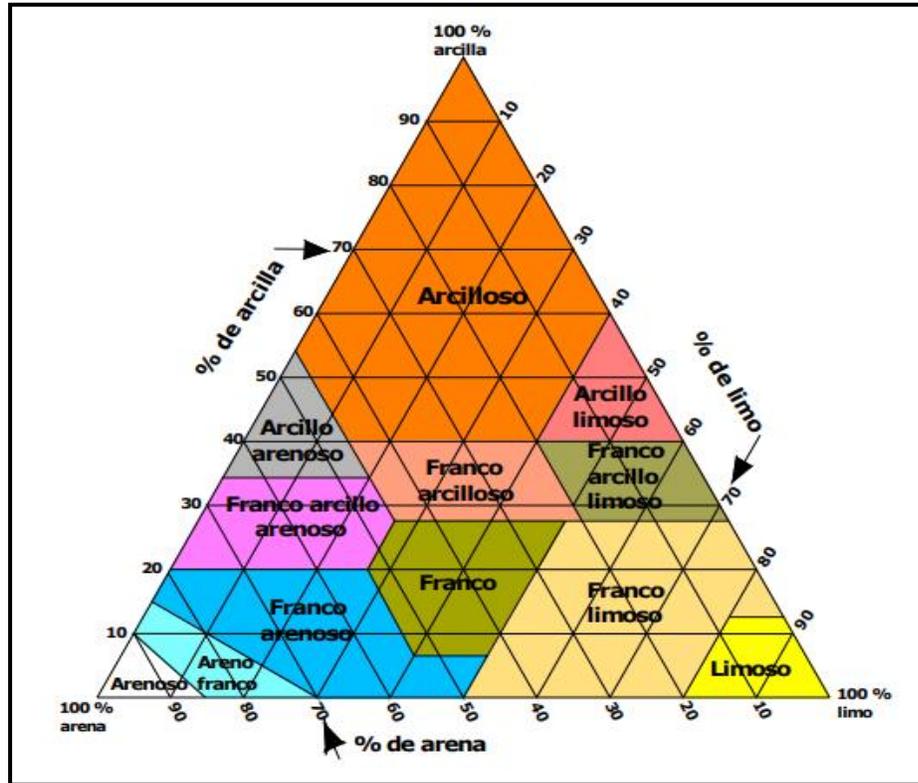
Figura 10. Mapa de la ubicación de las muestras de suelo.



Fuente: elaboración propia,

Anexo 13. Códigos para reemplazar en la ecuación de erodabilidad

Figura 11. *Triángulo textural básico del suelo, USDA.*



Fuente: SENAMHI, 2017.

Tabla 12. *Código de permeabilidad en función a su textura.*

Clase textural	Código de permeabilidad
Arcilloso	6
Arcilloso limoso	5
Franco, franco arcilloso	4
Franco arcilloso limoso, Franco arcilloso arenoso	3
Franco arenoso	2
Arena	1

Fuente: Jaramillo, 2015.

Tabla 13. *Código USDA de la permeabilidad.*

Código de permeabilidad	permeabilidad
6	Muy lenta o nula
5	Lenta
4	Moderada lenta
3	Moderada
2	Moderada a rápida
1	Rápida a muy rápida

Fuente: Jaramillo, 2015.

Tabla 14. *Código de estructura del suelo.*

Estructura del suelo	Código
Granular muy fina (<1 mm)	1
Granular fina (1-2 mm)	2
Granular media o gruesa (2-10 mm)	3
Bloques, laminar o maciza	4

Fuente: Jaramillo, 2015.

Anexo 14. Base de datos del factor erodabilidad (K), de cada muestra de suelo.

Tabla 15. *Datos del factor erodabilidad (K).*

Código de muestra	M.O (%)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	Clase Textural	Factor textural	Código de estr.	Estructura	Código de perm.	Permeabilidad
M-01	1.6	50	16	34	Franco Arcilloso Arenoso	4356	2	Granular fina	3	Moderada
M-02	3.7	42	22	36	Franco Arcilloso	4096	2	Granular fina	4	Moderada lenta
M-03	2.7	47	28	25	Franco Arcilloso Arenoso	5625	1	Granular muy fina	3	Moderada
M-04	1.7	45	26	29	Franco Arcilloso	5041	2	Granular fina	4	Moderada lenta
M-05	2.5	72	17	11	Franco Arenoso	7921	1	Granular muy fina	2	Moderada rápida
M-06	4.7	42	24	34	Franco Arcilloso	4356	1	Granular muy fina	4	Moderada lenta
M-07	0.5	44	25	31	Franco Arcilloso	4761	1	Granular muy fina	4	Moderada lenta

Fuente: elaboración propia.

Anexo 15. Ecuación del factor erodabilidad (K).

Figura 12. Ecuación de erodabilidad de Wischmeier & Smith, 1978.

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

Donde:

K = Factor de erodabilidad del suelo.

M = Asociado a las partículas factor textural ((%limo + arena) (100% – arcilla))

a = Porcentaje de materia orgánica.

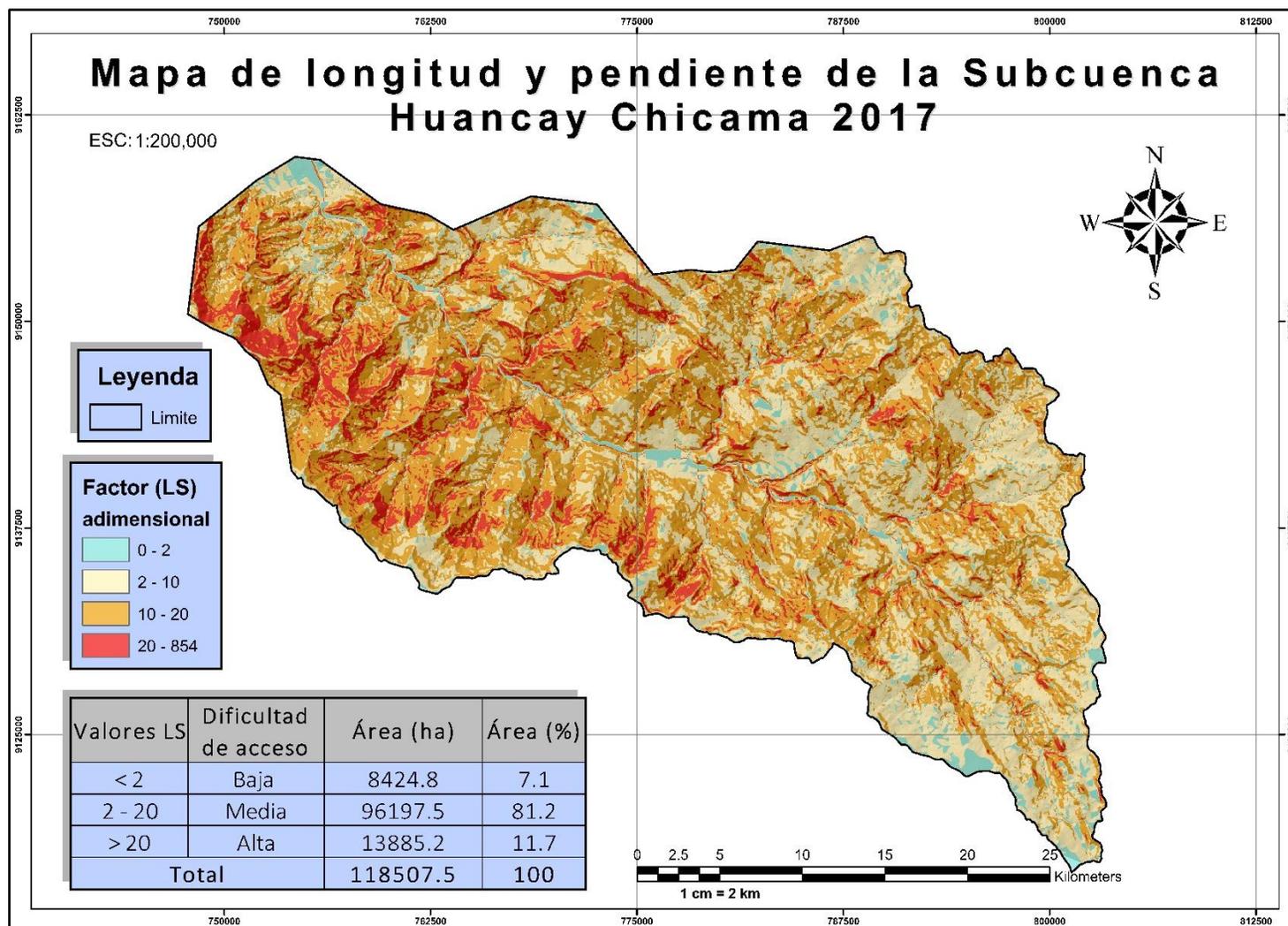
b = Código de tipo de estructura (granular muy fina=1: granular fina=2: granular medio=3; boques, laminar o maciza=4).

c = Código de clase de permeabilidad (rápida = 1: moderadamente rápida = 2: moderada = 3: lenta a moderada = 4: lenta = 5: muy lenta = 6).

Fuente: Zuñiga Javier, 2017.

Anexo 16. Mapa del factor longitud y pendiente (LS) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.

Figura 13. Mapa de la longitud y pendiente (LS) de la Subcuenca Huancay 2017.



Fuente: elaboración propia

Anexo 17. Ecuación de longitud y pendiente (LS).

Figura 14. Ecuación del exponente de la longitud y la pendiente de Desmet & Gosver, 1996.

$F = \frac{\sin \beta / 0.0896}{3 (\sin \beta)^{0.8} + 0.56}$	Reemplazar	$m = \left(\frac{F}{1 + F} \right)$
<p>Donde:</p> <p>F= Raster F</p> <p>β = pendiente (se multiplica por 0.0896 para obtener radianes)</p> <p>m = exponente de la longitud de la pendiente</p>		

Fuente: Phinzi y Ngetar, 2019

Figura 15. Ecuación de a longitud y pendiente (L) de Desmet & Gosver, 1996.

$L_{(i,j)} = \frac{(A_{(i,j)} + D^2)^{m+1} - A_{(i,j)}^{m+1}}{X^m \cdot D^{m+2} \cdot 22.13^m}$
<p>Donde:</p> <p>L = Factor de la longitud de la pendiente.</p> <p>A (i, j) = acumulación del flujo a nivel de pixel (celda)</p> <p>D = es el tamaño del pixel</p> <p>X = es el factor de corrección de forma. (x=1 para sistema de pixelados)</p> <p>22.13 = longitud estándar de la pendiente</p> <p>m = exponente de la longitud de la pendiente</p>

Fuente: Phinzi y Ngetar, 2019

Figura 16. Condición de la inclinación de la pendiente (S) de McCool et al, 1987.

$\tan \beta_{(i,j)} < 0.09$	$S_{(i,j)} = 10.8 * \sin B + 0.03$
$\tan \beta_{(i,j)} \geq 0.09$	$S_{(i,j)} = 16.8 * \sin B - 0.5$

Fuente: Solano Roosevelt, 2016.

Anexo 18. Clasificación de para los valores del factor LS.

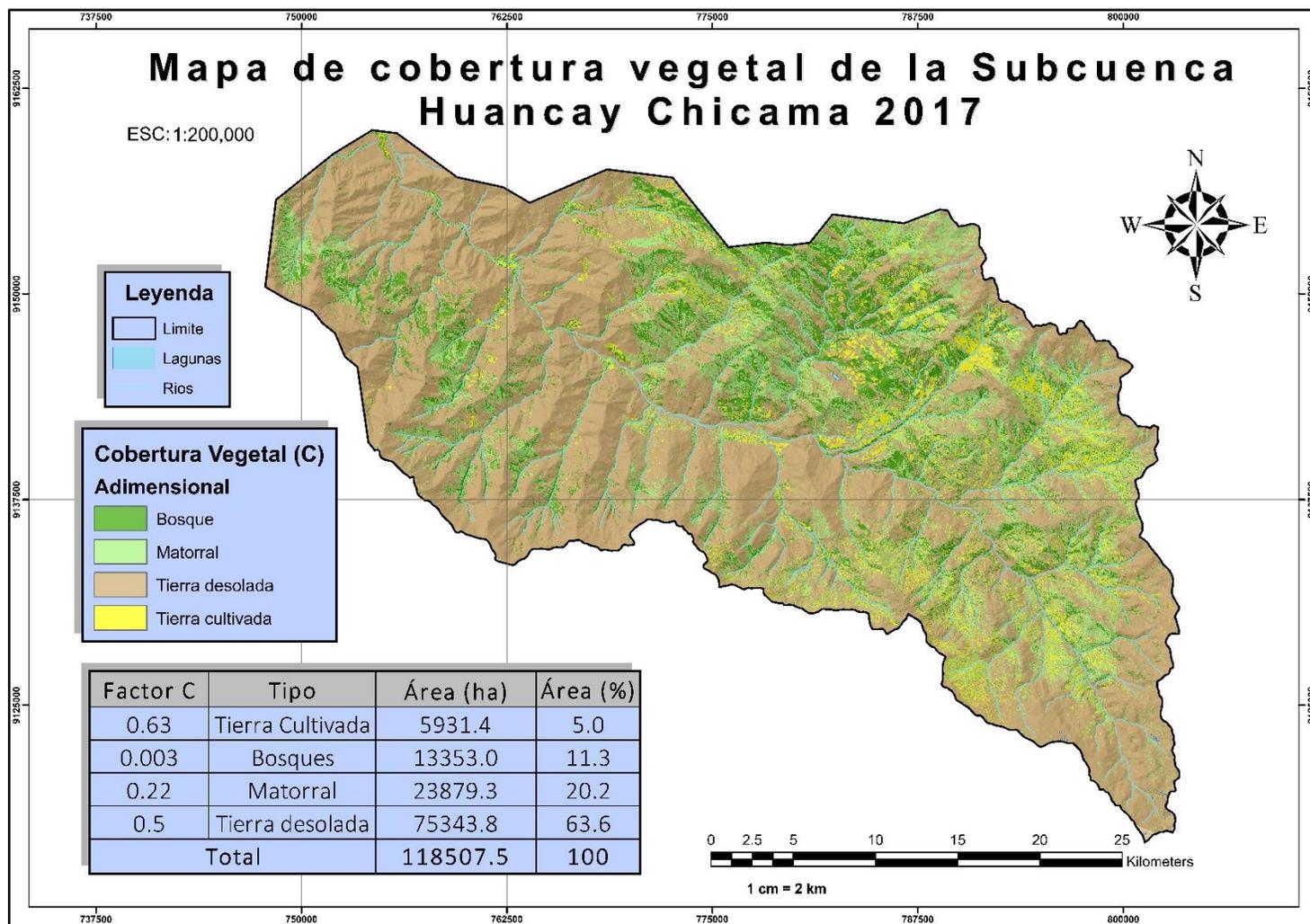
Tabla 16. Clasificación del factor LS.

Valores LS	Dificultad de acceso
< 2	Baja
2 – 20	Media
> 20	Alta

Fuente: García y Ramírez, 2011.

Anexo 19. Mapa del factor de cobertura vegetal (C) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.

Figura 17. Cobertura vegetal (C) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.



Fuente: elaboración propia.

Anexo 20. Imagen satelital Landsat 8 del año 2016 (12 de diciembre)



Fuente: EarthExplorer

Anexo 21. Valores para la elaboración del factor de cobertura vegetal (C).

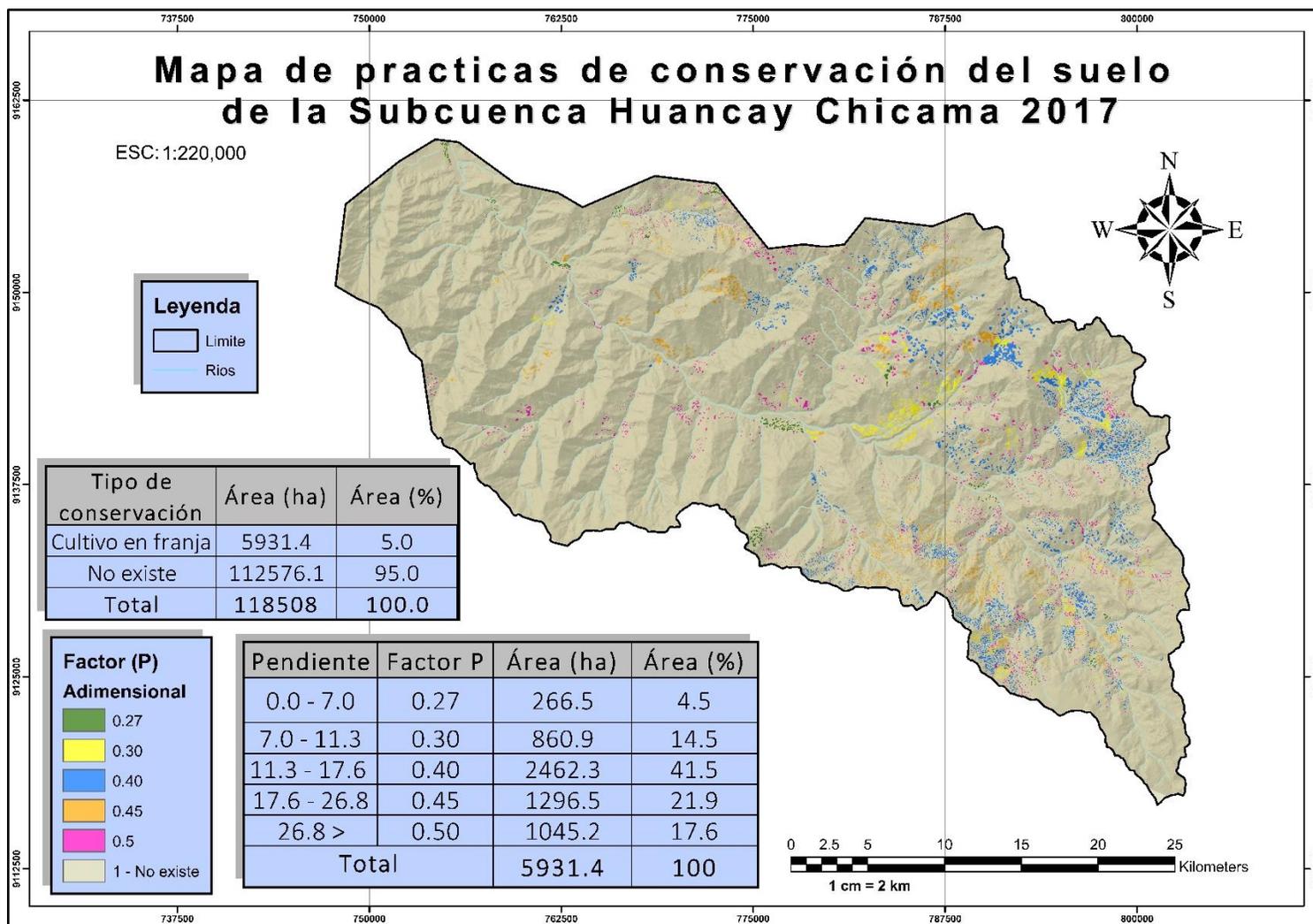
Tabla 17. *Valores para el factor de cobertura vegetal.*

Código	Tipo	Contenido	Factor C
1	Tierra cultivada	Las tierras utilizadas para la agricultura, horticultura y jardines.	0.63
2	Bosque	Tierras cubiertas de árboles, con cobertura vegetal más del 30%.	0.003
3	Matorrales	Tierras cubiertas de arbustos con una cubierta de más del 30%.	0.22
4	Cuerpos de agua	Las masas de agua en la superficie terrestre.	0
5	Tierra desolada	Tierras con cubierta vegetal inferior al 10%	0.5
6	Tundra	Hierbas y arbustos en las regiones polares	-
7	Humedales	Tierras cubiertas de plantas de humedales y cuerpos de agua.	0
8	Nieve y hielo permanente	Tierras cubiertas por nieve permanente y capa de hielo.	0

Fuente: Los autores (tomado del SENAMHI, 2017)

Anexo 22. Mapa de buenas prácticas (P) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.

Figura 18. Mapa de prácticas de conservación (P) de la Subcuenca Huancay, Chicama 2017.



Fuente: elaboración propia

Anexo 23. Valores para la elaboración del factor de prácticas de conservación (P).

Tabla 18. Valores de prácticas de conservación en función a la pendiente de Kim, 2006.

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

Fuente: SENAMHI, 2017

Anexo 24. Clasificación por rangos de erosión hídrica del suelo.

Tabla 19. Clasificación de rangos de erosión hídrica FAO.

Erosión Hídrica	Rango (Ton/ha/año)
Incipiente	0 - 10
Ligera	10 - 50
Fuerte	50 - 200
Severa	> 200

Fuente: Vega Julio, 2016.

Anexo 25. Clasificación por rangos de erosión hídrica del suelo según ANA.

Tabla 20. Clasificación de erosión hídrica de la Subcuenca Huancay según el ANA.

Subcuenca Huancay, Chicama					
Erosión Hídrica	Rangos (ton/ha/año)	Año 2015		Año 2017	
		Área (km ²)	%	Área (km ²)	%
Baja	< 5	34.9	3.0	150	12.7
Moderada	5 - 25	128.8	10.9	35.2	3.0
Media	25 - 50	153.0	12.9	37.8	3.2
Alta	50 - 1000	253.5	21.4	102	8.6
Muy alta	100 - 200	260.5	22.0	176.2	14.9
Crítica	> 200	351.5	29.7	683.9	57.7
Total		1182.2	100.0	1185.1	100.0

Fuente: elaboración propia

Anexo 26. Fichas de muestreo aplicadas en campo.

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
		01	25/05/19	11:05 a.m.
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X):	Norte (Y):		
	0778354	9140728		
Lugar:	HUANCHACO			
Uso principal:	TIERRAS AGRICOLAS			
Provincia:	OTUZCO			
Distrito:	CHARAT			
Departamento:	LA LIBERTAD			
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:	M-01	Relleno del agujero después del muestreo:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
Responsable:	CASTILLO LAZARO, DAVID	Precipitación:	<input type="checkbox"/> Si	<input checked="" type="checkbox"/> No
Técnica de muestreo:	CALICATA (30x30)	Temperatura:	22 °C	
Profundidad:	20 cm	Cantidad de la muestra:	1.200 Kg	
Descripción de la superficie:	LA MUESTRA SE ENCUENTRA CON UNA GRANULOMETRÍA ENTRE 1-2 mm.	Materiales usados:	<ul style="list-style-type: none"> - BOLSAS PLÁSTICAS - GUANTES - PALA - WENCHA - GPS map G2S 	

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
		02	25/05/19	7:35 p.m.
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X): 787347	Norte (Y): 9150746		
Lugar:	EL PARAISO			
Uso principal:	TIERRAS AGRICOLAS			
Provincia:	OTUZCO			
Distrito:	HUARANCHAL			
Departamento:	LA LIBERTAD			
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:	M-02	Relleno del agujero después del muestreo:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
Responsable:	CASTILLO LAZARO, DAVID	Precipitación:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
Técnica de muestreo:	CALICATA (30 x 30)	Temperatura:	17 °C	
Profundidad:	20 cm	Cantidad de la muestra:	1.200 Kg	
Descripción de la superficie:	LA MUESTRA SE ENCUENTRA CON UNA GRANUCIONE TRIA ENTRE 1-2 mm.	Materiales usados:	<ul style="list-style-type: none"> - BOLSAS PLÁSTICAS - GUANTES - PALA - WINCHA - GPS map 62s 	

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
		03	26/05/19	12:00 p.m.
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X): 790534	Norte (Y): 9136331		
Lugar:	COINA			
Uso principal:	TIERRAS AGRÍCOLAS			
Provincia:	OTUZCO			
Distrito:	USQUIL			
Departamento:	LA LIBERTAD			
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:	M-03	Relleno del agujero después del muestreo:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
Responsable:	CASTILLO LAZARO, DAVID	Precipitación:	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No
Técnica de muestreo:	CALICATA (30 x 30)	Temperatura:	19 °C	
Profundidad:	20cm	Cantidad de la muestra:	1.200 Kg	
Descripción de la superficie:	LA MUESTRA TIENE UNA GRANULOMETRÍA MENOR A 1mm.	Materiales usados:	- BOLSAS PLÁSTICAS - GUANTES - PALA - WINCHA - GPS map 625	

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
		04	26/05/19	5:00 p.m
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X):	Norte (Y):		
	785134	9135067		
Lugar:	USQUIL			
Uso principal:	TIERRAS AGRÍCOLAS			
Provincia:	OTOZCO			
Distrito:	USQUIL			
Departamento:	LA LIBERTAD			
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:	M-04	Relleno del agujero después del muestreo:	<input checked="" type="checkbox"/>	No
Responsable:	ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA	Precipitación:	Si	<input checked="" type="checkbox"/>
Técnica de muestreo:	CALICATA (30x30)	Temperatura:	14 °C	
Profundidad:	20 cm	Cantidad de la muestra:	1.200 Kg	
Descripción de la superficie:	LA MUESTRA SE ENCUENTRA CON UNA GRANULOMETRÍA ENTRE 1-2 mm.	Materiales usados:	<ul style="list-style-type: none"> - BOLSAS PLÁSTICAS - GUANTES - PALA - WINCHA - GPS map 62s 	

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
			05	26/05/19
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X):	Norte (Y):		
	796338	9130595		
Lugar:	CAPACHIQUE			
Uso principal:	TIERRAS AGRÍCOLAS			
Provincia:	OTOZCO			
Distrito:	USQUIL			
Departamento:	LA LIBERTAD			
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:	M-05	Relleno del agujero después del muestreo:	<input checked="" type="checkbox"/>	No
Responsable:	CASTILLO LÁZARO, DAVID	Precipitación:	<input checked="" type="checkbox"/>	No
Técnica de muestreo:	CALICATA (30x30)	Temperatura:	15°C	
Profundidad:	20 cm	Cantidad de la muestra:	1.200 Kg	
Descripción de la superficie:	LA MUESTRA TIENE UNA GRANULOMETRÍA MENOR A 4mm.	Materiales usados:	<ul style="list-style-type: none"> - BOLSAS PLÁSTICAS - GUANTES - WINCHA - PALA - GPS map 62s 	

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
			06	24/05/19
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X): 757244	Norte (Y): 9142502		
Lugar:	LAS ESPINAS			
Uso principal:	TIERRAS AGRÍCOLAS			
Provincia:	GRAN CHIMÚ			
Distrito:	MARMOT			
Departamento:	LA LIBERTAD			
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:	M-06	Relleno del agujero después del muestreo:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
Responsable:	ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA	Precipitación:	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No
Técnica de muestreo:	CALICATA (30x30)	Temperatura:	17 °C	
Profundidad:	20cm	Cantidad de la muestra:	1.200 Kg	
Descripción de la superficie:	LA MUESTRA TIENE UNA GRANULOMETRÍA MENOR A 4mm	Materiales usados:	<ul style="list-style-type: none"> - BOLSAS PLÁSTICAS - GUANTES - PALA - WINCHA - GPS mop G2s 	

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

FICHA DE MUESTREO DE SUELO		Ficha N°:	Fecha:	Hora:
			07	24/05/19
Datos Generales				
Coordenadas (UTM, WGS84)	Este (X): 770015	Norte (Y): 9154661		
Lugar:	LUCMA			
Uso principal:	TIERRAS AGRÍCOLAS			
Provincia:	GRAN CHIMÚ			
Distrito:	LUCMA			
Departamento:	LA LIBERTAD			
Datos del punto de muestreo				
Código de la muestra:	M-07	Relleno del agujero después del muestreo:	<input checked="" type="checkbox"/> Sí	<input type="checkbox"/> No
Responsable:	ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA	Precipitación:	<input type="checkbox"/> Sí	<input checked="" type="checkbox"/> No
Técnica de muestreo:	CALICATA (30x30)	Temperatura:	20 °C	
Profundidad:	20 cm	Cantidad de la muestra:	1.200 Kg	
Descripción de la superficie:	LA MUESTRA TIENE UNA GRANULONE TRÍA MENOR A 1 mm.	Materiales usados:	- BOLSAS PLÁSTICAS - GUANTES - PALA - WINCHA - GPS map 62s	

Fuente: Los autores (tomado de la guía para el muestro de suelos, 2014)

Anexo 27. Fotos.

Visita a los lugares para la sustracción de las muestras de suelo.



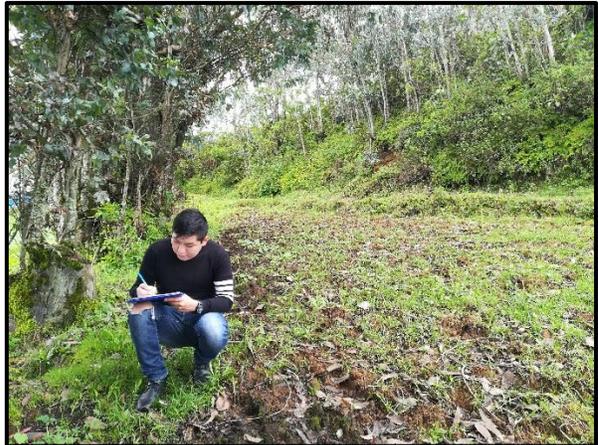
Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.



Fuente: elaboración propia.

Vista del río principal de la Subcuenca Huancay llamado “Río Grande”



Fuente: elaboración propia.

Tomando las coodenadas UTM de la muestra de suelo mediante el GPS.



Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Aplicando la calicata de 30x30 con una profundidad de 20 cm.

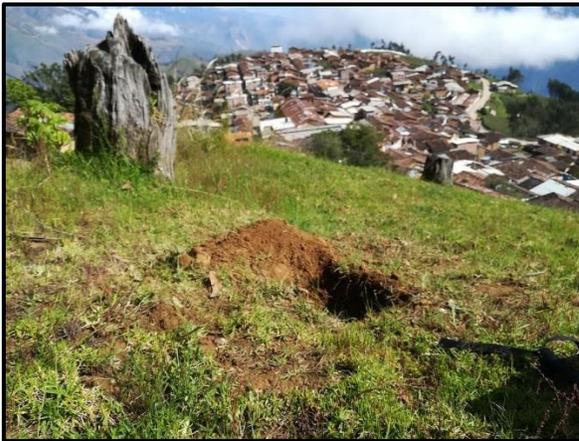


Fuente: elaboracion propia.



Fuente: elaboracion propia.

Relleno del agujero despues del muestreo.



Fuente: elaboracion propia.



Fuente: elaboracion propia.

Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis

	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo, Dr. QUEZADA ALVAREZ, MEDARDO ALBERTO
 , docente de la Facultad INGENIERIA y
 Escuela Profesional INGENIERIA AMBIENTAL de la Universidad César
 Vallejo - TRUJILLO (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada:

" EROSION HIDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA PRECIPITACION
PLUVIAL DEL FENOMENO DEL NIÑO COSTERO EN LA
SUBCUENCA HUANCAY, CHICAMA 2017
"

del (de la) estudiante CASTILLO LAZARO, DAVID ARTURO
 , constato que la investigación tiene un índice de
 similitud de 13...% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
 coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la
 tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas
 por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha: TRUJILLO 11 DE FEBRERO DE 2020



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 18110431

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Acta de Aprobación de Originalidad de Tesis

 UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
--	--	---

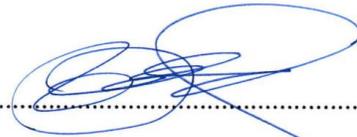
Yo, Dr. QUEZADA ALVAREZ, MEDARDO ALBERTO
, docente de la Facultad INGENIERIA
 Escuela Profesional DE INGENIERIA AMBIENTAL de la Universidad César
 Vallejo - TRUJILLO (precisar filial o sede), revisor (a) de la tesis titulada:

" EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN
PLUVIAL DEL FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO EN LA
SUBCUENCA HUANCAY, CHICAMA 2017
"

del (de la) estudiante ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA ALEGRIEL
, constato que la investigación tiene un índice de
 similitud de 13% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
 coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la
 tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas
 por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha TRUJILLO 11 DE FEBRERO DE 2020



Firma

Nombres y apellidos del (de la) docente

DNI: 18110481

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Pantallazo del Software Turnitin



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

"Erosión hídrica del suelo como efecto de la precipitación pluvial del fenómeno del niño costero en la Subcuenca Huancay, Chicama 2017"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Ambiental

AUTORES:
Castillo Lázaro, David Arturo
(ORCID: 0000-0003-0452-3020)
Rojas Ibáñez, Alexandra Abigail
(ORCID: 0000-0001-8293-7734)

ASESOR:
Dr. Quezada Álvarez, Medardo Alberto
(ORCID: 0000-0002-0215-5175)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:
Calidad y Gestión de los Recursos Naturales
Trujillo – Perú
2019

Resumen de coincidencias

13 %

Se están viendo fuentes estándar

Ver fuentes en inglés (Beta)

Coincidencias

1	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	2 %
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1 %
3	docplayer.es Fuente de Internet	1 %
4	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
5	icc.org.gt Fuente de Internet	1 %
6	Entregado a Universida... Trabajo del estudiante	1 %
7	www.redalyc.org Fuente de Internet	1 %
8	riha.cujae.edu.cu Fuente de Internet	<1 %
9	Entregado a BENERMERL... Trabajo del estudiante	<1 %

Página: 1 de 29 Número de palabras: 8599 Text-only Report | High Resolution Activado

Formulario de Autorización para la Publicación Electrónica de las Tesis



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

..... CASTILLO LAZARO, DAVID ARTURO

D.N.I. : 71575022

Domicilio : CALLE 29 DE AGOSTO 486 - FLORENCIA DE MORA

Teléfono : Fijo : Móvil : 945226141

E-mail : artorodx10@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA

Escuela : INGENIERÍA AMBIENTAL

Carrera : INGENIERÍA AMBIENTAL

Título : INGENIERO AMBIENTAL

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

..... CASTILLO LAZARO, DAVID ARTURO

..... ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA ABIBAIL

Título de la tesis:

..... "EROSIÓN HIDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL

..... DEL FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO EN LA SUBCUENCA HUANCAY, CHICAMA 2017"

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma :

Fecha : 20/01/20

Formulario de Autorización para la Publicación Electrónica de las Tesis



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA ABIGAIL

D.N.I. : 74347310

Domicilio : Urb. LA ALAMEDA II ETAPA, LOS ALAMOS N2 I LOTE 51 - HUANCHACO

Teléfono : Fijo : Móvil : 955502045

E-mail : alexandrorojasibanez13@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERÍA

Escuela : INGENIERÍA AMBIENTAL

Carrera : INGENIERÍA AMBIENTAL

Título : INGENIERA AMBIENTAL

Tesis de Post Grado

Maestría

Doctorado

Grado :

Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

.....

- ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA ABIGAIL

.....

- CASTILLO LÁZARO, DAVID ARTURO

Título de la tesis:

"EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO EN LA SUBCUENCA HUANCAY, CHICAMA 2017"

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento, autorizo a la Biblioteca UCV-Lima Norte, a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : 

Fecha : 20/01/20

Autorización de la versión final del Trabajo de Investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

FACULTAD DE INGENIERÍA : ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL.

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CASTILLO LÁZARO, DAVID ARTURO

INFORME TÍTULADO:

"EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL
FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO EN LA SUBCUENCA HUANCAY, CHICAMA 2017"

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 16/12/19

NOTA O MENCIÓN: 17 - UNANIMIDAD



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN

Autorización de la versión final del Trabajo de Investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

FACULTAD DE INGENIERÍA : ESCUELA PROFESIONAL DE
INGENIERÍA AMBIENTAL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

ROJAS IBAÑEZ, ALEXANDRA ABIGAIL

INFORME TITULADO:

"EROSIÓN HÍDRICA DEL SUELO COMO EFECTO DE LA PRECIPITACIÓN PLUVIAL DEL
FENÓMENO DEL NIÑO COSTERO EN LA SUBCUENCA HUANCAY, CHICAMA 2017 "

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA AMBIENTAL

SUSTENTADO EN FECHA: 16/12/19

NOTA O MENCIÓN: 17 - UNANIMIDAD



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN