

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Escuela Profesional de Agronomía**



**TESIS**

**“Diagnóstico de la erosión de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca -  
Aymaraes - Apurímac 2019”.**

Presentado por:

**JIMÉNEZ RAMOS, AURELIO**

**CATALÁN LETONA, PILAR ANTONIA**

Para optar el título Profesional de:

**INGENIERO AGRÓNOMO**

**Abancay - Apurímac - Perú**

**2023**

## **Tesis**

---

“Diagnóstico de la erosión de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca -  
Aymaraes - Apurímac 2019”.

---

### **Línea de investigación:**

Agricultura y Ambiente

### **Asesor:**

Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LOS ANDES**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA**

**DIAGNÓSTICO DE LA EROSIÓN DE SUELOS EN LA MICROCUENCA ALTA DE  
YANACA - AYMARAES - APURÍMAC 2019.**

Presentado por **AURELIO JIMENEZ RAMOS, PILAR ANTONIA CATALAN**

**LETONA** para optar el título de **Ingeniero Agrónomo.**

Sustentado y aprobado el viernes 21 de abril del 2023 ante el jurado:

**Presidente** : Dr. Ely Jesús Acosta Valer.

**Primer miembro** : M.Sc. Braulio Pérez Campana

**Segundo miembro** : M.Sc. Franklin Yanqui Diaz

**Asesor** : Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya

# TesisCDA - Aurelio Jiménez Ramos y Pilar Catalán Letona

## INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

4%

PUBLICACIONES

7%

TRABAJOS DEL  
ESTUDIANTE

## FUENTES PRIMARIAS

|   |   |     |
|---|---|-----|
| 1 | Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes<br>Trabajo del estudiante | 3%  |
| 2 | repositorio.utea.edu.pe<br>Fuente de Internet                               | 3%  |
| 3 | repositorio.unfv.edu.pe<br>Fuente de Internet                               | 1%  |
| 4 | repositorio.unas.edu.pe<br>Fuente de Internet                               | 1%  |
| 5 | hdl.handle.net<br>Fuente de Internet  | 1%  |
| 6 | www.scielo.org.mx<br>Fuente de Internet                                     | <1% |
| 7 | idoc.pub<br>Fuente de Internet  | <1% |
| 8 | repositorio.unasam.edu.pe<br>Fuente de Internet                             | <1% |
| 9 | orton.catie.ac.cr<br>Fuente de Internet                                     |     |

## DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente estudio y a su vez agradecer, por impulsar esta investigación, así como mis proyectos académicos, por ser motor, fuente de inspiración, ejemplo de disciplina, esfuerzo, sacrificio, ética personal y también profesional.

Con todo el afecto y cariño, a mi querida y amada madre, la Sra. Alfonsina E. Ramos Cárdenas, por su esfuerzo, sacrificio y apoyo entregado todos los días, en mi formación profesional, por ser uno de mis más grandes ejemplos de superación, por ser el motor y la fuerza de empuje para conseguir todos mis objetivos.

A la memoria de mi querido y siempre tan extrañado padre, el Sr. Virgilio Jiménez Gómez, por su cariño, amor y cada una de las enseñanzas y virtudes inculcadas en mí, el tiempo que disfrute de su compañía, y que hoy se han convertido en los cimientos de mi vida.

**Aurelio**

## **DEDICATORIA**

Dedico esta investigación fundamentalmente a Dios, por guiarme en vida cotidiana y concederme llegar hasta este instante que están fundamental en mi formación profesional. A todas las personas que me acompañaron en ese periodo de mi formación profesional y personal.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a mi amado hijo Liam A. Silva Catalán, por estar presente y ser parte de mis logros, y mi vida.

**Pilar**

## **AGRADECIMIENTO**

Nuestro agradecimiento y reconocimiento a la Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Agronomía de la Universidad Tecnológica de los Andes, al personal directivo, Docentes y administrativos que nos apoyaron en nuestra formación académica a mi asesor **Ing. Rosa Eufemia Marrufo Montoya**; por su sugerencia valiosa, corregirnos y recomendarnos para el cumplimiento del objetivo de la investigación. Al Dr. Carlos Moreano Huayhua, quien pese a tener bajo su responsabilidad distintas labores ha sabido brindarme su preciado tiempo compartiendo sus ideas y conocimientos para realizar el presente trabajo de investigación. **Dr. Ely Jesús Acosta Valer**, así mismo por ser parte del inicio del trabajo de tesis, con aportes muy importantes de conocimientos y sabidurías.

Gracias a cada uno por todo el apoyo brindado, me siento dichosa de haber tenido la gran plana de docentes muy buenos en la escuela de Agronomía.

**Aurelio y Pilar**

## INDICE GENERAL

|                                   |             |
|-----------------------------------|-------------|
| <b>PAGINAS PRELIMINARES</b> ..... | <b>iv</b>   |
| <b>DEDICATORIA</b> .....          | <b>iv</b>   |
| <b>AGRADECIMIENTO</b> .....       | <b>vi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE TABLAS</b> .....     | <b>xi</b>   |
| <b>ÍNDICE DE FIGURAS</b> .....    | <b>xiii</b> |
| <b>RESUMEN</b> .....              | <b>xv</b>   |
| <b>ABSTRACT</b> .....             | <b>xvi</b>  |

### CAPITULO I

|  |          |
|--|----------|
| <b>PLAN DE INVESTIGACIÓN</b> .....                   | <b>1</b> |
| 1.1. Descripción de la realidad problemática .....   | 1        |
| 1.2. Identificación y Formulación del Problema.....  | 2        |
| 1.2.1. Problema General.....                         | 2        |
| 1.2.2. Problemas específicos .....                   | 2        |
| <b>1.3. Justificación de la investigación</b> .....  | <b>3</b> |
| <b>1.4. Objetivos de la investigación</b> .....      | <b>3</b> |
| 1.4.1. Objetivo General.....                         | 3        |
| 1.4.2. Objetivos Específicos.....                    | 3        |
| <b>1.5. Delimitaciones de la investigación</b> ..... | <b>4</b> |
| 1.5.1. Espacial .....                                | 4        |
| 1.5.2. Temporal .....                                | 9        |
| 1.5.3. Social.....                                   | 9        |
| 1.5.4. Conceptual .....                              | 9        |
| 1.6. Viabilidad de la investigación .....            | 9        |
| 1.7. Limitaciones de la investigación .....          | 9        |

### CAPITULO II

|  |           |
|--|-----------|
| <b>MARCO TEÓRICO</b> .....                 | <b>10</b> |
| 2.1. Antecedentes de la investigación..... | 10        |
| 2.1.1. A nivel internacional.....          | 10        |
| 2.1.2. A nivel nacional.....               | 12        |
| 2.1.3. A nivel regional y local .....      | 16        |

|   |    |
|---|----|
| 2.2. Bases Teóricas .....                                 | 17 |
| 2.2.1. Suelos.....  | 17 |
| 2.2.2. Erosión de suelos. ....                            | 18 |
| 2.2.3. Tipos de erosión de suelos .....                   | 19 |
| 2.2.4. Control de la erosión de suelos.....               | 22 |
| 2.2.5. Diagnóstico de suelos .....                        | 22 |
| 2.2.6. Precipitación pluvial .....                        | 23 |
| 2.3. Cuenca .....   | 23 |
| 2.3.1. Micro cuenca .....                                 | 24 |
| 2.3.2. Cuenca hidrográfica.....                           | 24 |
| 2.4. Ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) ..... | 24 |

### **CAPITULO III**

|  |           |
|--|-----------|
| <b>METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....</b>    | <b>28</b> |
| 3.1. Hipótesis general .....                 | 28        |
| 3.1.1. Hipótesis Específicas.....            | 28        |
| 3.2. Métodos.....                            | 28        |
| 3.3. Tipo de investigación .....             | 29        |
| 3.4. Nivel o alcance de investigación .....  | 29        |
| 3.5. Diseño de la investigación .....        | 29        |
| 3.6. Población y muestra .....               | 30        |
| 3.6.1. Población .....                       | 30        |
| 3.6.1.1. Muestra.....                        | 30        |
| 3.7. Variables .....                         | 31        |
| 3.7.1. Variable independiente .....          | 31        |
| 3.7.2. Variables dependientes .....          | 31        |
| 3.7.3. Operacionalización de variables ..... | 31        |
| 3.8. Técnicas e instrumentos .....           | 32        |
| 3.8.1. Técnicas .....                        | 32        |
| 3.8.2. Instrumentos .....                    | 32        |
| 3.9. Consideraciones éticas.....             | 33        |
| 3.10. Procesamiento estadístico.....         | 34        |

### **CAPITULO IV**

|                                       |           |
|---------------------------------------|-----------|
| <b>RESULTADOS Y DISCUCIONES .....</b> | <b>32</b> |
| 4.1. Resultados .....                 | 32        |

|   |                                      |
|---|--------------------------------------|
| 4.1.1. Pérdida de suelo a consecuencia de las precipitaciones pluviales<br>(método USLE)..... | 32                                   |
| a). Factor de erosividad de la lluvia. R. ....  | 33                                   |
| b). Precipitación media anual [mm] (Pt) .....   | 34                                   |
| c). Índice modificado de Fournier (IFM) .....   | 37                                   |
| 4.1.2. Índice de erosividad de las precipitaciones pluviales, R (Mj.mm/ha) .....              | 38                                   |
| 4.1.3. Erosividad del suelo, K (t/ha) x R(SMD) <sup>-1</sup> .....                            | 39                                   |
| a) Cálculo del factor M .....   | 39                                   |
| b) Determinación de a,b y c .....   | 40                                   |
| c) Factor de erosividad del Suelo (k) .....   | 42                                   |
| d) Factor topográfico, LS. ....   | 44                                   |
| e) Factor de cobertura vegetal C y Factor de prácticas de apoyo de<br>conservación, P .....   | 46                                   |
| ✓ Factor de cobertura vegetal, C. ....  | 46                                   |
| ✓ Factor de prácticas de apoyo de conservación, P.....  | 48                                   |
| ✓ Factor A de pérdida de suelo basado en el modelo USLE .....                                 | 50                                   |
| 4.2. Discusiones .....  | 53                                   |
| 4.3. Contraste de Hipótesis .....   | 55                                   |
| <b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>   | <b>56</b>                            |
| 5.1. Conclusiones .....   | 56                                   |
| 5.2. Recomendaciones .....  | 57                                   |
| <b>ASPECTOS ADMINISTRATIVOS .....</b>   | <b>58</b>                            |
| <b>Recursos .....</b>   | <b>58</b>                            |
| <b>Cronograma de actividades .....</b>  | <b>58</b>                            |
| <b>Presupuesto y financiamiento .....</b>   | <b>59</b>                            |
| <b>Presupuesto .....</b>  | <b>59</b>                            |
| <b>Financiamiento.....</b>  | <b>59</b>                            |
| <b>Instrumentos .....</b>   | <b>59</b>                            |
| <b>BIBLIOGRAFIA.....</b>  | <b>61</b>                            |
| <b>Anexo 1. Matriz de consistencia. ....</b>  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>A) Instrumentos de recolección de datos.....</b>   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>B) Análisis de suelo .....</b>   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>C) Raster. ....</b>  | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |
| <b>D) Mapas diversos del distrito de Yanaca .....</b>   | <b>¡Error! Marcador no definido.</b> |

- E) Datos meteorológicos estación Aymaraes ...** ¡Error! Marcador no definido.
- F) Cuaderno de campo (recopilación de información)...** ¡Error! Marcador no definido.
- G) Evidencias fotográficas .....** ¡Error! Marcador no definido.

## ÍNDICE DE TABLAS

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 1</b> Áreas de las zonas de estudio del distrito de Yanaca .....   | 30 |
| <b>Tabla 2</b> Distribución de muestra por zonas .....  | 30 |
| <b>Tabla 3</b> Área de la zona de estudio del distrito de Yanaca .....  | 31 |
| <b>Tabla 4</b> Operacionalización de variables .....  | 31 |
| <b>Tabla 5</b> Instrumento de recolección de datos .....  | 32 |
| <b>Tabla 6</b> Precipitación media mensual en mm desde 2000 hasta 2019.....   | 34 |
| <b>Tabla 7</b> Índice modificado de Founrier (IMF) por mes del año 2019 en la<br>microcuenca Yanaca, Apurímac. .... | 37 |
| <b>Tabla 8</b> Clasificación de la erosividad de las lluvias según el valor de R .....                              | 38 |
| <b>Tabla 9</b> Análisis de suelo de los 9 sectores en estudio de Yanaca y respectivo<br>factor M .....              | 39 |
| <b>Tabla 10</b> Contenido de materia orgánica (%) de las 9 muestras de Yanaca .....                                 | 40 |
| <b>Tabla 11</b> Clase de agregación según la clasificación de suelos.....   | 41 |
| <b>Tabla 12</b> Código de permeabilidad y estructura del suelo en función de la<br>textura .....                    | 41 |
| <b>Tabla 13</b> Códigos de permeabilidad de las 3 zonas de estudio de Yanaca.....                                   | 42 |
| <b>Tabla 14</b> Factor de erosividad del suelo (K) por muestras de las 3 zonas de<br>Yanaca .....                   | 43 |
| <b>Tabla 15</b> Factor topográfico, LS de las tres zonas de estudio de Yanaca .....                                 | 44 |
| <b>Tabla 16</b> Factor C para praderas permanentes, terrenos baldíos y bosques<br>pastoreados.....                  | 46 |
| <b>Tabla 17</b> Factor C de las nueve muestras en las tres zonas en estudio de<br>Yanaca .....                      | 47 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 18</b> Factor P de prácticas de conservación (adaptado del manual USLE,<br>(Wischmeier & Smith, 1978) .....           | 49 |
| <b>Tabla 19</b> Factor de prácticas de conservación de suelos (P) de las tres zonas de<br>Yanaca. ....                         | 49 |
| <b>Tabla 20</b> Estimación del factor A de la pérdida de suelo basado en el modelo<br>USLE para las tres zonas de Yanaca ..... | 51 |
| <b>Tabla 21</b> Tipo de erosión del suelo según su pérdida potencial del suelo<br>(ton/ha/año) .....                           | 51 |
| <b>Tabla 22</b> Cronograma de las actividades realizadas en la investigación.....  | 58 |
| <b>Tabla 23</b> Presupuesto de la investigación.....   | 59 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |                               |
|--|-------------------------------|
| <b>Figura 1</b> Mapa Geográfico de la Región Apurímac .....  | 5                             |
| <b>Figura 2</b> Ubicación de la Microcuenca del Distrito de Yanaca .....   | 6                             |
| <b>Figura 3</b> Mapa hidrográfica del distrito de Yanaca – Aymaraes .....  | 7                             |
| <b>Figura 4</b> Mapa de Área de investigación de la parte de Yanaca .....  | 8                             |
| <b>Figura 5</b> Cantidad de precipitación en meses por año (2000 - 2019).....  | 35                            |
| <b>Figura 6</b> Precipitación media mensual en mm desde 2000 hasta 2019 .....  | 36                            |
| <b>Figura 7</b> Promedio de los factores de erosividad del suelo (K) por zonas de<br>Yanaca .....                                    | 43                            |
| <b>Figura 8</b> Promedio de factor topográfico, LS de las tres zonas de estudio de<br>Yanaca .....                                   | 45                            |
| <b>Figura 9</b> Promedio del factor de cobertura por zonas de la comunidad de<br>Yanaca .....  | 48                            |
| <b>Figura 10</b> Promedio del factor de práctica de conservación de suelo (P) de las<br>tres zonas de Yanaca .....                   | 50                            |
| <b>Figura 11</b> Promedio estimado del factor de la pérdida de suelo basado en el<br>modelo USLE para las tres zonas de Yanaca. .... | 52                            |
| <b>Figura 12</b> Modelo de elevación digital (DEM) .....   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>Figura 13</b> Modelo de elevación digital (DEM) .....   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>Figura 14</b> Modelo de elevación digital (DEM) .....   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>Figura 15</b> Mapa topográfico.....   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>Figura 16</b> Mapa de pendientes .....  | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>Figura 17</b> Mapa de cobertura y uso .....   | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>Figura 18</b> Mapa Geológico .....  | ¡Error! Marcador no definido. |
| <b>Figura 19</b> Mapa Geomorfológico .....   | ¡Error! Marcador no definido. |

**Figura 20** Mapa de centros poblados y vías ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 21** Mapa de Ubicación de Zonas Erosionadas y Degradadas ..... ¡Error!  
**Marcador no definido.**

**Figura 22** Muestreo para análisis de suelo sector tunapita .... ¡Error! Marcador no  
**definido.**

**Figura 23** Muestreo para análisis sector Parancay . ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 24** Muestreo para análisis de sector Llullasa ..... ¡Error! Marcador no  
**definido.**

**Figura 25** Muestreo para análisis sector Wañacocha ..... ¡Error! Marcador no  
**definido.**

**Figura 26** Proceso de erosión de suelos sector Llullasa ..... ¡Error! Marcador no  
**definido.**

**Figura 27** Encuestas desarrolladas a comuneros ... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 28** Imagen de erosión de suelos por cárcavas sector parte alta de  
Llullinsa ..... ¡Error! Marcador no definido.

**Figura 29** Efectos de la erosión en el sector León Pampa Yanaca ..... ¡Error!  
**Marcador no definido.**

**Figura 30** Calicata desarrollada en el sector de Tunapita, parte alta de Yanaca  
..... ¡Error! Marcador no definido.

## RESUMEN

El calentamiento global que está experimentando nuestro planeta, están originando trastornos en el clima de todo el mundo con sequías y fuertes precipitaciones pluviales lo que permite hacer la siguiente interrogante; ¿Cuál es el diagnóstico de la erosión hídrica de los suelos en la microcuenca Alta de Yanaca - Aymaraes - Apurímac, 2020? Considerando el siguiente objetivo; Determinar la pérdida de los suelos a consecuencia de las precipitaciones pluviales por el método de la ecuación universal de pérdida de suelos (USLE) en la Microcuenca Alta de Yanaca - Aymaraes Determinar el índice de erosividad de la lluvia y determinar el índice de erosividad al suelo. Haciendo uso de la ecuación universal de pérdida de suelo USLE y la determinación de los factores de USLE mediante observación técnica se ha llegado a los siguientes resultados: La pérdida aproximada de suelo determinado en la Microcuenca Alta de Yanaca son: 3.67 ton/ha/año en promedio y se encuentra en una clasificación de tipo de erosión baja, mientras que la zona media tiene una pérdida aproximada de 12.55 ton/ha/año con una clasificación de alta, lo que conduce a pensar en realizar actividades que permitan reducir dicha erosión y la zona alta con 56.04 ton/ha/año tiene clasificación de severa y ello ocurre por varios factores debido a su altitud, respecto al índice de erosividad de la lluvia en la microcuenca alta de Yanaca es de 407.52 Mj.mm/ha debido a las condiciones medioambientales de dicha zona, según la tabla de clasificación del factor de erosividad de la lluvia es normal ya que se encuentra por debajo de 1000 Mj.mm/ha, y la zona alta tiene en promedio  $K=0.43$ , lo que confirma de que esta zonas es muy susceptible a la erosión del suelo luego la zona baja tiene un factor  $K=0.38$ .

**Palabra clave:** Diagnóstico, erosión, suelos, microcuenca.

## ABSTRACT

The global warming that our planet is experiencing is causing climate disorders around the world with droughts and heavy rainfall, which allows us to ask the following question: What is the diagnosis of water erosion of soils in the Upper Yanaca - Aymaraes - Apurimac Micro-watershed, 2019, for which the following objectives have been considered: Determine the loss of soils as a result of rainfall by the method of the Universal Soil Loss Equation (USLE) in the Microcuenca Alta de Yanaca - Aymaraes, Determine the rain erosivity index and Determine the soil erosivity index. Using the universal USLE soil loss equation and determining the USLE factors through technical observation, the following results were obtained: The approximate soil loss determined in the Upper Yanaca Micro-watershed is: 3.67 ton/ha/year on average and is classified as low erosion type, while the middle zone has an approximate loss of 12.55 ton/ha/year with a high classification, which leads to think about carrying out activities to reduce this erosion and the high zone with 56.04 ton/ha/year is classified as severe and this is due to several factors because of its altitude. The rain erosivity index in the upper Yanaca micro-watershed is 407.52 Mj.mm/ha due to the environmental conditions of this zone, according to the classification table of the rain erosivity factor is normal since it is below 1000 Mj.mm/ha, and the high zone has an average  $K=0.43$ , which confirms that this zone is very susceptible to soil erosion, then the low zone has a  $K=0.38$  factor.

**Keyword:** Diagnosis, erosion, soils, micro-watershed.

## INTRODUCCIÓN

Uno de los inconvenientes más importantes en el distrito de Yanaca son las pérdidas de suelo agrícola por el efecto de la erosión pluvial que componen cárcavas, presentando así degradación del suelo, transporte de sedimentos erosionados por precipitaciones, malas prácticas agrícolas, sobre pastoreo y otros elementos. Debido al desconocimiento de prácticas de conservación de praderas, y la escasa intervención de las instituciones públicas en el monitoreo. El ámbito de estudio son sectores topográficamente accidentado de 50.512 km<sup>2</sup>, donde existe la erosión pluvial por cárcavas con pérdidas enormes de superficies de suelo agrícola, además es una zona de recarga acuífera, el cual necesita la inmediata participación de los pobladores e instituciones públicas del estado, en relación en temas de conservación de suelos y agua. La presente investigación se enfoca en el diagnóstico de la Erosión de suelos haciendo uso de las prácticas conservacionistas en muros de roca, cercos en contornos, zanjas de infiltración, barreras vivas; las cuales se tienen que laborar por las instituciones públicas y privadas encargadas en el funcionamiento y conservación de suelos en funcionalidad a los resultados de la presente investigación, debido a lo cual disminuirá y controlará la erosión hídrica, mitigando así las enormes pérdidas, de zonas agrícolas, evitando así el arrastre de sedimentos a las partes bajas de la microcuenca, reduciendo áreas agrícolas. Si desarrollamos el diagnóstico de forma correcta tendremos la posibilidad de establecer la expansión de superficies dañadas por la erosión pluvial y recomendar las prácticas de conservación de suelos, con más presencia de materia orgánica por la erosión pluvial y recomendar las prácticas de conservación de suelos.

Los autores.

# **CAPITULO I**

## **PLAN DE INVESTIGACIÓN**

### **1.1. Descripción de la realidad problemática**

Centro Internacional de Referencia e Información sobre Suelos (ISRIC) y Programa ambiental de la ONU (UNEP), Expresan que en todo el mundo que los suelos se hallan en estado de degradación, ya que este proceso de erosión de suelo perjudica grandes hectáreas de tierras siendo el 80% toda la degradación; la ingesta de alimentos (FAO) y la organización de la ONU para la agricultura, menciona Kappellem (2009), que la erosión de la tierra hace 20 años en la década XXI, Perjudicó a más 500 millones de individuos.

Los inconvenientes más comunes en Perú respecto a la erosión de suelos de las tierras cultivables tienen pérdida total del suelo debido al arrastre del agua, precipitaciones altas, mala práctica de tierras agrícolas y el sobrepastoreo. Las actividades agrícolas en la sierra se hacen en laderas, con pendientes marcadas. En esta situación el distrito de Yanaca, siendo la problemática la perdida de grandes suelos agrícolas productivas, en los remolques de las precipitaciones bajas donde habitan los pobladores.

La problemática se observa en las cuencas y micro cuencas de Apurímac, después de una tormenta ocasionando la acumulación del agua en las partes más bajas ya que este arrastre de precipitaciones es un problema en la formación de los cauces dañando las tierras agrícolas formando hoyos, por otro lado los componentes de acción humana como la deforestación, incendios forestales, sobre carga animal, uso exhaustivo y desempeño inadecuado de suelos, y otros agentes que provoca la erosión superficial del suelo, y el empleo de tecnologías no apropiadas para la agricultura. Por otro lado, están los factores climáticos, están las prolongadas sequías, heladas, vientos y otros fenómenos climáticos que afectan la productividad de los suelos. Y los agricultores no cuentan con prácticas de manejo agrícolas. Por consiguiente, es necesario hacer la interrogante que se formula en el siguiente ítem.

## **1.2. Identificación y Formulación del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿Cuál es el diagnóstico de la erosión de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019?

### **1.2.2. Problemas específicos**

- ¿Cuál es la pérdida de suelos a consecuencia de las precipitaciones pluviales (método USLE) en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019?
- ¿Cuál es el índice de erosividad de las precipitaciones pluviales en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019?
- ¿Cuál es la erosividad del suelo en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019?

### **1.3. Justificación de la investigación**

La investigación pretende dar a conocer la importancia de conservar el suelo, puesto que en dicha zona las familias realizan sus cultivos haciendo uso permanente del suelo, sin embargo, la erosión es un problema global especialmente en la micro cuenca – Yanaca por lo que éste trabajo permitirá conocer con mayor detalle la erosividad del suelo en dicha zona.

Este trabajo es pertinente porque permitirá coadyuvar en la formación profesional del Ingeniero Agrónomo ya que en ella se detalla la metodología USLE para el diagnóstico de la erosividad del suelo.

Por otro lado, permitirá determinar la erosión del suelo y su influencia de los fenómenos climáticos, y así como sustento técnico para tomar acciones de conservación de suelos, siendo importante el control de erosión para el medio ambiente.

### **1.4. Objetivos de la investigación**

#### **1.4.1. Objetivo General**

Diagnosticar la erosión de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019.

#### **1.4.2. Objetivos Específicos**

- ❖ Evaluar la pérdida de suelos a consecuencia de las precipitaciones pluviales (método USLE) en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019.
- ❖ Determinar el índice de erosividad de las precipitaciones pluviales en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019.

- ❖ Analizar la erosividad del suelo en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019.

## **1.5. Delimitaciones de la investigación**

### **1.5.1. Espacial**

El estudio de la investigación se llevó a cabo en la microcuenca alta del Distrito de Yanaca, Provincia de Aymaraes Región Apurímac.

Geográficamente el Distrito de Yanaca se encuentra ubicada en las coordenadas UTM -73.132975N Y -14.209856E, sobre las vertientes orientales de la cordillera Sur del Perú a una altitud de 3315 m.s.n.m., se sitúa en la parte Noroeste del departamento de Apurímac, entre los límites de los distritos de Tapayrihua, Chalhuanca, Pochuanca y Soraya y de las provincias de Aymaraes y Antabamba, tiene una extensión de 103.88 km<sup>2</sup>, pertenece al cuadrante 29 P de la carta nacional del Perú, territorial y políticamente forma parte de la provincia de Aymaraes, Apurímac.

#### **Ubicación política**

- **País** : Republica del Perú
- **Región** : Apurímac
- **Provincia** : Aymaraes
- **Distrito** : Yanaca
- **Localidad** : Comunidad Campesina de Yanaca.

Políticamente, el distrito de Yanaca se ubica en la Provincia de Aymaraes en la Región Apurímac, todo ello en la soberanía territorial de la República del Perú.

La zona alta del distrito de Yanaca de los sectores tales como indico: Parancay, Quilcata, pashuaña, Qosqochuihua, yoricocha, wañacocha, tunapita, achoccanta, cayriwiri, puncuñi, cuyo, llullinsa (jatun paccha) tunayaccasa, ullucuni, llullasa, león pampa (zona productiva allcca y ccollana).

### Ubicación geográfica

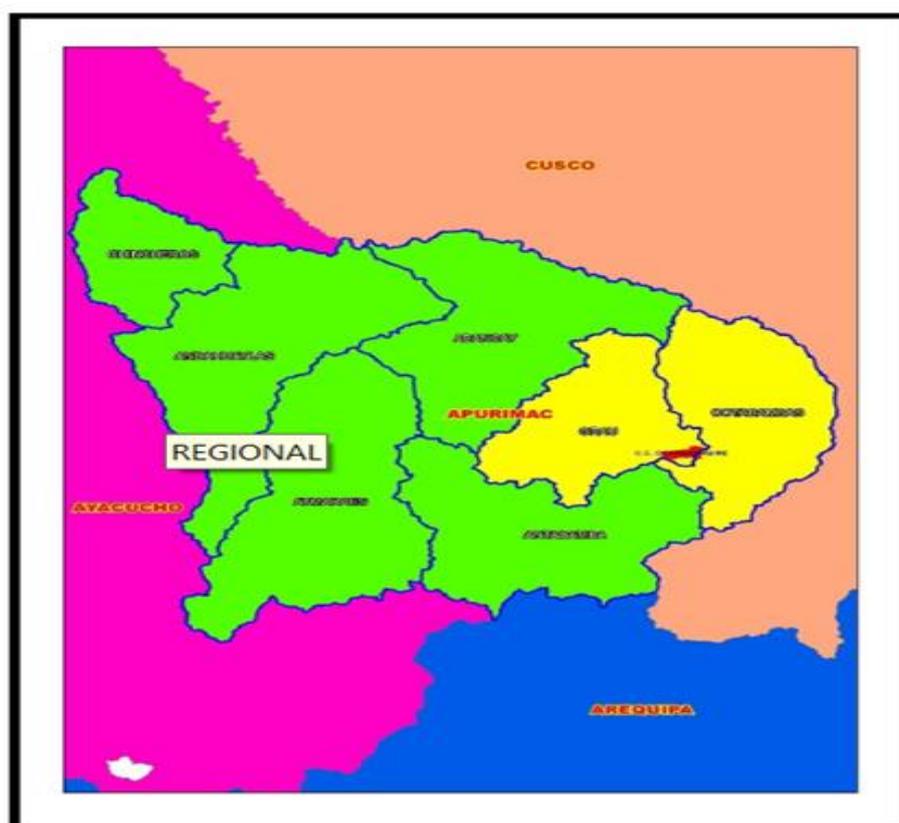
Coordenadas geográficas

Latitud sur : 14°13'53"S

Longitud oeste : 73°09'35"O

### Figura 1.

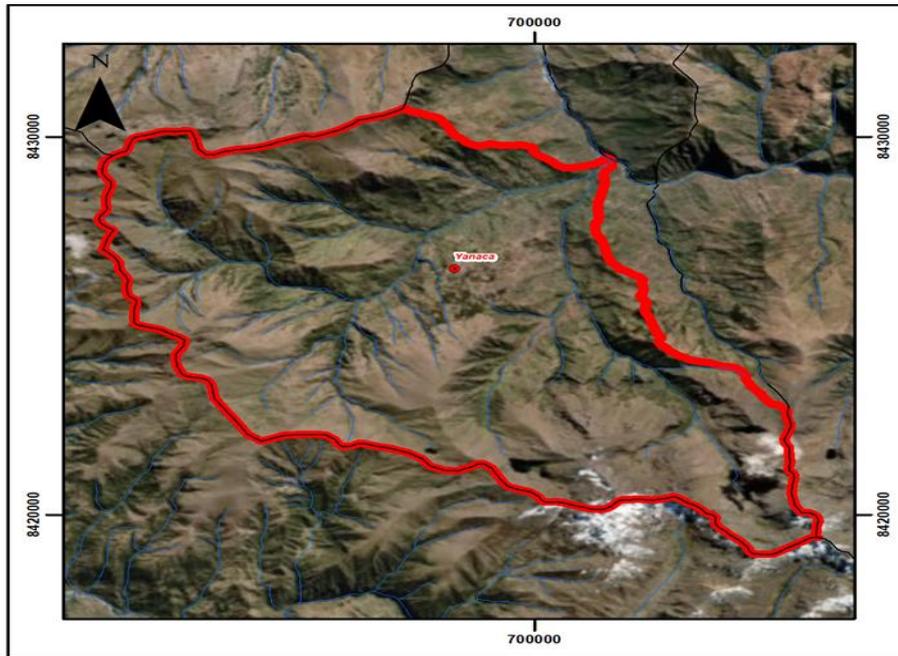
*Mapa Geográfico de la Región Apurímac*



Fuente: Elaboración propia

## Figura 2.

*Ubicación de la Microcuenca del Distrito de Yanaca.*



Fuente: Elaboración propia

### **Ubicación ecológica**

Distrito de Yanaca tiene regiones ecológicas los han sido determinados bajo los criterios del sistema mundial de calificación de zonas de vida de Holdrige (1947), estas ecorregiones son:

Así mismo según la clasificación de regiones naturales del Perú de Pulgar Vidal (1938), La comunidad se encuentra en su mayoría territorial en la Región Puna, sin embargo, mínima parte de su territorio se encuentra también en las Regiones Naturales Suni y Cordillera.

### **Demarcación hidrográfica**

- ❖ Micro cuenca : Río Yanaca
- ❖ Inter cuenca : Río Antabamba
- ❖ Sub cuenca : Río Pachachaca

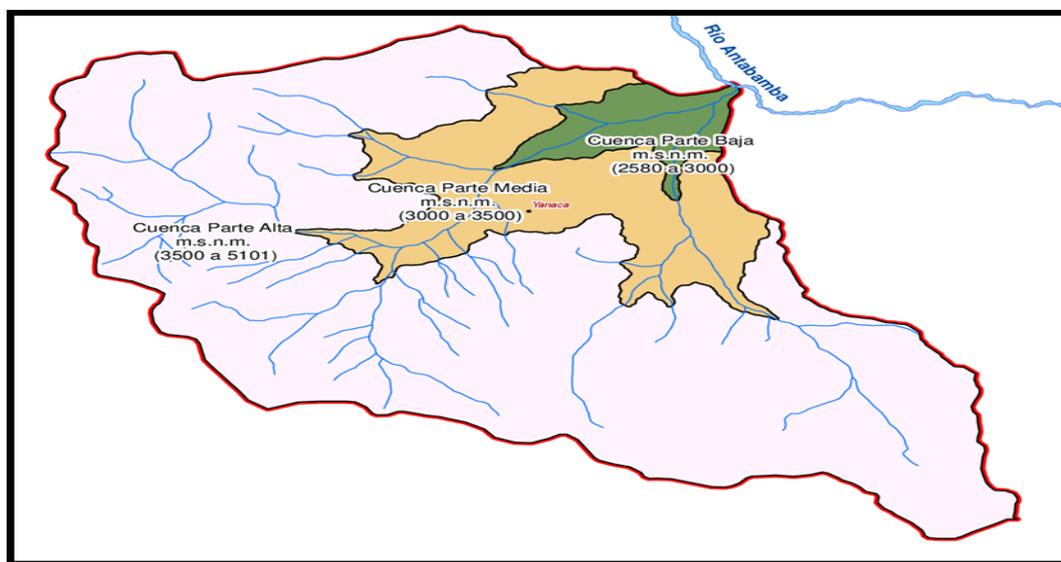


proyecto de investigación sobre el ámbito físico, biológico de la parte alta del distrito de Yanaca. El área de influencia directa ha sido definida sobre el ámbito territorial de la provincia de Aymaraes, distrito de Yanaca, en la microcuenca alta del distrito, la cual cuenta con una extensión de 88.399 km<sup>2</sup> dentro de la cual se realiza la investigación del diagnóstico de la erosión, cárcavamiento, desertificación y manejo de agua de riego, donde se ha ejecutado muestreo de suelos, recopilación de datos, observación y comparación de los diferentes espacios de suelos y factores ligados a ello. La elección del distrito de Yanaca se ha basado en la identificación de problemas de erosionabilidad por el grado de pendiente dentro del ambiente de investigación.

Cabe también señalar que el distrito de Yanaca manifiesta que al igual que los distritos de ámbito de la provincia de Aymaraes presentan incidencias de la misma índole dentro de la Región de Apurímac, motivo suficiente para iniciar con las actividades de diagnóstico en favor de la microcuenca.

#### Figura 4.

Mapa de Área de investigación de la parte de Yanaca



Fuente: Elaboración propia

### **1.5.2. Temporal**

La ejecución de la investigación se ha realizado en los meses de enero, febrero y marzo del 2019.

### **1.5.3. Social**

La investigación alcanza a todos los agricultores criadores de ganado mayores y menores que tienen a su cargo parcelas agrícolas, utilizados para cultivos andinos y de pastoreo de la parte alta del distrito de Yanaca

### **1.5.4. Conceptual**

Erosión del suelo es el desgaste de la extensión de la tierra como consecuencia de ocupaciones geológicas (como flujos de agua o deshielo), ocupaciones climáticas (como lluvia o vientos fuertes) u ocupaciones humanas (como agricultura, deforestación, extensión de las localidades, entre otros).

## **1.6. Viabilidad de la investigación**

Para la investigación formulada aquí se ha contado con base teórica de como determinar la erosión del suelo mediante el método USLE las cuales se hallan en libros, artículos científicos y revistas. Por otro lado, se ha contado con el personal capacitado e idóneo para realizar el diagnóstico de la erosión del suelo, y además se ha contado con el sustento económico por parte del autor.

## **1.7. Limitaciones de la investigación**

Una de las limitaciones más importantes observadas en este trabajo de investigación es la falta de vías acceso a las zonas de estudio, por otro lado, la universidad no cuenta con los equipos adecuados para el estudio tales como el pluviómetro y estación meteorológica más cercana de Yanaca.

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de la investigación**

##### **2.1.1. A nivel internacional**

Martínez (2021) describe en su investigación “susceptibilidad a riesgos de erosión en suelos dedicados al cultivo de piña en el departamento del valle de cauca”; tiene como objetivo ; Identificar susceptibilidad a riesgos de erosión en suelos dedicados al cultivo de piña usando la metodología descriptiva, arribando al resultado de la investigación el valor promedio de la IMF Oscilaron (91,31-582,79) correspondiendo a la categoría moderada, altos, bastante altos y radicalmente rigurosos; 5076,91 MJ.mm.ha-1-22718,83 MJ.mm.ha-1; topográficamente de 81<sup>a</sup> coincidiendo con la cuenca del río Dagua, por tanto se concluyeron importantes pérdida en suelos que son considerados en la hora de establecer un cultivo.

Asimismo, Cotler (2020), en su tesis de investigación “Erosión de suelos y carencia alimentaria en México” sostiene del detrimento de la calidad de los suelos con la pérdida de la productividad y la erosión limitando la autosuficiencia, Por medio de recolección y cruce de información fundamentadas en fuentes oficiales a grado nacional como el INEGI, CONEVAL, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales,

autoconsumo y la carencia alimentaria de México, teniendo los resultados moderados  $R=0.65$ , involucrando a la interacción causal guardando relación entre la erosión de suelos agrícolas y la carencia alimentaria poblacional.

De igual manera Martínez (2020), en su estudio referente “perdida de suelo y modificación de escurrimientos causados por el cambio de uso de la tierra en la cuenca del rio conchos en Chihuahua - México” planteando como objetivo; evaluar la cobertura por diferentes usos de suelo; utilizando la metodología descriptiva teniendo como instrumento de procesamiento de datos el software ERDAS -2014 y la ecuación universal de perdida de suelo (EUPS), teniendo como resultado de la erosión hídrica, la perdida severa es de 0.02 y 0.008 tn/ ha - 1 de los años 1980 y 2000, teniendo incremento 0.01 en el 2018, los volúmenes más altos en el 1980 siendo de 348.38 Mm<sup>3</sup>, teniendo reducción de 137.36Mm<sup>3</sup> en el año 2000 y el 743.08 Mm<sup>3</sup> de importante crecimiento arribando a una conclusión; el año 2018, 1689.15(ha) se encontraron suelos dañados y 379.17 Mm<sup>3</sup> el volumen de escurrimiento; finalmente el cambio del suelo y precipitaciones modifican mejor control y la buena conservación de los recursos naturales.

Por otro lado, Amaral (2020), en su estudio “Mitos, realidades e incertidumbre sobre la duración de los suelos ferralíticos Rojos en Cuba”, teniendo un método descriptivo de diseño cualitativo y cuantitativo durante 30 años el proceso de degradación en los suelos productivos en cuba teniendo una naturaleza multifactorial teniendo las condiciones geomorfológicas, geólogo, meteorológicas y antropogénesis donde limitaron el reconocimiento las posibilidades específicas que asume la erosión hídrica

en estas regiones revelan la necesidad para adoptar la política de seguridad nacional.

Por último, Pérez (2019), concerniente en su tesis “erodabilidad y riesgo de erosión de suelos negros del centro de México”. Planteando el objetivo; Determinar erodabilidad y riesgo de erosión de suelos negros del centro de México; Utilizando la metodología descriptiva aleatoria teniendo como muestra el área de 3 hectáreas, los resultados arrojan valores derivadas; 0.014, + 0.00149 + 0.0152 teniendo la intensidad 1.25 veces FKR con relación al lugar estudiado ( $P_1=P_2=P_3$ ) donde estadísticamente diferentes ( $\alpha \geq 0.001$ ) las estimaciones de FK dan resultados de valores de defecto que subestimen a las tasas de erosión.

### **2.1.2. A nivel nacional**

Teniendo en cuenta a Cachay (2021), en su investigación relacionada “la erosión hídrica mediante el modelo USLE para la sostenibilidad del suelo de la sub cuenca Vilca” con el objetivo; determinar la erosión hídrica, empleándose el análisis y síntesis del método USLE para lo que es preciso establecer 5 componentes; utilizando la metodología aplicada descriptiva cualitativa arribando a los resultados; se analizó sobre la conservación de suelo teniendo como instrumento procesador el programa ARCGIS versión 10 resultados que permiten la erosión hídrica del suelo en la sub cuenca de vilca; de 148487.82 ha del área en grado ligero de 84.32% como también 21002.44 ha del área en un grado moderado de 11.93% el área 4319.72 ha con un grado elevado de 2.45%, el área de 2280.38 ha es grado bastante elevado con un porcentaje de 1.30%.

Según descripción, Pérez y Castillo (2021), efectuaron un estudio concerniente al tema “impacto de la erosión hídrica del suelo y la cobertura vegetal en la cuenca alta del río Moche” planteando el objetivo; Determinar el impacto de la erosión hídrica y cobertura vegetal; usando la metodología descriptiva – Cuantitativa por medio de la ecuación (USLE), donde se arribó al resultado de análisis de los años 2016 - 2020 donde existió alteración de suelo, con el cambio climático se manifestó la erosión de 8363.93 tm/ha en el año 2017. donde se presentó menor precipitación, donde también se determinó la erosión hídrica del suelo teniendo un efecto elevado en las regiones y no del agua moche de la cuenca alta sosteniendo suelo de alta precipitación de la naturaleza.

De igual manera, Perales (2019), en su indagación correspondiente a la pérdida de suelo por erosión hídrica en la cuenca del río Supte Grande de la región de Huánuco, planteando como objetivo estimar la pérdida de suelo por erosión hídrica usando la metodología descriptiva cuantitativa, arribando a un resultado; el 61.67% no tiene cuenta la cobertura vegetal en una área 50 a 200 tn/ha y el 20.80% menores valores EN 0.5 tn/ha donde la muestra pérdida es de 15 a 200 tn/ha/año en pérdidas catastróficas de cacao 47.25 t/ha/año y en purma 14.27 tn/ha/año.

Así mismo comenta León (2018), en su investigación; la ecuación universal de pérdida de suelo ocasionada por erosión hídrica en la microcuenca del río Punyarure, teniendo el propósito de estimar la pérdida de suelo, ocasionando por la erosión hídrica así plantear el uso y manejo de suelos con el objetivo de conservación de la mencionada microcuenca usando la metodología no empírica aplicativa arribando a un resultado; evaluando el

porcentaje de erosividad climática y porcentaje de erodabilidad viendo la profundidad, textura, pedregosidad, el pendiente y el porcentaje de cobertura vegetal análisis que permita ver el porcentaje de la erosión del suelo dando resultado en los años 1986 – 1993; de nivel bajo 38.20% nivel moderado 22.82% elevado 5.28% en los años 2002 y 2011 porcentualmente bajo 35.84% moderado 41.34% elevado 22.82% visualizándose el índice de 17.56% del área total.

Finalmente, Norabuena (2017), en su información investigativa, aplicación del modelo USLE para estimar la erosión y potencial de acuerdo a las actividades productivas de la microcuenca Pariac de Huaraz planteando la finalidad es identificar, zonificar y caracterizar las áreas productivas aplicando la metodología descriptiva cuantitativa; arribando a un resultado que muestran la erosión en las tierras agrícolas; el 1.1% con erosión de tipo cárcavas, el 2.4% erosión por cárcavas inclinadas; en referencia a la erosión en un área de 9494.31 has, representa 87.8% el total de la microcuenca, pendientes del 25% a 50% donde predominan las erosiones 2.6% en actividades agrícolas y 8.8% para tierras ganaderas y 13.3 % actividad turística. Donde las estimaciones de erosión tanto como hoy las restricciones en las áreas productivas de forma sustentada ayudan a mejorar la calidad de vida de la población.

### **2.1.3. A nivel regional y local**

En el trabajo estudiado por Vega (2016), en su tesis “estimación de la erosión hídrica por efecto de la precipitación en áreas de recarga acuífera en los sectores de Huayllabamba, Asillo, Ccanabamba y Ccorhuani en la provincia de Abancay, 2016” planteando el objetivo; estimar cuantitativamente la

magnitud de la erosión hídrica por efecto de precipitación en áreas de recarga acuífera en los sectores mencionados de la investigación aplicando la metodología descriptiva y aplicativa bajo instrumento de medición del laboratorio arribando a un resultado; en Huayllabamba la erosión sin cobertura vegetal se encuentra en un área 84.27 Tn/ha en un año representando un suelo perdido de 6.58 mm/año, mientras la área vegetal 4.01 Tn/ha presentado el suelo perdido de 0.31 mm/año y con referencia al sector de Asillo en áreas de sin cobertura vegetal la erosión hídrica 110.32 Tn/ha en el año representando el suelo perdido de 8.17 mm/año; en las áreas con cobertura vegetal, la erosión hídrica 13.89 Tn/ha al año representando el suelo perdido de 1.02 mm/año y en el sector de Ccanabamba teniendo como resultado sin cobertura vegetal la erosión hídrica es de 67.48 Tn/ha/año presentando un suelo perdido de 9.02 mm/año; en áreas con cobertura vegetal con erosión hídrica de 22.35 Tn/ha/año, representa el suelo perdido 3.00 mm/año finalmente los resultado de Ccorhuani el 59.97 Tn/ha/año representando el suelo perdido 5.26 mm/año, en las áreas de cobertura vegetal la erosión hídrica es de 3.880 Tn/ha - año representando en suelo perdido de 0.33 mm/año. así dando implementando medidas para su aprovechamiento y conservación.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Suelos**

A partir de la perspectiva técnica viendo el estudio de materia viva y capaz de ver las plantas mencionado Pedraza Villafaña, (2015); determinando el espesor, desarrollo de plantas y raíces así mismo Romero (2001), describe de la productividad del suelo teniendo en cuenta como fenómeno natural y

la naturaleza según mención de Pedraza: la producción de biomasa; suministro de nutrientes, agua, viento y el soporte de las raíces de las plantas suministrando la fundamental otorgan el hábitat para muchas especies. Procediendo contaminantes la absorción de agroquímicos, el hábitat ecológico la reserva de la flora y fauna.

Describe las actividades humanas, de acuerdo Pedraza Villfaña (2015), los siguientes ocupando en el desarrollo de vegetación el material mineral 45%, material orgánico 5%, aire 25%, agua 25%:

- ❖ **Medio Físico:** En los campos de deporte, áreas creativas.
- ❖ **Materias Primas:** Grava, arena, yeso y minerales.
- ❖ **Geotecnia y cultural:** la tierra que es parte del paisaje donde hubo asentamientos humanos.

### **2.2.2. Erosión de suelos.**

Menciona MINAGRI (2014), de la erosión en el desprendimiento y arrastre del suelo por desastres naturales y las personas provocado por la lluvia, aire, por las malas aplicaciones en el cultivo por el ser humano provocando la pérdida de fertilidad en todas las etapas de cada año.

Según descripción de GEO México (2004), relata el informe de FAO (2000); definiendo sobre el tema de la erosión del suelo convirtiéndose en una pérdida de producción siendo uno de los inconvenientes para el medio ambiente que han sido notables por los desastres naturales y antropogénicos en los suelos resaltando el desgaste hídrico y eólica por lo cual la erosión del suelo reduce la producción de la agricultura ya que hay pérdida de materia orgánica y pérdida de minerales.

## **2.2.3. Tipos de erosión de suelos**

### **2.2.3.1. Erosión eólica**

Absalón Vásquez V, (2016), describe de la erosión eólica en la destrucción de la tierra provocado por la acción del aire siendo una velocidad de aire en un inicio de 12 - 20 km/hora.

La erosión eólica es la remoción del suelo causada por la acción del aire. La rapidez crítica del aire para empezar la erosión es de 12 - 20 km/hora.

#### **2.2.3.1.1. Efectos Causados Por La Erosión Eólica**

Continuando con la descripción del autor sobre la causa de la erosión eólica:

- ❖ La eliminación de átomos del suelo abandonando la protección a las raíces de los cultivos y plantas.
- ❖ La eliminación de átomos del suelo abandonando la protección a las semillas que fueron sembrados en el área de producción.
- ❖ Envuelto con partículas finas de suelo de limo, arcilla dejando secuelas en el área de cultivo evitando la sanidad vegetal y fotosíntesis.
- ❖ Cercos en mal estado sobre área de producción.
- ❖ Destrucción del suelo y pérdidas de cultivos.
- ❖ Empobrecimiento de suelo; nitrógeno, fosforo, potasio, calcio y otros recursos.
- ❖ Perjudicarían las malas hierbas y plagas en el área de cultivo.
- ❖ Variabilidad de textura del suelo al transponer las partículas más livianas y dejando las partículas duras.

### **2.2.3.3. Erosión Hídrica**

La lluvia tiene una enorme afección por medio del efecto de las gotas sobre el área del suelo, por el propio humedecimiento de éste, lo cual origina tal una desagregación de partículas primarias; al igual que en las partículas por aspersión, y da energía al agua que existe en escorrentía superficial” (Ellison, 1947).

“Lo anterior produce una degradación que genera principalmente en la degradación del suelo”. Asimismo, Duley (1940) y Ellison (1947), al reducir la función de infiltración del agua en la tierra donde se escurre superficialmente al no llevarse a cabo la infiltración ya que el suelo ya está saturado de ésta” (Norabuena, 2017).

### **2.2.3.4. Formación de erosión hídrica**

Vásquez Villanueva (2016), en su libro menciona que hay tres formas de erosión y son las siguientes:

- ❖ **Erosión Laminar:** Con el efecto de la lluvia en el área de cultivo el abandono de partículas esta forma conformando una capa flaca de costra que sellas poros evitando que suceda la exudación de la humedad en la tierra productiva. Por el exceso de lluvia que comienza fluir llevando los nutrientes de área de cultivo.
- ❖ **Erosión por surcos:** El área productiva del suelo corre condensado el agua de escorrentía por el aplazado suelo este impacto de estado cubierta por vegetal por efecto de arrastre y remoción transportando los nutrientes causando surcos.

- ❖ **Erosión por cárcavas:** Se analiza los taludes estos son agrandados en zanjonos por efecto de la esorrentía.

### 2.2.3.5. Agentes causantes de la erosión hídrica

Los componentes inspeccionan y sistematizan la erosión hídrica teniendo las precipitaciones, propiedades edáficas intrínsecas, cubierto de vegetales y propiedades topográficas.

- ❖ **Precipitación:** Estos máximos valores de precipitaciones por año son de 300 mm siendo inferior a dicho costo aumentado acorde a la precipitación total, no obstante, una vez el impacto sea superado de defensa ofrecida cubierta por vegetal favorece una precipitación con acontecimiento a mínimas pérdidas de suelos en el área productivo. (Suárez,1979).
- ❖ **Pendiente del Terreno:** Es una de las consecuencias en un área productivo la rapidez y el volumen de esorrentía en la superficie, pero a medida en el área plana las gotas de la lluvia golpean las partículas del suelo a cada una de las orientaciones incrementándolo proporción acorde al nivel define (Morgan, 2009).
- ❖ **Material Parental:** Se describe la categorización de las piedras implantando de acuerdo a su origen siendo diferenciados de esta forma en metamórficas, ígneas y sedimentarias según dureza relativa estas tienen la posibilidad de estar agrupados en duras y blandas.
- ❖ **Características de los suelos:** Se describe el impacto por que posee infiltración de la estructura del suelo, la materia orgánica y composición del suelo al ilustrar la variedad de propiedades de erodabilidad y permeabilidad. (López y Navas,2007).

- ❖ **Vegetación:** El revestimiento vegetal funciona con representante regulador en fenómenos erosivos asimismo controla el exceso de agua en el suelo comprimiendo la velocidad del flujo del deslizamiento del suelo (Suárez,1980)

#### **2.2.4. Control de la erosión de suelos.**

A partir de nuestras ascendencias desarrollaron prácticas para el control de la erosión hídrica manteniendo el suelo y asimismo estos trabajos agrupando en 2 variedades: mecánicas y agronómicas (MINAGRI,2014).

- ❖ **Prácticas agronómicas culturales:** Por medio de la utilización correcto del suelo y la vegetación permitiendo conservar el control de forma escueta asimismo MINAGRI, (2014) define el uso de las tierras es según el consenso de abonos orgánicos usando rastrojos de la cosecha para los abonos verdes, cultivo en contorno, cultivo de bandas, barreras vivas y asociaciones de cultivos.
- ❖ **Prácticas mecánicas estructurales:** Así mismo son fundamentales las prácticas de control inmediato de los procesos erosivos complementándose con la experiencia agronómica garantizando la perenne conservación del suelo, las principales prácticas de funcionamientos según MINAGRI, (2014), son los: Canales de desviación, zanjas de infiltración, terrazas, andenes, diques de control de cárcavas.

#### **2.2.5. Diagnóstico de suelos**

**Según Ortega** (2004). Hay laboratorios que dan resultado sobre la producción del suelo, salinidad, textura, comúnmente el concepto de

producción en la fertilidad del suelo. Teniendo la relación con la función de los nutrientes del suelo y los recursos minerales. La superficie del suelo puede ser productiva y no beneficioso por el acontecimiento de aditivos químicos.

**Colombo, S.** (2004). Cada elemento está dividido 4 columnas, que corresponden a rangos que tienen posibilidad de ofrecer diversas categorías de restricción en las agriculturas manejadas en el rendimiento y calidad en la producción. Mientras se incrementa el nivel de limitación, es de aguardar más grande posibilidad en la contestación de corrección del componente restrictivo, como ejemplificando: la fecundación enlucido o ablución del suelo.

#### **2.2.6. Precipitación pluvial**

**León Peláez,** (2001), así mismo, este creador menciona de la porción del grado universal induce a la erosión en la trascendencia de los valores máximos con precipitaciones de 300 mm/año, ya que cuando una precipitación es mínima a la opinión del costo superado al impacto del revestimiento vegetal que favorecen a la precipitación dando resultado de menores pérdidas productivas del suelo. El elemento fundamental de la anomalía de erosión debido a la rapidez de perspicacia del agua al suelo generando velozmente escorrentía, debido a lo cual; no es tan fundamental el total de la lluvia como la magnitud misma. **(León Peláez, 2001).**

#### **2.3. Cuenca**

**Arriagada, S. M.** (2007), además, se usa para mencionar “al territorio en el cual se desarrollan ocupaciones de agrícolas y forestales, aunque además se aplica a otras ocupaciones como la producción agropecuaria o la

sustracción de recursos naturales. Geográficamente, tienen la posibilidad de detectar varias palabras similares como valle, depresión, cauce, región y región”.

### **2.3.1. Micro cuenca**

**Caravello, Conard, G.** (2005), menciona que el recurso de agua es un proceso asociado ejemplizando que la calidad, escorrentía, erosión hídrica, obtención de precipitaciones comúnmente son unidades geográficas analizadas.

### **2.3.2. Cuenca hidrográfica**

**Daniel Brea, J.** (2010), describe de territorio natural de una cuenca hidrográfica topográficamente delimitada atrae la precipitación y drena el agua de escorrentía como también de un recolector frecuente que es propuesto el río primordial de una cuenca hidrográfica.

**Moreno y Renner** (2007), menciona de la parte superficial del agua, donde esparcen una red hidrográfica natural con varios cauces naturales de un caudal constante donde convergen el flujo de un agua principal, siendo un sitio de agua natural de pantanos o siendo de manera inmediata al flujo de agua.

## **2.4. Ecuación universal de pérdida de suelos (USLE)**

Mencionando un modelo de ecuación aplicado a la investigación que expresa la multiplicación de 6 mecanismos reflejando las variaciones cambiantes que gobiernan la erosión, variando de manera considerada de una medida. Por

otra parte, las incertidumbres fortuitas tienden al promedio de periodos largos.  
(Wischmeier & Smith, 1978):

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

**Donde:**

**A:** pérdida de superficie del suelo calculado en el área, formulando las seleccionadas unidades de K y R.

**R:** índice de número de unidades de erosión pluvial en MJ mm/año.

**K:** módulo de erodabilidad del suelo, pérdida de tasa del suelo del índice de unidad de erosión pluvial de una superficie que hace ostensible de un terreno unitario definiendo la unidad de lote 22.1 metros y 9% de diferido uniformemente en dirección máxima diferida manteniendo en barbecho constante sin materia orgánica, a partir de 2 años precedentemente del inicio de los cálculos.

**L:** módulo de distancia de la pendiente. Interacción en medio de las pérdidas de suelo que acontecen en la longitud del lote donde sucederían dentro de una longitud de 22.1Metros en las condiciones de erodabilidad, inclinación, desempeño y cobertura (Wischmeier & Smith, 1978).

**S:** interacción en el intermedio de las pérdidas de suelo que suceden en el área de una pendiente donde ocurre en una corriente de 9%, en las situaciones de lluvia, inclinación, erodabilidad, desempeño y cobertura (Wischmeier & Smith, 1978).

**C:** interacción en el intermedio de las pérdidas de suelo que suceden en el área de un pendiente teniendo circunstancias de funcionamiento y

cobertura en una dirección de área de cultivo de orientación pendiente que está en barbecho (Wischmeier & Smith, 1978).

**P:** mecanismo de habilidades de mantenimiento en la interacción en el intermedio de las pérdidas de suelo así equivalente a la siembra, las barreras vivas, cultivo en fajas, acequias de ladera, terrazas eso ocurre en tierras de barbecho en dirección pendiente

## CAPITULO III

### METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

#### 3.1. Hipótesis general

La erosión pluvial de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019 es mayor a 10 ton/ha/año.

##### 3.1.1. Hipótesis Específicas

- La pérdida de suelos a consecuencia de las precipitaciones pluviales (método USLE) en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac 2019, es mayor a 4 ton/ha/año.
- El índice de erosividad de las precipitaciones pluviales en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac 2019, es mayor a 5 Mj.mm/ha
- La erosividad del suelo en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac 2019, es mayor a  $K= 1$  en la susceptibilidad a erosión hídrica.

#### 3.2. Métodos

En la indagación reciente, conforme a su propósito estará orientado bajo el enfoque cuantitativo, al respecto Arias (2021); refiere que una vez llevada a la práctica la recopilación sistemática de los datos para su posterior cuantificación analítica de los resultados, se acudirá a la aplicación de procedimientos estadísticos, con la intención de cotejar la veracidad o

falsedad de la hipótesis puesto que también dará respuesta a la interrogante del estudio dentro de un determinado contexto.

Asimismo, se aplicó el método hipotético deductivo, acorde con Arias (2020), quien expresa que se toma una hipótesis como premisa, inferida de leyes o principios teóricos por el conjunto de datos empíricos, para que, a partir de ella, siguiendo reglas lógicas de deducción se llegue a razonamientos precisos e inéditos, los mismos que son sometidos a verificación para admitir o denegar su validez en un determinado escenario.

### **3.3. Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo básica, al respecto Arias (2021) puntualiza que tienen como finalidad obtener nuevos conocimientos e incrementar las bases teóricas sobre la realidad existente para estudios posteriores, puesto que las aplicaciones prácticas resultantes, de ningún modo son su prioridad inmediata.

### **3.4. Nivel o alcance de investigación**

El estudio a efectuar se encuentra en el nivel descriptivo, puesto que tiene como principal función precisar propiedades, características, perfiles de grupos y comunidades, objeto o cualquier fenómeno materia de medición y análisis; exceptuados de la búsqueda de causalidad para su ocurrencia, tal como puntualiza Arias (2021).

### **3.5. Diseño de la investigación**

Metodológicamente, conforme a Arias (2021) es no experimental, a razón que la variable objeto de estudio no está sujeta a manipularse intencionalmente, sólo las describe y analiza tal cual se presentan en su ámbito natural tras su

ocurrencia formulando criterios lógicos; además longitudinal puesto que el comportamiento de la variable se observa a lo largo de un periodo de tiempo para su respectiva cuantificación dentro de un proceso de cambio.

### 3.6. Población y muestra

#### 3.6.1. Población

La población lo constituye el área total 88.399 km<sup>2</sup> de las tres zonas en estudio distribuidos como se detalla en la tabla (1)

**Tabla 1.**

*Áreas de las zonas de estudio del distrito de Yanaca.*

| Lugar de estudio | Área total               | MSNM     |
|------------------|--------------------------|----------|
| Zona Alta        | 50.512 km <sup>2</sup> . | 3750msnm |
| Zona Media       | 25.256 km <sup>2</sup>   | 3120msnm |
| Zona baja        | 12.628 km <sup>2</sup> . | 2670msnm |

Fuente. Elaboración propia

#### 3.6.1.1. Muestra

**Tabla 2.**

Distribución de muestra por zonas

| Zona alta  | Altitud                | Numero de muestras |
|------------|------------------------|--------------------|
| Zona Baja  | 2540msnm - 3000msnm    | 3                  |
| Zona media | 3000msnm - 3500msnm    | 3                  |
| Zona Alta  | 3500msnm -<br>5101msnm | 3                  |

Fuente: Elaboración propia

Se encuentra constituida por el área total 50.512 km de la zona en estudio y los habitantes de la zona alta del centro poblado de Yanaca, en esa línea Arias (2021) sostiene que la población está conformada por el conjunto de unidades de estudio que tienen relación o comparten características

similares dentro del ámbito investigativo, el cual queda distribuido como se detalla en la tabla (2)

**Tabla 3.**

*Área de la zona de estudio del distrito de Yanaca*

| Lugar de estudio | Área total        | MSNM     |
|------------------|-------------------|----------|
| Zona Alta        | <b>50.512 km.</b> | 3750msnm |

Fuente: Elaboración propia

### 3.6.1.2. Muestreo

No probabilístico.

## 3.7. Variables

### 3.7.1. Variable independiente

- ❖ Índice de erosión de suelo
- ❖ Índice de erosibilidad de suelo

### 3.7.2. Variables dependientes

- ❖ Pérdida de suelo anual

### 3.7.3. Operacionalización de variables

**Tabla 4.**

*Operacionalización de variables.*

| Variables                              | Dimensión                        | Indicadores                                      | Índices                |
|--|----------------------------------|--|------------------------|
| Erosión de suelos                      | Erosión hídrica pluvial de suelo | A, la pérdida de suelo                           | t/ha,año,Mj.mm/ha,año, |
|  |                                  | R, el factor erosividad de la lluvia             | (t/ha)/(Mj.mm/ha.h)    |
|  |                                  | K, el factor erosionabilidad del suelo           | adimensional           |
|  |                                  | L, el factor longitud del terreno                | adimensional           |
|  |                                  | S, el factor pendiente del terreno               | adimensional           |
|  |                                  | C, el factor cobertura y manejo de la vegetación |                        |
| P, el factor prácticas de conservación |                                  |  |                        |

Fuente: Elaboración propia

### 3.8. Técnicas e instrumentos

#### 3.8.1. Técnicas

Para la recolección de datos se ha programado realizar el estudio en tres zonas de la Microcuenca Alta de Yanaca, según se ha formulado en la tabla (4), de las cuales se ha extraído tres muestras por cada zona para realizar los estudios pertinentes en esta investigación las cuales son:

- ❖ Estudio de caracterización de suelo
- ❖ Estudio de porcentaje de cobertura
- ❖ Factor de relieve

**Tabla 5.**

*Instrumento de recolección de datos*

| Zona Alta      | R      | K      | LS      | C      | P      | A      |
|----------------|--------|--------|---------|--------|--------|--------|
| Muestra 1 (M1) | (M1) R | (M1) K | (M1) LS | (M1) C | (M1) P | (M1) A |
| Muestra 2 (M2) | (M2) R | (M2) K | (M2) LS | (M2) C | (M2) P | (M2) A |
| Muestra 3 (M3) | (M3) R | (M3) K | (M3) LS | (M3) C | (M3) P | (M3) A |
| Muestra 4 (M4) | (M4) R | (M4) K | (M4) LS | (M4) C | (M4) P | (M4) A |
| Muestra 5 (M5) | (M5) R | (M5) K | (M5) LS | (M5) C | (M5) P | (M5) A |
| Muestra 6 (M6) | (M6) R | (M6) K | (M6) LS | (M6) C | (M6) P | (M6) A |
| Muestra 7 (M7) | (M7) R | (M7) K | (M7) LS | (M7) C | (M7) P | (M7) A |
| Muestra 8 (M8) | (M8) R | (M8) K | (M8) LS | (M8) C | (M8) P | (M8) A |
| Muestra 9 (M9) | (M9) R | (M9) K | (M9) LS | (M9) C | (M9) P | (M9) A |

**Fuente:** Elaboración propia

#### 3.8.2. Instrumentos

En primera instancia, con fines de una adecuada recolección de datos se empleó el instrumento que es el cuaderno de campo con registro para cada una de las muestras, instrumentos diseñados y orientados principalmente para alcanzar los objetivos del estudio experimental.

Por otro lado, para el adecuado tratamiento de la información, se empleó aplicativos informáticos como Microsoft office usado en la redacción del documento principal, el diseño de diapositivas y el diseño y procesamiento

de gráficos estadísticos, asimismo ArcMap (GIS).Map Source, Bing Maps, QGis, Google Earth, Corel Draw, Adobe Photoshop, AutoCAD 2010, programas basados en dibujo asistido por computadora (CAD), utilizados para diseñar, reconstruir, visualizar y comparar mapas e imágenes satelitales en base a coordenadas GPS, tomadas en la zona; finalmente para el análisis inferencial el paquete estadístico SPS.

De la misma manera, la base cartográfica del estudio fue obtenida de la carta nacional Peruana y del sistema ESCALE del Ministerio de Educación, la cual está en referencia del Instituto Geográfico Nacional (IGN) ente rector de la cartografía en el Perú, las imágenes de satélite Landsat TM (bandas espectrales 1, 2, 3, 4, 5 y 6) y el Modelo de Elevación Digital (DEM) del 2009 y 2011 respectivamente las cuales fueron obtenidas del Instituto Geográfico Nacional, los servidores Google Maps así como Bing Maps y la base cartográfica del proyecto Haqira. La información tiene con referencia el sistema de coordenadas planas de Proyección Universal Transversal Mercator (UTM), referida a la zona 18 y utilizando el datum World Geodetic System WGS84 (Sistema Geodésico Mundial).

### **3.9. Consideraciones éticas**

El estudio aquí formulado está sujeto a las normas de análisis de suelos vigente por lo tanto los coeficientes encontrados para el método USLE son confiables ya que el investigador cuenta con los conocimientos adquiridos en los estudios de pregrado y auto estudio dedicados a este proyecto por lo que se cuenta con la objetividad del caso.

### **3.10. Procesamiento estadístico**

La primera etapa corresponde a la parte descriptiva donde se presenta tablas con los promedios de gastos por rubro y su correspondiente figura con diagrama de barras comparativa, y en segundo lugar se ha realizado los cálculos correspondientes mediante hoja de cálculo utilizando las fórmulas correspondientes a cada coeficiente del método USLE.

## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUCIONES

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Pérdida de suelo a consecuencia de las precipitaciones pluviales

##### (método USLE)

La Ecuación Universal de Pérdidas de Suelo (USLE) que usaremos en esta investigación fue formulada por (Wischmeier & Smith, 1978) expresada de la siguiente forma:

$$A=R \times K \times L \times S \times C \times P$$

##### **Detallando:**

**A:** coste de promedio de pérdidas de suelo periódico anuales. (Tm/ha, año) que depende de los factores;

**R:** Índice de erosividad de lluvia.

**K:** Erosibilidad del suelo.

**LS:** es el factor de relieve.

**C:** Factor de cobertura Vegetal.

**P:** conservación de prácticas de suelo calculando factores aplicando las metodologías oportunas.

**a). Factor de erosividad de la lluvia. R.**

Se describe según FOURNIER (1960), Propone la ecuación universal para medir el efecto erosivo de la intensidad de las lluvias la finalidad es realizar el cálculo pluviométrico de las estaciones que representan meteorológicamente según la fórmula:

$$IF = \frac{P^2 \max}{P}$$

Donde:

- ❖ IF: Índice de Fournier.
- ❖ P<sup>2</sup>max: Precipitación media que corresponde a la temporada lluviosa (Mm).
- ❖ P: precipitación media anual(mm).

Así mismo, Arnoldus, (1980), corrigió la fórmula de Fournier proponiendo la siguiente corrección para así considerar no solo la precipitación del mes si también los meses más húmedos por lo cual el índice modificado de Fournier (IMF) caracterizando la precipitación agresiva calculando de la siguiente manera:

$$IMF = \sum_{i=1}^{12} \frac{P^2_i}{P_t}$$

Donde:

- ❖ P<sup>2</sup><sub>i</sub>: precipitación de cada mes (mm).
- ❖ P<sub>t</sub>: precipitación media anual(mm).

Luego con el IMF (Arnoldus, 1980) planteo índice de erosividad R para Marruecos utilizando la siguiente formula:

$$R = 0.265 \times IMF^{1.50}$$

## b). Precipitación media anual [mm] (Pt)

Para calcular Pt, se ha usado los datos de las precipitaciones recogidos por (SENAMHI, 2020) de la estación meteorológica de Aymaraes.

**Tabla 6.**

*Precipitación media mensual en mm desde 2000 hasta 2019.*

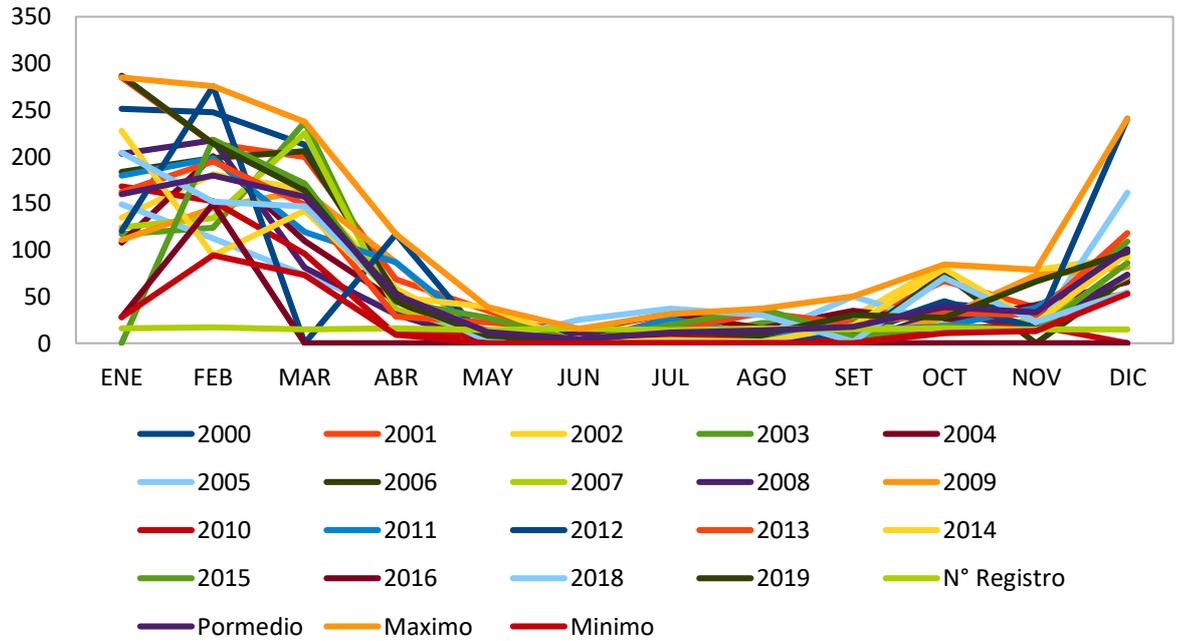
| AÑO      | 2000  | 2001   | 2002  | 2003  | 2004  | 2005  | 2006  | 2007  | 2008  | 2009  | 2010  | 2011  | 2012  | 2013  | 2014  | 2015  | 2016  | 2018  | 2019  | Pormedio |
|----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|----------|
| ENE      | 251.3 | 284.9  | 134.7 | 117   | 107.6 | 148.6 | 183.5 | 124.5 | 203   | 110.5 | 168.1 | 179.4 | 120.5 | 161.9 | 227.6 | S/D   | 28.1  | 204.3 | 286.8 | 159.45   |
| FEB      | 247.7 | 213.7  | 181.1 | 123.6 | 200.5 | 112.1 | 198.3 | 134.1 | 217.5 | 144.7 | 152.2 | 198.2 | 275.5 | 194.8 | 94.3  | 218.2 | 149.5 | 151.8 | 214   | 179.76   |
| MAR      | 212.8 | 199.6  | 165   | 237.1 | 109.4 | 73.1  | 205.9 | 225.2 | 80.9  | 163.5 | 96    | 119   | S/D   | 148.2 | 142.2 | 171.3 | S/D   | 146.5 | 163.9 | 156.61   |
| ABR      | 48.3  | 68.7   | 58.8  | 34.5  | 45    | 35    | 53.8  | 36.5  | 30.8  | 86.5  | 8.9   | 86.4  | 117   | 28.3  | 49.8  | 44.2  | S/D   | 48.8  | 45.8  | 52.03    |
| MAY      | S/D   | 34.7   | 5.9   | 14    | 1.1   | 0     | 0     | 4.5   | 0.7   | 0     | 9.1   | 7.4   | S/D   | 22.1  | 38.9  | 27.4  | S/D   | 2.1   | 8     | 11.84    |
| JUN      | 14    | 1.7    | 4.5   | 0     | 13.9  | 0     | 0     | 0     | 11.6  | 0     | 3.2   | 0     | 1.1   | 15.4  | 0     | 2.2   | S/D   | 25.1  | 3.6   | 4.23     |
| JUL      | S/D   | 26.4   | S/D   | 4     | 31.4  | 4.6   | 0     | 3.8   | 0     | 19.4  | 7.4   | 26.2  | 0     | 13.8  | 3.2   | 19.4  | S/D   | 37.2  | 13    | 11.4     |
| AGO      | 20    | 30.9   | 14.7  | 21.8  | 15.9  | 7.6   | 14.3  | 0     | 2.9   | 0     | 6.5   | 8.1   | 3.4   | 32.6  | 1.8   | 37.1  | S/D   | 30    | 9.1   | 13.6     |
| SET      | 9.3   | 19.7   | 28.4  | 23.5  | 34.5  | 50.3  | 3.6   | 20.9  | 0     | S/D   | 0.8   | 13.1  | 11.3  | 21.2  | 18.7  | 7.5   | S/D   | 1.6   | 30.1  | 17.52    |
| OCT      | 42    | 66.6   | 84.3  | 29.5  | 22.9  | 20    | 74.3  | 10.8  | 33.5  | 27.8  | 15.7  | 18.4  | 44.8  | 32.7  | 80.1  | 18.5  | S/D   | 70    | 27.4  | 38.87    |
| NOV      | 35.2  | 38.2   | 78.9  | 33    | 41    | 13.9  | S/D   | 25.9  | 14.6  | 72.7  | 18.9  | 38.3  | 16.5  | 30.1  | 22.1  | 12.9  | S/D   | 23    | 65.9  | 32.81    |
| DIC      | 96.1  | 52.8   | 92.1  | 108.7 | 65.6  | 161.3 | 70.2  | 71.5  | 73.7  | 81.5  | S/D   | 97.9  | 240.8 | 118.3 | 96.6  | 86    | S/D   | 54.7  | 97.7  | 100.87   |
| Total    | 976.7 | 1037.9 | 848.4 | 746.7 | 688.8 | 626.5 | 803.9 | 657.7 | 669.2 | 706.6 | 486.8 | 792.4 | 830.9 | 819.4 | 775.3 | 644.7 | 177.6 | 795.1 | 965.3 | 778.99   |
| Promedio | 97.67 | 86.49  | 77.13 | 62.23 | 57.4  | 52.21 | 73.08 | 54.81 | 55.77 | 64.24 | 44.25 | 66.03 | 83.09 | 68.28 | 64.61 | 58.61 | 88.8  | 66.26 | 80.44 | 64.92    |

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla 7 muestra la precipitación media mensual en mm desde 2000 hasta 2019 en ella se puede visualizar que los meses que mayor precipitación que han tenido son en enero, febrero y marzo, aunque también se ha tenido en diciembre en poca medida, además se puede ver que el año que en promedio ha tenido mayor precipitación es el año 2019 y el año que menos precipitación en promedio ha tenido es el año 2016. año en la que los agricultores no han tenido la cosecha esperada anual.

**Figura 5.**

*Cantidad de precipitación en meses por año (2000 - 2019).*

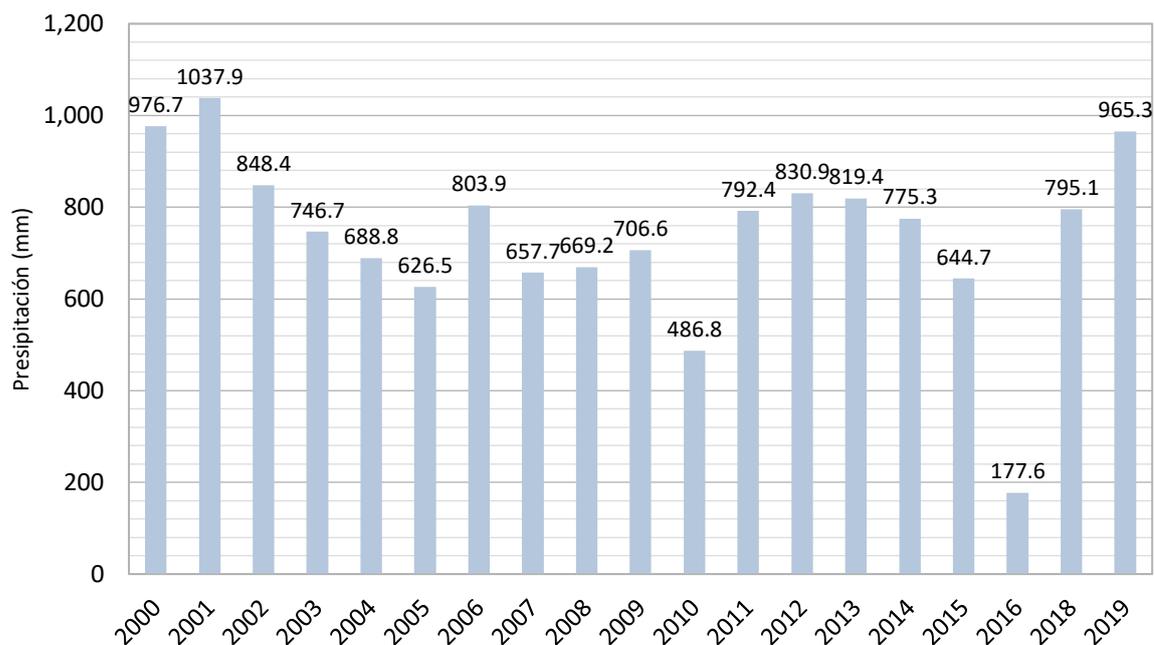


**Fuente:** Elaboración propia

La figura (5) muestra gráficamente cantidad de precipitación en meses por año desde 2000 hasta 2019, en ella se muestra que los meses más lluviosos son los meses enero, febrero y marzo y los meses en la que se tiene poca precipitación son los meses mayo, junio, julio, agosto y setiembre y las primeras precipitaciones empiezan en el mes de octubre y van en aumento en noviembre y diciembre.

**Figura 6.**

*Precipitación media mensual en mm desde 2000 hasta 2019.*



**Fuente:** Elaboración propia

La figura (6) muestra la precipitación media mensual en mm desde 2000 hasta 2019, en ella se da cuenta de que el año 2019 fue el más lluvioso y el menos lluvioso ha sido el año 2016, esto quiere decir que el mes con mayor probabilidad de erosión como consecuencia de las lluvias fue el año 2019.

con los datos de la tabla (6) se ha calculado el valor Pt de la siguiente forma:

$$Pt = \frac{14049.9}{19} = 739.47$$

Por lo tanto, El promedio de precipitación anual durante los últimos 19 años es Pt=739.47 mm

**Tabla 7.**

*Índice modificado de Fournier (IMF) por mes del año 2019 en la microcuenca Yanaca, Apurímac.*

| Mes        | pi (mm/mes) | pi <sup>2</sup> | IMFi   |
|------------|-------------|-----------------|--------|
| Enero      | 159.45      | 25,424.30       | 34.38  |
| Febrero    | 179.76      | 32,315.35       | 43.70  |
| Marzo      | 156.61      | 24,527.74       | 33.17  |
| Abril      | 52.03       | 2,707.25        | 3.66   |
| Mayo       | 11.84       | 140.25          | 0.19   |
| Junio      | 4.23        | 17.85           | 0.02   |
| Julio      | 11.40       | 129.96          | 0.18   |
| Agosto     | 13.60       | 184.96          | 0.25   |
| Septiembre | 17.52       | 306.95          | 0.42   |
| Octubre    | 38.87       | 1,510.78        | 2.04   |
| Noviembre  | 32.81       | 1,076.71        | 1.46   |
| Diciembre  | 100.87      | 10,175.43       | 13.76  |
| Total      | 779.00      | 98,517.54       | 133.23 |

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla (7) muestra los Índice modificado de Fournier (IMF) para cada mes del año 2019 en la que se puede observar que el mes con mayor índice modificado es el mes de enero seguido por el mes de febrero.

### c). Índice modificado de Fournier (IFM)

Para el cálculo del índice modificado de Fournier se ha realizado haciendo uso de la ecuación (2) y los datos de la tabla (7) de la siguiente manera:

$$IMF = \frac{98517.54}{739.47}$$

$$IMF = 133.23$$

#### 4.1.2. Índice de erosividad de las precipitaciones pluviales, R (Mj.mm/ha)

**Tabla 8.**

*Clasificación de la erosividad de las lluvias según el valor de R.*

| Clase | Erosividad R (MJ.mm.ha <sup>-1</sup> ) | Clasificación         |
|-------|--|-----------------------|
| 1     | < 1 000                                | Natural               |
| 2     | 1 000 a 2 500                          | Muy baja              |
| 3     | 2 500 a 5 000                          | Baja                  |
| 4     | 5 000 a 7 500                          | Moderada              |
| 5     | 7 500 a 10 000                         | Alta                  |
| 6     | 10 000 a 15 000                        | Muy alta              |
| 7     | 15 000 a 20 000                        | Severa                |
| 8     | >20000                                 | Extremadamente severa |

**Fuente:** (Rivera & Gómez, 1991).

Para calcular el índice de erosividad de la lluvia R (Mj.mm/ha) se ha usado la ecuación (3), entonces

$$R = 0.256 * 133.23^{1.50} = \mathbf{407.52}$$

Por lo tanto, el índice de erosividad de la lluvia en Aymaraes es 407.52 Mj.mm/ha y según la tabla de clasificación del factor de erosividad es normal ya que se encuentra por debajo de 1000 Mj.mm/ha, sin embargo, es necesaria observar que en algunos meses del año las lluvias son torrenciales e inclusive con granizo dado que la microcuenca alta de Yanaca se encuentra a una altura superior a 4000 msnm lo que conlleva a precipitaciones agresivas en ocasiones.

#### 4.1.3. Erosividad del suelo, $K (t/ha) \times R(SMD)^{-1}$

Para determinar el factor de erosividad del suelo (K) haremos uso de la formula formulada por (Wischmeier & Smith, 1978), de la siguiente manera.

$$100K = 1,292[2.1M^{1.14} 10^{-4}(12 - a) + 3.25(b - 2) + 2.5(c - 3)] \quad (1)$$

donde:

- ❖ K: Factor  $K (t/ha) \times R(SMD)^{-1}$
- ❖ M: (%limo + % arena muy Fina) \*(100-% de arcilla)
- ❖ a: contenido de la materia orgánica (%)
- ❖ b: clase de complemento como la calificación de suelos.
- ❖ C: clase de permeabilidad.

##### a) **Calculo del factor M**

Para la determinación del factor K se requiere determinar M a partir del análisis de suelo de las 9 muestras de las tres zonas consideradas en este estudio.

**Tabla 9.**

*Análisis de suelo de los 9 sectores en estudio de Yanaca y respectivo factor M.*

| Zona          | Clase textural         | %arena | %limo | %arcilla | %ar m f | M       |
|---------------|------------------------|--------|-------|----------|---------|---------|
| 1A zona baja  | Franco arcillo arenoso | 48.83  | 23.01 | 28.16    | 46.34   | 4981.61 |
| 1B zona baja  | Franco arcillo arenoso | 47.05  | 18.79 | 34.16    | 44.63   | 4175.49 |
| 1C zona baja  | Franco arcillo arenoso | 50.76  | 22.65 | 26.59    | 46.81   | 5098.48 |
| 2A zona media | Arcillosa              | 26.04  | 19.24 | 54.72    | 23.28   | 1925.18 |
| 2B zona media | Franco arcilloso       | 44.69  | 24.72 | 30.59    | 42.61   | 4673.53 |
| 2C zona media | Franco arcillo arenoso | 51.12  | 20.36 | 28.52    | 48.63   | 4931.21 |
| 3A zona alta  | Franco arenoso         | 63.12  | 20.72 | 16.16    | 59.76   | 6747.27 |
| 3B zona alta  | Franco arcillosa       | 29.05  | 34.58 | 36.38    | 25.94   | 3850.33 |

|              |           |       |       |       |       |         |
|--------------|-----------|-------|-------|-------|-------|---------|
| 3C zona alta | Arcillosa | 33.12 | 24.72 | 42.16 | 30.91 | 3217.74 |
|--------------|-----------|-------|-------|-------|-------|---------|

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla (9) muestra los datos de Observación del suelo de las 3 zonas en estudio de Yanaca y sus respectivos factores M, la que servirá como insumo para la determinación de del factor K que se obtiene a partir de la ecuación (4).

**b) Determinación de a,b y c**

- Para hallar el valor de la materia orgánica se realiza mediante el análisis de laboratorio para las 3 zonas con 3 muestras en cada una.

**Tabla 10.**

*Contenido de materia orgánica (%) de las 9 muestras de Yanaca.*

| Zona          | Clase textural         | Materia orgánica (%) = a |
|---------------|------------------------|--------------------------|
| 1A zona baja  | Franco arcillo arenoso | 4.9                      |
| 1B zona baja  | Franco arcillo arenoso | 5.05                     |
| 1C zona baja  | Franco arcillo arenoso | 5.05                     |
| 2A zona media | Arcillosa              | 3.03                     |
| 2B zona media | Franco arcilloso       | 5.02                     |
| 2C zona media | Franco arcillo arenoso | 6.25                     |
| 3A zona alta  | Franco arenoso         | 3.83                     |
| 3B zona alta  | Franco arcillosa       | 4.97                     |
| 3C zona alta  | Arcillosa              | 4.8                      |

**Fuente:** Elaboración Propia

La tabla (10) muestra el Contenido de materia orgánica (a) en porcentajes de las 9 muestras que se ha tomado para este estudio en las diferentes zonas de Yanaca las cuales se ha determinado a partir del porcentaje de carbono orgánico los cuales han sido evaluados en laboratorio.

- Para la determinación de la Clase de agregación según la clasificación de suelos (b) se ha tomado de la bibliografía en base al estudio de suelo.

**Tabla 11.**

*Clase de agregación según la clasificación de suelos.*

| <b>Zona</b>   | <b>Clase textural</b>  | <b>Cód Estr = b</b> |
|---------------|------------------------|---------------------|
| 1A zona baja  | Franco arcillo arenoso | 3                   |
| 1B zona baja  | Franco arcillo arenoso | 3.5                 |
| 1C zona baja  | Franco arcillo arenoso | 3                   |
| 2A zona media | Arcillosa              | 4                   |
| 2B zona media | Franco arcilloso       | 3.5                 |
| 2C zona media | Franco arcillo arenoso | 3.5                 |
| 3A zona alta  | Franco arenoso         | 3                   |
| 3B zona alta  | Franco arcillosa       | 3.5                 |
| 3C zona alta  | Arcillosa              | 4                   |

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla (11) muestra la Clase de agregación que corresponde los suelos en estudio según la clasificación de la clase textural.

- De igual manera para determinar la Clase de permeabilidad (c) se ha tomado de la bibliografía dado que son resultados que son características a partir de la clase textural del suelo, es decir se obtiene a partir del análisis de suelo.

**Tabla 12.**

*Código de permeabilidad y estructura del suelo en función de la textura*

| <b>Clase de textura</b>                  | <b>Permeabilidad (Código P)</b> | <b>Conductividad hidráulica saturada (mm/h)</b> | <b>SCS grupo hidrológico del suelo</b> |
|--|---------------------------------|---|--|
| Arcilla, Franco arcilloso                | 6                               | <1  | D                                      |
| Arcillo arenoso, Franco arcillo limoso   | 5                               | 1-2   | C-D                                    |
| Franco arcillo arenoso, Franco arcilloso | 4                               | 2-5   | C                                      |
| Franco limoso, Franco                    | 3                               | 5-10  | B                                      |

|                              |   |       |   |
|------------------------------|---|-------|---|
| Areno franco, Franco arenoso | 2 | 10-60 | A |
| Arenoso                      | 1 | >60   | A |

**Fuente:** (USDA, 1972)

La Tabla (12) muestra los Códigos de permeabilidad y estructura del suelo en función de su estructura formulada por (USDA, 1972) en la que se codifica de 1 a 6 de acuerdo a su textura.

**Tabla 13.**

*Códigos de permeabilidad de las 3 zonas de estudio de Yanaca.*

| <b>Zona</b>   | <b>Clase textural</b>  | <b>Permeabilidad (Código P)</b> |
|---------------|------------------------|---------------------------------|
| 1A zona baja  | Franco arcillo arenoso | 4                               |
| 1B zona baja  | Franco arcillo arenoso | 4                               |
| 1C zona baja  | Franco arcillo arenoso | 4                               |
| 2A zona media | Arcillosa              | 6                               |
| 2B zona media | Franco arcilloso       | 6                               |
| 2C zona media | Franco arcillo arenoso | 4                               |
| 3A zona alta  | Franco arenoso         | 2                               |
| 3B zona alta  | Franco arcillosa       | 6                               |
| 3C zona alta  | Arcillosa              | 6                               |

**Fuente:** Elaboración propia

La Tabla (13) muestra los Códigos de permeabilidad de las 9 muestras que se ha considerado en esta investigación seleccionada en 3 zonas de estudio de Yanaca, en ella se puede ver que las zonas media y alta tienen sus códigos de permeabilidad más alta.

**c) Factor de erosividad del Suelo (k)**

Las tablas (9, 10, 11 y 13) muestran los insumos para el cálculo del Factor de erosividad del suelo (K) que se presenta por cada muestra en las 3 zonas.

**Tabla 14.**

*Factor de erosividad del suelo (K) por muestras de las 3 zonas de Yanaca.*

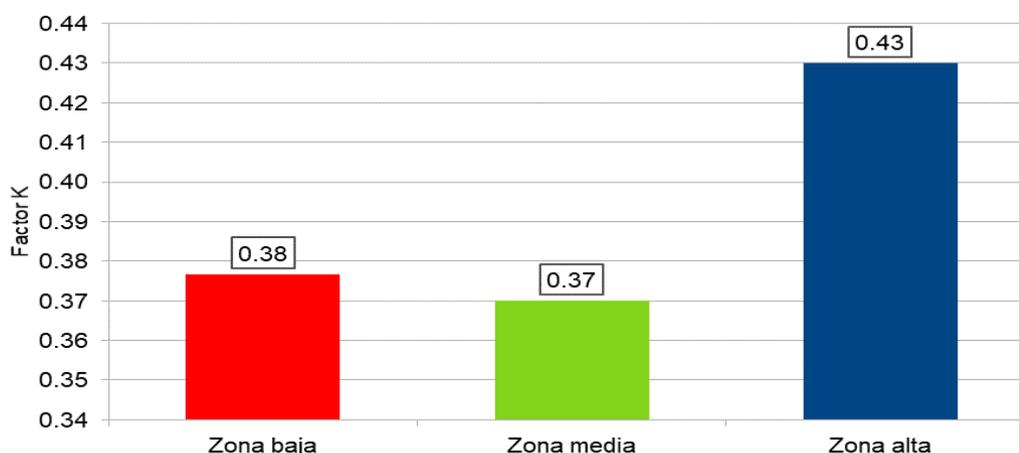
| Zona          | Clase textural         | M       | % MO =<br>a | Cód<br>Estr = b | Cód<br>Perm =<br>c | K    |
|---------------|------------------------|---------|-------------|-----------------|--------------------|------|
| 1A zona baja  | Franco arcillo arenoso | 4981.61 | 4.9         | 3               | 4                  | 0.39 |
| 1B zona baja  | Franco arcillo arenoso | 4175.49 | 5.05        | 3.5             | 4                  | 0.35 |
| 1C zona baja  | Franco arcillo arenoso | 5098.48 | 5.05        | 3               | 4                  | 0.39 |
| 2A zona media | Arcillosa              | 1925.18 | 3.03        | 4               | 6                  | 0.32 |
| 2B zona media | Franco arcilloso       | 4673.53 | 5.02        | 3.5             | 6                  | 0.45 |
| 2C zona media | Franco arcillo arenoso | 4931.21 | 6.25        | 3.5             | 4                  | 0.35 |
| 3A zona alta  | Franco arenoso         | 6747.27 | 3.83        | 3               | 2                  | 0.52 |
| 3B zona alta  | Franco arcillosa       | 3850.33 | 4.97        | 3.5             | 6                  | 0.39 |
| 3C zona alta  | Arcillosa              | 3217.74 | 4.8         | 4               | 6                  | 0.38 |

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla (14) muestra los factores de erosividad del suelo por muestras de las 3 zonas de Yanaca, en ella se muestra que el factor de erosividad del suelo es mayor en 3A zona alta, esto quiere decir que esta zona es más susceptible a la erosión como consecuencia de las lluvias, mientras 2A zona media tiene el menor valor de  $K=0.32$ , por lo tanto, es la zona con menor susceptibilidad a la erosión hídrica.

**Figura 7.**

*Promedio de los factores de erosividad del suelo (K) por zonas de Yanaca.*



**Fuente:** Elaboración propia

La figura (7) muestra los promedios de los factores de erosividad del suelo por zonas de Yanaca, en ella se muestra que la zona alta tiene en promedio  $K=0.43$ , lo que confirma de que estas zonas son muy susceptibles a la erosión del suelo luego la zona baja tiene un factor  $K=0.38$ .

#### d) Factor topográfico, LS.

Para calcular la ecuación establecida por Wischmeir y Smith, (1978) que es cambiada por (P.FAO) es:

Para su cálculo se usa la ecuación establecido por (Wischmeier & Smith, 1978) y modificada por (P. FAO, 1980), la cual es:

$$LS = (L/22.1)^m (0.065 + 0.04536P + 0.0065P^2)$$

Donde:

L: longitud de la pendiente.

P: pendiente %

M: variación de exponente con la pendiente.

finalmente, para el valor m se toma valores de acuerdo a su pendiente de área de cultivo. Para pendientes has 0.5%,  $m=2$ ; de 1y 3%,  $m=0.3;4y$  5 %,  $m=0.4$ ; de 5%,  $m=0.5$ .

#### Tabla 15.

*Factor topográfico, LS de las tres zonas de estudio de Yanaca.*

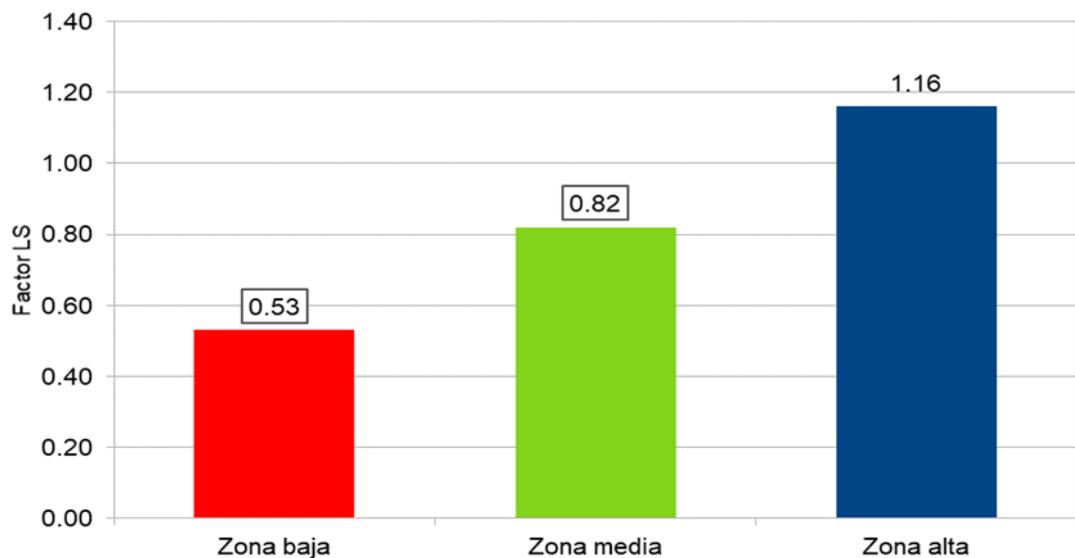
| Zona          | L (m) | P (%) | m   | LS   |
|---------------|-------|-------|-----|------|
| 1A ZONA BAJA  | 30    | 5     | 0.5 | 0.53 |
| 1B ZONA BAJA  | 30    | 5     | 0.5 | 0.53 |
| 1C ZONA BAJA  | 30    | 5     | 0.5 | 0.53 |
| 2A ZONA MEDIA | 30    | 7     | 0.5 | 0.82 |
| 2B ZONA MEDIA | 30    | 7     | 0.5 | 0.82 |
| 2C ZONA MEDIA | 30    | 7     | 0.5 | 0.82 |
| 3A ZONA ALTA  | 30    | 9     | 0.5 | 1.16 |
| 3B ZONA ALTA  | 30    | 9     | 0.5 | 1.16 |
| 3C ZONA ALTA  | 30    | 9     | 0.5 | 1.16 |

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla (15) muestra el Factor topográfico, LS de las tres zonas de estudio de Yanaca en ella se puede ver que la zona baja tiene el factor topográfico de 0.53 que corresponde a una pendiente de 5% es decir no es mucha pendiente, mientras que la zona más alta posee un factor LS de 1.16 la que corresponde al 9% de pendiente por lo que la zona más alta tiene mayor riesgo de erosión.

**Figura 8.**

*Promedio de factor topográfico, LS de las tres zonas de estudio de Yanaca*



**Fuente:** Elaboración propia

La figura (8) muestra los Promedios del factor topográfico, LS de las tres áreas de estudio de Yanaca, en ella se muestra que la zona alta es aquella que tiene mayor factor topográfico por lo tanto mayor probabilidad de erosión en cuanto a la topografía se refiere, mientras que la zona baja es la que posee menor factor topográfico por tanto también menor riesgo de erosión del suelo como consecuencia a su topografía.

**e) Factor de cobertura vegetal C y Factor de prácticas de apoyo de conservación, P**

✓ **Factor de cobertura vegetal, C.**

Para la determinación de factores de cobertura se va emplear la tabla (17) propuesto por (Wischmeier & Smith, 1978) , para ello se ha determinado en las tres zonas el porcentaje de suelo cubierto y el porcentaje de cobertura área.

**Tabla 16.**

*Factor C para praderas permanentes, terrenos baldíos y bosques pastoreados.*

| Cobertura de área, altura y tipo  | % Cobertura aérea | Tipo  | Cubierto superficial del Terreno |      |      |       |       |       |
|---|-------------------|-------|----------------------------------|------|------|-------|-------|-------|
|   |                   |       | 0                                | 20   | 40   | 60    | 80    | 95+   |
| No apreciable   |                   | G W   | 0,45                             | 0,20 | 0,10 | 0,042 | 0,012 | 0,003 |
|   |                   |       | 0,45                             | 0,24 | 0,15 | 0,091 | 0,043 | 0,011 |
| Caída de gotas menor a 0.90 metros de Herbáceas, matorral y pastos.     | 25                | G W G | 0,36                             | 0,17 | 0,09 | 0,038 | 0,013 | 0,003 |
|   |                   |       | W G                              | 0,36 | 0,20 | 0,13  | 0,083 | 0,041 |
|   | 50                | W     | 0,26                             | 0,13 | 0,07 | 0,035 | 0,012 | 0,003 |
|   |                   |       | 0,26                             | 0,16 | 0,11 | 0,076 | 0,039 | 0,011 |
|   | 75                |       | 0,17                             | 0,10 | 0,06 | 0,032 | 0,011 | 0,003 |
|   |                   |       | 0,17                             | 0,12 | 0,09 | 0,068 | 0,038 | 0,011 |
| La caída de gotas de 1.95 metros de altura media de arbustos.           | 25                | G W G | 0,40                             | 0,18 | 0,09 | 0,04  | 0,013 | 0,003 |
|   |                   |       | W G                              | 0,40 | 0,22 | 0,14  | 0,087 | 0,042 |
|   | 50                | W     | 0,34                             | 0,16 | 0,08 | 0,038 | 0,012 | 0,003 |
|   |                   |       | 0,34                             | 0,19 | 0,13 | 0,082 | 0,041 | 0,011 |
|   | 75                |       | 0,28                             | 0,14 | 0,08 | 0,036 | 0,012 | 0,003 |
|   |                   |       | 0,28                             | 0,17 | 0,12 | 0,078 | 0,040 | 0,011 |
| De 4 metros de altura y media de caída de gotas de árboles y matorrales | 25                | G W G | 0,42                             | 0,19 | 0,10 | 0,041 | 0,013 | 0,003 |
|   |                   |       | W G                              | 0,42 | 0,23 | 0,14  | 0,089 | 0,042 |
|   | 50                | W     | 0,39                             | 0,18 | 0,09 | 0,040 | 0,013 | 0,003 |
|   |                   |       | 0,39                             | 0,21 | 0,14 | 0,087 | 0,042 | 0,011 |
|   | 75                |       | 0,36                             | 0,17 | 0,09 | 0,039 | 0,013 | 0,003 |
|   |                   |       | 0,36                             | 0,20 | 0,13 | 0,084 | 0,042 | 0,011 |

**Fuente:** (Wischmeier & Smith, 1978)

La tabla (16) muestra el Factor C de suelo donde se aplica en bosques pastoreados, terrenos baldíos y praderas permanentes según porcentaje del área, altura, tipo y porcentaje de suelo cubierto que siendo G: cubierta superficial de hiervas y desechos en descomposición y W: revestimiento de herbáceas o residuos no corrompidos.

**Tabla 17.***Factor C de las nueve muestras en las tres zonas en estudio de Yanaca*

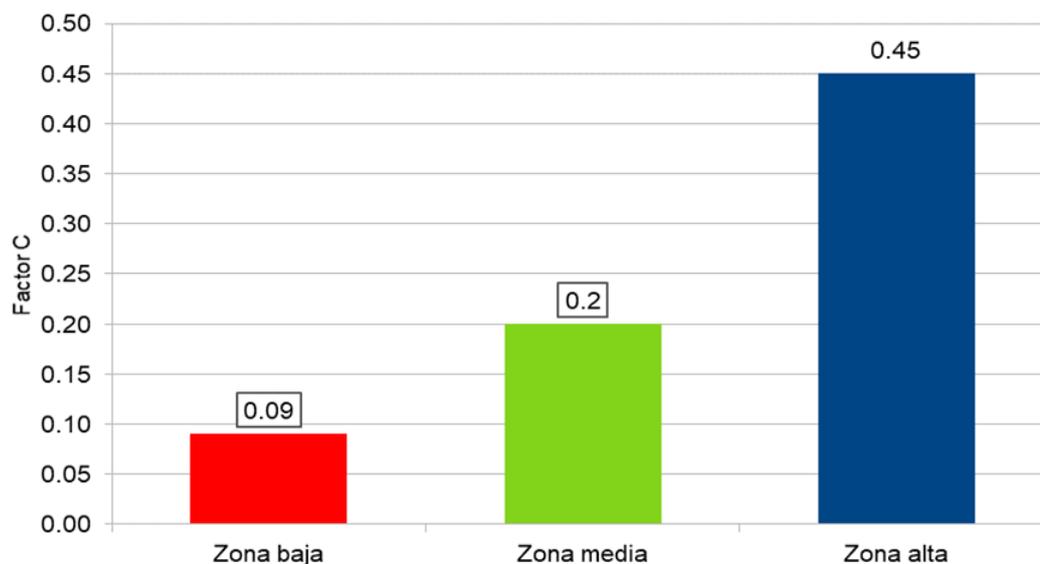
| Zona          | Tipo  | % Cobertura aérea | Tipo | % de suelo cubierto | C    |
|---------------|---|-------------------|------|---------------------|------|
| 1A ZONA BAJA  | De 4 metros de altura y media de caída de gotas de árboles y matorrales | 50                | G    | 40                  | 0.09 |
| 1B ZONA BAJA  | De 4 metros de altura y media de caída de gotas de árboles y matorrales | 50                | G    | 40                  | 0.09 |
| 1C ZONA BAJA  | De 4 metros de altura y media de caída de gotas de árboles y matorrales | 50                | G    | 40                  | 0.09 |
| 2A ZONA MEDIA | Caída de gotas menor a 0.90 metros de Herbáceas, matorral y pastos.     | 25                | W    | 20                  | 0.2  |
| 2B ZONA MEDIA | Caída de gotas menor a 0.90 metros de Herbáceas, matorral y pastos.     | 25                | W    | 20                  | 0.2  |
| 2C ZONA MEDIA | Caída de gotas menor a 0.90 metros de Herbáceas, matorral y pastos.     | 25                | W    | 20                  | 0.2  |
| 3A ZONA ALTA  | No apreciable   | 5                 | C    | 10                  | 0.45 |
| 3B ZONA ALTA  | No apreciable   | 5                 | C    | 10                  | 0.45 |
| 3C ZONA ALTA  | No apreciable   | 5                 | C    | 10                  | 0.45 |

**Fuente:** Elaboración Propia

La tabla (17) muestra el Factor C de las nueve muestras en las tres zonas en estudio de Yanaca, en la que se puede observar que la zona alta posee mayor factor C como era de esperar por la altitud ya que a mayor altura se tiene menor cobertura vegetal por tanto mayor probabilidad de erosión y en la zona baja el factor es 0.09 lo que contribuye en menor cantidad a la erosión del suelo de Yanaca.

**Figura 9.**

*Promedio del factor de cobertura por zonas de la comunidad de Yanaca*



**Fuente:** Elaboración Propia

La figura (9) muestra el Promedio del factor (C) de cobertura por zonas de la comunidad de Yanaca, se muestra que la zona alta es la más vulnerable a la erosión ya que posee poca cobertura vegetal, además las plantas que crecen en esta zona son principalmente yerbas y arbustos pequeños como la Taya, Llaulli, Q'eto Q'eto, Chillca con poca profundidad radicular y por tanto el suelo no encuentra resistencia a la erosión por la lluvia.

✓ **Factor de prácticas de apoyo de conservación, P.**

Para la determinación del factor de conservación (P), se realizará mediante el uso de la tabla (17) para ello se tiene como insumo las pendientes de las 9 muestras que pertenecen a las tres zonas en estudio de la comunidad de Yanaca.

**Tabla 18.**

Factor P de prácticas de conservación (adaptado del manual USLE, (Wischmeier & Smith, 1978))

| Pendiente (%) | Cultivo en contorno o curvas de nivel |                               | P para cultivo en terrazas |
|---------------|---------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
|               | P*                                    | Máxima longitud de ladera (m) |                            |
| 1 - 2         | 0,60                                  | 122                           | 0,12                       |
| 3 - 5         | 0,50                                  | 91                            | 0,10                       |
| 6 - 8         | 0,50                                  | 61                            | 0,10                       |
| 9 - 12        | 0,60                                  | 37                            | 0,12                       |
| 13 - 16       | 0,70                                  | 24                            | 0,14                       |
| 17 - 20       | 0,80                                  | 18                            | 0,16                       |
| 21 - 25       | 0,90                                  | 15                            | 0,18                       |

Consideración de 0.8 de contornos realizados con pilas de residuos

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla (18) muestra el Factor P de prácticas de conservación propuesta por (Wischmeier & Smith, 1978), para cultivos en contorno o curvas de nivel y para cultivos en terrazas cuyo factor es la pendiente del suelo desde 1% hasta 25%

**Tabla 19.**

Factor de prácticas de conservación de suelos (P) de las tres zonas de Yanaca.

| Zona de Yanaca | Pendiente (%) | P   |
|----------------|---------------|-----|
| 1A ZONA BAJA   | 5             | 0.5 |
| 1B ZONA BAJA   | 5             | 0.5 |
| 1C ZONA BAJA   | 5             | 0.5 |
| 2A ZONA MEDIA  | 7             | 0.5 |
| 2B ZONA MEDIA  | 7             | 0.5 |
| 2C ZONA MEDIA  | 7             | 0.5 |
| 3A ZONA ALTA   | 9             | 0.6 |
| 3B ZONA ALTA   | 9             | 0.6 |
| 3C ZONA ALTA   | 9             | 0.6 |

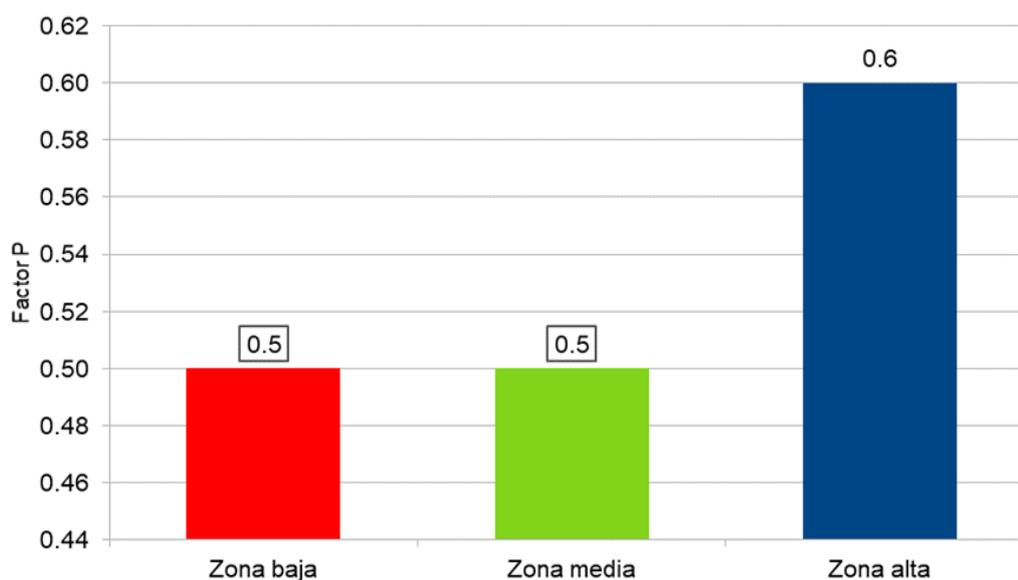
Fuente: Elaboración propia

La tabla (19) muestra el Factor de prácticas de conservación de suelo de las tres zonas de Yanaca que depende además de las buenas prácticas de conservación de la pendiente de la zona en estudio y se ha observado

que las zonas en estudio se encuentran un abandono parcial ya que no se hace el cultivo en terrazas sino más bien siguiendo las curvas de nivel del terreno, por lo que hace más vulnerable a la erosión por las lluvias estaciones.

**Figura 10.**

*Promedio del factor de práctica de conservación de suelo (P) de las tres zonas de Yanaca*



**Fuente:** Elaboración propia.

Figura (10) muestra el Promedio del Componentes de conservación de prácticas de suelo (P) de tres zonas de estudio de la comunidad de Yanaca, en ella se observa que la zona alta es la que tiene mayor riesgo de erosión ya que en esta zona el cultivo se realiza siguiendo las curvas de nivel y probablemente esto es así por desconocimiento de los pobladores de esta zona.

✓ **Factor A de pérdida de suelo basado en el modelo USLE**

En cuanto esta aplicación para estimar la pérdida de suelo se aplica el modelo "Universal soil loss Equation"; USLE que han sido presentadas

inicialmente por Smith y Wischmeier (1962) y publicada por el manual 534 del departamento de agricultura de los Estados Unidos siendo el modelo matemático:

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

**Tabla 20.**

*Estimación del factor A de la pérdida de suelo basado en el modelo USLE para las tres zonas de Yanaca.*

| Zona          | R      | K    | LS   | C    | P    | A    |
|---------------|--------|------|------|------|------|------|
| M1 ZONA BAJA  | 407.52 | 0.39 | 0.53 | 0.09 | 0.50 | 0.01 |
| M2 ZONA BAJA  | 408.52 | 0.35 | 0.53 | 0.09 | 0.50 | 0.01 |
| M3 ZONA BAJA  | 409.52 | 0.39 | 0.53 | 0.09 | 0.50 | 0.01 |
| M4 ZONA MEDIA | 410.52 | 0.32 | 0.82 | 0.20 | 0.50 | 0.02 |
| M5 ZONA MEDIA | 411.52 | 0.45 | 0.82 | 0.20 | 0.50 | 0.03 |
| M6 ZONA MEDIA | 412.52 | 0.35 | 0.82 | 0.20 | 0.50 | 0.02 |
| M7 ZONA ALTA  | 413.52 | 0.52 | 1.16 | 0.45 | 0.60 | 0.12 |
| M8 ZONA ALTA  | 414.52 | 0.39 | 1.16 | 0.45 | 0.60 | 0.09 |
| M9 ZONA ALTA  | 415.52 | 0.38 | 1.16 | 0.45 | 0.60 | 0.09 |

**Fuente:** Elaboración propia

La tabla (20) muestra la estimación del Factor de la pérdida de suelo basado en el modelo USLE para las tres zonas de Yanaca, en ella se puede observar que la zona alta de Yanaca tiene mayor pérdida de suelo, mientras que la zona baja tiene menor pérdida del suelo.

**Tabla 21.**

Tipo de erosión del suelo según su pérdida potencial del suelo (ton/ha/año).

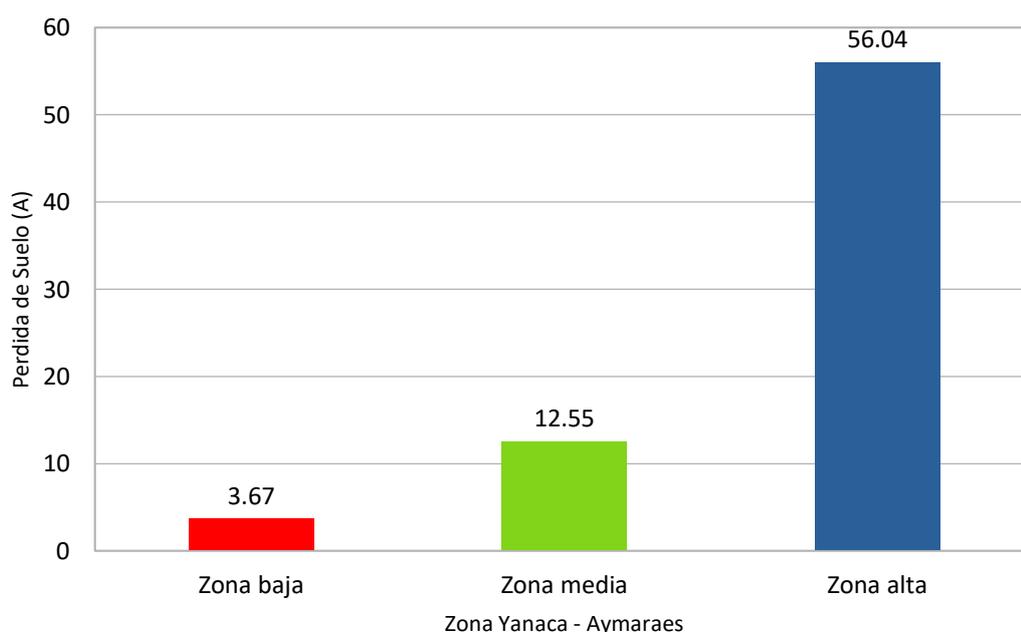
| Tipo de Erosión del Suelo | pérdida Potencial del Suelo (ton/ha/año) |
|---------------------------|--|
| Muy baja (tolerable)      | <6.7                                     |
| Baja                      | [6.7 -11.2)                              |
| Moderada                  | [11.2 – 22.4)                            |
| Alta                      | [22.4 – 33.6)                            |
| Severa                    | >33.6                                    |

**Fuente:** (FAO,1980).

La tabla (21) muestra la clasificación del tipo de erosión del suelo según su pérdida Potencial del Suelo (ton/ha/año) propuesta por la FAO en 1980, la cual ha sido adoptado por gran parte de las naciones que tienen riesgos de pérdida de suelo.

### Figura 11.

*Promedio estimado del factor de la pérdida de suelo basado en el modelo USLE para las tres zonas de Yanaca.*



**Fuente:** Elaboración propia

La figura (11) muestra los Promedios estimados del Factor de la pérdida de suelo basado en el modelo USLE para las tres zonas de Yanaca, en ella se observa que la zona alta de Yanaca tiene una pérdida de suelo aproximado de 56.04 ton/ha/año la cual según la clasificación del tipo de erosión del suelo planteada por la FAO (P. FAO, 1980) es severa ya que se encuentra por encima de las 33.6 ton/ha/año ya que en esta zona no se cuenta con ningún tipo de actividades que permitan reducir dicha erosión de la misma forma por la altitud de ésta zona se tiene poca

vegetación lo que hace posible más aun la erosión por las lluvias. La zona media de Yanaca posee una erosión de 12.55 ton/ha/año siendo considerablemente menor a la pérdida de suelo de la zona alta, sin embargo se clasifica en alta según la clasificación de la FAO, es decir la erosión de esta zona es de preocupación ya que además queda agravada por la poca existencia de vegetación con abundante sistema radicular ya que solo en su mayoría son pastizales estacionales, también se puede observar que los pobladores no realizan actividades que permita reducir dicha erosión en ninguna zona es por ello que los resultados obtenidos por este trabajo de investigación reflejan el descuido de los integrantes de la comunidad de Yanaca. En la parte baja de Yanaca se ha encontrado que la pérdida de suelo es de 3.67 ton/ha/año y según la clasificación de la FAO es baja, es decir, aunque no se considera tolerable es cercano a ello es decir es manejable probablemente también se deba a que la pendiente no es pronunciada y además es una zona donde existe mayor cantidad de vegetación con sistema radicular más profundo por lo que reduce el riesgo de pérdida de suelo como consecuencia de las precipitaciones pluviales.

#### **4.2. Discusiones**

Santacruz, (2011); en su trabajo de “Estimación de la erosión Hídrica y su interacción con la utilización del suelo” aplicando datos de las precipitaciones medias en el mes y al año en 5 tiempos determinados hallados en cuantificaciones de la cuenca y 10 estaciones que esta externamente a ella en lo que los valores de (R) siendo similar a las otras cambiantes estimadas en el USLE, alcanzó establecer que las pérdidas

van a partir de 16270 ton/ha/año indicando mínimos valores 13.317 ton/ha/año; en este trabajo de investigación se ha encontrado que la erosión hídrica de la parte alta de Yanaca es alrededor de 3.67 ton/ha/año aproximadamente en la baja área encontrándose en una categorización de tipo de erosión baja, en lo que el sector media tiene una pérdida aproximada de 12.55 ton/ha/año con una categorización de tipo de erosión alta, lo cual conduce a pensar en hacer ocupaciones que permitan minimizar esa erosión y el sector alta con 56.04 ton/ha/año que está en la categorización de severa, sin embargo.

Según resultado de su investigación de Huerta Fernández y Loli Figueroa (2014), en su trabajo "Erosión hídrica en la cuenca alta del flujo de agua Moche Utilizando el registro de lluvias en un lapso de 24 años (1988 - 2011) de la estación meteorológica de SENAMHI" alcanzando establecer desatendidas en las microcuencas Huangamarca. Siendo un orden de 7.29 a 33.40 t/ha/año. Finalmente (Adame - Martínez et al., 2012) en un trabajo semejante muestra que los valores por medio de la prueba USLE, teniendo el flujo de agua en el área de 5.9%. Si en un peligro de degradación en erosión hídrica crítica  $>200\text{tn/ha/año}$  y en peligros de degradación bastante alta siendo 100-200 tn/ha/año de 14.19% como también los peligros de degradación 50-100 tn/ha/año ocupando un área de 9.65%; finalizando con la lectura de valores de 50-100 tn/ha/año ocupan un área de 21.23% de degradación media y finalmente la degradación moderada es 34.71% en 5-25 tn/ha/año.

### 4.3. Contraste de Hipotesis

H0: La erosión pluvial de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019 es aproximadamente mayor a 100 ton/ha/año en la zona alta.

Ha: La erosión pluvial de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019 es aproximadamente menor o igual a 100 ton/ha/año en la zona alta.

H0:  $\mu \geq 100$

Ha:  $\mu < 100$

Media=123.99

Desv. Stand = 22.52

Al realizar el contraste de hipótesis (Test T de una media) con 2 grados de libertad se ha encontrado  $t = 1.8451$  y un p. valor = 0.8968, por lo tanto, no hay suficiente información para rechazar la hipótesis nula por lo que podemos afirmar que la erosión pluvial de suelos en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019 es aproximadamente mayor a 100 ton/ha/año en la zona alta de dicha zona.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones.

- ❖ La pérdida de suelos a consecuencia de las precipitaciones pluviales (método USLE) en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019 es aproximadamente 3.67 ton/ha/año en promedio y se encuentra en una clasificación de tipo de erosión baja, mientras que la zona media tiene una pérdida aproximada de 12.55 ton/ha-año con una clasificación de tipo de erosión alta, lo que conduce a pensar en realizar actividades que permitan reducir dicha erosión y la zona alta con 56.04 ton/ha-año que se encuentra en la clasificación de severa y ello ocurre por varios factores debido a su altitud sin embargo requiere atención inmediata para mitigar el impacto causado por las lluvias.
- ❖ El índice de erosividad de la lluvia en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019, es de 407.52 Mj.mm/ha debido a las condiciones medioambientales de dicha zona, según la tabla de clasificación del factor de erosividad de la lluvia es normal ya que se encuentra por debajo de 1000 Mj.mm/ha, sin embargo es necesario observar que en algunos meses del año las lluvias son torrenciales e inclusive con granizo dado que la microcuenca alta de Yanaca se encuentra a una altura superior a 4000 msnm lo que conlleva a precipitaciones agresivas en ocasiones.
- ❖ La erosividad del suelo en la Microcuenca Alta de Yanaca – Aymaraes – Apurímac, 2019, muestra los factores de erosividad del suelo por muestras de las 3 zonas de Yanaca, en ella se muestra que el factor de erosividad del suelo es mayor en 3A zona alta, esto quiere decir que esta

zona es más susceptible a la erosión como consecuencia de las lluvias, mientras 2A zona media tiene el menor valor de  $K=0.32$ , por lo tanto, es la zona con menor susceptibilidad a la erosión hídrica.

## 5.2. Recomendaciones

- ❖ Basado en los resultados obtenidos en esta investigación se recomienda realizar trabajos de conservación de suelo como el cultivo mediante sistemas de andenería, reforestación con plantas de sistema radicular abundante y que además contribuyan en la siembra de agua como Queuña (*Polylepis sp*), Tasta (*Alnus acuminata*), Aliso (*Alnus glutinosa*), Colle (*Buddleja coriacea*), Quishuar (*Buddleja incana*) Mutuy (*Senna multiglandulosa*), Retama (*Retama sphaerocarpa*) etc.
- ❖ Se recomienda elaborar un plan de capacitaciones con el objetivo de formar conciencia en los pobladores de la comunidad de Yanaca respecto a los efectos del cambio climáticos y las formas de mitigar estos efectos con prácticas de conservación de suelo como terrazas de absorción, clausura de praderas, construir zanjas de infiltración, áreas quemadas a recuperar, instalación de pastizales andinos, actividades mixtas (zanjas de infiltración y forestación), declarar áreas para la conservación del ecosistema a fin de estabilizar y con ella disminuir dicha erosividad del suelo.
- ❖ La erosividad del suelo en la microcuenca Yanaca confirma la vulnerabilidad a la pérdida de suelo por lo que se recomienda, tomar como base los resultados y continuar con la investigación profundizando otros estudios para su mayor importancia.

## ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### Recursos

### Cronograma de actividades

**Tabla 22.**

*Cronograma de las actividades realizadas en la investigación.*

| N.º | PARTIDAS                                 | Set. | Oct. | Nov. | Dic. | Ene. | Feb. | Mar. | Abr. | May. |
|-----|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 1   | Presentación del proyecto de Tesis       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2   | Levantamiento de las observaciones       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3   | Aprobación del proyecto de tesis.        |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4   | Ejecución del proyecto de investigación. |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5   | Recolección de los datos.                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6   | Presentación de la tesis                 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7   | Levantamiento de observaciones.          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8   | Sustentación de la tesis.                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

**Fuente:** Elaboración propia

**Presupuesto y financiamiento**  
**Presupuesto**

**Tabla 23.**

*Presupuesto de la investigación.*

| Item         | Partidas   | Mes        | UND    | Cantida<br>d | C.U S/.     | C.T S/.            |
|--------------|--|------------|--------|--------------|-------------|--------------------|
| 1            | Preparación y presentación del proyecto de Tesis   | Septiembre | Global | 2            | S/.100.00   | S/.200.00          |
| 2            | Levantamiento de las observaciones hechas por la Comisión de Investigación de la Escuela profesional de Agronomía. | Octubre    | Global | 2            | S/.50.00    | S/.100.00          |
| 3            | Aprobación del proyecto de tesis.  | diciembre  | Global | 2            | S/.100.00   | S/.200.00          |
| 4            | Ejecución del proyecto de investigación.   | febrero    | Global | 2            | S/.2,100.00 | S/.4,200.00        |
| 5            | Recolección de los datos.  | marzo      | Global | 2            | S/.350.00   | S/.700.00          |
| <b>TOTAL</b> |  |            |        |              |             | <b>S/.5,400.00</b> |

Fuente: Elaboración propia

**Financiamiento**

El financiamiento de la investigación se ha realizado por el autor de esta investigación.

**Instrumentos**

El instrumento utilizado para la recolección de datos fue la ficha de observación cuyo diseño y elaboración estuvo orientado principalmente para alcanzar los objetivos de la investigación.

### **Materiales de Campo**

- Tableros.
- Cuaderno de campo
- Lapiceros.
- Papeles A4.
- Lápiz.
- Regla.
- Papelotes, plumones.
- Cámara fotográfica.

### **Materiales de Gabinete**

- Computadora.
- Impresora.
- Servicio de internet.

### **Materiales de muestra**

- Suelo

## BIBLIOGRAFIA

- A.R, M. S., Villanueva Diaz, J., Estrada Avalos, J., Vasquez Vasquez , C., & Orona Castillo, I. (2020). *"Perdida de suelo y modificacion de escurrimientos causados por el cambio de uso de la tierra en la cuenca de rio Conchos, chihuahua"*. Nova Scienta. Obtenido de <https://doi.org/10.21640/ns.v12i25.2321>
- Absalón Vásquez V. (2016). *la erosión eólica en la destrucción de la tierra provocado por la acción del aire*.
- Arias Gonzáles, J. L. (2021). *Diseño y metodología de la investigación*.
- Arriagada, S. M. (2007). *territorio en el cual se desarrollan ocupaciones de agrícolas y forestales*.
- Cachay. (2021). *"la erosión hídrica mediante el modelo USLE para la sostenibilidad del suelo de la sub cuenca Vilca "*.
- Caravello, C. G. (2005). *la calidad, escorrentía, erosión hídrica*.
- Colombo, S. (2004). *las agriculturas manejadas en el rendimiento y calidad en la producción* .
- Colombo, S. (2004). *restricción en las agriculturas manejadas en el rendimiento y calidad en la producción* .
- Cristancho Ariza, K. (2019). *"Cambio de cobertura y uso del suelo en diferentes periodos a partir del uso de imagenes satelites "*. Peru: Univercidad Nacional Agraria de la selva. Obtenido de <http://repositorio.unas.edu.pe/handle/UNAS/1507>

- Daniel Brea, J. (2010). *hidrográfica topográficamente delimitada atrae la precipitación*
- Ellison. (1947). *Erosión Hídrica* .
- FAO, P. (1980). «*Metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos*». Roma: UNESCO.
- GEO. (2004). *El suelo*. Mexico: GEO.
- Gonzales, J. (2021). "*Diseño y Metodología de investigación* ". Consulting.
- H, C., Corona, J. A., y Galena Pizaña, J. M. (2020). "*Erosion de suelos y carencia alimentaria* ". mexico. Obtenido de <https://doi.org/10.14350/rig.59976>
- Hudson, N. (2006). *Conservación del Suelo*. España: Reverte.
- Huerta Fernandez, P., & Loli Figueroa, O. (2001). *Erosion Hidrica* . Medellin: Universidad Nacional de Colombia.
- L., P. V. (2015). «*Estimación de la erosión hídrica mediante dos métodos de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) en la cuenca del río Chapingo*». Texcoco.
- Lopez, M., y Navas, A. (2007). «*Modelos de predicción de la erosión hídrica mediante dos métodos de la ecuación universal de pérdida de suelo (EUPS) en la cuenca del río Chapingo*». Geo-Temas.
- Martinez, L. C. (2021). "*susceptibilidad a riesgos de erosión en suelos dedicados al cultivo de piña en el departamento del valle de cauca*". Colombia.
- Minagri, M. d. (2014). «*La erosión del suelo. cartillas para la conservación del suelo. Dirección Zonal Agrorural*». Ayacucho.

- Morgan. (2009). *Pendiente del terreno* .
- Norabuena, E. (2017). *Aplicacion del Modelo USLE para Estimar la Erosion Actual y Potencial de Acuerdo a las Actividades Productivas en la Microcuenca*. Huaraz.
- Ortega. (2004). *la producción del suelo, salinidad, textura* .
- Perez Salinas, J., Rodriguez F., R., Lopez , S. A., Torres Gonzales , J. A., Meraz Jimenez, A. D., Diaz Romo, A., y Valdivia Martinez, O. (2019). «*Erodabilidad y riesgo de erosion de suelos negro* ». Mexico: Revista Terra Latinoamericana. Obtenido de <https://doi.org/10.28940/terra.v37i4.531>
- Renner, M. y. (2007). *el flujo de un agua principal*.
- Rivera, J., y Gomez, A. (1991). «*Erosividad de las Illuvias en la zona cafetera central*». Colombia (Caldas, Quindio y Risaralda): Cenicafe.
- Romero Contreras, T. (2001). «*Espacio geografico*». Univerisdad Autonoma de la Republica Mexico.
- S., D. L. (2011). «*Estimacion de la Erosion Hidrica y su relacion con el uso de suelo Rio Cahoacan*». Chiapas -Mexico: Aqua - LAC.
- Santacruz, G. (2011). «*Estimacion de la erosion hidrica y su relacion con el uso de suelo en la cuenca del rio Cahoacan*». Chiapas - Mexico: Aqua-LAC.
- SENAMHI. (2020). «*Mapa climatico del Peru*». Peru. Obtenido de <https://www.senamhi.gob.pe/main.php?dp=apurimac&p=estaciones>

Sobrinho, A., Zonta, E., & Santiago, M. (2020). *"Mitos, Realidades e insertidumbres sobre la degradacion de los suelos Ferralíticos Rojos en Cuba "*. Cultivos Tropicales.

Suarez, C. (1979). *«Conservacion de suelos»*. Instituto Interamericano de Cooperacion Agricola.

Tayupanta, J. (1993). *«La erosion hidrica: proceso, factores y formas»*. INIAP.

Vasquez Villanueva, A., Mejia Marcacuzco, A., Faustino Manco, J., Teran Adrizola, R., Vasquez , I., Rimarachin, J. D., . . . Alcantara Ramos, J. (2016). *«Manejo y gestion de cuencas hidrograficas»*. Universidad Nacional Agraria la Molina.

Vega Loayza, W. (2016). *«Estimacion de la erosion hidrica por efecto de la precipitacion en areas de recarga acuífera »*. Huayllabamba - Asillo-Ccanabamba y Ccorhuani - Abancay.

Villafaña, P. (2015). *la productividad del suelo*.

Wischmeier y Smith. (1978). *Ecuación universal de pérdida de suelos (USLE)* .

Los anexos, panel fotográfico y otros documentos se encuentran resguardados en la oficina de repositorio digital institucional en la Biblioteca Central de la Universidad Tecnológica de los Andes

