

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Cuantificación del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar mediante factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco – 2019**

**Para optar el título profesional de:**

**Ingeniero Ambiental**

**Autor: Bach. Esther VEGA ALANIA**

**Asesor: Dr. Crecencio Amaro QUIÑONES NARVAEZ**

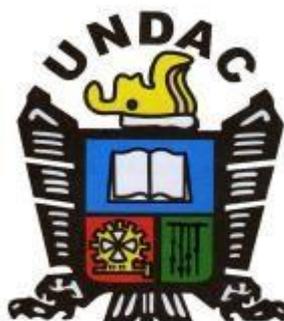
**Cerro de Pasco – Perú – 2022**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA**

**AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Cuantificación del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar mediante factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco – 2019**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

Mg. Jesús Marino GOMEZ MIGUEL  
PRESIDENTE

---

Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS  
MIEMBRO

---

Ing. Miguel Ángel BASUALDO BERNUY  
MIEMBRO

## **DEDICATORIA**

Mi mayor agradecimiento a Dios, por sostener esta vida con su gran amor y gracia, y por haberme permitido llegar con vida hasta el día de hoy con el ánimo suficiente para cumplir con mis aspiraciones personales y profesionales.

El presente trabajo se lo dedico a mis padres por su apoyo incondicional en este largo camino de mi formación académica, a mis hermanos, familiares y amistades cercanas que de alguna manera formaron parte en este proceso, además me enseñaron e inspiraron a ser mejor persona cada día.

A mi hija Giorgia por ser la motivación y alegría que cada día contagia a mi vida y por enseñarme el amor incondicional del Todopoderoso, reflejado en una bella sonrisa.

## **AGRADECIMIENTO**

Un reconocimiento muy especial a la excelente plana docente de la Facultad de Ingeniería a la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental de la “Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión – Oxapampa”, por impartir sus conocimientos y así formar un profesional de bien para esta sociedad. A mi Asesor de la presente tesis por sus sabios consejos y orientaciones para la culminación del presente trabajo de investigación.

A Julia Justina Peceros Barrientos, Heraly Arlet Huaccha Peceros y Cristian Yonel Ortega Arrieta; por brindarme acceso a sus predios para realizar la presente investigación.

Al Instituto del Bien Común (IBC) Oxapampa, por facilitarme los datos meteorológicos de la Estación Meteorológica – San Alberto del distrito y provincia de Oxapampa y departamento de Pasco.

Al grupo humanitario del Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh) en especial a Laurencio Ríos Ballesteros por haberme acompañado en el reconocimiento de la microcuenca de San Alberto – Oxapampa para su delimitación de la población y muestra del estudio, durante el programa de voluntariado realizado del mes de abril a junio del 2018 en el PNYCh del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP).

Un agradecimiento especial a mi Padre por participar en la presente investigación como asistente de campo y al Ing. Edson Ramos Peñaloza por la dirección en los análisis de densidad aparente y textura en el laboratorio de la UNDAC - Oxapampa.

El Autor.

## RESUMEN

La presente investigación se llevó a cabo en la microcuenca de San Alberto, del distrito y provincia de Oxapampa y departamento de Pasco en el año 2019. **Objetivo:** Cuantificar el suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar por factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión. **Metodología:** La metodología aplicada fue el método de medición directa mediante los clavos en parcelas de erosión, en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) y Cobertura forestal - herbazal, donde se instaló una parcela de 1.5 m de ancho por 10 m de longitud en cada muestra, con clavos de una dimensión de 0.45 m de altura por 5 mm de diámetro (44 clavos por parcela), y se registró los datos del nivel del suelo erosionado y sedimentado cada quince días por 6 meses. **Resultado:** Se obtuvo en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) una erosión media de 13.85 t/ha, sedimentación media de 1.104 t/ha, la erosión neta de 12.746 t/ha, el suelo movilizado de 14.954 t/ha, la densidad aparente de 1.004 t/m<sup>3</sup>, pendiente de 51.1% hasta 72.7 % y la clase textural de un suelo franco arenoso y en la Cobertura forestal – herbazal se obtuvo una erosión media de 60.75 t/ha, sedimentación media de 17.62 t/ha, la erosión neta de 43.13 t/ha, el suelo movilizado de 78.37 t/ha, la densidad aparente de 1.081 t/m<sup>3</sup>, pendiente de 21.1% hasta 57.7 % y la clase textural de un suelo arenoso franco, y el suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto fue de 46.66 t/ha de enero a junio del 2019. **Conclusiones:** La cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019, se encuentra dentro del rango de Clase B –erosión baja de 30.1 a 60 t/ha, teniendo como resultado de enero a junio de 46.66 t/ha.

**Palabras clave:** erosión, suelo movilizado, erosión media, sedimentación media, Bosque de montaña montano (Bm-mo), Cobertura forestal-herbazal.

## ABSTRACT

The present investigation was carried out in the San Alberto micro-basin, in the district and province of Oxapampa and the department of Pasco in 2019. Objective: To quantify the mobilized soil generated by laminar water erosion by natural factors, applying the nail method of erosion. Methodology: The methodology applied was the direct measurement method using nails in erosion plots, in the Montane Mountain Forest (Bm-mo) and Forest Coverage - grassland, where a plot of 1.5 m wide by 10 m deep was installed. length in each sample, with nails of a dimension of 0.45 m high by 5 mm in diameter (44 nails per plot), and the data of the level of the eroded and sedimented soil was recorded every fifteen days for 6 months. Result: In the Montane Mountain Forest (Bm-mo) an average erosion of 13.85 t/ha, average sedimentation of 1,104 t/ha, net erosion of 12,746 t/ha, mobilized soil of 14,954 t/ha, the apparent density of 1,004 t/m<sup>3</sup>, slope of 51.1% to 72.7% and the textural class of a sandy loam soil and in the Forest Coverage - grassland an average erosion of 60.75 t/ha was obtained, average sedimentation of 17.62 t/ha, the net erosion of 43.13 t/ha, the mobilized soil of 78.37 t/ha, the bulk density of 1,081 t/m<sup>3</sup>, slope of 21.1% to 57.7% and the textural class of a loamy sandy soil, and the mobilized soil in the San Alberto micro-basin was 46.66 t/ha from January to June 2019. Conclusions: The amount of mobilized soil generated by laminar water erosion through natural factors, applying the method of erosion nails in the San Alberto micro-basin - Oxapampa – Pasco 2019, is within the Class B range – low erosion from 30.1 to 60 t/ha, resulting from January to June of 46.66 t/ha.

**Keywords:** erosion, mobilized soil, average erosion, average sedimentation, montane mountain forest (Bm-mo), forest-grass cover.

## INTRODUCCIÓN

Según Zavaleta (1992) El suelo se refiere a la porción superficial de la corteza terrestre que ha sido alterada “in situ” en capas que difieren una de la otra y de los materiales más profundos no alterados o roca sólida. El Instituto Nacional Geológico (INEGI, 2013) describe la erosión de los suelos como el desgaste que se produce en la superficie del suelo por la acción de agentes externos como el viento y el agua y que son acelerados por la acción del hombre. Por otro lado, el Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI, 2014) menciona que éstas pérdidas disminuyen poco o poco la profundidad del suelo y hace que pierda su fertilidad.

Porta et al (2008) explica la erosión hídrica hace referencia a la pérdida gradual de material del suelo a medida que va quedando en superficie, siendo liberadas las partículas por impacto de las gotas de lluvia en un suelo desnudo y transportadas vertiente abajo por el agua de escorrentías superficial. Y en la erosión antrópica el agente causal directo es el hombre de este tipo de erosión, pues es este quien se encarga de modificar el entorno natural del suelo de manera abrupta y hasta irreversible mediante la construcción de carreteras, presas, asentamientos, etc., (INEGI, 2013).

En este trabajo de investigación, se cuantifica el suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto, distrito y provincia de Oxapampa, aplicando el método de clavos en parcelas de erosión, durante el período de enero a junio del 2019.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

### CAPÍTULO I

#### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	3
1.3. Formulación del problema .....	3
1.3.1. Problema principal.....	3
1.3.2. Problemas específicos.....	3
1.4. Formulación de objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.6. Limitaciones de la investigación .....	5

### CAPÍTULO II

#### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	7
2.2. Bases teóricas-científicas.....	13

2.3. Definición de términos básicos.....	29
2.4. Formulación de hipótesis.....	32
2.4.1. Hipótesis general .....	32
2.4.2. Hipótesis específicas.....	33
2.5. Identificación de las variables .....	33
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de investigación.....	37
3.2. Nivel de investigación .....	38
3.3. Métodos de investigación .....	38
3.4. Diseño de investigación.....	38
3.5. Población y muestra .....	46
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	49
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	49
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	52
3.9. Tratamiento estadístico .....	52
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica.....	53

### **CAPÍTULO IV**

#### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo .....	54
---	----

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados .....	56
4.3. Prueba de hipótesis .....	66
4.4. Discusión de resultados .....	71

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANEXO

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación de la erosión hídrica potencial. ....	24
<b>Tabla 2:</b> Matriz de consistencia. ....	34
<b>Tabla 3:</b> Operacionalización de Variables.....	35
<b>Tabla 4:</b> Ficha de registro de medición de los clavos de erosión .....	51
<b>Tabla 5:</b> Datos ubicación, densidad aparente, pendiente y textura de cada área de estudio. ....	57
<b>Tabla 6:</b> Datos de Precipitación de enero-junio – 2019 de la microcuenca San Alberto. ....	57
<b>Tabla 7:</b> Altura de suelo erosionado en (mm) del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal – herbazal del mes de enero a junio.....	58
<b>Tabla 8:</b> Altura de suelo sedimentado en (mm) del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal y herbazal del mes de enero a junio. ....	58
<b>Tabla 9:</b> Resultado de erosión media del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal - herbazal.....	58
<b>Tabla 10:</b> Resultado de sedimentación media del Bosque de montaña y montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal - herbazal. ....	59
<b>Tabla 11:</b> Erosión neta y suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo). ....	59
<b>Tabla 12:</b> Erosión neta y suelo movilizado del área con Cobertura forestal - herbazal. ....	61
<b>Tabla 13:</b> Suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto Oxapampa de enero a junio del 2019. ....	63
<b>Tabla 14:</b> Tratamiento para un diseño completamente al azar. ....	66
<b>Tabla 15:</b> Tabla para un diseño completamente al azar. ....	67
<b>Tabla 16:</b> De los datos del suelo movilizado.....	67
<b>Tabla 17:</b> Resultados de la prueba de hipótesis. ....	70
<b>Tabla 18:</b> Resultado de textura del Bosque de montaña montano (Bm-mo). ....	95
<b>Tabla 19:</b> Resultado de textura en el área de Cobertura Forestal - Herbazal .....	95
<b>Tabla 20:</b> Resultado de densidad aparente del Bosque de montaña montano (Bm-mo). ....	98
<b>Tabla 21:</b> Resultado de densidad aparente del área de Cobertura forestal-herbazal. ....	98
<b>Tabla 22:</b> Suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto Oxapampa de enero a junio del 2019. ....	103

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1:</b> Dinámica del suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo) de enero a junio-2019. ....	60
<b>Gráfico 2:</b> Dinámica del suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo) en relación a la precipitación de enero a junio-2019. ....	60
<b>Gráfico 3:</b> Dinámica del suelo movilizado del área de Cobertura forestal – herbazal de enero a junio-2019. ....	62
<b>Gráfico 4:</b> Dinámica del suelo movilizado en el área de Cobertura Forestal - Herbazal en relación a la precipitación de enero a junio-2019. ....	62
<b>Gráfico 5:</b> Dinámica del suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto - Oxapampa de enero a junio del 2019. ....	63
<b>Gráfico 6:</b> Textura en relación a la Cobertura Vegetal.....	64
<b>Gráfico 7:</b> Pendiente en relación a la cantidad de suelo movilizado en las áreas de estudio. ....	65

## ÍNDICE DE FIGURA

<b>Figura 1:</b> Diseño de parcelas de clavos de erosión. ....	27
<b>Figura 2:</b> Diseño de las parcelas de clavos de erosión de la presente investigación. 41	
<b>Figura 3:</b> Tipos de cobertura vegetal de la microcuenca de San Alberto – Oxapampa. .....	47
<b>Figura 4:</b> Ubicación de las parcelas de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto - Oxapampa.....	48
<b>Figura 5:</b> Clase de textura del Bosque de montaña montano y del área de Cobertura forestal – herbazal. ....	96
<b>Figura 6:</b> Reconocimiento de la microcuenca de San Alberto – Oxapampa. ....	104
<b>Figura 7:</b> Voluntariado realizado en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh) – Oxapampa. ....	104
<b>Figura 8:</b> Medición de pendiente de Cobertura forestal – herbazal – microcuenca San Alberto – Oxapampa. ....	105
<b>Figura 9:</b> Medición de pendiente del Bosque de montaña montano (Bm-mo) – microcuenca San Alberto. ....	105
<b>Figura 10:</b> Instalación de parcela de Erosión en el área del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y de Cobertura forestal - herbazal. ....	106
<b>Figura 11:</b> Medición y registro del suelo erosionado y sedimentado del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal - herbazal. ....	107
<b>Figura 12:</b> Toma de muestras para el análisis de densidad aparente y textura del suelo. .....	109
<b>Figura 13:</b> Análisis de textura y densidad aparente en el laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.....	111

## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2015) describe que la erosión del suelo se produce de manera natural en todas las condiciones del clima y en todos los continentes, pero se ve incrementada y acelerada de manera significativa por diversas actividades que realiza el hombre de forma insostenibles hasta 1.000 veces, a causa de la agricultura intensiva, la deforestación, el pastoreo excesivo y los cambios inadecuados en el uso de la tierra. Andaluz (2006) explica que la erosión es el proceso donde el suelo y los materiales rocosos se desprenden de la superficie terrestre, por la intervención de los fenómenos naturales y antrópicas, que accionan removiendo y transportando los suelos y así modificando el relieve, y la cantidad de suelo removido varía de acuerdo a las diversas características de los suelos y otros factores externos como

el clima, tipos de vegetación, tipos de cultivos, pendiente, precipitación y otros diferentes usos que se desarrollan en el suelo. Andaluz (2006) detalla que se pierden aproximadamente 6 millones de ha/año por erosión de suelos a nivel mundial y 20 millones de hectáreas de suelos se degradan perdiendo su aptitud agrícola, en el Perú los ríos de la angosta faja costera arrastran 632 millones de metros cúbicos anuales de sedimentos, lo que prácticamente equivale a la pérdida arable de 316 mil hectáreas por año.

Según el Servicio Nacional de Áreas Protegidas (SERNANP, 2015) en su Plan Maestro de Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh) 2015-2019 detalla que el sector San Alberto posee un ecosistema de selva alta, se caracteriza por una densa vegetación, que posee pendiente alta y sufren impactos por la precipitación anual que oscila entre 1800 – 6000 mm además de poseer suelos pobres y susceptibles a la erosión. En la microcuenca de San Alberto del distrito de Oxapampa se desarrollan diversas actividades productivas y extractivas como actividades agrícolas, ganadera, extracción forestal, uso de pesticidas, conversión de bosques en tierras agropecuarias, quema de pastizales, apertura de senderos y otros que impactan el suelo directamente; por lo que se desconoce la cantidad de suelo movilizado (erosionado y sedimentados), considerando que la microcuenca de San Albero, y según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015) posee diferente tipos de cobertura vegetal como el Bosque de montaña montano (Bm-mo), cobertura de reforestaciones y actividades agrícolas que se desarrollan en el suelo.

La erosión hídrica es un proceso continuo de pérdida de suelos, si se continua a nivel nacional, regional y local sin implementar mecanismos para contrarrestar y conservar los suelos, el impacto continuará hasta degradar y

desertificar los suelos.

En ese sentido la presente investigación busca cuantificar la cantidad de suelo que se moviliza en la microcuenca de San Alberto y que sirva como línea base para adoptar técnicas y mecanismos para controlar la erosión de suelos, además se pretende conocer cómo influyen los diferentes tipos de cobertura vegetal en la erosión de suelos en la microcuenca de San Alberto del distrito y provincia de Oxapampa.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se desarrolló en la microcuenca de San Alberto del distrito y provincia de Oxapampa del departamento de Pasco, donde se cuantificó el suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar, por factores naturales (la precipitación, pendiente del terreno, tipo de vegetación y textura del suelo), aplicando la metodología de clavos de erosión.

## **1.3. Formulación del problema**

### **1.3.1. Problema principal**

¿Cuál es la cantidad del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar por factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019?

### **1.3.2. Problemas específicos**

- ¿Qué factores naturales influyen en la cantidad del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019?
- ¿Cuál es la cantidad de la erosión media y la sedimentación media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, en la

microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Cuantificar el suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar por factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- Determinar los factores naturales que influyen en la cantidad del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.
- Cuantificar la erosión media y la sedimentación media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.

#### **1.5. Justificación de la investigación**

##### **1.5.1. Justificación teórica**

La investigación se realizó con el fin de generar datos e información sobre cantidad del suelo movilizado que es generado por erosión hídrica laminar mediante los factores naturales; tales como la precipitación, pendiente, tipo de vegetación y la textura del suelo, aplicando el método de clavos erosión para establecer una línea base de erosión hídrica a nivel laminar en cobertura del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y cobertura Forestal- herbazal y así contribuir como referencias teóricas para futuras investigaciones.

### **1.5.2. Justificación práctica**

El proyecto investigación generó una base de información que permite aplicar planes de manejo para el adecuado uso de los suelos forestales, agrícolas, pecuarias, y conservación de bosques, para así mejorar la calidad de vida en la población, a fin de conservar bosques o cobertura vegetal en áreas frágiles o susceptibles a deslizamientos, huaycos.

### **1.5.3. Justificación metodológica**

El presente proyecto de investigación contribuye a conocer la eficacia de la aplicación de la metodología aplicada a la microcuenca de San Alberto para cuantificar la cantidad de suelo movilizado por erosión hídrica laminar.

### **1.5.4. Justificación social**

Con esta investigación se busca que la población Oxapampina adopte acciones de conservación de suelos de la erosión, ya que esto beneficia a la población de la microcuenca de San Alberto y Oxapampa por los servicios ecosistémicos directos e indirectos que nos aportan los bosques y áreas con cobertura vegetal.

## **1.6. Limitaciones de la investigación**

### **1.6.1. Limitación temporal**

La limitación de la investigación fue el tiempo, ya que, para tener datos con mayor precisión sobre la movilización del suelo generado por erosión hídrica laminar, deben realizarse por periodos largos de estudio considerando los factores erosivos.

### **1.6.2. Limitación espacial**

El trabajo de campo, en el reconocimiento previo al área de estudio

demandó ingresar a los diferentes terrenos con cobertura de Bosque de montaña montano (Bo-mo), áreas de cobertura forestal y herbazal para coordinar con los propietarios que nos autoricen el ingresos a sus predios, por lo que en su mayoría se negaron a autorizarnos el ingreso y así limitando el acceso y desarrollo en más áreas.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de estudio

##### 2.1.1. Antecedente internacional

Ávila (2018) en su investigación titulada Pérdida de la fertilidad del suelo por erosión hídrica en la cuenca propia del lago de Chapala, Michoacán, cuyo objetivo fue Cuantificar la erosión del suelo de la cuenca propia del lago de Chapa, para obtener los elementos necesarios que permitan diagnosticar el grado de degradación del recurso suelo. **Metodología:** La metodología empleada en la investigación fueron las parcelas de erosión escorrentía y clavos. **Resultado:** En la cuenca del lago se pierde 4000 t aprox. de suelo en terrenos de agricultura, 1500 t aprox. en pastizales, 809 t en superficie de agricultura con riego y 200 t en superficies con matorral subtropical y la cantidad de nutrimentos que se pierden por erosión hídrica que de 1 a 158 t y en materia orgánica fue de 0.5 a 6 t.

**Conclusión:** La consecuencia directa de la erosión hídrica es una disminución en la fertilidad del suelo, debido a la pérdida de nutrientes, a su deterioro físico, en el lago la erosión es muy severa y se encuentra en un proceso acelerado de erosión hídrica

Pizarro, et al (2010) en su investigación titulada Evaluación de la Erosión Hídrica Superficial en Zonas Áridas y Semiáridas de Chile Central evaluó la erosión hídrica superficial en suelos desnudos de la Región de Coquimbo, Chile.

**Metodología:** La metodología empleada en el estudio para la medición de la erosión y/o sedimentación, corresponde a la utilización de parcelas con clavos de erosión. **Resultado:** Como resultado de la erosión se obtuvo para el año 2007 un suelo movilizadado de 8.28 (t/ha) para la Provincia de Elqui, de 7.06 (t/ha) para la Provincia de Limarí y de 6.51 (t/ha) para la Provincia de Choapa, y en año 2008 se obtuvo como resultado del suelo movilizadado de 5.94 (t/ha) para la Provincia de Elqui, de 7.59 (t/ha) para la provincia de Limarí y finalmente con 5.79 (t/ha) para la Provincia de Choapa. La densidad aparente y clase textural para la provincia de Elqui fue de 1.276 g/cc y un suelo franco arcilloso arenoso respectivamente, para la provincia de Limarí una densidad aparente de 1.370 g/cc y un suelo franco arenoso y para la provincia de Choapa una densidad aparente de 1.293 g/cc y un suelo franco arenoso. **Conclusión:** Se determinó que los mayores resultados promedio de erosión se encontraron en la Provincia de Limarí, seguido por la Provincia de Elqui y finalmente en la Provincia de Choapa, en donde se observó el menor valor de este proceso erosivos, recalando que el método de clavos de erosión resulta adecuado en la cuantificación y análisis de la erosión hídrica superficial, ya que introduce conceptos que permiten establecer un balance entre pérdidas y entradas de material, resultando así en estimaciones más reales.

### 2.1.2. Antecedente nacional

Colque, (2021) en su investigación titulada Determinación de la pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica mediante parcelas de escorrentía y microparcels de varillas de erosión. **Objetivo:** Cuantificar la pérdida de suelos y nutrientes causado por la erosión hídrica, en tres zonas del distrito de Mañazo, utilizando parcelas de escorrentía y las microparcels de varillas de erosión, durante la época hidrológica húmeda y transitoria. **Metodología:** Se empleó las parcelas de varillas de erosión, donde la microparcels fue constituida por 18 varillas, con una área de 3,60 m<sup>2</sup>, la longitud de la microparcels fue de 3,00 m, el ancho de 1,20 m, se utilizó varillas de fierro corrugado de (8mm de ø) y cada varilla midió 50 cm de largo estas fueron pintadas hasta la mitad (25 cm) con pintura blanca anticorrosiva y se insertó al suelo la parte no pintada, las evaluaciones se desarrollaron de acuerdo al periodo e intensidad de las lluvias, estas fueron medidas desde la parte media de las varillas que estaban insertadas en el suelo. **Resultado:** La erosión del suelo en la zona alta, media y baja fue de 20.179 t/ha, 40.667 t/ha y 5.288 t/ha respectivamente en el orden, y la densidad aparente zona alta, media y baja fue de 1.40 g/cm<sup>3</sup>, 1.35 g/cm<sup>3</sup> y 1.42 g/cm<sup>3</sup> respectivamente. **Conclusión:** El suelo erosionado tuvo un comportamiento dinámico según los factores de evaluación: pendiente, cobertura vegetal, tipo de suelo y precipitaciones; donde se registró la mayor cantidad de erosión en la zona media con 40.667 t/ha, esta zona tuvo una pendiente entre 5-15%, textura Fr a Fr-A y cobertura vegetal casi nula; la zona alta registró una erosión de 20.179 t/ha, y cobertura vegetal variable compuesta por pastos naturales, cultivo de quinua y papa, una pendiente de 74% y textura Fr-A; la zona baja fue la de menor erosión 5.288 t/ha, una pendiente de 0-5%, cobertura vegetal con cultivos de alfalfa y textura A-Fr, Fr y Fr-A. Estos resultados son determinados

principalmente por la precipitación, el cual es el factor más importante debido a que sin este no se produce el deslizamiento de partículas del suelo y también influye directamente en la cubierta vegetal, la cantidad de precipitación registrada fue de 715 mm durante el proceso de evaluación de la presente investigación.

Guevara (2019) en su investigación titulada Construcción de terrazas con la planta king grass (*Pennisetum purpureum*) para disminuir la erosión del suelo del centro poblado de Shaguindopampa- Chota. **Objetivo:** Determinar la influencia de la construcción de terrazas vivas utilizando la planta de king grass para mitigar los suelos erosionados del centro poblado de Shaguindopampa – Chota. **Metodología:** La recolección de datos del terreno erosionado la cual se hizo en dos parcelas las cuales miden 20m<sup>2</sup> c/u. una de ellas se utilizó como testigo y la otra parcela se hizo el trabajo experimental y el método de clavos y rondanas para hallar el grado de erosión del suelo en las parcelas estudiadas ya sea en el testigo y el que se realizó el estudio. En las dos parcelas se utilizó 6 clavos la cual se colocó en la superficie al momento que caía la lluvia, después de 30 min se procedió a medir cuanto de tierra se había escurrido, luego se procedió a aplicar la fórmula para hallar el grado. **Resultado:** El grado de erosión en un período de 30 días en el área testigo fue de 643.5% de suelo perdido con una pérdida laminar de 29 mm a 18 mm de tierra lo cual indica un grado catastrófico, y en la parcela King Grass la erosión cambió de 230.9% a 151.8% con una pérdida laminar de 16 mm a 16 mm, pasando de erosión catastrófica muy severo, y en una evaluación de 90 días la pérdida de suelo disminuyó de 45.7% a 19.8% con una pérdida laminar de 6.8 mm a 4.5 mm, con la aplicación de terrazas vivas con la planta King Grass se redujo el grado de erosión de catastrófico a severo, y el resultado de densidad aparente fue de 1.10 g/cm<sup>3</sup> a 1.13 g/cm<sup>3</sup>. **Conclusión:** Se determinó que en la parcela experimental donde se construyó las terrazas vivas con la planta King Grass después de 30 días se determinó que el grado de erosión va

cambiando, tenemos 230.9% - 151.8% de pérdida de suelo, disminuyendo también la lámina perdida que esta entre 16 a 13mm, y la pendiente de 13% al 10%, la densidad se mantiene entre 1.13 a 1.10 lo cual no afecta el grado de erosión del suelo y después de 90 días luego de recolectar datos se obtuvo como resultado que la pérdida de suelo está entre 45.7% a 19.8%, la lámina perdida de 6.8 a 4.5mm, la pendiente de 6% a 4% ya que este factor es la que más influye en la aceleración de la erosión del suelo, y el resultado de densidad aparente fue de 1.10 g/cm<sup>3</sup> a 1.13 g/cm<sup>3</sup>.

Duran (2018) en su investigación titulada La erosión hídrica y la degradación de suelos agrícolas en las condiciones edafoclimáticas de Ocucalla – Ambo – Huánuco 2016. **Objetivo:** Determinar la erosión hídrica y la degradación de suelos agrícolas en condiciones edafoclimáticas de Ocucalla - San Rafael - Ambo – Huánuco - 2016. **Metodología:** La metodología aplicada fue de parcelas con varillas de erosión y se evaluó de manera mensual durante 5 meses durante el periodo de lluvia, midiendo las varillas de fierro desde la superficie del suelo hasta la parte pintada y se registraron las mediciones en milímetros. **Resultado:** El suelo movilizado en milímetros (altura del suelo) en el área de estudio con cobertura de maíz fue de 1.58 mm, en el área de cobertura de pasto natural fue de 0.26 mm y en el área sin cobertura vegetal fue de 1.63 mm. **Conclusión:** El suelo presentó una erosión con cobertura de maíz 16598 kg/ha de pérdida de suelo, el suelo sin cobertura vegetal 16541 kg/ha de pérdida de suelo y la parcela de pasto natural una erosión de 2565 kg/ha y pérdida de nutrientes del suelo fue mayor en el NPK que los cationes cambiabiles, lo que denota que el NPK es más sensible a la erosión hídrica. En la parcela sin cobertura vegetal, se presentó mayor pérdida de nitrógeno y pentóxido de fósforo de 24,64 kg/ha y 0,63 kg/ha; y en el caso del Óxido de potasio (K<sub>2</sub>O), la

cobertura con pasto natural resulto mayor en la pérdida de este nutriente con 6,16 kg/ha.

Estrada (2016) en su investigación titulada Cuantificación de la erosión hídrica superficial y pérdida de nutrientes en la degradación de suelos agrícolas, con la aplicación de dos métodos de evaluación directa, parcelas de escorrentía y microparcels de varillas de erosión, en la microcuenca de Urambisa – Ambo – Huánuco 2015 cuyo objetivo consistió Determinar la cuantificación de la erosión hídrica superficial y pérdida de nutrientes en la degradación de suelos agrícolas, con la aplicación de dos métodos de evaluación directa, parcelas de escorrentía y microparcels de varillas de erosión, con metodología aplicada fue de parcelas de escorrentía y parcelas de clavos de erosión en 3 sectores, por un periodo de 6 meses. Resultado: en promedio de los 3 tratamientos de cada sector con la aplicación de los clavos de erosión, se obtuvo en la comunidad de Maraypata 5.74 t/ha/periodo de evaluación con un suelo movilizado de 0.41mm, la densidad aparente de 1.4 g/cm<sup>3</sup> y el suelo franco arenoso, en la comunidad de Huancarrumi se obtuvo 4.95 t/ha/periodo de evaluación con un suelo movilizado de 0,38 mm, la densidad aparente de 1.4 g/cm<sup>3</sup> y el suelo franco arenoso, y en la comunidad de Lomas Gordas se obtuvo 4.24 t/ha/periodo de evaluación con un suelo movilizado de 0.35mm, la densidad aparente de 1.2 g/cm<sup>3</sup> y la clase textural de un suelo franco.

**Conclusión:** Los resultados para los procesos erosivos en las parcelas con pasto natural determinaron que para erosión, los mayores resultados promedio se encontraron en el Sector III – P1, seguido por el Sector I – P1 y finalmente se ubicó el Sector II – P1, en donde se observó el menor valor de este proceso y respecto a los resultados de los procesos erosivos en las parcelas en descanso determinaron que para erosión, los mayores resultados promedio se encontraron en el Sector I,

seguido por el Sector II y finalmente se ubicó el Sector III, en donde se observó el menor valor de este proceso.

Vásquez y Tapia (2011) su investigación titulada Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las laderas semiáridas de la Sierra Peruana. **Objetivo:** Consistió en medir de la erosión hídrica superficial en áreas representativas de la sierra peruana. **Metodología:** La metodología para la medición de la erosión hídrica y/o la sedimentación fue la de las parcelas con varillas o clavos de erosión, cuya ubicación, instalación y mediciones se efectuó en 22 microcuencas de 12 regiones de la sierra durante los años 2010 y 2011. **Resultado:** De las 22 microcuencas estudiadas, en 17 de ellas se tuvo una diferencia altamente significativa entre las tasas promedio de erosión hídrica expresadas tanto en mm/año como en t/ha/año, entre las áreas con zanjas de infiltración y sin zanjas (testigo); en 4 de ellas la diferencia fue significativa y solo en la microcuenca Piuray, ubicada en la provincia Urubamba, región Cuzco, no existió ninguna diferencia entre ambos, la densidad aparente se encontró entre el rango de 1.25 g/cm<sup>3</sup> hasta 1.60 g/cm<sup>3</sup>. **Conclusión:** La pérdida promedio del suelo por erosión hídrica en las laderas de la sierra peruana es sumamente alta, del orden de los 45 t/ha-año, para pendientes de ladera entre los 18 al 40%. La pérdida de suelo por erosión hídrica en laderas de la sierra, tratadas con zanjas de infiltración son del orden de las 24.44 t/ha año. La zanja de infiltración es una práctica efectiva para el control de la erosión y la captación de agua de lluvia en laderas.

## 2.2. Bases teóricas-científicas

### 2.2.1. Suelo

Thompson y Troeh (2012) detalla que el suelo es una capa de espesor

variable de centímetros hasta metros que cubre la superficie terrestre, en ella se encuentran el reino animal, vegetal y mineral, establecidos en una relación dinámica. El suelo está compuesto en la parte sólida por la materia mineral, materia orgánica, y los espacios vacíos o también llamados poros que ocupan dentro del suelo se encuentran el aire y el agua.

Porta et al (2008) menciona que los suelos componen una capa variable en la superficie terrestre, que varía de centímetros a metros, y además permite el desarrollo de diferentes actividades para la vida humana, a través de intercambios entre litosfera, la biosfera y la atmosfera.

Zavaleta (1992) menciona que el suelo es la porción superficial de la corteza terrestre que a través del tiempo ha sido modificada “in situ” en capas que son diferentes las capas superficiales de los materiales solidos o rocosos más profundos que no han sido alterados.

Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2019) define al suelo como un cuerpo natural que está organizado en capas o llamado horizontes, y se encuentra compuesto por minerales meteorizados, materia orgánica, aire y agua, además el suelo es considerado como el resultado de la intervención del tiempo, topografía, clima, organismos sobre el material parental que son las rocas y minerales originarios.

## **2.2.2. Propiedades del suelo**

### **2.2.2.1. Propiedades físicas**

Thompson y Troeh (2012) menciona que las propiedades físicas del suelo son aquella que pueden evaluarse de forma visual o mediante el tacto, y dentro de ellas lo clasifica en; el espesor del suelo, la textura,

estructura, porosidad, color y temperatura. Por otro lado, según Avenza (2013) describe dentro de las propiedades físicas se encuentran la textura, estructura, composición, porosidad, permeabilidad, tenacidad, cohesión, tempero y calor.

#### **2.2.2.2. Textura**

Thompson y Troeh (2012) define la textura del suelo como porcentaje en peso de fracciones minerales de área, limo y arcilla de las partículas, de modo que los suelos francos tienen las tres fracciones de modo equilibrado.

Organización para la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2012) describe que la propiedad física del suelo en cuanto a textura es la proporción de arena, limo y arcilla que conforman el suelo, y se puede expresar matemáticamente como el  $\%Arena + \%Limo + \%Arcilla = 100\%$

FAO (2012) menciona que la textura es importante porque afecta la retención de humedad, movimiento del agua, disponibilidad de nutrientes, de acuerdo a la textura tenemos los siguientes suelos y la combinación procede de:

- **Suelos arenosos:** Cuando en la mezcla predomina la arena, son suelos de textura ligera y fácil de trabajar. Se caracterizan por ser permeables, de buen drenaje, baja capacidad de retención de humedad y pobre fertilidad química FAO (2012).
- **Suelos arcillosos:** La arcilla predomina en este tipo de suelo, se les conoce como suelos de textura pesada por su dificultad para ser

trabajados. Generalmente son impermeables, presentan mal drenaje, buena retención de humedad, fertilidad química variada y fertilidad biológica pobre FAO (2012).

- **Suelos francos:** Cuando la mezcla tiene proporciones iguales de arena, limo y arcilla. Estos suelos son ideales porque tienen buena retención de humedad, buen drenaje y excelente fertilidad química y biológica FAO (2012).

### 2.2.2.3. Propiedades químicas

Villalobos y Fereres (2017) clasifica las propiedades químicas que continuamente se emplean en la calidad del suelo, en la capacidad de intercambio catiónico, pH y concentración de carbono orgánico.

Avenza (2013) clasifica que dentro de las propiedades químicas se encuentra el pH, la conductividad eléctrica y la capacidad de intercambio catiónico.

Villalobos y Fereres (2017) describe que el pH es la disolución del suelo de protones retenidos por coloides de arcillas, materia orgánica y óxidos, que se expresa en el grado de acidez o alcalinidad.

FAO (2019) menciona que la acidez del suelo se le conoce como el pH del suelo y se refiere al grado de acidez, neutralidad o alcalinidad, donde los suelos ácidos tienen un pH menor que 7 y se encuentran suelos de la selva y también en la sierra, los suelos alcalinos tienen pH mayor que 7, y son característicos de suelos de la costa, donde las lluvias son escasas, y suelos neutros con pH de 7 se encuentran mayormente distribuidos en la costa y regiones áridas en general.

#### **2.2.2.4. Propiedades biológicas**

Villalobos y Fereres (2017) menciona que los suelos albergan gran cantidad de organismos vivos que influyen en los cambios físicos y químicos del suelo, donde los micro y macroorganismos degradan los compuestos orgánicos que se encuentran en el suelo, y dentro de la propiedad biológica encontramos la diversidad bacteriana, presencia de patógenos, biomasa bacteriana, lombrices, tasa de respiración. Por otro lado, para Avenza (2013) dentro de las propiedades biológicas se encuentra la materia orgánica, el humus, la fauna edáfica, microflora y la macroflora.

#### **2.2.3. Erosión**

Andaluz (2006) describe la erosión como un proceso donde el suelo y los materiales rocosos se sueltan o disuelven de la superficie terrestre, siendo la erosión un fenómeno natural, que es acelerado por el hombre, quien interrumpe el equilibrio natural existente entre regeneración y remoción de la tierra (resiliencia), el viento y el agua son los elementos que inciden en la remoción y transporte de la tierra.

Villalobos y Fereres (2017) explica que la erosión es el proceso de pérdida de suelo, para ello se requiere de energía del impacto de las gotas de las lluvias y a la vez se encarga de transportar todo el material que se desprende, como consecuencia la erosión tiene dos efectos importantes; la primera la disminución de profundidad del suelo y la pérdida de fertilidad.

Ministerio de Agricultura (MINAGRI, 2014) explica que la erosión es el desprendimiento y arrastre del suelo de un lugar a otro causado por la lluvia, el viento, o por, malas prácticas que realiza el hombre en sus terrenos agrícolas, y como consecuencia disminuye poco o poco la profundidad del suelo y hace que

pierda su fertilidad, y en Perú la erosión del suelo afecta mayormente a los suelos de la región alto-andina.

### **2.2.3.1. Factores de Erosión**

MINAGRI (2014) agrupa al suelo a la lluvia, las características del suelo, la pendiente del terreno, la vegetación y la acción del hombre en el manejo del suelo como factores determinantes en la erosión hídrica.

#### **a. Factores naturales**

- **Clima:** según Cisneros et al. (2012) menciona que la precipitación y su energía cinética es el principal factor climáticos, con las lluvias o tormentas de acuerdo a la intensidad y duración desencadenan procesos de desprendimiento y escurrimiento. Por otro lado, Díaz (2007) menciona que la precipitación en diferentes formas de caída de agua de la atmósfera hacia la superficie terrestre, considerando la intensidad y esta cuando sobrepasa los 25 mm/hora causa erosión, debajo de este nivel la energía es tan baja que las gotas no tienen capacidad de realizar el trabajo de erosión Díaz (2007).
- **Relieve:** Díaz (2007) considera el grado de pendiente, ya que al aumentar la pendiente la velocidad del flujo se incrementa de tal manera que, al duplicarse la pendiente, la cantidad de suelo erosionada es de 2.5 veces.
- **Vegetación:** Díaz (2007) menciona que tiene mucha implicancia la densidad y el tipo de vegetación, debido a que una buena densidad vegetal sobre el suelo (100 %), impedirá que las gotas de lluvia lleguen directamente a él disipando la energía cinética de las gotas de lluvia, además que las raíces de éstas amarran el suelo, principalmente las de raíces fibrosas como los pastos y en cuanto al tipo de vegetación si son

árboles reducirán la energía cinética de las gotas de lluvia las cuales resbalarán por hojas y ramas hasta el suelo permitiendo una mayor infiltración y recarga del manto acuífero, en tanto que los cultivos limpios como el maíz tienen escasa cobertura (densidad) y facilitan en mayor grado a erosión menor retención de agua en el suelo.

### **Vegetación de existente en la microcuenca de San Alberto –**

**Oxapampa:** Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015) el Bosque de montaña montano (Bm-mo) comprende la Yunga, se extiende a continuación del bosque de montaña basimontano, es decir, aproximadamente entre 2000 y 3000 m. s. n. m. el bosque de montaña montano, éste se desarrolla sobre laderas empinadas cubiertas de material coluvial, con pendiente desde hasta más de 50 % y en donde se originan muchas quebradas debido a la erosión ocasionada por la alta precipitación pluvial. Las comunidades de árboles alcanzan alturas máximas de hasta de 20-25 m en el nivel inferior y hasta de 10-15 m en el límite altitudinal superior.

**Herbazal** este tipo de cobertura vegetal se encuentra ubicado en la llanura y se desarrolla en sustratos, aflorando un denso tapiz herbáceo de porte bajo que cubre totalmente el suelo (MINAM, 2015).

**Plantaciones forestales** (MINAM, 2015) menciona que son coberturas que corresponden a todas las áreas reforestadas ubicadas en tierras con aptitud forestal, En esta superficie se han establecido árboles que conforman una masa boscosa y que tiene un diseño, tamaño y especies definidas para cumplir objetivos específicos como plantación productiva, fuente energética, protección de zonas agrícolas, protección

de laderas, protección de espejos de agua, detener la erosión del suelo y regular el agua de escorrentía. Esta plantación forestal se desarrolla muy bien en climas desde subhúmedo hasta húmedo, es decir, arriba de los 500 mm/año.

#### **b. Factores antrópicos**

Según Cisneros et al. (2012) refiere que el uso y manejo de los suelos por la acción del hombre agrava la complejidad de los procesos físicos, a través de la forma de ocupación y uso de la tierra, contribuyendo en gran parte al deterioro del suelo, así las actividades, agrícolas, ganaderas, viales, forestales, etc., significan en general una alteración al medio.

#### **2.2.4. Tipos de erosión**

Los tipos de erosión se clasifican de la siguiente manera:

##### **2.2.4.1. Erosión hídrica**

Imeson y Curfs (2015) sostiene que la erosión hídrica hace referencia a la pérdida de los suelos por la acción de la lluvia en diversas formas que impactan directamente con el suelo.

##### **2.2.4.2. Erosión eólica**

Imeson y Curfs (2015) sostiene que el viento es el agente causal natural de la erosión del suelo, ya que ejerce una fuerza directamente en el suelo causando el desprendimiento de las partículas de arena y limo, siendo transportadas con facilidad si no están unidas a las raíces o a la materia orgánica.

##### **2.2.4.3. Erosión antropogénica**

Imeson y Curfs (2015) sostiene que el agente causal directo de este

tipo de erosión es el hombre, pues es este quien se encarga de modificar el entorno natural del suelo de manera abrupta y hasta irreversible mediante actividades agropecuarias de manera intensiva, la construcción de carreteras, presas, asentamientos, etc., siendo consideradas como formas de erosión acelerada.

#### **2.2.5. Tipos o niveles de erosión hídrica**

##### **2.2.5.1. Erosión por salpicadura**

Cisneros et al. (2012) explica que las gotas de lluvia impactan de sobre los agregados de un suelo desnudo liberando partículas, produciéndose pequeños cráteres, que se desplazan en un radio máximo de 150 cm, siendo las arenas finas las más afectadas, puede dar origen a un sello o costra superficial que influirá negativamente en las velocidades iniciales de infiltración

##### **2.2.5.2. Erosión laminar**

Cisneros et al. (2012) menciona que la erosión laminar es una forma de erosión superficial que se produce por acción del escurrimiento, perdiéndose una fina y uniforme capa de toda la superficie del suelo en forma de lámina y es poco perceptible.

##### **2.2.5.3. Erosión por surcos**

Cisneros et al. (2012) menciona conforme aumentan los caudales, y la velocidad, se pasa de un flujo de tipo laminar a uno concentrado, definido por la micro topografía del terreno, este tipo de escorrentía concentrada tiene una mayor capacidad de desprendimiento y de transporte que el flujo laminar, con lo cual las tasas de erosión por este mecanismo se

incrementan, pasando el flujo de tipo subcrítico a supercrítico.

#### **2.2.5.4. Erosión por cárcavas**

Cisneros et al. (2012) menciona que las cárcavas o zanjas son la manifestación más visible y llamativa del proceso erosivo, estas se desarrollan a partir de la acción del escurrimiento sobre la superficie, luego de que se alcanza un cierto caudal y velocidad del flujo, y se considera una cárcava como aquella forma de erosión que no puede ser borrada por las labranzas, y la forma de la cárcava depende del tipo del suelo, subsuelo y del potencial de escurrimiento.

#### **2.2.5.5. Erosión por movimientos de masa**

Cisneros et al. (2012) explica que la erosión por movimientos de masa implica el desplazamiento de grandes volúmenes de material en condiciones especiales de humedad, pendiente y tipo de suelo, los movimientos en masa se producen frecuentemente en suelos someros, asentados sobre un material impermeable, como rocas graníticas, bajo fuertes pendientes, en estas condiciones el material “fluye” sobre la interface suelo-roca por un efecto mecánico de disminución de la resistencia al corte, aumento del peso y lubricación del contacto entre ambas capas.

### **2.2.6. Proceso de erosión**

#### **2.2.6.1. Arranque**

Díaz (2007) menciona que el arranque es el proceso se inicia por el impacto de las gotas de lluvia hasta de 6 mm de diámetro sobre el suelo, que ocasiona el aflojamiento, separación y disgregación de los agregados del suelo, en partículas de menor tamaño que puedan ser transportadas por

la escorrentía.

#### **2.2.6.2. Transporte**

Díaz (2007) menciona que el transporte es el proceso donde las partículas o porciones del suelo se mueven a través de la pendiente gracias a la escorrentía.

#### **2.2.6.3. Sedimentación**

Díaz (2007) menciona que es un proceso donde las partículas y materiales del suelo que son transportados se depositan y sedimentan cuando disminuye la capacidad de transporte del flujo de la escorrentía.

#### **2.2.7. Clases de erosión potencial**

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (FAO, 2020) clasifica la erosión en cinco niveles, de acuerdo a la magnitud expresado en toneladas por hectárea por año.

- a. CLASE A - nula a ligera:** En un sistema de producción agrícola sin participación de la ganadería los requerimientos en prácticas de manejo y conservación son mínimos y simples.
- b. CLASE B - baja:** En un sistema son necesarias prácticas culturales simples y/o algunas prácticas vegetativas para controlar la erosión.
- c. CLASE C - moderada:** Necesita prácticas conservacionistas culturales, estructurales y vegetativas para mantener las pérdidas de suelo en un nivel tolerable en un sistema agrícola.
- d. CLASE D - alta:** No se puede practicar un sistema de producción exclusivamente agrícola, requiere un manejo que incluya rotaciones con pasturas. Durante la fase agrícola necesita prácticas conservacionistas

estructurales, culturales y vegetativas.

- e. **CLASE E - muy alta:** La alta susceptibilidad a la erosión hídrica, obliga a mantener una vegetación permanente protectora del suelo (pasturas, forestales, cultivos perennes con prácticas estructurales y vegetativas).

**Tabla 1:** *Clasificación de la erosión hídrica potencial.*

<b>Clase</b>	<b>Erosión</b>	<b>Magnitud (t/ha/año)</b>
Clase A	Erosión nula a ligera	0 - 30
Clase B	Erosión baja	31 - 60
Clase C	Erosión moderada	61 - 120
Clase D	Erosión alta	121 - 360
Clase E	Erosión muy alta	Mayor a 360

*Nota.* Extraído de FAO (2020).

#### **2.2.8. Evaluación de erosión**

León (2002) detalla que los métodos de estimación de pérdidas de los suelos son herramientas importantes para la planificación del uso de la tierra, para ello se cuenta con los métodos directos; que depende de la recolección de información de campo con cálculos matemáticas, a partir del montaje de ensayos en campo con mediciones periódicas, a través de medición de variación del nivel superficial, estacas de erosión, medición de la escorrentía superficial, medición de la erosión por salpicadura, y otros tipos de medición, a diferencia de los métodos indirectos que se hacen estimaciones indirectas con modelamiento del fenómeno, donde el modelo de tipo paramétrico que más destaca es la Ecuación Universal de Pérdidas de Suelos.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2010) sostiene que el principal método para medir la tasa de erosión del suelo es mediante la obtención de datos de campo en parcelas de erosión

y clavos de erosión, a través de monitoreo permanente de estas parcelas para estudiar los factores que afectan la erosión, ya que se pueden controlar algunas condiciones en cada parcela.

#### **2.2.8.1. Método de clavos en parcelas de erosión**

UNESCO (2010) refiere que las parcelas clavos de erosión, es un método que consiste en parcelas rectangulares a las cuales se les instalan “clavos” que marcan la línea inicial del suelo, cuya medición se realiza posterior a la ocurrencia de una tormenta con el objetivo de evaluar la erosión o la sedimentación producida, además señala que, según la finalidad de la investigación, se estima las dimensiones de las parcelas de clavos de erosión.

##### **1. Metodología de cálculo de las parcelas de clavos de erosión**

UNESCO (2010) establece que la extensión del clavo debe cubrir una penetración de 30 cm sobre el suelo y el espesor debe ser de 5 mm, para que no interfiera sobre la escorrentía., que se colocan cuidadosamente a lo largo de un transecto a intervalos regulares, realizándose las mediciones con una regla milimetrada cada cierto intervalo de días y de esta forma medir el espesor de la capa de suelo perdida en un determinado periodo de tiempo, la cuantificación del suelo perdido se estima a partir de la erosión y sedimentación media, erosión neta y el cálculo de suelo movilizado.

Pizarro y Cuitiño (2002) indican que el método de las varillas o clavos de erosión es adecuado para cuantificar la erosión hídrica producida en un sector determinado y que sea representativo del área a ser evaluada, además, señalan que permite medir tanto la erosión, así como la sedimentación que se pueda producir en el mismo lugar.

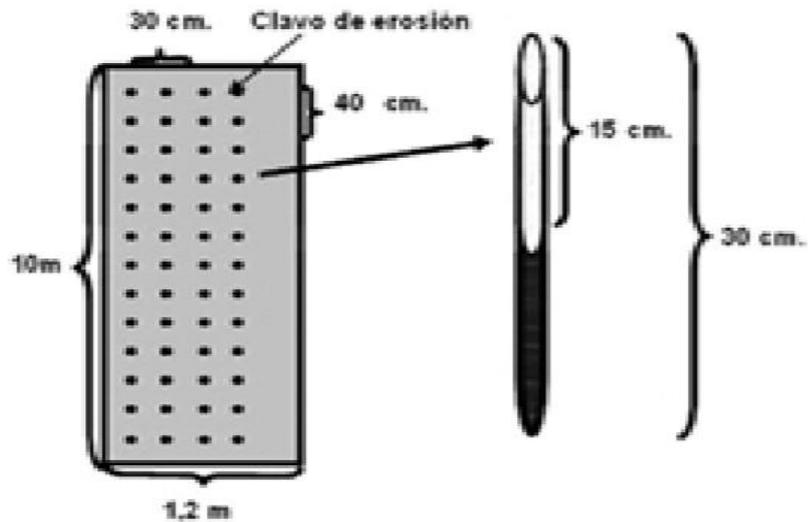
León (2002) menciona referente a las dimensiones de las parcelas y frecuencia de registros, en el caso de evaluación de diferentes cubiertas vegetales, de acuerdo a su tipo dependerá el número y distribución espacial de las estacas; arreglos de ellas en cuadrícula a distancias hasta de 10 m, en el caso de evaluación de usos o manejos específicos, tales como pastos o bosques.

León (2002) refiere que, para la frecuencia de registro y tratamiento analítico respectivos, se recomiendan períodos de (10 - 15 días) por un tiempo mínimo de 1 año; con tales registros se podrán calcular las pérdidas o acumulaciones en términos de peso, correspondiendo cada situación pérdida o acumulación a una altura, que para el conjunto de estacas origina una altura promedio, dato que junto al del área de trabajo, permite determinar el volumen de suelo perdido.

UNESCO (2010) recomienda que la metodología utilizada para las dimensiones de las parcelas es la siguiente:

- 10 m de largo y 1,2 m de ancho.
- Los clavos se distancian a 30 cm en el largo de la parcela y a 40 cm en el ancho, considerando varianza máxima y un error de muestreo de 5%.
- Cada parcela se instala en forma aleatoria en el lugar del ensayo con el cuidado que la distancia entre ellas sea mayor a 3 m.
- El largo de los clavos es de 30 cm de largo, los que se encuentran pintados con el objeto de marcar el nivel inicial del suelo.

**Figura 1:** *Diseño de parcelas de clavos de erosión.*



Nota: UNESCO (2010) establece como referencia para diseñar las parcelas de clavos de erosión

## **2. Cálculo del suelo movilizado**

UNESCO (2010) explica que, para la utilización de la metodología mencionada, se deben tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Definición de los lugares de emplazamiento de las parcelas.
- Definición de las características de las parcelas, preparación del material necesario para implementarlas y preparación de la superficie del suelo en que se instalan las parcelas.
- Trabajo en laboratorio para determinar características de densidad aparente del suelo.
- Medición de los clavos de erosión en lapsos aproximados de 15 días y durante 6 meses.
- Procesamiento y análisis de la información (análisis estadístico).

### **a. Erosión media y sedimentación media**

UNESCO (2010) explica que la erosión media se estima al sumar

los incrementos en altura de la parte superior del clavo hasta el suelo, medidos entre el tiempo  $i$  y el tiempo  $i+1$ , de todos los clavos de la parcela que denotaron la presencia de procesos erosivos, dividida esta sumatoria por el total de clavos presentes en la parcela. Esto define una altura de erosión promedio que normalmente se expresa en milímetros, que se multiplica por la densidad aparente del suelo, se tiene la expresión de la erosión en toneladas por hectárea de superficie.

UNESCO (2010) explica que la sedimentación media se estima al sumar el valor decremental de la parte superior del clavo hasta el suelo, medidos entre el tiempo  $i$  y el tiempo  $i+1$ , de todos los clavos de la parcela que denotaron la presencia de procesos de sedimentación, dividida la sumatoria por la cantidad de los clavos de la parcela, que se multiplica por la densidad aparente del suelo, se tiene la expresión de la erosión en toneladas por hectárea de superficie.

$$\text{Formula: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10$$

Donde:

- X: Suelo erosionado o sedimentado (t/ha).
- Y: Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm).
- Da: Densidad aparente del suelo ( $t/m^3$ ).

#### **b. Erosión neta**

UNESCO (2010) detalla que se denomina como erosión neta (En) a la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida en una ladera, expresada en metros cúbicos por hectárea o toneladas por hectárea, se

calcula a través de la diferencia entre la erosión media del suelo y la sedimentación media, expresada en toneladas por hectárea.

$$\text{Formula: } E_{\text{neta}} = E - S$$

Donde:

- $E_{\text{neta}}$ : Erosión neta media (t/ha)
- E: Erosión media (t/ha)
- S: Sedimentación media (t/ha)

### c. Suelo movilizado

UNESCO (2010) menciona que el suelo movilizado se halla al cuantificar la erosión media con la sedimentación media, cuya suma permite describir la totalidad de suelo que se movilizó en el terreno, expresado en toneladas por hectárea.

$$\text{Formula: } SM = E + S$$

Donde:

- SM: Suelo movilizado (t/ha)
- E: Erosión media (t/ha)
- S: Sedimentación media (t/ha)

### 2.3. Definición de términos básicos

- **Bosque de montaña montano (Bm-mo):** El bosque de montaña montano, que comprende la Yunga, se extiende a continuación del bosque de montaña basimontano, éste se desarrolla sobre laderas empinadas cubiertas de material coluvial, con pendiente desde hasta más de 50 %.
- **Cuencas hidrográficas:** Depresión o forma hidrográfica que hace que el

territorio vaya perdiendo altura a medida que se acerca al nivel del mar. Las cuencas hidrográficas hacen que el agua que proviene de las montañas o del deshielo descienda por la depresión hasta llegar al mar.

- **Erosión:** La erosión es el desgaste o desprendimiento de suelos y rocas producen por distintos procesos en la superficie de la Tierra. La erosión implica movimiento, transporte del material, en contraste con la alteración y disgregación de las rocas.
- **Erosión antrópica:** El agente causal directo de este tipo de erosión es el hombre, pues es este quien se encarga de modificar el entorno natural del suelo de manera abrupta y hasta irreversible mediante la construcción de carreteras, presas, asentamientos, etc.
- **Erosión hídrica:** La erosión hídrica hace referencia a la pérdida gradual de material del suelo a medida que va quedando en superficie, siendo liberadas las partículas por impacto de las gotas de lluvia en un suelo desnudo y transportadas vertientes abajo por el agua de escorrentías superficial,
- **Erosión Laminar:** Es una forma de erosión superficial que se produce por acción del escurrimiento, perdiéndose una fina y uniforme capa de toda la superficie del suelo en forma de lámina.
- **Erosión media:** Es la cantidad de suelo que se pierde, se estima al sumar los incrementos en altura de la parte superior del clavo hasta el suelo, medidos entre el tiempo  $i$  y el tiempo  $i+1$ , de todos los clavos de la parcela que denotaron la presencia de procesos erosivos, dividida esta sumatoria por el total de clavos presentes en la parcela.
- **Erosión neta:** Se denomina como erosión neta ( $E_n$ ) a la diferencia entre la erosión y la sedimentación ocurrida en una ladera, expresada en metros cúbicos

por hectárea o toneladas por hectárea.

- **Factores de erosión:** considerado en factores naturales y factores antrópicos, las cuales son agentes causantes de la erosión.
- **Herbazal:** Este tipo de cobertura vegetal se encuentra ubicado en la llanura. Este tipo de cobertura vegetal se desarrolla en sustratos, aflora un denso tapiz herbáceo de porte bajo que cubre totalmente el suelo.
- **Método de clavos en Parcelas de Erosión:** Las parcelas Experimentales de Clavos de Erosión, es un método que consiste en parcelas rectangulares a las cuales se les instalan “clavos” que marcan la línea inicial del suelo, cuya medición se efectúa luego de ocurrida la tormenta con el objetivo de evaluar la erosión o la sedimentación producida.
- **Microcuenca:** Se define como una pequeña unidad geográfica donde vive una cantidad de familias que utiliza y maneja los recursos disponibles, principalmente suelo, agua y vegetación.
- **Pendiente:** indica el grado de inclinación de un terreno.
- **Plantaciones forestales:** Esta cobertura corresponde a todas las áreas reforestadas ubicadas en tierras con aptitud forestal.
- **Porosidad:** esto hace referencia a la cantidad de huecos que pudieran existir en cierta cantidad determinada de suelo. Esta característica permite el almacenamiento de agua, cuando se trata de microporos; y para el buen desarrollo de raíces cuando se trata de macroporos.
- **Precipitación:** es la cantidad de lluvia que cae en un área determinado, medido en unidad de milímetro (mm).
- **Sedimentación media:** Se estima al sumar el valor decremental de la parte superior del clavo hasta el suelo, medidos entre el tiempo  $i$  y el tiempo  $i+1$ , de

todos los clavos de la parcela que denotaron la presencia de procesos de sedimentación, dividida la sumatoria por la cantidad de los clavos de la parcela, que se multiplica por la densidad aparente del suelo.

- **Suelo:** El suelo es uno de los componentes principales de la tierra, que cumple funciones principales tanto de sostenimiento de la planta como de fuente de nutrientes para el desarrollo de las mismas. La limitación por el suelo está dada por la deficiencia de alguna de las características, lo cual incide en el crecimiento y desarrollo de la planta, así como en su capacidad productiva.
- **Suelo movilizado:** Suelo movilizado se determina al cuantificar la erosión media con la sedimentación media. La expresión matemática permite describir la totalidad de suelo que se movilizó en el terreno, expresado en toneladas por hectárea.
- **Textura.** La textura se refiere a la cantidad (%) y calidad de las partículas minerales que contiene el suelo. Existen varios tipos de partículas minerales en el suelo, pero las principales son 3: arena, limo y arcilla.
- **Vegetación:** conjunto de plantas que crecen en lugares determinados.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

**Hi:** La cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa Pasco 2019, se encuentra dentro de la clase B una erosión baja de 31 a 60 t/ha/año, con medias del suelo movilizado diferentes.

**Ho:** La cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar

mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa Pasco 2019, no se encuentra dentro de la clase B una erosión baja de 31 a 60 t/ha/año, con medias de suelo movilizado similares.

#### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- H<sub>1</sub>: Los factores erosivos naturales identificados y definidos en la cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019, son; la precipitación, grado de pendiente, tipo de vegetación y la textura.
- H<sub>2</sub>: La cantidad de la erosión media es mayor a la sedimentación media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.

### **2.5. Identificación de las variables**

#### **2.5.1. Variable dependiente**

Suelo movilizado.

#### **2.5.2. Variable independiente**

- Erosión media (de la erosión hídrica laminar).
- Sedimentación media (de la erosión hídrica laminar).

#### **2.5.3. Variable interviniente**

- Precipitación (de los factores naturales).
- Grado de pendiente (de los factores naturales).
- Tipo de vegetación (de los factores naturales).
- Propiedades físicas del suelo (textura) y densidad (de los factores naturales).

## 2.6. Definición operacional de variables e indicadores

**Tabla 2:** *Matriz de consistencia.*

Problema general	Problemas específicos	Objetivo general	Objetivos específicos	Hipótesis general	Hipótesis específicos
¿Cuál es la cantidad del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar por factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019?.	¿Qué factores naturales influyen en la cantidad del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019?	Cuantificar el suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar por factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.	Identificar y medir los factores naturales que influyen en la cantidad del suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.	<p><b>Hi:</b> La cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa Pasco 2019, se encuentra dentro de la clase B una erosión baja de 31 a 60 t/ha/año, con medias del suelo movilizado diferentes.</p> <p><b>Ho:</b> La cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa Pasco 2019, no se encuentra dentro de la clase B una erosión baja de 31 a 60 t/ha/año, con medias del suelo movilizado similares.</p>	<p>H<sub>1</sub>: Los factores erosivos naturales identificados y definidos en la cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019, son; la precipitación, grado de pendiente, tipo de vegetación y las propiedades físicas del suelo (textura).</p> <p>H<sub>2</sub>: La cantidad de la erosión media es mayor a la sedimentación media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019</p>
	¿Cuál es la cantidad de la erosión media y la sedimentación media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019?	Cuantificar la erosión media y la sedimentación media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.	Cuantificar la erosión media y la sedimentación media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.		

**Tabla 3: Operacionalización de Variables**

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicador
A. Variable Dependiente: Suelo movilizado.	El suelo movilizado se obtiene al cuantificar tanto la erosión media como la sedimentación ocurrida. La expresión matemática permite describir la totalidad de suelo que se movilizó en el terreno, expresado en toneladas por hectárea.	El suelo movilizado se halla sumando la erosión media y la sedimentación media, dato recolectado de las varillas o clavos de las parcelas de erosión en mm, aplicando la observación como técnica de recolección de datos. El registro de los datos se realizó con una frecuencia de 15 días y de 1 mes dependiendo de la precipitación en un periodo de 6 meses.		Cantidad de sedimentación media y erosión media del suelo en T/ha.
B. Variable Independiente: Cantidad de erosión media y sedimentación media producida por Erosión hídrica laminar.	La erosión media se estima al sumar los incrementos de alturas en mm de la parte superior del clavo hasta el nivel del suelo, medidos entre el tiempo $i$ y el tiempo $i+1$ , de todos los clavos de la parcela que denotaron la presencia de procesos erosivos, dividida esta sumatoria por el total de clavos presentes en la parcela.  La sedimentación media se calcula sumando los valores que disminuyeron de la parte superior del clavo hasta el nivel del suelo, donde se haya verificado procesos de	Los clavos de erosión fueron introducidos en el suelo al nivel de la marca (de 0 a 25 cm) quedando 20 cm libre, donde mediante una regla milimétrica se registró todas las alturas de las varillas en el cuaderno de campo por un periodo de 6 meses, posteriormente se clasificó las alturas menores de 20 cm como sedimentación y mayor a 20 cm como erosión, además teniendo en cuenta la variación de los registros lecturados en cada fecha.  Posteriormente se calculó el suelo erosionado y el suelo sedimentado independientemente el uno del otro multiplicado por la densidad aparente por 10.	Medición de las varillas de las Parcela de erosión de la Microcuena de San Alberto (método).	Sedimentación media. Erosión media. $X (ton/ha) = Y * Da * 10$ -X: Suelo erosionado o sedimentado (t/ha). -Y: Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm). -Da: Densidad aparente del suelo (t/m <sup>3</sup> ).

	sedimentación. Así también, la sumatoria de los milímetros de los clavos que mostraron sedimentación, es dividida por el total de clavos de la parcela.	
C. Variable Interviniente: Factores naturales (precipitación, pendiente, vegetación y textura del suelo.	<p><b>Precipitación:</b> es la cantidad de lluvia que cae sobre un determinado territorio, y es medida en mm.</p> <p><b>Pendiente:</b> es la inclinación del terreno.</p> <p><b>Vegetación:</b> conjunto de plantas que crecen en lugares determinados.</p> <p><b>Textura.</b> La textura se refiere a la cantidad (%) y calidad de las partículas minerales que contiene el suelo en arena, limo y arcilla.</p> <p>Densidad aparente.</p>	<p>El registro de precipitación de la microcuenca de San Alberto de enero a junio del 2019 fue proporcionado por el Instituto de Bien Común (IBC).</p> <p>La pendiente del terreno se calculó en cada área de estudio, teniendo en cuenta la diferencia de altura dividida entre la longitud y multiplicado por 100.</p> <p>La vegetación de la microcuenca de San Alberto se clasificó en dos tipos de cobertura vegetal según el MINAM.</p> <p>La textura y densidad aparente del suelo fue hallado en laboratorio, para lo cual se sacó muestras de suelo de los dos tipos de cobertura vegetal.</p>
		<p>Cantidad de precipitación (mm).</p> <p>Grado de pendiente (S).</p> <p>Tipo de cobertura vegetal.</p> <p>Tipo de textura del suelo (% de arena, limo y arcilla).</p> <p>Cantidad de densidad aparente (g/cm<sup>3</sup>)</p>

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

#### **3.1. Tipo de investigación**

##### **3.1.1. Investigación cuantitativa no experimental**

La investigación es un proceso que se lleva a cabo mediante el método científico, que va a generar nuevos datos e información y conocimiento sobre la cantidad del suelo movilizado por erosión hídrica laminar generado por factores naturales, en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.

El tipo de investigación empleado es el enfoque cuantitativo no experimental, ya que se emplea la recolección de los datos en campo mediante la medición numérica y observación del fenómeno y el posterior análisis estadístico de las variables de estudio para hacer la respectiva prueba de hipótesis.

## **3.2. Nivel de investigación**

### **3.2.1. Descriptiva**

Hernández et al, (2014) explica la investigación descriptiva consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan, con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características de los fenómenos, es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren.

En la presente investigación se pretende cuantificar la cantidad de suelo movilizado, generado por la erosión hídrica laminar a partir de factores naturales, en la microcuenca de San Alberto-Oxapampa – Pasco. Los factores naturales (precipitación, grado de pendiente, tipo de vegetación y la textura de suelo) fueron medidos tal como son o se manifiestan en el medio ambiente.

## **3.3. Métodos de investigación**

### **3.3.1. Método deductivo**

El método de investigación empleado en la presente investigación es deductivo, porque parte de lo general que son las bases teóricas a la recolección de datos, ya que con la obtención de los resultados de las de las parcelas de erosión de cada muestra seleccionada, se procederá a generalizar en toda la microcuenca mediante la aplicación de la ecuación de suelo movilizado.

## **3.4. Diseño de investigación**

Hernández et al. (2014) manifiesta que el término diseño se refiere al plan o estrategia concebida para obtener la información que se desea con el fin de responder al planteamiento del problema

La presente investigación tiene un diseño no experimental, que corresponde al diseño longitudinal.

### **3.4.1. No experimental**

Hernández et al, (2014), señala que la investigación no experimental es aquel que se realiza sin manipular deliberadamente variables, se basa fundamentalmente en la observación de fenómenos tal y como se dan en su contexto natural para después analizarlos. Se basa en categorías, conceptos, variables, sucesos, comunidades o contextos que ya ocurrieron o se dieron sin la intervención directa del investigador.

En la presente investigación no se manipularon las variables, por ende, solo se registraron todos los datos obtenidos en campo mediante la observación de los fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, como resultado se obtuvo la cuantificación el suelo movilizado generado por la erosión hídrica laminar.

#### **3.4.1.1. Diseño longitudinal**

Hernández et al, (2014) menciona que el diseño longitudinal recaba datos en diferentes puntos del tiempo, para realizar inferencias acerca de la evolución del problema de investigación o fenómeno, sus causas y sus efectos.

Se empleó el diseño longitudinal de panel para la presente investigación, ya que se registró los datos de campo por un periodo de 6 meses.

#### **1. Periodo de estudio**

La toma de datos de la presente investigación, se efectuaron desde enero hasta junio del 2019, donde se tomó el registro de los datos a cada

quince días por un periodo de 6 meses.

## **2. Registro de la Precipitación**

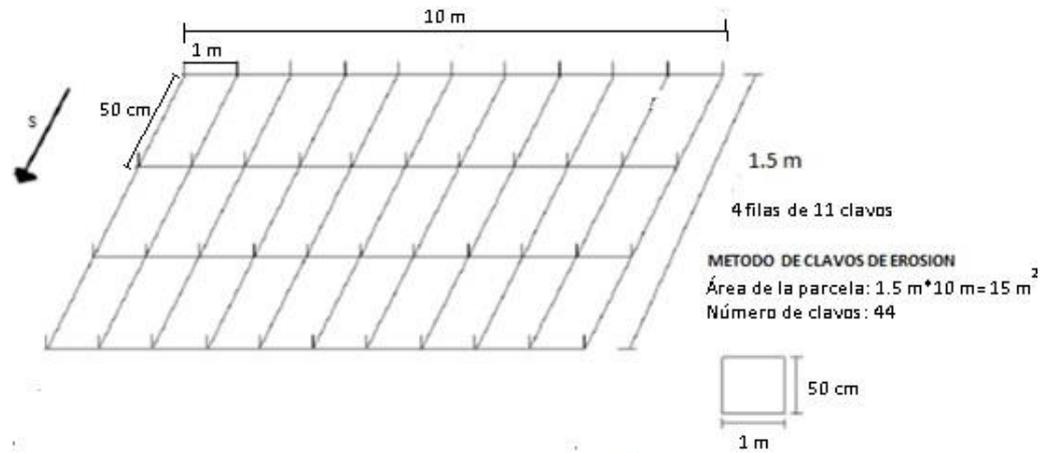
Los registros de la precipitación incidente en el área de estudio, se obtuvo de la estación meteorológica del Instituto de Bien Común (IBC) - Oxapampa.

## **3. Dimensión de las parcelas y frecuencia de registros:**

La metodología utilizada para las dimensiones de las parcelas se realizó teniendo en cuenta la bibliografía según UNESCO (2010) y León (2002):

- Se instaló una parcela de 10 m de largo y 1,5 m de ancho en cada área de estudio.
- Los clavos se instalaron a una distancia de 1 m en el largo de la parcela de otro clavo y a 50 cm en el ancho (44 por parcela), considerando varianza máxima y un error de 5%.
- La instalación de los clavos se realizó perpendicular a la pendiente.
- El largo de los clavos o varilla fue de 45 cm de largo con 5 mm de diámetro, marcado a los 25 cm de largo de la varilla para referenciar el nivel inicial del suelo.
- Se clavó la varilla hasta los 25 cm de altura del nivel del suelo, dejando libre 20 cm.
- El registro de los datos se realizó cada 15 días en período con mayor precipitación y cada mes cuando se registraba menor precipitación.

**Figura 2:** Diseño de las parcelas de clavos de erosión de la presente investigación.



#### 4. Metodología de cálculo

El método de cálculo empleado para las parcelas de clavos de erosión fue según UNESCO (2010), detallado a continuación:

##### a. Erosión media y sedimentación media

$$X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10$$

Donde:

- X= Suelo erosionado o sedimentado (t/ha).
- Y= Altura media de suelo erosionado o sedimentado (mm).
- Da = Densidad aparente del suelo (t/m<sup>3</sup>).

##### b. Erosión neta

$$\text{Formula: } E_{\text{neta}} = E - S$$

Donde:

- E neta: Erosión neta media (t/ha)
- E: Erosión media (t/ha)
- S: Sedimentación media (t/ha)

### **c. Suelo movilizado**

Formula:  $SM = E + S$

Donde:

- E neta: Erosión neta media (t/ha)
- E: Erosión media (t/ha)
- S: Sedimentación media (t/ha)

### **5. Análisis de la densidad aparente del suelo**

Flores y Alcalá (2010) detalla que la densidad aparente del suelo es la relación entre la masa o peso del suelo seco (peso de la fase sólida) y el volumen total, incluyendo al espacio poroso. En agricultura, la masa del suelo se refiere al peso después de secar el suelo en estufa a 110° C durante 24 horas o hasta peso constante y, el volumen, se refiere a la fábrica menor de 2 mm de diámetro.

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t}$$

Donde:

- $M_s$ : peso del suelo seco.
- $V_t$ : volumen de la muestra.

#### **Materiales:**

- Picnómetros o matraces volumétricos de 25 ml
- Desecador al vacío
- Bomba de vacío
- Balanza analítica
- Suelo tamizado (2 mm) y seco en estufa (110° C)

**Procedimiento:**

- Las muestras seleccionadas se tomaron de donde instaló las parcelas de investigación del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal – herbazal.
- Se pesó un picnómetro limpio y seco, y se adicionó 10 g de suelo seco que ha pasado a través de un tamiz de 2 mm de abertura. Se eligió un matraz aforado de 100 ml para hacer esta determinación, adicionando 50 g de suelo sin materia orgánica.
- Se limpió las partículas de suelo que hayan quedado en las paredes externas del picnómetro. Se pesó el picnómetro (incluyendo la tapa) con el suelo y se anotó este dato. En forma separada, se determinó el contenido de humedad, secando otra muestra de suelo a 105° C.
- Se llenó el picnómetro hasta la mitad con agua destilada, lavando el suelo que haya quedado en el cuello del picnómetro.
- Se removió el aire retenido en el suelo, introduciendo el picnómetro a un desecador para vacío por 20 minutos, agitando con cuidado para evitar pérdida de suelo por burbujeo intenso. La succión de la bomba aumentó paulatinamente para evitar pérdidas de material por formación de espuma. Se dejó reposar el picnómetro dentro del desecador durante 30 min.
- Posteriormente, se llenó el picnómetro con agua destilada, colocándolo la tapa cuidadosamente. Se pesó el picnómetro con su contenido, registrándolo el peso y la temperatura.
- Se removió el suelo del picnómetro en una cubeta para desechos, y se

lavó el picnómetro con agua destilada.

- Se llenó el picnómetro con agua destilada hervida y fría; se colocó la tapa y se secó el agua que haya quedado en el exterior del picnómetro; péselo con el agua dentro, anote el dato y, nuevamente, tome la temperatura.

### **Cálculo:**

$$\rho P(Mgm^{-3}) = \rho_w(W_S - W_a) / [(W_S - W_a) - (W_{sw} - W_w)]$$

Donde:

- $\rho_w$ : Densidad del agua en gramos por centímetro cúbico a la temperatura observada.
- $W_S$ : Peso del picnómetro con la muestra corregida a 105° C.
- $W_a$ : Peso del picnómetro con aire.
- $W_{sw}$ : Peso del picnómetro llenado con suelo y agua.
- $W_w$ : Peso del picnómetro llenado con agua a la temperatura observada.

### **6. Medición de pendiente**

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

Para la medición de pendiente del terreno se empleó la siguiente fórmula:

Donde:

- $S$  = Pendiente media del terreno (%).
- $H_a$  = Altura de la parte alta del terreno (m).
- $H_b$  = Altura de la parte baja del terreno (m)
- $L$  = Longitud del terreno (m).

## **7. Medición de textura del Suelo por el procedimiento de Bouyoucos**

### **Materiales, equipos y reactivos:**

- 1 Probeta de 1000 ml.
- Agitador de mano.
- Termómetro de -10 a 110°C.
- Vaso de precipitado de 500 ml
- Hidrómetro de Bouyoucos con escala de 0-60.
- Hexametáfosfato de sodio (40 g/L)
- carbonato de sodio (10 g/L)

### **Procedimiento:**

- Se colectó las muestras de las parcelas establecidas.
- Se secó y tamizó as muestras del suelo.
- Se pesó 50 g de la muestra del suelo.
- En un vaso precipitado se echó la muestra y agregó 2/3 del vaso de agua destilada y agregar 5 ml de cada reactivo dispersante.
- Se agitó por 15 min.
- Se pasó la muestra del vaso a una probeta de un litro, luego se introdujo el hidrómetro y se agregó agua destilada hasta llegar a 1000 ml.
- Se agitó 15 segundos y se tomar lectura de tiempo.
- Pasado los 40 segundos se tomó la primera lectura con el hidrómetro “b1” y luego se retiró y se midió la temperatura”t1”.
- Pasado 2 horas de se tomó la segunda lectura “b2” y luego se midió la temperatura “t2”.
- Después que se hizo la lectura el hidrómetro, se lavó, se secó y se tomó la temperatura.

## Cálculos

- Se corrigió las lecturas del hidrómetro agregando 0.2 por cada grado centígrado arriba de la temperatura de calibración (generalmente 20°C) restando la misma cantidad por cada grado abajo de dicha temperatura. Con los porcentajes de limo, arena y arcilla se determinó la textura correspondiente con el triángulo de textura.

Ecuaciones para calcular el % de limo, arcilla y arena.

$$C_1 = \frac{b_1 + (t_1 - 20) * 0.2}{\text{peso de muestra}} * 100 = \% \text{ de limo} + \% \text{ de arcilla}$$

$$C_2 = \frac{b_2 + (t_2 - 20) * 0.2}{\text{peso de muestra}} * 100 = \% \text{ de arcilla}$$

Donde:

- % arcilla =  $C_2$
- % Limo =  $C_1 - C_2$
- % Arena =  $100 - C_1$

## 3.5. Población y muestra

### 3.5.1. Población

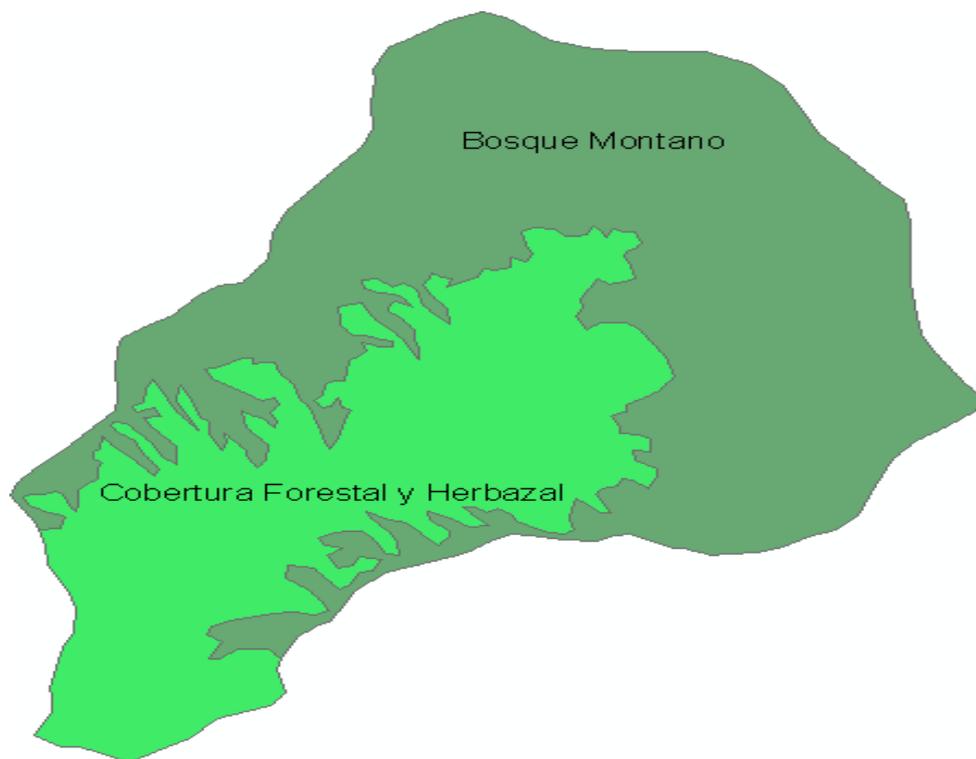
La población de estudio de la investigación es toda el área de la microcuenca de San Alberto del distrito y provincia de Oxapampa y departamento de Pasco, que cuenta con 1735.23 ha aproximadamente.

La microcuenca de San Alberto posee 4 tipos de cobertura vegetal según el MINAM (2015) en el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, las cuales son: Bosque de montaña montano, plantación forestal, cobertura herbazal y cobertura de diferentes tipos de cultivos, siendo asociados en 2 grupos; el Bosque de montaña

montano por mantener una vegetación primaria y la segunda en cobertura forestal-herbazal.

La extensión del bosque de montaña montano cuenta con 1067.69 ha, y el área de cobertura forestal-herbazal cuenta con 667.57 ha aproximadamente.

**Figura 3:** *Tipos de cobertura vegetal de la microcuenca de San Alberto – Oxapampa.*



### 3.5.2. Muestra

Es la parte representativa o un subconjunto de la población que fue estudiada como parcelas de erosión, el muestreo empleado es no probabilístico, donde las muestras se establecieron de acuerdo al tipo de cobertura vegetal que cuenta la microcuenca, los tipos de cobertura vegetal identificadas según el Ministerio del Ambiente en el Mapa Nacional de Cobertura Vegetal son: Bosque de montaña montano (Bm-mo) y cobertura forestal- herbazal, donde se agrupó de la siguiente manera:

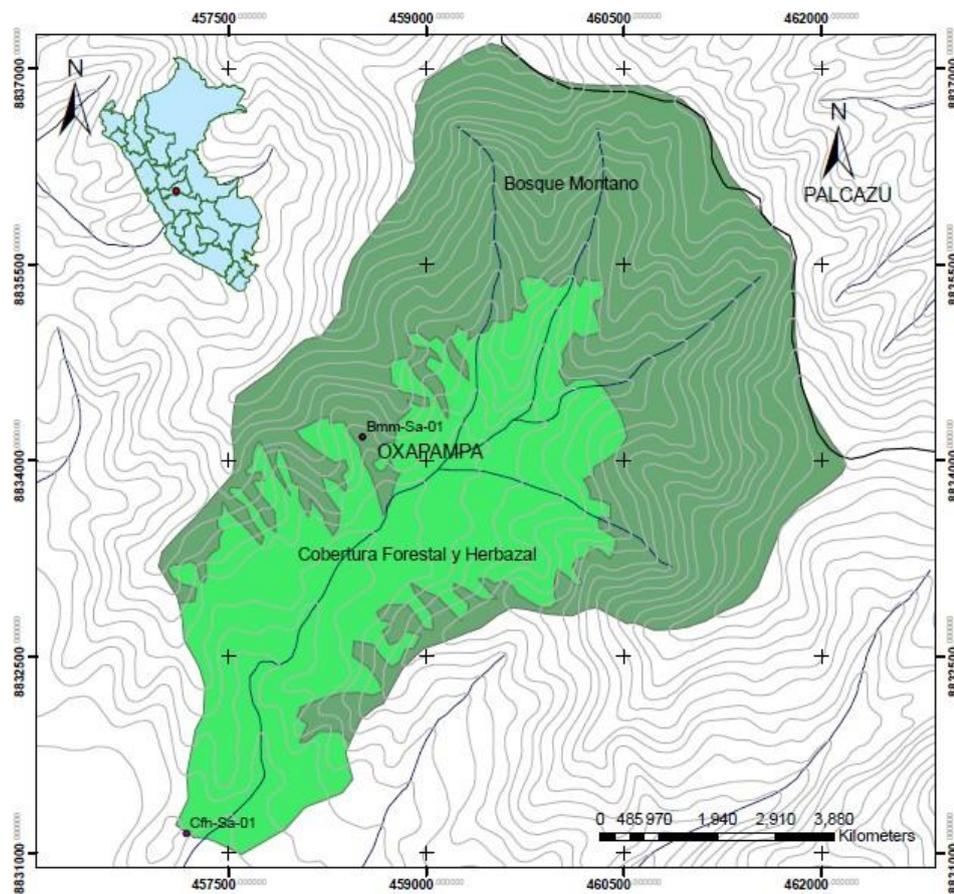
- Bosque de montaña montano (Bm-mo): la muestra fue de 10.5 m<sup>2</sup> donde se instaló 1 parcela de 1.5 m de ancho por 10 m de longitud.
- Cobertura forestal – herbazal: la muestra fue de 10.5 m<sup>2</sup> donde se instaló 1 parcela de 1.5 m de ancho por 10 m de longitud.

### 3.5.2.1. Tipo de muestreo

#### 1. No probabilístico - intencional

En esta investigación, la muestra fue elegida por el investigador, seleccionando la muestra en cada tipo de cobertura vegetal, donde se instaló las parcelas de erosión, de acuerdo al siguiente gráfico:

**Figura 4:** Ubicación de las parcelas de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto - Oxapampa.



### **3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.6.1. Técnica de recolección de datos**

##### **3.6.1.1. Muestreo del suelo**

La metodología empleada en la presente investigación para cuantificar el suelo movilizado, se realizó a través de las parcelas donde se instaló varillas o también llamados clavos de erosión y a través de ellas mediante una regla milimétrica se midió la erosión y la sedimentación por un periodo de 6 meses.

##### **3.6.1.2. Observación**

La técnica de recolección de datos que se empleó fue la técnica de observación (fuente primaria) ya que es una forma directa de ver los hechos, donde se registró los datos que se obtuvieron de la erosión y sedimentación del suelo mediante la utilización del método de clavos en parcelas de erosión, y el registro de los datos en las 44 varillas de cada parcela se midió en mm por cada 15 días y a veces a cada mes de acuerdo a las características del clima en cuanto a precipitación por un periodo de 6 meses de enero a junio del 2019.

### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

**Instrumentos:** Los instrumentos empleados en la presente investigación fue los clavos de erosión y la ficha de registro de los datos de la erosión y sedimentación del suelo.

#### **3.7.1. Confiabilidad**

Según Hernández et al. (2014) la confiabilidad es el grado en que un instrumento produce resultados consistentes y coherentes, donde un instrumento

de medición mediante su aplicación repetida al mismo individuo u objeto produce resultados iguales, en la presente investigación la confiabilidad del método de clavos de erosión tiene un 95% de confiabilidad, en ese sentido dentro de los alcances y ajustes realizados el máximo porcentaje de error es de 5% establecido según UNESCO (2010).

### **3.7.2. Validación**

Según Hernández et al. (2014) la validez, es el grado en que un instrumento mide la variable que pretende medir y conduce a conclusiones validas, en este caso, en la presente investigación se aplicó la validación por el método de juicio de expertos, el contenido del instrumento fue revisado y validado por 03 expertos profesionales, en cuanto al contenido, pertinencia, ambigüedad, redacción y otros aspectos, se adjunta el formato de juicio de expertos en el Anexo N° 02:00.

Expertos quienes validaron el instrumento.

- Nataly, SALAS ESPINOZA. CIP:220988.
- Raúl Antonio TABRAJ CRISTOBAL. CIP: 258776.
- Richard Josué, ORIZANO ALCEDO. CIP: 160406.

### **3.7.3. Instrumentos de recolección de datos**

#### **3.7.3.1. Clavos de erosión**

Se empleó los clavos de erosión de 45 cm con un diámetro de 6mm, en cada clavo o varilla se realizó una marca como referencia para ser instalado a nivel del suelo, dejando sobre el suelo una longitud de 25 cm y 20 cm del nivel del suelo hacia arriba, para lo cual en cada parcela se instalaron 44 clavos de erosión.

### 3.7.3.2. Ficha de registro de datos

Se empleó una ficha de registro para cada parcela y en cada fecha, donde se registró el nivel de suelo erosionado o sedimentado en mm a través de una regla, midiendo cada clavo de la parte superior hacia el nivel del suelo.

**Tabla 4:** *Ficha de registro de medición de los clavos de erosión*

FICHA DE REGISTRO DE MEDICIÓN DEL CLAVOS DE EROSIÓN																		
Departamento: Pasco						Provincia: Oxapampa						Distrito: Oxapampa						
Localidad: Microcuenca de San Alberto												Fecha: / /						
Responsable:												Asistente:						
Tipo de cobertura/Ubicación:																		
Coordenadas UTM:																		
Condiciones del clima:																		
N° Varilla	Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3		Fecha 4		Fecha 5		Fecha 6		Fecha 7		Fecha 8		Fecha 9	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
1																		
2																		
3																		
...																		
44																		
Promedio mensual																		

### 3.7.3.3. Materiales y equipos

Son los materiales, instrumentos y equipos de medida que permitieron recolectar los datos de campo.

#### 1. Materiales e instrumentos:

- Las varillas o clavos.
- Probeta de 1000 ml.
- Agitador de mano.

- Vaso de precipitado de 500 ml.
- Hidrómetro de Bouyoucos con escala de 0-60.
- Barrena de muestreo de suelos y latos de aluminio.
- Regla milimétrica.

## **2. Equipos:**

- Balanza granataria con aproximación de 0.01 g.
- Estufa para secar suelo a 110° C.
- Termómetro de -10 a 110°C.
- GPS Marca Garmin con margen de 3 m de error

Posterior al muestreo del suelo, la medición de la densidad y textura se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión sede Oxapampa, con la dirección del Ing. Edson Ramos Peñaloza.

## **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

### **3.8.1. Técnicas estadísticas**

Las técnicas estadísticas que se empleó en la presente investigación, es el promedio empleando el software Excel; que está incluido dentro de la fórmula establecido por UNESCO (2010) para hallar la erosión y sedimentación media, la erosión neta del suelo movilizado.

## **3.9. Tratamiento estadístico**

### **3.9.1. Para describir variables**

Posterior al procesamiento de los datos obtenidos en campo, para describir las variables se trataron con gráfico en barras; cuya técnica estadística empleada para representar los resultados obtenidos sobre el suelo movilizado generada por la

erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto del distrito y provincia de Oxapampa.

### **3.9.2. Análisis estadístico de análisis de varianza**

La evaluación estadística de la información obtenida en campo se hizo mediante el Análisis de Varianza (ANOVA) de un solo factor o tratamiento, donde se sometió a prueba la hipótesis según la cual las medias de las muestras o tratamientos son iguales. El resultado de un ANOVA lo da el estadístico “F”, que viene a ser la variación existente entre los tratamientos. Para la microcuenca se realizó un ANOVA a fin de poder determinar si existía diferencias estadísticamente entre el valor promedio del suelo movilizado de las parcelas ubicadas en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) y el área de cobertura forestal – herbazal.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

La presente investigación se elaboró cumpliendo con los principios éticos y procedimientos establecidos por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2010) en los Procesos de erosión – sedimentación en cauces y cuencas y la investigación realizado según Absalón Vásquez y Manuel Tapia M de la Universidad Nacional Agraria “La Molina” y el Programa Nacional Agro Rural del Ministerio de Agricultura del Perú en el 2010 y 2011, y otros autores mencionados en la presente investigación.

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

##### **4.1.1. Planificación**

Se elaboró el plan de investigación, para ello se realizó un trabajo de reconocimiento de la microcuenca de San Alberto durante el voluntariado en el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) – Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su posterior determinación de los tipos de cobertura vegetal donde se iban a instalar las muestras, además de buscó la autorización de los propietarios de los terrenos identificados para desarrollar la investigación.

- De adquirió las 88 varillas de acero inoxidable de una longitud de 45 cm y el diámetro de 6 mm.
- Se pintó las varillas en una altura de 25 cm (para ser clavado al nivel del suelo de 0 hasta 25 cm).

- De adquirió estacas y cordeles para delimitar las parcelas.

## **4.1.2. Campo**

### **4.1.2.1. Delimitación de las parcelas**

Se ubicó dentro del bosque de montaña montano (Bm-mo) y de la cobertura forestal-herbazal áreas con similares pendientes de los terrenos autorizados por los propietarios, los cuales se georreferenciaron en el sistema de coordenada UTM WGS-84.

Se delimitó la parcela con estacas y cordeles en cada área de estudio una dimensión de 10 m de longitud por 1.5 m de ancho.

### **4.1.2.2. Traslado de los materiales a campo**

Se trasladaron las varillas y las estacas al área de investigación ya identificado, para su posterior instalación.

### **4.1.2.3. Instalación de las varillas en el suelo**

Posteriormente se instalaron 44 varillas en cada parcela, 1 m de distancia cada varilla referente a la longitud y 0.50 m de distancia en cada varilla referente a ancho de la parcela y perpendicular a la pendiente, donde la marca de la varilla se ubicó al nivel del suelo (de 0 a 25 cm debajo del suelo), quedando 20 cm longitud libre.

### **4.1.2.4. Lecturas del suelo erosionado y sedimentado**

Se tomaron las lecturas del suelo erosionado y sedimentado en mm con una regla milimétrica y se registraron en la ficha de campo. La toma de los registros de los datos se realizó con una frecuencia de 15 días y de 1 mes dependiendo de la precipitación, teniendo un total de 9 registros en el periodo de 6 meses.

#### **4.1.2.5. Toma de muestras de suelo**

Se tomaron las muestras por duplicado de los suelos de las 2 parcelas de estudio para el análisis de textura y densidad aparente del suelo.

#### **4.1.2.6. Análisis en laboratorio**

El análisis de textura y densidad aparente de los suelos se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión sede Oxapampa, con el apoyo y dirección Ing. Edson Ramos Peñaloza.

#### **4.1.3. Gabinete**

Se realizó la tabulación y procesamiento de los datos recolectados en campo, así como la elaboración del documento respectivo para sustentar el desarrollo de la investigación.

### **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

#### **4.2.1. Ubicación, pendiente, textura y precipitación**

Primeramente, se determinó las muestras, en el área del terreno donde se realizó la instalación de las parcelas de erosión, aplicando el método de clavos de erosión, cuyas parcelas de las muestras seleccionadas; fueron ubicadas en el área del Bosque montaña montano (Bm-mo) y en el área de Cobertura forestal - herbazal, tomando los datos en milímetros (mm) de la erosión (pérdida del suelo) y sedimentación (incremento del suelo) en cada clavo o varilla instalada.

**Tabla 5:** Datos ubicación, densidad aparente, pendiente y textura de cada área de estudio.

Tipo de Cobertura	Coordenadas UTM – WGS-84			Densidad Aparente (D <sub>a</sub> )	Pendiente (%)	Textura (%)
	Este	Norte	Altura			
<b>Bosque Montaña Montano</b>	458519	8834177	2212	1.004 (t/m <sup>3</sup> )	72.7 (punto alto) 51.1 (muestra)	Arena: 82 Limo: 13.38 Arcilla: 4.72 <b>Suelo franco arenoso</b>
<b>Cobertura Forestal Herbazal</b>	457180	8831144	1900	1.081 (t/m <sup>3</sup> )	57.7 (muestra) 21.1 (punto bajo)	Arena: 75 Limo: 9.28 Arcilla: 15.72 <b>Suelo arenoso franco</b>

*Nota.* En la presente tabla se muestra la ubicación geográfica con coordenadas UTM de la ubicación del estudio de las parcelas de erosión, así como el resultado de la densidad aparente del suelo, la pendiente y la textura de las dos áreas de estudio.

**Tabla 6:** Datos de Precipitación de enero-junio – 2019 de la microcuenca San Alberto.

Fecha	Temperatura aire [°C]	HR, %	Pt rocío, °C	Precipitación [mm/mes]
ene-19	15.79	95.57	15.29	293.4
feb-19	16.01	95.64	15.28	271
mar-19	16.33	94.17	15.36	307.2
abr-19	16.20	91.96	14.79	85.4
may-19	16.07	91.38	14.56	118.2
jun-19	14.76	89.30	12.81	49.2

*Nota.* En la Tabla 6, se presentan los resultados de la precipitación promedio mensual registrada por Instituto del Bien Común (IBC) del mes de enero a junio del 2019.

#### 4.2.2. Resultado del suelo erosionado y sedimentado en mm

**Tabla 7:** *Altura de suelo erosionado en (mm) del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal – herbazal del mes de enero a junio.*

<b>Erosión en mm</b>							
N°	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Suma total
<b>Bosque de Montana Montano (Bm-mo)</b>	0.30	0.23	0.37	0.23	0.14	0.11	<b>1.38</b>
<b>Cobertura Forestal - Herbazal</b>	1.80	0.64	1.38	0.84	0.57	0.39	<b>5.62</b>

*Nota.* En la Tabla 7 se presenta la altura del suelo erosionado en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) y en el área de cobertura forestal-herbazal de 1.38 mm y 5.62 mm respectivamente, siendo mayor en el área de Cobertura forestal – herbazal.

**Tabla 8:** *Altura de suelo sedimentado en (mm) del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal y herbazal del mes de enero a junio.*

<b>Sedimentación en mm</b>							
N°	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Suma total
Bosque de Montana Montano (Bm-mo)	0	0	0.07	0.02	0.02	0	<b>0.11</b>
Cobertura Forestal - Herbazal	0.37	0.20	0.41	0.38	0.16	0.11	<b>1.63</b>

*Nota.* En la Tabla 8 se presenta la altura del suelo sedimentado en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) y en el área de cobertura forestal-herbazal, teniendo como resultado 0.11 mm y 1.63 mm respectivamente, siendo mayor en el área de Cobertura forestal – herbazal.

#### **4.2.3. Resultado de la erosión media y sedimentación media**

**Tabla 9:** *Resultado de erosión media del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal - herbazal.*

<b>Erosión media</b>							
N°	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	t/ha
<b>Bosque de Montana Montano (Bm-mo)</b>	3.012	2.309	3.715	2.309	1.401	1.104	<b>13.85</b>
<b>Cobertura Forestal - Herbazal</b>	19.458	6.918	14.918	9.08	6.162	4.216	<b>60.75</b>

*Nota:* En la Tabla 9 se presenta la erosión media en el Bosque de montaña montano

(Bm-mo) y en el área de cobertura forestal-herbazal, teniendo como resultado de 13.85 t/ha y 60.75 t/ha respectivamente de enero a junio del 2019, siendo mayor en el área de Cobertura forestal – herbazal.

**Tabla 10:** Resultado de sedimentación media del Bosque de montaña y montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal - herbazal.

N°	Sedimentación media						t/ha
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	
<b>Bosque de Montana Montano (Bm-mo)</b>	0.00	0.00	0.702	0.201	0.201	0.00	<b>1.104</b>
<b>Cobertura Forestal - Herbazal</b>	3.999	2.162	4.432	4.108	1.728	1.189	<b>17.62</b>

*Nota.* En la Tabla 10 se presenta la sedimentación media en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) y en el área de cobertura forestal-herbazal, teniendo como resultado de 1.104 t/ha y 17.62 t/ha respectivamente del mes de enero a junio del 2019, siendo mayor en el área de Cobertura forestal – herbazal.

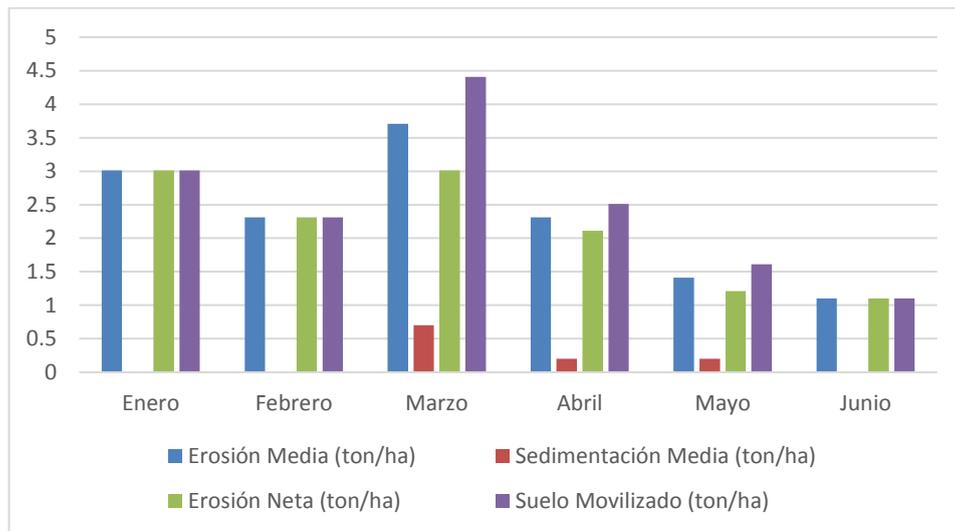
#### 4.2.4. Resultado de la erosión neta y del suelo movilizado

**Tabla 11:** Erosión neta y suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo).

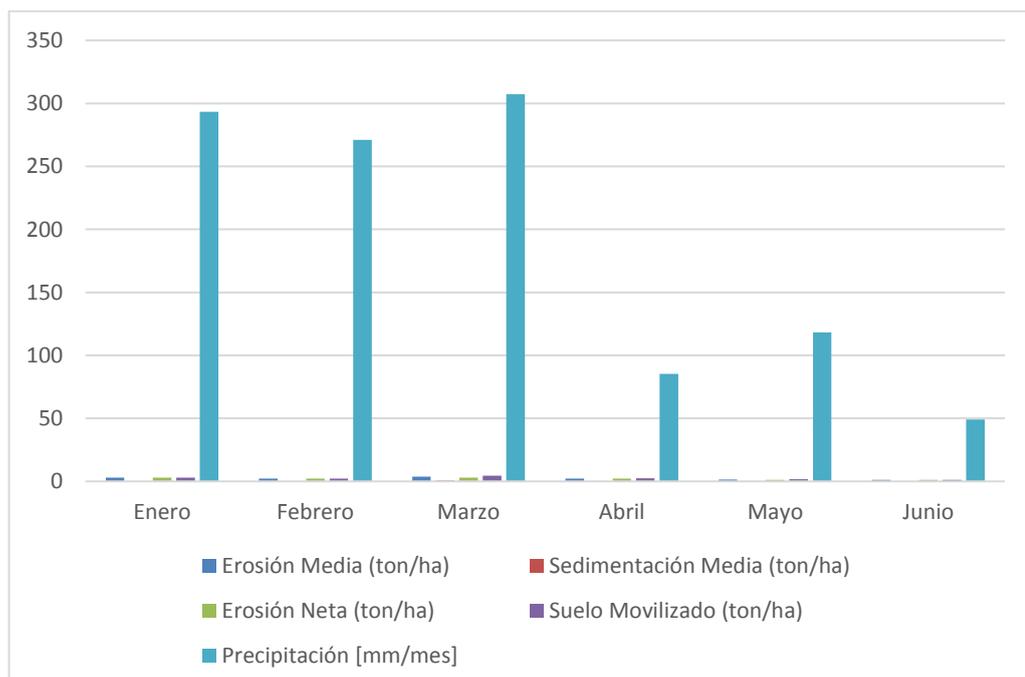
Mes	Erosión Media (t/ha)	Sedimentación Media (t/ha)	Erosión Neta (t/ha)	Suelo Movilizado (t/ha)	Precipitación [mm/mes]
<b>Enero</b>	3.012	0	3.012	3.012	293.4
<b>Febrero</b>	2.309	0	2.309	2.309	271
<b>Marzo</b>	3.715	0.702	3.013	4.417	307.2
<b>Abril</b>	2.309	0.201	2.108	2.510	85.4
<b>Mayo</b>	1.401	0.201	1.2	1.602	118.2
<b>Junio</b>	1.104	0	1.104	1.104	49.2
<b>Sumatoria (t/ha)</b>	<b>13.85</b>	<b>1.104</b>	<b>12.746</b>	<b>14.954</b>	<b>1,124.4</b>
<b>Erosión Neta (t/ha)</b>	<b>13.85 – 1.104 = 12.746 (t/ha)</b>				
<b>Suelo Movilizado (t/ha)</b>	<b>13.85 + 1.104= 14.954 (t/ha)</b>				

*Nota.* En la Tabla 11 se presentan los resultados de la erosión neta y del suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo), cuya cantidad de la erosión neta asciende a 12.746 t/ha y del suelo movilizado fue de 14.954 t/ha de enero a junio del 2019.

**Gráfico 1:** *Dinámica del suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo) de enero a junio-2019.*



**Gráfico 2:** *Dinámica del suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo) en relación a la precipitación de enero a junio-2019.*



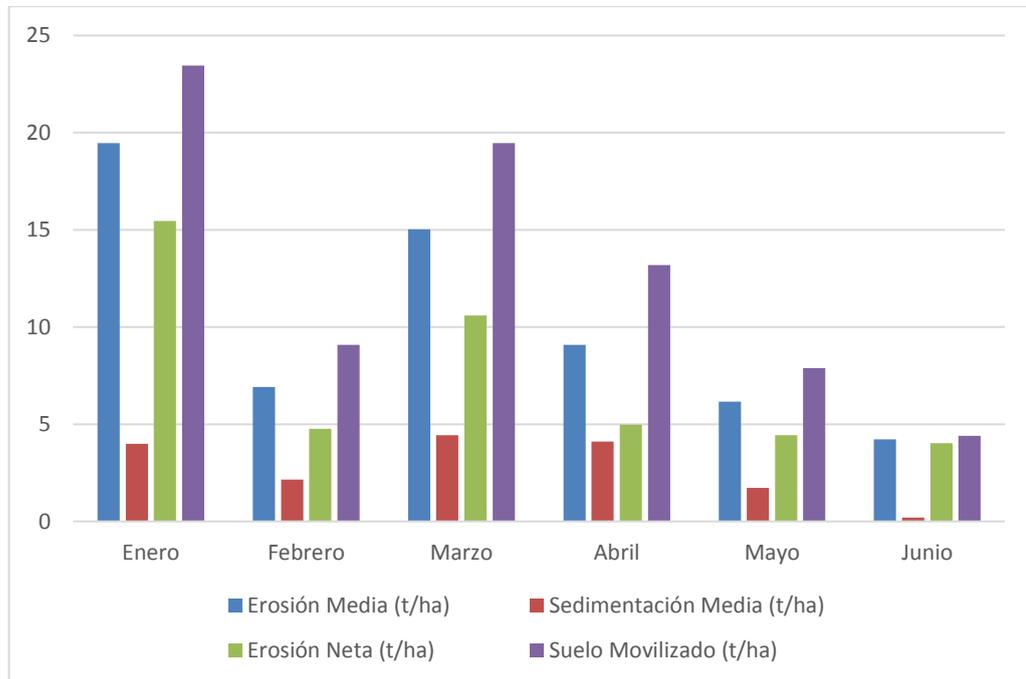
*Nota.* De acuerdo al Grafico 1 y Gráfico 2 se muestra la dinámica del suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo) del mes de enero a junio del 2019, donde se registra mayor cantidad de suelo movilizado en el mes de marzo y seguidamente enero, abril, febrero, mayo y junio respectivamente y es proporcional a la precipitación, indicando a mayor precipitación mayor cantidad de suelo movilizado. Por otro lado, en la figura se observa que la erosión media es mayor a la sedimentación media con una cantidad de 13.86 t/ha y 1.1. t/ha respectivamente.

**Tabla 12:** *Erosión neta y suelo movilizado del área con Cobertura forestal - herbazal.*

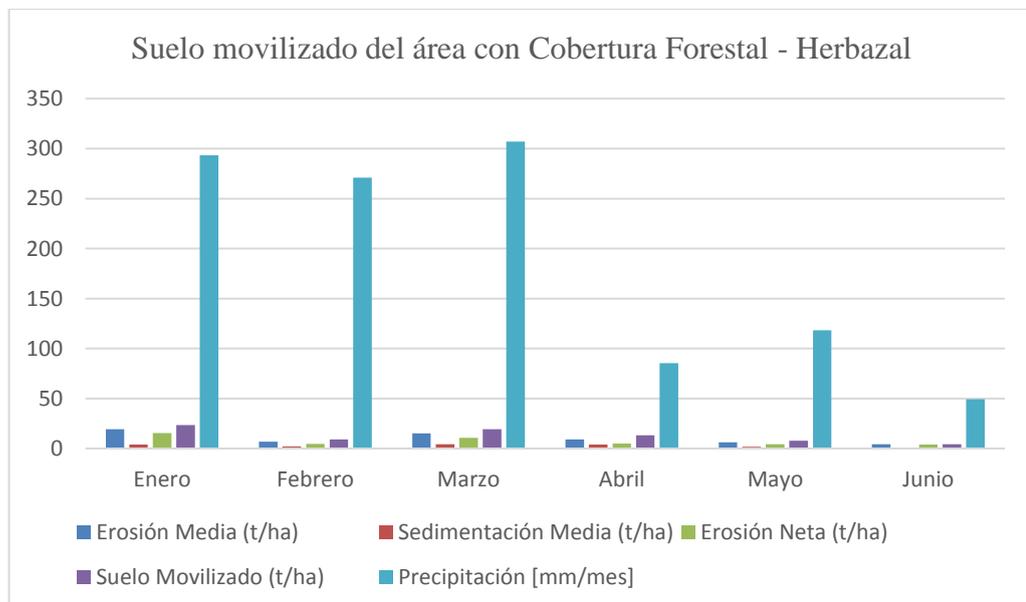
<b>Mes</b>	<b>Erosión Media (t/ha)</b>	<b>Sedimentación Media (t/ha)</b>	<b>Erosión Neta (t/ha)</b>	<b>Suelo Movilizado (t/ha)</b>	<b>Precipitación [mm/mes]</b>
<b>Enero</b>	19.458	3.999	15.459	23.457	293.4
<b>Febrero</b>	6.918	2.162	4.756	9.08	271
<b>Marzo</b>	14.918	4.432	10.486	19.35	307.2
<b>Abril</b>	9.08	4.108	4.972	13.188	85.4
<b>Mayo</b>	6.162	1.728	4.434	7.89	118.2
<b>Junio</b>	4.216	1.189	3.027	5.405	49.2
<b>Sumatoria (t/ha)</b>	<b>60.75</b>	<b>17.62</b>	<b>43.13</b>	<b>78.37</b>	<b>1,124.4</b>
<b>Erosión Neta (t/ha)</b>	<b>60.75 – 17.62 = 43.13 (t/ha)</b>				
<b>Suelo Movilizado (t/ha)</b>	<b>60.75 + 17.62 = 78.37 (t/ha)</b>				

*Nota.* En la Tabla 12 se presentan los resultados de la erosión neta y del suelo movilizado del área de Cobertura forestal - herbazal, cuya cantidad de la erosión neta asciende a 43.13 t/ha y el suelo movilizado fue de 78.37 t/ha de enero a junio del 2019.

**Gráfico 3:** *Dinámica del suelo movilizado del área de Cobertura forestal – herbazal de enero a junio-2019.*



**Gráfico 4:** *Dinámica del suelo movilizado en el área de Cobertura Forestal - Herbazal en relación a la precipitación de enero a junio-2019.*



*Nota.* De acuerdo al Gráfico 3 y Gráfico 4 se muestra la dinámica del suelo movilizado del área de Cobertura forestal - herbazal del mes de enero a junio del

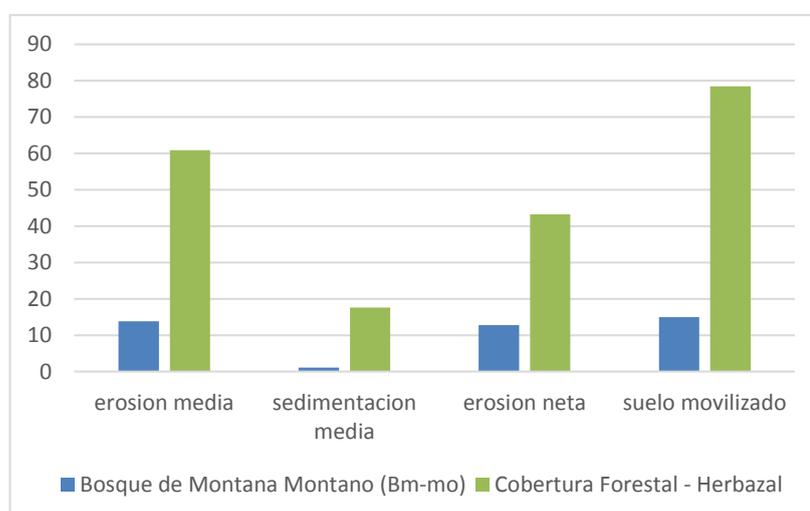
2019, donde se registra mayor cantidad de suelo movilizado en el mes de enero y seguidamente el mes de marzo, abril, febrero, mayo y junio respectivamente y es proporcional a la precipitación, indicando a mayor precipitación mayor cantidad de suelo movilizado. Por otro lado, en la Gráfico 3 se observa que la erosión media es mayor a la sedimentación media con una cantidad de 60.75 t/ha a 17.62 t/ha.

**Tabla 13:** Suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto Oxapampa de enero a junio del 2019.

Tipo de Cobertura	Erosión Media (t/ha)	Sedimentación Media (t/ha)	Erosión Neta (t/ha)	Suelo Movilizado (t/ha)
<b>Bosque de Montaña Montano</b>	13.85	1.104	12.745	14.954
<b>Cobertura Forestal - Herbazal</b>	60.75	17.62	43.13	78.37
<b>Promedio Total Microcuenca</b>	<b>37.3</b>	<b>9.36</b>	<b>27.94</b>	<b>46.66</b>

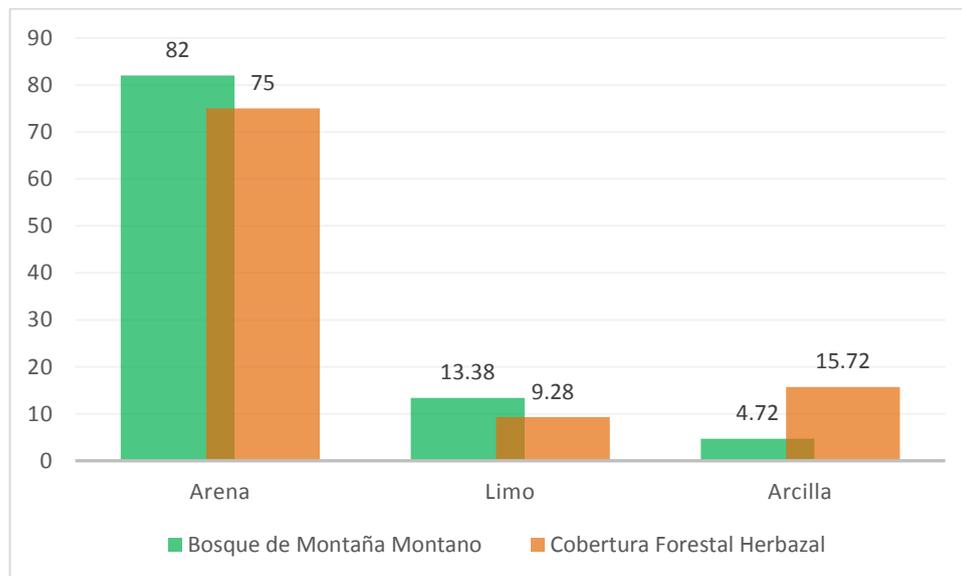
*Nota.* En la Tabla 13, se presentan la cantidad del suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto del distrito de Oxapampa correspondiente al mes de enero a junio del 2019, aplicando el método de clavos de erosión, cuya cantidad es de 46.66 t/ha, además la erosión media es de 37.3 t/ha, la sedimentación media es de 9.36 t/ha y la erosión neta es de 27.94 t/ha.

**Gráfico 5:** Dinámica del suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto - Oxapampa de enero a junio del 2019.



*Nota:* En la Gráfico 5 se presentan el diagrama de la dinámica de la cantidad del suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto del distrito de Oxapampa correspondiente al mes de enero a junio del 2019, donde se evidencia que la erosión media en el área de Cobertura forestal – herbazal es mayor que en el Bosque de montaña montano (Bm-mo), existe mayor sedimentación media y erosión neta en el área de Cobertura forestal – herbazal, evidenciando mayor cantidad de suelo movilizado en el área de Cobertura forestal – herbazal con 78.37 t/ha, a diferencia en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) el suelo movilizado fue de 14.954 t/ha y haciendo un promedio de 46.66 t/ha en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa.

**Gráfico 6:** *Textura en relación a la Cobertura Vegetal.*

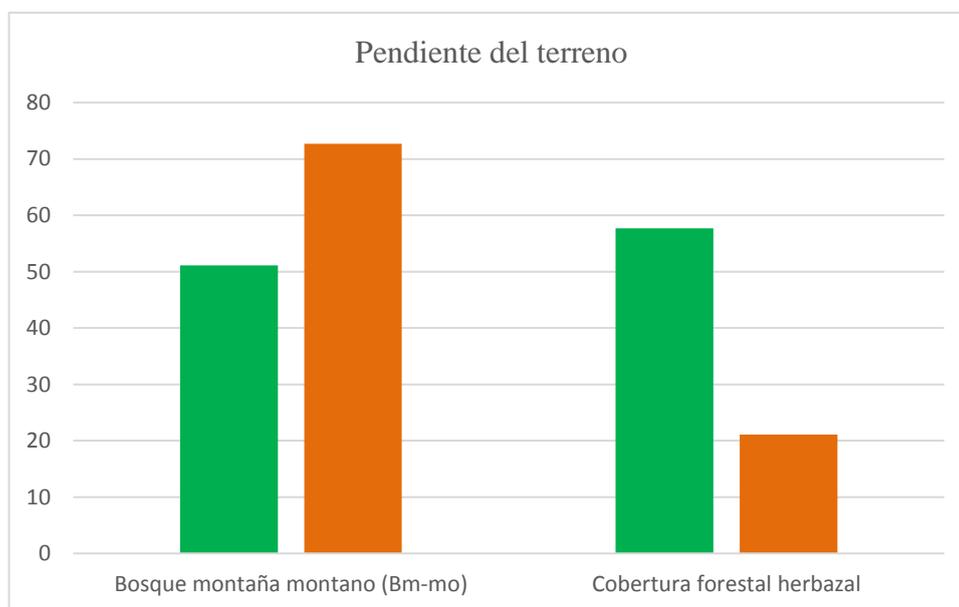


*Nota.* En el Gráfico 6, se presentan los resultados de la textura del suelo en el Bosque de montaña montano (Bm-mo); cuyo porcentaje de arena, limo y arcilla conlleva a tipo de suelo franco arenoso y por la característica del suelo la erosión disminuye, a diferencia del tipo de suelo del área con Cobertura forestal-herbazal es arenoso franco, lo cual favorece a que exista mayor erosión en el suelo por

contener más porcentaje de arena, lo cual tiende a ser un suelo más suelto y frágil a los procesos erosivos.

En el área de estudio del Bosque de montaña montano (Bm-mo) se generó menos suelo movilizado, debido a que el suelo se encuentra cubierto por materia orgánica, mulch y vegetación a nivel del suelo, a diferencia en el área de Cobertura forestal-herbazal; el suelo se encontraba desprovisto de cobertura a nivel del suelo, facilitando la erosión del suelo.

**Gráfico 7:** *Pendiente en relación a la cantidad de suelo movilizado en las áreas de estudio.*



*Nota.* En la Gráfico 7 se presentan los resultados de la pendiente del suelo en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) y en el área con Cobertura forestal-herbazal, donde la pendiente en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) en el área de estudio de las parcelas es de % 51.1 y en la cabecera de la microcuenca es de 72.7 y la pendiente en el área de estudio con Cobertura forestal-herbazal es de % 57.7 (se encuentra en la parte media de la microcuenca) y % 21.1 de la cuenca baja.

### 4.3. Prueba de hipótesis

Para la prueba del Hipótesis, se tomó como referencia a Vásquez y Tapia (2011) para emplear el Análisis de Varianza de un factor (ANOVA) de la información obtenida en campo de las parcelas de erosión (tratamientos sin manipulación de variables), del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y Cobertura forestal – herbazal, donde se sometió a prueba la hipótesis los resultados según la Tabla 11 y la Tabla 12, que correspondiente al suelo movilizado en cada parcela de estudio.

#### ANÁLISIS DE VARIANZA (ANOVA)

Ordaz et al. (2011) refiere que el análisis de la varianza de un factor se utiliza para comparar el valor medio de una variable dependiente cuantitativa en varios grupos, que se diferencian por los niveles del factor considerado.

La aplicación de la técnica ANOVA se basa en un contraste de hipótesis. La hipótesis nula que se contrasta en el ANOVA de un factor es que las medias son iguales:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots = \mu_j$$

$$H_1: \text{en caso contrario}$$

Si se acepta la hipótesis nula, significará que los grupos no difieren en el valor medio de la variable dependiente y que, en consecuencia, dicho valor medio se podrá considerar independiente del factor.

**Tabla 14:** *Tratamiento para un diseño completamente al azar.*

$T_1$	$T_2$	$T_3$	...	$T_i$	...	$T_k$
$Y_{11}$	$Y_{21}$	$Y_{31}$	...	$Y_{i1}$	...	$Y_{k1}$
$Y_{12}$	$Y_{22}$	$Y_{32}$	...	$Y_{i2}$	...	$Y_{k2}$
.	.	.	...		...	.
.	.	.	...		...	.

$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\cdot$	
$Y_{1j}$	$Y_{2j}$	$Y_{3j}$	$\dots$	$Y_{ij}$	$\dots$	$Y_{kj}$	
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\cdot$	
$\cdot$	$\cdot$	$\cdot$	$\dots$	$\dots$	$\dots$	$\cdot$	
$Y_{1n}$	$Y_{2n}$	$Y_{3n}$	$\dots$	$Y_{in}$	$\dots$	$Y_{kn}$	
$n_1$	$n_2$	$n_3$	$\dots$	$n_i$	$\dots$	$n_k$	N
$y_{1.}$	$y_{2.}$	$y_{3.}$	$\dots$	$y_{i.}$	$\dots$	$y_{k.}$	$Y_{..}$
$\bar{y}_{1.}$	$\bar{y}_{2.}$	$\bar{y}_{3.}$	$\dots$	$\bar{y}_{i.}$	$\dots$	$\bar{y}_{k.}$	$\bar{Y}_{..}$

Nota. Extraído de Ordaz et al, (2011), este modelo implica que actuarían a lo más dos fuentes de variabilidad: los tratamientos y el error aleatorio.

**Tabla 15:** Tabla para un diseño completamente al azar.

Fuente de Variación	Grados de libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Varianza o Cuadrados Medios (CM)	Fcalc
Entre tratamientos	$k - 1$	$SC_{Trt} = \sum_{i=1}^k \frac{y_{i.}^2}{n} - \frac{Y_{..}^2}{N}$	$CM_{Trt} = \frac{SC_{Trt}}{k - 1}$	$F_{calc} = \frac{CM_{Trt}}{CM_{error}}$
Dentro tratamientos o error residual	N-k	$SC_{error} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \sum_{i=1}^k \frac{y_{i.}^2}{n}$	$CM_{error} = \frac{SC_{error}}{N - K}$	
Total	N-1	$SC_{Tot} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N}$		

Fuente: Ordaz et al, (2011).

**Tabla 16:** De los datos del suelo movilizado.

Área de estudio	Muestras	Observaciones por mes	Total	Medias
Bosque de montaña montano (Bm-mo)	1	$Y_{11} \ Y_{21} \ Y_{31} \ Y_{41} \ Y_{51} \ Y_{61}$	$T_1$	$\bar{Y}_1$
		3.012 2.309 4.417 2.510 1.602 1.104	14.954	2.49

Cobertura forestal-herbazal	2	$Y_{12}$ $Y_{22}$ $Y_{32}$ $Y_{42}$ $Y_{52}$ $Y_{62}$	$T_2$	$\bar{Y}_2$
		23.457 9.08 19.35 13.188 7.89	78.37	13.06
		5.405		
		n=6	$T=93.3$	$\bar{Y}=T/n$
			2	$\bar{Y}=15.55$

Suelo movilizado

Bosque de montaña montano (Bm-mo) Cobertura forestal-herbazal

3.012	23.457	
2.309	9.08	
4.417	19.35	
2.510	13.188	
1.602	7.89	
1.104	5.405	
n = 6	6	N=12
$Y_i = 14.954$	78.37	$Y=93.32$
$\bar{Y}_i = 2.49$	13.06	$\bar{Y}=15.55$
k = 2		

**Cálculo:**

**a. Calculo de la suma de cuadrados total:**

$$\frac{Y_{..}^2}{N} = 93.322/12 = 8708.6/12 = 725.72$$

$$\sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 = 3.012^2 + 2.309^2 + 4.417^2 + 2.510^2 + 1.602^2 + 1.104^2 + 23.457^2 + 9.08^2 + 19.35^2 + 13.188^2 + 7.89^2 + 5.405^2 = 1316.49$$

$$SC_{Tot} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^n y_{ij}^2 - \frac{Y_{..}^2}{N} = 1316.49 - 725.72 = 590.77$$

**b. Cálculo de la sumatoria de cuadrados de los tratamientos:**

$$\sum_{i=1}^k \frac{y_i^2}{n} = \frac{14.954^2}{6} + \frac{78.37^2}{6} = 37.27 + 1023.64 = 1060.91$$

$$SC_{Trt} = \sum_{i=1}^k \frac{y_i^2}{n} - \frac{Y_{..}^2}{N} = 1060.91 - 725.72 = 335.19$$

**c. Para obtener la sumatoria de cuadrados del error:**

$$SC_{error} = SC_{Tot} - SC_{Trt}$$

$$SC_{error} = 590.77 - 335.19 = 255.58$$

**d. Determinación de los grados de libertad para las sumatorias de cuadrados:**

$$\text{Para los tratamientos: } k - 1 = 2 - 1 = 1$$

$$\text{Para el error : } N - K = 12 - 2 = 10$$

$$\text{Para el total : } N - 1 = 12 - 1 = 11$$

**e. Cálculo de los cuadrados medios del error y de los tratamientos**

Se halla dividiendo sus respectivas sumas cuadradas entre sus respectivos grados de libertad:

$$CM_{Trt} = \frac{SC_{Trt}}{k - 1} = \frac{335.19}{1} = 335.19$$

$$CM_{error} = \frac{SC_{error}}{N - K} = \frac{255.58}{10} = 25.56$$

**f. Cálculo del valor de Fcalc:**

$$F_{calc} = \frac{CM_{Trt}}{CM_{error}} = \frac{335.19}{25.56} = 13.11$$

**Tabla 17:** Resultados de la prueba de hipótesis.

Fuente de Variación	Grados de libertad (gl)	Suma de cuadrados (SC)	Varianza o Medias cuadráticas (CM)	$F_{calc}$	$Ft_{1,10}^{0.95}$
<b>Tratamientos</b>	$J-1= 2-1=1$	335.19	335.19	<b>13.11</b>	
<b>Error Residual</b>	$N-J= 12-2=10$	255.58	25.56		<b>4.844</b>
<b>Total</b>	$N-1= 12-1=11$	590.77			

La hipótesis nula  $H_0$  se rechazará si  $F_{calc} > Ft_{1,10}^{0.95}$

Con un nivel de confianza  $\alpha = 95\%$  y 1,10 grados de libertad, se encuentra el valor en la tabla, siendo para este caso  $F_{tablas} = 4.844$ , como  $F_{calc} = 13.11$  es mayor que  $F_{tablas} = 4.844$ , se rechaza la hipótesis nula  $H_0$ , por lo que existe suficiente evidencia estadística al nivel de confianza de 95 % que hay una diferencia significativa del suelo movilizado en las 2 áreas de investigación debido a la cantidad de suelo erosionado y sedimentado en el área de Cobertura herbazal – forestal es mayor que en el Bosque de montaña-montano (Bm-mo) de la microcuenca de San Alberto del distrito y provincia de Oxapampa 2019, demostrando que el valor medio de la variable dependiente son diferentes en las dos áreas de estudio.

Por lo tanto, la cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019, se encuentra dentro de la clase B de 31 t/ha – 60 t/ha, por lo que el suelo movilizado se encuentra dentro del rango, por lo tanto, aceptamos la Hipótesis de investigación y rechazamos la hipótesis nula.

#### 4.4. Discusión de resultados

En la presente investigación se obtuvo en la microcuenca de San Alberto de enero a junio 46.66 t/ha de suelo movilizado, teniendo en cuenta que en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) el suelo movilizado fue de **14.954 t/ha**, la pendiente varia de **51.1%**<sup>1</sup> hasta 72.7%, la densidad aparente fue 1.040 gr/cm<sup>3</sup> y la textura del suelo es de franco arenoso, y en el área de Cobertura forestal-herbazal el suelo movilizado fue de **78.37 t/ha**, con una pendiente de 21.1% a **57.7%**<sup>2</sup> con una densidad aparente de 1.008 gr/cm<sup>3</sup> y la textura del suelo es arenoso franco, a diferencia, para Colque, (2021) en su investigación desarrollada en Puno, obtuvo una erosión del suelo en la zona alta de 20.179 t/ha, en la zona media obtuvo 40.667 t/ha con una pendiente entre 5-15%, la textura Fr a Fr-A y cobertura vegetal casi nula y en la zona baja fue de 5.288 t/ha una pendiente de 0-5%, cobertura vegetal con cultivos de alfalfa y textura A-Fr, Fr y Fr-A, evidenciando que existe mayor cantidad de suelos movilizados en la zona media que en la zona alta, por el tipo de cobertura y el tipo de suelo radica en una textura predominante en arena.

De acuerdo a Vásquez y Tapia (2011) en su investigación realizado en las laderas de la sierra Peruana durante el año 2010 y 2011, obtuvo 45 t/ha-año para pendientes de laderas entre los 18 al 40%, la clase textural de suelos variables de Ao, Ar, FrLo, Fr, Ao, y Lo, la precipitación promedio anual variable de **350 – 1200 mm/año** y una pérdida laminar de **3.20 mm/año**, y en la presente investigación el suelo movilizado fue de 46.66 t/ha de enero a junio en toda la microcuenca, con una precipitación de **1124.4 mm**, y una pérdida laminar de **5.26 mm**, evidenciando mayor pérdida de suelo en la microcuenca de San Alberto, pero con una tasa de

---

<sup>1</sup> Pendiente del área de estudio del Bosque de montaña montano (Bm-mo).

<sup>2</sup> Pendiente del área de estudio de Cobertura forestal-herbazal.

precipitación más alta y una clase textural más suelta, como franco arenoso y arenoso franco.

## CONCLUSIONES

En la presente investigación se cuantificó el suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019, se encuentra dentro del rango de Clase B – considerado como erosión baja de 30.1 a 60 t/ha, la cantidad de suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto de enero a junio fue de 46.66 t/ha, teniendo en cuenta que en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) el suelo movilizado fue de 14.954 t/ha, y en el área de Cobertura forestal-herbazal el suelo movilizado fue de 78.37 t/ha.

Los factores erosivos naturales identificados en la presente investigación concerniente a la cantidad del suelo movilizado generado por erosión hídrica laminar en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019, el tipo de cobertura vegetal identificado en la microcuenca es el Bosque montaña montano (Bm-mo) y cobertura forestal herbazal, la precipitación con un registro de 1124.4 mm de enero a junio, la pendiente del terreno del área de estudio en el Bosque de montaña montano (Bm-mo) es de 51.1 % a 72.7 % y en la vegetación con Cobertura forestal - herbazal es de 21.1 % a 57.7 % y la textura del Bosque de montaña montano (Bm-mo) es un suelo franco arenoso y en la vegetación con Cobertura forestal - herbazal es suelo arenoso franco.

La cantidad de la erosión media generado por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales en la microcuenca de San Alberto - Oxapampa fue de 37.3 t/ha, siendo mayor a la sedimentación media con el valor de 9.36 t/ha, la erosión neta fue de 27.94 en la microcuenca de San Alberto – Oxapampa – Pasco 2019.

En el Bosque de montaña montano (Bm-mo) se generó menor cantidad de suelo

movilizado; debido a que en esta área a nivel del suelo posee cobertura, ya sea por materia orgánica, mulch y vegetación viva, que protege directamente al suelo del impacto de la lluvia, a diferencia en el área de Cobertura forestal – herbazal el suelo se encontraba desprovisto de vegetación, por lo que incremento la cantidad de suelo erosionado y sedimentado; generando la movilización del suelo.

## **RECOMENDACIONES**

- Instalar parcelas permanentes en la microcuenca de San Alberto y otras áreas, en el distrito y provincia de Oxapampa, para realizar comparaciones y validaciones de las épocas de mayor y menor precipitación, para tener datos con mayor precisión de la dinámica de la movilización del suelo.
- Coordinar con la Jefatura del Área Natural Protegida (ANP) del Parque Nacional Yanachaga Chemillén del Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas (SERNANP) para la instalación de parcelas permanentes dentro de sus áreas y llevar un seguimiento y control de la misma.
- Difundir la presente investigación a la población, para fomentar que el suelo con cobertura vegetal disminuye la erosión de los suelos, siendo considerado como una técnica de conservación de suelos.
- Aplicar otros métodos de medición de erosión y/o del suelo movilizado.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andaluz Westricher, C. (2006). *Manual de Derecho Ambiental (2<sup>da</sup> ed.)*. Editorial Proterra.
- Avenza Álvarez, Álvaro (2013). *Manejo, riego y abono del suelo*. Editorial iC Editorial.
- Ávila Víctor, C (2018). *Pérdida de la fertilidad del suelo por erosión hídrica en la cuenca propia del lago de Chapala, Michoacán* [Tesis de maestría, Instituto Politécnico Michoacán - México].
- Cisneros, J. Cholaky, Carmen. Cantero Gutiérrez, A. Gonzáles, J. Reynero, M. Diez, A. y Bergesio, L (2012). *Erosión hídrica Principio y técnicas de manejo*. Editorial. UniRío
- Colque Yupanqui, C. (2021). *Determinación de la pérdida de suelo y nutrientes por erosión hídrica mediante parcelas de escorrentía y microparcels de varillas de erosión* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Altiplano de Puno].
- Díaz Zuchini, C. (2007). *Estructuras de conservación de suelos y dos variedades introducidas de maíz en Nochán, Olopa, Chiquimula* [Tesis de pregrado, Universidad de San Carlos de Guatemala].  
[http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01\\_0934.pdf](http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/01/01_0934.pdf).
- Duran Villanueva, J. (2018), *La erosión hídrica y la degradación de suelos agrícolas en las condiciones edafológicas de Ocucalla – Ambo, Huánuco* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán - Huánuco].
- Estrada Pacheco, S. (2016). *Cuantificación de la erosión hídrica superficial y perdida de nutrientes en la degradación de suelos agrícolas, con la aplicación de dos*

*métodos de evaluación directa, parcelas de escorrentía y microparcels de varillas de erosión, en la microcuenca de Urambisa – Ambo – Huánuco 2015*  
[Tesis de pregrado, Universidad Nacional Hermilio Valdizán - Huánuco].

Flores Delgadillo, L., & Alcalá Martínez, J. R. (2010). *Manual de laboratorios de física de suelos*. Universidad Nacional Autónoma de México, de <http://www.muestreos%20de%20suelos/densidad%20aparente/MANUAL%20DEL%20LABORATORIO%20DE%20FISICA%20DE%20SUELOS1>.

Guevara Ruiz, C. (2019). *Construcción de terrazas con la planta king grass (Pennisetum purpureum) para disminuir la erosión del suelo del centro poblado de Shaguindopampa - Chota* [Tesis de pregrado, Universidad Cesar Vallejo].

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., y Baptista Lucio, P. (2014). *Metodología de la Investigación* (6<sup>ta</sup> ed.). Editorial McGRAW- HILL. <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>.

Hudson, N. (1997). *Medición sobre el terreno de la Erosión del Suelo y la Escorrentía*. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). <https://www.fao.org/3/t0848s/t0848s00.htm>.

Imeson, A. y Curfs, M (2015). *La erosión del suelo*. Editorial Lucinda.

León Peláez, J (2002). *Métodos experimentales para el seguimiento y estudio de la erosión hídrica*. Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín.

Ministerio de Agricultura y Riego (2014). *La erosión del suelo Programa Presupuestal 0089 Reducción de la degradación de los suelos agrarios*. <http://agroaldia.minag.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales->

[boletines/suelos/2014/erosion\\_suelo.pdf](https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf) .

Ministerio del Ambiente (2015). *Mapa nacional de cobertura vegetal*.

<https://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/MAPA-NACIONAL-DE-COBERTURA-VEGETAL-FINAL.compressed.pdf>

Ordaz Sanz, J. A., Melgar Hiraldo, M. d., & Rubio Castaño, C. M. (2011). *Métodos Estadísticos y Económicos en la Empresa y para Finanzas*.

Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (2010).

*Procesos de erosión – sedimentación en cauces y cuencas*. Editorial Programa Hidrológico Internacional (PHI).

<https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000216338.locale=es>

Organización para la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2012).

*Propiedades del suelo*. <https://www.fao.org/soils-portal/soil-survey/propiedades-del-suelo/propiedades-fisicas/es/>.

Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2015).

*Simposio mundial sobre la erosión del suelo*. <https://www.fao.org/about/meetings/soil-erosion-symposium/key-messages/es/>

Organismo de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019). *Portal del Suelos de la FAO*. <https://www.fao.org/soils-portal/about/definiciones/es/>

Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y la Agricultura (2020). *La erosión del suelo en la República de Argentina*.

<https://www.fao.org/3/t2351s/T2351S0b.htm> .

Pizarro , R., y Cutiño, H. (2002). *Método de Evaluación de la Erosión Hídrica Superficial en Suelos Desnudos*. Madrid, España. [Dialnet-](#)

[Dialnet-](#)

[MetodoDeEvaluacionDeLaErosionHidricaSuperficialEnS-6957823](#)

Pizarro, R. Morles, C. Vega, L. Valdés, R. Olivares, C y Balocchi, F. (2010).

*Evaluación de la erosión hídrica superficial en zonas áridas y semiáridas de Chile Central*. Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal, Universidad de Talca, Chile

Porta , C. J., López-Acevedo, M., & Poch, R. M. (2008). *Introducción a la Edafología,*

*Uso y Protección del Suelo*. Madrid, España: Ediciones Mundi Prensa.

<https://www.mundiprensa.com/catalogo/9788484767503/edafologia--uso-y-proteccion-de-suelos>

Thompson, L y Troeh, F (2012). *Los suelos y su fertilidad* (5ed). Editorial Reverté

Vásquez, A y Tapia, M (2011) Cuantificación de la erosión hídrica superficial en las

laderas semiáridas de la Sierra Peruana, Universidad de Carabobo, Venezuela,

Revista Ingeniería UC. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70723269005.pdf>

Villalobos Martin, F., y Ferreres Castiel, Elías. (2017). *Fitotecnia Principios de*

*Agronomía para una Agricultura Sostenible*. Editorial Mundi-Prensa

Zavaleta García, A. (1992). *Edafología El Suelo en Relación con la Producción*.

## ANEXO

### ANEXO N° 01.00: Instrumento de recolección de datos

#### ANEXO N° 01.01: Ficha de registro de medición de los clavos de erosión del Bosque de montaña montano (Bm-mo)

FICHA DE REGISTRO DE MEDICIÓN DEL CLAVOS DE EROSIÓN																		
Departamento: Pasco						Provincia: Oxapampa						Distrito: Oxapampa						
Localidad: Microcuenca de San Alberto											Fecha: / /							
Responsable: Esther Vega Alania											Asistente: Edwin Vega López							
Tipo de cobertura/Ubicación: Bosque montaña montano (Bm-mo) – microcuenca de San Alberto																		
Coordenadas UTM WGS-84: 458519 8834177 y altitud 2212																		
Condiciones del clima: nublado, templado, lluviosos y soleado																		
N°	13/01/19		27/01/19		24/02/19		10/03/19		20/03/19		13/04/19		27/04/19		25/05/19		30/06/19	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	2	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	2	0
5	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12	0	0	0	0	2	0	0	2	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	2	0	0	0	1	0	2	0	0	0	3	0	1	0	2	0
18	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27	0	0	0		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
28	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33	1	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0

34	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
37	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
42	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
43	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
44	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Total mm	6	0	7	0	10	0	3	3	13	0	1	1	9	0	6	1	5	0
Prom mm	0.14	0	0.16	0	0.23	0	0.07	0.07	0.30	0	0.02	0.02	0.21	0	0.14	0.02	0.11	0

N°	Enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Promedio en mm	0.30	0	0.23	0	0.37	0.07	0.23	0.02	0.14	0.02	0.11	0

## ANEXO N° 01.02: Ficha de registro de medición de los clavos de erosión área de

### Cobertura forestal - herbazal

FICHA DE REGISTRO DE MEDICIÓN DEL CLAVOS DE EROSIÓN																		
Departamento: Pasco						Provincia: Oxapampa						Distrito: Oxapampa						
Localidad: Microcuenca de San Alberto									Fecha: / /									
Responsable: Esther Vega Alania									Asistente: Edwin Vega López									
Tipo de cobertura/Ubicación: Cobertura forestal – herbazal/ microcuenca de San Alberto																		
Coordenadas UTM: 457180 8831144 y altitud de 1900 m.s.n.m																		
Condiciones del clima: nublado, templado, lluviosos y soleado																		
N°	13/01/19		27/01/19		24/02/19		10/03/19		30/03/19		13/04/19		27/04/19		25/05/19		30/06/19	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
1	0	0	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0
2	1	0	2	0	1	0	0	0	3	0	0	0	1	0	2	0	1	0
3	1	0	1	0	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0
4	0	1	3	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
5	0	2	4	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0
6	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0
7	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
8	1	0	2	0	2	0	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	1	0
9	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	2	0	1	0
10	2	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0
11	0	0	0	1	0	1	4	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
12	0	0	3	0	2	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
13	0	0	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	1	0	0	1	1	0
14	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0

15	0	0	3	0	1	0	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	1	0
16	0	1	1	0	2	0	0	3	0	0	1	0	1	0	0	1	0	2
17	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0
18	1	0	1	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0
19	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
20	1	0	1	0	0	1	0	2	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1
21	2	0	1	0	2	0	0	0	2	0	0	1	2	0	1	0	0	0
22	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0
23	0	1	3	0	1	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0
24	3	0	4	0	2	0	2	0	3	0	1	0	0	0	1	0	0	0
25	1	0	0	0	1	0	2	0	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0
26	2	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	0
27	1	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
28	0	0	3	0	1	0	1	0	0	0	2	0	0	1	2	0	0	0
29	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
30	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
31	1	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0	2	2	0	0	1
32	0	0	0	3	4	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0
33	0	0	3	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0
34	1	0	0	0	0	2	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0
35	1	0	2	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0
36	1	0	1	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
37	0	0	2	0	1	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
39	1	0	0	0	2	0	0	0	0	2	1	0	1	0	0	1	0	0
40	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0
41	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0	0
42	1	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
43	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total mm	24	6	55	10	28	9	30	8	31	10	14	8	23	9	25	7	17	5
Prom mm	0.55	0.14	1.25	0.23	0.64	0.20	0.68	0.18	0.70	0.23	0.32	0.18	0.52	0.20	0.57	0.16	0.39	0.11

N°	enero		Febrero		Marzo		Abril		Mayo		Junio	
	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S
Promedio en mm	1.80	0.37	0.64	0.20	1.38	0.41	0.84	0.38	0.57	0.16	0.39	0.11

## ANEXO N° 02.00: Procedimiento de validez y confiabilidad

Cuestionario de validación por juicio de expertos del contenido

**“CUANTIFICACIÓN DEL SUELO MOVILIZADO GENERADO POR LA EROSIÓN HÍDRICA LAMINAR MEDIANTE FACTORES NATURALES, APLICANDO EL MÉTODO DE CLAVOS DE EROSIÓN, EN LA MICROCUENCA DE SAN ALBERTO – OXAPAMPA – PASCO - 2019”**

Para la presente investigación se emplea el presente cuestionario, que tiene por finalidad de recoger las apreciaciones, observaciones y sugerencias por profesionales expertos en medio ambiente, en relación al contenido de: **“Suelo movilizado que se genera por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de cavos de erosión”**, que será aplicado en la microcuenca de San Alberto, del distrito y provincia de Oxapampa y departamento de Pasco, como parte del desarrollo de la Tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

Sus conocimientos, apreciaciones, observaciones y sugerencias en la materia constituirán valiosos elementos de juicio que me permitirán efectuar los reajustes necesarios.

**I. Identificación del Experto**

Nombre y Apellidos: Nataly Salas Espinoza  
Centro laboral: .....  
Título profesional: Ingeniero Agrónomo  
Grado: Ingeniero  
Institución donde lo obtuvo: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

**II. Instrucciones**

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicadores referidos al instrumento, el cual tiene que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto.

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa (x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1: Inferior al básico | 4: Sobresaliente     |
| 2: Básico             | 5: Muy sobresaliente |
| 3: Intermedio         |                      |

**III. Juicio de experto**

**Instrumento de recolección de datos**

FICHA DE REGISTRO DE MEDICIÓN DEL CLAVOS DE EROSIÓN		
Departamento: Pasco	Provincia: Oxapampa	Distrito: Oxapampa
Localidad: Microcuenca de San Alberto	Fecha: / /	

Responsable:										Asistente:									
Tipo de cobertura/Ubicación:																			
Coordenadas UTM:																			
Condiciones del clima:																			
N° Varilla	Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3		Fecha 4		Fecha 5		Fecha 6		Fecha 7		Fecha 8		Fecha n		
	E <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
1																			
2																			
3																			
...																			
44																			
Promedio mensual																			

<sup>1</sup> Registro para erosión. <sup>2</sup> Registro para sedimentación.

### Cuestionario de evaluación

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. El método de clavos en parcelas de erosión es adecuado para medir la erosión del suelo (pertinencia).					5
2. Los clavos de erosión de 45 cm de longitud por 6 mm de diámetro son adecuados (visión general e importancia)				4	
3. Las dimensiones de las variables responden a un contexto práctico. (visión general, suficiencia).					5
4. El número de indicadores, evalúan las dimensiones de la investigación (visión general).					5
5. Existe coherencia y relación entre las dimensiones, indicador y variable (claridad, precisión y coherencia).				4	
6. El contenido y formato de ficha de registro de datos de campo es el adecuado (claridad y coherencia).					5
7. El análisis de densidad aparente del suelo es necesario (pertinencia e importancia).					5
8. El análisis de textura del suelo es necesario (pertinencia e importancia).				4	
9. Las ítems para el registro de las varillas en el instrumento han sido redactados de lo general a lo particular(orden).				4	
10. Los ítems para el registro de las varillas en el instrumento, son coherentes en términos de cantidad (extensión).					5
11. La ficha de registro de datos es entendible y de fácil aplicación (visión general).					5
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general y claridad).					5
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general y pertinencia).					5
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general y pertinencia).					5

15. Estructura técnica básica del instrumento (organización).					5
<b>Puntaje parcial</b>				16	65
<b>Puntaje total</b>				71	

Nota: Índice de validación del juicio de experto (Ivje) = [puntaje obtenido / 75] x 100 =  $\frac{71}{75} \times 100 = 94,7\%$

**IV. 4. Escala de validación**

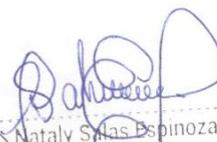
Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado		El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación		El instrumento de investigación está apto para su aplicación
<b>Interpretación:</b> Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				

**V. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado)**

.....  
 Escala de validación aprobado con 94.7%, por lo que se sugiere continuar con la investigación.  
 .....  
 .....

**VI. Constancia de Juicio de experto**

El que suscribe, Nataly Salas Espinoza..... identificado con DNI. N° 45600223..... y con CIP: 220988..... Certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por la Tesista Esther Vega

  
 Nataly Salas Espinoza  
 INGENIERO AGRÓNOMO  
 CIP N° 220988

## Cuestionario de validación por juicio de expertos del contenido

### “CUANTIFICACIÓN DEL SUELO MOVILIZADO GENERADO POR LA EROSIÓN HÍDRICA LAMINAR MEDIANTE FACTORES NATURALES, APLICANDO EL MÉTODO DE CLAVOS DE EROSIÓN, EN LA MICROCUENCA DE SAN ALBERTO – OXAPAMPA – PASCO - 2019”

Para la presente investigación se emplea el presente cuestionario, que tiene por finalidad de recoger las apreciaciones, observaciones y sugerencias por profesionales expertos en medio ambiente, en relación al contenido de: “Suelo movilizado que se genera por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de clavos de erosión”, que será aplicado en la microcuenca de San Alberto, del distrito y provincia de Oxapampa y departamento de Pasco, como parte del desarrollo de la Tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

Sus conocimientos, apreciaciones, observaciones y sugerencias en la materia constituirán valiosos elementos de juicio que me permitirán efectuar los reajustes necesarios.

#### I. Identificación del Experto

Nombre y Apellidos: Raúl Antonio TABRAJ CRISTOBAL  
Centro laboral: Municipalidad Distrital Fundación de Tinyahuarco  
Título profesional: Ingeniero Ambiental  
Grado: Ingeniero  
Institución donde lo obtuvo: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

#### II. Instrucciones

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicadores referidos al instrumento, el cual tiene que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto.

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa (x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

- |                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| 1: Inferior al básico | 4: Sobresaliente     |
| 2: Básico             | 5: Muy sobresaliente |
| 3: Intermedio         |                      |

#### III. Juicio de experto

##### Instrumento de recolección de datos

FICHA DE REGISTRO DE MEDICIÓN DEL CLAVOS DE EROSIÓN		
Departamento: Pasco	Provincia: Oxapampa	Distrito: Oxapampa
Localidad: Microcuenca de San Alberto	Fecha: / /	

Responsable:										Asistente:									
Tipo de cobertura/Ubicación:																			
Coordenadas UTM:																			
Condiciones del clima:																			
Nº Varilla	Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3		Fecha 4		Fecha 5		Fecha 6		Fecha 7		Fecha 8		Fecha n		
	E <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
1																			
2																			
3																			
...																			
44																			
Promedio mensual																			

<sup>1</sup> Registro para erosión. <sup>2</sup> Registro para sedimentación.

### Cuestionario de evaluación

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. El método de clavos en parcelas de erosión es adecuado para medir la erosión del suelo (pertinencia).					5
2. Los clavos de erosión de 45 cm de longitud por 6 mm de diámetro son adecuados (visión general e importancia)					5
3. Las dimensiones de las variables responden a un contexto práctico. (visión general, suficiencia).				4	
4. El número de indicadores, evalúan las dimensiones de la investigación (visión general).					5
5. Existe coherencia y relación entre las dimensiones, indicador y variable (claridad, precisión y coherencia).					5
6. El contenido y formato de ficha de registro de datos de campo es el adecuado (claridad y coherencia).				4	
7. El análisis de densidad aparente del suelo es necesario (pertinencia e importancia).					5
8. El análisis de textura del suelo es necesario (pertinencia e importancia).				4	
9. Las ítems para el registro de las varillas en el instrumento han sido redactados de lo general a lo particular(orden).					5
10. Los ítems para el registro de las varillas en el instrumento, son coherentes en términos de cantidad (extensión).				4	
11. La ficha de registro de datos es entendible y de fácil aplicación (visión general).					5
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general y claridad).					5
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general y pertinencia).					5
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general y pertinencia).					5

15. Estructura técnica básica del instrumento (organización).					5
<b>Puntaje parcial</b>				16	55
<b>Puntaje total</b>	71				

Nota: Índice de validación del juicio de experto (Ivje) = [puntaje obtenido / 75] x 100 =  $\frac{71}{75} \times 100 = 94.7\%$

**IV. 4. Escala de validación**

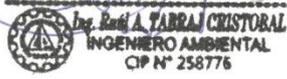
Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado		El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación		El instrumento de investigación está apto para su aplicación
<b>Interpretación:</b> Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				

**V. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado)**

.....  
 Escala de validación aprobado con 94.7%, continuar con la ejecución.  
 .....  
 .....

**VI. Constancia de Juicio de experto**

El que suscribe, Raúl Antonio TABRAJ CRISTOBAL..... identificado con DNI. N° 04082631..... y con CIP: 258776..... Certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por la Tesista Esther Vega Alania.

Cuestionario de validación por juicio de expertos del contenido

**“CUANTIFICACIÓN DEL SUELO MOVILIZADO GENERADO POR LA EROSIÓN HÍDRICA LAMINAR MEDIANTE FACTORES NATURALES, APLICANDO EL MÉTODO DE CLAVOS DE EROSIÓN, EN LA MICROCUENCA DE SAN ALBERTO – OXAPAMPA – PASCO - 2019”**

Para la presente investigación se emplea el presente cuestionario, que tiene por finalidad de recoger las apreciaciones, observaciones y sugerencias por profesionales expertos en medio ambiente, en relación al contenido de: **“Suelo movilizado que se genera por la erosión hídrica laminar mediante los factores naturales, aplicando el método de cavos de erosión”**, que será aplicado en la microcuenca de San Alberto, del distrito y provincia de Oxapampa y departamento de Pasco, como parte del desarrollo de la Tesis para optar el **Título Profesional de Ingeniero Ambiental**.

Sus conocimientos, apreciaciones, observaciones y sugerencias en la materia constituirán valiosos elementos de juicio que me permitirán efectuar los reajustes necesarios.

**I. Identificación del Experto**

Nombre y Apellidos: *Richard Josue ORIZANO ALCEDO*  
Centro laboral: *Consultor*  
Título profesional: *Ingeniero Ambiental*  
Grado: *Ingeniero*  
Institución donde lo obtuvo: *Universidad Nacional Daniel Alcides Carrio*

**II. Instrucciones**

Estimado(a) especialista, a continuación, se muestra un conjunto de indicadores referidos al instrumento, el cual tiene que evaluar con criterio ético y estrictez científica, la validez del instrumento propuesto.

Para evaluar dicho instrumento, marca con un aspa (x) una de las categorías contempladas en el cuadro:

- 1: Inferior al básico
- 2: Básico
- 3: Intermedio
- 4: Sobresaliente
- 5: Muy sobresaliente

**III. Juicio de experto**

**Instrumento de recolección de datos**

FICHA DE REGISTRO DE MEDICIÓN DEL CLAVOS DE EROSIÓN		
Departamento: Pasco	Provincia: Oxapampa	Distrito: Oxapampa
Localidad: Microcuenca de San Alberto	Fecha: / /	

Responsable:										Asistente:									
Tipo de cobertura/Ubicación:																			
Coordenadas UTM:																			
Condiciones del clima:																			
N° Varilla	Fecha 1		Fecha 2		Fecha 3		Fecha 4		Fecha 5		Fecha 6		Fecha 7		Fecha 8		Fecha n		
	E <sup>1</sup>	S <sup>2</sup>	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	E	S	
1																			
2																			
3																			
...																			
44																			
Promedio mensual																			

<sup>1</sup> Registro para erosión. <sup>2</sup> Registro para sedimentación.

### Cuestionario de evaluación

INDICADORES	CATEGORÍA				
	1	2	3	4	5
1. El método de clavos en parcelas de erosión es adecuado para medir la erosión del suelo (pertinencia).					5
2. Los clavos de erosión de 45 cm de longitud por 6 mm de diámetro son adecuados (visión general e importancia)					5
3. Las dimensiones de las variables responden a un contexto práctico. (visión general, suficiencia).				4	
4. El número de indicadores, evalúan las dimensiones de la investigación (visión general).					5
5. Existe coherencia y relación entre las dimensiones, indicador y variable (claridad, precisión y coherencia).					5
6. El contenido y formato de ficha de registro de datos de campo es el adecuado (claridad y coherencia).				4	
7. El análisis de densidad aparente del suelo es necesario (pertinencia e importancia).					5
8. El análisis de textura del suelo es necesario (pertinencia e importancia).					5
9. Las ítems para el registro de las varillas en el instrumento han sido redactados de lo general a lo particular(orden).					5
10. Los ítems para el registro de las varillas en el instrumento, son coherentes en términos de cantidad (extensión).				4	
11. La ficha de registro de datos es entendible y de fácil aplicación (visión general).					5
12. Calidad en la redacción de los ítems (visión general y claridad).					5
13. Grado de objetividad del instrumento (visión general y pertinencia).					5
14. Grado de relevancia del instrumento (visión general y pertinencia).					5

15. Estructura técnica básica del instrumento (organización).					5
<b>Puntaje parcial</b>				12	60
<b>Puntaje total</b>	72				

Nota: Índice de validación del juicio de experto (Ivje) =  $[\text{puntaje obtenido} / 75] \times 100 = \frac{72}{75} \times 100 = 96\%$

**IV. 4. Escala de validación**

Muy baja	Baja	Regular	Alta	Muy Alta
00-20 %	21-40 %	41-60 %	61-80%	81-100%
El instrumento de investigación está observado		El instrumento de investigación requiere reajustes para su aplicación		El instrumento de investigación está apto para su aplicación
<b>Interpretación:</b> Cuanto más se acerque el coeficiente a cero (0), mayor error habrá en la validez				

**V. Conclusión general de la validación y sugerencias (en coherencia con el nivel de validación alcanzado)**

.....  
 ..... Escala de validación aprobado con 96% .....  
 .....  
 .....  
 .....

**VI. Constancia de Juicio de experto**

El que suscribe, Richard Josue Orozano Acevedo..... identificado con DNI. N° 41912671..... y con CIP: 160406..... Certifico que realicé el juicio del experto al instrumento diseñado por la Tesista Esther Vega Alania.

  
 Richard Orozano Acevedo  
 CIP: 160406.

## ANEXO N° 03.00: Cálculo de pendiente, textura, densidad aparente

### ANEXO N° 03.01: Cálculo de pendiente

Para la medición de pendiente del terreno se empleó la siguiente fórmula:

$$S = \frac{H_a - H_b}{L}$$

Donde:

- S = Pendiente media del terreno (%).
  - Ha = Altura de la parte alta del terreno (m).
  - Hb = Altura de la parte baja del terreno (m)
  - L = Longitud del terreno (m).
- a. Pendiente del Bosque de montaña montano (Bm-mo) del área donde se instaló la muestra de las parcelas de clavos de erosión.
- Ha = 2258 m
  - Hb = 2212 m
  - L = 90 m

$$\text{Pendiente del terreno (S)} = \frac{2258 \text{ m} - 2212 \text{ m}}{90 \text{ m}} = 51.1 \%$$

- b. Pendiente del Bosque de montaña montano (Bm-mo) del área con pendiente alta ubicado en la cabecera de la microcuenca.
- Ha = 2571 m
  - Hb = 2437 m
  - L = 110 m

$$\text{Pendiente del terreno (S)} = \frac{2571 \text{ m} - 2437 \text{ m}}{110 \text{ m}} = 72.7 \%$$

c. Pendiente del área de Cobertura forestal – herbazal donde se instaló la muestra de las parcelas de clavos de erosión.

- Ha = 1900 m
- Hb = 1848 m
- L = 90 m

$$\text{Pendiente del terreno (S)} = \frac{1900 \text{ m} - 1848 \text{ m}}{90 \text{ m}} = 57.7 \%$$

d. Pendiente del área de Cobertura forestal – herbazal de la parte baja de la microcuenca.

- Ha = 1877 m
- Hb = 1858 m
- L = 90 m

$$\text{Pendiente del terreno (S)} = \frac{1877 \text{ m} - 1858 \text{ m}}{90 \text{ m}} = 21.1 \%$$

### **ANEXO N° 03.02: Cálculo de textura del suelo**

#### **Materiales, equipos y reactivos:**

- 1 Probeta de 1000 ml.
- Agitador de mano.
- Termómetro de -10 a 110°C.
- Vaso de precipitado de 500 ml
- Hidrómetro de Bouyoucos con escala de 0-60.
- Hexametáfosfato de sodio (40 g/L)
- carbonato de sodio (10 g/L)

#### **Procedimiento:**

- Se colectó las muestras de las parcelas establecidas.

- Se secó y tamizó as muestras del suelo.
- Se pesó 50 g de la muestra del suelo.
- En un vaso precipitado se echó la muestra y agregó 2/3 del vaso de agua destilada y agregar 5 ml de cada reactivo dispersante.
- Se agitó por 15 min.
- Se pasó la muestra del vaso a una probeta de un litro, luego se introdujo el hidrómetro y se agregó agua destilada hasta llegar a 1000 ml.
- Se agitó 15 segundos y se tomar lectura de tiempo.
- Pasado los 40 segundos se tomó la primera lectura con el hidrómetro “b1” y luego se retiró y se midió la temperatura”t1”.
- Pasado 2 horas de se tomó la segunda lectura “b2” y luego se midió la temperatura “t2”.
- Después que se hizo la lectura el hidrómetro, se lavó, se secó y se tomó la temperatura.

### **Cálculos**

- Se corrigió las lecturas del hidrómetro agregando 0.2 por cada grado centígrado arriba de la temperatura de calibración (generalmente 20°C) restando la misma cantidad por cada grado abajo de dicha temperatura. Con los porcentajes de limo, arena y arcilla se determinó la textura correspondiente con el triángulo de textura.

Ecuaciones para calcular el % de limo, arcilla y arena.

$$C_1 = \frac{b_1 + (t_1 - 20) * 0.2}{\text{peso de muestra}} * 100 = \% \text{ de limo} + \% \text{ de arcilla}$$

$$C_2 = \frac{b_2 + (t_2 - 20) * 0.2}{\text{peso de muestra}} * 100 = \% \text{ de arcilla}$$

Donde:

- % arcilla =  $C_2$
- % Limo =  $C_1 - C_2$
- % Arena =  $100 - C_1$

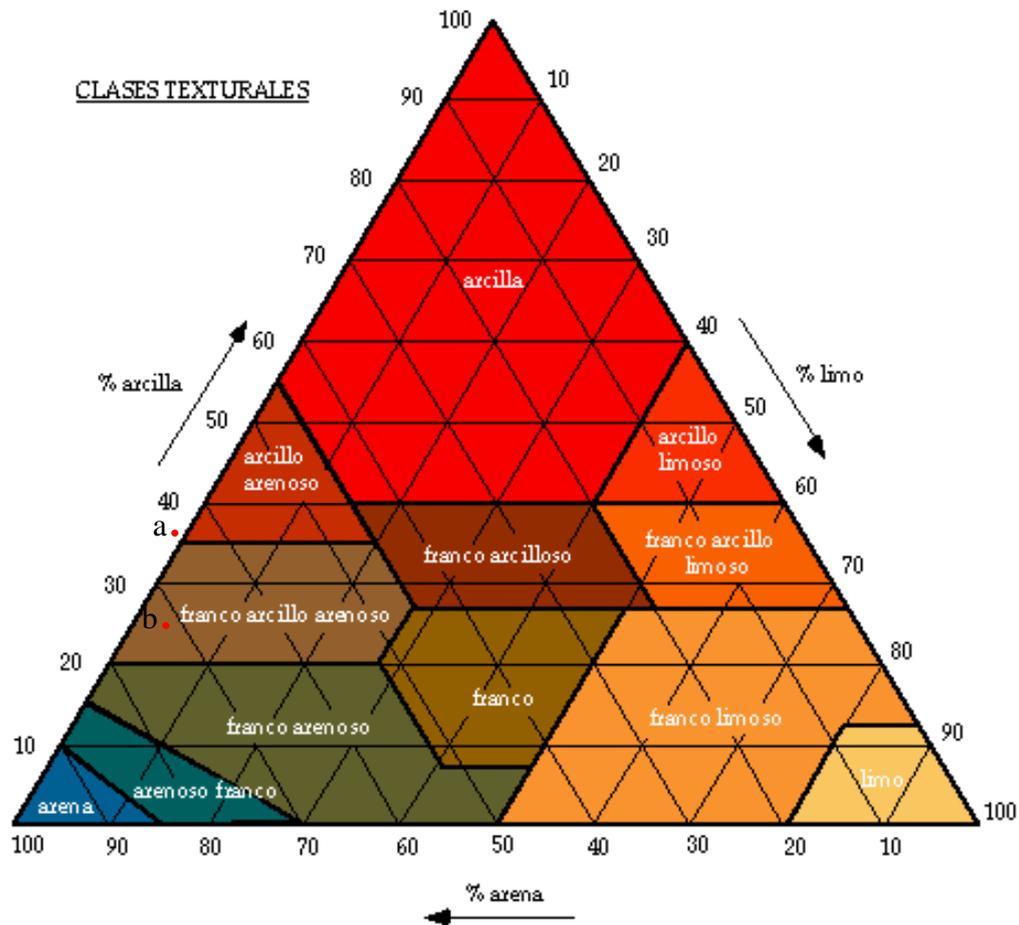
**Tabla 18:** *Resultado de textura del Bosque de montaña montano (Bm-mo).*

N°	Tiempo	Lectura densímetro	Temperatura	Lectura corregida	% arena	% Limo	% Arcilla	Clase textural
1	40 S	b1=25	t1=20	c1=25	75	9.28	15.72	Franco arenoso
2	2 h	b2=15	t2=22	c2=15.72				

**Tabla 19:** *Resultado de textura en el área de Cobertura Forestal - Herbazal*

N°	Tiempo	Lectura densímetro	Temperatura	Lectura corregida	% arena	% Limo	% Arcilla	Clase textural
1	40 S	b1=18	t1=20	c1=18	82	13.3	4.72	Arenoso franco
2	2 h	b2=4	t2=22	c2=4.72				

**Figura 5:** Clase de textura del Bosque de montaña montano y del área de Cobertura forestal – herbazal.



Nota: a. El suelo franco arenoso, corresponde al suelo del Bosque de montaña montano (Bm-mo). b. Suelo arenoso franco, corresponde al suelo del área de Cobertura forestal – herbazal.

### ANEXO N° 03.03: Cálculo de densidad aparente

**Fórmula:**

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_t}$$

Donde:

- $M_s$ : peso del suelo seco.

- $V_t$ : volumen de la muestra.

### **Materiales:**

- Picnómetros o matraces volumétricos de 25 ml
- Desecador al vacío
- Bomba de vacío
- Balanza analítica
- Suelo tamizado (2 mm) y seco en estufa (110° C)

### **Procedimiento:**

- La muestra seleccionada fue donde se instaló las parcelas de investigación del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal – herbazal.
- Se pesó un picnómetro limpio y seco, y se adicionó 10 g de suelo seco que ha pasado a través de un tamiz de 2 mm de abertura. Se eligió un matraz aforado de 100 ml para hacer esta determinación, adicionando 50 g de suelo sin materia orgánica.
- Se limpió las partículas de suelo que hayan quedado en las paredes externas del picnómetro. Se pesó el picnómetro (incluyendo la tapa) con el suelo y se anotó este dato. En forma separada, se determinó el contenido de humedad, secando otra muestra de suelo a 105° C.
- Se llenó el picnómetro hasta la mitad con agua destilada, lavando el suelo que haya quedado en el cuello del picnómetro.
- Se removió el aire retenido en el suelo, introduciendo el picnómetro a un desecador para vacío por 20 minutos, agitando con cuidado para evitar pérdida de suelo por burbujeo intenso. La succión de la bomba aumentó paulatinamente para evitar pérdidas de material por formación de espuma. Se dejó reposar el picnómetro dentro del desecador durante 30 min.
- Posteriormente, se llenó el picnómetro con agua destilada, colocándolo la tapa

cuidadosamente. Se pesó el picnómetro con su contenido, registrándolo el peso y la temperatura.

- Se removió el suelo del picnómetro en una cubeta para desechos, y se lavó el picnómetro con agua destilada.
- Se llenó el picnómetro con agua destilada hervida y fría; se colocó la tapa y se secó el agua que haya quedado en el exterior del picnómetro; se pesó con el agua dentro, anotando el dato y, nuevamente, tomando la temperatura.

**Cálculo:**

$$\rho P(Mgm^{-3}) = \rho_w(W_S - W_a) / [(W_S - W_a) - (W_{sw} - W_w)]$$

Donde:

- $\rho_w$ : Densidad del agua en gramos por centímetro cúbico a la temperatura observada.
- $W_S$ : Peso del picnómetro con la muestra corregida a 105° C.
- $W_a$ : Peso del picnómetro con aire.
- $W_{sw}$ : Peso del picnómetro llenado con suelo y agua.
- $W_w$ : Peso del picnómetro llenado con agua a la temperatura observada.

**Tabla 20:** Resultado de densidad aparente del Bosque de montaña montano (Bm-mo).

N°	Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	m <sub>1</sub> = 26.183	V <sub>1</sub> =26	D <sub>1</sub> =1.00703846
2	m <sub>2</sub> =24.008	V <sub>2</sub> =22	D <sub>2</sub> =1.09127273
3	m <sub>3</sub> =24.182	V <sub>3</sub> =26.5	D <sub>3</sub> =0.9125283
Promedio			<b>D=1.004</b>

**Tabla 21:** Resultado de densidad aparente del área de Cobertura forestal-herbazal

N°	Masa (g)	Volumen (ml)	Densidad (g/ml)
1	m <sub>1</sub> =28.76	V <sub>1</sub> =26.5	D <sub>1</sub> =1.08528302

2	$m_2=32.056$	$V_2=29$	$D_2=1.10537931$
3	$m_3=26.342$	$V_3=25$	$D_3=1.05368$
Promedio			<b>D=1.081</b>

**ANEXO N° 04.00: Cálculo de la erosión media, sedimentación media, erosión neta y suelo movilizado**

**ANEXO N° 04.01: Cálculo de la erosión media**

**A. Erosión media del Bosque de montaña montano (Bm-mo)**

Fórmula:  $X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10$

Donde:

- $X$ = Suelo erosionado (t/ha).
- $Y$ = Altura media de suelo erosionado (mm) (Enero: 0.30 mm, febrero: 0.23 mm, marzo: 0.37 mm, abril: 0.23 mm, mayo: 0.14 mm, junio: 0.11 mm) = Sumatoria: 1.38 mm
- $Da$  = 1.004 (densidad aparente).

**Erosión media por mes**

$$\text{Enero: } X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10 = 0.30 * 1.004 * 10 = \mathbf{3.012}$$

$$\text{Febrero: } X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10 = 0.23 * 1.004 * 10 = \mathbf{2.309}$$

$$\text{Marzo: } X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10 = 0.37 * 1.004 * 10 = \mathbf{3.715}$$

$$\text{Abril: } X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10 = 0.23 * 1.004 * 10 = \mathbf{2.309}$$

$$\text{Mayo: } X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10 = 0.14 * 1.004 * 10 = \mathbf{1.401}$$

$$\text{Junio: } X \text{ (ton/ha)} = Y * Da * 10 = 0.11 * 1.004 * 10 = \mathbf{1.104}$$

**Erosión media global**

$$X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 1.38 * 1.004 * 10 = \mathbf{13.85}$$

## **B. Erosión media del área de Cobertura forestal - herbazal**

Fórmula:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10$

Donde:

- X= Suelo erosionado (t/ha).
- Y= Altura media de suelo erosionado (mm) (enero: 1.80 mm, febrero: 0.64 mm, marzo: 1.38 mm, abril: 0.84 mm, mayo: 0.57 mm, junio: 0.39 mm) = Sumatoria: 5.62 mm
- $Da = 1.081$  (densidad aparente).

### **Erosión media por mes**

Enero:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 1.80 * 1.081 * 10 = \mathbf{19.458}$

Febrero:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.64 * 1.081 * 10 = \mathbf{6.918}$

Marzo:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 1.38 * 1.081 * 10 = \mathbf{14.918}$

Abril:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.84 * 1.081 * 10 = \mathbf{9.080}$

Mayo:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.57 * 1.081 * 10 = \mathbf{6.162}$

Junio:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.39 * 1.081 * 10 = \mathbf{4.216}$

### **Erosión media global**

$$X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 5.62 * 1.081 * 10 = \mathbf{60.752}$$

## **ANEXO N° 04.02: Cálculo de sedimentación media**

### **A. Sedimentación media del Bosque de montaña montano (Bm-mo)**

Fórmula:  $X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10$

Donde:

- $X$  = Suelo sedimentado (t/ha).
- $Y$  = Altura media de suelo sedimentado (mm) (Enero: 0 mm, febrero: 0 mm, marzo: 0.07 mm, abril: 0.02 mm, mayo: 0.02 mm, junio: 0 mm) = Sumatoria: 0.11 mm
- $Da$  = 1.004 (densidad aparente).

### **Sedimentación media por mes**

$$\text{Enero: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0 * 1.004 * 10 = \mathbf{0}$$

$$\text{Febrero: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0 * 1.004 * 10 = \mathbf{0}$$

$$\text{Marzo: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.07 * 1.004 * 10 = \mathbf{0.702}$$

$$\text{Abril: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.02 * 1.004 * 10 = \mathbf{0.201}$$

$$\text{Mayo: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.02 * 1.004 * 10 = \mathbf{0.201}$$

$$\text{Junio: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0 * 1.004 * 10 = \mathbf{0}$$

### **Sedimentación media global**

$$X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.11 * 1.004 * 10 = \mathbf{1.104}$$

### **B. Sedimentación media del área de Cobertura forestal - herbazal**

$$\text{Fórmula: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10$$

Donde:

- $X$  = Suelo sedimentado (t/ha).
- $Y$  = Altura media de suelo sedimentado (mm) (enero: 0.37 mm, febrero: 0.20 mm, marzo: 0.41 mm, abril: 0.38 mm, mayo: 0.16 mm, junio: 0.11 mm) = Sumatoria: 1.63 mm
- $Da$  = 1.081 (densidad aparente).

### **Sedimentación media por mes**

$$\text{Enero: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.37 * 1.081 * 10 = \mathbf{3.999}$$

$$\text{Febrero: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.20 * 1.081 * 10 = \mathbf{2.162}$$

$$\text{Marzo: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 1.41 * 1.081 * 10 = \mathbf{4.432}$$

$$\text{Abril: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.38 * 1.081 * 10 = \mathbf{4.108}$$

$$\text{Mayo: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.16 * 1.081 * 10 = \mathbf{1.728}$$

$$\text{Junio: } X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 0.11 * 1.081 * 10 = \mathbf{1.189}$$

### **Sedimentación media global**

$$X (\text{ton/ha}) = Y * Da * 10 = 1.63 * 1.081 * 10 = \mathbf{17.62}$$

### **ANEXO N° 04.03: Cálculo de erosión neta**

Fórmula:  $E_{\text{neto}} = E - S$

#### **A. Erosión neta del Bosque de montaña montano (Bm-mo)**

- Erosión media: 13.85 *ton/ha*
- Sedimentación media: 1.104 *ton/ha*

Dónde: 13.85 *ton/ha* - 1.104 *ton/ha* = **12.746 *ton/ha***

#### **B. Erosión neta del área de Cobertura forestal - herbazal**

- Erosión media: 60.75 *ton/ha*
- Sedimentación media: 17.62 *ton/ha*

Dónde: 60.75 *ton/ha* - 17.62 *ton/ha* = **43.13 *ton/ha***

### **ANEXO N° 04.04: Cálculo de suelo movilizado**

Fórmula: Suelo Movilizado =  $E + S$

#### **A. Suelo movilizado del Bosque de montaña montano (Bm-mo)**

- Erosión media: 13.85 *ton/ha*

- Sedimentación media: 1.104 *ton/ha*

Dónde: 13.85 *ton/ha* + 1.104 *ton/ha* = **14.954 *ton/ha***

**B. Suelo movilizado del área de Cobertura forestal - herbazal**

- Erosión media: 60.75 *ton/ha*
- Sedimentación media: 17.62 *ton/ha*

Dónde: 60.75 *ton/ha* + 17.62 *ton/ha* = **78.37 *ton/ha***

**Tabla 22:** *Suelo movilizado en la microcuenca de San Alberto Oxapampa de enero a junio del 2019.*

<b>Tipo de Cobertura</b>	<b>Erosión Media (t/ha)</b>	<b>Sedimentación Media (t/ha)</b>	<b>Erosión Neta (t/ha)</b>	<b>Suelo Movilizado (t/ha)</b>
<b>Bosque de Montaña Montano</b>	13.85	1.104	12.745	14.954
<b>Cobertura Forestal - Herbazal</b>	60.75	17.62	43.13	78.37
<b>Promedio Total Microcuenca</b>	<b>37.3</b>	<b>9.36</b>	<b>27.94</b>	<b>46.66</b>

## ANEXO N° 05.00: PANEL FOTOGRÁFICO

**Figura 6:** Reconocimiento de la microcuenca de San Alberto – Oxapampa.



Nota. Se realizó el reconocimiento de la microcuenca para la delimitación del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y el área de Cobertura forestal – herbazal

**Figura 7:** Voluntariado realizado en el Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh) – Oxapampa.



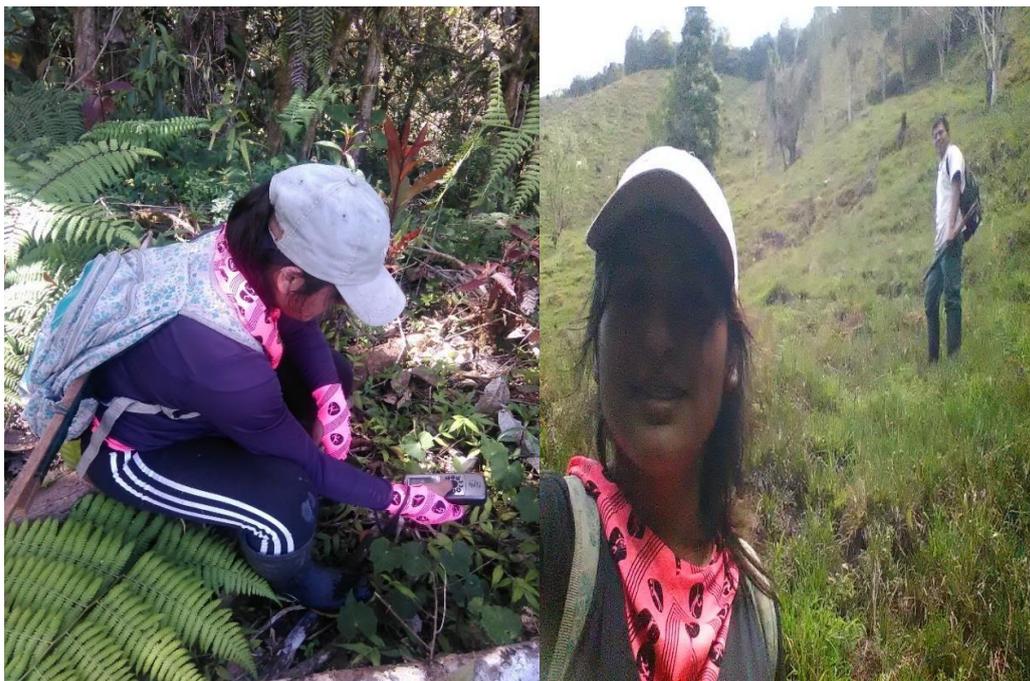
Nota. El reconocimiento y delimitación se realizó durante el voluntariado realizado en

el Parque Nacional Yanachaga Chemillén (PNYCh) – Oxapampa de abril a junio del 2018.

**Figura 8:** *Medición de pendiente de Cobertura forestal – herbazal – microcuenca San Alberto – Oxapampa.*



**Figura 9:** *Medición de pendiente del Bosque de montaña montano (Bm-mo) – microcuenca San Alberto.*



**Figura 10:** *Instalación de parcela de Erosión en el área del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y de Cobertura forestal - herbazal.*





**Figura 11:** *Medición y registro del suelo erosionado y sedimentado del Bosque de montaña montano (Bm-mo) y del área de Cobertura forestal - herbazal.*





**Figura 12:** Toma de muestras para el análisis de densidad aparente y textura del suelo.





**Figura 13:** Análisis de textura y densidad aparente en el laboratorio de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.



