

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

ESCUELA DE POSGRADO

PROGRAMA ACADÉMICO DE MAESTRÍA EN INGENIERÍA, CON
MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE



UDH
UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TESIS

**“Prevención y recuperación de laderas de la quebrada
Tingoragra de corriente efímera, de la microcuenca Nauyan
Rondos, Huánuco - 2022”**

PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
INGENIERÍA, CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y
DESARROLLO SOSTENIBLE

AUTOR: Dávila Herrera, Percy Mello

ASESOR: Narro Jara, Luis Fernando

HUÁNUCO – PERÚ

2024

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Gestión de riesgos y desastres

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería Ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Maestro en ingeniería, con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código del Programa: P26

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 41050949

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 18206328

Grado/Título: Maestro en ingeniería con mención en gestión ambiental y desarrollo sostenible

Código ORCID: 0000-0003-4008-7633

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	CÓDIGO ORCID
1	Campos Rios, Bertha Lucila	Magister en educación Gestión y planeamiento educativo	19939411	0000-0002-5662-554X
2	Jacha Rojas, Johnny Prudencio	Doctor en medio ambiente y desarrollo sostenible	40895876	0000-0001-7920-1304
3	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Escuela de Posgrado

ACTA DE SUSTENTACIÓN DEL GRADO DE MAESTRO EN INGENIERÍA

En la ciudad universitaria de la esperanza, siendo las 10:00 am horas del día jueves 12 del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, en el auditorio de la facultad de ingeniería, en cumplimiento a lo señalado en el reglamento de grados de maestría y doctorado de la Universidad de Huánuco, se reunió el jurado calificador integrado por los docentes:

- MG. BERTHA LUCILA CAMPOS RÍOS
- DR. JOHNNY PRUDENCIO JACHA ROJAS
- MG. FRANK ERICK CÁMARA LLANOS

Nombrados mediante RESOLUCIÓN N° 613-2023-D-EPG-UDH; para evaluar la tesis intitulada **"PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTE EFÍMERA, DE LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS, HUÁNUCO - 2022"**. Presentado por el Bach. **DAVILA HERRERA, Percy Mello** para optar el grado de Maestría en Ingeniería con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Dicho acto de sustentación se desarrolla en dos etapas: exposición y absolución de preguntas procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros de jurado.

Habiéndose absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias procedieron a deliberar y calificar, declarándolo APROBADO por UNANIMIDAD con calificativo cuantitativo de 1.6 y cualitativo de BUENO.

Siendo las 11:30 horas del día jueves 12 del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, los miembros del jurado calificador firman la presente acta en señal de conformidad.

Presidente

Mg. Bertha Lucila Campos Ríos
COD. ORCID: 0000-0002-5662-554X
DNI: 19939411

Secretario

Dr. Johnny Prudencio Jacha Rojas
COD. ORCID: 0000-0001-7920-1304
DNI: 40895876

Vocal

Mg. Frank Erick Cámara Llanos
COD. ORCID: 0000-0001-9180-7405
DNI: 44287920



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El comité de integridad científica, realizó la revisión del trabajo de investigación del estudiante: PERCY MELLO DÁVILA HERRERA, de la investigación titulada "Prevención y recuperación de laderas de la quebrada Tingoragra de corriente efímera, de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco - 2022", con asesor LUIS FERNANDO NARRO JARA, designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 488-2023-D-EPG-UDH del P. A. de la MAESTRÍA EN INGENIERÍA CON MENCIÓN EN GESTIÓN AMBIENTAL Y DESARROLLO SOSTENIBLE.

Puede constar que la misma tiene un índice de similitud del 8 % verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumple con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 16 de agosto de 2024



RICHARD J. SOLIS TOLEDO
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

61. DÁVILA HERRERA PERCY MELLO.docx

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%	8%	2%	1%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.scielo.org.bo Fuente de Internet	2%
2	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%
5	distancia.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1%



RICHARD J. SOLIS TOLEDO,
D.N.I.: 47074047
cod. ORCID: 0000-0002-7629-6421



FERNANDO F. SILVERIO BRAVO
D.N.I.: 40618286
cod. ORCID: 0009-0008-6777-3370

DEDICATORIA

Dedico mi trabajo de tesis en primer lugar a Dios, por darme la paciencia y fuerza necesaria para culminar esta meta de mi carrera profesional.

A mi esposa Carina, mis hijas Annie, Clara y Cristina, por el amor y animo por motivarme a seguir adelante en toda la etapa del trabajo de tesis

Y, finalmente, a los que no creyeron en mí, con su actitud lograron que tomará más impulso.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a los miembros de la Universidad de Huánuco, por su colaboración e interés en este trabajo de tesis.

En segundo lugar, agradezco a la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ingeniería, a los docentes de la Maestría en Ingeniería con mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible.

Además, quiero reconocer a mi asesor el Mg. Luis Fernando Narro Jara, a mis jurados evaluadores la Mg. Bertha Lucila Campos Ríos, Mg. Johnny Prudencio Jacha Rojas y Mg. Frank Erick Cámara Llanos, que fueron fundamentales para la elaboración del trabajo

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	X
RESUMEN	XI
ABSTRACT	XII
INTRODUCCIÓN	XIII
CAPITULO I	15
PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION	15
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	15
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	16
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	16
1.3. OBJETIVOS	16
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	16
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	16
1.4. TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACION	17
CAPITULO II.....	18
MARCO TEÓRICO.....	18
2.1. ANTECEDENTES.....	18
2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL.....	18
2.1.2. A NIVEL NACIONAL	21
2.1.3. A NIVEL LOCAL	23
2.2. BASES TEÓRICAS.....	24

2.2.1. ESCORRENTÍA	24
2.2.2. EROSIÓN	26
2.2.3. PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS	30
2.2.4. OBRAS BIOMECÁNICAS.....	33
2.2.5. REVEGETALIZACIÓN	35
2.2.6. CUENCA HIDROLÓGICA.....	39
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	41
2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS	42
2.5. SISTEMA DE VARIABLES	42
2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE	42
2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE	42
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)	43
CAPITULO III	45
MARCO METODOLÓGICO	45
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	45
3.1.1. ENFOQUE	45
3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....	45
3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	45
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	45
3.2.1. POBLACIÓN	45
3.2.2. MUESTRA	46
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS	46
3.3.1. RECOLECCIÓN, PRESENTACIÓN, E INTERPRETACIÓN DE DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SEDIMENTOS EN LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS.	51
CAPITULO IV.....	67

RESULTADOS.....	67
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	67
4.1.1. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS SIN PROYECTO.....	67
4.1.2. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS CON PROYECTO.....	68
4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS.....	70
4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS	70
4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	72
CAPITULO V.....	75
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	75
5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN	75
CONCLUSIONES	77
RECOMENDACIONES.....	79
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	80
ANEXOS.....	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Características y Tipos de Erosiones.....	29
Tabla 2 Valores del Coeficiente (X) Vegetación.....	32
Tabla 3 Valores del Coeficiente (Y) Erodabilidad del Suelo.....	32
Tabla 4 Valores del Coeficiente (θ) Estado Erosivo	32
Tabla 5 Valores de Pendiente (S) Peligro Erosivo	33
Tabla 6 Matriz de Operacionalización de Variables e Indicadores.....	43
Tabla 7 Parámetros y Cubierta Vegetal Estimados de la Microcuenca Nauyan Rondos	52
Tabla 8 Tendencia de la Temperatura Media Proyectada	54
Tabla 9 Tendencia de Precipitación Media Anual Proyectada.....	55
Tabla 10 Coeficiente de Escorrentía Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos.....	56
Tabla 11 Pendiente (s) Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos	59
Tabla 12 Coeficiente (x) Vegetación Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos.....	60
Tabla 13 Coeficiente (y) Erodabilidad del suelo Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos	61
Tabla 14 Coeficiente (θ) Estado Erosivo Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos	63
Tabla 15 Parámetros sin la aplicación del Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos.....	64
Tabla 16 Parámetros con la aplicación del Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos.....	66
Tabla 17 Producción de Sedimentos sin proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos.....	67
Tabla 18 Producción de Sedimentos con proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos.....	69
Tabla 19 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk con los datos obtenidos sin el proyecto.....	71

Tabla 20 Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk con los datos obtenidos con el proyecto.....	71
Tabla 21 Prueba de t-Student para Muestras Independientes con respecto a la Hipótesis Principal.....	73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recorrido y Toma de Muestra en la Quebrada Tingoragra.....	46
Figura 2 Especies Recomendadas para la revegetación de la Microcuenca Nauyan Rondos	51
Figura 3 parámetros y Cubierta Vegetal Estimados de la Microcuenca Nauyan Rondos	52
Figura 4 Data de Temperatura (1981 – 2023)	53
Figura 5 Data de Precipitaciones (1981 – 2023).....	53
Figura 6 Mapa de Coeficiente de Escorrentía de la Microcuenca Nauyan Rondos	56
Figura 7 Mapa de Pendiente (s) de la Microcuenca Nauyan Rondos	58
Figura 8 Mapa de Coeficiente (x) Vegetación de la Microcuenca Nauyan Rondos	60
Figura 9 Mapa de Coeficiente (y) Erodabilidad del suelo de la Microcuenca Nauyan Rondos	61
Figura 10 Mapa de Coeficiente (θ) Estado Erosivo de la Microcuenca Nauyan Rondos	62
Figura 11 Microcuenca Sectorizadas sin aplicación del Proyecto en Nauyan Rondos	64
Figura 12 Microcuenca Sectorizadas con la aplicación del Proyecto en Nauyan Rondos	65
Figura 13 Producción de Sedimentos sin Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos	68
Figura 14 Producción de Sedimentos con Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos	70
Figura 15 Prueba de t-Student para Muestras Independientes con respecto a la Hipótesis Principal.....	74

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Visita de Campo y Reconcomiendo de la microcuenca Nauyan Rondos	94
Fotografía 2 Vista panorámica del cauce principal de la microcuenca Nauyan Rondos	94
Fotografía 3 Toma me muestra en el punto M-01.....	95
Fotografía 4 Toma me muestra en el punto M-02.....	95
Fotografía 5 Toma me muestra en el punto M-03.....	96
Fotografía 6 Toma me muestra en el punto M-04.....	96
Fotografía 7 Vegetación en los afluentes del de la microcuenca Nauyan Rondos	97
Fotografía 8 Escasa vegetación en el cauce principal de la Microcuenca Nauyan Rondos	97
Fotografía 9 Áreas Erosionadas en la Microcuenca Nauyan Rondos.....	98
Fotografía 10 Habitantes que ocupan zonas vulnerables a la erosión en la Microcuenca Nauyan Rondos	98

RESUMEN

El presente trabajo se desarrolló con la finalidad de estimar el volumen de transporte de sedimentos (tanto la producción de sedimentos como el volumen de sedimento erosionado) en la microcuenca de Nauyan Rondós, ubicada al norte de la zona marginal de la ciudad de Huánuco. Para lo cual en la presente investigación se aplicó el método de erosión de Gavrilovic, en donde primeramente es necesario la estimación de algunos parámetros específicos, las cuales se obtienen mediante las herramientas de teledetección y el sistema de información geográfica (SIG); con la única finalidad de considerar una propuesta de revegetación y/o reforestación mediante técnicas biomecánicas y de esa manera mitigar o reducir el transporte de sedimentos.

Este estudio se realizó mediante una metodología de enfoque cuantitativo, que a su vez se desarrolla mediante un alcance explicativo, el cual se plantea por medio de un diseño transversal no experimental. En dónde se define a la población-muestra de estudio como un área previamente delimitada de la superficie de suelo que abarca la microcuenca de Nauyan Rondós, considerándose para fines descriptivos un área aproximada de 7.063 km².

El objetivo fundamental fue la de respaldar y proponer alternativas de recuperación y prevención de suelos, que puedan reducir el grado de erosión e intensidad en la microcuenca de Nauyan Rondós. En donde los indicadores vendrían a ser los valores de la producción media anual de sedimento (W) y el volumen de sedimento erosionado (G), los cuales permitieron cuantificar una tasa sectorizada que presenta un total de 5,787.92 m³/año y 2,170.56 m³/año respectivamente; las cuales al considerar la propuesta de recuperación y prevención estas se reduce a una tasa de 813.85 m³/año y 305.10 m³/año respectivamente.

Palabras Claves: Microcuencas erosionadas, control de erosión, revegetación para la erosión, reforestación para la erosión, transporte de sedimentos.

ABSTRACT

The present work was developed with the purpose of estimating the volume of sediment transport (both sediment production and the volume of eroded sediment) in the Nauyan Rondos microbasin, located north of the marginal zone of the city of Huánuco. For this purpose, in this research the Gavrilovic erosion method was applied, where first it is necessary to estimate some specific parameters, which are obtained through remote sensing tools and the geographic information system (GIS); with the sole purpose of considering a proposal for revegetation and/or reforestation using biomechanical techniques and thus mitigate or reduce sediment transport.

This study was carried out using a quantitative approach methodology, which in turn is developed through an explanatory scope, which is proposed through a non-experimental cross-sectional design. Where the study sample population is defined as a previously delimited area of the soil surface that covers the Nauyan Rondos micro-basin, considering for descriptive purposes an approximate area of 7,063 km².

The fundamental objective was to support and propose alternatives for soil recovery and prevention, which can reduce the degree of erosion and intensity in the Nauyan Rondos micro-basin. Where the indicators would be the values of the average annual sediment production (W) and the volume of eroded sediment (G), which allowed quantifying a sectorized rate that presents a total of 5,787.92 m³/year and 2,170.56 m³/year respectively; which when considering the recovery and prevention proposal, these are reduced to a rate of 813.85 m³/year and 305.10 m³/year respectively.

Keywords: Eroded microwatersheds, erosion control, revegetation for erosion, reforestation for erosion, sediment transport.

INTRODUCCIÓN

El fenómeno de erosión hídrica es una de las causas más comunes que influyen en el desgaste de suelo, comprendiendo una degradación biológica, química, y física del suelo. Este evento natural se puede determinar por 4 factores principales: la topografía, el clima, la erodabilidad, y el uso del suelo; y en muchos casos definidos por la intensidad de la actividad humana, como es la agricultura, deforestación, reforestación, etc. (Efthimioun N. et al 2015).

La presente investigación se enfoca en la microcuenca de Nauyan Rondos, la cual está ubicada al lado norte de la parte marginal de la ciudad de Huánuco, y que además presenta una erosión hídrica que puede afectar a la población que habita en zonas próximas a la microcuenca. La acción erosiva que se presenta en la zona es a causa de un desequilibrio hídrico que es reflejada mediante una reducción de la capacidad de retención de agua con menor disponibilidad en zonas de recarga (GTZ, 2010).

El transporte de sedimentos producida por la erosión hídrica en una cuenca o microcuenca puede ser calculada mediante modelos matemáticos definidos, estos modelos matemáticos pueden ser complejos, con una gran variedad de datos requeridos, así como prácticos para zonas donde escasea la disponibilidad de datos, pero si existe la necesidad de entender por completo de los cálculos por su uso fácil y simplificado; la región de Huánuco por sus condiciones se ajusta a estos modelos prácticos. En la actualidad la teledetección y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son utilizados para evaluar la sedimentación y la erosión mediante modelos empíricos, en donde todos los parámetros de ingreso son considerados en capas diferentes para ser utilizadas para los cálculos en paquetes de SIG (Bozorgzadeh and Kamani, 2012).

La tasa erosiva anual de una microcuenca se ve afectada consecuentemente por la variación de las precipitaciones pluviales, comúnmente con mayor intensidad en periodos cortos de lluvia. El cambio climático se muestra con la variación de la precipitación y temperatura, siendo estos considerados forzantes meteorológicos mediante los cuales se realiza

la evaluación de los efectos sobre la producción de sedimentos en microcuencas y cuencas de gran impacto.

Del mismo modo manteniendo esta línea de estudio se pretende analizar y evaluar la producción de sedimentos con precipitaciones y temperaturas determinadas (forzantes meteorológicos) mediante la aplicación del modelo matemático práctico de Gavrilovic para el cálculo de la producción de sedimentos y volumen erosionado de suelos.

El propósito fundamental de esta investigación es la de mostrar resultados referentes al transporte de sedimento de una microcuenca específica, en la ciudad de Huánuco. Para lo cual se pretende dar relevancia al mecanismo de transporte de sedimento, ya sea transporte por acarreo o suspensión, analizando la dinámica de la relación de la suspensión y acarreo, y además analizar su relación con las particularidades del caudal líquido.

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO DE LA INVESTIGACION

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú se ha producido una serie de fenómenos naturales, a causa del fenómeno del niño, los cuales han generado pérdidas económicas, sociales y ambientales. (INDECI, 2020); reportaron que la mayor incidencia de deslizamientos fue en la sierra y en la selva alta, debido a las condiciones topográficas, geológicas y climáticas existentes; también, señalan que ocurren con frecuencia en los meses de lluvias.

Actualmente en capital de la provincia de Huánuco se mantiene una población aproximada de 235,529 pobladores, según proyecciones del INEI para el 2020, esta ciudad se encuentra ubicada en una zona entre la selva central y la región altoandina, explícitamente en la vertiente oriental andina, la cual se encuentra drenada mediante el río Huallaga de sur a norte, limitado topográficamente por cerros o montes con pendientes desde moderadas hasta abruptas, de la cual desciende corrientes de aguas permanentes (río Higuera) y que además se observan quebradas estacionales como La Florida, Llicua, Tingoragra Rondos, y Jactay.

La historia de los desastres suscitados en la ciudad de Huánuco muestra que el fenómeno principal de origen fueron las inundaciones, posteriormente a ellos se registra como causales a los huaycos pequeños de las quebradas de Tingoragra La Florida, Llicua, y sectores de San Luis. Muy aparte de estos, observando la geomorfología de las microcuencas de Llicua, La Florida, Tingoragra Rondos, y Jactay, se deduce que los huayco o movimientos masa con grandes magnitudes, se suscitaron de una forma excepcional, que no se encuentran registrados desde los últimos 500 años, y que solamente se evidencia de forma periódica como movimientos de masa, derrumbes, cárcavas, y deslizamientos, en pequeñas magnitudes como los huaycos menores.

En el presente proyecto de tesis vamos a demostrar que en la microcuenca de la quebrada Tingoragra de corriente efímera existe movimientos de masas en la parte alta de la ciudad de Huánuco en la zona

de Nauyan Rondos, que se han ido deteriorando con el tiempo y han estado abasteciendo a la microcuenca de la quebrada de Tingoragra de corriente efímera, ocasionando daños en las partes baja de la ciudad de Huánuco; en la actualidad, solo se tiene estructuras de protección de la margen derecha e izquierda del cauce de la quebrada Tingoragra, mas no hay un tratamiento de las laderas erosionadas y que están en etapa de afloramiento, por lo que se busca con el presente proyecto de tesis proponer un plan de prevención para recuperar los suelos que se encuentran en estado de degradación y así poder disminuir el grado de intensidad de la magnitud de la quebrada Tingoragra en temporadas de avenidas.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué medida las alternativas de prevención y recuperación podrían reducir el grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

- Proponer alternativas de prevención y recuperación que puedan reducir del grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022.

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar el volumen de erosión de la ladera y realizar una propuesta de solución como alternativa para la recuperación y prevención.
- Definir las variables de solución según la producción de sedimentos con respecto a volumen de sedimento erosionado de las laderas que dan inicio a la quebrada de Tingoragra de escorrentía efímera.

- Identificar las especies recomendadas para utilizarlas de acuerdo a la erosión de la ladera mejorando su estabilidad y recuperación al suelo.

1.4. TRASCENDENCIA DE LA INVESTIGACION

La microcuenca de la quebrada Tingoragra de corriente efímera ubicada en la parte alta de la ciudad de Huánuco, produce movimientos de masa con los cuales las laderas de la quebrada se han estado deteriorando con el tiempo, produciendo daños en la parte baja de la misma microcuenca. En tal sentido, hasta la fecha no se ha realizado ninguna propuesta de tratamiento para las laderas deterioradas erosivamente en la microcuenca, las cuales se encuentran en etapa de afloramiento. Es por ello que es necesaria una propuesta de prevención para recuperar las laderas erosionados que abastecen a la quebrada de escorrentía efímera de Tingoragra en temporadas de lluvia.

También es considerada su operatividad que representa un planteamiento en el campo de la ingeniería civil y ambiental, en donde técnicamente se sustenta en base a los conocimientos de la ingeniería civil en cuanto a su topografía, hidrología, geología, y medio ambiente. Es relevante mencionar que busca la optimización de los recursos considerando principalmente la seguridad de la población, siendo favorable para la sociedad, ya que la prevención y recuperación mitigaría futuros desastres en la parte baja de la microcuenca.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES

2.1.1. A NIVEL INTERNACIONAL

Rivera (2005). Artículo Científico “Restauración Social de Suelos Degradados por Erosión y Remociones Masales en Laderas Andinas del Valle del Cauca Colombia con la utilización de obras de Bioingeniería”. Muestra que la Fundación Centro de investigación para Sistemas Sostenibles de Producción Agropecuaria y la Corporación Regional Autónoma del Valle del Cauca, realizaron las investigaciones mediante la aplicación tecnológica referentes a Socializaciones, Sensibilizaciones, Concientizaciones y Capacitaciones para los trabajos comunitarios, con enfoque a la restauración del suelo severamente degradado, con el apoyo de ONG's de cada región y población de cada comunidad afectada. Estos tareas se realizan en diversas municipalidades de la región del Valle del Cauca, como son: El Cairo, Buga, Obando, Cuenca Alta del rio Cali, Restrepo, La Cumbre, Dagua, Argelia, entre otros más; para ello se parte de un registro inventariado con un diagnóstico referente a la relación de suelo, roca, longitud y grado pendiente, flora, fauna, climas, infraestructuras; el cual permite establecer las relaciones de los diversos procedimientos degradativos como es causa efecto, y que además se elimine con prioridad el mayor porcentaje de factores causantes propensos y vulnerables, lo que permite el aumento paulatino del factor de seguridad de las laderas, y así disminuir los riegos, lo cual conduce a soluciones de bajo costo, no perecederas, eficientes, y sencillas.

Se muestra la secuencia de las actividades realizadas en las municipalidades de Restrepo, La Cumbre, Dagua, y Argelia. En el desarrollo de las actividades para solucionar los problemas se aplicaron tecnologías para realizar el diseño y construcción de estructuras vivas, como alternativas para controlar los eventos de desgaste de suelos por erosión y movimientos de masales, las cuales preocupan y afectan de

permanentemente el casco urbanizado, así como zonas rurales de cada una de las regiones de las laderas del país en general y sobre todo de la región del Valle del Cauca.

Larrea (2013) realizó su estudio en Guayaquil, sobre: “Diagnóstico de vulnerabilidad ambiental de los habitantes en relación al riesgo de deslizamiento de laderas e inundaciones en Nueva Prosperina”, planteó el objetivo de realizar el diagnóstico con respecto a la vulnerabilidad ambiental y las capacidades de familias con comunidades con el fin de promover las estrategias comunitarias que permiten prevenir el deslizamientos e inundación en Nueva Prosperina; los resultados de este estudio señalan que los habitantes viven en áreas propensas a desastres debido a la creciente densidad de población en áreas con riesgo de deslizamientos e inundaciones. Además de los problemas ambientales creados en el sitio por inundaciones, caminos lodosos y deslizamientos de tierra que causan drenaje de aguas pluviales, volumen, y deslizamientos de tierra. De igual modo, el autor señala que los peligros ambientales son altos, debido a la mala cobertura de drenaje y la erosión del suelo.

A la par, la encuesta aplicada refleja que los habitantes de Nueva Prosperina desconocen el estado del terreno en el que están construidas sus viviendas desconociendo lo riesgoso y peligroso que representan los caos de amenaza natural en el país. Igualmente ocurre con la falta de conocimiento sobre las medidas preventivas y de mitigación. Por otro lado, las diversas intervenciones de los vecinos de Nueva Prosperina, a pesar de que no están debidamente capacitados en temas preventivos y comportamientos de situación de riesgo, lo que refleja participaciones esporádicas en la actividad comunitaria, manifestó que le interesa realizar actividades educativas de carácter particular para aprender sobre la prevención y mitigación en casos de deslizamientos.

Mendoza (2011) en su artículo de revisión intitulado: “Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización”, el artículo concluye que las consecuencias de la erosión son claras tanto en su

ubicación como externamente (erosión por difusión). Los efectos in situ son especialmente importantes en las tierras agrícolas donde la el deterioro de su composición, la pérdida del suelo, el acarreo de nutrientes y materia orgánica conducen a la disminución del espesor de la superficie terrosa y reduce la fertilidad. Las erosiones también menoran el agua existente en el suelo y aumenta la sequedad.

En la actualidad se promueve y realiza el control de la erosión producida por los eventos naturales del medio ambiente, es por ello que se propone la utilización de material natural (mallas orgánicas y biorrollos orgánicos), primordialmente a base de fibras, en donde muchos de ellos son de origen y uso forestal (Contreras, V., 2001), estos se integran en el proceso de fertilidad y reforestación del suelo y son una solución ecológica al problema.

Ospina (2020) en su investigación realizado en Medellín, Colombia intitulada: “Modelo de educación para la formación de grupo ambiental caso: mantenimiento y recuperación de la vegetación en laderas degradadas de la microcuenca de la Piedrahita y la Reventona de Caldas, Antioquia”. Cuyo objetivo fue plantear un modelo educativo para grupos ambientalistas, en el manejo, conservación, restauración y/o revegetación de laderas devastadas de las microcuencas de Medellín; por otra parte, las conclusiones que llego el estudio son: Que para realizar la implementación de la propuesta con respecto temas ambientales es fundamental realizar un diagnóstico participativo; esto permitirá a identificar las necesidades de la comunidad, elaborando un diseño predeterminado y de ello ver que formas de soluciones se pueden dar.

También el autor dentro sus conclusiones señala que las cuencas hidrológicas desempeñan un rol muy relevante en el desarrollo de la comunidad a nivel social, económico; por ello es necesario que en talleres considerar estos aspectos como las características, importancia y riesgos; de esta manera lograra el compromiso de los actores para la protección y vigilancia de estas. Finalmente se concluye que existe la necesidad de implementar la plantación de especie autóctonas en áreas

aledañas a la pendiente para reducir el impacto de las precipitaciones, estas especies por ser de buena calidad deben contribuir a la estabilidad de los taludes, aliviando las cargas y presiones en la pendiente de esta forma controlar de forma natural la escorrentía.

2.1.2. A NIVEL NACIONAL

Molina (2017) en su investigación sobre: “Eficacia del desarrollo de la Erythrina Americana (Erythrina Colorín) como barrera viva para el control de la erosión en la quebrada San Antonio, distrito de Chosica, Lima”; cuyo objetivo fue demostrar la efectividad de la planta Erythrina americana en cuanto al control de las erosiones de suelos de la quebrada Sana Antonio; dentro de las conclusiones del trabajo de investigación el autor señala que la planta Erythrina americana resulto ser eficaz en cuanto al control de las erosiones hídricas en el lugar de estudio (distrito Chosica), a consecuencia del grado de importancia de influenciar en cuanto al volumen de absorción, volumen erosionado, e infiltración del suelo, obtenidos mediante 03 fases experimentales; el investigador también señala que la planta de estudio es una especie que crece en casi toda diversidad de terrenos, es recomendable plantar plantas perennes, pero para lograr el crecimiento anual (1,19 m/año) que alcanza esta especie, es importante el riego constante. Para obtener mejores resultados en los experimentos se utiliza una siembra tecnificada (tipo de siempre según distancia), para beneficiarse de las características que ofrece esta planta en sus raíces.

De la misma manera al revisar el Informe Técnico: N° A7170 (agosto, 2021) publicado por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico – INGEMMET: Evaluación de peligros geológicos por flujo de detritos en las quebradas Pacpachayoc, San Lorenzo, y Miraflores de la provincia La Convención en la región Cusco, muestra los resultados de las evaluaciones de peligro geológico por huaycos, que se produjeron en las quebradas Pacpachayoc, San Lorenzo, y Miraflores. Por medio de este informe técnico, el INGEMMET cumple la función de ofrecer asistencias técnicas de calidad y además informaciones actualizadas que sean accesibles, oportunas, y confiables en lo que respecta a la geología a

nivel nacional, regional, y distrital. Las unidades lito estratigráficas que se encuentran en el área de evaluación, corresponde a rocas metamórficas de las formaciones San José, y Sandia, las cuales están compuestas por, pizarras, esquistos, y cuarcitas, encontrándose este último en condiciones de fracturas y considerablemente meteorizada. Estas unidades están cubiertas por depósitos coluvio-aluviales, las cuales están compuestas por material consolidado de bloques angulosos a sub angulosos, con diámetros que fluctúan en promedio de 0.30 a 1.50 m, inmersos en una consistencia areno arcillosa.

Al final se observa depósitos proluviales recientes y muy antiguos en las quebradas Pacpachayoc, San Lorenzo, y Miraflores, que este compuesto por bloques sub angulosos a sub redondeados, con diámetros que fluctúan de 0.30 a 4.0 m, envueltos en una consistencia areno-arcillosa. Esta geoforma corresponde con un origen de montaña moldeada con roca metamórfica (tectónico degradacional) y geoforma de carácter gradacional y depositacional, de origen principal con la ocurrencia de movimientos antiguos, que presenta geoforma de vertientes con depósito de deslizamientos, deluvial-coluvio y piedemonte aluvio-torrencial). Los eventos que desencadenaron huaycos en las quebradas Pacpachayoc, San Lorenzo, y Miraflores son atribuidas a lluvias intensas que fue registrada en el periodo del mes de febrero, el cual alcanzó el 07 de febrero una precipitación con un umbral de 40.80 mm, y en el periodo del 12 al 15 de febrero una precipitación acumulada de 53.40 mm (SENAMHI, 2021). También se considera que el substrato de roca altamente fracturado permitió una mayor retención de agua e infiltración los cuales influyeron a la producción de derrumbes en el cerro Urusayhua generando huaycos, mediante suelos inconsolidados (depósito coluvio-deluvial) vulnerables a las erosiones y remoción ante precipitación pluvial intensa; el cual presenta una ladera con una pendiente de 65° escarpadas, lo cual facilita que la masa de suelo suelto genere erosión y remueva por la gravedad que afecta junto a las aguas escorrentía.

El día 08 de febrero se activaron y generaron huaycos en las quebradas Pacpachayoc, San Lorenzo, y Miraflores; la cual es su recorrido arrastro bloques de masa con diámetro que varía de 0.50 a 3.00 m, además de troncos de árbol y arenas de 0.50 a 1.30 m de longitud. Por medio de este evento natural se afectaron cultivos de terreno, viviendas, puentes peatonales, y tramos de carretera.

El área evaluada es considerada como una zona o terreno crítico de un peligro muy alto en lo que refiere a la producción de huaycos, las cuales son propensas a reactivarse en temporada de lluvia intensa, prolongada y excepcional. Se concluye con la recomendación de reubicar a las familias de las viviendas que fueron afectadas por los huaycos, así como también las mismas viviendas afectadas de los sectores Pacpachayoc y Miraflores, hasta el sector Pampa Concepción (coordenadas UTM 764996, 8591648); posteriormente se realiza el estudio de evaluación de riesgos (EVAR), para determinar el reasentamiento definitivo.

2.1.3. A NIVEL LOCAL

Mays (2018) realizó una investigación denominada: “Reducción de la Erosión Hídrica del Suelo, con la Utilización de la Vetiveria Zizanoides en la Microcuenca de Tingoragra – Nauyan Rondos, Provincia de Huánuco”; en la cual se plantea como objetivo de investigación mitigar la producción de erosión hídrica en los suelos de la microcuenca de Tingoragra - Rondos, en la ciudad de Huánuco; por medio de la aplicación de la planta Vetiveria con nombre científico Chrysopogon Zizanoides. En dicha investigación la autora señala en sus conclusiones, que se logra determinar que la especie de planta en mención reduce las erosiones hídricas en la microcuenca Tingoragra-Rondos en periodos de lluvia, con una data estimada de 22.24 Ton/Ha; Además de evidenciar que los suelos de la microcuenca en mención presenta altos porcentajes de limo y arena, con las cuales se obtiene un resultado de pérdidas de nutriente de (P, Ca y Mg) en Kg/Ha según ensayos, ocasionado por la escorrentía superficial por medio de precipitación alta durante el periodo de noviembre a febrero.

También nos muestran, mediante las mediciones de las precipitaciones pluviales que fueron durante 05 meses, una data estimada de 390.20 mm. Mostrando un registro bajo en el periodo de octubre, un registro alto en el periodo noviembre a diciembre, y un registro medio en el periodo de enero a febrero del siguiente año. Dicha data proporcionada el SENAMHI. Asimismo, según los resultados referente a la producción de volúmenes de suelos erosionados debido las precipitaciones fueron: 11.68 Ton/Ha/Periodo de lluvia en la Micro parcela N°03 que se encuentra sin plantación; 8.20 Ton/Ha/Periodo de lluvia en la Micro parcela N°02 que se encuentra con plantaciones de planta nativa, y 4.59 Ton/Ha/Periodo de lluvia en la Micro parcela N°01 que se encuentra con plantaciones de Vetiveria. Se concluye que se utiliza la fórmula con la cual se estima las erosiones hídricas, después de calcular las sumatoria de c/u de las varillas en milímetros, que muestran erosión, la cual al final es dividida entre el total de las varillas de la micro parcela. De esta forma se cuantifico e identifiqué que gracias al beneficio de la planta Vetiveria se produce reducción de los suelos erosionados por las precipitaciones, dentro de la micro parcela con las varillas que miden las erosiones.

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. ESCORRENTÍA

Para Tarbuck y Lutgens (2010) determinan que la escorrentía en cuanto a la hidrología se define como láminas de agua que circulan por sobre las superficies de cuencas de drenajes, también la definen como las aguas de lluvia que se escurren y se extienden por sobre cuencas de drenajes. Asimismo, según la teoría de Horton, se describe que las escorrentías se forman especialmente cuando las precipitaciones superan las capacidades de infiltración de la superficie de suelo. Es por ello que la escorrentía depende de parámetros como la pendiente del terreno, longitud de drenaje, cobertura vegetal, tipo de suelo, duración de la precipitación e intensidad, entre otros factores. (p.86).

Henao (2009) sustenta que, la escorrentía se define como la cantidad hídrica producto de una tormenta con lluvia frecuente e intensa que escurre o drena sobre la superficie de un suelo, generándose por medio de la infiltración y saturación del suelo.

Existen parámetros que van afectar a la escorrentía, algunos de ellos son:

- La capacidad de infiltración del suelo es menor que la intensidad de las precipitaciones y que además la humedad contenida de la masa es igual o mayor a la capacidad del mismo suelo. No se generará una infiltración relevante a consecuencia la mayor cantidad de aguas precipitadas pasaran a escurrir sobre la superficie de terreno. El flujo sobre la superficie será importante cuando el suelo no admite la infiltración, entonces la saturación del suelo dará lugar a una fracción de la superficie no soporte la humedad produciendo el escurrimiento
- La capacidad de infiltración del suelo es menor que la intensidad de las precipitaciones y que además la humedad contenida de la masa sea menor a la capacidad del mismo suelo. El suelo muestra deficiencias de humedad importantes, lo cual permite que las aguas precipitadas abastezcan la humedad del suelo, llegando a escurrir una fracción relativamente pequeña
- La capacidad de infiltración es mayor que la intensidad de las precipitaciones y que además la humedad contenida de la masa sea próxima o igual a la capacidad del mismo suelo. Una porción de las precipitaciones pasase a escurrir sobre el terreno, y aun así el volumen producido seguirá considerándose de poca cuantía. El flujo sobre la superficie será importante, y se notara que estas situaciones comúnmente derivan de la primera, cuando las precipitaciones son ininterrumpidas en ciertos períodos de tiempo
- La capacidad de infiltración es mayor que la intensidad de las precipitaciones y que además la humedad contenida de la masa sea menor a la capacidad del mismo suelo. El escurrimiento que se produce es disminuido, ya que el suelo podrá retener una fracción importante del volumen de agua. El flujo sobre la superficie es muy

reducido, porque el agua retenida por la capilaridad aumentará la humedad contenida inicial.

Serrato & Díaz (1998). Definen como escorrentías a una fracción de las precipitaciones que alimentan a la corriente superficial, ya sean intermitentes o continuas sobre una cuenca. Según su origen tenemos diversos tipos de escorrentía; en donde básicamente la escorrentía superficial depende:

- Factor de naturaleza humana: Referente sobre toda intervención humana.
- Factor de vegetación: En consecuencia, a las densidades y tipos de vegetaciones, las cuales definen los volúmenes de aguas evapotranspiradas e interceptadas.
- Factor fisiográfico: Referente a las especificaciones físicas como el coeficiente de escorrentía y permeabilidad, además de la condición geométrica como es la forma, pendiente, y área de la cuenca
- Factor climático: Relacionados con la precipitación y evaporación

2.2.2. EROSIÓN

Sánchez (2002) define que las erosiones son como la denudación de las capas delgadas de suelo de la superficie, las cuales cubren la diversa superficie o área continental de la tierra, que además son producidas por actividad y acción de las aguas, glaciares, vientos, y por la actividad producida por el hombre

Al respecto, Morgan (1997) sustenta que la erosión se da a través de dos procesos, los desprendimientos de partícula individual producto de las aglomeraciones del suelo y por medio de transportes debido a los agentes erosivos, las cuales son consideradas como corriente de vientos y aguas. Además, se afirma que las erosiones generan efectos negativos en cuanto a la fertilidad de los suelos, producto del desprendimiento de suelos los cuales producen pérdidas de nutrientes por medio del deterioro de estos suelos hasta alcanzar pérdida total del suelo, es por esta razón que se requiere valorar las erosiones potenciales y así proponer o realizar actividades de mitigación

De la misma manera la erosión es considerada como el evento o conjunto de eventos químicos, y/o físicos que se producen en las superficies de suelo, las cuales eliminan de forma parcial o total el material existente, lo cual trae como consecuencia la pérdidas de masas y por tanto la reducción de tamaño y volumen en situ, cuya consecuencia es la reducción de relieve y forma; podemos mencionar que los agentes de erosión son los glaciares, los movimientos de masa, el viento, el agua, y los producidos por la actividad del hombre (Marques,1996. p.1)

De la misma manera, según el EMRS, en su Resumen Técnico de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y Agricultura (2016), se sostiene que las erosiones de suelos son las remociones de masa producidas en las superficies de suelos, por agentes externos como el viento, agua, y actividad del hombre como la labranza. Las erosiones hídricas se originan de forma principal cuando los flujos superficiales transportan partículas del suelo que es desprendida por la escorrentía superficial, e impacto de las precipitaciones pluviales, que generalmente dan generan canales superficiales, como son las cárcavas o surcos. Las erosiones eólicas se producen cuando el suelo suelto y seco, sin nada de vegetación se somete a viento fuerte, como consecuencia los suelos se desprenden y se transportan a otros lugares. Las erosiones por labranza son los generados por la actividad del hombre como de la redistribución del suelo dentro de un campo determinado; en resumen, la erosión es un evento natural con un incremento de su tasa de producción por la actividad del hombre.

2.2.2.1. CLASES DE EROSIÓN

Según Ministerio de Agricultura y Riego (2014) se puede distinguir:

A. Erosiones naturales

Es producido de manera natural de forma ininterrumpida, ya sea desde el tiempo geológico con las emersiones de las tierras, también conocidas como erosiones geológicas. Es la responsable directa de la mayor parte de la topografía actual, como

consecuencia de la formación de suelos. En otras palabras, son las pérdidas de las superficies del suelo en donde no ha intervenido la actividad humana. El principal factor que contribuye a estas clases de erosiones son las pendientes de terreno, la temperatura, los tipos de suelo, los vientos, las corrientes de agua, las lluvias. (López, 2012.p.2)

B. Erosiones aceleradas o antrópicas

Es la causada por la actividad humana, como consecuencia de los malos manejos que se realizan sobre la superficie, por ejemplo, la siembra de cultivo anual o perenne sin prevenir las protecciones del suelo, el sobrepastoreo del ganado, la tala indiscriminada de los bosques, las construcciones inadecuadas de obras de infraestructura como represas, edificaciones, carreteras, y entre otras (Ministerio de Agricultura Y Riego, 2014).

C. Erosiones hídricas

Este tipo de erosiones son la consecuencia del desprendimiento por arrastre de la la escorrentía superficial, ya que tiene como agente externo directo las aguas de lluvia o aguas de canales. Este tipo de erosiones son las comúnmente generadas en las zonas andinas, producto de las grandes intensidades y frecuencia de lluvias en dichas zonas, que además son favorecidas por la heterogeneidad y pendiente de los suelos, que mayormente se encuentran susceptible a las erosiones. Según la forma como el agua actúa en el suelo.

D. Erosiones pluviales

Este tipo de erosiones son generadas directamente por los impactos que producen las gotas de lluvia sobre la superficie mayormente de un suelo sin cobertura vegetal. En resumen, las fuerzas ejercidas por las gotas de lluvia dependen de la caída y tamaño de las gotas, las cuales producen desprendimientos y dispersión de las partículas de suelo; y que además de estos efectos, las erosiones pluviales sueltan a las finas partículas del

suelo en modo de suspensión, para que finalmente sean arrastradas por las aguas superficiales, generándose otras formas de erosiones.

E. Erosión por escorrentía

Las aguas de lluvias que no logran infiltrar el suelo fluyen por sobre las superficies de los terrenos mediante pendientes de arrastre produciendo suelos desprendidos, esto es debido a que las intensidades de lluvia son mucho mayores a las capacidades de infiltración. Las erosiones de este tipo son las erosiones en terracetas, erosiones remontantes, erosiones por escorrentía difusa, erosiones por cárcava, erosiones en surcos erosiones laminares. En resumen, son las erosiones por remociones de masas generada con los movimientos de suelos causados por infiltraciones de agua producto de la gravedad. Las cuales pueden ser derrumbes de flujo rápido, solifluxión de flujo lento. (Ministerio de Agricultura y Riego, 2014).

Tabla 1
Características y Tipos de Erosiones

Tipos de Erosiones	Características
Erosiones de masa	El termino erosiones o remociones en aglomeraciones se refiere al movimiento de masa de suelo, comúnmente reconocidos con el nombre de deslizamientos.
Erosiones de oleajes	La fuerza del oleaje produce el desprendimiento y transporte de masas de suelos, a consecuencia de las olas que ascienden y descienden.
Erosiones de cauces de agua	Son las erosiones laterales y de profundización a consecuencia de las fuerzas tractivas de la corriente de ríos y cauces, como también las profundizaciones y dinámicas generales de las corrientes.
Erosiones en cárcavas	Son profundizaciones en forma de canales internos y profundos, como también las concentraciones de sitios determinados de corrientes de aguas que generan canales profundos y largos comúnmente denominados cárcavas. Comenzada el inicio de la cárcava es difícil la suspensión del proceso de erosión.
Erosiones internas	Es el producto de las erosiones por el flujo interno bajo la superficie, en las denominadas cavernas bajo la tierra.
Erosiones por afloramiento de agua	Es la erosión producto del afloramiento de agua subterránea el cual desprende las partículas de suelo superficial, formando cárcavas

Erosiones en surcos	Es el producto del flujo en canales pequeños que por condiciones de la rugosidad se profundizan estos canales conformando la aparición de surcos semi paralelos por lo general
Erosiones laminares	Las corrientes superficiales producen muchas veces desprendimientos de capas superficiales, con un sistema erosionable según las capas que se profundizan.
Erosiones de gotas de lluvia	Es la consecuencia de las gotas hídricas que al impactar los suelos desnudos producen movimientos de partículas a distancias sorprendentes.
Erosiones de vientos	Es la consecuencia de la fuerza de fricción del viento sobre el suelo, las cuales producen desprendimientos que transportan y depositan las partículas a otros lugares.

Fuente: Tomado de Suárez, J., 1998

2.2.2.2. GRADOS DE EROSIÓN Y SU DIAGNOSTICO

A. Erosiones moderadas

Los perfiles de suelo pierden la mayor parte de su horizonte A, las cuales se clasifican como suelos moderadamente profundos. Este terreno se muestra afectado entre el 25 % al 50 %.

B. Erosiones severas

Los perfiles de suelo pierden el total de su horizonte A, así como también una fracción de su horizonte B; las cuales se clasifican como superficiales. Este terreno se muestra afectado entre el 50 % al 75 %.

C. Erosiones muy severas

Los perfiles de suelo pierden el total de sus horizontes A y B, las cuales se clasifican como superficiales y que además se observan cárcavas, desplomes, derrumbes, deslizamientos, siendo consideradas zonas críticas. Este terreno se muestra afectado con más entre el 75 % al 100 %.

2.2.3. PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS

El modelo Gavrilovic (Zemljic, 1971; Gavrilovic, 1988) es un modelo de cálculo con la cual se cuantifica el material erosionado producido en una cuenca o microcuenca; empíricamente este método determina los volúmenes de sedimentos producidos por erosiones y que son transportados hasta la sección final de la cuenca o microcuenca:

$$G = W \times R \text{ (i)}$$

En el cual:

R = Coeficiente de retención de sedimento

W = Producción media anual de sedimento (m³/año)

G = Volumen de sedimentos erosionados (m³/año)

La producción media anual de sedimentos (W) se determina según el coeficiente de erosión (Z), el cual a su vez se determina mediante los valores adimensionales como el coeficiente de cuantificación de estado erosivo, coeficiente de cuantificación de vegetación, y el coeficiente de erodabilidad del suelo (Gavrilovic, 1988):

$$W = T \times P \times \pi \times Z^{3/2} \times F \dots \dots \dots \text{ (ii)}$$

$$T = \left[\left(\frac{Tm}{10} \right) + 0.1 \right]^{0.5} \dots \dots \dots \text{ (iii)}$$

$$Z = Y \times X(\theta + S)^{0.5} \dots \dots \dots \text{ (iv)}$$

En el cual:

Tm = Temperatura media anual (°C)

T = Factor de temperatura

W = Volumen de sedimentos erosionados (m³ / año)

F = Superficie de cuenca (km²)

P = Precipitación media anual (mm)

S = Pendiente del terreno (%)

Z = Coeficiente de erosión

X = Coeficiente de cuantificación de vegetación

θ = Coeficiente de cuantificación de estado erosivo

Y = Coeficiente de erodabilidad del suelo

Tabla 2*Valores del Coeficiente (X) Vegetación*

COBERTURA Y USO DEL SUELO	COEFICIENTE (X)
Superficie Antrópica	0.05
Praderas, Pastizales	0.40
Bosques, Vegetación Arbustiva	0.50
Pastizales de Montaña	0.60
Viñedos, Cultivos	0.70
Barbecho	0.90
Suelo Desnudo	1.00

Nota: Beyer Portner, (1998)**Tabla 3***Valores del Coeficiente (Y) Erodabilidad del Suelo*

RESISTENCIA DEL SUELO A LA EROSIÓN	COEFICIENTE (Y)
Sedimentos Finos y Suelos Sin Resistencia a la Erosión	1.80 – 2.00
Sedimentos, Morrenas, Materiales Resistencia Baja	1.30 – 1.80
Esquistos, Material Débil, Resistencia Leve	1.00 – 1.30
Material con Resistencia Moderada	0.60 – 1.00
Material Duro, Resistencia Alta	0.25 – 0.60

Nota: Beyer Portner, (1998)**Tabla 4***Valores del Coeficiente (θ) Estado Erosivo*

TIPO DE PROCESO EROSIVO Y ESTADO	COEFICIENTE (θ)
Toda la Cuenca afectada por Erosión	1.00
Erosión Extra Alta, 50 – 80 % de la Cuenca, con Deslizamiento	0.80 – 0.90
Erosiones en cárcavas y ríos, depósitos aluviales	0.60 – 0.70
Erosión Moderada o Erosión Alta, 20 – 50 % de la Cuenca	0.30 – 0.50
Sin Erosión o Erosión Baja	0.10 – 0.20

Nota: Beyer Portner, (1998)

Tabla 5
Valores de Pendiente (S) Peligro Erosivo

CONDICIÓN DE LA PENDIENTE Y TERRENO	PENDIENTE (%)
Planicie – Sin Peligro	0 – 2
Muy Baja – Peligro Erosión	2 – 7
Baja – Erosión Severa	7 – 15
Moderada – Erosión Severa con Deslizamiento Ocasional	15 – 30
Fuerte – Erosión Extrema con Deslizamiento	30 – 70
Muy Fuerte – Deslizamientos Intensos	70 – 140
Extremadamente Fuerte – Deslizamiento Severo, Caída de Rocas	> 140

Nota: Beyer Portner, (1998)

El coeficiente de retención de sedimento (R) es la expresión que relaciona directamente los volúmenes de sedimento efectivos las cuales pasan la sección final de la cuenca, y el volumen de la masa producida en la erosión superficial (Zemljic, 1971):

$$R = \frac{(O \times D)^{1/2} \times (L+Li)}{(L+10) \times F} \dots\dots\dots (5)$$

En el cual:

Dc = Cota mínima de la cuenca

Dm = Cota media de la cuenca

D = Dm – Dc = Diferencia de nivel media en la cuenca (km)

F = Superficie de la cuenca (km²)

O = Perímetro de la cuenca (km)

L = Longitud de la cuenca por el talweg del cauce principal (km)

Li = Longitud total de los afluentes fluviales laterales (km)

2.2.4. OBRAS BIOMECÁNICAS

2.2.4.1. TRINCHOS

Según la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (2001) señalan que los trinchos son un obstáculo comúnmente de guadua, que son estructuradas en los fondos de cárcavas con la finalidad de disminuir la escorrentía reteniendo los sedimentos arrastrados; las cuales con el paso del tiempo se

conforman como terrazas pequeñas las cuales reducen la inclinación y longitud de las pendientes. Los trinchos están compuestos por: La Cortina y el Vertedero.

La cortina no debe ser mayor que 1.5 m. porque si es de mayor altura requiere de un material de construcción más sólido que la guadua; además, el manejo del agua que no es retenida en el trincho y que pasa por encima del vertedero necesitaría de estructuras adicionales para evitar un proceso de deterioro en la base del trincho. El vertedero debe estar compuesta con una altura del 90% de igual a la altura de la cortina, para lograr que el agua sobrante nunca pase sobre la estructura del trincho, desestabilizándolo y desempotrándolo.

En la distribución de los trinchos en el campo se deben cumplir dos aspectos importantes:

- Primero: yendo en el sentido de la pendiente, la altura de la base del trincho (h) debe coincidir con la altura de la parte superior del trincho siguiente. Esta condición no siempre puede cumplirse debido a las fuertes pendientes y a los recursos económicos disponibles, pero sirve como punto de referencia o de orientación de los trabajos que se realizan.
- Segundo: para ser más eficientes en la ubicación de los trinchos, estos deben localizarse en aquellos puntos donde convergen dos o más surcos.

2.2.4.2. ACEQUIAS

Para la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (2001) menciona que las acequias de ladera son pequeños canales que tienen la función de evacuar el agua de la zona que se desea estabilizar. Según su ubicación, se distinguen dos clases:

- Zanjas de coronación: se construyen en la parte superior y su misión es evitar la entrada del agua a la zona de trabajo.
- Acequias de ladera: se construyen en el interior de la zona que se rehabilita y buscan interceptar el agua de escorrentía para

desalojarla ya sea hacia una zona que tenga buena cobertura o ya mediante una estructura que disipe la energía del agua.

Las acequias deben cumplir con las siguientes especificaciones técnicas, con el fin de asegurar su correcto funcionamiento: profundidad, 30 cm; plantilla, 30 cm; el talud depende de la textura del terreno, pero se recomienda como norma general un talud 1:1. La pendiente del canal no debe ser mayor que 1%; pendientes mayores pueden provocar la erosión del canal por la velocidad del agua.

Es conveniente sembrar en la parte superior del talud una barrera viva, con el fin de dar a esta mayor estabilidad y protegerlo del efecto erosivo del agua de la acequia. Esta barrera viva debe estar a 20 o 30 cm de la acequia.

2.2.5. REVEGETALIZACIÓN

La revegetalización es el método funcional más económico, y sencillo para controlar la pérdida de suelo, la cual busca mantener una cobertura vegetal adecuada. Dicha cobertura puede proteger al suelo de los agentes erosivos como es el viento, los impactos de gotas de lluvia, el cual también reduce la velocidad y pérdida producida por la escorrentía superficial, y además regula las infiltraciones del suelo, reduce el impacto ambiental al mejorar la bioestructura del suelo, y sobre todo disminuye la variación de temperaturas del suelo (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola, 2001)

Al respecto Ramos (1992) indica que la revegetalización es el procedimiento el cual induce que la cobertura vegetal sea multi estratigráfica y que actúen en diferentes suelos degradados empleando los métodos siguientes

- **Naturales:** se manifiesta mediante la aparición de especies pioneras o colonizadoras en sitios previamente aislados de cualquier intervención humana o animal.
- **Inducidas:** se manifiesta estableciendo las coberturas vegetales por medio de siembras de semilla o de materiales de estructura vegetal

como son los estolones y estacas, en zonas ya definidas con anterioridad.

2.2.5.1. REVEGETALIZACIÓN CON HERBÁCEAS

Según la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (2001) señalan que hay diferentes metodologías para establecer coberturas vegetales en suelos erosionados. Sin embargo, la mayoría de ellas están limitadas por la complejidad del sistema de siembra, los equipos especializados que se requieran y, especialmente, por los altos costos de establecimientos que pueden llegar a 14.000 dólares; teniendo en cuenta las condiciones socioeconómicas de la zona andina, en la que generalmente se encuentran los problemas de erosión, se ha desarrollado un sistema de establecimiento de coberturas vegetales que es económico, eficiente y se adapta fácilmente a los recursos locales disponibles. Este sistema, que se conoce como Revegetalización por focos de cobertura, ha sido desarrollado y perfeccionado en diferentes trabajos de investigación realizados mediante convenios entre FIDAR, CIAT, la CVC y la Universidad Nacional de Colombia.

2.2.5.2. REVEGETALIZACIÓN POR FOCOS DE COBERTURA

De acuerdo a la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (2001) señala que este método es el más adecuado, consiste en la utilización de gramíneas y leguminosas de crecimiento estolonífero que se establecen en cajuelas distribuidas en triángulo. Desde puntos donde se establece la vegetación, se logra posteriormente la cobertura total del lote. El tiempo necesario para lograrlo depende de las condiciones climáticas, del grado de erosión y del tipo de vegetación utilizada. En el medio o suelo en que se establecen las plantas, se aplica un corrector de pH, por ejemplo, cal para suelos ácidos o azufre para suelos alcalinos. Se aplica además materia orgánica (gallinaza) como fuente de nutrientes; esta es de lenta disponibilidad y mejoradora de las condiciones físicas del suelo. Este método se ha utilizado con éxito incluso en predios de pequeños agricultores, debido a que se

trabaja en puntos localizados disminuyendo así significativamente los costos de establecimiento (p.22).

A continuación, se sugieren algunas especies y la forma en que pueden combinarse para obtener mejores resultados. Aunque estas plantas corresponden a una altitud de 800 a 1.700 m.s.n.m., el proceso metodológico puede ser utilizado en otros pisos altitudinales, teniendo en cuenta la experiencia y el conocimiento local que exista sobre el manejo y las características de otras especies vegetales más adecuadas. Se consideran dos tipos de plantas en el primer tipo tiene un periodo de establecimiento más largo (3 a 6 meses) en que son muy susceptibles. Se trata de plantas perennes o con ciclo vegetativo de varios años; por ejemplo, algunas gramíneas como *Brachiaria dictyoneura* y el pasto estrella y algunas leguminosas como *Desmodium ovalifolium* y *Centrosema macrocarpum*. El segundo tipo tiene un periodo de establecimiento más rápido, una mayor producción de biomasa y un ciclo vegetativo corto (2 a 3 meses) por ejemplo, las leguminosas caupí (*Vigna unguiculata*) y mucuna (*Mucuna pruriens*).

Estos dos tipos de plantas se pueden sembrar simultáneamente, pero con objetivos diferentes:

- Las primeras buscan establecer una cobertura del suelo en condiciones muy difíciles con el fin de disminuir el impacto de las gotas de lluvia y la temperatura del suelo.
- Las segundas logran aportar biomasa y, en algunos casos, nitrógeno (si es leguminosa) y fosforo.

2.2.5.3. REVEGETALIZACIÓN POR REFORESTACIÓN

Consiste en establecer un bosque sembrando especies nativas o introducidas de porte arbustivo o arbóreo, de máxima diversidad y procurando que se formen varios estratos. En el componente forestal puede introducirse en las fincas de los agricultores en diferentes sistemas, teniendo en cuenta el interés

de los agricultores, la factibilidad técnica y las condiciones ambientales. Hay muchos sistemas y arreglos para introducir árboles en un ecosistema determinado. En este manual solo se tratarán los sistemas más importantes, que son: la plantación de árboles y la forestaría análoga. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola ,2001)

- **Plantación de Árboles.** Según la Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola (2001) Hay varias posibles combinaciones o arreglos para sembrar árboles, que se planifican en el tiempo y en el espacio dentro del manejo de la finca. La elección de un arreglo forestal depende de las características de las especies plantadas, de los intereses del agricultor y de los productos o servicios que puedan obtenerse de los árboles. La selección de las especies que se plantaran es un aspecto importante para el éxito del sistema escogido. Se deben buscar especies de árboles y arbustos de rápido crecimiento y adaptados a los suelos poco fértiles. Debe preferirse el beneficio ambiental (paisajes, regulación de caudales), el económico, (madera, subproductos) o el funcional (producción de forraje, mejor infiltración del agua)
- **Forestaría análoga.** Es un sistema de restauración forestal que busca restablecer la biodiversidad estableciendo un ecosistema arbóreo análogo en estructura arquitectónica, en procesos y en funciones ecológicas a la vegetación clímax o subclímax original. Para lograr este objetivo, con costos accesibles a los productores, es necesario establecer cada uno de los estratos en forma gradual y programada. Un principio básico de este sistema es evitar el monocultivo. Se debe fomentar la combinación de distintas especies en diferentes estratos con la idea de tener una plantación permanente que no excluya el posible aprovechamiento económico de algunos árboles. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola, 2001).

2.2.6. CUENCA HIDROLÓGICA

Al respecto, Villon (2011) define que las cuencas hidrológicas son cavidades naturales, donde se acumulan aguas de lluvias que circulan por medio de corrientes principales hasta llegar a un punto de salida, asimismo; es la unidad básica en cuanto a las gestiones de recurso hídrico, y que están conformadas entre varias cuencas (p. 21).

Los procedimientos para transferir el material sedimentado que se produce en las cuencas son de 02 formas, los que se originan en los cauces de corrientes hídricas y los que se originan en las laderas. Estos procesos de transporte de materiales en laderas por erosiones se presentan como transportes de remoción de masas, transporte de erosión superficial, y transporte de soluciones (Swason et al., 1987).

Los factores que influyen para el cambio de la superficie a lo largo del tiempo son la vegetación, la morfología, la topografía, la pendiente y tipo de suelo, incluido también los que se modifican en ciertos periodos como la acción antrópica, las meteorizaciones, y las precipitaciones. (Villacorta et al., 2014; Bedia, 2013 y Soeters & Van Westen, 1996).

En los últimos años la zona de Nauyan Rondos se abastece con las laderas erosionadas hacia la microcuenca de la quebrada Tingoragra ocasionando un peligro latente en las temporadas de intensas precipitaciones con los deslizamientos de masas en la parte baja de la ciudad de Huánuco. Por lo que, se hizo un análisis de alternativa para mitigar la erosión hídrica en las laderas, dentro del análisis se logra determinar la diferencia entre las medias de los deslizamientos de la quebrada Tingoragra (2006-2019), según su clasificación de intensidades dependiendo del deslizamiento por volumen (222,129.497 m³) para determinar el análisis del riesgo. Además, se demostró que las laderas de Nauyan Rondos está erosionando hídricamente tal como lo demuestra los resultados donde el volumen mayor de suelo erosionado es producido en las en las zonas sin plantaciones a consecuencia de las precipitaciones, como es el caso de la quebrada de Tingoragra de 11.68 Ton/Ha/Periodo de lluvia (Mays a. 2018)

La cuenca hidrológica es la unidad morfológica integral que además de incluir la conceptualización de las cuencas hidrográficas, abarcan como un todo a toda la estructura hidrogeológica subterránea de un acuífero.

Muchas veces se generan confusiones cuando se usan las terminologías de Cuencas Hidrográficas y Cuencas Hidrológicas, es por ello que Carabias y Landa (2005) realiza una aclaración al respecto.

- Cuencas Hidrológicas, son las unidades en cuanto a las gestiones que se realizan dentro de las cuencas hidrográficas.
- Cuencas Hidrográficas, se define como el concepto geográfico de la misma, el cual es limite o contorno de la misma que en un punto en común drena el agua.

De la misma manera Ordoñez (2011) en la cartilla Técnica señala que para definir e identificar los componentes que identifican las características de una cuenca tenemos:

- **Subcuenca:** La agrupación de varias subcuencas conforman una Cuenca, en donde se drena directamente al cauce principal de la cuenca.
- **Microcuenca:** La agrupación de varias microcuencas conforman una subcuenca, en donde se drena directamente al cauce de la subcuenca.
- **Quebradas:** La agrupación de varias quebradas conforman una microcuenca, en donde se drena directamente al cauce de la microcuenca.

2.2.6.1. CLASIFICACIÓN DE LAS CUENCAS

- **Arreicas:** Las aguas no llegan a ser drenadas al lago, mar o río, y llegan a perderse por las evaporaciones o infiltraciones sin llegar a ser parte del escurrimiento subterráneo.
- **Criptorreicas:** Son similares a ríos subterráneos (zona kárstica) y no presentan sistema aparente ni organizado para su drenaje.

- **Endorreicas:** Las aguas son drenadas a embalses o lagos, pero que no llegan finalmente al mar o hacia algún tipo de drenaje mayor.
- **Exorreicas:** Las aguas son drenadas a un sistema de drenaje mayor los cuales pueden ser ríos de gran tamaño o directo al mar.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

Corriente efímera: Es la que conduce las agua inmediatamente después que llueve. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola,2001)

Corriente intermitente: Conduce aguas por mayores periodos en épocas de lluvias; pero cuando la capa freática se produce por debajo de la base del cauce su aporte cesa. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola,2001)

Corriente perenne: Conduce aguas todo el tiempo aún se encuentre en periodos de sequía, ya que muestra abastecimiento hídrico continuamente, en donde siempre la capa freática está por encima de la base del cauce. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola,2001)

Escorrentía: Son fenómenos físicos que consisten en escurrir aguas de lluvia por medio de drenajes hasta llegar a la red fluvial. La escorrentía es incluida en el ciclo del agua al ser uno proceso básico. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola,2001)

Erosión: Es el proceso de desgaste de un suelo, que se produce cuando se rompe el equilibrio existente entre la vegetación, el agua, y el suelo. La erosión también es un fenómeno físico que se origina con los desprendimientos y arrastres del suelo superficial, originado por fenómenos naturales o por intervención del hombre. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola ,2001)

Reforestación: La naturaleza nos ha enseñado que la Revegetalización debe comenzar por un estrato herbáceo. estas especies tienen un crecimiento más rápido y en ellas es mayor la proporción entre la raíz y la parte aérea de la planta, lo que les permite hacer mayor exploración radicular con menor producción de biomasa. esta característica les da más resistencia a la sequía

y a la poca fertilidad del suelo. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola ,2001)

2.4. SISTEMA DE HIPÓTESIS

Hi: La prevención y recuperación de las laderas permiten reducir el grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022.

H₀: La prevención y recuperación de las laderas No permiten reducir el grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022

2.5. SISTEMA DE VARIABLES

2.5.1. VARIABLE INDEPENDIENTE

- La Erosión

2.5.2. VARIABLE DEPENDIENTE

- Alternativas de prevención y recuperación

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES (DIMENSIONES E INDICADORES)

Tabla 6

Matriz de Operacionalización de Variables e Indicadores

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable dependiente: Alternativas de prevención y recuperación	Son alternativas de bajo costo para la estabilización y revegetalización de suelos que puedan adaptarse a un plan de ordenamiento de cencas. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola, 2001, p.3)	Son alternativas que están relacionadas a la estabilización y la recuperación de suelos a través de la reforestación y estructuras biomecánicas que buscan bajar la intensidad y el grado de erosión de la quebrada Tingoragra.	Reforestación	Reforestación y Revegetación
			Estructuras biomecánicas.	Con Trinches, con zanjas de coronación, con acequias
Variable independiente: La Erosión	Cuando se rompe el equilibrio que existe entre la vegetación, el agua, y el suelo, al ser manejado de forma incorrecta, se producen las erosiones. Es por ello que la erosión es el arrastre del suelo	Viene a ser la pérdida de suelo que se da a través de la denudación de la superficie, que se pueden producir por diversos factores, en este caso por la acción del agua;	Producción de Sedimentos	Baja
				Moderada
				Media
				Alta
				Muy alta

desprendido, en especial la capa superficial, siendo ocasionados de manera natural por medio de lluvia o por actividad del ser humano. (Fundación para la Investigación y Desarrollo Agrícola ,2001)	presentándose en grados:		
	muy ligera, ligera, moderada y		Erosión Baja
	severa.	Volumen de Sedimento	Erosión Moderada
		Erosionado	Erosión severa
			Erosión muy severa

CAPITULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

3.1.1. ENFOQUE

Hernández et al, (2014) señala que debido a la naturaleza del estudio y por las condiciones que presenta la investigación, esta corresponde a un enfoque de investigación cuantitativa. Ya que se plantea dar a conocer los resultados a través del análisis de campo y datos numéricos con los que se pretende realizar la propuesta del plan de recuperación y prevención de ladera.

3.1.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Hernández et al (2014) señala que el nivel de la investigación tiene un alcance explicativo por que busca describir y explicar la relación de las variables. Ya que se investiga el problema de la erosión de los suelos de ladera en la microcuenca de Nauyan Rondos, considerando el análisis de la intensidad del movimiento de masa que produce la quebrada en épocas de avenidas para determinar las correctas alternativas de prevención y recuperación, es decir se enfoca en la explicación de porque se suscita el fenómeno de estudio y en qué condición se manifiesta o por qué se relacionan sus variables.

3.1.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Hernández et al (2014) señala que el diseño de la investigación es transversal no experimental, el cual describe la relación entre las variables. Ya que se analiza el comportamiento de la erosión de la quebrada de corriente efímera con todos los datos recopilados para el planteamiento de las alternativas de solución.

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población abarca las quebradas estacionales de Jactay, Tingoragra-Rondos, La Florida y Llicua de corrientes efímeras, de la ciudad de Huánuco

3.2.2. MUESTRA

La selección de muestra no probabilística depende de la causa según características de la investigación y no de la probabilidad. (Hernández et al ,2004).

La población abarca la delimitación de la microcuenca de la quebrada de Tingoragra, en la zona de Nauyan Rondos, Huánuco.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Recolección, presentación, e Interpretación de datos para Verificar las Condiciones en cuanto a la Reforestación de la Microcuenca Nauyan Rondos.

- **TÉCNICAS**

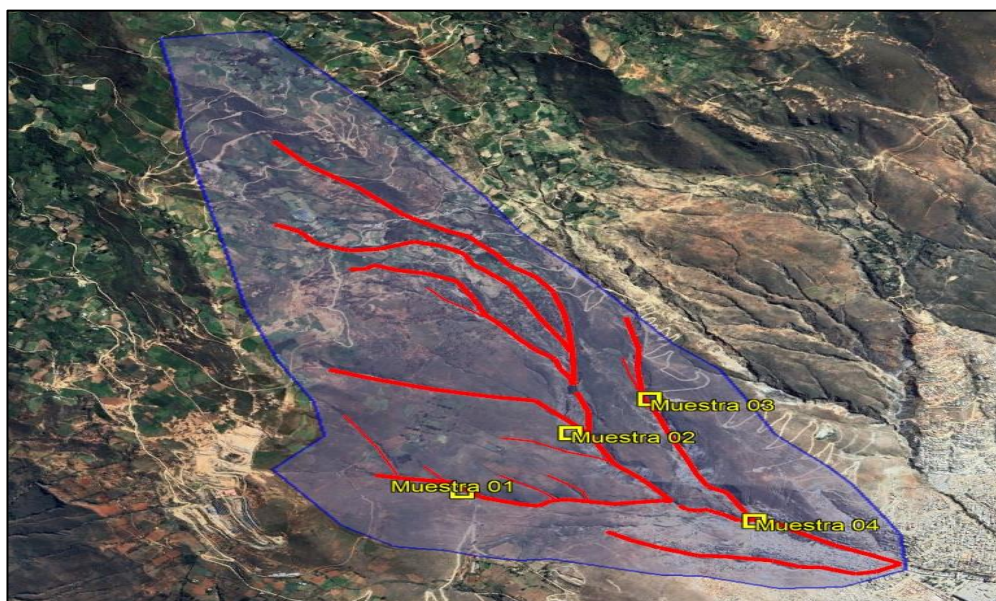
A. Diagnóstico y Toma de muestras de suelo de la superficie de la Microcuenca Nauyan Rondos

Se realiza el diagnóstico junto a la toma de muestras de suelos para verificar si las condiciones son óptimas para la siembra de plantas con fines de reforestación, las cuales puedan mitigar la erosión.

En resumen, se realizó el recorrido de las laderas de las quebradas Tingoragra, con la finalidad de delimitar el área de estudio, observar las áreas erosionadas, y realizar la toma de muestras de suelo requeridas.

Figura 1

Recorrido y Toma de Muestra en la Quebrada Tingoragra



Fuente: Trazo realizado sobre imágenes de Google Earth v. 7.2.

En la recopilación de campo, se delimita zonas específicas a intervenir mediante trabajos de evaluación de campo; por consiguiente, se realiza la toma de muestras en c/u de los 03 afluentes con rastros de corrientes efímeras (M01, M02, M03), que comprenden las laderas de la quebrada Tingoragra; finalmente se realiza la toma de muestra en la parte baja de la quebrada (M04). En el proceso de toma de muestras, también se realizó el levantamiento de puntos de ubicación por medio de sus coordenadas UTM, mediante el uso de un GPS submétrico, MODELO TRIMBLE XH 6000.

B. Análisis de Suelos Mediante las Muestras de Suelo de la Superficie de la Microcuenca Nauyan Rondos

Se realizó los ensayos de laboratorio respectivos en la Universidad Agraria de la Selva, con la finalidad de verificar las condiciones del suelo para poder definir qué plantas pueden adaptarse al momento de la reforestación, cuyos resultados obtenidos se muestran objetivamente en el **ANEXO 02**; que en resumen según muestras tenemos:

- **MUESTRA 1:** Suelos de textura buena permite fácil labranza, buen drenaje, pH medianamente alcalino, la CE es normal, la materia orgánica, está bajo o pobre, igual para el nitrógeno, fosforo bajo, potasio medio, CIC bajo, en general suelo de baja fertilidad.
- **MUESTRA 2:** Suelo de buena textura, pH medianamente alcalino, la CE normal, la materia orgánica baja, el nitrógeno igual, el fosforo nivel bajo, potasio alto, CIC medio. Suelo de fertilidad media .
- **MUESTRA 3:** Suelos de buena textura, pH medianamente alcalino, CE normal, materia orgánica bajo, nitrógeno bajo, fosforo bajo, potasio medio, CIC bajo. Suelo de baja fertilidad.
- **MUESTRA 4:** Suelo de buena textura, pH medianamente alcalino, CE normal, bajo en materia orgánica, nitrógeno bajo, fosforo bajo, potasio bajo, CIC bajo. Suelo de baja fertilidad.

C. Especies Recomendadas para la Revegetación y/o Reforestación Según el Análisis de las Muestras de Suelo de la Superficie de la Microcuenca Nauyan Rondos

Es relevante considerar que según entrevista con los pobladores que habitan en las inmediaciones de la microcuenca Nauyan Rondos, y que además al observar la flora existente que sobreviven en las condiciones del suelo, tenemos:

- **ALISO (*Alnus glutinosa*)**

Planta de nombre científico *Alnus glutinosa*, al cual se le denomina comúnmente aliso, alisa, y/o aliso negro; es una planta de tronco leñoso (árbol) perteneciente a la familia de las betuláceas actualmente extendido por el suroeste de Asia y Europa tiene como hábitat los bosques de ribera y lugares húmedos.

Para el desarrollo de esta planta es necesario que la raíz este de forma permanente embebida en agua. El cual siempre que se renueve el agua puede tolerar los encharcamientos periódicos. Por tal motivo se considera a esta planta como una comunidad potencial vegetal en riberas de los ríos.

Esta planta presenta hojas, de color verde oscuro aclaradas por el envés, de 06 a 12 cm con peciolo de 05 a 10 cm con extremidades truncadas y el limbo redondeado y; presenta un tamaño de altura promedio desde los 20.00 a 30.00 metros. También, tiene como cualidad permanecer verde hasta caer. Brotan en primavera resultando pelosas y muy rápidamente lampiñas.

El brote y la hoja joven es muy pegajosa, con característica de glándula resinosa. Con frecuencia esta planta mantiene su color verdoso hasta comienzos de invierno. Presenta yemas de forma ovoide y estrecha, claras y gruesamente pedunculada similar a un martillo con el extremo de forma redonda, de color violáceo o pardo rojizo, finamente punteada con blanco debido a la secreción cerosa, con terminal mayor que en el lateral. Con inserciones espiraladas en los ramillos, encontrándose cubierta por 03 escamas, siendo solo 02 las más visibles al ojo humano.

Las flores se muestran mucho antes que las hojas. El amento masculino es pendular, cilíndrico, y delgado, de 05 a 10 cm. El amento femenino es más

pequeño de 02 cm, algo leñoso y duro, con un color de negro a marrón oscuro, manteniendo una forma similar al cono de las coníferas. A menudo durante todo el invierno los conos se mantienen en los árboles cuando la semilla alada es liberada.

La propagación de esta planta se realiza de por medio de la semilla, y aunque esta produzca cantidades de chupones de raíces, estas se extienden en la superficie, y al perder la raíz principal, se producen raíces numerosas secundarias, unas de forma vertical terciaria de anclajes fuerte y otras de forma oblicua con condiciones similares, estos anclajes permiten la resistencia de riadas y avenidas. En casos de inundaciones continuas la planta produce una raíz adventicia ramificada en su tronco, en la raíz somera tiene nódulos fijadores con diámetro de 02 a 12 cm comúnmente asociados a las bacterias *Actinomyces alni*.

- **SAUCE (*Salix humboldtiana*)**

Planta de nombre científico *Salix humboldtiana*, al cual se le denomina comúnmente sauce, huayaco, wayaw; es una planta de tronco frondoso y grueso, el cual crece hasta los 4000 msnm en la selva, sierra, y costa.

Esta planta es producida de forma cultivada o silvestre en el Perú, puede llegar hasta a medir 10 m de alto. Presenta gran cantidad de hojas de forma lanceolada, alargada, ligeramente dentada, además de una gran cantidad de ramas colgantes. Su tronco derecho y grueso presenta una suave y blanca madera. Esta planta crece muy rápidamente en clima templado, en terreno húmedo y pantanoso principalmente

Esta madera comúnmente se emplea en la fábrica de muebles; presenta una fibra muy utilizada en la cestería; funciona como cobertura agroforestal para la protección contra las erosiones en canales de riego y orillas de río; es muy beneficioso en la medicina tradicional, presenta usos múltiples para enfermedades, es antifebril, antirreumático, antidiarreico, y antipalúdico; presenta un elevado contenido de salicina, con la cual se puede controlar y bajar la fiebre, es considerado como un botiquín en la medicina natural por sus bondades.

De Oviedo, G. (1535) hace mención que los sauces son plantas muy cultivadas en las costas desde antiguas épocas. Esta planta fue aplicada por los peruanos antiguos (Cultura Paracas) para la creación de cestos, encontrándose estos cestos en pequeños tamaños en los interiores de los fardos funerarios, así como también depositarios de alimentos que fueron confeccionados con tallos de sauce y totora de forma intercalada, tallos de 02 a 03 cm

- **VETIVER (*Chrysopogon zizanioides*)**

La planta vetiver o Vetiveria, es una especie perenne que pertenece a la familia de las gramíneas que tiene origen en la India, las propiedades de esta planta ya han sido comprobadas como alternativa de solución para conservar aguas y suelos; para la estabilización y protección en el control de desastres; de la misma manera en la restauración y protección ambiental. En ese sentido se convierte en el de foco interés en cuanto a su aplicación, en el Perú y toda América, con fines para la protección de taludes, obras de las infraestructuras rurales, etc.; siendo la tecnología del pasto vetiver una alternativa económica y eficaz en comparación de otras técnicas. Además, presenta varias propiedades relevantes, de las cuales nos enfocamos para fines de esta investigación en las propiedades Fisiológicas e Hidráulicas

Propiedad Fisiológica: La planta Vetiveria es capaz de soportar la variación climática extrema, capaz de tolerar prolongadas sequías, e inundaciones; también soporta la temperatura extrema que varía desde los 55° C a los -14° C. Para ello se debe de desarrollar en espacios sin sombra y abiertos. Presenta como característica fundamental la adaptabilidad, ya que es aplicable en suelos con pH elevados, que varían según data de 3.0 hasta 12.5. Además, puede soportar suelos con altos niveles de salinidad, alcalinidad, acidez, etc. (Truong & Hart, 2001).

Propiedad Hidráulica: La Universidad del Sur de Queensland – Australia (UQS) ha realizado estudios con pruebas hidráulicas, sobre la aplicación del vetiver en canales, donde se logra demostrar que la velocidad de flujo se reduce, estableciendo límites en el movimiento de masas de suelo, con lo cual se menora los efectos erosivos. Se obtienen como resultados, que la vetiveria

puede tolerar altas condiciones de flujo desde velocidades mayores a 3.5 m/s en situación de inundación en ríos, hasta velocidades de 5.0 m/s en drenajes de canales inundado.

Se concluye con la recomendación del uso de la planta Vetiver, ya que presenta propiedades fisiológicas e Hidráulicas, óptimas para proteger los suelos de los efectos erosivos.

Figura 2

Especies Recomendadas para la revegetación de la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: Imágenes obtenidas del buscador Google.

3.3.1. RECOLECCIÓN, PRESENTACIÓN, E INTERPRETACIÓN DE DATOS PARA LA ESTIMACIÓN DEL VOLUMEN DE SEDIMENTOS EN LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS

A. Parámetros de la Superficie de la Microcuenca Nauyan Rondos

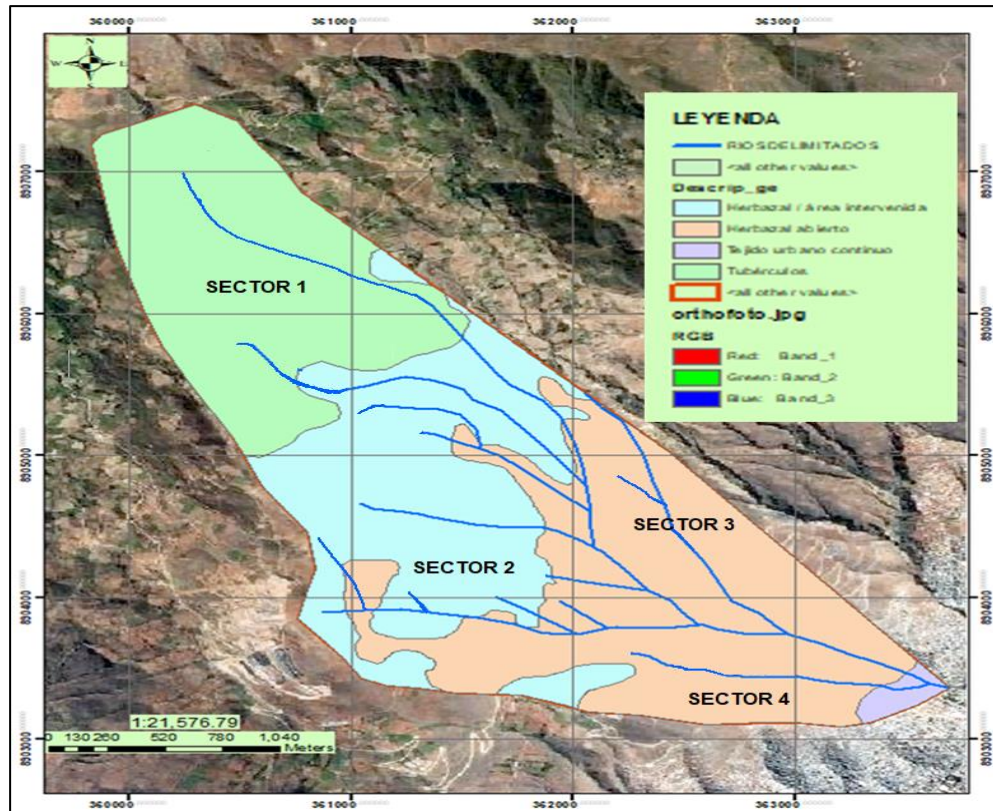
La superficie de estudio: Corresponde a la microcuenca de las moras, que se localiza entre los NORTE 8905000 y ESTE 362000. Está ubicada en la Inter cuenca del Alto Huallaga, distrito de Huánuco, provincia de Huánuco, Región Huánuco.

La cuenca se delimito con una superficie de 7.063 km², en donde se estima los parámetros físicos y el tipo de cubierta vegetal.

Tabla 7*Parámetros y Cubierta Vegetal Estimados de la Microcuenca Nauyan Rondos*

Parámetro/Detalle	Medida	Und
Longitud cauce principal	5.68	Km
Longitud de afluentes laterales	13.29	km
Cota máx.	2713.00	m
Cota mín.	1933.00	m
Superficie	7.063	Km2
Duración precipitación neta	24.00	horas
Tiempo conc.	1.64	horas
Tiempo punta	12.98	horas
Tiempo base	34.66	horas
Caudal de la punta	3.15	m3/seg
Tejido urbano continuo	0.082	km2
Herbazal abierto	2.748	km2
Herbazal / área intervenida	2.304	km2
Tubérculos	2.155	km2

Nota: Valores obtenidos mediante el software ArcGIS v. 10.1.

Figura 3*Parámetros y Cubierta Vegetal Estimados de la Microcuenca Nauyan Rondos*

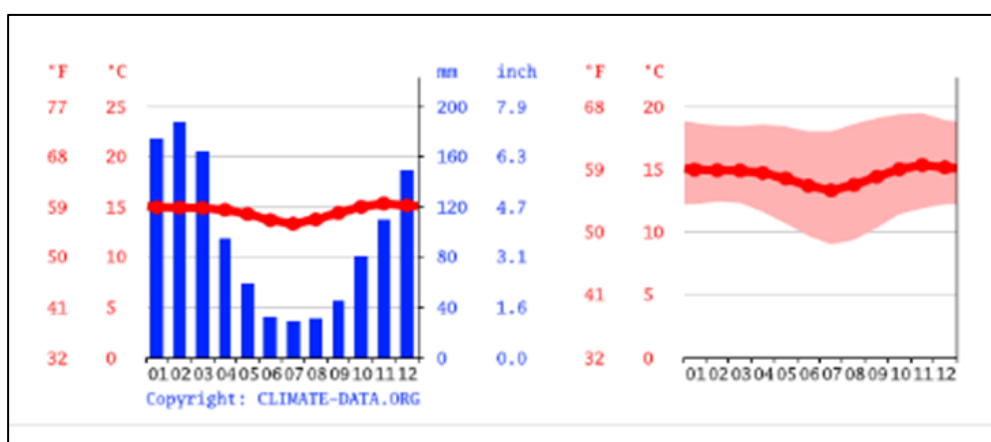
Nota: Parámetros obtenidos mediante el software ArcGIS v. 10.1.

B. Precipitación y Temperatura en la Microcuenca Nauyan Rondos

Se analiza el comportamiento climático en la microcuenca mediante 02 estaciones meteorológicas, así como la base de datos SENAMHI HSR PISCO v2p1. Se evalúa el comportamiento de la precipitación anual y temperatura media con el promedio de las 02 estaciones analizadas. El periodo de análisis fue de 42 años (1981 – 2023).

Figura 4

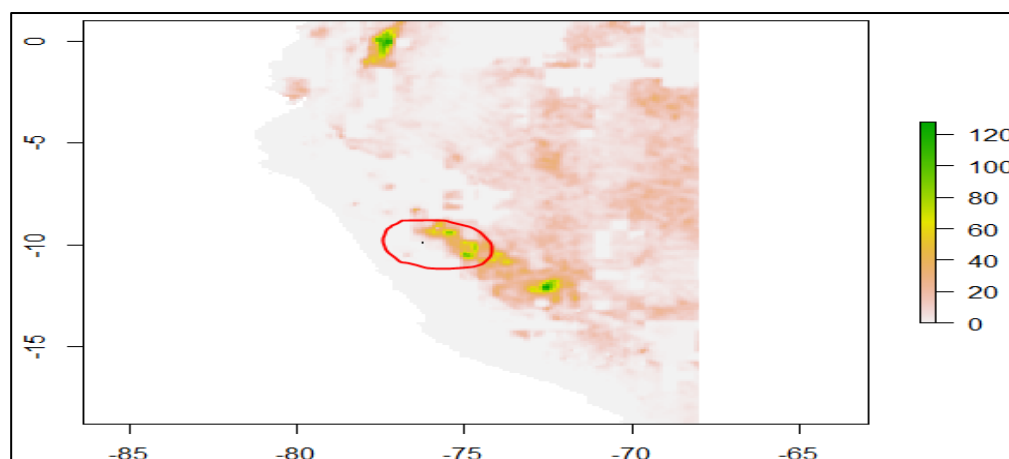
Data de Temperatura (1981 – 2023)



Nota: Base de Datos Senamhi (2023). Temperatura media anual de 14 °C.

Figura 5

Data de Precipitaciones (1981 – 2023)



Nota: Base de Datos Senamhi (2023). Precipitación media anual de 1391.38 mm.

De acuerdo al análisis de tendencia de las estaciones meteorológicas, se observa que la temperatura media presenta una tendencia de incremento, es así que de 1981 al 2023 (42 años) se registraron datos en donde demuestran que la temperatura se ha incrementado a razón de 0.017°C/año, quiere decir que en los 42 años el incremento de la temperatura es de 0.714 °C. aproximadamente. Siguiendo esta tendencia los datos que se esperan con respecto a la temperatura media para los años 2033, 2043, 2053, son de 0.884, 1.054, 1.224 °C respectivamente, valores que no se alejan de las proyecciones del IPCC – 2007.

Tabla 8

Tendencia de la Temperatura Media Proyectada

	Historia de Datos Analizados		Datos Proyectados		
Razón de Crecimiento de Temperatura 0.017 °C / año	Año 0 1981	Año 01 2023	Año 02 2033	Año 03 2043	Año 04 2053
Tiempo Transcurrido (años)	0	42	52	62	72
Incremento de Temperatura (°C)	0	0.714	0.884	1.054	1.224

Nota: Tendencia de la temperatura media en referencia a los datos históricos de la Base de Datos del Senamhi.

De acuerdo la precipitación anual, se observa que la precipitación anual presenta una tendencia de disminución, es así que de 1981 al 2023 (42 años) se registraron datos en donde demuestran que la precipitación ha disminuido a razón de 01 mm/año a 03 mm/año, quiere decir que en los 42 años la tasa de precipitación anual habría disminuido unos 63 mm aproximadamente. Siguiendo esta tendencia los datos que se esperan con respecto a la precipitación media para los años 2033, 2043, 2053, son de 78, 93, 108 mm respectivamente, valores que no se alejan de las proyecciones del IPCC – 2007.

Tabla 9*Tendencia de Precipitación Media Anual Proyectada*

Descripción	Historia de Datos Analizados		Datos Proyectados		
	Año 0	Año 01	Año 02	Año 03	Año 04
Razón de Descenso de Precipitación 1.500 mm / año	1981	2023	2033	2043	2053
Tiempo Transcurrido (años)	0	42	52	62	72
Descenso de Precipitación (mm)	0	63.00	78.00	93.00	108.00

Nota: Tendencia de la precipitación media anual en referencia a los datos históricos de la Base de Datos del Senamhi

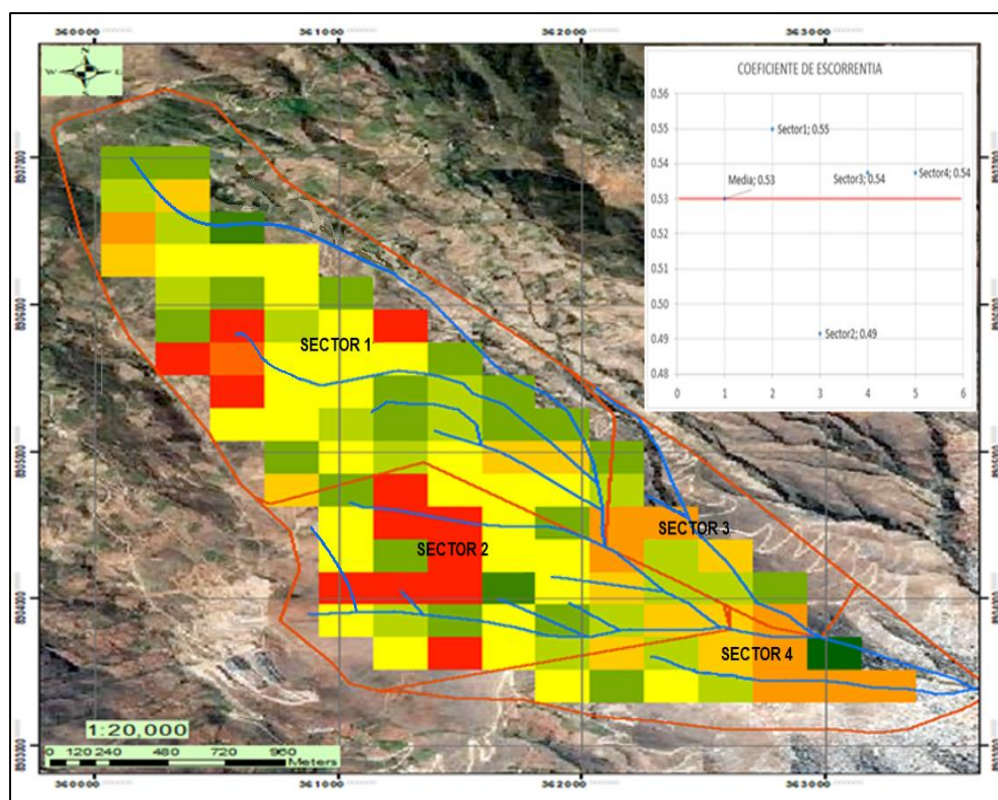
C. Análisis del Coeficiente de Escorrentía en la Microcuenca Nauyan Rondos

El análisis se realiza mediante la estimación de datos que se obtienen cuando se satura el suelo, esta fracción del total de aguas de lluvia precipitada no infiltradas generan escorrentía superficial. El valor de los datos depende de las características concretas del terreno.

El análisis realizado la microcuenca se dividió en 4 sectores para diferenciar a través de los indicadores asignados el coeficiente de escorrentía, las mismas que nos indican la capacidad de retención de las precipitaciones de nuestra microcuenca.

Figura 6

Mapa de Coeficiente de Escorrentía de la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: Valor medio de escorrentía obtenidos mediante el software Iber y ArcGIS v. 10.1.

Tabla 10

Coeficiente de Escorrentía Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos

Zona	Cobertura Vegetal	Suelo	Coef. Escorr.	Media Escorr.
Sector 01	Sin Vegetación	Impermeable	0.70	0.55
	Vegetación Ligera y Pastos	Semipermeable	0.45	
	Vegetación Ligera y Pastos	Semipermeable	0.55	
	Hierva y Grama	Permeable	0.30	
	Hierva y Grama	Semipermeable	0.50	
	Hierva y Grama	Impermeable	0.70	
	Vegetación Ligera y Pastos	Permeable	0.65	
	Hierva y Grama	Semipermeable	0.55	
Sector 02	Sin Vegetación	Impermeable	0.65	0.49
	Vegetación Ligera y Pastos	Semipermeable	0.40	

Sector 02	Hierva y Grama	Semipermeable	0.40	0.49
	Vegetación Ligera y Pastos	Permeable	0.30	
	Vegetación Ligera y Pastos	Semipermeable	0.50	
	Hierva y Grama	Impermeable	0.65	
	Vegetación Ligera y Pastos	Permeable	0.60	
	Sin Vegetación	Semipermeable	0.45	
	Sin Vegetación	Impermeable	0.60	
Sector 03	Sin Vegetación	Impermeable	0.65	0.54
	Vegetación Ligera y Pastos	Semipermeable	0.50	
	Sin Vegetación	Semipermeable	0.55	
	Vegetación Ligera y Pastos	Permeable	0.40	
	Sin Vegetación	Semipermeable	0.55	
	Sin Vegetación	Impermeable	0.64	
	Vegetación Ligera y Pastos	Semipermeable	0.45	
Sector 04	Sin Vegetación	Semipermeable	0.54	0.54
	Sin Vegetación	Semipermeable	0.54	

Nota: Coeficiente de escorrentía en función a cada sector estimados mediante el modelamiento del Software Iber y ArcGIS v. 10.1.

D. Pendiente (S) y Coeficientes adimensionales, Erodabilidad (Y), Vegetación (X), y Estado Erosivo (θ), en la Microcuenca Nauyan Rondos

Se realiza el modelamiento en el ArcGIS con los coeficientes de escorrentía obtenidos para determinar los parámetros requeridos para la producción de sedimentos por erosión. El valor de X se asigna del de acuerdo a la imagen Landsat 8 OLI-TIRS tomada en marzo del 2023 (resolución de 30 x 30 m), esta imagen fue generado en base del mapa de uso de suelos y de cobertura del Ministerio de Ambiente. En cuanto a la distribución espacial de los parámetros $\theta \wedge Y$, se utilizaron información de geomorfología y suelos de la Carta Nacional. El mapeo de pendiente (S), se ha generado de un modelo digital de elevación de terreno obtenidos de sensor ASTER (resol. de 30 x 30 m).

Según la geología la microcuenca se ubica en la región morfométrica de la cordillera oriental, altiplano, y cordillera occidental. Según la geomorfología (coeficiente Y) en la micro cuenca se destacan las colinas, llanuras, montañas, piedemontes, planicies.

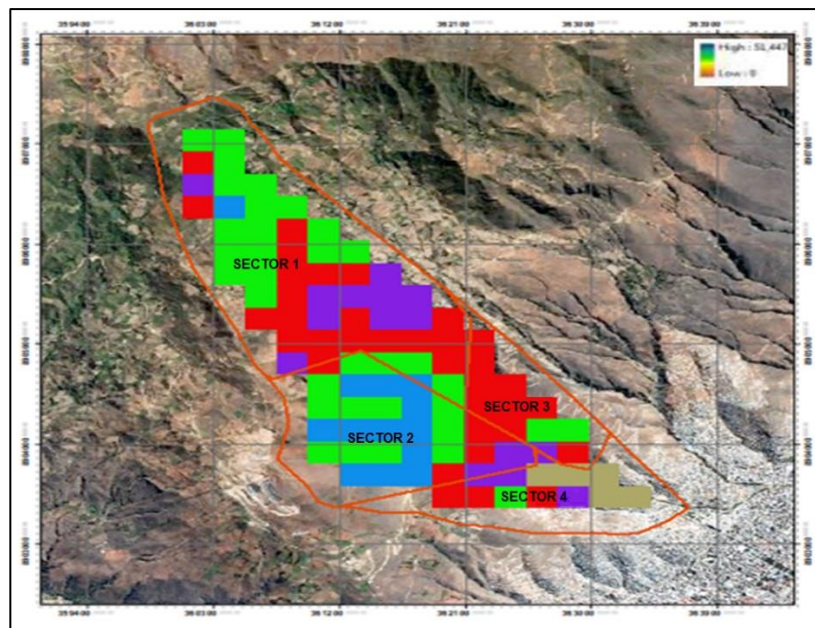
Según el detalle de la cobertura vegetal (coeficiente X) la microcuenca presenta formaciones vegetales inducidos y naturales, en función a la geomorfología y al clima; en este sentido destaca la vegetación de hierba, grama, pastos, y vegetación ligera; así como también un sector sin vegetación distribuidas en ondulaciones y/o planicies ligeramente disectadas.

Según el detalle de la pendiente (S) nos muestran pendientes variables desde el 15 % hasta el 35 % en la microcuenca, conteniendo un pendiente baja del 15% en el pie de la microcuenca, conteniendo una pendiente moderada del 20 al 30 % en toda la parte media de la microcuenca, y finalmente conteniendo una pendiente fuerte escarpada del 35% en la parta alta de la microcuenca.

Los siguientes mapas y tablas muestran los valores de los coeficientes predeterminados, X, Y, θ y S

Figura 7

Mapa de Pendiente (s) de la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: Valor min. 0.00% – máx. 51.50% obtenidos mediante el software IBER – ArcGIS v. 10.1.

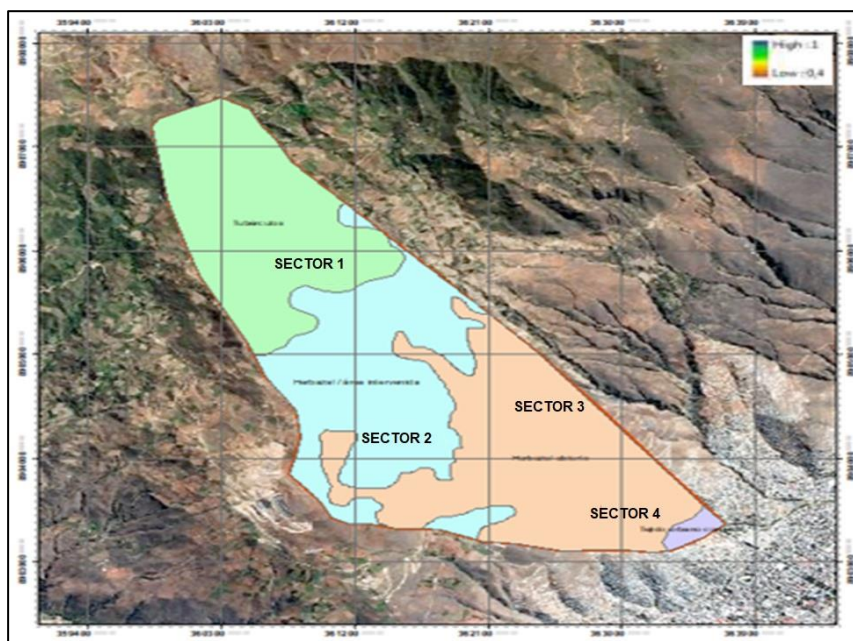
Tabla 11*Pendiente (s) Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos*

Zona	Condición	Pendiente (S)	Media Pendiente (S)
Sector 01	Pendiente Fuerte	0.50	0.35
	Pendiente Fuerte	0.50	
	Pendiente Moderada	0.30	
	Pendiente Fuerte	0.35	
	Pendiente Moderada	0.25	
	Pendiente Moderada	0.25	
	Pendiente Fuerte	0.35	
	Pendiente Moderada	0.30	
Sector 02	Pendiente Moderada	0.30	0.24
	Pendiente Moderada	0.25	
	Pendiente Moderada	0.30	
	Pendiente Moderada	0.25	
	Pendiente Moderada	0.20	
	Pendiente Moderada	0.20	
	Pendiente Moderada	0.20	
	Pendiente Moderada	0.20	
Sector 03	Pendiente Moderada	0.30	0.22
	Pendiente Moderada	0.25	
	Pendiente Moderada	0.20	
	Pendiente Moderada	0.20	
	Pendiente Moderada	0.20	
	Pendiente Moderada	0.20	
Sector 04	Pendiente Baja	0.16	0.15
	Pendiente Baja	0.15	
	Pendiente Baja	0.15	

Nota: Pendiente (S) en función a cada sector, estimados mediante la observación en campo y el modelamiento del Software Iber – ArcGIS v. 10.1.

Figura 8

Mapa de Coeficiente (x) Vegetación de la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: Valor min. min -0.4 – máx. 1, obtenidos mediante el software Iber – ArcGIS v. 10.1.

Tabla 12

Coeficiente (x) Vegetación Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos

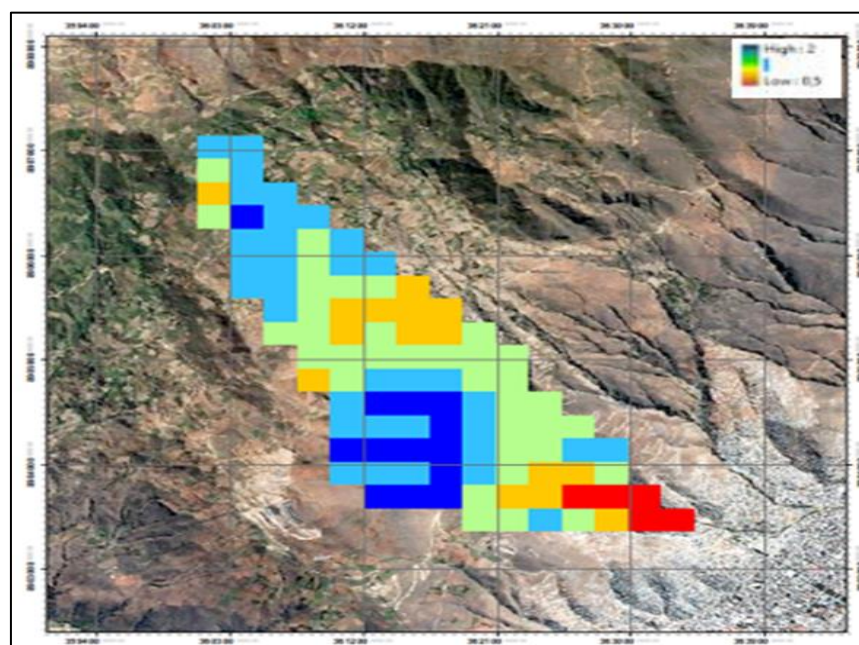
Zona	Cobertura y Uso del Suelo	Coeficiente (X)	Media Coeficiente (X)
Sector 01	Pastizales de Montaña	0.60	0.60
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
Sector 02	Pastizales de Montaña	0.60	0.60
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	

Sector 03	Pastizales de Montaña	0.60	0.60
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
	Pastizales de Montaña	0.60	
Sector 04	Superficie Antrópica	0.05	0.05
	Superficie Antrópica	0.05	
	Superficie Antrópica	0.05	

Nota: Coeficiente (X) *Vegetación* en función a cada sector, estimados mediante la observación en campo y el modelamiento del Software Iber – ArcGIS v. 10.1.

Figura 9

Mapa de Coeficiente (y) Erodabilidad del suelo de la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: Valor min 0.5 – máx. 2, obtenidos mediante el software Iber – ArcGIS v. 10.1.

Tabla 13

Coeficiente (y) Erodabilidad del suelo Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos

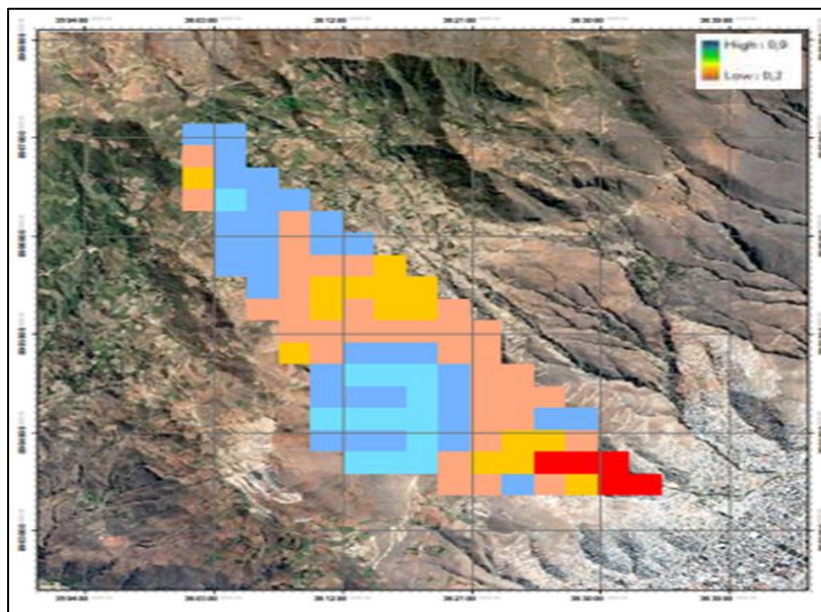
Zona	Resistencia del Suelo a la Erosión	Coeficiente (Y)	Media Coeficiente (Y)
Sector 01	Resistencia Baja	1.30	1.10
	Resistencia Moderara	1.00	
	Resistencia Moderara	1.00	
	Resistencia Leve	1.10	
	Resistencia Leve	1.10	
	Resistencia Leve	1.10	

	Resistencia Moderara	1.00	
	Resistencia Leve	1.10	
Sector 02	Resistencia Baja	1.30	
	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Leve	1.20	1.20
	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Moderara	1.00	
	Resistencia Baja	1.30	
Sector 03	Resistencia Baja	1.30	
	Resistencia Baja	1.30	
	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Baja	1.30	1.27
	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Baja	1.30	
Sector 04	Resistencia Leve	1.20	
	Resistencia Leve	1.20	1.20
	Resistencia Leve	1.20	

Nota: Coeficiente (Y) Erodabilidad del Suelo en función a cada sector, estimados mediante la observación en campo y el modelamiento del Software Iber – ArcGIS v. 10.1.

Figura 10

Mapa de Coeficiente (θ) Estado Erosivo de la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: Valor min. 0.2 – máx. 0.9, obtenidos mediante el software Iber – ArcGIS v. 10.1.

Tabla 14*Coeficiente (θ) Estado Erosivo Sectorizada de la Microcuenca Nauyan Rondos*

Zona	Proceso Erosivo y Estado	Coeficiente (θ)	Media Coeficiente(θ)
Sector 01	Erosiones Altas	0.50	0.33
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
Sector 02	Erosiones Altas	0.50	0.35
	Erosiones Altas	0.50	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
Sector 03	Erosiones Altas	0.50	0.40
	Erosiones Altas	0.50	
	Erosiones Altas	0.50	
	Erosiones Modeadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Moderadas	0.30	
Sector 04	Erosiones Altas	0.50	0.43
	Erosiones Moderadas	0.30	
	Erosiones Altas	0.50	

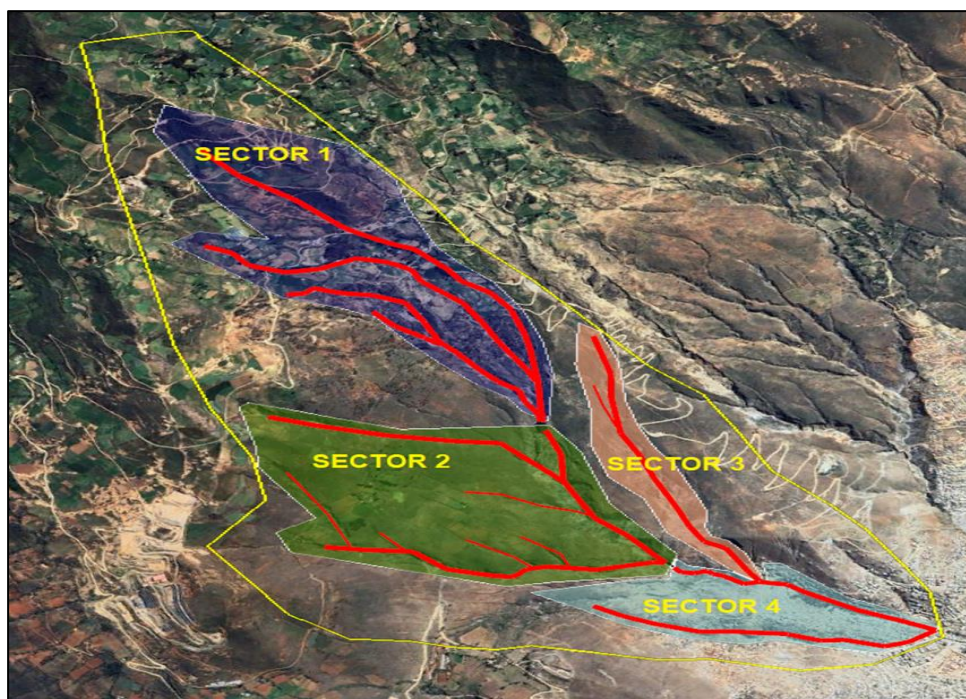
Nota: Coeficiente (θ) Estado Erosivo en función a cada sector, estimados mediante la observación en campo y el modelamiento del Software Iber – ArcGIS v. 10.1.

E. Producción de Sedimentos en la Microcuenca sin Proyecto

Para emplear el cálculo del modelo Gavrilovic es necesario obtener los parámetros de producción de sedimentos sin la aplicación del proyecto de investigación, en la microcuenca de Nauyan Rondos para el año 2023:

Figura 11

Microcuenca Sectorizadas sin aplicación del Proyecto en Nauyan Rondos



Nota: Realizado mediante Google Earth v. 7.2.

Tabla 15

Parámetros sin la aplicación del Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos

Zona								m	m	m	im
Sector											
01	35	.60	.10	.33	.54	.22	.22	.14	.26	.51	.34
Sector											
02	.24	.60	.20	.35	.55	.22	.12	.76	.19	.54	.73
Sector											
03	.22	.60	.27	.40	.60	.22	.27	.51	.19	.60	.26
Sector											
04	.15	.05	.20	.43	.04	.22	.41	.56	.10	.42	.00

Nota: Se muestra los parámetros para la producción de sedimentos sin aplicación del proyecto, se sobreentiende que la temperatura media es 14° C y la precipitación media es 1391.38 mm, parámetros estimados mediante el modelamiento con el software Iber – ArcGIS v. 10.1.

F. Producción de Sedimentos en la Microcuenca con Proyecto

Se realiza el modelamiento mediante el software Iber – ArcGIS:

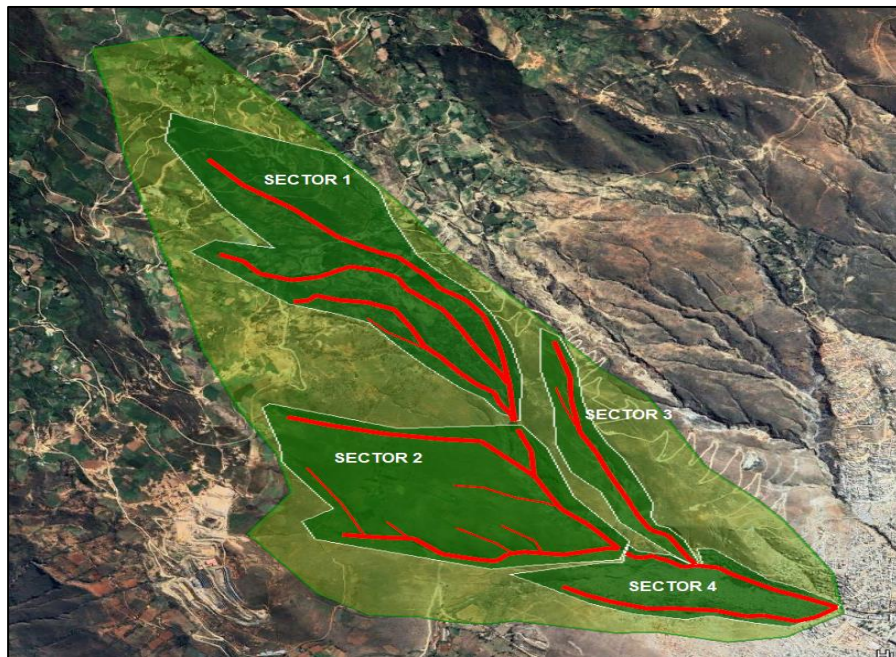
- Se obtiene una mejora del coeficiente (X) vegetación, alcanza un valor promedio de 0.40 en los sectores 1 – 3; a excepción del Sector 4, que

se encuentra habitada con una superficie acondicionada y habilitada para la derivación de las precipitaciones pluviales evitando la erosión por este factor, muy aparte de lo que sucede en la misma cuenca.

- De manera similar se obtiene una mejora en el coeficiente (Y) Erodabilidad del Suelo, ya que la raíz de la planta incrementa la resistencia del suelo, alcanzando un valor promedio de 0.60 para los sectores 1 – 3; de igual forma el sector 4 si sería beneficiado por las raíces de las plantas que son reforestadas en la hilera de la misma cuenca.
- También se obtiene una mejora en el coeficiente (θ) Estado Erosivo, ya que al protegerse con la reforestación reduce el proceso de erosión existente, alcanzando un valor de 0.10 para los sectores 1 – 4.

Figura 12

Microcuenca Sectorizadas con la aplicación del Proyecto en Nauyan Rondos



Nota: Realizado mediante Google Earth v. 7.2

Tabla 16*Parámetros con la aplicación del Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos*

Zona								m	m	m	im
Sector											
01	.35	.40	.60	.10	.16	.22	.22	.14	.26	.51	.34
Sector											
02	.24	.40	.60	.10	.14	.22	.12	.76	.19	.54	.73
Sector											
03	.22	.40	.60	.10	.14	.22	.27	.51	.19	.60	.26
Sector											
04	.15	.05	.60	.10	.02	.22	.41	.56	.10	.42	.00

Nota: Se muestra los parámetros para la producción de sedimentos con la aplicación del proyecto, se sobreentiende que la temperatura media es 14° C y la precipitación media es 1391.38 mm, parámetros estimados mediante el modelamiento con el software Iber – ArcGIS v. 10.1.

CAPITULO IV

RESULTADOS

4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

4.1.1. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS SIN PROYECTO

En resumen el sector 1 que es la zona más elevada presenta una pendiente aproximada del 35%, un suelo de resistencia leve, y una superficie afectada por una erosión moderada – alta; el sector 2 que es la zona con menos elevación que el sector 1, presenta una pendiente aproximada del 24%, un suelo de resistencia moderada, y una superficie afectada por erosión moderada; el sector 3 que es casi tan elevada como el sector 2, presenta una pendiente aproximada del 22%, un suelo de resistencia moderada, y una superficie afectada por erosión moderada – alta; y el sector 4 que es la zona más baja presenta una pendiente aproximada del 15%, un suelo de resistencia leve, y una superficie afectada por erosión moderada – alta. Dichos sectores son evaluados sin la influencia del proyecto se muestran en la Tabla 17 y Figura 13 en donde se observa el volumen de sedimentos erosionados (G) en función del coeficiente de retención de sedimentos (R) y la producción media anual de sedimento (W), procesados en el modelamiento con el Software Iber y ArcGIS v. 10.1

Tabla 17

Producción de Sedimentos sin proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos

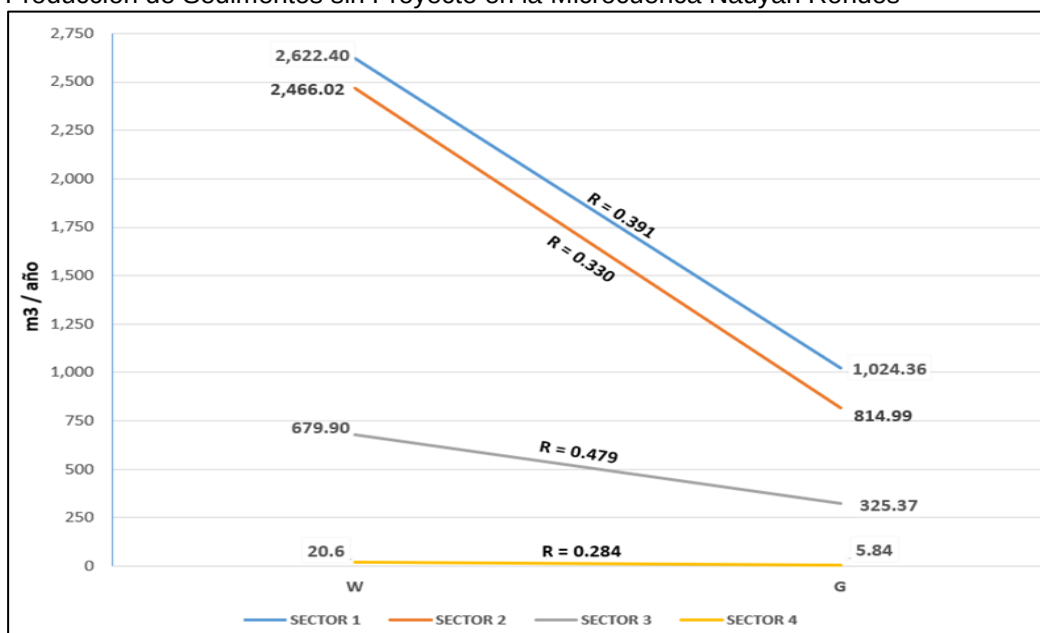
Zona	Coeficiente de retención de sedimentos (R)	Producción media anual de sedimento (W)	Volumen de sedimento erosionado (G)
Sector 01	0.391	2,621.40	1024.36
Sector 02	0.330	2,466.02	814.99
Sector 03	0.479	679.90	325.37
Sector 04	0.284	20.60	5.84

Nota: El Sector 1 con un $W = 2,621.40 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo elevado que a su vez presenta una retención $R = 0.391$, la cual disminuye la producción de sedimentos a un volumen $G = 1024.36 \text{ m}^3/\text{año}$, que es riesgoso por condición de la cuenca ante un evento natural. El Sector 2 con un $W = 2,466.40 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo considerable que a su vez presenta una retención $R = 0.330$, la cual disminuye la producción de

sedimentos a un volumen $G = 814.99 \text{ m}^3/\text{año}$, que es riesgoso por condición de la cuenca ante un evento natural. El Sector 3 con un $W = 679.90 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo moderado que a su vez presenta una retención $R = 0.479$, la cual disminuye la producción de sedimentos a un volumen $G = 325.37 \text{ m}^3/\text{año}$, que es riesgoso por condición de la cuenca ante un evento natural. El Sector 4 con un $W = 20.60 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo bajo que a su vez presenta una retención $R = 0.284$, la cual disminuye la producción de sedimentos a un volumen $G = 5.84 \text{ m}^3/\text{año}$, la cual no es riesgoso.

Figura 13

Producción de Sedimentos sin Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: De manera general, se observa que la producción media anual de sedimento está condicionada a la estructura del suelo, ya que ante un suelo con mejores parámetros de resistencia y erodabilidad el coeficiente de retención disminuye, lo cual reduce proporcionalmente la producción de sedimentos erosionados, tal como se observa en los sectores 2 y 3, que aparentemente son áreas similares, pero muestran valores muy alejados en cuanto al volumen de sedimentos erosionados. Lo más resaltante de este análisis sectorizado, es que, aunque la figura nos muestre un riesgo leve o casi nulo en la parte baja, en la parte alta el riesgo es elevado, lo cual influye a los demás sectores de estudio ante un posible evento natural como el deslizamiento de suelos.

4.1.2. ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN DE SEDIMENTOS CON PROYECTO

En resumen el sector 1 que es la zona más elevada presenta una pendiente aproximada del 35%, un suelo mejorado con raíces con una resistencia moderada - alta, y una superficie también mejorada por la plantación el cual reduce la erosión hasta mitigar lo mayor posible; el

sector 2 que es la zona con menos elevación que el sector 1, presenta una pendiente aproximada del 24%, un suelo mejorado con raíces con una resistencia moderada – alta, y una superficie también mejorada por la plantación el cual reduce la erosión hasta mitigar lo mayor posible; el sector 3 que es casi tan elevada como el sector 2, presenta una pendiente aproximada del 22%, un suelo mejorado con raíces con una resistencia moderada - alta, y una superficie también mejorada por la plantación el cual reduce la erosión hasta mitigar lo mayor posible; y el sector 4 que es la zona más baja presenta una pendiente aproximada del 15%, un suelo mejorado con raíces con una resistencia moderada – alta en todo el margen de la cuenca, y una superficie también mejorada por la plantación el cual reduce la erosión hasta mitigar lo mayor posible. Dichos sectores son evaluados con la influencia del proyecto se muestran en la Tabla 18 y Figura 14 en donde se observa el volumen de sedimentos erosionados (G) en función del coeficiente de retención de sedimentos (R) y la producción media anual de sedimento (W), procesados en el modelamiento con el Software Iber y ArcGIS v. 10.1.

Tabla 18

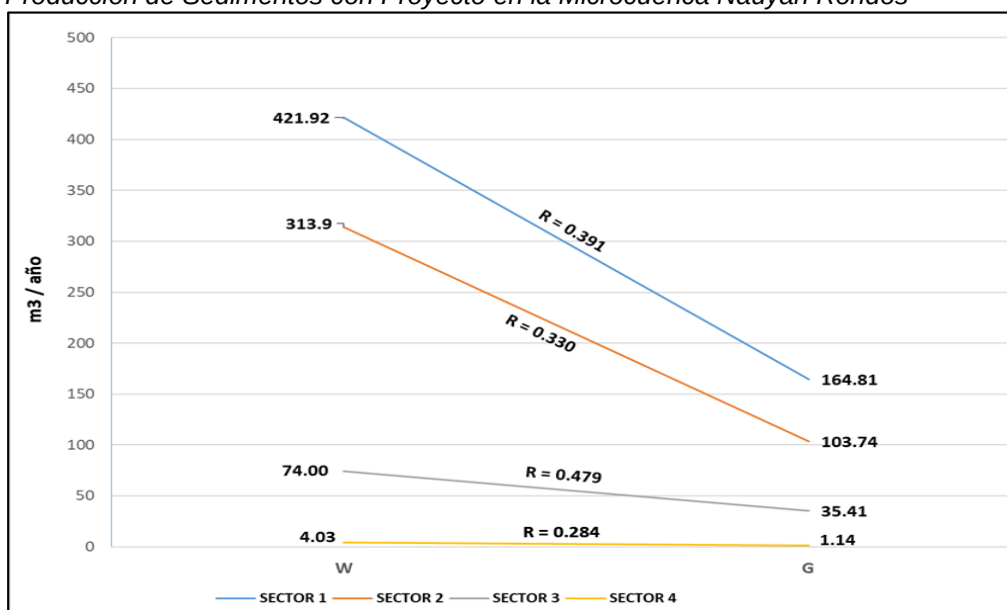
Producción de Sedimentos con proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos

Zona	R	Producción Media Anual de Sedimento (W)	Volumen de Sedimento Erosionado (G)
Sector 01	0.391	421.9	164.81
Sector 02	0.330	313.9	103.74
Sector 03	0.479	74.00	35.41
Sector 04	0.284	4.03	1.14

Nota: El Sector 1 con un $W = 421.92 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo moderado que a su vez presenta una retención $R = 0.391$, la cual disminuye la producción de sedimentos a un volumen $G = 164.81 \text{ m}^3/\text{año}$, que prácticamente es de bajo riesgo ante un evento natural. El Sector 2 con un $W = 313.90 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo moderado – bajo que a su vez presenta una retención $R = 0.330$, la cual disminuye la producción de sedimentos a un volumen $G = 103.74 \text{ m}^3/\text{año}$, que prácticamente es de bajo riesgo ante un evento natural. El Sector 3 con un $W = 74.90 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo bajo que a su vez presenta una retención $R = 0.479$, la cual disminuye la producción de sedimentos a un volumen $G = 35.41 \text{ m}^3/\text{año}$, que prácticamente es de riesgo extremadamente bajo ante un evento natural. El Sector 4 con un $W = 4.03 \text{ m}^3/\text{año}$, indica un riesgo extremadamente bajo que a su vez presenta una retención $R = 0.284$, la cual disminuye la producción de sedimentos a un volumen $G = 1.14 \text{ m}^3/\text{año}$, que prácticamente es de riesgo extremadamente bajo ante un evento natural.

Figura 14

Producción de Sedimentos con Proyecto en la Microcuenca Nauyan Rondos



Nota: De manera general ya se sobreentiende que la producción media anual de sedimento está condicionada a la estructura del suelo, ya que ante un suelo con mejores parámetros de resistencia y erodabilidad el coeficiente de retención disminuye, y que además con la aplicación del proyecto disminuye altamente la producción de sedimentos erosionados, tal como se observa en los sectores 1 – 4 mostrando valores no tan alejados en cuando al volumen de sedimentos erosionados. Lo más importante de este análisis sectorizado es que, tanto el riesgo extremadamente bajo de los sectores bajos no será alterado por la producción del sector 1, ya que prácticamente se mitiga el riesgo de esta zona ante un posible evento natural.

4.2. CONTRASTACIÓN Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

4.2.1. PRUEBA DE HIPÓTESIS

A. Prueba de Normalidad de los Datos Obtenidos sin el Proyecto

Se realiza la prueba de normalidad Shapiro–Wilk con los valores referentes a la Producción Media Anual de Sedimento (W) y el Volumen de Sedimento Erosionado (G), obtenidos en el análisis de producción de sedimentos sin el proyecto; para ello se plantea la hipótesis de normalidad de datos con una confiabilidad al 95 %:

H_0 : Si $p\text{-valor} \geq 0.05$, entonces la distribución es normal.

H_1 : Si $p\text{-valor} < 0.05$, entonces la distribución NO es normal.

Tabla 19*Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk con los datos obtenidos sin el proyecto*

Variable	Estadísticos Descriptivos			Shapiro – Wilk		
	Media	Mediana	σ	Estadístico	l	Sig.
(W) sin Proyecto	1,446.98	1,572.96	1,296.24	0.862		0.268
(G) sin Proyecto	542.64	570.18	462.45	0.952		0.727

Nota: Las medianas de 1,572.96 y 570.18, son mayores a las medias de 1,446.98 y 542.64 respectivamente; por lo cual es una distribución asimétrica; y la prueba de normalidad Shapiro-Wilk presenta el p-valor de 0.268 y 0.727, que son mayores al nivel de significancia de 0.05; por lo cual se acepta la H0 que define que la distribución de datos es normal; finalmente se concluye que, para contrastar la hipótesis principal se realizará mediante la prueba paramétrica de t-Student, ya q presenta una distribución normal de forma asimétrica

B. Prueba de Normalidad de los Datos Obtenidos Con el Proyecto

Se realiza la prueba de normalidad Shapiro–Wilk con los valores referentes a la Producción Media Anual de Sedimento (W) y el Volumen de Sedimento Erosionado (G), obtenidos en el análisis de producción de sedimentos con el proyecto; para ello se plantea la hipótesis de normalidad de datos con una confiabilidad al 95 %:

H₀: Si p-valor ≥ 0.05 , entonces la distribución es normal.

H₁: Si p-valor < 0.05 , entonces la distribución NO es normal.

Tabla 20*Prueba de Normalidad Shapiro-Wilk con los datos obtenidos con el proyecto*

Variable	Estadísticos Descriptivos			Shapiro – Wilk		
	Media	Mediana	σ	Estadístico	gl	Sig.
(W) Con Proyecto	203.46	193.95	197.02	0.919		0.530
(G) Con Proyecto	76.28	69.58	72.81	0.964		0.805

Nota: Las medias de 203.46 y 76.28, son mayores a las medias 193.95 y 69.58 respectivamente; por lo cual es una distribución asimétrica; y la prueba de normalidad Shapiro-Wilk presenta el p-valor de 0.530 y 0.805, que son mayores al nivel de significancia de 0.05; por lo cual se acepta la H0 que define que la distribución de datos es normal; finalmente se concluye que, para contrastar la hipótesis principal, esta se realizará mediante la prueba paramétrica de t-Student, ya que presenta una distribución normal de forma asimétrica

4.2.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

Se realiza la prueba de t-Student de una muestra para evaluar la Hipótesis Principal.

Método:

- μ_{w1} : Media de la producción anual de sedimentos sin proyecto
- μ_{w2} : Media de la producción anual de sedimentos con proyecto
- μ_{G1} : Media del volumen de sedimento erosionado sin proyecto
- μ_{G2} : Media del volumen de sedimento erosionado con proyecto

Planteo de Hipótesis.

H_0 : La prevención y recuperación NO permiten reducir el grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022

$$H_0: \mu_{w2} \geq \mu_{w1} \quad \wedge \quad \mu_{G2} \geq \mu_{G1}$$

H_1 : La prevención y recuperación permiten reducir el grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022.

$$H_1: \mu_{w2} < \mu_{w1} \quad \wedge \quad \mu_{G2} < \mu_{G1}$$

Prueba:

Si $(p\text{-valor}_w \wedge p\text{-valor}_G) < 0.05$, entonces se acepta la H_0

Si $(p\text{-valor}_w \wedge p\text{-valor}_G), \geq 0.05$ entonces se rechaza la H_0

Tabla 21

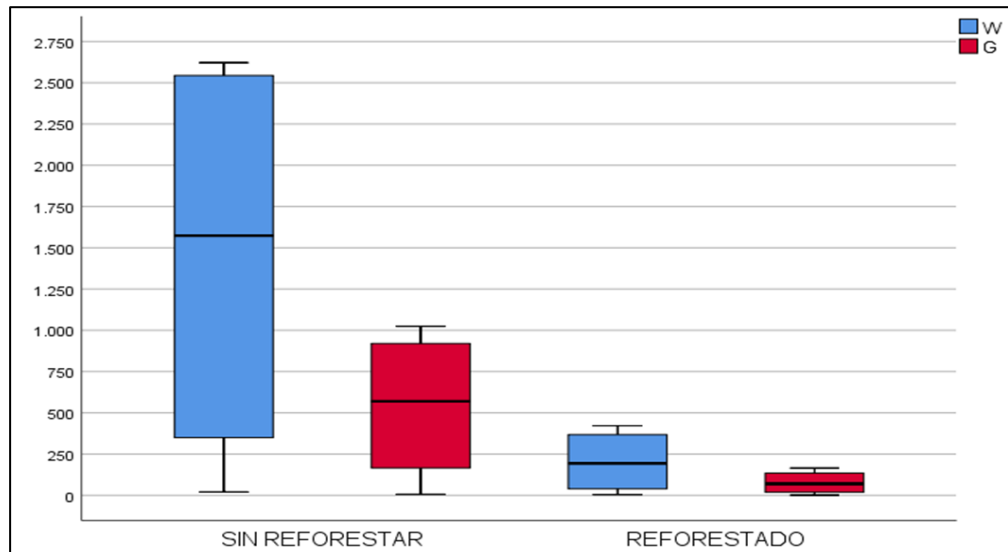
Prueba de t-Student para Muestras Independientes con respecto a la Hipótesis Principal

Variable	Media	Mediana	σ	t	gl	Sig.	Diferencia de medidas	95% de intervalo de Confianza de la diferencia	
								Inferior	Superior
μ_{W1}	1,446.98	1,572.96	1,296.24	.897	3.139	0.150	1,243.52	791.63	3, 278.66
μ_{W2}	203.46	193.95	197.02						
μ_{G1}	542.64	570.18	462.45	.992	3.149	0.136	466.37	259.06	1,191.79
μ_{G2}	76.28	69.58	72.81						

Nota: Se observa que la Hipótesis Nula con respecto a la condición de las medias: $\{(\mu_{W1} = 1,446.98) \geq (\mu_{W2} = 203.46) \wedge (\mu_{G1} = 542.64) \geq (\mu_{G2} = 76.28)\}$ No se Cumple; y que además en la prueba de t-Student para muestras independientes se observa que el nivel de significancia (p -valor $W = 0.150 \wedge p$ -valor $G = 0.136$) ≥ 0.05 . Por consiguiente, se rechaza la Hipótesis Nula y se acepta la Hipótesis Principal en un nivel de confianza del 95 %, como también se observa que la Hipótesis Principal con respecto a la condición de las medias: $\{(\mu_{W1} = 1,446.98) < (\mu_{W2} = 203.46) \wedge (\mu_{G1} = 542.64) < (\mu_{G2} = 76.28)\}$ Si se Cumple

Figura 15

Prueba de t-Student para Muestras Independientes con respecto a la Hipótesis Principal



Nota: Se observa que la producción anual de sedimentos (W) sin la aplicación del proyecto presenta una mediana de 1,572.96 con un intervalo de confianza al 95%, que se encuentra por encima de la media de 1,446.98; la cual muestra una tendencia extremadamente elevada. Así como también se observa que la producción anual de sedimentos (W) con la aplicación del proyecto presenta una mediana de 193.95 con un intervalo de confianza al 95%, que se encuentra por debajo de la media de 203.46; la cual muestra una tendencia baja. Del mismo modo se observa que el volumen de sedimento erosionado (G) sin la aplicación del proyecto presenta una mediana de 570.18 con un intervalo de confianza al 95%, que se encuentra por encima de la media de 542.64; la cual muestra una tendencia elevada. Así como también se observa que el volumen de sedimento erosionado (G) con la aplicación del proyecto presenta una mediana de 69.58 con un intervalo de confianza al 95%, que se encuentra por debajo de la media de 76.28; la cual muestra una tendencia extremadamente baja.

CAPITULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Se realiza la contrastación de los resultados obtenidos en la presente investigación con respecto a otras investigaciones:

Rivera (2005). Artículo Científico “Restauración Social de Suelos Degradados por Erosión y Remociones de Masalas en Laderas Andinas del Valle del Cauca Colombia”. En resumen, se realiza el diseño y construcción de estructuras vivas mediante plantas y raíces; finalmente, se logra una restauración aproximada de 60 ha con la remoción de masalas e instalación de las estructuras vivas planteadas, mitigando los procesos degradativos por la erosión y evitando el traslado de un caserío de 50 viviendas. De igual manera, la presente investigación realiza el pronóstico de mitigación de los efectos erosivos, como se observa en la figura 11 lo cual abarcaría una reforestación de aproximadamente de 302 ha, que además protegería como barrera viva a las viviendas próximas de la cuenca lo cual es respaldada con los resultados obtenidos.

Molina (2017), en su investigación “Eficacia del desarrollo de la Erythrina americana (Erythrina Colorín) como barrera viva para el control de la erosión en la quebrada San Antonio, distrito de Chosica, Lima”. En resumen, se realiza el pronóstico de eficiencia de la planta Erythrina en cuanto a la reforestación para el control de la erosión; se obtiene como resultado un volumen erosionado reducido con la aplicación de la planta: de 57.07% en la 1ra fase, de 86.63% en la 2da fase, y de 87.82% en la 3ra fase. De igual forma en la presente investigación, aunque no se define una planta específica se sobre entiende la eficiencia de la reforestación, ya que se logra alcanzar una disminución del volumen erosionado con el pronóstico de la aplicación de reforestación: de 83.91% en el sector 1, de 87.27% en el sector 2, de 89.12% en el sector 3, y de 80.48% en el sector 4. De los cuales se observa una variación en los porcentajes obtenidos en los diferentes estudios, debido al

diferente tipo de suelo y sus condiciones, pero si se puede afirmar que la reforestación disminuye los volúmenes erosionados.

Duran (2018). En su investigación “La Erosión Hídrica y la Degradación de Suelos Agrícolas en las Condiciones Edafoclimáticas de Ocucalla - Ambo - Huánuco”. En resumen, se realiza la revegetación de parcelas, con maíz y pasto natural, en la Microcuenca de Rio Blanco en la provincia de Ambo, con la finalidad de mitigar y controlar la erosión. Se obtiene mediante la revegetación con pasto natural una reducción del suelo erosionado: de 99.983% en la microparcela I, de 99.981% en la microparcela II, y de 99.984% en la microparcela III. Mientras que con la revegetación de maíz se obtiene una reducción del suelo erosionado: de 7.58% en la microparcela I, y de 16.13% en la microparcela III; caso contrario se produce un incremento de 1.26% en la microparcela II. De manera similar la presente investigación pronostica alcanzar una reducción del volumen erosionado de 83.91% en el sector 1, de 87.27% en el sector 2, de 89.12% en el sector 3, y de 80.48% en el sector 4. De los cuales se observa que el maíz no es una buena alternativa para la mitigación de la erosión, caso contrario el pasto natural que alcanza grandes deducciones de suelo erosionado, en donde es relevante señalar que las parcelas no presentan una pendiente elevada.

CONCLUSIONES

De acuerdo a la data registrada de las estaciones meteorológicas desde 1981 hasta el 2023, siendo un total de 42 años, muestran una razón de incremento de temperatura de $0,017\text{ }^{\circ}\text{C} / \text{año}$, lo cual significa que en este periodo la temperatura se incrementó $0,714\text{ }^{\circ}\text{C}$ aproximadamente, siguiendo estas circunstancias se espera un incremento de temperatura de $1.224\text{ }^{\circ}\text{C}$ para el año 2053

De acuerdo a la data registrada de las estaciones meteorológicas desde 1981 hasta el 2023, siendo un total de 42 años, muestran una razón de descenso de las precipitaciones de $1.5\text{ mm} / \text{año}$, lo cual significa que en este periodo las precipitaciones descendieron 63.00 mm aproximadamente, siguiendo estas circunstancias se espera un incremento de precipitaciones en 108.00 mm para el año 2053

Según los objetivos planteados se determina el volumen de erosión de la ladera, con lo cual considerando el modelo el coeficiente de retención (R) se ha encontrado que la tasa de transporte de sedimentos por erosión hídrica en la microcuenca sectorizada presenta un total de $2,170.56\text{ m}^3/\text{año}$ ($W=5,787.92\text{ m}^3/\text{año}$, $R=0.375$).

Considerando el modelo el coeficiente de retención (R) mediante la aplicación de la alternativa de revegetación, se ha encontrado que la tasa de transporte de sedimentos erosionados hídricamente en la microcuenca sectorizada presenta una disminución total de $305.10\text{ m}^3/\text{año}$ ($W=813.85\text{ m}^3/\text{año}$, $R=0.375$).

En la microcuenca las zonas que merecen atención a la hora de proponer proyectos de conservación de suelos son los sectores 1 y 2, ya que estos muestran una tendencia más elevada referente a la tasa de sedimento por erosión hídrica.

La reducción de la tasa de transporte de sedimentos se reduce ya que en la cabecera de la microcuenca se plantea la reforestación con plantas nativas, de tal manera que la capacidad de retención de la cuenca aumente, por lo tanto, la capacidad de producción y arrastre de sedimentos disminuye considerablemente en 86% aproximadamente.

Según los objetivos planteados se identifica las especies recomendadas, las cuales vendrían a ser la planta de Aliso, el Sauce, y la planta Vetiver; esta última siendo la más recomendada ya que presenta antecedentes históricos y estudios significativos mediante la cual demuestran su eficiencia al estabilizar suelos.

RECOMENDACIONES

Fomentar la investigación y el interés en cuanto a la mitigación de eventos naturales como es la erosión hídrica mediante el uso y aplicación de diversos tipos de plantas que se adaptan a los climas de la ciudad de Huánuco.

Realizar la evaluación y análisis mediante el modelo de coeficiente de retención (R) de la tasa de transporte de sedimentos de las quebradas de Jactay, La Florida y Llicua de corrientes efímeras, de la ciudad de Huánuco.

Fomentar la utilización de herramientas tecnológicas de teledetección, así como también el manejo de sistemas de información geográfica (SIG), ya que son beneficiosos a la hora de obtener datos y realizar mediciones monitoreadas.

Impulsar el interés social para concientizar a la población y a los entes gubernamentales en cuanto a la posible revegetación de las zonas erosivas, ya que periodo tras periodo se van deteriorando las quebradas pudiendo ocasionar en futuros próximos desastres naturales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ardizzone F., Cardinali M., Carrara A., Guzzetti F., Reichenbach P. (2002). *Impact of mapping errors on the reliability of landslide hazard maps. Natural Hazards and Earth System Sciences*. SciVal Topic Prominence, 3-14. DOI: <https://doi.org/10.5194/nhess-2-3-2002>
- Arias, F. (2006). El proyecto de investigación: Introducción a la investigación científica (5ta ed.). Caracas, Venezuela: Editorial Episteme, C.A.
- Behar-Rivero, D. (2008). Metodología de la investigación. Buenos Aires: Ediciones Shalom.
- CENEPRED. (2011). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales*. Recuperado de https://www.cenepred.gob.pe/web/wp-content/uploads/Guia_Manuales/Manual-Evaluacion-de-Riesgos_v2.pdf
- Chacón, J.; El Hamdouni, R.; Irigaray, C. and Fernández, T. (2006). *Engineering geology maps: Landslides and GIS*. *Bulletin of Engineering Geology and Environment*. Springer Verlag, 341-411. <https://doi.org/10.1007/s10064-006-0064-z>
- Díaz Mendoza (2017). *Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización*.
- García Gonzáles, Verónica Patricia. (2000). *Fenómenos de remociones en masa asociados a la ocurrencia de anomalías atmosféricas, Santiago Oriente*. Santiago: Universidad de Chile. Tesis para optar título profesional de Ingeniería Geológica.
- Henao, Jesús. Introducción al Manejo de cuencas hidrográficas. Bogotá: Universidad Santo Tomás, 2009. 396 p.
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, M. del P. (2014). Metodología de la investigación (6ta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / Interamericana Editores, S.A. DE C.V.

- INDECI. (2018). *Plan de Operaciones de Emergencias Regional 2018*. Lima: Recuperado de <http://sinpad.indeci.gob.pe/UploadPortalSINPAD/PNOE.pdf>
- INEI. (2017). *Censos Nacionales 2017: XII de población, VII de vivienda y III de comunidades indígenas*. Lima.
- INGEMMET. (2006). *Movimientos en Masa que Afectan a la Ciudad de Huánuco: Quebradas Jactay, Tingoragra - La Florida y LLicua*. Lima.
- Instituto Nacional de Recursos Naturales - INRENA. 2005. *Plan Nacional de Reforestación*.
- Larrea Carreño, V. (2013). *Diagnóstico de vulnerabilidad ambiental de los habitantes en relación al riesgo de deslizamiento de laderas e inundaciones en Nueva Prosperina (Bachelor's thesis, Universidad Casa Grande. Facultad de Ecología Humana, Educación y Desarrollo*
- Marques, A. (1996). Enseñanza de las ciencias de la tierra: Revista de la Asociación Española para la Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, ISSN 1132-9157, Vol. 4, Nº. 3, 1996 (*Ejemplar dedicado a: Nomenclatura y terminología en las Ciencias de la Tierra*), págs. 198-202
- Molina, M. (2017). *Eficacia del desarrollo de la Erythrina americana (Erythrina Colorín) como barrera viva para el control de la erosión en la quebrada San Antonio, distrito de Chosica, Lima*.
- Posada, J. H. R., & Reyes, J. A. S. *Restauración Social de Suelos Degradados por Erosión y Remociones Masales en Laderas Andinas del Valle del Cauca Colombia con la utilización de obras de Bioingeniería*.
- Sánchez Núñez Manuel, S. F. (2011). *Eventos hidrometeorológicos extremos y desastres en comunidades rurales y urbanas en Motozintla, Chiapas*. 167-181
- SENAMHI. (2014). *Estimación de Umbrales de precipitaciones extremas para la estimación de avisos meteorológicos*.
- Servicio Geológico de los Estados Unidos, USGS. (2013). *Landsat 8: U.S. Geological Survey Fact Sheet. U.S.A. DOI: <https://doi.org/10.3133/fs20153>*

Tamayo y Tamayo, M. (2003). El proceso de la investigación científica (4ta ed.). México, D. F: Editorial Limusa S.A.

Tarbuck & Lutgens (2010). Ciencias de la Tierra. Madrid: Pearson.

Vidal, X., Burgos, L., & Zevallos, O. (2018). 11 protección y recuperación ambiental de las laderas del Pichincha en Quito, Ecuador. Agua y Ciudades en América Latina, 173.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

Dávila Herrera, P. (2023). *Prevención y recuperación de laderas de la quebrada Tingoragra de corriente efímera, de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco - 2022* [Tesis de Maestría, Universidad de Huánuco]. Repositorio Institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTE EFÍMERA, DE LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS, HUÁNUCO-2022							
	Objetivo General	Objetivo Especifico	Hipótesis	Variables/ Dimensiones	Diseño de la Investigación	Método y Técnicas de Investigación	Población y Muestra
Problema general:	Objetivo General			Variable dependiente Alternativas de prevención y recuperación			Población La población abarca las quebradas estacionales de Jactay, Tingoragra-Rondos, La Florida y Llicua de corrientes efímeras, de la ciudad de Huánuco
En qué medida las alternativas de prevención y recuperación podrían reducir el grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022?	Proponer alternativas de prevención y recuperación que puedan reducir del grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022.	- Determinar el volumen de erosión de la ladera y realizar una propuesta de solución como alternativa para la recuperación y prevención. - Definir las variables de solución según la producción de sedimentos con respecto a volumen de sedimento erosionado de las laderas que dan inicio a la quebrada de Tingoragra de escorrentía efímera. - Identificar las especies recomendadas para utilizarlas de acuerdo a la erosión de la ladera mejorando su estabilidad y recuperación al suelo.	La prevención y recuperación de las laderas permiten reducir el grado de intensidad y erosión en la quebrada Tingoragra de la corriente efímera de la microcuenca Nauyan Rondos, Huánuco 2022.	Dimensiones La reforestación Estructuras biomecánicas. Variable Independiente La erosión Dimensiones Producción de Sedimentos Volumen de Sedimento Erosionado	Diseño de investigación Transversal No experimental.	Enfoque Cuantitativo Alcance o nivel Explicativo.	Muestra Delimitación de la microcuenca de la quebrada de Tingoragra, en la zona de Nauyan Rondos, Huánuco

ANEXO 2

INFORME TÉCNICO DEL DIAGNÓSTICO Y TOMA DE

" AÑO DE LA UNIDAD, LA PAZ Y EL DESARROLLO."

INFORME N° 001-2023-RCSG/CIP-HCO.

PARA : PERCY MELLO DAVILA HERRERA
Tesisista de la Universidad Privada de Huánuco

DE : ING. ROBERTO CARLOS SOBRADO GOMEZ
Ingeniero Agrónomo – CIP N° 104681

ASUNTO : INFORME TECNICO PARA LA INTERPRETACION Y OPINION
PARA LA RECUPERACION DE LADERAS DE LA QUEBRADA
TINGORAGRA DE CORRIENTES EFIMERA DE LA
MICROCUEENCA NAUYAN RONDOS

REFERENCIA : PROYECTO DE TESIS “PREVENCION Y RECUPERACION DE
LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTES
EFIMERA, DE LA MICROCUEENCA NAUYAN RONDOS,
HUÁNUCO 2022”.

FECHA : Huánuco, 22 de mayo del 2023.

Me es grato de dirigirme a usted, con la finalidad de presentar el INFORME TÉCNICO que se desarrolló según las indicaciones que se tuvieron que hacer en campo y las indicaciones encomendadas, de cuyo tenor informo a continuación:

I. ANTECEDENTES

- 1.1. Que mediante Resolución N° 274-2022-D-EPG-UDH, donde se APRUEBA el proyecto “PREVENCION Y RECUPERACION DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTES EFIMERA, DE LA MICROCUEENCA NAUYAN RONDOS, HUÁNUCO 2022” del graduado DAVILA HERRERA, Percy Mello, para optar el grado académico en Ingeniería con Mención en Gestión Ambiental y Desarrollo Sostenible, en la Escuela de Posgrado de la Universidad de Huánuco.
- 1.2. Por consiguiente, se sírvase buscar un especialista para que elabore un INFORME TECNICO PARA LA INTERPRETACION Y OPINION PARA LA RECUPERACION DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTES EFIMERA DE LA MICROCUEENCA NAUYAN RONDOS.

II. ALCANCES DE APOYO SEGÚN INVESTIGACION

- 2.1 Diagnóstico de la localidad de Nauyan Rondos para elaboración del trabajo de campo.

2.2 Verificación de la localidad Nauyan Rondos donde se elaborarán las tomas de muestras de suelo para el análisis e interpretación de datos y resultados obtenidos.

2.3 Determinar qué tipo de especie es la más recomendable para la **PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTES EFÍMERAS, DE LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS.**

III. ACTIVIDADES REALIZADAS

Por el presente informe se realizó las siguientes actividades según los alcances de investigación, el cual detallo a continuación:

Alcance 2.1. Diagnóstico de la localidad de Nauyan Rondos para elaboración del trabajo de campo, Alcances del servicio según lo encomendado. Se ha realizado las siguientes actividades.

Se realizó el recorrido de la localidad de Nauyan Rondos exactamente en las laderas de la quebrada tingoragra donde se tuvo que realizar y recopilar información de campo y se determinó que solo en este aspecto se delimitó las zonas específicas a los trabajos en que se tenía que intervenir dicha evaluación de campo.

Se tuvo por consiguiente a realizar el levantamiento de 3 submuestras específicas a fin de determinar en tres afluentes de que comprenden a las laderas de la quebrada tingoragra de corrientes efímeras.

Alcance 2.2. Verificación de la localidad Nauyan Rondos donde se elaborarán las tomas de muestras de suelo para el análisis e interpretación de datos y resultados obtenidos, Alcances del servicio según lo encomendado. Se ha realizado las siguientes actividades:

En la presente actividad se realizaron las tomas de muestras y tomas de puntos con coordenadas UTM con el GPS submétrico MODELO TRIMBLE XH 6000, en cada uno de las 4 tomas de datos que servirán como análisis e interpretación de trabajo de estudio.

También se recorrió todo el perímetro que comprende las zonas de intervención a tema de estudio para poder determinar con la información registrada en campo para su análisis y más posterior la interpretación de los resultados.

INTERPRETACION DE LAS MUESTRAS DE ANALISIS DE SUELO

MUESTRA 1

Suelos de textura buena permite fácil labranza, buen drenaje, pH medianamente alcalino, la CE es normal, la materia orgánica, está bajo o pobre, igual para el nitrógeno, fósforo bajo, potasio medio, CIC bajo, en general suelo de baja fertilidad.

MUESTRA 2

Suelo de buena textura, pH medianamente alcalino, la CE normal, la materia orgánica baja, el nitrógeno igual, el fósforo nivel bajo, potasio alto, CIC medio. Suelo de fertilidad media .

MUESTRA 3

Suelos de buena textura, pH medianamente alcalino, CE normal, materia orgánica bajo, nitrógeno bajo, fósforo bajo, potasio medio, CIC bajo. Suelo de baja fertilidad.

MUESTRA 4

Suelo de buena textura, pH medianamente alcalino, CE normal, bajo en materia orgánica, nitrógeno bajo, fósforo bajo, potasio bajo, CIC bajo. Suelo de baja fertilidad.

Alcance 2.3. Determinar qué tipo de especie es la más recomendable para la PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTES EFÍMERA, DE LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS. Alcances del servicio según lo encomendado. Se ha realizado las siguientes actividades.

Para proceder con la siguiente actividad según lo que manifestaron los señores lugareños de la zona aledañas hay especies que se han identificado especies que son cipreses, molle que son adaptables a la zona que también se pudo identificar que hay especies que si también se pueden adaptar y son las siguientes:

ALISO (ALNUS GLUTINOSA)

Taxonomía

Reino: Plantae

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Betulaceae

Género: *Alnus*

Subgénero: *Alnus*

Especie: *Alnus glutinosa*

(L.) Gaertn.



Alnus glutinosa, el aliso común o alno; también llamado, aliso negro, alisa o aliso, es un árbol de la familia de las betuláceas extendido por Europa y el suroeste de Asia. Su hábitat natural son los lugares húmedos y bosques de ribera. Habita por ejemplo en gran parte de la península ibérica.

El aliso necesita tener sus raíces permanentemente embebidas en agua. Tolerancia encharcamiento periódico siempre que haya renovación de agua corriente. Es por esta razón que los bosques de alisos, las alisedas, sean la comunidad vegetal potencial de las riberas de los ríos hasta una altitud de unos 500 o 600 m.

Árbol de media altura (20-30 m), caducifolio. Se caracteriza por sus hojas de 6 a 12 cm de largo con peciolo cortos (5-10 cm), de color verde oscuro, o fuerte por el haz y algo más claro por el envés, limbo redondeado y con extremidad truncada. Una originalidad es que permanecen verdes hasta su caída. Con cinco a ocho pares de nervios paralelos. Haces de pelos blanquecinos o rojizos en las axilas en el envés. Cuando brotan en primavera, resultan algo pelosas y muy pronto lampiñas.

Las hojas jóvenes y los brotes son muy pegajosos, con características glándulas resinosas. El árbol con frecuencia permanece verde hasta el inicio del invierno. Yemas estrechas y

ovoides, clara y gruesamente pedunculadas en forma de maza con el extremo redondeado, de color pardo rojizo o violáceo, con frecuencia punteadas muy finamente de blanco por secreciones ceras, las terminales mayores que las laterales. Inserción espiralada en el ramillo. Se encuentran cubiertas por tres escamas, de las que sólo dos son visibles.

La floración se produce antes de aparecer las hojas. Los amentos masculinos, de 5 a 10 cm, son delgados, cilíndricos y pendulares, de coloración rojiza. Los femeninos son más pequeños (2 cm) y de color marrón oscuro a negro, duros y algo leñosos, guardando cierta similitud con los conos de las coníferas. Cuando las pequeñas semillas aladas son liberadas, los conos permanecen en el árbol, a menudo durante todo el invierno.



El aliso se propaga fácilmente por semillas, aunque emite abundantes chupones de la raíz. Raíces muy extendidas en superficie. Pronto pierde la raíz principal y desarrolla numerosas raíces secundarias oblicuas y otras terciarias verticales de anclaje fuerte, más profundas, lo que le permite resistir avenidas y riadas. En condiciones de inundación continuada produce raíces adventicias tiernas y ramificadas en el tronco. En las raíces someras posee nódulos (de 2 a 12

cm de diámetro) fijadores de nitrógeno atmosférico, asociado a la bacteria *Actinomyces alni*. El aliso necesita tener sus raíces permanentemente embebidas en agua. Tolera encharcamiento periódico siempre que haya renovación de agua corriente. Es por esta razón que los bosques de alisos, las alisedas, sean la comunidad vegetal potencial de las riberas de los ríos hasta una altitud de unos 500 o 600 m.

SAUCE – (SALIX HUMBOLDTIANA)

Reino: Plantae
División: Magnoliophyta
Clase: Magnoliopsida
Orden: Malpighiales
Familia: Salicaceae
Género: Salix
Especie: *Salix babylonica*
L., 1753



Es un árbol de tronco grueso y frondoso, que crece en la costa, sierra y selva hasta los 4000 msnm.

La madera de esta planta, fue utilizada por los antiguos peruanos para la confección de cestos.

El sauce posee propiedades medicinales, tiene un alto contenido de salicina, sustancia que baja y controla la fiebre... además es antidiarreico, antirreumático, antipalúdico... es un "botiquín" de la medicina natural.



Nombres comunes: Sauce, huayaco; wayaw en lengua quechua.

Descripción botánica: El sauce llega a medir 10 metros. Su tronco grueso y derecho tiene abundantes hojas alargadas, lanceoladas y ligeramente dentadas con abundantes ramas colgantes. Su madera es blanca y suave. Este árbol es de rápido crecimiento en climas

templados, principalmente en terrenos húmedos y pantanosos.

Piso ecológico: Distribuido en costa, sierra y selva hasta los 4,000 msnm.

Antecedentes históricos: En 1535, el cronista español Gonzalo F. De Oviedo, menciona al sauce como una planta cultivada en la costa desde épocas muy antiguas. En la cultura Paracas, al interior de los fardos funerarios, se han encontrado cestos pequeños, depositarios de alimentos, hechos con tallos de sauce de 2 a 3 cm. de grosor, intercalados con tallos de totora.

Cita de cronista: "Después del aliso, es el sauce o huayaco el árbol más común de todo este reino; del cual se hallan dos diferencias: el uno es árbol alto y derecho, parecido en su talle al ciprés, y el otro copado y redondo; pero entrambos diferentes de la mimbrera..." B. Cobo (II, 6).

Usos: La madera del sauce es empleada para la fabricación de muebles. En agroforestería sirve para proteger de la erosión las orillas de los ríos y canales de riego. La fibra de este árbol es utilizada para la cestería. En medicina tradicional tiene múltiples usos es antidiarreico, antirreumático, antifebril y cura el paludismo.

Situación de la especie: En el Perú el sauce es una especie silvestre y cultivada.

Es un árbol de tronco grueso y frondoso, que crece en la costa, sierra y selva hasta los 4000 msnm.

La madera de esta planta, fue utilizada por los antiguos peruanos para la confección de cestos.

El sauce posee propiedades medicinales, tiene un alto contenido de salicina, sustancia que baja y controla la fiebre... además es antidiarreico, antirreumático, antipalúdico... es un “botiquín” de la medicina natural.

IV.- CONCLUSIONES

- Se realizó el diagnóstico de la localidad de las laderas de la quebrada tingoragra de corrientes efímera de la microcuenca nauyan rondos con lo cual se pudo identificar tres afluentes a esta microcuenca.
- También se pudo realizar la verificación de la localidad Nauyan Rondos donde se pudo elaborar las tomas de muestras de suelo para el análisis e interpretación de datos con los datos y resultados obtenidos.
- También se determinó qué tipo de especie es la más recomendable para la PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTES EFÍMERA, DE LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS.

V.- RECOMENDACIONES

- Se recomienda que antes de hacer un trabajo de campo, se tiene que hacer un diagnóstico por lo cual se tiene que realizar el recorrido en todo el perímetro de la localidad involucrada al área de estudio que se va a realizar.
- Es muy importante la participación de la población involucrada en el mencionado proyecto y así pudieran llegar a tener presente de las actividades que comprenden dicho proceso de trabajo de campo.

- De la misma manera se pudo identificar en campo según algunos lugareños de la localidad que las especies más indicadas para que puedan ser tan importantes para la PREVENCIÓN Y RECUPERACIÓN DE LADERAS DE LA QUEBRADA TINGORAGRA DE CORRIENTES EFÍMERA, DE LA MICROCUENCA NAUYAN RONDOS son las especies de ALISO (*alnus glutinosa*) y SAUCE (*salix humboldtiana*), estas plantas son muy importantes porque toleran encharcamiento periódico siempre que haya renovación de agua corriente y además tienen las potencialidades de prevenir y recuperar las laderas de la quebradas.
- Se debe agregar materia orgánica de cualquier tipo unas 25 toneladas por hectárea.

Es todo en cuando informo para su conocimiento y demás fines que estime pertinente.

Atentamente,


Roberto C. Sobrado Gómez
INGENIERO AGRÓNOMO
Reg. CIP N° 104681

ING. ROBERTO CARLOS SOBRADO GÓMEZ
Ingeniero Agrónomo – CIP N° 104681

ANEXO 3

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE SUELOS



ANÁLISIS DE SUELOS

LASAE



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

LASAE

Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

1. DATOS

SOLICITANTE:	DAVILA HERRERA PERCY	MUESTREADO POR:	DAVILA HERRERA PERCY
DEPARTAMENTO:	HUANUCO	FECHA DE RECEPCIÓN:	15/02/2023
PROVINCIA:	HUANUCO	FECHA DE INICIO DE ENSAYO:	16/02/2023
DISTRITO:	HUANUCO	FECHA DE REPORTE:	21/02/2023
NOMBRE DE LA PARCELA:	----	RECIBO O FACTURA:	23006433
CULTIVO:	----	OBSERVACIÓN:	

2. RESULTADOS DEL ANÁLISIS SOLICITADO

N°	DATOS		ANÁLISIS MECÁNICO										ANÁLISIS QUÍMICO				Saturación de Aluminio																												
			Arenas			Arcillas			Limo	pH	CE dS/cm	M.O.	N	C	P	K			CIC	Ca	Mg	K	Na	Al	H	CICs	Bases Cambiables	Acidos Cambiables																	
			%	%	%	%	%	%																					%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
1	S0228	M1	62	25	13	Francisco Arcillo Arenoso	8.70	0.384	1.819	0.091	1.055	5.417	133.741	7.840	6.585	1.040	0.094	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																
2	S0229	M2	48	33	19	Francisco Arcillo Arenoso	8.60	0.377	1.866	0.093	1.082	5.090	287.424	10.708	8.910	1.222	0.548	0.029	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																	
3	S0230	M3	54	29	17	Francisco Arcillo Arenoso	8.70	0.351	1.959	0.098	1.136	5.744	173.024	9.244	7.807	1.170	0.190	0.077	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																	
4	S0231	M4	62	21	17	Francisco Arcillo Arenoso	8.30	1.011	1.633	0.082	0.947	5.008	76.766	8.636	7.583	0.877	0.103	0.073	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000																	

Los Resultados presentados son válidos únicamente para las muestras ensayadas. Queda prohibida la reproducción total o parcial de este informe sin la autorización escrita del LASAE.

Los Resultados no pueden ser usados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Ing. GILBERTO MILTON NIEBA TRUJILLO

Profesional del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA DE LA SELVA

Tingo María

Dr. HUGO AURELIO HUAMANI YUPANQUI

Jefe del Laboratorio de Análisis de Suelos, Agua y Ecotoxicología

analisisdesuelosunat@hotmail.com

Carretera Central Km 1.21 - Tingo María - CELULAR 944407531

analisisdesuelosunat@hotmail.com

ANEXO 4

PANEL FOTOGRÁFICO

Fotografía 1

Visita de Campo y Reconcomiendo de la microcuenca Nauyan Rondos



Fotografía 2

Vista panorámica del cauce principal de la microcuenca Nauyan Rondos



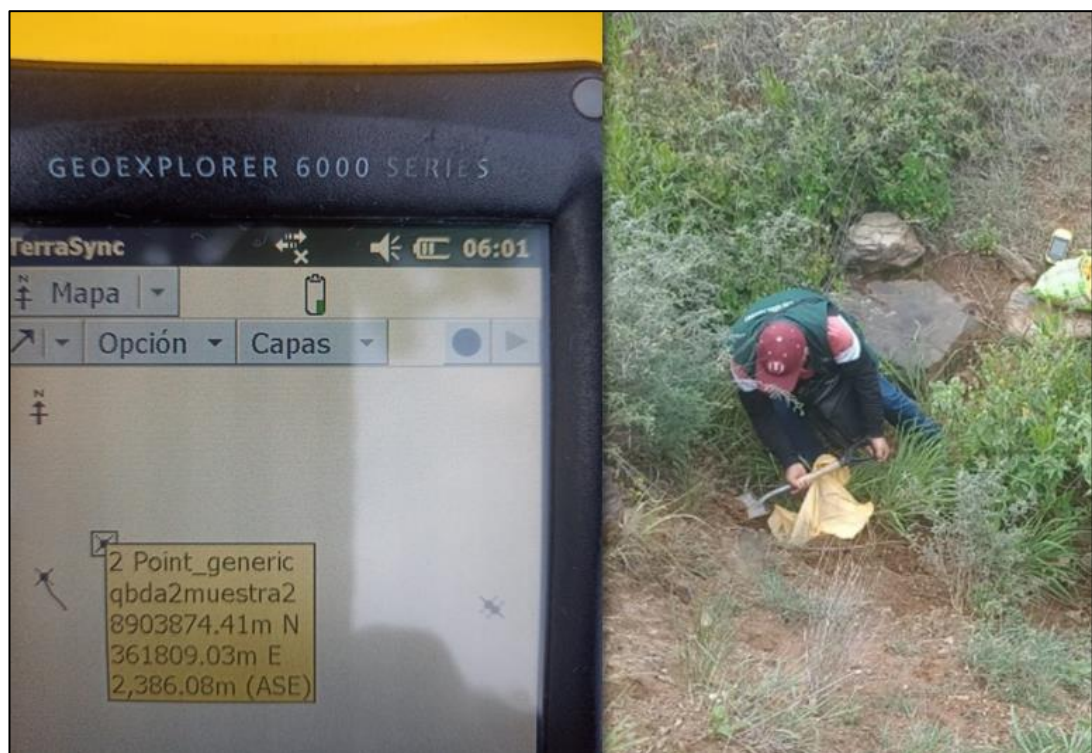
Fotografía 3

Toma me muestra en el punto M-01



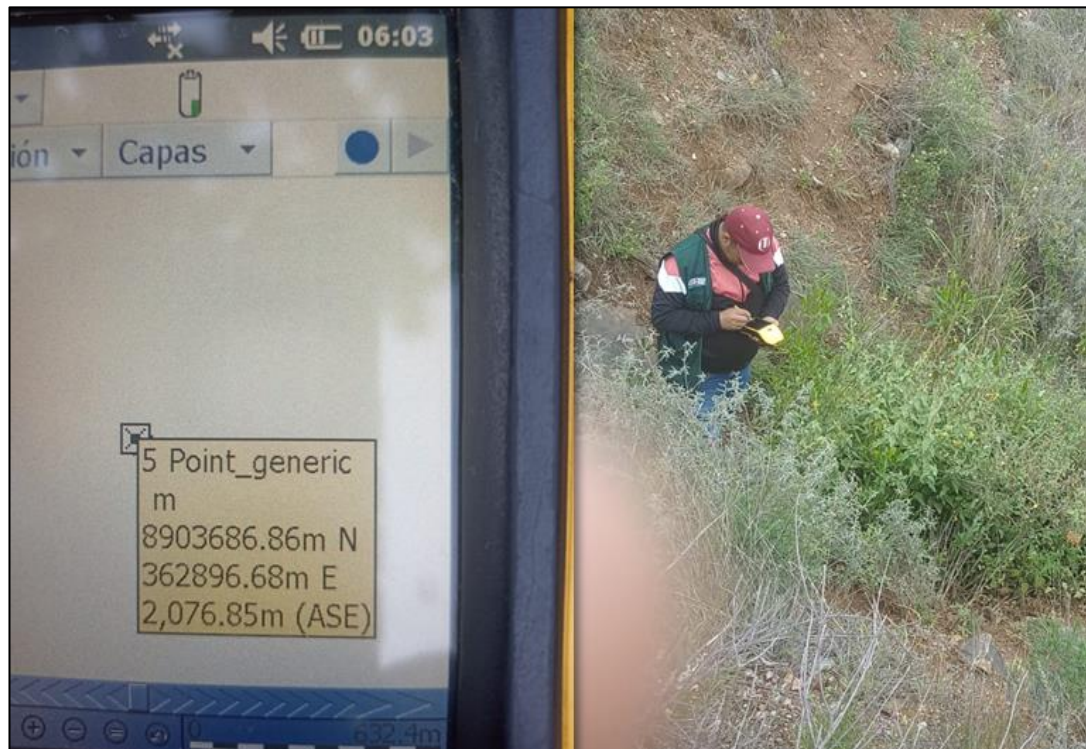
Fotografía 4

Toma me muestra en el punto M-02



Fotografía 5

Toma me muestra en el punto M-03



Fotografía 6

Toma me muestra en el punto M-04



Fotografía 7

Vegetación en los afluentes del de la microcuenca Nauyan Rondos



Fotografía 8

Escasa vegetación en el cauce principal de la Microcuenca Nauyan Rondos



Fotografía 9

Áreas Erosionadas en la Microcuenca Nauyan Rondos



Fotografía 10

Habitantes que ocupan zonas vulnerables a la erosión en la Microcuenca Nauyan Rondos

