

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
LA MOLINA**

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**“PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA NATURAL PARA
MITIGACIÓN DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA EN
LA CUENCA DEL RÍO MALA”**

**TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERA AGRÍCOLA**

MARIELA ANGELA SÁNCHEZ PALMA

LIMA – PERÚ

2023

TSP ANGELA SANCHEZ

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

19%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

4%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	www.forest-trends.org Fuente de Internet	3%
2	www.ana.gob.pe Fuente de Internet	3%
3	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.ana.gob.pe Fuente de Internet	1%
5	www.senamhi.gob.pe Fuente de Internet	1%
6	pejeza.gob.pe Fuente de Internet	1%
7	es.wikipedia.org Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.umsa.bo Fuente de Internet	<1%
9	dspace.unl.edu.ec Fuente de Internet	<1%

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA

FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA

**“PROPUESTA DE INFRAESTRUCTURA NATURAL PARA
MITIGACIÓN DE INUNDACIONES Y MOVIMIENTOS DE MASA EN
LA CUENCA DEL RÍO MALA”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL PARA OPTAR EL TÍTULO DE:

INGENIERA AGRÍCOLA

Presentado por:

BACH. MARIELA ANGELA SÁNCHEZ PALMA

Sustentado y aprobado por el siguiente jurado:

Arq. VÍCTOR FILIBERTO AGUILAR VIDANGOS
PRESIDENTE

Arq. TAICIA HELENA NEGRIN MARQUES
ASESOR

Mg. Sc. JUDITH MARÍA RAMÍREZ CANDIA
MIEMBRO

Mg. Sc. LENA CRUZ VILLACORTA
MIEMBRO

LIMA – PERÚ

2023

DEDICATORIA

A mis padres Mariela Palma y Arturo Sánchez por confiar siempre en mí y apoyarme en cada paso que he logrado. Asimismo, a mis hermanas Alejandra y Paula; tíos, tía, abuelos y primos por su motivación constante.

AGRADECIMIENTO

A Dios,

A la Universidad Nacional Agraria La Molina por ser mi segundo hogar durante cinco años, a su Facultad de Ingeniería Agrícola, sus excelentes docentes y en especial a mis amigos de la promoción 2014-I, con quienes compartí muchas alegrías y anécdotas.

A mi asesora Taicia Negrin Marques por su apoyo, tiempo y paciencia
brindada en el desarrollo de la tesis.

Un especial agradecimiento a cinco personas Efrain, Leticia, Ney, Carolina
y Joselyn por su motivación, confianza y apoyo constante en todo este
camino de retos y alegrías.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problemática.....	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo general.....	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Inundaciones.....	3
2.2. Movimientos de masa.....	4
2.2.1. Tipos de movimientos de masa.....	5
2.2.2. Factores de movimientos de masa	5
2.3. Infraestructura natural	7
2.3.1. Herramienta de Identificación Rápida de Oportunidades (HIRO)	11
2.4. Zonificación Forestal.....	12
2.5. Antecedentes	13
III. DESARROLLO DEL TRABAJO	14
3.1. Ubicación.....	14
3.2. Metodología.....	17
3.2.1. Delimitación de áreas forestales	17
3.2.2. Selección de especies forestales	20
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	22
4.1. Información de partida	22
4.1.1. Caracterización climatológica	22
4.1.2. Geología.....	25
4.1.3. Geomorfología.....	25
4.1.4. Características físicas.....	26
4.1.5. Ecosistemas.....	29
4.1.6. Vegetación en la cuenca del río Mala.....	30
4.2. Delimitación de áreas forestales.....	31
4.3. Selección de especies forestales	51

V. CONCLUSIONES.....	54
VI. RECOMENDACIONES.....	55
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
VIII. ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de movimientos de masa	5
Tabla 2: Ubicación geográfica Cuenca Mala	14
Tabla 3: Ubicación política de la Cuenca Mala.....	15
Tabla 4: Estaciones meteorológicas de la Cuenca de Mala.....	22
Tabla 5: Estaciones meteorológicas de cobertura.....	23
Tabla 6: Valores termométricos obtenidos en las dos estaciones climáticas	23
Tabla 7: Clasificación climática según la humedad relativa	24
Tabla 8: Unidades Geomorfológicas de la cuenca del río Mala.....	25
Tabla 9: Zonas de vida identificadas en la cuenca del río Mala.....	27
Tabla 10: Cobertura vegetal en la Cuenca Mala.....	28
Tabla 11: Descripción de los ecosistemas en la cuenca del río Mala.....	30
Tabla 12 : Categorías y zonas definidas mediante la herramienta HIRO.....	31
Tabla 13: Áreas objeto de reforestación por subcuencas	38
Tabla 14: Áreas objeto de reforestación en Huarochirí.....	39
Tabla 15: Áreas objeto de reforestación en Yauyos	40
Tabla 16: Especies nativas por ecosistemas	52
Tabla 17: Especies forestales para la Cuenca Mala.....	52
Tabla 18: Estratigrafía de la cuenca del río Mala	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación potencial de Inundaciones a nivel nacional	4
Figura 2: Ubicación de la Cuenca del río Mala	16
Figura 3: Cobertura vegetal en la Cuenca Mala	29
Figura 4: Propuesta de actuación definida por la herramienta HIRO.....	32
Figura 5: Verificación de las zonas propuestas como Zonas de Recuperación (ZR)	33
Figura 6: Puntos identificados en los talleres realizado	35
Figura 7: Definición de las áreas de influencia hidrográfica a los elementos expuestos con riesgo por movimientos de masa	36
Figura 8: Definición de las áreas exclusión por pendientes mayores a 45 grados	36
Figura 9: Zonas de reforestación propuestas	37
Figura 10: Temperatura media anual en las estaciones climática	59
Figura 11: Temperatura media anual en la estación climática “Huarochiri”	60
Figura 12: Precipitación acumulada mensual estación Huancata.....	61
Figura 13: Precipitación acumulada mensual estación Huañec.....	61
Figura 14: Precipitación acumulada mensual estación Huarochiri	62
Figura 15: Precipitación acumulada mensual estación Ayaviri.....	62
Figura 16: Mapa geológico de la cuenca del Río Mala	66
Figura 17: Mapa geomorfológico de la cuenca del Río Mala	67
Figura 18: Mapa de Ecosistemas en la Cuenca Mala	68

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1: TEMPERATURA MEDIA	59
ANEXO 2: PLUVIOMETRÍA	61
ANEXO 3: GEOLOGÍA	63
ANEXO 4: GEOMORFOLOGÍA	67
ANEXO 5: ECOSISTEMAS	68
ANEXO 6: FICHAS SILVICULTURALES	69

RESUMEN

La ocurrencia de fenómenos climáticos como el fenómeno El Niño ha generado inundaciones en la cuenca del río Mala, ocasionando daños en las infraestructuras y edificaciones, generando pérdidas económicas y sociales. Esta situación impulsó la proposición de soluciones que pudiesen reducir la vulnerabilidad de la población, de los bienes y del medio ambiente. En este contexto se planteó la “Propuesta de Infraestructura Natural para la mitigación de inundaciones y movimientos de masas en la cuenca del río Mala”. El presente trabajo de suficiencia profesional sistematiza los estudios elaborados por el proyecto durante las etapas de gabinete y campo para identificar las zonas aptas para implementar infraestructura natural que puedan reducir los riesgos de inundación y movimientos de masa mediante la reforestación en las cuencas del área de influencia del río Mala. Además, fueron priorizadas las especies endémicas que mejor se adaptan a las condiciones climatológicas, geomorfológicas y físicas del área de estudio.

Palabras clave: Infraestructura Natural, cuenca del río Mala, inundación, movimientos de masa, reforestación.

ABSTRACT

The occurrence of climatic phenomena such as El Niño has led to flooding in the Mala River basin, causing damage to infrastructure and buildings, resulting in economic and social losses. This situation prompted the proposal of solutions aimed at reducing the vulnerability of the population, assets, and the environment. In this context, the "Proposal of Natural Infrastructure for the Mitigation of Floods and Mass Movements in the Mala River Basin" was proposed. This professional proficiency project systematizes the studies conducted by the project during the desktop and field stages to identify suitable areas for implementing natural infrastructure capable of reducing the risks of flooding and mass movements through reforestation in the watersheds of the Mala River's area of influence. Furthermore, priority was given to endemic species that best adapt to the climatological, geomorphological, and physical conditions of the study area.

Keywords: Natural Infrastructure, Mala River basin, flooding, mass movements, reforestation.

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Problemática

Durante los meses de diciembre a marzo, Perú experimenta su periodo más intenso de precipitaciones, conocido como temporada de lluvias. Esta época también está asociada a fenómenos meteorológicos extremos, como inundaciones y movimientos de masa. El año 2017 fue testigo de una notable ocurrencia de estos eventos, los cuales fueron causados por elevadas temperaturas superficiales del mar, a lo largo de la costa central y norte, la presencia de grandes masas de aire húmedo a lo largo de las zonas costeras y laderas de la Cordillera de los Andes (SENAMHI, 2017). En consecuencia, este evento meteorológico provocó fuertes lluvias y dio lugar a múltiples incidentes de inundaciones a lo largo de la costa peruana, comúnmente conocido como el Fenómeno El Niño 2017.

El Niño Costero de 2016 – 2017, fue un evento muy intenso, en donde una de las zonas más afectadas del departamento de Lima fue la provincia de Cañete se registraron daños tales como inundación por desborde del río Mala, arrastre de sólidos que luego se depositaron en parcelas agrícolas, dañando cultivos y viviendas, así como movimientos de masa a lo largo de quebradas, con arrastre de material rocoso.

En este contexto, el presente Trabajo de Suficiencia Profesional, denominado “Propuesta de infraestructura natural para la mitigación de inundaciones y movimientos de masa en la cuenca del río Mala”, tiene como aporte relevante el identificar las áreas potenciales para plantaciones forestales y propone las especies nativas, como factor prioritario en una estrategia sostenible para la recuperación de los ecosistemas locales, que están mejor adaptadas a las condiciones del lugar, con el objetivo de disminuir los riesgos e impactos de las inundaciones y de los movimientos de masa en la cuenca.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Proponer soluciones usando infraestructura natural para la mitigación de inundaciones y movimientos de masa en la cuenca del río Mala Provincias de Huarochirí y Yauyos, Región Lima.

1.2.2. Objetivos específicos

- Identificar las áreas potenciales para plantaciones forestales en la cuenca del río Mala que cumplan con el objetivo de mitigar inundaciones y movimientos de masa.
- Seleccionar especies que mejor se adapten a las condiciones de la Cuenca del río Mala.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Inundaciones

El Servicio Nacional de Meteorología del Perú (SENAMHI, 2018), define estos “fenómenos naturales como recurrentes en el Perú, y se generan cuando el agua ocupa un terreno que debería estar libre. Además, elaboró el Mapa potencial de Inundaciones a nivel nacional, para identificar aquellas zonas con mayor peligro de inundación” (Figura 1).

De acuerdo con el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2015), son “fenómenos que se producen entre los meses de noviembre y abril de cada año, durante la temporada de lluvias. En la costa existen 53 cuencas, cuyos ríos se originan en la cordillera de los Andes y desembocan en el Pacífico”. La mayoría de estos ríos solo conduce agua de manera significativa durante los meses de diciembre a abril, manteniendo caudales bajos durante el resto del año.

En la sierra y selva, se encuentran 42 cuencas que dirigen sus aguas hacia el atlántico, y alrededor del Lago Titicaca hay 7 cuencas adicionales. Los desbordamientos ocurren principalmente en las llanuras, donde los ríos muestran pendientes de 0 a 5%. Esto es evidente en “los ríos costeros y en los que fluyen hacia el Lago Titicaca, especialmente en los tramos finales previos a su desembocadura. El arrastre de suelos se deposita y sedimenta en las partes planas” (MINAM, 2015).

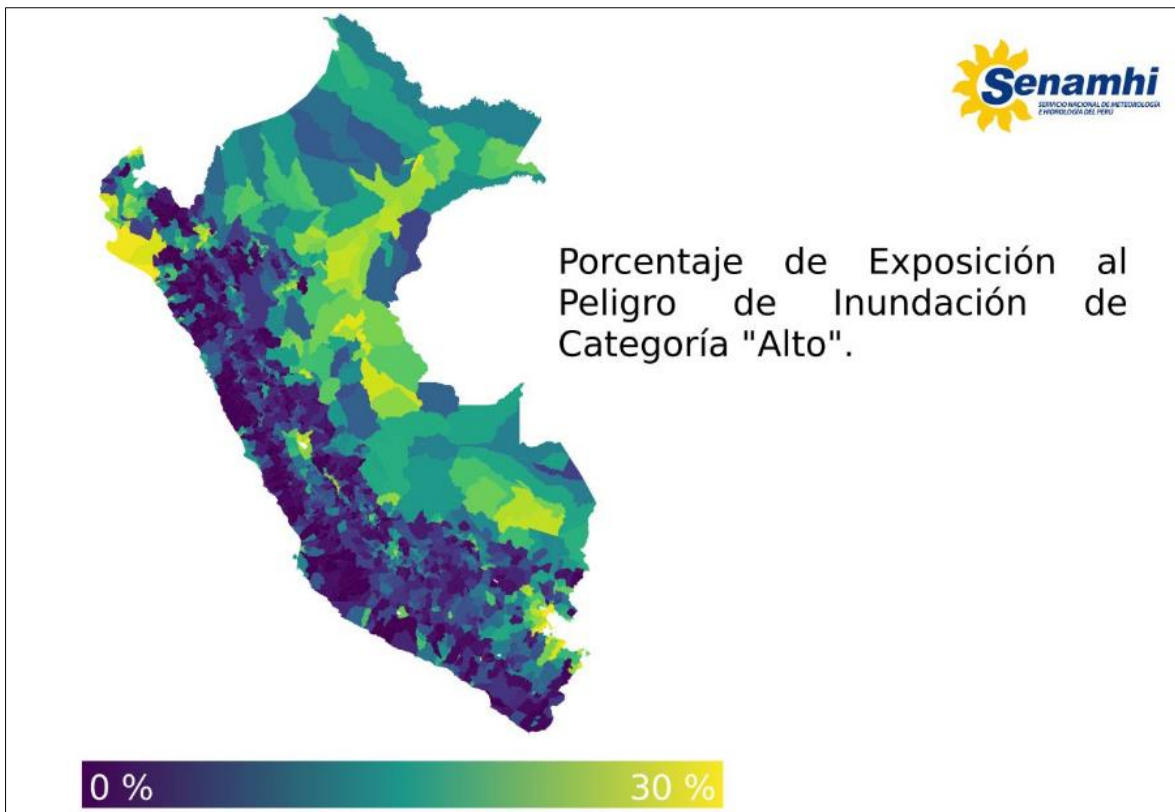


Figura 1: Ubicación potencial de Inundaciones a nivel nacional

Nota. 30% (amarillo) peligro de inundación de categoría “Alto”.

FUENTE: SENAMHI (2018)

2.2. Movimientos de masa

Los movimientos de masa son procesos geológicos que involucran la remoción de masas rocosas que han experimentado fracturas y desgaste debido a la meteorización. Además, implican la reubicación de depósitos sólidos bajo la influencia de la gravedad, siendo también influenciados por precipitaciones intensas y su prolongada duración. Estos movimientos pueden estar vinculados a la actividad sísmica, como las fallas activas relacionadas con procesos de subducción. Asimismo, pueden ser provocados por modificaciones hechas por el ser humano en los taludes naturales al llevar a cabo proyectos de infraestructura (Varnes, 1978). Estos son de importante entidad en la zona de estudio, debido al relieve montañoso de la cuenca y la escasez de vegetación, lo que hace que sea mayormente vulnerable a estos efectos y siendo de gran importancia para la propuesta de forestación en la Cuenca del Río Mala. Otro concepto de Movimientos de Masa es el de Cruden (1991), quien define estos fenómenos como procesos erosivos que influyen en la configuración del relieve terrestre. Estos se originan debido a una amplia variedad de factores, que incluyen procesos geológicos, hidrometeorológicos, químicos y mecánicos que

ocurren en la corteza terrestre y en la interacción entre esta, la hidrósfera y la atmósfera. Mientras que, por un lado, los levantamientos tectónicos dan forma a las montañas, por otro, la meteorización, las precipitaciones, los terremotos y otros eventos actúan sobre las pendientes, desestabilizándolas y modificando el relieve hacia una topografía más plana.

2.2.1. Tipos de movimientos de masa

Según Varnes (1978), los tipos de movimientos de masa están relacionados con las deformaciones gravitacionales profundas (Tabla 1).

Tabla 1: Tipos de movimientos de masa

TIPO	SUBTIPO
Caídas	Caída de roca (detrito o suelos)
Volcamiento	Volcamiento de Roca(bloque) Volcamiento flexura de roca o del macizo rocoso
Deslizamiento de roca o suelo	Deslizamiento traslacional, deslizamiento en cuña Deslizamiento rotacional
Propagación lateral	Propagación lateral lenta Propagación lateral por licuación (rápida)
Flujo	Flujo de detritos Crecida de detritos flujo de lodo flujo de Tierra flujo de turba Avalancha de detritos Avalancha de rocas Deslizamiento por flujo o deslizamiento por licuación de arena, limo, detritos, roca fracturada.
Reptación	Reptación de suelos solifluxión, gelifluxión (en permafrost)

FUENTE: Consorcio Río Mala (2020)

2.2.2. Factores de movimientos de masa

Para Wieczorek (1996), un “factor de movimientos de masa es una influencia externa que genera una respuesta caracterizada por el rápido incremento de esfuerzos o la disminución de la resistencia de los materiales en una ladera. Esto da lugar a un proceso de respuesta inmediata entre la causa y el efecto”. Entre estos factores se incluyen:

- Precipitación: está relacionada con su intensidad, duración y distribución; es decir, “su presencia en pocas intensidades, pero en periodos de tiempos prolongados y aquellas

con gran intensidad y períodos cortos de tiempo, originan la presencia de eventos de remoción en masas en aquellas zonas donde el escenario es favorable para ello” (Gonzales *et al.*, 2002; Aleotti, 2004).

- Vegetación: “La presencia de la vegetación en las laderas, permite su estabilidad en relación a los efectos del clima y la topografía” (Prieto, 1985). Para Lara *et al.* (2008), “la vegetación desempeña un papel importante en la reducción del efecto erosivo en las pendientes debido a la influencia de la cobertura vegetal en el proceso de transpiración”. Esta acción regula la humedad del suelo y, al mismo tiempo, las raíces actúan como anclajes para fortalecer la estabilidad de las laderas. Se destaca que los bosques representan la opción óptima para la estabilización de las pendientes, complementados por suelos cubiertos de pasto o hierba. Esto permite interceptar la precipitación, controlar el escurrimiento superficial y fomentar la evaporación y transpiración.
- Geomorfología: Las características geomorfológicas de la cuenca ejercen influencia en la presencia de movimientos de masa. Esto ocurre debido a su topografía, pendientes laterales, variaciones bruscas en la inclinación y la altitud de las laderas, factores que afectan la velocidad, la energía, el volumen de las remociones y la forma y superficie de la cuenca (Popescu, 2002).
- Clima: Diversos elementos climáticos contribuyen a la erosión de las laderas, entre los cuales se encuentran las precipitaciones, la temperatura, el viento y la radiación solar. Estos factores actúan en conjunto para desencadenar procesos que afectan la estructura del suelo, propiciando la aparición de fenómenos de remoción en masa. Es relevante señalar que la temperatura influye en la precipitación, ya sea en forma líquida o sólida, y además afecta el punto de fusión de la nieve, alterando la humedad del suelo. El viento desempeña un papel crucial al influir directamente en el ángulo de incidencia de las gotas de lluvia y al desestabilizar las laderas con vegetación. En este proceso también interviene la radiación solar, que afecta la humedad del material, reduciendo la resistencia de las laderas y generando inestabilidad en las superficies planas. (Lara y Sepulveda, 2008).

2.3. Infraestructura natural

De acuerdo con Forest Trends (2020), la infraestructura natural es un sistema interconectado de componentes naturales del medio ambiente que proporciona servicios esenciales para las poblaciones y el funcionamiento de los ecosistemas, tales como: regulación hidrológica, secuestro de carbono, mitigación de inundaciones, regulación del clima, control de la erosión, etc.

La interrelación entre la infraestructura natural y la infraestructura física se percibe como una asociación mutua que se refuerza para el bienestar de la sociedad. Mientras que la infraestructura gris desempeña un papel esencial en el progreso al impulsar la competitividad, facilitar la inversión privada y mejorar los niveles de vida, su sostenibilidad a largo plazo está condicionada por otra forma de infraestructura basada en los ecosistemas y la biodiversidad. Esta última, al ser autónoma y no creada por el ser humano, proporciona diversos servicios esenciales conocidos como servicios ecosistémicos (Forest Trends, 2020). El Ministerio del Ambiente emitió el Decreto Supremo 017-2018-MINAM, que establece “los lineamientos para la incorporación de criterios sobre infraestructura natural y gestión del riesgo en un contexto de cambio climático, en el marco de la reconstrucción con cambio” (MINAM, 2018).

En cuyos anexos, se proponen ocho medidas de infraestructura natural (sin ser limitativo). “Estas medidas contribuyen a la sostenibilidad de las intervenciones, haciéndolas más resilientes y menos vulnerables ante la ocurrencia de peligros, incluyendo los asociados al cambio climático” (MINAM, 2018).

1. Reforestación con especies nativas
2. Revegetación con especies nativas
3. Diques para control de cárcavas
4. Instalación de terrazas de formación lenta
5. Enriquecimiento del suelo
6. Construcción de zanjas de infiltración
7. Construcción de Qochas o Cochas
8. Barreras rompevientos

De las alternativas mencionadas, cada una tiene diversas funciones, entre las principales se mencionan:

- Las tres primeras medidas contribuyen a reducir la exposición a peligros de erosión y deslizamientos:
- Las medidas de instalación de terrazas de formación lenta contribuyen a controlar el proceso erosivo del suelo e incrementar la infiltración del agua en el suelo.
- La medida de enriquecimiento del suelo mejora la capacidad de retención de humedad en el suelo y atenúan los efectos de lluvias intensas y sequías.
- Las construcciones de zanjas de infiltración contribuyen a disminuir la erosión hídrica del suelo, favorecen la retención de humedad en el suelo y reducen el escurrimiento superficial durante las precipitaciones. Por otro lado, la creación de Qochas o cochas aumenta la disponibilidad del recurso hídrico.
- La barrera rompevientos reducen la erosión eólica del suelo, conservan la humedad del suelo, preservan la humedad del terreno, controlan las condiciones atmosféricas y embellecen el entorno.

El Decreto Supremo 017-2018-MINAM (2018), describe las siguientes alternativas de Infraestructura Natural:

- **Reforestación con especies nativas:**
 - Objetivo: Restaurar la cobertura vegetal.
 - Beneficios: Disminuyen la erosión del suelo causada por el agua, reducen el flujo superficial de la lluvia, aumentan la capacidad de absorción del agua en el suelo, contribuyen a regular el clima, actúan como depósitos de dióxido de carbono (CO₂), disminuyen la vulnerabilidad a riesgos como la erosión y los deslizamientos, y mejoran la gestión del agua para su suministro.
 - Descripción de la medida: Consiste en realizar plantaciones de árboles y/o arbustos en áreas natural que han experimentado pérdida o alteración debido a factores diversos.
- **Revegetación con especies nativas**
 - Objetivo: Restaurar la cobertura vegetal

- Beneficios: Reducen la erosión hídrica del suelo, mejoran la regulación hídrica para el suministro de agua, incrementan la infiltración del agua en el suelo, disminuyen la vulnerabilidad ante riesgos naturales y reducen la escorrentía de agua de lluvia
 - Descripción de la medida: Consiste en la siembra de gramíneas, leguminosas, gramínoideas u otras especies herbáceas, en un entorno natural que haya sido perdido o modificado por diversos factores.
- **Diques para control de Cárcava**
 - Objetivo: Controlar los procesos erosivos en la cárcava.
 - Beneficios: Reducen la erosión hídrica del suelo, reducen el flujo superficial de la lluvia, disminuyen la vulnerabilidad a riesgos naturales como deslizamientos, contribuyen a la gestión del agua y retienen partículas sedimentarias.
 - Descripción de la medida: Los diques pueden formarse mediante la disposición perpendicular de troncos, palos o piedras en una configuración semicircular hacia la cárcava. Las medidas y espaciados de los diques varían de acuerdo con la profundidad y la inclinación de la cárcava.
- **Instalación de terrazas de formación lenta**
 - Objetivo: Controlar el proceso erosivo del suelo e incrementar la infiltración del agua en el suelo.
 - Beneficios: Reducen la erosión hídrica del suelo, controlan y previenen la aparición de cárcavas, conservan la humedad del suelo, favorecen la penetración del agua en la tierra y disminuyen la escorrentía de agua de lluvia.
 - Descripción de la medida: Se refieren a franjas secuenciales que parten la inclinación del terreno en segmentos perpendiculares a la pendiente. Estos segmentos están delimitados por las curvas de nivel, con límites superiores e inferiores protegidos por estructuras como muros de piedra (pircas) o bordes de tierra. Las terrazas son formadas progresivamente por efecto del arrastre y acumulación de sedimentos.

- **Enriquecimiento del suelo**

- Objetivo: Optimizar la capacidad de infiltración del suelo y la estructura.
- Beneficios: Incrementan la retención de humedad en el suelo y mitigan los impactos causados por lluvias fuertes y períodos de sequía.
- Descripción de la medida: Consiste en enriquecer el suelo mediante la aplicación de mejoras, tales como el uso de abono orgánico (como el compost), la utilización de enmiendas orgánicas como el majadeo o redileo, y el empleo de abono proveniente de fuentes minerales como cenizas y cal, entre otros. También implica la incorporación de vegetación rica en nitrógeno, como las leguminosas, con el objetivo de mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y la eliminación de plantas esquilmanes (plantas que agotan la fertilidad del suelo).

- **Construcción de Zanjas de Infiltración**

- Objetivo: Capturar y retener el flujo superficial del agua de lluvia.
- Beneficios: Optimizan la humedad del suelo y reducen el escurrimiento de las aguas pluviales, disminuyen la erosión causada por el agua, aumentan la absorción del agua en el terreno y el suministro del agua.
- Descripción de la medida: Se trata de trabajos de excavación llevados a cabo en pendientes, formando canales de sección rectangular o trapezoidal. Estos se diseñan siguiendo las curvas de nivel con el propósito de frenar el escurrimiento del agua de lluvia y retenerla para recargar los manantiales. Además, cumplen la función de conservar la humedad del suelo, propiciando así el crecimiento de pastizales y cultivos que se encuentran bajo las zanjas.

- **Construcción de Qochas o Cochas**

- Objetivo: Conservar y retener el agua en la superficie.
- Beneficios: Incrementan la disponibilidad del recurso hídrico.
- Descripción de la medida: Son pequeños reservorios de agua erigidos mediante la utilización de piedras, cañas y tierra apisonada. Estos captan y conservan el agua de las precipitaciones, situándose en las elevaciones de las cuencas, ya sea en áreas de depresiones creadas de forma natural o mediante intervención humana.

- **Barreras Rompevientos**

- Objetivo: Reducir el impacto de vientos fuertes.
- Beneficios: Disminuyen la erosión causada por el viento en el suelo, preservan la humedad del terreno, regulan las condiciones atmosféricas y embellecen el entorno.
- Descripción de la medida: Son hileras de uno o más árboles y arbustos de distintas alturas (alto, medio y bajo), dispuestos de manera perpendicular a la dirección predominante del viento.

2.3.1. Herramienta de Identificación Rápida de Oportunidades (HIRO)

“La Herramienta de Identificación Rápida de Oportunidades para la Infraestructura Natural en la Gestión de Riesgos de Desastres (HIRO-GRD) es una herramienta de análisis espacial para identificar áreas potenciales en las que la infraestructura natural puede contribuir a disminuir el riesgo por eventos hidrometeorológicos extremos” (Forest Trends, 2020).

El Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina (CONDESAN, 2020), menciona que “HIRO fue desarrollada en ModelBuilder como una herramienta de ArcGIS. Esto significa que es accesible para cualquier usuario que posea conocimientos básicos o intermedios en Sistemas de Información Geográfica (SIG)”. Además, posee flexibilidad y puede ser actualizada mediante la incorporación de datos primarios una vez que estos sean procesados en un Sistema de Información Geográfica (SIG).

Se utilizan mapas oficiales disponibles, tales como:

- Susceptibilidad por movimientos de masa: Ubicación de áreas propensas a deslizamientos de tierra.
- Áreas inundables: Ubicación de áreas propensas a inundación.
- Centros poblados: Ubicación de centros poblados en zonas propensas a deslizamientos y/o inundaciones.
- Infraestructura lineal: Ubicación de vías eléctricas y carreteras en zonas propensas a inundaciones y deslizamientos.
- Áreas degradadas: Condiciones de la cobertura vegetal.
- Zonificación forestal: Alternativas de uso del recurso forestal y de fauna silvestre.

- Permeabilidad: Considera características geológicas e hidrológicas para conocer el nivel de permeabilidad.
- Aporte hídrico: Ubicación de áreas con mayor concentración de agua de lluvia.

2.4. Zonificación Forestal

La zonificación forestal (ZF) es un proceso técnico y participativo, mediante el cual se delimitan las tierras forestales para definir cuáles son las alternativas de uso más adecuadas para cada tipo de recurso forestal y de fauna silvestre, teniendo como resultado las diferentes categorías de ZF. La ZF sienta las bases para asegurar la conservación y uso sostenible del patrimonio forestal y de fauna silvestre, y sus servicios ambientales que son indispensables para nuestra vida (SERFOR, 2019). Por otro lado, el Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR, 2019), propone cuatro categorías de Zonificación Forestal, las cuales tienen las siguientes condiciones:

- **Zonas de recuperación:** son áreas que necesitan enfoques específicos para restablecer los ecosistemas forestales, los cuales pueden estar orientados a la recuperación de la cobertura forestal con el propósito de obtener productos madereros, o dirigidos a la restauración y conservación mediante la plantación de especies autóctonas para promover la restauración ecológica y recuperar los servicios ecosistémicos.
- **Zona de producción permanente:** corresponde a aquellas zonas de bosques naturales primarios o secundarios, o bosques plantados que por sus características tanto bióticas como abióticas posibilitan la utilización sostenible de los recursos provenientes de los bosques y la fauna. Se puede realizar la cosecha de madera y/o de otros recursos forestales, ya sea mediante métodos intensivos o mecanizados, o bien a través de enfoques de baja intensidad, dependiendo de las circunstancias particulares.
- **Zona de tratamiento especial:** Por su naturales biofísica, socioeconómica, cultural y geopolítica, necesitan ser gestionados mediante un enfoque particular en cuanto a su asignación, ya sea destinándolos como reservas de territorio para comunidades indígenas en aislamiento o en contacto inicial, áreas dedicadas a la producción agroforestal y silvopastoril, bosques remanentes o residuales, o agrupaciones de vegetación que no forman bosques.

- **Zonas de protección y conservación ecológica:** son ecosistemas frágiles con una resiliencia limitada o capacidad reducida para recuperarse a sus condiciones originales hace que estas áreas sean inestables frente a la intervención humana, convirtiéndolas en lugares prioritarios para la preservación de la biodiversidad y limitando la viabilidad de actividades extractivas.

2.5. Antecedentes

El Niño costero de 2016 – 2017, fue un evento muy fuerte del fenómeno que afecto a las naciones sudamericanas de Perú y Ecuador. Este fenómeno se caracteriza por el calentamiento anómalo del mar localizado en las costas de estos países. Este calentamiento produce humedad que desencadena fuertes lluvias causando desbordes, inundaciones y aluviones que afectan varias localidades. El fenómeno fue antecedido en el 2016 por una fuerte sequía que afectó a ambos países.

El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI, 2017), publicó un reporte que detalla los impactos del Fenómeno del Niño Costero. Este reporte revela un total de 101 personas fallecidas, 353 heridas, 19 desaparecidas, 141,000 damnificadas y casi un millón de afectadas a nivel nacional desde diciembre de 2016.

Además, se publicó la versión para consulta de Gobiernos Regionales y Locales, el “Plan Integral de Reconstrucción con Cambios”, el cual se ha elaborado tomando como insumo principal el catastro de daños reportados por los sectores estatales, luego de revisar, compilar y sistematizar la información alcanzada por el Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), los municipios y gobiernos regionales.

Por tal motivo el objetivo principal del Consorcio Rio Mala (conformado por las empresas INYPSA, SUEZ y FICHTNER), es la formulación del “Plan integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del rio Mala, Departamento de Lima”, que selecciona un portafolio de intervenciones y medidas estructurales y no estructurales de índole técnica, económica, cultural, social, ambiental, tecnología, normativa e institucional. Estas intervenciones serán priorizadas para ser ejecutadas e implementadas en el corto, mediano y largo plazo.

III. DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1. Ubicación

La cuenca del río Mala está situada en la parte central del territorio peruano, tiene una extensión aproximada de 2,332.07 km² (ANA, 2007). En la Tabla 2, se presenta la ubicación geográfica, demarcación política, demarcación hidrográfica y administrativa de la cuenca del río Mala.

- **Ubicación geográfica**

Tabla 2: Ubicación geográfica Cuenca Mala

Sistemas	Datum	Componente	Valor	
			Mínimo	Máximo
Coordenadas Geográficas	Horizontal	Longitud Oeste	76° 33' 59"	76° 5' 14"
	WGS 84	Latitud Sur	12° 22' 37"	12° 48' 19"
Coordenadas UTM	Horizontal	Metros Este	329998	381919
Zona 18 Sur	WGS 84	Metros Norte	8583908	8631477
Altitud	Vertical Nivel Medio del Mar	m.s.n.m.	0	4940 m.s.n.m. Pampa Huacaypaca

FUENTE: ANA (2007)

- **Demarcación hidrográfica**

Según la Autoridad Nacional del Agua (ANA, 2007), Hidrográficamente la cuenca del río Mala posee como límites:

Por el Norte: Cuenca del Río Rímac y Mantaro.

Por el Este: Cuenca del Río Cañete.

Por el Sur: Cuenca del Río Omas.

Por el Oeste: con el Océano Pacífico y las cuencas de los ríos Lurín y Chilca.

- **Demarcación política**

Políticamente la cuenca abarca tres provincias y veinte distritos (Tabla 3):

Tabla 3: Ubicación política de la Cuenca Mala

Cuenca	Departamento	Provincia	Distrito	Capital	Ubigeo
CUENCA MALA		Yauyos	Ayaviri	Ayaviri	151003
			Cochas	Cochas	151010
			Huampara	Huampara	151013
			Huañec	Huañec	151017
			Quinchas	Quinchas	151024
			Quinocay	Quinocay	151025
			San Joaquín	San Joaquín	151026
			Tanta	Tanta	151028
			Omas	Omas	150522
			Calango	Calango	150503
	LIMA	Cañete	Mala	Mala	150509
			San Antonio	San Antonio	150513
			Santa Cruz de Flores	Santa Cruz de Flores	150515
			Huarocharí	Huarocharí	150709
			Mariatana	Mariatana	150713
		Huarocharí	San Juan de Tantarache	San Juan de Tantarache	150720
			_San Lorenzo de Quinti	_San Lorenzo de Quinti	150721
			San Pedro de Huancayre	San Pedro de Huancayre	150725
			Sangallaya	Sangallaya	150726
			Santiago de Anchuca	Santiago de Anchuca	150729

FUENTE: ANA (2007)

- **Demarcación administrativa**

La cuenca del río Mala pertenece a la Administración Local del Agua Mala - Omas – Cañete, la cual es vigente de acuerdo con la resolución Jefatural N° 419-2013-ANA y RJ N° 521-2013-ANA.

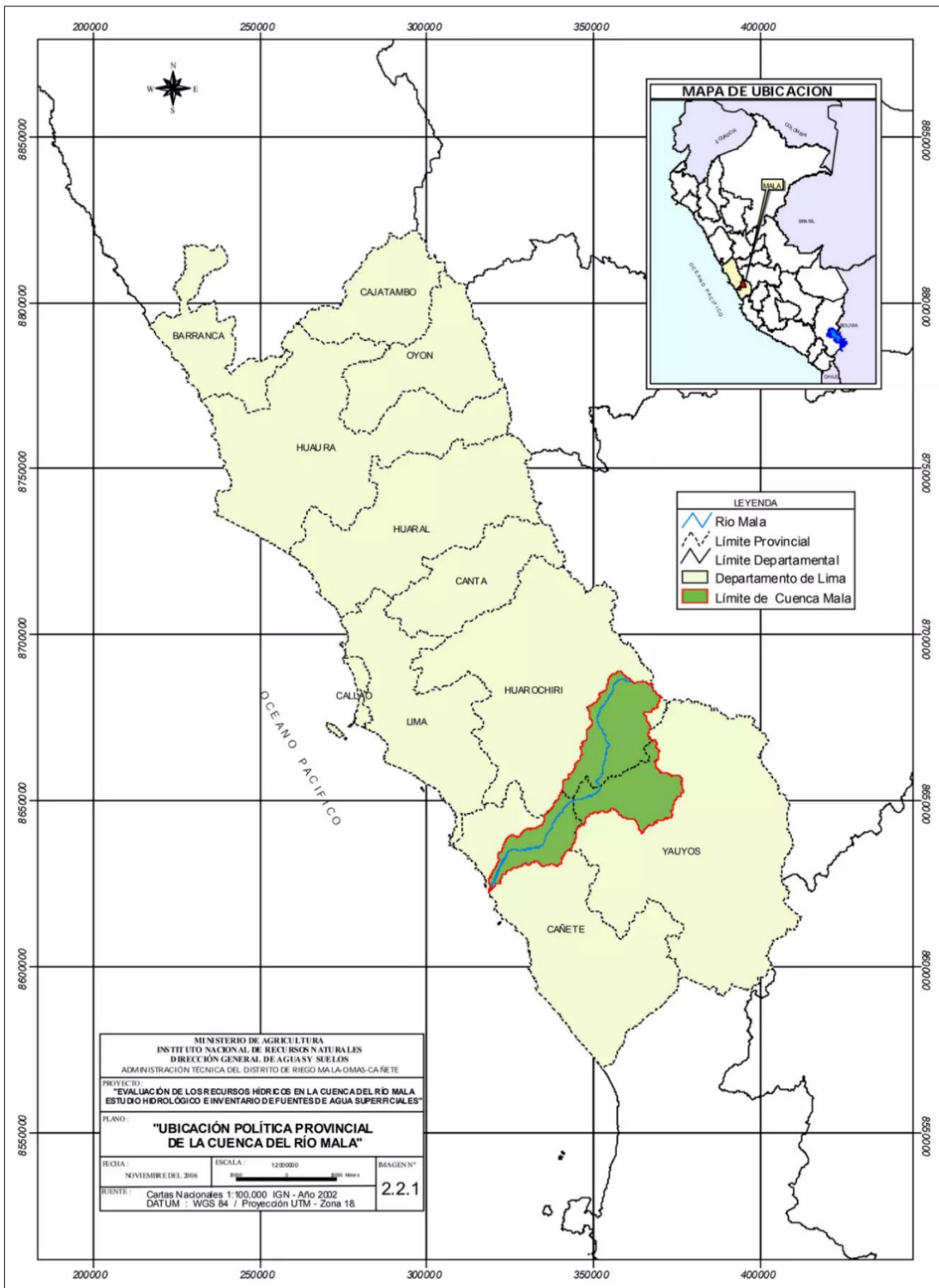


Figura 2: Ubicación de la Cuenca del río Mala

FUENTE: ANA-INRENA (2007)

3.2. Metodología

3.2.1. Delimitación de áreas forestales

Para la delimitación de áreas forestales se evaluaron los factores que influyen en la determinación de intervenciones y áreas óptimas con fines de mitigación de riesgos de inundación y movimientos de masa en cuencas hidrológicas mediante Técnicas de Evaluación Multicriterio y Sistemas de Información Geográfica (SIG); Asimismo, trabajo de campo para compatibilizar información que no se obtiene de forma secundaria, realizando consultas a pobladores y autoridades de las Comunidades Campesinas del ámbito de la cuenca.

Los trabajos efectuados consisten en dos partes, la primera corresponde de forma preliminar emplear la Herramienta de Identificación Rápida de Oportunidades para la Infraestructura Natural en la Gestión de Riesgos de Desastres (HIRO –GRD). Por consiguiente, en la segunda parte se integró la Información del Estudio de Caracterización de la Vulnerabilidad, Cartografía de la peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo para inundaciones y movimientos de masa, en donde se identifica y analiza las áreas de riesgo por flujo de detritos y a partir del cual se ha delimitado las áreas de intervención.

1. Identificación rápida de oportunidades para la Infraestructura Natural (HIRO)

La aplicación de la herramienta comprende cuatro fases que se desarrolla de la siguiente manera:

a. Fase 1: Identificación del problema (condiciones de riesgo):

En primera instancia se utilizó para el acopio de información de base oficial, su adaptación y estandarización, con la finalidad de obtener una única base de datos que posteriormente será organizada para los fines de la aplicación de la herramienta, haciendo uso del software de Sistemas de Información Geográfica (SIG).

Posteriormente, se identificó el peligro en la Cuenca del río Mala, obteniendo y analizando las áreas de peligro de inundación y movimientos de masa. La información disponible consideró una escala del 1 al 5 en términos de la posibilidad de manifestación del peligro, siendo el 1 Muy Bajo, 2 Bajo, 3 Medio, 4 Alta y 5 Muy Alta; Sin embargo, con fines de obtener la información de interés

en la cuenca de Mala se consideraron únicamente los niveles Alto y Muy Alto. Asimismo, se identificaron los elementos expuestos, como Centros Poblados e Infraestructuras lineales (líneas eléctricas y carreteras) en la Cuenca del río Mala Finalmente, a partir de la ubicación de las zonas en donde se manifiestan los peligros de inundación y movimientos de masa se superpusieron las informaciones de los elementos expuestos.

b. Fase 2: Identificación de las causas

Se ha obtenido las condiciones particulares de los ecosistemas en la cuenca, así como las características físicas que determinan su funcionamiento. Con esta información se ha identificado las áreas de instalación de infraestructura natural el cual comprende e identifica aquellas áreas degradadas y las zonas con oportunidades para la restauración y conservación que se superponen con las zonas de peligros y exposición, de modo que al intervenir en ellas se contribuya a la recuperación y al mejor funcionamiento de los ecosistemas, y reducción del nivel de daño que genera estos peligros, así como reducción a la exposición.

c. Fase 3: Identificación de soluciones

Se realizó una clasificación de Zonificación Forestal, que contribuya a que las medidas que se definan respondan a las particularidades de los ecosistemas respecto de la presencia del bosque y su adecuado manejo. En este apartado se integró el mapa de pendiente, ecosistemas y áreas naturales protegidas, cada una de estas capas de información tienen características que varían a lo largo del territorio de análisis a las cuales se les denomina atributo; su agrupación de forma conjunta en todas las capas permite identificar las 4 categorías que corresponden a diferentes zonas de la Zonificación Forestal.

Sin embargo, de estas categorías, la de Zona de Recuperación da la oportunidad de contribuir a la reducción del riesgo a través de la recuperación de los servicios ecosistémicos con la implementación de medidas de infraestructura natural.

Finalmente, a la zonificación forestal se integró la información de aporte hídrico e Hidrogeológico de la cuenca del río Mala.

d. Fase 4: Identificación de Medida de Infraestructura Natural

Con el conjunto de información generada se propuso identificar de manera preliminar las medidas de reducción de riesgos correspondientes a infraestructura natural en la cuenca dependiendo de las características del área en donde se ubique.

2. Identificación de áreas de intervención para la mitigación de riesgos

El proceso metodológico abordado para la identificación y ubicación de zonas a reforestar se ha basado en la interpretación de la cartografía de riesgos por movimientos en masa de los elementos expuestos, los cuales se definieron por los centros poblados y vías de comunicación, la cual quedó extensamente detallada en el estudio Caracterización de la Vulnerabilidad, Cartografía de la Peligrosidad, Vulnerabilidad y Riesgo para Inundaciones y Movimientos en Masa elaborado por el Consorcio río Mala (2020).

e. Identificación de la zona de actuación

Para la identificación de las zonas de actuación para la reforestación y el consecuente mejoramiento de los servicios ecosistémicos se utilizó la siguiente fuente de información:

- Cartografía de riesgos por movimientos de masa por flujo de detritos en centros poblados y vías de comunicación.
- Puntos conflictivos por flujo de detritos/Deslizamientos en quebradas, identificados en los talleres realizados en la cuenca del río Mala en junio de 2019.

f. Delimitación del ámbito de actuación

La delimitación del ámbito de actuación para las medidas de reforestación en cada zona de actuación que es susceptible de mitigación de riesgos por movimientos de masa ha tomado en cuenta las siguientes consideraciones:

- La delimitación hidrográfica del área de influencia al elemento expuesto que presenta un riesgo por movimientos en masa por flujo de detritos;
- La exclusión de áreas con pendientes mayores a 45°.

Para ello, definidas las ubicaciones de actuación de reforestación requeridas, se ha recurrido al modelo digital de elevaciones (MDE de ALOS PALSAR) para establecer el área hidrográfica a escala de microcuenca o quebrada.

Para la delimitación de las áreas de influencia hidrográfica se han empleado las herramientas hidrología del software libre Q-GIS, las cuales nos van a permitir definir con exactitud la morfología de la zona de estudio y obtener la de forma óptima los límites de las actuaciones. Se realizó mediante el proceso clásico de delimitación de cuencas, y cuyo procesamiento consta de los siguientes pasos:

1. Relleno de depresiones: Con el fin de corregir las imprecisiones propias del Modelo Digital del Terreno (MDT) como sumideros y puntos bajos;
2. Dirección de flujo. Determina la dirección que tomará el agua a su paso por cada celda.
3. Acumulación del flujo: Derivado del ráster de direcciones de flujo se obtiene el número de celdas situadas aguas arriba de la misma vierten a ella.
4. Definición de las líneas de flujo del relieve: Las líneas de flujo quedan definidos por las celdas de acumulaciones de flujo que superan un cierto umbral. Un umbral bajo causa una gran ramificación de la red de drenaje mientras que uno muy elevado produce una densidad baja.
5. El proceso para definir las áreas de influencia radica en realizar una serie de iteraciones con el fin de obtener ramificación adecuada de la red que permita la definición de las micro-quebradas para su posterior agregación.
6. Definición de las quebradas: En este punto como se obtiene las líneas de flujo del área vertiente a los elementos expuestos y se pueden definir las áreas de influencia hidrográfica.
7. Vectorización y agregación de las áreas de influencia.

3.2.2. Selección de especies forestales

Para la selección de especies forestales, se tiene en cuenta aquellas que se encuentran en la zona y que realmente tengan posibilidades de éxito. Esto se basa en su marcada referencia de crecimiento, su capacidad de adaptación a las condiciones ecológicas de la zona y su versatilidad en el uso, especialmente para la conservación del medio ambiente y protección de los suelos.

Por lo tanto, se debe recopilar la información de las especies nativas de los ecosistemas predominantes en la Cuenca Mala (MINAM, 2019). Asimismo, consultar la Base de datos del Herbario MOL, realizado por el Centro de Datos para la Conservación de la Universidad Nacional Agraria La Molina, la cual registra las especies de árboles a nivel nacional desde el año 1962 al 2002 y las ubica por departamento, provincia, distrito y nombre del colector. A partir de la información recopilada, se selecciona las especies de acuerdo a sus características y utilidades forestales. Para ello se consulta el informe realizado por CONDESAN titulado *Algunas Especies Forestales Nativas para la Zona Altoandina*, una guía que tiene como finalidad de indicar especies para la forestación, reforestación y asociadas a sistemas de producción como la agroforestería.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Información de partida

4.1.1. Caracterización climatológica

Los datos climatológicos, se han obtenido a través de la ANA y el SENAMHI (2019), quienes son las entidades oficiales encargadas del manejo y operación de la mayoría de los parámetros climatológicos (precipitación, temperatura, humedad relativa, evaporación, insolación, viento, y otros) de la red nacional de estaciones meteorológica en el Perú. De información registrada en el SENAMHI se tiene en la cuenca del río Mala un total de cinco (5) estaciones meteorológicas dentro de la delimitación de la propia cuenca. Además, se han localizado un total de cinco (5) estaciones periféricas adicionales que se considerarán como estaciones de cobertura para las primeras. A continuación, en la Tabla 4 y Tabla 5 se caracterizan las estaciones meteorológicas inicialmente consideradas:

Tabla 4: Estaciones meteorológicas de la Cuenca de Mala

Código	Nombre	Ubicación Política			Coordenadas geográficas		Variables
		Departamento	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	
633	Huarocharí	Lima	Huarocharí	Huarocharí	76° 14'1	12° 08'1	T ^a , Hr, Pp
631	La Capilla 2	Lima	Cañete	Calango	76°29'46"	12°31'18.9"	T ^a , Hr, Vviento, Pp
156103	Huañec	Lima	Yauyos	Huañec	76° 08'23.73	12° 17'30.98	Pp
156104	Ayaviri	Lima	Yauyos	Ayaviri	76° 08'1	12° 23'1	Pp
151207	Huancata	Lima	Huarocharí	San Lorenzo de Quinti	76° 13'1	12° 13'1	Pp

FUENTE: SENAMHI (2019)

Tabla 5: Estaciones meteorológicas de cobertura

Código	Nombre	Ubicación Política			Coordenadas geográficas		Variables
		Departamento	Provincia	Distrito	Longitud	Latitud	
636	Yauyos	Lima	Yauyos	Colonia	75° 54'38.2	12° 29'31.4	T ^a , Pp
151212	San Pedro de Pilas	Lima	Cañete	Calango	76° 13'1	12° 27'1	Pp
156106	Tanta	Lima	Yauyos	Tanta	76° 01'1	12° 07'1	Pp
156102	San Lázaro de Escomarca	Lima	Huarocharí	Langa	76° 21' 7.46"	12° 10' 51''	T ^a , Pp, Viento
494	San Javier de Alto Chuncho	Lima	Cañete	Chicla	76° 44' 1''	12° 29' 1''	T ^a , Viento
548	Matucana	Lima	Huarocharí	Matucana	76° 22' 41''	11°50'21''	T ^o , Pp, Viento, Hr

FUENTE: SENAMHI (2019)

- Temperatura Media

El tratamiento de los datos que se realizó para la muestra de las series que se han analizado en este apartado fue desde 1965 hasta 2013 (INCLAM, 2015).

Los datos termométricos obtenidos para estas dos estaciones son los referidos en la Tabla 6:

Tabla 6: Valores termométricos obtenidos en las dos estaciones climáticas

Estación	Alti.	Variable	Temperatura (°C)												
			Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media
000631 La Capilla	442	Media	23,4	24,3	24,3	23,0	20,6	18,1	17,3	17,4	18,3	19,4	20,4	21,7	20,7
		Mínima	17,0	18,1	17,8	16,6	14,7	13,3	12,8	12,7	13,1	13,5	14,3	15,8	15,4
		Máxima	29,6	30,7	30,9	29,7	26,5	23,4	22,3	22,4	23,6	25,5	26,5	27,8	26,7
000633 Huarochirí	3 182	Media	11,2	11,1	11,1	11,1	11,2	10,7	10,8	11,2	11,8	11,8	11,7	11,6	11,3
		Mínima	6,4	6,6	6,7	6,2	5,4	4,2	4,3	4,8	5,7	6,0	6,0	6,3	5,5
		Máxima	16,1	15,7	15,7	16,5	17,3	17,1	17,5	17,8	18,1	17,8	17,5	16,8	16,9

FUENTE: INCLAM (2015)

La estación climática de Huarochirí tiene unas temperaturas medias inferiores al estar a una altitud mayor, en la parte alta de la cuenca, que la estación climática de La Capilla, situada en el Bajo Mala. En el Anexo 1 se adjuntan figuras de la Temperatura media anual obtenidos en las estaciones climáticas.

- **Humedad Relativa**

Para los datos de Humedad relativa, se han considerado las estaciones de “La Capilla” y “Huarochiri” al igual que se hizo para los datos termométricos. Ya que estas proporcionan datos 3 veces al día (7h, 13h y 19h). Según la clasificación climática propuesta por el SENAMHI (2019), en lo referente a la Humedad relativa del ambiente la cuenca del río Mala se considera que tiene características climáticas húmedas, ya que ambas estaciones se encuentran entre el rango del 65 al 85%. (Tabla 7).

Tabla 7: Clasificación climática según la humedad relativa

Valores Medios Anuales (H)	Característica Climática
25% a 44%	Muy Seco
45% a 64%	Seco
65% a 84%	Húmedo
85% a 100%	Muy Húmedo

FUENTE: SENAMHI (2019)

- **Pluviometría**

Para el análisis de los datos, se consideraron apropiadas para el tratamiento las estaciones disponen de más de 25 años de registros completos o casi completos en un registro temporal de más de 30 años. Este parámetro es de gran importancia para la implementación de la propuesta forestal debido a las necesidades de las especies que se propondrán. En el Anexo 2 se adjunta mayor información con referencia a los datos pluviométricos.

- **Clasificación climática**

Los parámetros meteorológicos considerados son: precipitación, humedad y temperatura del aire, por ser los más caracterizados para la descripción de un clima. En la zona de estudio se encuentran dos clasificaciones según este estudio:

- E(d)B'1H3: Zona de clima semi cálido, desértico, con deficiencia de lluvia en todas las estaciones, con humedad relativa calificada como húmedo. Este tipo de clima se da por la zona baja de la cuenca.
- C(o,i,p)C'H3: Zona de clima semi seco, frío, con deficiencia de lluvia en otoño, invierno y primavera, con humedad relativa calificada como húmeda. Este tipo de clima se da en la zona alta de la cuenca.

4.1.2. Geología

Como información base se ha considerado los estudios publicados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y el trabajo de campo realizado por el especialista del consorcio río Mala.

Para la preparación del Mapa Geológico de la Cuenca del Río Mala se utilizó la información básica de la Carta Geológica Nacional publicada por el Instituto Geológico Minero Metalúrgico – INGEMMET de los Cuadrángulos Geológicos; además que de la información cartográfica y bibliográfica de trabajos comprendidos en el sector. Obteniéndose así, el Mapa geológico de la Cuenca del río Mala (Anexo 3). Además, en el Anexo 3 se adjunta la Tabla de Estratigrafía de la Cuenca del río Mala.

4.1.3. Geomorfología

Se ha desarrollado un análisis a detalle de la información recopilada a lo largo de la cuenca, constituida por imágenes históricas, fotografías aéreas, modelos de elevación digital, mapas topográficos, mapas geológicos e inspecciones de campo, los cuales han servido para determinar las diferentes características de los elementos morfológicos de la cuenca, en función a su morfogénesis.

Tabla 8: Unidades Geomorfológicas de la cuenca del río Mala

Código	Subunidad	Unidad Geomorfológica
RC-Ri	Colina en roca intrusiva	COLINAS Y LOMADA
RLC-ri	Lomada costera en roca intrusiva	
PL-i	Llanura o planicie inundable	PLANICIES y DEPRESIONES
TP-al	Terraza o planicie aluvial	
M-ad	Mantos de arena	
AB-cd	Abanico coluvio deluvial	PIEDEMONTE
V-cd	Vertiente coluvio deluvial	
V-al	Vertiente aluvial	
AB-pa	Abanico proluvial y aluvial	
RM-ri	Montaña en roca intrusiva	MONTAÑAS
RM-rv	Montaña en roca volcánica	
RM-rs	Montaña en roca sedimentaria	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

En el Anexo 4 se describieron las unidades geomorfológicas del área de estudio.

4.1.4. Características físicas

- Tipos de Suelos

La determinación del grupo hidrológico, que determina la permeabilidad relativa del suelo, se ha realizado en base al Soil Conservation Service (SCS) del United States Department of Agriculture “USDA” (2007), según el cual el suelo se puede clasificar en cuatro clases hidrológicas (A, B, C, D), según su textura y, asociada a ésta, por su permeabilidad potencial. A partir del mapa geológico integrado a escala 1:100.000 del INGEMMET (4a), se ha realizado la reclasificación y zonificación de grupo hidrológico según los siguientes criterios:

- Clase A: Son suelos con bajo potencial de escurrimiento por su alta permeabilidad y elevada capacidad de infiltración, aun cuando están húmedos. En la zona de estudio, se han asociado a materiales del Cuaternario formados por depósitos aluviales y coluviales, así como a depósitos fluvio-glaciares, de texturas gruesas (arenosa o areno-limosa).
- Clase B: Son suelos con moderada capacidad de infiltración cuando están saturados. En la cuenca del Río Mala, se han asociado a depósitos glaciares de alta montaña de texturas que pueden variar de franca, franco-arenosa o arenosa.
- Clase C: Suelos de escasa capacidad de infiltración una vez saturados. En la zona de estudio se han relacionado con formaciones pelíticas o vulcano-sedimentarias con niveles pelíticos.
- Clase D: Suelos con elevado potencial de escurrimiento y, por tanto, con muy baja capacidad de infiltración cuando están saturados. En la zona de estudio se han asociado a suelos jóvenes de escaso espesor sobre rocas plutónicas del batolito de la costa.

- Zonas de Vida

Las zonas de vida identificadas para la cuenca del río Mala (INRENA, 2007), se observan en la Tabla 9.

Tabla 9: Zonas de vida identificadas en la cuenca del río Mala

Nº	Descripción	Simbología	Área Km ²	%
1	Desierto desecado Subtropical	dd-S	94.84	4.07
2	Desierto superárido Subtropical	ds-S	115.33	4.95
3	Desierto perárido Premontano Tropical	dp-PT	157.14	6.74
4	Desierto perárido Montano Bajo Subtropical	dp-MBS	2.91	0.13
5	Desierto perárido Montano Bajo Tropical	dp-MBT	26.14	1.12
6	Matorral desértico Premontano Tropical	md-PT	143.57	6.16
7	Matorral desértico Montano Bajo Tropical	md-MBT	230.15	9.87
8	Desierto árido Montano Tropical	da-MT	25.81	1.11
9	Matorral desértico Montana Tropical	md-MT	45.65	1.96
10	Estepa espinosa Montano Bajo Tropical	ee-MBT	112.53	4.83
11	Estepa montano Tropical	e-MT	219.16	9.4
12	Bosque húmedo Montana Tropical	bh-MT	158.37	6.79
13	Páramo muy húmedo Subalpino Tropical	pmh-SaT	352.42	15.11
14	Tundra pluvial Alpino Tropical	tp-AT	475.88	20.41
15	Matorral desértico Subalpino Tropical	md-SaT	4.55	0.2
16	Páramo húmedo Subalpino Tropical	ph-SaT	51.06	2.19
17	Tundra muy húmeda Alpino Tropical	tmh-AT	46.36	1.99
18	Nival Tropical	NT	70.2	3.01
TOTAL			2332.07	100

FUENTE: ANA-INRENA (2007)

- Cobertura Vegetal

La fuente de información de cobertura vegetal (descripción y mapas temáticos) fue íntegramente extraída de Memoria descriptiva del Mapa Nacional de Cobertura Vegetal, desarrollada por la Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural del Ministerio del Ambiente (2015).

A continuación, se describe las coberturas vegetales y otras coberturas que abarca el área de influencia del proyecto (Figura 3). Cabe indicar que esta área se encuentra dentro del desierto costero que frente a la expansión urbana ha modificado su paisaje

natural a zonas urbanas y áreas de agricultura costera, las cuales serían actualmente las coberturas que la caracterizarían (Tabla 10).

Tabla 10: Cobertura vegetal en la Cuenca Mala

Cobertura Vegetal	Área (ha)
Agricultura costera y andina	13882,22
Área urbana	38,62
Bosque relicto mesoandino	217,35
Cardonal	34564,60
Desierto costero	24701,87
Lagunas, lagos y cochas	719,66
Matorral arbustivo	50450,80
Pajonal andino	82502,47
Bofedal	248,33
Loma	4585,41

FUENTE: MINAM (2015)

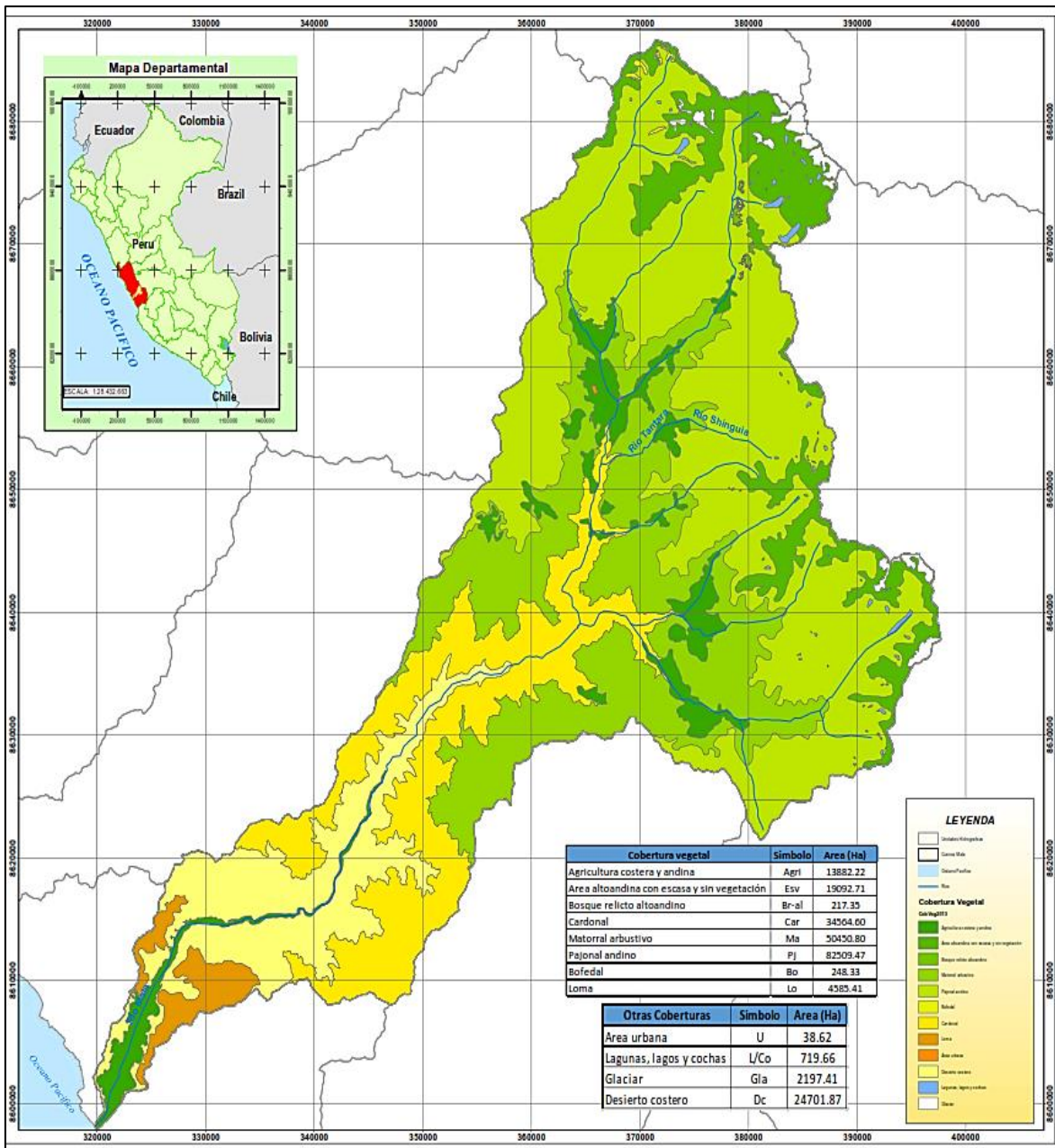


Figura 3: Cobertura vegetal en la Cuenca Mala

FUENTE: MINAM (2015)

4.1.5. Ecosistemas

Según el Ministerio del Ambiente (MINAM, 2019), en la cuenca se identifica diez (10) ecosistemas y cuyas características se indican en la Tabla 11.

Tabla 11: Descripción de los ecosistemas en la cuenca del río Mala

Región Natural	Ecosistemas	Bioclima	Fisionomía	Fisiografía	Área (ha)
Costa	Desierto costero	Perárido	Herbáceas y suculenta esporádicas	Planicie/colina alta/ montaña	28214.58
	Loma costera	Semiárido	Herbazal-matorral/matorral arbolado	Colina alta/montaña	1050.32
	Pajonal de puna húmeda		Herbazal		82619.35
Andina	Bofedal	Húmedo Superhúmedo	Plantas cojín (almohadillas)		247.89
	Glaciar		Plantas cojín y arbustos esclerófilos	Montaña (altiplanicies y laderas)	947.63
	Periglaciar			20351.81	
	Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)	Húmedo	Bosque		217.32
Matorral andino	Árido / Húmedo	Matorral	Montaña	84992.6	
Zona Intervenida	Zona agrícola		Ecosistema agrícola		13906.77
	Zona urbana		Ecosistema urbanizado		46.38
Ecosistemas Acuáticos	Lago y laguna		Ecosistema acuático		613.61

FUENTE: MINAM (2019)

En el Anexo 5 se adjunta el Mapa de Ecosistemas en la Cuenca Mala.

4.1.6. Vegetación en la cuenca del río Mala

En la cuenca baja y media del río Mala existen áreas agrícolas que se cultivan con mayor intensidad con cultivos de manzana, maíz, vid, camote, plátano, algodón, pera, pastos, hortalizas, lúcumo, rosas, frutales varios como papaya, guayaba, granadilla, entre otros. En las partes altas, las comunidades de cactáceas fueron reemplazadas por la siembra de la “tuna” *Opuntia ficus-indica*, ya sea para producción frutas, como para el cultivo de la “cochinilla” (FAO, 2017).

De las especies arbóreas, se ha podido observar: “Sauce” *Salix humboldtiana*, “Espino” *Acacia macracantha*, “Pájaro bobo” *Tessaria integrifolia*, “Molle” *Schinus molle*, “Tara”

Caesalpinia spinosa. En la ciudad de Mala, árboles de Ficus spp. como ornamentales.

Especies exóticas árboles invasivos: “Tamarix” *Tamarix aphylla* (Orig. Norte África), “Higuerilla” *Ricinus communis* (Originaria del África tropical). Especies ligeramente invasivas: “Eucalyptos” *Eucalyptus spp.* (Originaria de Australia), “Casuarina” *Casuarina cunninghamiana* (Originaria de Australia), “Aromo” *Acacia karoo* (Origi. África)168, “Alamos” *Populus nigra, Populos deltoide* (Originaria de Europa).

4.2. Delimitación de áreas forestales

Para la delimitación de las áreas forestales se realizó un trabajo preliminar con la herramienta HIRO – GRD. En las siguientes tablas se muestran las zonas y categorías (Tabla 12).

Tabla 12 : Categorías y zonas definidas mediante la herramienta HIRO

Categoría	Área (Ha)	Área %	Zonas	Área (Ha)	Área %
ZTE	56,344.10	85.92%	AVNB	56,127.30	85.64%
ZR	8,554.30	13.04%	ZR-FM	5,981.80	9.13%
ZPP	230.4	0.35%	ZR-FC	2531.8	3.86%
ZPCE	4.4	0.01%	BIII	230.4	0.35%
No Zonificable	445.6	0.68%	BR	216.8	0.33%
			ANP	4.4	0.0001
			No Zonificable	445.60	0.68%

FUENTE: Consorcio Río Mala y CONDESAN (2019)

Como se puede apreciar, la mayor parte de las zonas propuestas corresponden a Zonas de Tratamiento Especial (ZTE) la cual abarca cerca del 86% del área total propuesta por SERFOR, seguido de las Zonas de Recuperación (ZR), con una representación del 13% respecto al total. El resto de las categorías no presentan relevancia alguna. Respecto a la definición de las zonas propuestas, la mayor parte está definida por asociaciones vegetales no boscosas (AVNB) con un 85.64 % de la superficie clasificada, seguida de las zonas de recuperación con fines de restauración y conservación (ZR-FC) y zonas de recuperación con fines de producción maderera (ZR-FM), en un porcentaje considerablemente menor. En la siguiente Figura 4, se realizó un análisis de la idoneidad de la información proporcionada por la herramienta HIRO-GDR, de forma que se pueda verificar si la información desarrollada por CONDESAN se usó como fuente principal para selección de las zonas de implementación de infraestructura natural y particularmente reforestación.

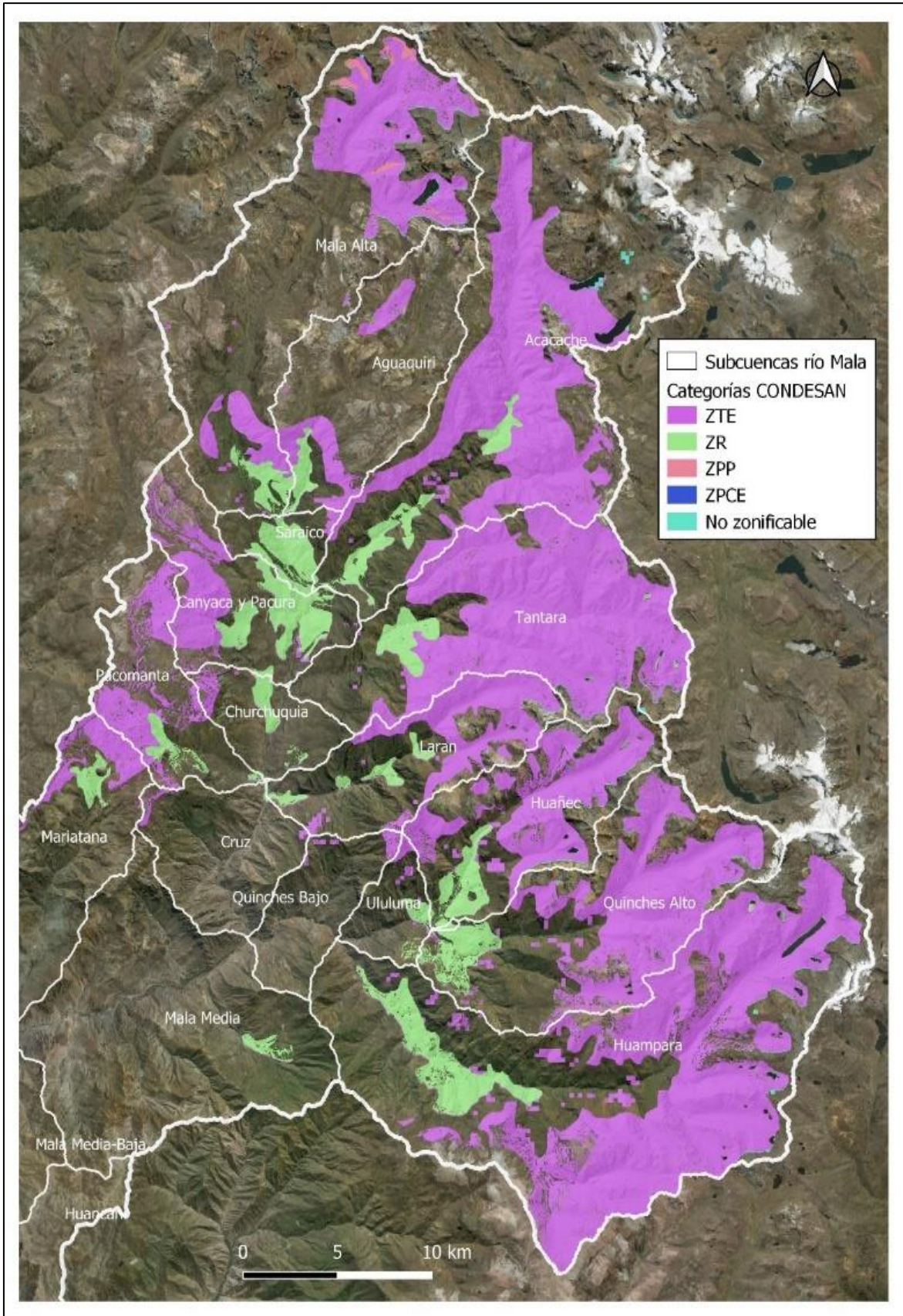


Figura 4: Propuesta de actuación definida por la herramienta HIRO

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

Como se evidencia en la Figura 5, la información proporcionada por SENFOR e implementada por CONDESAN a través de la herramienta HIRO para la zonificación de las áreas propuestas por Infraestructura Natural, produce que los resultados de la herramienta presenten una baja idoneidad para la zona de estudio. Esto es debido a que la mayor parte de las Zonas Recuperables (ZR) corresponde con áreas agrícolas llanas y terrazas de cultivo tradicional y de baja intensidad, las cuales se encuentran anexas a centros poblados.

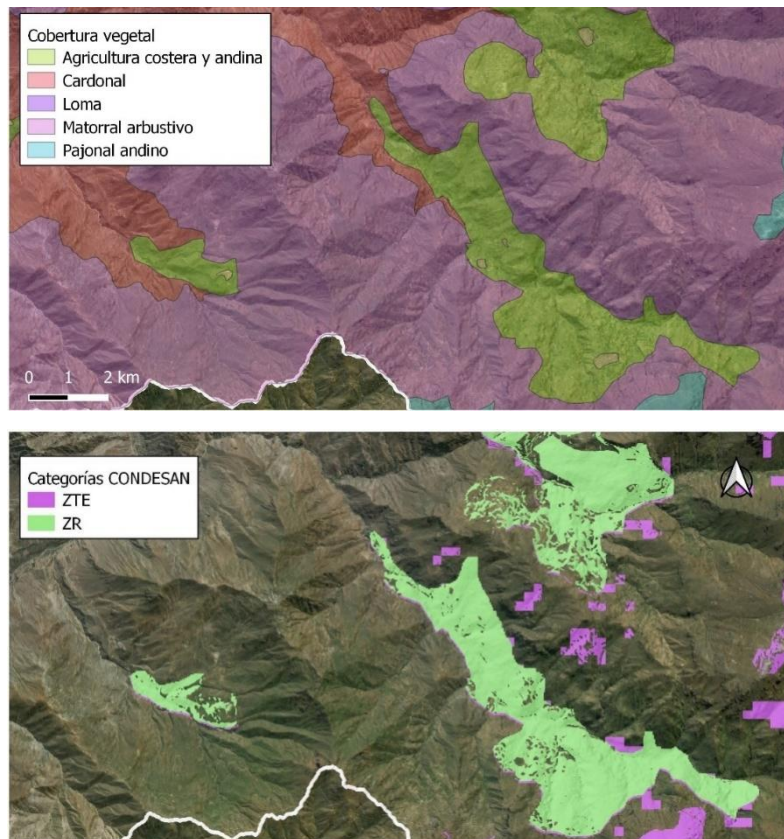


Figura 5: Verificación de las zonas propuestas como Zonas de Recuperación (ZR)

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

Un cambio de uso de suelo en estas zonas conllevaría a un impacto altamente negativo en el modo de vida de las comunidades de la zona, así como el aprovechamiento social y económica de sus recursos, ya que la mayor parte de las áreas propuestas corresponden con áreas de cultivo ancestral realizado por el pequeño campesinado de la zona.

La naturaleza de dicha problemática radica en que, para la definición de las categorías

propuesta por la Zonificación Forestal realizada por SERFOR, y concretamente para la delimitación de las Zonas de Recuperación (ZR), se utilizó de forma directa la información cartográfica correspondiente a la información definida por el tipo de uso de suelo de Agricultura Costera y Andina del Mapa de Cobertura Vegetal (MINAM, 2015).

Por lo tanto, se requiere una aproximación diferente para definir las áreas potenciales para la implementación de infraestructura ambiental, y en lo que esencialmente se refiere a las actuaciones de reforestación, ya que, de otra forma, la intervención de dichas áreas supondría la destrucción y/o alteración de todas las actividades sociales y productivas de las pequeñas comunidades de la zona.

Finalmente, el trabajo desarrollado por CONDESAN a través de la implementación de la herramienta HIRO-GDR ha dado información valiosa en lo que se refiere al área general de actuación, la cual se enclava en la cuenca alta del río Mala y sus zonas de valles (Figura 4). Asimismo, se identificó que en la cuenca alta el peligro es sólo movimiento de masa.

a. Identificación de la zona de actuación

Por otro lado, se realizaron talleres en diferentes localidades con habitantes de la zona con el fin de identificar zonas de riesgos (peligros y vulnerabilidad), donde los participantes de cada comunidad identificaron una serie de puntos conflictivos en quebradas cercanas a sus poblaciones.

Los representantes de las comunidades locales indicaron sus mayores preocupaciones respecto a peligros geológicos y la posible afección a la actividad antrópica local (daños o pérdidas) dando como resultado la identificación de una serie de puntos clave que, posteriormente, fueron contrastados con el registro de peligros geológicos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) y puntos visitados por especialistas del Consorcio Río Mala (2019). Estos puntos constituyen ubicaciones de zonas potenciales de actuación en la cuenca alta, en donde las medidas de reforestación también deben mitigar los riesgos de movimientos de masa por flujo de detritos. En la Figura 6 se representa la ubicación de los puntos que los representantes de las comunidades indicaron sus mayores preocupaciones respecto a peligros por movimientos de masa.

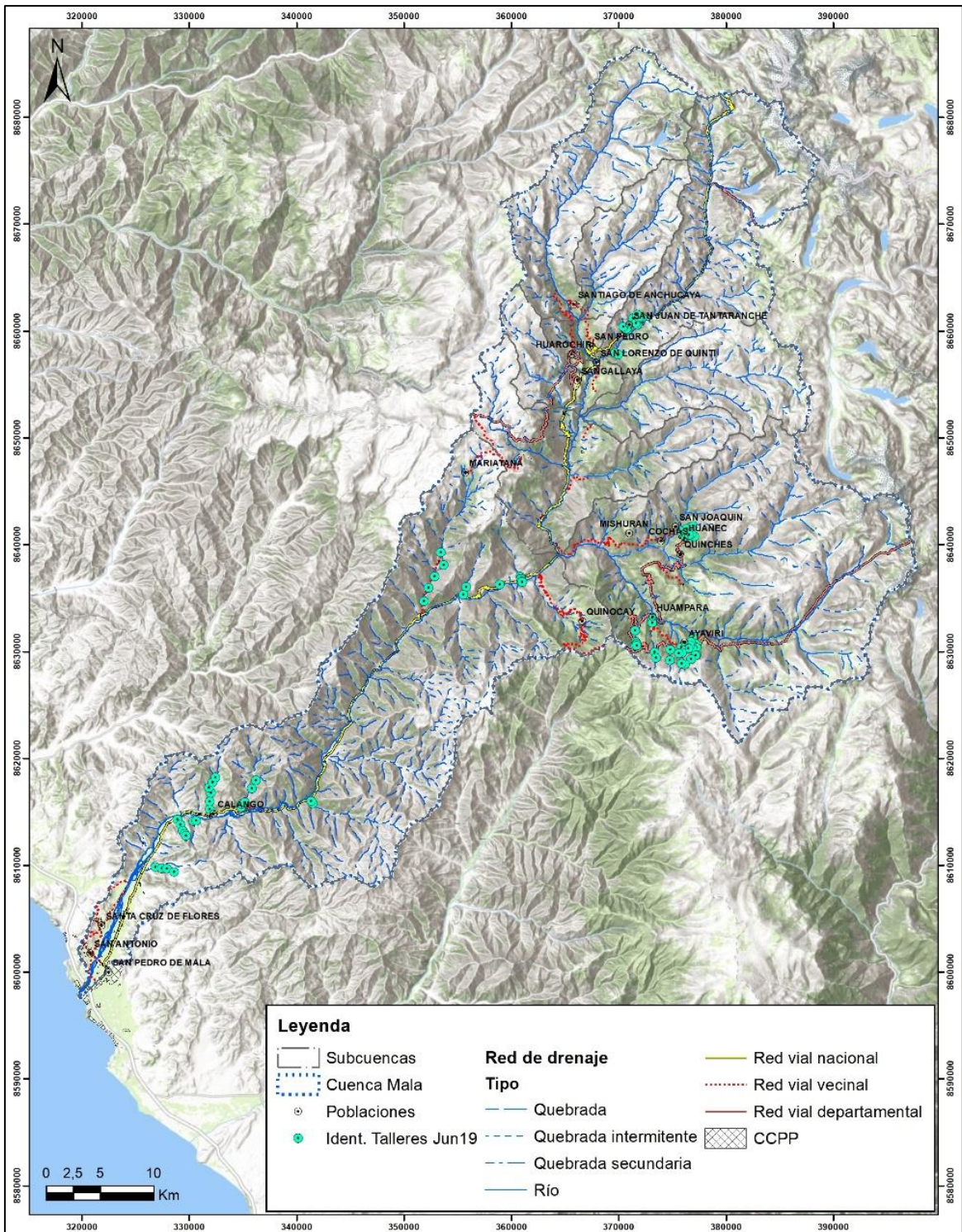


Figura 6: Puntos identificados en los talleres realizado

FUENTE: Consorcio río Mala (2019)

b. Delimitación del ámbito de actuación

Finalmente, con la identificación de zonas de riesgos determinados con trabajo de campo (talleres) y la información preliminar con la herramienta HIRO, se delimita las

áreas con la herramienta de Hidrología del software libre Q-GIS. En la Figura 7 se muestra un ejemplo del resultado de delimitación del ámbito hidrográfico a reforestar con el fin de mitigar el riesgo por movimientos de masa del elemento expuesto.

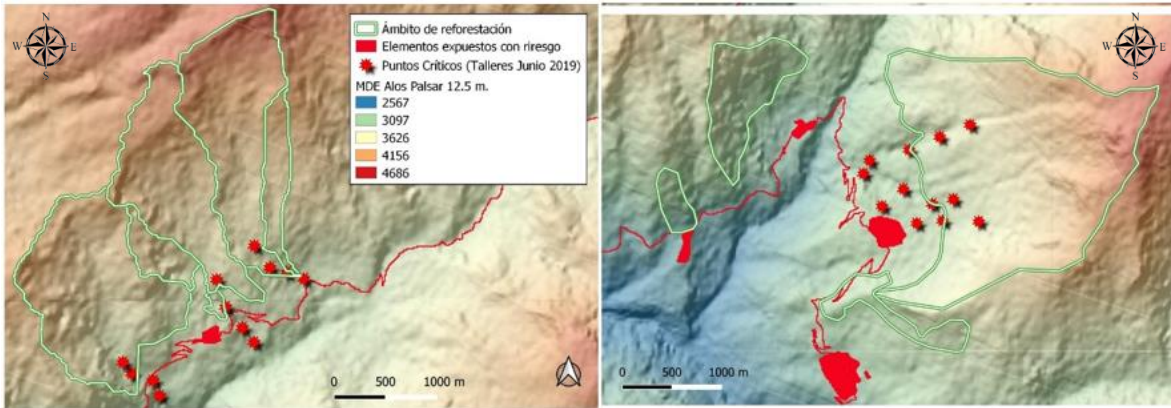


Figura 7: Definición de las áreas de influencia hidrográfica a los elementos expuestos con riesgo por movimientos de masa

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

Asimismo, la Figura 8 muestra un ejemplo de resultado de la exclusión de áreas con pendientes mayores a 45°.

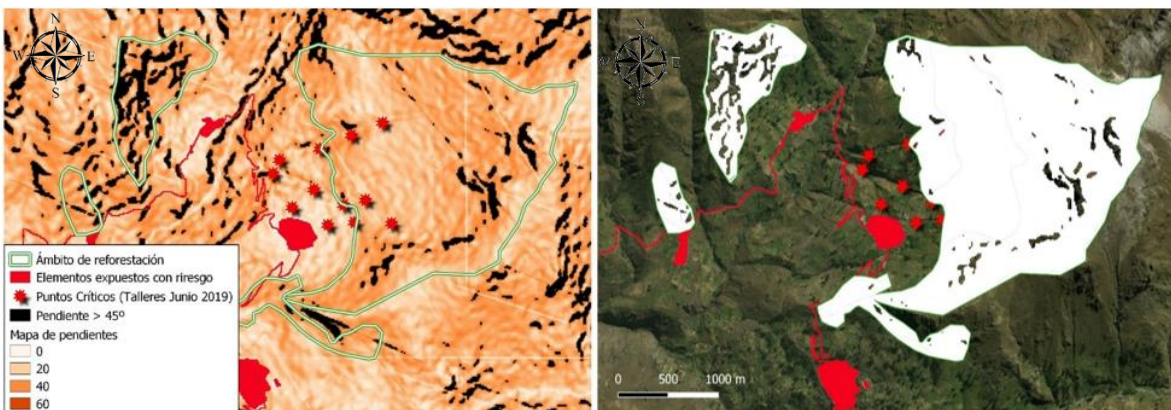


Figura 8: Definición de las áreas exclusión por pendientes mayores a 45 grados

FUENTE: Consorcio Río Mala (2020)

Para la selección de las zonas de influencia de las intervenciones se procedió igualmente a la localización de las zonas con mayores problemas de erosión. Para ello, se realizó un análisis cartográfico exhaustivo mediante la interpretación de imágenes satélites actualizadas de gran resolución, así como la utilización de la cartografía de

peligros de movimientos de masa por flujo de detritos (MMFD). Los resultados de la propuesta de reforestación propuesta para el servicio de los servicios ecosistémicos, en base a la metodología de delimitación descrita queda reflejada en la Figura 9:

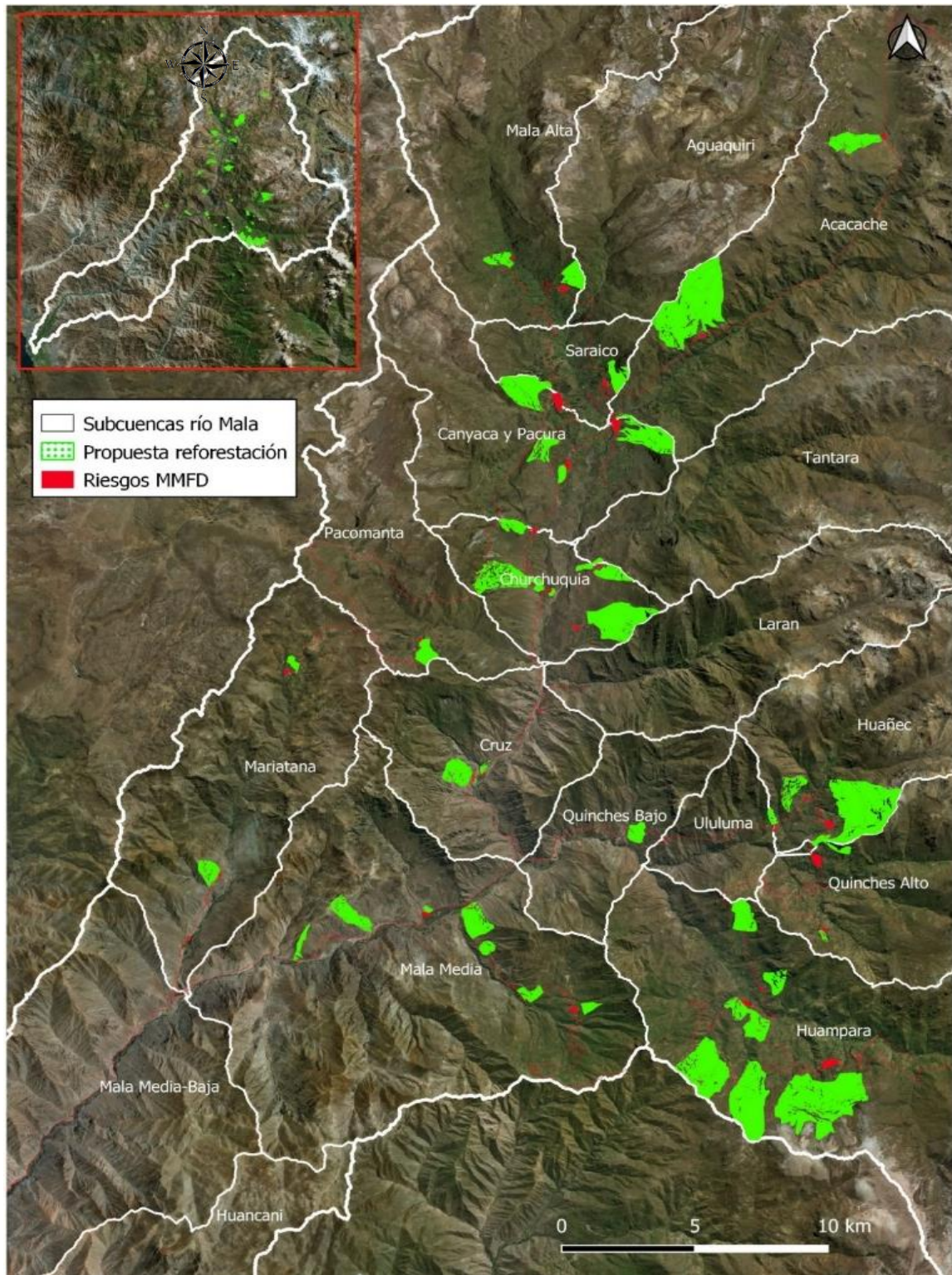


Figura 9: Zonas de reforestación propuestas

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

La superficie total contemplada a reforestar asciende a un total de 4200 Ha aproximadamente, las cuales se encuentran distribuidas de en las subcuencas del modelo hidrológico de la siguiente forma:

Tabla 13: Áreas objeto de reforestación por subcuencas

Subcuenca	Área (Ha) Subcuenca	Área (Ha) Reforestación	% Subcuenca
Acacache	24,366	403	1.70%
Aguaquiri	9,075	451	5.00%
Canyaca y Pacura	6,313	114	1.80%
Churchuquia	2,936	415	14.10%
Cruz	5,049	93	1.80%
Huampara	30,237	1,319	4.40%
Huañec	8,290	530	6.40%
Mala Alta	19,364	105	0.50%
Mala Media	16,036	301	1.90%
Mariatana	8,387	69	0.80%
Pacomanta	5,327	53	1.00%
Quinches Alto	12,931	7	0.10%
Quinches Bajo	3,546	43	1.20%
Saraico	1,714	162	9.50%
Tantara	14,920	70	0.50%
Ululuma	1,952	50	2.60%
Total	170,442.0	4,187.0	2.50%

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

Las cuales se encuentran divididas en cuarenta y nueve (49) áreas de intervención en las provincias de Huarochirí y Yauyos:

Tabla 14: Áreas objeto de reforestación en Huarochirí

Provincia	Distrito	Nº	Área (ha)	
HUAROCHIRI	MARIATANA	9	52.08	
		17	17.03	
	SUB TOTAL			69.11
	SANGALLAYA		10	53.2
			12	4.72
			18	18.96
			19	40.68
			23	7.23
			31	46.37
			32	161.08
			36	2.03
		37	83.39	
	SUB TOTAL			417.65
	SAN LORENZO DE QUINTI		11	246.46
			14	152.72
			20	53.24
			33	12.72
			34	6.75
	SUB TOTAL			471.9
	HUAROCHIRI		13	162.27
		HUARACHIRI	16	39.62
			31	7.82
	SUB TOTAL			209.71
	SAN PEDRO DE HUANCAYRE		14	0.39
			22	53.23
			42	5.13
			47	6.07
		49	8.62	
SUB TOTAL			73.45	
SANTIAGO DE ANCHUCAYA		15	65.44	
SUB TOTAL			65.44	
SAN JUAN DE TANTARANCHE		29	101.94	
		30	3.6	
		41	35.17	
		42	154.5	
		47	179.63	
		48	24.21	
		49	129.35	
SUB TOTAL			628.4	
SUB TOTAL			1,935.65	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

La superficie subtotal contemplada a reforestar en la provincia de Huarochirí es de 1935.65 ha, las cuales se encuentran distribuidas en siete (7) distritos.

Tabla 15: Áreas objeto de reforestación en Yauyos

PROVINCIA	DISTRITO	Nº	AREA (ha)
YAUYOS	QUINOCAY	4	21.71
		7	35.22
		8	6.23
		21	97.29
		26	25.73
		38	25.11
		43	89.38
	SUB TOTAL		300.66
	COCHAS	24	43.34
		25	14.61
	SUB TOTAL		57.95
	QUINCHES	1	3.65
		2	21.7
		3	5.53
		6	48.86
28		88.67	
SUB TOTAL			168.42
HUAÑEC	1	299.99	
	2	11.89	
SUB TOTAL		311.88	
SAN JOAQUIN	1	129.49	
	35	51.67	
SUB TOTAL		181.16	
HUAMPARA	5	40.12	
	27	77.11	
	39	257.62	
	44	304.27	
	45	120.96	
	46	43.75	
SUB TOTAL		843.83	
AYAVIRI	40	139.1	
	46	237.88	
SUB TOTAL		376.97	
SUB TOTAL		2240.87	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

La superficie subtotal contemplada a reforestar en la provincia de Yauyos es de 2240.87 ha, las cuales se encuentran distribuidas en siete (7) distritos.

c. Descripción de las áreas forestales

A continuación, se describen las cuarenta y nueve (49) áreas de intervención en las provincias de Huarochirí y Yauyos:

1. Área de forestación 1 - Huañec

Está ubicado al NO de la ciudad de Huañec, comprende los distritos de Huañec Quinches y San Joaquín que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3400 – 4400msnm, tiene una extensión de 433,12 ha, con un perímetro de 24.24km, en la quebrada de Achiquire. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango mayor de 250 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 394 ha de ecosistema Matorral Andino y 39,12ha de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

2. Área de forestación 2 - Quinches

Está ubicado al SE de la ciudad de Huañec, comprende los distritos de Huañec y Quinches que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3100 – 3400msnm, tiene una extensión de 36,60ha, con un perímetro de 5.34km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 100-150 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 394 ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

3. Área de forestación 3

Está ubicado al SE de la ciudad de San Juan de Malleuran, comprende el distrito de Quinches que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3400 – 3540msnm, tiene una extensión de 5.53ha, con un perímetro de 2.31km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 50-100 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 5.53 ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

4. Área de forestación 4

Está ubicado al Oeste del pueblo de Quinocay, comprende el distrito de Quinocay que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2750 – 3150msnm, tiene una extensión de 21.71ha, con un perímetro de 2.29km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10-50 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 21.71ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

5. Área de forestación 5
Está ubicado al SE del pueblo de Huampara, comprende el distrito de Huampara que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2600 – 2900msnm, tiene una extensión de 40.12ha, con un perímetro de 8.10km, en la quebrada de Lluguma. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10-50 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 40.12ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).
6. Área de forestación 6
Está ubicado al NO de la ciudad de Huampara, comprende el distrito de Huacta que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2800 – 3400msnm, tiene una extensión de 48.86ha, con un perímetro de 8.08km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 100-150 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 48.86ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).
7. Área de forestación 7
Está ubicado al NE de la ciudad de Quinocay, comprende el distrito de Quinocay que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2200 – 2500msnm, tiene una extensión de 35.22ha, con un perímetro de 4.25km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10-50 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 35.22ha de ecosistema Matorral Andino, asimismo tiene un riesgo bajo por flujo de detritos en la red vial (SENAMHI, 2017).
8. Área de forestación 8
Está ubicado al NO del pueblo de San Juan de Viscas, comprende el distrito de Quinocay que pertenecen a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 1590 – 1630msnm, tiene una extensión de 6.23ha, con un perímetro de 1.00km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10-50 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 6.23ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).
9. Área de forestación 9
Está ubicado al NE del pueblo de Chatacanchihuyqui, comprende el distrito de Mariatana que pertenecen a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2000 – 2400msnm, tiene una extensión de 52.08ha, con un perímetro de 7.59km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión

en un rango de 10-50 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 7.59ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

10. Área de forestación 10

Está ubicado al SO del pueblo de Coranche, comprende el distrito de Sangallaya que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3600 – 3800msnm, tiene una extensión de 53.20ha, con un perímetro de 3.38 km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 100-150 ton/ha/año, en donde se delimitó la degradación del de 53.20ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

11. Área de forestación 11

Está ubicado al SO del pueblo de Huanchac, comprende el distrito de San Lorenzo de Quinti que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2700 – 4000msnm, tiene una extensión de 246.46ha, con un perímetro de 13.07km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 150-200 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 246.46ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

12. Área de forestación 12

Está ubicado al Oeste del pueblo de Quiripa, comprende el distrito de Sangallaya que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2200 – 2310msnm, tiene una extensión de 4.72ha, con un perímetro de 1.01km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 50-100 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 4.72ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

13. Área de forestación 13

Está ubicado al NE de la ciudad de Huarochirí, comprende el distrito de Huarochirí que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3200 – 3900msnm, tiene una extensión de 162.27ha, con un perímetro de 12.67km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 150-200 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 162.27ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

14. Área de forestación 14

Está ubicado al NE del pueblo de San Lorenzo de Quintichahuincho, comprende el distrito de San Lorenzo de Quinti que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2700 – 3700msnm, tiene una extensión de 153.11ha, con

un perímetro de 19.41km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 200-250 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 153.11ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

15. Área de forestación 15

Está ubicado al NO del pueblo de Santiago de Anchucaya, comprende el distrito de Santiago de Anchucaya que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3500 – 3900msnm, tiene una extensión de 65.44ha, con un perímetro de 4.23km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango mayor a 250 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 65.44ha de ecosistema Pajonal de Puna Húmeda.

16. Área de forestación 16

Está ubicado al Este del pueblo de Lupo, comprende el distrito de Huarochirí que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3400 – 3900msnm, tiene una extensión de 39.62ha, con un perímetro de 6.34km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 100-150 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 39.62ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

17. Área de forestación 17

Está ubicado al NO del pueblo de Mariatana, comprende el distrito de Mariatana que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3500 – 3700msnm, tiene una extensión de 17.03ha, con un perímetro de 1.99km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10-50 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 17.03ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

18. Área de forestación 18

Está ubicado al SE del pueblo de Sangallaya, comprende el distrito de Sangayalla que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2750 – 2800msnm, tiene una extensión de 18.96ha, con un perímetro de 1.86km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 200-250 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 18.96ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

19. Área de forestación 19

Está ubicado al NE del pueblo de Huancata, comprende el distrito de Sangayalla que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2800 – 3400msnm, tiene una extensión de 40.68ha, con un perímetro de 4.77km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 50-100 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 40.68ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

20. Área de forestación 20

Está ubicado al SO del pueblo de Palermo, comprende el distrito de San Lorenzo de Quinti que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2700 – 3500msnm, tiene una extensión de 53.24ha, con un perímetro de 5.32km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 50-100 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 53.24ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

21. Área de forestación 21

Está ubicado al SO del pueblo de San Juan de Viscas, comprende el distrito de Quinocay que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 1500 – 2300msnm, tiene una extensión de 97.29ha, con un perímetro de 9.83km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10-50 ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 97.29ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

22. Área de forestación 22

Está ubicado al SO del pueblo de San Pedro, comprende el distrito de San Pedro de Huancayre que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3200 – 3600msnm, tiene una extensión de 53.23ha, con un perímetro de 6.58km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango mayor a 250ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 53.23ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

23. Área de forestación 23

Está ubicado al SO del pueblo de Alloca, comprende el distrito de Sangallaya que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 1800 – 1900msnm, tiene una extensión de 7.23ha, con un perímetro de 3.20km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10 - 50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 7.23ha de

ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

24. Área de forestación 24

Está ubicado al SE del pueblo de Casca, comprende el distrito de Qochas que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2100 – 2450msnm, tiene una extensión de 43.34ha, con un perímetro de 3.20km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10 - 50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 7.23ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

25. Área de forestación 25

Está ubicado al NE del pueblo de Cochabamba, comprende el distrito de Qochas que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2900 – 3300msnm, tiene una extensión de 14.61ha, con un perímetro de 2.88km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10 - 50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 14.61ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

26. Área de forestación 26

Está ubicado al NE del pueblo de Pongo, comprende el distrito de Quinocay que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 1300 – 2000msnm, tiene una extensión de 25.73ha, con un perímetro de 4.89km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10 - 50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 25.73ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

27. Área de forestación 27

Está ubicado al SO del pueblo de Huampara, comprende el distrito de Huampara que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2600 – 3100msnm, tiene una extensión de 77.11ha, con un perímetro de 7.80km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 10 - 50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 77.11ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

28. Área de forestación 28

Está ubicado al Sur del pueblo de Yacahuana, comprende el distrito de Quinches que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 2800 – 3250msnm, tiene una extensión de 88.67ha, con un perímetro de 5.94km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de

100 - 150ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 88.67ha de ecosistema Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

29. Área de forestación 29

Está ubicado al Norte del pueblo de Huacarco, comprende el distrito de San Juan de Tantarache que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 4000 – 4600msnm, tiene una extensión de 101.94ha, con un perímetro de 9.26km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango de 100 - 150ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 101.94ha de ecosistema de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

30. Área de forestación 30

Está ubicado al NO del pueblo de San Juan de Tantarache, comprende el distrito de San Juan de Tantarache que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3500 – 3600msnm, tiene una extensión de 3.6ha, con un perímetro de 0.94km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango mayor a 250ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 3.6ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

31. Área de forestación 31

Está ubicado al NE del pueblo de Sangallaya, comprende el distrito de Sangallaya y Huarochirí que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2900 – 3400msnm, tiene una extensión de 54.19ha, con un perímetro de 11.67km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 150-200ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 54.19ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

32. Área de forestación 32

Está ubicado al NE del pueblo de Quiripa, comprende el distrito de Sangallaya que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2400 – 3800msnm, tiene una extensión de 161.08ha, con un perímetro de 32.41km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 150-200ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 161.08ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

33. Área de forestación 33

Está ubicado al Este del pueblo de Palermo, comprende el distrito de San Lorenzo de Quinti que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2500

– 2650msnm, tiene una extensión de 12.72ha, con un perímetro de 1.68km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 50-100ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 12.72ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

34. Área de forestación 34

Está ubicado al NE del pueblo de Palermo, comprende el distrito de San Lorenzo de Quinti que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 2500 – 2650msnm, tiene una extensión de 6.75ha, con un perímetro de 1.30km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 50-100ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 6.75ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

35. Área de forestación 35

Está ubicado al NE del pueblo de San Joaquín, comprende el distrito de San Joaquín que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3100 – 3600msnm, tiene una extensión de 51.67ha, con un perímetro de 16.20km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 150-200ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 51.67ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

36. Área de forestación 36

Está ubicado al NO del pueblo de Antaque, comprende el distrito de Sangallaya que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 1800 – 1900msnm, tiene una extensión de 2.03ha, con un perímetro de 2.28km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 2.03ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

37. Área de forestación 37

Está ubicado al NE del pueblo de Alloca, comprende el distrito de Sangallaya que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 1900 – 2400msnm, tiene una extensión de 83.39ha, con un perímetro de 8.58km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 50-100ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 83.39ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

38. Área de forestación 38

Está ubicado al SO del pueblo de San Juan de Viscas, comprende el distrito de

Quinocay que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 1900 – 2200msnm, tiene una extensión de 25.11ha, con un perímetro de 3.01km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 25.11ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

39. Área de forestación 39

Está ubicado al SE del pueblo de Huampara, comprende el distrito de Quinches que pertenece a la provincia de Huampara. Está ubicado entre los 3000 – 3900msnm, tiene una extensión de 257.62ha, con un perímetro de 21.31km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 235.30ha de ecosistema de Matorral Andino y 22.32ha Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

40. Área de forestación 40

Está ubicado al SO del pueblo de Ayaviri, comprende el distrito de Ayaviri que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3400 – 4100msnm, tiene una extensión de 139.10ha, con un perímetro de 8.76km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 94.28ha de ecosistema de Matorral Andino y 44.82ha Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

41. Área de forestación 41

Está ubicado al SO del pueblo de San Juan de Tantarache, comprende el distrito de San Juan de Tantarache que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3500 – 4200msnm, tiene una extensión de 35.17ha, con un perímetro de 4.57km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 150-200ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 21.43ha de ecosistema de Matorral Andino y 13.74ha Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

42. Área de forestación 42

Está ubicado al SO del pueblo de San Juan de Tantarache, comprende el distrito de San Juan de Tantarache que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3500 – 4400msnm, tiene una extensión de 159.63ha, con un perímetro de 8.83km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó

tasas altas de erosión en un rango 150-200ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 47.92ha de ecosistema de Matorral Andino y 111.71ha Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

43. Área de forestación 43

Está ubicado al NE del pueblo de Pancao Alto, comprende el distrito de Quinocay que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 1600 – 2500msnm, tiene una extensión de 89.38ha, con un perímetro de 11.90km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 89.38ha de ecosistema de Matorral Andino (SENAMHI, 2017).

44. Área de forestación 44

Está ubicado al SO del pueblo de Huampara, comprende el distrito de Huampara que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3300 – 4300msnm, tiene una extensión de 304.27ha, con un perímetro de 15.03km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 172.38ha de ecosistema de Matorral Andino y 131.89ha de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

45. Área de forestación 45

Está ubicado al SE del pueblo de Ayaviri, comprende el distrito de Huampara que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3400 – 4350msnm, tiene una extensión de 120.96ha, con un perímetro de 10.57km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 61.98ha de ecosistema de Matorral Andino y 58.99ha de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

46. Área de forestación 46

Está ubicado al SE del pueblo de Ayaviri, comprende el distrito de Huampara y Ayaviri que pertenece a la provincia de Yauyos. Está ubicado entre los 3350 – 4300msnm, tiene una extensión de 281.63ha, con un perímetro de 25.79km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 10-50ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 196.44ha de ecosistema de Matorral Andino y 85.19ha de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

47. Área de forestación 47

Está ubicado al NE del pueblo de San Juan de Tantaranche, comprende el distrito de San Juan de Tantaranche que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3400 – 4100msnm, tiene una extensión de 185.70ha, con un perímetro de 15.69km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango 200-250on/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 134.37ha de ecosistema de Matorral Andino y 51.33ha de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

48. Área de forestación 48

Está ubicado al NE del pueblo de San Juan de Tantaranche, comprende el distrito de San Juan de Tantaranche que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3600 – 4050msnm, tiene una extensión de 24.21ha, con un perímetro de 4.38km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango mayor a 250ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 22.82ha de ecosistema de Matorral Andino y 1.39ha de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

49. Área de forestación 49

Está ubicado al NO del pueblo de San Juan de Tantaranche, comprende el distrito de San Juan de Tantaranche que pertenece a la provincia de Huarochirí. Está ubicado entre los 3500 – 4300msnm, tiene una extensión de 137.98ha, con un perímetro de 9.73km. Del análisis del Mapa de Erosión en esta área se identificó tasas altas de erosión en un rango mayor a 250ton/ha/año, en donde se delimitó un área de degradación de 74.33ha de ecosistema de Matorral Andino y 63.64ha de Pajonal de Puna Húmeda (SENAMHI, 2017).

4.3. Selección de especies forestales

Para la selección de especies se recopiló la información de las especies nativas de los ecosistemas predominantes en la Cuenca Mala (Tabla 16).

Tabla 16: Especies nativas por ecosistemas

Ecosistema	
Pajonal de Puna Húmeda 3800-4500m.s.n.m.	Matorral Andino 1500-3900m.s.n.m.
<ul style="list-style-type: none"> • Chuquiraga spinosa • Bacchais spp. • Berberis sp. • Ageratina sternbergiana • Bartsia camporum <ul style="list-style-type: none"> • B. patents • Calceolaria spp. • Cheilanthes scaRíosa • Clematis peruviana • Eremocharis integrifolia <ul style="list-style-type: none"> • Helogyne ferreyrae • Jaltomata bicolor • Lupinus ballianus • Peperomia naviculaefolia <ul style="list-style-type: none"> • Villadia reniformis • Puya raimondii • Festuca spp. • Jarava (=Stipa) spp. • Calamagrostis spp. <ul style="list-style-type: none"> • Deyeuxia spp. • Poa spp. • Mtucana haynei. 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>Kageneckia lanceolata</i> "lloque" • <i>Mutisia acuminata</i> "chinchircuma" • <i>Barnadesia dombeyana</i> "yaulli" • <i>Tecoma stans</i> "huananhuay" • <i>Caesalpinia spinosa</i> (Molina) Kuntze "tara" <ul style="list-style-type: none"> • <i>Schinus molle</i> L. "molle" • <i>Austrocylindropuntia subalata</i> "anjokishka" <ul style="list-style-type: none"> • <i>Pitcairnia</i> spp. • <i>Puya</i> spp.

FUENTE: MINAM (2019)

Asimismo, se consultó la Base de datos del Herbario MOL, realizado por el Centro de Datos para la Conservación de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Finalmente, las especies forestales seleccionadas para la forestación con especies nativas, se indican en la Tabla 17:

Tabla 17: Especies forestales para la Cuenca Mala

N°	Nombre	Nombre Científico	Familia	Área (ha)	N° Plantones	%
ESPECIES NATIVAS						
1	Tara	<i>Caesalpinia spinosa</i> .	Cesalpináceas	620.35	492,714	15%
2	Molle	<i>Schinus molle</i> L.	Anacardiaceae	92.43	73,414	2%
3	Aliso	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	Betufaceae	1143.05	907,853	27%
4	Queñual	<i>Polylepis</i> Ruiz & Pav.	Rosaceae	892.26	708,659	21%
5	Quishuar	<i>Buddleja</i> L.	Scrophulariaceae	291.60	231,607	7%
6	Lloque	<i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav.	Rosaceae	1,136.83	902,905	27%
TOTAL DE ÁREAS FORESTALES				4,176.52	3,317,152	100%

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

La superficie total contemplada a reforestar es de 4,176.52 ha, las cuales se seleccionaron seis (6) especies nativas con un total de 3,317,152 plántones para la Cuenca Mala.

La característica de cada especie seleccionada se encuentra en el Anexo 6.

V. CONCLUSIONES

- La Herramienta de Identificación Rápida de Oportunidades para la Infraestructura Natural en la Gestión de Riesgos de Desastres (HIRO-GRD) demostró ser efectiva para identificar que, en la zona alta de la cuenca del río Mala, existe una mayor propensión de movimientos de masa; por otro lado, la herramienta fue efectiva para definir las áreas que recibirían las plantaciones forestales.
- La conducción de talleres con las comunidades locales de la cuenca del río Mala, en junio 2019, fue clave para la identificación de una serie de puntos georeferenciados que aportaron a la definición de áreas de forestación.
- Otra ventaja en trabajarse con talleres con las comunidades, fue poder enriquecer los datos obtenidos previamente, a partir del levantamiento de la percepción de las comunidades a los peligros geológicos y la posible afección a la actividad antrópica local (daños o pérdidas). Estas informaciones fueron contrastadas con aquellas brindadas por el registro de peligros geológicos del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), y visitas en campo fueron conducidas por especialistas del Consorcio Río Mala (2019).

VI. RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para la delimitación de áreas para la forestación con la herramienta HIRO, se debe tomar en cuenta visitas a campo para una mayor precisión.
- Las plantaciones forestales se deberán realizar en las tierras de las comunidades, para que la población esté involucrada en la implementación y ejecución de los trabajos. El compromiso de la población beneficiaria, asegurará la sostenibilidad de la propuesta.
- Asimismo, se debe establecer Actas de Compromisos, donde las autoridades locales, la población organizada, las comunidades y las instituciones tutelares como el Programa Subsectorial de Irrigaciones (PSI), firmen respectivos compromisos en el marco del Plan Integral de Control de Inundaciones y Movimientos de Masa de la Cuenca del Río Mala.
- Debido a los múltiples beneficios asociados a la infraestructura natural, los cuales pueden ir mucho más allá de una solución hídrica, estas deberían ser priorizadas en los estudios de ingeniería hidráulica en el país.
- En la carrera de ingeniería agrícola se debería tener un enfoque para el planteamiento de tipologías de infraestructura natural con enfoque multifuncional a distintas escalas de territorio.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aleotti, P. (2004). A warning system for rainfall-induced shallow failures. *Engineering Geology*, 73. (3-4), 247–265.
- Consortio Río Mala. (2021). *Apéndice N°04 Estudio Forestal para el Control de Inundaciones y Movimientos de Masa en la Cuenca del Río Mala*. Lima.
- Cruden, D.M. (1991). Simple Definition of a Landslide. *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 43, 27-29.
<https://doi.org/10.1007/BF02590167>
- FAO. (2017). *Agricultura de conservación: Cobertura Vegetal*. Recuperado de <https://www.fao.org/conservation-agriculture/in-practice/soil-organic-cover/es/>
- Forest Trends. (2020). *HIRO: Una herramienta innovadora para priorizar intervenciones de infraestructura natural*. Recuperado de <https://www.forest-trends.org/blog/hiro-una-herramienta-innovadora-para-priorizar-intervenciones-de-infraestructura-natural/>
- Forest Trends. (2020). *Infraestructura Natural*. Recuperado de <https://forest-trends.org/infraestructura-natural-en-peru/>
- González-Díez, A.R. (2002). A methodological approach for the analysis of the temporal occurrence and triggering factors of landslides. *Geomorphology*, 30: 95-113.
- Grupo INCLAM. (2015). *Evaluación de Recursos Hídricos en las cuencas Mala, Omas y Chilca*. Lima: Autoridad Nacional del Agua. Recuperado de <https://hdl.handle.net/20.500.12543/4>
- Instituto Nacional de Recursos Naturales (INRENA). (2007). Mapa Ecológico del Perú.
- Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI). (2017). *Boletín estadístico virtual de la Gestión Reactiva*. Recuperado de <https://portal.indeci.gob.pe/wp-content/uploads/2019/01/201708091706381.pdf>
- Lara, C. y Sepúlveda, S. (2008). *Remociones en Masa*. Universidad de Chile. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Recuperado de https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2008/1/GL62C/1/material_docente/bajar?id=159913

- Ministerio de Ambiente (MINAM). (2018). Decreto Supremo N.º 017-2018-MINAM.
- Ministerio de Ambiente (MINAM). (2017). *Mapa de Susceptibilidad física del Perú*. Recuperado de <https://www.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2017/01/MAPA-DE-SUSCEPTIBILIDAD-FISICA.pdf>
- Ministerio de Ambiente (MINAM). (2015). Cobertura vegetal en la Cuenca Mala.
- Petley, S.A. (2015). *Regional trends and controlling factors of fatal landslides in Latin America and the Caribbean*. Recuperado de <https://doi.org/10.5194/nhess-15-1821-2015>
- Popescu, M. (2002). Landslide Causal Factors and Landslide Remedial Options. Keynote Lecture, Proceedings 3rd International Conference on Landslides, Slope Stability and Safety of InfraStructures, Singapore. 61-81.
- Prieto, C. (1985). *Inestabilidades y erosión de laderas asociadas a riadas. Geología y prevención de riesgos por inundaciones*. Instituto Geológico y Minero de España. Recuperado de https://portalgeo.sernageomin.cl/Informes_PDF/RMET-147.pdf
- Reynel, C. y León, J. (1990). *Árboles y arbustos andinos para agroforestería y conservación de suelos*. Lima: Ministerio de Agricultura. Dirección General de Forestal y Fauna.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2017). *Datos Hidrometeorológicos a nivel nacional*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2017). *Fenómeno El Niño*. Recuperado de https://idesep.senamhi.gob.pe/portalidesep/idesep_tema_evento_el_nino_la_nina_nino_2017.jsp
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI). (2018). *Mapa del SENAMHI permite conocer zonas inundables en el Perú*. Recuperado de <https://www.senamhi.gob.pe/?p=prensa&n=885>
- Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). (2019). Zonificación Forestal. Recuperado de <https://repositorio.serfor.gob.pe/bitstream/SERFOR/537/1/SERFOR%202017%20Infografia%2006-07-17%20Zonificacion%20Forestal.pdf>
- United States Department of Agriculture (USDA). (2007). *Soil Conservation Service (SCS)*.
- Varnes, D.J. (1978). *Slope Movement Types and Processes*. Mechanism of Haibat Sultan Mountain Land-slide in Koya, North Iraq, 12-33.

Wieczorek, G.F. (1996). *Landslide Triggering Mechanisms in Landslides – Investigations and Mitigation*. Transportation Research Board. National Research Council, National Academic Press, Washington, DC, USA.

VIII. ANEXOS

ANEXO 1: TEMPERATURA MEDIA

En las figuras 10 y 11, se compararon las temperaturas medias, mínimas y máximas de las estaciones estudiadas para poder ver su relación en un mismo gráfico.

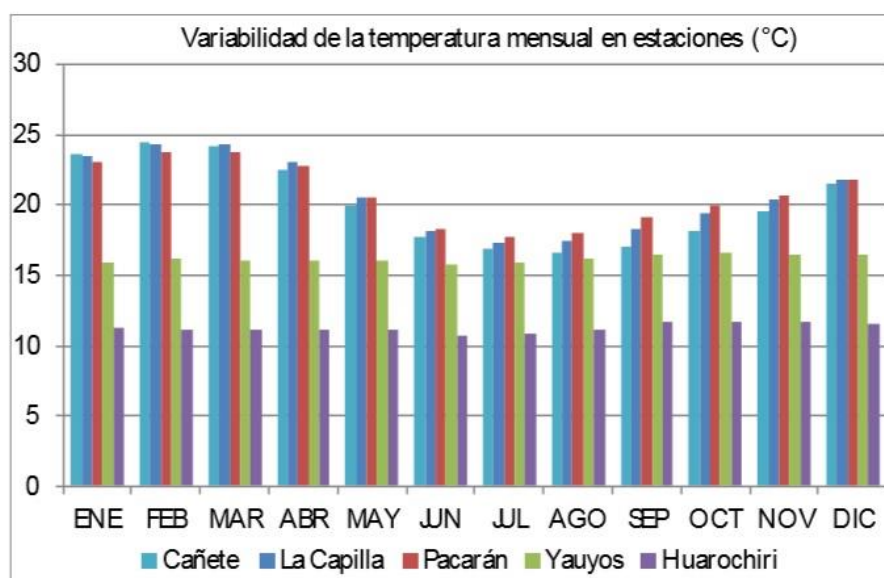


Figura 10: Temperatura media anual en las estaciones climáticas

FUENTE: Consorcio rio Mala – INCLAN (2017)

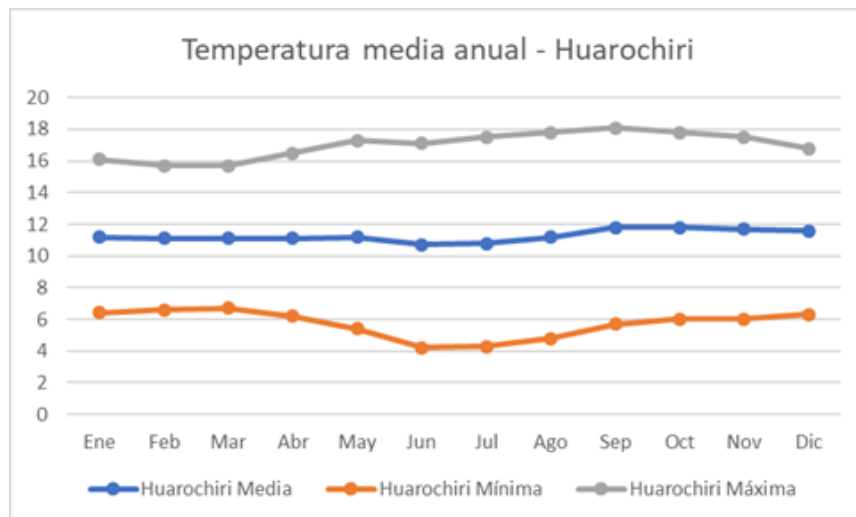


Figura 11: Temperatura media anual en la estación climática “Huarochiri”

FUENTE: Consorcio Río Mala (2020)

ANEXO 2: PLUVIOMETRÍA

Fenómenos lluviosos de los 80. En las series se observaron aumentos en las precipitaciones en el entorno de los años 80-84, correspondiendo con el fenómeno del niño del mismo periodo. En este caso, solamente pueden observarse en las estaciones de Huancata y Huañec, ya que son las únicas de las que se dispone información en este periodo (Figura 12 y Figura 13).

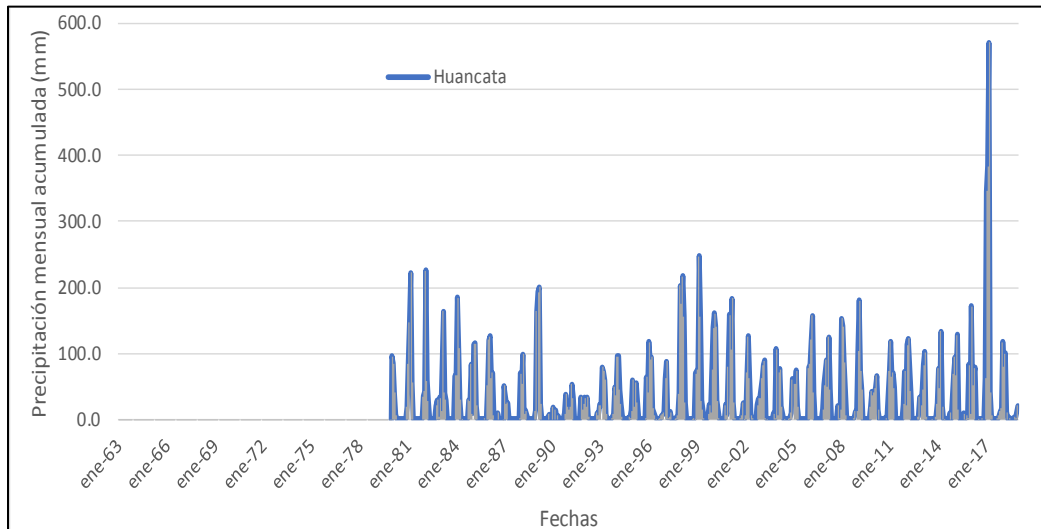


Figura 12: Precipitación acumulada mensual estación Huancata

FUENTE: Consorcio Río Mala (2020)

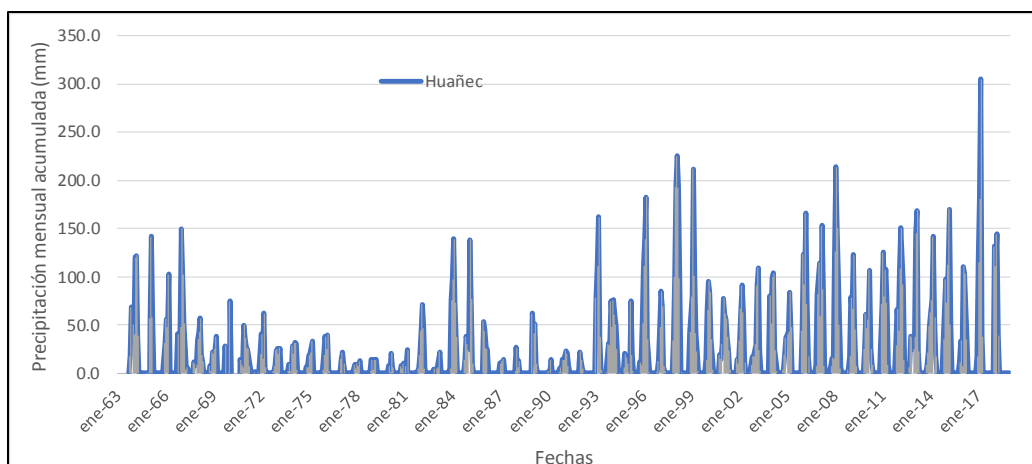


Figura 13: Precipitación acumulada mensual estación Huañec

FUENTE: Consorcio Río Mala (2020)

Fenómenos lluviosos de los 90. También se observó el FEN de los años 98-99 donde se registraron picos de precipitación mensual muy elevados, sobre todo en la estación de Huarochirí, donde se alcanzó una precipitación mensual de unos casi 350 mm (Figura 14).

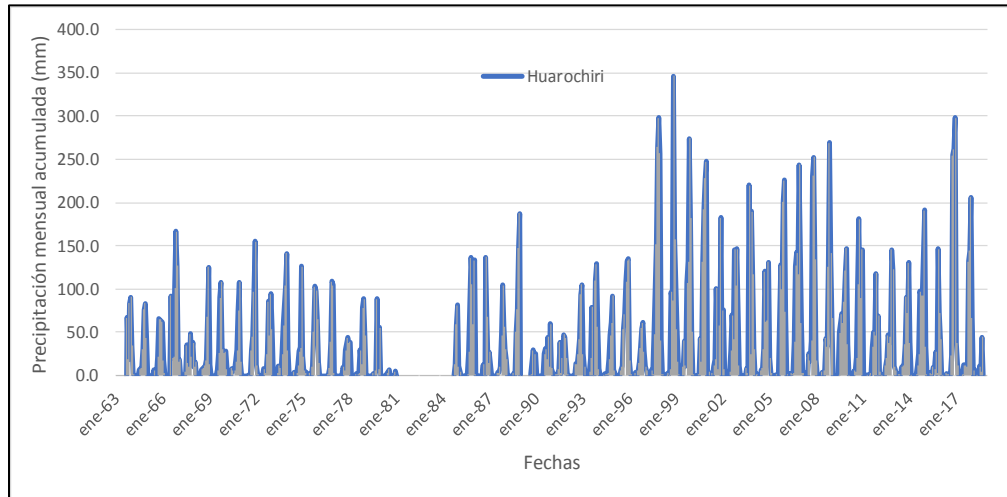


Figura 14: Precipitación acumulada mensual estación Huarochirí

FUENTE: Consorcio Río Mala (2020)

Fenómeno lluvioso de 2016-17. En estos años se produjo el último Fenómeno de El Niño Costero conocido hasta el año 2020. Según los registros, fue uno de los más fuertes de los últimos años, alcanzando precipitaciones acumuladas mensualmente de casi 500 mm en Ayaviri y casi 600 mm en Huancata (Figura 15).

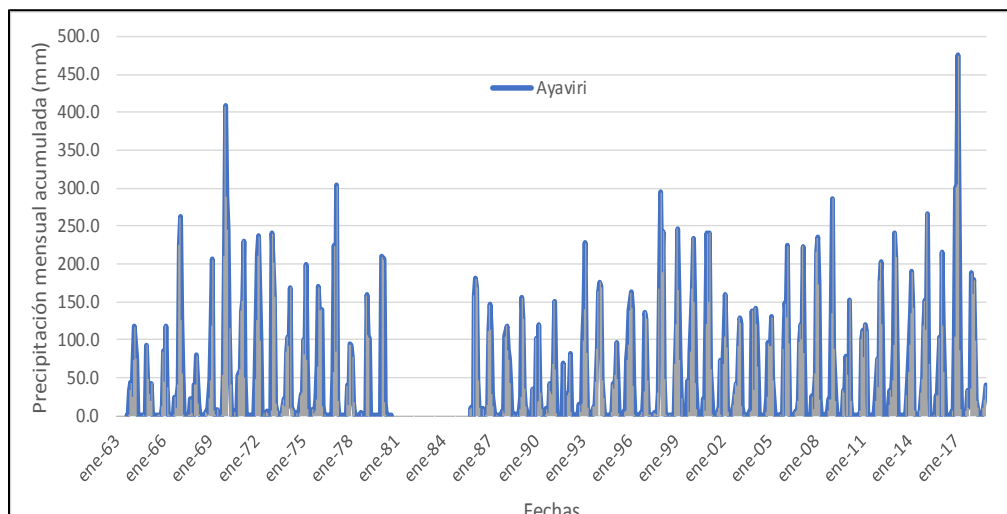


Figura 15: Precipitación acumulada mensual estación Ayaviri

FUENTE: Consorcio Río Mala (2020)

ANEXO 3: GEOLOGÍA

En la Tabla 18, se muestra la Estratigrafía de la Cuenca del río Mala.

Tabla 18: Estratigrafía de la cuenca del río Mala

ERA	SIST.	SERIE	FORMACIÓN	LITOLOGÍA	LUGARES DE EXPOSICIÓN
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos Eólicos (Q-e)	Constituido principalmente por arenas de grano fino que adoptan formas diversas, tales como dunas, médanos, suaves ondulaciones, etc., las que cubren parcialmente formaciones rocosas más antiguas.	Se les encuentra preferentemente a lo largo de la faja costanera
			Depósitos Marinos (Q-m)	Consisten de arenas de grano medio a grueso, fragmentos de rocas y fragmentos de conchas. Las playas constituidas por conglomerados son raras.	A lo largo de casi todo el litoral que comprende el área estudiada
			Depósitos Fluviales (Q-f)	Conjunto heterogéneo e inconsolidados constituido por gravas, rodados, arenas, limos y arcillas	Se depositan a lo largo del río mala y quebradas principales
			Depósitos Fluvio-Aluviales (incluye pie de monte) (Q-fal)	Compuestos de fragmentos rocosos heterométricos, angulares y subangulares; arenas, arcillas, gravas y rodados.	Se presenta cubriendo áreas de pequeño a regular extensión, principalmente en la parte inferior de las cuencas, tapizando los cauces de los afluentes; sector inferior de las laderas de los cerros y algunas zonas de las partes bajas
			Depósitos Aluviales (Q-al)	Arenas arcillosas, grava y conglomerados semiconsolidados. Se presentan en niveles diferentes que indican ciclos de deposición	Se encuentran en la zona baja y media del río mala y parte alta del río Mala.
	PLEISTOCENO	Depósitos Morrénicos y Fluvio Glaciares (Q-fg)	Fragmentos rocosos de composición volcánica, poco seleccionados y de forma angulosa y sub-redondeada dentro de una masa arenosa y arcillo-arenosa.	Están situados en el extremo Noreste del área de estudio, entre las lagunas Totoral y Suyoc de la cuenca del río Mala	
		PALEÓGENO-NEÓGENO	Serie volcánica Superior (TQ-v)	Derrames, tufos y lavas de composición andesítica y/o dacítica, que reposan sobre unidades más antiguas.	Cubren áreas de gran extensión, mayormente en las zonas altas de la cuenca
Formación Cañete (T-c)	Conglomerados formados por rodados de diversos tamaños, lentes de areniscas friables.		Se circunscribe a una pequeña área cercana al litoral constituyendo las lomas denominadas cerro largo		

«Continuación»

MESOZOICO	CRETÁCICO - - PALEÓGENO		Serie Volcánica Sedimentaria (KT-vs)	Andesitas, dacitas, diabasas, tufos y derrames parcialmente calcáreos, de colores variados	Se encuentra ampliamente distribuida a lo largo de la zona costanera. Conforman los primeros contrafuertes occidentales andinos de las cuencas estudiadas y están limitados por el Este por rocas del Batolito Andino.	
		SUPERIOR	INTRUSIVAS: Batolito Andino (Kt-i)	Rocas plutónicas: granodioritas, dioritas, tonalitas, granitos. Intrusiones menores: andesitas, dacitas, diabasas.	Sus afloramientos son de diversa magnitud y aparecen desde la zona litoral marina en pequeñas áreas hasta la zona media y alta, donde ocupa afloramientos mayores.	
			Grupo Machay (Km-m)	Calizas claras laminadas y calizas masivas gris claro; lutitas carbonosas y areniscas finas inter-estratificadas con calizas margosas.	Aflora principalmente al noreste del área de estudio, entre las lagunas Chumpicocha y Mancacoto y entre las localidades de Ampe y Pongoy.	
	CRETÁCICO	INFERIOR		Serie Metamórfico- Sedimentario (K-ms)	Cuarcitas blancas o blanco amarillentas; pizarras grises; areniscas pardas y verdes; calizas gris claro y marrón; lutitas abigarradas, pardo rojizo y gris a bruno	Se encuentra cortada en varios sectores del río Asia, al suroeste de Cata, entre los cerros La Yesera, San Andrés y Corazón; al suroeste de Coayllo, entre los cerros Zapata, La Esquina, Cayara, Hualcará Grande y cerro Pacoy
				Formación Atocongo (Ki-at)	Calizas de color gris claro a gris oscuro, azulado y marrón; intercaladas con margas brunas y lutitas en menor cantidad, alternando en diferentes zonas con derrames volcánicos. Se encuentra atravesada por diques y sills generalmente andesíticos.	Aflora en la zona de la faja costanera y en las estribaciones de la Cordillera Andina en pequeñas áreas, siendo la mayor extensión la que se encuentra ubicada entre el sur del cerro El Padre y Noroeste de la fábrica de cemento Chilca.
				Formación Pamplona (Ki-at)	Calizas verde claro y gris azulado; lutitas abigarradas; cuarcitas gris claro, areniscas verdosas; volcánicos-andesíticos verde claro y verde oscuro.	En la zona de la faja costanera, en pequeñas áreas diseminadas principalmente entre quebrada Chilca y río Mala

«Continuación»

JURASICO SUPERIOR	Grupo Morro Solar (Ki-ms)	Areniscas y cuarcitas gris claro a bruno con intercalaciones de lutitas pardas y abigarradas; calizas masivas gris azul oscuro.	Se expone en la faja costanera en el área de cerro Grande y cerro Condoray y al Sureste de la pampa Las Salinas
	Formación Puente Piedra (JsK-pp)	Derrames andesíticos de color bruno a gris verdoso, con intercalaciones de calizas y areniscas; lutitas abigarradas y calizas grises claro a negro en bancos medianos a gruesos.	Se presenta en el área del cerro Cruz del Patrón, extendiéndose al suroeste hasta la línea litoral; otro afloramiento se encuentra al Norte y Sur del balneario Santa María del Mar.
	Serie Metamórfica (P-sm)	Pizarras y limolitas alternadas, de color gris oscuro a azul grisáceo, pizarras carbonosas inter-estratificadas con bandas de cuarcitas grises.	Aflora en el extremo nororiental del área de estudio, entre la hacienda Marhuayque y el cerro Cayicasa.

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

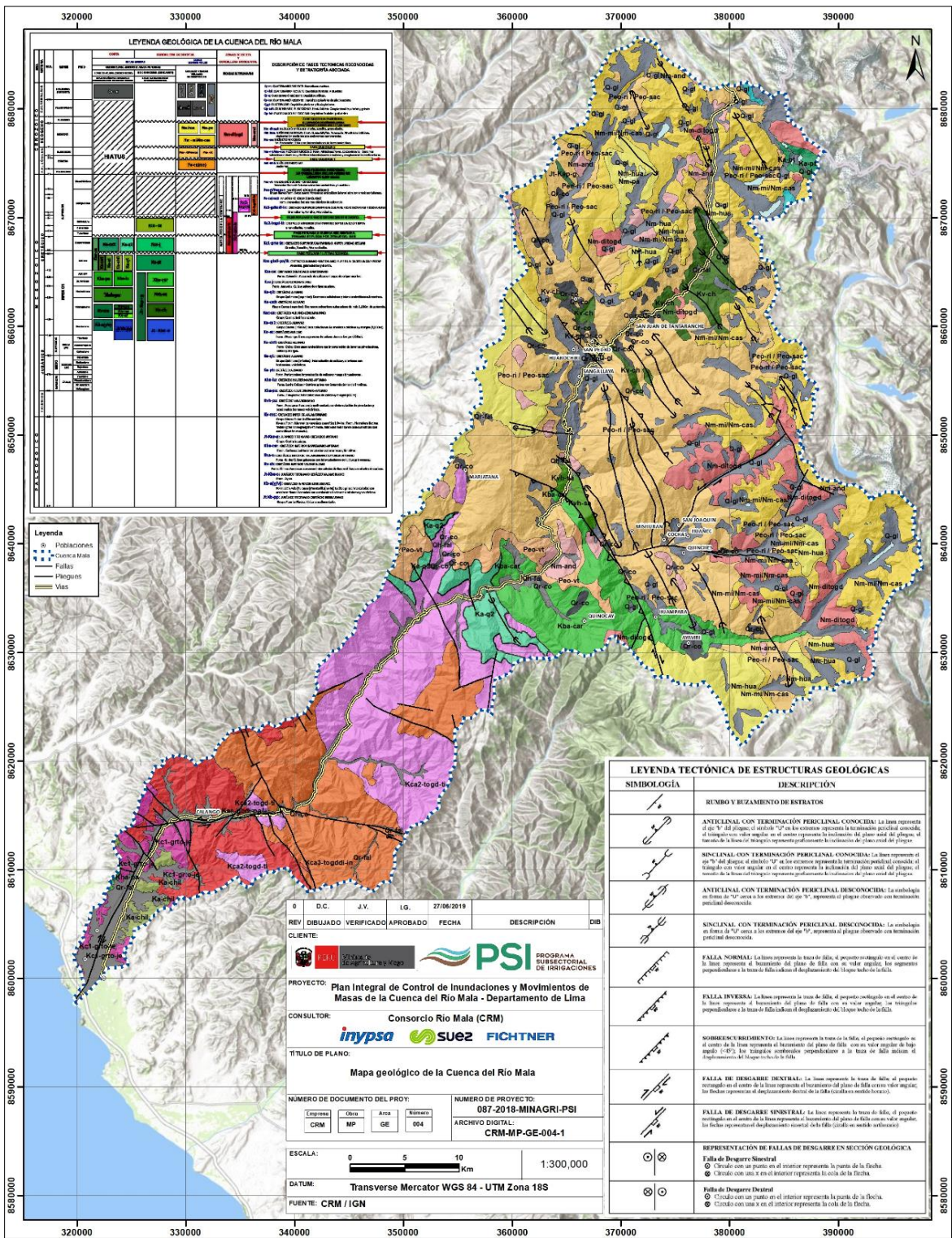


Figura 16: Mapa geológico de la cuenca del Río Mala

FUENTE Consorcio Río Mala (2020)

ANEXO 4: GEOMORFOLOGÍA

Las unidades geomorfológicas presentes en el área de estudio se describen en la Figura 17.

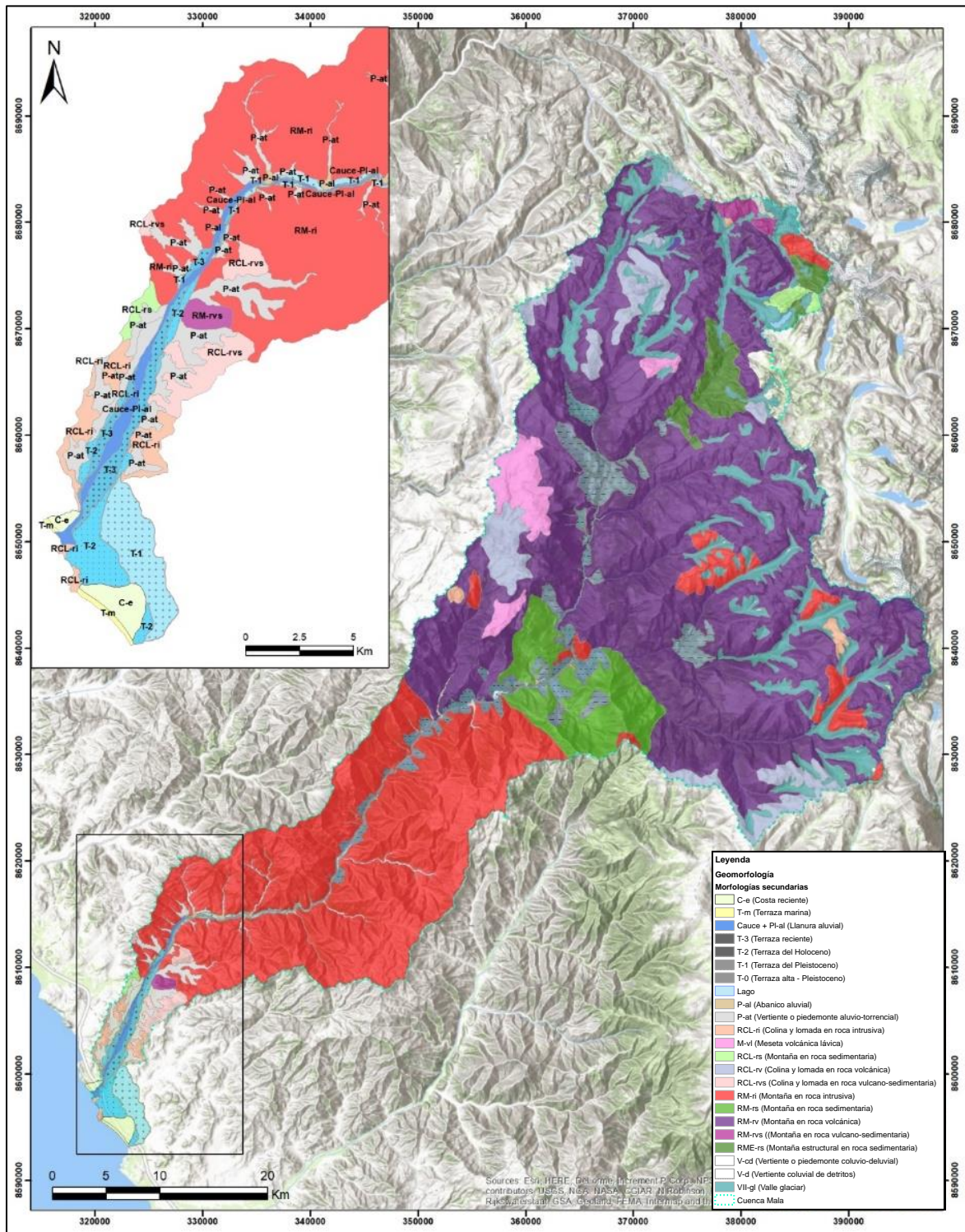




Figura 17: Mapa geomorfológico de la cuenca del Río Mala

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)


ANEXO 6: FICHAS SILVICULTURALES

Quenual o Queuña (<i>Polylepis</i> Ruiz & Pav.)		
Requerimientos	Precipitación : hasta 680 mm	
	Temperatura Media anual: 3 a 12 °C	
	Textura: Franca - Franco Arcilloso	
	pH : ligeramente ácido	
	Drenaje : Regular	
	Altitud: 2600 – 4000 msnm	
Características Botánicas	<p>Familia. – Rosaceae</p> <p>Descripción. – Es una especie arbórea que puede alcanzar una altura de hasta 8 metros. Su tronco es recto y su corteza presenta un tono amarillento, compuesta por láminas delgadas que se desprenden fácilmente. Este árbol es frondoso, con abundante follaje, y sus flores y frutos son diminutos y poco llamativos.</p> <p>Ramitas Terminales.- Cilíndricas, aproximadamente de 4 a 5 mm de diámetro, cubiertas de ritidoma membranoso color marrón-rojizo, el cual desprende irregularmente.</p> <p>Hojas. - Compuestas, mayormente trifoliadas y con menor frecuencia con cinco folios; alternas y agrupadas hacia los extremos de las ramitas.</p> <p>Inflorescencias.- con racimos terminales de 7 a más cm longitud, pendulares, laxos; el pedúnculo de la inflorescencia es de 1 mm de diámetro, bracteado; con brácteas de 4 mm longitud de forma deltoide -alargadas.</p> <p>Flores. - Aproximadamente de 5 a 7 mm de longitud, incluyendo el pedúnculo, Cáliz pubescente cupuliforme, de unos 2 mm longitud; 4 tépalos libres, aproximadamente de 3 mm de longitud de color verduzco: estambres numerosos con anteras barbadas, pistilo con ovario súpero, estilo filiforme y estigma capitado y papiloso.</p> <p>Frutos. - Irregularmente aristados, pequeños, aprox. 5 mm longitud, color verduzco.</p> <p>Reconocimiento de la especie. - se diferencia por las hojas trifoliadas y láminas apicales de 3 cm de longitud.</p> <p>Propagación.- vía asexual, mediante esquejes que tienen prendimiento superior al 80%.</p>	
Usos	<p>El "Quenual" es idóneo para el cultivo mixto con especies agrícolas: también para el establecimiento en combinación con pastos (Silvopasturas) y plantaciones agroforestales.</p> <p>La madera es apreciada por su dureza y resistencia a la podredumbre; en especial para la construcción y fabricación de herramientas agrícolas. Proporciona leña y carbón de excelente calidad.</p> <p>Algunas propiedades medicinales le son atribuidas: la corteza interna en infusión se toma para paliar infecciones respiratorias, también para dolores de garganta.</p> <p>Del cocimiento de la corteza, se obtiene un tinte de color marrón claro.</p>	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

Aliso (<i>Alnus acuminata</i> Kunth)		
Requerimientos	Precipitación : mayores a 750 mm/año	
	Temperatura Media anual: 4 a 27 °C	
	Textura: Arenoso a Arcilloso	
	pH : ligeramente ácido 4.5 – 6.0. Suelos profundos, buen drenaje	
	Exigente de luz y humedad	
	Altitud: 2600 – 3200 msnm	
Características Botánicas	<p>Familia.- Betulaceae</p> <p>Descripción.- La especie de árbol puede crecer hasta alcanzar alturas de 15 a 20 metros y muestra una corteza de color gris claro con pequeñas marcas visibles. En áreas húmedas, el tronco tiende a ser recto y ligeramente cónico, mientras que en zonas secas puede desarrollar múltiples troncos. La madera que produce es liviana y suave, con un peso específico que varía entre 0.3 y 0.4.</p> <p>Hojas.- Son hojas básicas, con pecíolos y márgenes dentados de manera irregular, exhibiendo un tono verde oscuro con un brillo sutil en la parte superior y una tonalidad verde claro a gris en la parte inferior. Presentan una forma elíptica u ovoide, con dimensiones que oscilan entre 8 y 15 cm de longitud y de 3 a 6 cm de ancho.</p> <p>Flores. - En una misma rama, se encuentran ambas flores en una planta monoica, siendo las flores masculinas ubicadas en la parte final de las ramas de un tono verde amarillento, con longitudes de 5 a 12 cm, que se desprenden por completo tras la floración. Por otro lado, las flores femeninas se presentan en conos cortos y erectos de aproximadamente 2 cm de longitud, exhibiendo un color verde. El periodo de floración abarca desde octubre hasta enero.</p> <p>Fruto.- Son piñas o conos dehiscentes, al principio de color verde que al madurar se oscurecen, generalmente de 3 centímetros de largo con escamas leñosas, su maduración no es uniforme en el mismo árbol</p> <p>Semillas.- Son elípticas plana con dos alas angostas y muy pequeñas.</p> <p>Propagación.- vía asexual, mediante estacas y brinzales.</p>	
Usos	<p>En ebanistería, a habilidad en el tallado es altamente valorada, especialmente en la elaboración de cajones, hormas para calzado y yugos para animales.</p> <p>En el ámbito de la plantación, se observan cultivos de aliso de dos años en regiones húmedas con suelos volcánicos, con una densidad de 1600.00 plantas por hectárea y una altura promedio de 6.2 metros. Durante este período, se registró un aumento anual de 279 kg/ha de nitrógeno total en el suelo.</p> <p>Las estrategias de plantación varían según el propósito: en áreas montañosas se implementa un patrón de 10 x 10 metros para mejorar la infiltración del agua de lluvia, mientras que en sistemas silvopastoriles, con el objetivo de resguardar al ganado, se utiliza un espaciamiento de 10 x 10 metros. Para proteger cuencas hidrográficas o para la producción de madera, se recomienda un distanciamiento de 3 x 3 metros, mientras que en límites de propiedades, la plantación puede realizarse a dos metros de distancia.</p> <p>El aliso demuestra su máxima utilidad en áreas de baja humedad, donde se destaca por su capacidad para proteger cultivos contra la erosión y los vientos fuertes, además de contribuir a la fertilidad del suelo. Los árboles muestran un rebrote natural, especialmente en aquellas plantaciones cuyo objetivo principal es la incorporación de nitrógeno al suelo.</p>	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)


Tara (<i>Caesalpinia spinosa</i>)		
Requerimientos	Precipitación : de 700 a 1500 mm	
	Temperatura Media anual: 7 a 24 °C	
	Textura: Franco a Franco-arenosos	
	pH : ligeramente ácido con tendencia a neutralidad.	
	Tolera sequias, pero no heladas	
	Altitud: 1700 – 2800 msnm	
Características Botánicas	<p>Familia.- Caesalpinaceae</p> <p>Descripción.- Árbol perennifolio de 3 a 5 metros de altura, con una copa esférica y ramas cortas estriadas que son pubescentes en su juventud. Presenta espinas cónicas recurvadas entre los nudos, con un tronco corto que suele ramificarse desde la base. La corteza es rugosa y de color gris.</p> <p>Hojas.- Compuestas bipinnadas, paripinnadas, cuyo raquis presenta una ligera capa de tomento. Poseen 2-3 pares de pinnas que miden entre 6 - 14 cm de longitud, estas son articuladas y a menudo cuentan con espinas en el raquis. Cada pina está compuesta por 5-8 pares de folíolos sésiles, con forma oblonga o elíptica, midiendo 2.5-4 x 1.5-2 cm y con base oblicua. Los folíolos tienen un margen entero y obtuso, exhibiendo un color verde oscuro.</p> <p>Flores.- En el extremo de las ramas se encuentran densos racimos espiciformes de 8-20 cm de longitud, caracterizados por su fina pubescencia. Estos racimos contienen flores bisexuales que se disponen sobre pedicelos de 5-10 mm de largo, articulados justo debajo del cáliz.</p> <p>Fruto.- en legumbre indehiscente, oblonga, comprimida de 6 x10 x 1,5-2,5 cm.</p> <p>Semillas. - Bien marcada, rojizas en la madurez, las vainas son gruesas y carnosas al principio, tomándose luego esponjosas o coriáceas, Semillas de 4 a 8, lisas pardas de 8 – 10 mmm de largo.</p> <p>Propagación.- vía sexual, mediante semillas. Se recomienda tratamiento pregerminativo de la semilla.</p>	
Usos	<p>En la fabricación de herramientas agrícolas, en la creación de utensilios domésticos, así como en la producción de leña y carbón, la tara desempeña un papel crucial. Sus frutos son especialmente ricos en taninos, siendo una destacada fuente de estos compuestos. La cosecha de tara comienza a los tres años y alcanza un promedio de 30 a 40 kg por árbol al año. Las vainas, que contienen entre un 50% y un 60% de taninos, son valiosas para el curtido de cueros y para la tintura debido a su capacidad como mordiente. En términos medicinales, las hojas de la tara se utilizan en infusiones para cicatrizar heridas, así como en enjuagues para tratar problemas de amígdalas e infecciones bucales. La vaina, cuando se separa de la semilla y se muele, se convierte en un producto de exportación excepcional, ya que sirve como materia prima para la obtención del ácido tánico. Este ácido es ampliamente empleado en diversas industrias, incluyendo la peletera de alta calidad, la farmacéutica, la química y la de pinturas, entre otras. En las plantaciones de la Sierra, la tara se cultiva comúnmente mediante Agroforestería y muestra una buena capacidad de rebrote. Actualmente, se observa un aumento en la instalación de plantaciones comerciales de tara en la costa y la sierra.</p>	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)


Molle (<i>Schinus molle</i> L.)	
Requerimientos	Precipitación : mayores a 400 mm/año
	Temperatura Media anual: 4 a 27 °C
	Textura: Arenoso a Arcilloso
	pH : ligeramente ácido 4.5 – 6.0. Suelos profundos, buen drenaje
	Exigente de luz y humedad
	Altitud: 200 - 3700 msnm Se requiere una buena elección de sitio para efectuar la plantación. No responde bien en suelos muy superficiales, compactos o arcillosos. Precisa buenos niveles de humedad durante el primer año de establecimiento
Características Botánicas	<p>Familia.- Anacardiaceae</p> <p>Descripción.- Es un árbol de tamaño pequeño a mediano. Mide en promedio de 3 m a 5 m de altura y su tronco tiene de 20 cm a 60 cm de diámetro. Es coposo y tiene el follaje siempre verde, con la copa globosa desde el primer o segundo tercio. El fuste suele ser muy robusto y nudoso.</p> <p>Hojas.- Sus hojas son compuestas, alternas y pendulares (colgantes). Miden de 20 cm a 30 cm de longitud. Cada hoja está compuesta por 15 a 40 hojuelas o foliolos lanceolados. No tienen pelos y huelen a resina al estrujar.</p> <p>Flores.- Las flores de esta planta se encuentran agrupadas en racimos compuestos, conocidos como panículas, que varían en longitud de 10 cm a 30 cm. Cada panícula está formada por numerosas flores blancas de pequeño tamaño, aproximadamente 3 mm de longitud. Esta especie es dioica, lo que significa que algunos árboles tienen flores masculinas, mientras que otros tienen flores femeninas. Cada flor lleva solo uno de los dos sexos, es decir, algunas tienen pistilos, indicando que son femeninas, mientras que otras tienen estambres, indicando que son masculinas. Se ha observado que los periodos de floración ocurren principalmente entre marzo y junio, mientras que la fructificación tiene lugar entre enero y mayo.</p> <p>Fruto.- Los frutos tienen forma esférica y tonalidad rojiza, con un diámetro que oscila entre 4 mm y 5 mm. La piel se vuelve seca al alcanzar la madurez. El peso promedio de los frutos es de 0,034 g, y la cantidad de semillas por kilogramo varía entre 25,000 y 65,000. El peso de 1,000 frutos es de 24 g.</p> <p>Semillas.- Tienen una sola semilla. Poseen un fuerte olor resinoso al estrujar. La semilla conserva buena viabilidad bajo condiciones ambientales por un año</p> <p>Propagación.- Por semillas.</p> <p>Tratamiento pregerminativo: remojo por 48 horas en agua fría y posterior eliminación de la pulpa. Inicio de germinación: entre 6 y 15 días. Fin de la germinación: a los 30 días de iniciada</p>
Usos	<p>La madera, de tonalidad clara y ligera, se utiliza en trabajos de carpintería ligera y en la fabricación de cajones. Los frutos de esta planta son una fuente de alimento para diversas aves pequeñas. Al triturar y hervir las hojas, se obtiene un tinte amarillo o verde que se utiliza en la coloración de textiles de lana y algodón. Las semillas son comercializadas y exportadas como pimienta roja, empleándose también en la producción de embutidos.</p> <p>En tiempos antiguos, se elaboraba una bebida fermentada conocida como "chicha" a partir de los frutos, aunque esta tradición se ha perdido casi por completo. En la región andina del centro y sur del Perú, como en Lima, Junín y Cusco, la especie se cultiva como cerco vivo alrededor de terrenos agrícolas y viviendas rurales. Esta práctica no solo brinda beneficios directos, sino que también ofrece protección a los cultivos contra las inclemencias del clima andino, incluyendo el viento y las heladas, y demuestra una eficiencia notable en la preservación de los suelos (Reynel y León, 1990).</p>



FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

Quishuar (<i>Buddleja L.</i>)		
Requerimientos	Precipitación : hasta 680 mm	
	Temperatura Media anual: 3 a 12 °C	
	Textura: Franca - Franco Arcilloso	
	pH : ligeramente ácido	
	Drenaje : Regular	
	Altitud: 1 400 - 4 200 msnm	
Características Botánicas	<p>Familia.- Scrophulariaceae</p> <p>Descripción.- Es un árbol de porte pequeño hasta mediano, de 3 cm a 12 m de altura y 20 cm a 50 cm de diámetro, con el tronco a menudo robusto.</p> <p>Hojas.- Las hojas son sencillas, dispuestas en posición opuesta y de forma alargada, con dimensiones que oscilan entre 10 y 12 centímetros de longitud y de 2 a 2,5 centímetros de ancho. Poseen una estructura gruesa y la parte inferior está densamente recubierta de diminutos vellos que les confieren un tono blanco y una textura afelpada y suave al tacto. En cuanto a la parte superior, puede variar entre tonos de verde claro u oscuro, exhibiendo venas marcadas de manera pronunciada. Además, presentan un borde delicadamente dentado.</p> <p>Inflorescencias.- Las flores se presentan en racimos compuestos, muchas flores pequeñas.</p> <p>Flores.- Son pequeñas, con una longitud cercana a los 5 mm, y se presentan en conjuntos compactos de numerosas flores. Sus pétalos exhiben tonalidades que van desde el naranja hasta el amarillo, conformando un tubo corto, acompañados por 4 estambres y un pistilo.</p> <p>Frutos.- Los frutos son pequeños, ovoides, de unos 5 mm a 6 mm de longitud. Se abren en dos partes y contienen gran cantidad de semillas diminutas.</p> <p>Reconocimiento de la especie.- Se reconoce principalmente por su tamaño compacto a mediano, sus hojas alargadas y lanceoladas, que son coriáceas y presentan una textura aterciopelada en la parte inferior de color blanco. Además, se caracteriza por sus numerosas flores diminutas de vibrantes tonos anaranjados y amarillos.</p> <p>Se tienen registros de floración entre mayo y septiembre; de fructificación, entre junio y agosto</p> <p>Propagación.- Su propagación es más exitosa por estacas, logrando un índice de enraizamiento que oscila entre el 80% y el 100%. Asimismo, puede propagarse a través de acodos, con un éxito del 100%. Se aconseja cosechar las estacas durante el verano, ya que muestran una mayor tasa de enraizamiento en esta estación. Se recomienda el uso de estacas leñosas de 15 cm a 20 cm de longitud y 1 cm de diámetro, cortadas en bisel en ambos extremos para prevenir la pudrición. Estas deben tener al menos tres yemas, provenientes de árboles adultos y de las partes más bajas de la planta. Para su plantación, es necesario enterrar aproximadamente el 30% de su longitud en tierra, la cual debe contener más del 30% de materia orgánica. El riego debe realizarse diariamente (dos veces al día), y se aconseja mantenerlas bajo un tinglado con iluminación moderada para facilitar el enraizamiento. También es posible multiplicar la propagación cortando brotes con una o más ramas de las plántulas aún en bolsas y trasladándolos a otras bolsas, donde enraizarán con un alto índice de éxito, entre el 80% y el 90%.</p>	
Usos	<p>El follaje se utiliza con fines medicinales, siendo preparado en forma de infusión para su aplicación como antirreumático, además de emplearse externamente para favorecer la cicatrización de heridas. Las flores de la planta son aprovechadas para obtener un pigmento de tonalidad amarilla, utilizado en el teñido de tejidos, y también se valora como una atractiva planta ornamental. En el ámbito de la carpintería y la construcción, esta especie encuentra aplicaciones variadas. Se utiliza en la fabricación de puertas, ventanas, vigas, dinteles y herramientas agrícolas. Además, destaca por la calidad de su leña y carbón.</p> <p>En la sierra central (Tarma y Tarmatambo, en Junín) se usa frecuentemente como cerco vivo alrededor de las viviendas y predios agrícolas. Esta práctica brinda protección a los cultivos ante las inclemencias del fuerte clima andino, el viento y las heladas. Representa, además, un manejo de enorme eficiencia para la protección de los suelos (Reynel y León, 1990).</p> <p>El tocón remanente, luego de cortado el tronco, produce rebrotes o varas (llamados “chaclas” en la sierra central) que desarrollan rápidamente y se pueden cosechar de modo sostenido. La capacidad de producción de rebrotes en esta especie es más alta que en el c'olle.</p>	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)

Lloque (<i>Kageneckia lanceolata</i> Ruiz & Pav.)		
Requerimientos	Precipitación : mayores a 750 mm/año	
	Temperatura Media anual: 4 a 27 °C	
	Textura: Arenoso a Arcilloso	
	pH : ligeramente ácido 4.5 – 6.0. Sulos profundos, buen drenaje	
	Exigente de luz y humedad	
	Altitud: 2600 – 3200 msnm	
Características Botánicas	<p>Familia.- Rosaceae</p> <p>Descripción.- Árbol o arbusto monopódico, perennifolio o caducifolio, su altura varía entre 5 y 15 metros, pudiendo alcanzar hasta 38 metros, con un diámetro de hasta 1.2 metros a la altura del pecho. En entornos boscosos, presenta un tronco largo y recto, mientras que en áreas más abiertas, el tronco es corto y ancho. La copa, de forma ovoide, se extiende ampliamente, generando una sombra densa.</p> <p>Hojas.- Hojas con estípulas, sencillas y alternas, con pecíolos cortos, de forma ovada a lanceolada, miden de 5 a 16 cm de longitud y de 2 a 5 cm de ancho, con bordes dentados; el lado superior es de un verde oscuro y brillante. Ramas alternas, erguidas y extendidas, lisas, rugosas debido a la presencia de numerosas lenticelas dispersas.</p> <p>Flores.- Flores numerosas, pequeñas y blancas, agrupadas en racimos axilares colgantes y largos, de 10 a 15 cm, con pedicelos de 5 a 10 mm de largo.</p> <p>Fruto.- Drupa globosa, de color negro rojizo en la madurez, de 12 a 20 mm de diámetro, sabor agrídulce y algo astringente; conteniendo una sola semilla. Semilla(s). Semilla esférica y rodeadas por un endocarpio o hueso leñoso (almendra) de sabor amargo.</p> <p>Semillas.- Son elípticas plana con dos alas angostas y muy pequeñas.</p> <p>Reproducción asexual. Estacas o esquejes. Amplia variación de árbol a árbol en el enraizamiento. Se han hecho esquejes de madera suave de plantas juveniles con éxito. Brotes o retoños (tocón). Gran capacidad para producir rebrotes. La frecuencia del rebrote es alta (90 %) en árboles cercanos a los 60 años.</p> <p>Reproducción sexual. Regeneración natural. Con la apertura de claros proliferan las plántulas contenidas en el banco de semillas. Persistencia destacada de la especie. En condiciones de sombra generada por especies primarias, los árboles pueden perdurar manteniendo un tamaño reducido hasta que finalmente quedan liberados de la sombra. Incluso en caso de fallecimiento, los tocones poseen la capacidad de generar nuevos brotes.</p>	
Usos	<p>Usos: Combustible [madera]. La leña y el carbón son utilizados como fuente de energía. Comestible (fruta, dulces) [fruto]. Este fruto es altamente valorado como complemento alimenticio debido a su agradable sabor. Puede consumirse crudo o en conserva (jalea o mermelada), además de utilizarse en la elaboración de bebidas frescas. En los mercados, es común encontrar tamales elaborados con capulín. Construcción [madera]. Se emplea en la construcción rural. Estimulante [fruto]. Se utiliza para crear bebidas alcohólicas fermentadas a partir del fruto. Industrializable [semilla]. La semilla contiene un 30 a 40 % de aceite semisecante adecuado para la fabricación de jabones y pinturas. Insecticida / Tóxica [hoja, semilla]. Las hojas tiernas y las semillas poseen propiedades tóxicas, siendo perjudiciales para el ganado. Contienen un glucósido cianogénico que se transforma en ácido hidrocianúrico durante la digestión. Maderable [madera]. Se utiliza en la decoración de interiores, postes, carpintería en general y ebanistería. La madera presenta un color rojizo brillante, es fácil de trabajar y adquiere un hermoso pulimento. Medicinal [corteza, hoja, fruto]. La corteza y las hojas, en infusión, se emplean como expectorante, estimulante, febrífugo, antiespasmódico, tónico, sedante y para tratar las diarreas. El polvo de la corteza, aplicado en los ojos, tiene efectos beneficiosos, como desvanecer las nubes, aclarar la vista y curar las inflamaciones. El jarabe elaborado con el fruto se utiliza contra la tos. Los extractos, infusiones y jarabes preparados con las ramas, corteza y raíces se emplean como tónicos y sedantes en el tratamiento de la tisis pulmonar y la debilidad nerviosa.</p>	

FUENTE: Consorcio río Mala (2020)