



**USAID**  
DEL PUEBLO DE LOS ESTADOS  
UNIDOS DE AMÉRICA

**Canada**



**FOREST  
TRENDS**

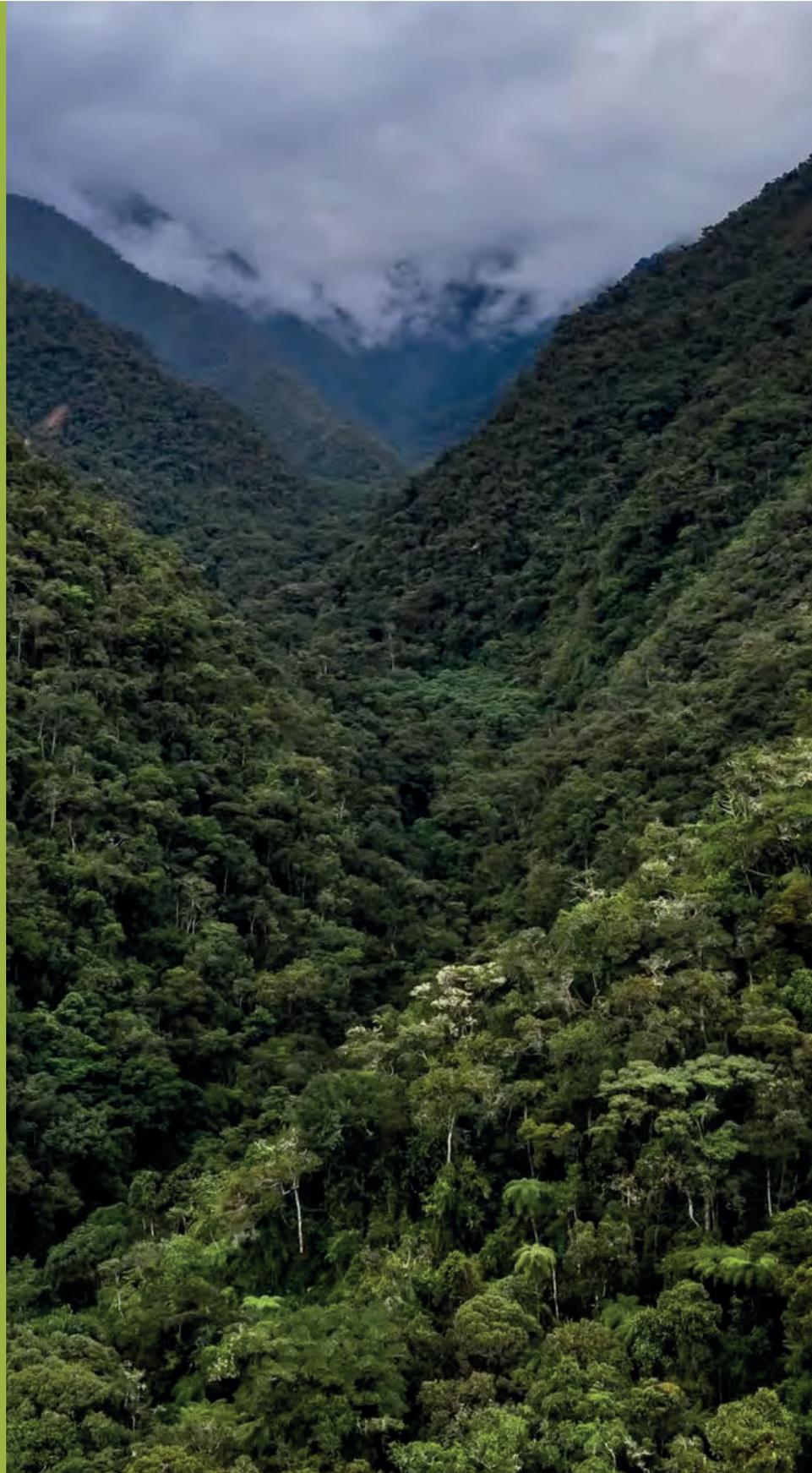
GUÍAS PARA ELABORAR ESTUDIOS DEFINITIVOS  
DE INFRAESTRUCTURA NATURAL (IN)  
CON ENFOQUE DE GESTIÓN DEL RIESGO  
DE DESASTRES (GRD)

# Diseño de medidas de infraestructura natural para recuperar cobertura vegetal



**Infraestructura  
Natural**

para la Seguridad Hídrica



Imperial College  
London

#### **Autores**

Carla Mónica Zúñiga Loayza<sup>1</sup>, Godofredo Mamani Mamani<sup>1</sup>, Víctor Raúl Cornejo Badillo<sup>1</sup>, Claudia Lebel Castillo<sup>2</sup>, Abel Aucasime Orihuela<sup>2</sup>, Zoila Yessica Armas Benites<sup>2</sup> y Alex Roger Zambrano Ramírez<sup>2</sup>

#### **Colaboradores**

Iván Enrique Sanabria Alarcón<sup>1</sup> y Lucio Leonardo Santi Morales<sup>1</sup>

#### **Supervisión editorial**

Gabriel Rojas Guillén<sup>2</sup>

#### **Cuidado de edición**



#### **Diseño y diagramación**

Roger Ramirez Miranda

#### **Corrección de estilo**

Antonio Luya Cierzo y Ximena Basadre Málaga

#### **Foto de portada**

Forest Trends

#### **Forest Trends Association**

RUC: 20603007396

Calle Los Ángeles 395, Miraflores

Lima, Perú

Desarrollo de contenidos: abril del 2022 a junio del 2023

Ira edición: julio del 2024

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2025-00596

#### **Afiliaciones**

<sup>1</sup> Experto temático

<sup>2</sup> Forest Trends, Washington D. C. - Estados Unidos

<sup>3</sup> Reserva Paisajística Nor Yauyos-Cochas, Junín - Perú

#### **Agradecimientos**

Agradecemos la valiosa revisión de quienes ayudaron con sus aportes y/o gestión: Fernando Momiy<sup>2</sup>, Gena Gammie<sup>2</sup> y Fernando León<sup>2</sup>. Asimismo, agradecemos el apoyo y coordinación para los trabajos en campo a Abdías Villoslada<sup>3</sup> y Hulfer Lázaro<sup>3</sup> de la Reserva Paisajística Nor Yauyos-Cochas (RPNYC).

Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo del pueblo de los Estados Unidos de América a través de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Canadá. Los puntos de vista/opiniones de esta publicación son responsabilidad de Forest Trends y no reflejan necesariamente los de USAID, los del Gobierno de los Estados Unidos y el Gobierno de Canadá.





Foto: Forest Trends

## Siglas y acrónimos

<b>ANA</b>	Autoridad Nacional del Agua
<b>ARCC</b>	Autoridad para la Reconstrucción con Cambios
<b>CARE</b>	Cooperativa de Asistencia y Socorro en todas partes
<b>CENEPRED</b>	Centro Nacional de Prevención, Estimación y Reducción de Desastres
<b>CONAFOR</b>	Comisión Nacional Forestal
<b>GRD</b>	Gestión del Riesgo de Desastres
<b>IGP</b>	Instituto Geofísico del Perú
<b>IN</b>	Infraestructura natural
<b>INDECI</b>	Instituto Nacional de Defensa Civil
<b>INGEMMET</b>	Instituto Nacional Geológico, Minero y Metalúrgico
<b>MIDAGRI</b>	Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego
<b>Minam</b>	Ministerio del Ambiente
<b>MEF</b>	Ministerio de Economía y Finanzas
<b>PI</b>	Planes integrales
<b>PIRCC</b>	Plan Integral para la Reconstrucción con Cambios
<b>PRONAMACHCS</b>	Programa Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas
<b>RCC</b>	Reconstrucción con Cambios
<b>SbN</b>	Soluciones basadas en la naturaleza
<b>UF</b>	Unidad formuladora
<b>USAID</b>	United States International Development Agency (Agencia de Desarrollo Internacional de los Estados Unidos)

# Índice

## Presentación

1. Consideraciones generales
  - 1.1. Objetivo
  - 1.2. Alcance
  - 1.3. Definiciones importantes
2. Marco conceptual
3. Medidas de infraestructura natural
4. Estudios necesarios para el diseño de las medidas de recuperación de la cobertura vegetal
5. Orientaciones para el diseño de las medidas de infraestructura natural para recuperar la cobertura vegetal
  - 5.1. Reforestación
    - 5.1.1. Definición
    - 5.1.2. Objetivo
    - 5.1.3. Diseño de reforestación
      - 5.1.3.1. Pautas para el diseño de reforestación
      - 5.1.3.2. Selección de especies
      - 5.1.3.3. Técnicas de reforestación
        - 5.1.3.3.1. Reforestación pura y mixta
          - a. Diseños cuadrados
          - b. Diseño tresbolillo
          - c. Diseño lineal o en contorno
        - 5.1.3.3.2. Reforestación tipo nucleación (conjunto de árboles y/o arbustos)
      - 5.1.3.4. Secuencia de acciones para la instalación de plantones
        - 5.1.3.4.1. Determinación de la época de plantación
        - 5.1.3.4.2. Preparación del área de intervención (obra preliminar)
        - 5.1.3.4.3. Trazo de líneas guía y marcación de hoyos
        - 5.1.3.4.4. Apertura de hoyos
        - 5.1.3.4.5. Traslado de plantones
        - 5.1.3.4.6. Siembra de plantones
  - 5.1.4. Tipo de personal
  - 5.1.5. Tiempo de implementación
  - 5.1.6. Materiales y equipos
  - 5.1.7. Costos de ejecución para la instalación de una plantación forestal
  - 5.1.8. Establecimiento para la reforestación
    - 5.1.8.1. Acciones de establecimiento
      - a. Riego temporal
      - b. Recalce
      - c. Abonamiento

- d. Control de plagas
- e. Cercado
- 5.1.8.2. Tiempo para acciones de establecimiento
- 5.1.8.3. Personal
- 5.1.8.4. Costos de acciones de establecimiento
- 5.2. Revegetación
  - 5.2.1. Definición
  - 5.2.2. Objetivo
  - 5.2.3. Diseño de la revegetación
    - 5.2.3.1. Pautas para el diseño de la revegetación
      - a. Estado de degradación
      - b. Potencial del sitio
      - c. Especie apropiada
      - d. Identificar factores limitantes
      - e. Determinar el área de referencia
      - f. Evaluar la disponibilidad de recursos
      - g. Determinación del área efectiva
    - 5.2.3.2. Selección de especies
    - 5.2.3.3. Diseño del sistema de siembra
      - 5.2.3.3.1. Sistema de pastos
        - a. Hileras o líneas
        - b. Plantación en tresbolillos
        - c. Plantación en cuadrados
      - 5.2.3.3.2. Sistema pastos-árboles
        - a. Núcleos
    - 5.2.3.4. Recursos disponibles
      - 5.2.2.4.1. Macollos
        - a. Semilleros
        - b. Áreas de extracción
      - 5.2.2.4.2. Riego temporal
      - 5.2.2.4.3. Abono
    - 5.2.3.5. Obtención y características del material vegetal
      - 5.2.2.5.1. Época de colección
      - 5.2.2.5.2. Selección y extracción de plantas madre
      - 5.2.2.5.3. Preparación del macollo
      - 5.2.2.5.4. Conservación del macollo
    - 5.2.3.6. Siembra e instalación
      - 5.2.2.6.1. Trazo de líneas guía
      - 5.2.3.6.2. Apertura de hoyos
      - 5.2.3.6.3. Siembra (trasplante)
      - 5.2.3.6.4. Tapado del macollo
  - 5.2.4. Personal para instalación

- 5.2.5. Tiempo de implementación para instalación
- 5.2.6. Materiales y equipos para instalación
- 5.2.7. Costos de instalación
- 5.2.8. Establecimiento para la revegetación
  - 5.2.8.1. Acciones de establecimiento
    - 5.2.8.1.1. Recalce
    - 5.2.8.1.2. Riego temporal
    - 5.2.8.1.3. Abonamiento
    - 5.2.8.1.4. Control de indeseables
    - 5.2.8.1.5. Cronograma de acciones de establecimiento
  - 5.2.8.2. Personal para acciones de establecimiento
  - 5.2.8.3. Materiales y equipos para acciones de establecimiento
  - 5.2.8.4. Costos para acción de establecimiento
- 5.3 clausura de praderas
  - 5.3.1. Definición
  - 5.3.2. Objetivo
  - 5.3.3. Diseño de clausura de praderas
    - 5.3.3.1. Selección del tipo de cerco para la clausura de praderas
      - 5.3.3.1.1. Malla ganadera
      - 5.3.3.1.2. Alambre galvanizado
    - 5.3.3.2. Proceso de cercado
      - 5.3.3.2.1. Marcado de puntos
      - 5.3.3.2.2. Elaboración de hoyos
      - 5.3.3.2.3. Plantado de postes
      - 5.3.3.2.4. Colocación de malla
  - 5.3.4. Tiempo de implementación
  - 5.3.5. Materiales y equipos
  - 5.3.6. Costos de ejecución
  - 5.3.7. Establecimiento de las praderas clausuradas
    - 5.3.7.1. Acciones de establecimiento de las praderas clausuradas
      - 5.3.7.1.1. Riego temporal
      - 5.3.7.1.2. Abonamiento
        - a. Abonamiento manual
        - b. Rotación de dormideros (majadeo)
      - 5.3.7.1.3. Control de plantas invasoras
      - 5.3.7.1.4. Cronograma de acciones de establecimiento de las praderas clausuradas
      - 5.3.7.1.5. Costos de acciones de establecimiento
- 5.4. Viveros
  - 5.4.1. Definición
  - 5.4.2. Objetivos
  - 5.4.3. Tipos de viveros
    - 5.4.3.1. Tipo I: vivero nodriza o principal

- 5.4.3.2. Tipo 2: vivero de adaptación o secundario
- 5.4.4 Producción de plántones
  - 5.4.4.1. Obtención de la semilla
  - 5.4.4.2. Germinación de semillas
  - 5.4.4.3. Propagación vegetativa
  - 5.4.4.4. Siembra de semillas
    - 5.4.4.4.1. Camas de germinación o almácigo
    - 5.4.4.4.2. En envases de crecimiento
    - 5.4.4.4.3. Siembra en semilleros o almácigos pequeños
  - 5.4.4.5. Manejo de sombras
  - 5.4.4.6. Sustratos
- 5.4.5. Labores culturales
  - 5.4.5.1. Riegos
  - 5.4.5.2. Deshierbo
  - 5.4.5.3. Remoción
  - 5.4.5.4. Tiempo en vivero
  - 5.4.5.5. Agoste
- 5.4.6. Selección de plántones en vivero

## 6. Medidas de infraestructura natural para el control de erosión y estabilidad de laderas que incluyen cobertura vegetal

- 6.1. Barreras vivas
  - 6.1.1. Definición
  - 6.1.2. Objetivo
  - 6.1.3. Diseño de barreras vivas
    - 6.1.3.1. Selección de especies
    - 6.1.3.2. Diseño lineal
    - 6.1.3.3. Técnica de siembra e instalación
      - 6.1.3.3.1. Barrera viva para control de cárcavas
        - a. Diseño de barreras vivas para control de cárcavas
        - b. Distancia entre plántones
      - 6.1.3.3.2. Barrera viva para zanjas de infiltración
        - a. Diseño de barreras vivas para zanjas de infiltración
        - b. Distancia entre plántones
      - 6.1.3.3.3. Barrera viva para terraza de formación lenta
        - a. Diseño de las barreras vivas para terrazas de formación lenta
        - b. Distancia entre plántón
        - c. Reforestación en terrazas de formación lenta
        - d. Diseño de reforestación para terrazas de formación lenta
- 6.1.4. Personal para instalación
- 6.1.5. Tiempo de implementación
- 6.1.6. Materiales y equipos de instalación
- 6.1.7. Costos de ejecución

- 6.1.8. Acciones de establecimiento
  - 6.1.8.1.1. Tipo de personal para acciones de establecimiento
  - 6.1.8.1.2. Material para acciones de establecimiento
  - 6.1.8.1.3. Costo para acciones de establecimiento
    - a. Unidades y metros
- 6.2. Sistemas agroforestales de protección con especies nativas para uso sostenible
  - 6.2.1. Definición
  - 6.2.2. Objetivo
  - 6.2.3. Diseño de sistemas agroforestales de protección
  - 6.2.4. Medidas complementarias
  - 6.2.5. Instalación y acciones de establecimiento
- 6.3. Sistema de pasturas de protección con especies nativas para uso sostenible
  - 6.3.1. Definición
  - 6.3.2. Objetivo
  - 6.3.3. Diseño del sistema de pasturas de protección
  - 6.3.4. Medida complementaria
  - 6.3.5. Instalación y acciones de establecimiento

## 7. Anexos

Anexo 1. Ejemplo de ficha técnica de especie nativa para reforestación

Anexo 2. Ejemplo de ficha técnica de especie nativa para revegetación

## Bibliografía

## Índice de tablas y figuras

---

**Figura 1.** Cadena de valor de las intervenciones en el SERRN

**Figura 2.** Secuencia lógica para el marco conceptual de un proyecto de inversión que busca recuperar el SERRN

**Figura 3.** Medidas de infraestructura natural por tipo de factor de producción

**Figura 4.** Tipo de diseño según el grado de pendiente

**Figura 5.** Diseño de plantación rectangular

**Figura 6.** Diseño de plantación en tresbolillo

**Figura 7.** Diseño de plantación en curvas de nivel

**Figura 8.** Modelo de nucleación

**Figura 9.** Diseño de nucleación propuesto

**Figura 10.** Secuencia de acciones para la instalación de plantones

**Figura 11.** Excavación de hoyos

**Figura 12.** Transporte de plantones

**Figura 13.** Diseño de revegetación en líneas

**Figura 14.** Diseño de revegetación en tresbolillos

**Figura 15.** Diseño de revegetación en cuadrados

**Figura 16.** Diseño de revegetación en núcleos

**Figura 17.** Semillero de *Festuca orthophylla*

**Figura 18.** Área de extracción adyacente

**Figura 19.** Cocha o represa artesanal y riachuelos

**Figura 20.** Recojo de guano de corral y colocación en sitio

**Figura 21.** Distribución de las lluvias según latitud y altitud

**Figura 22.** Selección de plantas madre y plantas maduras

**Figura 23.** Extracción de plantas madre

**Figura 24.** Extracción de macollos

**Figura 25.** Presencia de rebrote de macollos y poda de macollos

**Figura 26.** Macollos de *Calamagrostis*, altura de corte de macollos y raíz con pan de tierra

**Figura 27.** Acopio y almacenaje de macollos

**Figura 28.** Ubicación de puntos a nivel y trazo de líneas guía

**Figura 29.** Apertura de hoyos para especies de pastizal

**Figura 30.** Elaboración de hoyos y hoyo final

**Figura 31.** Dimensiones del hoyo para especies de pastizal

**Figura 32.** Colocación del macollo y macollo

**Figura 33.** Tapado del macollo y colocación de las capas de suelo

**Figura 34.** Tapado y apisonado de macollo

**Figura 35.** Colocación de paja

**Figura 36.** Mortalidad y recalce de macollos

**Figura 37.** Riego de macollos y hoyo con cosecha de agua

**Figura 38.** Abonamiento manual y distribución del abono

**Figura 39.** Extracción de *Senecio* sp. y de *Aciachne pulvinata*

**Figura 40.** Cerco de malla ganadera de nueve (9) hilos

**Figura 41.** Malla ganadera de seis (6) hilos para ovino y malla ganadera de nueve (9) hilos para alpaca

**Figura 42.** Cerco de alambre liso galvanizado y alambre de púas

**Figura 43.** Cercos de alambre

**Figura 44.** Trazado de puntos para el cerco y marcado de puntos para hoyos

**Figura 45.** Apertura de hoyos para postes y hoyos concluidos

**Figura 46.** Tratamiento de postes con brea y plantado de postes esquineros

**Figura 47.** Colocación y apisonado de postes

**Figura 48.** Cerco desplegado para colocación y tensión de malla ganadera

**Figura 49.** Unión de malla contigua y engrampado de malla al poste (derecha)

**Figura 50.** Aplicación de estiércol de ganado y distribución del guano de corral

**Figura 51.** Rotación de dormideros y abono mediante majadeo

**Figura 52.** Área invadida por *Senecio* sp. y extracción de plantas invasoras

**Figura 53.** Vivero nodriza o principal

**Figura 54.** Viveros de aclimatación o secundario

**Figura 55.** Flujo de actividades para la producción de plantones

**Figura 56.** Siembra de semillas en cama de almácigo

**Figura 57.** Tipos de envases de crecimiento

**Figura 58.** Diseño de barreras vivas en cárcavas

**Figura 59.** Diseño de barrera viva y/o forestal sobre camellón en una zanja de infiltración

**Figura 60.** Diseño de barrera viva y/o forestal sobre la zanja de infiltración

**Figura 61.** Diseño de revegetación con pastos en zanjas de infiltración

**Figura 62.** Diseño de revegetación con pastos en zanjas de infiltración con árboles

**Figura 63.** Diseño de las barreras vivas para terrazas de formación lenta

**Figura 64.** Distancia de sembrado de plantones y pastos en terraza de formación lenta

**Figura 65.** Distanciamiento de árboles según cobertura vegetal

## Tablas

---

**Tabla 1.** Estudios básicos recomendados

**Tabla 2.** Especies forestales potenciales para fines de reforestación según el tipo de ecosistema priorizado

**Tabla 3.** Propuesta de diseños de plantaciones forestales según el ecosistema

**Tabla 4.** Características del sitio según la especie forestal

**Tabla 5.** Personal para establecimiento de revegetación

**Tabla 6.** Cronograma de actividades para la instalación de la plantación

**Tabla 7.** Materiales y herramientas para 1 ha de revegetación

**Tabla 8.** Actividades realizadas para la instalación de una plantación forestal

**Tabla 9.** Unidades y rendimiento para las acciones de instalación

**Tabla 10.** Cronograma de actividades para acciones de establecimiento

**Tabla 11.** Personal para acciones de establecimiento de reforestación

**Tabla 12.** Actividades realizadas para las acciones de establecimiento

**Tabla 13.** Unidades y rendimientos para las acciones de establecimiento

**Tabla 14.** Clasificación por tipo de coberturas

**Tabla 15.** Clasificación por grado de cobertura vegetal

**Tabla 16.** Especies de pastizal apropiados para revegetación según ecosistema

**Tabla 17.** Clasificación del área afectada según la pendiente

**Tabla 18.** Parámetros mínimos para la selección de semilleros o áreas de extracción

**Tabla 19.** Parámetros mínimos apropiados para la selección de fuentes hídricas (datos referenciales)

**Tabla 20.** Parámetros mínimos para la selección de estiércol según especie (datos referenciales)

**Tabla 21.** Brigada de personal necesario para la revegetación y sus funciones

**Tabla 22.** Calendario de actividades para instalación de la revegetación

**Tabla 23.** Materiales y herramientas para 1 ha de revegetación

**Tabla 24.** Actividades para revegetación

**Tabla 25.** Tasa de avance diario para revegetación de pastos nativos según actividad

**Tabla 26.** Cronograma de acciones de establecimiento

**Tabla 27.** Brigada de personal necesario para el recalce y sus funciones

**Tabla 28.** Brigada de personal necesario para el riego y sus funciones

**Tabla 29.** Brigada de personal necesario para el control de plantas invasoras y sus funciones

**Tabla 30.** Brigada de personal necesario para el abonamiento y sus funciones

**Tabla 31.** Materiales y herramientas para recalce y sus actividades

**Tabla 32.** Actividades principales y secundarias para el presupuesto de revegetación

**Tabla 33.** Tasa de avance diario para revegetación de pastos nativos según actividad

**Tabla 34.** Calendario de actividades de clausura de praderas

**Tabla 35.** Materiales y herramientas para cercado

**Tabla 36.** Presupuesto para instalación de cerco

**Tabla 37.** Tasa de avance diario para cercado de pastos nativos (referencial)

**Tabla 38.** Cronograma de acciones de establecimiento de revegetación

**Tabla 39.** Brigada de personal necesario para el riego y sus funciones

**Tabla 40.** Brigada de personal necesario para el abonamiento y sus funciones

**Tabla 41.** Brigada de personal necesario para el control de plantas invasoras y sus funciones

**Tabla 42.** Tasa de avance diario para revegetación de pastos nativos según actividad

**Tabla 43.** Aspectos fenológicos, floración y fructificación de especies forestales (meses al año)

**Tabla 44.** Principales tratamientos pregerminativos de especies forestales

**Tabla 45.** Descripción de tipos de sustratos

**Tabla 46.** Tamaño de plantón de especies forestales

**Tabla 47.** Barrera viva y/o forestal utilizada por medida para control de erosión y estabilidad de laderas

**Tabla 48.** Distanciamiento de las barreras vivas según cobertura vegetal

**Tabla 49.** Distanciamiento de árboles según cobertura vegetal

**Tabla 50.** Brigada de personal necesario para la barrera viva

**Tabla 51.** Para una hilera de barrera viva y/o forestal

**Tabla 52.** Unidades y rendimientos para las acciones de establecimiento

**Tabla 53.** Actividades primarias y secundarias para el presupuesto de las barreras vivas

**Tabla 54.** Acciones de establecimiento para barreras vivas

**Tabla 55.** Brigada de personal necesario para la barrera viva

**Tabla 56.** Materiales y herramientas para una hilera de barrera viva

**Tabla 57.** Actividades para definir el presupuesto en las acciones de establecimiento

**Tabla 58.** Unidades y rendimientos para las acciones de establecimiento

# Presentación



El Perú, megadiverso y vulnerable al cambio climático, debe integrar en su desarrollo un enfoque de Reducción del Riesgo de Desastres (RRD) hidrometeorológicos, alineando políticas y compromisos internacionales de Gestión del Riesgo de Desastres (GRD) y promoviendo la conservación de la biodiversidad para aprovechar los servicios ecosistémicos. La Autoridad Nacional de Infraestructura (ANIN) en el marco del acuerdo de Gobierno a Gobierno entre el Perú y el Reino Unido, se encarga de la ejecución de proyectos para reducir riesgos en diecisiete (17) cuencas vulnerables del Perú.

Forest Trends, a través del Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica (NIWS por sus siglas en inglés), brinda asistencia técnica para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural. Ante la falta de metodologías, Forest Trends ha desarrollado guías para orientar estos procesos, disponibles en la *Serie de Guías para la Elaboración de Estudios Definitivos de Infraestructura Natural con Enfoque en Gestión del Riesgo de Desastres*.

Los proyectos de infraestructura natural para la gestión del riesgo de desastres se centran en abordar los principales factores que impactan los ecosistemas capaces de proporcionar el servicio ecosistémico de regulación de riesgos en la zona de origen de los peligros de inundación y movimientos de masas. Según el marco conceptual propuesto en esta serie de guías, estos factores incluyen: 1) áreas con ecosistemas degradados vulnerables a movimientos de masa y 2) áreas susceptibles a erosión y estabilidad de laderas. Esta guía específica se enfoca en el diseño de medidas de infraestructura natural dirigidas al primer factor.

Esta guía propone criterios para diseñar alternativas técnicas que promuevan la recuperación pasiva y activa de la cobertura vegetal en ecosistemas degradados, con el fin de proteger la superficie del suelo contra el impacto directo del agua de lluvia. Se priorizan especies nativas con potencial para el uso sostenible por las comunidades locales. Las principales medidas desarrolladas incluyen revegetación, reforestación, barreras vivas y cercos de exclusión, complementadas con acciones orientadas a apoyar la recuperación de la cobertura vegetal, como terraceo, instalación de viveros y sistemas temporales de riego, adaptadas a las condiciones y particularidades de cada intervención.

Además, desarrolla especificaciones técnicas detalladas, costos unitarios y una programación precisa de actividades para cada alternativa técnica propuesta. Esto la convierte en una herramienta práctica para la elaboración de estudios definitivos, utilizando un lenguaje accesible para intervenciones públicas y privadas, con un amplio potencial de aplicación en cualquier iniciativa orientada a la recuperación de la cobertura vegetal.



# Consideraciones generales

Foto: Forest Trends

## 1.1. Objetivo

El objetivo de esta guía es proporcionar directrices que orienten el diseño de medidas de infraestructura natural para la recuperación de cobertura vegetal en ecosistemas degradados susceptibles a inundación y movimiento de masas en proyectos con enfoque de gestión de riesgo de desastres en zona de origen de peligros.

## 1.2. Alcance

Esta guía está destinada a ser utilizada por especialistas técnicos de entidades públicas y privadas que promuevan y desarrollen intervenciones en infraestructura natural con un enfoque en la gestión de riesgos en las etapas de preinversión y en el desarrollo de estudios definitivos de proyectos orientados a la recuperación de servicios ecosistémicos de regulación de riesgos naturales (SERRN).

## 1.3. Definiciones importantes

**Infraestructura natural.** En inversión pública es la red de espacios naturales que conservan los valores y las funciones de los ecosistemas, proveyendo servicios ecosistémicos (MEF, 2018). En el marco de RCC la implementación de IN tiene como finalidad reducir el riesgo de desastres. Ejemplos: control de erosión del suelo, regulación de riesgos naturales, entre otros.

**Gestión del riesgo de desastres (GRD).** Proceso cuyo fin último son la prevención, la reducción y el control permanente de los factores de riesgo de desastres en la sociedad, así como la adecuada preparación y respuesta ante situaciones de desastre, considerando las políticas nacionales con especial énfasis en aquellas relativas a materia económica, ambiental, de seguridad, defensa nacional y territorial de manera sostenible (CENEPRED, 2014).

**Susceptibilidad.** Se refiere a la “mayor o menor predisposición a que un evento suceda u ocurra sobre determinado ámbito geográfico (depende de los factores condicionantes y desencadenantes del fenómeno y su respectivo ámbito geográfico)” (CENEPRED, 2014).

**Cambio climático.** Es el cambio de clima atribuido directa o indirectamente a la actividad humana, que produce una

variación en la composición de la atmósfera global y que se suma a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables (Minam, 2018). El cambio climático es uno de los principales motores del cambio global y tiene un profundo efecto sobre los sistemas naturales y humanos en todos los continentes y océanos, así como altera numerosos servicios ecosistémicos que deben ser protegidos mediante proyectos de IN para evitar movimientos de masa e inundaciones.

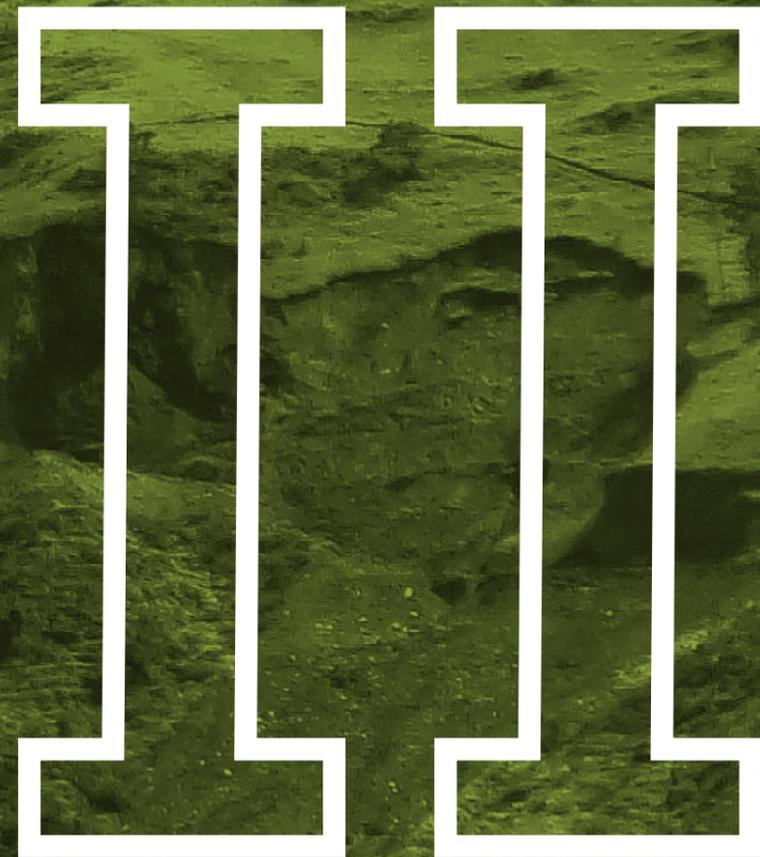
**Ecosistema.** Sistema natural de organismos vivos que interactúan entre sí y con su entorno físico como una unidad ecológica. Los ecosistemas son la fuente de los servicios ecosistémicos (Minam, 2021).

**Servicios ecosistémicos.** Son los beneficios económicos, sociales y ambientales, directos e indirectos, que las personas obtienen del buen funcionamiento de los ecosistemas (Congreso de la República del Perú, 2014).

**Servicio ecosistémico de regulación de riesgos naturales (SERRN).** Es la capacidad de los ecosistemas de reducir las condiciones de vulnerabilidad para prevenir o reducir los posibles daños por las amenazas o peligros, como huacos y avalanchas, entre otros (Minam, 2021).

**Ecosistemas degradados.** Ecosistemas que han sufrido la pérdida total o parcial de algunos de sus componentes esenciales (agua, suelo y especies), lo que altera su estructura natural y funcionamiento y disminuye su capacidad de proveer bienes y servicios ecosistémicos.



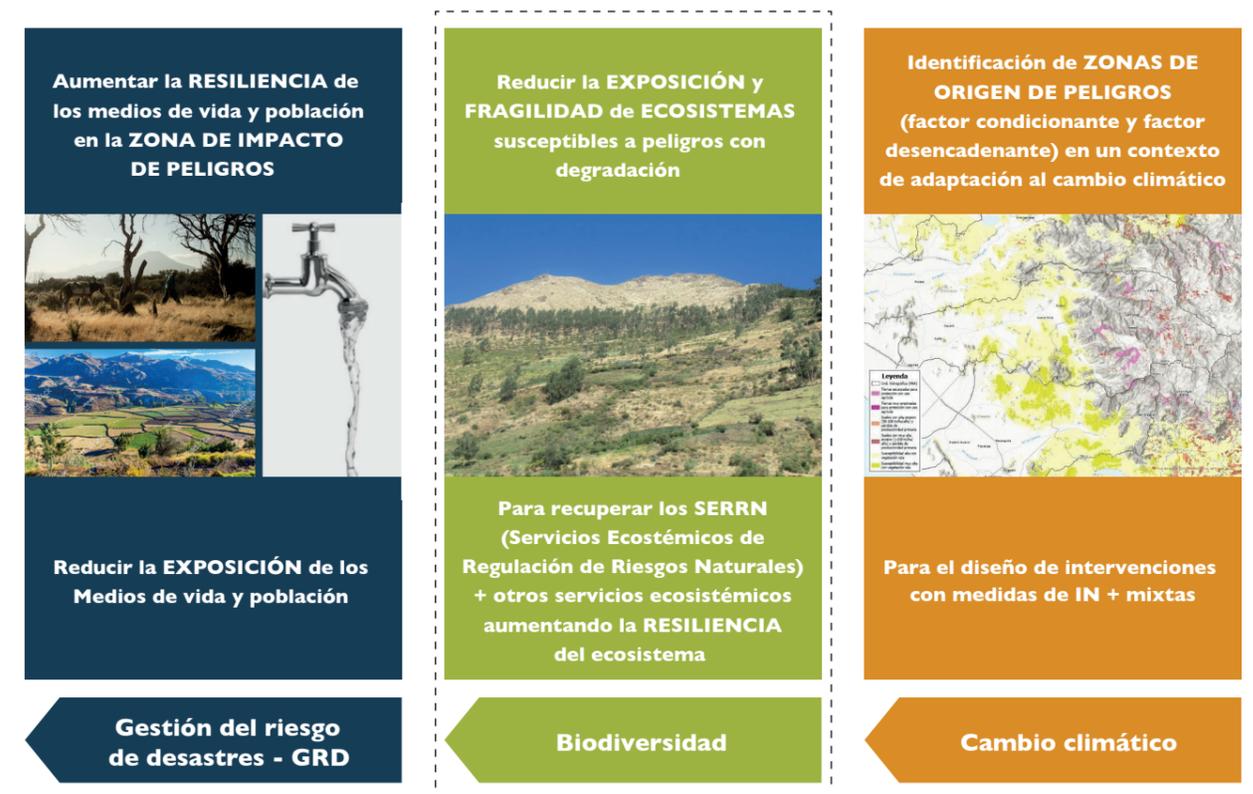


# Marco conceptual

Tomando como punto de partida la vinculación entre ecosistemas, GRD y cambio climático, se puede decir que se interviene en los ecosistemas para reducir su vulnerabilidad y la de las áreas susceptibles en las zonas de origen a través de medidas de IN que, al ser a su vez medidas de adaptación, permiten re-

cuperar la resiliencia del ecosistema mediante el servicio ecosistémico que brinda. Finalmente, la recuperación del SERRN repercute en el incremento de la resiliencia y disminuye la exposición de las poblaciones y medios de vida afectados por el impacto de los peligros de inundación y movimientos de masa.

**Figura 1.** Cadena de valor de las intervenciones en el SERRN



Fuente: Forest Trends

Según el marco normativo del Perú relacionado a la inversión pública, se puede intervenir en bienes o servicios públicos. Los servicios ecosistémicos son servicios públicos cuyas intervenciones se dan para poder recuperar la capacidad de los ecosistemas de proveer servicios ecosistémicos. En ese contexto, el SERRN es uno de los servicios de regulación que forma parte del grupo de servicios ecosistémicos que se encuentran normados por la Ley n.º 30215, en la que se definen las intervenciones con inversiones.

Las inversiones públicas deben identificar a la unidad productora de los servicios ecosistémicos, que en el caso del SERRN son los ecosistemas en áreas susceptibles a peligros de inundación y movimientos de masa. La identificación del tipo de peligro que se aborda permite determinar los factores de producción. Los factores de producción del servicio son aquellos elementos indispensables que deben estar en

óptimas condiciones para que la unidad productora pueda brindar los servicios ecosistémicos que van a ser recibidos por la población y medios de vida afectados. Han sido identificados tres factores de producción:

1. Cobertura vegetal
2. Control de erosión y estabilidad de laderas
3. Manejo y gestión del territorio

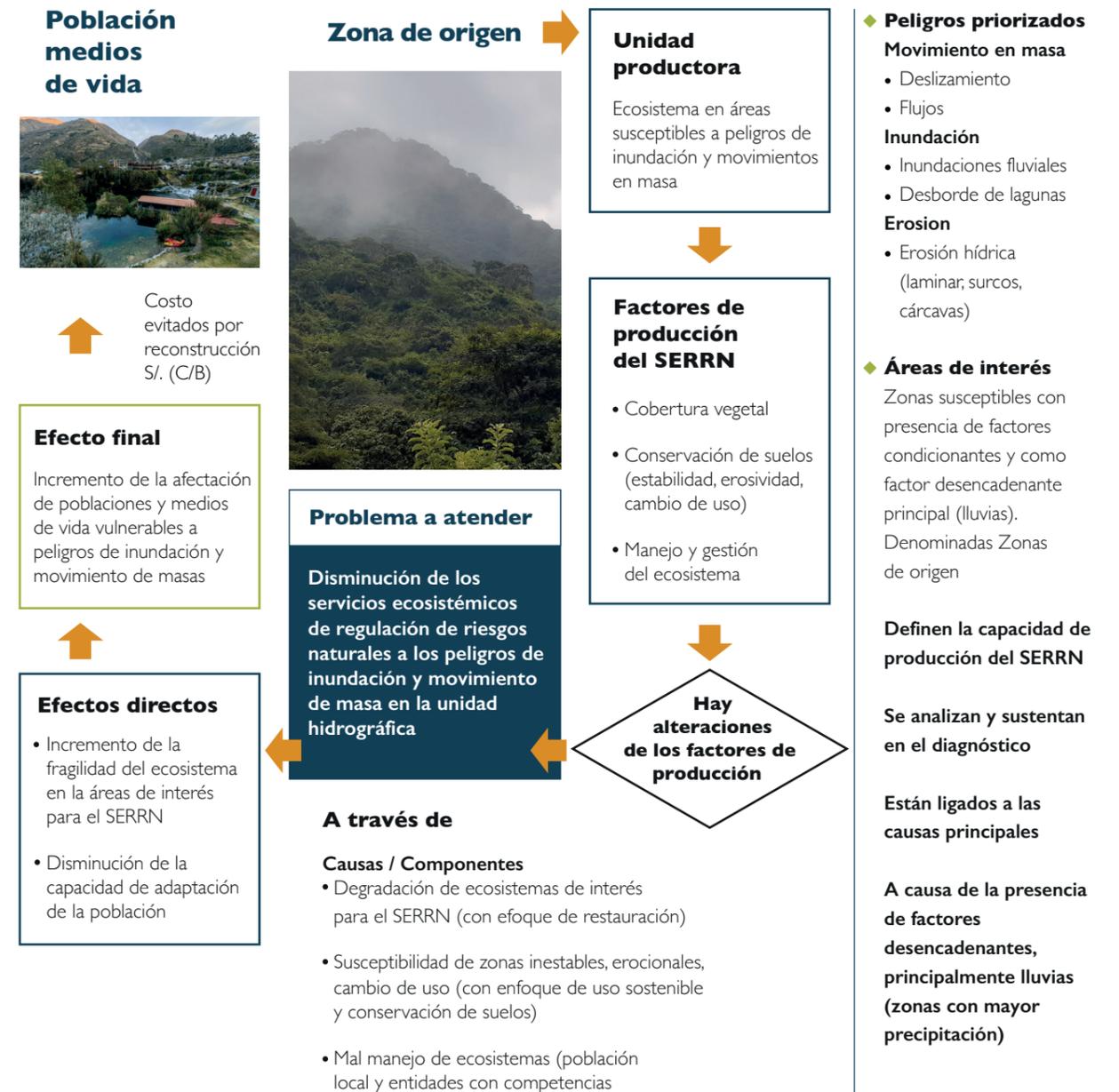
Estos elementos, denominados factores de producción, deben ser diagnosticados para determinar el nivel de afectación del ecosistema y su estado actual, a fin de identificar el problema y plantear las alternativas de solución que permitan recuperar su capacidad de proveer el SERRN. Este proceso es fundamental para el planteamiento de los factores de producción. En el caso de estos proyectos se han identificado los peligros de inundación y movimientos de masa, ambos de origen hidrometeorológico.



Foto: Forest Trends

Figura 2. Secuencia lógica para el marco conceptual de un proyecto de inversión que busca recuperar el SERRN

**Marco conceptual de inversiones en servicios ecosistémicos de regulación de riesgos naturales (SERRN)**



Fuente: Forest Trends



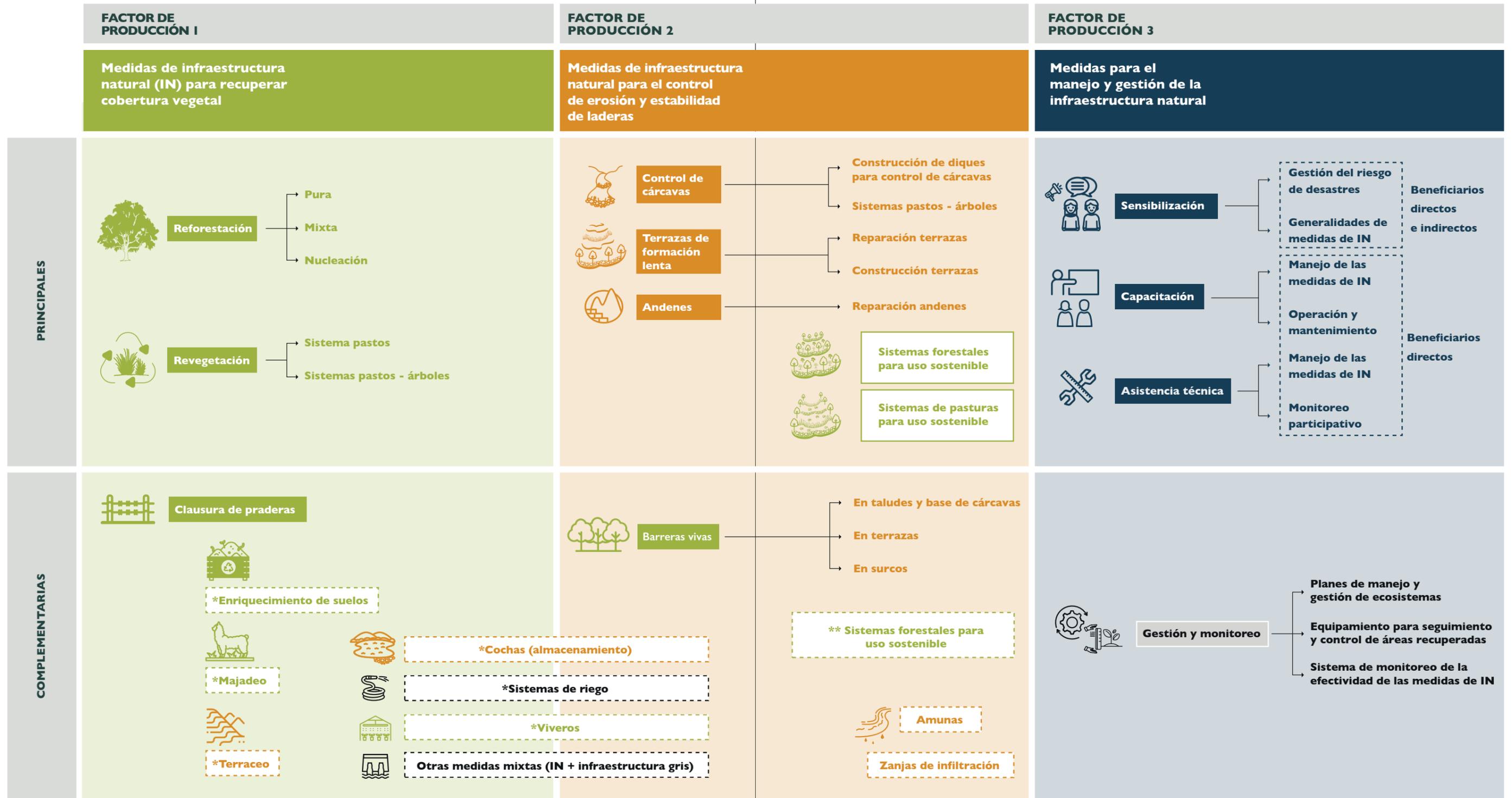
## Medidas de infraestructura natural

Las medidas de IN responden a los problemas identificados en cada uno de los factores de producción, por lo que se propone un menú de medidas a utilizar, sin excluir otras que pueden ser consideradas en los proyectos siempre que sea posible sustentar su relación directa con el objetivo de la medida. Las medidas de infraestructura se han agrupado de acuerdo con su objetivo en principales y complementarias.

Las medidas principales están dirigidas a atender de manera directa el problema asociado al factor de producción; es decir, su planteamiento es imprescindible dentro de la solución. Por otro lado, las medidas complementarias están enfocadas en apoyar el funcionamiento de las medidas principales y pueden o no estar presentes en la solución del proyecto, dependiendo de las particularidades de las zonas a intervenir.



**Figura 3.** Medidas de infraestructura natural por tipo de factor de producción



\* Pueden ser medidas complementarias o actividades como parte del diseño de medidas principales dependiendo de las características específicas del proyecto.

\*\* Pueden ser complementarias a las terrazas de formación lenta.

El proyecto NIWS ha elaborado guías metodológicas que desarrollan los criterios y procedimientos de diseño de cada una de las medidas relacionadas con cobertura vegetal y control de erosión y estabilidad de laderas. Asimismo, para las medidas asociadas a gestión y manejo del ecosistema se ha elaborado una guía que detalla los criterios para la elaboración del plan de fortalecimiento de capacidades con enfoques transversales.

Las medidas de IN para la recuperación de la cobertura comprenden intervenciones dentro del factor de producción I, que se orienta a la recuperación de cobertura vegetal, principalmente la reforestación y revegetación, cuyo objetivo es reducir la susceptibilidad alta y muy alta para detener la degradación y reducir los riesgos relacionados con eventos extremos (inundaciones y/o movimientos de masa). A la vez, se considera las medidas de enriquecimiento de suelos, clausura de praderas, majadeo y terraceo para apoyar el funcionamiento de las medidas principales.

Las medidas asociadas a riego también pueden plantearse como sistemas de riego complementario, así las cochas pueden ser consideradas como sistema de almacenamiento. Además, los viveros, dependiendo de las características y necesidades del proyecto, deben incluirse de manera complementaria.

Tanto las medidas de revegetación como las de reforestación desarrollan tipos de medidas en función de las oportunidades de la zona para realizar la intervención asociada a los problemas específicos que se pretende intervenir. El primer paso para producir una planta consiste en planificar, diseñar y ejecutar la plantación o la revegetación. Al diseñar estas medidas de IN debe haber un equilibrio entre las características del sitio (ecosistema degradado) y el espacio donde se desarrolle la vegetación. Cuando se planta árboles, arbustos y herbáceas en suelos degradados (erosionados, sin vegetación y compactados) se puede mejorar la infiltración del suelo, reducir los caudales pico y controlar la erosión.



Foto: Forest Trends



# IN

**Estudios necesarios para el diseño de las medidas de recuperación de la cobertura vegetal**

Para el diseño de las medidas de IN se requiere contar previamente con la localización de áreas de intervención y el desarrollo de estudios básicos que ayuden a definir aspectos técnicos de importancia. Estos estudios básicos son los que muestra la Tabla 1 y brindan una línea de base,

sustentada en conocimientos científicos y parámetros cuantificables, que permita mejorar la toma de decisiones en cuanto a la elección del sitio, de las especies a plantar, del diseño y la estrategia para realizar el seguimiento de las medidas a implementar.

**Tabla 1.** Estudios básicos recomendados

Estudio previo en el área a plantar	Medida del proyecto al que contribuye		Información obtenida
	Reforestación	Revegetación	
Estado del ecosistema	Selección de especies y diseño	Selección de especies y diseño	Composición florística y diversidad, morfología y fenología de árboles y arbustos, degradación y/o estado de conservación
Agrostológico	--	Selección de especies	Composición florística y diversidad, morfología y fenología de herbáceas
Fisiografía del terreno	Diseño	Diseño	Pendientes existentes en la zona
Edafológico	Diseño e instalación	Diseño e instalación	Niveles de pH, sales, materia orgánica, iones y nutrientes
Climatológico	Instalación	Instalación y acciones de establecimiento	Valores promedio de las variables atmosféricas (precipitación, temperatura, humedad relativa)
Hidrológico	Acciones de establecimiento	Diseño y acciones de establecimiento	Ubicación de cuerpos de agua o vías de acceso para implementar el riego, caudal
Uso actual de las tierras	Instalación	Instalación	Uso actual

Fuente: elaboración del equipo consultor

Para una revegetación y reforestación exitosa es necesario realizar la evaluación de sitio para obtener información adicional sobre las condiciones ecológicas específicas del sitio y de un área de referencia que sirva como modelo del resultado que se pretende alcanzar.

Esto permite contar con elementos que contribuyen a definir la estrategia de revegetación y reforestación más adecuada, ayuda a optimizar los recursos existentes y a alcanzar con mayor seguridad el objetivo planteado (Vargas, 2007).

# Orientaciones para el diseño de las medidas de infraestructura natural para recuperar la cobertura vegetal

De acuerdo con el marco conceptual (Figura 2), se intervienen las áreas para el factor de producción I, que tiene como objetivo recuperar la cobertura vegetal en ecosistemas degradados susceptibles a inundación y movimientos de masa. Existen dos medidas de IN principales que recuperan cobertura vegetal y que responden de manera directa al cumplimiento del objetivo de este factor: la reforestación y la revegetación. Asimismo, se pueden considerar medidas adicionales, como la clausura de praderas, bomba de semillas, el majadeo (complementario a las medidas de revegetación y enriquecimiento de suelos) o el terraceo (complementario a la medida de reforestación). Las medidas como la disposición de viveros y sistemas de riego temporal y cochas de almacenamiento también pueden complementar a ambas medidas principales.

## 5.1. Reforestación

### 5.1.1. Definición

La reforestación consiste en la plantación de bosques en tierras que ya habían contenido bosque pero que habían sido destinadas a otro uso (IPCC, 2014). Por su parte, la reforestación con especies nativas consiste en realizar plantaciones de árboles y/o arbustos en un espacio natural que ha sido perdido o alterado debido a diversos factores.

### 5.1.2. Objetivo

Restaurar la cobertura forestal con árboles y arbustos en las áreas de ecosistemas degradados susceptibles a inundaciones y movimientos de masa para la protección de sus suelos.

Beneficios:

- Disminuir la escorrentía del agua de la lluvia.
- Reducir la erosión hídrica del suelo.
- Incrementar la infiltración del agua en el suelo.
- Mejorar la regulación del clima.
- Contribuir a la captura de carbono.
- Reducir la exposición a peligros por movimientos de masa, como deslizamientos.
- Mejorar la regulación hídrica.

### 5.1.3. Diseño de reforestación

#### 5.1.3.1. Pautas para el diseño de reforestación

De acuerdo con Rodríguez-Trejo (2006), existen ciertas pautas que deben considerarse para la reforestación, entre ellas:

- Priorizar las especies nativas:** las especies seleccionadas deben ser las nativas del área de intervención que mejor se adapten a las condiciones actuales del ecosistema en cuanto a suelo, clima y topografía, y que brinden protección mecánica, provean agua y nutrientes al suelo.
- Incluir especies arbóreas y arbustivas:** ayuda a replicar los diferentes estratos vegetales del ecosistema a recuperar. Se requiere realizar una adecuada selección de especies en el sitio a reforestar.
- Utilizar plántones de calidad:** una planta de calidad es aquella que sobrevive y crece con vigor en el sitio de plantación, gracias a ello hay mayor éxito de supervivencia y establecimiento de la plantación.
- Priorizar especies resistentes a factores meteorológicos extremos** y que no solo cumplan una función de cobertura vegetal.
- Reducir la fragmentación y crear corredores:** a través de la reforestación se busca unir los ecosistemas degradados y/o fragmentados para recuperar los servicios ecosistémicos en el paisaje.
- Planificar la instalación en la época adecuada** para asegurar el mayor porcentaje de sobrevivencia de la especie.

#### 5.1.3.2. Selección de especies

Las especies potenciales para fines de reforestación por cada ecosistema priorizado se seleccionan tomando como referencia la Guía de selección de especies (Zúñiga et al., 2022). Para elegir las especies es necesario hacer una evaluación de flora en la zona de intervención, la cual consiste en un levantamiento de parcelas para árboles, arbustos y herbáceas en ecosistemas saludables similares a los que serán intervenidos con alguna medida de IN. En la mayoría de los casos, es conveniente elegir especies nativas de la región, las que mejor se adapten a las condiciones actuales del ecosistema en cuanto a suelo, clima, topografía, disponibilidad de agua, vegetación natural y el objetivo de la plantación. Asimismo, los criterios a considerar para la selección de especies pueden ser el uso de las especies nativas, las cualidades socioeconómicas de las especies, su contribución a los servicios

ecosistémicos que se busca restaurar y la sencillez de propagación (Zúñiga et al., 2022).

Luego de establecer los criterios de selección, se elabora una escala con calificaciones para cada cualidad que se esté evaluando dentro de un criterio. Finalmente, se suman

las calificaciones de los criterios seleccionados para todas las especies potenciales, donde las especies seleccionadas serán aquellas con las mayores puntuaciones. Para mayor detalle sobre la ponderación de calificaciones, consultar Zúñiga et al. (2022). En la Tabla 2 se muestra un ejemplo de las especies sugeridas según el tipo de ecosistema.

**Tabla 2.** Especies forestales potenciales para fines de reforestación según el tipo de ecosistema priorizado.

Ecosistemas	Especies registradas en los reportes de cada cuenca	Especies sugeridas en la Guía de selección de especies (Zúñiga et al., 2023)
Bosque estacionalmente seco de colina y montaña	<i>Prosopis pallida</i> , <i>Mimosa acantholoba</i> , <i>Vachellia macracantha</i> , <i>Tabebuia crisantha</i> , <i>Morisonia scabrida</i> , <i>Salix humboldtiana</i>	<i>Ceiba trichistandra</i> , <i>Loxopterygium huasango</i> , <i>Eriotheca ruizii</i> , <i>Bursera graveolens</i> , <i>Caesalpinia paipai</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Colicodendron scabridum</i> , <i>Erythrina velutina</i> , <i>Tabebuia chrysantha</i> , <i>Prosopis pallida</i> , <i>Vachellia macracantha</i>
Bosque relicto altoandino	<i>Polylepis racemosa</i> , <i>Polylepis incana</i> , <i>Buddleja coriacea</i> , <i>Buddleja incana</i> , <i>Escallonia resinosa</i>	<i>Polylepis racemosa</i> , <i>Buddleja coriacea</i> , <i>Buddleja incana</i> , <i>Baccharis tricuneata</i> , <i>Gynoxys oleifolia</i> , <i>Lupinus spp.</i> , <i>Parastrephia quadrangularis</i> , <i>Chuquiraga spinosa</i> , <i>Adesmia spinosissima</i> , <i>Escallonia resinosa</i> , <i>Ageratina sternbergiana</i> , <i>Festuca orthophylla</i> , <i>Stipa ichu</i>
Bosque relicto altoandino	<i>Polylepis racemosa</i> , <i>Polylepis incana</i> , <i>Buddleja coriacea</i> , <i>Buddleja incana</i> , <i>Escallonia resinosa</i>	<i>Polylepis racemosa</i> , <i>Buddleja coriacea</i> , <i>Buddleja incana</i> , <i>Baccharis tricuneata</i> , <i>Gynoxys oleifolia</i> , <i>Lupinus spp.</i> , <i>Parastrephia quadrangularis</i> , <i>Chuquiraga spinosa</i> , <i>Adesmia spinosissima</i> , <i>Escallonia resinosa</i> , <i>Ageratina sternbergiana</i> , <i>Festuca orthophylla</i> , <i>Stipa ichu</i>
Bosque relicto montano de vertiente occidental	<i>Guadua angustifolia</i>	<i>Retrophyllum rospigliosii</i> , <i>Prumnopitys harmsiana</i> , <i>Podocarpus oleifolius</i> , <i>Carica candicans</i> , <i>Cinchona pubescens</i> , <i>Juglans neotropica</i> , <i>Cedrela montana</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Cordia alliodora</i> , <i>Piper aduncum</i> , <i>Oreopanax oroyanus</i> , <i>Delostoma integrifolium</i>

Ecosistemas	Especies registradas en los reportes de cada cuenca	Especies sugeridas en la Guía de selección de especies (Zúñiga et al., 2023)
Jalca		<i>Laccopetalum giganteum</i> , <i>Calamagrostis recta</i> , <i>Calamagrostis tarmensis</i> , <i>Stipa ichu</i> , <i>Paspalum bonplandianum</i> , <i>Werneria nubigena</i> , <i>Valeriana pilosa</i> , <i>Permettya prostrata</i> , <i>Gynoxys oleifolia</i> , <i>Polylepis racemosa</i> , <i>Baccharis tricuneata</i>
Matorral andino	<i>Tara spinosa</i> , <i>Schinus molle</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Tecoma stans</i> , <i>Vachellia macracantha</i> , <i>Prunus capuli</i> , <i>Escallonia resinosa</i> , <i>Kageneckia lanceolata</i> , <i>Buddleja coriacea</i>	<i>Kageneckia lanceolata</i> , <i>Tecoma stans</i> , <i>Festuca orthophylla</i> , <i>Stipa ichu</i> , <i>Schinus molle</i> , <i>Caesalpinia spinosa</i> , <i>Barnadesia dombeyana</i> , <i>Carica candicans</i> , <i>Mutisia acuminata</i> , <i>Tecoma fulva</i> , <i>Spartium junceum</i> , <i>Parastrephia quadrangularis</i>
Pajonal de puna húmeda		<i>Chuquiraga spinosa</i> , <i>Baccharis latifolia</i> , <i>Baccharis tricuneata</i> , <i>Puya Raimondii</i> , <i>Lupinus spp.</i> , <i>Berberis lutea</i> , <i>Festuca orthophylla</i> , <i>Stipa ichu</i> , <i>Mutisia acuminata</i> , <i>Ageratina sternbergiana</i> , <i>Calamagrostis vicunarum</i> , <i>Colletia spinosissima</i> , <i>Parastrephia quadrangularis</i> , <i>Cantua buxifolia</i>

Fuente: Forest Trends. Adaptado de Zúñiga et al., 2023

### 5.1.3.3. Técnicas de reforestación

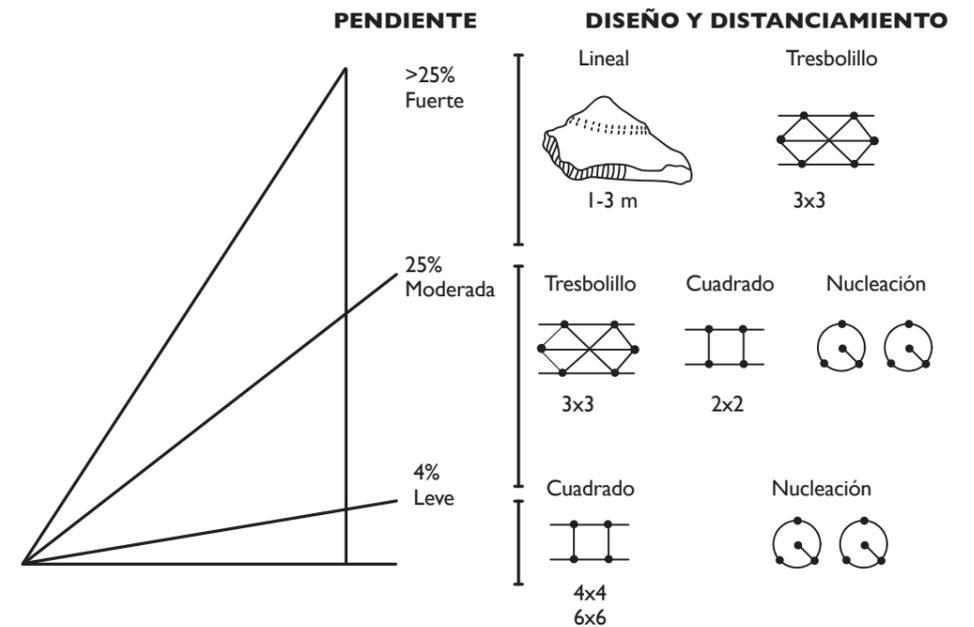
De acuerdo con los objetivos de la plantación, la información disponible sobre las especies seleccionadas y las características ambientales del sitio, se emplean distintas técnicas de reforestación y distanciamiento entre los individuos plantados. Esta guía considera tres (3) criterios para decidir el diseño y el distanciamiento a implementar en las plantaciones: 1) el tipo de ecosistema, 2) las características de las especies predominantes de dichos ecosistemas y 3) la pendiente del área.

Para identificar el tipo de ecosistema en el que se ubicará la plantación se debe revisar la información de las definiciones

conceptuales del *Mapa de los Ecosistemas del Perú*. Para información específica a nivel local se debe recurrir al estudio de evaluación del estado del ecosistema, que también contiene información acerca de las especies predominantes del ecosistema. Por su parte, la pendiente del área se clasifica de acuerdo con los siguientes rangos:

1. Pendiente leve de 0-4 %
2. Pendiente moderada de >4-25 %
3. Pendiente fuerte de >25 % a más.

Figura 4. Tipo de diseño según el grado de pendiente



Fuente: Forest Trends

Los tipos de medidas de reforestación considerados son los siguientes: reforestación pura, reforestación mixta y reforestación tipo nucleación.

#### 5.1.3.3.1. Reforestación pura y mixta

La reforestación es una de las técnicas más comunes, consiste en la plantación de árboles en una zona desprovista o con muy poca vegetación herbácea y arbustiva, con el objetivo de que estas especies plantadas pasen a ser las dominantes en el sistema. Según el ecosistema y las especies a utilizar, se determina si utilizar una reforestación pura, es decir, una plantación que solamente siembra una especie, o una reforestación mixta, que utiliza por lo menos dos (2) especies.

La reforestación mixta se recomienda en áreas con niveles de degradación bajo o medio, pérdida de cobertura de hasta

50 %, pendientes variadas, presencia de claros dispersos y grandes, así como evidencia de erosión de suelos de forma laminar o en surcos. En cambio, en áreas con niveles de degradación alto y muy alto, pérdida de cobertura mayor a 50 % y pendientes variadas, se recomienda aplicar reforestación pura cuando hay poca disponibilidad de especies nativas y aplicar reforestación mixta cuando hay variedad de ellas.

Para estos dos tipos de reforestación se pueden desarrollar los diseños cuadrados de 2x2, 4x4 y 6x6; así como el diseño tresbolillo de 3 m, donde los distanciamientos entre individuos dependen de las especies elegidas y las características propias del ecosistema.

#### a. Diseños cuadrados

En este tipo de diseño cada árbol se encuentra en el vértice

de un cuadrado equilátero, formando una malla de cuadrados (Figura 5). Se recomienda este diseño en terrenos planos o con pendientes menores a 20 % (CONAFOR, s. f.). Para el cálculo de árboles a plantar se sigue la fórmula (PPD-PNUD/GEF Panamá, 2019):

$$\text{Árboles} = M \div (D \times A)$$

**Donde:**

**M** = área para reforestar

**D** = distancia entre árboles

**A** = ancho entre filas de árboles

Los diseños cuadrados tienen muchas ventajas, por lo que han sido los más utilizados. Entre sus ventajas está el fácil manejo, debido a que permite al personal desplazarse en dos direcciones perpendiculares, entre filas y entre plantas. Asimismo, los diseños de amplio distanciamiento (6x6 a más) son menos costosos por la poca densidad de árboles plantados; los costos se elevan más en una plantación más densa (2x2). Sin embargo, si se tiene un diseño muy espaciado (6x6), existe la posibilidad de que crezcan naturalmente especies competidoras en los espacios libres entre los individuos plantados, pudiendo limitar su crecimiento y establecimiento (Lamprecht, 1990).

**Distanciamiento 2x**

Se recomienda en áreas con pendientes moderadas (4-25 %). Por ejemplo, este diseño se puede aplicar en reforestaciones con tara (*Tara spinosa*) por tratarse de una especie arbórea pequeña, con copa poco densa y de poca extensión (Cueva, 2003). La finalidad de la plantación de esta especie es proveer al suelo con abundantes sistemas radiculares que sirvan para retener al mismo y evitar la erosión por precipitaciones moderadas en pendientes pronunciadas (Minam, 2019).

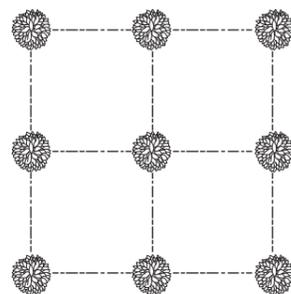
**Distanciamiento 4x4**

Este diseño se recomienda en áreas con pendiente leve (0-4 %), aunque también puede instalarse en áreas de pendiente moderada. Es propicio en ecosistemas como bosque relicto altoandino, bosque relicto mesoandino, pajonal de puna húmeda, jalca y matorral andino (Minam, 2019).

**Distanciamiento 6x6**

Se recomienda en áreas de pendiente leve (0-4%) en el ecosistema de bosque estacionalmente seco de colina y montaña, debido a las amplias longitudes horizontales que pueden alcanzar las copas de sus especies, así como por la natural distribución de las especies en el ecosistema de manera dispersa (Linares-Palomino, 2006). Entre las especies apropiadas para este distanciamiento están el algarrobo (*Prosopis pallida*), el faique (*Vachellia macracantha*), el charán (*Libidibia glabrata*), el guayacán (*Handroanthus chrysanthus*), el sauce (*Salix humboldtiana*) y el sapote (*Colicodendron scabridum*), entre otras.

**Figura 5.** Diseño de plantación rectangular



Fuente: Forest Trends

**b. Diseño tresbolillo**

En este diseño, cada árbol se encuentra en el vértice de un triángulo equilátero, como lo muestra la Figura 6. El distanciamiento depende de los requerimientos de espacio de la especie en estado adulto. Este diseño se debe implementar en terrenos con pendientes mayores a 20 %, aunque también es posible hacerlo en terrenos planos. Las líneas de plantación siguen las curvas de nivel, lo que permite minimizar la erosión del suelo y aprovechar el escurrimiento (CONAFOR, s. f.). Es importante tomar en cuenta que la distancia entre hileras no es la misma que la distancia entre individuos. Un adecuado arreglo se presenta en la Figura 6, donde la distancia entre hileras permite que se forme el triángulo equilátero característico del diseño (CONAFOR, s. f.).

Para calcular el número de árboles a plantar, se sigue la fórmula (PPD-PNUD/GEF Panamá, 2019):

$$\text{Árboles} = M / (D^2 \times 0,866)$$

**Donde:**

**M** = es el área para reforestar

**D** = es la distancia entre árboles

Aplicando este diseño con un distanciamiento de 3 m, se plantan 1285 árboles por hectárea.

La principal ventaja de este diseño es que se optimiza el espacio de plantación y es efectivo para evitar el deslizamiento de tierras en las pendientes. Su desventaja más importante es que las labores de mantenimiento se dificultan debido a la distribución de los individuos (Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, 2008).

Para pendientes moderadas y fuertes (de más de 4 %) en el ecosistema de bosque estacionalmente seco de colina y montaña, se recomienda plantar especies nativas de menor tamaño y copa, de amplia distribución altitudinal y tolerantes a pendientes, como *Colicodendron scabridum*, *Salix humboldtiana* y *Bursera graveolens*. En caso de que no estén disponibles los plantones de estas especies, puede optarse

por un diseño tresbolillo a 4x4 según sea conveniente y plantar la especie *Vachellia macracantha*, de amplia copa y distribución altitudinal y geográfica.

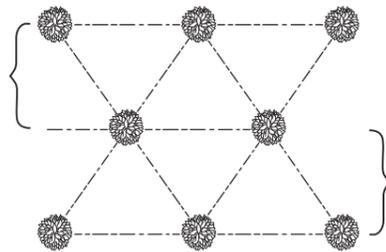
Por su parte, para pendientes moderadas y fuertes (de más de 4 %) en el ecosistema de matorral andino, se sugiere plantar las mismas especies que para el diseño 4x4, dado que, a mayores altitudes y pendientes, es importante priorizar el aumento de volumen radicular para proteger al área de la erosión, en vez de contribuir al desarrollo de las copas. Se debe tener en cuenta que *Tecoma stans* no se desarrolla adecuadamente en áreas con pendientes fuertes.

En cuanto a los bosques relictos altoandinos, este diseño se puede aplicar plantando *Polylepis spp.*, tanto en pendientes moderadas como fuertes. Asimismo, en los bosques relictos mesoandinos, tanto en pendientes moderadas como fuertes, se puede plantar *Alnus jorullensis*, *Polylepis spp.* y *Podocarpus glomeratus* en las áreas de pendientes moderadas. Las especies mencionadas se acomodan adecuadamente a los distanciamientos según las características de sus copas y tamaño, así como su tolerancia a pendientes más inclinadas.



Foto: Forest Trends

**Figura 6.** Diseño de plantación en tresbolillo



Fuente: Forest Trends

**c. Diseño lineal o en contorno**

Este diseño se implementa en áreas de pendientes pronunciadas, usualmente en regiones andinas, donde es muy complicado instalar un diseño tresbolillo. Consiste en plantar individuos arbóreos siguiendo el contorno de las curvas de nivel del sitio, siempre abonando el sitio, con la finalidad de facilitar su establecimiento. En ese sentido, este diseño debe acompañarse con un mecanismo de captación y retención de agua para reducir la erosión; por ejemplo, zanjias y terrazas o, en pendientes muy extremas, terrazas individuales (terraceo), de manera que se controla la escorrentía y se evita la erosión del suelo (PSDF, 2015).

individuos; mientras que, a un distanciamiento de 1 m, 101 individuos. Se recomienda un distanciamiento entre individuos de 3 m para las plantaciones en los ecosistemas de bosque estacionalmente seco de colina y montaña, matorral andino y bosque relicto mesoandino, dadas las características generales de sus especies (ver Tabla 2 para conocer las especies idóneas para cada uno). En cambio, en los bosques relictos altoandinos se recomienda un distanciamiento de 1 m y el uso del queñual (*Polylepis spp.*), por su capacidad de desarrollarse en áreas pequeñas (de Quesada Alzamora, 2018).

Para calcular la cantidad de árboles a plantar se sigue la fórmula:

$$\text{Árboles} = (L/D) + 1$$

**Donde:**

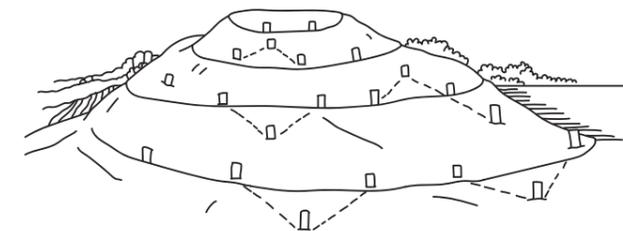
**L** = es Longitud para plantar  
**D** = es la distancia entre los plantones (PPDPNUD/GEF Panamá, 2019)

Al aplicar la fórmula al largo de una hectárea (100 m) y con un distanciamiento de 3 m se obtiene como resultado 34



Foto: Forest Trends

**Figura 7.** Diseño de plantación en curvas de nivel



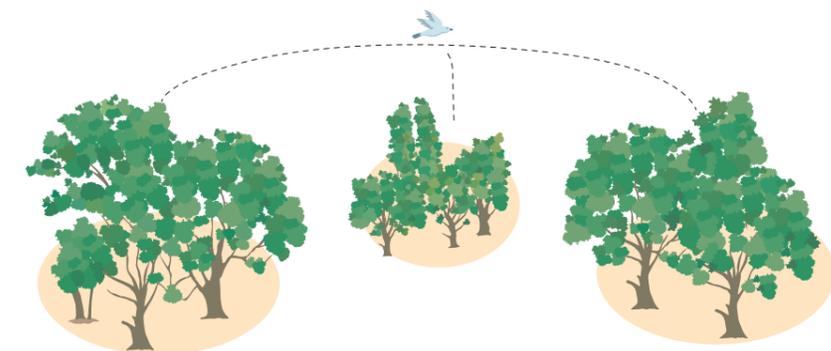
Fuente: Forest Trends

**5.1.3.2. Reforestación tipo nucleación (conjunto de árboles y/o arbustos)**

Es un diseño de islas que tiene el objetivo de acelerar la recuperación del bosque a una tasa de crecimiento similar a la plantación forestal, pero con una plantación menos intensiva, solo en puntos estratégicos (Allison y Murphy, 2017). En este diseño se contempla la plantación de propágulos o pocos individuos de diferentes especies en áreas circulares pequeñas, donde los individuos de estos nodos se esparcirán a los alrededores con el paso del tiempo, gracias al efecto nodriza y las interacciones planta-animal, como se muestra en la Figura 8 (Allison y Murphy, 2017).

La nucleación de árboles y/o arbustos es óptima en áreas con un nivel de degradación muy bajo o medio. Se prioriza en zonas con pérdidas de cobertura boscosa de hasta 50 % y en pendientes de entre 10 y 50 %. Cabe precisar que la presencia de claros pequeños y dispersos es un indicador para la aplicación de este diseño. Asimismo, se debe contar con disponibilidad de plantones de diversas especies. Se trata de una alternativa más económica que las plantaciones tradicionales (Allison y Murphy, 2017); sin embargo, se debe tener en cuenta que la falta de disponibilidad de plantones de especies arbustivas de la zona es una limitación de este diseño.

**Figura 8.** Modelo de nucleación

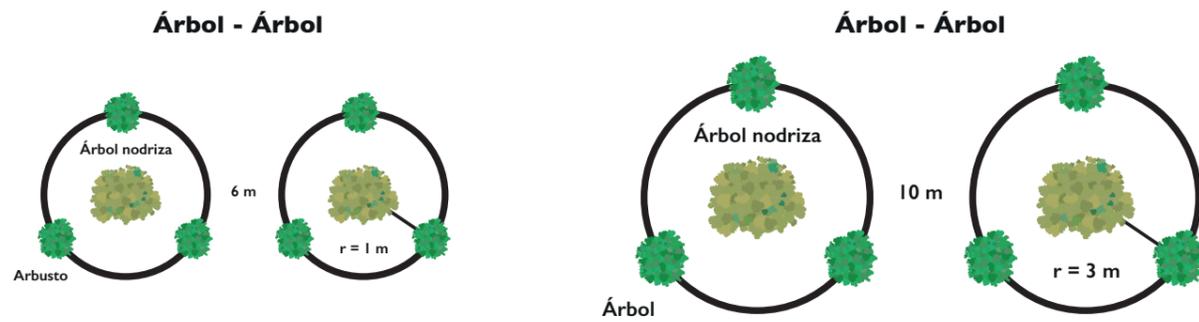


Fuente: Forest Trends

Esta guía propone un diseño de nucleación que combina especies arbóreas y arbustivas, donde el árbol se ubica en el centro del núcleo y los arbustos se colocan alrededor en un radio de 1 m y las nodrizas se distancian a 6x6. En

caso sea necesario aplicar una nucleación de solo árboles, se recomienda usar un radio de 3 m y un distanciamiento de nodrizas de 10x10 (Figura 9).

Figura 9. Diseño de nucleación propuesto



Fuente: elaboración del equipo consultor

Las especies idóneas para cada ecosistema donde es posible aplicar el diseño se encuentran en la Tabla 3. Finalmente, en

zonas de fuertes pendientes sin presencia de suelo y afloramientos rocosos no son viables las acciones de reforestación.



Tabla 3. Propuesta de diseños de plantaciones forestales según el ecosistema

Bosque estacionalmente seco de colina y montaña			
Pendiente*	Especies	Diseño (distanciamiento)	Fuente
1	<i>Prosopis pallida</i> , <i>Ceiba trichistandra</i> , <i>Vachellia macracantha</i> , <i>Libidibia glabrata</i> , <i>Salix humboldtiana</i> ***, <i>Handroanthus cryantha</i>	6x6	Canepa, 2018; Dostert et al., 2012; Rodríguez et al., 2007; Rojas y Torres, 2016; Cordero, 2016; Pinilla et al., 2015
2	<i>Prosopis pallida</i> , <i>Ceiba trichistandra</i> , <i>Vachellia macracantha</i> , <i>Libidibia glabrata</i> , <i>Salix humboldtiana</i> ***, <i>Handroanthus cryantha</i>	Nucleación con especies arbóreas y/o arbustivas	Canepa, 2018; Dostert et al., 2012; Rodríguez et al., 2007; Rojas y Torres, 2016; Cordero, 2016; Pinilla et al., 2015
	<i>Colicodendron scabridum</i> , <i>Libidibia glabrata</i> , <i>Salix humboldtiana</i> ***, <i>Bursera graveolens</i>	3x3	Canepa, 2018; Rodríguez et al., 2007; Pinilla et al., 2015
Matorral andino			
1	<i>Tara spinosa</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Schinus molle</i> , <i>Tecoma stans</i>	4x4	Cueva, 2003
	<i>Schinus molle</i> , <i>Escallonia resinosa</i> , <i>Kageneckia lanceolata</i> , <i>Buddleja coriacea</i>	Nucleación con especies arbóreas y/o arbustivas	Schulte et al., 1992
1, 2	<i>Vachellia macracantha</i>	6x6	Cordero, 2016
2	<i>Tara spinosa</i>	2x2	Cueva, 2003
2	<i>Tara spinosa</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Schinus molle</i> , <i>Tecoma stans</i>	3x3	Cueva, 2003; Ospina et al., 2005; Schulte et al., 1992
3	<i>Tara spinosa</i> , <i>Alnus acuminata</i> , <i>Schinus molle</i> , <i>Tecoma stans</i>	Lineal	Cueva, 2003; Ospina et al., 2005; Schulte et al., 1992

Bosque estacionalmente seco de colina y montaña			
Pendiente*	Especies	Diseño (distanciamiento)	Fuente
<b>Bosque relicto altoandino</b>			
1	<i>Polylepis spp.</i> , <i>Buddleja coriacea</i> , <i>Buddleja incana</i> , <i>Escallonia resinosa</i>	Nucleación con especies arbóreas y/o arbustivas	
	<i>Polylepis spp.</i>	4x4	Reynel et al., 2016; Pretell Chiclote et al., 1985
2	<i>Polylepis spp.</i>	3x3	Reynel et al., 2016; Pretell Chiclote et al., 1985
3	<i>Polylepis spp.</i>	Lineal	Reynel et al., 2016; Pretell Chiclote et al., 1985
<b>Bosque relicto mesoandino</b>			
1	<i>Podocarpus glomeratus</i> , <i>Alnus jorullensis</i> , <i>Polylepis racemosa</i> , <i>Myrcianthes oreophila</i>	4x4	
	<i>Polylepis racemosa</i> , <i>Escallonia resinosa</i> , <i>Escallonia myrtilloides</i> , <i>Kageneckia lanceolata</i> , <i>Buddleja incana</i> , <i>Vallea stipularis</i>	Nucleación con especies arbóreas y/o arbustivas	
2	<i>Alnus jorullensis</i> , <i>Myrcianthes oreophila</i> , <i>Polylepis racemosa</i>	3x3	
3	<i>Podocarpus glomeratus</i> , <i>Alnus jorullensis</i> , <i>Polylepis racemosa</i> , <i>Myrcianthes oreophila</i>	Lineal	

Fuente: consulta de expertos; Rodríguez et al., 2007; Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, s. f.; Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria, s. f.; FAO, 1985; CONAFOR, s. f.; AIDER, 2017; Cerrón et al., 2019; Montero, 2006; FAO, 1985a; de la Torre (CONDESAN), 2018; Ospina et al., 2005; Mendoza-Tapia, 2015; González-Alfaro, 2015; de Quesada Alzamora, 2018; CAR, 2018. NOTA: \* 1) Pendiente leve, 0-4 %, 2) Pendiente moderada, 4-25 %, y 3) Pendiente fuerte igual o mayor a 25 %. \*\* Sauce (*Salix humboldtiana*) es una especie que se desarrolla adyacente a ríos, se recomienda realizar la plantación con esta especie próxima a riberas.

#### 5.1.3.4. Secuencia de acciones para la instalación de plantones

Para la instalación de los plantones en campo se debe cumplir con la siguiente secuencia de acciones

**Tabla 3.** Secuencia de acciones para la instalación de plantones



Fuente: Forest Trends

##### 5.1.3.4.1. Determinación de la época de plantación

La mejor época para las plantaciones es a inicios de la temporada de lluvias. Asimismo, se debe procurar plantar en días nublados o con lluvias intermitentes para reducir el choque de esta operación. Otra medida para reducir el estrés de los árboles es plantar temprano por la mañana o a horas avanzadas de la tarde.

##### 5.1.3.4.2. Preparación del área de intervención (obra preliminar)

La adecuada y oportuna preparación del terreno es un factor fundamental en la reforestación, pues proporciona a las plantas las condiciones necesarias para su adecuado crecimiento y desarrollo. La preparación del área de intervención se realiza con la finalidad de eliminar malezas y evitar competencia para las plántulas por suelo, agua, luz y nutrientes. Esta limpieza es realizada manualmente por obreros, la cantidad depende del área y el tiempo reservado para esta actividad.

##### 5.1.3.4.3. Trazo de líneas guía y marcación de hoyos

El trazo de líneas guía y la marcación de cada hoyo dependen del distanciamiento entre árboles o arbustos planteado en el diseño. Esta actividad podría parecer poco importante pero no es así, debe considerarse el tipo de pendiente y curvas de nivel. La persona encargada de esta actividad debe ser precisa en la marcación, de lo contrario podría ocasionar cambios en el diseño planteado. Principalmente, la marcación se hace de forma manual por las

pendientes que tienen las áreas de intervención, difícilmente esta actividad puede hacerse mecánicamente. Es importante tomar en cuenta los diseños que se han planteado según las pendientes de cada área de intervención, se encuentran en el ítem de Técnicas de reforestación y diseño de la presente guía.

##### 5.1.3.4.4. Apertura de hoyos

Después de la marcación se pasa al hoyado. El hoyo deberá ser lo suficientemente profundo y ancho para proporcionar a la planta la cantidad de tierra removida que facilite el arraigo inicial y acumule la humedad necesaria para que las nuevas raíces se establezcan.

Para la excavación de hoyos en suelos de fácil apertura deben considerarse las medidas de 40x40x40 cm para obtener un mejor desarrollo de raíces. Los suelos compactos en extremo primero deben aflojarse con un pico. Cuando los sitios de plantación coinciden con suelos arenosos y susceptibles a fuertes vientos, se recomienda plantar sin abrir hoyos muy grandes: basta con enterrar la pala, hacer palanca y abrir un hoyo ancho, pero sí profundo, para continuar con los procedimientos de plantación normales (López, 2004).

Una vez terminado el hoyo, la tierra superficial apartada se coloca al fondo del hoyo. La otra parte de la tierra se mezcla con abono orgánico para tapar el hoyo una vez colocado el plantón (Arriaga et al., 1994; López, 2004). Para realizar un hoyo se necesita un obrero, esta actividad puede realizarse de forma simultánea al marcado.

**Figura 11.** Excavación de hoyos



Fuente: Forest Trends

#### 5.1.3.4.5. Traslado de plántones

El traslado de plántones es la última etapa del trabajo en vivero, es importante brindar los cuidados necesarios para garantizar la calidad de los plántones. Para evitar los daños físicos al tallo, la raíz o al envase, se debe tener mucho cuidado en la selección, el acomodo y el transporte. Es crucial que el plánton sea tomado por la parte del envase y no por el tallo o follaje. Para prevenir posibles daños se recomienda seguir las siguientes indicaciones (CONAFOR, 2010):



Las distancias del vivero al área de plantación deben ser cortas (traslados no mayores a 100 km).



Para el traslado de la planta, evitar movimientos bruscos y elegir una hora y una velocidad adecuadas para evitar que las plantas sean expuestas al sol y a corrientes de aire.



Transportar la cantidad óptima de plantas por viaje de acuerdo con las características del vehículo de transporte, sin sobrecargarlo.



Proteger la carga con malla sombra encima de la estructura del medio de traslado.



Efectuar la descarga en un lugar plano y evitar cualquier movimiento que pudiera originar alguna pérdida de la tierra del envase.



Al hacer la distribución en el terreno, tomar los contenedores por las orillas, nunca del tallo de la planta. En un sistema tradicional se toma del envase, jamás del tallo.

Si las plantas a trasladar están contenidas en bolsas de plástico, se sugiere hacerlo de una de estas tres maneras, dependiendo de las condiciones del terreno y de los costos (Arriaga et al., 1994):

- *Con ayuda de camiones o camionetas.* Al acomodar las plantas en el camión se debe cuidar que los envases sean de las mismas dimensiones y que se puedan estibar las plántulas sin lastimarlas (no más de dos niveles). Acomodarlas de manera que ocupen toda la superficie de carga de la camioneta para evitar que se muevan, o bien usar la ayuda de cuerdas.

- *Con animales de carga.* Se sugiere usar cajas de madera para acomodar las plantas, cuidando ajustarlas para que no se muevan. No poner otra capa de plantas, a menos que los recipientes sean pequeños y cuidando no maltratar los tallos y hojas de las que estén abajo. La carga debe quedar bien sujeta y nivelada de ambos lados del animal para disminuir el riesgo de llegar a voltearse.

- *Por personas.* Se usan cajas y se debe cuidar que las plantas queden bien acomodadas y tengan el menor movimiento posible. Es costoso cuando las dimensiones de las bolsas y el tamaño de las plántulas son pequeños.

**Figura 12.** Transporte de plántones



Fuente: Freepik.com



#### Áreas de aclimatación

Las áreas de aclimatación son los espacios donde se colocan los plántones que no han podido ser instalados en el día para protegerlos de las lluvias. Se trata de construcciones muy simples con materiales de la zona y se ubican al costado de las áreas de intervención. Esta actividad la pueden realizar dos obreros. No es necesario establecer áreas de aclimatación para todas las áreas en donde se desarrolle una plantación.

#### 5.1.3.4.6. Siembra de plántones

La siembra de plántones es una actividad importante porque una mala instalación podría ocasionar que la planta no llegue a establecerse, a pesar de haber tomado todos los cuidados en vivero y en traslado. Este es el paso a paso para hacerlo con éxito:

- Antes de realizar la siembra, quitar las piedras o los trozos duros de tierra que aparezcan en el fondo del hoyo. No mezclar con el suelo que se echará en el hoyo.
- Abrir la bolsa rasgando a lo largo de una de sus uniones laterales con cuidado de no romper las raíces, pues podría impedir el desarrollo normal del sistema radical. Colocar la bolsa de lado para abrirla bien y retirarla con cuidado, evi-

tando que la tierra se desprenda de la planta. Si hay raíces enroscadas en el fondo de la bolsa, cortarlas con un cuchillo o machete bien afilado.

- Colocar la planta en el centro del hoyo.
- Si se utiliza hidrogel, colocarlo en este momento.
- Apisonar la tierra alrededor de la planta. El plánton no debe permanecer hundido o bajo el nivel del suelo, sino al mismo nivel para evitar que se formen charcos y se pudra la planta.

#### a. Caracterización y manejo del sitio a plantar

Una plantación puede considerarse exitosa cuando se logran tasas de supervivencia superiores a 95 % y el crecimiento en altura es igual o superior al 50 % del máximo que puede alcanzar la especie en ese sitio. Para tener éxito se deben utilizar plantas de la mejor calidad posible y tener cuidado en el manejo, el almacenaje y el transporte. También se debe hacer una buena preparación del sitio para eliminar o disminuir los factores que limitan el establecimiento de las plantas. Por último, la plantación debe realizarse de manera oportuna y adecuada. Las características del sitio que limitan el éxito del establecimiento y comportamiento de una plantación pueden ser de diferente índole. Pueden estar relacionados con el clima, la fisiografía, la vegetación natural y el suelo.

**Tabla 4.** Características del sitio según la especie forestal

Especie	Condiciones climáticas		Suelo				
	T° (°C): T° media anual	Precipitación (mm/año):	Textura	Drenaje	Fertilidad	Acidez	Tolerancia a inundaciones
<i>Tara spinosa</i>	12-24	400-1100	- Suelos franco-arenosos, algo calcáreos, livianos y sueltos - Suelos no tan livianos (con mayor contenido de arcilla), pedregosos y degradados	Buen drenaje	Alto contenido de M.O	6-7,5 Neutro-alcalino	No tolerante
<i>Prosopis pallida</i>	20-30	0-1000	- Suelos arenosos - Suelos arcillosos bien drenados - Suelos pedregosos bien drenados	Buen drenaje	P es limitante, puede inhibir fijadoras de N	Alcalino	Tolerante
<i>Alnus acuminata</i>	4-18	600-3200	Suelos franco o francoarenoso	Buen drenaje	Alto contenido de M.O	4,5-6,0	No tolerante
<i>Polylepis racemosa</i>	20	250-2500	Suelos poco profundos, incluso con pedregosidad	Buen drenaje	S.i.	S.i.	S.i.
<i>Tecoma stans</i>	23-28	700-1800	Suelos arenosos, aluviales, calcáreos y ácidos	Buen drenaje	S.i.	Alcalino	S.i.
<i>Shinus molle</i>	10-20	250-1000	- Suelos arcillosos - Suelos arenosos y francos		S.i.	Alcalinos y neutros	S.i.
<i>Handroanthus chrysantus</i>	12-24	1000-2500	Suelos franco a francoarenoso	Buen drenaje	S.i.	S.i.	S.i.
<i>Salix humboldtiana</i>	14	600-3000	Suelos arenosos	Suelos húmedos	S.i.	S.i.	Tolerante
<i>Colicodendron scabridum</i>	19-26	279-1000	Suelos arenosos y francos	S.i.	S.i.	Ligeramente ácido	S.i.
<i>Libidibia glabrata</i>	20-26	300-667	Suelos franco-franco arcilloso, arcilloso	S.i.	S.i.	S.i.	S.i.
<i>Escallonia racemosa</i>	4,5-9	500-1000	Suelos franco-arenosos	Suelos húmedos	No es exigente	S.i.	Tolerante
<i>Buddleja coriacea</i>	15	500-1000	Suelos franco-arenosos	S.i.	S.i.	S.i.	S.i.
<i>Kageneckia lanceolata</i>	5-15	150-859	Suelos franco-arcillosos	Buen drenaje	No es exigente	Ácido y alcalinos	S.i.
<i>Podocarpus olei folius</i>	12-18	1000-4000	Suelos arenosos	Suelos húmedos	No es exigente	Ácidos (4,4)	Tolerante

S. i. = Sin información      M. O. = Materia orgánica

Fuente: Forest Trends

#### 5.1.4. Tipo de personal

El personal idóneo para realizar la plantación es el siguiente:

**Tabla 5.** Personal para el establecimiento de revegetación

Personal	Función	
Capataz	Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico y redistribuir el número de obreros de acuerdo con el avance.</li> <li>Supervisar la calidad del trabajo de reforestación, corrigiendo los plantones mal colocados (en ángulos inadecuados, con el cuello de la planta por debajo del nivel necesario, en hoyos muy profundos o, por el contrario, que sobresalen del hoyo cavado).</li> <li>Controlar y llevar un registro diario del avance de las actividades, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros y las especies utilizadas, entre otros elementos.</li> </ul>	
Obreros	Chapeadores	Realizar la limpieza inicial del terreno.
	Marcadores	Marcar los puntos del terreno donde se plantarán individuos.
	Picadores	Realizar los hoyos con los zapapicos, a la profundidad y la distancia adecuadas.
	Distribuidores	Llevar y colocar los plantones en los hoyos.
	Apisonadores	Ubicar correctamente los plantones, tapar y apisonarlos con tierra a la profundidad adecuada.
	Regadores	Realizar el primer riego de los plantones.

Fuente: Forest Trends

#### 5.1.5. Tiempo de implementación

El personal idóneo para realizar la plantación es el siguiente:

**Tabla 6.** Cronograma de actividades para la instalación de la plantación

Actividad	Año I												
	Meses												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Producción del plantón en vivero	x	x	x	x	x	x	x						
Aclimatación								x					
Limpieza manual del terreno								x	x				
Excavación manual (apertura de hoyos)										x	x		
Plantación										x	x	x	
Fertilización de plantones													x
Riego													x

Fuente: Forest Trends

### 5.1.6. Materiales y equipos

La Tabla 7 muestra las principales herramientas manuales y los equipos básicos a tener en cuenta para la instalación de una plantación forestal.

**Tabla 7.** Materiales y herramientas para 1 ha de revegetación

Herramienta	Función
Zapapicos	Elaboración de hoyos
Barretas	Apertura de hoyos
Picos	Apertura de hoyos
Palas	Apertura de hoyos
Sacos de abono (10 kg)	Abonar la planta
Carretillas	Transporte de plántones
Sacos de cal	Marcar
EPP (casco, botas, chaleco, guantes, mascarilla)	Seguridad
Wincha 50 m	Medición del área de avance y distanciamiento entre plantas
Equipo para aplicar fertilizante	Aplicación de fertilizante
Bomba y manguera de agua	Regar

Fuente: Forest Trends

### 5.1.7. Costos de ejecución para la instalación de una plantación forestal

La Tabla 8 señala las principales actividades para la instalación de una plantación, que incluyen la construcción de viveros temporales y la zona de aclimatación, así como las actividades durante la instalación. En el caso práctico<sup>1</sup>, se presenta el presupuesto para la instalación de 1 ha de plantación con referencia a una plantación de distanciamiento 2 x 2.

**Tabla 8.** Actividades realizadas para la instalación de una plantación forestal

Tipología de actividad	Actividades
Obras provisionales	- Construcción de viveros temporales - Construcción de zona de aclimatación
Obras preliminares	- Limpieza del terreno
Transporte	- Transporte de plántones 20 km - Transporte de personal hasta 20 km
Instalación de la plantación	- Marcado de hoyos - Apertura de hoyos - Fertilización - Siembra de plántones - Control sanitario

Fuente: Forest Trends

<sup>1</sup> Caso de estudio sobre las medidas de reforestación y revegetación en Huancaya y Huantán, cuenca del río Cañete.

**Tabla 9. Unidades y rendimiento para las acciones de instalación**

Actividad	Unidad	Rendimiento
Transporte de plántones hasta 20 km	ud.	625 plántones/día
Transporte de personal en camión baranda hasta 20 km	ud.	25 peones/día
Limpieza manual de terreno	m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup> /día/hombre
Apertura de hoyos de 0,30x0,30x0,30 m para plántones	ud.	30 hoyos/día/hombre
Plantación de árboles	ud.	25 und./día/hombre
Control sanitario	ha	0,05 ha/día/hombre

Fuente: Forest Trends

Otras acciones complementarias, según sea el caso, son la incorporación del retenedor de humedad (hidrogel) y la construcción de cercos para evitar el ganado, entre otras.

### 5.1.8. Establecimiento para la reforestación

#### 5.1.8.1. Acciones de establecimiento

Los porcentajes de supervivencia y crecimiento en el campo son distintos dependiendo de la especie forestal, las características del sitio y la época de siembra. En el éxito o fracaso del establecimiento también influyen problemas ocurridos en uno o más de los eslabones de la cadena de eventos que transcurren durante el proceso de extracción, traslado y almacenamiento de plántones (Andenmatten, 1993). Por otro lado, para que la supervivencia de los plántones sea exitosa, las acciones de establecimiento deben realizarse de forma adecuada y técnica.

#### a. Riego temporal

Si no es temporada de lluvias, después de la plantación se lleva a cabo un primer riego (riego complementario). Al menos durante el primer año se deben realizar riegos periódicos, hasta contemplar que se hayan establecido los plántones.

En caso de ser necesario, el riego en época seca (seis meses, aproximadamente) se debe llevar a cabo cada quince días, un total de doce riegos. Para esta actividad se puede considerar, por ejemplo, el alquiler por día de una camioneta para el riego. En ese caso debe incluir en el presupuesto el pago del jornal de quien maneja el vehículo y de quien realiza el riego, así como el pago por contenedores de aproximadamente 300 galones. Todo tiene un costo aproximado de S/ 800 por hectárea/día.

Una muy buena alternativa es instalar un sistema de riego temporal en zonas con terrenos y pendientes favorables. Estos sistemas permiten ahorrar costos y tiempo para la actividad del riego, pues se minimiza el número de operarios necesarios, así como el tiempo para el transporte de contenedores de agua hasta los plántones. Para que esta opción sea viable es necesario realizar estudios previos de disponibilidad de agua en la zona donde se plantea instalar el sistema de riego.

#### b. Recalce

El recalce o reemplazo de los plántones se lleva a cabo en un plazo no mayor a un año después de realizada la plantación, dependiendo de la evaluación que se realice en la zona. Consiste en reemplazar los árboles que no hayan sobrevivido con otros individuos vivos. El proceso inicia con el marcaje de árboles muertos, luego viene el hoyado, seguido por el transporte de los nuevos plántones y, finalmente, la plantación. Es importante considerar que el número de individuos a recalzar es usualmente calculado de antemano, suele ser el 5 % del total de individuos plantados; no obstante, se recomienda revisar en la literatura cuál es la proporción más exacta para cada especie (Tejada, 2018).

#### c. Abonamiento

El abonamiento es una actividad que se recomienda realizar anualmente. Tiene la finalidad de reinsertar nutrientes en el sustrato del plánton para permitir que el árbol joven no limite su desarrollo por falta de ellos. Asimismo, la fertilización del suelo ayuda a mejorar sus características físicas, químicas y biológicas, así como su porosidad, retención de agua e infiltración, de manera que repercuta positivamente en el mejor desarrollo y rendimiento del arbolado y favorece también su desarrollo radical.

#### d. Control de plagas

Para esta acción se recomienda el uso de bioinsecticidas, los cuales son sustancias y mezclas de origen vegetal, animal o mineral que tienen propiedades repelentes para la prevención y el control de plagas y/o enfermedades. Su uso supone un menor riesgo de contaminación al ambiente, ya que se fabrican con sustancias biodegradables y de baja o nula

toxicidad. Varios actúan rápidamente inhibiendo la alimentación del insecto, aunque a la larga no causen su muerte.

#### e. Cercado

Si se planta en áreas donde se encuentre evidencia de pastoreo, se recomienda poner un cerco. Las características del cercado se encuentran en el capítulo de clausura de praderas.

### 5.1.8.2. Tiempo para acciones de establecimiento

La Tabla 10 presenta un cronograma provisional con las actividades que conforman las acciones de establecimiento. Las acciones de mantenimiento pueden demorar alrededor de cinco años.

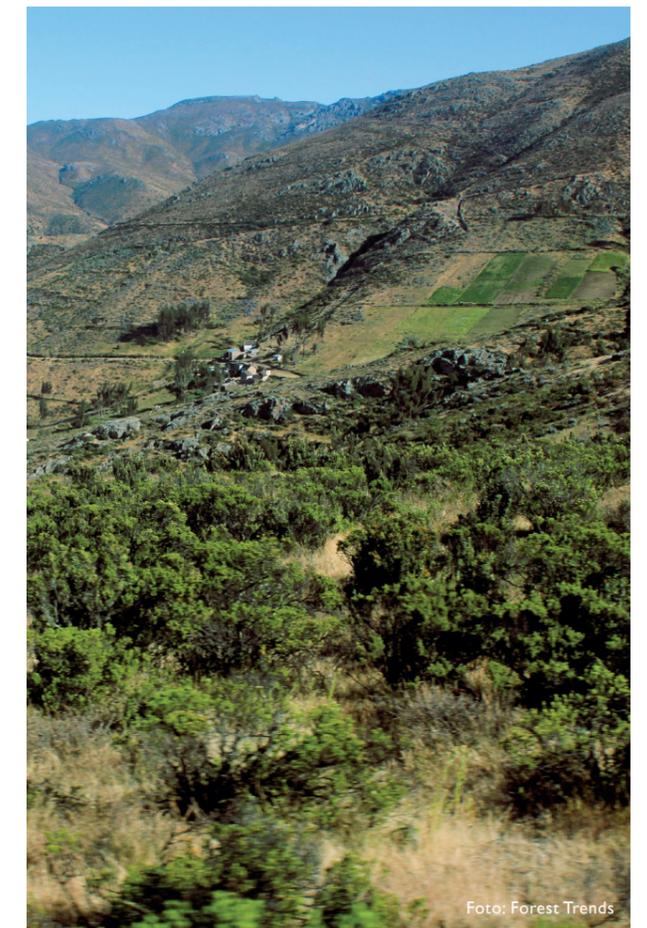


Foto: Forest Trends

**Tabla 10.** Cronograma de actividades para acciones de establecimiento

Actividad	Año 2												Año 2												Año 2												Año 2												Año 2											
	Meses												Meses												Meses												Meses												Meses											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Riego*						x		x		x								x		x		x								x		x		x								x		x		x								x		x		x		
Control de especies depredadoras (ganado)	x					x												x												x												x												x						
Control de maleza		x			x		x			x								x												x												x												x						
Fertilización			x			x				x								x												x												x												x						
Resembrado de especies arbóreas (recalce)					x					x								x												x												x												x						
Control de plagas y enfermedades p/plantones				x						x								x												x												x												x						
Sensibilización a la población en reforestación	x					x												x												x												x												x						

\* Los riegos deben realizarse en época seca.

### 5.1.8.3. Personal

El personal idóneo para realizar el mantenimiento de las plantaciones es el siguiente:

**Tabla 11.** Personal para acciones de establecimiento de reforestación

Personal	Función	
<b>Capataz</b>	Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: - Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico - Redistribuir el número de obreros de acuerdo con el avance - Supervisar la calidad del trabajo de reforestación y corregir los plántones mal colocados (en ángulos inadecuados, con el cuello de la planta por debajo del nivel del cuello, en hoyos muy profundos o, por el contrario, que sobresalen del hoyo cavado) - Controlar y llevar un registro diario del avance de las actividades, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros, las especies utilizadas, entre otros detalles	
<b>Obreros</b>	Chapeadores	Realizar la limpieza inicial del terreno
	Marcadores	Marcar los puntos del terreno donde se plantarán individuos
	Picadores	Realizar los hoyos con los zapapicos, a la profundidad y la distancia adecuadas
	Distribuidores	Los que se encargan de llevar y colocar los plántones en los hoyos.
	Apisonadores	Los que se encargan de ubicar correctamente los plántones, tapar y apisonar con tier a la profundidad adecuada
	Regadores	Realizar el primer riego a los plántones

Fuente: Forest Trends

### 5.1.8.4. Costos de acciones de establecimiento

La Tabla 12 indica las actividades para realizar el presupuesto para las acciones de establecimiento de una plantación. En el caso de estudio<sup>2</sup> se presentan las plantillas para los costos unitarios para la instalación de 1 ha de plantación, considerando un diseño cuadrado de 2 x2.

**Tabla 12.** Actividades realizadas para las acciones de establecimiento

Tipología de actividad	Actividades
Transporte	- Transporte de plántones 20 km - Transporte de personal hasta 20 km
Labores de establecimiento	- Riego - Recalce - Deshierbo - Control de plagas - Abonamiento

Fuente: Forest Trends

**Tabla 13.** Unidades y rendimientos para las acciones de establecimiento

Actividad	Unidad	Rendimiento
Riego manual con balde	ud.	300 plántones/día/hombre
Deshierbe manual en áreas reforestadas	m <sup>2</sup>	500 m <sup>2</sup> /día/hombre
Recalce de plántones	ud.	25 ud./día/hombre
Transporte de plántones hasta 20 km	ud.	625 ud./día
Control sanitario	ha	0,05 ha/día/hombre

Fuente: Forest Trends

<sup>2</sup> Caso de estudio sobre las medidas de reforestación y revegetación en Huancaya y Huantán, cuenca del río Cañete.

## 5.2. Revegetación

### 5.2.1 Definición

La revegetación es una forma de restauración, que intenta restablecer las comunidades vegetales llevándolas a un estado lo más próximo posible al que existía antes del impacto con la intervención humana (Bradshaw, 1997). Se da en casos en los que existen limitaciones en la sucesión ecológica de la vegetación, ya sea por su lentitud o por la presencia de umbrales ambientales. La revegetación en un sitio específico intenta cambiar la composición de la vegetación actual y orientarla hacia estados más deseables (Westoby et al., 1989).

### 5.2.2. Objetivo

Proteger los suelos a través de la restauración de la cobertura vegetal en las áreas de ecosistemas degradados susceptibles a inundación y movimientos de masa. Específicamente, en ecosistemas donde predominan pastos.

Beneficios:

- Disminuir la escorrentía del agua de la lluvia.
- Reducir la erosión hídrica del suelo.
- Incrementar la infiltración del agua en el suelo.
- Reducir la exposición a peligros por movimientos de masa, como deslizamientos.
- Mejorar la regulación para el aprovisionamiento de agua.

### 5.2.3. Diseño de la revegetación

#### 5.2.3.1. Pautas para el diseño de la revegetación

##### a. Estado de degradación

Dependiendo del estado de degradación del ecosistema, el diseño de la revegetación puede variar: En ecosistemas de condición ecológica buena a excelente, el diseño de la revegetación es diferente al de ecosistemas de condición ecológica pobre a muy pobre. En ecosistemas muy degradados, las necesidades de macollos, la densidad y el tipo de especies pueden ser mayores que en ecosistemas poco degradados, donde la sucesión natural tiene mayor impacto y las necesidades de revegetación asistida son menores.

##### b. Potencial del sitio

Se refiere a la capacidad del ecosistema para alcanzar con éxito la revegetación. Para ello se debe evaluar el sitio a ni-

vel de detalle; es decir, las características del suelo (profundidad, textura, pH, pedregosidad, etc.), la vegetación (riqueza, disponibilidad de material vegetativo, cobertura vegetal), el clima (precipitación, temperatura ambiental, humedad relativa) y el uso de la tierra (pastoreo, agricultura, quema, minería, entre otros).

##### c. Especie apropiada

No se puede utilizar cualquier especie disponible en la zona para la revegetación: muchas de ellas se propagan por semillas y otras en forma vegetativa; también existen las anuales, que poco contribuyen a la cobertura vegetal, y las perennes; otras son de porte alto y sirven como tutoras de otras especies y otras son de porte bajo. Las especies seleccionadas deben estar adaptadas a las condiciones ecológicas del sitio, ser de buena calidad y apropiadas para su propagación en forma vegetativa. Así, para seleccionar las especies adecuadas se deben tomar en cuenta la metodología de la *Guía de selección de especies* (Zúñiga et al., 2022) y la información de los inventarios de vegetación realizadas en el sitio.

##### d. Identificar factores limitantes

Se deben identificar factores que podrían afectar el éxito de la revegetación, como el sobrepastoreo, las alteraciones climáticas (veranillos), la quema o la presencia de especies invasoras. Conocer estos factores permite alterar el diseño de la revegetación para prevenir problemas; por ejemplo, aumentar el diámetro de los macollos para evitar la mortalidad en sequías esporádicas, modificar la época de siembra cuando se registra un retraso de las lluvias o incrementar la densidad de siembra. También hace posible considerar algunas actividades complementarias, como la clausura de pastizales para evitar el pastoreo, el deshierbo de especies invasoras para evitar la competencia por agua y nutrientes, el sistema de riego en caso de sequías temporales durante la época de lluvia, o el abonamiento.

##### e. Determinar el área de referencia

Consiste en identificar un ecosistema natural poco o no degradado y con características similares a las del sitio que se quiere revegetar, para que sirva como modelo o guía del resultado que, en un mediano o largo plazo, se preten-

de alcanzar. Teniendo en cuenta el estado de degradación y el área de referencia es posible definir hasta qué punto realizar la revegetación (50 % o 100 % de cobertura), de manera que el resto se restaure mediante sucesión natural.

##### f. Evaluar la disponibilidad de recursos

Una de las limitaciones de la revegetación con pastizales es contar con suficiente material vegetativo en la zona de intervención. A diferencia de las especies arbóreas, en pastizales no se cuenta con tecnología de viveros para la multiplicación de material vegetativo y, por lo tanto, la revegetación depende íntegramente de la disponibilidad de plantas de la zona. El diseño puede verse afectado en cuanto a la

densidad de macollos a colocar y tener que apoyarse en otras actividades complementarias, como el majadeo y/o la dispersión de semillas. Asimismo, se debe evaluar la disponibilidad de agua para construir un sistema de riego y la de guano para el abonamiento de los macollos.

##### g. Determinación del área efectiva

Con la información detallada de los estudios, como datos sobre la cobertura del suelo (tipo de vegetación, pedregosidad superficial, afloramiento rocoso) y la cobertura vegetal, es posible determinar el área efectiva a revegetar. El área total se debe clasificar según tipos de cobertura (Tabla 14), para identificar la cobertura de tipo pastizal.

Tabla 14. Clasificación por tipo de cobertura

Tipo de cobertura	Descripción
Pedregoso	Con más de 50 % de piedras
Afloramiento rocoso	Presencia de rocas
Bosque	Presencia dominante de árboles de más de 5 m de altura
Matorral	Presencia dominante de arbustos de más de 3 m de altura
Cultivos	Presencia dominante de cultivos agrícolas en uso
Pastizal	Presencia dominante de herbáceas y gramíneas

Fuente: Forest Trends

Luego, el pastizal se debe clasificar según el grado de cobertura vegetal (Tabla 15), para identificar los de cober-

tura muy pobre a regular, que indica el área efectiva para revegetar.

**Tabla 15.** Clasificación por grado de cobertura vegetal

Rango (%)	Descripción
80-100	Muy bueno
60-80	Bueno
40-60	Regular
20-40	Pobre
0-20	Muy pobre

Fuente: Forest Trends

### 5.2.3.2. Selección de especies

El objetivo es encontrar las plantas apropiadas para cumplir con la estabilización y control de erosión (López, 2002) para disminuir los riesgos de movimientos de masa y de inundaciones en el ecosistema degradado al que pertenecen. Para seleccionar una especie primero se debe contar con un inventario detallado de las especies de flora presentes en el lugar a intervenir y el área de referencia. Luego, se debe utilizar la metodología propuesta en la *Guía de selección de especies* (Zúñiga et al., 2022) mediante el análisis multicriterio, basado en origen, estatus ecológico y socioeconómico, servicios ecosistémicos y propagación.

Sobre la base de la información de *Ecosistemas del Perú* (Minam, 2019) y *Optimización de la oferta de las especies seleccionadas para los proyectos y acciones relacionadas a IN en los planes integrales en las cuencas priorizadas por Reconstrucción Con Cambios* (Llerena & Espinoza, 2021), se cuenta con una lista de especies comunes existentes en los ecosistemas de las cuencas hidrográficas a intervenir para la revegetación (Tabla 16).



Foto: Forest Trends

**Tabla 16.** Especies de pastizal apropiadas para revegetación según ecosistema

Ecosistema	Especies posibles
<b>Matorral andino</b>	En el matorral de puna seca se aprecian áreas extensas de <i>Parastrephia</i> spp. (tola), así como <i>Lepidophyllum quadrangulare</i> , <i>Baccharis</i> spp. y otras especies. Las especies arbustivas más comunes son: <i>Jatropha</i> sp. (huanarpo), <i>Cnidocolus</i> sp., <i>Ortopterigium huasango</i> (huancoy), <i>Carica candicans</i> (mito), <i>HelioD. Ppium arborescens</i> , <i>Mutisia</i> sp., <i>Tecoma arequipensis</i> , <i>Fourcroya andina</i> (maguey), <i>Grindelia</i> sp., <i>Ambrosia artemisioides</i> , <i>Balbisia</i> sp., etc. Se incluyen algunas suculentas de porte arborescente; por ejemplo, <i>Echinopsis pachanoi</i> (San Pedro) y <i>Armatocereus</i> sp.
	<i>Corryocactus brevistylus</i>
	<i>Chuquiraga spinosa</i> (huamanpinta, Asteraceae), <i>Bidens andicola</i> (Asteraceae), <i>Baccharis tricuneata</i> (tola, Asteraceae), <i>Astragalus garbancillo</i> , <i>Lupinus</i> sp. (tarwi), <i>Calceolaria</i> sp. (botita del diablo), <i>Senecio collinus</i> (Asteraceae), <i>Gynoxys nitida</i> , <i>Cronquistianthus</i> sp., <i>Solanum saponacerum</i> , <i>Salpichroa ramosissimum</i> , <i>Solanum nitidum</i>
	<i>Kageneckia lanceolata</i> , <i>Mutisia acuminata</i> , <i>Barnadesia dombeyana</i> , <i>Tecoma stans</i> , <i>Caesalpinia spinosa</i> , <i>Schinus molles</i> , <i>Autrocilindropuntia subalata</i> , <i>Pitcairnia</i> spp., <i>Puya</i> spp.
<b>Zona periglacial y glaciar</b>	<i>Pycnophyllum macrophyllum</i> , <i>Aschersoniodes xamandoniana</i> , <i>Stangea henrici</i> , <i>Perezia multiflora</i> , <i>Chuquiraga spinosa</i> , <i>Calceolaria inaudita</i> , <i>Senecio tephrosioides</i>
	Gramíneas, Asteráceas, líquenes, plantas almohadilladas, entre otras
<b>Bosque relicto altoandino</b>	<i>Polylepis racemosa</i>
	<i>Polylepis</i> spp.
<b>Pajonal de puna húmeda</b>	<i>Opuntia flocosa</i> , <i>Stipa ichu</i> , <i>Berberis</i> spp.
	<i>Calamagrostis vicunarium</i> , <i>Festuca dolichophylla</i> , <i>Calamagrostis rigescens</i> , <i>Alchemilla pinnata</i> y <i>Plantago tubulosa</i> . <i>Stipa ichu</i> y <i>Stipa obtusa</i> . <i>Calamagrostis intermedia</i> , <i>Geranium sessiliflorum</i> , <i>Scirpus rigidus</i> , <i>Agrostis breviculmis</i> , <i>Astragalus garbancillo</i> , <i>Carex ecuadorica</i> , <i>Dissanthelium minimum</i> , <i>Werneria nubigena</i> , <i>Luzula racemosa</i> , <i>Stipa plumosa</i> , <i>Agrostis toluensis</i> , <i>Stipa inconspicua</i> , <i>Gnaphallium</i> sp., <i>Perezia multiflora</i> , "escorzonera", <i>Senecio evacoides</i> , <i>Senecio</i> spp.
	<i>Chuquiraga spinosa</i> , <i>Baccharis</i> spp. <i>Berberis</i> dp., <i>Ageratina sternbergiana</i> , <i>Bartsia camporum</i> , <i>B. patens</i> , <i>Calceolaria</i> spp, <i>Cheilanthes scariosa</i> , <i>Clematis peruviana</i> , <i>Eremocharis integrifolia</i> <i>Helogyne ferreyrae</i> , <i>Jaltomata bivor</i> , <i>Lupinus ballianus</i> , <i>Peperomia naviculaefolia</i> , <i>Villadia reniformis</i> , <i>Puya Raimondi</i> , <i>Festuca</i> spp., <i>Jarava</i> spp., <i>Calamagrostis</i> spp., <i>Deyeuxia</i> spp., <i>Poa</i> spp., <i>Mtucana haynei</i> .

Fuente: Llerena & Espinoza, 2021 y Estudios PIP, 2021

### 5.2.2.3.1. Sistema de pastos

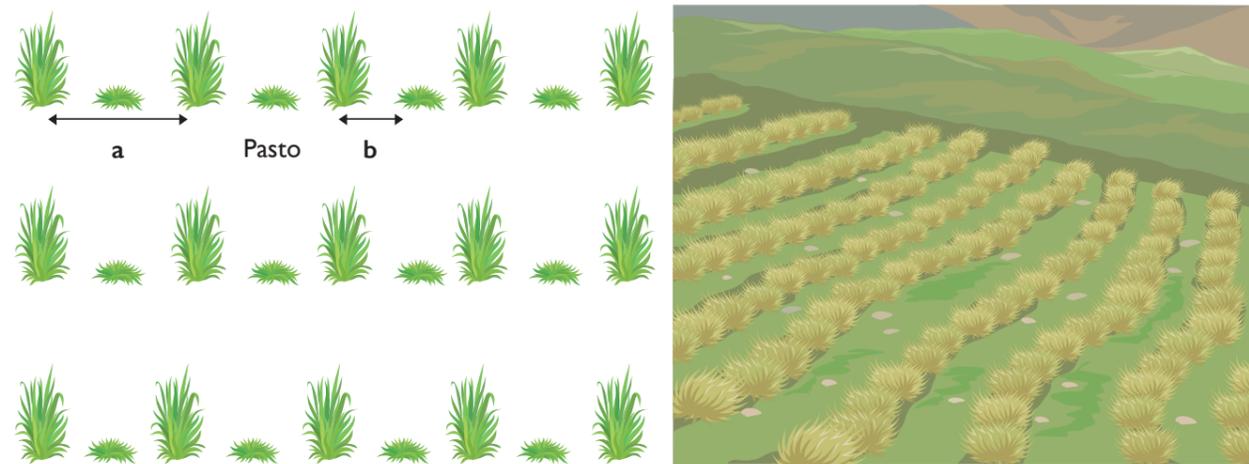
Se refiere a los ecosistemas de pajonal de puna seca, pajonal de puna húmeda y de la zona periglacial y glaciár, donde predominan especies de pastizal de porte alto y bajo. Los sistemas que se pueden aplicar son los siguientes:

#### a. Hileras o líneas

El diseño en líneas se utiliza en terrenos donde la pendiente es muy fuerte (más de 25 %) para evitar o reducir la erosión. Este método se aplica en áreas con fisiografía y vegetación homogéneas. La revegetación en hileras consiste en el esta-

blecimiento de macollos en líneas continuas, que siguen las curvas de nivel de las laderas (Reynel, 1988; Quijano, 2000; Olazábal, 2002). Las plantas se instalan a una distancia que varía entre 0,5 m para plantas de porte bajo y alto y 1 m para plantas de porte alto. La distancia entre estas líneas varía entre 1 m y 3 m, dependiendo del tipo de suelo y la densidad de plantas en el área de referencia. Su importancia radica en que disminuye la velocidad del agua de lluvia que se escurre por la superficie del suelo. Además, aumenta la infiltración del agua, lo que ayuda a conservar por mayor tiempo la humedad en el perfil del suelo (Terreros y Reynel, 2016).

Figura 13. Diseño de revegetación en líneas



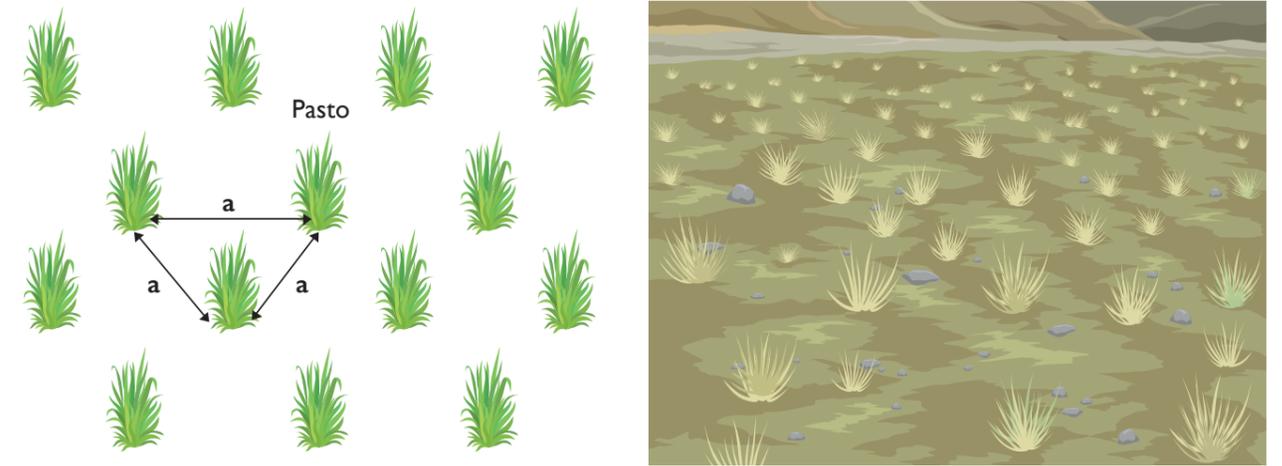
Fuente: Forest Trends

#### b. Plantación en tresbolillos

Este arreglo es recomendable en terrenos con pendientes mayores a 25 %, aunque también se puede utilizar en terrenos planos. Este método, en el que las líneas de plantación siguen las curvas de nivel, se aplica a áreas homogéneas en fisiografía y vegetación. Consiste en establecer líneas alternadas formando un entramado de triángulos, que permite una

mejor distribución de las especies herbáceas con un menor número de plantas. En el tresbolillo una planta queda en frente del punto medio de otras dos y así en toda la plantación. La distancia entre plantas depende del espaciamiento que la especie demande al ser adulta. Con este tipo de diseño se logra minimizar el arrastre de suelo y, a su vez, aprovechar los escurrimientos (CONAFOR, 2010).

Figura 14. Diseño de revegetación en tresbolillos



Fuente: Forest Trends

#### c. Plantación en cuadrados

En este diseño, las plantas se colocan formando cuadros o rectángulos. Por lo general, se aplica en terrenos planos o

con pendientes menores a 25 %. Se recomienda utilizarlo por el manejo que se le puede dar a la revegetación (deshierbos, riegos, fertilización y otros) (CONAFOR, 2010).

Figura 15. Diseño de revegetación en cuadrados



Fuente: Forest Trends

### 5.2.3.3.2. Sistema pastos-árboles

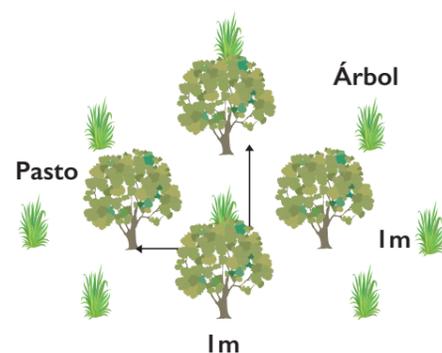
Se refiere al ecosistema de relictos de bosques altoandinos ubicados en cabeceras de cuenca, que son bosquetes densos de diversas especies dominadas por *Polylepis* y que comprenden varios estratos (árboles, arbustos y hierbas). El sistema de siembra que se puede aplicar es el siguiente:

#### a. Núcleos

Las plantas se siembran en islas circulares dispersas para formar núcleos de restauración que, con el tiempo, crecerán y empezarán a cambiar las condiciones edafoclimáticas en los bordes. Este método potencia procesos de regeneración natural alrededor, así va ampliando el núcleo hasta ocupar el total del área (São Paulo - Estado, 2011; Castro, 2012; Corbin y Holl 2012). Es recomendable para la restauración de áreas de pasturas extensas, especialmente, cuando no existen los recursos necesarios para realizar la siembra en toda el área.

El tamaño del círculo, el número de plantas y especies, así como la distancia entre núcleos, varía de acuerdo con diversos factores, entre los que destacan el estado de degradación del área, la disponibilidad de recursos (semillas, plantas, entre otros), el tamaño del área de revegetación, las características del borde (en relación con la posibilidad de llegada de semillas al área) y los objetivos y metas de revegetación. Es importante considerar que cuanto más degradada esté el área, mayor será la cantidad de núcleos a establecer, porque la capacidad del ecosistema de recuperarse por sí solo es menor. Cabe recalcar, que los núcleos deben ser colocados en áreas en las que se requiere una restauración asistida. Por otro lado, se debe evitar sembrar plantas de la misma especie de manera continua; es importante alternar las especies y distribuir las de manera uniforme en el terreno (Duarte *et al.*, 2018).

Figura 16. Diseño de revegetación en núcleos



Fuente: Forest Trends

Una vez definido el diseño, se debe calcular la cantidad de macollos requeridos para la revegetación del área afectada. Asimismo, con la información de los requerimientos de

nutrientes y agua para los macollos de las especies seleccionadas es posible estimar la cantidad de abono y agua necesarios por macollo para su establecimiento y para toda

el área a revegetar. Cuando las precipitaciones en la zona no cubren el requerimiento de agua o ya sea por eventos climáticos fortuitos que afecten el normal desarrollo de los macollos, se precisa de agua de riego. Se estima que un macollo puede sobrevivir entre dos y tres semanas sin precipitaciones, dependiendo de la especie seleccionada. Algunos investigadores estiman que los macollos requieren de una humedad de aproximadamente 150 a 200 mm durante los primeros tres meses de la instalación o siembra, a fin de garantizar su establecimiento.

La cantidad de abono para el establecimiento de las plantas se determina de acuerdo con las necesidades nutritivas de las especies seleccionadas y la información sobre la calidad del suelo obtenida de los estudios de suelos. En algunos estudios, se estima que son necesarios entre 3 y 5 t/ha de estiércol de ganado para el abonamiento de pastizales.

#### 5.2.3.4. Recursos disponibles

Con la información de las cantidades de insumos (macollos, abono y agua) necesarias para la revegetación se debe evaluar su disponibilidad en el área circundante. Para obtener

los macollos se requiere identificar y evaluar semilleros o áreas de extracción adecuadas, para el abono se requiere identificar y evaluar corrales o dormideros de las estancias vecinas y para el agua se debe identificar y evaluar las fuentes hídricas cercanas.

#### 5.2.3.4.1. Macollos

En pastos nativos no existe tecnología desarrollada para la producción de plantas en viveros, por lo tanto, los macollos deben provenir de áreas cercanas con buena producción de plantas. Existen dos tipos de fuentes de macollos:

##### a. Semilleros

Son áreas con condiciones ecológicas muy apropiadas para extraer material vegetativo sin dañar el ecosistema. Para ubicarlas se puede recurrir a imágenes de satélites e identificar las áreas con mayor cobertura vegetal y de topografía suave. Luego, realizar una evaluación en campo de algunas variables, como la presencia de las especies seleccionadas, la densidad de plantas de las especies seleccionadas (Tabla 18). Estos semilleros pueden soportar una alta tasa de extracción de plantas para la revegetación, de un 20 a 30 % del número de plantas de la especie a extraer.

Figura 17. Semillero de *Festuca orthophylla*



Foto: Godofredo Mamani

**b. Áreas de extracción**

Son áreas cuya condición ecológica es menor a la de los semilleros y de topografía moderada, pero mejor que el área afectada, razón por la cual solo es posible extraer un mínimo de material vegetativo sin dañar el ecosistema. Estas zonas pueden seleccionarse en caso de no encontrar semilleros apropiados para extraer plantas

de las especies seleccionadas. La ventaja es que pueden ubicarse cerca del área de intervención y disminuir el tiempo de traslado de los macollos. Las áreas de extracción pueden soportar una menor extracción de plantas y macollos para la revegetación debido a su susceptibilidad a la erosión, de un 10 a 20 % del número de plantas de las especies a extraer.

**Figura 18.** Área de extracción adyacente



Foto: Godofredo Mamani

**Tabla 18.** Parámetros mínimos para la selección de semilleros o áreas de extracción

Factor	Información	Unidades	Semilleros	Áreas de extracción
Manejo	Uso actual		Ganadería	Ganadería
Clima	Altitud	m s. n. m.	3800-4500	3800-4500
Topografía	CUM		C, PI	P2, P3
	Erosión		Nula o ligera	Moderada
	Topografía		Plana a ondulada	Colinosa a montañosa
	Pendiente	%	<30	>30
Suelo	Fisiografía		Valles, llanuras	Ladera
	Materia orgánica	%	>2	<2
	Textura		Media	Media, Gruesa
	Pedregosidad superficial	%	0-2	2-10
	Afloramiento rocoso	%	0	>2
	Inundación		Nula	Nula
	Drenaje		Bueno	Bueno
Flora	Profundidad del suelo	cm	>25	<25
	Tipo de vegetación		Pajonal, césped	Pajonal, césped
	Cobertura vegetal	%	>80	60-80
	Riqueza	N.º	100	<100
	Especie dominante	N.º	>=2	1
	Densidad	pl/m2	>4	<4
	Factor de Extracción	%	20-30	10-20

Fuente: Forest Trends

Con esta información es posible obtener el número de plantas a extraer de un área. Conociendo el número de macollos que se pueden obtener de una planta de la especie seleccionada, se puede estimar también el número de macollos disponibles del área total.

**5.2.2.4.2. Riego temporal**

Para evaluar la disponibilidad de agua para riego temporal se debe realizar un estudio hidrológico en el área de intervención, e identificar y evaluar (cantidad y calidad) las fuentes hídricas. Estas pueden ser de diferente tipo,

como ríos, quebradas y manantiales, con capacidad para proveer el agua necesaria para la revegetación. Algunos parámetros de estas fuentes se observan en la Tabla 19. Los manantiales son fuentes de agua subterránea, por tanto, pueden tener elevados contenidos de minerales y pueden ser intermitentes y de bajo caudal. Por su parte,

las quebradas son fuentes de agua permanente, provienen de la escorrentía de las precipitaciones, los nevados y los manantiales. Suelen tener caudales mayores a los manantiales. Los ríos también son fuentes de agua permanente. Estos se forman por la unión de quebradas, por lo tanto, concentran mayores caudales en una cuenca.

**Tabla 19.** Parámetros mínimos apropiados para la selección de fuentes hídricas (datos referenciales)

Factor	Información	Unidades	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3
	Tipo		Manantial	Riachuelo	Río
	Hidroperiodo		Temporal/permanente	Permanente	Permanente
Calidad	pH		6,5-8,5		
	Conductividad eléctrica (CE)	uS/cm	2500		
	Demanda bioquímica oxígeno	Mg/lt	15		
	Demanda química oxígeno	Mg/lt	40		
	Oxígeno disuelto (OD)	Mg/lt	≥4		
	Categoría (ECA)		Riego (C3D1)	Riego (C3D1)	Riego (C3D1)
Cantidad	Caudal		Bajo	Medio-alto	Alto

Fuente: Estándares de Calidad Ambiental Agua (Minam, 2017), Guía para el inventario de fuentes naturales de agua superficial (ANA, 2015)

La oferta de agua se estima con la frecuencia y el tiempo de riego. La frecuencia de riego se calcula mediante la estimación de la capacidad de campo del suelo del área afectada; mientras que el tiempo de riego, mediante una prueba de infiltración. Ambas variables están influenciadas por la profundidad,

la pedregosidad, la textura, la estructura, la porosidad y la permeabilidad. Si el agua es apta para el riego, se deben realizar obras temporales y artesanales para la captación (Figura 19) y conducción del agua hacia el sitio de intervención, donde será distribuida según el sistema de riego apropiado para la zona.

**Figura 19.** Cocha o represa artesanal (izquierda) y riachuelos (derecha)



Foto: Godofredo Mamani

#### 5.2.3.4.3. Abono

Para evaluar la disponibilidad de abono se debe identificar estancias de ganado en el ámbito del área de intervención, donde se acumula el estiércol en corrales denominados dormideros. El tipo de estiércol varía en función a la especie animal

predominante que se cría en la zona. Se recomienda utilizar guano procedente de ovinos, camélidos y vacunos, en orden de importancia, debido a que los primeros aportan mayor cantidad de semillas de las especies consumidas en la zona y sirven para mejorar la cobertura vegetal del área afectada.

**Tabla 20.** Parámetros mínimos para la selección de estiércol según especie (datos referenciales)

Factor	Información	Unidades	Fuente 1	Fuente 2	Fuente 3
	Tipo		Ovinos	Camélidos	Vacunos
	Distancia	m	1000	3000	5000
Química	pH		8,5	7,9	8,18
	Relación C/N		29	14	17
	Nitrógeno	%	1,9	3,6	0,5
	Fosforo	%	0,3	1,1	0,01
	Potasio	%	1,3	1,2	0,4
	Conductividad eléctrica	ds/m	11,33	--	35,5
	Materia orgánica	%	45,6	--	2,25
Física	Textura		Granular	Granular	Masivo
	Materia seca	%	35	37	16
	Humedad	%	45	40	51
		g/cm <sup>3</sup>	0,159	0,21	0,64

Fuente: Forest Trends

La cantidad de guano disponible de un corral se puede estimar considerando el área, la profundidad de la capa de estiércol, la densidad aparente y la humedad del estiércol del corral. Para utilizar el estiércol de la zona, se deben considerar actividades de recolección, ensacado, almacenamiento y traslado hacia el área afectada. Durante esta tarea es importante verificar la calidad y la humedad del estiércol, ya que, por el tiempo de acumulación, las capas superficiales

tienen mayor calidad, textura y humedad que las del fondo. Estas características influyen además en las tareas de recolección y el peso final del producto. Se recomienda extraer estiércol con baja humedad y una textura granular. El estiércol se llena en sacos de rafia para su traslado hacia el punto de abonamiento. Es ideal realizar esta tarea antes del inicio de lluvias para evitar problemas de manejo del guano por el exceso de humedad.

**Figura 20.** Recojo de guano de corral y colocación en sitio



Foto: Godofredo Mamani

En caso de adquirir guano exógeno, como el guano de isla o el de corral de especies de ganadería externa, se debe tomar en cuenta las actividades de traslado a un punto de acopio y, finalmente, la distribución en la zona de intervención.

### 5.2.3.5. Obtención y características del material vegetal

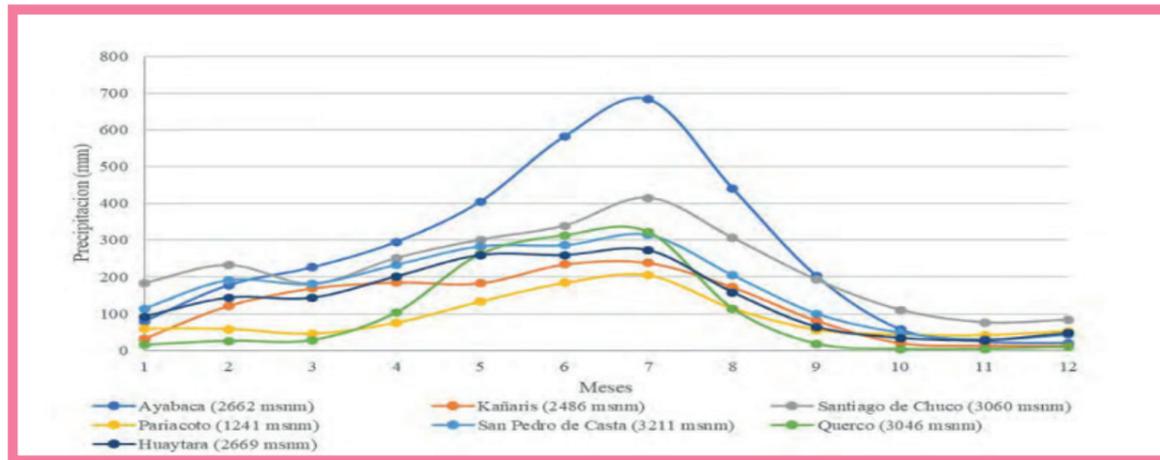
#### 5.2.3.5.1. Época de colección

La época de colección de material vegetativo recomendable es el inicio de la temporada de lluvias, cuando la planta se encuentra en la etapa de rebrote y se produce la mayor cantidad de tallos de cada especie. Esto ocurre en los meses de noviembre a febrero, dependiendo de la latitud, la altitud y la longitud de la zona de colección. Esta actividad debe realizarse un día antes de la revegetación, a fin de evitar daños a los macollos por estrés hídrico.



Foto: Forest Trends

**Figura 21.** Distribución de las lluvias según latitud y altitud



Fuente: Forest Trends

### 5.2.3.5.2. Selección y extracción de plantas madre

Esta actividad consiste en la identificación de las plantas adecuadas que servirán como fuente de los macollos para la revegetación. En el caso de las gramíneas, una planta se considera apropiada cuando tiene mayor cantidad de tallos

y hojas verdes y es vigorosa, fuerte, de buen tamaño en altura y diámetro (Figura 22), y no contiene material senescente en su interior. Es vital no confundirse y extraer plantas maduras (lobo), caracterizadas por presentar material senescente de color gris o negro en su interior; ni plantas muy jóvenes, que se caracterizan por su poco diámetro.

**Figura 22.** Selección de plantas madre (izquierda) y plantas maduras (derecha)



Foto: Godofredo Mamani

Luego, se debe realizar la extracción de la planta con un zapapico, que debe introducirse en el suelo a una profundidad acorde a la longitud de la raíz de la planta, procurando no dañarla y acompañarla de un pan de tierra que permita proteger la raíz y mantener la humedad y, por lo tanto, la vida útil de la planta. Una vez extraída la planta, debe ser colocada a un costado del semillero. El número de plantas a extraer depende del número de macollos requerido; por ejemplo, si se necesitan 10 000 macollos, habrá que extraer entre 500 y 1000 plantas.

Estas plantas se deben extraer hasta en un 10 o 40 % de la población existente en los semilleros y de forma intercalada, para evitar dejar signos de depredación, tal como se indica en la sección de identificación de semilleros (p. 65). La planta extraída debe ser conservada y trasladada entera, en caso no se revegete en un máximo de dos días, para no afectar la vida útil de los macollos. En caso, la revegetación se ejecute el mismo día, las plantas deben pasar a la actividad de preparación de macollos en el mismo semillero.

**Figura 23.** Extracción de plantas madre



Foto: Godofredo Mamani

Como actividad complementaria, en los hoyos dejados por la extracción de plantas se debe colocar abono para mejorar la nutrición del semillero. El hoyo también servirá para mejorar la cosecha y la infiltración de agua, favoreciendo el desarrollo del resto de plantas del semillero.

### 5.2.3.5.3. Preparación del macollo

Esta actividad consiste en la separación de las unidades vegetativas o macollos de la planta madre que serán utilizados en la revegetación. El diámetro de los macollos varía en función de las condiciones ambientales; para climas secos o

de escasa precipitación se recomienda extraer macollos de un diámetro de 10 cm, a fin de garantizar una mayor sobrevivencia; y, en climas húmedos o lluviosos, es posible extraer macollos de menor diámetro (6 cm). De preferencia, se deben seleccionar los macollos del contorno de la planta y no los de la parte central, porque son los más maduros. Hay que considerar que de una mata se pueden obtener entre seis y veinte macollos, dependiendo del diámetro de la planta. Durante la separación de macollos hay que procurar no destruir el pan de tierra que cubre las raíces, a fin de no afectar la vida útil del macollo por el estrés.

**Figura 24.** Extracción de macollos



A continuación, se realiza la poda de macollos, que consiste en el corte de los tallos y las inflorescencias a una altura de 20 cm en gramíneas de porte alto y de 10 cm en gramíneas de porte bajo (Figura 25). Una alternativa es realizar la poda uno o dos días después de la siembra del macollo, cuando ya esté instala-

do, a fin de reducir el estrés que sufre desde la extracción de la planta hasta su instalación. La poda permite estimular el desarrollo de las raíces, el rebrote de los tallos y el macollamiento. Los macollos ya podados deben ser conservados en un lugar sombreado para evitar que las raíces se resequen.

**Figura 25.** Presencia de rebrote de macollos (izquierda) y poda de macollos (derecha)



En conclusión, un macollo para revegetación debe tener las siguientes características:

- Tener raíz, tallo y hojas (Figura 26).
- Diámetro variable de 6 a 10 cm.
- Número de tallos variable, de acuerdo con las condiciones del sitio.

- Altura de corte de 20 cm en plantas de porte alto y, opcionalmente, de 10 cm en plantas de porte bajo (Figura 26).

- De preferencia, la raíz debe tener un pan de tierra para evitar el estrés hídrico de la planta (Figura 26).

**Figura 26.** Macollos de Calamagrostis (izquierda), altura de corte de macollos (arriba) y raíz con pan de tierra (abajo)



**5.2.3.5.4. Conservación del macollo**  
De preferencia, el macollo extraído debe ser instalado el mismo día. De no ser posible, se debe guardar durante un máximo de dos días en un saco de rafia y en un ambiente bajo sombra, con el fin de no perder humedad y aplicarle

agua a la raíz para evitar el estrés hídrico a la planta y prolongar su periodo de vida útil. Si la extracción se realiza en la mañana, debe ser instalado ese mismo día por la mañana o por la tarde; si es extraído por la tarde, la instalación debe realizarse esa misma tarde o al día siguiente por la mañana.

**Figura 27.** Acopio y almacenaje de macollos



Foto: Godofredo Mamani

### 5.2.3.6. Siembra e instalación

#### 5.2.3.6.1. Trazo de líneas guía

De acuerdo con el diseño de revegetación seleccionado, se deben trazar las líneas guía sobre las cuales se elaborarán los hoyos y, luego, se realizará la siembra de macollos. Para hacer-

lo utiliza un nivel A o un equipo para nivelación topográfica (Figura 28). Con el nivel se ubican cada 2 a 5 m puntos sobre los cuales marcar con yeso la línea guía a curvas de nivel, esto se hace en toda el área de intervención. El distanciamiento entre líneas guía depende del sistema de siembra seleccionado.

**Figura 28.** Ubicación de puntos a nivel y trazo de líneas guía



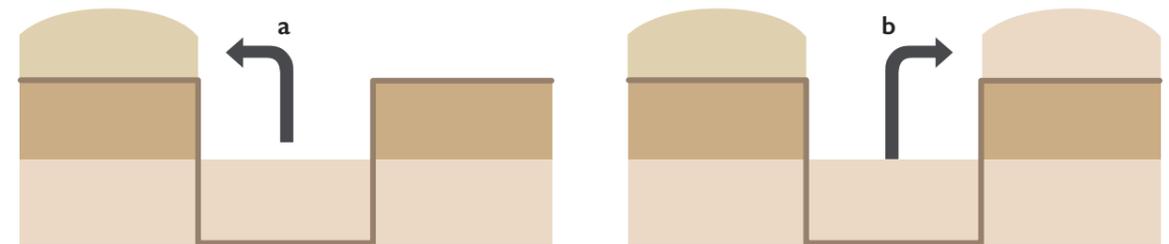
Foto: Godofredo Mamani

#### 5.2.3.6.2. Apertura de hoyos

Una vez trazadas sobre el terreno las líneas a curvas de nivel, se realiza la apertura de los hoyos. El hoyo para las especies de porte alto, como *Festuca dolichophylla* y *Festuca rigescens* (ichu), tiene 20 x 20 cm de profundidad y diáme-

tro, respectivamente. Las especies de porte bajo, como *Scirpus rigidus*, se instalan en hoyos de 15x15 cm. Al extraer el suelo de los hoyos, la capa superficial de suelo (primeros 10 cm) se coloca a un lado del hoyo y la capa profunda (siguientes 10 cm) al otro lado del hoyo (Figura 29).

**Figura 29.** Apertura de hoyos para especies de pastizal



Nota:  
a. Extracción de primera capa de suelo. b. Extracción de segunda capa de suelo.

Fuente: Forest Trends

**Figura 30.** Elaboración de hoyos y hoyo final



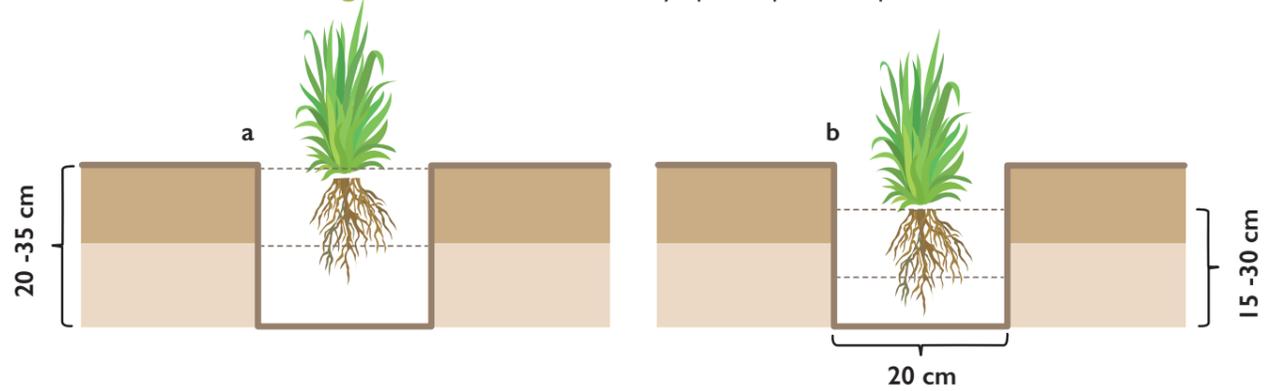
Foto: Godofredo Mamani

### 5.2.3.6.3. Siembra (trasplante)

Los macollos obtenidos de los semilleros se colocan en los hoyos, de manera que las raíces y el pan de tierra tengan contacto con la base del hoyo. El macollo debe sobresalir del hoyo, dejando la corona 5 cm por debajo del nivel del suelo. Se re-

comienda que la profundidad de siembra en climas lluviosos sea a nivel del suelo, mientras que en zonas de clima semiárido puede ser a 5 cm (plantas de porte bajo) y a 10 cm (plantas de porte alto) por debajo del nivel del suelo, de manera que permita la acumulación de agua para el macollo (Figura 31).

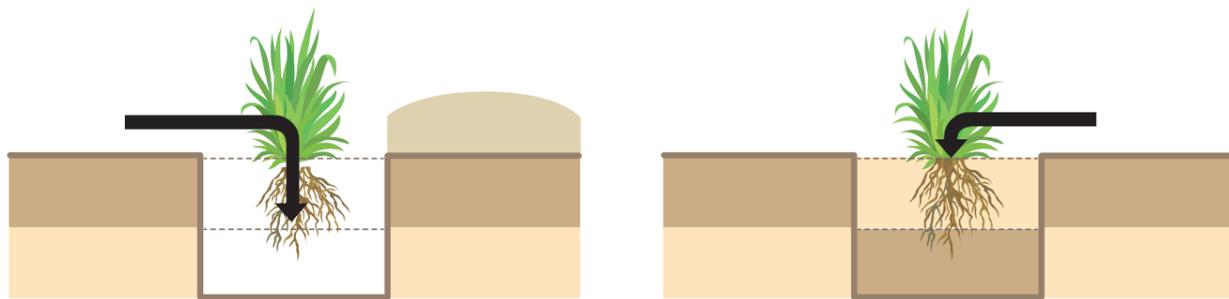
**Figura 31.** Dimensiones del hoyo para especies de pastizal



Nota:  
a. En zonas lluviosas b. En zonas semiáridas

Fuente: Forest Trends

**Figura 32.** Colocación del macollo (izquierda) y macollo (derecha)



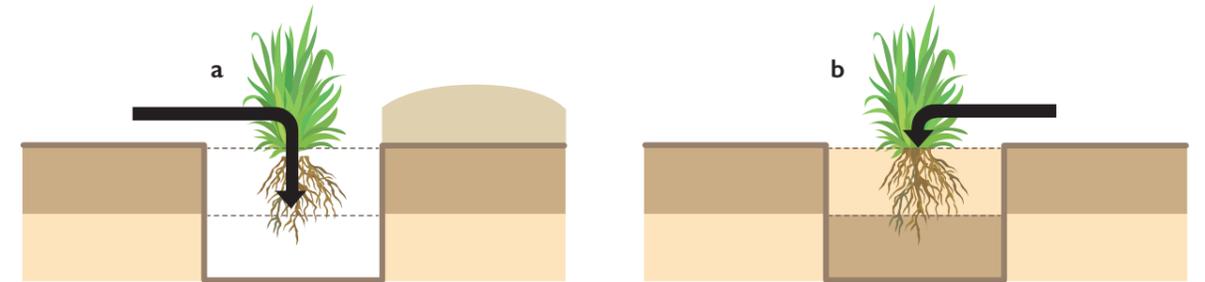
Fuente: Forest Trends

### 5.2.3.6.4. Tapado del macollo

Luego de colocar el macollo, se realiza el tapado con tierra hasta cubrir la planta por encima de la corona. Al momento de plantar se debe tener cuidado de invertir la posición de los montículos de tierra, poniendo al fondo

los primeros 10 cm y el resto en la superficie para que las raíces estén en contacto con el suelo más fértil. Luego se apisona la tierra alrededor de la planta, de afuera hacia adentro, para crear las condiciones para retener agua y asegurar la sobrevivencia de los pastos.

**Figura 33.** Tapado del macollo y colocación de las capas de suelo



Nota:  
a. Colocación de la primera capa de suelo. b. Colocación de la segunda capa de suelo.

Fuente: Forest Trends

**Figura 34.** Tapado y apisonado de macollo



Foto: Godofredo Mamani

Como actividad complementaria opcional, el remanente de forraje cortado se puede colocar encima del hoyo y alrededor del macollo, a fin de protegerlo y crear un microclima que mantenga la humedad y la temperatura para favorecer su sobrevivencia y desarrollo.

**Figura 35.** Colocación de paja



#### 5.2.4. Personal para instalación

Para la etapa operativa, se requiere personal de trabajo, como se describe a continuación:

**Tabla 21.** Brigada de personal necesario para la revegetación y sus funciones

Personal		Función
<b>Capataz</b>		Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: -Organizar el grupo de trabajo, de acuerdo con el avance físico-Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance -Supervisar la calidad del trabajo de revegetación, corrigiendo los esquejes mal colocados o cortados (no cumplen con las características de tallo, raíz y hojas) -Controlar y llevar un registro diario del avance de la revegetación, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros y las especies utilizadas, entre otros
<b>Obreros</b>	Extractores	Extraer las plantas de los semilleros utilizando zapapicos y sacos de rafia
	Picadores	Realizar los hoyos con los zapapicos a la profundidad y la distancia adecuadas
	Distribuidores	Llevar y colocar los esquejes en los hoyos utilizando sacos de rafia
	Macheteros	Preparar el material vegetativo (separar los macollos y cortar los tallos), se valen de machetes para cortar los esquejes, podadoras y sacos de rafia
	Apisonadores	Ubicar correctamente los esquejes, tapar y apisonarlos con tierra a la profundidad adecuada, para hacerlo usan badilejos
<b>Total</b>		

Fuente: Forest Trends

Cuando el área de extracción se ubica en un lugar distante (semillero ex situ), la actividad de extracción se debe realizar con todo el personal obrero durante la tarde del día anterior o la mañana del día de revegetación, a fin de no exponer a los macollos a estrés hídrico.

### 5.2.5. Tiempo de implementación para instalación

Se recomienda realizar la revegetación al inicio de la temporada de lluvias, cuando la precipitación es mayor a 150 mm, pues la humedad del suelo es apropiada para el rebrote de la planta (Núñez, 2002). El inicio de las lluvias varía con la latitud y la altitud. Así, en la zona norte llueve antes (octubre-noviembre) que en el centro (diciembre) y el sur (enero-febrero).

A fin de garantizar un periodo de lluvias adecuado para el establecimiento del macollo, la revegetación no debe durar más de un mes, dejando por delante tres meses de lluvia, como mínimo, para su establecimiento. En la Tabla 22 se presenta un ejemplo de un calendario de actividades para la instalación de revegetación.

**Tabla 22.** Calendario de actividades para instalación de la revegetación

Actividades	Año I													
	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	Abr	May	May	Jun	Jul	Aug	Sep
1. Selección de Especie														
2. Identificación														
3. Sistema de Siembra														
4. Colección de macollos														
Selección plantas madre														
Extracción de plantas														
Extracción de macollos														
Poda de macollos														
5. Siembra de macollos														
Apertura de hoyos														
Siembra de macollos														
Tapado														
6. Desarrollo de plantas														

Fuente: Forest Trends

Los trabajos de extracción de las plantas deben realizarse en simultáneo a la revegetación y de acuerdo con el área a revegetar diariamente.

### 5.2.6. Materiales y equipos para instalación

**Tabla 23.** Materiales y herramientas para 1 ha de revegetación

Herramienta	Función
Zapapicos	Elaboración de hoyos
Machetes	Corte y separación de macollos
Badilejos	Tapado de macollos
Sacos de rafia	Traslado de macollos desde las áreas de extracción o semilleros
Guantes	Soporte de herramientas
Tijeras de podar	Podar macollos
Piedra de afilar	Afilamiento de zapapicos
Limador	Limado de herramientas
Wincha 50 m	Medición del área de avance y distanciamiento entre plantas

Fuente: Forest Trends

### 5.2.7. Costos de instalación

Para determinar los costos de instalación hay que tener en cuenta la secuencia de actividades detallada en la Tabla 24.

El análisis del costo unitario según plantilla por actividades se muestra en la Tabla 25<sup>3</sup>.

<sup>3</sup> Caso de estudio sobre las medidas de reforestación y revegetación en Huancaya y Huantán, cuenca del río Cañete.

**Tabla 24.** Actividades para revegetación

Actividades	Pastos
Obras preliminares	-Identificación de sitio semillero -Colección de semilleros -Trazo, nivelación y replanteo por hectárea -Limpieza del terreno -Extracción de macollos
Transporte	-Transporte de macollos 1 km -Transporte de personal 20 km
Instalación de revegetación	-Trazado de líneas -Elaboración de hoyos -Siembra de macollos

Fuente: Forest Trends

**Tabla 25.** Tasa de avance diario para revegetación de pastos nativos según actividad

Actividad	Tasa diaria		Tiempo (min)	
Extracción de plantas	960	plantas/obrero/día	2,00	min/planta/obrero
Separación y preparación de macollos	960	macollos/obrero/día	2,00	min/macollo/obrero
Trazado de líneas guía	800	m/obrero/día	0,60	min/m/obrero
Elaboración de hoyos	300	hoyos/obrero/día	1,60	min/hoyo/obrero
Siembra de macollos	600	macollos/obrero/día	0,80	min/macollos/obrero

Fuente: consulta a expertos

## 5.2.8. Establecimiento para la revegetación

### 5.2.8.1. Acciones de establecimiento

#### 5.2.8.1.1. Recalce

Seis meses después de la revegetación es importante observar el establecimiento de los macollos, es decir, pasado

el periodo de lluvias y luego de unos meses más adelante, entrando a la época de sequía. En esta etapa se contabiliza el establecimiento de los macollos revegetados. En caso de observar plantas muertas, el recalce se deberá efectuar a inicios de la siguiente temporada de lluvias.

**Figura 36.** Mortalidad (izquierda) y recalce (derecha) de macollos

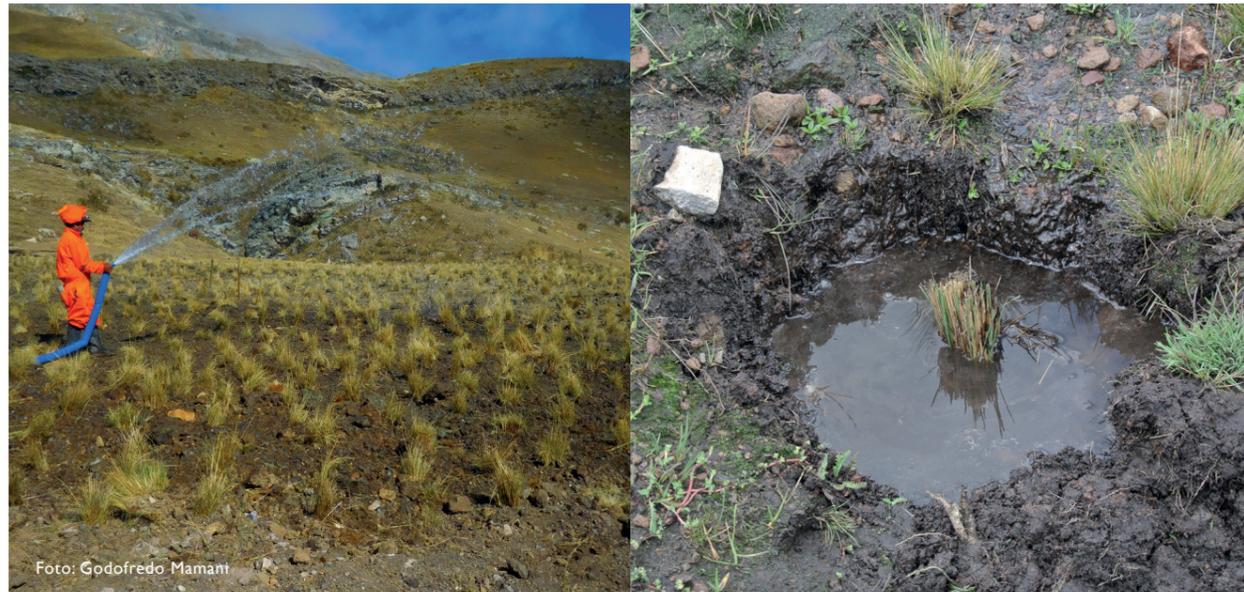


#### 5.2.8.1.2. Riego temporal

Esta actividad consiste en la aplicación de agua proveniente de las fuentes hídricas seleccionadas de la zona o alguna fuente externa sobre los macollos. De manera opcional, también es posible el riego en época seca si se cuenta con fuentes accesibles de agua permanente. El sistema de riego a aplicar varía de acuerdo con la pen-

diente y la disponibilidad de agua. Por ejemplo, en sitios con pendiente plana a ondulada y agua permanente es posible el riego por inundación con mangueras y yanamangas (Figura 37). En cambio, en sitios con pendiente colinosa y limitaciones de agua se recomienda el riego por aspersión, por ser más eficiente en laderas y menos erosivo (Figura 37).

**Figura 37.** Riego de macollos (izquierda) y hoyo con cosecha de agua (derecha)



La frecuencia de riego varía según el tipo de suelo y la especie vegetal. En suelos de textura gruesa los riegos pueden ser semanales, mientras que en suelos de textura media es recomendable que estos sean quincenales. Una forma de determinar la frecuencia de riego es hacer una evaluación de la capacidad de campo para observar el contenido de humedad del suelo; sin embargo, la programación del riego se debe elaborar principalmente con la información provista por el estudio hidrológico.

#### 5.2.8.1.3. Abonamiento

El abonamiento consiste en la aplicación al voleo de guano de corral de ovinos, camélidos o vacunos alrededor del macollo, con el fin de aportar fósforo, potasio y micronutrientes para la nutrición de los macollos. Esta actividad también tiene otros beneficios, como el aporte de materia orgánica para mejorar la estructura del suelo, lo que influye positivamente en el control de la erosión. El estiércol también actúa como agente regulador de la temperatura del suelo, pues

al permanecer sobre la superficie cumple un rol aislante (Jing *et al.*, 2014; Moreno, 2015) para reducir los cambios bruscos de temperatura a nivel del suelo. Tiene un efecto positivo en el establecimiento de los macollos y facilita la introducción o regeneración de nuevas especies dentro del micrositio establecido (Pierson *et al.*, 2002; Petersen & Stringham, 2008; Mola *et al.* 2011). Por otro lado, las semillas consumidas por el ganado durante el pastoreo y que se mantienen presentes en el estiércol permiten el desarrollo de nuevas especies y mejoran la cobertura vegetal.

El abono se debe aplicar en una dosis que varía entre 3 t/ha, si es guano de corral, o 0,8 t/ha si se trata de guano de isla (determinar según estudios previos). Cuando se usa guano de corral, al momento de la siembra se aplican 200 g dentro del hoyo de cada macollo y otros 200 g por macollo de forma superficial, a modo de una capa orgánica sobre el suelo. En caso de utilizar guano de isla, la proporción es de 30 g dentro del hoyo y 40 g por macollo en la superficie.

**Figura 38.** Abonamiento manual (izquierda) y distribución del abono (derecha)



#### 5.2.8.1.4. Control de indeseables

Consiste en la extracción manual de las plantas invasoras desde la raíz con el uso de herramientas. Por lo general, se trata de arbustivas, como el Astragalus o la chojra (*wiskataya*), o de gramíneas como el pacu pacu. Las plantas extraídas pueden ser colocadas dentro del área revegetada con la raíz expuesta, para dejar que se sequen. Esta práctica se debe realizar en sitios con más de 30 % de plantas invasoras, a fin de evitar la competencia por agua y luz con los macollos. Algunas, como la chojra, son también plantas pioneras de estadios sucesionales iniciales de áreas degradadas, por lo que no es necesario eliminarlas todas, solo las necesarias para garantizar el desarrollo de los macollos.

La época apropiada para el deshierbo es antes de la floración, entre los meses de febrero y marzo. Se recomienda realizar esta práctica durante la elaboración de hoyos, para aprovechar y colocar los macollos en los hoyos dejados por la extracción.

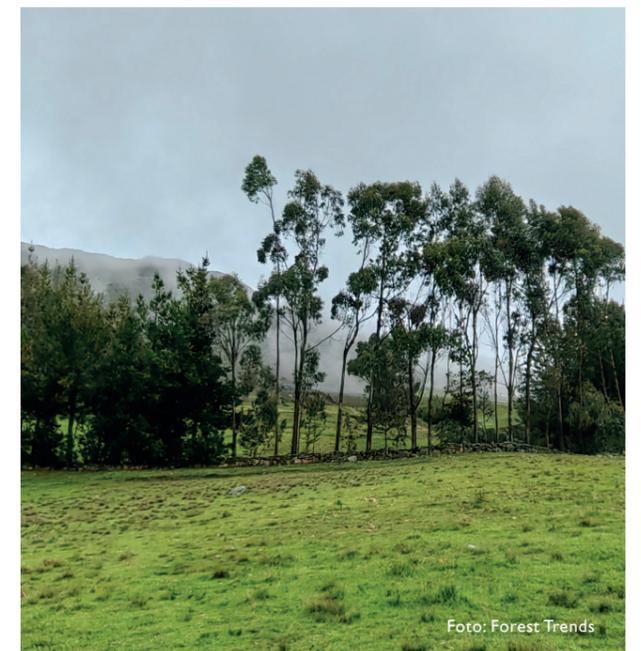


Foto: Forest Trends



**Tabla 28.** Brigada de personal necesario para el riego y sus funciones

Personal		Función
Capataz		Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: -Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico. -Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance. -Supervisar la calidad del trabajo de riego. -Controlar y llevar un registro diario del avance del riego, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros, entre otros.
Obreros	Regador	Regar las plantas

Fuente: Forest Trends

**Tabla 29.** Brigada de personal necesario para el control de plantas invasoras y sus funciones

Personal		Función
Capataz		Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: -Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico. -Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance. -Supervisar la calidad del trabajo de extracción de plantas invasoras.
Obreros	Extractores	Extraer las plantas invasoras de los semilleros utilizando zapapicos.
	Recogedores	Retirar las plantas extraídas hacia puntos de recojo (opcional).

Fuente: Forest Trends

**Tabla 30.** Brigada de personal necesario para el abonamiento y sus funciones

Personal		Función
Capataz		Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: -Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico. -Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance. -Supervisar la calidad del trabajo de extracción de plantas invasoras.
Obreros	Distribuidores	Distribuir los sacos de guano dentro del área de intervención, según la dosis de abonamiento.
	Abonadores	Aplicar el abono en el área que corresponde, según la dosis de abonamiento.

Fuente: Forest Trends

### 5.2.8.3. Materiales y equipos para acciones de establecimiento

**Tabla 31.** Materiales y herramientas para recalce y sus actividades

Herramienta	Función
Zapapicos	Elaboración de hoyos
Machetes	Corte y separación de macollos
Badilejos	Tapado de macollos
Sacos de rafia	Traslado de macollos desde las áreas de extracción o semilleros
Guantes	Soporte de herramientas
Tijeras de podar	Poda de macollos
Piedra de afilar	Afilamiento de zapapicos
Wincha 50 m	Medición del área de avance y distanciamiento entre plantas

Fuente: Forest Trends

#### 5.2.8.4. Costos para acción de establecimiento

Para determinar el presupuesto hay que tener en cuenta las

actividades a desarrollar (Tabla 32). El análisis del costo unitario según plantilla por actividades se muestra en el caso de estudio.<sup>4</sup>

**Tabla 32.** Actividades principales y secundarias para el presupuesto de revegetación

Actividades	Pastos
Acción de establecimiento	-Recalce -Riego -Abonamiento -Control de invasoras

Fuente: Forest Trends

La duración de estas actividades varía según la tasa diaria.

**Tabla 33.** Tasa de avance diario para revegetación de pastos nativos según actividad

Actividad	Tasa diaria		Tiempo (min)	
Riego	200	macollos/obrero/día	2,40	min/macollo/obrero
Abonamiento	2400	macollos/obrero/día	0,20	min/macollo/obrero
Control de invasoras	960	plantas/obrero/día	0,50	min/planta/obrero

Fuente: Forest Trends

### 5.3 Clausura de praderas

#### 5.3.1 Definición

Es una herramienta de manejo sumamente útil al momento de intentar recuperar el potencial forrajero o la condición de un sitio de pastoreo. Clausurar un pastizal significa retirar la totalidad de los animales durante un tiempo determinado, en función del grado de perturbación o deterioro que tiene el área, para permitir la recuperación de la diversidad florística y la productividad forrajera.

#### 5.3.2. Objetivo

El cercado es la práctica necesaria para lograr una mejora efectiva del pastizal. Con el solo hecho de cercar un pastizal degradado, dependiendo del potencial del sitio, se puede lograr una mejora significativa de la cobertura vegetal sin la necesidad de realizar prácticas adicionales. El cerco, en concordancia con un tiempo de descanso apropiado, favorece el desarrollo de las plantas, permitiendo su crecimiento y semilleo. Este proceso denominado sucesión vegetal puede durar de uno a varios años, dependiendo de la condición inicial y el potencial del sitio de pastizal. Existen pastizales que en tres años logran resultados significativos de mejora, mientras que otros pueden permanecer más de diez años sin lograrlo.

#### 5.3.3. Diseño de clausura de praderas

Para la instalación de la clausura se debe contar con un plano topográfico de la zona de intervención, a fin de trazar la configuración del cerco y ubicar los puntos esquineros y los puntos intermedios.

##### 5.3.3.1. Selección del tipo de cerco para la clausura de praderas

Los cercos pueden ser de carácter permanente o semipermanente, como los contruidos con piedras, tapias o champas. También existen cercos móviles, que generalmente están contruidos por una combinación de postes sobre los cuales se sostiene el cerco propiamente dicho, pueden ser de diferentes materiales. Los cercos más utilizados son los siguientes<sup>5</sup>:

##### 5.3.3.1.1. Malla ganadera

Es de alambre liso entrelazado en forma de rectángulos de 30 cm de lado, alcanza una altura de 1,2 a 1,5 m y viene en rollos de 100 m (Figura 40). Su instalación es sencilla, con postes de eucalipto de 2,2 m y grapas. Se utilizan mallas ganaderas de 6 a 9 hilos y postes de eucalipto de 2,5 m, los que deben estar tratados con brea y petróleo. Los postes se deben colocar cada 4 m y luego fijar la malla con grapas, además del uso de tensor. La construcción de este tipo de cercado es sencilla y práctica.

**Figura 40.** Cerco de malla ganadera de nueve (9) hilos



Foto: Godofredo Mamani

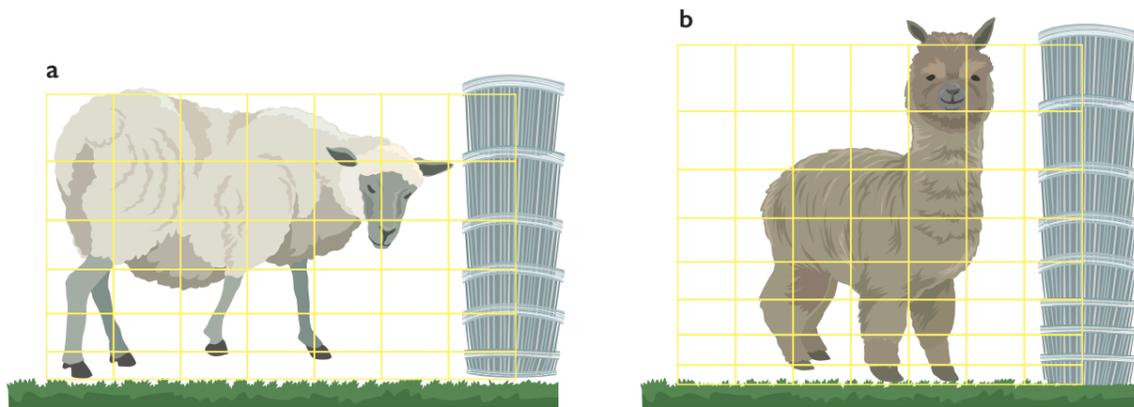
<sup>4</sup> Caso de estudio sobre las medidas de reforestación y revegetación en Huancaya y Huantán, cuenca del río Cañete.

<sup>5</sup> Farfán y Durant, 1998 y Mamani et al., 2013.

Los cercos de malla ganadera protegen mejor la vegetación de especies pequeñas como alpacas y ovinos, y de especies silvestres, como vicuñas y venados, entre otras. Las dimen-

siones del cerco varían de acuerdo con la especie animal, pues para especies grandes (vacunos y equinos) el cerco debe ser de mayor altura (Figura 41).

**Figura 41.** Malla ganadera de seis (6) hilos para ovino (izquierda) y malla ganadera de nueve (9) hilos para alpaca (derecha)



Fuente: Forest Trends

### 5.3.3.1.2. Alambre galvanizado

Se utiliza una combinación de alambre liso galvanizado y púas cada 30 cm, que es muy útil para vacunos y equinos, pero no para ovinos o alpacas. El alambre de púas n.º 12

galvanizado viene en rollos de 200 m de longitud y su costo es bajo en comparación con otros tipos de cerco; sin embargo, presenta problemas por herir a los animales y arrastrar fibra de animales como ovinos y alpacas.

**Figura 42.** Cerco de alambre liso galvanizado y alambre de púas (derecha)

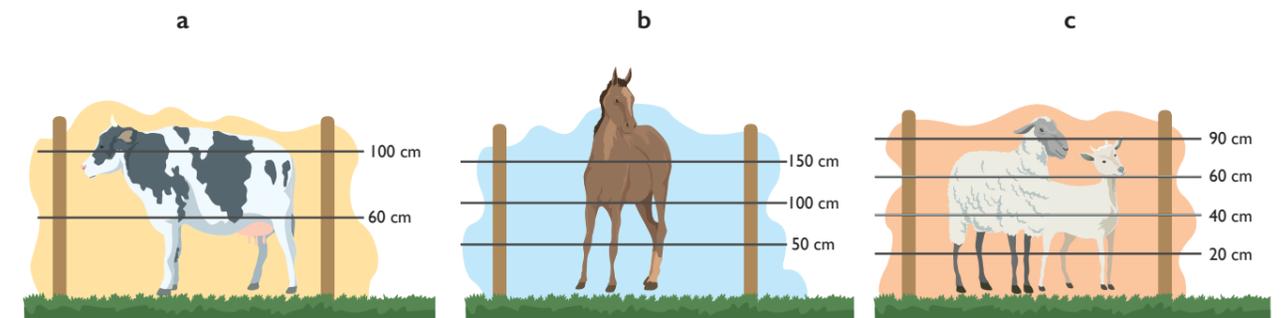


Foto: Godofredo Mamani

Los cercos de alambre protegen mejor la vegetación de especies grandes, como vacunos y equinos; sin embargo, también pueden ser utilizados para protección contra especies animales de porte mediano y pequeño. Las dimen-

siones del cerco varían de acuerdo con la especie animal: para especies grandes como vacunos y equinos, el cerco debe ser de mayor altura (Figura 43).

**Figura 43.** Cercos de alambre (derecha)



Nota:  
Cercos de alambre para a) vacunos b) ovinos y c) ovinos.

Fuente: Forest Trends

### 5.3.3.2. Proceso de cercado

#### 5.3.3.2.1. Marcado de puntos

Con una wincha de 50 m, se realiza una verificación y marcado del área donde se realizará el plantado de postes, a fin de determinar la ubicación de los postes de eucalipto. El área para cercar debe tener las siguientes características:

- Escasa presencia de rocas, lo que podría impedir la elaboración de hoyos y cambiar la ubicación del cerco.
- Escasa presencia de humedad que pueda afectar el fijado y la estabilidad del poste.
- Topografía regular, ya que en topografías muy irregulares se demandaría mayor número de mallas para cubrir la misma longitud horizontal.



**Figura 44.** Trazado de puntos para el cerco y marcado de puntos para hoyos

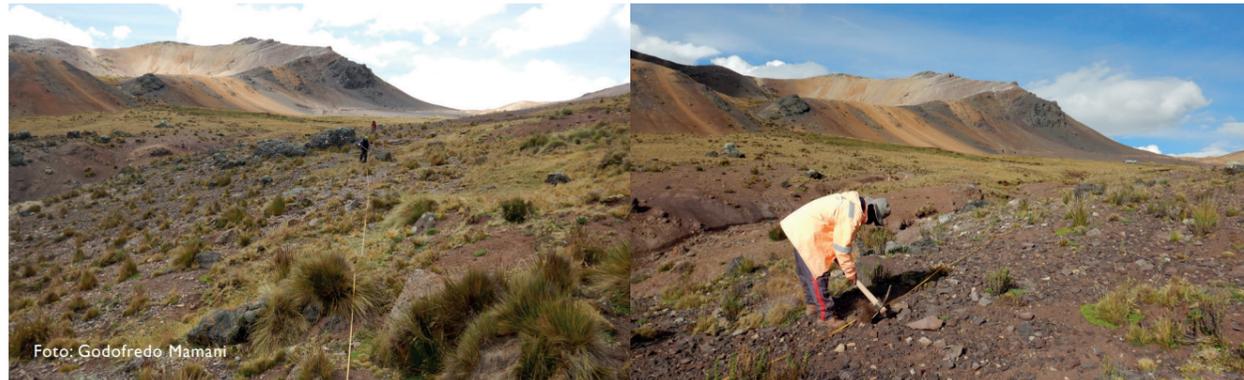


Foto: Godofredo Mamani

Foto: Godofredo Mamani

#### 5.3.3.2.2. Elaboración de hoyos

En primer lugar, se debe extraer el suelo superficial con un sacabocado y una barreta con punta. El hoyo debe tener

una profundidad de 50 cm para postes esquineros, 40 cm para postes intermedios y un diámetro de 20 cm. El suelo sustraído debe ser reservado para el tapado.

**Figura 45.** Apertura de hoyos para postes y hoyos concluidos



Foto: Godofredo Mamani

Foto: Godofredo Mamani

#### 5.3.3.2.3. Plantado de postes

Antes de ser instalados, los postes de madera deben ser curados o tratados, a fin de brindarles una protección contra la humedad para evitar su pudrición y deterioro (Figura 46). En este pro-

cedimiento se aplica con una brocha productos como brea o aceite quemado, entre otros, sobre la superficie del poste que irá enterrada en el hoyo (0,5 m, aproximadamente) y un diámetro de 20 cm. El suelo sustraído debe ser reservado para el tapado.

**Figura 46.** Tratamiento de postes con brea y plantado de postes esquineros



Foto: Godofredo Mamani



Foto: Godofredo Mamani

Luego, se coloca el poste de madera hasta la profundidad indicada y se rellena y apisona cada 10 cm con el suelo extraído, con una barreta sin punta y a fin de compactar hasta llegar al nivel del suelo. En la superficie deben quedar 2 m de poste para el enmallado (Figura 46). Los postes deben

ser colocados cada 4 o 5 m de distancia, en promedio; sin embargo, en áreas con una topografía y geometría irregulares pueden ser entre 3 y 5 m. En los postes ubicados en las esquinas se deben colocar unos soportes adicionales para mejorar la resistencia al enmallado.

**Figura 47.** Colocación y apisonado de postes



Foto: Godofredo Mamani

Foto: Godofredo Mamani

#### 5.3.3.2.4. Colocación de malla

Consiste en extender cada rollo de malla ganadera a lo largo de los postes ya instalados. En el primer poste se fija la malla con grapas, luego se extiende todo el rollo hasta el otro extremo. En el extremo final, se coloca un

tensor en la base de un poste, que debe unirse al extremo final de la malla con una soga para el tensado. Se debe tensar la malla hasta estirarla en toda su longitud, teniendo cuidado de no desestabilizar los postes colocados (Figura 48).

**Figura 48.** Cerco desplegado para colocación (izquierda) y tensión de malla ganadera (derecha)



Luego de su colocación, la malla se debe fijar a cada poste con cuatro o cinco grapas. Se deja un espacio de 10 cm en la base de cada poste, hasta una altura de 1,2 m. A continua-

ción, se coloca la siguiente malla, que debe ir unida a la malla anterior en sus extremos y con su mismo alambre, hilo por hilo (nueve hilos), a fin de que no se separen al tensar.

**Figura 49.** Unión de malla contigua (izquierda) y engrapado de malla al poste



#### 5.3.4. Tiempo de implementación

Los trabajos de clausura (cercos) pueden realizarse antes o después del periodo de lluvias. La duración de las obras depende de la longitud del cerco. Por ejemplo, 500 m de

cerco se pueden levantar en cinco días por cinco obreros (tres días colocación de postes y dos de colocación de malla ganadera). A continuación, se presenta un ejemplo de calendario de actividades para clausura de praderas.

**Tabla 34.** Calendario de actividades de clausura de praderas

Actividades	Año 0	Año I											
		Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set
1. Diseño Cerco													
2. Instalación de cercos													
Trazado de líneas guía													
Instalación de postes													
Colocación de malla ganadera													
3. Desarrollo de plantas													

Fuente: Forest Trends

#### 5.3.5. Materiales y equipos

Para 1 ha (400 m) de cerco se utilizan los siguientes materiales:

**Tabla 35. Materiales y herramientas para cercado**

Ítem	Función
Malla ganadera de 9 hilos	Cerco de exclusión
Postes de eucalipto 2,5 m x 2" día.	Sostén de malla
Grapas	Fijado de malla a poste
Clavo 4"	Unión entre postes tensores
Clavo 3"	Unión entre postes tensores
Guantes de cuero	Elaboración de hoyos
Azuela	Tallado de postes
Serrucho curvo	Corte de postes
Alicate	Amarre entre cercos contiguos
Martillo	Fijado de malla al poste
Soga (10 m)	Tensión de malla
Tensor	Tensión de malla
Sacabocado	Elaboración de hoyos
Barretilla	Elaboración de hoyos

Fuente: Forest Trends

### 5.3.6. Costos de ejecución

**Tabla 36. Presupuesto para instalación de cerco**

Actividades	Pastos
Obras preliminares	- Adquisición de postes - Adquisición de mallas
Obra complementaria	- Colocación de cartel
Transporte	- Transporte de postes y malla - Transporte de personal
Instalación de malla	- Trazado de líneas guía - Apertura de hoyos - Instalación de postes - Colocación de malla

Fuente: Forest Trends

Para el cercado en sí, se recomienda trabajar con una brigada de cinco obreros. Para dichos cálculos hay que tener en cuenta la tasa de avance diario.

**Tabla 37. Tasa de avance diario para cercado de pastos nativos (referencial)**

Actividad	Tasa diaria		Tiempo (min)	
Trazado de líneas guía	800	m/obrero/día	0,60	min/m/obrero
Elaboración de hoyos	40	hoyos/obrero/día	12,00	min/hoyo/obrero
Instalación de postes	50	postes/obrero/día	9,60	min/hoyo/obrero
Colocación de malla ganadera	100	m/obrero/día	4,80	min/m/obrero

Fuente: Forest Trends

### 5.3.7. Establecimiento de las praderas clausuradas

La clausura de praderas no involucra revegetación de especies, solo el descanso de la pradera. Por eso es necesario acelerar el desarrollo de las especies con algunas medidas para su establecimiento.

#### 5.3.7.1. Acciones de establecimiento de las praderas clausuradas

##### 5.3.7.1.1. Riego temporal

Esta labor depende de la presencia de agua en la zona. En áreas de secano, solo se aprovecha la precipitación, por lo que hay que tomar en consideración los datos de precipitación de la zona. Para un buen riego de los pastizales se requieren 150 a 200 mm mensuales de agua, que deben ser abastecidos únicamente por la precipitación. En áreas con presencia de fuentes de agua se debe aplicar temporalmente el sistema de riego por aspersión.

La frecuencia de riego varía según el tipo de suelo y la especie vegetal. Puede ser semanal en suelos de textura gruesa o quincenal en suelos de textura media. Una forma de determinar la frecuencia de riego es hacer una evaluación de la capacidad de campo para observar el contenido de humedad del suelo; sin embargo, se debe elaborar la programación del riego sobre la base de los estudios previos. El

sistema de riego a aplicar varía con la pendiente y la disponibilidad de agua. En sitios con pendiente plana a ondulada y agua permanente es posible el riego por aspersión con mangueras y yanamangas, aunque son menos eficientes en el riego. En cambio, en los sitios con fuerte pendiente y/o con limitaciones en la disponibilidad de agua, es posible el riego por aspersión mediante líneas de riego portátil y aspersores de baja presión, que pulvericen mejor la salida del agua para no causar erosión.

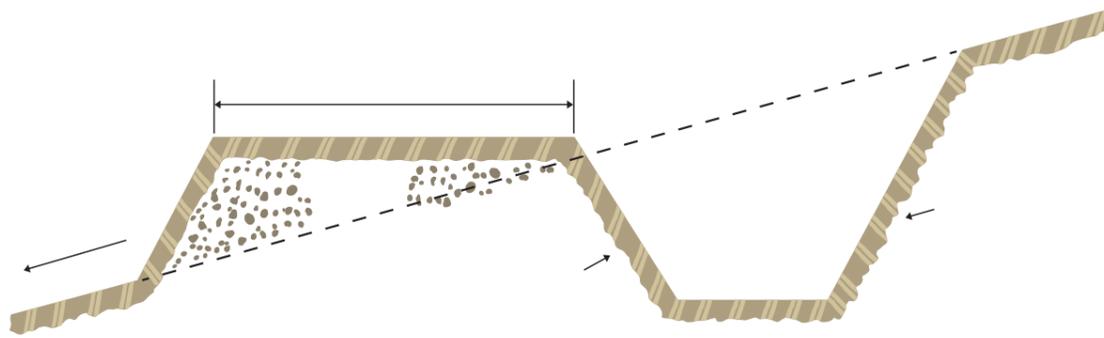
##### 5.3.7.1.2. Abonamiento

Para el abonamiento se deben considerar las orientaciones descritas en el punto 5.2.8.1.3 (p. 86). En este caso se pueden utilizar dos tipos de abonamiento:

#### a. Abonamiento manual

Este método se aplica en áreas donde no hay presencia importante de ganadería, por lo que el abono se debe adquirir de zonas lejanas y conservar en almacenes hasta su aplicación en el sitio de intervención. La dosis en la que se debe aplicar el abono varía dependiendo de su origen: si es guano de corral es de entre 3 y 5 t/ha, si se trata de guano de isla es de 0,8 t/ha. El guano de corral se aplica en la superficie a razón de 500 g/m<sup>2</sup>; en caso de utilizar guano de isla, se recomienda aplicar 100 g/m<sup>2</sup> (Figura 50).

**Figura 50.** Aplicación de estiércol de ganado (izquierda) y distribución del guano de corral (derecha)



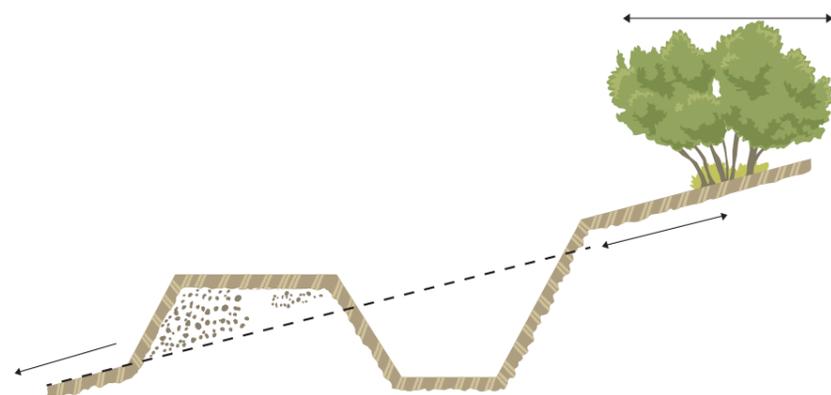
Fuente: Forest Trends

**b. Rotación de dormideros (majadeo)**

Este método se aplica en lugares donde existe ganadería local de auquénidos (llamas y alpacas). El abonamiento se logra a través de la excreción directa de los animales en el área de intervención mediante el uso de dormideros portátiles, corrales de malla ganadera, sacos de rafia o red de pescador fijados con postes portátiles, dentro de los cuales se encierra a los animales por siete u ocho noches. Durante ese periodo los animales pueden alimentarse en áreas circundantes con buen estado de conservación y/o en la

zona de recuperación; mientras que por la noche orinan y defecan sobre los pastizales, incorporando nutrientes y semillas que posteriormente se desarrollarán. Cada ocho días el dormidero rota por diferentes zonas dentro del área de intervención, hasta cubrirla toda. El tamaño del cerco varía en función del número de animales, que a su vez varía según su disponibilidad. Se estima que, por ejemplo, una alpaca requiere un área de 1 a 1,5 m<sup>2</sup>; por tanto, si se cuenta con 50 alpacas, se puede construir un dormidero de entre 50 y 75 m<sup>2</sup>.

**Figura 51.** Rotación de dormideros (izquierda) y abono mediante majadeo (derecha)



Fuente: Forest Trends

**5.3.7.1.3. Control de plantas invasoras**  
Con la evaluación de la vegetación se detectan las plantas indeseables que perjudican el desarrollo de las especies de plantas existentes en el sitio, por lo que se puede

implementar un programa de control de especies invasoras. Este programa puede incluir la eliminación manual o la aplicación de algunas técnicas para ciertas condiciones (Figura 52).

**Figura 52.** Área invadida por *Senesio* sp. (izquierda) y extracción de plantas invasoras (derecha)



Foto: Godofredo Mamani

La época apropiada de deshierbo es antes de la floración, entre los meses de febrero y marzo, cuando las plantas extraídas pueden ser enterradas dentro del área revegetada. Como se mencionó antes, algunas plantas invasoras, como la chojra, también son plantas pioneras de estadios sucesionales iniciales de áreas degradadas, por lo que no es necesario eliminarlas todas, solo las necesarias para garantizar el desarrollo de las otras especies.

**5.3.7.1.4. Cronograma de acciones de establecimiento de las praderas clausuradas**

A continuación, se presenta un ejemplo de cronograma de acciones de establecimiento de la vegetación de las praderas clausuradas.

**Tabla 38.** Cronograma de acciones para establecimiento de revegetación.

Actividades	Año 1												Año 2												Año 3											
	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago			
I. Mantenimiento																																				
Riego																																				
Abonamiento																																				
Control de invasoras																																				
2. Desarrollo de plantas																																				

Fuente: Forest Trends

**Tabla 39.** Brigada de personal necesario para el riego y sus funciones

Personal	Función
Capataz	Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: -Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico. -Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance. -Supervisar la calidad del trabajo de riego. -Controlar y llevar un registro diario del avance del riego, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros, entre otras.
Obreros	Regador Los que se encargan del riego de las plantas.

Fuente: Forest Trends

**Tabla 40.** Brigada de personal necesario para el abonamiento y sus funciones

Personal	Función	
Capataz	Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: -Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico. -Redistribuye la actividad y número de obreros de acuerdo con el avance. -Supervisar la calidad del trabajo de abonamiento. -Controlar y llevar un registro diario del avance del abonamiento, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros, entre otros.	
Obreros	Extractores	Distribuir los sacos de guano dentro del área de intervención según la dosis de abonamiento.
	Recogedores	Retirar las plantas extraídas hacia puntos de recojo.

Fuente: Forest Trends

**Tabla 41.** Brigada de personal necesario para el control de plantas invasoras y sus funciones

Personal	Función	
Capataz	Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: -Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico. -Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance. -Supervisar la calidad del trabajo de extracción de plantas invasoras. -Controlar y llevar un registro diario del avance de la extracción, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros, entre otros.	
Obreros	Extractores	Extraer las plantas invasoras de los semilleros utilizando zapapicos.
	Recogedores	Retirar las plantas extraídas hacia puntos de recojo.

Fuente: Forest Trends

### 5.3.7.1.5. Costos de acciones de establecimiento

La duración de las acciones de establecimiento varía según la tasa diaria.

**Tabla 42.** Tasa de avance diario para revegetación de pastos nativos según actividad

Actividad	Tasa diaria		Tiempo (min)	
Riego	200	macollos/obrero/día	2,40	min/macollo/obrero
Abonamiento	2400	macollos/obrero/día	0,20	min/macollo/obrero
Control de invasoras	960	plantas/obrero/día	0,50	min/planta/obrero

Fuente: Forest Trends

## 5.4. Viveros

### 5.4.1. Definición

Los viveros forestales son sitios especialmente dedicados a la producción de plántulas de la mejor calidad y al menor costo posible (SERFOR, 2014).

### 5.4.2. Objetivos

El vivero es el lugar destinado a la reproducción de plantas para abastecer la demanda de los programas de reforestación, restauración o arreglo estético del paisaje (Arriaga et al., 1994). Su misión es obtener plantas de calidad, que garanticen una buena supervivencia y crecimiento en el lugar donde se establezcan en forma definitiva. El buen crecimiento de los plantones se logra únicamente si se ha seguido una metodología adecuada de producción, desde la siembra hasta la etapa de establecimiento en el entorno natural. Para lograrlo se requiere que las personas encargadas de esta actividad estén capacitadas para aplicar las técnicas y/o los diseños más apropiados. Por otra parte, antes de realizar la siembra de semillas en el vivero es necesario tener claro cuál será el sistema productivo que se empleará, pues de él dependerá el tipo de plantas que se produzcan, el costo final y su desarrollo posterior en el sitio de plantación.

### 5.4.3. Tipos de viveros

La producción de material vegetativo local constituye el mejor medio para seleccionar, producir y propagar masivamente especies útiles. Un vivero forestal debe cumplir tres (3) objetivos: 1) cubrir la demanda de plantas requerida en la zona, 2) ofrecer plantas de calidad adecuada y 3) proporcionar plantas a un costo razonable (Navieras y Nitsch, 1997). Especialmente en las zonas rurales, los viveros deben reducir el costo de las plantas, sin poner en riesgo su calidad.

Los viveros pueden funcionar como fuente productora de plantas y también como un laboratorio de investigación de especies nativas, ya que no existe información sobre su germinación y crecimiento. Una ventaja de los viveros locales es que funcionan como bancos temporales de germoplasma y de las plántulas de las especies del lugar. Esto permite tener acceso constante a las diferentes especies para caracterizarlas, seleccionarlas y manejarlas, al mismo tiempo que se diseñan, conocen y adecuan técnicas sencillas para su propagación masiva.

Arriaga et al. (1994) establecen que los viveros pueden ser temporales o permanentes, y, de acuerdo con su producción, pueden ser por semilla o esqueje. Para estos estudios

de IN para la GRD se plantean dos tipos de viveros, dependiendo de la función y el tamaño.

### 5.4.3.1 Tipo 1: vivero nodriza o principal

Luego de investigar y seleccionar las mejores especies nativas, estos viveros producen plantines para distribuirlos a los diferentes viveros de adaptación o secundarios. Se estima que podrían desarrollar aproximadamente un millón de

plantines al año. Producen especies maderables y/o frutales para reforestación, barreras vivas o agroforestería. Su objetivo es la producción local de plantas nativas de buena calidad. Como datos orientativos, se puede decir que un vivero que produce 500 000 plantas necesita una superficie aproximada de entre 2 y 2,5 ha para producción. Además, deben sumarse áreas para depósitos de agua (si es que se considera necesario), lombricario y galpón.

**Figura 53.** Vivero nodriza o principal



### 5.4.3.2 Tipo 2: vivero de adaptación o secundario

Estos viveros se establecen en áreas cercanas a las zonas donde se realizará la reforestación. La infraestructura para su funcionamiento requiere menos inversión que los viveros nodriza, pues su función principal es continuar con el crecimiento de los plantones hasta que sean instalados en un campo definitivo.

En la actualidad, este tipo de vivero es muy utilizado. En general, los pequeños productores o comunidades rurales incorporan esta tecnología y estos sistemas productivos están orientados principalmente para el autoconsumo o comercialización dentro de la comunidad (Picado, 1987).

**Figura 54.** Viveros de aclimatación o secundario



#### 5.4.4 Producción de plántones

El proceso de producción de plántones inicia con la colecta de semillas y continúa con el trabajo en vivero, en donde se comienza por el acondicionamiento de las áreas para establecer los plántones a producir; se preparan los sustratos para el llenado del envase (bolsa) y se realiza la siembra. Una vez germinada la semilla, entra en la etapa de crecimiento, en la

cual se realiza las labores culturales, como la aplicación de fertilizantes, los riegos, el deshierbo y otras medidas. El periodo de crecimiento y desarrollo de un plánton en un vivero puede durar de seis a doce meses, dependiendo de la especie. Antes de la plantación en campo definitivo, se seleccionan, trasladan y almacenan los mejores individuos. Finalmente, se realiza la apertura de hoyos y la plantación.

**Figura 55.** Flujo de actividades para la producción de plántones



Fuente: elaboración del equipo consultor

#### 5.4.4.1. Obtención de la semilla

Cuando crecen en forma natural o en bosques artificialmente establecidos, las especies forestales se caracterizan por tener una fructificación marcadamente periódica durante los meses del año y a través de los años.

Tomando en cuenta los aspectos fenológicos, como floración y fructificación (Tabla 43), se puede generar un calendario para la recolección de semillas como materia prima para la producción de especies forestales en los viveros.

**Tabla 43.** Aspectos fenológicos, floración y fructificación de especies forestales (en meses del año)

Especie	Floración	Fructificación
<i>Tara spinosa</i>	Octubre-diciembre (norte del Perú)	Marzo-octubre (Huancabamba, Piura)
<i>Prosopis pallida</i>	Diciembre-febrero (norte del Perú)	Junio-agosto (norte del Perú)
<i>Alnus acuminata</i>	Marzo-mayo (Amazonas)	Mayo-julio (Amazonas)
<i>Polylepis racemosa</i>	Mayo-noviembre	Abril-julio
<i>Vachellia macracantha</i>	Setiembre-junio (Lambayeque)	Abril-diciembre (Lambayeque)
<i>Tecoma stans</i>	Abril-Julio	Agosto-noviembre (estación seca)
<i>Shinus molle</i>		Mayo-julio (Perú)
<i>Salix humboldtiana</i>		Mayo-julio (Perú y Bolivia)
<i>Colicodendron_scabridum</i>	Marzo-abril, julio-setiembre	Julio-abril
<i>Libidibia glabrata</i>	Noviembre	Enero-setiembre (Tumbes)
<i>Escallonia racemosa</i>	Julio-setiembre, abril-julio (sierra central)	Setiembre-octubre
<i>Buddleja coriacea</i>	Enero-julio	Mayo-julio
<i>Kageneckia lanceolata</i>	Setiembre-diciembre	Agosto-noviembre
<i>Podocarpus oleifolius</i>	Marzo-agosto	Noviembre-junio

Fuente: elaboración del equipo consultor

Un año de abundante fructificación no necesariamente significa un año de producción de semillas de buena calidad, lo que es especialmente preocupante cuando la periodicidad aumenta en años. En estos casos, los propagadores suelen recurrir al aprovisionamiento en huertos semilleros o a la propagación vegetativa como método de reproducción de plantas. En cada zona edafoclimática<sup>6</sup> debería existir una zona de recolección de semillas, sobre todo de especies nativas. Estos lugares deben estar ubicados en zonas accesibles para abastecer con material proveniente de las semillas cosechadas. Asimismo, los futuros plantones del vivero tendrán mayor adaptabilidad al momento de ser plantados en campo definitivo en las zonas edafoclimáticas similares.

#### 5.4.4.2. Germinación de semillas

La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997): 1) la absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa, 2) el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, la translocación y asimilación de reservas alimentarias en zonas en desarrollo del embrión y 3) el crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y, posteriormente, de la plántula. Las semillas requieren condiciones estables en las que humedad, luz, temperatura y oxígeno activen el metabolismo de la germinación. Su efecto se expresa tanto en la capacidad germinativa, como en la velocidad de germinación (Vázquez-Yanes *et al.*, 1997).

El estado de reposo de la semilla puede ser clasificado como quiescencia o latencia. La quiescencia se produce por falta de agua, como ocurre con las semillas almacenadas en condiciones artificiales. Por el contrario, la latencia es el reposo de las semillas cuando no germinan a pesar de encontrarse en condiciones óptimas de temperatura y humedad. Para la propagación en vivero, muchas veces es necesario tratar o escarificar a las semillas para activar la germinación. La escarificación consiste en romper, rayar, alterar mecánicamente o ablandar las cubiertas de las semillas para que sean permeables al agua y a los gases, y posteriormente iniciar el proceso de germinación (Hartman & Kester, 1990).

Los tratamientos de escarificación son diversos; sin embargo, Hartman & Kester (1990) y Camacho (1994) identifican los más comunes:

**Ácidos o escarificación química.** Se utiliza cuando hay latencia física, química, mecánica y fisiológica intermedia leve y profunda. Imita el paso de la semilla por el tracto digestivo de animales. Las semillas se sumergen en ácido (por ejemplo, sulfúrico) y se utilizan en diferentes concentraciones (10-100%) y tiempos de exposición (10 minutos a seis horas) dependiendo de las especies.

**Congelamiento.** Se utiliza en latencia física intermedia, leve y profunda. Previamente, las semillas se remojan en agua por 12 o 24 horas. La temperatura que se usa es de 0 a 10 °C y el tiempo de refrigeración varía hasta llegar a cuatro meses.

**Control de luz y temperatura.** Se utiliza en latencia fisiológica intermedia y leve. En este método se imita la variación de temperatura a lo largo del día, su éxito depende de la edad y el manejo previo de las semillas. Se aplica a cámaras de germinación.

**Escarificación mecánica.** Se utiliza para la latencia física, química, mecánica y fisiológica intermedia leve y profunda. En esta técnica se desgasta la testa de forma manual por abrasión o golpeo. Es necesario conocer la ubicación del embrión para no dañarlo.

**Hormonas vegetales.** Es para romper la latencia fisiológica intermedia leve y profunda y morfológica. El medio de germinación se remoja continuamente con disolventes orgánicos hormonales.

**Remojo.** Se usa para la latencia química, mecánica, intermedia leve y profunda. Las semillas se remojan con agua corriente o sumergiéndolas en agua tibia o caliente y cambiándola cada doce horas. El agua ablanda las cubiertas de las semillas para plantarlas en verano o a inicio del otoño, cuando la temperatura del suelo es cálida.

**Exposición de luz.** Se usa para latencia física. En esta técnica se remojan y secan las semillas. Después se les aplica luz blanca fluorescente (3,5 watts) al menos ocho horas diarias. La Tabla 44 muestra los principales tratamientos pregerminativos para algunas especies nativas.

**Tabla 44.** Principales tratamientos pregerminativos de especies forestales

Especie	Tratamiento pregerminativo
<i>Tara spinosa</i>	Escarificación mecánica Remojo en agua caliente
<i>Prosopis pallida</i>	Escarificación mecánica Escarificación química Remojo
<i>Alnus acuminata</i>	No aplica, propagación por estacas
<i>Polylepis racemosa</i>	No aplica, propagación por estacas
<i>Vachellia macracantha</i>	Escarificación mecánica Escarificación química
<i>Tecoma stans</i>	No requiere
<i>Shinus molle</i>	Remojo Escarificación química
<i>Handroanthus chrysantus</i>	Remojo
<i>Salix humboldtiana</i>	No aplica, propagación por estacas
<i>Colicodendron scabridum</i>	Remojo
<i>Libidibia glabrata</i>	No requiere
<i>Escallonia racemosa</i>	No aplica, propagación por estacas
<i>Buddleja coriacea</i>	No requiere
<i>Kageneckia lanceolata</i>	No requiere
<i>Podocarpus oleifolius</i>	Escarificación mecánica

Fuente: Forest Trends

#### 5.4.4.3. Propagación vegetativa

La reproducción asexual, que utiliza partes vegetativas de una planta original, es posible. Esto se debe a que muchas de las células de los tejidos vegetales ya maduros conservan la potencialidad de multiplicarse, de diferenciarse y dar origen a diversas estructuras, como tallos y raíces. Estos grupos celulares forman parte de meristemos primarios y secundarios, que pueden encontrarse en todos los órganos de las plantas.

Según Vázquez *et al.* (2000), la propagación tiene tres (3) variantes: 1) la micropropagación a partir de tejidos vegetales en cultivo in vitro, 2) la propagación a partir de bulbos, rizomas, estolones, tubérculos, estacas, o segmentos (esquejes) de las plantas que conserven la capacidad de enraizar y 3) la propagación por injertos de segmentos de la planta sobre tallos de plantas receptoras más resistentes. En la propagación por estacas, una parte del

<sup>6</sup> Una zonificación edáfica y climática (edafoclimática) corresponde a la detección de áreas geográficas homogéneas en sus características climáticas y edáficas [Morales, L. *et al.*, 2006]

tallo, de la raíz o de la hoja se separa de la planta madre, se coloca bajo condiciones ambientales favorables y se le induce a formar raíces y tallos, produciendo una nueva planta independiente, que en la mayoría de los casos es idéntica a la planta de la cual procede (Huanca, 2001). La propagación por estacas consiste en cortar brotes, ramas o raíces de la planta, las cuales se colocan en una cama enraizadora, con el fin de lograr la emisión de raíces y brotes de la parte aérea, hasta obtener una nueva planta (Rojas et al., 2004). Ciertas especies, como *Alnus acuminata*, *Polylepis sp.* y *Salix humboldtiana* son propagadas a través de estacas en viveros.

Existen muchas especies forestales que al dispersar sus semillas presentan regeneración natural, estas nuevas plantas toman el nombre de brinzales (ADEFOR, 1996). Cuando son extraídas del bosque para ser llevadas a un vivero para su desarrollo y posterior instalación en campo se le conoce como el método de propagación por brinzales, siendo muy usado en especies forestales nativas, ya que sus semillas son difíciles de colectar y germinar (Román et al., 2012). Al usar este método se debe tener cuidado de no afectar las poblaciones naturales de las especies (Vargas y Lozano, 2008), pues la extracción excesiva puede afectar la dinámica natural del bosque. Por ejemplo, el aliso (*Alnus acuminata*) es mejor propagarlo por brinzales. Para la recolección de brinzales de esta especie debe seleccionarse árboles sanos, libres de enfermedades, vigorosos, con buena forma y localizados en sitios naturales. El tamaño de brinzales fluctúa desde 0,03 a 0,25 m. Al observar el desarrollo de los diferentes tamaños establecidos, se puede deducir que el tamaño adecuado para su reproducción es de 0,10 a 0,15 m (INIA, 2014).

#### 5.4.4.4. Siembra de semillas

La germinación en viveros forestales puede ser realizada en:

##### 5.4.4.4.1. Camas de germinación o almácigo

La siembra se realiza a voleo, en hileras gruesas y a golpe o postura, dependiendo del tamaño de las semillas (Jiménez, 1993):

- *Siembra a voleo*: se usa cuando las semillas son muy pequeñas. Se toma una porción de semillas en la mano y se distribuyen en forma lineal a lo largo de la cama de almácigo. Luego, el tapado de las semillas se hace con el mismo sustrato.

- *En hileras o surcos*: se abren pequeños surcos a lo ancho de la cama de germinación y se depositan las semillas. Cuando se trata de semillas de tamaño medianas o grandes, se siembra una por una en forma directa y lineal, a una distancia preestablecida de 2 a 2,5 cm.

- *A golpe o postura*: se usa para sembrar semillas grandes, que se colocan una a una buscando la mejor postura que ayude a la germinación.

Estas camas de almácigo reciben las semillas y permiten su germinación. El sustrato que aloja a las semillas que no cuentan con nutrientes almacenados está compuesto de tierra negra y arena en una proporción de 2:1. En el caso de las semillas que disponen de cotiledones donde se almacenan nutrientes para alimentar a las semillas y las plantitas germinadas, el sustrato debe consistir tan solo de arena. Es recomendable mejorar el drenaje de las camas de almácigo y repique, colocando una capa de ripio o grava en la base de las camas de almácigo.

##### 5.4.4.4.2. En envases de crecimiento

Se utilizan bandejas, bolsas o tubetes de plástico. La siembra se realiza de forma directa con semillas de alta capacidad de germinación y el sustrato perfectamente húmedo. La profundidad donde se colocan las semillas debe ser homogénea. En el caso de las semillas pequeñas, estas se ponen en la superficie y se cubren con materiales de textura rugosa, como arena fina o perlita, para evitar su movimiento y exposición. Cuando la germinación de la semilla no es del 100 %, se siembran dos o tres semillas por contenedor. Esto puede incrementar los costos en mano de obra, ya que si todas las semillas germinan es necesario dejar una por envase para su desarrollo posterior. Mediante esta preselección se asegura el número de plantas necesarias (Padilla, 1983).

Figura 56. Siembra de semillas en cama de almácigo



Fuente: Freepik.com

Figura 57. Tipos de envases de crecimiento



Fuente: Huarango Nature, vivero de Tacabamba

#### 5.4.4.4.3. Siembra en semilleros o almácigos pequeños

Es muy común en viveros temporales y existe una gran variedad de ellos. Comúnmente se utilizan cajas de madera recubiertas con plástico negro, bandejas, recipientes reciclados, entre otros. Estos almácigos no deben exceder el metro de ancho, una longitud de 1,5 m y una profundidad de 5-7 cm. Una vez seleccionado el tipo de almácigo, el sustrato se esteriliza para prevenir la aparición de hongos y se llena el contenedor de manera homogénea (Napier, 1985). Hay dos tipos de siembra. Cuando las semillas son pequeñas se emplea el método al voleo, a un distanciamiento pre-establecido de 2 a 2,5 centímetros entre semillas. En esta etapa, la semilla que germina necesita sombra y humedad, no debemos permitir que se seque el sustrato, tampoco regar en exceso, ya que podríamos ocasionar que las semillas se pudran fácilmente (ITTO, 2014).

#### 5.4.4.5. Manejo de sombras

El tinglado o techo de las camas de almácigo y repique cumple la función de producir sombra a las semillas almacenadas y a las plantas repicadas, regula el ingreso de luz solar y distribuye el agua de lluvia para evitar el chorreo. Si se tiene mucha sombra se propicia la pudrición de raíces por mantener humedad. La sombra temporal de un vivero es mejor que la sombra continua de los árboles, ya que las plantas necesitan acostumbrarse poco a poco a la luz solar plena que recibirán en el campo. Se sugiere que la confección de los tinglados sea fácilmente desarmable.

#### 5.4.4.6 Sustratos

El sustrato es la mezcla de suelo (tierra negra), arena y materia orgánica (estiércol de ganado vacuno, carnero, gallinaza, humus, compost, etc.) que se usa para llenar las bolsas en el vivero o las camas de germinación.

**Tabla 45.** Descripción de tipos de sustratos

Sustrato	Descripción
Tierra negra	Generalmente es la capa o tierra superficial del bosque, cuyo espesor varía entre 10 y 20 cm de profundidad. Esta capa es la que contiene mayor cantidad de nutrientes en el suelo, ya que en ella se descomponen los diversos materiales orgánicos.
Arena	Sirve para mejorar el drenaje del sustrato, permite la filtración del agua con facilidad, evita el endurecimiento del sustrato cuando se seca y facilita el desarrollo de la raíz.
Materia orgánica o abono	Proporciona los nutrientes suficientes que requiere el sustrato para alimentar a las plantitas repicadas. Puede estar conformada por gallinaza, estiércol de ganado, de caprino, madera podrida, humus de lombriz, compost, etc.

Fuente: ITTO, 2014

La mezcla de los componentes zarandeados se realiza en función de las necesidades del sustrato. Una de las proporciones más usadas es 2:1:1/3 (tierra negra: arena: materia orgánica); es decir, dos carretilladas de tierra negra, una de arena y un tercio de carretillada de abono orgánico. Otra es la proporción de 3:2:1 (tierra negra: arena: materia orgánica).

Las proporciones varían según el componente. Por ejemplo, si la tierra negra es arenosa, el componente arena disminuye en proporción o se elimina; de igual manera, si la tierra negra contiene buen porcentaje de materia orgánica, se disminuye la proporción del componente orgánico o se elimina.

#### 5.4.5. Labores culturales

##### 5.4.5.1. Riegos

El riego debe ser aplicado con un regador o equipo de ducha fina, para que el agua caiga en forma suave. El riego debe ser realizado con equipo de ducha fina, pero con suficiente cantidad de agua para que llegue hasta la raíz y no sea un riego superficial. Cuando el riego se realiza con envases o equipos inadecuados, el chorro de agua cae con fuerte impacto y ocasiona el lavado del sustrato, donde la semilla queda fuera del almácigo o queda expuesta la raíz del plantón al descubierto.

##### 5.4.5.2. Deshierbo

Durante la permanencia de las semillas en las camas de almácigo hasta su germinación y durante el crecimiento de las plantitas en las camas de repique, aparecen plantas invasoras que compiten por los nutrientes y por agua con las plantitas deseadas, por lo que se debe eliminar esta maleza en forma oportuna.

##### 5.4.5.3. Remoción

La remoción consiste en cambiar de lugar las bolsas con plantas en las camas de repique, con la finalidad de que las raíces no penetren en el fondo de la cama, y que las plantas se vuelvan suculentas. También se aprovecha esta labor para separar las bolsas sin plantas y agrupar las plantas por tamaño, las más grandes al centro de las camas y las más pequeñas a los lados. Este procedimiento también ayuda a lignificar o endurecer las plantas.

##### 5.4.5.4. Tiempo en vivero

Los plantones deben permanecer en el vivero hasta alcanzar una altura de 25 a 30 cm, dependiendo de la especie a producir. Para evitar que los plantones enraícen en el suelo, se recomienda colocar un plástico en el piso y, en caso sea necesario, realizar la poda de raíz. Cuando los plantones alcancen el tamaño adecuado, se debe retirar la malla de sombra y ampliar la frecuencia de riegos para que los plantones se lignifiquen (más leñoso) y se aclimaten a condiciones ambientales similares a las del sitio de plantación.

##### 5.4.5.5. Agoste

Consiste en retirar poco a poco los plantones de la sombra, hasta dejarlos expuestos al sol. También se va espaciando el agua de riego, pero no se quita totalmente, sino que se le da la necesaria para que se vayan endureciendo los tejidos de las plantas y se lignifiquen los tallos. Esta acción prepara a la planta para el estrés que sufrirá cuando sea instalada en campo definitivo.

#### 5.4.6. Selección de plantones en vivero

La calidad de los plantones es un punto determinante para establecer con éxito una plantación en campo definitivo. La selección debe tener ciertos criterios, como la sanidad, la conformación y la eliminación de aquellos plantones que están enfermos, mal formados, torcidos, con ramificaciones, con ataque de plagas. La Tabla 46 muestra los tamaños de plantones más adecuados para la selección.



Foto: Forest Trends

**Tabla 46.** Tamaño de plantón de especies forestales

Especie	Tamaño de plantón/estaca
<i>Tara spinosa</i>	Plantón: 25-30 cm
<i>Prosopis pallida</i>	Plantón: 25-30 cm
<i>Alnus acuminata</i>	Estaca/brinza: 35-50 cm
<i>Polylepis racemosa</i>	Estaca: 30 cm
<i>Shinus molle</i>	Plantón: 15-20 cm
<i>Escallonia racemosa</i>	Plantón: 20-25 cm
<i>Buddleja coriacea</i>	Plantón: 30 cm

Fuente: Forest Trends



**Medidas de infraestructura natural para el control de erosión y estabilidad de laderas que incluyen cobertura vegetal**

De acuerdo con el marco conceptual (p. 23, Figura 2), se intervienen las áreas para el factor de producción 2, que tiene como objetivo controlar la erosión y estabilizar laderas en zonas susceptibles a movimientos de masa e inundación en zonas de protección que han sufrido cambio de uso y/o pérdida de productividad. Existen medidas de IN principales que recuperan cobertura vegetal y que responden de manera directa al cumplimiento de este objetivo, como sistemas agroforestales de protección con especies nativas para uso sostenible y sistemas de pasturas mixtas de protección con especies nativas para uso sostenible.

También hay medidas complementarias asociadas a la cobertura vegetal que sirven de soporte a la funcionalidad de las medidas principales, como las barreras vivas que pueden complementar las zanjas de infiltración, las terrazas de formación lenta y para el control de cárcavas. También están

los sistemas agroforestales de protección con especies nativas para uso sostenible, que pueden complementar a las terrazas de formación lenta.

## 6.1 Barreras vivas

### 6.1.1. Definición

Son hileras de plantas perennes y de crecimiento denso (árboles, arbustos o pastos), sembradas una cerca de la otra para formar una barrera continua a nivel en contra de la pendiente. En el caso de utilizar pastos para barreras vivas, estos deben ser de porte alto.

### 6.1.2. Objetivo

Como se muestra en la Tabla 47, complementar las medidas de IN, como andenes, zanjas de infiltración, terrazas de formación lenta y control de cárcavas. Las barreras vivas deben tener un crecimiento denso y estar sembradas perpendicularmente a la pendiente (en curvas de nivel).

**Tabla 47.** Barrera viva y/o forestal utilizada por medida para control de erosión y estabilidad de laderas

Medida principal	Medida complementaria	Cobertura vegetal
Control de cárcavas (taludes y base de cárcavas)	Barrera viva y/o forestal	Árboles, pastos
Zanjas de infiltración		Árboles, arbustos y pastos
Terrazas de formación lenta		Árboles y arbustos
Andenes		Arbustos y pastos

Fuente: Forest Trends

## 6.1.3. Diseño de barreras vivas

### 6.1.3.1. Selección de especies

Se deben utilizar plantas nativas de vivero, que deben ser de calidad y haber alcanzado un tamaño mínimo de entre 30 y 50 cm de altura. Estas especies tienen que ser perennes, de fácil propagación, con abundante follaje y ramificaciones que se inicien lo más cerca posible del suelo y poseer un sistema denso de raíces. En el caso de barreras vivas de pastos, se pueden usar macollos o semillas de especies y de porte alto.

Para seleccionar las especies que se van a colocar en las barreras vivas se deben seguir las pautas de la *Guía de selección de especies* y los criterios planteados en los ítems de reforestación y revegetación (p. 17).

### 6.1.3.2. Diseño lineal

Consiste en plantar individuos arbóreos siguiendo el contorno de las curvas de nivel del sitio, siempre abonando el sitio, con la finalidad de facilitar su establecimiento en el área con alta pendiente. Este diseño debe ir acompañado por un mecanismo de captación y retención de agua para reducir la erosión; por ejemplo, zanjas, terrazas o, en pendientes muy extremas, terrazas individuales. Para el cálculo de la cantidad de árboles a plantar se sigue la siguiente fórmula:

$$\text{Árbol} = (L/D) + 1$$

#### Donde:

**L** = representa la longitud para plantar

**D** = la distancia entre los plantones

Fuente: PPD-PNUD/GEF Panamá, 2019

La principal ventaja que ofrece este diseño es el control de la escorrentía y la erosión del suelo. Se puede aplicar en matorral andino, pajonal de puna húmeda, jalca, bosque relicto mesoandino y bosque relicto altoandino (PSDF, 2015).

### 6.1.3.3. Técnica de siembra e instalación

#### 6.1.3.3.1. Barrera viva para control de cárcavas

En zonas con pendiente elevada e inadecuado manejo del suelo, con el paso del tiempo la escorrentía provoca cárcavas o grietas en el sentido de la máxima pendiente. Para contrarrestar estos efectos se establece o maneja vegetación predominantemente arbórea y arbustiva, y se forma un bosque sobre la misma cárcava (Terreros y Reynel, 2016).

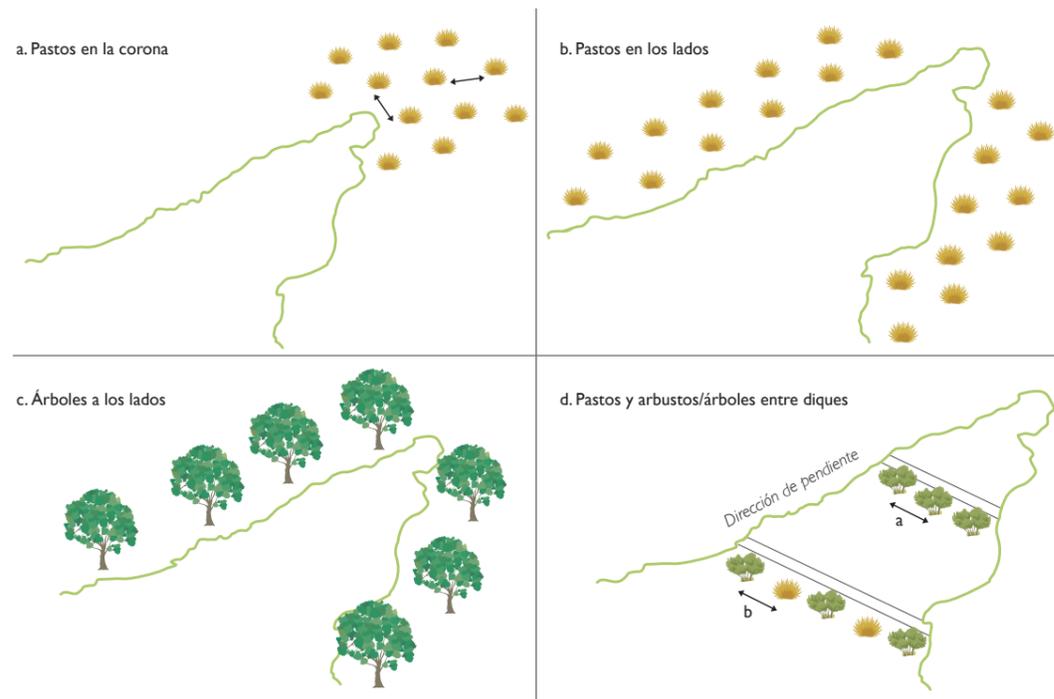
El control de la cárcava debe comenzar desde su cabecera, que es el lugar donde empieza a formarse. Los bordes superiores deben rodearse plantando vegetación (herbácea y/o leñosa según los casos) para frenar la velocidad del agua y hacer que sus raíces retengan mejor el terreno. La anchura mínima de esa zona de vegetación dependerá del tamaño de la cárcava. Si en el nacimiento es pequeña (menos que 1 m de profundidad), posiblemente baste con sembrar una barrera de vegetación herbácea de una anchura mínima de 5 m si está compuesta por gramíneas y de 10 m si es de leguminosas. Si la cárcava tiene más de 1 m de profundidad en su cabecera, lo recomendable es usar un seto de vegetación que combine especies leñosas y herbáceas (Gómez et al., 2011).

Los márgenes de las cárcavas, por la inclinación de sus taludes y estar más expuestos a disgregarse, constituyen áreas muy inestables y con tendencia a desplomarse. Por eso es importante protegerlas estableciendo en ellas vegetación de pequeño porte, ya sea arbustiva o herbácea. Los macollos de los pastos deben ser colocados a 1 m de distancia a ambos lados de la cárcava. Así, los pastos complementarán los arbustos y árboles que serán colocados al interior de la cárcava (Gómez et al., 2011).

#### a. Diseño de barreras vivas para control de cárcavas

El diseño de las barreras vivas para el control de cárcavas es lineal con una a dos hileras, dependiendo de las características de la cárcava (tamaño, profundidad y pendiente). En la corona solo se colocan herbáceas o pastos, si únicamente se planta a los lados se utilizan pastos y/o árboles, mientras que para la vegetación que apoye a los diques se emplean pastos y arbustos. Si la cárcava es pequeña, no se coloca vegetación entre los diques. En la siguiente figura se muestran los diferentes diseños que pueden utilizarse como complemento al control de cárcavas.

**Figura 58.** Diseño de barreras vivas en cárcavas



Fuente: Forest Trends

**b. Distancia entre plantones**

El distanciamiento de la barrera viva varía si se trata de pastos, árboles, arbustos o plantones mixtos.

Cobertura vegetal	Distanciamiento entre plantas (m)
Árboles	3-4
Arbustos	1-2
Herbáceas (macollos)	0,5-1

Fuente: Forest Trends

**6.1.3.3.2. Barrera viva para zanjas de infiltración**

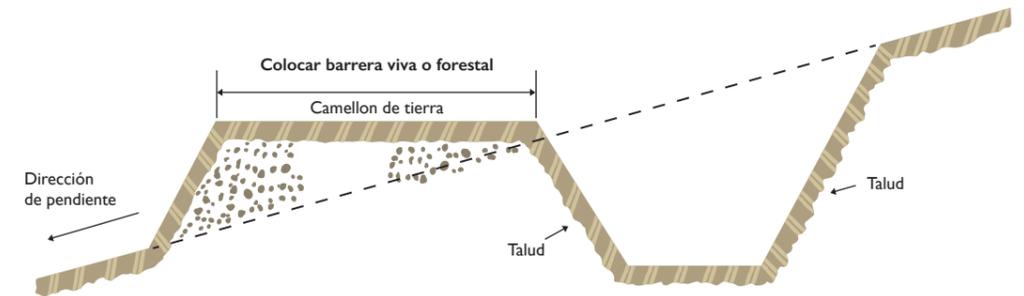
La zanja de infiltración contribuye a la conservación de suelo y combina bien con otras prácticas que mejoran la infiltración en el terreno o con técnicas que favorecen la fertilidad del suelo, entre ellas se encuentran las barreras vivas.

**a. Diseño de barreras vivas para zanjas de infiltración**

Las barreras vivas para las zanjas de infiltración se colocan en la superficie donde se ubica el camellón de tierra, y se hace el

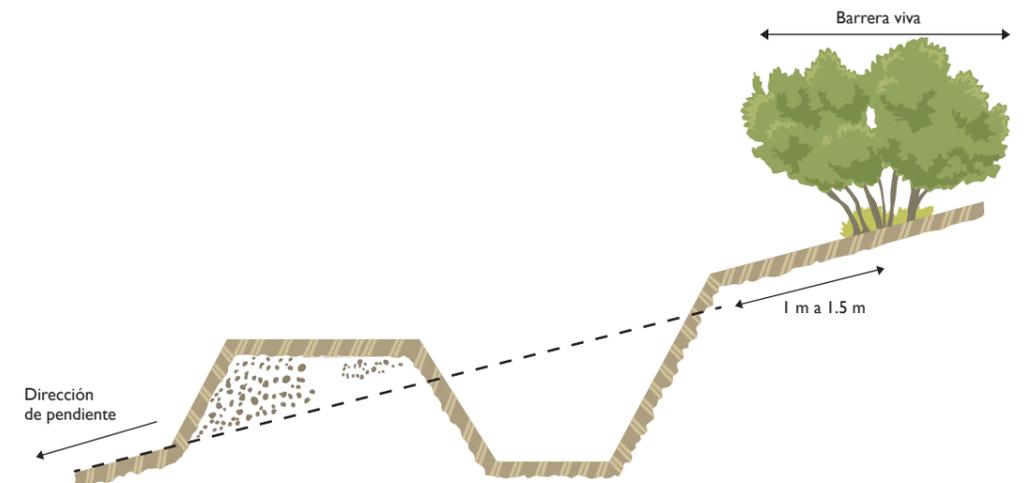
diseño con la vegetación pendiente abajo como apoyo para detener la escorrentía; sin embargo, también existen diseños que colocan las barreras vivas pendiente arriba, es decir, arriba de la zanja (no en el camellón de tierra) para que los sedimentos arrastrados por la lluvia no destruyan la vegetación. Se utilizan árboles, arbustos o pastos cuando el diseño indica que se coloquen sobre el camellón de tierra, pendiente abajo (Figura 59). En cambio, cuando el diseño indica que la vegetación va sobre la zanja de infiltración, pendiente arriba, se emplean arbustos o pastos (Figura 60).

**Figura 59.** Diseño de barrera viva y/o forestal sobre camellón en una zanja de infiltración



Fuente: Forest Trends

**Figura 60.** Diseño de barrera viva y/o forestal sobre la zanja de infiltración



Fuente: Forest Trends

**b. Distancia entre plantones**

Los macollos se instalan en los bordes de las zanjas de infiltración trazados a curvas de nivel. Las especies deben ir paralelas a las zanjas de infiltración, en dos hileras de manera lineal. Entre hileras debería haber un distanciamiento de tresbolillo.

Para árboles y arbustos el distanciamiento debe ser lo más denso posible, dependiendo de la copa de la especie seleccionada. Los árboles grandes solo deben tener una fila. En el caso de los arbustos, cuando el distanciamiento

entre zanjas supera los 8 m se pueden plantar dos filas con el método tresbolillos. Se colocan dos hileras de plantas cuando los distanciamientos entre zanjas superan los 8 m.

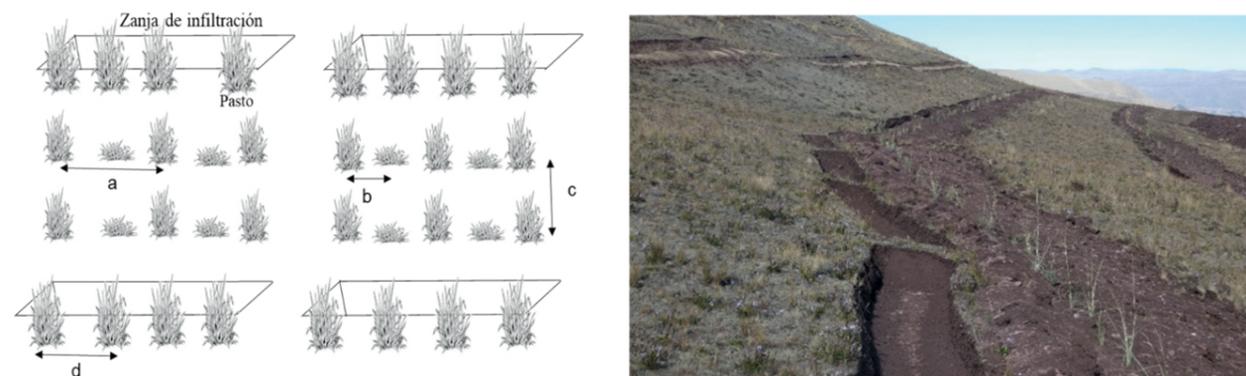
Al igual que en el caso anterior, se utilizará la plantación en líneas, que consistirá en la instalación de los macollos en los bordes de las zanjas de infiltración trazados a curvas de nivel (Figura 61). Los macollos serán instalados a una distancia entre plantas de 0,5 m como mínimo a lo largo de las zanjas de infiltración.

**Tabla 48.** Distanciamiento de las barreras vivas según cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Distanciamiento entre plantas (metros)
Árboles	3 a 4
Arbustos	1 a 2
Herbáceas (macollos)	0,5 m

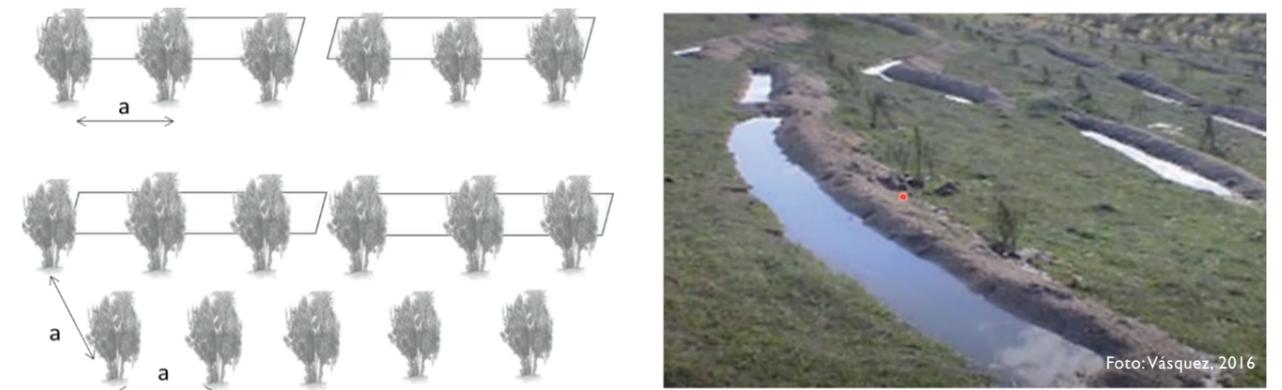
Fuente: Forest Trends

**Figura 61.** Diseño de revegetación con pastos en zanjas de infiltración



NOTA: En la figura a. Pasto alto, b y c. Distancia entre pastos altos y bajos en dos hileras. d. Pastos altos una hilera. La distancia para todos los diseños es de 0,5 m. Fuente: Forest Trends

**Figura 62.** Diseño de revegetación con pastos en zanjas de infiltración con árboles



Al lado izquierdo, el diseño en hilera con distanciamiento de 4 m según la especie y en dos hileras con tres bolillos con el mismo distanciamiento. Infiltración Fuente: Forest Trends

**6.1.3.3.3. Barrera viva para terraza de formación lenta**

Mientras se forma la terraza, esta se puede complementar con barreras vivas con especies de pastos, árboles y/o arbustos.

**a. Diseño de las barreras vivas para terrazas de formación lenta**

Las barreras vivas se instalan junto a las pircas. Se utilizan plantas perennes o semiperennes y de crecimiento den-

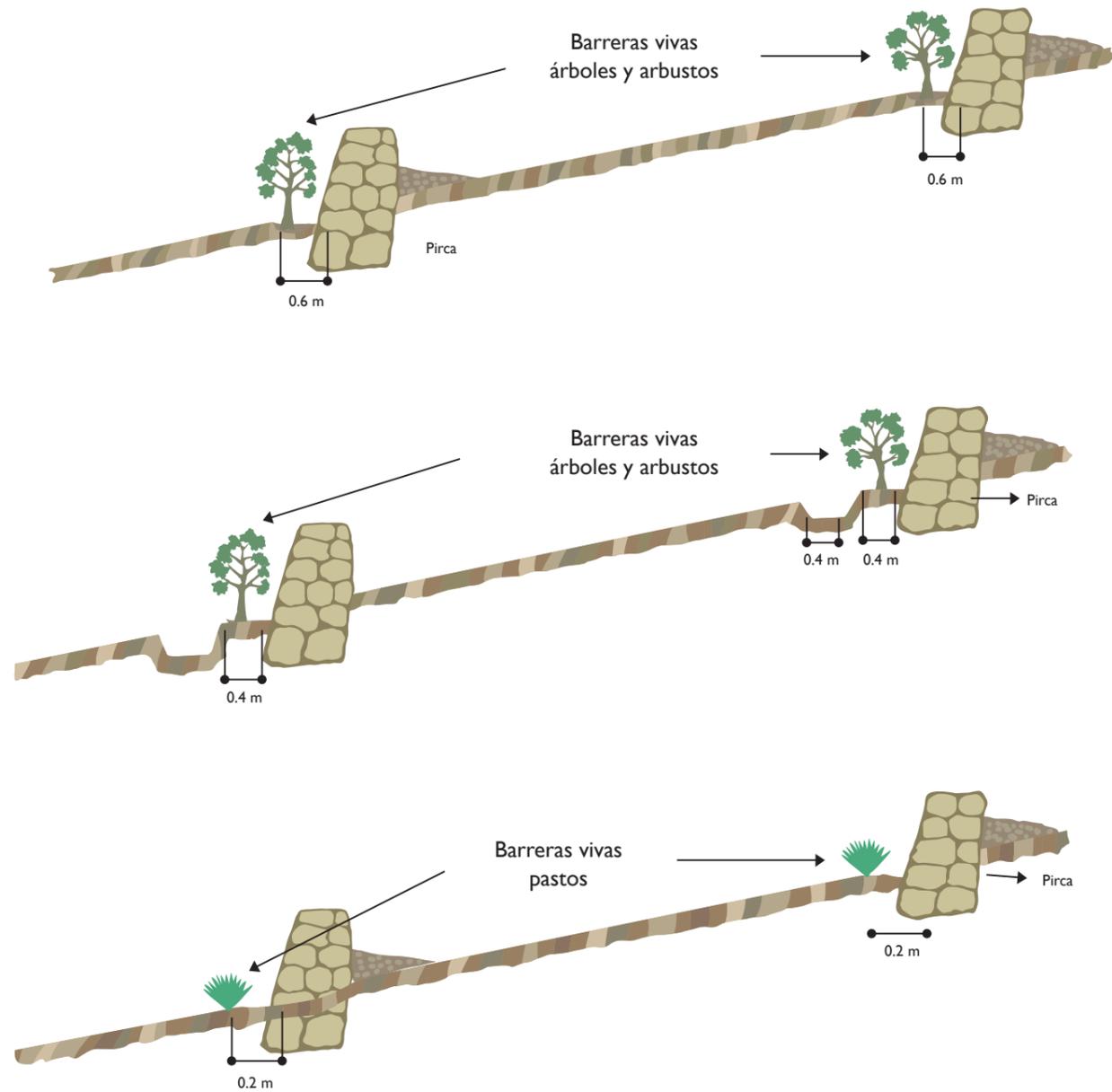
so para proteger el suelo del arrastre de las lluvias y, por ende, prevenir la erosión. Es preferible escoger especies nativas de la zona. Generalmente, la vegetación se coloca en la parte superior del muro si es que las terrazas son irrigadas por inundación o si hay mucha precipitación. En cambio, si el riego es por aspersión y/o hay poca lluvia, se colocan en la parte inferior. Cuando se desea complementar con árboles, arbustos o herbáceas, deben ser ubicados al pie de la pirca, a una distancia de 20 a 60 cm, según el tipo de vegetación.

**Tabla 49.** Distanciamiento de las barreras vivas según cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Distancia a la pirca (m)	Distancia a la pirca con zanja (m)*
Árboles	0,6	0,2-0,3
Arbustos	0,4-0,5	0,2-0,3
Herbáceas	0,2	0,15-0,2

\* La distancia es referencial dependiendo del diseño del espacio entre la pirca y la zanja. Fuente: Forest Trends

**Figura 63.** Diseño de las barreras vivas para terrazas de formación lenta



Fuente: Forest Trends

**b. Distancia entre plantón**

Para la terraza de formación lenta se utiliza una fila de árboles, arbustos o pastos. El distanciamiento entre cada

planta depende del tipo de vegetación que se emplee. Mientras más cerca entre ellas estén las plantas, mejor se forma una barrera compacta.

**Tabla 50.** Distanciamiento de las barreras vivas según cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Distanciamiento (m)
Árboles	3-4
Arbustos	2-3
Herbáceas (esquejes)	0,5

Fuente: Forest Trends

**Figura 64.** Distancia de sembrado de plántones y pastos en terraza de formación lenta



A la izquierda se muestra en la parte de arriba la barrera viva en hilera con pastos a una distancia de 0,5 m (a), abajo una hilera de árboles que podría ser de 3 a 4 m según la especie.

Fuente: Forest Trends

**c. Reforestación en terrazas de formación lenta**

Además de las barreras vivas, la reforestación es otra opción para instalar junto con las terrazas de formación lenta y promover la estabilidad de laderas en ecosistemas de matorrales.

**d. Diseño de reforestación para terrazas de formación lenta**

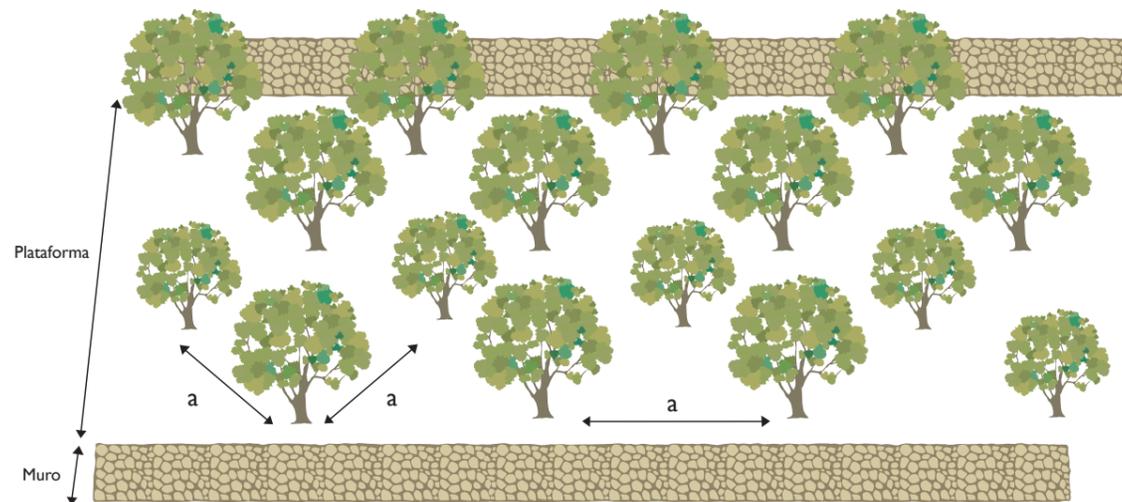
La reforestación se instala en la plataforma estabilizada, se utilizan plantas perennes y con raíces largas para proteger el suelo del arrastre de las lluvias y prevenir la erosión. Es preferible escoger especies nativas de la zona (reforestación mixta). El diseño es igual al que se explica en el acápite de reforestación (p. 32).

**Tabla 51.** Distanciamiento de árboles según cobertura vegetal

Cobertura vegetal	Distancia entre árboles	Diseño
Árboles	4 m	Tres bolillos
Arbustos	3 m	Tres bolillos

Fuente: Forest Trends

**Figura 65.** Distanciamiento de árboles según cobertura vegetal



Instalación de árboles por especies para un diseño de reforestación mixta.

a. 3 o 4 m de distancia.

Fuente: Forest Trends

**6.1.4. Personal para instalación**

El personal para instalación de barreras vivas es el siguiente:

**Tabla 52.** Brigada de personal necesario para la barrera viva

Personal	Función		
Capataz	Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico.</li> <li>Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance.</li> <li>Supervisar la calidad del trabajo de revegetación, corrigiendo los esquejes mal colocados o cortados (no cumple con las características de tallo, raíz y hojas).</li> <li>Controlar y llevar un registro diario del avance de la revegetación, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros, especies utilizadas, entre otros.</li> </ul>	01	
	Extractores	Extraer las plantas de los semilleros utilizando zapapicos y saco de rafia.	02
	Picadores	Realizar los hoyos con los zapapicos, a la profundidad y la distancia adecuadas.	05
Obreros pastos	Distribuidores	Llevar y colocar los esquejes en los hoyos utilizando sacos de rafia.	01
	Macheteros	Preparar el material vegetativo (separar los macollos y cortar los tallos), se valen de machetes para cortar los esquejes, podadoras y saco de rafia.	01
	Apisonadores	Ubicar correctamente los esquejes, tapar y apisonarlos con tierra a la profundidad adecuada, para hacerlo utilizan badilejos.	01
Obreros árboles, arbustos	Marcador de hoyos	Medir y marcar el lugar donde se va a colocar el hoyo.	02
	Elaborador de hoyos	Elaborar los hoyos para la colocación de los plantones.	01
	Sembrador	Colocar el plantón en cada hoyo.	01
	Cargador	Lleva los plantones al sitio de plantación.	01
<b>Total</b>			<b>16</b>

Fuente: Forest Trends

### 6.1.5. Tiempo de implementación

Los tiempos de instalación para las barreras vivas deberán ser planteados tomando en cuenta las consideraciones establecidas para las medidas de reforestación y revegetación, dependiendo del tipo de especie a emplear.

### 6.1.6. Materiales y equipos de instalación

Los materiales y las herramientas que son utilizados en las barreras vivas para zanjas de infiltración, terrazas de formación lenta, cárcavas o defensas ribereñas son similares. La siguiente tabla lista lo que se necesita para plantar árboles, arbustos y herbáceas o pastos.

**Tabla 53.** Para una hilera de barrera viva y/o forestal

Barrera viva	Herramienta	Función
Pastos	Zapapicos	Elaboración de hoyos
Árboles, arbustos	Lampas	Elaboración de hoyos
Árboles, arbustos	Machetes	Corte y separación de macollos, limpieza de malezas
Pastos	Badilejos	Tapado de macollos
Pastos	Sacos de rafia	Traslado de macollos desde las áreas de extracción o semilleros
Árboles, arbustos y pastos	Guantes	Soporte de herramientas
Pastos	Tijeras de podar	Poda de macollos
Pastos	Piedra de afilar	Afilamiento de zapapicos
Árboles, arbustos y pastos	Wincha 50 m	Medición del área de avance y distanciamiento entre plantas
Árboles, arbustos	Envases grandes	Transportar plantones a la zona de reforestación
Árboles, arbustos	Plantones	Material vegetal para reforestación
Pastos	Macollos	Material vegetal para revegetación

### 6.1.7. Costos de ejecución

Para definir los costos hay que considerar los costos directos e indirectos, además de definir los costos unitarios por actividad. Costos directos son todos los recursos que se incorporan físicamente e intervienen directamente en la instalación de las medidas de IN para cobertura;

por ejemplo, trabajos preliminares, adquisición de material, herramientas y equipos, flete y mano de obra, entre otros. Por su parte, los costos indirectos son todos los recursos que no tienen relación directa con el establecimiento de las medidas de IN para cobertura, como el costo administrativo.



Fuente: Abel Aucasime

Para obtener un presupuesto final para la instalación de barreras vivas se deben tener en cuenta algunas consideraciones. En el caso de estudio<sup>7</sup> se indica el detalle para la

revegetación y reforestación, la cual se adapta a la barrera viva que se defina instalar. La siguiente tabla presenta ejemplos de rendimientos.

**Tabla 54.** Unidades y rendimientos para las acciones de establecimiento

Actividad	Unidad	Rendimiento
Apertura de hoyos plantón	ud.	20 hoyos/día/hombre
Apertura de hoyos pastos	ud.	300 hoyos/día/hombre
Siembra de plantón	ud.	20 plantones/día/hombre
Siembra de macollo	ud.	600 macollos/día/hombre
Extracción de macollos	ud.	900 macollos/día/hombre

Para calcular el presupuesto de barreras vivas hay que tomar como referencia las actividades principales y se-

cundarias para árboles, arbustos y pastos presentados en la Tabla 55.

<sup>7</sup> Caso de estudio sobre las medidas de reforestación y revegetación en Huancaya y Huantán, cuenca del río Cañete.

**Tabla 55.** Actividades primarias y secundarias para el presupuesto de las barreras vivas

Actividades	Árboles y arbustos	Pastos
Obras preliminares	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trazo, nivelación y replanteo por hectárea</li> <li>Limpieza del terreno</li> <li>Construcción área de aclimatación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Identificación de sitio semillero</li> <li>Extracción de plantas</li> <li>Separación y preparación de macollos</li> <li>Trazo, nivelación y replanteo por hectárea</li> </ul>
Obra provisional	<ul style="list-style-type: none"> <li>Construcción de viveros temporales</li> <li>Construcción de área de aclimatación</li> </ul>	
Transporte	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trasporte de plántones 20 km</li> <li>Trasporte de plántones en campo</li> <li>Trasporte de personal</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Trasporte de macollos 1 km</li> <li>Trasporte de personal</li> </ul>
Instalación de barrera forestal	<ul style="list-style-type: none"> <li>Marcado de hoyos</li> <li>Apertura de hoyos</li> <li>Siembra de plántones</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Apertura de hoyos</li> <li>Siembra de macollos</li> </ul>

Fuente: Forest Trends

### 6.1.8. Acciones de establecimiento

Las acciones de establecimiento para las barreras vivas dependen del tipo de cobertura vegetal a instalarse: el tiempo que tomen estas acciones de reforestación será de cinco años con especies de crecimiento promedio, siete años con las especies de lento crecimiento y tres años con pastos.

Las acciones de establecimiento se contabilizan después de la instalación en campo de los plántones o los macollos, la Tabla 56 detalla las actividades que comprenden. Las acciones de establecimiento se pueden ver a mayor detalle en los ítems respectivos de reforestación (p. 32) y revegetación (p. 58).

**Tabla 56.** Acciones de establecimiento para barreras vivas

Actividades	Árboles y arbustos	Pastos
Riego temporal	Se realiza después de la instalación de los plántones dependiendo de los requerimientos de las especies y de las características de la zona.	Se realiza luego de la instalación de los macollos dependiendo de los requerimientos de las especies y de las características de la zona.
Recalce	Se lleva a cabo en un plazo no mayor de un año después de realizada la plantación, dependiendo de la evaluación que se realice en la zona. Se realizan las actividades como si se estuviera realizando la instalación de un nuevo plánton.	Se lleva a cabo en un plazo no mayor de un año después de realizada la plantación, dependiendo de la evaluación que se realice en la zona. Se realizan las actividades como si se estuviera plantando un macollo nuevo.
Abonamiento	Se realiza anualmente luego de ser colocado el plánton hasta que se haya establecido, tener en cuenta el recalce.	Se realiza anualmente luego de ser colocado el macollo hasta que se haya establecido. Puede ser abonamiento manual o majadeo, tener en cuenta el recalce.
Control de plagas	Se recomiendan los bioinsecticidas, los cuales se van a colocar cada año.	Se recomiendan los bioinsecticidas, los cuales se van a colocar cada año.
Deshierbe	Eliminar malezas alrededor de las plantas. Se recomienda el control de malezas en el primer año y hasta que estén bien establecidas.	Eliminar malezas alrededor de las plantas. Se recomienda el control de malezas en el primer año y hasta que estén bien establecidas.
Evitar animales	Evitar el tránsito de animales para que no afecte o elimine parte de los árboles o arbustos.	Evitar el tránsito de animales para que no afecte o elimine parte de los macollos de árboles.

Fuente: Forest Trends

#### 6.1.8.1.1. Tipo de personal para acciones de establecimiento

El personal para las acciones de establecimiento de barreras vivas es el siguiente:

**Tabla 59.** Brigada de personal necesario para la barrera viva

Personal		Función
Capataz		Organizar, supervisar y controlar (registros) las labores de campo llevadas a cabo por los obreros. Sus responsabilidades incluyen: <ul style="list-style-type: none"> <li>Organizar el grupo de trabajo de acuerdo con el avance físico</li> <li>Redistribuir la actividad y el número de obreros de acuerdo con el avance</li> <li>Supervisar la calidad del trabajo de revegetación, corrigiendo los esquejes mal colocados o cortados (no cumple con las características de tallo, raíz y hojas)</li> <li>Controlar y llevar un registro diario del avance de la revegetación, las horas de trabajo, el área de avance, el número de obreros, especies utilizadas, entre otros</li> </ul>
Obreros pastos	Extractores	Extraer las plantas de los semilleros utilizando zapapicos y sacos de rafia
	Picadores	Realizar los hoyos con los zapapicos, a la profundidad y la distancia adecuadas
	Distribuidores	Llevar y colocar los esquejes en los hoyos utilizando sacos de rafia
	Macheteros	Preparar el material vegetativo (separar los macollos y cortar los tallos), se valen de machetes para cortar los esquejes, podadoras y sacos de rafia
	Apisonadores	Ubicar correctamente los esquejes, tapar y apisonarlos con tierra a la profundidad adecuada, para hacerlo utilizan badilejos
Obreros árboles, arbustos	Marcador de hoyos	Medir y marcar el lugar donde se va a colocar el hoyo
	Elaborador de hoyos	Elaborar los hoyos para la colocación de los plantones
	Sembrador	Colocar el plantón en cada hoyo
	Cargador	Lleva los plantones al sitio de plantación

Fuente: Forest Trends

6.1.8.1.2. Material para acciones de establecimiento

**Tabla 60.** Materiales y herramientas para una hilera de barrera viva

Barrera viva	Herramienta	Función
Pastos	Zapapicos	Elaboración de hoyos
Árboles, arbustos	Lampas	Elaboración de hoyos
Árboles, arbustos	Machetes	Corte y separación de macollos, limpieza de malezas
Pastos	Badilejos	Tapado de macollos
Pastos	Sacos de rafia	Traslado de macollos desde las áreas de extracción o semilleros
Árboles, arbustos y pastos	Guantes, casco, lentes, botas (EPP)	Soporte de herramientas y seguridad
Pastos	Tijeras de podar	Poda de macollos
Pastos	Piedra de afilar	Afilamiento de zapapicos
Árboles, arbustos	Envases grandes	Transportar plantones a la zona de siembra
Árboles, arbustos	Plantones	Material vegetal para reforestación
Pastos	Macollos	Material vegetal para revegetación

Fuente: Forest Trends

### 6.1.8.1.3. Costo para acciones de establecimiento

Las actividades que deben tomarse en consideración para determinar un presupuesto de las acciones de establecimiento

de barreras vivas se presentan en la Tabla 59, el detalle del precio por unidad se tiene para reforestación y revegetación en el caso de estudio<sup>8</sup>.

**Tabla 59.** Actividades para definir el presupuesto en las acciones de establecimiento

Actividades	Árboles y arbustos	Pastos
Riego	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riego con mochila</li> <li>Riego por aspersión</li> <li>A goteo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Riego con mochila</li> <li>Riego con mangueras</li> <li>Riego por aspersión</li> <li>Pequeñas cochas</li> </ul>
Recalce	<ul style="list-style-type: none"> <li>Traslado de plántones del vivero al lugar de siembra</li> <li>Traslado de plántones dentro del terreno</li> <li>Apertura de hoyos</li> <li>Siembra de plánton</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Traslado de macollos al sitio de siembra</li> <li>Apertura de hoyos</li> <li>Siembra de macollos</li> </ul>
Control de plagas	Colocar bioinsecticidas	
Abonamiento	Colocar abono	Colocar abono
Deshierbe o control de invasoras	Eliminar maleza	Eliminar malezas

Fuente: Forest Trends

### a. Unidades y metrados

La Tabla 60 presenta las unidades y rendimientos que pueden tomarse en consideración.

**Tabla 60.** Unidades y rendimientos para las acciones de establecimiento

Actividad	Unidad	Rendimiento
Apertura de hoyos plantón	ud.	20 hoyos/día/hombre
Apertura de hoyos pastos	ud.	30 hoyos/día/hombre
Riego (revegetación)	ud.	200 macollos/día/hombre
Abonamiento (revegetación)	ud.	2400 macollos/día/hombre
Control de invasoras (revegetación)	ud.	960 planta /día/hombre

Fuente: Forest Trends

## 6.2. Sistemas agroforestales de protección con especies nativas para uso sostenible

### 6.2.1. Definición

Se refiere al conjunto de técnicas de uso y manejo de la tierra que implica la combinación principalmente de árboles con arbustos u otras formas de vegetación nativa y/o naturalizadas (consideradas no invasoras), con potencial para el desarrollo de una cadena de valor para su uso sostenible.

### 6.2.2. Objetivo

El fundamento principal del sistema agroforestal propuesto se basa en la recuperación y la protección del suelo para su manejo integral. Esta medida debe satisfacer las siguientes condiciones: que existan al menos dos especies que interactúen, que al menos una de las especies sea un árbol nativo (leñosas perennes), que al menos dos de las especies sean manejadas bajo un objetivo con potencial de uso sostenible (frutales, medicinales, entre otros productos diferentes a la madera) y que ofrezcan buena resistencia a cualquier proceso erosivo, ya que la presencia de los árboles reduce la ero-

sión hídrica en la parcela debido a la cobertura vegetal permanente, la incorporación de material orgánico en el suelo y la presencia de una red densa de raíces (Molina et al., 2021).

Esta medida, dependiendo de las características de la zona, puede presentar diferentes tipos de configuraciones. Por ejemplo, puede ser concebida como medida principal o ser complementada con acciones de enriquecimiento de suelo, terraceo y sistema de riego. Estos sistemas pueden ubicarse sobre la plataforma de las terrazas y andenes o como barreras vivas alrededor de las áreas de intervención.

### 6.2.3. Diseño de sistemas agroforestales de protección

El sistema agroforestal propuesto considera el uso de árboles y arbustos nativos perennes para proteger el suelo del arrastre de las lluvias y prevenir la erosión. Los árboles, arbustos y otros tipos de vegetación considerados serán aprovechados por la población para la cosecha de frutos, hojas u otros productos diferentes a la madera. El diseño es muy parecido a una reforestación mixta: se colocan siguien-

<sup>8</sup> Caso de estudio sobre las medidas de reforestación y revegetación en Huancaya y Huantán, cuenca del río Cañete.

do la curva de nivel y se realiza en tresbolillo; por ejemplo, se planta una fila de especies arbóreas y las dos siguientes de especies arbustivas u otros tipos de vegetación, dependiendo de cada tipo de ecosistema y su predominancia arbórea y arbustiva.

#### 6.2.4. Medidas complementarias

Para el sistema agroforestal propuesto se pueden utilizar medidas complementarias, como el terraceo en áreas con suelo suelto, el enriquecimiento (depende del bajo contenido de materia orgánica o baja fertilidad), así como la implementación de sistemas de riego temporal, según sea el caso.

#### 6.2.5. Instalación y acciones de establecimiento

Para la instalación y las acciones de establecimiento se deben de seguir las etapas que se han presentado sobre reforestación (p. XX), dependiendo de cada tipo de ecosistema y especie.

### 6.3. Sistema de pasturas de protección con especies nativas para uso sostenible

#### 6.3.1. Definición

Se refiere al conjunto de técnicas de uso y manejo de la tierra que implica la combinación principalmente de herbáceas con árboles o arbustos nativos y/o naturalizados (considerados no invasores) con potencial para el desarrollo de una cadena de valor para uso sostenible.

#### 6.3.2. Objetivo

El fundamento principal del sistema de pastura de protección propuesto se basa en la rehabilitación y la protección del suelo. Esta medida persigue el mismo objetivo que los sistemas agroforestales de protección para uso sostenible, a fin de ofrecer buena resistencia a cualquier proceso erosivo, ya que la presencia de la cobertura vegetal permanente reduce la erosión hídrica en la parcela gracias a la incorporación de material orgánico en el suelo y la presencia de una red densa de raíces (Molina *et al.*, 2021).

Dependiendo de las características de la zona, esta medida puede presentar diferentes tipos de configuraciones. Puede ser la principal o ser complementada con acciones de re-

vegetación con gramíneas nativas. También puede ser complementada con medidas que adicionen materia orgánica (enriquecimiento de suelo) y la exclusión del ganado, a fin de mejorar las condiciones hidrológicas de los suelos, como la infiltración y la humedad (Mosquera *et al.*, 2022).

#### 6.3.3. Diseño del sistema de pasturas de protección

Dependiendo de la pendiente, este sistema de pastoreo propuesto considera utilizar pastos (herbáceas) nativos, así como árboles y arbustos perennes nativos para proteger el suelo del arrastre de las lluvias, por ende, prevenir la erosión dependiendo de la pendiente. Los pastos y otros tipos de vegetación dependiendo de cada tipo de ecosistema considerados, de predominancia herbácea, serán aprovechados por la población para el manejo de auquénidos u otras especies nativas diferentes a las del pastoreo tradicional (ganado vacuno, caprino, ovino o caballar). Respecto a las actividades agrícolas, se debe evitar el desarrollo de la agricultura tradicional que considere la remoción de la tierra en su manejo. El diseño para este manejo puede ser con barreras o franjas paralelas a la curva de nivel cuando se trata de suelos con pendiente, con cortinas cortavientos o cercas vivas en zonas más planas, y clausura de praderas que puede adaptarse a pendientes de 10 a 50 %.

#### 6.3.4. Medida complementaria

Se pueden utilizar como medidas complementarias para el enriquecimiento del suelo el método del majadeo, la compra de estiércol u otros, dependiendo de las características del suelo y el diseño. También se pueden considerar la clausura de praderas, para proteger el suelo del ingreso de animales, y un sistema de riego.

#### 6.3.5. Instalación y acciones de establecimiento

Para la instalación y acciones de establecimiento se deben de seguir las etapas que se han presentado en la medida de revegetación y clausura de praderas (p. XX).

# Anexos

## Anexo 1

Ejemplo de ficha técnica de especie nativa para reforestación.

BETULACEAE	Alnus acuminata Aliso					
	<p>Cuenca: Cañete Ecosistema: Matorral andino Medida de IN: Reforestación Riesgo: Movimiento de masa</p>					
	<p style="text-align: center;"><b>Criterio de origen y estatus</b> Nativa / 2000 - 4000 ms.n.m</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DS N° 043-2006 AG*</th> <th>UICN**</th> <th>CITIES***</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>VU</td> <td>LC</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	DS N° 043-2006 AG*	UICN**	CITIES***	VU	LC
DS N° 043-2006 AG*	UICN**	CITIES***				
VU	LC	-				
	<p><b>Criterios de servicios ecosistémicos</b> Descripción: General: árbol de 20-70 cm de diámetro y 10-20 altural total Tipo de fuste: recto y cilíndrico, sin modificaciones base Tipo de corteza extrema: escamosa con le protuberantes Tipo de copa: irregular</p>					
<p><b>Criterios ecológicos y socioeconómicos</b> Fijación de nitrógeno   Generación de biomasa   Otros [Reynel et al., 2016] Madera   Leña   Medicinal   Forraje   Cultural [Reynel et al., 2016]</p>						
<p><b>Criterios de propagación</b> Grupo sucesional: eecundaria temprana Propagación:  <ul style="list-style-type: none"> <li>• Poder germinativo: 15-55 %, la germinación inicia a los 5-12 días y finaliza a los 30 días luego de la siembra</li> <li>• Floración: agosto-setiembre</li> <li>• Fructificación: enero-julio</li> <li>• Reproducción sexual y asexual [Reynel et al., 2016]</li> </ul> </p>						
<p>Foto superior: <a href="https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/252">https://catalogofloravalleaburra.eia.edu.co/species/252</a> Foto inferior: <a href="http://legacy.tropicos.org/image/100174240">http://legacy.tropicos.org/image/100174240</a></p> <p>*MINAGRI Categorías de amenazas de flora silvestre: Casi amenazado (NT) / Vulnerable (VU) / En peligro (EN) / Peligro crítico (CR) **UICN Lista Roja: Not evaluated (NE) / Data deficient (DD) / Least concern (LC) / Near threatened (NT) / Vulnerable (VU) / Endangered (EN) / Critically endangered (CR) / Extinct in the wild (EW) / Extinct (EX) <a href="https://www.iucnredlist.org/es/">https://www.iucnredlist.org/es/</a> ***Lista CITES: Apéndice I / Apéndice II / Apéndice III <a href="http://checklist.cites.org/#/en">http://checklist.cites.org/#/en</a></p>						

## Anexo 2

Ejemplo de ficha técnica de especie nativa para revegetación.

BETULACEAE	Alnus acuminata Aliso					
	<p>Lugar y cuenca: Distrito de Huantán, Cuenca del Rio Cañete Ecosistema: Pajonal de puna Medida de IN: Revegetación Riesgo: Movimiento de Masa</p>					
	<p style="text-align: center;"><b>Criterio de origen y status</b> Nativa / 3800 - 4500 ms.n.m</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>DS N° 043-2006 AG*</th> <th>UICN**</th> <th>CITIES***</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>-</td> <td>-</td> <td>-</td> </tr> </tbody> </table>	DS N° 043-2006 AG*	UICN**	CITIES***	-	-
DS N° 043-2006 AG*	UICN**	CITIES***				
-	-	-				
	<p><b>Criterios de servicios ecosistémicos</b> General: Gramínea de 50-100 cm de altura Tipo de hojas: Hojas principalmente basales; vainas glabras, el ápice en un lado prolongado en una aurícula Inflorescencia densa a laxamente cilíndrica, glumas acuminadas, la quilla escabruáscula, el dorso glabro Suelos: Pobres, franco, de buen drenaje</p>					
<p><b>Criterios ecológicos y socioecológico</b> <b>Ecológica:</b> Generación de biomasa / Resiste a quemas, sequía y heladas <b>Sociológica:</b> Vivienda / Forraje (Palatable cuando es tierno)</p>						
<p><b>Criterios de propagación</b> <b>Facilidad de propagación:</b> Media <b>Forma de propagación:</b> Macollos, semillas <b>Periodo de trasplante a campo:</b> Al momento <b>Disponibilidad:</b> Si, en áreas semilleras</p>						
<p>Foto superior: Godofredo Mamani</p> <p>*MINAGRI Categoría de amenaza de flora silvestre: Casi amenazado (INT) / Vulnerable (VU) / En peligro (EN) / Peligro crítico (CR) **UICN Lista roja Not evaluated (NE) / Data deficient (DD) / Least concern (LC) / Near threatened (NT) / Vulnerable (VU) / Endangered (EN) / Critically endangered (CR) / Extinct in the wild (EW) / Extinct (EX) <a href="https://www.iucnredlist.org/es/">https://www.iucnredlist.org/es/</a> ***CITIES: Apéndice I / Apéndice II / Apéndice III. <a href="http://https://checklist.cites.org/#/en">Http://https://checklist.cites.org/#/en</a></p>						

# Bibliografía

## Bibliografía general

Andrade Pérez, A. (Ed.). (2007). *Aplicación del Enfoque Ecosistémico en Latinoamérica*. Bogotá: CEM-UICN.

Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). (2014). *Manual para la Evaluación de Riesgos originados por Fenómenos Naturales – 2da. Versión*. Lima: Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED). Dirección de Gestión de Procesos (DGP) - Subdirección de Normas y Lineamientos (SNL).

Consortio CISPDR-SIGT. (2020a). *Formulación del plan integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del Río Cañete, departamento de Lima*. Estudio de preinversión a nivel de perfil.

Consortio CISPDR-SIGT. (2020b). *Formulación del plan integral para el control de inundaciones y movimientos de masa de la cuenca del Río Cañete, departamento de Lima*. Estudio de preinversión a nivel de perfil del Componente B.

Decreto Supremo 017 de 2018 [Ministerio de Ambiente]. Aprueban 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 cambios. 30 de septiembre de 2018.

Decreto Supremo 284 de 2018 [Ministerio de Economía y Finanzas]. aprueban el reglamento del decreto legislativo n° 1252, decreto legislativo que crea el sistema nacional de programación multianual y gestión de inversiones. 9 de diciembre de 2018.

Isla Zevallos, A. (2015). *Guía metodológica para elaborar el plan de prevención y reducción del riesgo frente a inundaciones pluviales y fluviales*. Lima: Soluciones Prácticas. 130 Diseño de medidas de infraestructura natural para recuperar cobertura vegetal Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica 131

Isla Zevallos, A. (2018). La gestión del riesgo de desastres en el Perú. *PAIDEIA XXI*, 6 (7), 137-158. <https://doi.org/10.31381/paideia.v6i7.1605>

Ley 30215 de 2014. Ley Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos. 28 de junio de 2014.

Ministerio del Ambiente. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. (2011). *Guía de evaluación de la flora silvestre*. Lima: Ministerio del Ambiente. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural.

Resolución Ministerial 014 de 2021 [Ministerio de Ambiente]. Aprueban los lineamientos para el diseño e implementación de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos. (22 de enero de 2021).

## Bibliografía para reforestación y barreras forestales

- Andenmatten, E. (1993). *Producción de plantines de coníferas. Actas: II Reunión de Viveros Forestales de la Patagonia*. Esquel.
- Arriaga, V., Cervantes, V., Vargas-Mena, A. (1994). *Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas*. México: SEDESOL. Instituto Nacional de Ecología. UNAM. Facultad de Ciencias.
- Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER). (2017). *Manual de buenas prácticas de manejo forestal sostenible para el bosque tropical seco. Proyecto PD741114 Rev.3 (F): "Fortalecimiento de capacidades para el manejo forestal sostenible del bosque tropical seco de la Costa Norte del Perú"*. Lima: Asociación para la Investigación y Desarrollo Integral (AIDER).
- Bennadji, Z., Alfonso, M., Núñez, P., González, W. y Rodríguez, F. (s.f.). *Adaptación y comportamiento productivo del pecan y del algarrobo en zona este*. Montevideo: Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria Uruguay.
- Camacho Morfin, E. (1994). *Dormición de semillas. Causas y tratamientos*. Ciudad de México: Trillas.
- Castaño, F., y Moreno, R. D. (2004). *Guadua para todos, cultivo y aprovechamiento*. Bogotá: CARDER, GTZ, Cortoclima, Corpocaldas, CUC, CRQ, Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial.
- Cerrón, J., Fremout, T., Atkinson, R., Evert, Thomas, E. y Cornelius, J. (2020). *Experiencias de restauración y fuentes semilleras en el bosque seco tropical del norte del Perú: Estado actual y lecciones aprendidas*. Bioersity International y World Agroforestry.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2018). *Plan de manejo y conservación del Podocarpus oleifolius D. Don ex Lamb (pino colombiano) en la jurisdicción CAR*. Bogotá: CAR.
- Corporación Nacional Forestal y Gerencia Forestal Departamento de Plantaciones Forestales. (2013). *Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios*. Santiago: CONAF, Ministerio de Agricultura.
- Cueva, A. (2003). *Plantas medicinales. Propiedades y usos*. Lima: AFA Editores.
- De La Torre, L. (2018). *La Tara: beneficios ambientales y recomendaciones para su manejo sostenible en relictos de bosque y sistemas agroforestales*. Lima: Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina – CONDESAN
- De Quesada Alzamora, G. E. (2018). *Revegetación y reforestación en áreas afectadas por la minería en la localidad de Hualgayoc, Cajamarca* [Trabajo de Suficiencia Profesional de título Ingeniero Forestal, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/3927/de-quesada-alzamora-gonzalo-enrique2.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Del Amo Rodríguez, S., Vergara Tenorio, M. del C., Ramos Prado, J. M., y Saiz Campillo, C. (2009). *Germinación y manejo de especies forestales tropicales*. Xalapa: Universidad Veracruzana. <https://doi.org/10.25009/uv.1995.121>

Dostert, N., Roque, J., Cano, A., La Torre, M. I. y Weigend, M. (2012). *Hoja botánica: Algarrobo*. *Prosopis pallida* (Humb. & Bonpl. ex Willd.) Kunth (Trad. F. Luebert). Lima: botconsult GmbH.

Duryea, M. L. (1984). Nursery Cultural Practices: Impacts on Seedling Quality. En M. L. Duryea y T. D. Landis (Eds.), *Forest Nursery Manual: Production of Bareroot Seedling* (pp. 143-164). Oregon: Duryea, M. L. y Landis, T. D.

Gerencia de Reforestación de la Coordinación General de Conservación y Restauración de la Comisión Nacional Forestal. (2010). *Prácticas de reforestación: Manual básico*. Jalisco: Comisión Nacional Forestal.

González Alfaro, G. J. (2015). *Caracterización de la infiltración en bosques plantados con Polylepis spp., de 11 y 29 años, Parque Nacional Huascarán, Quebrada Quilcayhuanca, Huaraz, Áncash* [Tesis de título, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1852/K01.G6-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Grupo de Trabajo para el Mapa Nacional de Ecosistemas (RM N° 125-2015-MINAM). Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio (DMERNT). (2018). *Mapa nacional de ecosistemas*. Lima: Ministerio de Ambiente. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales.

Hahn, P.F. (1982). Practical Guidelines for Developing Containerized Nursery Programs. En: R. W. Guldin y J. P. Barnett (Eds.), *Proceedings of the Southern Containerized Forest Tree Seedlings Conference* (pp. 97-100). Georgia: Guldin, R. W. y Barnett, J. P.

Hartman, H. y Kester, D. (1989). *Propagación de plantas. Principios y prácticas*.

Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas. Posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. Eschborn: GTZ. Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit

Landis, T. D., Tinus, R. W., McDonald, S. E. y Barnett, J. P. (1994). *The Container Tree Nursery Manual*. Washington D. C.: FSDA, Department of Agriculture, Forest Service.

Linares-Palomino, R. (2006). Phytogeography and floristics of seasonally dry forests in Peru. En R. T. Pennington, G. P. Lewis y J. A. Ratter (Eds.), *Neotropical Savannas and Seasonally Dry Forests: Plant Diversity, Biogeography and Conservation* (pp. 257-279). CRC Press.

Llerena, L. (2021). *Revisión de especies idóneas por ecosistemas, elaboración de fichas técnicas y diseño de análisis multicriterio para priorización de especies. (Documento en revisión)*. Lima: Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica.

Llerena, L. y Espinoza, T. (2021). *Optimización de la oferta de las especies seleccionadas para los proyectos y acciones relacionadas a IN en los planes integrales en las cuencas priorizadas por Reconstrucción Con Cambios (Informe de consultoría)*. Lima: Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica.

López Sánchez, E. (2004). *Manual para el diseño, establecimiento y manejo de los principales sistemas agroforestales con cedro rojo, cedro nogal y primavera, en la región de los Tuxtlas, Veracruz*. Chapingo.

Mendoza Tapia, D.W. (2015). *Aplicación de dos tratamientos pre-germinativos y componentes de sustrato en la germinación de semillas de molle (Schinus molle L.), en viveros de Cota* [Tesis de grado, Universidad Mayor de San Andrés]. <https://repositorio.umsa.bo/bitstream/handle/123456789/7091/T-2139.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Ministerio de Agricultura y Riego. (2013). *Plantaciones forestales*. Lima: MINAGRI.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2015). *Avances en la silvicultura del algarrobo blanco*. MAGyP Dirección de Producción Forestal. Programa Nacional del Algarrobo, UNAF Facultad de Recursos Naturales, INTA EEA Saénz Peña, INTA EEA Santiago del Estero, MAGYP Dirección de Producción Forestal Regional Parque Chaqueño, INTA EEA Montecarlo UNaM Facultad de Ciencias Forestales.

Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en España. (2008). *Sistemas de plantación*. Madrid: MMAMR.

Montero Terry, S. (2006). *Propagación sexual de Parastrephia quadrangularis, y Baccharis tricuneata, en San José de Aymará-Huancavelica* [Tesis de título, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1734/K10-M668-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Napier, I. (1985). *Técnicas de viveros forestales con referencia especial a Centroamérica*. Siguatepeque: Escuela Nacional de Ciencias Forestales.

Navieras, R. y Nitsch, J. P. (1997). *Viveros*.

Ospina, C., Hernández, R., Gómez, D., Godoy, J., Aristizábal, F., Patiño, J. y Medina, J. (2005). *Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana*. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*.

Padilla, S. M. (1983). *Manual del Viverista*. Cajamarca: Centro de Investigación y Capacitación Forestal, Cajamarca y Cooperación Técnica Belga.

Picado, V.W. (1987). *Experiencia en el establecimiento y producción de plantas en viveros de tipo comunal y familiar en Costa Rica*. Turrialba: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

PPD-PNUD/GEF Panamá. (2019). *Manual de reforestación en 7 pasos*. Ciudad de Panamá: PDPNUD/GEF Panamá.

Pretell Chiclote, J., Ocaña Vidal, D., Jon Jap, R., Barahona Chura, E. (1985). *Apuntes sobre algunas especies forestales nativas de la sierra peruana*. Lima: Proyecto FAO/Holanda/INFUR.

Rodríguez Rodríguez, E. F., Bussmann, R.W., Arroyo Alfaro, S. J., López Medina, S. E. y Briceño Rosario, J. (2007). *Capparis scabrida (Capparaceae) una especie del Perú y Ecuador que necesita planes de conservación urgente*. *Arnaldoa*, 14(2), 269-282.

Rodríguez-Trejo, D. A. (2006). *Notas Sobre El Diseño De Plantaciones De Restauración*. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 12(2), 111-123.

Stuart, K. A. y Murphy, S. D. (Eds.). (2017). *Routledge handbook of ecological and environmental restoration*. Londres: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315685977>

Tejada, J. (2018). *Plan de manejo forestal: Parque Forestal Ecoturístico Sostenible "Boca de Sapo"*. Lima: Programa Reducción del riesgo en áreas vulnerables del distrito de Independencia, provincia de Lima.

Unidad de Capacitación para el Desarrollo Rural. (2001). *Propagación de plantas (Bambú-Guadua)*. Curso taller. México: UNCADER.

Vázquez Yanes, C., Orozco Segovia, A., Sánchez Coronado, M. E., Rojas Aréchiga, M. y Cervantes, Y.V. (1997). *La reproducción de las plantas: semillas y meristemas. La ciencia para todos*. Ciudad de México: Fondo de Cultura Económica.

Velásquez, J. (2012). *Conservación de suelos*. Lima: Agrorural.

Zúñiga, C., Lebel, C., Zambrano, A., Armas, Z. y Aucasime, A. (2022). *Guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres: Selección de especies*. Lima: Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica.

### Bibliografía para Revegetación y barreras forestales

Alvarado, V., Bermúdez, T., Romero, M. y Piedra, L. (2014). *Plantas nativas para el control de la erosión en taludes de ríos urbanos*. *SJSS. Spanish Journal of Soil Science*, 4(1), 99-111. DOI: 10.3232/SJSS.2014.V4.N1.07

Boletín Técnico de Revegetación con Especies Nativas. (2020). *Laboratorio de Ecología y Utilización de Pastizales*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Buckner, D. (2010). *Native Plant Revegetation Guide for Colorado (vol. 3)*. Denver: Colorado Department of Natural Resources.

CARE y Proyecto Nacional de Manejo de Cuencas Hidrográficas y Conservación de Suelos. (1998). *Manual del extensionista para la construcción de obras de conservación de suelos, en la región altoandina del Perú (vol. 1)*. Lima: CARE y PRONAMACHCS.

Casanova, J. y Cannon, P. (1987). *Informes técnicos forestales. Avances con la siembra directa de arbustos aptos para la sierra*. Lima: Proyecto FAO/Holanda/INFUR.

De la Riva, E. G., Casado, M. A., Jiménez, M. D., Mola, I., Costa-Tenorio, M. y Balaguer, L. (2011). *Rates of local colonization and extinction reveal different plant community assembly mechanisms on road verges in central Spain*. *Journal of Vegetation Science* (22), 292-302.

Espinoza, T. (2001). *Conservación de suelos en praderas altoandinas*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Frangi, J. L. (1973). Nota sobre el sistema radicular de algunas plantas puneñas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*, 15(1), 35-50.

García-Fayos, P. (2004). Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. En: F. Valladares. (2004). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante* (pp. 309-334). Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A.

Gillen, R. L. y Tate, K. W. (1993). The Constituent Differential Method for Determining Live and Dead Herbage. *Journal of Range Management*, 46(2), 142-147.

Gómez, J. A., Taguas, E. V., Vanwalleghe, T., Giraldez, J. V., Sánchez, F., Ayuso, J. L., Lora, A. y Mora, J. (2011). *Criterios técnicos para el control de cárcavas, diseño de muros de retención y revegetación de paisajes agrarios. Manual del operador en inversiones no productivas*. Sevilla: Consejería de Agricultura y Pesca, Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Grupo de Trabajo para el Mapa Nacional de Ecosistemas (RM N° 125-2015-MINAM). Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio (DMERNT). (2018). *Mapa nacional de ecosistemas*. Lima: Ministerio de Ambiente. Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales.

Gutiérrez, J. R. (2001). Importancia de los arbustos leñosos en los ecosistemas de la IV Región. En: F. A. Squeo, G. Arancio y J. Gutiérrez. (Eds.). *Libro rojo de la flora nativa y de los sitios prioritarios para su conservación: región de Coquimbo* (pp. 253-260). La Serena: Universidad de La Serena.

Gutiérrez, J. R. y Squeo, F. A. (2004). Importancia de los arbustos en los ecosistemas semiáridos de Chile. *Ecosistemas*, 13(1), 36-45.

Harcharik, D. y Kunkle, S. (1978). Plantaciones forestales para la rehabilitación de tierras erosionadas. *Serie Lecturas especiales sobre técnicas de conservación, Guía FAO*, 4, (87-106).

Herrera, D. (2011). *Influencia de la pendiente y precipitación en la erosión de taludes desprotegidos*. Concepción: Universidad del Bío-Bío.

Horton, H. (Ed.). (1989). *Interagency Forage and Conservation Planting Guide for Utah*. Logan: Utah State University.

Hurtado, L. (2003). *Manejo y conservación del suelo. Fundamentos y prácticas* (2da ed.). Lima: PRONAMACHCS.

IIP Qollasuyo. (2007). *Manual técnico. Repoblamiento de praderas del altiplano, con t'ola en el ámbito peruano del sistema T.D.P.S.* Puno: IIP Qollasuyo, Autoridad Binacional del Lago Titicaca (ALT) y Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD).

Jing, Z. B., Cheng, J. M., Su, J. S., Bai, Y. y Jin, J. W. (2014). Changes in plant community composition and soil properties under 3-decade grazing exclusion in semiarid grassland. *Ecological Engineering*, 64, 171-178.

Ledesma, A. (1971). *Algunas medidas de control de la erosión hídrica adaptables a la zona del Mantaro en el Perú*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

León Peláez, J. D. (2001). *Estudio y control de la erosión hídrica*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. Sede Medellín.

Lezama, P. B. (2010). *Las especies de Lupinus L. (Fabaceae) y de sus simbioses en el distrito de Corongo, Áncash* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. [https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1386/Lezama\\_ap.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://cybertesis.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12672/1386/Lezama_ap.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Méndez, M., García, D., Maestre, F. T. y Escudero, A. (2008). More Ecology is Needed to Restore Mediterranean Ecosystems: A Reply to Valladares and Gianoli. *Restoration Ecology*, 16(2), 210-216.

Mola, I., Jiménez, M. D., López-Jiménez, N., Casado, M. A. y Balaguer, L. (2011). Roadside reclamation outside the revegetation season: management options under schedule pressure. *Restoration Ecology*, 19, 83-92.

Moreno Vega, A. (2015). *Actividades de riego, abonado y tratamiento en cultivos*. Madrid: PARANINFO EDITORIAL, S.A. y Profesional Básico en agro-jardinería y composiciones florales, FPB.

Muñoz, D. A., Navia, J. F. y Solarte, J. G. (2018). *El conocimiento local en los sistemas Silvopastoriles tradicionales. Experiencias de investigación en la región andina*. Pasto: Editorial Universitaria - Universidad de Nariño.

Nees & Meyen (1757-1842). *Nova acta physico-medica Academiae Caesareae Leopoldino-Carolinae Naturae Curiosum. Academia Caesarea Leopoldino-Carolina Naturae Curiosorum*. Leop. 19, Suppl. 1:35 (1841); 167 (1843).

Olazábal, O. (2002). Prácticas agroforestales en comunidades campesinas de Ollantaytambo, Cusco. *Boletín de Lima; revista cultural científica*, 24(130), 99-112.

Petersen, S. L. y Stringham, T. K. (2008). Infiltration, Runoff, and Sediment Yield in Response to Western Juniper Encroachment In Southeast Oregon. *Journal of Rangeland Ecology and Management*, 61(1), 74-81.

Pierson, F. B., Spaeth, K. E., Weltz, M. A. y Carlson, D. H. (2002). Hydrologic response of diverse western rangelands. *Journal of Range Management*, 55, 558-570.

Quijano, A. (2000). *Técnicas de conservación de suelos en condiciones altoandinas con énfasis en agroforestería*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Resolución Ministerial 183 de 2016 [Ministerio del Ambiente]. Aprueban la Guía complementaria para la compensación ambiental: ecosistemas altoandinos. 19 de julio de 2016.

Reynel, C. (1988). *Plantas para leña en el sur occidente de Puno*. Puno: Proyecto Arbolandino.

Reynel, C. (2012). *Guía de identificación de las plantas comunes del derecho de vía del ducto de Perú LNG*. Lima: Melchorita Perú LNG.

Reynel, C. y Felipe-Morales, C. (1990). *Agroforestería tradicional en los Andes del Perú: un inventario de tecnologías y especies para la integración de la vegetación leñosa a la agricultura* (2da ed.). Lima: Proyecto FAO/Holanda/INFOR.

Suárez de Castro, F. (1979). *Conservación de suelos* (3ra ed.). San José: Editorial IICA.

Tácuna, R. E., Aguirre, L. y Flores, E. R. (2015). Influencia de la revegetación con especies nativas y la incorporación de materia orgánica en la recuperación de pastizales degradados. *Revista Ecología Aplicada*, 14(2), 191-200.

Tapia Núñez, M. E. y Flores Ochoa, J. A. (1984). *Pastoreo y pastizales de los Andes del sur del Perú*. Lima: Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria.

Terrerros Camac, S. y Reynel Rodríguez, C. (2016). *Arbustos del Valle del Mantaro, Dp. de Junín (Perú) y su potencial para la protección de suelos*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Tito, E. E. (2022). *Optimización de la productividad de Festuca humilior a diferentes intensidades de uso y precipitaciones en sierra central* [Tesis de licenciatura, Universidad del Altiplano].

Tovar, Ó. (1993). *Las Gramíneas (Poaceas) del Perú*. Madrid: Real Jardín Botánico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.

Tovar, O. y Oscanoa, L. (1993). *Las gramíneas (Poáceas) del Perú* tomo 13, Madrid, 1993.

Tovar, O. y Oscanoa, L. (2002). *Guía para la identificación de pastos naturales alto andinos de mayor importancia ganadera*. Huaraz: Instituto de Montaña.

UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura). (2011). *Procesos de erosión-sedimentación en cauces y cuencas* (vol. 2). J. Brea y F. Balocchi (Eds.). Talca: UNESCO.

Vargas, O. (Ed.). (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque altoandino*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

Vásquez Villanueva, A. (1997). *Manejo de cuencas altoandinas*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Vásquez Villanueva, A., Torres, C., Terán, R., Alfaro, J., Vilchez, G., Alcántara, J., Sevilla, J., Huanco, V. y Moncada, E. (2000). *Manejo de cuencas altoandinas* (vol. 2). Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.

Venero, J., Cannon, P. y Morales, S. (1986). Prácticas agroforestales en la serranía del Cusco. *Boletín de Lima*, 8(43), 22-24.

Weaver, J. E. y Darlan R. W. (1947). A method of measuring vigor of range grasses. University of Nebraska – Lincoln. *Agronomy and Horticulture Department Ecology*. 28(2), 146-162.

Zuloaga, F. O. y Anton, A. M. (2012). *Flora vascular de la República Argentina* (vol. III, tomo I). Buenos Aires: Instituto de Botánica Darwinion.

Zúñiga, C., Lebel, C., Zambrano, A., Armas, Z. y Aucasime, A. (2022). *Guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres: Selección de especies*. Lima: Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica.

## Bibliografía para Clausura de praderas

Azaña, Y. (2017). *Evaluación del efecto de clausura sobre la recuperación de pastizales nativos en la Quebrada Llaca, Parque Nacional Huascarán-Áncash* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. <https://www.inaigem.gob.pe/wp-content/uploads/2019/05/TESIS-Evaluaci%C3%B3n-del-efecto-de-clausura-sobre-la-Recuperaci%C3%B3n-de-pastizales-nativos-en-la-quebrada-Llaca-Parque-Nacional-Huascar%C3%A1n-Ancash.pdf>.

Jing, Z. B., Cheng, J. M., Su, J. S., Bai, Y. y Jin, J. W. (2014). Changes in plant community composition and soil properties under 3-decade grazing exclusion in semiarid grassland. *Ecological Engineering*, 64, 171-178.

Miranda, F. y Ccana, E. (2014). *Manejo de praderas altoandinas y cosecha de agua en el sur andino*. Lima: Soluciones Prácticas.

Mola, I., Jiménez, M. D., López-Jiménez, N., Casado, M. A. y Balaguer, L. (2011). Roadside reclamation outside the revegetation season: management options under schedule pressure. *Restoration Ecology*, 19, 83-92.

Moreno Vega, A. (2015). *Actividades de riego, abonado y tratamiento en cultivos*. Madrid: PARANINFORMA EDITORIAL, S.A. y Profesional Básico en agro-jardinería y composiciones florales, FPB

Núñez, E., De la Cruz, H. y Proaño, R. (2018). *Buenas prácticas para la recuperación de pastizales de altura*. Lima: Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, CONDESAN.

Petersen, S. L. y Stringham, T. K. (2008). Infiltration, Runoff, and Sediment Yield in Response to Western Juniper Encroachment In Southeast Oregon. *Journal of Rangeland Ecology and Management*, 61(1), 74-81.

Pierson, F. B., Spaeth, K. E., Weltz, M. A. y Carlson, D. H. (2002). Hydrologic response of diverse western rangelands. *Journal of Range Management*, 55, 558-570.

Vega Chuquirimay, E. y Torres Zúñiga, D. (2013). *Manual técnico. Manejo y conservación de pasturas naturales y cultivos temporales. Prácticas de adaptación al cambio climático*. Arequipa: Desco y Minsur.

Zamora Rojas, E., Herrera García, M. y Guerrero Ginel, J. E. (s. f.). *Guía metodológica para el diseño y construcción de cerramientos perimetrales y de manejo en explotaciones ganaderas de extensivo*. Córdoba: Life Bio Dehesa.

Zeballos, J. (2011). Cercos de manejo, práctica que permite la recuperación de pasturas naturales [Artículo personal].



Foto: Forest Trends

[www.infraestructuranatural.pe](http://www.infraestructuranatural.pe)

El proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica promueve la conservación, restauración y recuperación de los ecosistemas a nivel nacional, formando alianzas con organizaciones públicas y privadas para reducir los riesgos hídricos como sequías, inundaciones y contaminación del agua.

El proyecto es promovido y financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y el Gobierno de Canadá y liderado por Forest Trends, junto a sus socios CONDESAN, la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), e investigadores del Imperial College London.



<https://www.forest-trends.org/publications/serie-guias-IN-para-GRD>

