



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)

**Guía para
el uso de la
herramienta
de selección
de medidas de
infraestructura
natural**



**Infraestructura
Natural**

para la Seguridad Hídrica



Imperial College
London

Autores

Zoila Yessica Armas Benites¹, Claudia Lebel Castillo¹, Alex Roger Zambrano Ramírez¹ y Abel Aucasime Orihuela¹

Colaboradores

Carla Mónica Zúñiga Loayza², Lucio Leonardo Santi Morales², Godofredo Mamani Mamani², Víctor Raúl Cornejo Badillo² y Juan Antonio Guerrero Barrantes²

Supervisión editorial

Gabriel Rojas Guillén¹

Cuidado de edición



Diseño y diagramación

Roger Ramirez Miranda

Corrección de estilo

Antonio Luya Cierto y Ximena Basadre Málaga

Foto de portada

Renny Daniel Díaz Aguilar

Forest Trends Association

RUC: 20603007396

Calle Los Ángeles 395, Miraflores

Lima, Perú

Desarrollo de contenidos: octubre del 2022 a setiembre del 2023

Ira edición: julio del 2024

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N.º 2025-00602

Afiliaciones

¹ Forest Trends, Washington D. C. - Estados Unidos

² Experto temático

Agradecimientos

Agradecemos la valiosa revisión de quienes ayudaron con sus aportes y/o gestión: Fernando Momiy¹, Gena Gammie¹ y Fernando León¹.

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

Tablas

Tabla 1. Resumen de los potenciales impactos de la infraestructura natural en la erosión hídrica a nivel de parcela y cuenca hidrográfica

Figuras

Figura 1. Cuenca mal manejada versus cuenca bien manejada

Figura 2. Cuenca mal manejada

Figura 3. Cadena de peligros asociados a los cambios en la variabilidad climática

Figura 4. Tipos de erosión

Figura 5. Deslizamiento de terreno

Figura 6. Inundación de llanura aluvial

Figura 7. Complementariedad de las temáticas: ecosistemas, cambio climático y gestión del riesgo de desastres

Figura 8. Nuevo enfoque de gestión integral de cuencas para la gestión del riesgo de desastres asociados a peligros de inundación

Figura 9. Esquema lógico de priorización de intervenciones estructurales y no estructurales en la gestión integral del riesgo de desastres con enfoque de cuenca

Figura 10. Esquema de inclusión de la infraestructura natural en la gestión del riesgo de desastres

Figura 11. Cadena de valor de las intervenciones en el servicio ecosistémico de regulación de riesgos naturales - SERRN

Figura 12. Secuencia lógica para el marco conceptual de un proyecto de inversión que busca recuperar el SERRN

Figura 13. Medidas de infraestructura natural por tipo de factor de producción

Índice

I. Consideraciones generales

I.1. Objetivo

I.2. Alcance

II. Medidas de infraestructura natural e importancia en la gestión del riesgo de desastres

III. Peligros de inundación y movimiento de masas en cuencas

3.1. Definición de cuenca hidrográfica

3.2. Peligros en cuencas ocasionados por lluvias intensas o de larga duración

a. *Erosión hídrica*

b. *Erosión por movimiento de masa*

c. *Inundación de llanuras aluviales*

3.3. Susceptibilidad física a peligros de movimientos de masa e inundaciones

IV. Inclusión de infraestructura natural en la gestión integral del riesgo de desastres

V. Marco conceptual para proyectos de inversión pública en servicios ecosistémicos de regulación de riesgos naturales

VI. Medidas de infraestructura natural para el servicio ecosistémico de regulación de riesgos naturales

6.1. Medidas de infraestructura natural para recuperar cobertura vegetal

6.2. Medidas de infraestructura natural para el control de erosión y estabilidad de ladera

VII. Árbol de decisiones para la selección de medidas de infraestructura natural

7.1. Árbol de decisiones para la selección de medidas de infraestructura natural de inundación y movimientos en masa

Bibliografía

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 Riesgos 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 Riesgos de Desastres*.

Los procesos de diseño de alternativas técnicas para la gestión del riesgo de desastres sobre la base de ecosistemas requieren herramientas eficaces de identificación rápida. Estas herramientas son fundamentales para determinar las medidas de infraestructura natural en etapas tempranas de la elaboración de estudios de preinversión y estudios definitivos, con la finalidad de apoyar procesos de relacionamiento comunitario y de determinación de la viabilidad técnica y económica.

Esta herramienta, sobre la base de un árbol de decisiones, permite identificar medidas de infraestructura natural en las áreas previamente seleccionadas, tanto para la recuperación de la cobertura vegetal como para el control de la erosión y la estabilidad de laderas, a partir de la información proporcionada por el estudio de evaluación del estado del ecosistema y parámetros clave derivados de estudios topográficos, geológicos, hidrológicos y otros análisis pertinentes.





Consideraciones generales

1.1. Objetivo

El objetivo de esta guía es proporcionar directrices para facilitar la selección ágil de medidas de infraestructura natural destinadas a la recuperación de la cobertura vegetal, así como al control de la erosión y la estabilidad de laderas, en proyectos de infraestructura natural con enfoque de gestión de riesgos

1.2. Alcance

Esta guía de herramienta, representada en un árbol de decisiones, está destinada a ser utilizada por especialistas técnicos de entidades públicas y privadas que promuevan y desarrollen intervenciones en infraestructura natural. Puede ser usada durante la fase de preinversión de los proyectos para apoyar la planificación técnica y estimar los costos de inversión. Así como durante la elaboración de estudios definitivos, facilitando la selección preliminar de medidas de infraestructura natural.



III

Medidas de infraestructura natural e importancia en la gestión del riesgo de desastres

Foto: Forest Trends



Foto: Forest Trends

La gestión preventiva de los riesgos de inundación y erosión ha sido manejada principalmente a través de obras de infraestructura hidráulica gris, tales como diques o embalses, pero muestra ciertos límites en cuanto a su efectividad. Sin embargo, una nueva corriente de mitigación de este tipo de riesgos utilizando infraestructura natural representa un potencial complemento a la tradicional infraestructura gris.

Molina *et al.* (2021), luego de una evaluación de literatura científica acerca de infraestructura natural para la gestión del riesgo de inundación, movimientos en masa y erosión de suelo, mencionan algunos de los siguientes puntos resaltantes:

a. La conservación de la cobertura vegetal en los Andes (principalmente en ecosistemas de páramos, punas y bosques) es muy efectiva para controlar la erosión del suelo. Se observa que las tasas de erosión en áreas con cobertura vegetal nativa bien conservada son, en promedio, entre nueve (9) y doce (12) veces más bajas que en campos de cultivos agrícolas y zonas ganaderas.

b. Las prácticas ancestrales y comunitarias de conservación y gestión de la naturaleza son eficaces para mitigar la erosión del suelo.

c. La conservación y recuperación de los bosques nativos puede reducir sustancialmente la ocurrencia de inundaciones leves o moderadas y los movimientos en masa, como los deslizamientos superficiales.

Ante este tipo de eventos, en el ámbito de la gestión del riesgo de desastres (GRD), actualmente se promueve el uso de infraestructura natural. Se trata de conocimientos ancestrales que ya se encuentran aplicados en diversas zonas de nuestro litoral. Lo que este manual pretende es revalorar estas prácticas.

De acuerdo con Molina *et al.* (2021), existen evidencias acerca de la efectividad de las intervenciones sobre la infraestructura natural para la gestión del riesgo de inundación, movimientos en masa y erosión de suelo en la región andina. La Tabla 1 muestra las diversas medidas que se pueden emplear y su impacto en la mitigación de la erosión.

Tabla 1. Resumen de los potenciales impactos de la infraestructura natural en la erosión hídrica a nivel de parcela y cuenca hidrográfica

	Indicador de susceptibilidad a erosión		Mitigación de erosión por medio de una reducción en		
	Carbono orgánico del suelo	Densidad aparente	Pérdida de suelo	Coefficiente de escorrentía a nivel de sitio	Producción de sedimento
Cultivos o pastizales (control)					
Conservación de la vegetación natural	+++	+/-	+++	¿	+++
Forestación	+/-	+/-	+/-	¿	+
Implementación de medidas de conservación de suelo	+++	+/-	+++ (comparado a cultivos) +++ (comparado a pastizales)	+++	¿
Tierras degradadas	+/-	+/-	---	---	---

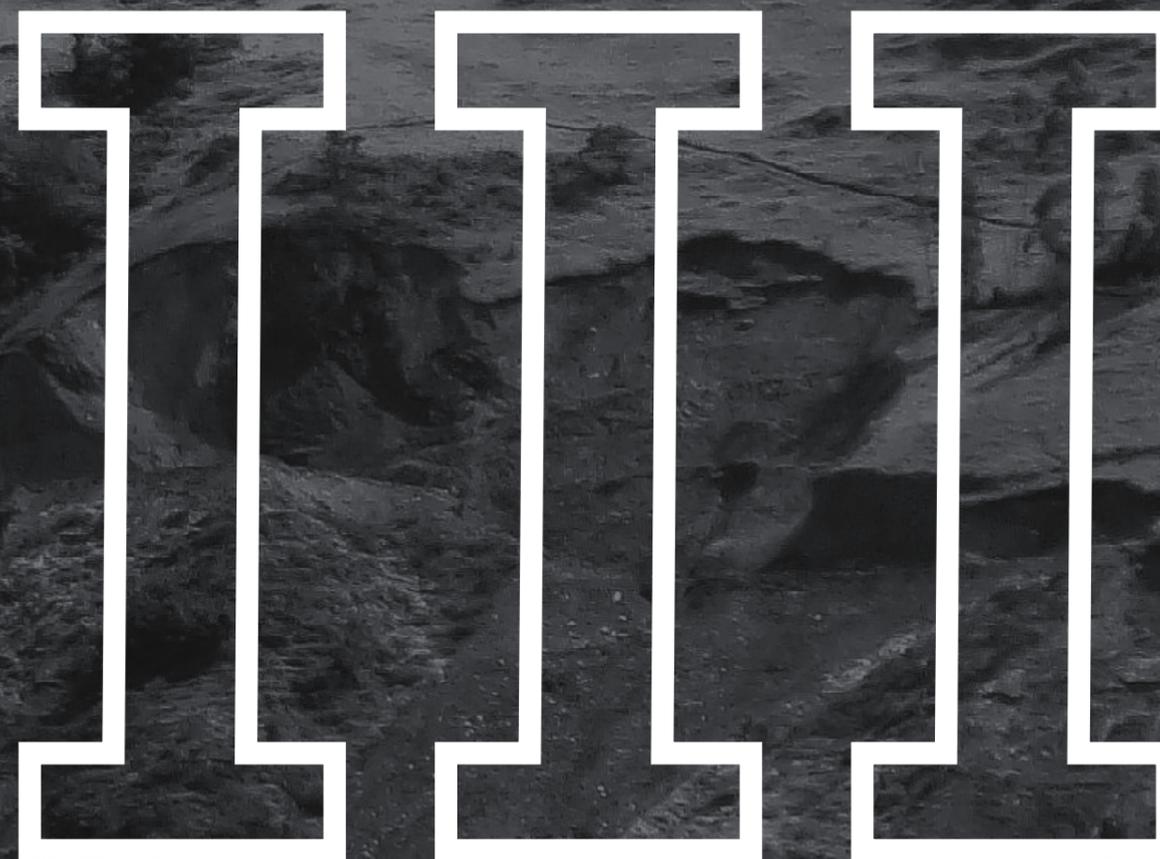
+++	Efecto muy positivo	---	Efecto muy negativo	+/-	No hay efecto
+	Efecto positivo	-	Efecto negativo	¿	Brecha de conocimiento

Fuente: Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en los Andes: ¿Qué sabemos? (p. 21), por A. Molina, V. Vanacker, M. Rosas Barturen, F. Román, B. F. Ochoa-Tocachi y W. Buytaert, 2021, Forest Trends

El estudio mencionado proporciona varios consensos en cuanto al efecto de las intervenciones de infraestructura natural para la mitigación de la erosión de suelos en la región andina:

- a. La conservación y preservación de la vegetación natural favorece a que la erosión hídrica en los suelos sea baja.
- b. La forestación en zonas degradadas con especies de rápido crecimiento ayuda a disminuir la tasa de pérdida de suelo.

- c. Las prácticas de conservación de suelo se traducen en tasas bajas de pérdida de suelo y producción de sedimento.
- d. Falta profundizar en el tema y ver si el efecto de la infraestructura natural sobre la mitigación de la erosión depende de la relación entre la erosividad del suelo y el clima.



Peligros de inundación y movimiento de masas en cuencas

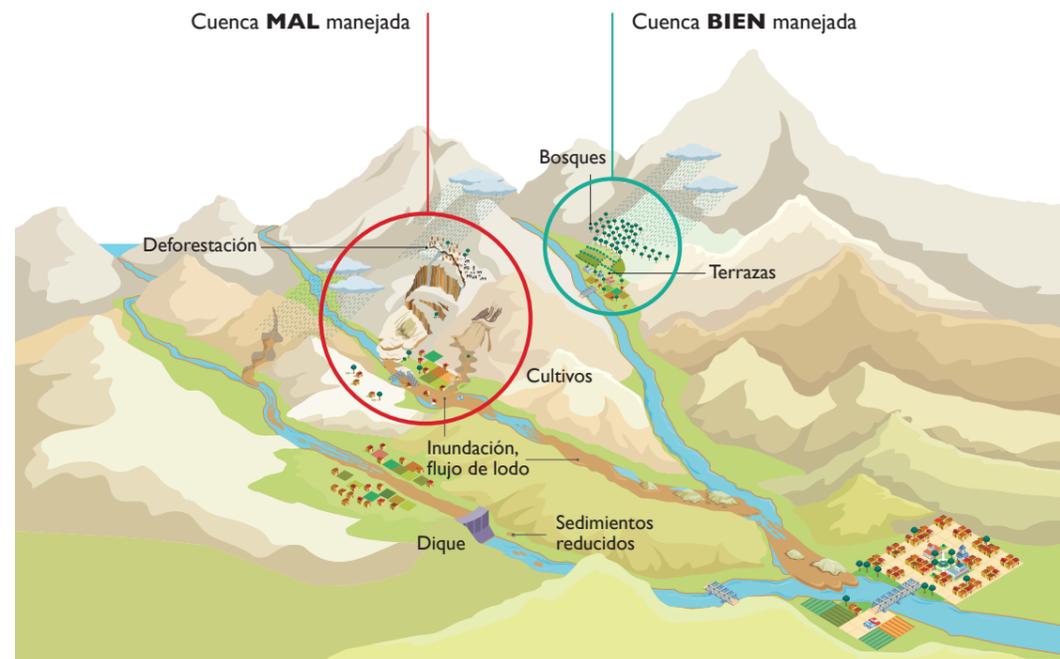
3.1. Definición de cuenca hidrográfica

Una cuenca es un espacio de territorio delimitado por la línea divisoria de las aguas, conformado por un sistema hídrico que concentra todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común, que puede ser un lago o el mar. En la cuenca hidrográfica se encuentran los recursos naturales y la infraestructura creada por las personas para desarrollar sus actividades económicas y sociales. Esta actividad genera efectos favorables y des-

favorables para el bienestar humano. No existe ningún punto de la tierra que no pertenezca a una cuenca hidrográfica.

La importancia del manejo de las cuencas hidrográficas se debe a diversos factores, entre ellos: la erosión y la sedimentación, el control de las inundaciones, el abastecimiento de agua a las ciudades y el desarrollo económico y social. La Figura 1 muestra un comparativo entre una cuenca bien manejada y una mal manejada.

Figura 1. Cuenca mal manejada versus cuenca bien manejada

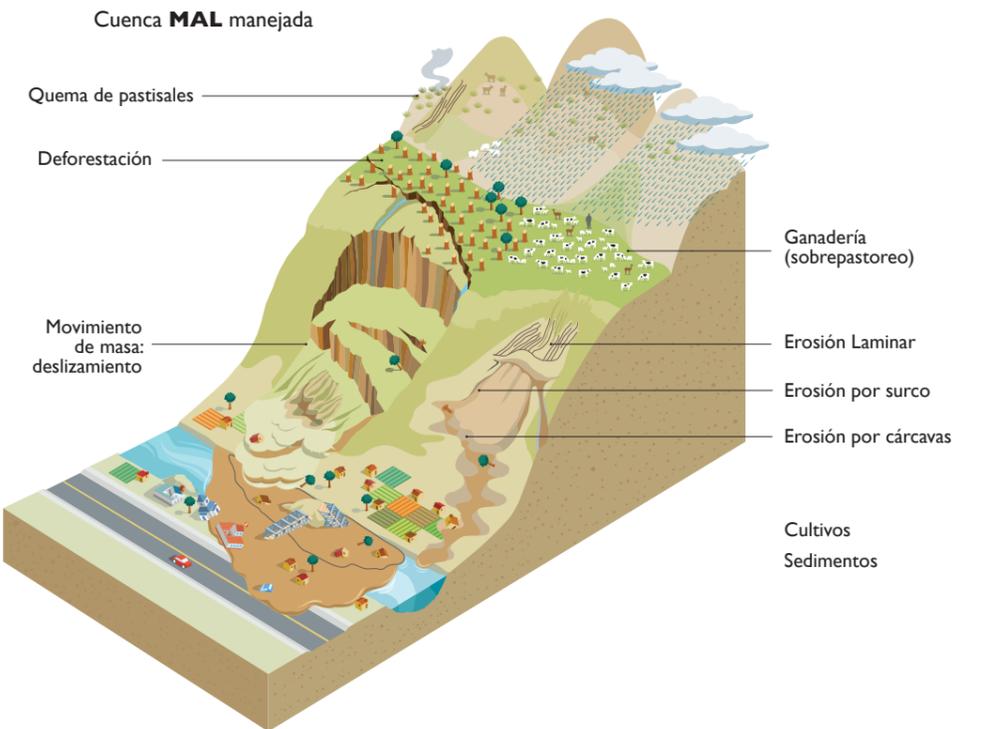


Fuente: A. Molina, V. Vanacker, M. Rosas Barturen, F. Román. B. F. Ochoa-Tocachi y W. Buytaert. (2021). Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en los Andes: ¿Qué sabemos? Lima: Forest Trends, pp. 8-9.

Un mal manejo de la cuenca implica hábitos como la remoción indiscriminada de cobertura vegetal, el sobrepastoreo y el avance incontrolado de la frontera agrícola, entre otros.

Esto trae como consecuencia diversos tipos de erosión (laminar, por surcos, por cárcavas), deslizamientos o movimientos de masa (ver Figura 2).

Figura 2. Cuenca mal manejada



Fuente: A. Molina, V. Vanacker, M. Rosas Barturen, F. Román. B. F. Ochoa-Tocachi y W. Buytaert. (2021). Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en los Andes: ¿Qué sabemos? Lima: Forest Trends, pp. 8-9.

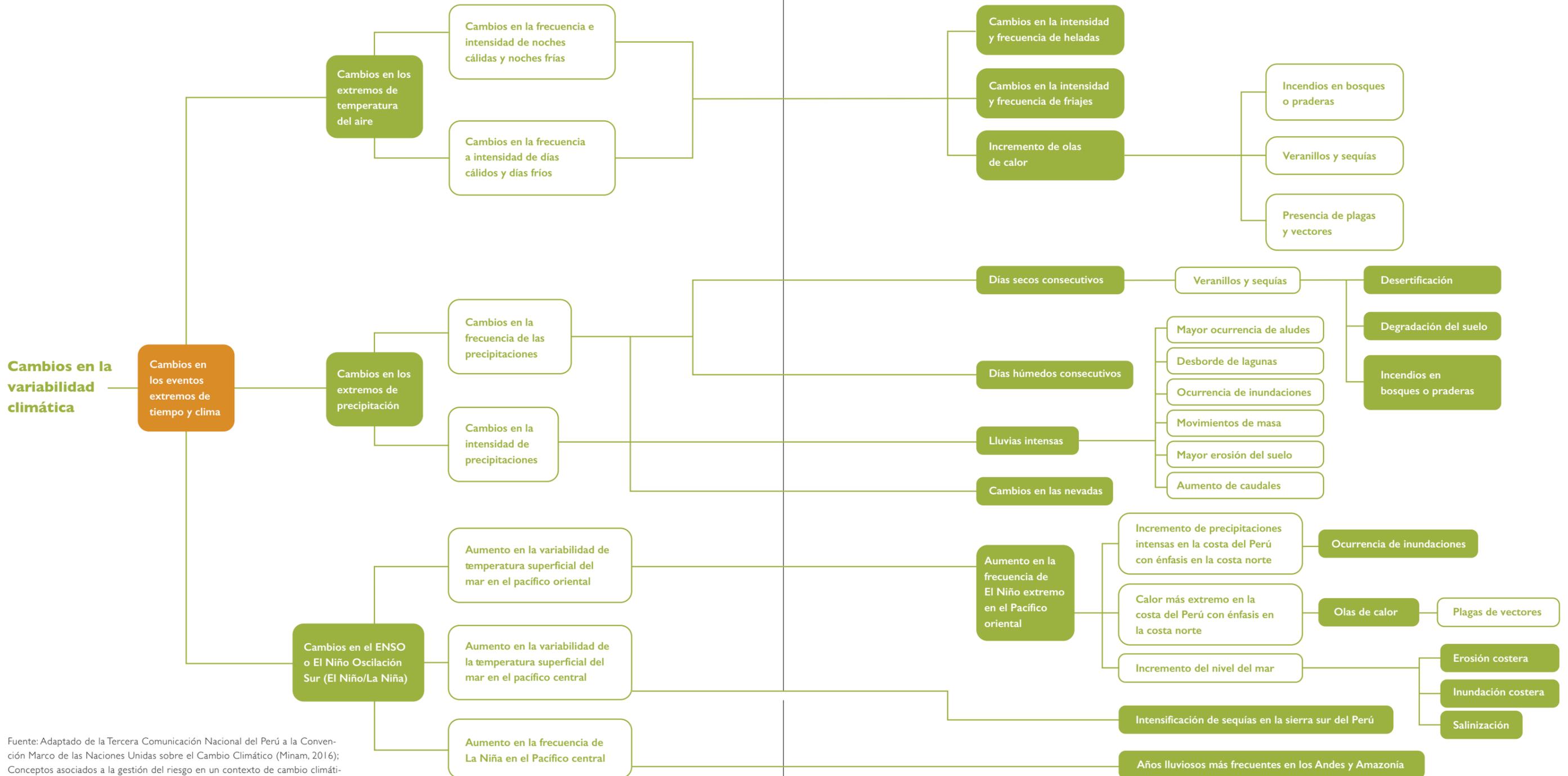
3.2. Peligros en cuencas ocasionados por lluvias intensas o de larga duración

En su nota técnica n.º 001-2019/SENAMHI/DMA, el Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi) ha clasificado los peligros hidrometeorológicos asociados al cambio climático en:

-  Peligros debido a cambios en los promedios del clima.
-  Peligros debido a cambios en la variabilidad del clima.

Los peligros asociados a proyectos de infraestructura natural con enfoque de GRD están vinculados con los de origen hidrometeorológico relacionados al cambio climático y la alteración de la variabilidad climática. Los cambios en los fenómenos climáticos extremos pueden estar asociados a la fluctuación en la media (o promedio, que es una medida de tendencia central), la varianza (medida de dispersión), la forma (relacionada a la simetría de la curva) de las distribuciones de probabilidad o todas ellas a la vez (Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [IPCC], 2012). La Figura 3 presenta la cadena de peligros asociados a los cambios en la variabilidad climática.

Figura 3. Cadena de peligros asociados a los cambios en la variabilidad climática



Fuente: Adaptado de la Tercera Comunicación Nacional del Perú a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (Minam, 2016); Conceptos asociados a la gestión del riesgo en un contexto de cambio climático: aportes en apoyo de la inversión pública para el desarrollo sostenible (MEF, 2013); Global warming of 1.5 °C (IPCC, 2018); K. Takahashi en CNCC3 (Minam, 2015) con Cai et al (Nature, 2018).

Las lluvias intensas o las de larga duración son el origen de inundaciones, erosión hídrica excesiva y la mayoría de los movimientos en masa. Si bien estos tres peligros suelen ocurrir al mismo tiempo, sus mecanismos de formación y su impacto son diferentes. A su vez, estos peligros pueden interactuar entre ellos; por ejemplo, la erosión hídrica puede aumentar los movimientos en masa y viceversa (Molina *et al.*, 2021). En ese sentido, los proyectos y el diseño de sus acciones buscan atender las zonas donde se originan este tipo de peligros para mitigar la interacción entre ellos y reducir su intensidad y/o ocurrencia.

Si clasificamos los peligros por el tipo de erosión podemos mencionar los siguientes:

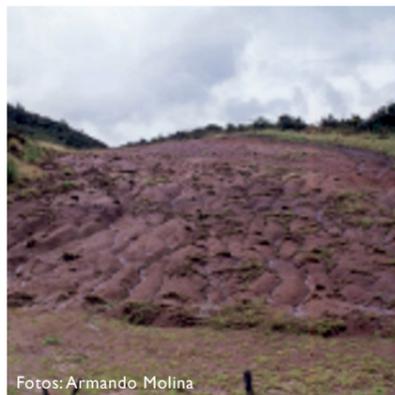
a. Erosión hídrica

Es un proceso que ocurre debido a la acción de la lluvia y el escurrimiento superficial (Molina *et al.*, 2021). Se distingue tres tipos de erosión hídrica con una intensidad creciente: laminar, por surcos y por cárcavas (ver Figura 4).

Figura 4. Tipos de erosión



Erosión laminar



Erosión por surcos



Erosión por cárcavas

Fuente: A. Molina, V. Vanacker, M. Rosas Barturen, F. Román, B. F. Ochoa-Tocachi y W. Buytaert. (2021). Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en los Andes: ¿Qué sabemos? Lima: Forest Trends, pp. 8-9.

b. Erosión por movimiento de masa

Es el desplazamiento pendiente abajo de un bloque de suelo o roca como una sola unidad por efecto de la fuerza de la gravedad. Factores naturales, como lluvias intensas o largas y la actividad sísmica, desencadenan los movimientos en

masa, que incluyen derrumbes, desprendimiento de rocas y flujos de lodo (llamados huaicos en Perú). Las regiones montañosas como los Andes tropicales son muy susceptibles a este tipo de movimientos en masa, debido a su clima y la topografía (Molina *et al.*, 2021).

Figura 5. Deslizamiento de terreno



Foto: Josue Espinosa, mapa del Perú, lago Quericocha, Áncash.

c. Inundación de llanuras aluviales

Ocurre como resultado de lluvias intensas o continuas que sobrepasan la capacidad de absorción del suelo y la capacidad de carga de los ríos y las llanuras aluviales. Durante eventos de lluvias intensas o de larga duración, se pueden producir inundaciones de las llanuras aluviales. Las inundaciones son un evento natural y recurrente para un río, que pueden producirse por el desbordamiento del río, cambios en la posición del canal principal o por el ascenso del nivel

freático del agua subterránea. Geomorfológicamente, los valles y las llanuras son muy susceptibles a las inundaciones. La actividad humana puede alterar de manera positiva o negativa la magnitud y la frecuencia de las inundaciones por medio de cambios en la infiltración de suelos y el escurrimiento de agua. Asimismo, las prácticas de manejo del suelo pueden modificar la descarga de agua a las llanuras aluviales por medio de desviaciones en acequias de drenaje y de riego, *qochas* y presas (Molina *et al.*, 2021).

Figura 6. Inundación de llanura aluvial



Fotos: Miluska Rosas

Cuenca de Cañete, Perú

3.3. Susceptibilidad física a peligros de movimientos de masa e inundaciones

El *Manual para la evaluación de riesgos originados por fenómenos naturales*, publicado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (Cenepred, 2014), define la susceptibilidad como “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)” (p.106). Considerando esta definición, se puede decir que la susceptibilidad es la propensión o tendencia de una zona a ser afectada o hallarse bajo la influencia de un proceso de un movimiento de masa.

La estimación de la susceptibilidad tiene su base en la correlación de los principales factores (intrínsecos) que contribuyen a la formación del movimiento de masa. Los mapas de

susceptibilidad se realizan a partir de datos cartográficos de tipo topográfico, geomorfológico, litológico estructural, de vegetación, usos de suelos y otros. Estos mapas se confeccionan a partir del análisis de los factores involucrados en los movimientos existentes y la posterior extrapolación de los resultados del análisis (Villacorta et al., 2012).

La *Serie de guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres: Localización de áreas de intervención* (Portuguez et al., 2023) detalla los insumos, las herramientas y los procesos para llevar a cabo la identificación de las áreas susceptibles a peligros de inundación y movimiento de masas con enfoque de cuenca y, en donde exista, además, evidencia de la degradación del ecosistema. Este último aspecto es importante, pues en este tipo de proyectos el enfoque se orienta a restaurar el servicio ecosistémico de regulación de desastres.



Inclusión de infraestructura natural en la gestión integral del riesgo de desastres

La inclusión de la infraestructura natural en la gestión integral del riesgo de desastres en el ámbito de las cuencas es una necesidad. Se requiere tener intervenciones orientadas a la recuperación de los ecosistemas y, en particular, considerando que su degradación es un factor desencadenante de peligros asociados a inundaciones y movimientos de masas. En estas situaciones, la cobertura vegetal se constituye como el factor esencial para que se brinde el servicio ecosistémico de regulación de riesgos naturales.

En nuestro país, solo se han implementado las intervenciones en GRD que apuntan a la zona de impacto de los peligros, dejando de lado las intervenciones en la zona de origen de los peligros hidrometeorológicos, desencadenados por las lluvias extremas. En este contexto, implementar medidas de infraestructura natural en las zonas de origen de peligros hidrometeorológicos es necesario para lograr una gestión integral del riesgo de desastres. Cabe resaltar

que la Política Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres al 2050, promulgada mediante D. S. n.° 038-2021-PCM, evidencia la necesidad de la inclusión de medidas de infraestructura natural en la GRD, tal como lo indica en su lineamiento 6.2 “Mejorar la capacidad para la reconstrucción en los tres niveles de gobierno, considerando la infraestructura natural en contexto de cambio climático”.

Es importante señalar que el enfoque de GRD involucra los enfoques de cambio climático y ecosistemas. En el siguiente esquema se pueden identificar los tres enfoques, sustentados en convenios y normas internacionales suscritos y refrendados por nuestro país y que, por ende, tiene el mandato de implementar. A partir de estas normas internacionales, los diferentes sectores del gobierno han desarrollado normativas específicas de obligatorio cumplimiento, algunas de las cuales ya se han implementado con importantes avances.



Foto: Veerle Vanacker

Figura 7. Complementariedad de las temáticas: ecosistemas, cambio climático y gestión del riesgo de desastres



Fuente: Forest Trends. Adaptación de enfoque de reducción de riesgo de desastre basado en ecosistemas (Eco RRD). Aproximación conceptual y metodológica para su implementación en Colombia.

* Proyectos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres – IN GRD / Servicios ecosistémicos de regulación de riesgos naturales (SERRN).

Para plantear intervenciones en infraestructura natural con enfoque de GRD se requiere la comprensión de tres enfoques bien diferenciados, que se han venido desarrollando de manera aislada y cuya conjunción supone un cambio de paradigma, por el que es necesario transcurrir para lograr planificar y llevar a cabo intervenciones que apunten a la recuperación de los ecosistemas, la adaptación al cambio climático y la protección de la población ante los peligros.

Al revisar el contexto internacional de GRD con enfoque en ecosistemas, se puede encontrar un sinnúmero de publicaciones y artículos en los que la forma de abordar la GRD con enfoque de cuenca representa un cambio, en el que las intervenciones en infraestructura natural forman parte de las medidas estructurales dentro del esquema de atención de la gestión integral. Este cambio de enfoque permite que las inversiones en infraestructura natural cobren importancia desde el punto de vista de la solución estructural, junto con las medidas tradicionales (infraestructura gris).

Figura 8. Nuevo enfoque de gestión integral de cuencas para la gestión del riesgo de desastres asociados a peligros de inundación



Fuente: <https://infoinundaciones.com/noticias/adoptando-soluciones-basadas-en-la-naturaleza-para-la-reduccion-del-riesgo-de-inundacion-en-america-latina/>

Como resultado de esta inclusión, se puede replantear el proceso de construcción de la solución a los problemas de los territorios que pueden ser atendibles con intervenciones estructurales y no estructurales. Por ejemplo,

la secuencia lógica de pensamiento para la atención de un problema asociado a la gestión integral de riesgo de desastres en una cuenca puede seguir el esquema que se muestra en la Figura 9.

Figura 9. Esquema lógico de priorización de intervenciones estructurales y no estructurales en la gestión integral del riesgo de desastres con enfoque de cuenca



Fuente: Forest Trends

Con el enfoque exclusivamente en la temática de ecosistemas, la infraestructura natural se puede intervenir desde diferentes puntos de vista. Tal como lo señala el Ministerio del Ambiente (Minam) en su lineamiento aprobado con R. M. n.º 178-2019-MINAM, se puede intervenir desde el enfoque de bien orientando a las intervenciones a recuperar la capacidad del ecosistema para brindar múltiples servicios ecosistémicos dentro de una zona priorizada de conservación; o, también, desde el enfoque de servicios, orientándolas a la recuperación de un servicio ecosistémico en particular, como puede ser el servicio de regulación hídrica. Sin embargo, como am-

bas intervenciones tienen como finalidad la conservación de los ecosistemas, las alternativas de solución se orientan a la restauración o recuperación de los ecosistemas en sus condiciones de referencia antes de la degradación.

En cambio, al fusionar las tres temáticas se presentan intervenciones que apuntan a la recuperación de servicios ecosistémicos. En el listado oficial de servicios ecosistémicos contenido en la normatividad del Mecanismo de Retribución por Servicios Ecosistémicos (MERESE), los servicios que corresponde atender son los de regulación de riesgos

de desastres¹, definidos como la capacidad de los ecosistemas de reducir las condiciones de vulnerabilidad para prevenir o reducir los posibles daños efectuados por las amenazas (huaicos, avalanchas y demás).

En vista que utilizamos medidas que intervienen en el ecosistema para reducir la vulnerabilidad de estos ante el factor desencadenante de lluvias extremas, la infraestructura natural, dependiendo del tipo de problema que se aborde en la cuenca, se incluye ya sea: 1) como medida principal en un proyecto orientado a la solución de problemas asociados

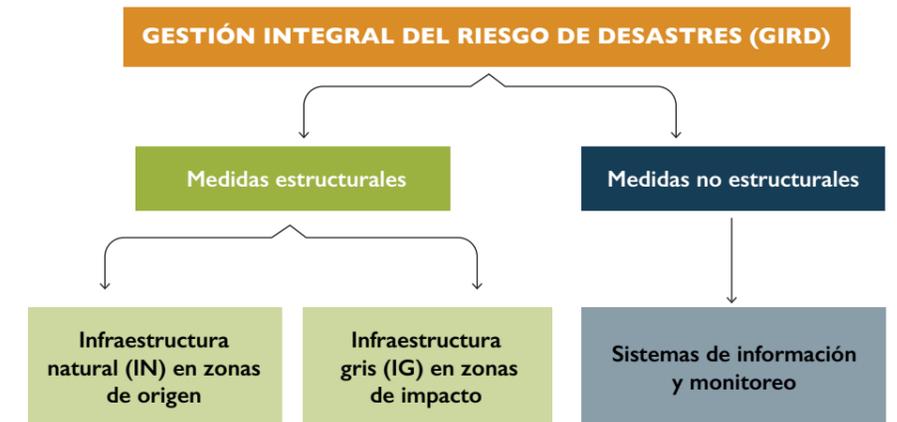
a la zona de origen de los peligros hidrometeorológicos como la inundación y el movimiento de masa; o 2) como medida complementaria que forma parte de otros proyectos que se orientan a solucionar problemas en la zona de impacto. En ambos casos, la infraestructura natural cumple un rol indispensable en la solución de problemas asociados a GRD y ya no de puro valor ornamental, como se le consideraba anteriormente. En la Figura 10 se puede identificar la inclusión de las intervenciones en infraestructura natural y su vinculación con las demás intervenciones estructurales de la gestión integral del riesgo de desastres.



Foto: Forest Trends

¹ Según la Ley n.º 30215, Ley de Mecanismos de Retribución por Servicios Ecosistémicos y los "Lineamientos para el diseño e implementación de mecanismos de retribución por servicios ecosistémicos", aprobados por R. M. n.º 014-2021-MINAM.

Figura 10. Esquema de inclusión de la infraestructura natural en la gestión del riesgo de desastres



	Sector/entidad responsable	MINAM, MINAGRI, GORE y GOLO	MINAGRI, MVCS, GORE y GOLO	MINAGRI, MINAM, GORE, SENAMHI, ANA e IGP
Inversiones: proyectos y/o IOARR	Tipologías de inversión	Servicios ecosistémicos de regulación de riesgos naturales.	Protección de puntos críticos defensas ribereñas.	Sistemas de alerta temprana (SAT), Monitoreo y vigilancia climática, sísmica, entre otras.
	Alcance de la inversión	Recuperar los ecosistemas degradados en donde se presentan factores condicionantes y determinantes para reducir la exposición y aumentar la resiliencia ante los peligros.	Intervenciones orientadas a la protección de la población y unidades productoras, por ejemplo: diques, muros de encausamiento, gaviones, presas de laminación.	Intervenciones que se enfocan en la construcción, mejoramiento o ampliación de sistemas de alerta temprana implementados por los GR e intervenciones en TIC orientadas a pronóstico, equipamiento para el monitoreo y vigilancia de peligros, entre otros.
	Acciones complementarias en inversiones	Medidas de IG que complementan las intervenciones IN.	Medidas de IN que complementan las intervenciones de IG.	Equipamiento y sistemas de monitoreo de ecosistema.

Ministerio del Ambiente (MINAM), Ministerio de Agricultura y Riego (Midagri), Gobiernos Regionales (GORE), Gobiernos Locales (GOLO), Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento (MVCS), Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (Senamhi), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Instituto Geofísico del Perú (IGP), Tecnología de Información y Comunicaciones (TIC).

Fuente: Forest Trends



Marco conceptual para proyectos de inversión pública en servicios ecosistémicos de regulación de riesgos naturales

Tomando como punto de partida la vinculación entre las tres temáticas señaladas (ecosistemas, GRD y cambio climático), se interviene a través de medidas de infraestructura natural en los ecosistemas para reducir su vulnerabilidad y la de las áreas susceptibles en las zonas de origen. Por considerarse también como medidas de adaptación, permiten

recuperar la resiliencia del ecosistema mediante el servicio ecosistémico que brinda y, finalmente, la recuperación del servicio ecosistémico de regulación de riesgos naturales (SERRN) repercute en el incremento de la resiliencia y disminuye la exposición de las poblaciones y su medio de vida a los peligros de inundación y movimiento de masas.

Figura 11. Cadena de valor de las intervenciones en el servicio ecosistémico de regulación de riesgos naturales - SERRN



Según el marco normativo del Perú en cuanto a inversión pública, se puede intervenir en bienes o servicios públicos. Los servicios ecosistémicos son servicios públicos que implican intervenciones en los ecosistemas para que puedan recuperar su capacidad de proveer beneficios económicos, sociales y ambientales a las personas. En ese contexto, el SERRN forma parte del grupo de servicios ecosistémicos que se encuentran normados por la Ley n.º 30215, en la que se enmarcan 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 masas. Así, la identificación del tipo de peligro permite determinar los factores de producción.

Los factores de producción del servicio son aquellos elementos indispensables y que deben estar en óptimas condiciones, para que la unidad productora pueda brindar los servicios ecosistémicos que serán recibidos por la población y los medios de vida afectados. Se han identificado tres (3) factores de producción:

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

Estos tres (3) elementos deben ser diagnosticados para determinar el nivel de afectación y su estado actual, con el objetivo de plantear el problema y las alternativas de solución que permitan recuperar la capacidad del ecosistema de proveer el SERRN.

La identificación de los peligros que se requiere atender en el marco del servicio de regulación de riesgos naturales es fundamental para el planteamiento de los factores de producción. En el caso de estos proyectos, los peligros de inundación y los movimientos de masas han sido identificados como peligros de origen hidrometeorológico.



Foto: Forest Trends

Figura 12. Secuencia lógica para el marco conceptual de un proyecto de inversión que busca recuperar el SERRN



Fuente: Forest Trends

WINI

Medidas de infraestructura natural para el servicio ecosistémico de regulación de riesgos naturales

Foto: Forest Trends

Las medidas de infraestructura natural responden a los problemas identificados en cada uno de los factores de producción, por lo que se propone un menú de medidas a utilizar. Estas no deben ser excluyentes de otras que puedan ser consideradas en los proyectos, siempre que se pueda sustentar su relación directa con el objetivo.

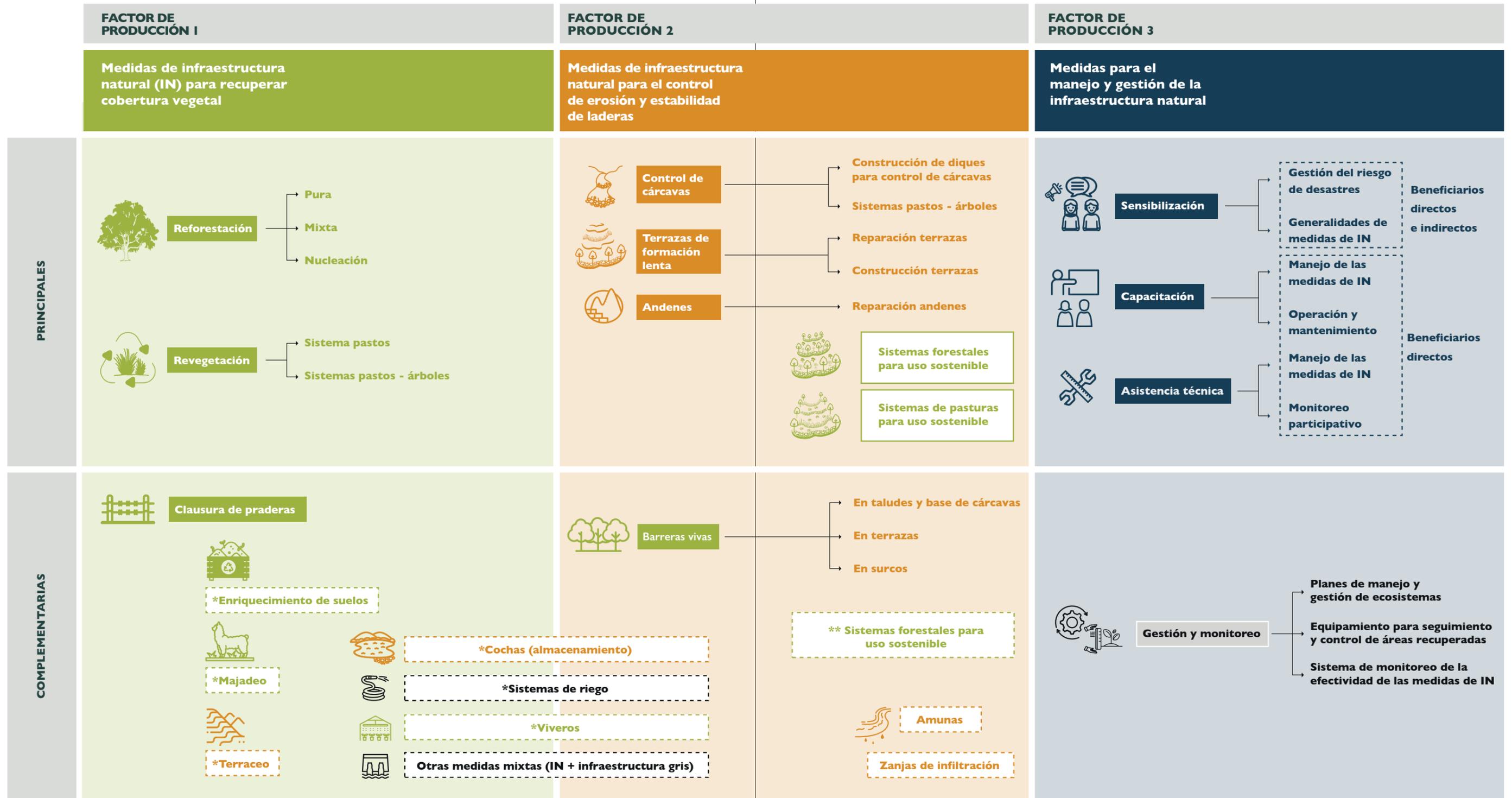
De acuerdo con su objetivo, las medidas de infraestructura

se dividen en principales y complementarias. Las principales están dirigidas a atender de manera directa el problema a solucionar 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.



Foto: Douglas Walsh

Figura 13. 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 Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica (NIWS por sus siglas en inglés) ha elaborado guías metodológicas que desarrollan los criterios y los procedimientos de diseño de cada una de las medidas relacionadas a cobertura vegetal y control de erosión y estabilidad de laderas. Asimismo, para las medidas asociadas a gestión y manejo del ecosistema se trabajó una guía que detalla los criterios para la elaboración del plan de fortalecimiento de capacidades con enfoques transversales.

6.1. Medidas de infraestructura natural para recuperar cobertura vegetal

Comprende intervenciones de infraestructura natural dentro del Factor de producción I que se orienta a la recuperación de cobertura vegetal. Principalmente se trata de la reforestación y revegetación, cuyo objetivo es reducir la susceptibilidad alta y muy alta mediante la recuperación de la cobertura vegetal, para frenar la degradación y reducir los riesgos relacionados con eventos extremos (inundaciones y/o movimientos de masa).

Complementario a esto se consideran las medidas de enriquecimiento de suelos, la clausura de praderas, el majadeo y el terraceo, que apoyan al funcionamiento de las medidas principales. Asimismo, las medidas asociadas al riego pueden plantearse como sistemas de riego complementario, pudiendo considerar a las cochas como sistemas de almacenamiento. Además de los viveros que, dependiendo de las características y necesidades del proyecto, deben incluirse de manera complementaria en los proyectos.

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.

A continuación, se presentan definiciones cortas para cada una de las medidas y sus tipos, teniendo en cuenta que los detalles de su diseño se encuentran en la *Serie de guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres: diseño de medidas de infraestructura natural para recuperar cobertura vegetal* (Zúñiga et al., 2023).

a. Reforestación mixta: instalación de árboles y/o arbustos nativos en un área degradada conformada por dos o más especies que tienen la función de protección.

b. Reforestación pura: instalación de árboles y/o arbustos nativos en un área degradada conformada por una especie que tienen la función de protección.

Nucleación: instalación de islas de árboles asociados con arbustos y/o pastos que tienen la función de acelerar la recuperación de un área degradada a una tasa de crecimiento similar a la reforestación mixta y/o pura, pero con una intervención menos intensiva.

Clausura de praderas: colocación de un cerco que bordea la revegetación recién instalada para protegerla de animales.

Revegetación mixta: instalación de pastos nativos en un área degradada conformada por dos o más especies que tienen la función de protección.

Revegetación pura: instalación de pastos nativos en un área degradada conformada por una especie que tiene la función de protección.

Barreras vivas: medida complementaria de la infraestructura marrón de una o dos líneas de árboles, arbustos o pastos, dependiendo del ecosistema.

Enriquecimiento de suelos: aplicación de materia orgánica en suelos empobrecidos a fin de mejorar las propiedades físicas y químicas del suelo, ya que proporciona nutrientes y microelementos a la tierra en proporciones equilibradas.

Sistemas agroforestales de protección con especies nativas: conjunto de técnicas de uso y manejo de la tierra que implica principalmente la combinación de árboles y 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.

Sistemas de posturas mixtas de protección con especies nativas para uso sostenible: conjunto de técnicas de uso y mane-

jo de la tierra que implica principalmente la combinación de herbáceas y árboles o arbustivas nativas y/o naturalizadas (consideradas no invasoras), con potencial para el desarrollo de una cadena de valor de uso sostenible.

6.2. Medidas de infraestructura natural para el control de erosión y estabilidad de ladera

Comprende intervenciones de infraestructura natural que dentro del Factor de producción 2 se orientan a la conservación de suelos y estabilidad de laderas, y emplean mayormente material natural de la zona. Entre estas se contemplan principalmente las terrazas de formación lenta, los andenes y los diques de control de cárcavas, así como los sistemas agroforestales de protección con especies nativas para uso sostenible y los sistemas de pasturas mixtas de protección con especies nativas para uso sostenible. El objetivo de estas medidas es reducir la susceptibilidad alta y muy alta de las zonas identificadas con presencia de problemas asociados a cambio de uso y baja productividad.

Complementario a ello se considera a las barreras vivas, las amunas y las zanjas de infiltración, cuyo objetivo es apoyar las medidas principales en su funcionamiento. Asimismo, la medida de sistemas agroforestales de protección con especies nativas para uso sostenible puede ser complementaria para las terrazas y los andenes, dependiendo de las características y las particularidades de las zonas a intervenir. Adicionalmente, podrían requerirse medidas asociadas a sistemas de riego, almacenamiento y viveros, que igual, también se identifican según los requerimientos de la zona.

A continuación, se presentan breves definiciones para cada una de las medidas y sus tipos. Para más detalle sobre su diseño, se puede consultar la *Serie de guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres: diseño de medidas de infraestructura natural para el control de erosión de suelo y estabilidad de laderas* (Santi et al., 2023).

Control de cárcavas: enfocado en reducir los procesos erosivos del avance de las cárcavas, que son depresiones en el

suelo causadas por la erosión hídrica, siguen la dirección de la pendiente del terreno y el agua proveniente de las lluvias corre por su cauce.

Terrazas de formación lenta: serie sucesiva de plataformas (bancos o terraplenes) dispuestas en las laderas a modo de escaleras.

Andenes: modificación que realiza el ser humano a la topografía del suelo que presenta pendientes, con el fin de aprovechar recursos como el agua, el clima y el suelo.

Zanjas de infiltración: excavaciones en forma de canales que se realizan en el terreno, de sección generalmente rectangular o trapezoidal.

Amunas: canales ancestrales donde se filtra el agua transportada por el canal amunero o canal simple. Permiten conducir el agua de lluvia a lo largo de la parte alta a través de la infiltración del agua por el subsuelo y así aumentar el agua subterránea.

Cochas: depósitos pequeños de agua ubicados en las cabezeras de cuenca, se encargan de retener y represar el agua de lluvia.

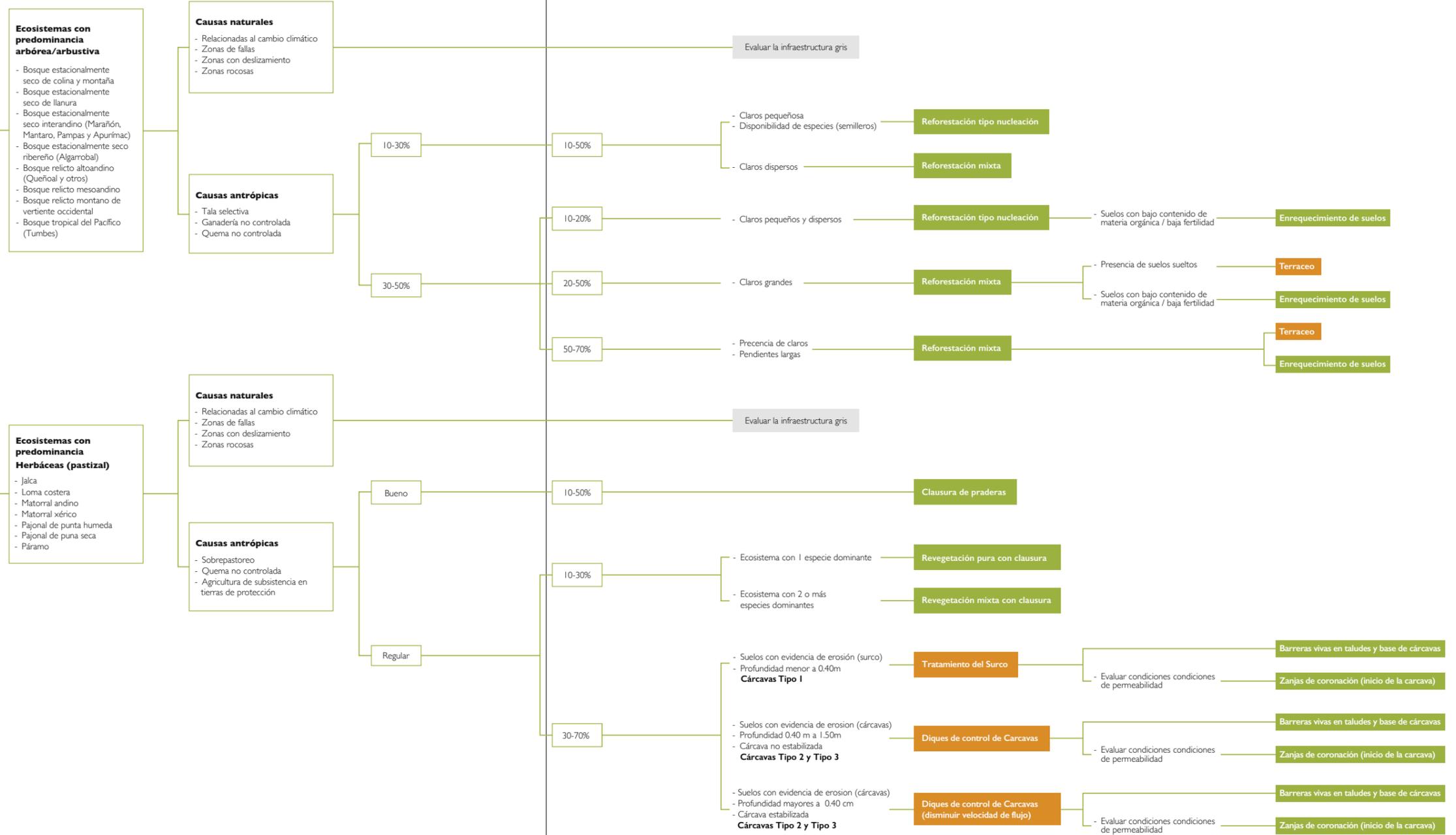


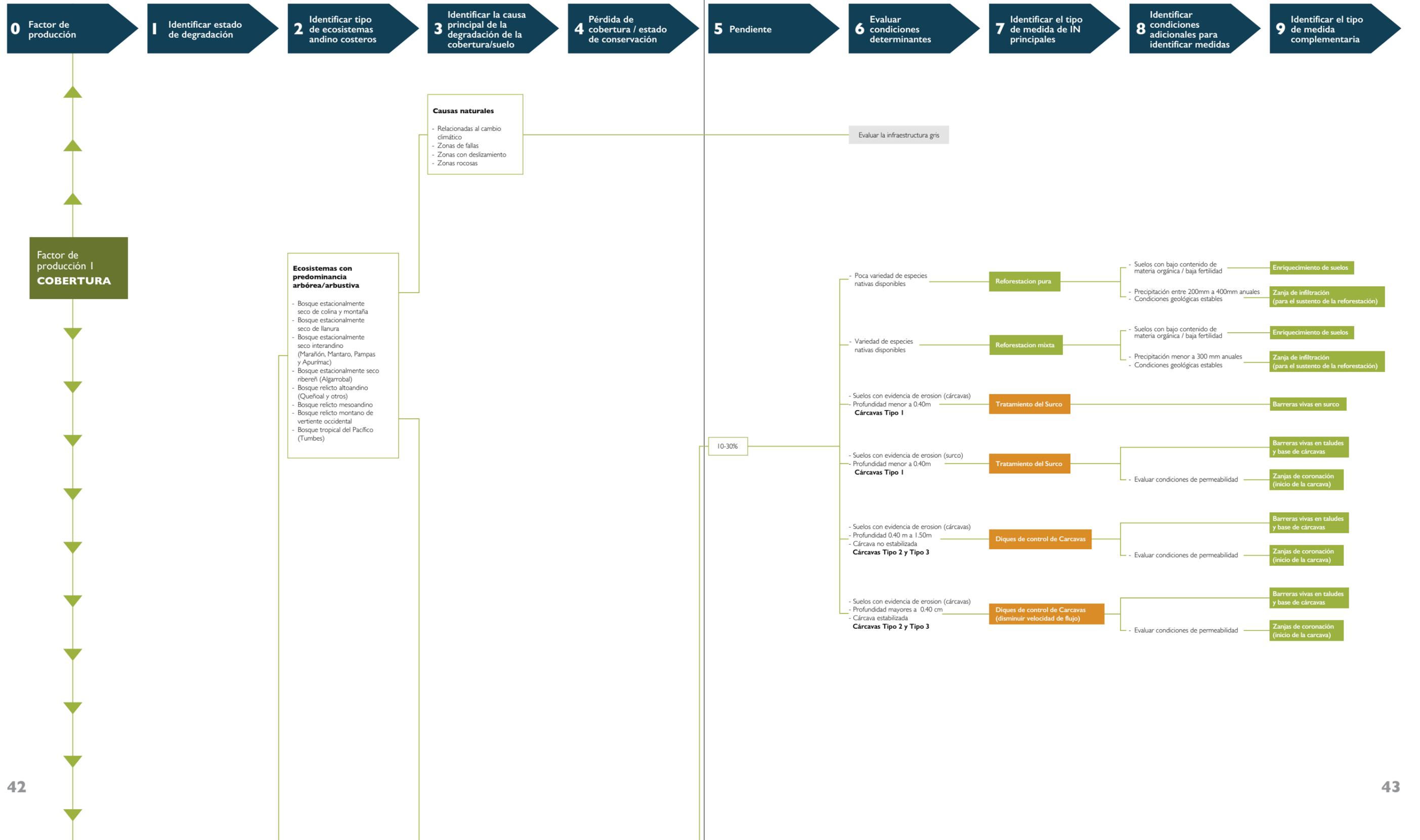
Árbol de decisiones para la selección de medidas de infraestructura natural

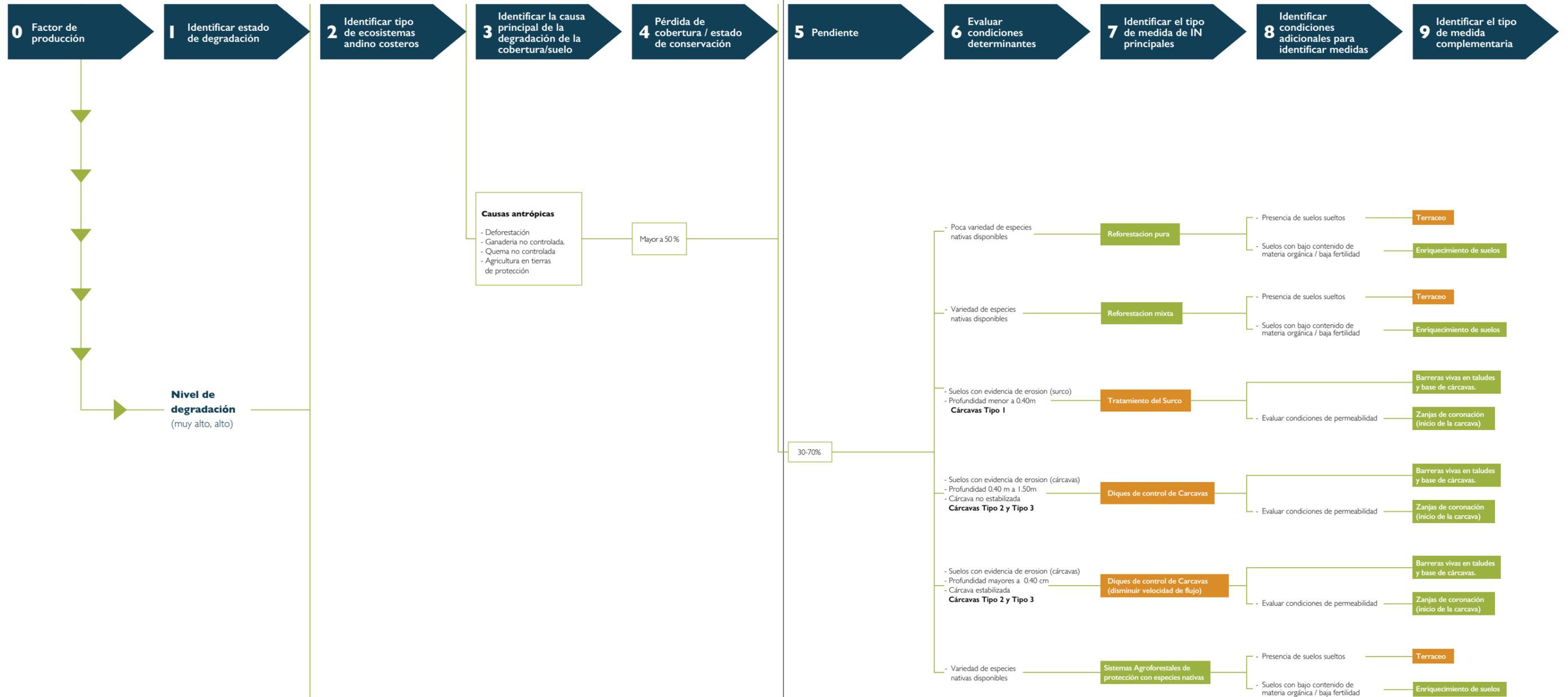
7.1. Árbol de decisiones para la selección de medidas de infraestructura natural de inundación y movimientos en masa

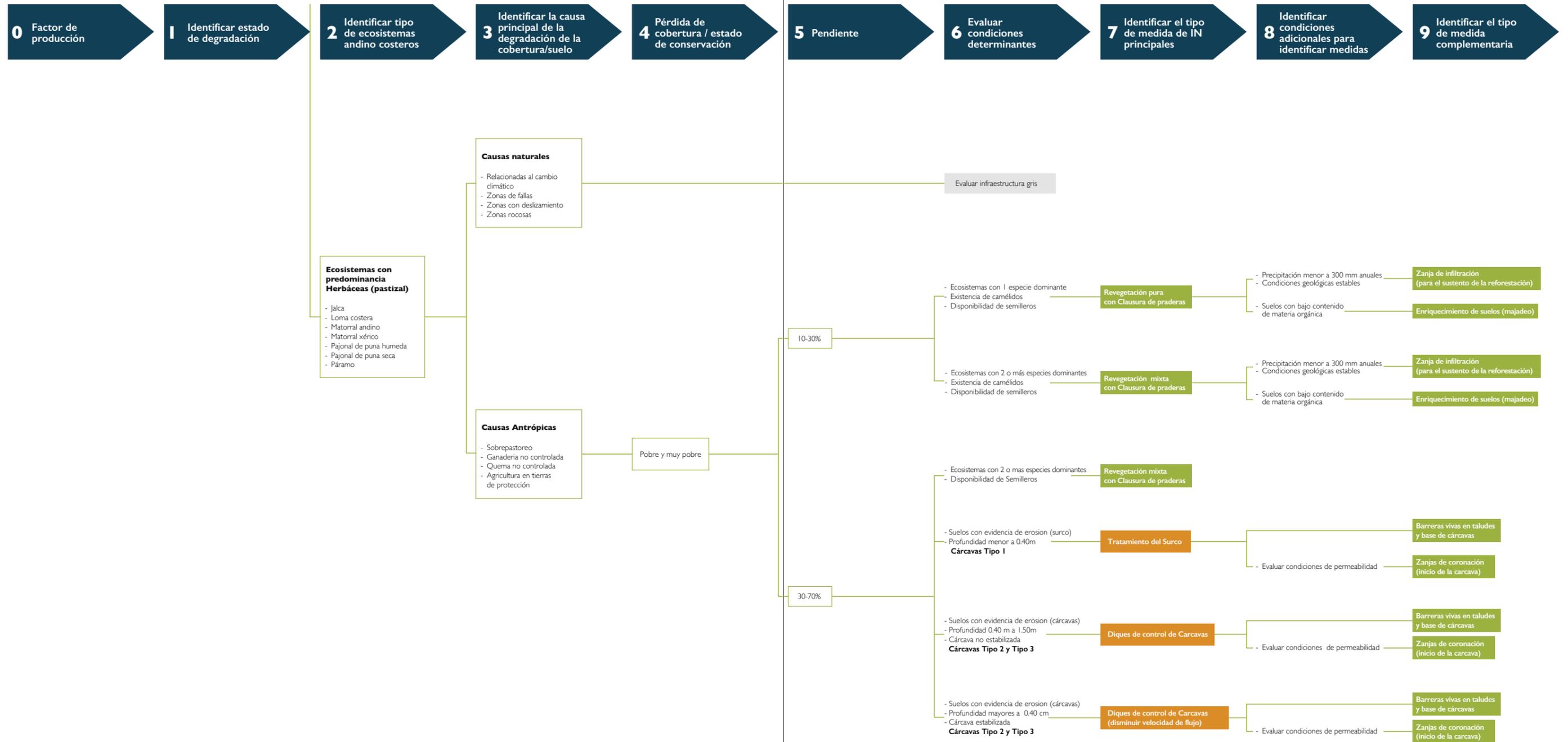


Nivel de degradación
(muy bajo, bajo, medio)











Ecosistemas con predominancia Arborea/Arbustiva

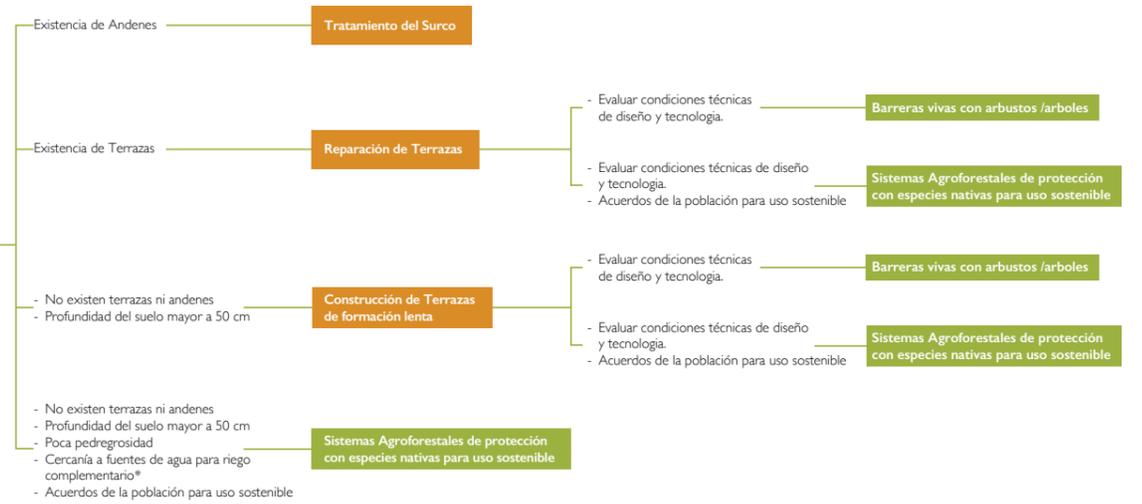
- Bosque estacionalmente seco de colina y montaña
- Bosque estacionalmente seco de llanura
- Bosque estacionalmente seco interandino (Marañón, Mantaro, Pampas y Apurímac)
- Bosque estacionalmente seco ribereño (Algarrobal)
- Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)
- Bosque relicto mesoandino
- Bosque relicto montano de vertiente occidental
- Bosque tropical del Pacífico (Tumbes)

Causas Antropicas relacionadas a baja productividad

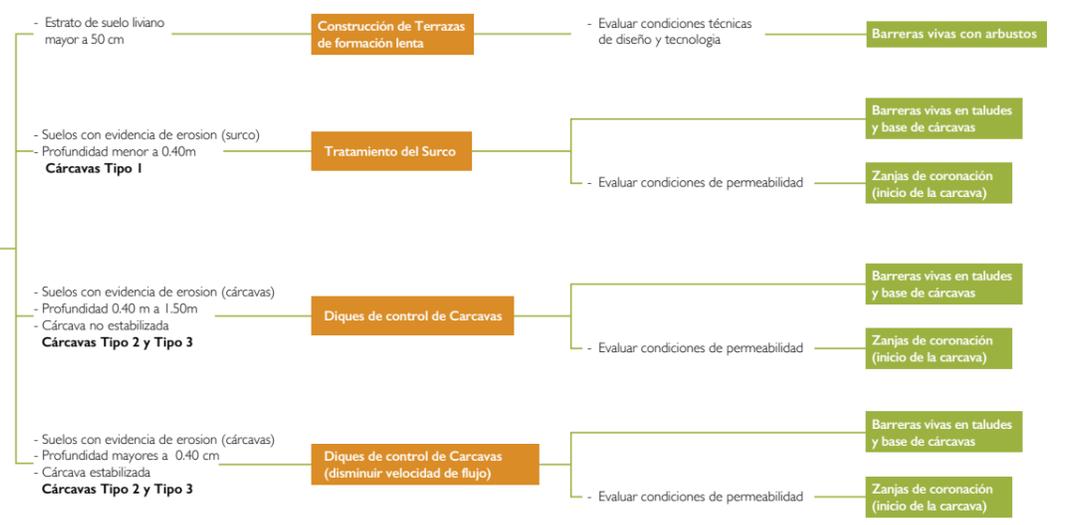
- Suelos con producción de sedimentos > 50 tn/ha/año
- Cambio de Uso
- Baja productividad
- Agricultura improductiva en tierras de protección

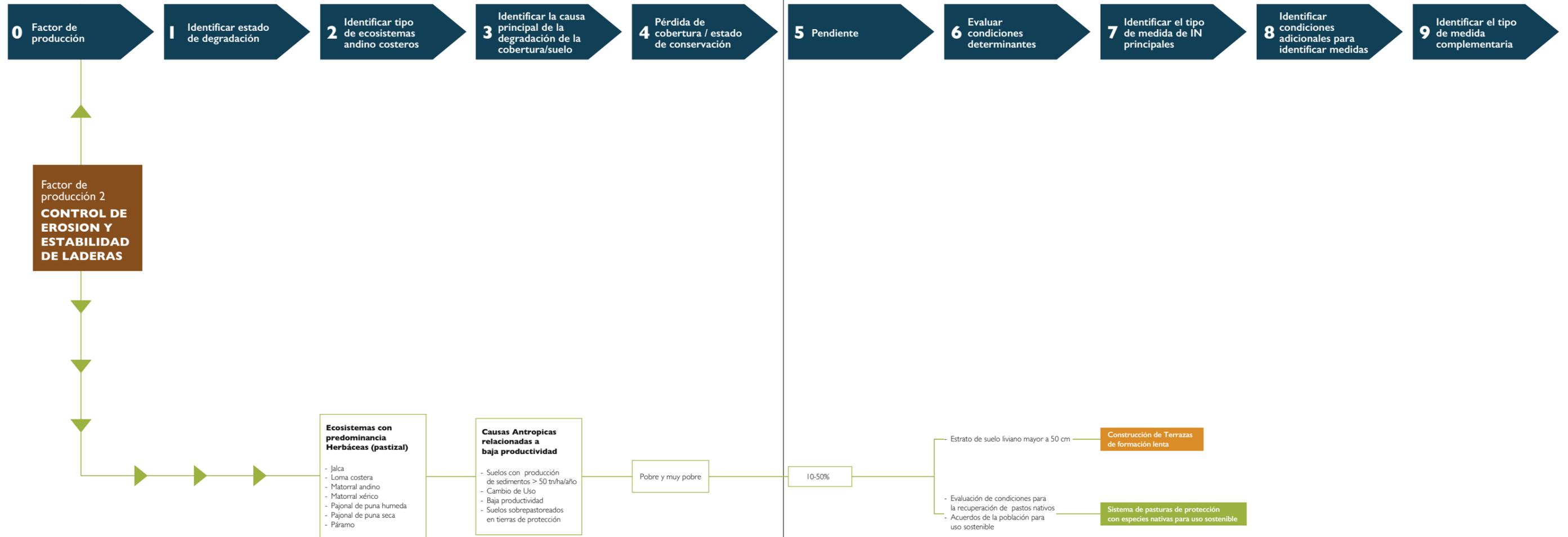
Pobre y muy pobre

menor a 30%



De 30% a 70%





Notas:

- Las medidas de reforestación requieren de un análisis de disponibilidad para adquisición de plántones a fin de determinar la necesidad de la construcción e implementación de viveros (tipo y tecnología)
- Se podría considerar la implementación de un sistema de riesgo solo en el caso que las condiciones hídricas en la zona sean críticas

- Evaluar si tiene oportunidad de atención con IN
- Asociado al factor de producción 1 con enfoque de recuperación de cobertura vegetal
- Asociado al factor de producción 2 con enfoque de control de erosión y estabilidad de laderas
- Medidas de Infraestructura Natural en las que predomina la cobertura vegetal
- Medidas de Infraestructura Natural asociadas al control de erosión y estabilidad de laderas

Bibliografía

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).

Correa, K., Avalos, G., Cubas, F., De la Cruz, G., Díaz, A. (2020). *Orientaciones para el análisis del clima y determinación de los peligros asociados al cambio climático*. Nota técnica N° 001-2019/SENAMHI/ DMA. Perú: SENAMHI.

Field, C. B., Barros, V., Stocker, T. F. y Qin, D. (2012). *Gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático. Resumen para responsables de políticas*. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC).

Gómez, C., Prado, G. y Carrasco, H. (2007). *Tecnologías respondiendo a los desastres*. Lima: Soluciones Prácticas ITDG.

Huber, P., Zambrano, A., Armas, Z., Lebel, C., Aucasime, A. y Salinas, E. (2023). *Serie de guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres. Localización de áreas de intervención (guía inédita)*. Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica. Lima: Forest Trends.

Molina, A., Vanacker, V., Rosas Barturen, M., Bonnesoeur, V., Román, F., Ochoa-Tocachi, B. F. y Buytaert, W. (2021). *Infraestructura natural para la gestión de riesgos de erosión e inundaciones en los Andes: ¿Qué sabemos?* Resumen de políticas, Proyecto "Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica". Lima: Forest Trends.

Santi, L., Zambrano, A., Armas, Z., Aucasime, A. y Lebel, C. (2023). *Serie de guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres: Diseño de medidas de infraestructura natural para el control de erosión de suelos y estabilidad de laderas (guía inédita)*. Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica. Lima: Forest Trends.

Villacorta Chambi, S. P., Fidel Smoll, L. y Zavala Carrión, B. L. (2012). Mapa de susceptibilidad por movimientos en masa del Perú. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 69(3), 393-399.

Zúñiga, C., Cornejo, V., Mamani, G., Lebel, C., Zambrano, A., Armas, Z. y Aucasime, A. (2023). *Serie de guías para elaborar estudios definitivos de infraestructura natural con enfoque de gestión del riesgo de desastres: Diseño de medidas de infraestructura natural para el control de erosión de suelos y estabilidad de laderas (guía inédita)*. Proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica. Lima: Forest Trends.



Foto: Forest Trends

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>

