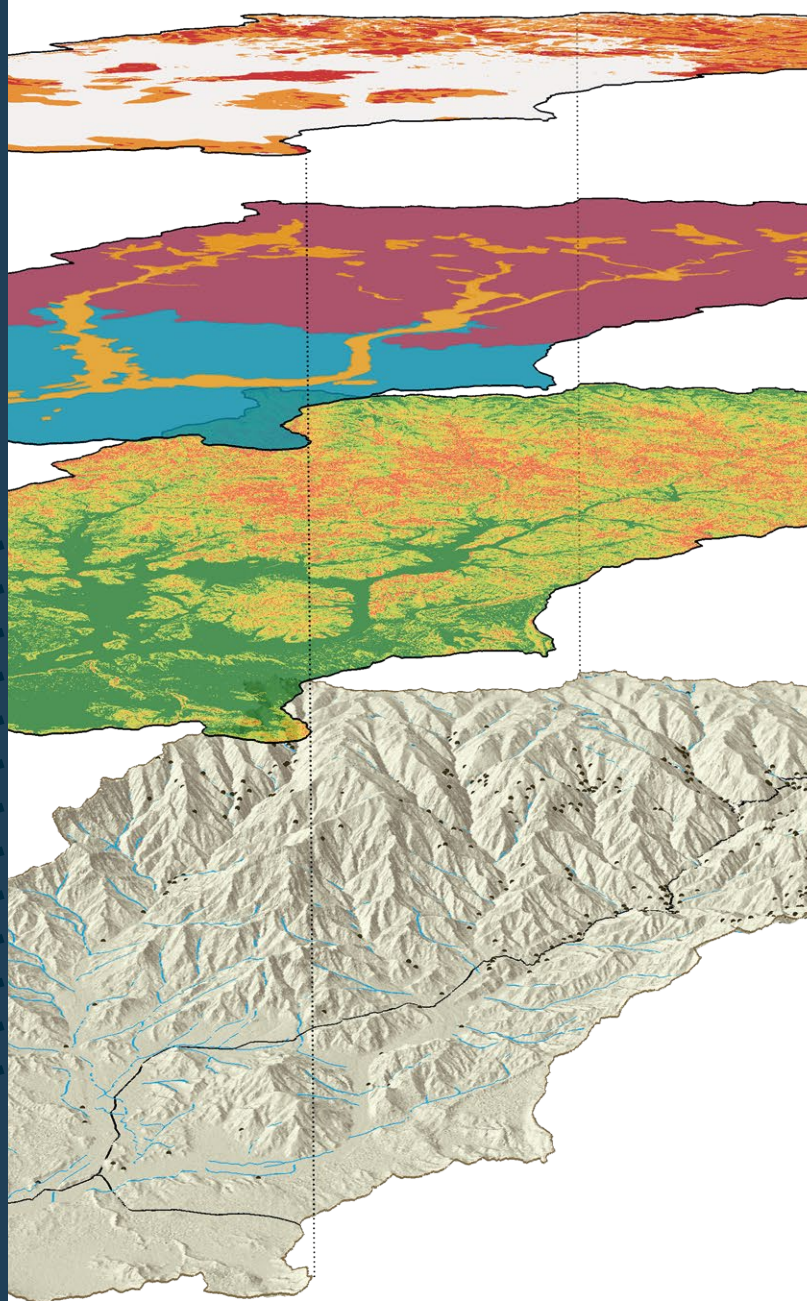


HiRO

Herramienta de Identificación Rápida de Oportunidades para la Infraestructura Natural en la Gestión del Riesgo de Desastres

Guía Metodológica

Infraestructura Natural
para la Seguridad Hídrica



Autores del Modelo:

Francisco Román (Condesan)¹
Guillermo Estévez
Natalia Aste (Condesan)¹
Ana Moles

Colaboradores:

Fernando Momiy (Forest Trends)
Édgar Quispe (MINAGRI)²
Beatriz Dapozzo (SERFOR)³
Gena Gammie (Forest Trends)

Elaboración de la Guía:

Mercy Sandoval (Forest Trends)
María del Carmen Tejada

Editado por Forest Trends Association. Av. Ricardo Palma 698, Miraflores
1ª edición, abril 2020

Producción: Doris Mejía (Forest Trends)

Revisión: Arlene Villanueva (SPDA⁴)

Corrección de estilo: Gustavo Alvizuri Soto

Diseño y diagramación: Javier Domínguez

Imagen de portada: Natalia Aste (CONDESAN)¹

Fotografías interiores: Archivo del proyecto Infraestructura Natural para la Seguridad Hídrica

¹ Consorcio para el Desarrollo Sostenible de la Ecorregión Andina, Lima, Perú

² Ministerio de Agricultura y Riego del Perú

³ Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

⁴ Sociedad Peruana de Derecho Ambiental

ÍNDICE

Resumen Ejecutivo	4
--------------------------	----------

1. Antecedentes	5
------------------------	----------

2. Características de la herramienta	9
2.1 Descripción	9
2.2 Utilidad de la herramienta y su vinculación con la formulación de proyectos de inversión	9
2.3 Alcance	10

3. Proceso Metodológico	11
3.1 Fase 1. Identificación del problema (condiciones de riesgo)	13
3.2 Fase 2. Identificación de las causas	21
3.3 Fase 3. Identificación de las soluciones	24
3.4 Identificación de medidas de infraestructura natural	30

5. Glosario de Términos	32
--------------------------------	-----------

6. Medidas de Infraestructura Natural	33
----------------------------------------------	-----------



Resumen ejecutivo

Con las crecientes amenazas del cambio climático, existe una necesidad urgente de priorizar la reducción proactiva del riesgo de desastres en lugar de reaccionar ante eventos de desastre. Los ecosistemas saludables se reconocen cada vez más como herramientas importantes para prevenir y minimizar el riesgo de desastres. El uso de infraestructura natural para la gestión de riesgos de desastres está atrayendo la atención como un complemento de la infraestructura gris debido a sus características atractivas y un menor costo de implementación y mantenimiento.

Las intervenciones en Infraestructura Natural (IN) tienen el potencial de conservar y restaurar los ecosistemas a fin de garantizar la sostenibilidad de los servicios ecosistémicos que nos ofrecen, tales como la regulación hídrica y el control de la erosión, ambos de vital importancia para la seguridad hídrica. Asimismo, la IN complementa y apoya sistemas de infraestructura gris para reducir el riesgo de fenómenos naturales extremos tales como inundaciones o desprendimientos de tierra producto de la lluvia, así como mejorar las condiciones para la seguridad hídrica de la población.

Sus intervenciones pueden ser rentables, multifuncionales, resistentes y pueden mejorar la calidad de vida de las comunidades al traer co-beneficios diversos. Este tipo de intervenciones pueden aplicarse a las cuencas hidrográficas mediante la restauración de ecosistemas (ej. bosques, pajonales, humedales) y otras prácticas sostenibles de manejo de agua y suelo (ej. qochas, amunas, andenes, terrazas, zanjas de infiltración, control de cárcavas).

En años recientes, los sistemas de información geográfica (SIG) se han aplicado como una fuente importante para

producir datos espaciales a nivel nacional, lo cual le ha permitido al país contar con una serie de mapas temáticos vinculados a la infraestructura natural y la seguridad hídrica (ej. mapas nacionales de ecosistemas, áreas degradadas, precipitación, hidrogeología, áreas inundables, susceptibilidad de movimientos de masa, entre otros). No obstante, la integración de esta información en una herramienta SIG es algo poco explorado y que puede permitir una mejor focalización de las intervenciones en IN para la GRD.

La presente guía metodológica explica, de manera breve y concisa, el procedimiento a seguir para aplicar la **Herramienta de identificación rápida de oportunidades para la infraestructura natural en la gestión de riesgos - HIRO (GRD)**. A partir de la combinación de datos geoespaciales oficiales disponibles y la aplicación de principios ecológicos, esta herramienta permite realizar una aproximación estratégica a la ubicación de áreas en las cuencas que deberían ser priorizadas para el diseño e implementación de intervenciones de infraestructura natural a fin de reducir el riesgo a la población y la infraestructura existente por inundaciones y movimientos de masa.

La metodología y el tipo de información utilizados en la herramienta permiten su aplicabilidad en distintas cuencas de manera automatizada, permitiendo ahorrar tiempo y recursos en el proceso de focalización y formulación de inversiones. Sin embargo, dada la escala nacional de los insumos utilizados, es necesario que los procesos de formulación de proyectos complementen el uso de la herramienta con estudios de campo que permitan corroborar las oportunidades para la infraestructura natural en la gestión de riesgos.



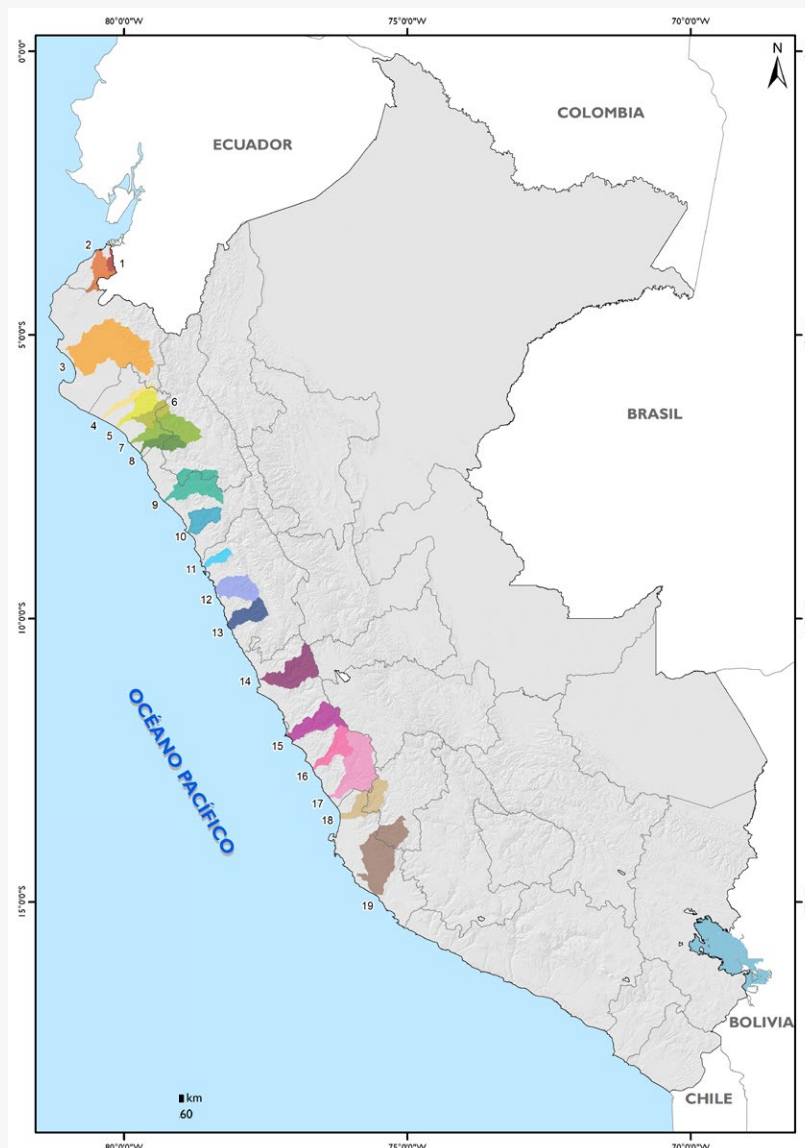
I. Antecedentes

Debido a su ubicación geográfica, el Perú se encuentra expuesto al Fenómeno El Niño, así como a cambios en los patrones de precipitación en términos de su recurrencia e intensidad considerando el contexto del cambio climático. Se suman a esta situación las características de su configuración geográfica, dada la presencia de la cordillera de los Andes y de climas variados que son influenciados por el anticiclón del Pacífico y la corriente de Humboldt (PCM, 2019).

En esas condiciones el país presenta poblaciones y ecosistemas altamente vulnerables a los efectos adversos de estos fenómenos, más aún con el incremento de las emergencias climáticas que los afectan, principalmente a las poblaciones más vulnerables (MINAM, 2015). Es el caso del último Fenómeno El Niño en el año 2017, que ocasionó pérdidas significativas que llegaron a sumar 4,016 millones de dólares, lo que motivó la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios⁵ con la finalidad de desarrollar los esfuerzos necesarios para revertir esta situación.

En ese sentido se tiene prevista la implementación, en la costa peruana, de soluciones integrales en diecinueve ríos: Tumbes, Zarumilla, Piura, La Leche, Chancay-Lambayeque, Olmos, Motupe, Zaña, Chicama, Virú, Lacramarca, Casma, Huarmey, Huaura, Cañete, Rímac, Mala, Ica y San Juan-Matagente; y en cinco quebradas: San Ildefonso, El León y San Carlos en La Libertad; Huaycoloro en Lima y Cansas en Ica.

Ilustración I: 19 cuencas para la intervención con soluciones integrales



Fuente: Autoridad para la Reconstrucción con Cambios.

Cuenca Hidrográfica

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Zarumilla | 10. Lacramarca |
| 2. Tumbes | 11. Casma |
| 3. Piura | 12. Huarmey |
| 4. Olmos | 13. Huaura |
| 5. Motupe, La Leche | 14. Rímac |
| 6. Chancay-Lambayeque | 15. Mala |
| 7. Zaña | 16. Cañete |
| 8. Chicama | 17. San Juan, Matagente |
| 9. Virú | 18. Ica |

⁵ Presidencia del Consejo de Ministros. Programa Presupuestal Reducción de Vulnerabilidad y Atención de Emergencia por Desastres. 2019. Ministerio del Ambiente. Estrategia Nacional ante el Cambio Climático. 2015. Decreto Supremo N° 094-2018-PCM, texto único ordenado por la Ley N° 30556, que aprueba disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del gobierno nacional frente a desastres y que dispone la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios.



SOLUCIÓN INTEGRAL

para el control de ríos de la Costa con el objetivo de prevenir desastres

¿QUÉ ES UNA SOLUCIÓN INTEGRAL?

Una solución integral consiste en un conjunto de intervenciones en la parte baja, media y alta de las cuencas que permiten la protección de la población y cultivos aledaños ante eventos climatológicos extremos.

¿QUÉ ZONAS ESTÁN EN RIESGO DE INUNDACIÓN?

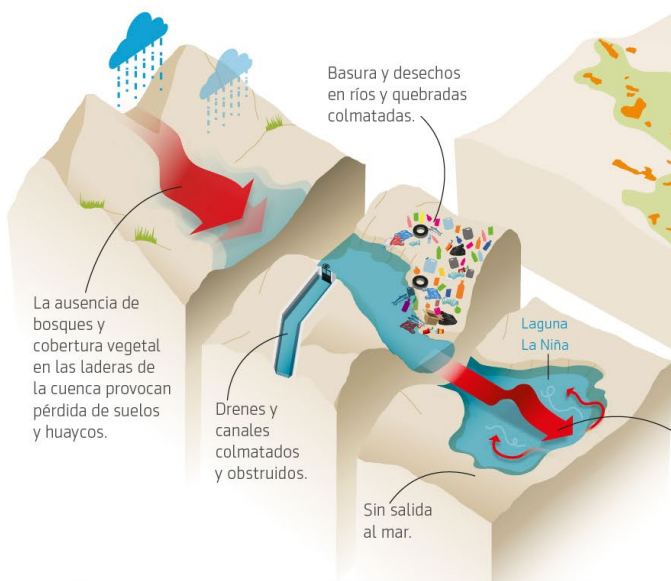
Las zonas que están en riesgo de inundación son aquellas que se encuentran cerca a un río sin protección cuando el caudal de este crece por las lluvias.



PROBLEMÁTICA

¿POR QUÉ SE PRODUCEN LAS INUNDACIONES?

Por la falta de estructuras de protección, almacenamiento, regulación y laminación para el control de las aguas de lluvia, así como por la falta de mantenimiento y/o limpieza de los mismos.



19 ríos y 5 quebradas de la costa peruana tendrán Solución Integral

Ríos: Tumbes, Zarumilla, Piura, La Leche, Chancay-Lambayeque, Olmos, Motupe, Zaña, Chicama, Virú, Lacramarca, Casma, Huarney, Huaura, Cañete, Rímac, Mala, Ica y San Juan-Matagente.

Quebradas: San Ildefonso, El León y San Carlos en La Libertad, Huaycoloro en Lima y Cansas en Ica.

EJEMPLO: RÍO PIURA

¿QUÉ SUCEDE EN ÉPOCA DE LLUVIAS?

1 En épocas de lluvia, las aguas discurren hasta el río Piura.

2 Las aguas desbordan los niveles del río y se producen las inundaciones.



LEYENDA



ESTRATEGIA DE INTERVENCIÓN EN RÍOS Y CUENCAS

I ETAPA - Emergencia

Las acciones en esta etapa fueron denominadas inmediatas y corresponden a **limpieza y descolmatación** de ríos y quebradas desde Tumbes a Ica, asimismo se efectuó el reforzamiento con roca al volteo en tramos muy vulnerables a cargo de **MINAGRI, gobiernos regionales y gobiernos locales**.



II ETAPA - Corto plazo

Las principales acciones en esta segunda etapa son de corto plazo y corresponden a la **ejecución de obras de defensas ribereñas definitivas en puntos críticos**, los cuáles previenen las inundaciones con estructuras de enrocado y gaviones.

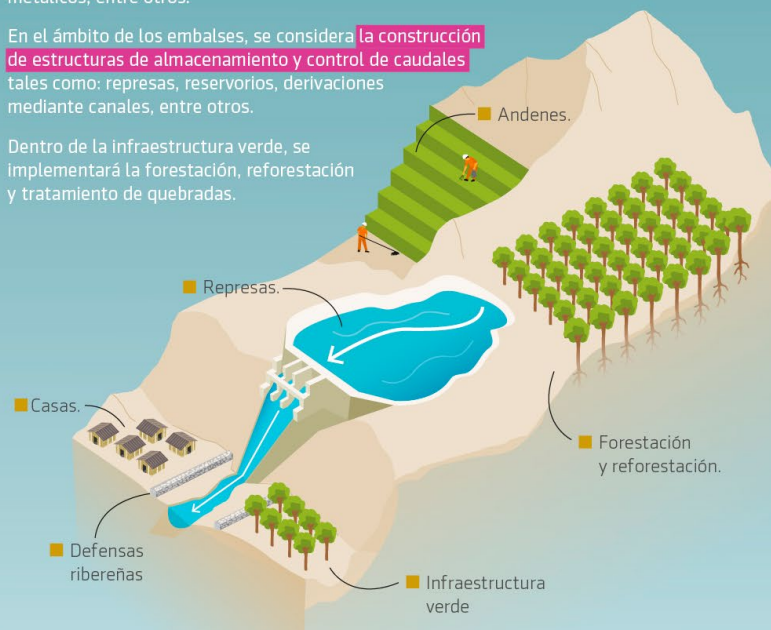
El enrocado forma parte fundamental de esta etapa.

III ETAPA - Mediano y largo plazo

Las acciones en esta tercera etapa consisten en la **implementación de Soluciones Integrales** mediante la construcción de obras de gran envergadura como: defensas ribereñas, embalses, sistemas de alerta temprana e infraestructura verde, y en tramos de mayor longitud con otras tecnologías de mayor gama como: geomallas, geobolsas, muros de contención, diques metálicos, entre otros.

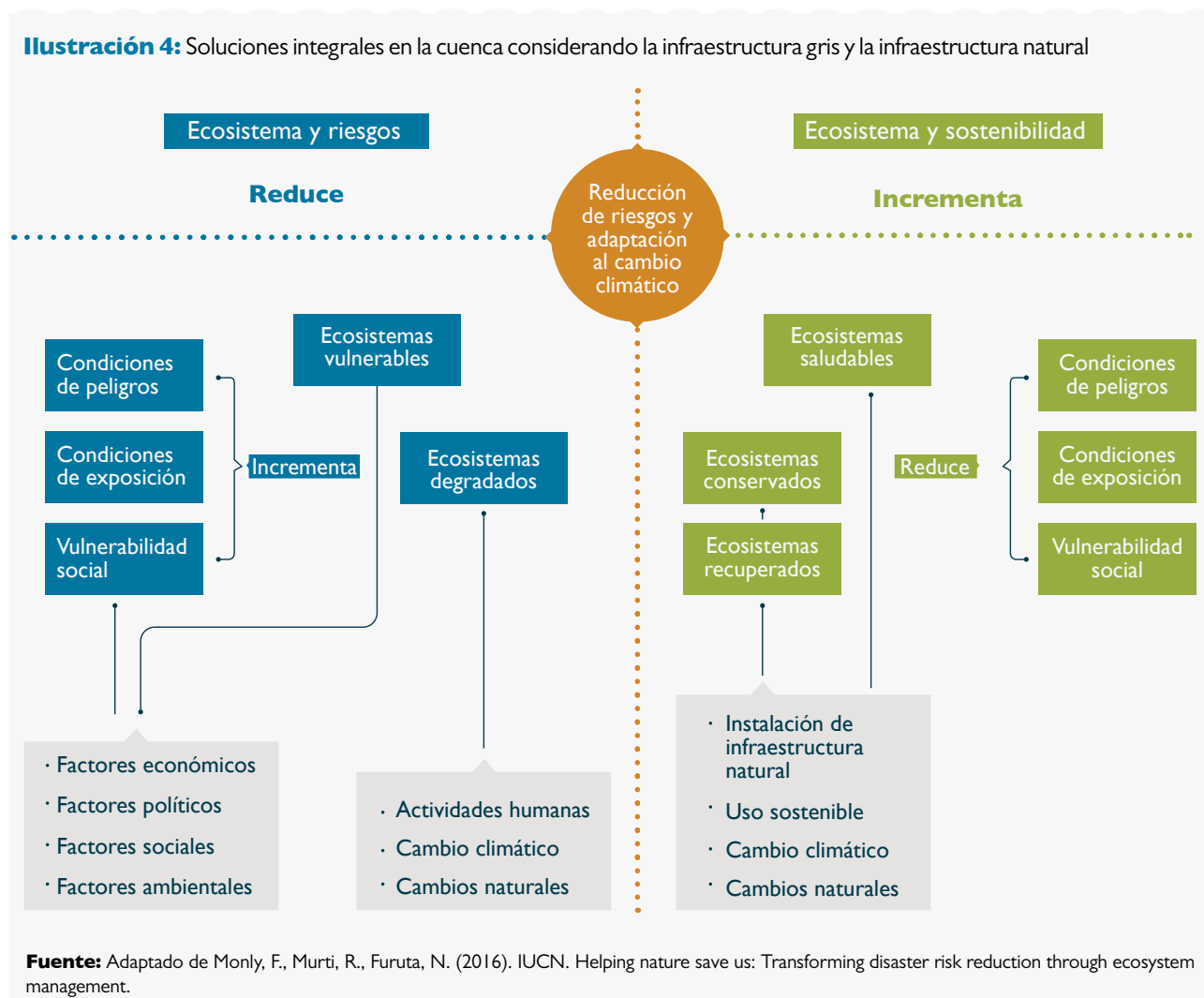
En el ámbito de los embalses, se considera **la construcción de estructuras de almacenamiento y control de caudales** tales como: represas, reservorios, derivaciones mediante canales, entre otros.

Dentro de la infraestructura verde, se implementará la forestación, reforestación y tratamiento de quebradas.



Como queda precisado en la ilustración N° 4, estas soluciones incluyen inversión tanto en infraestructura gris como en infraestructura natural; siendo esta última de particular interés debido al conjunto de beneficios que ofrece en términos de reducción de los peligros y de la exposición de la población y sus medios de vida frente a estos, así como de sus beneficios para la regulación hídrica y el control de la erosión de suelos. Esto es, la infraestructura natural contribuye a la recuperación y conservación de los

ecosistemas, para que se encuentren saludables y contribuyan a reducir el riesgo y a mejorar la adaptación al cambio climático haciendo posible la sostenibilidad en el desarrollo de las poblaciones y sus medios de vida. Por el contrario, si los ecosistemas se encuentran degradados, estos favorecerán la incidencia del peligro, contribuirán a la exposición de la población y sus medios de vida frente a los peligros y, con ello, a las condiciones de riesgo, tal como se observa en la siguiente Ilustración:



Para el desarrollo de estas soluciones integrales que involucran la infraestructura natural, las normas establecen el uso de información disponible a nivel nacional⁶, de modo que se facilite el análisis de las condiciones de las cuencas donde se encuentran estos ríos y quebradas priorizados, así como la adecuada ubicación de la infraestructura gris y natural. Asimismo, la norma precisa qué medidas de infraestructura natural se contemplan, alcanzando para cada caso una ficha técnica de cada medida en donde se señala se precisa su

objetivo, sus beneficios, su descripción, su descripción, las condiciones para su implementación, y se presentan estructuras complementarias y la unidad de medida⁷.

Para orientar en el uso de esta información y en la ubicación de áreas estratégicas para la instalación de infraestructura natural, se ha diseñado la presente *Herramienta de identificación rápida de oportunidades para la infraestructura natural en la gestión de riesgos HIRO (GRD)*.

⁶ Anexo N°2 de la Resolución Ministerial N°094-2019-MINAM.

⁷ Decreto Supremo N° 017-2018-MINAM que aprueba 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.



II. Características de la herramienta

2.1 Descripción

La herramienta HIRO (GRD) sirve para una planificación inicial que, con información disponible y con requerimientos técnicos mínimos (tecnológicos, humanos y tiempo), permite la aproximación de información que contribuye a la toma de decisiones respecto a las necesidades de inversión en infraestructura natural para reducir el riesgo de la población y sus medios de vida.

Esta herramienta usa como insumo información oficial de libre acceso a nivel nacional mediante bases de datos cartográficas que, al superponerse, proveen de información

sobre la susceptibilidad a la ocurrencia de peligros en determinado ámbito, y aproximan a la identificación de la infraestructura y la población expuesta a movimientos de masa e inundaciones.

Asimismo, la información que facilita la herramienta permite focalizar las zonas que requerirían potencialmente de infraestructura natural para la reducción del peligro y la exposición, así como la definición y adecuación de esta infraestructura a las características de los ecosistemas en correspondencia con la zonificación forestal.

2.2 Utilidad de la herramienta y su vinculación con la formulación de proyectos de inversión

Dada la importancia de asignar efectivamente los recursos, la herramienta tiene las siguientes utilidades:

- Permite la ubicación, en el territorio, de la población y la infraestructura en riesgo frente a inundaciones y movimientos de masa.
- Permite identificar la ubicación de áreas degradadas y zonas con oportunidades para la restauración y conservación que inciden en el nivel de intensidad en la manifestación de los peligros de inundación y movimientos de masa.
- Identifica de manera preliminar la zonificación forestal —así como las zonas con mayor nivel de permeabilidad y aporte hídrico en las cabeceras de cuenca— para la mejor ubicación de las medidas de infraestructura natural que están establecidas en las normas para la Reconstrucción con Cambios dirigidas a la reducción del riesgo, en algunos casos, para complementar la infraestructura gris.

Esquema I: Proceso de aporte a la toma de decisiones para la implementación de Soluciones Integrales



Fuente: Elaboración propia.

- Puede aplicarse en corto tiempo facilitando con rapidez el acceso a información para la toma de decisiones.
- Posibilita la planificación de acciones de manera inicial para el desarrollo de inversiones en infraestructura natural.
- Presenta oportunidades de zonas estratégicas para gestionar el riesgo y la recarga hídrica, entre otros servicios ecosistémicos.
- Aporta en la aproximación a la identificación de medidas que contribuyen a la implementación de Planes Forestales Regionales.
- Permite la verificación preliminar de algunas de las principales condiciones de las diferentes medidas de infraestructura natural, establecidas en la Norma.

Respecto de su vinculación con la formulación de proyectos de inversión, la normatividad vigente del Sistema Nacional de Programación Multianual y Gestión de Inversiones reconoce la infraestructura natural como un tipo de infraestructura que provee servicios ecosistémicos. Así mismo, los Lineamientos para la Formulación de Proyectos de Inversión Pública en Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos (MEF, 2015)⁸ para la formulación de proyectos de inversión en la tipología de ecosistemas, precisa entre los servicios ecosistémicos el de regulación de riesgos naturales.

Además, establece una serie de criterios para la inversión en recuperación de ecosistemas y el aprovechamiento sostenible de servicios ecosistémicos, que requieren de una adecuada caracterización del área de influencia, siendo la Herramienta de gran utilidad al permitir contar con información sobre el área de influencia y aproximarse a la focalización de intervenciones y sus características.

2.3 Alcance

La información obtenida a través del uso de la Herramienta, permite focalizar el desarrollo de estudios específicos en las áreas identificadas para la instalación de medidas de infraestructura natural, contribuyendo a la eficiencia y efectividad de las intervenciones.

Es preciso indicar que la información que alcanza la Herramienta no sustituye la necesidad de recoger información con mayor nivel de detalle y el desarrollo de trabajo de campo que se requiere para la formulación de perfiles y expedientes técnicos.

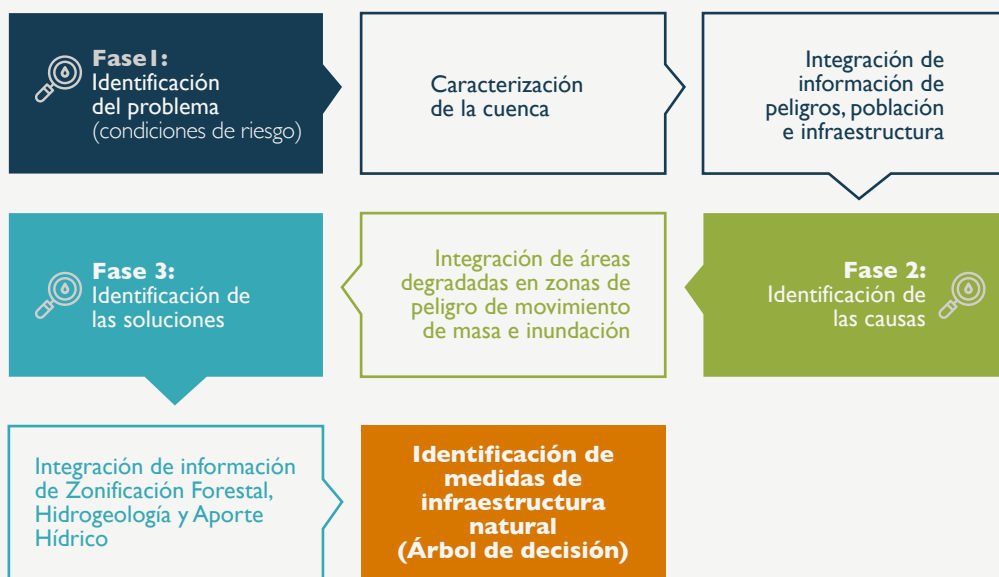
⁸ Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión pública en diversidad biológica y servicios ecosistémicos aprobados por Resolución Directoral N°006-2015-EF/63.01.



III. Proceso metodológico

El proceso metodológico para la aplicación de la Herramienta comprende tres fases, la primera dirigida a la identificación del problema, la segunda a identificar las causas del problema, y la tercera a la identificación de soluciones para con ello identificar las medidas de infraestructura natural. En ese sentido, el proceso metodológico se desarrolla de la siguiente manera:

Esquema 2: Proceso metodológico de la Herramienta



Fuente: Elaboración propia.

Si revisamos los Planes Integrales para el Control de Inundaciones y Movimiento de Masas que se requieren para los ámbitos de Reconstrucción con Cambios, identificamos que estos cuentan con tres componentes, siendo en los tres casos de utilidad la información que la Herramienta de Identificación Rápida de Oportunidades para la Infraestructura Natural en la Gestión de Riesgos proporciona:

Esquema 3: Proceso metodológico de la Herramienta



Fuente: Elaboración propia.

3.1 Fase I. Identificación del problema (condiciones de riesgo).

Esta fase consiste en el acopio de información, y su adaptación y estandarización con la finalidad de disponer de una única base de datos que pueda ser organizada para los fines de la aplicación del Herramienta, haciendo uso de un software de sistema de información geográfica que se tenga disponible.

La información que se requiere recopilar proviene del uso de las diferentes fuentes nacionales oficiales de libre acceso al público usuario. En este sentido, la información para las tres fases que involucran el desarrollo de la Herramienta corresponde a la siguiente:

Tabla 1: Información requerida y fuentes

Fase	Información	Fuente	Descripción
Fase I: Identificación del problema (condiciones de riesgo)	Límite departamental	Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI ⁹	Departamento o Departamentos del Perú abarcan la cuenca que estamos analizando.
	Cuenca	Autoridad Nacional del Agua ANA - Ministerio de Agricultura y Riego MINAGRI ¹⁰	Ámbito que abarca la cuenca.
	Unidades Hidrográficas Menores	ANA - MINAGRI MINAGRI ¹¹	Ámbito que abarcan las subcuencas.
	Red de ríos y afluentes	Ministerio de Educación MINEDU ¹²	Red de ríos y afluentes que corresponden a la cuenca y subcuencas.
	Centros Poblados del Perú	INEI ¹³	Distribución de centros poblados en la cuenca.
	Zonificación Ecológica y Económica	Gobiernos Regionales	Identifica diferentes alternativas de uso sostenible del territorio, en función a sus potencialidades y limitaciones.
Fase 2: Identificación de las causas	Mapa de Vulnerabilidad Física (vías existentes: terrestres y eléctricas)	Ministerio del Ambiente - MINAM ¹⁵	Ubicación de vías en zonas propensas a inundaciones y deslizamientos frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.
	Centros poblados afectados por inundaciones	MINAM ¹⁵	Ubicación de centros poblados en zonas propensas a inundaciones frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

⁹ La base de datos ha sido obtenida del Geoservidor del MINAM, siendo la fuente original de información el INEI <http://geoservidor.peru.minam.gob.pe/geoservidor/download.aspx> Considerar el ítem de Límite Departamental.

¹⁰ La base de datos ha sido obtenida del Geoservidor del MINAM, siendo la fuente original de información la ANA <http://geoservidor.peru.minam.gob.pe/geoservidor/download.aspx> Considerar el ítem de Cuencas Hidrográficas.

¹¹ <http://geo2.ana.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/88c08a7d-ac65-485d-bf21-57b280505970>

¹² <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/> Considerar el link de Cartografía Base.

¹³ La base de datos ha sido obtenida del MINEDU, siendo la fuente original de información el INEI <http://sigmed.minedu.gob.pe/descargas/> Considerar el link de Centros Poblados.

¹⁴ <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> Considerar los archivos correspondientes a la sección del Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú.

¹⁵ <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> Considerar los archivos correspondientes a la sección del Mapa de Susceptibilidad Física del Perú.

Fase	Información	Fuente	Descripción
Fase 2: Identificación de las causas	Centros poblados afectados por deslizamientos	MINAM ¹⁶	Ubicación de centros poblados en zonas propensas a deslizamientos frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.
	Susceptibilidad física – Áreas inundables	MINAM ¹⁷	Ubicación de áreas propensas a inundación frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.
	Susceptibilidad física – Movimientos en masa	Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET ¹⁸	Ubicación de áreas propensas a movimientos en masa frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.
Fase 3: Identificación de las soluciones	Áreas Degradadas	MINAM ¹⁹	Condiciones de la cobertura vegetal.
	Áreas degradadas ROAM	Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestres SERFOR - MINAGRI	Oportunidades de restauración y conservación.
	Unidades Hidrográficas Menores	ANA - MINAGRI ²⁰	Ámbito que abarca las subcuencas.
	MDE (Modelo Digital de Elevaciones)	Alaska Satélite Facility ²¹	Representación de la altura del terreno.
	PISCO mensual - I 981 2016	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología SENAMHI ²²	Precipitación mensual en períodos del Fenómeno El Niño.
	Mapa Nacional de Ecosistemas	MINAM ²³	Identifica treinta y seis ecosistemas continentales del territorio nacional.
	Mapa de cobertura vegetal	MINAM ²⁴	Distribución geográfica y superficie de los diversos tipos de cobertura vegetal existente en el país.

¹⁶ <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> Considerar los archivos correspondientes a la sección del Mapa de Susceptibilidad Física del Perú.

¹⁷ *Idem.*

¹⁸ <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/c5580ab5-7277-4858-8d16-a982b-d2cc23b> Considerar la información correspondiente a Susceptibilidad a movimientos de masa.

¹⁹ Considera como variables para identificarlas, el índice normalizado diferencial de la vegetación (NDVI) que permite aproximarse a las condiciones de salud de la vegetación, el análisis de la temperatura del suelo, y el cálculo de pérdida de carbono en el suelo. <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> Tomar en consideración la sección correspondiente a Información del Mapa de Identificación de Áreas Degradadas.

²⁰ <http://geo.ana.gob.pe:8080/geoportal/index.php/8-geoportal>

²¹ <https://vertex-retired.daac.asf.alaska.edu/#>

²² ftp://publi_dgh2:123456@ftp.senamhi.gob.pe/

²³ <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> Considerar la sección correspondiente a Información del Mapa Nacional de Ecosistemas.

²⁴ <http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> Considerar la sección correspondiente a Información del Mapa de Cobertura Vegetal.

Fase	Información	Fuente	Descripción
	Hidrogeología Perú	INGEMMET ²⁵	Considera características geológicas e hidrológicas para conocer el nivel de permeabilidad.
	Áreas de Conservación Privada	Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas SERNANP ²⁶	Áreas donde se encuentran muestras representativas del ecosistema natural característico del entorno en que se ubican, y que por iniciativa propia y en forma voluntaria, son conservados.
	Áreas Naturales Protegidas	SERNANP ²⁷	Áreas de importancia para la conservación de la diversidad biológica y otros valores asociados, a cargo del gobierno nacional.
	Áreas de Conservación Regional	SERNANP ²⁸	Áreas con límites establecidos respaldadas por un régimen especial de protección.
	Zonas Reservadas	SERNANP ²⁹	Áreas a ser consideradas como Áreas Naturales Protegidas, que requieren de la realización de estudios complementarios para determinar, entre otras, la extensión y categoría que les corresponda como tales.
	Ecosistemas frágiles	SERFOR – MINAGRI	Territorios de alto valor de conservación y son vulnerables a consecuencia de las actividades antrópicas que ponen en riesgo los servicios ecosistémicos.
	Concesiones forestales (Conservación, reforestación, maderera)	SERFOR - MINAGRI	Permisos otorgados para el manejo y/o aprovechamiento forestal.

Fuente: Elaboración propia.

Una vez estandarizada y adaptada la información, se procede a fusionar, reclasificar, e intersectar las diferentes capas de información, según corresponda, para obtener las estimaciones requeridas por las fases 1, 2 y 3, tal como se muestra en el siguiente esquema:

²⁵ <http://metadatos.ingemmet.gob.pe:8080/geonetwork/srv/spa/catalog.search#/metadata/221a8a14-3c6d-4826-86a0-0d8bb8c1da40>

<http://geoservidor.minam.gob.pe/recursos/intercambio-de-datos/> Considerar la sección correspondiente a Hidrogeología Nacional Peri.

²⁶ <http://geo.sernanp.gob.pe> Ir a la sección de Información SERNANP, y desplegar la correspondiente a Áreas Naturales Protegidas.

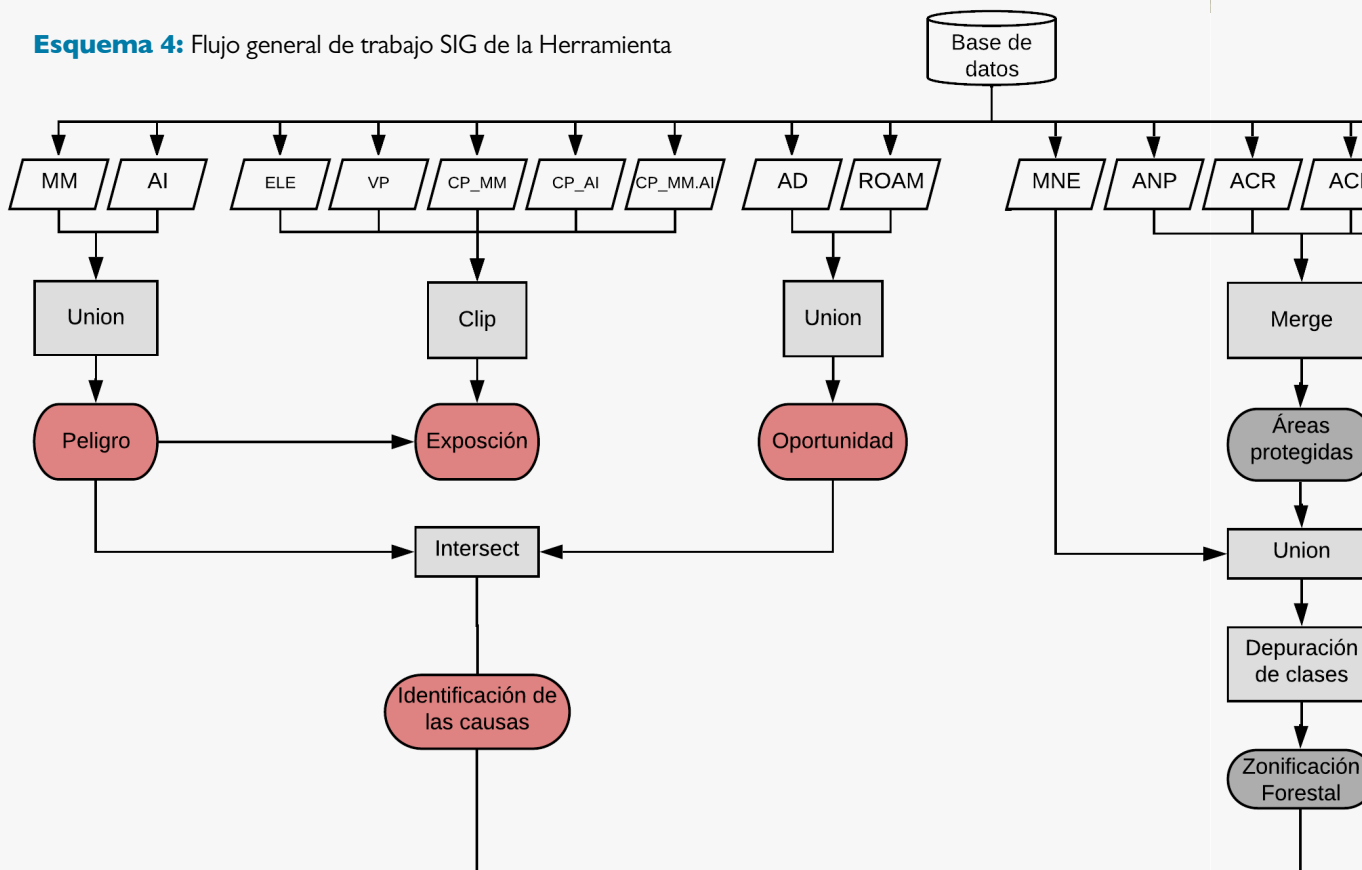
²⁷ *Idem*

²⁸ *Idem*.

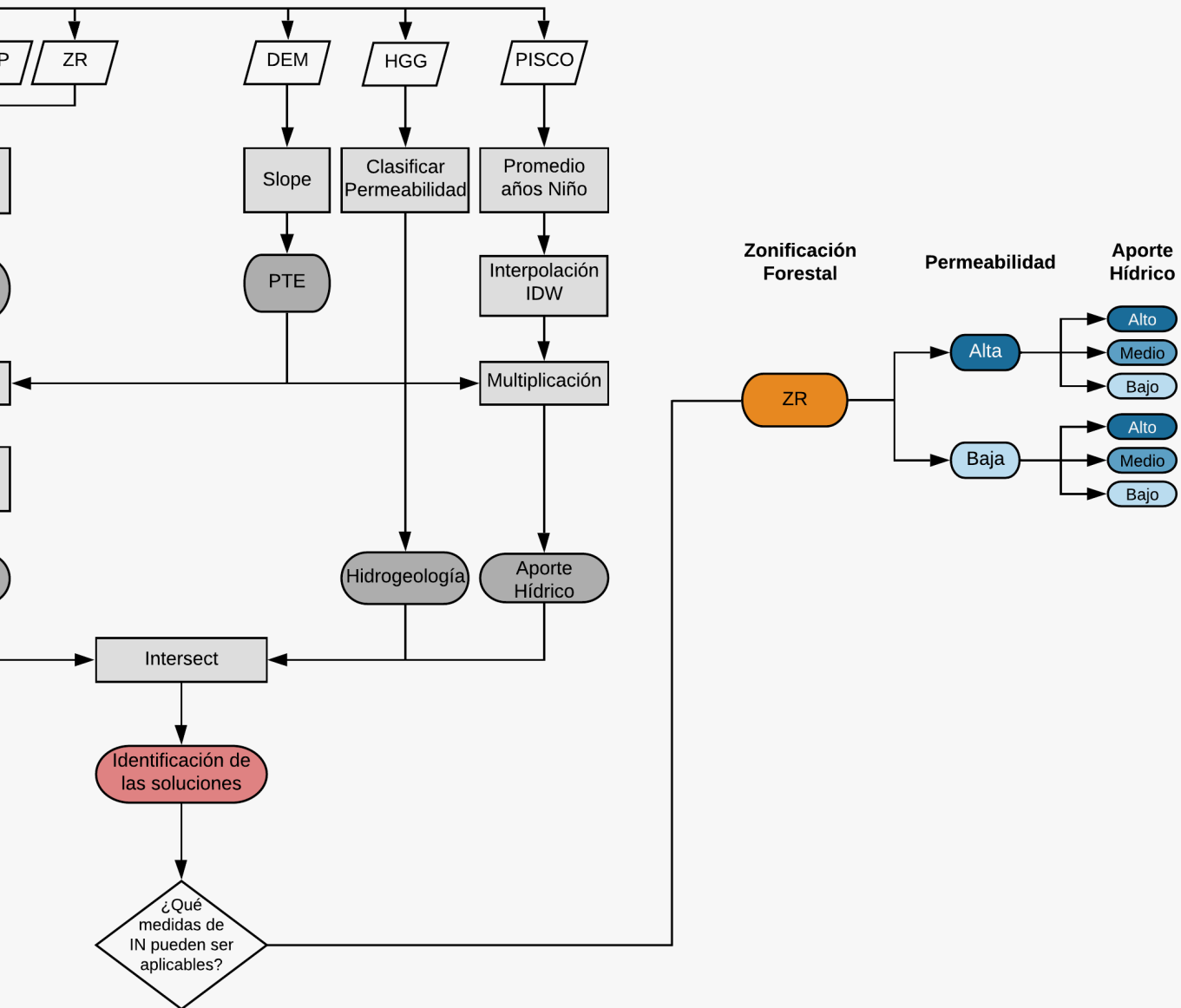
²⁹ *Idem*.



Esquema 4: Flujo general de trabajo SIG de la Herramienta



Fuente: Elaboración propia.



3.1.1 Características generales:

La información general corresponde a aquella información de la cuenca en análisis que nos permitirá conocer tanto su ubicación, algunas características físicas como sus principales elementos de interés relacionados a aspectos socioeconómicos (población e infraestructura).

El conjunto de información que se obtiene es de utilidad para el análisis de la caracterización del área de influencia y de estudio en el desarrollo del diagnóstico del territorio, de un estudio de pre-inversión.

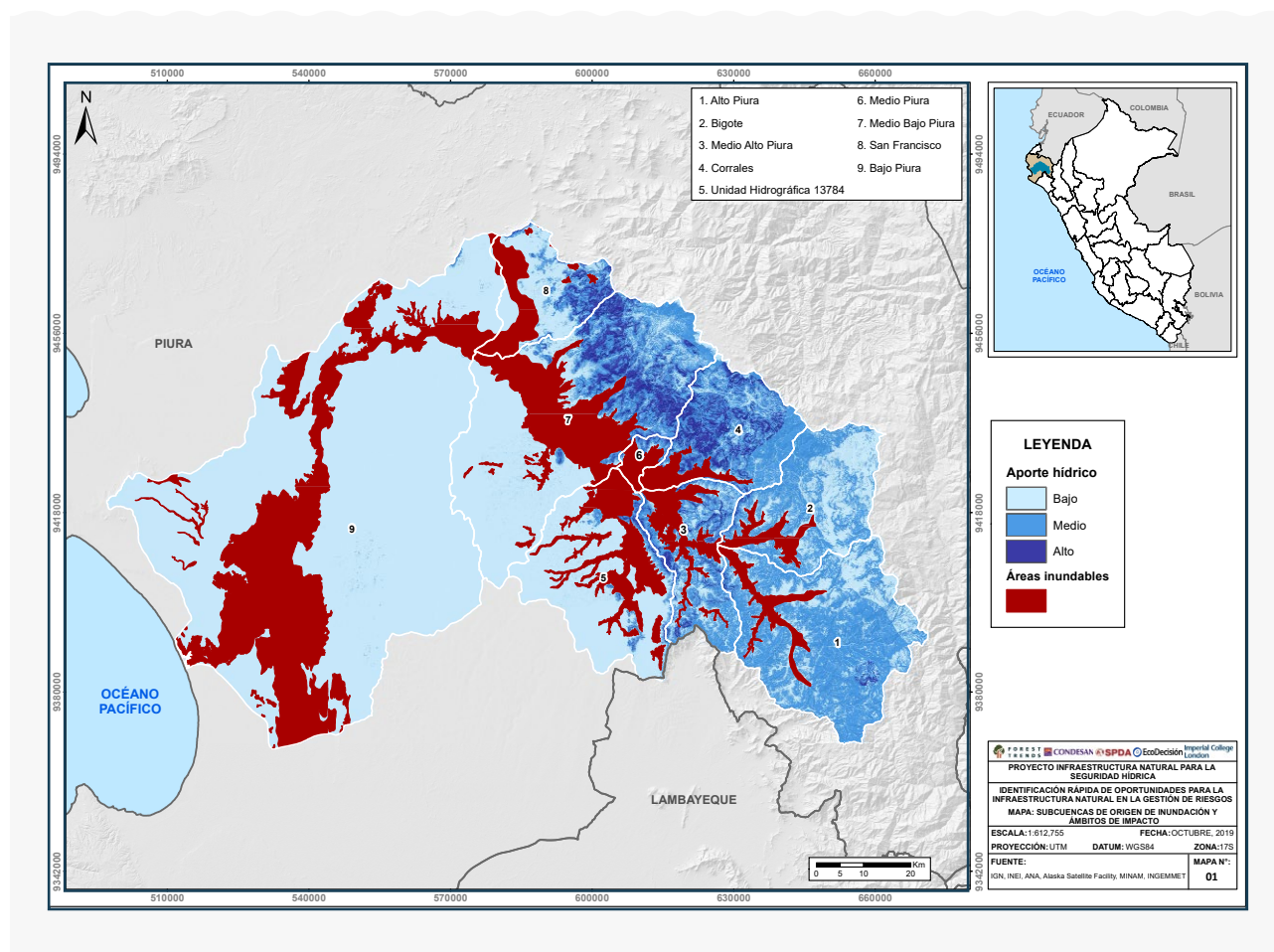
3.1.2 Identificación de peligros y exposición

La información que se utiliza está relacionada principalmente a dos peligros de interés para la aplicación de la Herramienta, los cuales corresponden a movimientos de masa e inundación³⁰.

En el caso de Inundación la información corresponde a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos. El mapa de inundaciones se presenta junto al de precipitaciones, conteniendo datos de precipitación diaria para períodos de tiempo relacionados a la presencia del Fenómeno El Niño³¹.

Así mismo, se identifican cuáles son las subcuencas con mayor aporte a los procesos de inundación³², las cuales se identifican por su mayor pendiente y pluviosidad. El ejercicio práctico de lo anotado se realiza para la Cuenca de Piura, tal como se aprecia en la siguiente Ilustración:

Ilustración 5: Zonas de peligro de inundación y aporte hídrico



Fuente: Elaboración propia.

³⁰ Es preciso indicar que los peligros priorizados para el presente análisis corresponden a aquellos particularmente sensibles en contextos relacionados a la presencia de lluvias, y su intensificación en contextos de cambio climático.

³¹ Sobre la consideración particular de información relacionada a precipitación para períodos de presencia del Fenómeno El Niño, esta se sustenta en la medida que el artículo 1 de la Ley que aprueba las disposiciones de carácter extraordinario para las intervenciones del gobierno nacional frente a desastres y que dispone la creación de la Autoridad para la Reconstrucción con Cambios, precisa que la implementación de soluciones integrales de prevención deben considerar posibles situaciones de emergencia de nivel 4 y 5.

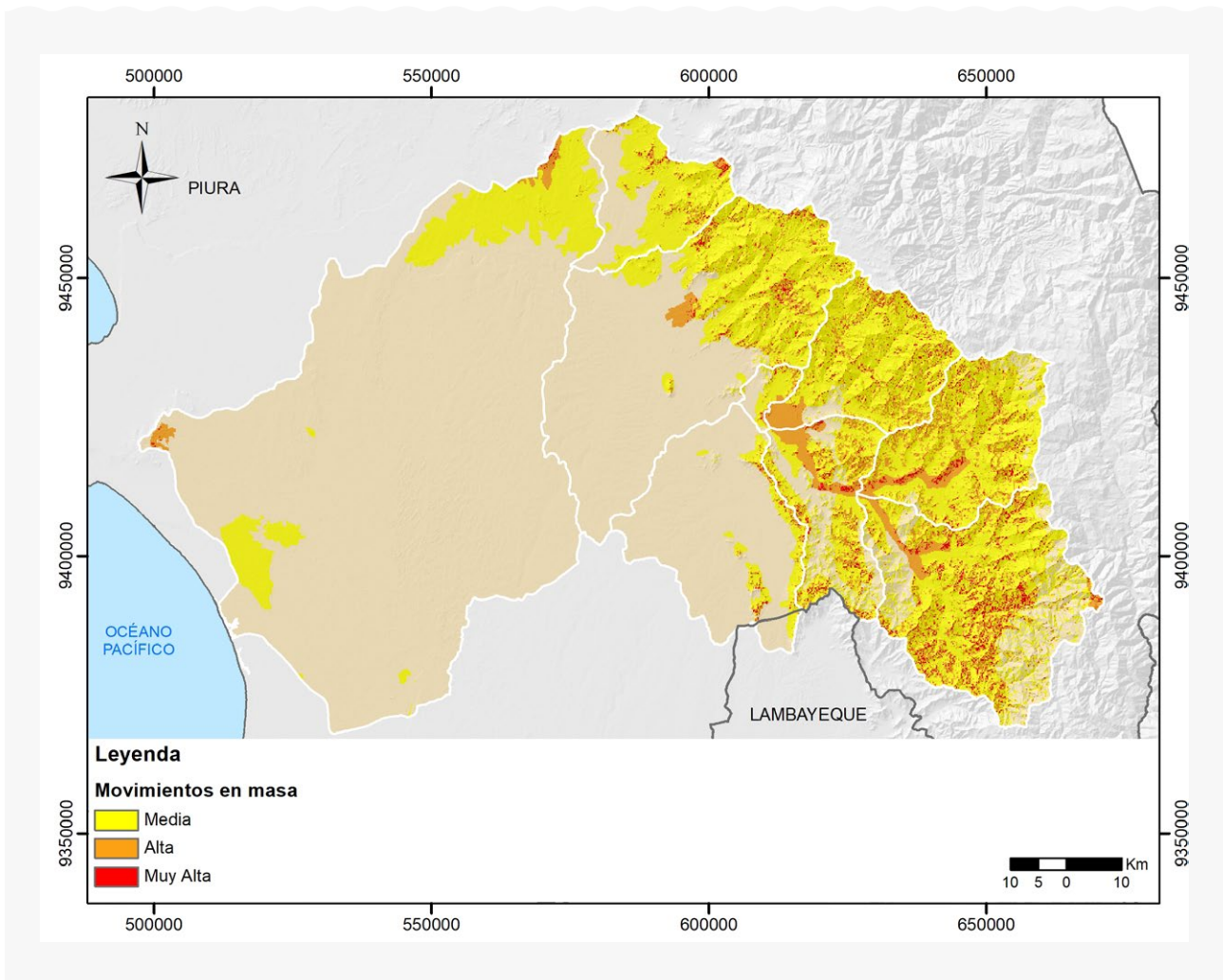
³² Para ello se integra información de los niveles de precipitación con pendiente.



Los **movimientos de masa** corresponden aquellos movimientos de rocas y suelos que por efectos de la gravedad van de las zonas altas de las laderas hacia las zonas bajas, siendo un factor ajeno a las características del terreno y que incide en su manifestación, la humedad de los suelos (INGEMMET, 2007).

La información disponible considera una escala del 1 al 5 en términos de la posibilidad de manifestación del peligro, siendo el 1 Muy Bajo, 2 Bajo, 3 Medio, 4 Alta y 5 Muy Alta; sin embargo, con fines de obtener la información de interés en la aplicación de la Herramienta se ha considerado únicamente los niveles Medio, Alto y Muy Alto.

Ilustración 6: Zonas de peligro de movimiento de masa.

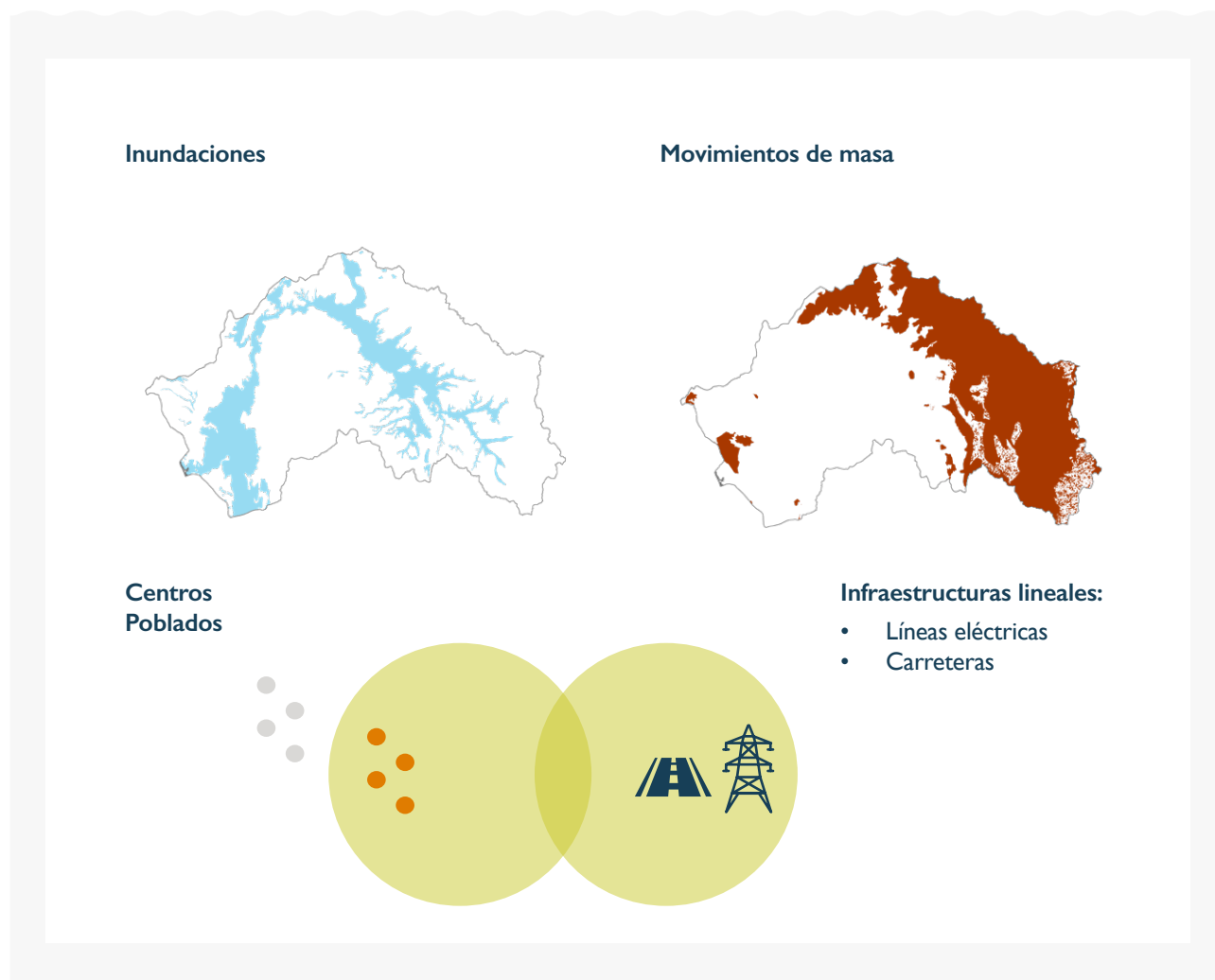


Fuente: Elaboración propia.

La información correspondiente a cada peligro se superpone con la finalidad de conocer su distribución a lo largo del ámbito de análisis. Tanto en el caso de inundación como el de movimiento de masa, es posible calcular el área de impacto para cada uno de los peligros, como en conjunto.

Conociendo la ubicación de las zonas en donde se manifiestan los peligros de inundación y movimiento de masa, se procede a superponer la información de la ubicación de centros poblados e infraestructura, tal como se puede apreciar en la siguiente ilustración:

Ilustración 7: Proceso de identificación de condiciones de exposición de la población e infraestructura



Fuente: Elaboración propia.

Sobre la obtención de información:

La exposición de la población y sus medios de vida ha sido incorporada a la herramienta a través de capas de información elaboradas por el MINAM, como el mapa de inundaciones y deslizamientos en la costa y sierra frente a la ocurrencia de eventos hidrometeorológicos extremos.

- CENTROS POBLADOS EXPUESTOS

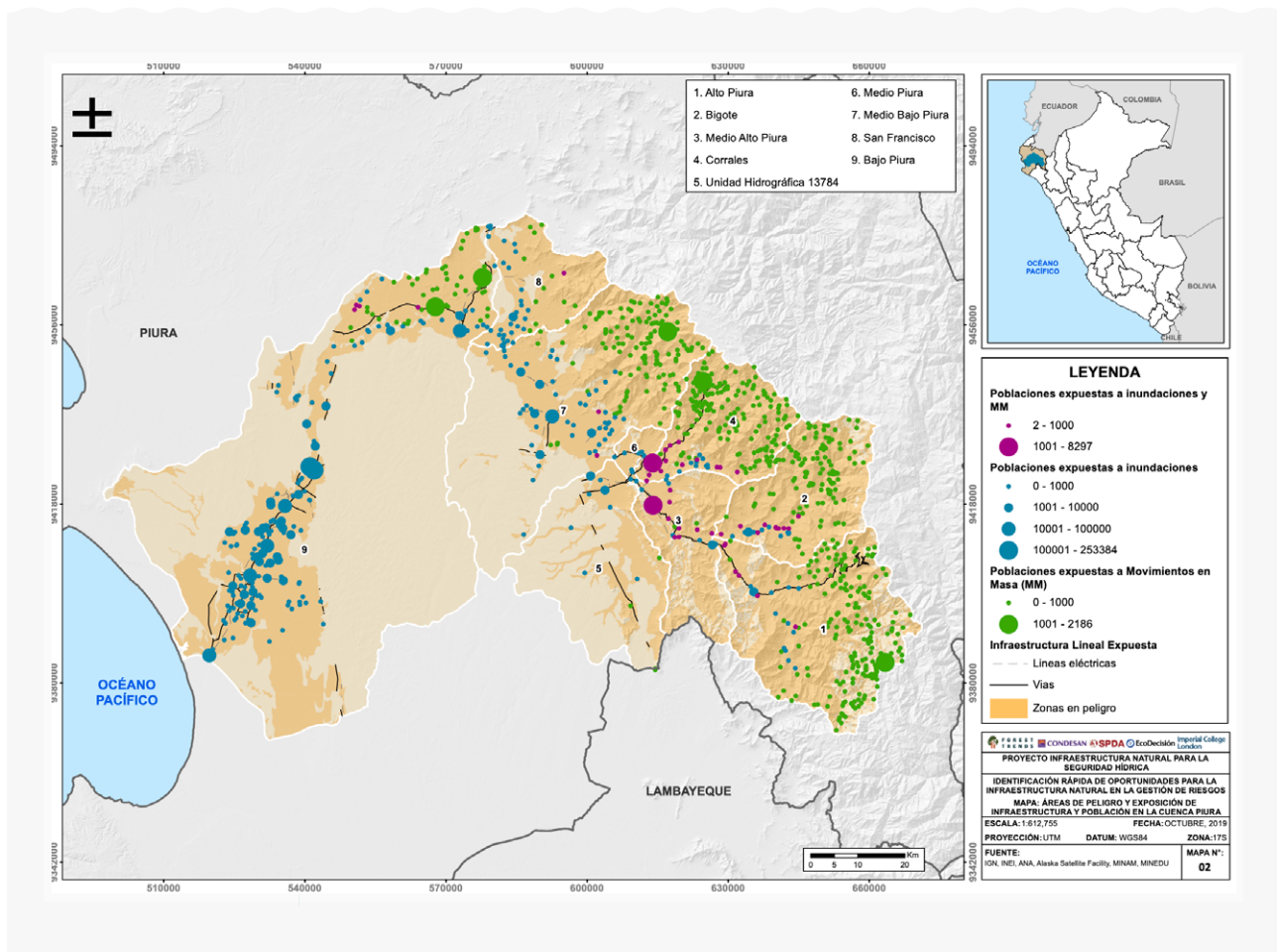
Esta información se encuentra en archivos GIS que identifican centros poblados expuestos a deslizamientos, a inundaciones y a ambos peligros.

- INFRAESTRUCTURAS LINEALES

La información se encuentra disponible para todo el territorio nacional y se tienen el registro de ubicación de infraestructura como líneas eléctricas, vías asfaltadas, así como trochas.

Como resultado, podemos conocer cuáles son las zonas en las que se concentran las condiciones de riesgo en la cuenca, pudiendo estimar el total de población y/o infraestructura expuesta, tal como se muestra en este ejemplo de cuenca de Piura:

Ilustración 8: Población e infraestructura expuesta a peligros de inundación y movimientos de masa.



Fuente: Elaboración propia.

La información que se obtiene en la identificación de las zonas de impactos de los peligros contribuye al análisis de peligros en el desarrollo del diagnóstico del territorio y al análisis de riesgo de la UP en el diagnóstico de la Unidad Productora. Asimismo, provee información para el análisis para la gestión de riesgos de desastres en contextos de cambio climático requerido en el desarrollo del análisis técnico de las alternativas de solución planteadas en los proyectos de inversión.

3.2 Fase 2. Identificación de las causas.

La información en esta sección corresponde a aquella que permite conocer las condiciones particulares de los ecosistemas en la cuenca, así como características físicas que determinan su funcionamiento. En particular, las áreas degradadas sin cobertura vegetal en zonas de peligro de movimiento de masa e inundación, aumentan el riesgo de la población y la infraestructura a los eventos climatológicos extremos.

En ese sentido, con la finalidad de focalizar convenientemente la inversión a instalar para reducir el riesgo, se propone un

proceso que de manera estratégica nos aproxime a la identificación de áreas para la instalación de infraestructura natural. Este proceso involucra identificar aquellas áreas degradadas y las zonas con oportunidades para la restauración y conservación que se superponen con las zonas de peligros y exposición, de modo que al intervenir en ellas contribuyan a la recuperación y al mejor funcionamiento de los ecosistemas; y en ese sentido a la reducción de la posibilidad de su manifestación y del nivel de daño que podrían ocasionar estos peligros, así como a la reducción de la exposición.

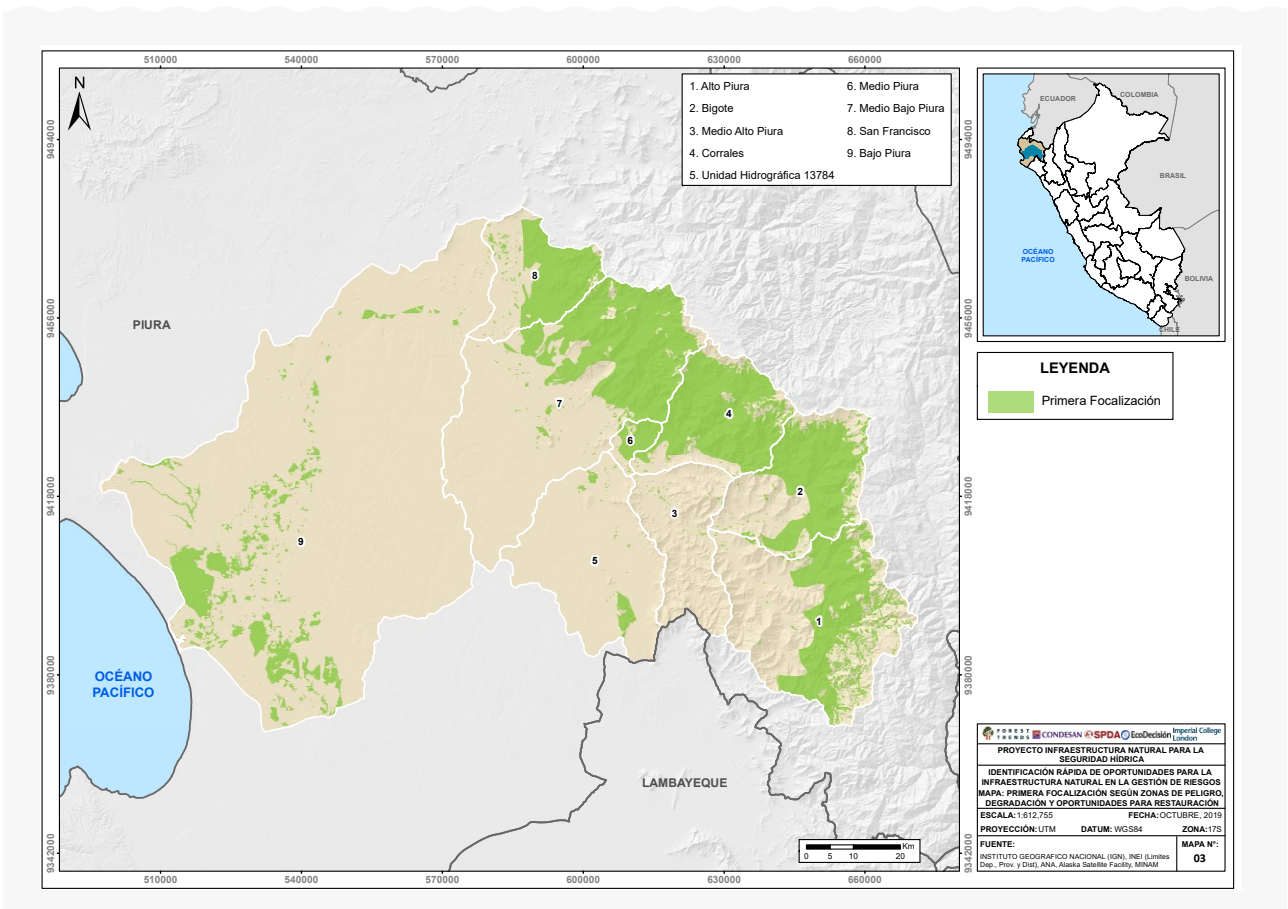
Ilustración 9: Integración de información de peligros con áreas degradadas



Fuente: Elaboración propia.

Al integrar esta información podemos conocer la coincidencia de las áreas de peligro con las áreas degradadas para tener una explicación de cómo inciden las áreas degradadas en la manifestación del peligro, y con ello acotar el ámbito de intervención en infraestructura natural.

Ilustración 10: Áreas degradadas en zonas de peligro de inundación y movimientos de masa.



Fuente: Elaboración propia.

OPORTUNIDADES PARA LA INSTALACIÓN DE INFRAESTRUCTURA NATURAL

El primer objetivo de la Herramienta es focalizar áreas potenciales para la instalación de infraestructura natural. Por lo que es necesario tener criterios que reduzcan el área total de la cuenca a zonas donde se puede tener un impacto positivo en GRD. Para esto se requiere de dos tipos de información:

- **ÁREAS DETERIORADAS O POTENCIALMENTE DETERIORABLES.** Esta información permite conocer las funciones ecosistémicas que se han visto alteradas y donde, por tanto, la intervención puede contribuir a devolverlas a su estado original, con la consiguiente reducción de riesgos derivados de su deterioro.

- **ÁREAS DONDE OCURRE EL PELIGRO.** Con esta información se puede identificar áreas donde ocurre el peligro y que reflejan las ubicaciones donde se encuentran las poblaciones expuestas.

El criterio con el que se han determinado las áreas de la focalización ha sido combinar ambos peligros con las Áreas Degradadas de MINAM, así como con las Áreas priorizadas de SERFOR. Estos dos resultados intermedios se combinan entre sí obteniendo una intersección que muestra aquellas zonas que simultáneamente se consideran degradadas y en peligro por movimientos en masa y/o inundaciones. A continuación, se interseca estos resultados con las Zonas de Recuperación obtenidas a partir de la aplicación del ejercicio rápido de Zonificación Forestal, añadiéndose de este modo este último criterio a los anteriormente descritos.



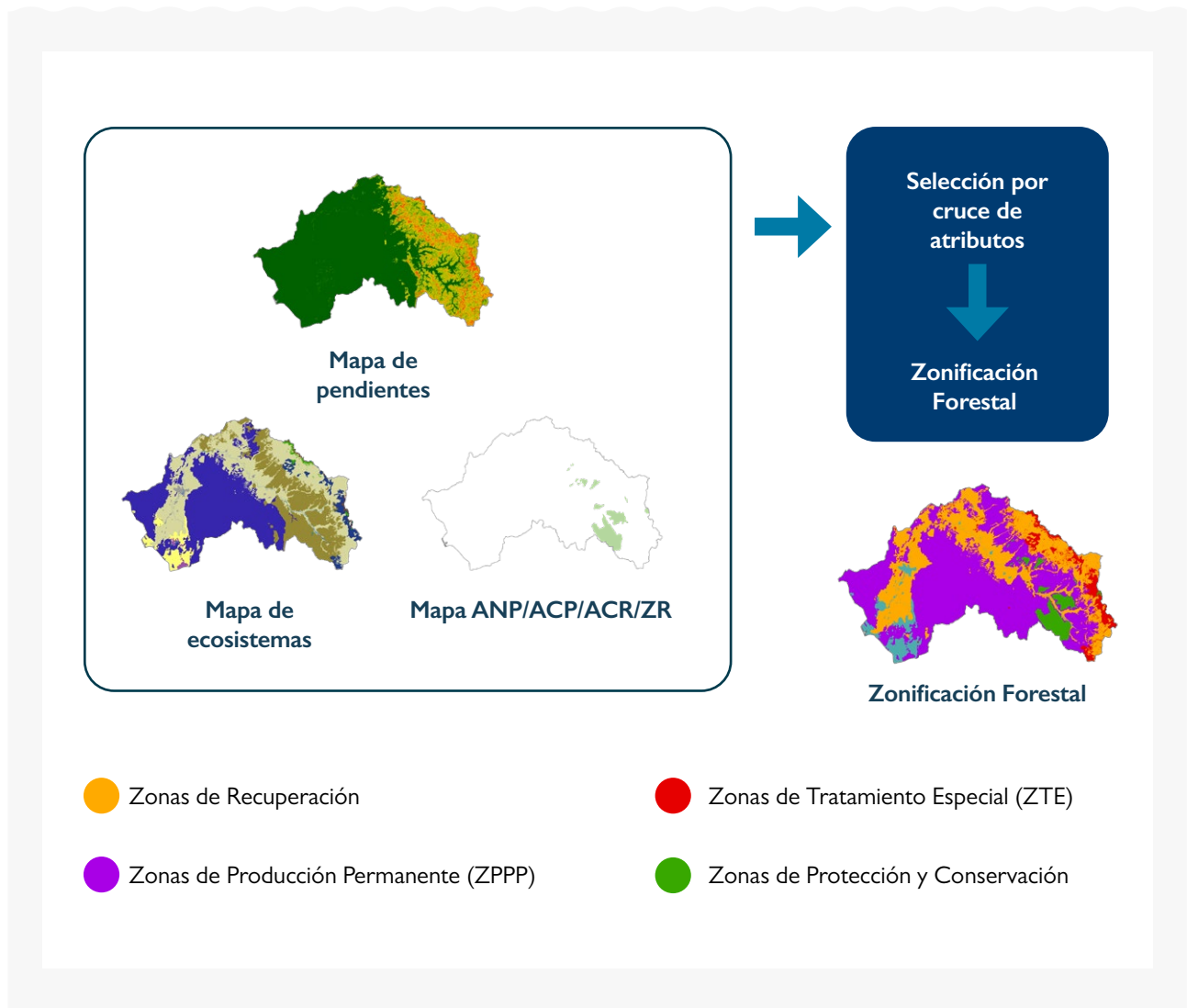
3.3 Fase 3. Identificación de las soluciones.

Para poder identificar las soluciones que estén acorde a las características naturales del área de análisis, se realiza un ejercicio rápido de la Zonificación Forestal, contribuyendo a que las medidas que se definan respondan también a las particularidades de los ecosistemas respecto de la presencia del bosque y su adecuado manejo.

La información requerida para el ejercicio rápido de la

Zonificación Forestal corresponde a la integración de pendiente, ecosistemas y áreas naturales protegidas. Cada una de estas capas de información tienen características que varían a lo largo del territorio de análisis a las cuales se les denomina atributos; la agrupación de estos atributos de manera conjunta en todas las capas, permiten identificar categorías que corresponden a diferentes zonas de la Zonificación Forestal, tal como se observa en la Ilustración:

Ilustración 11: Integración de información para la Zonificación Forestal.



Fuente: Elaboración propia.

Las categorías de la Zonificación Forestal son cuatro, las cuales tienen las siguientes condiciones³³:

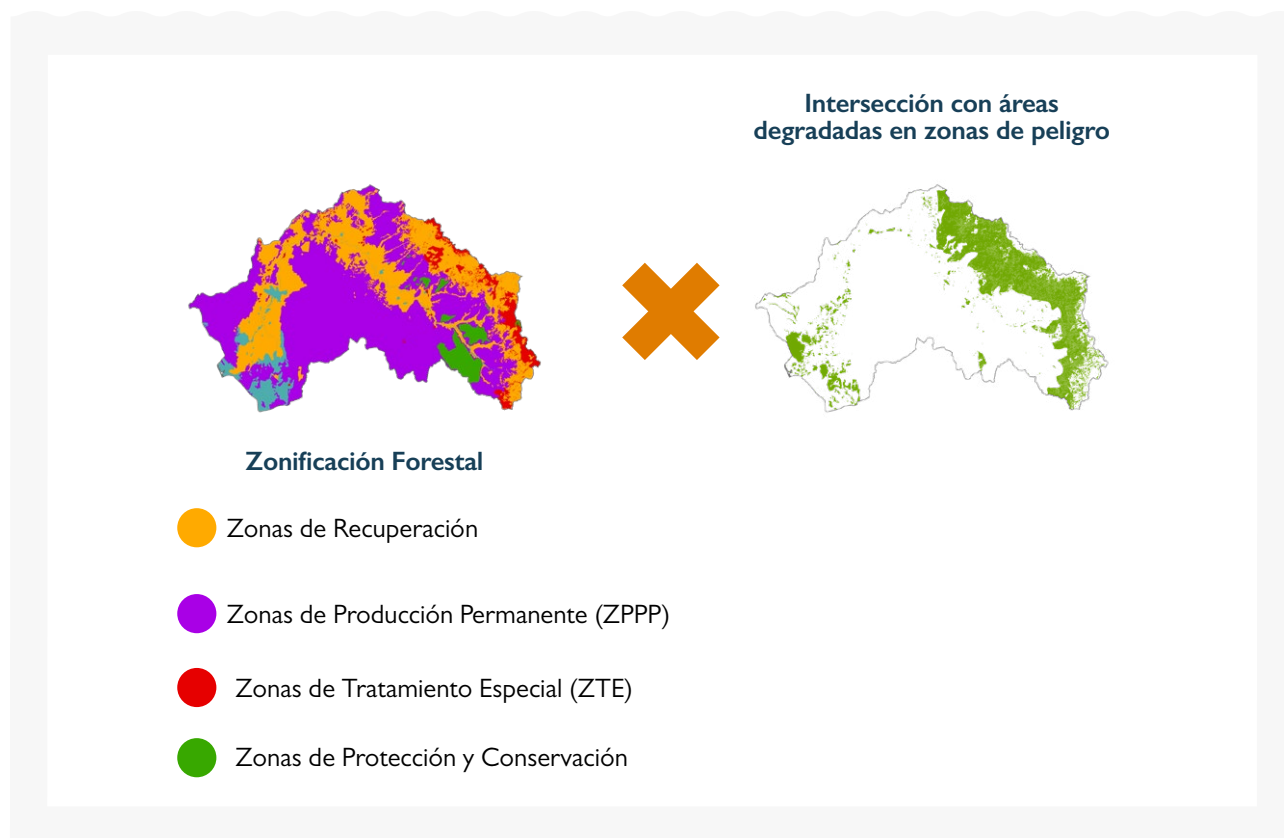
- **Zonas de recuperación:** son áreas que requieren de estrategias particulares para reponer ecosistemas forestales, las cuales pueden ser de recuperación de cobertura forestal con fines de producción forestal maderera, o con fines de restauración y conservación a través de la reforestación con especies nativas para la restauración ecológica y la recuperación de servicios ecosistémicos.
- **Zonas de producción permanente:** corresponden a aquellas zonas de bosques naturales primarios o secundarios, o bosques plantados que por sus condiciones bióticas y abióticas permiten el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales y de fauna, siendo posible la extracción de madera y/o recursos forestales diferentes a la madera, a través de sistemas intensivos o mecanizados, o de baja intensidad, según corresponda.
- **Zonas de tratamiento especial:** por su naturaleza biofísica, socioeconómica, cultural y geopolítica,

requieren de una estrategia especial para su asignación de uso; pueden ser reservas de tierras para pueblos indígenas en situación de aislamiento o contacto inicial, zonas de producción agroforestal y silvopastoril, bosques residuales o remanentes, o asociaciones vegetales no boscosas.

- **Zonas de protección y conservación ecológica:** son ecosistemas frágiles de baja resiliencia o capacidad de retorno a sus condiciones originales, inestables ante la intervención antropogénica constituyéndose en áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad quedando restringidos los usos extractivos.

De estas categorías, la de **Zonas de Recuperación** resulta de interés para las intervenciones con los Planes Integrales, dada la oportunidad para contribuir a la reducción del riesgo en tanto se puede recuperar los servicios ecosistémicos a través de la implementación de medidas de infraestructura natural. En ese sentido, interesa conocer las áreas en las que estas Zonas de Recuperación coinciden con áreas degradadas en zonas de peligro; para lo cual se superpone ambas capas de información tal como se muestra a continuación:

Ilustración 12: Integración de Zonas de Recuperación con áreas degradadas en zonas de peligro

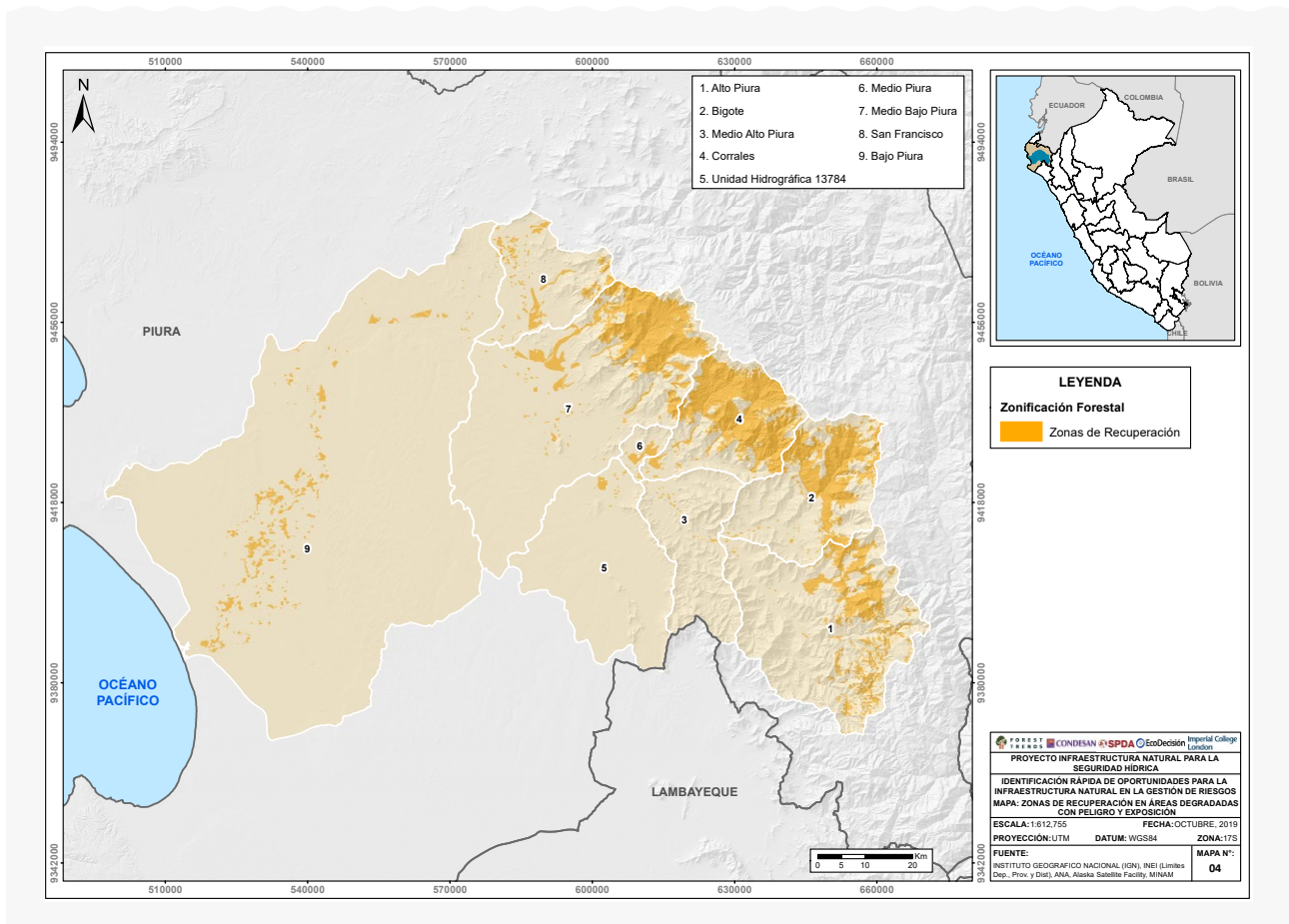


Fuente: Elaboración propia.

³³ Categorías de la Zonificación Forestal según lo establecido en el Artículo 27 de la Ley Forestal y de Fauna Silvestre N°29763.

Así, se tiene identificadas en el ámbito de estudio las áreas de Zonas de Recuperación que se corresponden con áreas degradadas en zonas de peligro, como se muestra en la Ilustración:

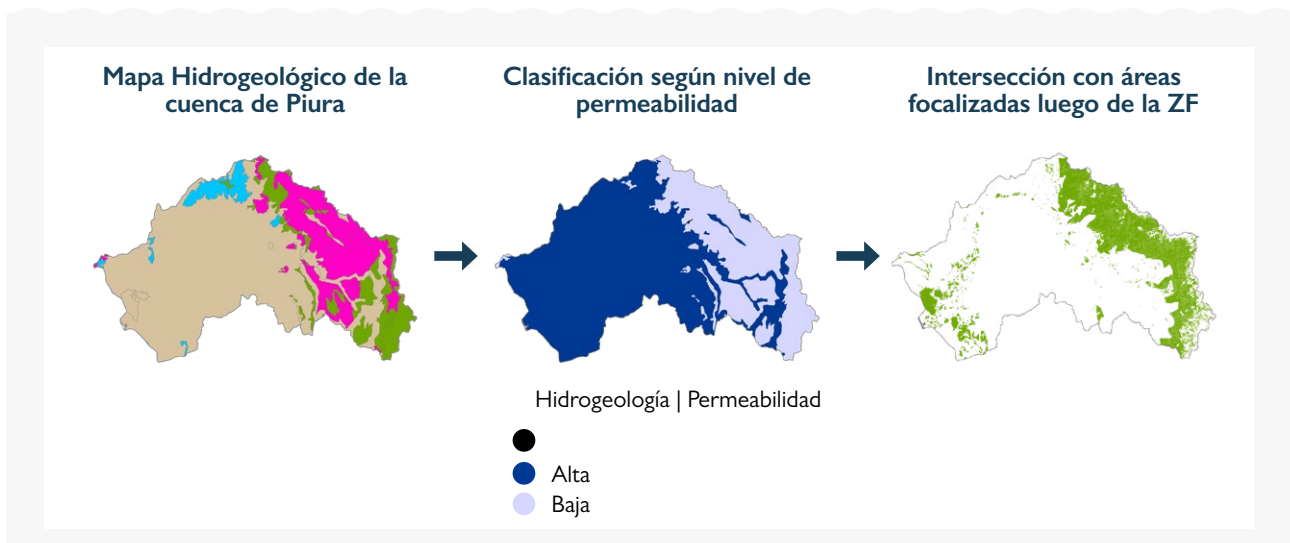
Ilustración 13: Zona de recuperación según zonificación forestal que coincide con áreas degradadas en zonas de peligro



Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, es posible ubicar en estas áreas, aquellas zonas donde el beneficio de la infraestructura natural sería mayor para la infiltración del agua de lluvias intensas que podrían generar inundaciones o el control de la erosión. Para ello, se integra a la información generada la correspondiente a hidrogeología, la cual es clasificada según el nivel de permeabilidad de la roca madre:

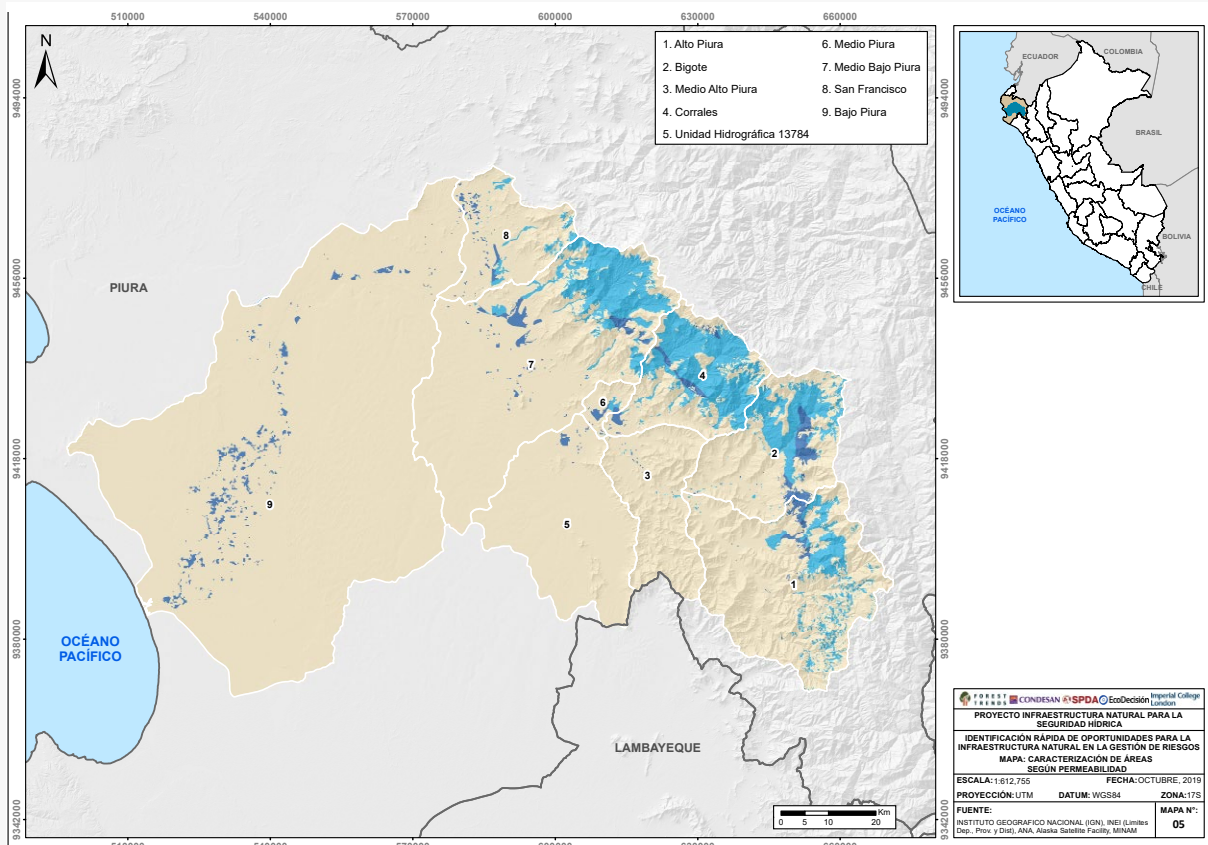
Ilustración 14: Uso de la información hidrogeológica



Fuente: Elaboración propia.

Cabe señalar que, aquellas zonas en donde se identifica una baja permeabilidad dadas las condiciones de peligro, requerirán también de la implementación de otras medidas que puedan tener una mayor efectividad para la reducción de riesgos, como por ejemplo medidas dirigidas al control de la erosión:

Ilustración 15: Permeabilidad en Zonas de Recuperación



LEYENDA
Permeabilidad

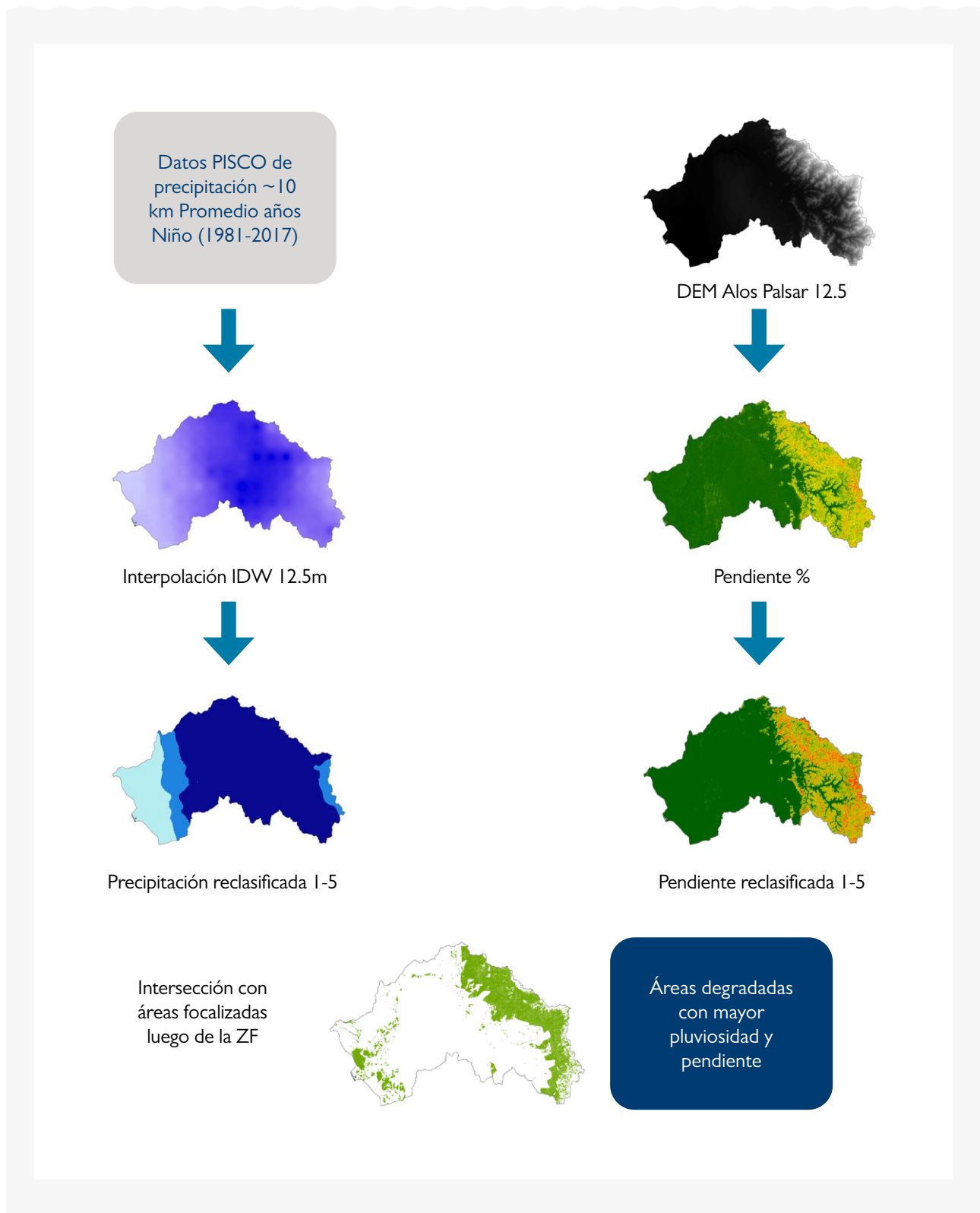
	Alta
	Baja
	Sin datos

Permeabilidad		Medidas de IN
Alta	Infiltración	<ul style="list-style-type: none"> • Reforestación • Zanjas de infiltración • Qochas
Baja	Control de erosión	<ul style="list-style-type: none"> • Control de cárcavas • Terrazas formación lenta • Enriquecimiento del suelo

Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, se identifican aquellas áreas de mayor aporte hídrico en la cuenca, es decir, aquellas que, por sus características físicas como pendiente y precipitación, reciben una mayor concentración de agua de lluvia. En dichas áreas con mayor pendiente y pluviosidad los esfuerzos de mejora de la capacidad de infiltración y control de la erosión para la reducción del riesgo podrían ser mayores. El proceso de integración de los insumos de información corresponde a la siguiente:

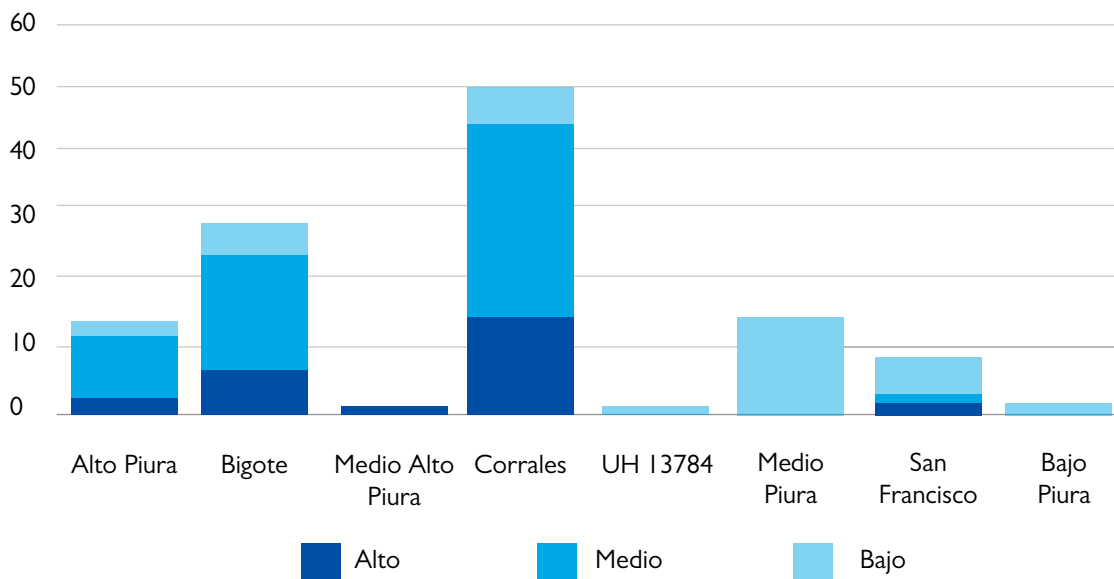
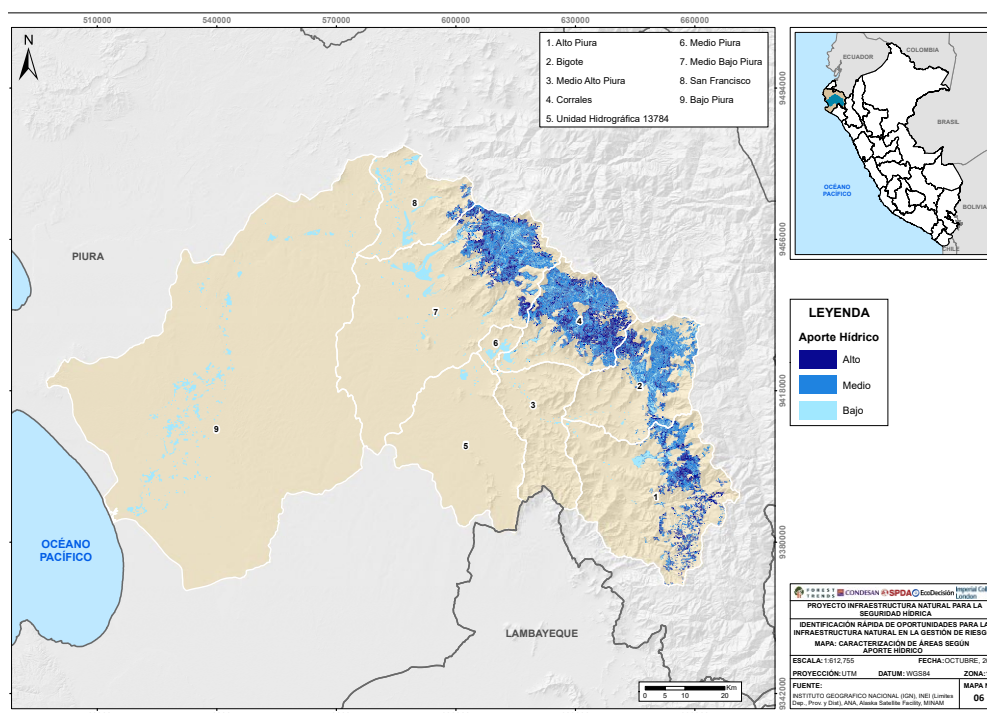
Ilustración 16: Identificación de subcuencas de mayor aporte hídrico



Fuente: Elaboración propia.

Como resultado es posible estimar el aporte hídrico por el nivel de pluviosidad y pendiente en cada subcuenca, tal como se muestra a continuación:

Ilustración 17: Aporte hídrico por subcuencas en la zona de recuperación



Aporte Hídrico	Área (ha)
Alto	31,052
Medio	52,192
Bajo	22,854
Total	106,099

Fuente: Elaboración propia.

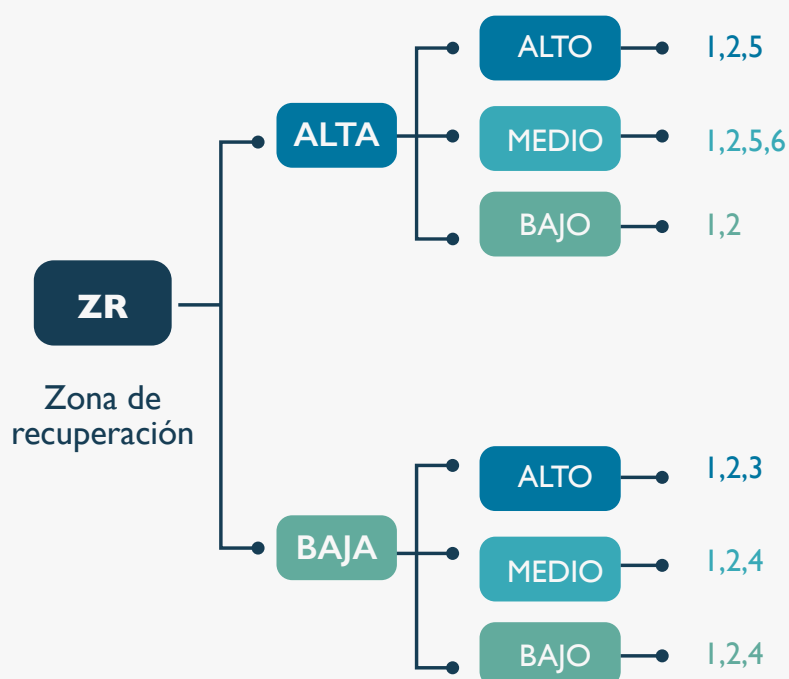
3.4 Identificación de medidas de infraestructura natural

Con el conjunto de información generada es posible identificar de manera preliminar las medidas de reducción de riesgos correspondientes a infraestructura natural en la cuenca,

dependiendo de las características del área en donde se ubique. Para ello, se hace uso del árbol de decisión que se presenta a continuación:

Esquema 5: Árbol de decisión considerando medidas de Infraestructura Natural para la Reconstrucción con Cambios establecidas en el Decreto Supremo N°017-2018-MINAM y Términos de Referencia para los Planes Integrales

Zonificación Forestal	Permeabilidad	Potencial hídrico	Medidas de IN
-----------------------	---------------	-------------------	---------------



N°	Nombre de la medida de IN
1	Reforestación con especies nativas
2	Forestación
3	Control de cárcavas
4	Terrazas, andenería y/o prácticas de conservación de suelo
5	Zanjas de infiltración
6	Qochas o cochas para la cosecha de agua

Fuente: Elaboración propia.

IDENTIFICACIÓN DE MEDIDAS DE INFRAESTRUCTURA NATURAL

Una vez identificadas las zonas potenciales de intervención, se procede a determinar cuáles son susceptibles de cada una de las medidas de infraestructura natural propuestas en el Anexo N°2 del Decreto Supremo 017-2018- MINAM. Cada una de estas tiene condiciones para su oportuna y adecuada implementación. Entre las más relevantes está la permeabilidad. Por ello, se requiere caracterizar la cuenca con la capa de hidrogeología.

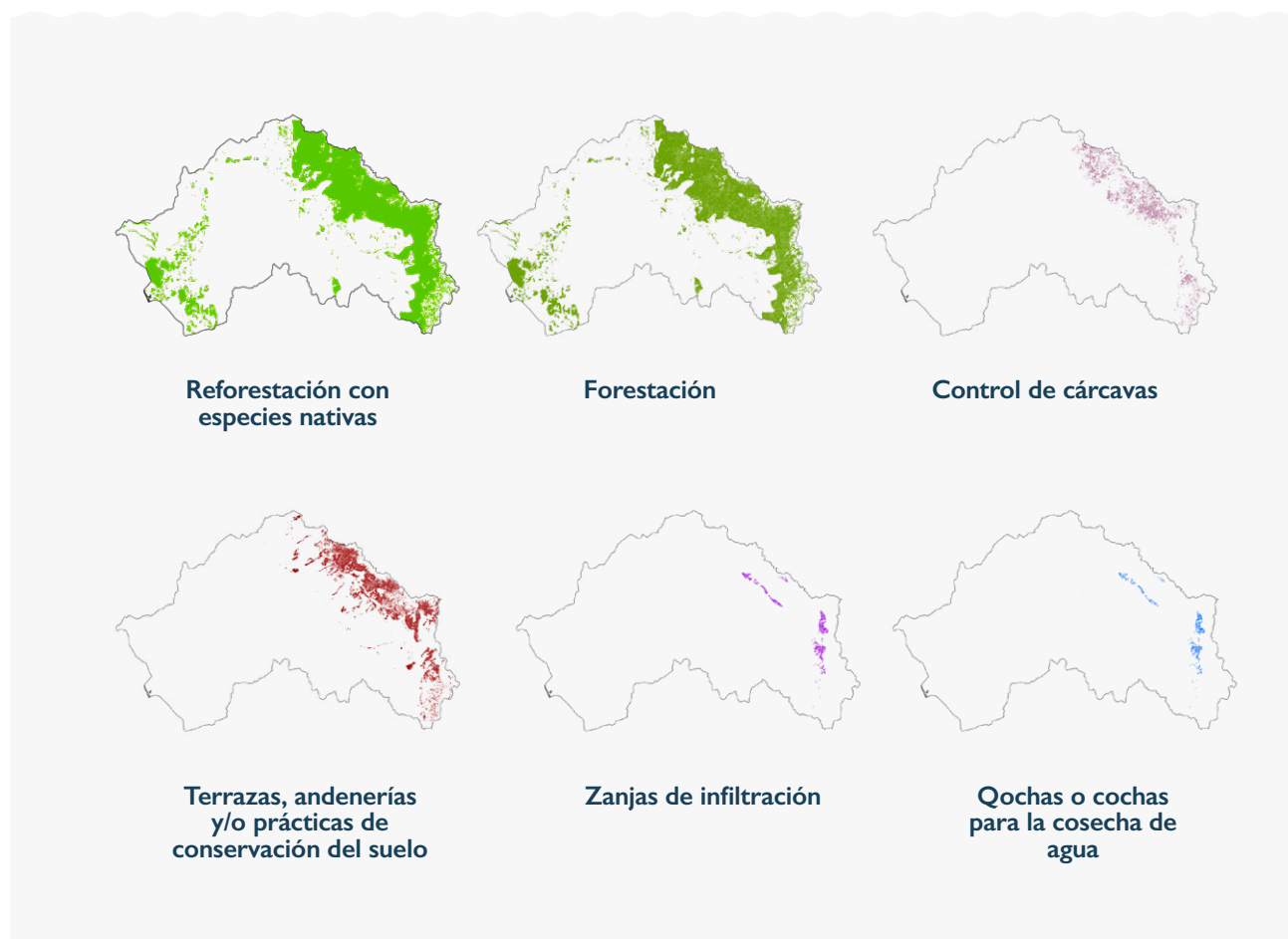
Asimismo, se ha generado la variable de caracterización aporte hídrico, definida como el producto de la pendiente y el promedio de lluvia para el periodo entre los meses de diciembre a marzo de los años en que se produjo el Fenómeno El Niño. Se han escogido los datos correspondientes para tener en cuenta el comportamiento real de dicho evento climático extremo, causa principal del riesgo a inundaciones. Esta caracterización complementa la información anteriormente descrita y permite ajustar el árbol de decisión que determina las condiciones para cada una de las medidas de Infraestructura Natural.

Como podemos observar, y en función al proceso seguido, tenemos identificadas Zonas de Recuperación que se corresponden con áreas degradadas en zonas de peligro y exposición. En estas Zonas podemos encontrar áreas de permeabilidad alta, o áreas de permeabilidad baja, y en cada una de ellas se podrá reconocer cuáles son las áreas con un alto, medio o bajo potencial hídrico. Así por ejemplo, podemos indicar que, en Zonas de Recuperación con alta permeabilidad y alto poten-

cial hídrico las medidas que de manera preliminar se pueden considerar corresponden a Reforestación con especies nativas (1), Forestación (2), y/o Zanjas de Infiltración (3).

La ubicación de cada una de las medidas de infraestructura natural requeridas en el ámbito de análisis y en función al conjunto de información trabajada, se muestra en la siguiente ilustración:

Ilustración 18: Ubicación espacial de las medidas de infraestructura natural



Fuente: Elaboración propia.



Glosario de términos

Cambio Climático.	Cambio del 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 períodos de tiempo comparable ³⁴ .
Peligro	<p>Probabilidad de que un fenómeno físico, potencialmente dañino, de origen natural o inducido por la acción humana, se presente en un lugar específico, con una cierta intensidad y en un período de tiempo y frecuencia definidos³⁵.</p> <p>Tomar en cuenta que los peligros en contextos de cambio climático presentan modificaciones en sus características, área de impacto y probabilidad de ocurrencia³⁶.</p>
Exposición	Se refiere a la localización de elementos en el área de impacto de un determinado peligro ³⁷ .
Vulnerabilidad	Es la susceptibilidad de la población, la estructura física o las actividades socioeconómicas de sufrir daños por acción de un peligro o amenaza. La vulnerabilidad representa una característica interna del elemento expuesto, en relación con la capacidad de resistir a un peligro específico (fragilidad), y la posibilidad de recuperarse de forma autónoma (resiliencia) ³⁸ .
Riesgos	Probables daños y pérdidas que sufra la población o sus medios de vida como consecuencia del impacto de un peligro, debido a su grado de exposición y sus condiciones de vulnerabilidad ³⁹ .
Gestión de riesgos	Probables daños y pérdidas que sufra una UP y sus usuarios como consecuencia del impacto de un peligro, debido a su grado de exposición y sus condiciones de vulnerabilidad ⁴⁰ .
Infraestructura natural	Es la red de espacios naturales que conservan los valores y funciones de los ecosistemas, proveyendo servicios ecosistémicos. Asimismo, la implementación de las medidas de infraestructura natural tienen por finalidad entre otros, reducir el riesgo ⁴¹ .

³⁴ D.S N°017-2018-MINAM, sobre la base de lo establecido en la Ley N°30754, Ley Marco sobre Cambio Climático.

³⁵ D.S N°017-2018-MINAM, sobre la base de lo establecido en el Decreto Supremo N°048-2011-PCM, Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres.

³⁶ MEF. Conceptos asociados a la gestión de riesgos en un contexto de cambio climático: aportes en apoyo a la inversión pública para el desarrollo sostenible. 2013.

³⁷ *Idem.*

³⁸ *Idem.*

³⁹ D.S N°017-2018-MINAM, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional de Gestión de Riesgos de Desastres.

⁴⁰ *Idem.*

⁴¹ D.S N°017-2018-MINAM.



Medidas de infraestructura natural

Medida	Descripción
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 factores diversos ⁴² .
Forestación	Es considerada una medida de defensas vivas y como proyectos socioambientales que contribuyan a la gestión integrada de recursos hídricos, de alto impacto para la reducción o mitigación del riesgo en el ámbito de la cuenca. Esta prevista en el Componente A de los Planes Integrales para el control de inundaciones y movimientos de masa ⁴³ .
Control de cárcavas	Considerada entre las medidas más efectivas para la reducción del riesgo de desastres por inundaciones y movimientos de masa, como una de las obras de conservación de suelos de la parte alta de la cuenca ⁴⁴ .
Terrazas de formación lenta / andenerías	<p>Son franjas secuenciales que dividen la ladera en secciones perpendiculares a la pendiente, cuyos límites superiores e inferiores están orientados por las curvas de nivel y protegidos por muros de piedra (pircas) o bordos de tierra. Las terrazas son formadas progresivamente por efectos del arrastre y acumulación de sedimentos⁴⁵.</p> <p>En el caso de los andenes son considerados como una medida de conservación de suelos para la reducción de riesgos⁴⁶.</p>
Zanjas de infiltración	Son excavaciones que se realizan en laderas en forma de canales de sección rectangular o trapezoidal, que se construyen a curvas de nivel para detener la escorrentía del agua de lluvias y almacenarlas para recargar los manantiales, así como para mantener la humedad del suelo que favorecen el desarrollo de los pastos y cultivos instalados debajo de las zanjas ⁴⁷ .
Qochas o cochas	Son pequeños depósitos de agua que se construyen de piedra, champas y tierra compactada, que retienen y almacenan el agua de lluvia, ubicados en las partes altas de las cuencas en zonas de depresiones naturales o artificiales ⁴⁸ .

⁴² D.S N°017-2018-MINAM

⁴³ Medida definida en los términos de referencia para la elaboración de los Planes Integrales para el control de inundaciones y movimiento de masas.

⁴⁴ Idem.

⁴⁵ D.S N°017-2018-MINAM.

⁴⁶ Medida definida en los términos de referencia para la elaboración de los Planes Integrales para el control de inundaciones y movimiento de masas.

⁴⁷ D.S N°017-2018-MINAM.

⁴⁸ IDEM.



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 ejecutado por Forest Trends, CONDESAN, la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA), EcoDecisión e investigadores del Imperial College London.



Canada



Imperial College
London

www.infraestructuranatural.pe