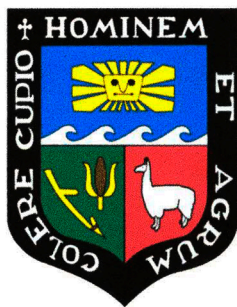


# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA**

**FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES**



## **“ANÁLISIS ESPACIAL PARA LA IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS PRIORITARIAS PARA LA RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL EN LA AMAZONIA DE HUÁNUCO”**

Presentado por

**Andrea Victoria Calderón-Urquiza Carbonel**

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título de

**INGENIERO FORESTAL**

---

Lima - Perú  
2017

## INDICE GENERAL

I.	Introducción .....	9
II.	Objetivos de la investigación .....	11
2.1.	Objetivo general.....	11
2.2.	Objetivos específicos .....	11
III.	Revisión de literatura.....	12
3.1.	Restauración del paisaje forestal (RPF).....	12
3.2.	SIG y analisis espacial con múltiples criterios .....	15
3.3.	Selección de criterios e indicadores para la restauración forestal.....	17
IV.	Materiales y métodos.....	19
4.1.	Área de estudio .....	19
4.1.1.	Aspectos biofísicos y ambientales.....	20
4.1.2.	Aspectos socioeconómicos .....	31
4.2.	Metodología.....	33
4.2.1.	Recopilación y análisis de información secundaria.....	33
4.2.2.	Identificación de los objetivos de priorización.....	34
4.2.3.	Identificación y evaluación de criterios e indicadores relevantes .....	36
4.2.4.	Construcción de mapas criterios&indicadores .....	43
V.	Resultados .....	62
5.1.	Análisis espacial del territorio .....	62
5.2.	Identificación de áreas prioritarias.....	65
VI.	Conclusiones.....	79
VII.	Bibliografía.....	81
VIII.	Anexos.....	91
anexo 1:	instructivo para comparación de pares de c&i .....	91
anexo 2:	mapas indicadores .....	94
anexo 3:	listado de expertos y pesos asignados para indicadores y criterios.....	101

## INDICE DE TABLAS

Cuadro 1: Suelos predominantes en la Amazonía de Huánuco según Soil Taxonomy.....	25
Cuadro 2: Superficie de los usos de la tierra de la región Huánuco.....	30
Cuadro 3: Cifras demográficas de las provincias del área de estudio.....	31
Cuadro 4: Escala fundamental del Proceso de Análisis Jerárquico.....	40
Cuadro 5: Valores asignados para convertir en rangos cuantitativos la dificultad al movimiento de especies en función a la cobertura del suelo.....	52
Cuadro 6: Valores de Agresividad Climática (R1).....	55
Cuadro 7: Clasificación de clase textural en función al contenido de arena y arcilla.....	56
Cuadro 8: Valores asignados a la variable textura del suelo.....	56
Cuadro 9: Rangos de pendiente y valorización para la degradación por erosión hídrica.....	57
Cuadro 10: Valores asignados para convertir en rangos cuantitativos la variable Profundidad del suelo.....	61
Cuadro 11: De la deforestación y bosques en Áreas Naturales Protegidas.....	64
Cuadro 12: Promedio de pesos asignados para criterios e indicadores en función a la opinión de expertos.....	66
Cuadro 13: Relación de áreas prioritarias por objetivo de restauración forestal.....	67
Cuadro 14: Superficie priorizada a nivel distrital por conformar rutas de conectividad.....	69
Cuadro 15: Superficie distrital de riesgo potencial de erosión.....	71
Cuadro 16: Áreas prioritarias a nivel distrital por su función en la regulación hídrica.....	73
Cuadro 17: Superficie priorizada para actividades de reforestación a nivel distrital.....	75

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Diagrama esquemático que resalta las relaciones entre los efectos potenciales del enfoque de la Restauración del Paisaje Forestal y los posibles resultados.....	14
Figura 2: Ubicación de la zona de estudio.....	20
Figura 3: Fisiografía en la zona amazónica del departamento de Huánuco.....	21
Figura 4: Distribución de los tipos de clima en la zona amazónica del departamento de Huánuco.....	23

Figura 5: Cuencas y red de drenaje del área de estudio.....	24
Figura 6: Suelos predominantes en la Amazonía de Huánuco según Soil Taxonomy. ....	26
Figura 7: Tipos de vegetación presentes en la región amazónica del departamento de Huánuco .....	29
Figura 8: Mapa uso actual de la tierra al año 2011.....	30
Figura 9: Diagrama jerárquico de mapas criterios e indicadores para la identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal según el objetivo 1.....	37
Figura 10: Diagrama jerárquico de mapas criterios e indicadores para la identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal según el objetivo 2.....	38
Figura 11: Diagrama jerárquico de mapas criterios e indicadores para la identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal según el objetivo 3.....	39
Figura 12: Índice Average Nearest Neighbor (ANN) de los centros poblados .....	46
Figura 13: Proceso metodológico para la priorización de parches de bosque y parches agropecuarios y su contribución a la mejora de la biodiversidad en el paisaje .....	53
Figura 14: Error del DEM: saltos de pendiente en curso de corriente de agua .....	58
Figura 15: Superficie de deforestación por rangos de tamaño de fragmento .....	63
Figura 16: Conteo de parches de bosque por rangos de tamaño .....	64
Figura 17: Parches agropecuarios priorizados para conformar rutas de conectividad entre parches de bosque de alto valor de conservación. ....	69
Figura 18: Áreas prioritarias para el control de la erosión .....	72
Figura 19: Áreas prioritarias por su función en la regulación hídrica.....	74
Figura 20: Priorización de parches agropecuarios por su potencial para actividades de reforestación .....	75
Figura 21: Mapa de áreas prioritarias para la restauración del paisaje en la Amazonía de Huánuco.....	77
Figura 22: Mapa indicador riqueza de especies amenazadas .....	94
Figura 23: Mapa indicador distancia a centros poblados .....	94
Figura 24: Mapa indicador distancia a centros poblados .....	95
Figura 25: Mapa indicador densidad poblacional .....	95
Figura 26: Mapa indicador riqueza de especies endémicas.....	96
Figura 27: Mapa indicador de distancias a áreas protegidas .....	96

Figura 28: Mapa indicador de forma de parches de bosque .....	97
Figura 29: Mapa indicador de conectividad .....	97
Figura 30: Mapa de resistencia al movimiento de especies.....	98
Figura 31: Mapa de riesgo potencial de erosión.....	98
Figura 32: Mapa indicador acumulación de flujo.....	99
Figura 33: Mapa indicador pendiente.....	99
Figura 34: Mapa indicador profundidad de suelo.....	100

## ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Instructivo para comparación de pares de cyi.....	91
<u>Anexo 2: Mapas indicadores</u> .....	94
<u>Anexo 3: Listado de expertos y pesos asignados para indicadores y criterios</u> .....	101

## **LISTA DE UNIDADES, ABREVIATURAS Y SIGLAS**

INEI: Instituto Nacional de Estadística e Informática

WWF: Fondo Mundial para la Naturaleza

IUCN: Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza

RPF: Restauración del Paisaje Forestal

SERNANP: Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas del Perú

SIG: Sistema de información Geográfica

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FSC: Consejo de Administración Forestal

REDD+: Reducción de emisiones por deforestación y degradación del bosque

OIMT: Organización Internacional de las Maderas Tropicales

SAF: Sistemas Agroforestales

EMC: Evaluación Multicriterio

CyI: criterios e indicadores

WCMC: World Conservation Monitoring Centre

USDA: United States Department of Agriculture

DAP: Diámetro a la altura del pecho

PNUD: Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo

IDH: Índices de Desarrollo Humano

KDE: Kernel Density Estimation

IDF: Índice de Dimensión Fractal

USLE: Ecuación Universal de la Pérdida de Suelos

MINAM: Ministerio del Ambiente del Perú

USGS: United States Geological Survey

DEM: Modelo de elevación digital

## RESUMEN

La identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal en la región amazónica Huánuco utilizó un enfoque multicriterio espacial para evaluar la idoneidad ecológica y la viabilidad de la restauración del bosque, basándose en la definición y asignación de pesos de importancia de múltiples criterios e indicadores de la aptitud del territorio. Se seleccionaron 10 criterios de priorización basados en la calidad de la información del área de estudio y el carácter espacial, los cuales fueron agrupados en base a tres objetivos de intervención: 1) mejorar la biodiversidad del paisaje (Grado de amenaza, perturbación, diversidad y calidad del parche), 2) mejorar la provisión de los servicios ecosistémicos (Riesgo potencial de erosión y regulación hídrica) y 3) mejorar los medios de vida de las poblaciones mediante actividades generadoras de ingresos (Accesibilidad, potencial de regeneración, tamaño y calidad del suelo). Un total de 8 expertos y concedores locales proporcionaron los pesos para cada criterio e indicador que expresase su importancia relativa dependiendo del objetivo de priorización, para luego ser procesados usando la técnica Analytic Hierarchy Process (AHP), cuyo análisis de consistencia demostró la relevancia de tres criterios: perturbación, calidad de parche y suelo. El resultado final es representado en tres mapas que permiten identificar los sitios dónde centrar los recursos y los esfuerzos de restauración. Este estudio muestra una manera efectiva de involucrar a expertos y partes interesadas en la evaluación de los criterios de priorización y ofrece una metodología con sustento técnico enfatizando la importancia del análisis espacial.

Palabras claves: *Restauración forestal, Análisis espacial multicriterio, Criterios de priorización*

## ABSTRACT

Identifying the priority areas for forest restoration in Huanuco amazon region was made on a spatial multi-criteria approach to assess environmental soundness and viability of forest restoration, based on the definition and assignment of importance weights of multiple criteria and aptitude area indicators. Relying on information quality and spatial conditioning in the



study area, 10 prioritization criteria were selected, which were grouped founded on three intervention objectives: 1) improving landscape biodiversity, 2) improving ecosystem services provision and 3) improving population livelihood through income generating activities. A total of 08 local experts and connoisseurs provided importance weights for each criteria and indicator expressing their relative importance depending on the prioritization objectives, to then be processed using the Analytic Hierarchy Process (AHP) technique, whose consistency analysis showed the relevance of three criteria: disturbance, patch and soil quality. The final result is represented in three maps that allows to identify the sites on which we must focus the resources and restoration efforts. This study shows an effective way to involve experts and stakeholders in assessing the prioritization criteria and offers a methodology with technical support emphasizing the importance of spatial analysis and the use of geographic information systems in forest restoration planning.

*Keywords: forest landscape restoration. Spatial analysis multicriterion, Priority criteria*

## **I. INTRODUCCIÓN**

El recurso forestal están experimentando un alarmante proceso de deforestación a nivel mundial, un total de 2.3 millones de km<sup>2</sup> de bosques se perdieron durante el periodo 2000 a 2012, el dominio tropical experimentó la mayor pérdida de bosques donde la ecozona de las selvas tropicales alcanzaron el 32% de pérdida de cobertura forestal mundial, y casi la mitad se produjo en América del sur (Hansen, y otros, 2013). El Perú no es la excepción, durante el periodo 2000 – 2011 se produjo una pérdida de bosques equivalente a 1 475 558 ha, cerca de 113 504 ha (Vargas, y otros, 2014) se pierden cada año como resultado de la explotación forestal, la conversión de los bosques naturales a tierras de otros usos, la agricultura migratoria, entre otros. Esta deforestación y degradación están alterando gran parte de los bosques tropicales causando su fragmentación y pérdida de biodiversidad, incluyendo la alteración de la mitigación al cambio climático, la seguridad alimentaria y los medios de vida (Kettle y Koh, 2014) (Döbert, y otros, 2014).

Se predice que al año 2050 la población nacional incrementará en 42% y será equivalente a 40 111 393 millones de habitantes (INEI, 2011), esto aumentará considerablemente el requerimiento de alimentación, en consecuencia se incrementará la demanda por la producción agropecuaria, principal rubro causante de la deforestación (Raschio et al. 2014) (Congreso Forestal Mundial, 2003). En respuesta, los esfuerzos para apoyar y promover la recuperación de los ecosistemas forestales deben aumentarse, para ello, se han creado diversos enfoques integrales, uno de ellos es la Restauración del Paisaje Forestal (WWF y IUCN, 2000)

La Restauración del Paisaje Forestal (RPF) se define como un proceso planificado que pretende recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en paisajes forestales que han sido deforestados o degradados (Maginnis y Jackson, 2002), un enfoque elaborado a partir de varios principios y enfoques existentes sobre desarrollo rural, conservación y gestión de recursos naturales, reuniéndolos para la restauración de las múltiples funciones de los paisajes degradados o deforestados. Destaca la importancia tanto de la calidad como de la cantidad de la cubierta forestal y exige que se mejore la integridad ecológica al mismo tiempo que las poblaciones locales se les garantiza beneficios tangibles. (IUCN, 2011)

Una cuestión fundamental y una etapa clave en el proceso de RPF es la identificación de las áreas que se les deberían otorgar prioridad para la intervención (Vallauri et al. 2005). La priorización es un proceso bastante común en las actividades de conservación, ya que la escasez de recursos económicos exige una identificación de los sitios donde se proporcione los beneficios máximos (SERNANP, 2013) (Fajardo et al. 2014). Sin embargo, en el contexto de la restauración forestal, el establecimiento de prioridades ha recibido poca atención (Newton y Tejedor, 2011). La identificación de áreas prioritarias para llevar a cabo la restauración depende de los objetivos de la intervención que, a menudo, son múltiples y de diferente naturaleza: mejorar la biodiversidad, proporcionar a las comunidades locales beneficios financieros y medios de vida, etc. (Lamb y Gilmour, 2003). Los diferentes objetivos implican que la selección de sitios necesita el uso de métodos capaces de integrar distintos tipos de variables, con diferentes niveles de precisión espacial (Newton y Tejedor, 2011)

El análisis multicriterio abarca un conjunto de técnicas para apoyar los procesos de toma de decisiones evaluando las alternativas desde diferentes perspectivas, y analizando su robustez con respecto a la incertidumbre (Newton y Tejedor, 2011). Proporciona un marco para integrar múltiples opiniones y criterios de evaluación, para ponderar en función de su importancia (Celemín, 2010), y seleccionar los cursos de acción más apropiadas. El uso del análisis multicriterio en sinergia con las capacidades de los sistemas de información geográfica (SIG) puede ser pensado como un proceso que transforma y combina los datos geográficos y el valor de los juicios (o las preferencias del decisor) para obtener información para la toma de decisiones (Malczewski, 2006)

Este análisis presenta un método basado en un Análisis multicriterio espacial para la identificación de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal en los bosques amazónicos del departamento de Huánuco que considera una alineación de criterios en base a diferentes objetivos de restauración.

## **II. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **2.1. OBJETIVO GENERAL**

- Contribuir a la restauración del paisaje forestal mediante la identificación de las áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal en la región amazónica del departamento de Huánuco

### **2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Analizar los atributos espaciales de la región amazónica del departamento de Huánuco para un mayor entendimiento del territorio.

- Definir las áreas que por sus características físicas y ambientales necesitan ser restauradas, en función a diferentes objetivos de restauración y con la finalidad que los recursos designados a estas prácticas sean utilizados de manera eficiente.

### **III. REVISIÓN DE LITERATURA**

#### **3.1. RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL (RPF)**

Se define como un proceso planificado que tiene como objetivo recuperar la integridad ecológica y mejorar el bienestar humano en los paisajes forestales degradados (Mansourian et al. 2005) (Maginnis et al. 2005).

Maginnis et al. (2005), FAO (2007) y FSC (2012) afirman que la RPF está orientada a fortalecer la resistencia del paisaje y mantener abiertas las opciones para optimizar la producción de bienes y servicios ambientales en el ámbito del paisaje y está basada fundamentalmente en cómo manejar las complejas interacciones entre los recursos naturales, las poblaciones y los usos de la tierra que componen un paisaje.

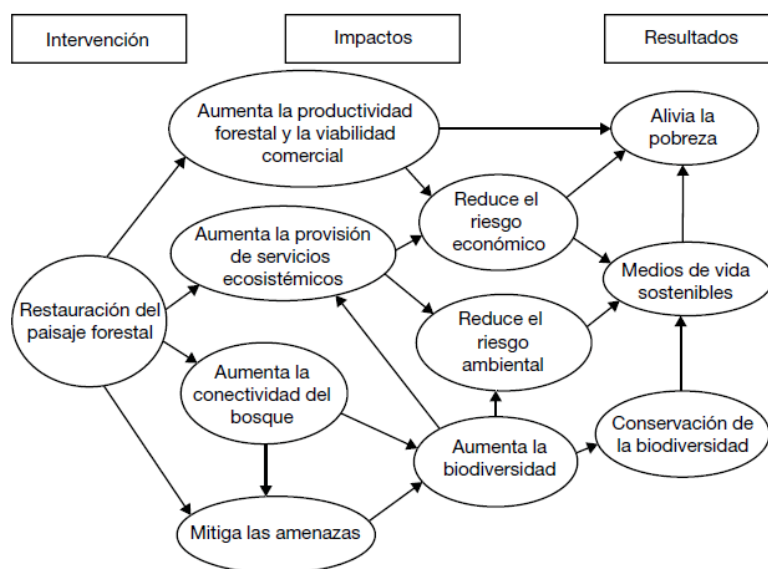
En el proceso actual de cambio climático que impacta en los recursos naturales y en los medios de vida, la práctica de restaurar el paisaje forestal resulta una estrategia para mitigar los impactos que se puedan generar; pudiendo tener una función esencial en la mitigación de los efectos de catástrofes (inundaciones, deslizamientos de tierras) (FAO s/f) garantizando la conservación de la biodiversidad y la capacidad de resistencia de las personas ante el cambio climático ya que actúan como un recurso protector que además pueden mejorar los medios de subsistencia y la seguridad alimentaria.

La importancia del papel que juega la restauración del paisaje ha sido recientemente reconocida mediante decisiones internacionales relacionadas con el cambio climático y la biodiversidad. En octubre del 2010, cerca de 200 gobiernos asistentes a la Conferencia de las Partes del Convenio para la Diversidad Biológica que tuvo lugar en Nagoya, Japón, adoptaron el objetivo de restaurar al menos el 15% de los ecosistemas degradados para el año

2020. Apenas dos meses después, en diciembre del 2010, las Partes del Convenio Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático, celebrada en Cancún, México, adoptó la meta de disminuir, detener e invertir la pérdida de cobertura forestal y carbono mediante acciones REDD+ (Newton y Tejedor, 2011). El mecanismo REDD+ (Reducción de emisiones por deforestación y degradación del bosque más la conservación y gestión sostenible de los bosques y aumento de las reservas de carbono forestal) busca desarrollar un conjunto de políticas y programas para enfrentar las causas de la deforestación y degradación forestal, promover un desarrollo verde, social y económico, fomentar la conservación, el manejo sostenible de los recursos naturales y aumentar reservas de carbono. Ésta última acción requiere del desarrollo e implementación de estrategias y acciones orientadas a favorecer la restauración funcional del paisaje forestal. En el año 2014 se lanzó la Iniciativa 20×20 para restaurar 20 millones de hectáreas de tierras degradadas, el Perú se ha comprometido a recuperar 3.2 millones de estas hectáreas antes del año 2020. En este marco, el desarrollo y aplicación de medidas de restauración forestal se debe convertir en un objetivo de gran importancia a nivel nacional, prioritariamente en regiones que presentan gran capacidad para implementar acciones de rehabilitación y restauración forestal.

La RPF es un proceso que incorpora cinco principios clave (Newton y Tejedor, 2011): (i) La RPF es un proceso flexible que necesitará ser adaptado individualmente a cada contexto ecológico, socioeconómico, cultural y político, (ii) La RPF es un proceso participativo, que requiere del compromiso de las partes interesadas para que tenga éxito, (iii) La RPF debería basarse en un enfoque de gestión adaptativa para asegurar que sea sensible a los cambios sociales, económicos y ambientales; por lo tanto, requiere un programa de seguimiento y un proceso de aprendizaje adecuados, (iv) La RPF busca restaurar los procesos ecológicos a escala de paisaje que garanticen el mantenimiento de la biodiversidad y las funciones ecológicas, y otorgue elasticidad frente a los cambios ambientales; esto requerirá tomar decisiones a nivel de sitio en un contexto de paisaje y (v) La RPF busca mejorar la provisión de los servicios ecosistémicos para los seres humanos a escala de paisaje y, por lo tanto, contribuir a mejorar el bienestar humano.

Potencialmente, la RPF puede dar lugar a una serie de efectos diferentes, incluyendo el aumento de la conectividad forestal, el aumento de la provisión de los servicios ecosistémicos, la mitigación de las amenazas, etc. Éstos pueden tener efectos adicionales, por ejemplo, en la biodiversidad y en los riesgos económicos y ambientales. Juntos, estos efectos pueden conducir a resultados relevantes para las políticas, como la mitigación de la pobreza, el desarrollo de medios de vida sostenibles y la conservación de la biodiversidad. Este modelo conceptual ofrece una descripción general aplicable del proceso de la RPF, y podría proporcionar un marco para el seguimiento de sus efectos y eficacia.



Fuente: Newton y Tejedor (2011)

Figura 1: Diagrama esquemático que resalta las relaciones entre los efectos potenciales del enfoque de la Restauración del Paisaje Forestal y los posibles resultados

Por ello las actividades de un proyecto de RPF no necesariamente tienen el objetivo de volver el paisaje forestal a su estado original, sino que se trata más bien de un enfoque progresista orientado a fortalecer la resistencia del paisaje forestal y mantener abiertas las opciones para

optimizar la producción de bienes y servicios forestales en el ámbito del paisaje (OIMT, 2005). No se limitan a un determinado tipo de tratamiento, pueden incluir una o más de las siguientes propuestas: rehabilitación y ordenación de bosques primarios degradados; ordenación y manejo de bosques secundarios; restauración de las funciones de los bosques primarios en tierras forestales degradadas; fomento de la regeneración natural en tierras degradadas y en tierras agrícolas marginales; restauración ecológica; plantaciones forestales puras o mixtas; sistemas agroforestales (SAF) y otros diseños de fincas agrícola-forestales. (Veluk Gutierrez et al. 2012)

En los últimos años, con el establecimiento de los compromisos globales para la restauración de los bosques, surge la necesidad de generar las bases que permitan abordar con éxito iniciativas de esta magnitud. La eficiencia en la utilización de los recursos disponibles es prioritaria para la implantación de procesos de restauración.

La identificación de áreas prioritarias podría aumentar la eficiencia y el impacto de los recursos disponibles para el diseño, la planificación y el establecimiento de programas de restauración forestal en los cuales las diferentes intervenciones pueden generar múltiples y mayores beneficios (Zamorano, 2014).

### **3.2. SIG Y ANALISIS ESPACIAL CON MÚLTIPLES CRITERIOS**

El análisis espacial permite tener una mirada integral de las condiciones del paisaje en un área interés de restauración y permite tomar decisiones a diferentes escalas, desde el nivel local, regional, hasta países o zonas del mundo. Las herramientas de análisis espacial han venido tomando fuerza recientemente dentro de las actividades de restauración, en especial, debido a las metas mundiales adoptadas por varios países.

Las herramientas usadas para realizar análisis espacial, son principalmente la Percepción Remota y los Sistemas de Información Geográfica (SIG), integrados a un análisis multicriterio. La escala de trabajo será lo que limite el análisis, insumos construidos a escala

1:100.000 o 1:500.000 difícilmente tendrán el detalle que se necesita para definir acciones de restauración a nivel local y sólo indicaran acciones de restauración a nivel de paisaje (Aguilar-Garavito y Ramírez, 2015). Asimismo, el análisis espacial tendrá las limitantes propias de acuerdo a la disponibilidad y calidad de los insumos empleados.

Los SIG proporcionan la toma de decisiones con un potente conjunto de herramientas para la manipulación y análisis de la información espacial. La idea de los SIG como una caja de herramientas para el manejo de datos geográficos es útil. Los productos de la caja de herramientas de los SIG pueden, en diversas combinaciones, ser utilizados para resolver una multitud de problemas (Carver, 1991).

La planificación para la intervención en las tierras degradadas requiere integrar diversos factores y escenarios complejos, los cuales en la actualidad se pueden abordar mediante métodos de análisis multicriterio.

Una evaluación multicriterio (EMC) abarca un conjunto de técnicas para apoyar los procesos de toma de decisiones (Malczewski, 2006) (Leonelli, 2012), proporcionando un marco para integrar múltiples opiniones y criterios de evaluación, de acuerdo a su importancia (Uribe et al. 2014). Por ello, los SIG se reconocen a menudo como un sistema de apoyo a las decisiones que implica la integración de datos espacialmente referenciados en un ambiente de resolución de problemas, en el nivel más básico, SIG-EMC puede ser conceptualizado como un proceso que transforma y combina los datos geográficos y juicios de valor (preferencias del decisor) para obtener información para la toma de decisiones (Malczewski, 2006).

Una EMC en un ambiente SIG se convierte en una evaluación multicriterio espacial, la cual es un procedimiento que sirve para identificar y obtener soluciones a un problema espacial, basada en la combinación de múltiples factores que pueden ser, al menos parcialmente, representados por mapas. Dicho de otra manera es un proceso donde los datos geográficos se combinan y transforman en una decisión, implica la entrada de datos, las preferencias del tomador de decisión y la manipulación de la información usando reglas específicas de la decisión (Newton y Tejedor, 2011).



### **3.3. SELECCIÓN DE CRITERIOS E INDICADORES PARA LA RESTAURACIÓN FORESTAL**

Se requiere la identificación de criterios adecuados e indicadores para guiar los procesos de priorización; actualmente no existe una lista de criterios que se pueda consultar en el ámbito de la restauración forestal. Por lo tanto, se necesitan criterios e indicadores (CyI) apropiados para priorizar las acciones de restauración forestal a escala de paisaje, y que sean fácilmente aplicables en diferentes contextos. Con la finalidad de ser útiles para la identificación de lugares prioritarios para la restauración, los CyI deberían ser capaces de capturar la variabilidad espacial (Kangas et al. 2000)

La RPF promueve las mejores prácticas a nivel de sitio para que se puedan obtener beneficios socio-ecológicos a nivel de paisaje (Lamb y Gilmour, 2003), porque es probable que se dé un óptimo equilibrio entre conservar y mejorar el bienestar humano a nivel de paisaje (Lamb et al. 2005), esto sugiere que los CyI deberían pertenecer principalmente a dos grupos: aquellos referidos a la necesidad de restaurar la biodiversidad y aquellos referidos a la viabilidad de las intervenciones de restauración (Newton y Tejedor, 2011)

Se espera que el primer grupo de CyI defina dónde es más urgente la restauración para la conservación de la biodiversidad, por otro lado, el segundo grupo tiene por objetivo proporcionar información acerca de la restaurabilidad de la tierra (Miller y Hobbs, 2007), es decir, el coste ecológico de lograr los objetivos de restauración de manera exitosa (Newton y Tejedor, 2011)

Las decisiones sobre qué hacer deben ir acompañadas de las decisiones sobre dónde hacerlo. La ubicación de las intervenciones de restauración es un paso estratégico de la RPF. La elección de dónde actuar primero depende de la finalidad de la acción misma.

La elección de sitios para RPF es compleja, los sitios de restauración deben ser integrales para alcanzar una serie de objetivos muy diferentes. En este contexto, una nueva

configuración del mosaico del paisaje debe ser identificado en la que se especifique la ubicación, el objetivo de restauración y el método de restauración (Orsi F. , 2010)

No es fácil decir qué es una prioridad y qué no lo es (Orsi et al. 2011). Por ejemplo, desde el punto de vista ecológico, las áreas ribereñas pueden ser buenas para la protección de riberas de erosión ocasionada por los ríos o dar a las especies ribereñas una mejor protección; áreas degradadas o deforestadas alrededor de las áreas protegidas pueden ser adecuadas para reducir el efecto de borde; potenciales corredores entre fragmentos de bosque pueden ser estratégicos para apoyar el movimiento de especies. Desde un punto de vista socioeconómico, la restauración de tierras improductivas puede ser una buena opción para proporcionar madera y finalmente generar ingresos en las áreas donde la degradación ambiental ha traído efectos particularmente negativos en los medios de vida.

El Centro Mundial para el Monitoreo de la Conservación (WCMC por sus siglas en inglés) del Programa Ambiental de las Naciones Unidas revisó una lista de criterios posibles de los cuales se seleccionaron los cinco más adecuados (WCMC, 2000). Según este documento, debe darse prioridad a las áreas originales forestales que actualmente están deforestadas, áreas que contienen bosques que se encuentran actualmente deforestadas, áreas de baja densidad de población, áreas en las proximidades de los bosques y áreas ricas en biodiversidad. La cuestión de dónde restaurar incluye otro problema: si la intervención de restauración puede tener éxito.

Miller y Hobbs (2007) sugirieron que los factores que afectan el éxito de la restauración son de tres tipos: ecológicos, limitando lo que es posible para restaurar (suelos, clima, contexto de paisaje), financiero, limitando lo que es realista para restaurar y social, si un proyecto de restauración es aceptable. El RPF debe abordar todo el espectro de las limitaciones de restauración. Trabajando a nivel de paisaje significa que los recursos financieros se pueden dirigir a los sitios que se espera llevar a los más importantes beneficios ecológicos y de medios de vida al menor costo. Al mismo tiempo, el enfoque orientado a personas permitiría a las comunidades que formen parte del proceso de restauración y prevenir los objetivos de conservación, superando las necesidades de la gente (Orsi et al. 2011).

En consecuencia, hay una necesidad de generar CyI para priorizar acciones de restauración forestal a nivel local, que sean fácilmente aplicables a diferentes contextos (Orsi et al. 2011) y adecuado para su uso a escala de paisaje.

## **IV. MATERIALES Y MÉTODOS**

### **4.1.ÁREA DE ESTUDIO**

La región de estudio comprende los bosques tropicales amazónicos del departamento de Huánuco, ubicados al este de la cordillera de los Andes peruanos, localizadas entre los 76°30´ y 74°30´ de Longitud Oeste; 10°20´ y 08°20´ de Latitud Sur (Figura 2). Debido a sus altos niveles de deforestación y presión sobre los bosques, Huánuco es un departamento clave identificado para la implementación del Programa Nacional de Recuperación de Ecosistemas para contribuir a la meta 20x20. El área de estudio tiene una extensión aproximada de 23 157,6 km<sup>2</sup> y un rango altitudinal que va desde 141 hasta los 4 115 msnm. La superficie de bosques tropicales amazónicos en Huánuco incluye las provincias Leoncio Prado, Marañón, Puerto Inca, Huacaybamba, Huamalíes, Huánuco y Pachitea, limitados al Norte por los departamentos de Ucayali y San Martín, al Este por el departamento de Ucayali, al Sur por las provincias Pachitea y Huánuco (departamento Huánuco), al Oeste por las provincias de Marañón, Huacaybamba y Huamalíes (departamento Huánuco) y al Sur-Este por el departamento de Pasco.

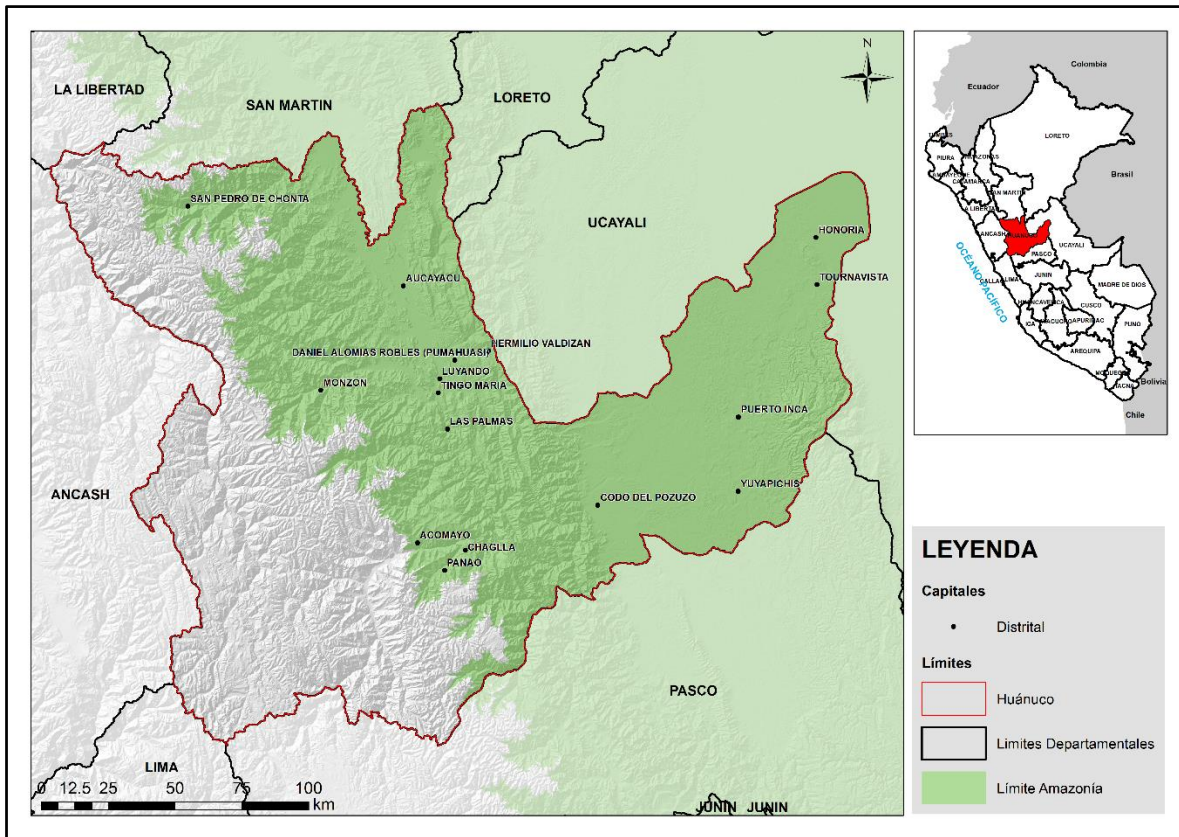


Figura 2: Ubicación de la zona de estudio

#### 4.1.1. ASPECTOS BIOFÍSICOS Y AMBIENTALES

##### a. Fisiografía

El ámbito fisiográfico de la zona en estudio presenta dos provincias fisiográficas perfectamente diferenciadas y características: una constituida por las superficies de topografía plana, denominada llanura amazónica y las otras colinosas y montañosas constituida por las tierras altas y abruptas (Escobedo, 2010.) El paisaje de llanura amazónica abarca una superficie de 567 199 ha, (20,77%). Una pequeña parte está gobernada por la dinámica fluvial del río Pachitea. Una gran parte de estas áreas está constituida por depósitos fluviales recientes y subrecientes habiéndose originado ambas formas de tierra a base de terrazas bajas inundables y no inundables. El paisaje montañoso y colinoso es el más extenso y abarca una superficie de 2 140 469 ha (78,34%). Está conformado por la cordillera andina y la cordillera subandina, formado por materiales sedimentarios e ígneos; las sedimentarias

están conformados por areniscas, lutitas margas y caliza entre otras y las ígneas por granito y granodiorita principalmente.

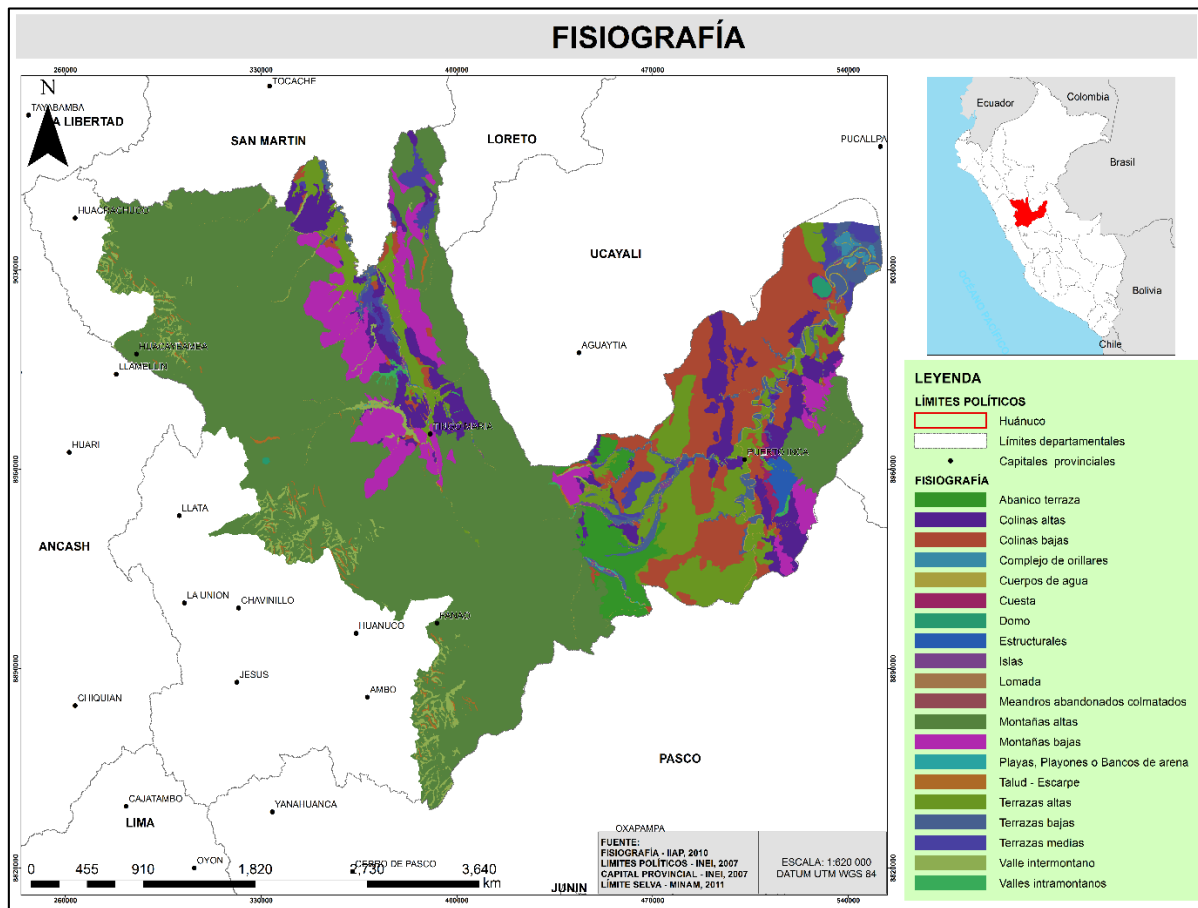


Figura 3: Fisiografía en la zona amazónica del departamento de Huánuco

### b. Clima

Rodríguez (2010) indica que el clima dominante de la selva de Huánuco se caracteriza por una precipitación media mensual mínima de 55,1 mm en el mes de julio sobre la estación de menor altitud, Tournavista (provincia de Puerto Inca), y la máxima con 619,9 mm en la estación de Río Azul (provincia de Leoncio Prado) durante el mes de diciembre. El período más lluvioso, con lluvias mayor a 100 mm es de setiembre a mayo y el menos lluvioso de junio a agosto. La temperatura más alta ocurre en la estación de primavera (setiembre a noviembre), y la temperatura más baja ocurre en la invierno (junio a agosto). La humedad

relativa media mensual varía entre 75%, 83% y 92%, para el llano amazónico, cordillera subandina y cordillera oriental, respectivamente.

La evapotranspiración potencial disminuye al aumentar la altitud; en el Llano Amazónico el total anual es de 1 606,7 mm/año; en la Cordillera Subandina es de 898,0 mm/año y en la Cordillera Oriental es de 938,3 mm/año. Existe déficit en el área de la Cordillera Oriental y las partes altas de la Cordillera Subandina; en cambio, las áreas correspondientes a las partes bajas de la Cordillera Subandina y Llano Amazónico tienen exceso de agua (Rodríguez E. , 2010).

Para la selva de Huánuco se han identificado siete tipos de clima, indicados a continuación:

- Clima súper-húmedo y cálido, con déficit pequeño de agua en invierno (A r A' a'). Es el área que ocupa la cuenca baja del Huallaga, provincia de Leoncio Prado y las partes bajas de la provincia de Marañón (zonas de Tingo María y Uchiza).
- Clima súper-húmedo y templado frío, con déficit pequeño de agua en invierno (A r B'2 a'). Es el área que forma una franja abarcando las partes bajas de la Cordillera Subandina (zona de Tingo María hacia el túnel de Carpish).
- Clima húmedo y semicálido, con déficit moderado de agua invierno (B3 r B'4 a'). Es el área que forma una franja abarcando las partes altas de la Cordillera Subandina.
- Clima ligeramente-húmedo y cálido, con déficit pequeño de agua en invierno (B2 w B'4 a'). Abarca la parte del Llano Amazónico y frontera Norte con el departamento de Ucayali (zona de Tournavista).
- Clima moderadamente-húmedo y cálido, con déficit pequeño de agua en invierno (B2 r A' a'). Abarca la parte del Llano Amazónico (Puerto Inca) y frontera Este con el departamento de Ucayali (zona de Puerto Inca).
- Clima moderadamente-húmedo y cálido, con déficit moderado de agua en invierno (B2 w A' a'). Abarca la parte alta del Llano Amazónico y frontera con el departamento de Pasco (zona Sur de Puerto Inca).
- Clima moderadamente-húmedo y semi-frío, con déficit grande de agua en invierno (B2 s2 B'1 a'). Abarca la Cordillera Oriental (zona de Panao).

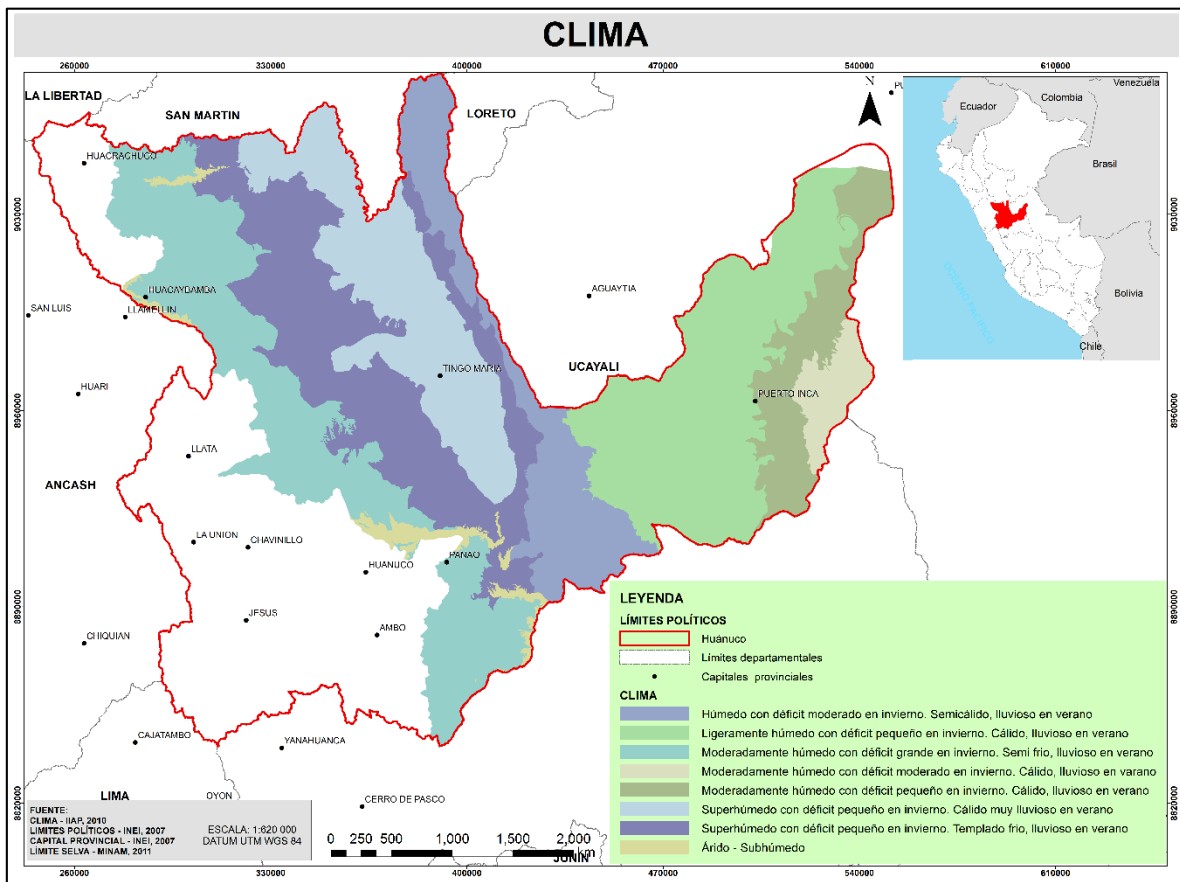


Figura 4: Distribución de los tipos de clima en la zona amazónica del departamento de Huánuco

### c. Hidrografía

La red hidrográfica de la selva de Huánuco está conformada principalmente por los ríos Pozuzo, Pachitea y Huallaga y sus tributarios, los dos primeros forman parte de la cuenca del río Ucayali y el segundo de la cuenca del río Marañón (García et al. 2010)

Los tributarios principales del río Pachitea, por la margen izquierda, son los ríos Yanayacu, Sungaroyacu y Macuya; y las quebradas Santa Isabel, Sungarillo, Shebonya, Rompe y Pata; por la margen derecha el río Yuyapichis y las quebradas Pintoyacu, Pumayacu, Sira, Estala, Baños y Ayamiría. El río Huallaga, se origina en el departamento de Pasco, al Sur de la Cordillera de Raura, en la laguna de Huascacocha, sus aguas descienden a través de un cauce

estrecho y rocoso, formando los valles interandinos de Ambo-Huánuco y los extensos valles de Tingo María en la Selva Alta de Huánuco. El río Huallaga es el principal afluente del río Marañón, al que vierte sus aguas por su margen derecha, en territorio del departamento de Loreto. Sus principales tributarios en Huánuco, por la margen izquierda, son los ríos Monzón, Chontayacu, Magdalena, Yanajanca, Huamuco y por su margen derecha, el río Tulumayo, Aucayacu y Pucayacu.

Los cuerpos de agua de la Selva de Huánuco se encuentran relativamente conservados, el río Huallaga sufre contaminación por la actividad minera realizada en las partes altas de Cerro de Pasco y Ambo, mientras que el río Pachitea en la cabecera de los ríos Negro y Yuyapichis; los focos de contaminación microbiológica se limitan a las partes cercanas de las principales ciudades y centros poblados como Codo del Pozuzo, Tingo María, Puerto Inca, Puerto Sungaro, Tournavista, Puerto Honoria, entre otros.

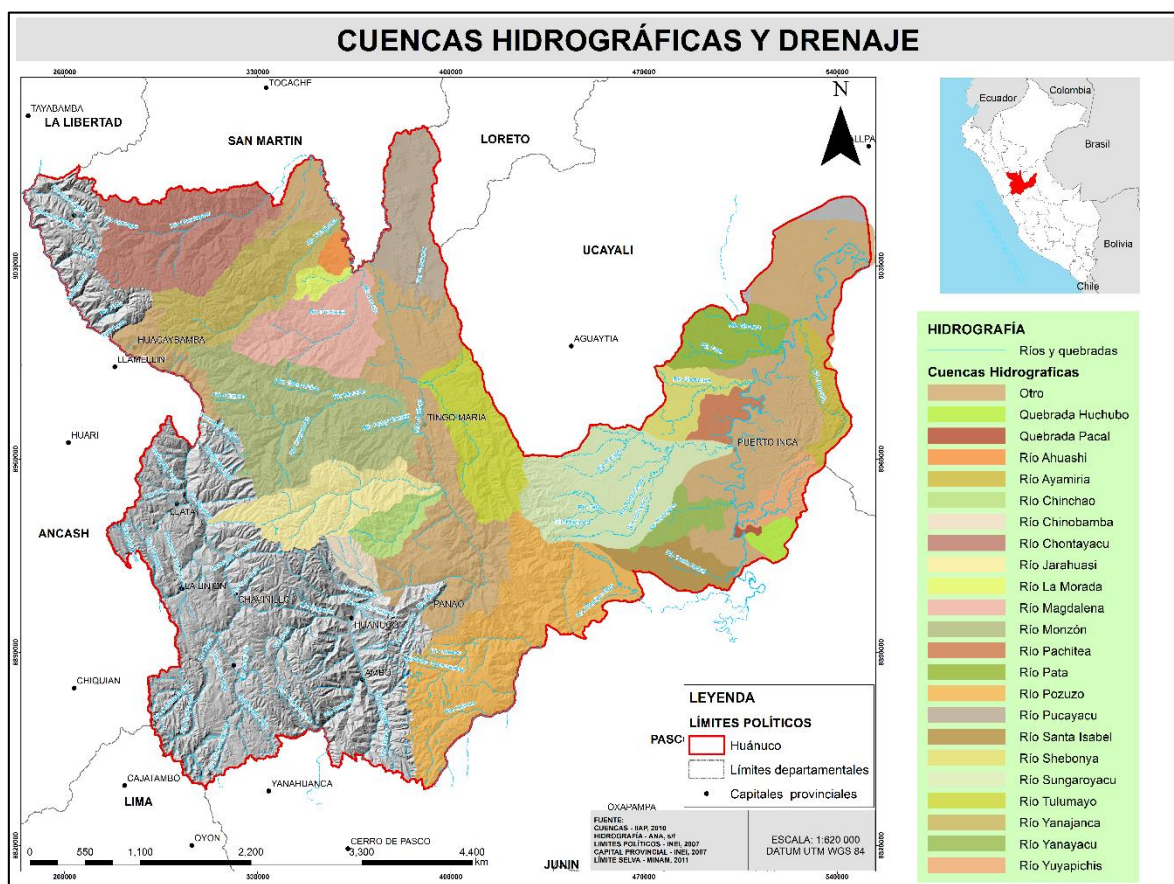


Figura 5: Cuencas y red de drenaje del área de estudio.



#### d. Suelos

En la zona de estudio se ha identificado tres órdenes de suelo Entisol, Inceptisol y Alfisol; seis subordenes, ocho grandes grupos y catorce subgrupo de suelos, que se representan en el Mapa mediante 33 consociaciones y 24 asociaciones de suelos. Los suelos dominantes, de acuerdo al (USDA, 2006), pertenecen a los Subgrupos Typic Dystrudepts y Typic Eutrudepts (Escobedo, 2010). A continuación se describen los suelos más predominantes en la zona:

Cuadro 1: Suelos predominantes en la Amazonía de Huánuco según Soil Taxonomy

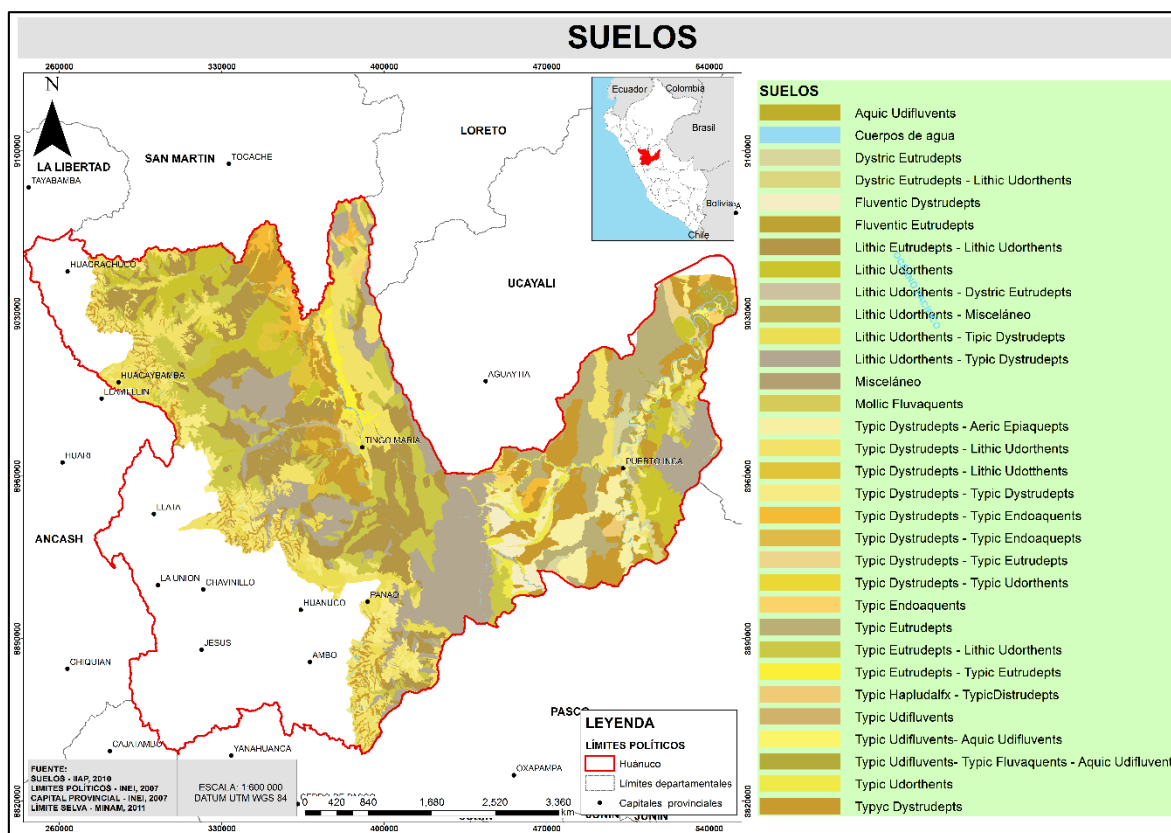
ORDEN	SUB ORDEN	GRAN GRUPO	SUB GRUPO	SERIE
Entisol	Fluvents	Udifluvents	Typic Udifluvents	Río Codo, Monzón, Capirona
			Aquic Udifluvents	Ñejilla
	Orthents	Udorthents	Typic Udorthents	Porvenir, Cascarilla, Pedregal, La Loma
			Lithic Udorthents	San Antonio, Nipón I, Palmichi, Typsa, Puente, Calera I, Santa Rosa Alta
	Aquepts	Fluvaquents	Mollic Fluvaquents	Azada
		Endoaquents	Typic Endoaquents	Aguajal
Inceptiso 1	Aquepts	Epiaquepts	Aeric Epiaquepts	Sacha Aguaje
	Udepts	Dystrudepts	Typic Dystrudepts	Tomay Rica, Pampa Hermosa, Gavilán, Nueva Honoria, Mono, Esperanza, Tournavista, Campo Verde, La Unión, Monterrico, Macuya, Bolaina, Inti, Rellano Wincomayo, Pasto, Cantos Rodados, Vista Alegre, Pueblo Nuevo, Guayaba, Milano ,Maroma, Pacae, San José
			Lithic Eutrudepts	Santa Rita, Liana
		Eutrudepts	Typic Eutrudepts	Pampamarca, Santa Rosa de Pata, Carbajal, Palestina, Nueva Victoria, Guayaba, Río Tigre
			Fluventic Eutrudepts	Terraza, Piscuya
			Aquic Dystric Eutrudepts	Nuevo Porvenir

ORDEN	SUB ORDEN	GRAN GRUPO	SUB GRUPO	SERIE
			Dystric Eutrudepts	Santa Juliana
			Aquertic Eutrudepts	Carretera

Fuente: United States Department of Agriculture, 2006.

Elaboración Propia.

Figura 6: Suelos predominantes en la Amazonía de Huánuco según Soil Taxonomy.



### e. Vegetación

La selva de Huánuco presenta una notoria biodiversidad con al menos 24 tipos de formaciones vegetales y aproximadamente 4 546 especies de plantas.

Las comunidades vegetales “naturales” que presentan las mayores extensiones son (Zárate, 2010):

- Bosques pequeños de montañas altas de la cordillera oriental (395 907 ha, 14,49%).

La peculiaridad de esta vegetación es ser un bosque pequeño de hasta 15 m de altura aproximadamente, con una notoria cantidad de especies epífitas, que se desarrolla en las montañas altas de la cordillera oriental. Estructuralmente aparenta tener un dosel claramente definido y un sotobosque, además presenta algunos árboles emergentes que tímidamente sobrepasan los 15 m. Las formas de vida más representativas corresponden a los pequeños árboles y la notoria cantidad de especies herbáceas epífitas.

- Bosques de montañas altas de la Cordillera Subandina (372 389 ha, 13,63%).

La característica de esta vegetación es la combinación de la una formación vegetal de fisonomía tipo bosque que se desarrolla en las montañas altas de la cordillera subandina, en la cual habitan una composición florística que tiende a ser peculiar.

La fisonomía de esta vegetación expresa bosques con árboles frondosos que pueden llegar a medir hasta 25-26 m de alto. Puede presentar los tres estratos y a su vez árboles emergentes que podrían llegar a los 30 m de alto y quizás un poco más. Los DAP están agrupados principalmente en las clases 10 a < 20 (41,3 %) y 20 a < 30 (15,0 %) y las formas de vida más dominantes corresponden a los árboles, seguido por los arbustos.

- Pajonales altoandinos (271 769 ha, 9,95%).

Esta vegetación corresponde una comunidad vegetal dominada exclusivamente por especies herbáceas adaptadas a las condiciones climáticas de las montañas altas a más de 4 000 msnm (Figura 28).

Estructuralmente presenta un solo estrato de menos de 30 cm de alto, con los individuos vegetales distribuidos muy adyacentemente entre ellos. Ciertas especies pueden formar pequeñas colonias, formando pequeños cojines; otras pueden estar muy separadas, en los cuales se nota el sustrato rocoso, el cual se puede extender incluso a varias hectáreas. Esta comunidad vegetal cubre el suelo en forma de paquetes alfombrados, pudiendo llegar a ocupar grandes extensiones continuas o claramente interrumpidas. Presenta una baja cantidad de biomasa.

- Bosques de colinas bajas de la Cuenca Amazónica (159 509 ha, 5.84%).

Esta formación vegetal corresponde a bosques frondosos de aproximadamente 25-30 m de alto que se desarrolla sobre las colinas bajas de la cuenca amazónica (Figura 11).

La fisonomía de esta vegetación expresa bosques densos de una altura considerable de hasta 30 m aproximadamente, los DAP están agrupados principalmente en 10 a < 20 (40.0 %) y 20 a < 30 (7.5 %).

Contrariamente las comunidades vegetales que presentan menos áreas corresponden a:

- Herbazal pantanoso de la Cuenca Amazónica (3463 ha, 0.13%).

La fisonomía de esta vegetación está dominada principalmente por hierbas pequeñas a medianas hasta aproximadamente 1,2 m de altura, que pueden estar flotando en el espejo de agua, arraigadas o sumergidas, formando pequeñas agrupaciones que pueden estar fijas o móviles en los cuerpos de agua. Normalmente las agrupaciones corresponden a una o pocas especies y principalmente las hojas son alargadas como de las de *Typhaceae*, *Poaceae* y *Cyperaceae*. Las formas de vida más importantes en esta vegetación son las hierbas.

- Bosque de Colinas bajas de la cordillera oriental (782 ha, 0.03%).

Esta formación vegetal corresponde a bosques frondosos de aproximadamente 25-30 m de alto que se desarrolla sobre las colinas bajas de la cuenca amazónica (Figura 11).

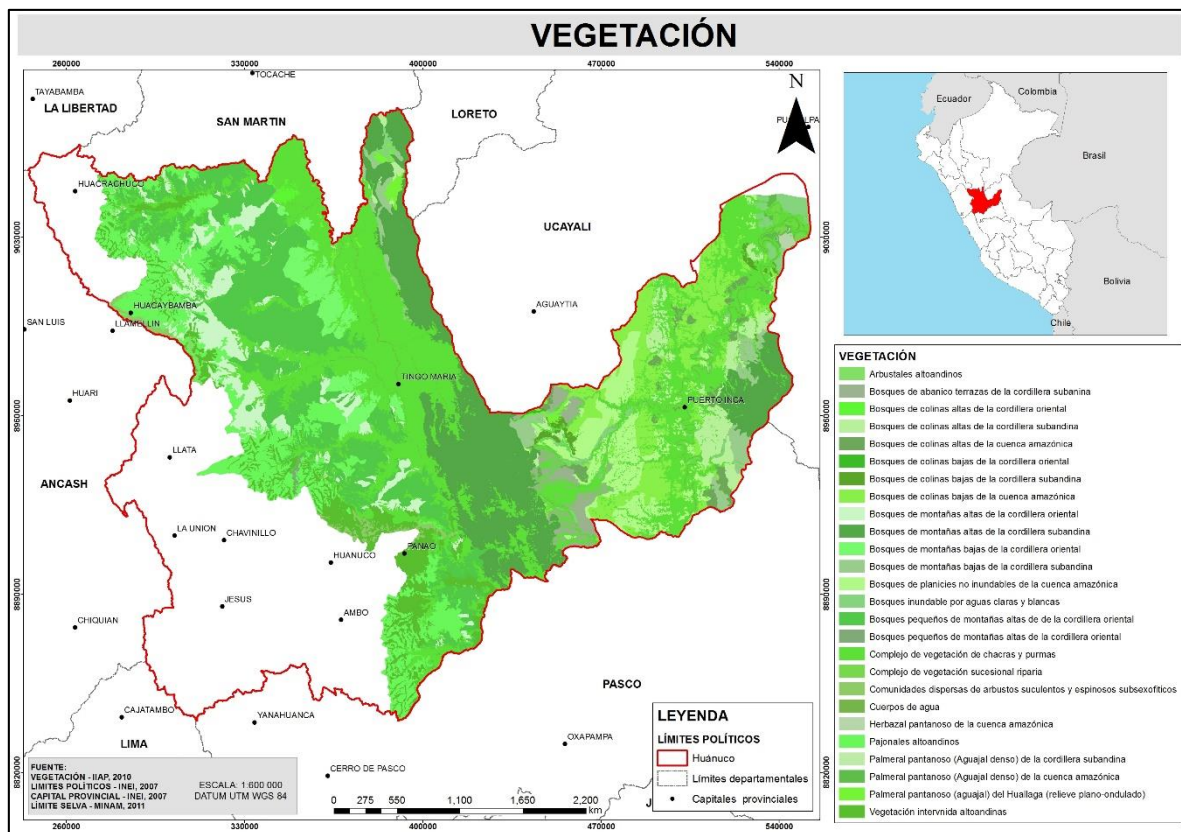
La fisonomía de esta vegetación expresa bosques densos de una altura considerable de hasta 30 m aproximadamente, los DAP están agrupados principalmente en 10 a < 20 (40.0 %) y 20 a < 30 (7.5 %)

- Palmeral pantanoso (Aguajal denso) de la Cordillera Subandina (251 ha, 0.01%).

Esta vegetación está dominada por grandes palmeras de *Mauritia flexuosa* (aguaje) asociadas con varias especies de árboles, que se desarrolla sobre sustratos pantanosos. Esta unidad de vegetación tiene dos subtipos: palmeral denso y palmeral mixto. El palmeral denso puede llegar a una altura de 25-30 m aproximadamente, con algunas palmas que pueden sobrepasar

fácilmente los 30 m, la estructura esta nítidamente dominada por la especie de aguaje. El palmeral mixto está dominado por la asociación entre las palmeras de aguaje (*Mauritia flexuosa*) y varias especies arbóreas que pueden llegar a medir 25-28 m aproximadamente que se desarrollan sobre sustratos pantanosos de la Amazonía.

Figura 7: Tipos de vegetación presentes en la región amazónica del departamento de Huánuco



#### f. Uso actual de la tierra

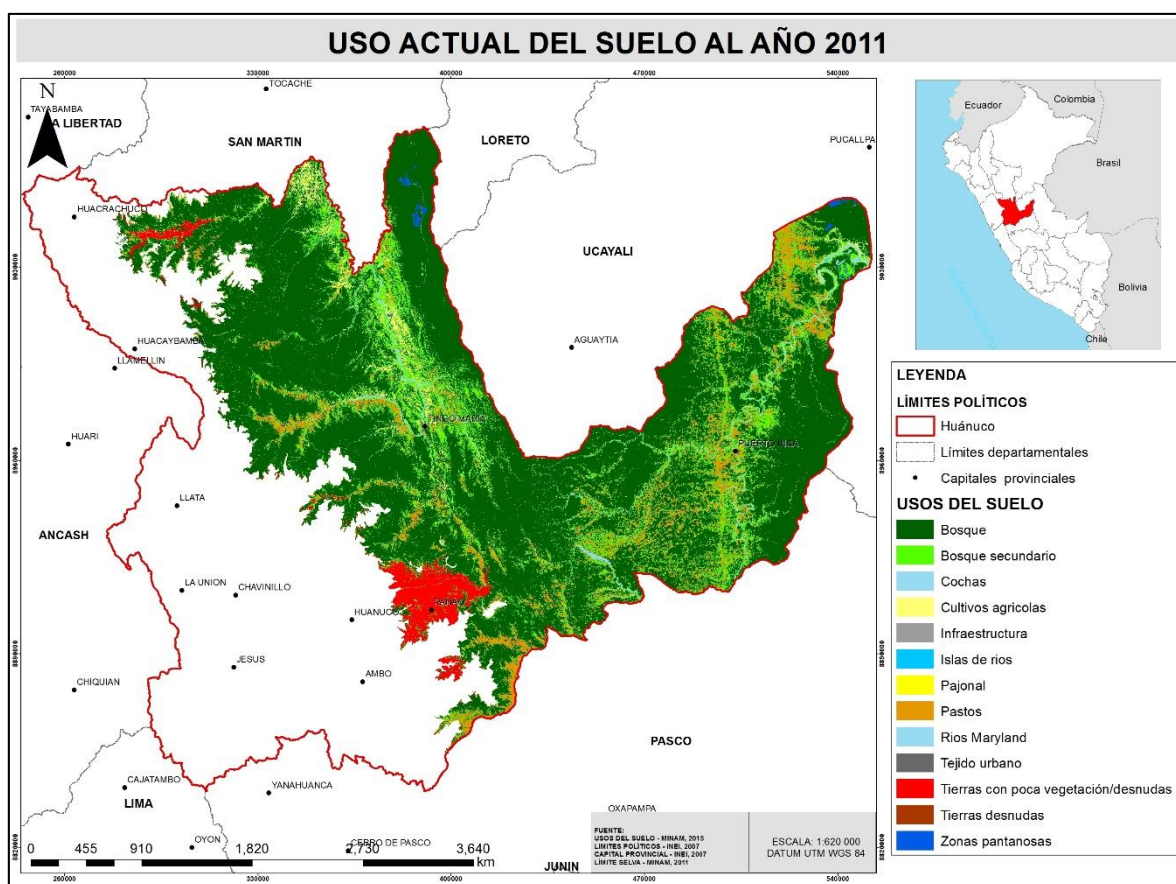
Desde el punto de vista del uso productivo, las tierras de la selva de Huánuco son predominantemente dedicadas a las actividades agrarias, combinada con otras de carácter minero e hidrocarburífero.

La actividad agraria está basada principalmente en la ganadería, la producción agrícola de cultivos industriales (“café” y “cacao”) y de consumo directo (“plátano”, “naranja”, “mandarina”, “papa” “piña”, “papaya”, “palta”, “guanábana”, “cocotero”, “cocona” y

“yuca”) entre otros, así como de la extracción de madera para aserrío tanto del medio natural a través de concesiones como de plantaciones forestales (Ramirez, 2010)

Se han identificado doce unidades de uso productivo de las tierras: uso agropecuario con predominio de del cultivo de maíz y arroz, plátano y cacao, café, alto andinos, ganadero, subsistencia, coca, aprovechamiento forestal, extracción minera, extracción de hidrocarburos, uso urbano y tierras con uso desconocido.

Figura 8: Mapa uso actual de la tierra al año 2011



Cuadro 2: Superficie de los usos de la tierra de la región Huánuco

USO DE LA TIERRA	ÁREA (ha)
Bosque Primario	1 690 715,4
Bosque Secundario	331 909,0
Cochas	573,3

<b>USO DE LA TIERRA</b>	<b>ÁREA (ha)</b>
Cultivos agrícolas	53 172,3
Infraestructura	343,6
Islas de ríos	750,4
Pajonal	37,4
Pastos	180 385,3
Ríos y quebradas	40 782,8
Tejido urbano	1 111,8
Tierras con poca vegetación/desnudas	74 261,2
Zonas pantanosas	4 931,8
<b>TOTAL</b>	<b>2 378 974,3</b>

Fuente: (MINAM, 2015)

#### 4.1.2. ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS

##### a. Población y pobreza

En el cuadro 3 se presenta el escenario del área de estudio, de acuerdo a los datos proporcionados por el INEI.

Cuadro 3: Cifras demográficas de las provincias del área de estudio

	<b>HUÁNUCO</b>	<b>LEONCIO PRADO</b>	<b>MARAÑÓN</b>	<b>PUERTO INCA</b>	<b>HUACAY-BAMBA</b>	<b>HUAMA-LIES</b>	<b>PACHITEA</b>	<b>TOTAL</b>
Población total	270 233	116 965	26 620	31 032	20 408	66 450	60 321	592 029
Población Hombres	133 057	61 193	13 677	17 013	10 201	33 686	30 454	299 281
Población Mujeres	137 176	55 772	12 943	14 019	10 207	32 764	29 867	292 748
Población urbana	163 235	68 747	4 007	6 169	3 704	18 696	8 629	273 187
Población rural	106 998	48 218	22 613	24 863	16 704	47 754	51 692	318 842
Densidad Población (hab/km <sup>2</sup> )	67,2	23,6	5,5	3,1	11,7	21,1	22,9	22

Fuente: INEI (2007)

Elaboración: Propia

Aproximadamente el 54% de la población de las provincias que están incluidas en el área de estudio vive en el área rural y el 46% en el área urbana. Se observa que Huánuco es la provincia con mayor concentración de población urbana, con el 60%. En esta provincia se

ubica la capital departamental, por ello su importancia en el campo económico, social y el principal foco de atracción de migrantes interregionales. En provincias que pertenecen completamente al ámbito amazónico como: Puerto Inca y Pachitea, esta diferencia es aún más evidente, más del 80% de la población vive en el área rural.

La provincia de Puerto Inca es la que concentra a gran parte de la población indígena, la cual mantiene una economía basada en la recolección, caza y agricultura de subsistencia en el ámbito de sus territorios (Vidalón, 2010)

#### **b. Actividades productivas**

Huánuco cuenta con una superficie territorial de 36 848,85 kilómetros cuadrados, de los cuales el 45,8% comprende a la sierra y 54,2 % a la zona de selva. El 66 % de la PEA (población económicamente activa) de la zona de estudio se dedica a la agricultura, que se realiza en unidades de producción de 2 a 5 hectáreas en promedio, existiendo una alta fragmentación de las parcelas (minifundios). Predomina una agricultura de autoconsumo, destacando algunos cultivos comerciales, como el café, cacao, arroz, maíz amarillo, algodón, té y frutales (plátano, papaya). Los cultivos que son base de su alimentación de la población rural y nativa son: Yuca, plátano, maní, pituca, papaya, piña, frutales nativos (maracuyá, cocona, taperibá, guaba o pacay, aguaje, zapote, caimito, coco, pomarrosa, guanábana).

La inmigración de poblaciones pobres, principalmente de los departamentos de la sierra, a un cambio de paisaje diferente ha generado el uso inadecuado de los suelos, sin tener en cuenta su capacidad de uso, originando la pérdida de los suelos y especies forestales.

El incremento de la demanda del cultivo de la coca, ha creado una economía artificial que implica mayores áreas de deforestación; y, sumada a las implicancias sociopolíticas, influye directamente en el desarrollo socioeconómico de esta zona.

La ganadería se caracteriza por una crianza extensiva, con bajo nivel tecnológico, en áreas ubicadas principalmente en los márgenes de los ríos y de las carreteras (Vidalón, 2010)



### **c. Principales amenazas**

El área del estudio se encuentra en uno de los departamentos con los mayores porcentajes poblacionales de pobreza 42,6% (INEI, 2015) y uno de los más bajos Índices de Desarrollo Humano (IDH) a nivel provincial, donde Marañón, Pachitea, Huacaybamba y Huamalies se encuentran en el último quintil a nivel nacional (PNUD, 2013). Serios problemas de salud, educación, seguridad alimentaria, infraestructura, agua, saneamiento, etc. generan un interés por actividades que generen alta rentabilidad en el corto plazo, como lo es el cultivo ilegal de la coca, o la instalación de plantaciones de palma aceitera que trae consigo riesgos de deforestación de grandes áreas de bosque, conflictos por acceso a recursos, pérdida de biodiversidad entre otros (PNUD, 2013).

## **4.2.METODOLOGÍA**

El proceso de análisis espacial e identificación de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal se basó fundamentalmente en las características de la región, en la metodología “Análisis espacial con Múltiples Criterios Espaciales” y en el uso de diversos programas de análisis espacial.

El marco metodológico se dividió en tres etapas principales, la primera fase consistió en definir los objetivos de la restauración en la región e identificar los criterios e indicadores asociados a cada objetivo; la segunda fase consistió en construir una capa ráster para cada uno de los indicadores sobre la base de los datos disponibles para la región de estudio y evaluar cada uno en función a su conveniencia para la restauración, determinando si es un indicador de factor de coste o beneficio y asignación de pesos a criterios e indicadores en función a su importancia relativa para la restauración; y una tercera fase de estandarización y agregación de todas las capas espaciales de indicadores para la obtención del mapa de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal.

### **4.2.1. RECOPIACIÓN Y ANÁLISIS DE INFORMACIÓN SECUNDARIA**

Se identificaron varias fuentes de información. En primer lugar se visitó el ciberespacio de varias instituciones como el MINAM, INEI, NATURE SERVE, MTC, SERNANP y

SENAMHI de los cuales se recopiló información espacial oficial en formato shapefile<sup>1</sup>. Seguidamente, se identificaron los vacíos de información y se solicitó información a las instituciones MINAM (DGOT y Proyecto REDD+) para las diferentes variables a utilizarse.

Mediante el uso de herramientas para el geoprocésamiento de datos se crearon modelos basados en la suma de múltiples coberturas o variables. Para este ejercicio se utilizó ArcMap y la herramienta de Map Model Builder. Así, el primer paso fue el de convertir las coberturas tipo vector a raster<sup>2</sup> y estandarizar los valores. Una vez obtenidas todas las capas espaciales de los indicadores, se procedió a hacer una suma de todas las variables y definir categorías (quintiles) para priorizar áreas para restauración.

#### **4.2.2. IDENTIFICACIÓN DE LOS OBJETIVOS DE PRIORIZACIÓN**

Se tuvo como base las directrices para la restauración forestal propuestas por la OIMT (2002), las áreas priorizadas tendrán el mayor potencial e importancia para cumplir con los siguientes objetivos:

##### **a. Mejorar la biodiversidad a nivel del paisaje:**

La degradación y fragmentación de la cobertura forestal es considerada una de las principales causas de la pérdida de la biodiversidad. Una prioridad importante para la mejora de la biodiversidad sería mantener/establecer un mosaico de paisajes semi-naturales conectados en los diferentes usos de la tierra en el paisaje. Este objetivo de restauración está enfocado en evaluar los parches de bosque y las características asociadas a estos en base a un conjunto de criterios, priorizando parches de bosque de acuerdo a sus valores de importancia en la mejora de la biodiversidad. Para ello se aplicó un filtro de análisis que contiene los remanentes forestales de bosque primario mayores a 10 hectáreas de la región Huánuco, ya que estudios

---

<sup>1</sup> Un shapefile es un formato de almacenamiento de datos vectoriales de Esri para almacenar la ubicación, la forma y los atributos de las entidades geográficas.

<https://doc.arcgis.com/es/arcgisonline/reference/shapefiles.htm>

<sup>2</sup> Matriz de celdas (o píxeles) organizadas en filas y columnas (o una cuadrícula) en la que cada celda contiene un valor que representa información: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/managedata/raster-and-images/what-is-raster-data.htm>

descubrieron que es el tamaño necesario para conservar diferentes procesos que tienen un efecto muy importante en la conservación de la biodiversidad (García y Gagliardi 2009).

En una segunda etapa y ya identificados los parches clave de bosque de alto valor para la mejora de la biodiversidad, se priorizó los parches de agricultura y pastos con el mayor potencial para mantener la conectividad, por conformar rutas de menor costo o menor resistencia para el movimiento de las especies entre los parches clave de bosque.

**b. Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos, áreas donde la degradación haya provocado fallas en el funcionamiento del ecosistema:**

Entre los beneficios ambientales derivados de asegurar las diversas funciones ecológicas de los bosques se pueden incluir la prestación de servicios ecosistémicos, tales como la regulación de los flujos hidrológicos y la protección contra la erosión del suelo. Este análisis fue aplicado estrictamente a las categorías de uso del suelo “Cultivos agrícolas” “Pastos” y “Tierras desnudas”. Las categorías con algún grado de cobertura vegetal natural (bosques primarios y secundarios) fueron utilizadas como variables de proximidad para el análisis, por su capacidad de brindar los servicios ecosistémicos mencionados y no como variables donde se desea aplicar el análisis.

**c. Mejorar el bienestar del hombre y, en particular, apoyar actividades generadoras de ingresos:**

La Restauración Forestal ayudará a crear nuevos bienes que contribuyen directamente al crecimiento económico local (productos básicos comerciables, madera en rollo, productos forestales no maderables). Las áreas prioritarias deben ser los sitios apropiados para la producción de especies de alto valor que se encuentren cerca de la infraestructura existente. Este análisis utiliza un filtro de análisis que contiene exclusivamente las categorías de uso del suelo “Cultivos agrícolas”, “Pastos” y “Tierras desnudas”.

### **4.2.3. IDENTIFICACIÓN Y EVALUACIÓN DE CRITERIOS E INDICADORES RELEVANTES**

La lista de criterios e indicadores para realizar la identificación de áreas prioritarias para restauración forestal fueron tomados y adaptados de (Orsi et al. 2011). Estos indicadores fueron elegidos en base a dos criterios: espacialidad, es decir, su capacidad de ser visualizados en un mapa, y la disponibilidad de datos sobre el área de estudio.

Los expertos y partes interesadas llenaron una ficha (*ver Anexo 01*) donde se recogió información relevante con respecto al valor de importancia de cada criterio e indicador.

Para la evaluación del objetivo 01 se definieron 04 criterios, compuestos por 09 indicadores (Figura 09), que fueron sometidos a un análisis espacial para determinar parches de bosque clave en la mejora de la biodiversidad del paisaje. El objetivo 02 (Figura 10) fue evaluado por dos criterios; sin embargo, para este objetivo se definió que estos criterios (Control de la erosión y Regulación hídrica) son independientes y tienen el mismo valor de importancia y por ende fueron sometidos a análisis por separado. El objetivo 03 (Figura 11) fue evaluado en base a 04 criterios que incluyen 07 indicadores que fueron sometidos a un análisis espacial para determinar parches sin cobertura boscosa que tienen un alto potencial para el establecimiento de cobertura forestal con fines productivos.

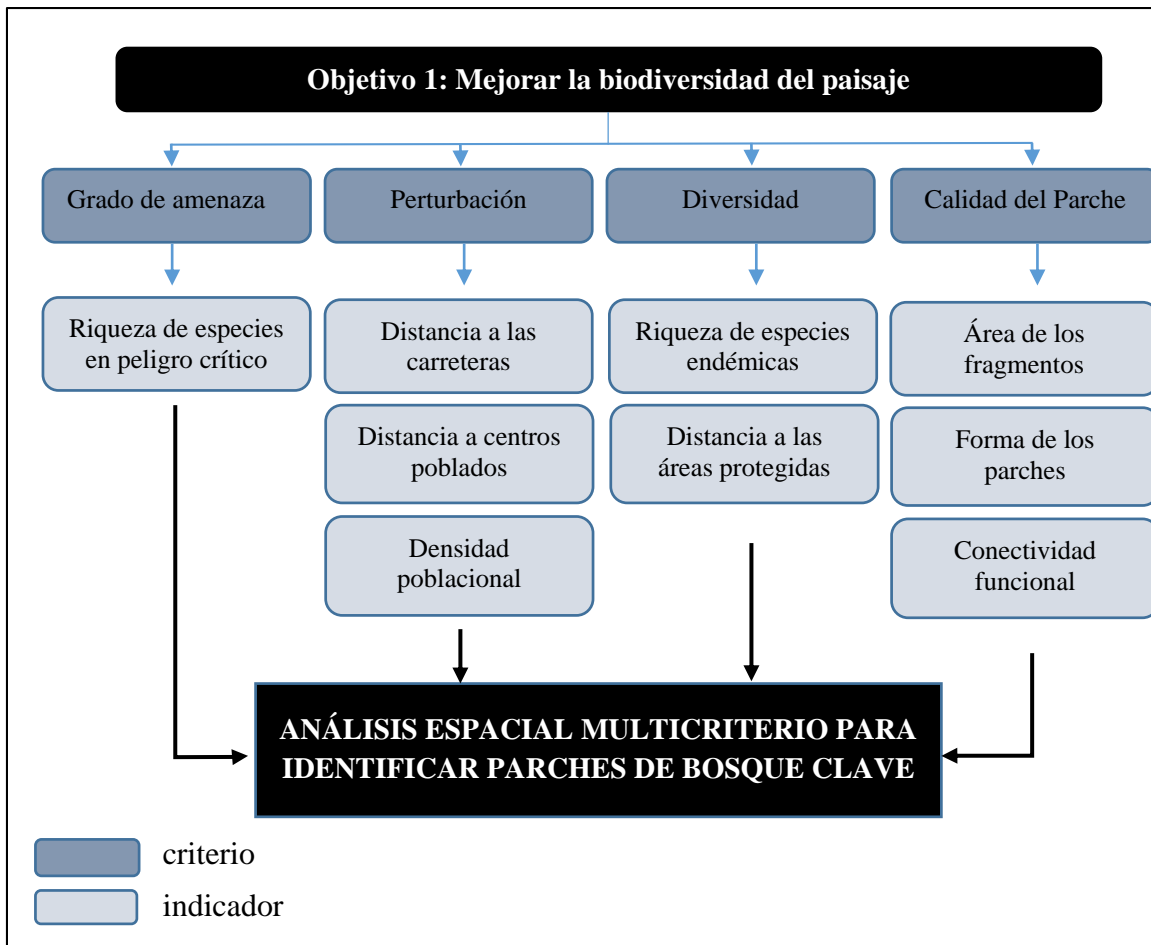


Figura 9: Diagrama jerárquico de mapas criterios e indicadores para la identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal según el objetivo 1.

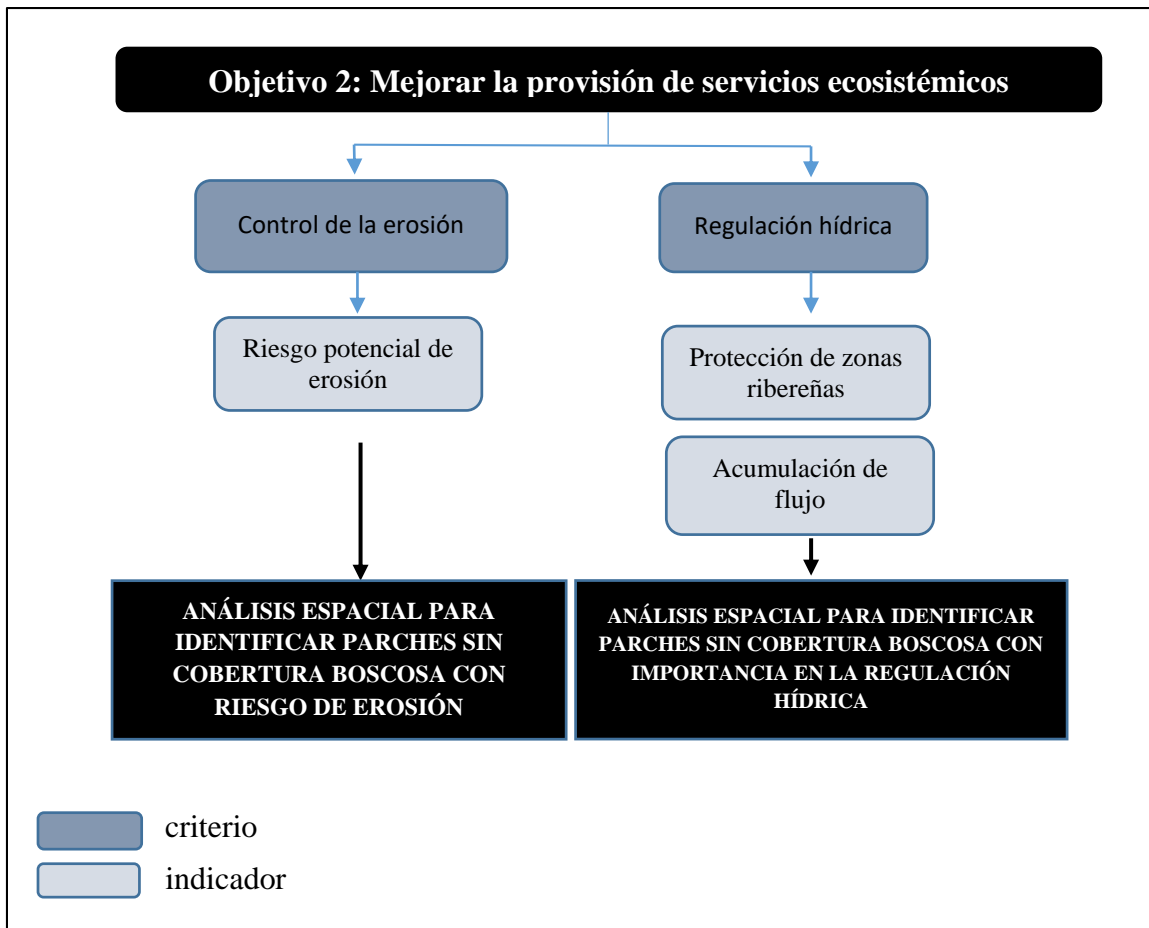


Figura 10: Diagrama jerárquico de mapas criterios e indicadores para la identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal según el objetivo 2.

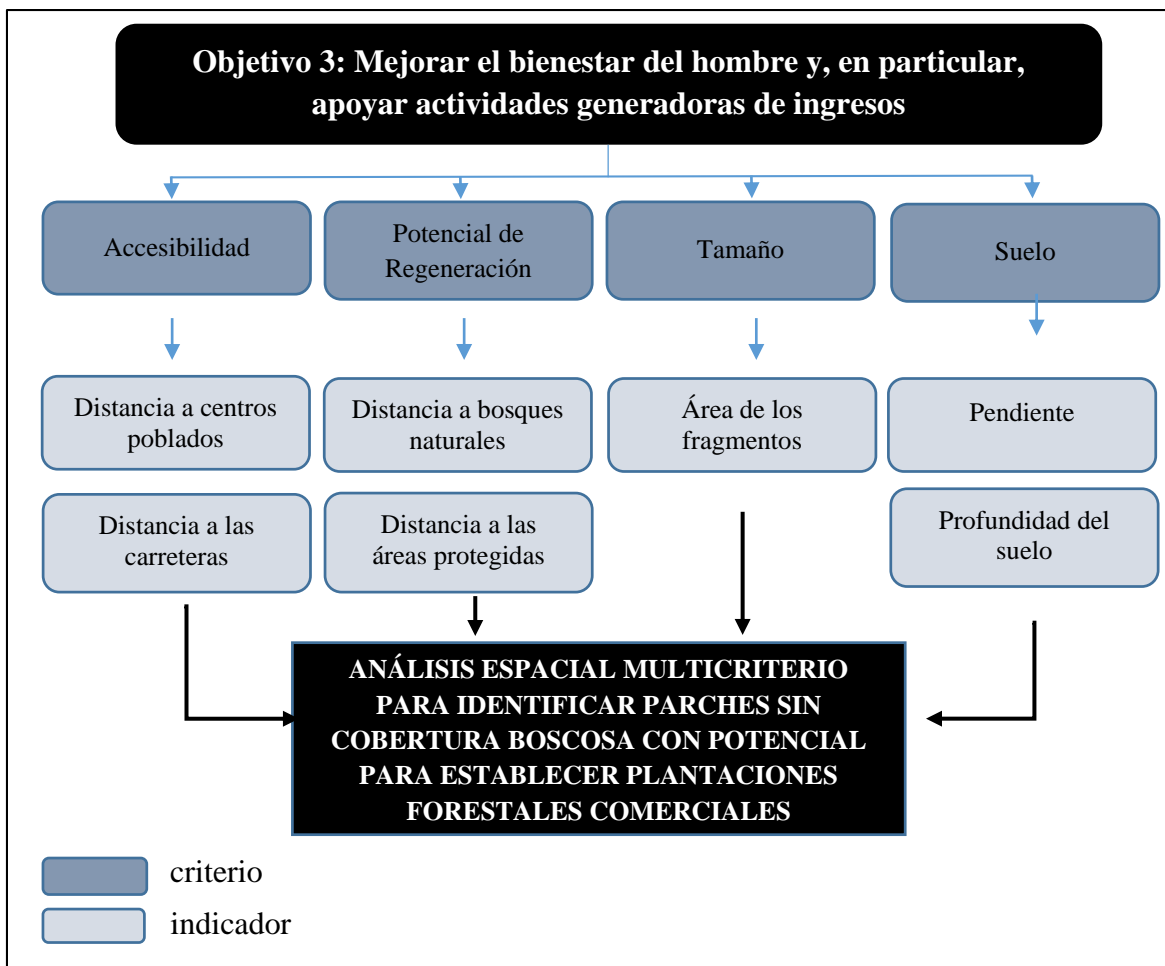


Figura 11: Diagrama jerárquico de mapas criterios e indicadores para la identificación de áreas prioritarias para la restauración forestal según el objetivo 3.

#### d. Intervalos de conveniencia de los indicadores con respecto al objetivo de priorización

Se buscó la opinión de los expertos y las partes interesadas sobre cuáles son las condiciones óptimas para cada indicador identificado. Se identificaron dos vías para maximizar los valores deseables de cada criterio e indicador, correspondiente con un tipo de factor: 1, factor de coste (los valores más bajos son la mayor conveniencia para la priorización del objetivo X) y 2 factor de beneficio (los valores más altos son la mayor conveniencia para la priorización del objetivo X).

*e. Asignación del valor de importancia de los criterios e indicadores*

La asignación de pesos tiene por objetivo expresar en términos cuantitativos la importancia de los distintos elementos para favorecer o ser afectados por un determinado contexto. La información sobre la importancia relativa de los criterios e indicadores se realizó con el método de comparación de pares, éste procedimiento permite realizar comparaciones tanto en factores cuantitativos como cualitativos utilizando una escala diseñada por Saaty (1977), este tipo de escala reduce los niveles de incertidumbre y subjetividad propio de todo proceso de decisión humano (Celemín, 2010) y permite incorporar experiencia y conocimiento.

Se diseñó un formato (Anexo 04) que fue aplicado a 08 expertos, quienes completaron una matriz de comparación por pares de los criterios e indicadores y asignaron un valor de acuerdo a la escala detallada a continuación:

*Cuadro 4: Escala fundamental del Proceso de Análisis Jerárquico*

<b>INTENSIDAD DE IMPORTANCIA</b>	<b>DEFINICIÓN</b>
1	Igual importancia
3	Ligeramente más importante
5	Importancia fuerte
7	Importancia muy fuerte o importancia demostrada
9	Absolutamente más importante

Fuente: Modificado de Saaty (1977)

Los valores en la matriz son numéricos y el método para garantizar los resultados impuso un par de restricciones lógicas: (i) cuando se compara una alternativa contra sí misma, se le asigna “igual importancia”, y (ii) si a la opción i se le asigna un número x al compararla con la opción j, entonces cuando se compare la opción j contra la opción i el valor que se le asignará a dicha comparación es 1/x.

Una vez completada la matriz se normalizó cada columna, sumando las filas y volviendo a normalizar para alcanzar el autovector principal ‘W’ (Rosales, 1999), el cual supone el peso obtenido por cada criterio o indicador (Saaty, 2003). Estos procesos fueron realizados con la herramienta de código abierto PriEst (Siraj et al. 2013) para todas las matrices recibidas.



	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	W
C <sub>1</sub>	1	3	6	0.60
C <sub>2</sub>	1/3	1	3	0.23
C <sub>3</sub>	1/6	1/3	1	0.17

Fuente: (Rosales, 1999)

*Donde:*

*C<sub>x</sub>: Criterio x*

*W: Autovector principal o peso de criterio*

Posteriormente, para asegurar que la toma de decisión fuese lo más objetiva posible, las preferencias hechas por el grupo de expertos en el transcurso de las comparaciones por pares deben ser lo más consistente posible, para ello se aplicó el índice de consistencia, éste valida que los juicios no tengan errores entre ellos; es decir, que no se haya producido contradicciones en los mismos. Un decisor perfectamente consistente siempre debe obtener una razón de consistencia igual a 0,  $RC = 0$ , pero pueden ser tolerados valores pequeños de inconsistencia. En particular, un valor de este coeficiente inferior a 0.10 es considerado aceptable (Saaty, 1980). Para aquellos casos en que este valor fue mayor, las opiniones y los juicios fueron reevaluados. La razón de consistencia (RC), se expresa como el cociente entre índice de consistencia de la matriz (IA) y el índice de consistencia aleatorio (IA).

El índice de consistencia estuvo dado por:

$$IC = (Y - n)/(n - 1) \quad \text{Ecuación 1}$$

Dónde:

IC=índice de consistencia;

Y= promedio del vector de consistencia;

n= número de criterios o indicadores usados.

Con este índice se calcula la razón de consistencia mediante la siguiente ecuación:

$$PC = IC/IA \text{ Ecuación 2}$$

Dónde:

RC=Razón de consistencia;

IA=Índice aleatorio de consistencia; que es el índice de consistencia de una matriz de comparaciones pareadas generada aleatoriamente, en el cuadro 05 se puede observar que el IA depende del número de elementos pareados.

*Cuadro 5: Índice aleatorio de consistencia*

<b>n</b>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>IA</b>	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.51

Fuente; (Saaty, 1980)

#### *f. Estandarización de criterios*

Criterios que no se expresan a través de una escala cuantitativa, sino a través de clases (uso de la tierra, calidad del suelo, grado de erosión) se han convertido en rangos cuantitativos mediante la asignación de valores de acuerdo a información de literatura y consulta.

Posteriormente, como los indicadores presentan diversas unidades y escalas de medición que podrían alterar el resultado final, fue necesario transformarlos en unidades o escalas conmensurables, para ello se utilizó la metodología de estandarización citada por Imbach (2005) denominada *Score range procedure*, donde para los indicadores de beneficio (el valor es directamente proporcional a su importancia, es decir, cuanto más alto el valor, más significativo es) se utilizó la Ecuación 3 y para los indicadores de costo (el valor es inversamente proporcional a su importancia, es decir, cuanto más alto el valor, menos significativo se utilizó la Ecuación 4.

$$X_{ij} = \left[ \frac{X_{ij} - X_{jmin}}{X_{jmax} - X_{jmin}} \right] \text{ Ecuación 3}$$

$$X_{ij} = \left[ \frac{X_{jmax} - X_{ij}}{X_{jmax} - X_{jmin}} \right] \text{ Ecuación 4}$$

*Donde:*

X<sub>ij</sub> = valor (pixel o polígono) estandarizado

X<sub>ij</sub> = valor (pixel o polígono)

X<sub>j</sub>máx = máximo valor (pixel o polígono)

X<sub>j</sub>mín = mínimo valor (pixel o polígono)

Adaptado de Imbach (2005)

#### **4.2.4. CONSTRUCCIÓN DE MAPAS CRITERIOS&INDICADORES**

Se compiló, procesó y estandarizó el conjunto de capas espaciales necesarias para identificar las áreas prioritarias para la restauración forestal y en base a los indicadores definidos para cada objetivo de priorización. Las capas fueron generadas en formato raster, a nivel de píxel con una resolución de 30 metros, en proyección UTM y Datum WGS 84. Los mapas generados pueden ser visualizados en el Anexo 02.

##### **a. Grado de amenaza**

El criterio grado de amenaza está compuesto por un indicador: el número de especies en peligro crítico y muy crítico en cada parche de bosque ubicado en el área de estudio. Cuanto mayor sea el número de especies vulnerables a la extinción que se encuentran en una misma área, mayor grado de amenaza supondrá.

##### **a.1. Riqueza de especies en peligro crítico y en peligro**

Se elaboró un mapa de riqueza potencial de especies amenazadas en peligro y peligro crítico para aves, reptiles, anfibios y mamíferos, el listado de especies amenazadas se elaboró en base al Decreto Supremo N°004-2014-MINAGRI. Las capas espaciales de la distribución de cada especie se descargaron de la base de datos de la Red List of Threatened Species de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN).

Se generó una rejilla de hexágonos de 10 km<sup>2</sup> que cubrieron toda el área de estudio usando la extensión Jenness Enterprises del ArcGis 10.1. Posteriormente, con la herramienta de análisis Hawth's, se generó el mapa de riqueza mediante el conteo de las capas de distribución de cada especie amenazada que se superpuso en cada hexágono de la rejilla.

## **b. Perturbación**

El criterio perturbación sirve para evaluar la presión que los habitantes ejercen sobre los recursos naturales de un parche de bosque. Diversos estudios muestran la conexión inversa entre la población y el bosque, en especial, cómo el rápido crecimiento de la población está asociado con la deforestación masiva. El criterio perturbación es evaluado por los indicadores; distancia a carreteras, distancia a centros poblados y densidad poblacional.

### **b.1 Distancia a las carreteras**

Las carreteras pueden inhibir el movimiento de pequeños mamíferos y otros vertebrados (Vargas-Salinas y López-Aranda, 2012), estudios confirman que también causan un aumento en la permeabilidad a los impactos externos al incrementar las áreas marginales o de borde que se perciben en el microclima, estructura y composición de la vegetación, abundancia y diversidad de la comunidad de invertebrados, respuestas comunitarias y específicas de las aves (Delgado et al. 2004)

El mapa de distancia a las carreteras (vías nacionales, departamentales y vecinales) se generó ejecutando la herramienta distancia euclidiana del ArcGis 10.2.

### **b.2 Distancia a centros poblados**

Newton y Tejedor (2011) señalan que el proceso de destrucción y modificación del paisaje puede ser conceptualizado como un proceso continuo, asociado a la influencia de las perturbaciones humanas. Estas modificaciones incluyen cambios en la estructura, composición biótica, patrones de diversidad de las especies que habitan el bosque históricamente o funcionamiento ecosistémico del hábitat.

El mapa de distancia a los centros poblados se obtuvo ejecutando la herramienta distancia euclidiana del ArcGis 10.2. Este mapa no considera la cantidad de población de cada punto que representa un centro poblado.

### **b.3 Densidad poblacional**

Se ejecutó el análisis Kernel Density Estimation (KDE), que es un método estadístico que define el uso del espacio de una manera probabilística, estimando la distribución de uso y generando patrones espaciales sobre la distribución de la población; de esta manera se puede comprender determinados fenómenos de dinámicas poblacionales (Parets, 2012).

Antes de ejecutar Kernel se debe llevar a cabo un análisis que permita determinar la existencia de agregación espacial de los puntos que representan los centros poblados. Para ello se aplicó el índice Average Nearest Neighbor (ANN), que consiste en un tipo de estadística espacial que calcula el valor medio de la distancia entre cada uno de los incidentes y su incidente más próximo (su “vecino” más cercano) y posteriormente calcula una ratio o índice comparando dicha medida, con el valor de la distancia media entre los incidentes de una distribución aleatoria. De esta manera y como resumen del proceso estadístico, se obtiene el índice ANN que nos evidencia la existencia de agregación espacial o clusters si su valor es inferior a 1.

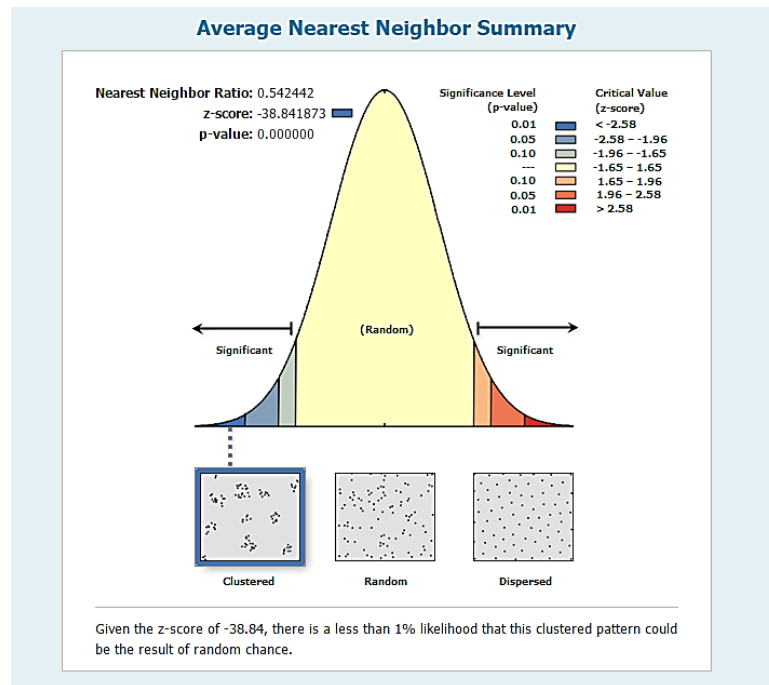


Figura 12: Índice Average Nearest Neighbor (ANN) de los centros poblados

El índice ANN = 0.54 para la distribución espacial, lo que indica que los centros poblados tienden a agregarse espacialmente formando “cluster”.

El análisis Kernel generó una superficie ráster en base a la variación de la densidad de la población de los centros poblado a través del área de análisis. En primer lugar se genera una malla con un tamaño de celda determinado sobre la distribución espacial de los centros poblados. Después una función tridimensional de un radio de búsqueda determinado se pasa por cada celda y calcula los pesos, en función a la población, para cada centro poblado dentro del radio determinado.

Los centros poblados más próximos al centro de la función reciben un mayor peso y por lo tanto, contribuyen en mayor medida al valor total de la densidad de la celda. Finalmente, los valores de las celdas son calculados mediante el sumatorio de los valores de población.

El parámetro crítico que determina la calidad del análisis KDE es el radio de búsqueda de la función tridimensional nombrada anteriormente, de manera que si implementamos un radio elevado de búsqueda estaremos sobredimensionando los clúster de densidad poblacional, mientras que ocurrirá lo contrario si realizamos el análisis con un radio demasiado pequeño (Guerra, 2004). Después de ensayos con diferentes valores de radio de búsqueda, la representación cartográfica que mejor se ajusta se da con un radio de 10 000 metros.

### **c. Diversidad**

El criterio diversidad sirve para evaluar los parches de bosque con alta concentración de biodiversidad, se ha propuesto dos indicadores para medir la diversidad: número de especies endémicas y distancia a las áreas naturales protegidas.

#### **c.1 Número de especies endémicas**

Se elaboró un mapa de riqueza potencial de especies endémicas. Las capas espaciales de la distribución de cada especie (mamíferos, anfibios y aves) se obtendrán del estudio realizado por (Young, 2007).

Se generó una rejilla de hexágonos de 10 km<sup>2</sup> que cubrieron toda el área de estudio, se usó la extensión Jenness Enterprises del ArcGis 10.1. Posteriormente con la herramienta de análisis Hawth's se generó el mapa de riqueza mediante el conteo de las capas de distribución de cada especie endémica que se superpusieron en cada hexágono de la rejilla.

#### **c.2 Distancia a las áreas protegidas**

Las áreas protegidas son una muestra de la biodiversidad de una región, a la que protegen de las amenazas externas. Restaurar en y alrededor de un área protegida significa mejorar el ecosistema forestal y crear una zona de amortiguación que protege al área de las perturbaciones. (Newton y Tejedor, 2011)

Se calculó la distancia de los parches de bosque a los bosques en las áreas naturales protegidas ejecutando la herramienta distancia euclidiana del ArcGis 10.1. A menor distancia mayor grado de riqueza de biodiversidad.

## **d. Calidad del Parche**

### **d.1 Área de los fragmentos**

El área de los parches fue clasificada de acuerdo a sus tamaños y estandarizados en una escala de 0 a 100, conforme la Ecuación 1a, dónde el tamaño menor recibió el valor 0 y el mayor el 100. Se asume que parches más grandes poseen mayor importancia no sólo para la conservación de la biodiversidad, sino también para el suministro de los demás bienes y servicios ecosistémicos. Muchos estudios demuestran que la presencia y abundancia de una determinada especie están positivamente relacionadas con el tamaño del parche del hábitat potencialmente ocupable (Vegas-Carillo, 2008). Una mayor área contendrá posiblemente mayor diversidad de especies arbóreas (Saunders et al. 1991), por tanto en los fragmentos de mayor tamaño la restricción en la disponibilidad de alimento para los animales será menor.

Mientras mayor sea el fragmento, menor será la posibilidad de exclusión inicial de especies con grandes ámbitos hogareños y más probable será que las poblaciones en él sean grandes, disminuyendo con ello el riesgo de extinción local. (Saunders et al. 1991)

### **d.2 Forma de los parches**

A medida que los fragmentos se hacen más irregulares, la relación perímetro/área aumenta promoviendo un incremento en la tasa neta de cambio (Saunders et al. 1991). Parches menos irregulares y deformes, tienden a tener un menor efecto de borde y por lo tanto suelen ser considerados más propicios a la conservación de la biodiversidad (Veluk Gutierrez et al. 2012)

Utilizando el programa FragStat, cada parche fue evaluado por el índice de dimensión fractal (IDF) propuesto por McGarigal y Marks (1994 ). La dimensión fractal es una medida cuantitativa de la complejidad de la forma, calcula el grado de complejidad de cada fragmento a partir de la relación entre área y perímetro (Vila et al. 2006).



Es considerado el medidor más adecuado para cuantificar la fragmentación de diferentes tipos de paisajes, además es un índice estadísticamente robusto (Turner, 1991) (Montero-Muñoz y Sáenz, 2007). El IDF tiene un rango de interpretación de 1 a 2 y cuanto más cercano al 1, más regular y uniforme es considerado el parche. Los valores obtenidos fueron ordenados y estandarizados en una escala de 0 a 1 a partir de la Ecuación 4.

### **d.3 Conectividad funcional**

La conectividad del paisaje puede definirse como el grado en que el paisaje facilita el movimiento a través de sus recursos existentes (Taylor et al. 1993). La conectividad de los hábitats forestales es clave para la conservación de la biodiversidad y el mantenimiento de las funciones ecológicas de los bosques (Hortal y Saura, 2008).

Parches remanentes de bosques tropicales, aun cuando degradados, son generalmente recursos valiosos para la biodiversidad local en procesos de restauración (Sayer et al. 2004), pequeños remanentes de vegetación nativa pueden ser la clave para la restauración de algunas funciones y procesos ecológicos, perdidos por la amenaza constante de la ampliación de la frontera agropecuaria. . Procesos de dispersión o desplazamiento de la fauna y flora se ve favorecido por la presencia de pequeños parches remanentes de bosque porque actúan como un “camino de piedras”, incrementando la conectividad del paisaje y manteniendo los procesos ecológicos que mantienen los ecosistemas (Kozakiewicz y Szaki mencionado por Useche (2006)).

El análisis se efectuó sobre los parches de bosque mayor a 10 ha. En estudios se descubrió que es el tamaño necesario para conservar diferentes procesos que tienen un efecto muy importante en la conservación de la biodiversidad (García y Gagliardi, 2009). Harvey y Sáenz (2008), también notaron que en los fragmentos menores a 10 ha en los andes colombianos, la composición de especies era del todo diferente a la de los fragmentos mayores.

Con el fin de realizar el análisis cuantitativo de conectividad, se utiliza el software Conefor Sensinode 2.2 (Saura y Pascual-Hortal, 2007). Esta es una poderosa herramienta para analizar las redes de conectividad del paisaje que puede calcular una serie de índices de conectividad,

Villavicencia et al. (2009) indican que el Índice binario (cada par de parches es considerado como conectado o no conectado) Integral de conectividad (IIC) basa su función con el uso combinado de los Sistemas de Información Geográfica, estructura de grafos y el flujo de dispersión estimada (distancias de desplazamiento de una determinada especie) entre diferentes parches en el paisaje, y la contribución de los parches de puntos de enlace o conexión de elementos que sostienen la conectividad entre otras zonas del paisaje, considera no solo el aspecto estructural sino también el aspecto funcional de la conectividad del paisaje. Se obtiene el valor del índice de conectividad integral mediante la fórmula:

$$IIC = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n a_i \times a_j (1 + nl_{ij})}{A_p^2}$$

Donde  $a_i$  es el área de cada parche de bosque,  $A_p$  es el área total del conjunto del paisaje y  $nl$  es el número de enlaces (conexiones directas entre parches) en el camino más corto (distancia topológica) entre los parches de bosque  $i$  y  $j$ . Para parches que no están conectados (que pertenezcan a diferentes componentes o regiones conexas) el numerador de la suma de la ecuación es cero ( $nl_{ij}=0$ ). Cuando  $i=j$ , entonces  $nl_{ij}=0$  (no es necesario enlace alguno para alcanzar un parche desde si mismo. La importancia relativa de cada elemento de hábitat ( $dIIC$ ) para el mantenimiento de la conectividad se obtiene:

$$dIIC = 100 * \frac{(IIC - IIC')}{IIC}$$

Donde  $IIC$  y  $IIC'$  corresponden al valor de  $IIC$  antes y después respectivamente de la pérdida de un cierto parche del bosque. Para el cálculo de los valores de  $IIC$  se usó el programa Conefor Sensinode 2.2 (Saura y Pascual-Hortal, 2007)

Para demostrar la importancia relativa de la función de la conectividad de los parches de bosque como elementos de hábitat para un conjunto de especies se definieron dos distancias de dispersión o desplazamiento, 1 y 5 km, atribuyendo estas distancias a cualquier especie con capacidad dispersiva baja y media respectivamente y de ámbito hogareño, especies con amplia capacidad dispersiva, pueden evitar enemigos naturales dado que los individuos están

distribuidos más separadamente y tienen la capacidad de responder mejor a cambios climáticos. El ámbito hogareño es el área que recorre un organismo o grupo de organismos para realizar sus actividades básicas de supervivencia y reproducción, por ello las especies con grandes requerimiento de espacio ven disminuidas sus posibilidades de supervivencia en un escenario de fragmentación. (Vegas-Carillo, 2008).

Estos dos valores de distancia, 1 y 5 km, tienen la intención de cubrir las capacidades de dispersión de una variedad de especies presentes en el bosque y que difieren en sus rangos de movimiento (Rivadeneira-Canedo, 2008); para la especie *Oreonax flavicauda* o mono choro de cola amarilla, especie que está en peligro crítico de extinción y es endémica de la zona nororiental del Perú de la que forma parte la región Huánuco, se ha estimado que el área utilizada varía entre 7 240 km<sup>2</sup> y 11 240 km<sup>2</sup>, equivalen a cubrir distancias de dispersión de 1.5 km hasta 1.9 km (Shanee et al. 2012)

#### **Análisis adicional para parches de bosque priorizados según Objetivo 1:**

El proceso metodológico propuesto para determinar áreas prioritarias para restauración forestal según el objetivo 1: Mejorar la Biodiversidad, se puede estructurar en dos etapas (Figura 13). La primera de ellas consiste en la priorización de los parches de bosque de alto valor por contribuir en la mejora de la biodiversidad en el paisaje. La segunda etapa selecciona los parches agropecuarios que potencialmente podrían contribuir a la mejora de la conectividad en el paisaje, por conformar rutas de menos coste o menor resistencia para el movimiento de las especies entre los parches de bosque priorizados.

La distancia mínimo coste son potenciales rutas de movimiento propicias (bajo esfuerzo para las especies) pero son más realistas que la distancia euclídea en la mayoría de los casos (Valero Gutiérrez del Olmo et al. 2013)). La ruta es simulada por los usos del suelo de menor fricción, la cobertura del suelo impone diferentes niveles de dificultad al movimiento de especies y pueden condicionar los patrones de dispersión de los organismos (Gustafson y Gardner, 1996) lo cual se asocia directamente con el tipo de cobertura. La valoración del grado de dificultad al movimiento (Cuadro 5) se asignó de acuerdo con información bibliográfica consultada (Calvo, 2009), (Hernández, 2015), (Matínez, 2014) (Ruiz-González,

et al. 2010), teniendo en cuenta la resistencia a los procesos ecológicos, definidos de acuerdo a los usos de suelo identificados en el mapa de usos del suelo (MINAM, 2014), estas categorías se reagruparon en varios tipos para efectos del presente análisis. Las áreas no alteradas son la que imponen menos dificultad de movimiento y las más alteradas imponen la mayor dificultad. Para el estudio se usó la siguiente escala de valores, donde 1 representa el nivel de dificultad más bajo.

Cuadro 6: Valores asignados para convertir en rangos cuantitativos la dificultad al movimiento de especies en función a la cobertura del suelo

<b>COBERTURA SUELO</b>	<b>DIFICULTAD</b>
Bosque primario	1
Bosque secundario	1
Cultivos agrícolas	30
Pastos y pajonales	40
Tierras con poca vegetación/desnudas	50
Infraestructura y tejido urbano	100
Ríos	60
Cochas/Lagunas	50
Zonas pantanosas aguajales/herbazales	5

Fuente: Adaptado de Calvo (2009) Hernández (2015), Martínez (2014) y Ruiz et al. (2010)

Una vez modelizado el mapa de costo-distancia con la herramienta Coste Distance del ArcGis y en función a la resistencia al desplazamiento, se procede a generar las rutas de menor costo con la herramienta Cost Path del ArcGis, este análisis permite identificar los caminos de menor resistencia. Posteriormente se priorizó los parches de agropecuarios, que forman parte de las rutas de conectividad identificadas.

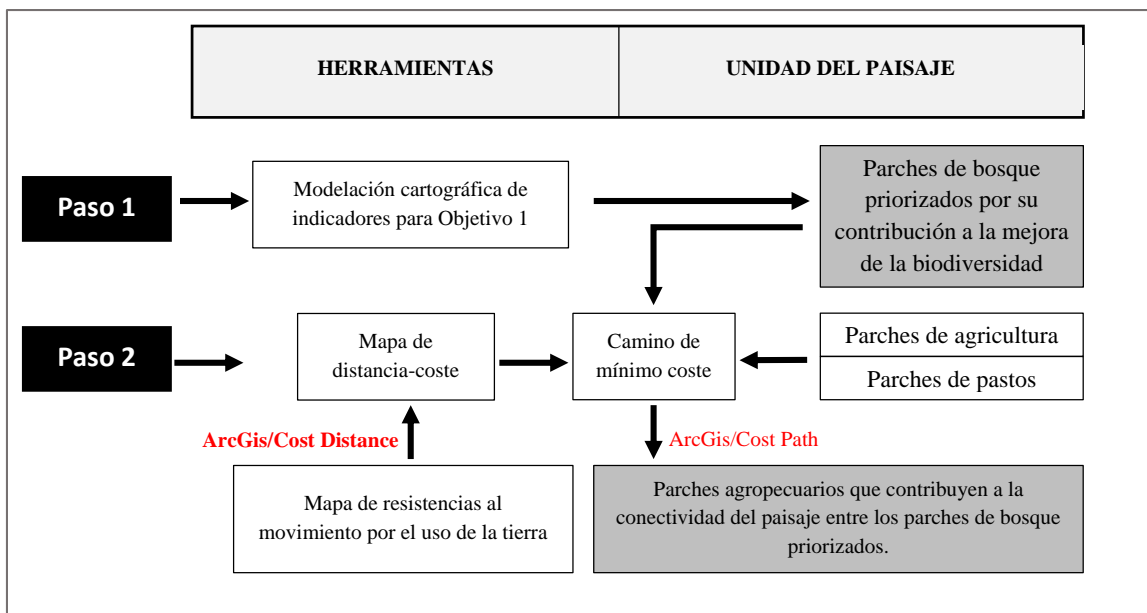


Figura 13: Proceso metodológico para la priorización de parches de bosque y parches agropecuarios y su contribución a la mejora de la biodiversidad en el paisaje

## e. Control de la erosión

### e.1 Riesgo potencial de erosión (RPE)

Los bosques, especialmente aquellos situados en laderas, juegan un papel importante en el mantenimiento de la función de los suelos en la regulación de los flujos de agua. La deforestación y la degradación de los bosques en las laderas pueden disminuir la tasa de infiltración de agua y causar una mayor escorrentía superficial después de fuertes lluvias, esta reducción de la capacidad de los suelos para retener el agua también puede aumentar el riesgo de inundaciones río abajo y acelerar transporte de material a los cauces (Epple et al. 2014)

De acuerdo a la FAO (1980) el riesgo potencial de erosión depende de varios factores como las características inherentes al suelo (tipo de suelo y textura) las condiciones hidrológicas (precipitación) y la topografía (pendiente).

Un método cartográfico de valoración de riesgos de erosión es el de evaluación de la degradación por erosión hídrica de FAO (1980), dentro del marco del desarrollo de una metodología provisional para la evaluación de la degradación de los suelos a nivel general,

esta metodología provisional, apta para ser aplicada a cualquier escala y medio, es una adaptación simplificada de la Ecuación Universal de la Pérdida de Suelos (USLE por sus siglas en inglés) y sus resultados, aun siendo cuantitativos, no tienen otro valor que el de cualificar una situación, puesto que los datos de degradación no tienen una mínima constatación de campo. No obstante, la determinación de factores en la ecuación hacen de esta metodología una de las más aconsejables a adoptar en una primera aproximación (Junta de Andalucía, s/f).

Acorde a la metodología propuesta por la FAO (1980), para evaluar el RPE se utiliza la siguiente ecuación:

$$RPE = (R^1)(S)(T)(K) \text{ Ecuación 5}$$

Donde:

R<sup>1</sup>: Factor de agresividad climática en base al Índice de Fournier Modificado.

S: Factor edáfico (erosionabilidad del suelo)

T: Grado de pendiente

K: Constante que representa condiciones estándar de vegetación natural, uso de la tierra y explotación. En este caso igual a 1, presupone el riesgo que se presentarla en condiciones adversas o de mala explotación, y por tanto el resultado queda en función del comportamiento de los demás parámetros.

**-Factor de agresividad climática:** En climas tropicales húmedos, la gran mayoría de los eventos de precipitación tienen un alto potencial erosivo (MgGregor 1980). La energía cinética de la lluvia, está estrechamente vinculada con la capacidad de la lluvia para causar erosión, rangos de precipitación mensuales promedio que van de 250 a 500 mm tienen muy alta capacidad de erosión ( (MINAM, 2011). Esta variable se calculó con base en la propuesta de modificación del Índice de Fournier, utilizando información climática de 14 estaciones termopluviométricas de la región Huánuco y alrededores a partir de los registros disponibles entre los años 1981 a 2010 del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI) y aplicando la fórmula y valores siguientes:

$$R^1 = \sum_1^{12} \frac{p^2}{p}$$

Donde:

R<sup>1</sup>: Índice de Fournier modificado

P: Precipitación mensual

P<sup>2</sup>: Precipitación anual

Cuadro 7: Valores de Agresividad Climática (R1)

FACTOR AGRESIVIDAD CLIMÁTICA (R <sup>1</sup> )	DESCRIPCIÓN
0-50	Ligero
50 -100	Moderado
500 – 1000	Alto
Mayor a 1000	Muy alto

Fuente: FAO (1980)

**-Factor edáfico:** Esta variable fue descrita por la clase textural del suelo ya que el aporte de energía de la lluvia para iniciar el movimiento de una partícula en un proceso erosivo, está completamente relacionado con el factor textura.

La textura es una medida del tamaño de sus partículas, es la proporción de arena, limo y contenido de arcilla presente en el suelo. Partículas de arcilla poseen fuertes enlaces químicos que le dotan una mayor facilidad para combinarse con materia orgánica, por consiguiente, requieren mayor energía para iniciar movimiento, son las menos erosionables. Mientras que partículas que contienen alto porcentaje de limo o los suelos de estructura granular como las arenas, son los que requieren menos energía para su movimiento, y por tanto son más fácilmente erosionables (López Valdez, 2001). La información textural para las unidades cartografiadas se obtuvo a partir de los estudios de la Zonificación Ecológica Económica de la Amazonía de Huánuco (Escobedo, 2010), a partir de esta información se asignó la textura correspondiente a cada unidad de suelo en base a los tres grandes rangos de suelo propuestos por (FAO, 1980), en función a los porcentajes de arena, limo y arcilla.

Cuadro 8: Clasificación de clase textural en función al contenido de arena y arcilla

TEXTURA	ARCILLA	ARENA
GRUESA	< 18%	> 65%
MEDIA	< 35%	< 65%
FINA	> 35%	

Fuente: FAO (1980)

Cuadro 9: Valores asignados a la variable textura del suelo

CLASE TEXTURAL	TIPO TEXTURA	VALOR
Arenosa	Gruesa	0.2
Franco Arenosa		
Franco	Media	0.3
Franco Limoso		
Franco Arcillo Arenoso		
Franco Arcillosa		
Franco Arcillo Limoso	Fina	0.1
Arcillo Limoso		
Arcilloso		

Fuente: FAO (1980)

Aquellas unidades cartográficas que poseen más de una clase textural se le asignó el tipo de textura media, equivalente al valor de 0.3.

**-Factor topográfico:** La importancia de la erosión está en la razón directa de la mayor o menor pendiente del suelo, por cuanto a mayor pendiente, mayor capacidad de arrastre posee el agua al aumentar su fuerza y velocidad (Cárdenas, 1987) . Esta variable se generó con la herramienta Slope del ArcGis 10.2 a partir del Modelo de Elevación digital DEM obtenido del United States Geological Survey (USGS). Las clases de pendiente se determinaron en función a los rangos de pendiente.



Cuadro 10: Rangos de pendiente y valorización para la degradación por erosión hídrica.

<b>PENDIENTE (%)</b>	<b>VALORACIÓN</b>
0 - 20%	2
21% - 30%	3.5
31% - 50%	8
mayor a 30%	11

Fuente: FAO (1980)

Para el cálculo del riesgo de degradación por erosión hídrica se multiplican cada uno de los factores contenidos en la ecuación 03. Los componentes de la ecuación aun cuando son adimensionales producen un resultado de riesgo de pérdida de suelos expresado en toneladas por hectárea por año (t/ha/año). Estos rangos pueden ser catalogados en diferentes rangos de acuerdo a la clasificación siguiente:

Cuadro 11: Clasificación de rangos de pérdida del suelo

<b>Clase</b>	<b>Pérdida de suelo (t/ha/año)</b>
Ninguna a ligera	< 10
Moderada	10 - 50
Alta	50 - 200
Muy alta	> 200

Fuente: FAO (1980)

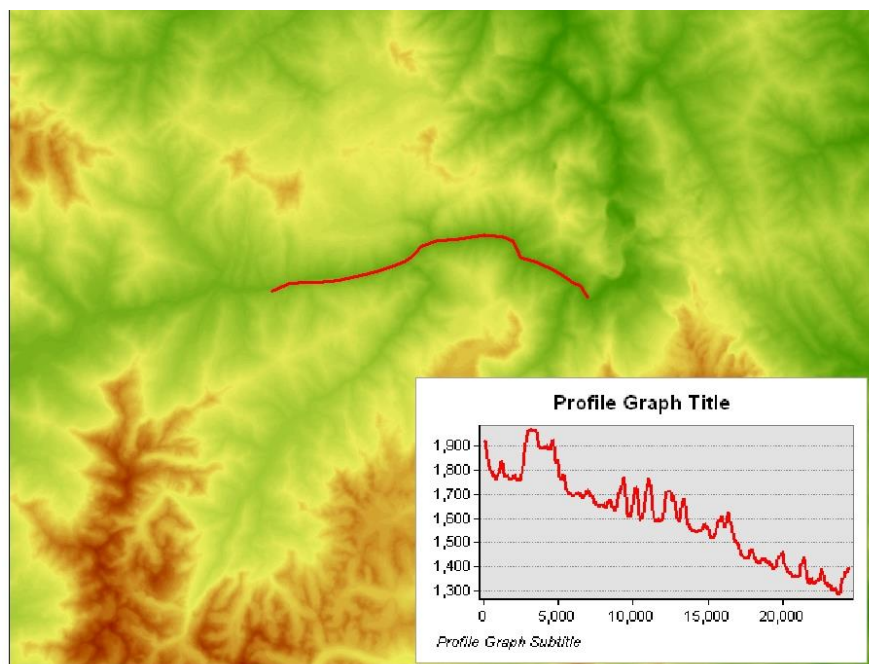
### **e.2 Acumulación de flujo**

En las zonas donde hay gran acumulación del flujo de las aguas procedentes de los tramos superiores existe mayor probabilidad a que exista crecidas de los río, los bosques de ribera están sometidos a la influencia directa de las aguas del cauce, en consecuencia tienen un efecto directo sobre la ecología pluvial, tienen gran incidencia sobre la forma del cauce, ya que limita la erosión de sus márgenes y la caída de troncos, aumenta la complejidad estructural del cauce, favoreciendo la retención de partículas como la creación de nuevos hábitats (Elosegi y Díez, 2009), también impiden que sedimentos producidos por procesos erosivos lleguen al río, desempeñando un papel importante en los procesos de escorrentía, erosión, calidad y temperatura del agua (Stadtmüller, 1994).

Este indicador se definió a partir de un modelo de elevación digital (DEM) mediante la herramienta acumulación de flujo de ArcHydro en ArcGis 10.2, generando un raster que contiene los valores acumulados de caudales o la concentración de flujos según la posición de los píxeles de altura.

El modelo digital de elevaciones (DEM) fue utilizado para determinar la acumulación de flujo puede verse afectada por picos ocasionados en áreas cubiertas de bosques que alteran el patrón de alturas en las zonas planas cercanas a los ríos, también las zonas escarpadas pueden presentar saltos de pendiente, donde las celdas quedan atrapadas entre otras que tienen mayor elevación impidiendo así el flujo del agua (Figura 14). Para ello fue se realizó la corrección del DEM, rellenando los sumideros o saltos de pendiente en donde el agua no podría seguir su movimiento al quedar atrapada entre celdas de mayor altitud, para esto se utilizó la herramienta Fill Sink sobre el inverso de los valores del DEM. Seguidamente se reacondiciona el DEM corregido con la herramienta DEM Reconditioning, permitiendo corregir efectos de variación de la pendiente debido a la vegetación. Posteriormente se vuelven a llenar los sumideros producidos en este último proceso con la herramienta Fill Sink y se obtiene el DEM hidrológicamente correcto para ser utilizado en la herramienta Flow Accumulation y obtener la capa espacial de acumulación de flujo.

Figura 14: Error del DEM: saltos de pendiente en curso de corriente de agua



### **e.3 Protección de zonas ribereñas**

Los bosques ribereños poseen un papel fundamental no sólo en la regulación del ciclo hidrológico, sino que también en la conservación de la vida silvestre, principalmente en la protección de la fauna (Veluk Gutierrez et al. 2012). Estas áreas actúan como filtros de captación del agua, sedimentos y nutrientes, funcionando como reguladores de la calidad y cantidad del agua en el paisaje, aumentando la tasa de infiltración y disminuyendo posibles impactos ocasionados por la erosión de suelos, deslizamientos, inundaciones, etc. (INAB mencionado por Veluk Gutierrez et al. 2012).

Scatena (1990) propone una franja intocable de 10 m como mínimo a lo largo de todos los lechos con caudal permanente y no solo a lo largo de los ríos principales, sin embargo Stadtmüller (1994) indica que varias investigaciones, en áreas húmedas tropicales, indican que 50 m no son suficientes para determinar el ancho de las zonas de ribera, ya que estas pueden aumentar considerablemente en los periodos de lluvias intensas y prolongadas.

Se definió una zona de amortiguamiento (*buffer* en su terminología en inglés) de 100 m a cada lado de todos los cauces permanentes como ríos y quebradas. Las zonas de amortiguamiento fueron clasificadas con valor 100 y las áreas externas con valor 0.

### **f. Accesibilidad**

El criterio accesibilidad asume que los cortes de actividades de restauración con fines comerciales dependen esencialmente de factores como la cercanía a mercados, a centros poblados (disponibilidad de mano de obra) y centro de abastos (herramientas, alimentación); mientras los sitios a restaurar sean más accesibles se supone un menor coste y una mayor prioridad para la instalación de plantaciones con fines productivos.

#### **f.1 Distancia a centros poblados**

Los centros poblados representan una concentración de actividades humanas que demandan recursos naturales disponibles de los alrededores, en este escenario la reforestación resulta importante para mantener los medios de subsistencia y dar sostenibilidad a los esfuerzos de restauración. El mapa de distancia a los centros poblados se generó ejecutando la herramienta distancia euclidiana del ArcGis 10.2.

### **f.2 Distancia a carreteras**

El indicador distancia a carreteras es un elemento importante para la factibilidad de actividades de restauración con fines productivos, los costes en las actividades de cosecha y transporte de productos está directamente relacionada a la accesibilidad del sitio. El mapa de distancia a las carreteras (vías nacionales, departamentales y vecinales) se generó ejecutando la herramienta distancia euclidiana del ArcGis 10.2

### **g. Potencial de regeneración**

Las áreas agropecuarias próximas a reservorios de especies nativas como parches de bosques naturales o áreas naturales protegidas pueden aprovechar los procesos de regeneración natural y los reservorios de semillas.

#### **g.1 Distancia a bosques naturales**

Las áreas alrededor de los bosques existentes son una prioridad por su proximidad a los reservorios de especies nativas. El mapa de distancia a bosques naturales se generó ejecutando la herramienta distancia euclidiana del ArcGis 10.2.

#### **g.2 Distancia a áreas protegidas**

Las áreas protegidas son una muestra de la biodiversidad de una región y son un reservorio de especies nativas. El mapa de distancia a áreas protegidas se generó ejecutando la herramienta distancia euclidiana del ArcGis 10.2.

### **h. Tamaño**

#### **h.1 Área de los fragmentos**

Un área de mayor tamaño garantizará un mayor suministro de bienes y servicios de una plantación forestal.

## **i. Suelo**

### **i.1 Pendiente**

El efecto que la pendiente tiene sobre el terreno y sobre el crecimiento de los árboles es importante al influenciar en el drenaje, la infiltración y la disponibilidad de agua. Esta variable fue generada con la herramienta Slope del ArcGis 10.2 a partir del Modelo de Elevación digital DEM obtenido del United States Geological Survey (USGS).

### **j. Profundidad del suelo**

La profundidad del suelo es un factor definitivo en la evaluación de la calidad del terreno, suelos pocos profundos tienen poca capacidad de almacenar agua (Bruijnzeel, 1989), una mayor profundidad va siempre asociado a la capacidad de mejor anclaje y desarrollo profundo de las raíces de los árboles, brindándoles mayor capacidad de adsorción de nutrientes, retención de agua y menos dispuesto a ser derribado por el viento fuerte (López, 2010). En general es apropiada una profundidad mayor a un metro para asegurar el desarrollo de la plantación.

La capa espacial de profundidad del suelo se obtuvo de la información temática de suelos de la Zonificación Ecológica Económica del departamento de Huánuco (Escobedo, 2010) y se valorizan de la siguiente forma:

Cuadro 12: Valores asignados para convertir en rangos cuantitativos la variable Profundidad del suelo

<b>PROFUNDIDAD</b>	
Muy superficial	1
Superficial	2
Moderadamente profundos	3
Profundos	4
Muy profundos	5

Fuente: Escobedo (2010).

## **V. RESULTADOS**

### **5.1. ANÁLISIS ESPACIAL DEL TERRITORIO**

La riqueza de especies en peligro crítico y en peligro indica que la zona de bosque de yungas o “ceja de selva” dentro de la región Huánuco es la más vulnerable a la extinción de especies. Esta zona presenta una riqueza de hasta 08 especies que se encuentran en peligro crítico y en peligro. De igual forma el mapa de especies endémicas coincide en que esta zona presenta también una alta riqueza de especies endémicas, esfuerzos de conservación y restauración de bosques para mejorar la biodiversidad y aumentar la conectividad debería ser prioridad en esta zona.

La pérdida acumulada de bosques en la región durante el periodo 2000 al 2011 supera las 164 457,7 hectáreas, los fragmentos de deforestación se encuentran predominantemente en el rango de 1 a 5 hectáreas, los cuales describen el comportamiento de la curva de deforestación total de la región (eje secundario) en el periodo analizado. La pérdida de los bosques en superficies entre 50 a 500 hectáreas se evidenció en su mayoría desde el año 2008. No se presentaron fragmentos de deforestación superiores a las 500 ha.

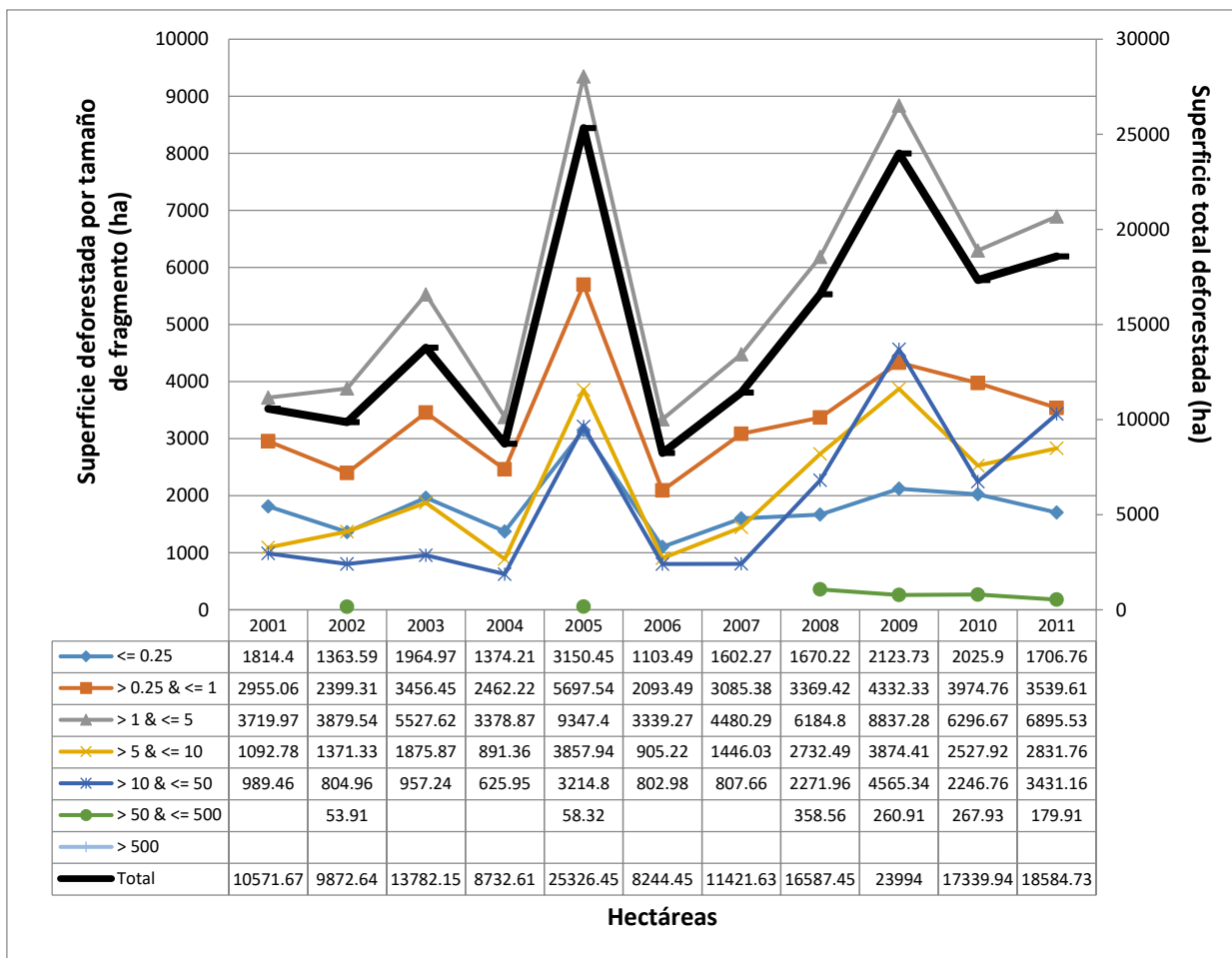


Figura 15: Superficie de deforestación por rangos de tamaño de fragmento

Los parches de bosque fluctúan entre 0.09 ha y 562 259 ha, pero sólo el 1% de los parches de bosque es mayor a 50 ha. Esto evidencia que, si bien existen aún macizos amplios de bosque, también existe un alto grado de fragmentación del bosque al contabilizar que gran parte de los parches de bosque (60 411 parches) presentan un rango de tamaño de 0.09 ha a 50 ha (ver Figura 16).

La distancia euclidiana derivada del análisis de conectividad con la herramienta Conefor indicaron que entre los 1 436 parches de bosque no existen parches que se encuentren aislados a una distancia menor a 17 metros, únicamente 239 parches se encuentran aislados a una distancia mayor a 999 metros, lo que se traduce como parches difícilmente alcanzables,

mientras que la mayoría de los parches se encuentran retirados a una distancia entre 200 metros y 450 metros.

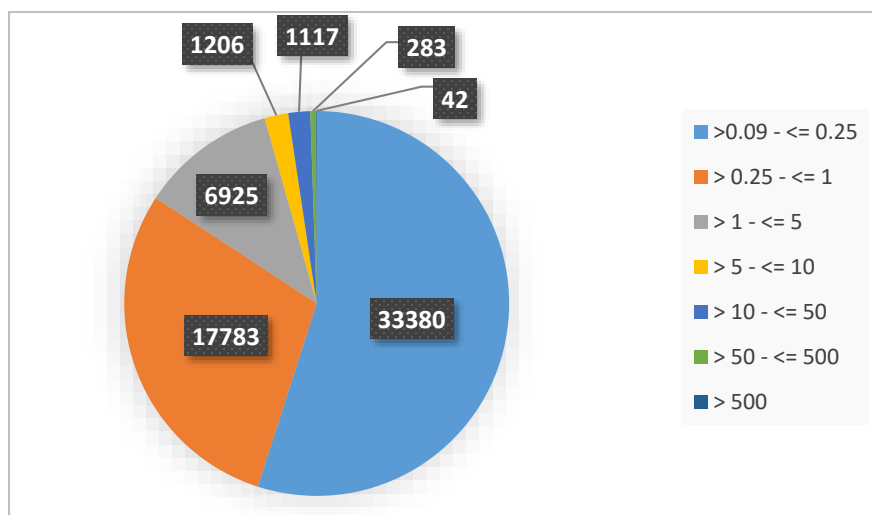


Figura 16: Conteo de parches de bosque por rangos de tamaño

Se realizó un análisis de deforestación a nivel de Áreas Naturales Protegidas (ANP), ya que resultó importante determinar si todas las ANP tienen una caracterización similar respecto a la dinámica de la deforestación y, por ende, a la provisión de los diversos servicios ambientales. Utilizando la capa de cobertura y pérdida de cobertura boscosa del Ministerio del Ambiente del año 2011 el cuadro 13 resume los valores y estadísticas respecto a la deforestación en las ANP de la región Amazónica de Huánuco.

Cuadro 13: De la deforestación y bosques en Áreas Naturales Protegidas

ANP	Superficie total (ha)	Superficie Bosque (ha)		Deforestación 2000-2011				Índices dinámicos			
				Superficie		Conteo de fragmentos		Tamaño prom	% defor	Tasa anual (%)	Densidad de deforestación
		2000	2011	Total	Prom.	Total	Prom.				
Tingo María	4,777	4,121	4,115	5	0.5	45	4	0.12	0.13%	-0.01%	8,678
El Sira	616,431	602,532	598,330	4,203	382	7,651	696	0.55	0.70%	-0.06%	1,572
Cordillera Azul	1,353,210	1,334,616	1,331,617	2,999	273	8,371	761	0.36	0.22%	-0.02%	4,891



Se observa que en 11 años se han perdido entre 0,13% y 0,70 % de la superficie total bosques en las ANP analizadas, esto equivale a tasas de pérdida de bosques anuales que van de -0.01 a -0.06%. El índice de densidad de la deforestación indica, por ejemplo, que por cada 4891 ha de bosque se deforestó en promedio 01 hectárea anual en el Parque Nacional Cordillera Azul. Los tamaños de los fragmentos deforestados en las ANP estudiadas tuvieron en promedio de 0,12 a 0,55 hectáreas, con lo que, complementado a los índices mencionados anteriormente, se puede deducir que los bosques en ANP en la Amazonia de Huánuco presentan niveles bajos de amenaza por deforestación.

## **5.2.IDENTIFICACION DE AREAS PRIORITARIAS**

La presente metodología se desarrolló en respuesta a la selección de sitios, poco clara, para la implementación de proyectos de restauración en la región Huánuco y a nivel nacional, los cuales se planifican sin considerar el contexto paisaje y no visibilizan los co-beneficios potenciales de la restauración.

Una de las cuestiones importantes en la metodología fue la identificación del número de criterios e indicadores y expertos. Si bien la selección de un número específico de criterios puede considerarse arbitraria, pocos criterios pueden conducir a la exclusión de parámetros importantes del análisis y demasiados criterios pueden sesgar la evaluación de la importancia relativa de los criterios. Se optó por utilizar diez criterios y quince indicadores basados en la necesidad de considerar la gama más amplia posible de criterios e indicadores válidos para el área de estudio y con disponibilidad de información espacial. El número de expertos se definió en base a la predisposición en contribuir con el estudio, se identificó funcionarios públicos con conocimiento en el tema, representantes de instituciones académicas y de organizaciones no gubernamentales, de las 23 encuestas enviadas, 10 tuvieron respuesta y posteriormente, 02 encuestas fueron eliminadas por inconsistencia en las respuestas, lo que resultó en un total de 08 encuestas.

La fase decisiva para la realización del análisis espacial multicriterio fue la asignación de los pesos. Los 08 expertos indicaron que el criterio más importante para valorar los parches de

bosque con el objetivo de mejorar la biodiversidad fue la perturbación, en segunda instancia la riqueza de especies en peligro y la conectividad funcional. Para el tercer objetivo, mejorar el bienestar del hombre y, en particular, apoyar actividades generadoras de ingresos, el criterio más importante fue el suelo y los indicadores con mayor valoración la profundidad del suelo y la pendiente.

Cuadro 14: Promedio de pesos asignados para criterios e indicadores en función a la opinión de expertos

OBJETIVO	CRITERIO	PROMEDIO	INDICADOR	PROMEDIO	PESO FINAL
Mejorar la biodiversidad del paisaje	Grado de amenaza	0,23	Riqueza de especies en peligro crítico y en peligro	1,00	0,23
	Perturbación	0,32	Distancia a las carreteras	0,32	0,10
			Distancia a centros poblados	0,27	0,09
			Densidad poblacional	0,41	0,13
	Diversidad	0,15	Riqueza de especies endémicas	0,63	0,10
			Distancia a las áreas protegidas	0,37	0,06
	Calidad del parche	0,29	Área de los fragmentos (parches de bosque)	0,19	0,05
			Forma de fragmentos	0,15	0,04
			Conectividad funcional	0,66	0,19
Mejorar el bienestar del hombre y, en particular, apoyar actividades generadoras de ingresos	Accesibilidad	0,23	Distancia a centros poblados	0,47	0,11
			Distancia a las carreteras	0,53	0,12
	Potencial de Regeneración	0,19	Distancia a bosques naturales	0,42	0,08
			Distancia a áreas protegidas	0,58	0,11
	Tamaño	0,14	Área de los fragmentos (parches de bosque)	1,00	0,14
	Calidad del suelo	0,43	Profundidad del suelo	0,51	0,22
Pendiente			0,49	0,21	

Los resultados del proceso de identificación de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal según los 03 objetivos de restauración: 1) Mejorar la biodiversidad del paisaje 2) Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos y 3) Mejorar el bienestar del hombre y, en particular, apoyar actividades generadoras de ingresos (reforestación), pueden ser observados en el cuadro 15.

La elección y extensión de las áreas a invertir los esfuerzos relacionados con cada uno de los tres objetivos estratégicos dependerán de los recursos financieros, técnicos y materiales disponibles para su ejecución, pero principalmente del contexto social, diálogo e intereses compartidos con los habitantes locales. Los trabajos de implementación deberán preferentemente enfocarse inicialmente en las áreas de alta prioridad (173 959.9 ha o 8%).

Cuadro 15: Relación de áreas prioritarias por objetivo de restauración forestal

OBJETIVO DE RESTAURACIÓN		PRIORIDAD	ÁREA (ha)
Mejorar la biodiversidad del paisaje	Parches agropecuarios que tienen una función clave en la conectividad de los parches de bosque de alto valor.	Muy Alta	65 236,8
	Parches agropecuarios que tienen una función clave por encontrarse en las zonas de alta acumulación de flujo y protección de riberas.	Muy Alta	26 386,2
Mejorar la provisión de servicios ecosistémicos	Parches agropecuarios con un rol importante en el control de la erosión	Muy Alta	69 660,9
		Alta	197 144,7
		Moderada	23 813,0
		Ninguna a ligera	--
Mejorar el bienestar del hombre y, en particular, apoyar actividades generadoras de ingresos	Parches agropecuarios que tienen potencial para el establecimiento de plantaciones forestales.	Muy Alta	12 676,0
		Alta	70802,5
		Media	143179,5
		Baja	55652,7
		Muy Baja	9432,1

Con el objetivo de mejorar la biodiversidad del paisaje, mediante el análisis multicriterio, se identificó 07 parches de bosque de alto valor para la conservación, estos parches tienen una extensión de 1 128 847 ha, representando el 48% del área total de la región, por lo tanto, la meta implícita a corto plazo debe ser proteger los elementos más valiosos de la degradación futura.

A partir de los parches de bosque de alto valor para la mejora de la biodiversidad se establecieron rutas de conectividad para mantener el movimiento de las especies y se priorizó 65 236.8 ha de parches agropecuarios, la meta a largo plazo debería ser restaurar todos los elementos dañados a una condición viable, incluyendo protección a los procesos ecológicos y evolutivos esenciales para el mantenimiento de la integridad biológica (Angermeier y Karr, 1994), por ende los parches agropecuarios priorizados deberían adoptar prácticas para el beneficio de la biodiversidad sin competir por el uso de la tierra, esto puede ser conseguido mediante el mantenimiento de un mosaico difuso de bosque, bosque abierto y árboles dispersos (Newton y Tejedor, 2011), como la revegetación de linderos o cercos vivos, la plantación de árboles aislados, creación de áreas favorables para la polinización entre otras (Benayas y María, 2012).

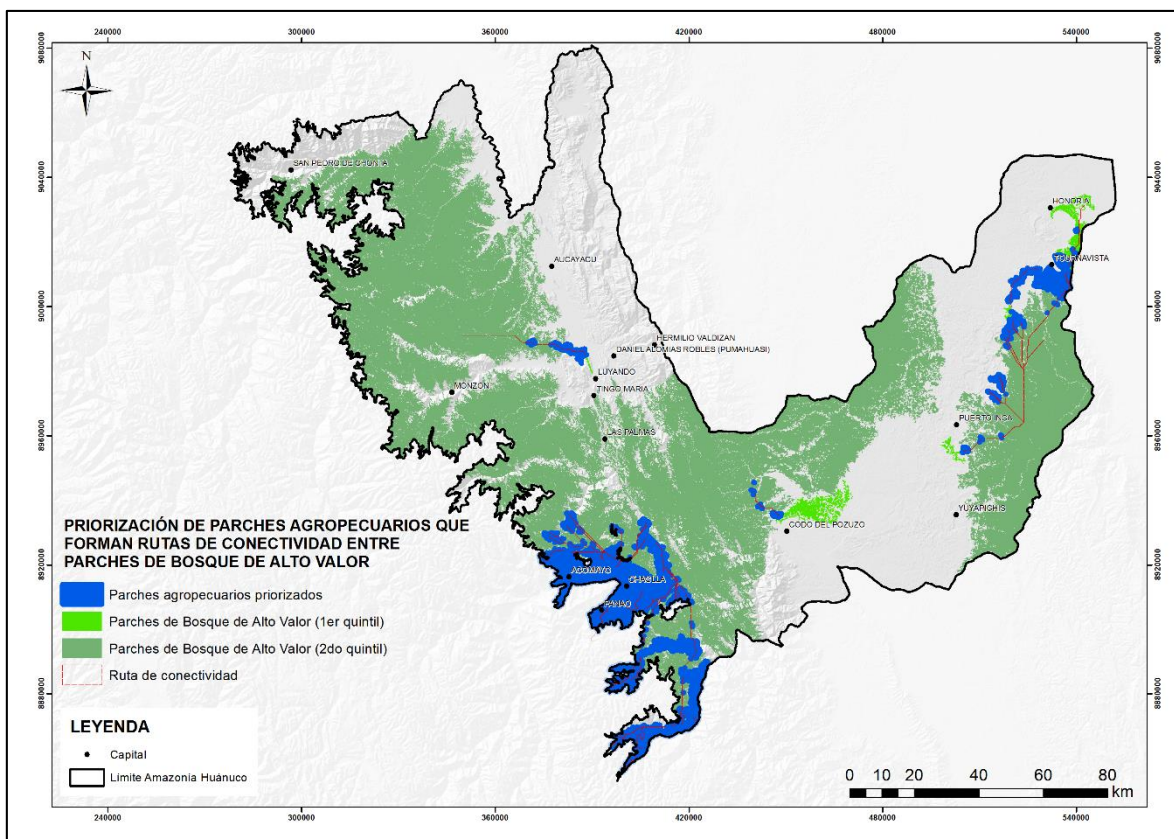


Figura 17: Parches agropecuarios priorizados para conformar rutas de conectividad entre parches de bosque de alto valor de conservación.

Del total de superficie de parches agropecuarios priorizados para restauración por conformar rutas de conectividad (ver Figura 17), el distrito de Panao concentra el 40%, seguido por el distrito de Chinchao con el 30%, a nivel provincial, Pachitea presentó la mayor superficie de parches agropecuarios priorizados para restauración con 37 338 ha, seguido por Huánuco con 20 951 ha. En estas zonas deberían implementarse estrategias claves que beneficien a especies silvestres, sin competir por el uso de la tierra, algunas de estas acciones pueden ser la implementación de agrosilvopasturas y agroforestería, conciliando la producción agrícola y la conservación de la biodiversidad,

Cuadro 16: Superficie priorizada a nivel distrital por conformar rutas de conectividad

PROVINCIA	DISTRITO	USO DE LA TIERRA	ÁREA (ha)
Huánuco	Chinchao	Cultivos Agrícolas	22,1
		Pastos	3 552,5

PROVINCIA	DISTRITO	USO DE LA TIERRA	ÁREA (ha)
		Tierras Con Poca Vegetación	15 957,2
		Total Chinchao	19 531,8
	Churubamba	Tierras Con Poca Vegetación	1 419,2
		Total Churubamba	1 419,2
Leoncio Prado	Rupa-Rupa	Cultivos Agrícolas	454,3
		Pastos	18,7
		Total Rupa-Rupa	473,0
Pachitea	Chaglla	Cultivos Agrícolas	27,1
		Pastos	1 660,1
		Tierras Con Poca Vegetación	9 692,0
		Total Chaglla	11 379,1
	Molino	Tierras Con Poca Vegetación	28,6
		Total Molino	28,6
	Panao	Cultivos Agrícolas	4,2
		Pastos	11 586,3
		Tierras Con Poca Vegetación	14 281,3
		Total Panao	25 871,7
	Umari	Tierras Con Poca Vegetación	58,6
		Total Umari	58,6
Puerto Inca	Codo del Pozuzo	Cultivos Agrícolas	6,9
		Pastos	485,3
		Total Codo del Pozuzo	492,2
	Puerto Inca	Cultivos Agrícolas	3,6
		Pastos	629,4
		Total Puerto Inca	633,1
	Tournavista	Cultivos Agrícolas	20,0
		Pastos	5 329,4
		Total Tournavista	5 349,5
<b>TOTAL</b>			<b>65 236,8</b>

A partir de la identificación de áreas prioritarias a restaurar por su función en el control de la erosión (ver Figura 18) se determinó que aproximadamente 69 660,9 ha, equivalentes al 3% de la superficie de la región amazónica de Huánuco, presentan un riesgo potencial de erosión Muy Alto. El distrito Codo del Pozuzo seguido del distrito Monzón presentan las mayores superficies de áreas con riesgo potencial de erosión muy alto, mientras que a nivel provincial, Puerto Inca, concentra el 62,4% de tierras con riesgo de erosión muy alto, siendo prioritaria la implementación de acciones de restauración con el objetivo de controlar los procesos de erosión

Cuadro 17: Superficie distrital de riesgo potencial de erosión

PROVINCIA	DISTRITO	RIESGO POTENCIAL DE EROSIÓN			
		Muy Alto	Alto	Moderada	Ninguna a Ligera
Dos de Mayo	Marias	--	--	157,1	1 178,3
Huamalies	Monzón	115,3	1 786,6	3 813,8	9 723,0
	Jircan	--	--	99,1	293,2
	Arancay	--	--	28,4	52,9
Huánuco	Churubamba	--	--	1 025,6	1 534,6
	Chinchao	0,6	1 155,6	19 739,3	11 458,1
Huaycabamba	Cochabamba	1,3	--	337,1	2 820,2
	Huacaybamba	--	--	398,3	720,1
Leoncio Prado	Mariano Damaso Beraun	6,5	209,0	2 300,3	2 524,1
	Daniel Alomias Robles	2,9	--	2 762,7	759,9
	Luyando	22,5	--	3 082,6	293,3
	Hermilio Valdizan	1,2	--	578,3	139,1
	Rupa-Rupa	38,8	386,6	4 913,0	1 260,5
	Jose Crespo y Castillo	36,3	--	16 003,9	1 660,3
Marañón	Cholon	54,0	51,3	16 766,1	15 741,1
Pachitea	Molino	--	16,7	11,1	--
	Panao	--	1 730,1	16 976,7	11 015,1
	Umari	--	9,6	48,7	5,9
	Chaglla	--	1 080,5	11 169,3	3 126,2
Puerto Inca	Yuyapichis	59,9	4 168,4	20 721,8	52,1
	Codo Del Pozuzo	122,8	5 772,1	18 601,0	5 103,1

PROVINCIA	DISTRITO	RIESGO POTENCIAL DE EROSIÓN			
		Muy Alto	Alto	Moderada	Ninguna a Ligera
	Puerto Inca	107,8	5 356,6	20 031,9	99,8
	Honorio	66,0	4,0	19 604,2	0,1
	Tournavista	107,6	2 083,6	17 942,9	17,9
Total		743,2	23 810,6	197 113,1	69 578,9

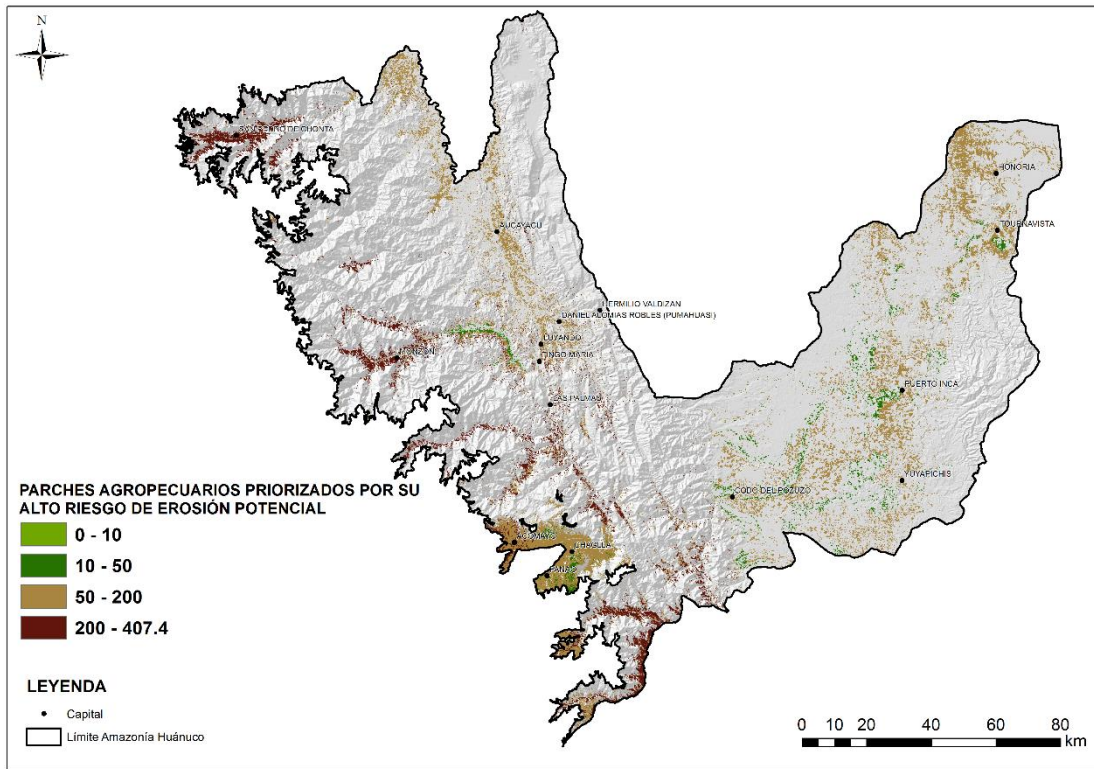


Figura 18: Áreas prioritarias para el control de la erosión

El mapa de áreas prioritarias para regulación hídrica (Figura 19) identifica las áreas sin cobertura boscosa que tienen una función clave en la protección de los márgenes de los ríos y a su vez son zonas de descarga donde hay gran acumulación del flujo de las aguas procedentes de los tramos superiores y existe mayor probabilidad a que exista crecidas de los ríos, 26 386,2 ha identificadas tienen una gran contribución en la pérdida de las funciones



hidrológicas del paisaje, resultando prioritario la recuperación del servicio ecosistémico hídrico mediante la restauración forestal.

El distrito de Tournavista es el que concentra el 27% de la superficie total priorizada por su importancia en regulación hídrica. La provincia de Puerto Inca concentra el 69,3% del total de la superficie priorizada, estas zonas requieren una inmediata implementación de procesos de restauración de bosques para reducir los riesgos frente a eventos de precipitación prolongados que aumentan las posibilidades de erosión, deslizamientos, sedimentación de los cuerpos de agua e inundaciones.

Cuadro 18: Áreas prioritarias a nivel distrital por su función en la regulación hídrica

<b>PROVINCIA</b>	<b>DISTRITO</b>	<b>ÁREA (ha)</b>
Leoncio Prado	José Crespo y Castillo	2 900,8
	Luyando	1 374,6
	Mariano Damaso Beraun	66,3
	Rupa-Rupa	626,8
	<b>Total Leoncio Prado</b>	<b>4 968,5</b>
Marañón	Cholon	3 140,6
	<b>Total Marañón</b>	<b>3 140,6</b>
Puerto Inca	Honoría	2 589,8
	Puerto Inca	5 496,9
	Tournavista	7 149,5
	Yuyapichis	3 040,9
	<b>Total Puerto Inca</b>	<b>18 277,0</b>
Total general		26 386,2

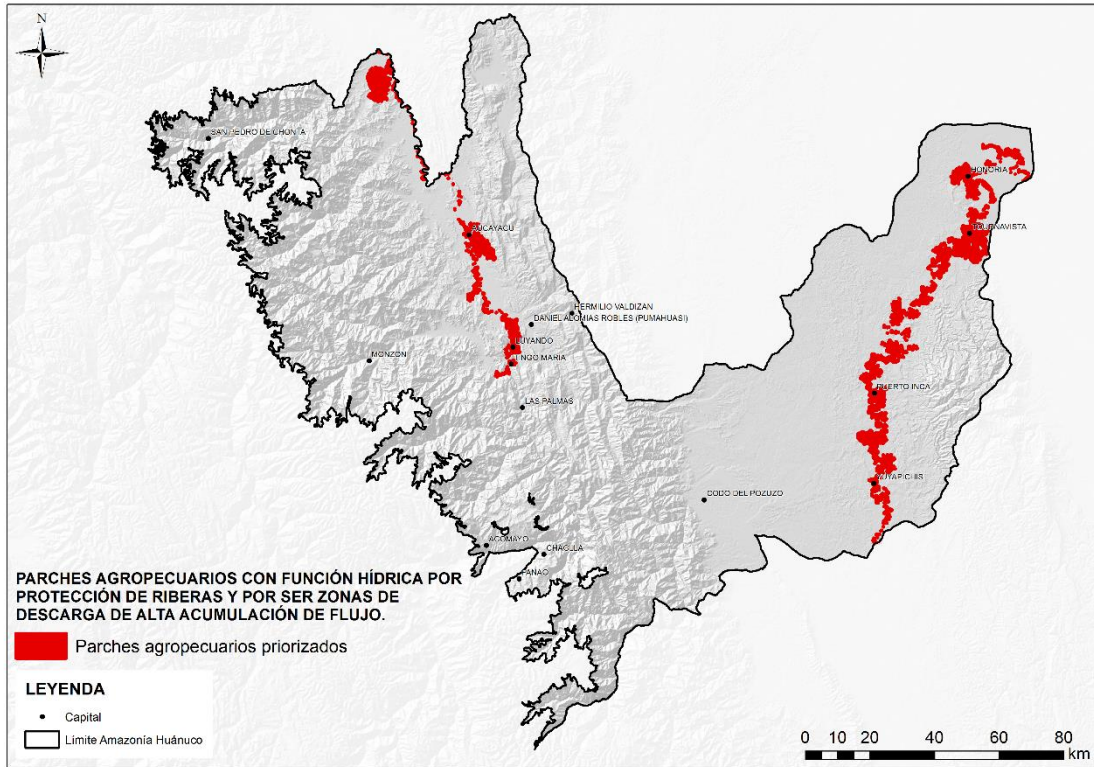


Figura 19: Áreas prioritarias por su función en la regulación hídrica

Del total de la superficie priorizada para restaurar la cobertura vegetal con el objetivo de mejorar los medios de vida de la población (ver Figura 20), 12 675.96 ha que representan el 0.6% de la superficie total, presentan condiciones óptimas para el éxito en la implementación de actividades de reforestación, el 3.1% y 4.1% de la superficie se encuentra como prioridad de restauración alta y media respectivamente. La restauración forestal comprende el uso de un doble filtro que significa que cualquier iniciativa debe mejorar no sólo el funcionamiento ecológico del paisaje sino también el bienestar de las comunidades que residen en él (OIMT, 2005). Sin embargo, no se puede pretender que los programas de forestación por sí solos restablezcan todas las funciones forestales que se han perdido o comprometido por la deforestación, fragmentación o degradación forestal a escala del paisaje. Por lo tanto, se debe ser realista con respecto a lo que puede lograr una plantación forestal comercial y reconocer que se debe crear un espacio dentro del paisaje a fin de permitir el despliegue de otras estrategias complementarias de restauración.

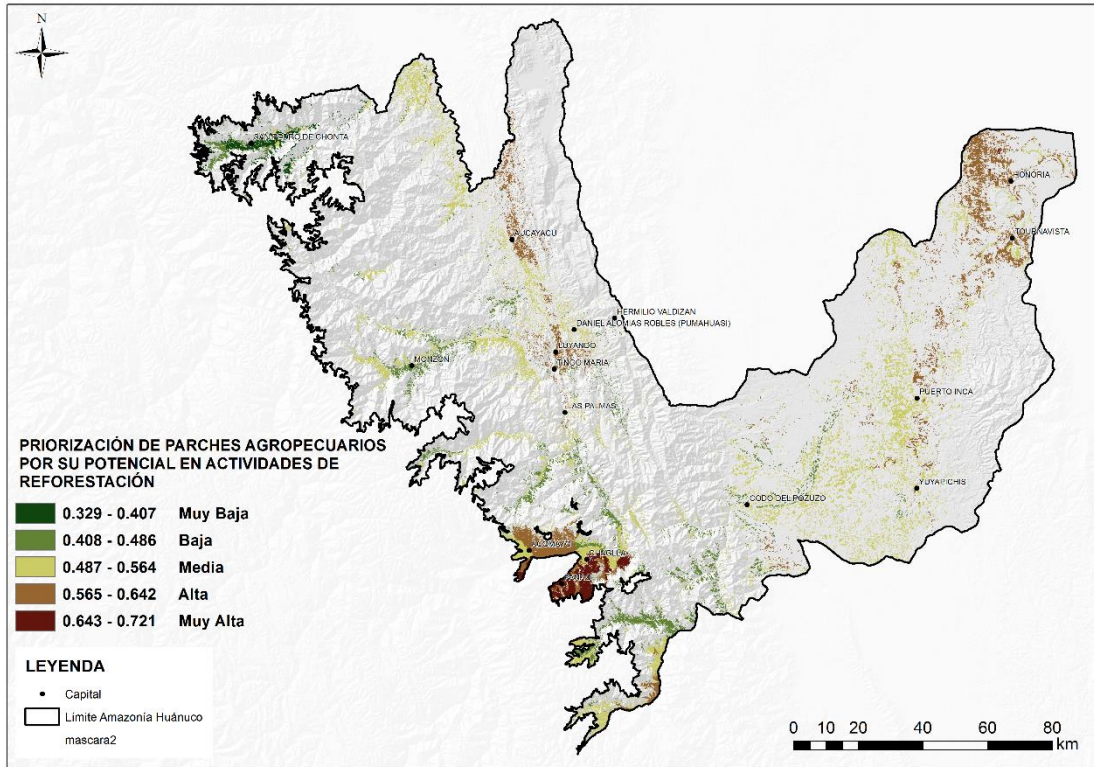


Figura 20: Priorización de parches agropecuarios por su potencial para actividades de reforestación

Del total de la superficie priorizada Muy Alta para restaurar la cobertura vegetal con el objetivo de mejorar los medios de vida de la población, el 92.7% se encuentra localizado en la provincia de Pachitea, principalmente en los distritos de Panao y Chaglla (ver Cuadro 19).

Cuadro 19: Superficie priorizada para actividades de reforestación a nivel distrital

PROVINCIA	DISTRITO	PRIORIDAD				
		1	2	3	4	5
Dos de Mayo	Marias	--	--	552,3	787,6	--
Huaycabamba	Cochabamba	--	--	2 192,0	966,6	6,0
	Huaycabamba	--	--	896,1	214,1	10,4
Huamalies	Arancay	--	--	5,9	59,9	17,3
	Jircan	--	--	303,9	90,5	--
	Monzon	--	2,0	9 234,1	6 094,9	130,2

PROVINCIA	DISTRITO	PRIORIDAD				
		1	2	3	4	5
Huánuco	Chinchao	6,7	10 949,0	10 665,5	10 770,0	0,6
	Churubamba	673,3	756,0	410,0	729,2	0,2
Leoncio Prado	Daniel Alomias Robles	--	330,9	2 334,1	863,1	3,1
	Hermilio Valdizan	--	--	626,1	94,1	2,2
	José Crespo y Castillo	--	9 157,0	7 529,6	993,1	37,3
	Luyando	--	2 515,0	661,0	218,1	23,5
	Mariano Damaso Beraun	--	536,8	3 767,7	746,0	7,2
	Rupa Rupa	--	2 112,5	2 255,3	2 221,6	41,5
Marañón	Cholon	--	198,2	15 842,8	7 775,0	8 804,2
Pachitea	Chaglla	4 398,3	1 795,3	5 549,0	3 695,9	--
	Molina	37,7	--	0,8	--	--
	Panao	7 296,3	4 303,2	10 919,1	7 274,3	--
	Umari	22,7	74,5	9,7	0,4	--
Puerto Inca	Codo del Pozuzo	--	1 642,1	16 639,1	11 224,5	121,3
	Honoría	233,6	17 029,4	2 267,8	141,2	21,5
	Puerto Inca	7,5	6 274,2	19 044,0	207,1	91,3
	Tournavista	--	11 362,9	8 689,6	40,1	77,7
	Yuyapichis	--	1 763,4	22 784,1	445,5	36,7
Total general		12 676,0	70 802,5	143 179,5	55 652,7	9 432,1

Una vez determinadas las áreas prioritarias para cada objetivo de restauración del paisaje en la región Huánuco, se cruzaron las áreas prioritarias de cada objetivo y se identificaron las áreas prioritarias donde la restauración pudiese potenciar todos los beneficios asociados a 04 objetivos de restauración: mejorar la biodiversidad del paisaje, controlar la erosión, regular el recurso hídrico y potenciar el establecimiento de plantaciones forestales comerciales (ver Figura 21), es decir, mientras más variables están interactuando en un mismo sitio, mayor es la importancia, como se describe a continuación:

**Prioridad baja:** Son todas las zonas desprovistas de cobertura boscosa, con pastos y/o cultivos que corresponden a aquellas áreas que tienen prioridad alta y muy alta para el cumplimiento de 01 objetivo de la restauración del paisaje.

**Prioridad media:** Son todas las zonas desprovistas de cobertura boscosa, con pastos y/o cultivos que corresponden a aquellas áreas que tienen prioridad alta y muy alta para el cumplimiento de 02 objetivos de la restauración del paisaje.

**Prioridad alta:** Son todas las zonas desprovistas de cobertura boscosa, con pastos y/o cultivos que corresponden a aquellas áreas que tienen prioridad alta y muy alta para el cumplimiento de 03 objetivos de la restauración del paisaje.

**Prioridad muy alta:** Son todas las zonas desprovistas de cobertura boscosa, con pastos y/o cultivos que corresponden a aquellas áreas que tienen prioridad alta y muy alta para el cumplimiento de 04 objetivos de la restauración del paisaje.

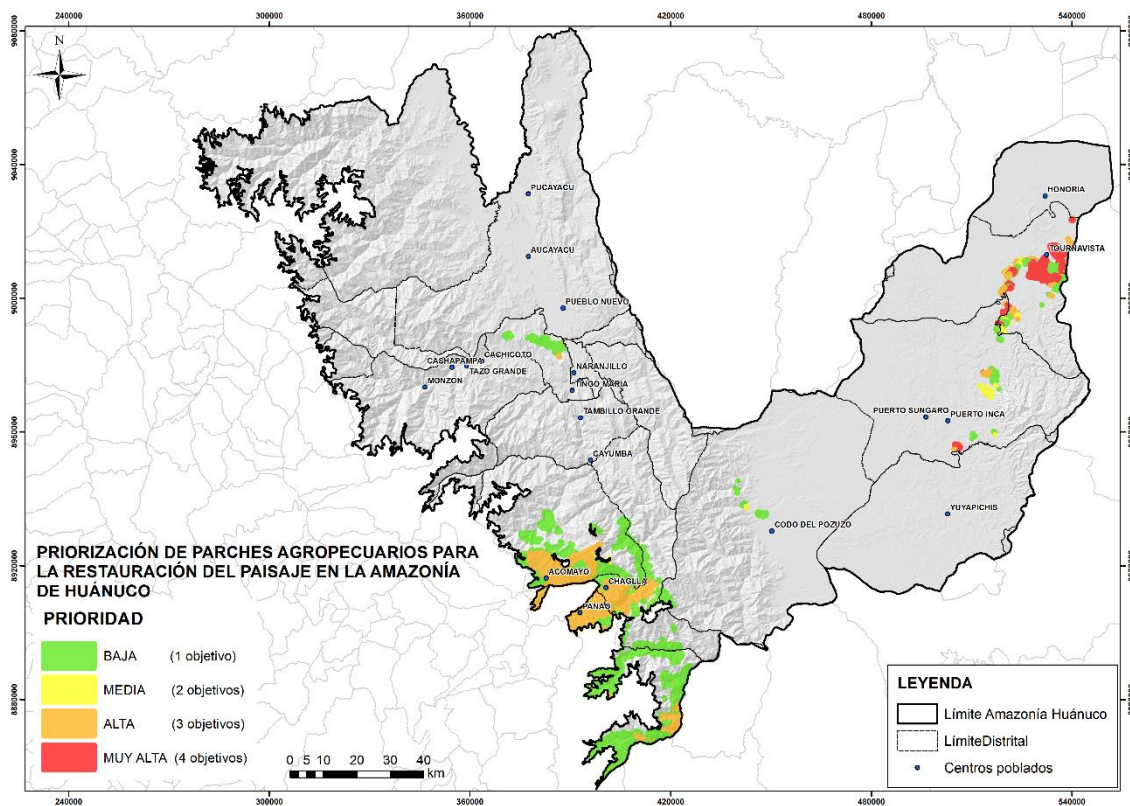


Figura 21: Mapa de áreas prioritarias para la restauración del paisaje en la Amazonía de Huánuco

Cuadro 20: Superficie total priorizada para la restauración del paisaje en la Amazonía de Huánuco

DISTRITO	PROVINCIA	PRIORIDAD	SUPERFICIE (ha)
CHAGLLA	PACHITEA	BAJA	5996.3
		MEDIA	118.5
		ALTA	5246.6
CHINCHAO	HUANUCO	BAJA	9696.9
		MEDIA	134.0
		ALTA	9883.8
CHURUBAMBA	HUANUCO	ALTA	1411.5
CODO DEL POZUZO	PUERTO INCA	BAJA	499.4
		MEDIA	10.4
MOLINO	PACHITEA	BAJA	19.7
		ALTA	14.7
PANA O	PACHITEA	BAJA	16212.0
		ALTA	9809.0
PUERTO INCA	PUERTO INCA	BAJA	214.5
		MEDIA	87.3
		ALTA	169.9
		MUY ALTA	181.3
RUPA-RUPA	LEONCIO PRADO	BAJA	469.4
		ALTA	18.0
TOURNAVISTA	PUERTO INCA	BAJA	1239.8
		MEDIA	135.4
		ALTA	565.3
		MUY ALTA	3517.1
UMARI	PACHITEA	BAJA	19.4
		ALTA	58.4

El distrito con mayor superficie con potencial muy alto para la restauración es Puerto Inca de la provincia Tournavista, lo que equivale a que la restauración de esas áreas aportarían beneficios potenciales para el cumplimiento de todos los objetivos identificados en la región. A esta provincia le sigue Puerto Inca de la provincia de Puerto Inca con 181.31 ha. Para la prioridad alta, los distritos de Pachitea y Huánuco presentan las mayores superficies para la restauración representando el 73% del área total con prioridad alta.

## VI. CONCLUSIONES

La elección y extensión de las áreas a invertir los esfuerzos relacionados a cada uno de los tres objetivos de restauración forestal dependerán de los recursos financieros, técnicos y materiales disponibles para su ejecución, pero principalmente del contexto social, diálogo e intereses compartidos con los habitantes locales. Los trabajos de implementación deberán preferentemente enfocarse inicialmente en las áreas de alta prioridad.

Estas áreas prioritarias pueden ser consideradas como unidades directas de intervención, en donde es necesario optimizar el destino de recursos humanos y económicos y realizar intervenciones incluyentes, en la que se considere la participación de los diferentes actores locales en la toma de decisiones.

La racionalidad con la que los actores locales acceden y se apropian de los recursos, su transformación, la percepción y valoración de los mismos, o el interés respecto a alguna forma de manejo, depende de la certidumbre referente a la tenencia de la tierra. Así las áreas más degradadas (sin categorización) son sujetas a mayores presiones de aprovechamiento y generalmente con carencia de manejo, donde la inseguridad de la tenencia es un desincentivo para invertir en actividades de restauración o conservación, por lo tanto, la intervención en estas zonas será diferente a la llevada a cabo en las tierras con posesionarios.

Se sugiere el uso de la herramienta de mapeo participativo, con el objetivo principal de reforzar el vínculo y comunicación entre los actores locales durante el proceso de diseño e implementación del plan de restauración, el mapa de sitios prioritarios, identificado en los mapas resultado del presente trabajo, brindan un panorama amplio de los ámbitos donde resulta necesario la recuperación de la integridad ecológica, sin embargo, debe profundizarse en campo la identificación de estos sitios.

Esta metodología es una herramienta útil dentro de un marco biofísico, sin embargo, existen otras variables sociales que se deben de considerar, tales como los problemas de tenencia de

la tierra y el costo de oportunidad del cambio de uso del suelo; variables que pueden influir en la exclusión de áreas priorizadas mediante esta metodología.

Finalmente se espera que los análisis presentados en este estudio y la propuesta de priorización sirvan de apoyo a la toma de decisiones que conlleven a la recuperación de las áreas prioritarias.



## VII. BIBLIOGRAFÍA

Aguilar-Garavito, M., y Ramírez, W. (2015). Monitoreo a procesos de restauración ecológica, aplicado a ecosistemas terrestres. Bogotá, CO: Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (IAvH).

Almorox, A., López, F., y Rafaelli, S. (2008). La degradación de los suelos por erosión hídrica. métodos de estimación. Murcia, ES: Editum.

Angermeier, P., y Karr, J. (1994). Biological integrity versus biological diversity as policy directives. *BioScience*(44), 690-697.

Aquino, R., y Ramos, C. (2010). Fauna, Informe temático. Iquitos, PE: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA.

Benayas, R., y María, J. (2012). Restauración de campos agrícolas sin competir por el uso de la tierra para aumentar su biodiversidad y servicios ecosistémicos. Alcalá, ES. : Universidad de Alcalá.

Bruijnzeel, L. A. (1989). (De) forestation and dry season flow in the tropics: A closer look. *Journal of Tropical Forest Science.*, 229-243.

Cabezas Gaviria, A., y Ospina Montealegre, R. (2010). Análisis del paisaje y de su relación con la regeneración del roble (*Quercus Humboldtii* Bonpl.) en el Municipio de Popayán, Departamento del Cauca. *Colombia Forestal*. 13(2), 189-200.

Calvo, A. J. (2009). Determinación de índices de fragmentación y modelamiento de la conectividad en los corredores biológicos de costa rica. . Cartago, CR. Instituto tecnológico de Costa Rica: Tesis de lic. .

Cárdenas, H. (1987). Relación precipitación-Esorrentía en el proceso erosivo en diferentes usos del suelo en la microcuenca de las quebradas El Pugru y Saguanchi. Machala, EC: Tesis Ing. Agrónomo, Universidad Técnica de Machala.

Carver, S. J. (1991). Integrating multi-criteria evaluation with geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 5(3), 321-339.

Celemín, J. P. (2010). Contribución metodológica a la ponderación de variables: Aplicación desde una perspectiva geográfica. *Revista Geográfica Venezolana*, 51(1), 45-58.

Congreso Forestal Mundial. (2003). Les facteurs de déforestation et de dégradation des forêts. Quebec, CA: Paul, Lanly Jean.

Delgado, J. D., Arévalo, J. R., y Fernández-Palacios, J. M. (2004). Consecuencias de la fragmentación viaria: efectos de borde de las carreteras en la laurisilva y el pinar de Tenerife. *Ecología Insular/Island Ecology*. Asociación Española de Ecología Terrestre (AEET)-Cabildo Insular de la Palma, 181-225.

Döbert, T. F., Webber, B. L., Barnes, A. D., Dickinson, K. J., Didham, R. K., Kettle, C. J., y Koh, L. P. (2014). Forest Fragmentation and Biodiversity Conservation in Human-dominated Landscapes. , 28. En *Global Forest Fragmentation* (pág. 28).

Elosegi, A., y Díez, J. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial. Separata del capítulo 17: La vegetación terrestre asociada al río: el bosque de ribera.

Epple, C., Thorley, J., Güisa, M., Calderón-Urquiza, A., Walcott, J., Väänänen, E., . . . Mant, R. (2014). Promoviendo los beneficios ambientales y sociales de REDD+ en el Perú mediante análisis espaciales. Cómo los mapas pueden apoyar el logro de múltiples metas políticas. Cambridge, UK: UNEP-WCMC.

Escobedo, R. (2010). Suelos y Capacidad de uso mayor de las tierras, informe temático. Iquitos, PE: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la Selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA.

Escobedo, R. (2010.). Fisiografía, informe temático. . Iquitos, PE: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA.

Fajardo, J., Lessmann, J., Bonaccorso, E., Devenish, C., y Muñoz, J. (2014). Combined Use of Systematic Conservation Planning, Species Distribution Modelling, and Connectivity Analysis Reveals Severe Conservation Gaps in a Megadiverse Country (Peru). *PloS one*, 9(12), e114367. doi:10.1371/journal.pone.0114367.

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (s.f.). Permeabilidad del suelo. Recuperado el 04 de Abril de 2016, de [ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO\\_training/FAO\\_training/general/x6706s/x6706s09.htm#top](ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_training/FAO_training/general/x6706s/x6706s09.htm#top)

FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (s/f). La FAO los bosques y el cambio climático. Recuperado el 02 de 09 de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/017/i2906s/i2906s00.pdf>.

FAO. (1980). *Provisional Methodology of Soil Degradation Assessment*. Roma, IT: FAO -UNEP -UNESCO.

FAO. (2007). *Situación de los Bosques del Mundo*. Recuperado el 09 de 01 de 2015, de <http://www.fao.org/docrep/009/a0773s/a0773s00.htm>

Forman, R. (1995.). Some general principles of landscapes and regional ecology. *Landscape Ecology*, 10(3), 133-142.

Franquis, F., y Infante, A. (2003). Los Bosques y su importancia para el suministro de servicios ambientales. *Rev. For. Latinoam*, 17-30.

FSC. (2012). Pautas para la restauración de bosques y otros ecosistemas en plantaciones forestales en Chile: Conceptos, criterios y procedimientos para cumplir 10 estándares chilenos FSC.

García, J., Mayta, J., y Paredes, P. (2010). Hidrografía e Hidrobiología. Informe temático. Iquitos, PE.: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA.

García, R., y Gagliardi, G. (2009). Villacorta, R. G., y Urrutia, G. G. Identificación de los Procesos Ecológicos y Evolutivos Esenciales para la Persistencia y Conservación de la Biodiversidad en la Región Loreto, Amazonía, Perú.

Guerra, O. (2004). Valoración del método de densidades focales (Kernel) para la identificación de los patrones espaciales de crecimiento de la población en España. *Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la información Geográfica*.(4), 136-165.

Gustafson, E., y Gardner, R. H. (1996). The effect of landscape heterogeneity on the probability. *Landscape Ecology*, 77, 94-107.

Hansen, M. C., Potapov, P. V., Moore, R., Hancher, M., Turubanova, S. A., Tyukavina, A., y ... y Townshend, J. R. (2013). High resolution global maps of 21st-century forest cover change. *Science*, 342(6160), 850-853.

Harvey, C. A., y Sáenz, J. C. (2008). Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Editorial INBio.

Hernández, J. (2015). Modelo para el establecimiento de corredores biológicos en áreas ambientalmente frágiles en el cantón Carrillo. . Instituto Tecnológico de Costa Rica: Tesis Lic. Guanacaste, CR. .

Hernández-Hernández, R. M., Ramírez, E. C., y Cano, S. (2008). Cambios en indicadores de calidad de suelos de ladera reforestados con pinos (*Pinus caribaea*) y eucaliptos (*Eucalyptus robusta*). . *Agrociencia*, 42 (3), 253-266.

Hortal, L., y Saura, S. (2008). Integración de la conectividad ecológica de los bosques en los instrumentos de planificación forestal a escala comarcal y regional. Lleida, ES.

Imbach, P. (2005). Priority areas for payment for environmental services (PES) in Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba, CR, CATIE.

INEI. (2007). Censos Nacionales 2007: XI de Población y VI de Vivienda. Recuperado el 25 de 01 de 2016, de <http://censos.inei.gob.pe/censos2007/>

INEI. (2011). Perú: Estimaciones y proyecciones de población 1950 – 2050. Lima, PE: Boletín de Análisis Demográfico N° 36.

INEI. (2015). Evolución de la pobreza monetaria. Informa técnico. Lima, PE.

IUCN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza) and WRI (World Resources Institute). (2014). A guide to the Restoration Opportunities Assessment Methodology (ROAM): Assessing forest landscape restoration opportunities at the national or sub-national level. Gland, CH: Working Paper.

IUCN. (2011). Restauración del Paisaje. Obtenido de [http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/med/programa\\_uicn\\_med/ecosis\\_temas\\_y\\_medios\\_de\\_vida/bosques/restauracion\\_del\\_paisaje](http://www.iucn.org/es/sobre/union/secretaria/oficinas/med/programa_uicn_med/ecosis_temas_y_medios_de_vida/bosques/restauracion_del_paisaje)

Junta de Andalucía. (s/f). El pronóstico de la erosión de suelos como parte del proceso de evaluación. Recuperado el 07 de 05 de 2016, de [http://www.juntadeandalucia.es/http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Publicaciones\\_Divulgacion\\_Y\\_Noticias/Documentos\\_Tecnicos/Usos\\_y\\_erosion/PDFs/pronostico.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Publicaciones_Divulgacion_Y_Noticias/Documentos_Tecnicos/Usos_y_erosion/PDFs/pronostico.pdf)

Kangas, J., Store, R., Leskinen, P., y Mehtätalo, L. (2000). Improving the quality of landscape ecological forest planning by utilising advanced decision-support tools. *Forest ecology and management*, 132(2), 157-171.

Kettle, C., y Koh, L. (2014). *Global Forest Fragmentation*. CABI.

Lamb, D., y Gilmour, D. (2003). *Rehabilitation and Restoration of Degraded Forests*. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK and WWF, Gland, Switzerland.

Lamb, D., Erskine, P., y Parrotta, J. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310, 1628-1632.

Leonelli, R. (2012). *Enhancing a Decision Support Tool with Sensitivity Analysis*. . University of Manchester.

López Valdez, G. (2001). Efectos ocasionados por la erosión del suelo "solución de un caso práctico". Tesis Ing. Civil. Universidad de Sonora, MX.

López, J. (2010). Manual para especies forestales de rápido crecimiento. San Lorenzo, PY: Proyecto JIRCAS-“Estudio de Validación de Medidas contra el Calentamiento Global” basado en la Forestación y Reforestación - MDL.

Maginnis, S., y Jackson, W. (2002). La restauración del paisaje forestal. OIMT Actualidad Forestal Tropical, 10(4), 9-11. Obtenido de OIMT Actualidad Forestal Tropical.

Maginnis, S., Rietbergen-McCracken, J., y Jackson, W. (2005). Restaurando el paisaje forestal: Introducción al arte y ciencia de la restauración de paisajes forestales. Obtenido de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, CH); OIMT (Organización Internacional de Maderas Tropicales, JP): [www.itto.int/es/partner/id=10640000](http://www.itto.int/es/partner/id=10640000)

Maginnis, S., Rietbergen-McCracken, J., y Jackson, W. J. (2005). Restaurando el paisaje forestal: Introducción al arte y ciencia de la restauración de paisajes forestales. Recuperado el 15 de 04 de 2015, de UICN (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza, CH); OIMT (Organización Internacional de Maderas Tropicales): <http://www.itto.int/es/partner/id=10640000>

Malczewski, J. (1999). GIS and Multicriteria Decision Analysis. New York, US,: John Wiley and Sons.

Malczewski, J. (2006). GIS-based multicriteria decision analysis: A survey of literature. International Journal of Geographical Information Science, 20(7), 703–726.

Mansourian, S., Vallauri, D., y Dudley, N. (2005). Forest Restoration in Landscapes: Beyond Planting Trees. New York, US: Springer Science y Business Media.

Matínez, J. (2014). Determinación de áreas de bosque prioritarias para la conectividad del hábitat del yagareté en el Corredor Verde de Misiones, Argentina. Córdoba, AR.: Tesis de maestría. Universidad Nacional de Córdoba.

McGarigal, K., y Marks, B. (1994 ). Fragstats spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Corvallis, US: Oregon State University.

Miller, J., y Hobbs, R. (2007). Habitat Restoration—Do We Know What We’re Doing? Restoration Ecology, 15(3), 382–390,.

MINAM. (2011). Memoria descriptiva del Mapa de Vulnerabilidad Física del Perú. Lima, PE.

MINAM. (2015). Mapa de usos de la tierra del ámbito Amazónico. Producto de Consultoría. Sin Publicar.

Moll Barber, M. (2013). Aplicaciones cartográficas para la valoración de superficies de escorrentía.

Montero-Muñoz, J., y Sáenz, J. C. (2007). Riqueza, abundancia y diversidad de murciélagos en diferentes hábitats y su relación con la forma y el tamaño de los fragmentos en una zona de bosque seco tropical de Costa Rica. Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica. Santo Domingo de Heredia, CR.

Newton, A., y Tejedor, N. (2011). Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina. Gland, Suiza: UICN y Madrid: España: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas.

Núñez, D., Pinilla, G., y Pineda, J. (2015). Efectos del uso del suelo en las propiedades edáficas y la escorrentía superficial en una cuenca de la orinoquia colombiana. Colombia Forestal, 18(2), 255-272.

OIMT. (2002). Directrices de la OIMT para la restauración, ordenación y rehabilitación de bosques tropicales secundarios y degradados. Obtenido de Serie de políticas forestales no 13: [http://www.itto.int/direct/topics/topics\\_pdf\\_download/topics\\_id=1540000yno=3ydisp=inline](http://www.itto.int/direct/topics/topics_pdf_download/topics_id=1540000yno=3ydisp=inline).

OIMT. (2005). Restaurando el paisaje forestal Introducción al arte y ciencia de la restauración de paisajes forestales. Serie Técnica OIMT N° 23.

Olmo, V. G., Picos, M., García, J., X, Á., y Lagos, L. (2013). Análisis de la conectividad de la Red Gallega de Espacios Protegidos. Aplicación a la Cuenca del río Eume y su entorno. Congreso Forestal Español.

Ordaz Chaparro, V. M., Pérez Nieto, J., y Valdés Velarde, E. (2012). Cobertura vegetal y erosión del suelo en sistemas agroforestales de café bajo sombra. Terra Latinoamericana [en línea]. Recuperado el 7 de 4 de 2016, de <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57325509001>> ISSN

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (s.f.). Depósito de Documentos de la FAO. Recuperado el 26 de 04 de 2016, de Tendencia general de la captura de carbono en el suelo: <http://www.fao.org/docrep/005/y2779s/y2779s05.htm>

Orsi, F. (2010). Restoring forest landscapes for nature conservation and human well-being: Advanced spatial decision support tools. PhD Thesis, University of Trento), 129 p.

- Orsi, F., Geneletti, D., y Newton, A. C. (2011). Towards a common set of criteria and indicators to identify forest restoration priorities: An expert panel-based approach. *Ecological indicators*, 11(2), 337-347.
- Parets, A. S. (2012). Limitaciones al crecimiento poblacional y espacial establecidas por la normativa territorial y urbanística. Madrid, ES: INAP.
- Patterson, B., Ceballos, G., Sechrest, W., Tognelli, M., Brooks, T., Luna, L., . . . Young, B. (2007). Patterson, B. D., G. Ceballos, W. Sechrest, M. F. Tognelli, T. Brooks, L. Luna, P. Ortega, I. Salazar, and B. E. Young. Virginia, USA.
- PNUD. (2013). Informe sobre Desarrollo Humano 2013. Cambio climático y territorio: Desafíos y respuestas para un futuro sostenible. Lima, PE.
- Ramirez, J. (2010). Uso actual de las tierras, informe temático. . Iquitos, PE.: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA. .
- Raschio, G., Contreras, C., y Schlesinger, P. (2014). Análisis de agentes y causas de la deforestación y degradación forestal para la región Madre de Dios. . Lima, PE: World Wildlife Fund for Nature.
- Rivadeneira-Canedo, C. (2008). Study of the Andean bear (*Tremarctos ornatus*) as a legitimate seed disperser and elements of its diet in the region of Apolobamba-Bolivia. *Ecología en Bolivia* [online]., 43(1), 29-40. Obtenido de <[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1605-25282008000100005&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282008000100005&lng=es&nrm=iso)>. ISSN 2075-5023.
- Robert, M. (2002). Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra . Roma, IT: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- Rodríguez, A., Sepúlveda, I., Camargo, J., y Galvis, H. (2009). Pérdidas de suelo y nutrientes bajo diferentes coberturas vegetales en la zona Andina de Colombia. *Acta Agronómica*, 58(3), 160-166.
- Rodríguez, E. (2010). Clima, informe temático. Huanuco, PE: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA.
- Rosales, H. M. (1999). Métodos matemáticos de evaluación de factores de riesgo para el Patrimonio Arqueológico: una aplicación Gis del método de jerarquías analíticas de TL Saaty. *SPAL: Revista de prehistoria y arqueología de la Universidad de Sevilla*, 8, 21-38.

Ruiz-González, A., Gurrutxaga, M., Madeira, M. J., Lozano, P. J., Fernández, J. M., y Gómez-Moliner, B. J. (2010). Estudio de la conectividad ecológica en la CAPV. Genética del paisaje aplicada sobre una especie—objetivo de la red de corredores ecológicos: la Marta Europea (martes martes). Memoria del Proyecto UE07/02. . Universidad del País Vasco.

Saaty T, L. (2003). Decision-Making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary. *European Journal of Operational Research*(145), 85-91.

Saaty, T. (1977). A Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.

Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process*. New York, US: McGraw-Hill.

Saunders, D. A., Hobbs, R. J., y Margules, C. R. (1991). Biological consequences of ecosystem fragmentation: a review. *Conservation biology*, 5(1), 18-32.

Saura, S., y Pascual-Hortal, L. (2007). Conefor Sensinode 2.2. User's Manual. Software for Quantifying the importance of habitat patches for landscape connectivity through graphs and habitat availability indices. University of Lleida, Spain.

Sayer, J., Chokkalingam, U., y Poulsen, J. (2004). ). The restoration of forest biodiversity and ecological values. *Forest Ecology and Management*(201), 3-11.

Scatena, F. N. (1990). Selection of riparian buffer zones in humid tropical steeplands. . *Research Needs and Applications to Reduce Erosion and Sedimentation in Tropical Steeplands: IAHS-AISH*(192), 328-337.

SERNANP. (2013). Sitios Prioritarios para la Conservación de la Diversidad Biológica. Lima, PE: Documento de trabajo 2.

Shanee, S., Brewis, C., y Shanee, N. (2012). Conservación y ecología de los primates endémicos de Perú. *Canopy; Revista del MSc en Conservación de los Primates*, 12, 17-20.

Siraj, S., Mikhailov, L., y Keane, J. A. (2013). PriEsT: an interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments. *International Transactions in Operational Research*.

Stadtmüller, T. (1994). Impacto hidrológico del manejo forestal de bosques naturales tropicales, medidas para mitigarlo: una revisión bibliográfica. Turrialba, C.R.: Informe técnico N° 246. Bib. Orton IICA/CATIE.

Taylor, P. D., Fahrig, L., Henein, K., y Merriam, G. (1993). Connectivity is a vital element of landscape structure. *Oikos*, 571-573.



Turner, M. G. (1991). *Quantitative methods in landscape ecology* (. New York, US: Springer Verlag.

Uribe, D., Geneletti, D., del Castillo, R. F., y Orsi, F. (2014). Integrating stakeholder preferences and GIS-based multicriteria analysis to identify forest landscape restoration priorities. *Sustainability*, 6(2), 935-951.

USDA. (2006). *Keys to soil taxonomy*. Washington, UE.

Useche, D. (2006). *Diseño de redes de conectividad para la conservación y restauración del paisaje en Nicaragua, Centroamérica*. Turialba, CR: Tesis Mg.Sc. CATIE.

Valero Gutiérrez del Olmo, E., Picos, J., García, J., Bermúdez, Á., y Lagos, L. (2013). *Análisis de la conectividad de la Red Gallega de Espacios Protegidos. Aplicación a la Cuenca del río Eume y su entorno*. 6to Congreso Forestal Español.

Vallauri, D., Aronson, J., y Dudley, N. (2005). An attempt to develop a framework for restoration planning. *Forest Restoration in Landscapes*, 65-70.

Vargas, C., Rojas, E., Castillo, D., Espinoza, V., Calderón-Urquiza, A., Giudice, R., y Málaga, N. (2014). *Reporte de la pérdida de los bosques húmedos amazónicos 2000-2013*. Lima, PE: Ministerio del Ambiente/Ministerio de Agricultura/Organización del Tratado de Cooperación Amazónica.

Vargas-Salinas, F., y López-Aranda, F. (2012). ¿ Las carreteras pueden restringir el movimiento de pequeños mamíferos en bosques andinos de Colombia? Estudio de caso en el bosque de yotoco, valle del cauca/ Could roads restraint the movement of small mammals in Andean forests of Colombia? Study case i. *Caldasia*, 409-420.

Vegas-Carillo, S. (2008). *Efectos de la fragmentación del hábitat en la conducta y niveles de estrés de Alouatta palliata mexicana*. Barcelona, SP.: Tesis doctoral. Universidad de Barcelona.

Veluk Gutierrez, F., De Camino, R., y Imbach, A. (2012). Mapeo de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal y mejora de los medios de vida de comunidades rurales en el altiplano de San Marcos, Guatemala. *Bois et forêts des tropiques*(313), 73-83.

Vidalón, M. (2010). *Caracterización Antropológica y Socioeconomía, informe temático*. . Iquitos, PE: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA. .

Vila, J., Varga, D., Llausas, A., y Rivas, A. ( 2006. ). *Conceptos fundamentales en ecología del paisaje (andscape ecology)*. Una interpretación desde la geografía. *Doc. Anàl. Geogr*(48), 151-166.

Villavicencia, R., Saura, S., Santiago, A., y Chavez, A. (2009). La conectividad forestal de las áreas protegidas del estado de Jalisco con otros ambientes. *SCIENTIA CUCBA*(11), 43-50.

Voogd, H. (1983). *Multi-criteria evaluation for urban and regional planning*. . Taylor y Francis.

WCMC. (2000). *Prioritisation of target areas for forest restoration*. Final report.

WWF y IUCN. (2000). *Forests reborn: A workshop on forest restoration*. Segovia, ES.

Young, B. (2007). *Distribución de las especies endémicas en la vertiente oriental*. Virginia, EE UU: NatureServe, .

Zárate, R. (2010). *Vegetación, informe temático*. . Iquitos, PE: Proyecto Mesozonificación Ecológica y Económica para el Desarrollo Sostenible de la selva de Huánuco, convenio entre el IIAP, DEVIDA. .

## VIII. ANEXOS

### ANEXO 1: INSTRUCTIVO PARA COMPARACIÓN DE PARES DE CyI

#### INSTRUCTIVO

El presente formulario tiene como objetivo definir la importancia relativa de los criterios e indicadores mediante una técnica donde todos los criterios identificados son comparados unos con otros en una matriz de comparación de pares. El método propuesto por Saaty (1980), genera una medida que expresa la preferencia relativa entre criterios y entre indicadores, generando una escala y atribuyendo valores numéricos a juicios subjetivos. Saaty (1980) generó una escala para la comparación que consta de valores que van del 1 al 9 para describir la intensidad de la importancia de un criterio sobre otro.

**Cuadro 1: Escala de importancia**

Intensidad de importancia	Definición
1	Igual importancia
3	Importancia moderada
5	Importancia fuerte
7	Importancia muy fuerte o importancia demostrable
9	Extrema importancia

La comparación se realiza tomando un elemento de la Fila de criterios/indicadores para determinar su importancia con respecto a cada elemento de las columnas de criterios/indicadores escribiendo en la celda de intersección el valor de importancia de acuerdo a la escala propuesta por Saaty (1980)

En caso que el criterio/indicador de la fila sea de menor importancia del criterio/indicador identificado en la columna, la forma de valorarlo será anteponiendo "1/" al valor de importancia que Ud. determine.

Las celdas con valor "1" o "X" no se llenan debido a que el valor 1 indica que se está comparando la misma condición y las celdas con valor X quedan determinadas cuando se establece el valor en la celda en blanco que serán llenadas.

#### **EJEMPLO:**

En el cuadro 2 se muestra un ejemplo de una matriz de comparación, donde tres criterios son comparados unos con otros. En la comparación directa de los criterios C2 y C1, el criterio C2 ha sido considerado fuertemente más importante que C1, por lo que el valor "5" ha sido asignado a la posición correspondiente a la matriz, a diferencia de la comparación de los C3 y C2, donde se consideró que el criterio C3 es moderadamente menos importante que el criterio C2, por ello se le asignó el valor 1/3.

**Cuadro 2: Ejemplo de matriz de comparación de pares**

		COLUMNAS		
		CRITERIOS	C1	C2
FILAS	C1	1	X	X
	C2	5	1	X
	C3	4	1/3	1

OBJETIVO 1: MEJORAR LA BIODIVERSIDAD A NIVEL DE PAISAJE

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE CRITERIOS

De los criterios establecidos para identificar las áreas prioritarias a restaurar, indique en la matriz el grado de importancia de cada uno de ellos con respecto al otro de acuerdo a su conocimiento y experiencia, utilizando la escala de Saaty.

		COLUMNAS			
		CRITERIO	Grado de Amenaza	Perturbación	Diversidad
FILAS	Grado de Amenaza	<b>1</b>	X	X	X
	Perturbación		<b>1</b>	X	X
	Diversidad			<b>1</b>	X
	Calidad del parche				<b>1</b>

MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE INDICADORES

De los indicadores establecidos para identificar las áreas prioritarias a restaurar, indique en la matriz el grado de importancia de cada uno de ellos con respecto al otro de acuerdo a su conocimiento y experiencia, utilizando la escala de Saaty.

		COLUMNAS		
		INDICADORES DE PERTURBACIÓN	Distancia a las carreteras	Distancia a centros poblados
FILAS	Distancia a las carreteras	<b>1</b>	X	X
	Distancia a centros poblados		<b>1</b>	X
	Densidad poblacional			<b>1</b>

		COLUMNA
		INDICADORES DE DIVERSIDAD
FILA	Distancia a las áreas protegidas	

		COLUMNAS		
		INDICADORES DE CALIDAD DE PARCHE	Área de los fragmentos	Forma de los fragmentos
FILAS	Área de los fragmentos	<b>1</b>	X	X
	Forma de los fragmentos		<b>1</b>	X
	Conectividad funcional			<b>1</b>

**OBJETIVO 3 : MEJORAR EL BIENESTAR DEL HOMBRE Y, EN PARTICULAR, APOYAR ACTIVIDADES GENERADORAS DE INGRESOS**

**MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE CRITERIOS**

De los criterios establecidos para identificar las áreas prioritarias a restaurar, indique en la matriz el grado de importancia de cada uno de ellos con respecto al otro de acuerdo a su conocimiento y experiencia, utilizando la escala de Saaty.

		COLUMNAS			
		CRITERIO	Accesibilidad	Potencial de Regeneración	Tamaño
FILAS	Accesibilidad	<b>1</b>	X	X	X
	Potencial de Regeneración		<b>1</b>	X	X
	Tamaño			<b>1</b>	X
	Suelo				<b>1</b>

**MATRIZ DE COMPARACIÓN DE PARES DE INDICADORES**

De los indicadores establecidos para identificar las áreas prioritarias a restaurar, indique en la matriz el grado de importancia de cada uno de ellos con respecto al otro de acuerdo a su conocimiento y experiencia, utilizando la escala de Saaty.

		COLUMNA
INDICADORES DE ACCESIBILIDAD		Distancia a las carreteras
FILA	Distancia a centros poblados	

		COLUMNA
INDICADORES DE POTENCIAL DE REGENERACIÓN		Distancia a bosques naturales
FILA	Distancia a las áreas protegidas	

		COLUMNA
INDICADORES DE SUELO		Calidad de suelo
FILA	Pendiente	

## ANEXO 2: MAPAS INDICADORES

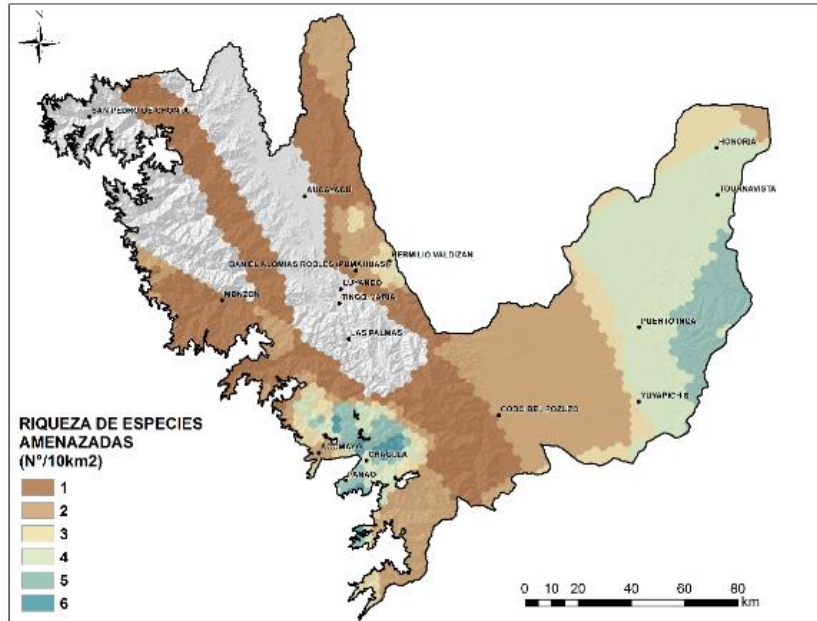


Figura 22: Mapa indicador riqueza de especies amenazadas

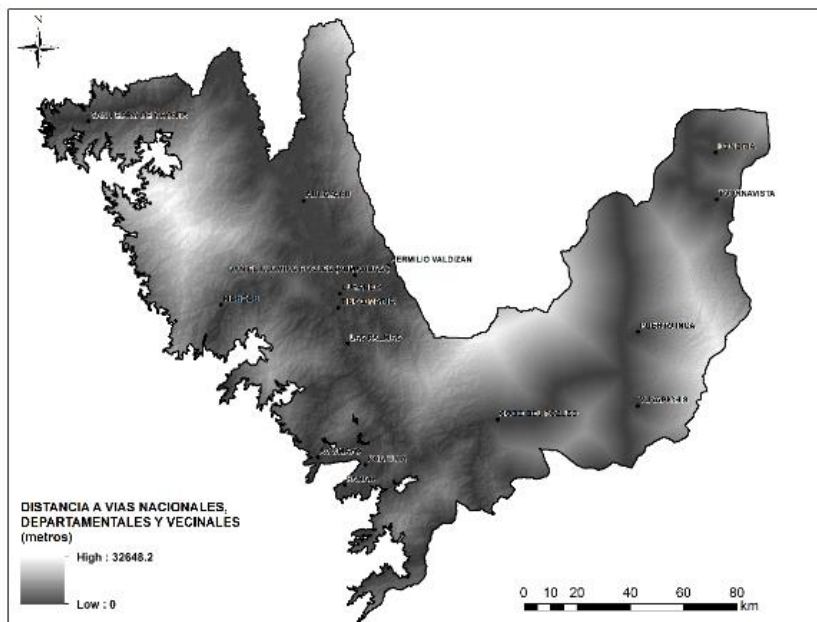


Figura 23: Mapa indicador distancia a centros poblados

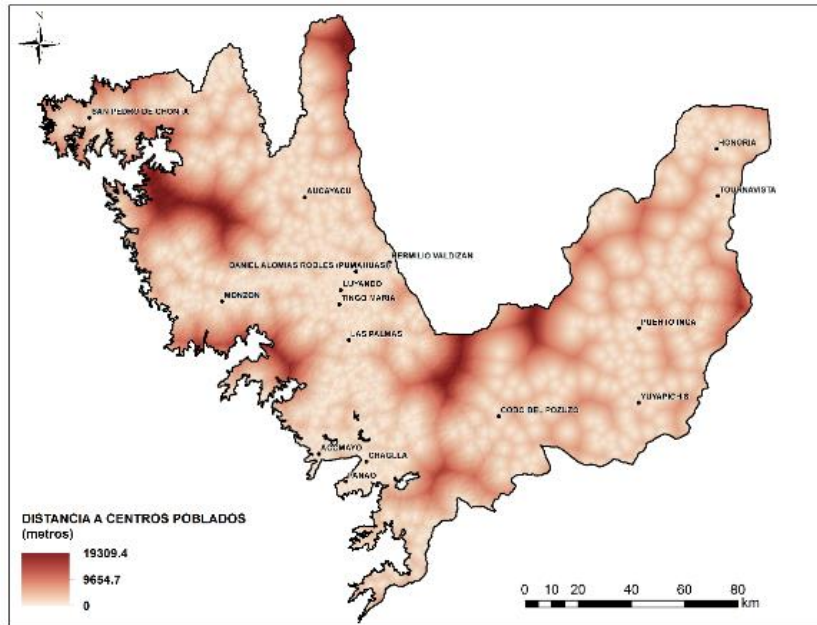


Figura 24: Mapa indicador distancia a centros poblados

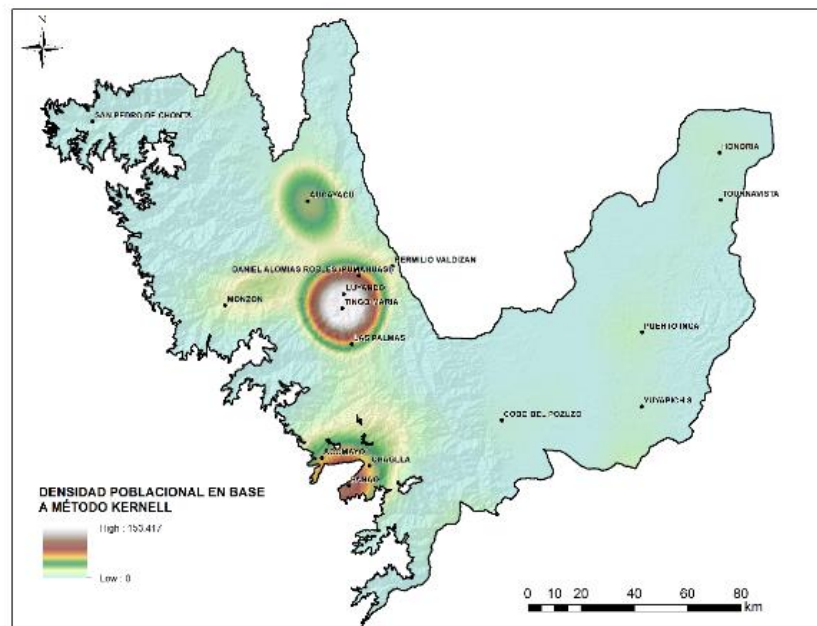


Figura 25: Mapa indicador densidad poblacional

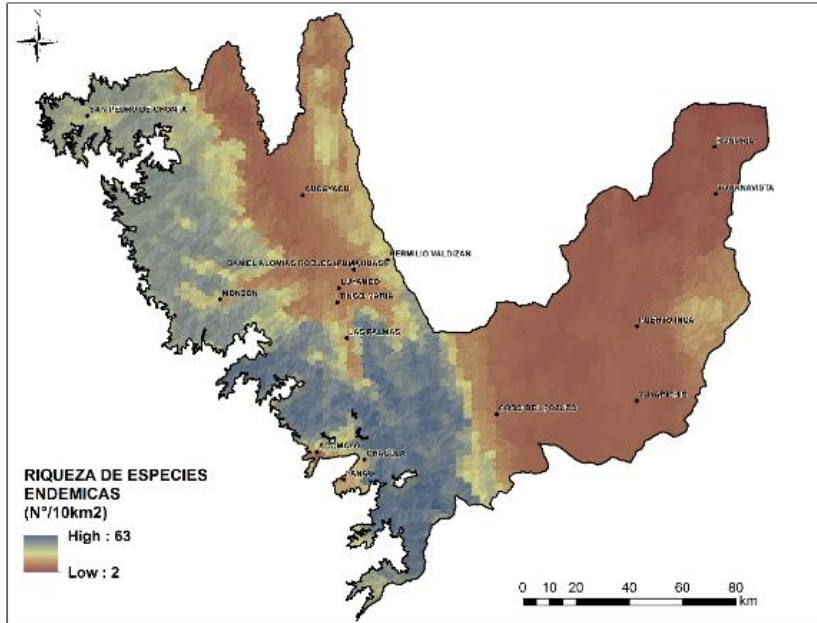


Figura 26: Mapa indicador riqueza de especies endémicas

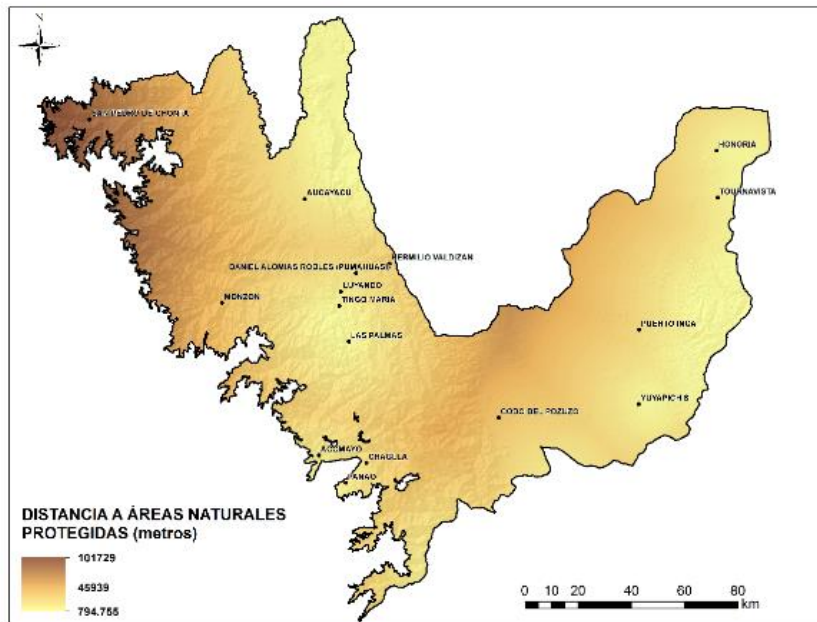


Figura 27: Mapa indicador de distancias a áreas protegidas



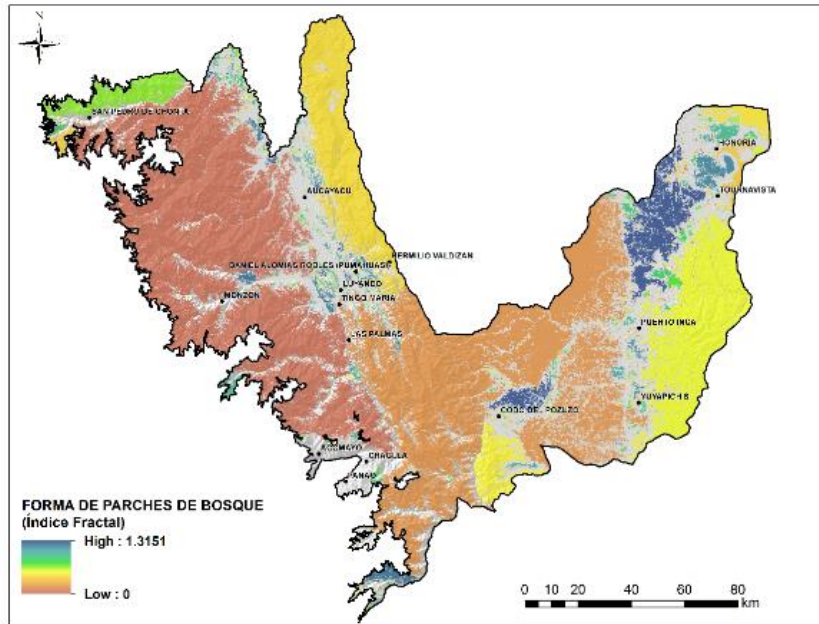


Figura 28: Mapa indicador de forma de parches de bosque

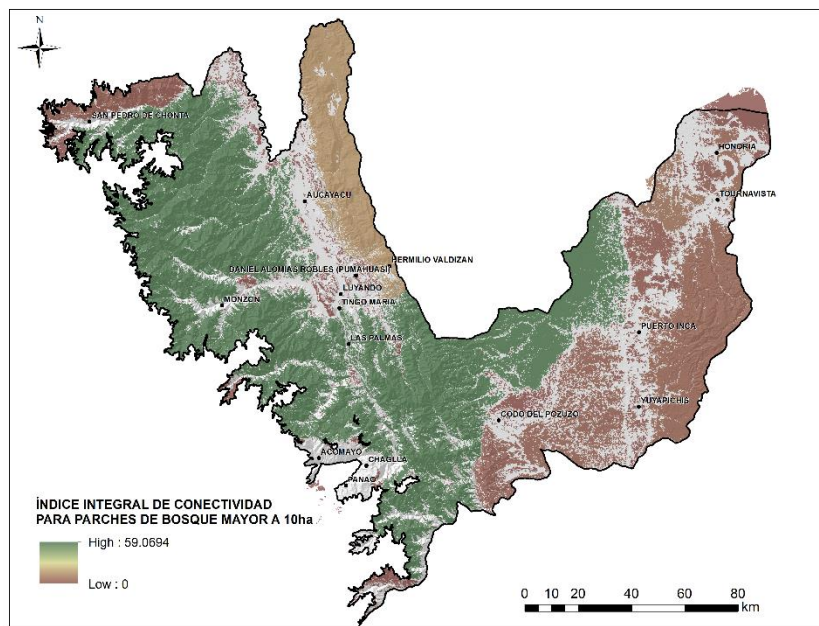


Figura 29: Mapa indicador de conectividad

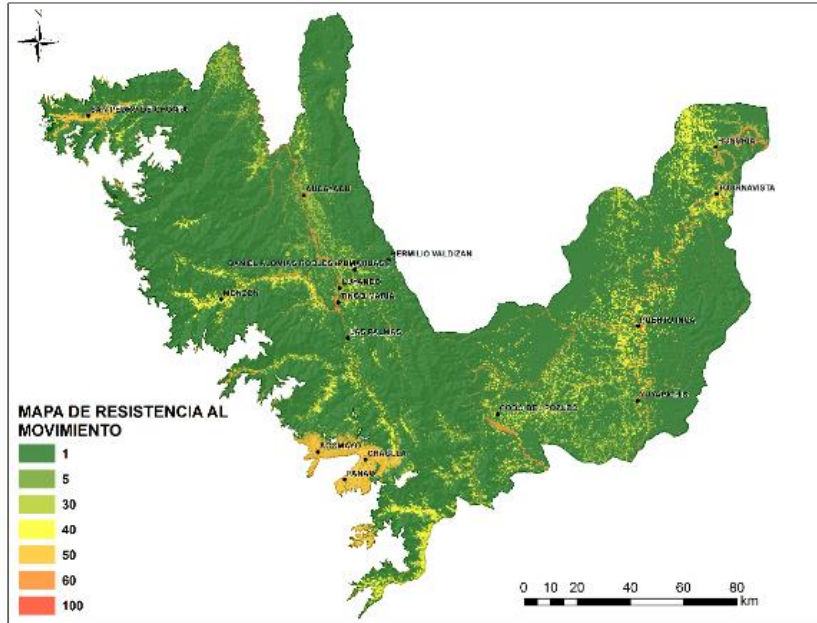


Figura 30: Mapa de resistencia al movimiento de especies

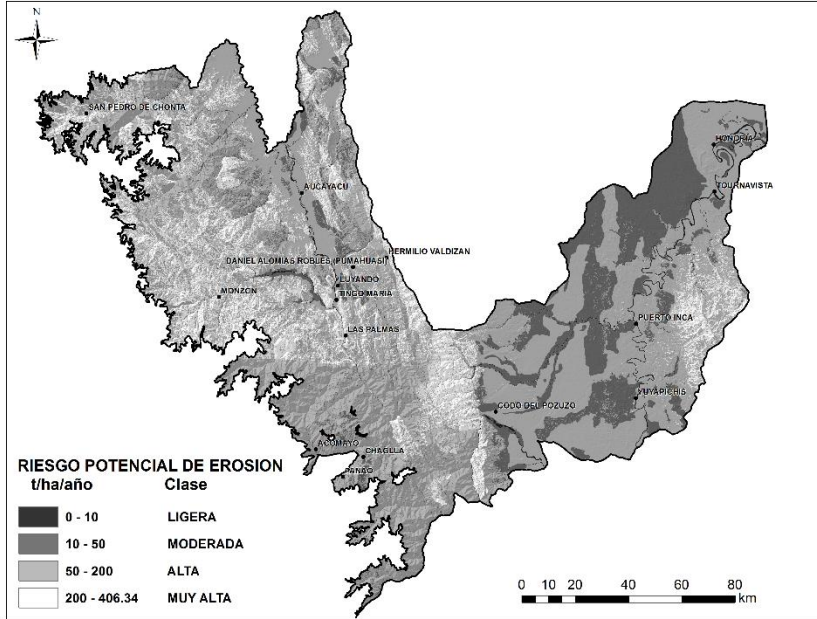


Figura 31: Mapa de riesgo potencial de erosión

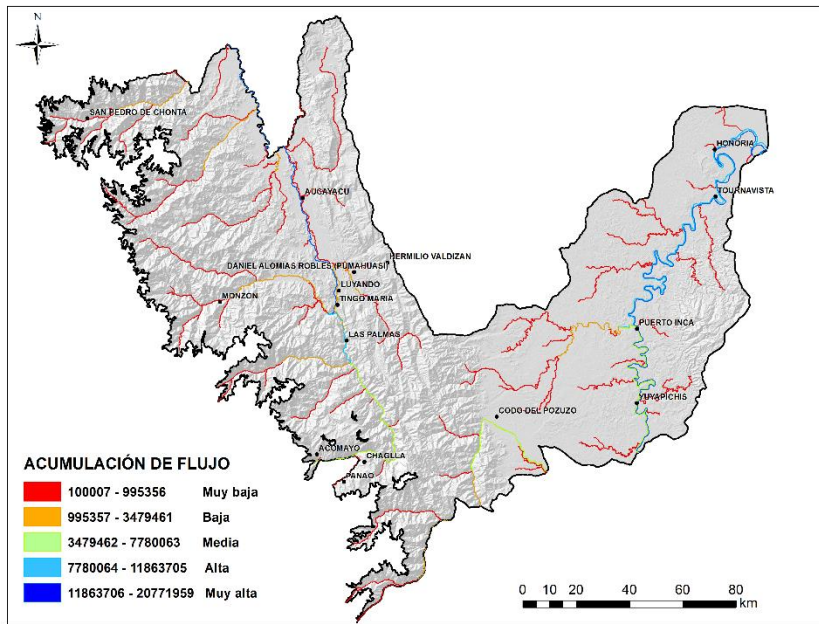


Figura 32: Mapa indicador acumulación de flujo

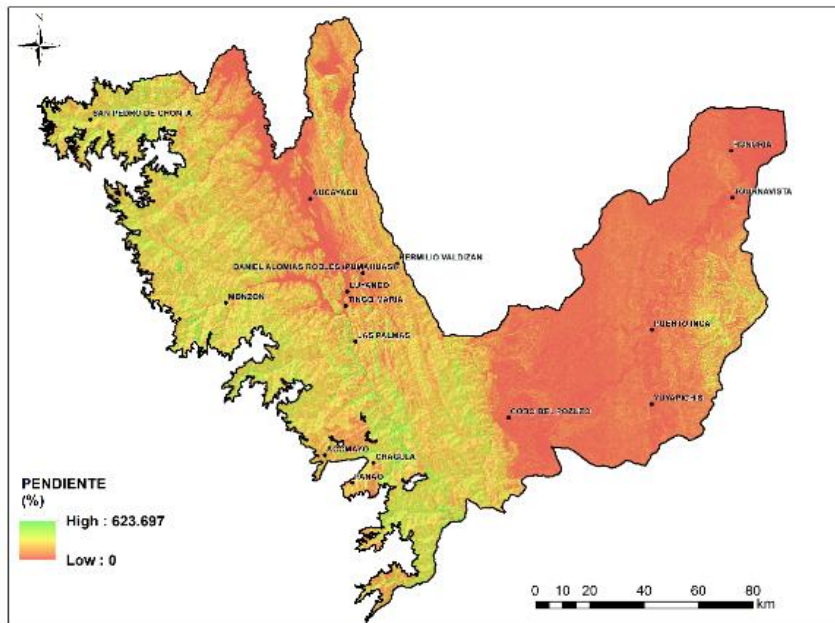


Figura 33: Mapa indicador pendiente



### ANEXO 3: LISTADO DE EXPERTOS Y PESOS ASIGNADOS PARA INDICADORES Y CRITERIOS

*Tabla 1: Listado de expertos*

N°	EXPERTO	INSTITUCIÓN
1	Frida Gonzáles	Especialista Forestal-SERFOR
2	Fráncico Román	<b>Experto en Restauración. Centro de innovación científica amazónica</b>
3	Alberto Mamaní	Especialista Forestal-SERFOR
4	Rocío Malleux	<b>Directora- Organización del Tratado de Cooperación Amazónica</b>
5	Ricardo Mendoza	<b>Asesor Forestal - Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ)</b>
6	Brian Zutta	Responsable MRV. Proyecto REDD+. MINAM
7	Eduardo Rojas	Especialista SIG. Proyecto REDD+. MINAM

8	Gustavo Huamaní	Coordinador Unidad de Mapeo de Bosques y Monitoreo de su Conservación del Programa Bosques.
---	-----------------	---

Tabla 2: Pesos asignados por los expertos

CRITERIO	PESOS DE EXPERTOS									INDICADOR	PESOS DE EXPERTOS									PESO FINAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	Pro m.		1	2	3	4	5	6	7	8	Pro m.	
Accesibilidad	0.43	0.12	0.25	0.15	0.30	0.25	0.35	0.02	0.23	Distancia a centros poblados	0.50	0.50	0.13	0.75	0.50	0.30	0.60	0.45	0.47	<b>0.11</b>
										Distancia a las carreteras	0.50	0.50	0.88	0.25	0.50	0.70	0.40	0.55	0.53	<b>0.12</b>
Potencial de Regeneración	0.06	0.44	0.20	0.07	0.15	0.15	0.08	0.37	0.19	Distancia a bosques naturales	0.75	0.50	0.17	0.25	0.30	0.32	0.60	0.50	0.42	<b>0.08</b>
										Distancia a áreas protegidas	0.25	0.50	0.83	0.75	0.70	0.68	0.40	0.50	0.58	<b>0.11</b>
Tamaño	0.24	0.04	0.05	0.15	0.15	0.10	0.22	0.20	0.14	Área de los fragmentos (parches de bosque)	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	<b>0.14</b>	
Suelo	0.27	0.40	0.50	0.62	0.40	0.50	0.35	0.40	0.43	Profundidad del suelo	0.25	0.88	0.17	0.75	0.65	0.80	0.30	0.25	0.51	<b>0.22</b>
	1.00	1.00	1.00	0.99	1.00	1.00	1.00	0.98	1.00	Pendiente	0.75	0.13	0.83	0.25	0.35	0.20	0.70	0.75	0.49	0.21