

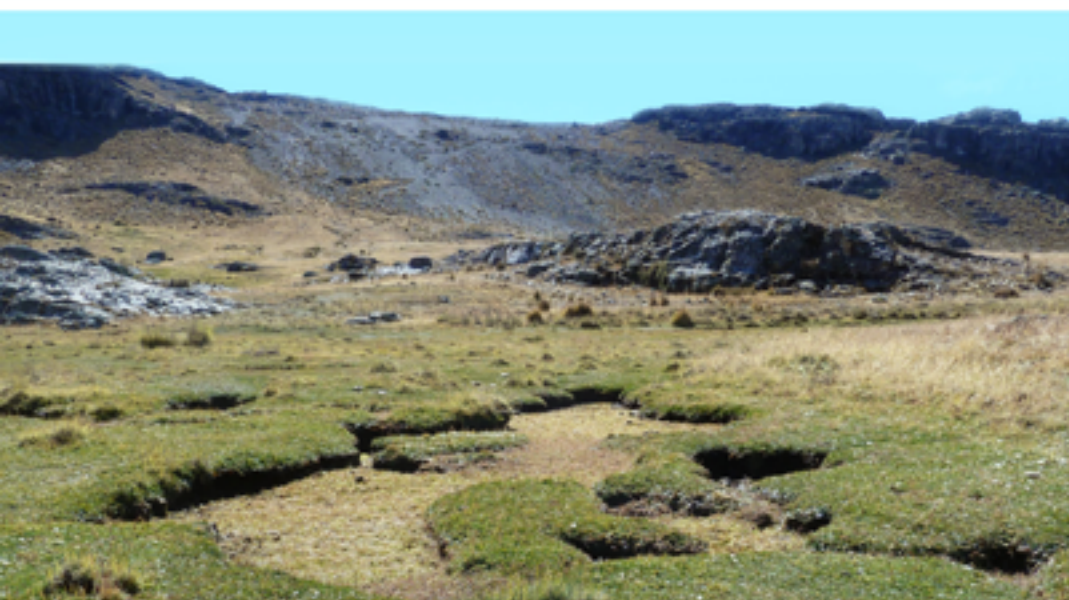


PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

PERÚ  
NATURAL

# Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres



MEMORIA  
DESCRIPTIVA







Tumba y roza del bosque primario para ampliación de áreas agrícolas. Pampa Hermosa, Loreto.





Mapa Nacional de

# Áreas degradadas en ecosistemas terrestres

MEMORIA DESCRIPTIVA



# Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres

**Autor:**

**Ministerio del Ambiente**

**Editado por:**

© **Ministerio del Ambiente**

Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales

Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental

Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio

Av. Antonio Miroquesada n.º 425, Magdalena del Mar

Lima, Perú

Imágenes: © Ministerio del Ambiente, Comisión de Promoción del Perú para la Exportación y el Turismo – PROMPERÚ”

Primera edición, diciembre de 2019



Bosque de colina baja deforestado. Pampa Hermosa, Loreto.



# Índice

PÁG.	10	Lista de Siglas y Abreviaturas
	12	Introducción
	14	Antecedentes
	18	1. Finalidad 2. Objetivo 3. Alcance
	22	4. Marco Normativo
	24	5. Marco Conceptual 5.1 Contexto mundial de la degradación
	28	5.2 Concepto de degradación
	36	6. Consideraciones Generales del Mapa
	38	7. Metodología para la Identificación de Áreas Degradadas 7.1. Indicadores de degradación determinados
	42	7.1.1. Cambio en la cobertura vegetal
	46	7.1.2. Productividad primaria neta

PÁG.	49	7.1.3. Fragmentación de bosques
	54	7.2. Integración de indicadores
	56	7.3. Categorización de áreas degradadas
	58	7.4. Verificación
	62	7.4.1. Diseño de muestreo
	64	7.4.2. Diseño de respuesta
	66	7.4.3. Análisis de la exactitud
	70	8. Resultados 8.1. Superficie total de áreas degradadas 8.2. Superficie de áreas degradadas para la intervención del sector ambiente
	72	8.3. Usos recomendados y principales estadísticas
	78	9. Conclusiones
	80	10. Bibliografía



# Lista de Siglas y Abreviaturas



Intervención en el Bosque Seco. Piura.

© MINAM

**CCI:**

Iniciativa de Cambio Climático de la Agencia Espacial Europea

**CIFOR:**

Centro Internacional para la Investigación Forestal

**CNULD:**

Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación

**COP:**

Conferencia de las Partes

**COS:**

Carbono Orgánico de Suelo

**DGCCD:**

Dirección General de Cambio Climático y Desertificación

**DGOTA:**

Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental

**DMERNT:**

Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio

**FAO:**

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

**GEF:**

Global Environment Facility

**GLADA:**

Global Land Degradation Assessment

**IGN:**

Instituto Geográfico Nacional

**LADA:**

Evaluación de la Degradación del Suelo en Tierras Secas

**LPD:**

Dinámica de la Productividad de la Tierra

**MINAM:**

Ministerio del Ambiente

**MSPA:**

Análisis de Patrones Espaciales Morfológicos

**NDT:**

Neutralidad en la Degradación de la Tierra

**NDVI:**

Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada

**NPP:**

Productividad Primaria Neta

**ODS:**

Objetivos de Desarrollo Sostenible

**ONERN:**

Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales

**PNCBMCC:**

Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático

**PNUMA:**

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente

**PP 144:**

Programa Presupuestal 144 “Conservación y Uso Sostenible de los Ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos”

**ROAM:**

Restoration Opportunities Assessment Methodology

**SENAMHI:**

Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología

**SLM:**

Sustainable land management

**SERFOR:**

Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre

**VMDERN:**

Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales



# Introducción

**L**os ecosistemas forman parte del patrimonio de la nación, proporcionan bienes y servicios a la población. Su aprovechamiento debe ser sostenible y amparado por las políticas nacionales, sectoriales y regionales; no obstante, este patrimonio se ve afectado por la acción humana con actividades como el cambio de uso del suelo, sobrepastoreo, tala selectiva, sobreexplotación de sus recursos, entre otras. En consecuencia, se da la degradación, reflejada en la disminución de la provisión de bienes y servicios ecosistémicos, que en el mediano y largo plazo tienen efectos directos y negativos sobre el bienestar social, de no tomar medidas que mejoren esta situación.

Asimismo, este proceso de degradación contribuye al incremento de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), contribuyendo en la aceleración del cambio climático, con graves impactos en la productividad de los cultivos en gran parte del mundo (Porter JR, Xie L, Challinor A, Cochrane K, Mark Howden

M, Iqbal MM, Lobell D, Travasso MT, 2014). La combinación de la creciente escasez de agua, como resultado del calentamiento global y el aumento de la competencia en todos los sectores, probablemente causará situaciones dramáticas en términos de seguridad alimentaria y del agua en muchas regiones (Strzepek y Boehlert, 2010).

La amenaza a la seguridad alimentaria representa una emergencia planetaria que exige una variedad de soluciones y políticas creativas a nivel global, regional y local. Las respuestas más urgentes a esta situación deben ser las medidas para detener y revertir la degradación de los ecosistemas terrestres. Pero tales soluciones se ven actualmente obstaculizadas por la falta de datos confiables, así como por los métodos para recopilar dichos datos.



Foto: © MININTER

Ante este escenario, el MINAM, en el marco de sus intervenciones para la conservación y recuperación de ecosistemas, y su programación multianual de inversiones, estableció la necesidad de cuantificar las áreas con indicios de degradación con indicadores medibles a escala nacional que permitan establecer un marco de acción para implementar políticas y acciones de conservación y recuperación de ecosistemas.

La información generada del mapa de ecosistemas fue incorporada en la elaboración de reportes sobre la degradación de los ecosistemas

terrestres (periodo de análisis 2001-2017), en donde se identificaron 17 596 306,80 ha degradadas con un 95 % de confianza a nivel nacional.

Es preciso mencionar que el Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres constituye un instrumento orientador y complementario al Mapa Nacional de Ecosistemas<sup>1</sup> para la mejor intervención en el territorio y para las acciones de gestión que vienen desarrollando en el país; además, contribuye con el cumplimiento del Plan Estratégico Sectorial Multianual del sector ambiente 2017-2021<sup>2</sup>.

<sup>1</sup>Aprobado con R. M. n.º 440-2018-MINAM

<sup>2</sup>Aprobado por R. M. n.º 385-2016-MINAM. El Objetivo estratégico sectorial 2 señala lo siguiente: "promover la sostenibilidad en el uso de la diversidad biológica y de los servicios ecosistémicos como activos de desarrollo del país".



# Antecedentes

El Perú actualmente no cuenta con una metodología estandarizada para la medición de la degradación de ecosistemas terrestres a nivel nacional, y tampoco existen estadísticas que permitan cuantificar en unidades de superficie la degradación. No obstante, en los últimos 40 años se han desarrollado iniciativas vinculadas a este proceso de cartografía nacional. Las primeras basadas en la identificación de suelos afectados por salinización (ONERN, 1973) y zonas bioclimáticas bajo proceso de desertificación y factores de vulnerabilidad (IGN, 1989).

Por otro lado, el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC) del MINAM, monitorea anualmente la cobertura y pérdida de bosques, alertas tempranas por deforestación, uso y cambio de uso de la tierra en el ámbito amazónico de los departamentos de Loreto, Madre de Dios, San Martín, Ucayali, Amazonas y ámbitos amazónicos

de los departamentos de Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Pasco, Piura y Puno.

El Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR) elaboró un mapa mediante el cual identificó que las zonas prioritarias para la restauración se encuentran en Ucayali, con 259 161 ha; Apurímac, con 244 307 ha; Amazonas, con 308 826 ha; San Martín, con 300 910 ha; y, Madre de Dios, con 152 307 ha, a partir de la metodología de evaluación de oportunidades de restauración (ROAM).

El Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), por su parte, ha desarrollado el “Atlas de Erosión de Suelos por Regiones Hidrológicas del Perú” en el año 2017, que aporta información relevante sobre el conocimiento de la evolución de las tasas de erosión en el Perú, bajo un enfoque multitemporal y espacial con una cronología de 30 años, utilizando información de sensores remotos y aplicando la metodología de RUSLE como modelo matemático para la estimación de la tasa de erosión hídrica.

Del mismo modo, el Programa de Inversión Pública para el Fortalecimiento de la Gestión Ambiental y Social de los Impactos Indirectos del Corredor Vial Interoceánico Sur (CVIS) – II Etapa (Programa MINAM+CAF), en coordinación con la Dirección General de Ordenamiento Territorial Ambiental (DGOTA) del MINAM, identificó 268 412,5 ha degradadas en los ecosistemas andino – amazónicos degradados del Corredor Vial Interoceánico Sur – Tramos 2, 3 y 4, ubicados en 35 distritos de Cusco, Madre de Dios y Puno. Esta evaluación se realizó para el periodo 2001-2017, a





# Antecedentes



partir del análisis de series temporales de imágenes satelitales del Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI), derivadas de imágenes satelitales Landsat 5 y 8.

Finalmente, a nivel internacional se realizaron algunas iniciativas que sentaron las bases científicas y evolucionaron para ofrecer un mejor soporte para cuantificar la degradación. Yengoh, Dent, Olsson, Tengberg y Tucker (Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales, 2015) analizaron el desarrollo de las primeras evaluaciones de la degradación de la tierra, tales como la Evaluación Global de la Degradación del Suelo elaborado en el Proyecto GLASOD<sup>3</sup> (Oldeman L, Hakkeling R, Sombroek W, 1990), la cual fue una recopilación de la opinión de expertos y detalla en que no son replicables y los datos sistemáticos muestran que no son confiables (Sonneveld y Dent, 2009).

En el marco del programa FAO / PNUMA Degradación de Tierras en Tierras Secas (LADA)<sup>4</sup>, Bai, Z. G.,

Dent, D. L., Olsson, L., Schaepman, M. E. (2008) emprendieron una evaluación global de la degradación y mejora de la tierra (GLADA)<sup>5</sup> mediante el análisis de tendencias lineales de los datos de GIMMS NDVI ajustados por el clima. GLADA, la primera evaluación cuantitativa de la degradación global de la tierra tuvo como objetivo identificar y delinear los puntos calientes de la degradación de la tierra y su contrapunto: puntos brillantes de mejoramiento de la tierra (Bai et al., 2008). Todas estas experiencias han servido para plantear el marco científico conceptual para la Neutralidad en la Degradación de las Tierras (NDT), el cual explica los principios y procesos científicos subyacentes que apoyan el alcance de la NDT y sus resultados previstos. El marco proporciona una base científica sólida para entender la NDT, para informar el desarrollo de directrices prácticas para alcanzar y monitorear el progreso hacia la meta de la NDT.

Es necesario considerar que tanto la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha contra la Desertificación

(CNULD) como el Global Environment Facility (GEF) utilizan la cobertura del suelo para monitorear la degradación de la tierra y la implementación del manejo sostenible de la tierra. La tendencia en la cobertura del suelo es un indicador clave del progreso en el cumplimiento del Objetivo estratégico 2 de la CNLUD: mejorar la condición de los ecosistemas afectados (decisión 22 / COP.11 de la CNLUD). Para el GEF, el logro del objetivo general del área focal de degradación de la tierra se mide a través del “cambio en la productividad de la tierra” utilizando, como un proxy, la productividad primaria neta (NPP, por sus siglas en inglés) que se estima a través del NDVI detectado por imágenes satelitales.

El seguimiento de la consecución de la neutralidad cuantificará el equilibrio entre la zona de ganancias (cambios positivos significativos en los indicadores de NDT = mejoras) y la zona de pérdidas (cambios negativos significativos en los indicadores de NDT = degradación), a través de cada tipo de terreno a lo largo del paisaje. Los indicadores de NDT (y medidas asociadas) son la cubierta de la tierra (cambio en la cubierta de la tierra), la productividad de las tierras (producción neta primaria) y las reservas de carbono (carbono orgánico del suelo).

<sup>3</sup><http://www.isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>

<sup>4</sup><http://www.fao.org/land-water/land/land-assessment/assessment-and-monitoring-impacts/en/>

<sup>5</sup><https://www.isric.org/projects/global-assessment-land-degradation-and-improvement-glada>







Plantación de palma aceitera. Ucayali.

FOTO: Raúl Tinoco

# 1. Finalidad

El Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres y su metodología, son instrumentos que contribuyen a la gestión del territorio, al monitoreo de los ecosistemas, a la diversidad biológica y sus componentes, así como los servicios ecosistémicos que brindan.

# 2. Objetivo

Identificar, categorizar y representar la distribución espacial de las áreas degradadas en ecosistemas terrestres naturales a escala nacional.

# 3. Alcance

La metodología para la identificación de áreas degradadas y el Mapa de Áreas Degradadas son de alcance nacional; que permitirá definir intervenciones en el marco de la conservación y recuperación de ecosistemas terrestres naturales, y la Programación Multianual de Inversiones del sector ambiente.





Vista aérea de cultivos de palma aceitera. Pampa Hermosa, Loreto.

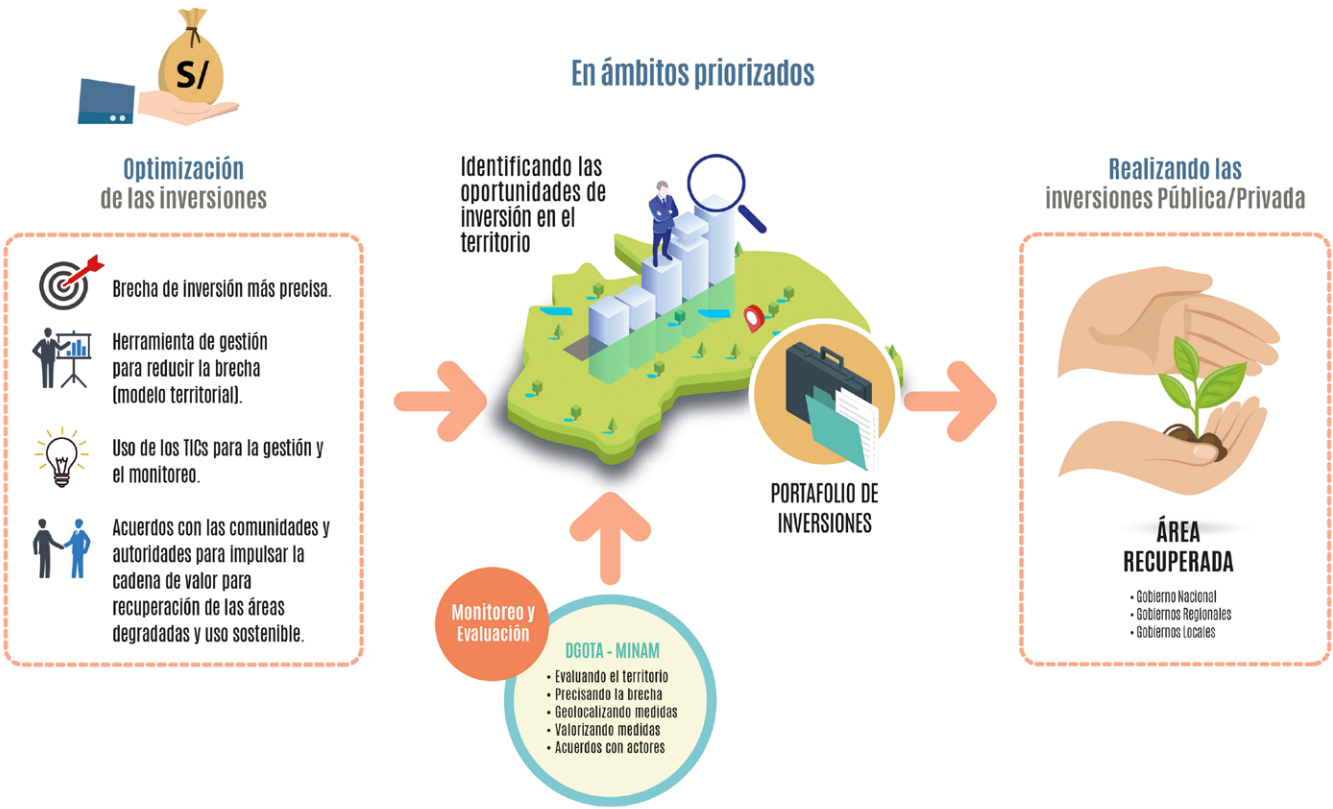


## 4. Marco Normativo

- La Constitución Política del Estado reconoce, en su artículo 68, que el Estado está obligado a promover la conservación de la diversidad biológica y de las Áreas Naturales Protegidas.
- La Ley n.º 28611. Ley General del Ambiente, presenta diversos artículos relacionados a ecosistemas, entre ellos, los siguientes:  
“Artículo 20.- De los objetivos de la planificación y el Ordenamiento Territorial  
(...)”  
e) Promover la protección, recuperación y/o rehabilitación de los ecosistemas degradados y frágiles.  
(...)”  
“Artículo 97.- De los lineamientos para políticas sobre diversidad biológica  
La política sobre diversidad biológica se rige por los siguientes lineamientos:  
a. La conservación de la diversidad de ecosistemas, especies y genes, así como el mantenimiento de los procesos ecológicos esenciales de los que depende la supervivencia de las especies.  
(...)”  
l. El fomento de la inversión pública y privada en la conservación y el aprovechamiento sostenible de los ecosistemas frágiles.  
(...)”  
“Artículo 98.- De la conservación de ecosistemas  
La conservación de los ecosistemas se orienta a conservar los ciclos y procesos ecológicos, a prevenir procesos de su fragmentación por actividades antrópicas y a dictar medidas de recuperación y rehabilitación, dando prioridad a ecosistemas especiales o frágiles.”

- La Política Nacional del Ambiente, aprobada con Decreto Supremo n.º 012-2009-MINAM, tiene como objetivo mejorar la calidad de vida de las personas, garantizando la existencia de ecosistemas saludables, viables y funcionales en el largo plazo.
- El MINAM lidera el Programa Presupuestal 144, denominado “Conservación y Uso Sostenible de los Ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos”, con el fin de conservar los ecosistemas proveedores de servicios y restaurar aquellos que han sido degradados.

Figura n.º 1: articulación con los niveles de gobierno para caracterización y desarrollo de iniciativas de recuperación





# 5. Marco Conceptual

## 5.1 Contexto mundial de la degradación

La degradación de la tierra ha sido destacada como un desafío clave para el desarrollo por parte de la CNUCLD, el Convenio sobre la Diversidad Biológica, el Protocolo de Kyoto sobre el cambio climático mundial y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (Naciones Unidas 2011; PNUMA 2007). El GEF fue designado como un mecanismo financiero para la CNUCLD en el 2003; a través del establecimiento de su área focal de degradación de la tierra, el GEF apunta a detener la degradación de la tierra, especialmente la desertificación y la deforestación, apoyando el Manejo Sostenible de la Tierra - SLM (Sustainable land management). SLM implementa prácticas agrícolas que mantienen la cubierta vegetal; acumula la materia orgánica del suelo; hace un uso eficiente de insumos tales como agua, nutrientes y pesticidas; y minimiza los impactos fuera del sitio (Bierman R, Stocking M, Bouwman H, Cowie A, Diaz S, Granit J, Patwardhan A, Sims R, Duron G, Gorsevski V, Hammond T, Wellington-Moore C , 2014).

La CNUCLD se establece en 1994 como resultado de la Cumbre de la Tierra en 1992 (Río). El Perú ratifica esta Convención en 1995 y entra en vigor

en 1996. Este es el único acuerdo internacional vinculante que articula ambiente y el desarrollo al manejo sostenible de la tierra.

En setiembre de 2015, la Asamblea General de Naciones Unidas, de la cual el Perú forma parte, adopta los ODS, incluyendo el objetivo 15 que busca proteger, restaurar y promover el uso sostenible de los ecosistemas terrestres. Este objetivo contiene la meta 15.3: “luchar contra la desertificación, restaurar tierra y suelos degradados y procurar lograr un mundo con efecto neutro en la degradación de la tierra”.

En el 2017, la Asamblea General de Naciones Unidas aprueba el marco de indicadores de los ODS. Se establece el indicador de la meta 15.3: indicador 15.3.1 “Proporción de tierras degradadas en comparación con la superficie total” con la CNUCLD

actuando como agencia custodia de este indicador. Se establece que la medición del indicador 15.3.1 se realizará a través de los tres indicadores de progreso basados en la tierra aprobados por la CNUCLD en su decimoprimer Conferencia de las Partes (COP) en el 2013: cubierta de la tierra, productividad de la tierra y carbono orgánico en suelo.

En el 2015, en la decimotercera sesión de la COP de la CNUCLD se adopta el Marco Científico Conceptual de la Neutralidad en la Degradación de la Tierra (NDT) trabajado por la Interfaz Científico Política de la CNUCLD y se acepta aplicar el enfoque de monitoreo y evaluación propuesto para los tres indicadores de progreso basados en la tierra para reportar sobre NDT.

La búsqueda de la NDT requiere de un esfuerzo para evitar mayores pérdidas netas del capital natural

basado en la tierra relativa a un estado de referencia o línea de base. Planificar para la neutralidad supone compensar las pérdidas anticipadas con medidas para alcanzar ganancias equivalentes en una serie de tipos de terreno, donde el tipo de terreno se define por el potencial de este.

Se promueve que las intervenciones de NDT se integren dentro de la planificación del uso de la tierra. Se hace hincapié en la proyección y el seguimiento de impactos (posiblemente acumulativos) de los usos de la tierra y de las decisiones sobre la gestión de la tierra. Las acciones para alcanzar la NDT incluyen enfoques de gestión de la tierra que evitan o reducen la degradación, junto con los esfuerzos encaminados a revertir la degradación a través de la restauración o la rehabilitación de tierra que ha perdido productividad.





La jerarquía de respuesta “evitar>reducir>revertir la degradación de las tierras” articula las prioridades en la planificación de las intervenciones de la NDT. La implementación de la NDT se gestiona a nivel de paisaje, considerando todas las unidades para cada tipo de terreno y sus interacciones y trayectorias ecológicas, de modo que las intervenciones de la NDT puedan optimizarse entre todas estas unidades para mantener o no superar la pérdida neta de tierra por cada tipo de terreno.

El marco conceptual de la NDT ha sido diseñado para que sea aplicable a todos los usos de las tierras —es decir, tierras gestionadas para la producción (como por ejemplo la agricultura o la silvicultura), para la conservación (como las áreas protegidas) y aquellas tierras ocupadas por asentamientos humanos e infraestructuras— y a todos los tipos de degradación de las tierras, en una gran variedad de circunstancias de cada país, de modo que pueda ser implementado de una forma armonizada por todos los países que elijan alcanzar la NDT.

El Perú realizó un primer ejercicio de establecimiento de línea base nacional de NDT en el 2017, el MINAM revisó y ajustó los datos de fuentes globales proporcionados por la CNULD para los años 2000 y 2010. A partir de esta experiencia, se utilizó dos de los tres indicadores propuestos por la NDT para realizar la identificación de áreas degradadas en el territorio nacional utilizando datos nacionales, en el marco de sus competencias y de la implementación del Programa Presupuestal 144 “Conservación y uso sostenible de ecosistemas para la provisión de servicios ecosistémicos” proceso que tuvo lugar durante el primer semestre del 2018.

**La degradación  
de la tierra es un  
desafío clave  
para el desarrollo**



Plaguicidas en cultivos de arroz.  
Cuenca del río Ponasa. San Martín.

Foto: Raúl Tinoco

Para la variable de cobertura de la tierra se trabajará con la información de pérdida de bosque en la Amazonía proporcionada por el PNCBMCC, la que fue complementada con datos de cambio de la cobertura vegetal brindados por el sistema Terra-i Perú para los ecosistemas andinos y costeros. Para la variable de productividad de la tierra, se generaron series temporales de NDVI de 17 años a partir de datos del satélite MODIS. La variable de carbono orgánico en el suelo no fue considerada debido a la falta de información a escala nacional y para el periodo de análisis, para su cálculo. Además, su exoneración fue sustentada, ya que esta variable viene a ser más un atributo y no suma a la identificación espacial de áreas degradadas.

En el 2018, el MINAM, como punto focal, solicita apoyo a la CNULD para concluir el proceso de actualización y establecimiento de la línea base nacional NDT, en el marco del Programa de Establecimiento de Metas de NDT.



## 5.2. Concepto de degradación

La degradación es un concepto que etimológicamente es definido como la acción de reducir o desgastar las cualidades inherentes a alguien o algo<sup>6</sup>.

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO), indica que, si bien no existe una definición única de degradación de la tierra acordada a nivel internacional, las tierras degradadas se definen como tierras que han perdido hasta cierto grado su productividad natural debido a procesos inducidos por la actividad humana<sup>7</sup>.

Las definiciones más actuales de degradación de la tierra engloban también cambios negativos en la capacidad de los ecosistemas de brindar una variedad de bienes y servicios sociales y ambientales.

La FAO, siguiendo la lógica orientada a ecosistemas boscosos hace mención que la degradación del bosque es una reducción de la capacidad de este para producir bienes y servicios. El término «capacidad» se refiere a una escala de tiempo y al estado referencial de un determinado bosque<sup>8</sup>. Según Yengoh G, Dent D, Olsson L, Tengberg A, Tucker C, 2015, la degradación de la tierra es la pérdida a largo plazo de la función y los servicios del ecosistema, causadas por perturbaciones de las cuales el sistema no se puede recuperar sin ayuda.

El Centro Internacional para la Investigación Forestal (CIFOR), adopta el término «paisajes de degradación» refiriéndose a los paisajes que se configuran en el ecosistema por acción de agentes causales, principalmente antrópicos y naturales, que promueven cambios o alteraciones en características de la cobertura vegetal y/o las propiedades del suelo<sup>9</sup>. Como ejemplo de estos paisajes de degradación se tienen los ecosistemas amazónicos que van desde paisajes donde aún predominan bosques primarios sobreexplotados y fragmentados (bosque residual), paisajes donde predominan las purmas<sup>10</sup> progresivamente degradadas por prácticas destructivas de uso de la tierra hasta áreas donde predominan pastos y vegetación invasora. La actividad minera y de explotación petrolera (quinto paisaje) origina procesos de degradación severa a extrema en las áreas donde se establecen y desarrollan acciones (ver Tabla n.º 1).

**La degradación de la tierra es la pérdida a largo plazo de la función y los servicios del ecosistema, causadas por perturbaciones de las cuales el sistema no se puede recuperar sin ayuda**

<sup>6</sup>Real Academia Española. 2018.

<sup>7</sup>FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Italia). 2017. Agroforestería para la restauración del paisaje: explorando el potencial de la agroforestería para mejorar la sostenibilidad y la resiliencia de los paisajes degradados. Roma, Italia, 28 p.

<sup>8</sup>FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Italia). 2003. Actas, Segunda reunión de expertos sobre armonización de definiciones relacionadas con la silvicultura para uso de varias partes interesadas, Roma, 11-13 septiembre 2002. Roma, Italia, FAO. 92 p.

<sup>9</sup>MEZA, A.; SABOGAL, C.; JONG, W. 2006. Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana. Revisión de experiencias y lecciones aprendidas. CIFOR (Center for International Forestry Research). Bogor, Indonesia. 136p.

<sup>10</sup>Purma o vegetación secundaria de distintas edades que se encuentran en regeneración en tierras abandonadas por agricultura o en descanso para la recuperación de suelos.

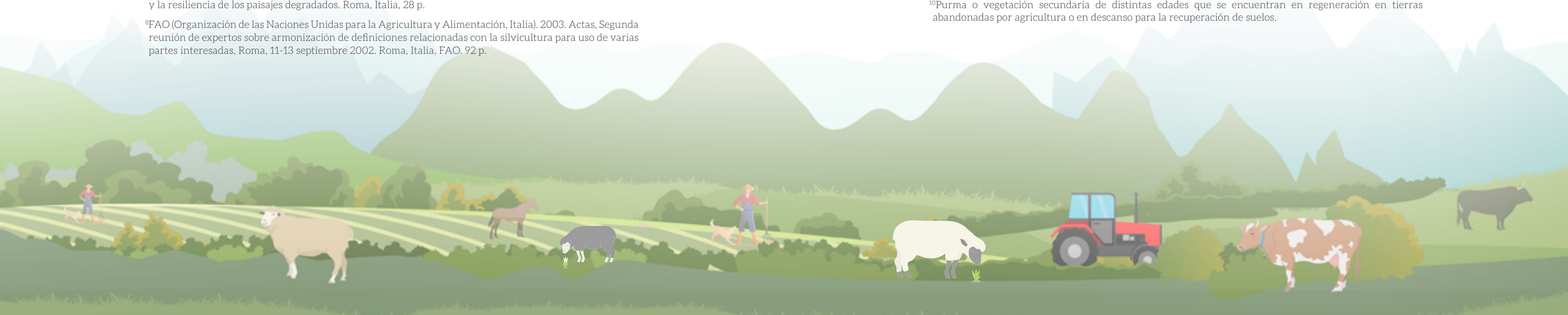




Tabla n.º 1: paisajes de degradación predominantes en la Amazonía peruana

Paisaje de degradación	Causas principales	Efectos de cambio	Indicadores característicos	Nivel aparente de degradación
Bosque residual en paisaje antrópico.	<ul style="list-style-type: none"><li>Extracción no controlada de madera.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Compactación de suelo en accesos viales.</li><li>Variación en composición florística.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Ausencia de especies arbóreas valiosas.</li></ul>	Incipiente
“Purma” en paisaje de bosque fragmentado.	<ul style="list-style-type: none"><li>Uso agrícola y/o pecuario de baja intensidad.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Incremento y predominancia de áreas con vegetación secundaria (purmas).</li><li>Disminución de biomasa por unidad de área.</li><li>Riesgos crecientes de erosión, compactación y/o pérdida de fertilidad natural del suelo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Predominancia de purmas medias y/o altas.</li><li>Progresivo empobrecimiento de suelos.</li><li>Actividades productivas con rendimientos decrecientes.</li></ul>	Intermedio o moderado
“Purma” baja con vegetación invasora en paisaje de	<ul style="list-style-type: none"><li>Agricultura de roza, tumba y quema de ciclos cortos y quemas frecuentes.</li><li>Cultivos ilícitos y fuegos frecuentes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Escasez de cubierta boscosa.</li><li>Reducción de biodiversidad.</li><li>Alteración de ciclos hídricos.</li><li>Erosión y/o pérdida de fertilidad natural del suelo.</li><li>Compactación del suelo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Áreas abandonadas e improductivas cubiertas de Imperata, Andropogon y/o Pteridium.</li></ul>	Severo
Pasto natural de muy baja productividad	<ul style="list-style-type: none"><li>Actividades ganaderas de pequeños productores en áreas inapropiadas.</li><li>Actividades ganaderas en pasturas nativas y sin control de la carga animal.</li><li>Sobrepastoreo y quemas frecuentes.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Escasez de cubierta boscosa.</li><li>Reducción de biodiversidad.</li><li>Alteración de ciclos hídricos.</li><li>Erosión y/o pérdida de fertilidad natural del suelo.</li><li>Alto grado de compactación del suelo.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Áreas abandonadas o improductivas cubiertas por Axonopus, Paspalum y/o Homolepis.</li></ul>	Severo
Área de forestada y suelo erosionado con desechos minerales expuestos.	<ul style="list-style-type: none"><li>Explotación minera.</li><li>Explotación petrolera.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Remoción total de cubierta vegetal.</li><li>Contaminación de suelos y fuentes de agua.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>Áreas cubiertas por desechos minerales (relaves).</li></ul>	Severo a extremo

Fuente: adaptado de Meza A, Sabogal C, De Jong W, 2006

Por su parte, la Normatividad Peruana, con Resolución Presidencial n.º 129-2016, del Organismo de Supervisión de los Recursos Forestales y de Fauna Silvestre (OSINFOR), define como área degradada al espacio de terreno donde se evidencian cambios graduales o sutiles a la cobertura boscosa, por causas de deforestación o degradación, que reducen la integridad y la salud ecológica.

Otra orientación es la degradación de ecosistemas que puede definirse como el deterioro en las condiciones bióticas y abióticas junto con sus interacciones y disminución de su complejidad, su biodiversidad, su capacidad de carga, su productividad biológica y económica. Según el grado de deterioro de sus componentes y sus interacciones, un ecosistema puede sufrir desde un desequilibrio transitorio, hasta una degradación irreversible, donde su capacidad de regeneración natural es seriamente afectada<sup>11</sup>.

En función de lo señalado, los ecosistemas degradados son aquellos que han sufrido pérdida total o parcial de alguno de sus factores de producción (componentes esenciales) que alteran su estructura y funcionamiento, disminuyendo por tanto su capacidad de proveer bienes y servicios<sup>12</sup>.

En el marco de la CNULD se define degradación como la reducción o pérdida de la productividad biológica o económica y la complejidad de las tierras (de cultivo, pastizales, bosques) como resultado de una combinación de presiones, incluido el uso de la tierra y las prácticas de manejo. Definición adoptada y utilizada por los 196 países que son parte de la CNULD. Asimismo, define la neutralidad en la degradación de las tierras como “una situación en que la cantidad y la calidad de los recursos de tierras necesarios para sustentar las funciones y los servicios de los ecosistemas e incrementar la seguridad alimentaria se mantienen estables o aumentan en los ecosistemas y las escalas temporales y espaciales de que se trate” (Decisión 3/COP.12, UNCCD, 2015).

**NDT: Es una situación en que la cantidad y la calidad de los recursos de tierras necesarios para sustentar las funciones y los servicios de los ecosistemas e incrementar la seguridad alimentaria, se mantienen estables o aumentan**

<sup>11</sup>Montoya F. 2005. Degradación y rehabilitación de ecosistemas terrestres: estado de la cuestión. Revista Biocenosis / Vol. 16 (2).

<sup>12</sup>Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión en las tipologías de ecosistemas, especies y apoyo al uso sostenible de la biodiversidad.



La tierra se define como el “conjunto de los constituyentes del suelo, los componentes bióticos en y sobre ella, así como su entorno paisajístico y sus atributos climáticos” (Vlek P, Le Q, Tamene L, 2010).

Todas estas definiciones son congruentes con lo planteado en el marco de los Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión pública en diversidad biológica y servicios ecosistémicos (versión Junio 2015), donde el MINAM, define a los ecosistemas degradados como *“aquellos ecosistemas que han sufrido pérdida total o parcial de alguno de sus factores de producción (componentes esenciales) que alteran su estructura y funcionamiento, disminuyendo por tanto su capacidad de proveer bienes y servicios”*<sup>13</sup>.

Sin embargo, medir todos los factores de producción del ecosistema sería muy complejo y costoso, por lo que se optó como mejor aproximación la degradación de las tierras, entendiendo el término tierra como algo más que solo el suelo, sino como una ampliación del enfoque a ecosistemas terrestres, con el fin de incluir otros recursos naturales tales como el clima, el agua, la morfología del terreno y la vegetación.

**Ecosistemas degradados:  
Aquellos ecosistemas que  
han sufrido pérdida total  
o parcial de alguno de sus  
factores de producción  
(componentes esenciales)  
que alteran su estructura  
y funcionamiento,  
disminuyendo por tanto  
su capacidad de proveer  
bienes y servicios**

<sup>13</sup>Lineamientos para la Formulación de Proyectos de Inversión Pública en Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos. Resolución Directoral n.º 006-2015-EF/63.01 publicada en el Diario Oficial El Peruano el 13 de agosto de 2015. Estos son concordantes con los Lineamientos de Política de Inversión Pública en materia de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos 2015 – 2021 aprobados por Resolución Ministerial n.º 199-2015-MINAM



Bofedal degradado. Distrito de Huanchay, Áncash.





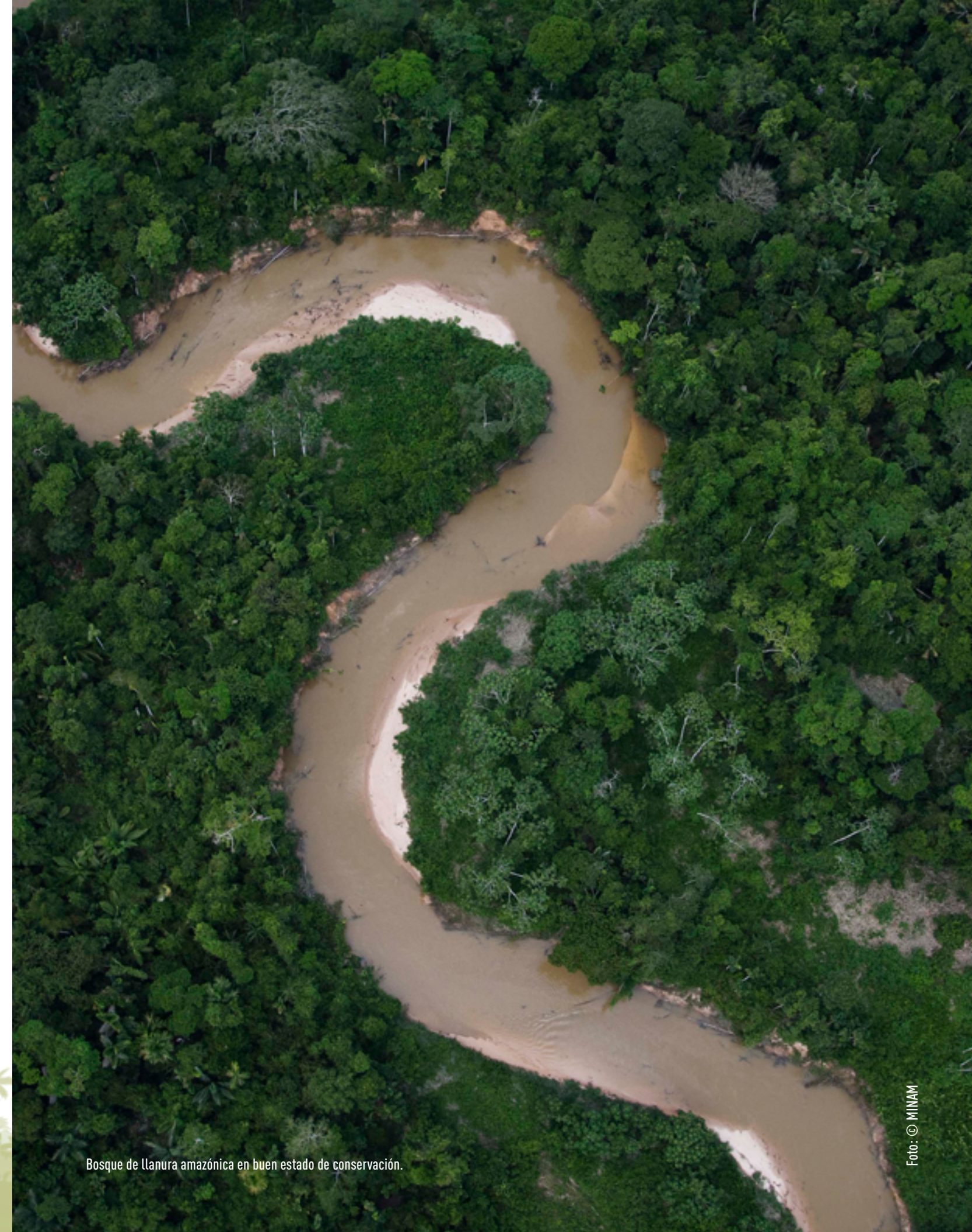
Intervención humana en bosque del Valle del Alto Mayo.



## 6. Consideraciones generales del mapa

En este contexto, el Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres considera los siguientes aspectos:

- La escala de trabajo es nacional (1: 100 000), y sirve de referencia para escalas regionales y/o locales. Dicha escala tiene concordancia con instrumentos cartográficos ya elaborados como el monitoreo de la cobertura y pérdida de bosques, uso y cambio de uso de la tierra, entre otros.
- El periodo de análisis es 17 años (2001-2017).
- El análisis es sobre ecosistemas terrestres.
- Constituye una herramienta para la gestión pública, siendo soporte para diversos instrumentos de gestión territorial, focalizando las inversiones del estado en materia de recuperación de ecosistemas terrestres.



Bosque de llanura amazónica en buen estado de conservación.



## 7. Metodología para la Identificación de Áreas Degradadas

El proceso metodológico para la elaboración del Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres se desarrolló de la siguiente manera:

- Se establecieron las consideraciones generales que debe cumplir el mapa.
- Se analizaron los indicadores propuestos por la CNUCLD para determinar los que son aplicables.
- Se determinó la medición de tres (3) indicadores: a) Cambio en la cobertura vegetal, b) Dinámica de la productividad de la tierra y c) Fragmentación del bosque.
- Se realizó el análisis de series temporales de la tendencia de Productividad Primaria de la Tierra (PPT) a partir del NDVI como estimación de la dinámica de la productividad de la tierra.
- Se recopiló la información de cambio de cobertura vegetal y fragmentación de bosques.
- Se realizó la integración de la información espacial de los tres indicadores para obtener el total de áreas degradadas.
- Se establecieron tres (3) categorías de degradación: a) alto, b) medio y c) bajo.
- Se hizo una verificación in situ de las áreas degradadas en sitios determinados.

### 7.1. Indicadores de degradación determinados

La CNUCLD a través del enfoque NDT, propuso una iniciativa para detener la pérdida permanente de la tierra saludable.



Reuniones de trabajo para la elaboración del mapa

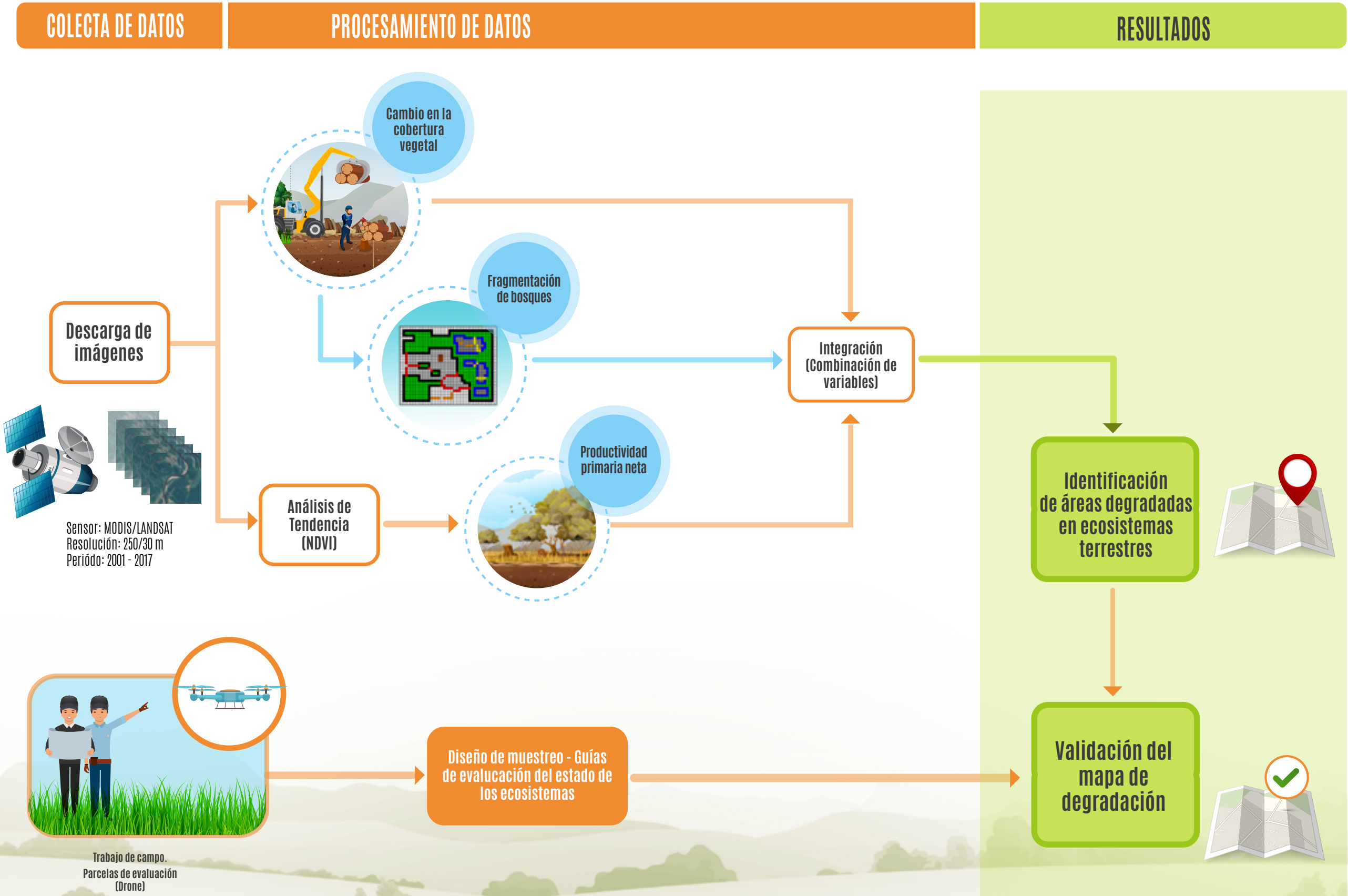
Foto: © MINAM

Esta iniciativa plantea el uso de tres indicadores, sin embargo, por lo expuesto en el ítem 7.1 se usaron dos indicadores:

En consecuencia, la metodología para la identificación de la degradación a nivel nacional utiliza el enfoque NDT, con sus dos primeros indicadores: a) Cobertura de la tierra, cuantificada como cambio en la cubierta terrestre, b) Productividad de la tierra, estimada a partir de la Productividad Primaria Neta y se incorpora un nuevo indicador c) Fragmentación de bosques, estimada a partir de patrones espaciales morfológicos.



Figura n.º 2: Flujo de Información



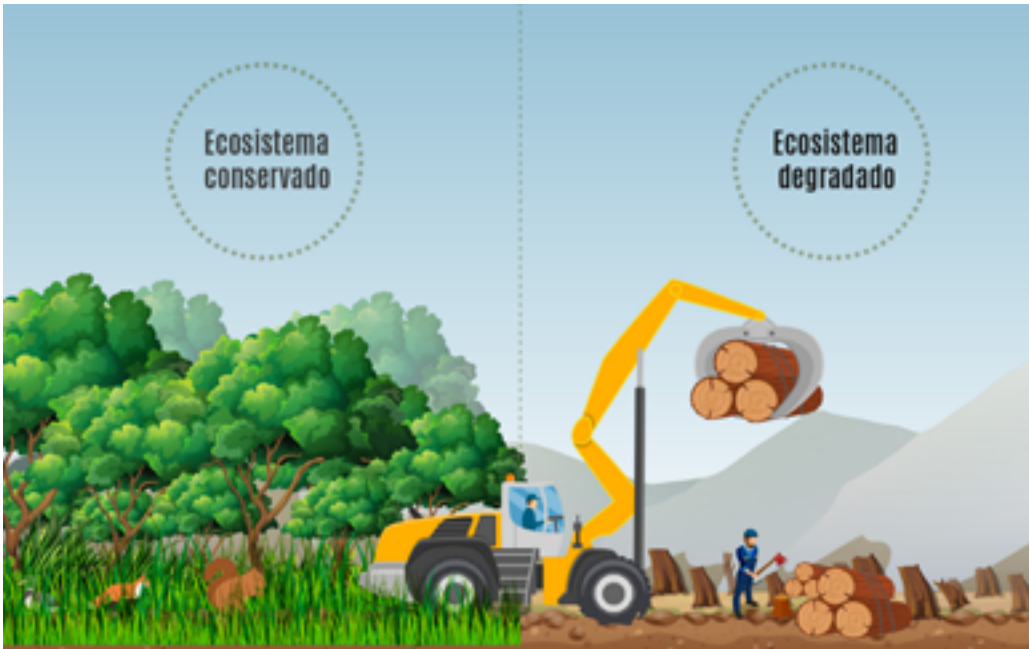


7.1.1. Cambio en la cobertura vegetal

Para la estimación del cambio en la cobertura vegetal, se utilizó la siguiente información:

- Información de la cobertura y pérdida de bosques, de los departamentos de Loreto, Madre de Dios, San Martín, Ucayali, Amazonas y ámbitos amazónicos de los departamentos de Ayacucho, Cajamarca, Cusco, Huancavelica, Huánuco, Junín, La Libertad, Pasco, Piura y Puno, para el periodo comprendido del 2000 al 2017. Esta información espacial es proporcionada por el PNCBMCC, mediante la plataforma web del GeoBosques<sup>14</sup>.
- Información de los cambios de cobertura de los ámbitos costeros y andinos. Esta información espacial es proporcionada por la DGOTA del MINAM, mediante la plataforma Terra-i Perú<sup>15</sup>.

Figura n.º 3: cambio en la cobertura vegetal



Proceso de pérdida de cobertura vegetal por acción del ser humano para llevar a cabo actividades productivas.

<sup>14</sup><http://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/view/index.php>

<sup>15</sup>[http://www.terra-i.org/terra-i/data/data-terra-i\\_peru.html](http://www.terra-i.org/terra-i/data/data-terra-i_peru.html)

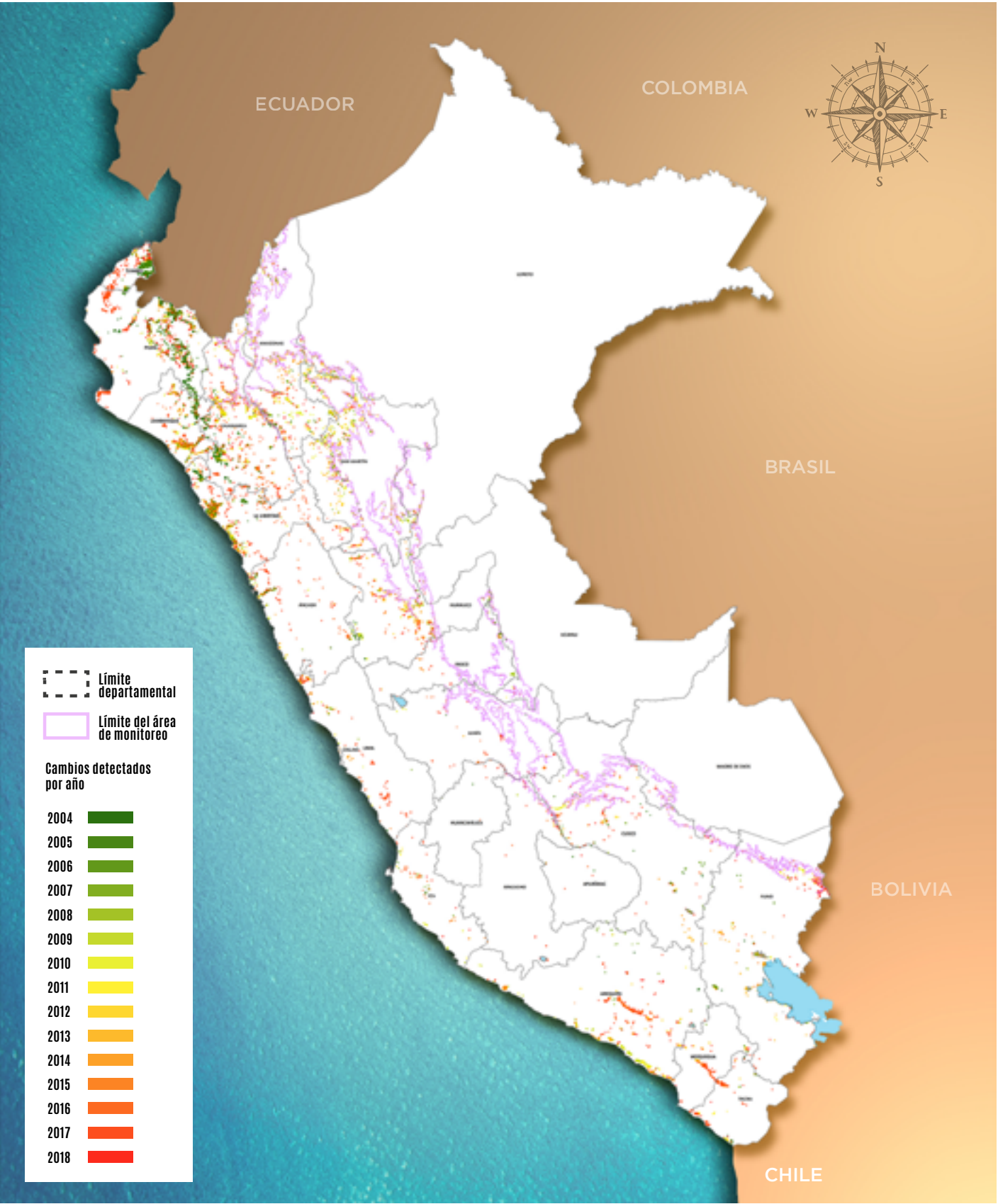
Figura n.º 4: Mapa de bosque y pérdida de bosque del 2000 al 2017



Fuente: PNCBMCC, 2018.



Figura n.º 5: Mapa de cambios en la cobertura vegetal del 2004 al 2017 en ámbitos costeros y andinos



Fuente: MINAM, 2019 Terra i Perú, publicado en el Geoservidor.



Zona agrícola. Poblado de Villa Cachana en el valle de Cotahuasi. Reserva Paisajística Subcuenca del Cotahuasi.

Foto: © James Posso / PROMPERU



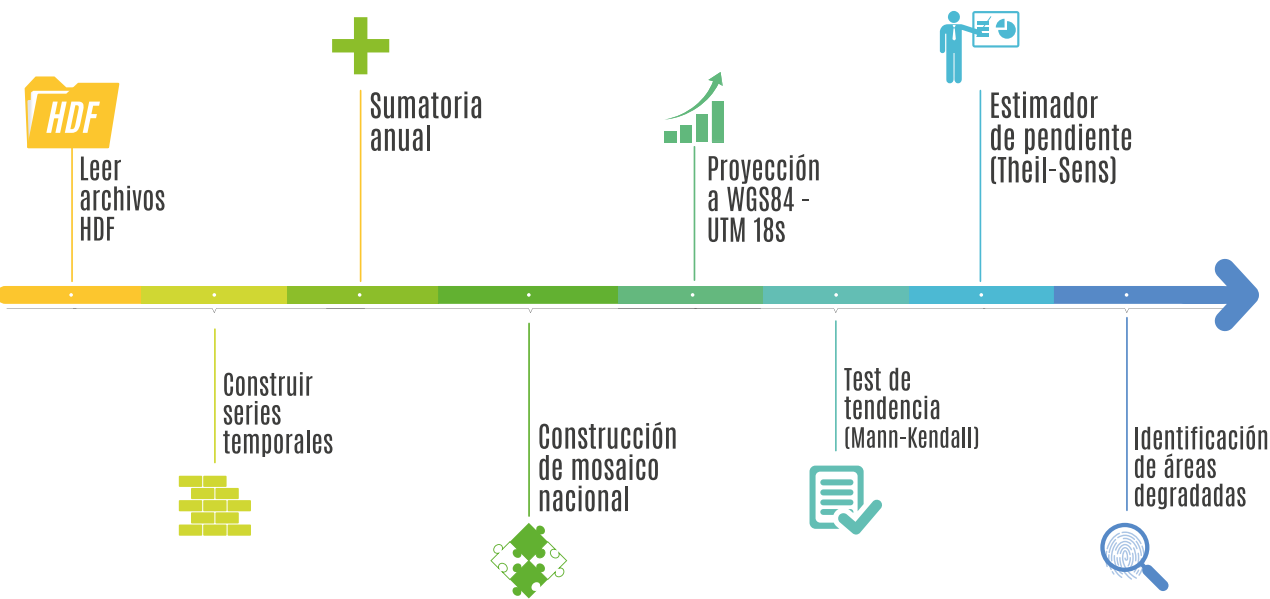
7.1.2. Productividad primaria neta

Existe evidencia científica que demuestra la correlación entre el NDVI anualizado (sumatoria anual) y la productividad primaria neta (PPN), por lo que el NDVI se usa como un proxy de la dinámica de la productividad de la tierra.

Considerando lo señalado en el párrafo anterior, determinar el indicador de la dinámica de la productividad de las tierras requería analizar series de tiempo y estimar su tendencia en el tiempo, por lo que es necesario generar herramientas que permitan automatizar el procesamiento de grandes volúmenes de información geoespacial, diseñar un proceso que permita construir series temporales de datos de NDVI entre los años 2001 al 2017, anualizarlos, proyectarlos y realizar un análisis de tendencia.

La tendencia de una serie viene dada por el movimiento general a largo plazo de la serie, con frecuencia se aproxima a una línea recta. Esta línea de tendencia muestra que algo aumenta o disminuye a un ritmo constante; sin embargo, cuando la serie de tiempo presenta un comportamiento curvilíneo se dice que este comportamiento es no lineal. Para fines del Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres este indicador es de suma importancia pues tendencias negativas evidencian pérdida de funcionamiento de ecosistemas.

Figura n.º 6: diagrama de proceso de elaboración de la dinámica de la productividad primaria neta



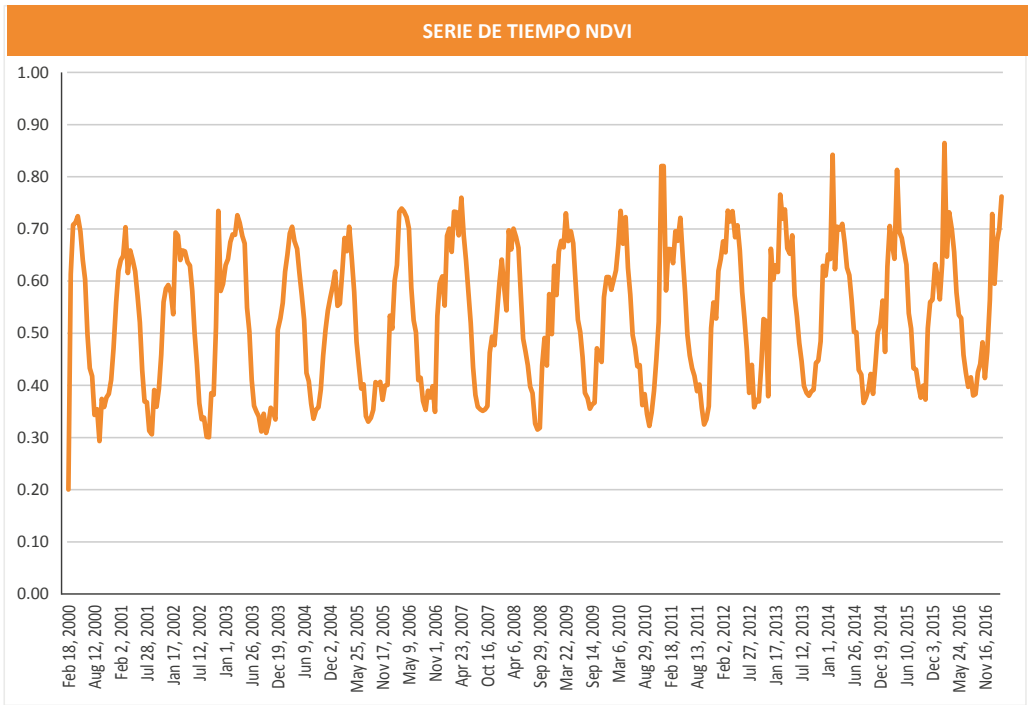
Fuente: elaboración propia

Figura n.º 7: pérdida de la productividad de la tierra



Proceso de pérdida de la productividad  
Se reduce la producción de biomasa y procesos ecosistémicos. Por causas antrópicas y naturales.

Figura n.º 8: serie de tiempo de NDVI



Fuente: elaboración propia

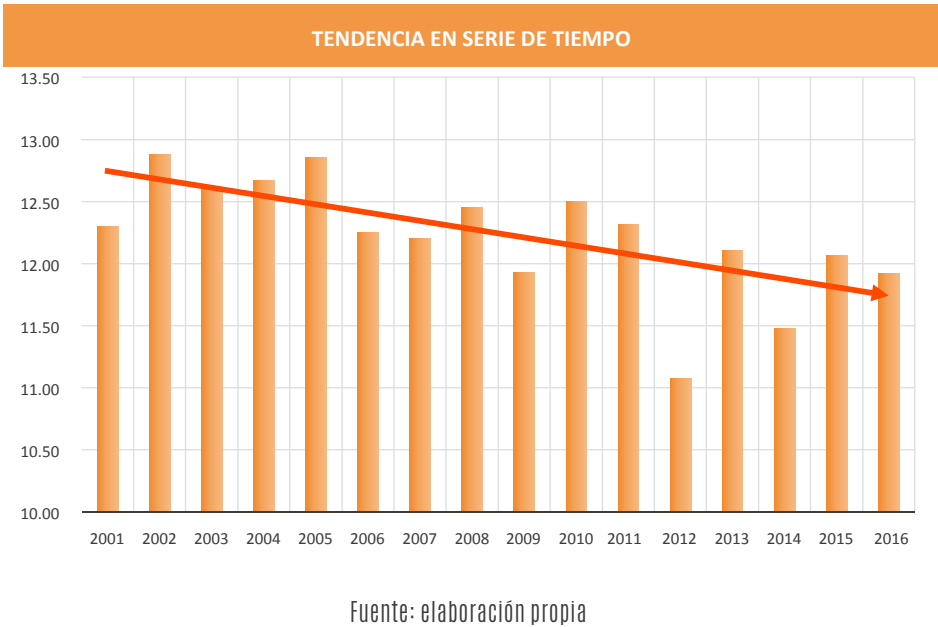


Para la evaluación y detección de las tendencias de las series de tiempo se ha utilizado la prueba estadística no paramétrica de Mann-Kendall (robusta, muy utilizada en el análisis de datos de series de tiempo).

El propósito de la prueba de Mann-Kendall (Mann 1945, Kendall 1975, Gilbert 1987) es evaluar estadísticamente si existe una tendencia monotónica hacia arriba o hacia abajo de la variable de interés a lo largo del tiempo. Una tendencia hacia arriba (o hacia abajo) monótona significa que la variable aumenta (o disminuye) de manera constante a través del tiempo, pero la tendencia puede o no ser lineal.

La prueba de Mann-Kendall es muy usada en el análisis de series de tiempo y se puede usar en lugar de un análisis de regresión lineal paramétrica, para probar si la pendiente de la regresión lineal estimada es diferente de cero. El análisis de regresión requiere que los residuos de la línea de regresión ajustada se distribuyan normalmente; una suposición no requerida por la prueba de Mann-Kendall, es decir, la prueba Mann-Kendall es una prueba no paramétrica (sin distribución)<sup>16</sup>.

Figura n.º 9: tendencia de una serie de tiempo de NDVI



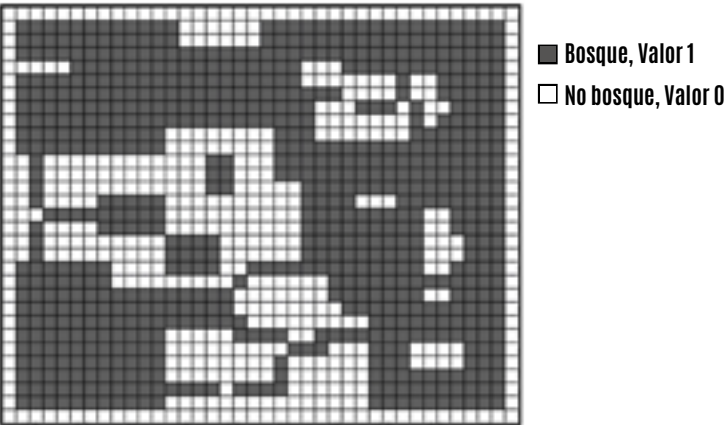
<sup>16</sup>Extraído de [https://vsp.pnnl.gov/help/vsample/design\\_trend\\_mann\\_kendall.htm](https://vsp.pnnl.gov/help/vsample/design_trend_mann_kendall.htm)

7.1.3. Fragmentación de bosques

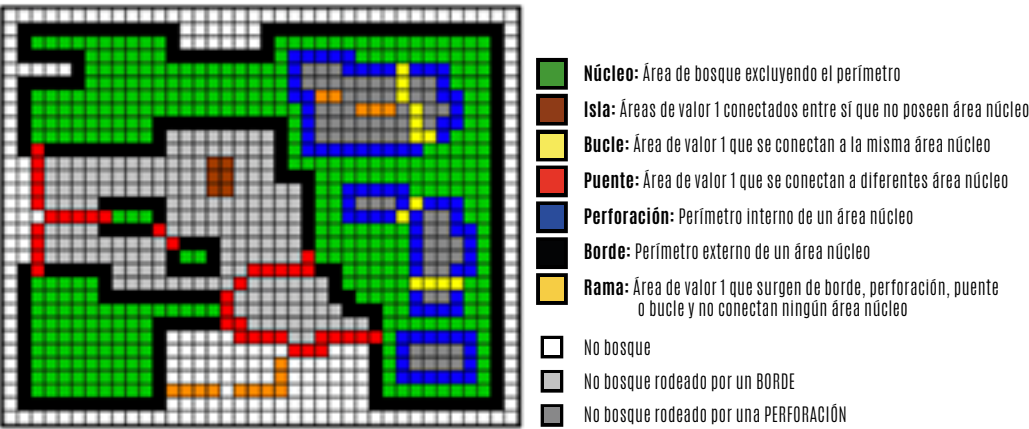
Un aspecto importante para considerar es que la CNUCLD, a través del enfoque de NDT, no restringe el uso de otros indicadores que los países crean conveniente. En ese sentido, se incorporó el indicador de Fragmentación de bosques.

Figura n.º 10: esquema de la fragmnetación de bosques

Datos de entrada:  
Mapa binario



Datos de salida:  
Patrones de fragmentación



Fuente: Morphological segmentation of binary patterns



La fragmentación de la cobertura boscosa se refiere a la descripción de la geometría y conectividad del bosque núcleo, lo que se traduce en pérdida de hábitat y amenaza la persistencia de diversas especies. La fragmentación provoca una disminución del tamaño medio de los parches de hábitat y los aísla. Otra de sus consecuencias es el aumento del llamado efecto ‘borde’. La degradación del hábitat, por el contrario, no implica un cambio en la utilización del terreno, pero es también un problema grave en los trópicos (FAO, 2005). Aunque el terreno sigue siendo de uso forestal, su composición y funciones biológicas quedan comprometidas por la intervención humana.

La estimación de este indicador está basada en el análisis de patrones espaciales morfológicos (MSPA por sus siglas en inglés). Este análisis es una secuencia personalizada de operadores morfológicos matemáticos orientados a la descripción de la geometría y la conectividad de los componentes de la imagen. Basándose únicamente en conceptos geométricos, esta metodología se puede aplicar a cualquier escala y a cualquier tipo de imágenes digitales en cualquier campo de aplicación. El área de primer plano de una imagen binaria se divide en siete clases genéricas de MSPA: Core, Islet, Perforation, Edge, Loop, Bridge y Branch. Esta segmentación da como resultado clases mutuamente excluyentes que, cuando se combinan, corresponden exactamente al área inicial de primer plano

Dicha información ha sido suministrada para el ámbito de la Amazonía por el PNCBMCC, y fue integrada a las demás variables.

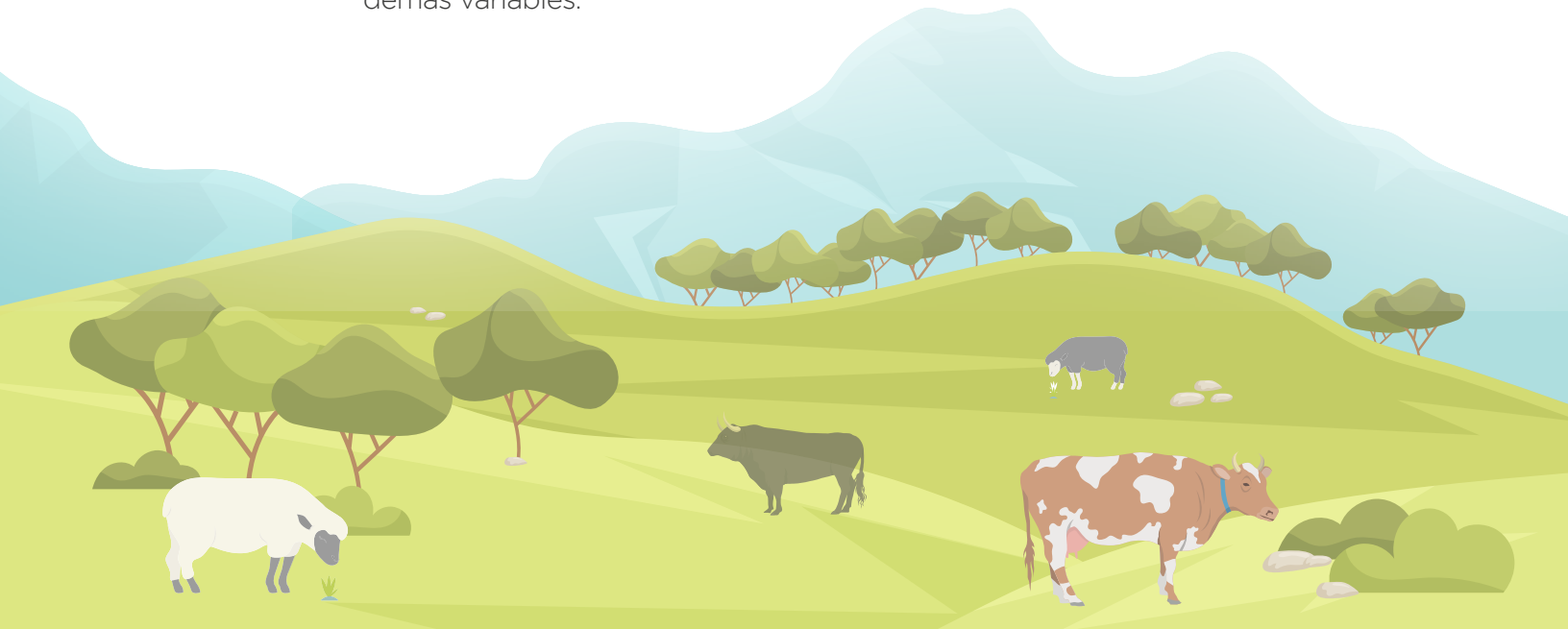


Figura n.º 11: Mapa de fragmentación de bosques amazónicos al 2017



Fuente: PNCBMCC, 2018.





Fragmentos de bosque por actividad ganadera. Yurimaguas, Loreto.



## 7.2. Integración de indicadores

Para la tendencia de la productividad de los ecosistemas terrestres, se consideró como área degradada a aquellos pixeles que tengan una tendencia negativa (Tau menor a 0) y que sean estadísticamente significantes (p-value sea menor a 0.05).

En cuanto a la variable de cobertura de la tierra se ha trabajado con los pixeles identificados como pérdidas de bosque en la amazonía; esta variable fue completada por aquellos pixeles que se identificaron como pérdidas en la cobertura vegetal brindados

Finalmente se incorporó todos los pixeles que no hayan sido identificados como bosque núcleo en el análisis de fragmentación de bosques.

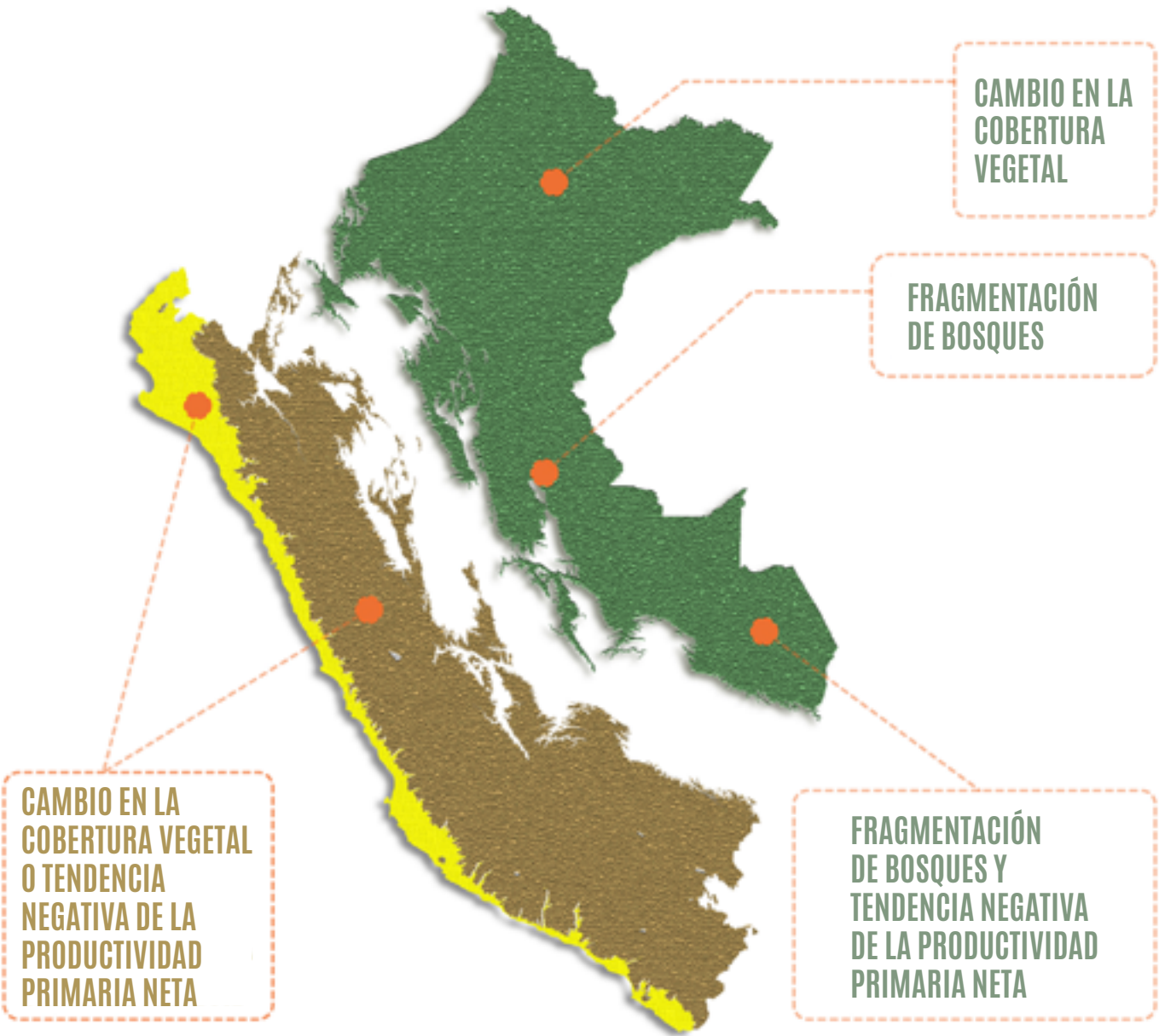
La integración de los indicadores se realizó mediante la superposición espacial (“Overlay”) de la información geográfica, obteniendo como resultado las áreas degradadas sin duplicar las superficies de coincidencia entre indicadores.

El criterio planteado por el concepto de la NDT indica que para que un área sea identificada como degradada, basta con que cumpla con una sola variable, sin embargo, esta discusión fue abordada en el equipo técnico, en donde se llegó al consenso de definir dos ámbitos geográficos para la integración, los cuales se detallan a continuación:

a) Costa y Sierra, se consideró como área degradada aquellos pixeles en donde la variable de Tendencia negativa de la productividad primaria neta de los Ecosistemas Terrestres o el cambio en la cobertura vegetal hayan sido identificadas como degradadas.

b) Selva amazónica, se consideró aquellos pixeles en donde la variable de cambio de la cobertura vegetal haya sido identificada como degradada o existan bosques fragmentados, y adicionalmente en aquellos pixeles donde hayan confluído la fragmentación de bosques y la tendencia de la productividad de los ecosistemas terrestres como área degradada.

Figura n.º 12: integración de indicadores por regiones naturales





### 7.3. Categorización de áreas degradadas

La categorización se basa en el uso de las clases determinadas por las variables y ámbitos geográficos; asimismo, considerando de manera general las posibles causas en las áreas identificadas se establecen tres categorías alto, medio y bajo. En la tabla siguiente se muestra la combinación resultante.

Tabla n.º 2: categorías de área degradada

Categoría	Región	Variables	Posibles causas
Alta	Selva amazónica	Cambios en la cobertura vegetal	Deforestación por agricultura migratoria, plantaciones agroindustriales, etc.
Media		Tendencia negativa de la productividad primaria neta y fragmentación de bosques	Efecto borde de los cambios de uso de la tierra, tala selectiva a, efectos de la contaminación, etc.
	Costa y Sierra	Tendencia negativa de la productividad primaria neta o cambios en la cobertura vegetal	Sobre uso de los recursos naturales en el ecosistema
Baja	Selva amazónica	Fragmentación de bosques	Efecto borde de los cambios de uso de la tierra

Fuente: elaboración propia

La información resultante de las áreas degradadas categorizadas en conjunción con el mapa nacional de ecosistemas permitirá determinar los ecosistemas con mayor degradación y priorizar acciones de recuperación.



Pérdida de cobertura de bosque por quemas. Río Marañón, Loreto.



7.4. Verificación

La evaluación de la exactitud temática de la identificación de las áreas degradadas consistió en comparar la información del mapa con información de referencia (información primaria y secundaria), basándonos en puntos de muestreo, cuya clasificación se obtiene a partir de información levantada en campo y del análisis multitemporal de imágenes satelitales con mayor resolución espacial (30 metros de pixel) que aquellas utilizadas para generar el mapa.

Este proceso comprende tres componentes básicos: 1) el diseño de muestreo utilizado para seleccionar la muestra de referencia; 2) el diseño de respuesta utilizado para obtener la información de referencia (áreas degradadas o áreas no degradadas) para cada unidad de muestreo; y 3) los procedimientos de estimación y análisis (Stehman & Czaplewski, 1998). Este diseño metodológico se muestra en la siguiente figura n.º 13.

Figura n.º 13: diseño metodológico de la evaluación de la exactitud



Fuente: elaboración propia





Bosque de pinos en la granja Porcón. Cajamarca.



7.4.1. Diseño de muestreo

El diseño de muestreo define los pasos para seleccionar el subconjunto de unidades espaciales (por ejemplo, píxeles o polígonos) que formarán la base de la evaluación de la exactitud. La elección de un diseño de muestreo requiere una consideración de los objetivos específicos de la evaluación de la precisión y una lista priorizada de criterios de diseño deseables (Olofsson y otros, 2014).

i. Selección del tipo de muestreo:

Se eligió el muestreo aleatorio estratificado, considerando que la distribución aleatoria proporciona a todos los elementos del mapa la misma oportunidad de ser muestreados. Los estratos a considerar del mapa de degradación son: las áreas degradadas y las áreas no degradadas.

Cabe mencionar que este tipo de muestreo se usó para la información secundaria (análisis de series temporales con imágenes satelitales), mientras que para la información primaria se usaron los puntos con información de campo con los que ya se contaba.

ii. Tamaño de muestra

El cálculo del número de unidades de muestreo se realizó con la fórmula propuesta por Cochran (1977):

$$n = \frac{z^2 O(1 - O)}{d^2}$$

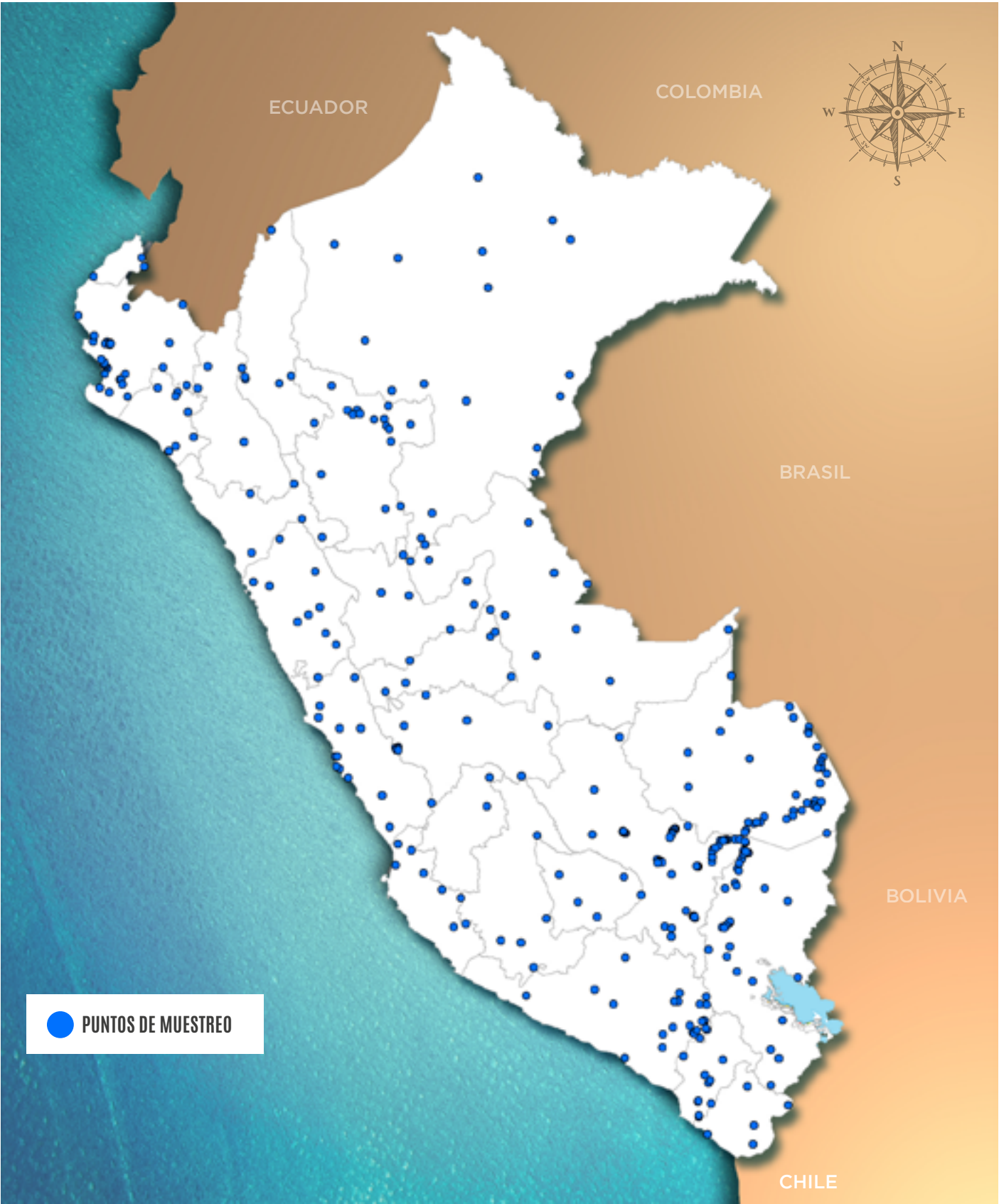
Donde:

- O: Precisión general expresado como una proporción 50 % (0.5)
  - z: percentil de la distribución normal estándar (z=1.96 para un 95 % de intervalo de confianza)
  - d: La mitad del ancho del intervalo de confianza para O (0.05)
- Este cálculo arrojó la cantidad de 384 puntos de muestreo.

iii. Distribución espacial

Los 384 puntos de muestreo fueron distribuidos en todo el territorio nacional, buscando mantener la proporcionalidad entre las clases del mapa de Áreas degradadas (ver figura n.º 9). En la clase “Área degradada” se tienen 195 puntos y en la clase “No degradada” 189 puntos de muestreo.

Figura n.º14: Mapa de puntos de muestreo distribuidos espacialmente



Fuente: MINAM



7.4.2. Diseño de respuesta

El diseño de respuesta comprende todos los pasos que conducen a una decisión sobre la concordancia entre la información de referencia (información secundaria y levantada en campo) y el mapa de áreas degradadas. Las tres características principales en el diseño de la respuesta son: la unidad espacial, las fuentes de información utilizadas para determinar las clasificaciones de referencia y el etiquetado (asignación) para la clasificación de referencia (FAO, 2016).

a) Unidad espacial

La unidad espacial es de un pixel de las imágenes Landsat, es decir de 30 metros (0.09 hectáreas), esta obedece a la unidad mínima de mapeo empleada en la elaboración del mapa de pérdida de bosques del PNCBMCC.

b) Selección de fuentes de datos

La información de referencia está compuesta por varias fuentes, desde la información primaria (levantada en campo), como la información secundaria (imágenes de satélite).

- **Información primaria:** Se realizó el levantamiento de información en campo empleando las guías de evaluación del estado de los ecosistemas<sup>17</sup>—elaboradas por la Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio (DMERNT) y la Dirección General de Economía y Financiamiento Ambiental (DGEFA)— aplicadas por las direcciones mencionadas anteriormente, además del Programa MINAM-CAF.

Esta información se levantó entre los años 2017, 2018 y 2019, en los departamentos de Lambayeque, San Martín, Amazonas, Loreto, Junín, Ancash, Madre de Dios, Cusco, Puno y Piura. Se lograron muestrear en campo un total de 221 puntos.

<sup>17</sup>Guía Complementaria para la Compensación Ambiental: Ecosistemas Altoandinos, Guía de evaluación del estado del ecosistema de bosque montano, Guía de evaluación del estado del ecosistema de bosque llanura amazónica, Guía de evaluación del estado del ecosistema de bofedal y Guía de evaluación del estado del ecosistema de bosque seco.

- Información secundaria:

Imágenes de satélite:

Para la validación de las áreas degradadas producidas a partir de MODIS, se efectuó una clasificación de áreas degradadas con imágenes Landsat (30m de pixel), siguiendo la metodología de análisis que se explica a continuación.

**Análisis de series temporales:** El análisis de series temporales se realizó mediante la colección de imágenes satelitales Landsat 7 de mediana resolución espacial presentes en la Plataforma de Google Earth Engine. Este análisis se efectuó para 163 puntos de muestreo, mediante un Script que utiliza el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) de estas imágenes y nos da la tendencia de los valores anuales en el periodo del 2001 al 2017.

c) Asignación de clases de referencia

La asignación de las clases del mapa, usando información primaria y secundaria, se realizó en distintos pasos, dependiendo del tipo de información de referencia empleada:

- Información primaria:

La asignación de clases dependió del resultado de la evaluación de cada punto, empleando las guías de evaluación del estado de los ecosistemas:

Se asignó la clase “área degradada” al punto que presenta un ecosistema en mal estado.

Se asignó la clase “área no degradada” al punto que presenta un ecosistema en buen estado.





- Información secundaria:

Imágenes de satélite

**Análisis de series temporales:** Después de tener los NDVI de los 163 puntos de muestreo se realizó el análisis estadístico de Mann-Kendal y se calcularon los valores del “p-value” y el “Tau” ( $\tau$ ) de cada punto, a través del software Envi+IDL.

- **P-value:** Evalúa si la tendencia es monotónica o no-monotónica, es decir evalúa el grado de significancia. Si su valor está entre 0 y 0.05 (100 % a 95 %) presentará un alto grado de significancia, si su valor está entre 0.05 y 1 (95 % a 90 %) presentará un grado bajo de significancia. En nuestro caso, los 163 puntos presentan un alto grado de significancia.

- **Tau ( $\tau$ ):** Es el valor que indica la tendencia positiva (valores del NDVI entre 0 y 1) o negativa (valores del NDVI entre 0 y -1).

Asignación de clases:

- Se asignó la clase “área degradada” al punto de muestreo con valores Tau ( $\tau$ ) entre 0 y -1.
- Se asignó la clase “área no degradada” al punto de muestreo con valores Tau ( $\tau$ ) entre 0 y +1.

7.4.3. Análisis de la exactitud

El análisis de la exactitud especifica cómo traducir la información contenida en la comparación del mapa y los datos de referencia en estimaciones de área y precisión, y cómo cuantificar la incertidumbre asociada con ellos. La mayoría de los cálculos se basan en la matriz de errores (también denominada comúnmente matriz de confusión), que contrasta el mapa y la clasificación de referencia (FAO, 2016).

a) Selección de medidas a utilizar para expresar la exactitud del mapa

Para evaluar la exactitud del mapa se usaron las medidas de error de comisión y omisión, exactitud del usuario, la exactitud del productor, la precisión Global y la exactitud general del mapa (índice de Kappa).

b) Definición de procedimientos para estimar las medidas de fiabilidad seleccionadas

• Matriz de confusión:

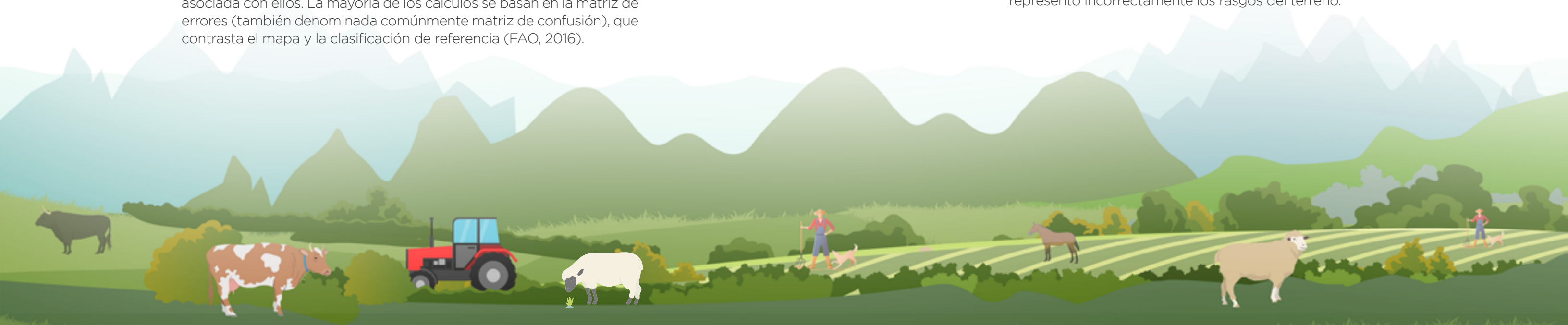
Se elaboró la matriz de confusión de acuerdo al “Protocolo de evaluación de la Exactitud temática del Mapa de deforestación” (MINAM, 2014), tal como se muestra en la tabla n.º 3. En esta matriz las filas representan generalmente las clases de referencia y las columnas las clases del mapa clasificado. La diagonal de la matriz expresa el número de sitios de verificación para los cuales hay concordancia entre el mapa y los datos de referencia, mientras los extremos indican errores de asignación.

• Métricas para evaluar la exactitud a nivel de clases:

- Exactitud del usuario: Valor correctamente clasificado de una clase respecto al total dado como dicha clase.
- Exactitud del productor: porcentaje de elementos bien clasificados para cada clase en las columnas. Indica en qué medida ha sido bien clasificada una clase dada.

• Métricas de precisión:

- Error de comisión: Indica la probabilidad de que el usuario del mapa encuentre información incorrecta durante su uso.
- Error de omisión: Indica en qué medida el productor del mapa representó incorrectamente los rasgos del terreno.





Siguiendo estos pasos, en la tabla n.º 3, se puede apreciar los valores de cada métrica:

Tabla n.º 3: matriz de confusión con los datos del mapa y valores de referencia

Resultados de Clasificación (MAPA)	RESULTADOS INFORMACIÓN DE REFERENCIA					
	Clase	Degradado	No degradado	Total	Exactitud usuario	Error Comisión
	Degradado	132	63	195	0.68	0.32
	No degradado	50	139	189	0.74	0.26
	Total	182	202	384		
	Exactitud de Productor	0.73	0.69			
	Error de Omisión	0.27	0.31			

Fuente: elaboración propia

Precisión Global: Es la proporción de área correctamente clasificada (confiabilidad global).

PO = Número de aciertos / Número total de clases

PO = (132 + 139) / 384

PO = 0.71 ->

71% de Exactitud Global del Mapa de áreas degradadas

<sup>18</sup> Resolución Ministerial N.º 440-2018-MINAM, que aprueba el Mapa Nacional de Ecosistemas; la Memoria Descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas” y las Definiciones Conceptuales de los Ecosistemas.



Trabajo de campo para la validación del mapa de áreas degradadas. Zona costera, Trujillo, La Libertad.



# 8. Resultados

## 8.1. Superficie total de áreas degradadas.

Se logró estimar para el año 2017 una superficie total de áreas degradadas a nivel nacional de 17 596 306 ha, la cual no considera para su cálculo los cuerpos de agua artificiales, ríos, lagunas y lagos<sup>18</sup>.

## 8.2 Superficie de áreas degradadas para la intervención del sector ambiente.

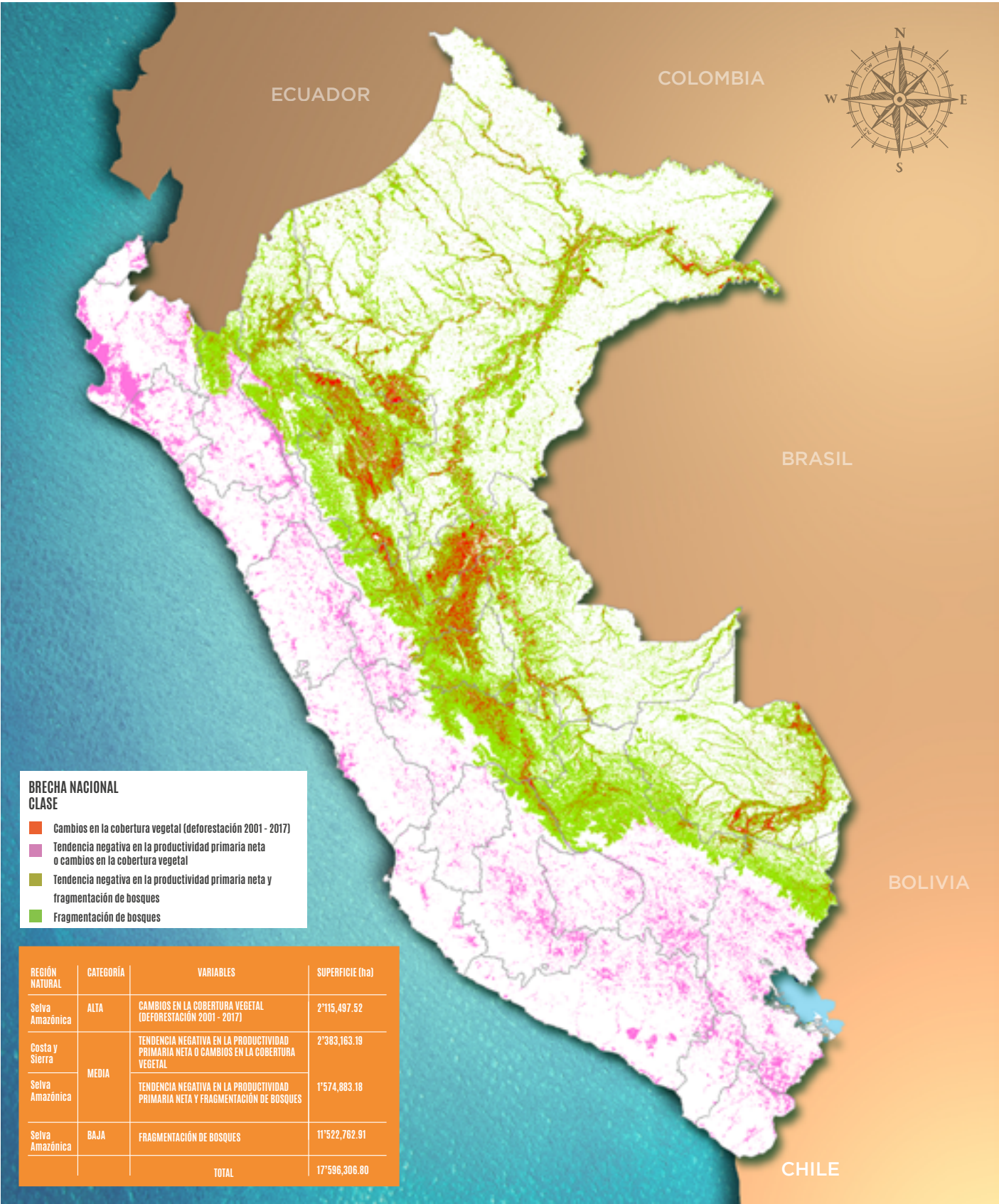
Mediante Resolución Ministerial n.º 068-2019-MINAM, se aprueban los indicadores de brechas de infraestructura o de acceso a servicios públicos del sector ambiente para su aplicación en la fase de Programación Multianual de Inversiones 2020 - 2022, donde se establece un total de 4 168 234,90 ha de áreas priorizadas para la intervención del sector ambiente. La superficie total de áreas degradadas dentro de las áreas naturales protegidas de administración nacional considerada en dicha resolución, fue proporcionada por el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), el cual estimó 1 309 916,26 ha.

Es necesario precisar que, dentro y fuera de ANPs, según la metodología planteada en este documento, se estimaron las siguientes superficies de áreas degradadas:

- 1. Superficie de áreas degradadas priorizadas que presentan dos condiciones, las cuales son: tendencia negativa de la productividad primaria neta o cambio en la cobertura vegetal, y tendencia negativa de la productividad primaria neta y fragmentación de bosques, las cuales están fuera de los ámbitos de las áreas naturales protegidas (ANP) de administración nacional, áreas de conservación regional (ACR), áreas de conservación privada (ACP), bosques de producción permanente (BPP) y no considera zona urbana, zona minera, zona agrícola, vegetación secundaria y plantación forestal del mapa de Ecosistemas siendo 2 858 318,64 ha.

<sup>18</sup>Resolución Ministerial N.º 440-2018-MINAM, que aprueba el Mapa Nacional de Ecosistemas; la Memoria Descriptiva del Mapa Nacional de Ecosistemas” y las Definiciones Conceptuales de los Ecosistemas.

Figura n.º 15: Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres





2. Superficie de áreas degradadas priorizadas que presentan cuatro condiciones, las cuales son: cambio en la cobertura vegetal, tendencia negativa de la productividad primaria neta y fragmentación de bosques, tendencia negativa de la productividad primaria neta o cambio en la cobertura vegetal, y fragmentación de bosques, las cuales están dentro de las ANP de administración nacional, siendo un total de 2 016 864 ha. Al igual que en el caso anterior, no se considera zona urbana, zona minera, zona agrícola, vegetación secundaria y plantación forestal, del mapa de ecosistemas.

El dato proporcionado por SERNANP, fue estimado en base a su sistema de monitoreo dentro de las ANP, el cual fue asumido en el marco de la PMI, considerando su rectoría en estos ámbitos territoriales.

8.3. Usos recomendados y principales estadísticas

La identificación de áreas degradadas tiene un potencial de usos amplio, que, en combinación con otra información, como el mapa de ecosistemas, puede generar sinergias. A continuación, se enumeran algunas posibilidades:

- Establecimiento de la brecha nacional para las inversiones públicas, que pueden ser del Sector Ambiente u otros sectores, así como del sector privado.
- Identificar posibles áreas para compensaciones ambientales.
- Fortalecer la gestión del riesgo de desastres, suministrando información del estado de los ecosistemas para promover intervenciones en infraestructura natural.
- Mejorar la definición de la población objetivo del programa presupuestal 144, donde deben concentrarse sus acciones.
- Fortalecer instrumentos del Sector, tales como la Zonificación Ecológica Económica, Estrategias de Cambio Climático, Estrategias de Diversidad Biológica, etc.
- Fortalecer la gestión integral de los recursos naturales en los procesos de planificación territorial.

En su conjunto, el Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres constituye una herramienta para la gestión pública, de uso necesario ya que se considera soporte para instrumentos de gestión territorial, focalizando las inversiones del estado en materia de recuperación de ecosistemas terrestres.

Como resultado del cruce de información de áreas degradadas categorizadas y las unidades de ecosistemas, se han obtenido, en función de la superficie total de cada ecosistema, la proporción de superficie degradada para cada uno de ellos. En la siguiente tabla se muestran los resultados.

Tabla n.º 4: porcentaje de superficie degradada según ecosistema

Ecosistema	% superficie degradada
Bosque estacionalmente seco oriental (Huallaga, Ene - Perené, Urubamba)	69.82 %
Bosque altimontano (pluvial ) de Yunga	54.48 %
Bosque montano de Yunga	43.02 %
Sabana húmeda con palmeras (Pampas del Heath)	33.77 %
Bosque basimontano de Yunga	32.90 %
Bosque de colina alta	30.96 %
Bosque estacionalmente seco de llanura	26.66 %
Bosque aluvial inundable	26.25 %
Pantano herbáceo - arbustivo	23.44 %
Pacal	23.22 %
Bosque de terraza no inundable	19.50 %
Matorral xérico	18.60 %
Bosque estacionalmente seco interandino (Marañón, Mantaro, Pampas y Apurímac)	16.35 %
Bosque tropical del Pacífico (Tumbes)	15.75 %
Bosque estacionalmente seco ribereño (Algarrobal)	12.82 %
Varillal	10.79 %
Bofedal	9.94 %
Humedal costero	9.02 %
Bosque de colina baja	8.63 %
Bosque relictos montano de vertiente occidental	8.37 %
Pajonal de puna seca	7.14 %
Bosque de colina de Sierra del Divisor	6.54 %
Pantano de palmeras	4.50 %
Bosque relictos altoandino (Queñoal y otros)	4.24 %
Loma costera	4.21 %
Pajonal de puna húmeda	3.75 %
Manglar	3.48 %
Jalca	3.36 %
Páramo	3.05 %
Desierto costero	2.81%
Zona periglaciaria y glaciaria	2.58 %
Matorral andino	2.26 %
Bosque estacionalmente seco de colina y montaña	1.83 %
Bosque relictos mesoandino	0.92 %

Fuente: MINAM, 2019



Para el caso de las ANPs, se ha estimado una superficie de 2 016,864 ha., en el siguiente cuadro se detalla la superficie por categoría por ANP y proporción de superficie degradada con la superficie total por categoría.

Tabla n.º 5: superficie degradada por ANP

Categoría ANP	Superficie degradada (ha.)	% degradado
Bosque de Protección	138,041.82	36.30 %
Coto de Caza	955.53	0.90 %
Parque Nacional	1,137,802.14	11.05 %
Refugio de Vida Silvestre	4,201.74	23.74 %
Reserva Comunal	268,795.89	12.52 %
Reserva Nacional	294,912.99	7.10 %
Reserva Paisajística	16,019.73	2.32 %
Santuario Histórico	9,032.58	22.92 %
Santuario Nacional	95,498.28	30.87 %
Zona Reservada	51,603.66	8.18 %

Fuente: MINAM, 2019

Se ha generado y publicado, en el portal web del Geoservidor del MINAM, el mapa de las áreas degradadas identificadas, el archivo espacial de áreas degradadas en formato raster y una aplicación web que brinda la información de la superficie de áreas degradadas por tipo de ecosistemas, el cual puede ser filtrado por las categorías de áreas naturales protegidas y los bosques de producción permanente, lo cual resulta de utilidad para consultas rápidas sin necesidad de contar con experiencia en el uso de cartografía.

Figura n.º 16: aplicación web publicada en el portal del Geoservidor



Fuente: MINAM, 2019





Degradación de pájones por minería artesanal. Pataz, La Libertad.



## 9. Conclusiones

- El Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres es resultado de un trabajo coordinado y con aportes técnicos de diferentes Direcciones Generales y órganos adscritos del MINAM, los mismos que han participado durante el proceso de rediseño del Programa Presupuestal 144, durante el trabajo técnico de procesamiento de datos (DGOTA, PNCBCC) y durante el proceso de socialización de los resultados, lo que ha permitido conformar un Grupo de Trabajo de Degradación de Ecosistemas para dar seguimiento al proceso de mejora metodológica y aplicación de los resultados.
- La construcción del Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres, ha tomado en consideración las recomendaciones del comité científico de la Convención de Lucha Contra la Desertificación y la Sequía respecto a Neutralidad de la Degradación, así como el marco regulatorio establecido por los “Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión en las tipologías de ecosistemas, especies y apoyo al uso sostenible de la biodiversidad”, aprobado con Resolución Ministerial n.º 178-2019-MINAM y los Lineamientos de Política de Inversión Pública en materia de Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos 2015-2021 aprobados por Resolución Ministerial n.º 199-2015-MINAM.
- El Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres identifica una superficie de 17 596 306 ha. que, de acuerdo con la definición de degradación de ecosistemas expresada en los lineamientos para la formulación de PIP, presentan una pérdida total o parcial de alguno de sus componentes que altera su estructura natural y funcionamiento y por tanto están afectados su capacidad de proveer servicios ecosistémicos. Operativamente, dicha superficie resulta de la integración de los indicadores de: cambios de la cobertura vegetal (costa, sierra y selva), cambios de la productividad de la tierra y fragmentación de los bosques.

- Asimismo, el Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres ha contado con un proceso de evaluación de su exactitud temática, para cumplir con los estándares de calidad de información cartográfica, habiéndose realizado una evaluación en campo de 200 puntos distribuidos en el territorio nacional, lo que ha permitido determinar que el mapa cuenta con una exactitud de 71 %, es decir que el mapa tiene un alto grado de concordancia con la realidad.
- Actualmente, a partir del Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres se ha implementado un servicio de información en apoyo a los formuladores de proyectos de inversión, colocado en el Geoservidor del MINAM, asimismo ha permitido priorizar la brecha del indicador “Porcentaje de superficie de ecosistemas degradados que brindan servicios ecosistémicos que requieren de recuperación” definido en 4 168 234,90 ha, en las que el Sector Ambiente.
- Con el Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres, contribuye a la dinamización de la inversión pública en recuperación de ecosistemas degradados, también se constituye en insumo para articular con otros sectores, para su inclusión en la construcción de instrumentos como la ZEE, ZF, las estrategias de cambio climático, diversidad biológica, gestión de riesgo de desastres, entre otras.





# 10. Bibliografía

- Bai, Z. G., Dent, D. L., Olsson, L., Schaepman, M. E. (setiembre, 2008). Proxy global assessment of land degradation, Soil Use and Management, 24(3), 223-234.
- Bierman, R., Stocking, M., Bouwman, H., Cowie, A., Diaz, S., Granit, J., Patwardhan, A., Sims, R., Duron, G., Gorsevsk,i V., Hammond, T., Wellington-Moore, C. (2014). Delivering global environmental benefits for sustainable development. Report of the Scientific and Technical Advisory Panel (STAP) to the 5th GEF Assembly, México 2014. Global Environment Facility, Washington, DC.
- Brönnimann, H., Chazelle, B. (abril, 1998). Optimal slope selection via cuttings, Computational Geometry Theory and Applications, 10 (1), 23-29.
- Blunck, H., Vahrenhold, J. (2006). In-place randomized slope selection, Lecture Notes in Computer Science, 3998, 30-41.
- Cole, R., Salowe, Je., Steiger, W., Szemerédi, E. (1989), An optimal-time algorithm for slope selection, SIAM Journal on Computing, 18 (4): 792-810.
- USGS. (s.f.). MOD13Q1 MODIS/Terra Vegetation Indices 16-Day L3 Global 250m SIN Grid V006 [Web]. Recuperado de <https://lpdaac.usgs.gov/products/mod13q1v006/>
- Dillencourt, M., Mount, D., Netanyahu, N. (1992), “A randomized algorithm for slope selection”, International Journal of Computational Geometry & Applications, 2 (1): 1-27.
- Dytham, C. (2011), Choosing and Using Statistics: A Biologist's Guide, 3rd Edition. Oxford: Willey-Blackwell.
- El-Shaarawi, A., Piegorsch, W. (2001), Encyclopedia of Environmetrics, Volumen 1, Oxford: Willey-Blackwell.
- Foley, J., Ramankutty, N., Brauman, K., Cassidy, E., Gerber, J., Johnston, M., Mueller, N., O'Connell, C., Ray, D., West, P. (2011). Solutions for a cultivated planet. Nature. 478(7369), 337-342.

- Gilbert, R. (1987). Statistical Methods for Environmental Pollution Monitoring, New York: Van Nostrand Reinhold Company.
- Granato, G. (2006). Chapter A7: Kendall-Theil Robust Line (KTRLine—version 1.0)—A visual basic program for calculating and graphing robust nonparametric estimates of linear-regression coefficients between two continuous variables, Hydrological Analysis and Interpretation. Virginia: U.S. Geological Survey.
- Katz, M., Sharir, M. (1993). Optimal slope selection via expanders, Information Processing Letters, 47, 115-122.
- Kendall, M. (1975). Rank Correlation Methods, 4th edition. London: Charles Griffin.
- Mann, H. (1945). Non-parametric tests against trend, Econometrica, 13(3), 245-259.
- Massart, D., Vandeginste, B., Buydens, L., De Jong, S., Lewi, P., Smeyers-Verbeke, J. (1997). Handbook of Chemometrics and Qualimetrics: Part A, Data Handling in Science and Technology 20A. Amsterdam: EISEVIER SCIENCE B. V.
- Matoušek, J. (1991). Randomized optimal algorithm for slope selection, Information Processing Letters, 39(4), 183-187.
- Meza, A., Sabogal, C., De Jong, W. (2006). Rehabilitación de áreas degradadas en la Amazonia peruana. Revisión de experiencias y lecciones aprendidas. CIFOR, Bogor, Indonesia, 2006.
- Oldeman, L., Hakkeling, R., Sombroek, W. (1990). World map on status of human-induced soil degradation (GLASOD) UNEP. ISRIC, Nairobi.Oldeman, L., Hakkeling, R., Sombroek, W. (1992). World map on status of human-induced soil degradation, Land Degradation and Development. 3(1), 68-69.
- Osborne, J. (2007). Best Practices in Quantitative Methods. Thousand Oaks: Sage Publications.



- Porter, J., Xie, L., Challinor, A., Cochrane, K., Mark,M., Iqbal, M., Lobell, D., Travasso, M. (2014). Food security and food production systems. In: Field CB, Barros VR, Dokken DJ et al(eds) Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, vol 1. Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. (2014). Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability-Summary for Policymakers. Cambridge: Cambridge University Press.
- Sen, P. (1968). Estimates of the regression coefficient based on Kendall's tau, Journal of the American Statistical Association, 63(324), 1379-1389.
- Sokal, R., Rohlf, F. (1995). Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research (3rd ed.), New York: W. H. Freeman and Company.
- Sonneveld, B., Dent, D. (2008). How good is GLASOD?, Journal of Environmental Management. 90(1), 274-283.
- Strzepek, K., Boehlert, B. (2010). Competition for water for the food system, Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 365(1554), 2927-2940.
- Theil, H. (1950) A Rank Invariant Method of Linear and Polynomial Regression Analysis, i, ii, iii. Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie Wetenschappen, Series A Mathematical Sciences, 53, 386-392, 521-525, 1397-1412.

- Vlek, P., Le, Q., Tamene, L. (2010). Assessment of land degradation, its possible causes and threat to food security in Sub-Saharan Africa. En: R. Lal, B. Stewart, (Ed.) Food security and soil quality, Advances in soil science. (pp. 57-86). Recuperado de <https://www.researchgate.net/>
- Yengoh, G., Dent, D., Olsson, L., Tengberg, A., Tucker, C. (2015) Use of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) to Assess Land Degradation at Multiple Scales. Current Status, Future Trends, and Practical Considerations.
- Warren, A. (2002). Land degradation is contextual, Land Degradation and Development, 13(6), 449-459.
- Olofsson, P., Foody, G., Martin, H., Stephen, S., Woodcock, C., & Wulder, M. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. Remote Sensing of Environment, 42-57.
- Cochran, W. (1977) Sampling Techniques. 3rd Edition, John Wiley & Sons, New York.
- FAO. (2016) Map Accuracy Assessment and Area Estimation: A Practical Guide. FAO, Roma.
- MINAM. (2014). Protocolo de Evaluación de la Exactitud Temática del Mapa de Deforestación. Lima: Ministerio del Ambiente.







Intervención humana en el ecosistema altoandino. Granja Porcón, Cajamarca.





PERÚ

Ministerio  
del Ambiente

**EL PERÚ PRIMERO**

**Ministerio del Ambiente**

Av. Antonio Miroquesada 425  
Magdalena del Mar, Lima - Perú  
(511) 611-6000  
[www.gob.pe/minam](http://www.gob.pe/minam)