



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

IDENTIFICACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES

DEL PERÚ

Línea de investigación:

Biodiversidad, ecología y conservación

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Autor:

Tinoco Rodríguez, Pedro Raúl

Asesora:

Hinojosa Pedraza, Karina
(ORCID: 0000-0003-1237-9110)

Jurado:

Vega Ventosilla, Violeta
Portuguez Yactayo, Hubert Orlando
Zamora Talaverano, Noe Sabino

Lima - Perú

2023

IDENTIFICACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES DEL PERÚ

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

8%

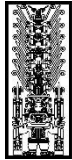
PUBLICACIONES

3%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	cdn.www.gob.pe Fuente de Internet	2%
2	documentop.com Fuente de Internet	1%
3	es.slideshare.net Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1%
6	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1%
7	erc.undp.org Fuente de Internet	<1%
8	chm.cbd.int Fuente de Internet	<1%



FACULTAD DE INGENIERÍA GEOGRÁFICA, AMBIENTAL Y ECOTURISMO

IDENTIFICACIÓN DE LA DEGRADACIÓN DE LOS ECOSISTEMAS TERRESTRES
DEL PERÚ

Línea de investigación: Biodiversidad, Ecología y Conservación

Informe del trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Ingeniero
Ambiental

Autor:

Tinoco Rodríguez, Pedro Raúl

Asesora:

Hinojosa Pedraza, Karina

(ORCID: Código 0000-0003-1237-9110)

Jurado:

Vega Ventosilla, Violeta

Portuguez Yactayo, Hubert Orlando

Zamora Talaverano, Noe Sabino

Lima, Perú

2023

ÍNDICE

Índice de tablas.....	3
Índice de contenidos.....	3
Índice de anexos	4
RESUMEN.....	5
ABSTRACT	6
I. INTRODUCCIÓN	7
1.1. Trayectoria de autor	10
1.2. Descripción de la institución	10
1.3. Organigrama de la institución	11
1.4. Áreas y funciones desempeñadas.....	13
II. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD ESPECÍFICA	15
2.1. Objetivos.....	15
2.2. Marco Teórico	15
2.3. Metodología.....	17
2.3.1. <i>Indicadores para la degradación de ecosistemas terrestres</i>	18
2.3.1.1. Cambios en la cobertura.....	20
2.3.1.2. Fragmentación de bosques amazónicos	26
2.3.1.3. Productividad de la tierra	28
2.3.2. <i>Integración de los indicadores</i>	34
2.3.3. <i>Evaluación de la Exactitud Temática</i>	35
2.4. Resultados.....	43
III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN	49
IV. CONCLUSIONES.....	50
V. RECOMENDACIONES.....	51
VI. REFERENCIAS.....	52
VII. ANEXOS.....	56

Índice de tablas

Tabla 1 <i>Lista de indicadores empleados en la identificación de áreas degradadas</i>	19
Tabla 2 <i>Estimación de la exactitud del productor</i>	41
Tabla 3 <i>Estimación de la exactitud del usuario</i>	42
Tabla 4 <i>Matriz de confusión para el proceso de validación de áreas degradadas</i>	43
Tabla 5 <i>Superficies degradadas (ha) identificadas</i>	45
Tabla 6 <i>Los 15 ecosistemas más impactados por la degradación año 2022</i>	46
Tabla 7 <i>Superficie de áreas degradadas (ha) en ecosistemas terrestres del 2015 al año 2022</i>	47

Índice de contenidos

Figura 1 <i>Organigrama del Ministerio del Ambiente</i>	12
Figura 2 <i>Proceso de identificación de áreas degradadas</i>	20
Figura 3 <i>Metodología empleada por el Sistema Terra-i Perú</i>	22
Figura 4 <i>Mapa de cambios de cobertura para Costa y Sierra</i>	23
Figura 5 <i>Mapa de Pérdida de bosque</i>	25
Figura 6 <i>Patrones de fragmentación de bosques en la Amazonía</i>	27
Figura 7 <i>Patrones para la identificación de degradación del bosque</i>	27
Figura 8 <i>Mapa de fragmentación de bosque amazónico</i>	28
Figura 9 <i>Ejemplo de una tendencia negativa del NDVI en una serie de tiempo</i>	29
Figura 10 <i>Procedimiento para el cálculo de la pérdida de productividad de la tierra</i>	31
Figura 11 <i>Plataforma web Google Earth Engine</i>	32
Figura 12 <i>Mapa de pérdida de la productividad de la tierra</i>	33
Figura 13 <i>Integración de la información espacial de indicadores</i>	34
Figura 14 <i>Proceso de evaluación de la exactitud temática</i>	36
Figura 15 <i>Distribución de puntos de muestreo</i>	38
Figura 16 <i>Rutas de validación de campo</i>	40
Figura 17 <i>Superficie, en millones de hectáreas, de áreas degradadas nacional en ecosistemas terrestres</i>	44

Índice de anexos

Anexo A. Mapa de áreas degradadas 2022	56
Anexo B. Registro fotográfico del trabajo de campo	57

RESUMEN

La presente actividad fue realizada por el autor como parte de su labor en la Dirección de Monitoreo de los Recursos Naturales del Territorio del Ministerio del Ambiente. El objetivo de este trabajo fue identificar la degradación en ecosistemas a nivel nacional, en la base a las recomendaciones de la Convención de las Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación (CNUCLD) con el enfoque conceptual de la Neutralidad de la Degradación de las Tierras (NDT) para el monitoreo de la degradación. Se analizan tres indicadores según el método propuesto, que son: 1. Cambios en la cobertura vegetal, 2. Productividad de la Tierra y, 3. Cambios en el stock de carbono. A falta de información de este último indicador se optó por usar la información de Fragmentación de Bosques, tal y como sugiere la convención, al ser una información que aporta a la identificación de la degradación. El material empleado para este proceso se basa principalmente en las imágenes de los satélites MODIS y LANDSAT cuyo periodo de análisis inicial de línea base comprende del 2001 al 2015, seguido de análisis anuales hasta el año 2022. Los resultados mostraron un incremento en la superficie de áreas degradadas a nivel nacional teniendo para el año base 2015 un total de 16.8 millones de hectáreas y para el año 2022 se tiene 19.2 millones de hectáreas, mostrando un incremento del 2.4 millones de hectáreas, que viene a representar un 1.88 % del Perú. Según el Mapa Nacional de Ecosistemas (MINAM, 2018) el bosque de colina baja presenta mayor cantidad de superficie degradada con 3.5 millones de hectáreas.

Palabras clave: deforestación, degradación, ecosistemas, imágenes satelitales, NDT, productividad primaria.

ABSTRACT

This activity was made the author as part of his work in the Directorate for Monitoring of the Territory's Natural Resources of the Peruvian Ministry of Environment. The main objective was to identify degraded areas in terrestrial ecosystems at national scale, based on the recommendations of the United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD) and the conceptual framework of the Land Degradation Neutrality (LDN) for monitoring degradation. The method is based on monitoring 3 main indicators: 1. Changes in vegetation cover, 2. Land productivity and 3. Changes in carbon stock. In the absence of information on this last indicator, it was decided to use the information of Forest Fragmentation, because of this information contributes to the identification of degradation, as it is suggested by the Convention. The material used for this process is based mainly on images from the MODIS and LANDSAT satellites, whose initial baseline analysis period spans from 2001 to 2015, followed by annual analyzes until 2022. The results showed the increase in surface of degraded areas at national level, having a total of 16.8 million hectares for the baseline year 2015 and for the year 2022 there are 19.2 million hectares, showing an increase of 2.4 million hectares, which represents 1.88 % of the country. According to the National Ecosystem Map (MINAM, 2018), the low hill forest has the largest amount of degraded surface with 3.5 million hectares.

Keywords: deforestation, degradation, ecosystems, LDN, primary productivity, satellite imagery.

I. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas terrestres en todas partes de mundo sufren procesos de degradación de forma generalizada y sistémica. Los ecosistemas y sus servicios, sus bienes y el clima, sostienen una relación con la tierra que es ampliamente conocido y por esta razón, detener y revertir los procesos de degradación en la tierra es en la actualidad un objetivo prioritario. En nuestro país, los ecosistemas se vienen perdiendo de forma intensa debido a la presión del ser humano, disminuyendo los bienes y servicios que nos brindan los ecosistemas, de los cuales la población depende para su desarrollo y bienestar. Según el Reporte Anual de Gases de Efecto Invernadero (RAGEI) del 2019, el sector silvicultura, uso de la tierra y cambios de uso, generó emisiones que representan el 47.9 % de lo que emite el país en gases de efecto invernadero (GEI), incluyendo deforestación y degradación de bosques. Según la CNUCLD (2022) el 70 % de las tierras libres de hielo ya han sido alteradas, impactando negativamente a un aproximado de 3 200 millones de personas. A este ritmo, al año 2050 el 90 % de la tierra tendrá registrada nuestra huella. La degradación de la tierra cambia y altera los patrones de precipitación, intensifica el clima extremo como sequías o inundaciones e impulsa el cambio climático; lo cual conlleva a inestabilidad social y política, generando pobreza, conflictos y migración. Estos efectos originados por la degradación de la tierra impactarán a la mayor parte de la población mundial.

Si bien el Perú cuenta con grandes avances en la gestión ambiental, no existía información de cuantificación y ubicación en el territorio de la degradación en ecosistemas a nivel del país. En un contexto de cambio climático, la inexistencia de estos datos no permitía el crecimiento de las inversiones para la gestión y recuperación de los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos que ofrecen. Frente a esta problemática, el Ministerio de Ambiente del Perú (MINAM) diseñó una metodología para localizar y cuantificar las superficies de ecosistemas que presentan degradación, por medio de indicadores medibles y comparables a

escala nacional, con la finalidad de definir un marco de acción para implementar políticas públicas referidas a la restauración y conservación de ecosistemas, así también, en la programación multianual de inversiones del sector ambiental (CDKN Historia por dentro, 2021). Todo esto, alineado a los lineamientos del Objetivo Específico 15 de los Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS), que están orientados a impulsar el uso sostenido de los ecosistemas, parar e invertir la degradación de la tierra, gestionar adecuadamente los bosques, frenar la pérdida de biodiversidad y combatir la desertificación. Así también, estos datos obtenidos aportan a mejorar la definición de los acuerdos internacionales en los que el Perú está comprometido y en la elaboración de los reportes correspondientes.

Se presentaron limitaciones para el acceso a información satelital de mayor detalle (mejor resolución espacial) ya que, parte de los datos son generados a partir de imágenes del satélite MODIS, el cual cuenta con una unidad mínima de mapeo, un pixel de 250 metros de lado, lo cual contrasta con otra información empleada que presenta resolución espacial con píxeles de tamaño de 30 metros. Así también, la presentación de la información se realiza en el tercer trimestre del año posterior. Este retraso se origina debido a que la información que se recopila de otras instituciones se genera recién en dicho periodo. Otro de los retos que se presentaron fue la gran cantidad de información satelital requerida para este análisis para la generación de mosaicos de imágenes de todo el país y para 21 años (2001-2022), lo cual requirió alta capacidad de almacenamiento y por consecuencia una gran capacidad de equipamiento informático para el procesamiento de dicha información, lo cual podía llegar a tomar días e incluso semanas.

De la revisión de algunos ejemplos de investigaciones similares podemos hacer referencia a las siguientes: Córdoba *et al.* (2022), analizaron en el ámbito del Chaco salteño el estado de la degradación de tierras en el periodo de los años 2001 y 2018 en Argentina. Se hicieron los cálculos de los indicadores de la productividad primaria neta (PPN) y cambios en

la cobertura del suelo, en base a las imágenes satelitales de MODIS (producto MOD 13Q1), y capas de coberturas del suelo del Proyecto MapBiomás Chaco, respectivamente, para definir el nivel de la NDT. Tuvieron como resultado que el 14.3% del ámbito estudiado presentó disminución y pérdida de cobertura y el 20.8% de pérdidas en la PPN se encuentran asociados a la transformación del bosque nativo a cultivos.

Rivero *et al.* (2021), evaluaron la Línea Base para la obtención de la Neutralidad de la Degradación de las Tierras en Cuba para el 2015 como línea base. Los análisis de los tres indicadores básicos de la NDT y otros resultados muestran la tendencia al incremento de la productividad de la tierra en Cuba. Esta evaluación es la primera fase para definir las metas para alcanzar la NDT en Cuba para el año 2030.

Veliz *et al.* (2020) analizaron la degradación debido a los cambios en la cobertura vegetal y la productividad de la tierra en la cuenca alta del río Huaura en el departamento de Lima en Perú. Se analizó información de imágenes de satélite para identificar degradación en los siete ecosistemas terrestres andinos que forman parte del área de estudio. Se obtuvo como resultado una superficie de 8916.7 ha de áreas degradadas, lo que representa el 3.19 % de la cuenca alta.

Prudencio F. (2019) realizó un estudio la dinámica de los cambios en la cobertura y uso de la tierra que vienen siendo afectadas por la influencia de las actividades de origen antrópico, en el ámbito de la cuenca Mashcón ubicada en la sierra de Cajamarca.

Aquí explica que los efectos del cambio climático no están relacionados con los cambios de uso, sino con las actividades productivas extractivas y el aumento poblacional. Los resultados del estudio de los cambios en los usos del suelo muestran un incremento en las superficies de coberturas tales como: agricultura, pastos, minería, plantación de árboles y área urbana; los cuales ocuparon áreas naturales como los herbazales, bosques montanos y matorrales. Brindando así, evidencia de la afectación negativa de la acción del ser humano

sobre los ecosistemas, debido a la explotación no sostenible de los bienes que proveen los ecosistemas.

1.1. Trayectoria de autor

Bachiller en Ingeniería Ambiental, de la Facultad de Ingeniería Geográfica, Ambiental y Ecoturismo, egresado en el año 2002, se ha especializado en el monitoreo y análisis de los ecosistemas y recursos naturales, mediante la aplicación de técnicas de tecnologías de información geográfica y sensores remotos.

El autor cuenta con estudios de Maestría en Conservación de Recursos Forestales de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Ha realizado estudios de especialización en el Instituto Geográfico Agustín Codazzi - IGAC de Colombia, en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza - CATIE de Costa Rica y el Servicio Forestal de los Estados Unidos (USFS).

Tiene más de quince años de experiencia profesional trabajando con instituciones estatales y no gubernamentales, desarrollando labores de monitoreo de áreas naturales protegidas, modelamiento para la zonificación ecológica económica, monitoreo de bosques amazónicos, análisis de deforestación, modelos espaciales del territorio, monitoreo ambiental y diversos trabajos de campo.

Actualmente, labora desde el 2018 en la Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio – DMERNT, que es una dirección de la Dirección General de Ordenamiento Territorial y Gestión Integral de los Recursos Naturales - DGOTGIRN del MINAM, en el cargo de Analista en Monitoreo de la Degradación.

1.2. Descripción de la institución

El MINAM forma parte del Poder Ejecutivo y cuenta con personería jurídica de derecho público. El MINAM tiene, a nivel nacional, competencias en las siguientes materias: Biodiversidad y las Áreas Naturales Protegidas, Conservación y Uso Sostenible de los

Recursos Naturales, Cambio Climático, Manejo de Suelos, Calidad del Ambiente, Gestión y Manejo de Residuos Sólidos, Gobernanza Ambiental y demás temas que se le establecen mediante ley, coordinando con los sectores con la competencia que les corresponde.

Así también, sus competencias comprenden, entre otras, establecer la normativa nacional en materia ambiental, referido a las políticas, regulación, fiscalización, control y sanción, las que pueden ser ejercidas por medio de los organismos públicos.

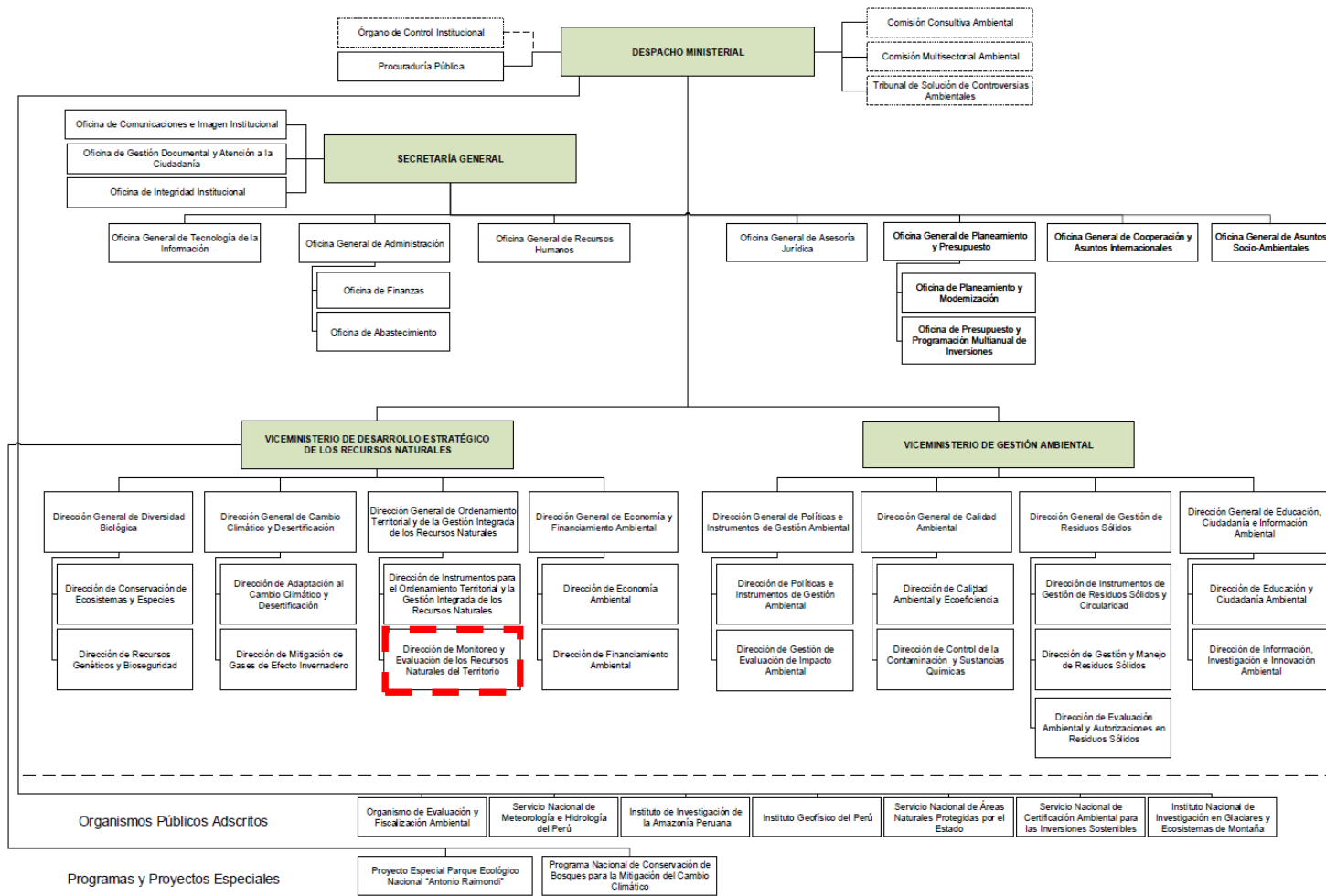
Dentro de sus funciones, considera los enfoques de interculturalidad, género, discapacidad, derechos humanos, entre otros, con la finalidad de conseguir resultados que impacten en el desarrollo del país y el bienestar de la ciudadanía (MINAM, ROF, 2023).

1.3. Organigrama de la institución

El área donde se realizan las actividades para el monitoreo de los ecosistemas y la degradación en ecosistemas es la Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio, que es una dirección de la Dirección General de Ordenamiento territorial y de la Gestión Integrada de los Recursos Naturales, la cual pertenece al Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1

Organigrama del Ministerio del Ambiente



Nota. Adaptado de *Organigrama*, por MINAM, 2023, <https://www.gob.pe/minam>

1.4. Áreas y funciones desempeñadas

Empezó su desempeño en el año 2003 como practicante profesional en el Centro de Conservación, Investigación y Manejo de Áreas Naturales – CIMA Cordillera Azul, realizando apoyo en el área de Sistemas de Información Geográfica.

En el año 2005 al 2012, continuó laborando en la misma institución como Profesional de Apoyo en SIG en el Área de Sistemas de Información Geográfica, realizando labores como actualización cartográfica de la información espacial territorial el monitoreo de la deforestación mediante sensores remotos, cartografía y modelos espaciales para los procesos de zonificación, fortalecimiento de capacidades a los equipos técnicos de campo. Todo esto en el ámbito del manejo del Parque Nacional Cordillera Azul y la zona de amortiguamiento

En el periodo del 2013 al 2014, laboró en la empresa consultora Ciencia y Tecnología para el desarrollo sostenible - CTDS SAC, como jefe del Área de Sistemas de Información Geográfica, conduciendo el equipo que genera y brinda la información territorial requerida en la elaboración de los documentos de estudios ambientales que realiza la empresa consultora a compañías dedicadas a la actividad minera.

En el año 2015, laboró en la Fiscalía Especializada en Materia Ambiental del departamento de Ucayali como responsable de la Unidad de Monitoreo Georreferencial Satelital de los Delitos Ambientales, realizando el monitoreo de la deforestación y tala ilegal del bosque amazónico mediante el procesamiento y análisis de imágenes satelitales. Así como, brindar información espacial territorial que complementa y da soporte a los informes de las investigaciones fiscales.

En el periodo del 2016 al 2017, laboró como consultor en la organización no gubernamental, Wildlife Conservation Society – WCS Perú, realizando apoyo a la unidad de Ecología del Paisaje y SIG, en temas relacionados al monitoreo de la deforestación en áreas naturales protegidas por el estado y sus zonas de amortiguamiento, el Mapeo cultural del

territorio de la población nativa Kukama Kukamiria. Asimismo, brindando soporte de información geoespacial del territorio a las diversas áreas y actividades que realiza la institución.

Actualmente, labora desde el 2018 en la Dirección de Monitoreo y Evaluación de los Recursos Naturales del Territorio – DMERNT, órgano de línea de la Dirección General de Ordenamiento Territorial y de la Gestión Integral de los Recursos Naturales - DGOTGIRN del MINAM, en el cargo de Analista en Monitoreo de la Degradación. Encargado de las labores de asistir en los procesos de monitoreo de la degradación de la tierra y ecosistemas, generando anualmente el mapa de degradación nacional, según la normatividad vigente a fin de proponer información que facilite los procesos en el marco de las funciones de la DGOTGIRN. Además, de brindar asistencias técnicas a los equipos de especialistas de los gobiernos subnacionales, en temas relacionados al monitoreo de los recursos naturales del territorio para su adecuada gestión.

II. DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1. Objetivos

2.1.1. *Objetivo general*

Identificar las áreas degradadas en ecosistemas terrestres a nivel del país, con la finalidad de aportar al monitoreo de la diversidad biológica, fortalecer la gestión de los ecosistemas y promover la inversión para su recuperación.

2.1.2. *Objetivos específicos*

- Calcular la superficie de áreas degradadas en ecosistemas terrestres a nivel nacional.
- Localizar en el territorio las áreas degradadas en ecosistemas terrestres a nivel nacional.
- Determinar los ecosistemas terrestres con mayor afectación por la degradación.

2.2. Marco Teórico

2.2.1. *Objetivos del desarrollo sostenible*

Los líderes mundiales se reunieron el 25 de septiembre de 2015 en la Asamblea General de las Naciones Unidas, donde decidieron adoptar un grupo de objetivos globales para la eliminación de la pobreza, protección del planeta y consecución de la prosperidad de la población mundial, mediante la aprobación de la “Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible”, la que se incluye los 17 objetivos para el desarrollo sostenible (ODS) y cada objetivo cuenta con metas específicas que deben ser alcanzadas en los siguientes quince años. De estos, el ODS 15 exhorta a los países a fomentar el uso sostenible de los bienes que proveen los ecosistemas, gestionar adecuadamente los bosques, detener y revertir la degradación de las tierras, detener la pérdida de la diversidad biológica y combatir la desertificación.

En la duodécima Conferencia de las Partes (COP ‘Conference of Parties’) de la CNUCLD, de octubre de 2015, se aprobó la meta 15.3, la que tiene por finalidad “luchar contra la desertificación, rehabilitar las tierras y los suelos degradados, incluidas las tierras afectadas

por la desertificación, la sequía y las inundaciones, y procurar lograr un mundo con una degradación neutra del suelo” en el año 2030. Para la medición de los objetivos cumplidos en esta meta, se ha establecido el indicador “Proporción de tierra degradada en relación a la superficie total de tierra”.

2.2.2. Convención de las Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación

La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (CNULD) es uno de los resultados logrados en la Cumbre de la Tierra de 1992, llevada a cabo en Rio de Janeiro. Se aprobó en 1994 y el 26 de diciembre de 1996 logró entrar en vigencia. El rector supremo de la CNULD es la COP.

El Perú ratificó este acuerdo; siendo el Ministerio del Ambiente el punto focal, mediante el Viceministerio de Desarrollo Estratégico de los Recursos Naturales y, en este marco, fomenta la ejecución de los acuerdos internacionales en temas sobre desertificación, en coordinación con de la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (MINAM, 2020).

El objetivo de la CNULD es atenuar los efectos de la sequía y combatir la desertificación en los países afectados por estos problemas, a través de la toma de decisiones efectivas en todo nivel, soportadas en asociaciones internacionales y tratados de colaboración, con un enfoque integral, para lograr el desarrollo sostenible de las zonas afectadas (CNULD, s.f.).

2.2.3. Neutralidad de la degradación de la tierra

La neutralidad en la degradación de la tierra (NDT) es definida como una situación en el que la calidad y la cantidad de los recursos naturales terrestres que son necesarios para dar soporte a las funciones y los servicios que brindan los ecosistemas para sostener la seguridad alimentaria, se mantienen estables o se incrementan a través de ecosistemas y escalas espaciales y temporales específicas. (COP 12, CNULD, 2015)

En octubre de 2015, en la COP 12, el concepto de la NDT fue aprobada por la CNUCLD, siendo este un instrumento para alcanzar la implementación de la convención. Se invitó a los países Parte a “formular metas voluntarias para lograr la NDT, acorde con sus circunstancias nacionales específicas y sus prioridades en materia de desarrollo” (MINAM, 2020).

2.2.4. Ecosistema degradado

Según la resolución ministerial n.º178-2019-MINAM (MINAM, 2019) los ecosistemas degradados se definen como los ecosistemas sufren pérdida parcial o total de alguno de sus factores esenciales de producción, lo cual modifica su estructura y funcionamiento, reduciendo su potencial de brindar bienes y servicios.

2.3. Metodología

Esta actividad fue llevada a cabo en coordinación entre la Dirección General de Ordenamiento Territorial y de la Gestión Integrada de los Recursos Naturales (DGOTGIRN), el Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC) de la Dirección General de Cambio Climático y Desertificación (DGCCD); quienes aportaron con sus conocimientos técnicos. En el proceso de construcción inicial participaron también los órganos adscritos del MINAM, los que se involucraron en el procesamiento y análisis de datos, la socialización de resultados, el seguimiento del proceso de mejora y la aplicación de los datos resultantes.

El Mapa de Áreas Degradadas contribuye con información clave para la movilización de la inversión pública destinada a la restauración y conservación de los ecosistemas, así también, es un insumo para la coordinación efectiva con los demás sectores, para su incorporación en la elaboración de instrumentos como la Zonificación Ecológica Económica (ZEE), la Zonificación Forestal (ZF), la estrategia nacional de cambio climático (ENCC), de diversidad biológica (ENDB), de gestión de riesgo de desastres, y en general para conocer el estado de conservación o degradación del componente ecosistémico del Patrimonio Natural

Nacional. Estos instrumentos tienen un impacto en el territorio, por lo que requieren contar con información oficial, oportuna y de nivel nacional.

2.3.1. Indicadores para la degradación de ecosistemas terrestres

El Mapa Nacional de Áreas Degradadas identifica superficies que evidencian pérdida parcial o total de alguno de sus elementos principales que modifican su funcionamiento y estructura, lo cual produce una afectación en su función de brindar servicios ecosistémicos; esto en concordancia con la Resolución Ministerial N.º 178-2019-MINAM que define lo que es un ecosistema degradado.

Para lograr operativizar esta definición, la metodología empleada se ha basado en los lineamientos brindados por la CNULD; la cual propone el concepto de Neutralidad de la degradación de la tierra NDT y esta, a su vez, para el monitoreo de la degradación, recomienda analizar tres indicadores fundamentales: Cambio en la cobertura vegetal, Productividad de la tierra y Carbono orgánico en el suelo.

De acuerdo con las recomendaciones de la CNULD, que propone que, si un país cuenta con información idónea, que cumplan con las características de ser a escala nacional y de periodicidad anual, esta puede ser incluida como indicador del monitoreo de la degradación. Por lo tanto, debido a la inexistencia de la información de carbono en el suelo para el país, se tomó la decisión de emplear como indicador, la información de Fragmentación de Bosques amazónicos. Finalmente, la información empleada, ámbito territorial aplicado y fuente se encuentra detallada en la Tabla 1.

Tabla 1*Lista de indicadores empleados en la identificación de áreas degradadas*

Indicador	Información espacial	Ámbito territorial	Fuente
Cambio de la cobertura vegetal	Cambios en la cobertura vegetal	Costa, sierra	DMERNT
	Pérdida de bosque amazónico	Selva	PNCBMCC
Productividad de la tierra	Tendencias negativas de la productividad primaria neta	Costa, sierra y selva	DMERNT
Fragmentación de bosque	Análisis de Patrones espaciales morfológicos	Selva	PNCBMCC

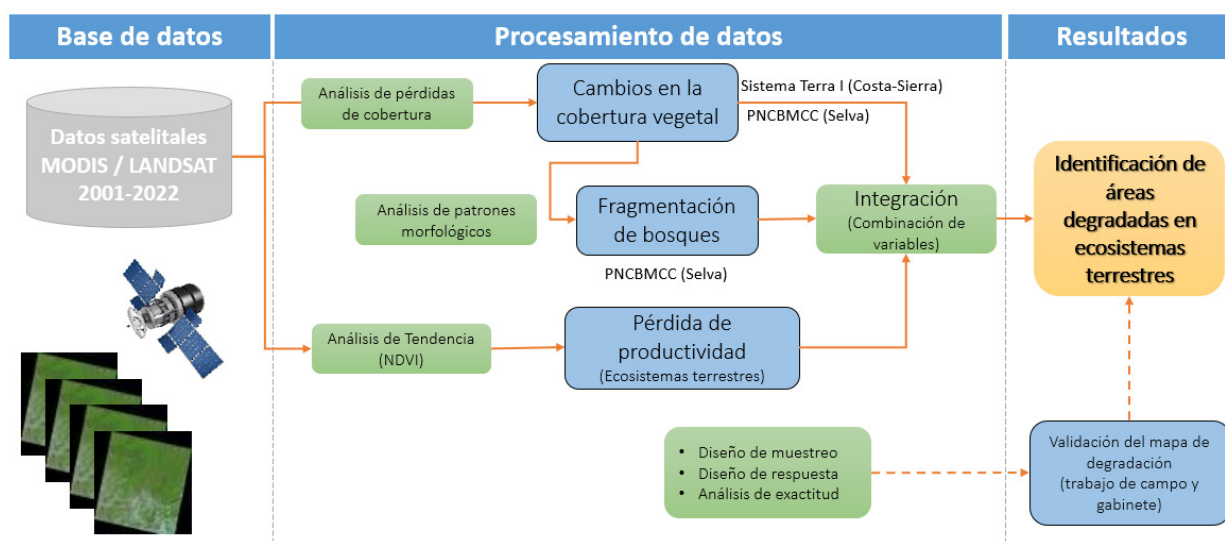
Nota. Adaptado de *Categorías de área degradada*, por MINAM, 2019, Memoria descriptiva del mapa nacional de áreas degradadas en ecosistemas terrestres.

Esta metodología es llevada a cabo en etapas, las dos primeras permiten la recopilación, procesamiento y análisis digital; y la generación los datos del cambio en la cobertura vegetal y pérdida de la productividad de la tierra; luego es la recopilación de la información de pérdida de bosques y fragmentación de bosques, generados en el PNCBMCC. Finalmente se procede con la integración de los datos para la generación del mapa final donde se identifican las áreas degradadas a nivel nacional.

El cálculo de la degradación sigue el procedimiento mostrado en la figura 2, que resume la generación y sistematización de los indicadores (cobertura vegetal, productividad de la tierra y fragmentación de bosque) que definen un área degradada conforme a la metodología recomendada.

Figura 2

Proceso de identificación de áreas degradadas



Nota. Adaptada de *Flujo de información*, por MINAM, 2019, Memoria descriptiva del Mapa nacional de áreas degradadas.

2.3.1.1. Cambios en la cobertura

Esto forma parte de la primera fase del proceso de identificación de áreas degradadas; esta información se comprende esencialmente de dos tipos de datos debido al ámbito geográfico que comprenden: pérdida de cobertura vegetal para los ecosistemas de costa y sierra, y pérdida de bosque para los ámbitos de bosque en la región amazónica.

A. Pérdida de cobertura

Para las regiones naturales de costa y sierra, se cuenta con información generada por la plataforma semiautomatizada Terra-i Perú (DMERNT-DGOTGIRN), estos cambios incluyen la categoría de pérdida de la cobertura terrestre.

Se utiliza como base de datos del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI, por sus siglas en inglés) de las imágenes del satélite MODIS de 250 m de resolución espacial y una resolución temporal con frecuencia de tomas de cada 16 días (compuestos de NDVI producto MOD13Q1 de MODIS). Una de las características más representativas del

sistema Terra-i es la temporalidad de sus datos, que asegura una serie de imágenes que son analizadas cada año, obteniendo aproximadamente 6 ha por píxel analizado, convirtiéndose en una información a utilizar que asegura en primera aproximación de pérdidas en la cobertura vegetal que impactan en los ecosistemas.

- ***Recopilación de datos primarios:***

Para esta etapa de actualización, se procedió a la descarga de imágenes satelitales actuales de los índices de NDVI de MODIS (producto MOD13Q1). Se cuenta con datos obtenidos hasta el 31 de diciembre del año 2022.

Vale resaltar que esto es posible porque ya se tiene automatizado el proceso de descarga de información geoespacial de la plataforma de la NASA (imágenes MODIS de NDVI, los tiles h09v09, h10v09, h10v10, h1109 y h11v10) que cubre todo el territorio nacional (128'521,000 ha aproximadamente), y está integrado en el proceso del Sistema Terra-i, instalado en el servidor del MINAM.

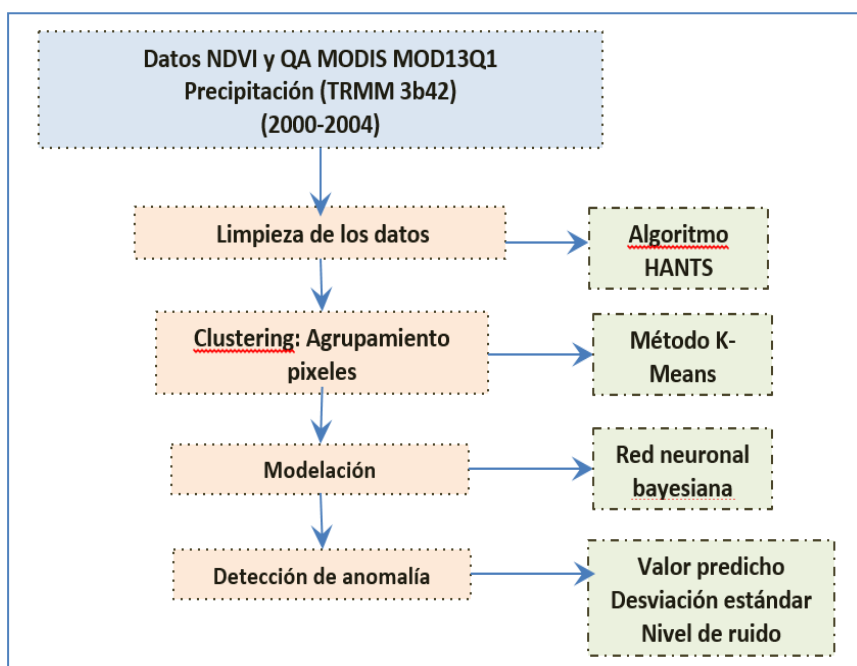
- ***Procesamiento de los datos recopilados:***

En esta etapa, los datos de NDVI de MODIS de todo el territorio nacional, pasan por un conjunto de métodos y procedimientos que son llevados a cabo con el sistema Terra-i Perú, según el flujo de procedimientos que se muestra en la Figura 3. Este proceso aplica un conjunto de algoritmos que usando los índices de vegetación y pasando a través de redes neuronales, son capaces de identificar anomalías o variaciones de la vegetación en cuanto a su comportamiento y patrones habituales.

Se fundamenta bajo la hipótesis de que existe un comportamiento ya conocido del de la vegetación y que, de producirse un cambio en la cobertura, en fechas próximas, estas tienen un patrón que es predecible y que son originados por situaciones climáticas en días previos y las condiciones naturales específicas del lugar en la tierra.

Figura 3

Metodología empleada por el Sistema Terra-i Perú



Nota. Tomado de *Metodología empleada por el Sistema Terra-i Perú*, por MINAM, 2023. Informe POI.

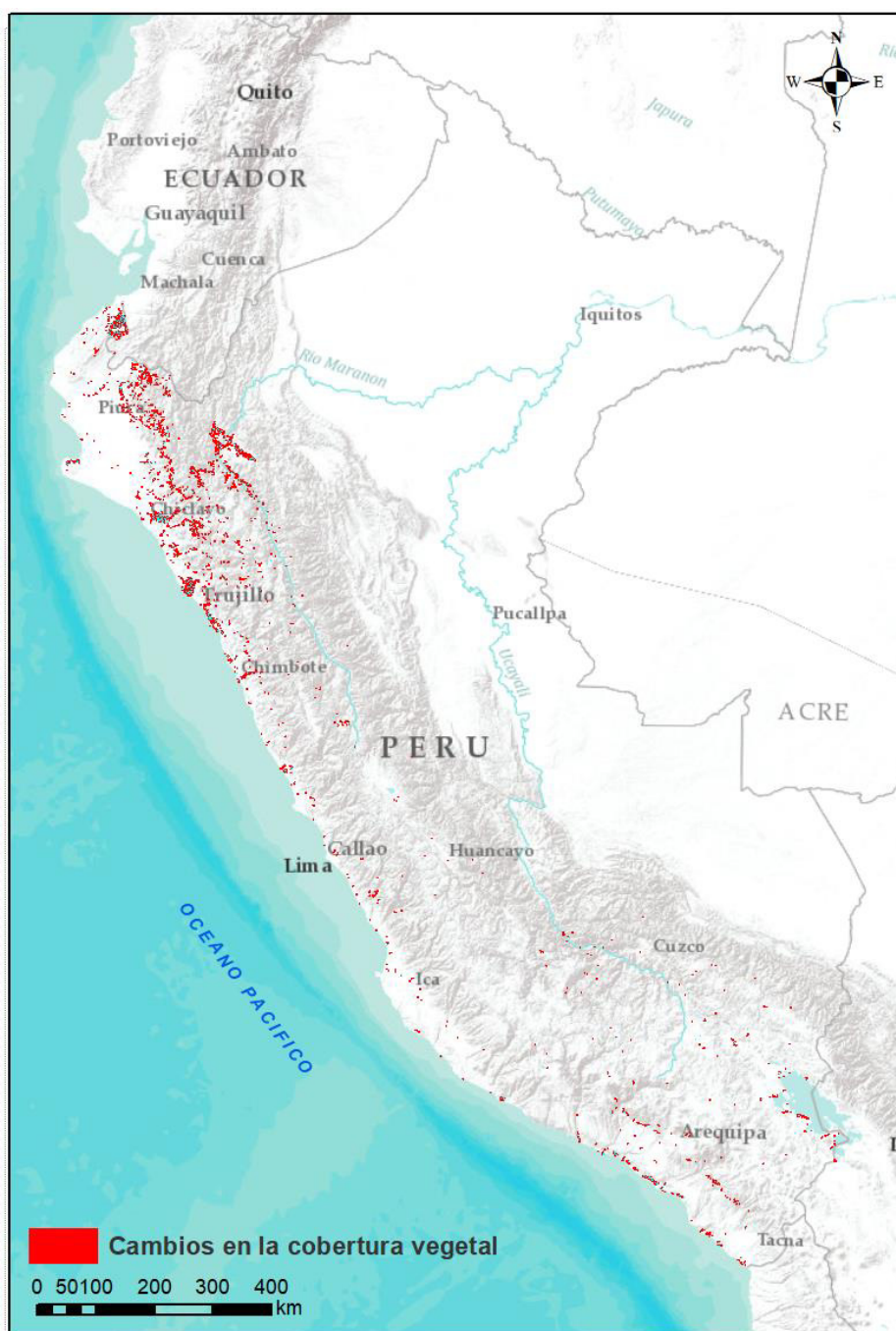
La plataforma Terra-i utiliza información de índices de vegetación de los años 2000 al 2003 para entrenar un algoritmo de probabilidades mediante el uso de una red neuronal de tipo bayesiana (MLP) con la finalidad de identificar el patrón de la vegetación natural o “verdor”, de un píxel dado y como este se comporta ante los datos de precipitación (producto TRMM 3b42).

Una vez concluida la fase de entrenamiento, el algoritmo actúa prediciendo el comportamiento en el “verdor” de la vegetación y así estimar la probabilidad de identificar alguna singularidad mediante cambios abruptos en la serie de tiempo (datos del 2004 a la actualidad), donde el comportamiento de la vegetación sufre un cambio repentino que supera los valores normales estimados por el algoritmo, en comparación con los valores reales de los píxeles de NDVI. Esta singularidad del comportamiento es denominada un cambio en la

vegetación, la cual puede proporcionar alertas tempranas cada 16 días (aproximadamente 6.25 ha de superficie por el tamaño de píxel) las cuales se presume que tienen un origen debido a las acciones del ser humano. Un ejemplo del mapa resultado de este proceso es mostrado en la Figura 4.

Figura 4

Mapa de cambios de cobertura para Costa y Sierra



B. Pérdida de bosque

Esta información se recopila del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCBMCC), el cual viene generando anualmente la información espacial de pérdida de bosque amazónico o deforestación y los datos georreferenciados del stock del bosque amazónico (remanente de bosque).

El monitoreo de la pérdida de bosque en la Amazonia del Perú inicia en el 2000 como "Línea Base", en el que se identifican las categorías de "Bosque" y "No Bosque", y luego este proceso es anual para analizar la pérdida de bosque.

La Universidad de Maryland propuso una metodología con la que se generó la información para el periodo de 2001 al 2016. Para el periodo del 2017 a la actualidad, los datos son elaborados con una metodología propuesta por el PNCBMCC.

El método propuesto por el PNCBMCC emplea la totalidad de imágenes del satélite Landsat para el año evaluado; las cuales son procesadas digitalmente mediante el método denominado Desmezcla Espectral Directa (DSU), para luego realizar la detección de las pérdidas de bosque bajo el Modelo Lineal de Mixtura Espectral (MLME). Se consigue un detalle de la clasificación de hasta 25% de la pérdida de bosque amazónico. El trabajo de post clasificación es llevado a cabo de manera conjunta con el equipo técnico del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).

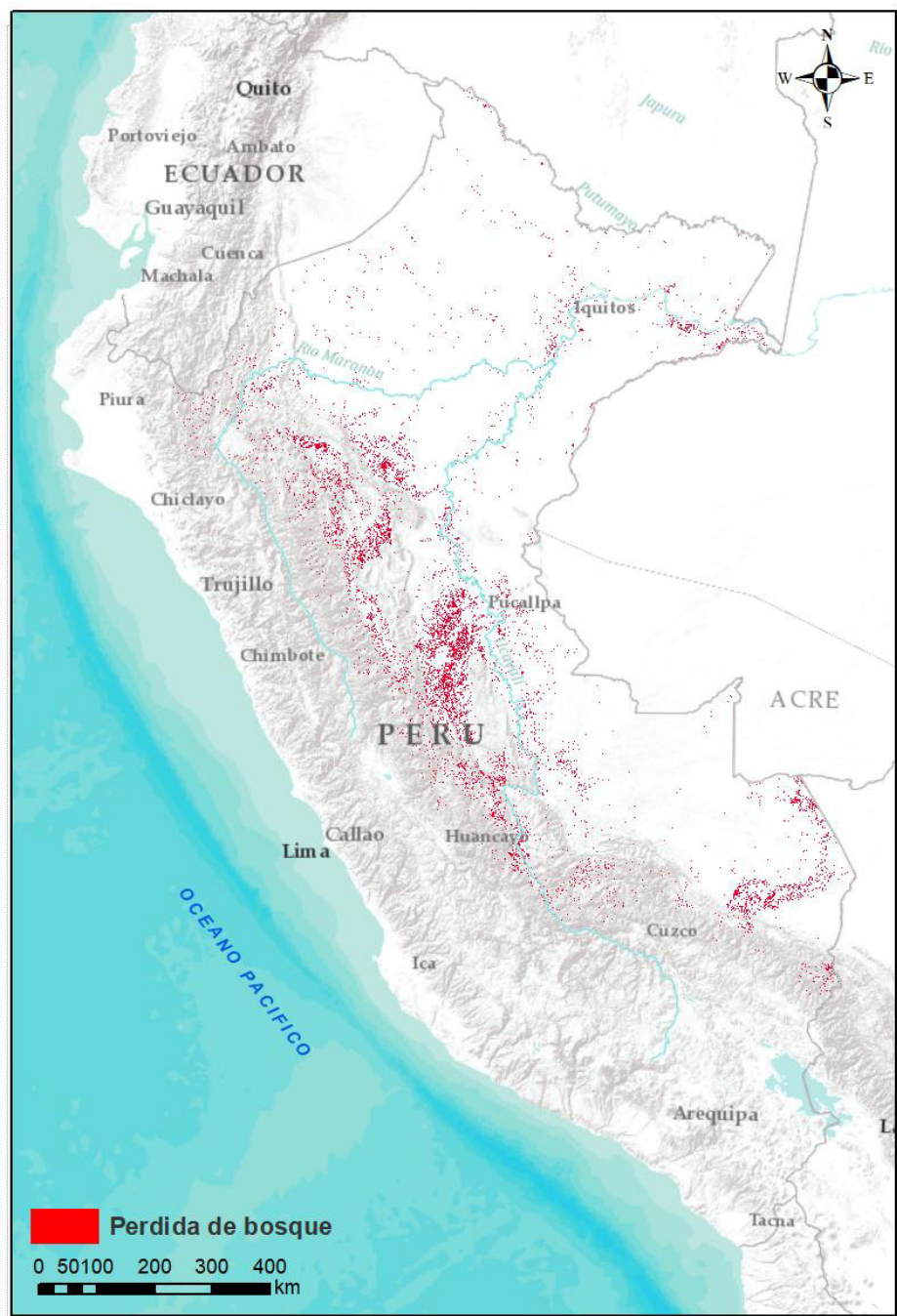
Con la metodología desarrollada por el PNCBMCC desde el año 2017, se ha logrado separar las pérdidas ocurridas por la migración del cauce de ríos, por lo tanto, en los cálculos estas pérdidas ya no se contabilizan.

Con el trabajo coordinado con el Servicio Nacional de Áreas Naturales Protegidas por el Estado (SERNANP), se excluyó gran superficie de la pérdida por derrumbes y deslizamientos característicos de las zonas montañosas y las originadas por los vientos huracanados denominados "Chacras de viento", ambos tipos son pérdida de bosque generada

por acción natural (PNCBMCC, 2022). Un ejemplo del mapa resultado de este proceso es mostrado en la Figura 5.

Figura 5

Mapa de Pérdida de bosque



2.3.1.2. Fragmentación de bosques amazónicos

Esta información es generada por el PNCBMCC, la cual se encarga de generarla mediante el análisis de los patrones de deforestación, que fue llevado a cabo en los bosques de la Amazonía Peruana.

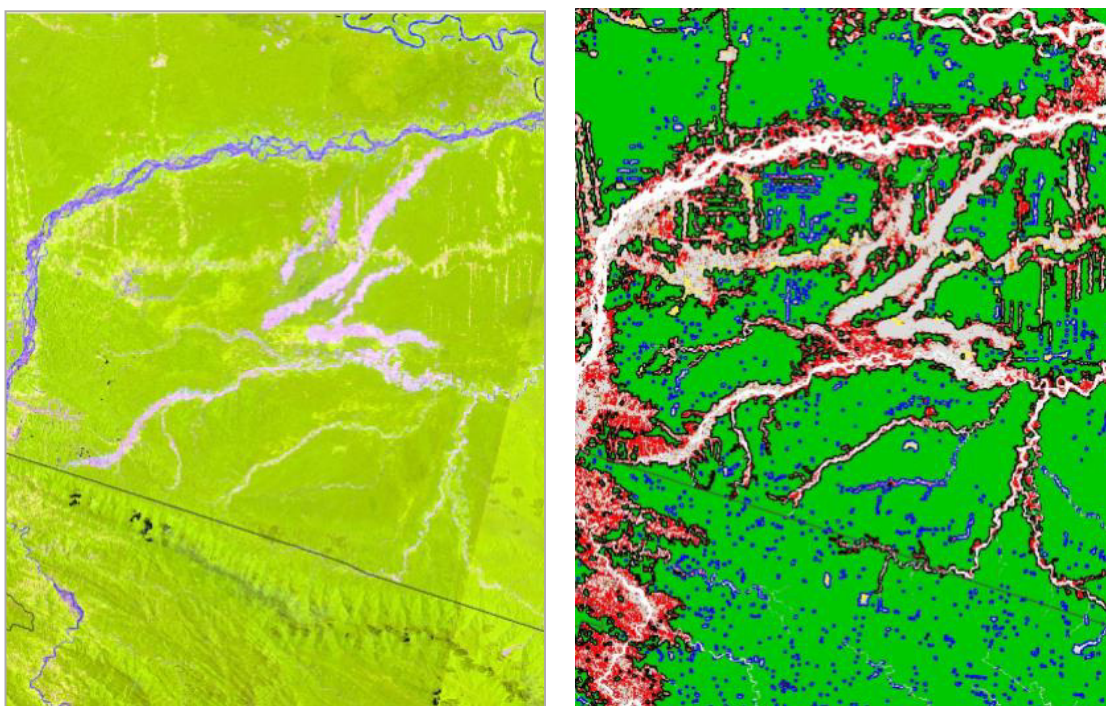
La metodología empleada es el Análisis Morfológico de Patrones Espaciales (MPSA), el cual diferencia diversas categorías de bosque en función a la forma de esta y la perturbación que sufre. Este análisis requiere de una serie de parámetros, de los cuales, el ancho del efecto de borde ocasionado por una pérdida de bosque es el más influyente. Según la literatura, los ecosistemas pierden calidad y abundancia de los servicios y bienes que brindan, en función a la distancia del hábitat fragmentado en el que se encuentren (Navarro, 2021).

Uno de los objetivos del PNCBMCC es el mitigar el cambio climático, asociado a la emisión de gases de efecto invernadero, por lo tanto, se decidió evaluar la relación entre el stock de carbono en la biomasa aérea y la distancia al borde de las pérdidas de bosque, con la finalidad de determinar el ancho del efecto de borde en los análisis posteriores. El ancho definido fue de 210 metros (PNCBMCC, 2019).

El resultado del análisis genera una serie de categorías de bosque dentro del ancho del efecto de borde, dependiendo de sus formas obtenidas como se muestra en la Figura 6. Para la representación de las áreas degradadas, se agrupan las clases según la regla mostrada en la Figura 7. Un ejemplo del mapa resultado de este proceso es mostrado en la Figura 8.

Figura 6

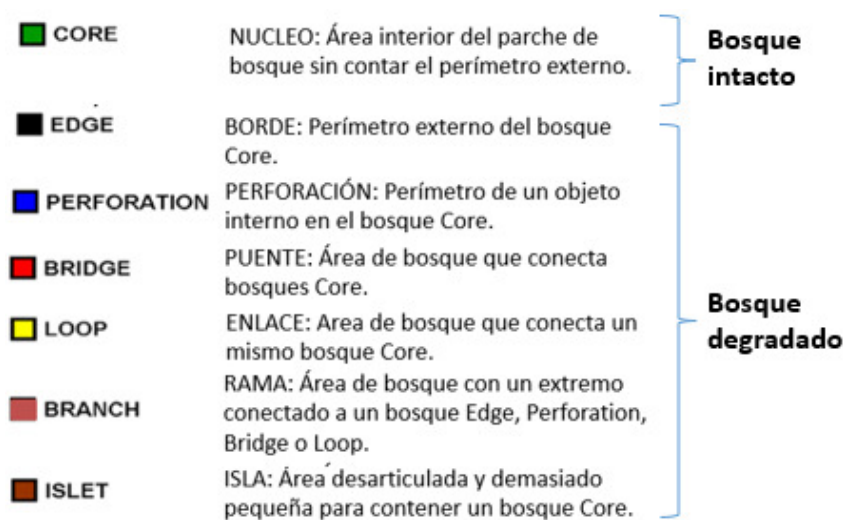
Patrones de fragmentación de bosques en la Amazonía



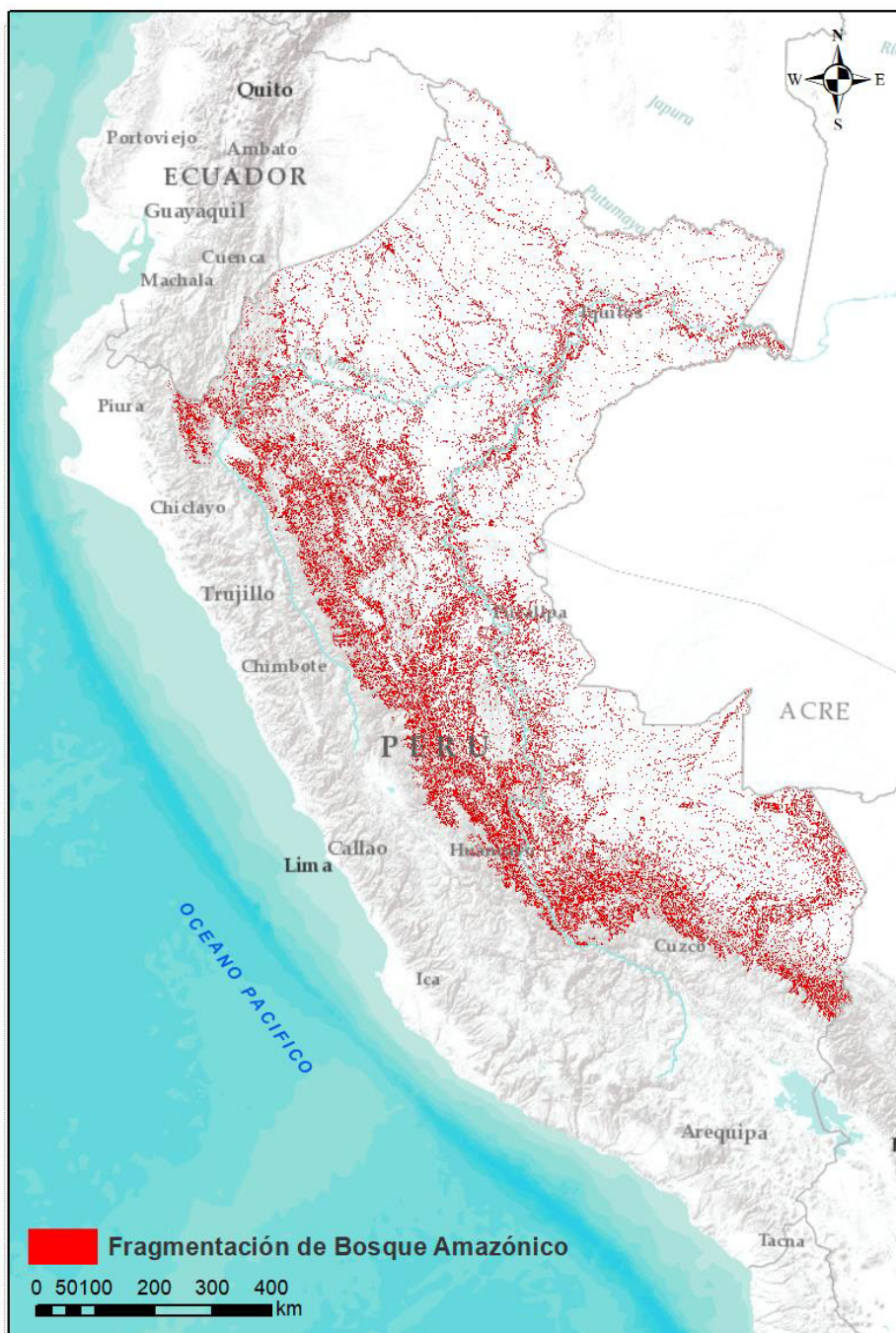
Nota. Adaptado de PNCBMCC, 2019, Análisis de patrones espaciales para el estudio de la degradación de bosques en la Amazonía peruana. Nota Técnica.

Figura 7

Patrones para la identificación de degradación del bosque



Nota. Adaptado de *Esquema de la fragmentación de bosques*, por MINAM, 2019, Memoria descriptiva del mapa nacional de áreas degradadas en ecosistemas terrestres.

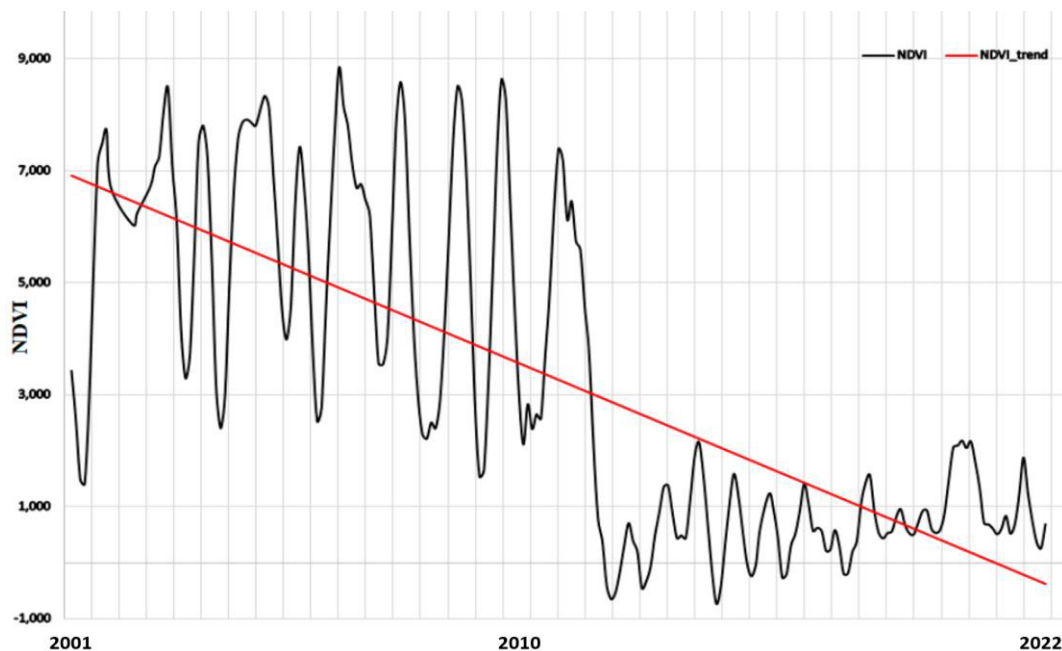
Figura 8*Mapa de fragmentación de bosque amazónico***2.3.1.3. Productividad de la tierra**

La información para este indicador se estimó mediante el análisis de las tendencias en una serie de tiempo (2001 – 2021), con datos anuales del índice NDVI (como proxy de la productividad primaria neta) del satélite MODIS Terra, para detectar las tendencias negativas

que indican una degradación en los ecosistemas por pérdida de la productividad primaria de la tierra, como se muestra en la Figura 9.

Figura 9

Ejemplo de una tendencia negativa del NDVI en una serie de tiempo



Nota. Comportamiento de los datos anuales de NDVI en una serie temporal, la línea roja muestra la tendencia negativa. Adecuado de *Negative and positive object detection using trend analyses*, por AbdelRahman et al. 2023. Determining the Extent of Soil Degradation Processes Using Trend Analyses at a Regional Multispectral Scale

Se asegura el uso de datos de índices de vegetación MODIS (Producto MOD13Q1 – NDVI y EVI), que son compuestos de 16 días. Se considera que el NDVI es un buen proxy para inferir los valores de productividad primaria neta según diferentes estudios de vegetación (Easdale *et al*, 2019). Actualmente se usa el sensor MODIS Terra a 250 metros, que permite estimaciones en una unidad mínima de terreno de 6.25 ha. Asimismo, se ha considerado usar el estadístico MEDIA para anualizar los valores compuestos de 16 días de NDVI, de un mismo año de análisis.

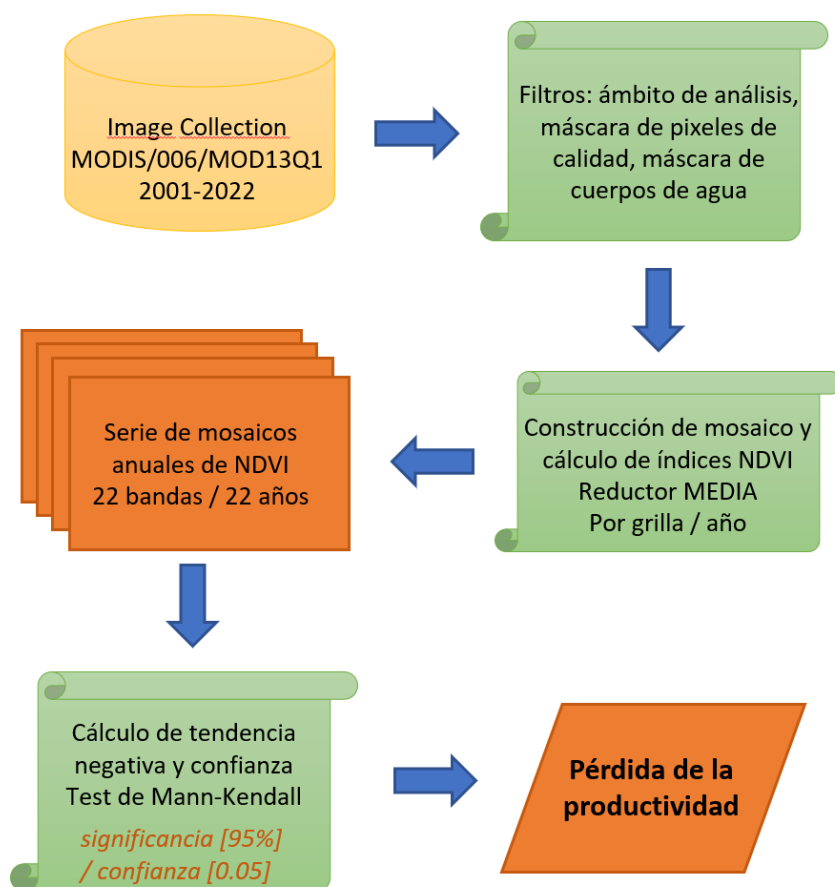
Para analizar las series de tiempo y detectar las tendencias y su comportamiento, se ha empleado una prueba estadística no paramétrica denominada Mann-Kendall, la cual es un muy robusta y ampliamente utilizada en estos tipos de análisis. Esta prueba tiene como objetivo evaluar la existencia de una tendencia monótonica hacia abajo o arriba de la variable en evaluación a través del tiempo, con un rigor estadístico; empleando para esto, un análisis con un nivel de confianza al 95% (Mann 1945, Kendall 1975). La tendencia monótona hacia abajo (o arriba) quiere decir que la variable disminuye (o se incrementa) de una forma homogénea mientras avanza en el tiempo, estas tendencias podrían ser lineales o no.

La prueba puede ser utilizada en lugar de los análisis de regresión lineal, con la finalidad de determinar si la pendiente de la regresión es diferente de cero. Pero se presenta una diferencia, ya que este análisis necesita que los residuos de la regresión ajustada sean distribuidos de forma normal; lo cual no es necesario para la prueba de Mann-Kendall, ya que esta prueba es no paramétrica que quiere decir que no presenta distribución normal. (Pacific Northwest National Laboratory, s.f.).

Para la estimación de la pérdida de productividad primaria se emplea la secuencia mostrada en la Figura 10, que resume los pasos seguidos en el procesamiento de los datos espaciales y la prueba estadística para determinar el comportamiento de las tendencias.

Figura 10

Procedimiento para el cálculo de la pérdida de productividad de la tierra



Nota. Adecuado de *Diagrama de proceso de elaboración de la dinámica de la productividad primaria neta*, por MINAM, 2019, Memoria descriptiva del Mapa nacional de áreas degradadas.

En este contexto, el contar con una gran cantidad de información, se requiere de muchos recursos en materia de cómputo y tiempo de procesamiento de esta información. Sin embargo, actualmente existe una iniciativa de la compañía Google LLC, denominada Google Earth Engine (GEE), ver Figura 11, esta plataforma web fue diseñada con la finalidad de apoyar la visualización de gran cantidad de datos satelitales para su análisis y evaluación de carácter científico, con un uso académico sin fines de lucro. La plataforma GEE contiene una gran colección de datos de libre disposición conformada por imágenes de todo el planeta, de diversas

fuentes, que se remontan a una antigüedad de cuarenta años a más. La plataforma brinda herramientas capaces de realizar el procesamiento de grandes volúmenes de datos satelitales en tiempos extremadamente cortos. Por ese motivo, hemos migrado nuestro procesamiento, para la estimación de la pérdida de la productividad primaria neta, a esta plataforma web. Un mapa que presenta resultado de la distribución espacial de este proceso es mostrado en la Figura 12.

Figura 11

Plataforma web Google Earth Engine

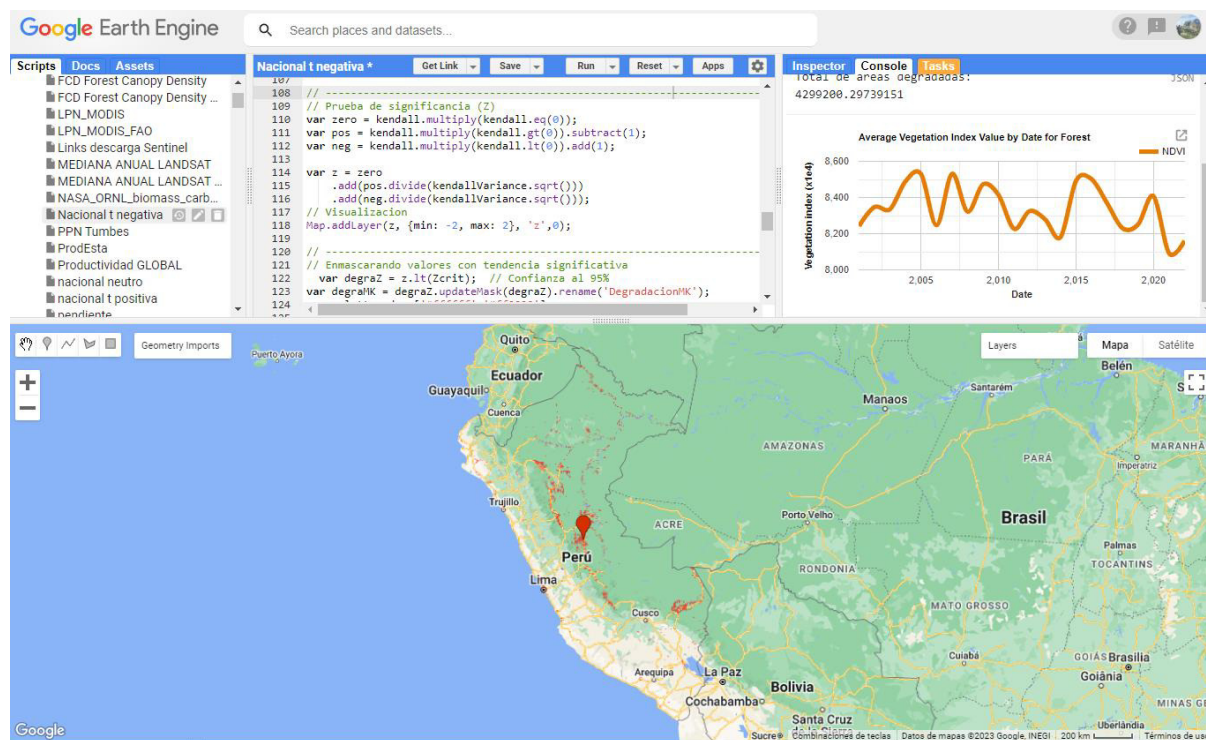
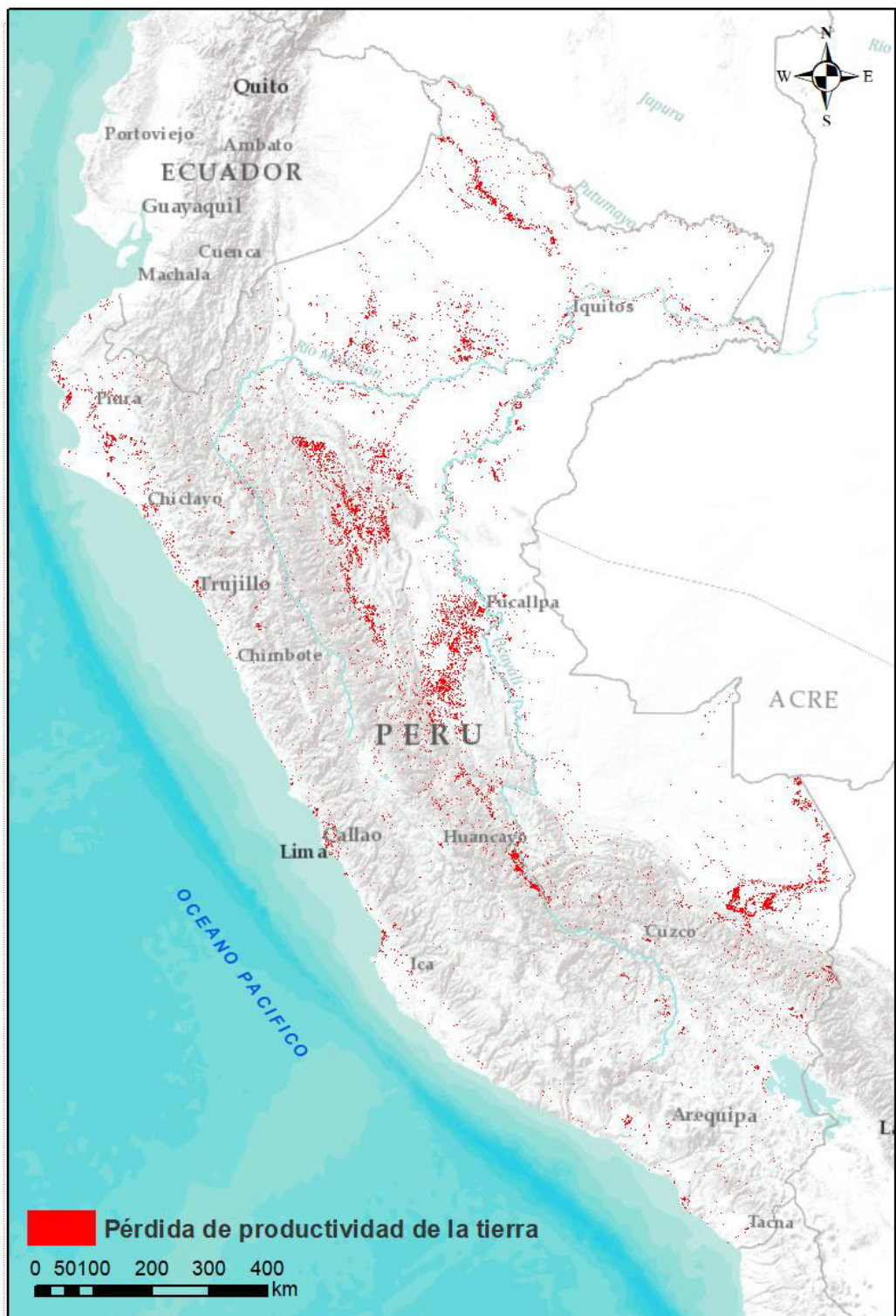


Figura 12

Mapa de pérdida de la productividad de la tierra



2.3.2. Integración de los indicadores

Se adecuó la información de las capas espaciales de los indicadores reclasificando sus leyendas a solo dos categorías: todas las clases que impliquen degradación se clasifican como degradado y las demás clases, como no degradado.

Se realiza un procesamiento de integración de la información espacial de las capas de cada indicador, para obtener como resultado final el mapa de áreas degradadas a escala nacional. La integración se realiza siguiendo la regla de “uno afuera - todos afuera”, esto significa que, si un píxel fue identificado como potencialmente degradado por cualquiera de los indicadores, entonces ese píxel se considerará potencialmente degradado en la capa final (Conservación Internacional, 2023). Por lo tanto, la única oportunidad de que un píxel de la capa final sea considerado como no degradado es que el píxel este clasificado como no degradado en todas las capas de los indicadores. La Figura 13 resume la lógica descrita.

Figura 13

Integración de la información espacial de indicadores

PPN	CCV	Pbosque	Fbosque	Mapa degradación
No degradado	No degradado	No degradado	No degradado	No degradado
No degradado	No degradado	No degradado	Degradado	Degradado
No degradado	No degradado	Degradado	No degradado	Degradado
No degradado	No degradado	Degradado	Degradado	Degradado
No degradado	Degradado	No degradado	No degradado	Degradado
No degradado	Degradado	No degradado	Degradado	Degradado
No degradado	Degradado	Degradado	No degradado	Degradado
No degradado	Degradado	Degradado	Degradado	Degradado
Degradado	No degradado	No degradado	No degradado	Degradado
Degradado	No degradado	No degradado	Degradado	Degradado
Degradado	No degradado	Degradado	No degradado	Degradado
Degradado	No degradado	Degradado	Degradado	Degradado

Degradado	Degradado	No degradado	No degradado	Degradado
Degradado	Degradado	No degradado	Degradado	Degradado
Degradado	Degradado	Degradado	No degradado	Degradado
Degradado	Degradado	Degradado	Degradado	Degradado

Nota. Adaptado de MINAM, 2023, Informe POI.

Donde:

PPN = Tendencias negativas de la productividad primaria neta

CCV = Cambios en la cobertura vegetal

PBOSQUE = Pérdida de bosque amazónico

FBOSQUE = Fragmentación de bosque

2.3.3. *Evaluación de la Exactitud Temática*

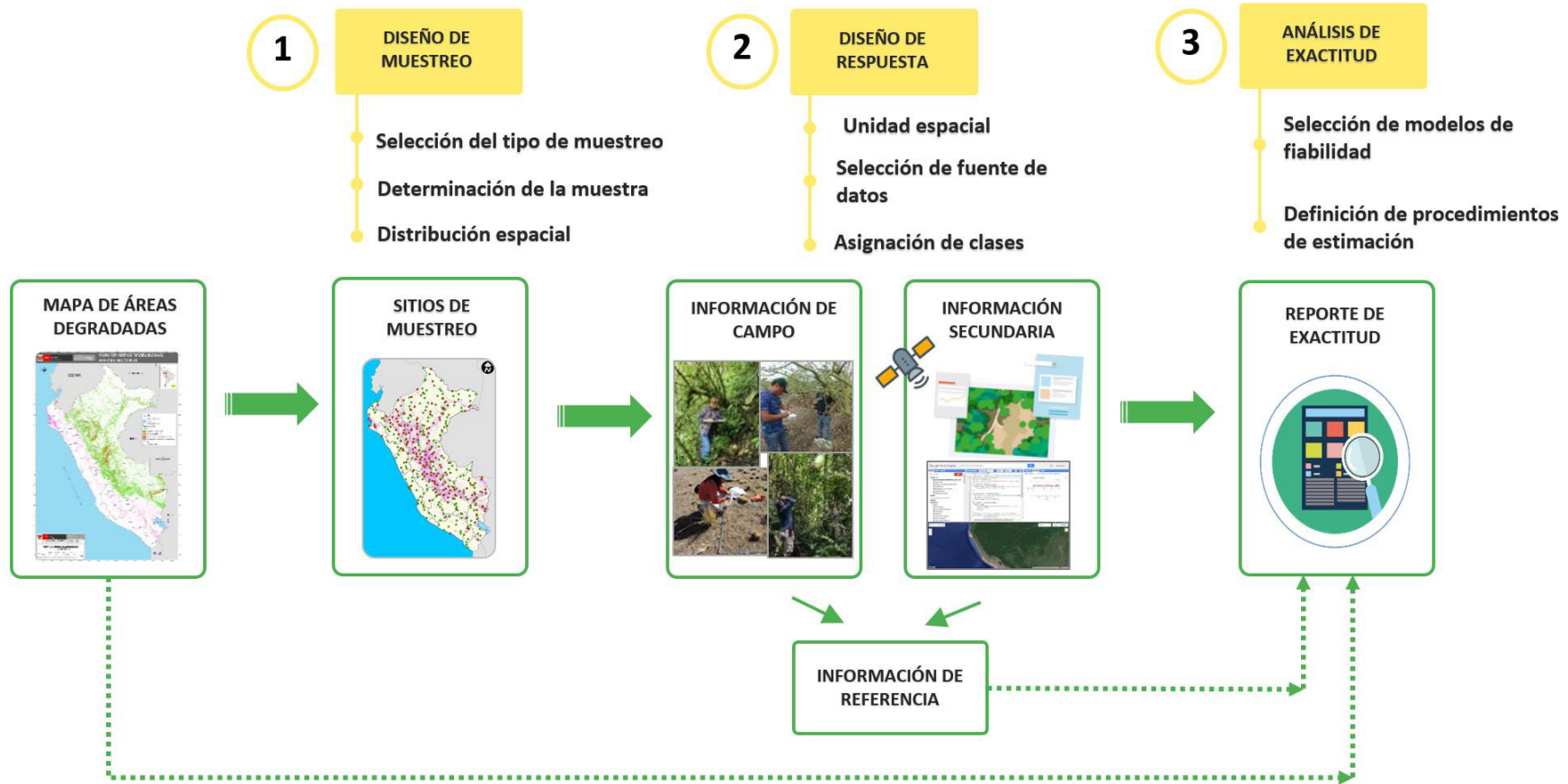
Esta acción comprende en contrastar los datos de referencia (información primaria y secundaria) con la información del mapa, en base a la evaluación de una muestra definida por un grupo de puntos. Esta evaluación consta de 3 etapas: diseño de muestreo, diseño de respuesta y análisis de la exactitud. El proceso de evaluación es ilustrado en la Figura 14.

2.3.3.1. Diseño de muestreo. En este componente se selecciona la muestra y la distribución de unidades espaciales (píxeles) que se utilizarán para la evaluación de la exactitud. Para definir el diseño de muestreo se debe considerar la precisión que se busca en la evaluación y la priorización de acciones para obtener el resultado adecuado (Olofsson *et al*, 2014).

A. Tipo de muestreo. El muestreo por estratos al azar fue el elegido para emplear, debido a que su forma de distribuir la muestra al azar brinda a cada uno de los elementos de la población la misma opción de ser evaluados. La estratificación definida para este análisis se compone de dos categorías: áreas con degradación y áreas sin degradación.

Figura 14

Proceso de evaluación de la exactitud temática



Nota. Adaptado de *Diseño metodológico de la evaluación de la exactitud*, por MINAM, 2019, Memoria descriptiva del mapa nacional de áreas degradadas en ecosistemas terrestres.

B. Tamaño de muestra. Para el cálculo de la muestra se empleó la ecuación de Cochran (1977), considerando un universo infinito:

$$n = \frac{z^2 p(1 - p)}{e^2}$$

Donde:

p: precisión general representado en una proporción de 50 %

z: 1.96, para un nivel de confianza de 95%

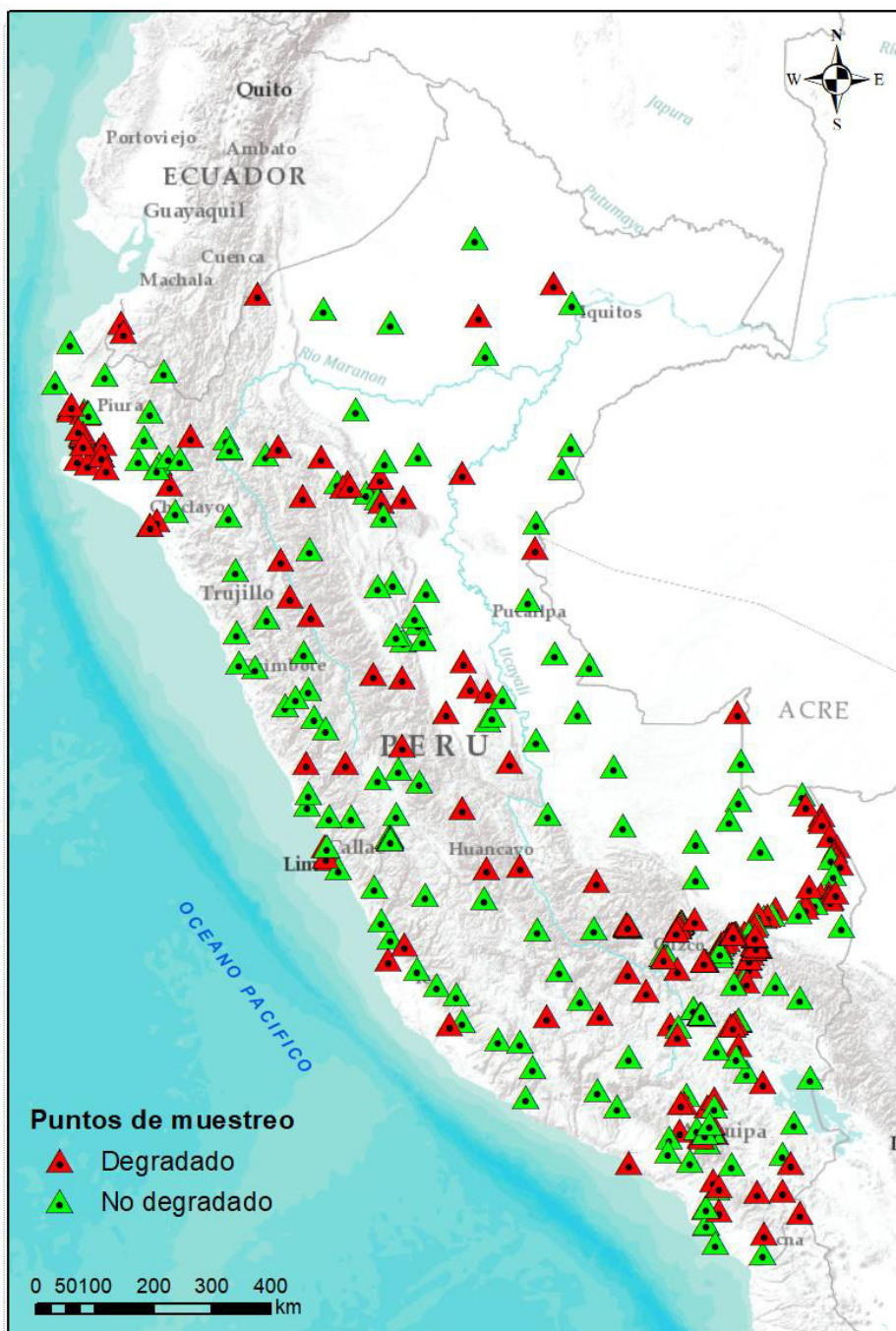
e: intervalo de confianza de **p**, se empleó 0.05

Realizando la estimación con la fórmula de Cochran, se obtuvo como resultado 384 puntos de muestreo para el tamaño de muestra (**n**).

C. Distribución de la muestra. La distribución se realizó para todo el ámbito del territorio nacional de forma aleatoria, en los ecosistemas degradados y no degradados (estratos), considerando un aproximado de 50% de los puntos para cada estrato. Se tiene 195 y 189 puntos para las “Área degradada” y “No degradada” respectivamente. Esta distribución espacial de los puntos de muestreo es representada en el mapa de la Figura 15.

Figura 15

Distribución de puntos de muestreo



Nota. Adaptado de *Mapa de puntos de muestreo distribuidos espacialmente*, por MINAM, 2019, Memoria descriptiva del mapa nacional de áreas degradadas en ecosistemas terrestres.

2.3.3.2. Diseño de respuesta. comprende la secuencia de pasos para obtener el conjunto de datos levantados en campo y analizados en gabinete, lo que se denominan datos de referencia. Se presentan tres características principales: la unidad espacial, la fuente de datos y la determinación del tipo de clase de la información de referencia (FAO, 2016).

A. Unidad espacial. La evaluación se realiza en la unidad espacial, el cual está definido por el píxel de 30 m de lado de las imágenes del satélite Landsat, es decir 0.09 ha, este es el tamaño mínimo de información del mapa de áreas degradadas.

B. Selección de fuentes de datos. Para levantar la información de referencia se realizan trabajos de campo para obtener la información primaria y se recopila documentos estudios, evaluaciones, bases de datos, mapas e imágenes de alta resolución espacial para la información secundaria.

Información primaria. Para obtener la información se llevó a cabo trabajos de levantamiento de datos campo; se siguieron dos rutas en forma de transectos, ubicados uno en el sur y otro en el norte, que van de costa a selva y buscan llegar a lugares más característicos del Perú (ver Figura 16), con la finalidad de alcanzar el mayor número de puntos de la muestra (en total se obtuvo 29 puntos).

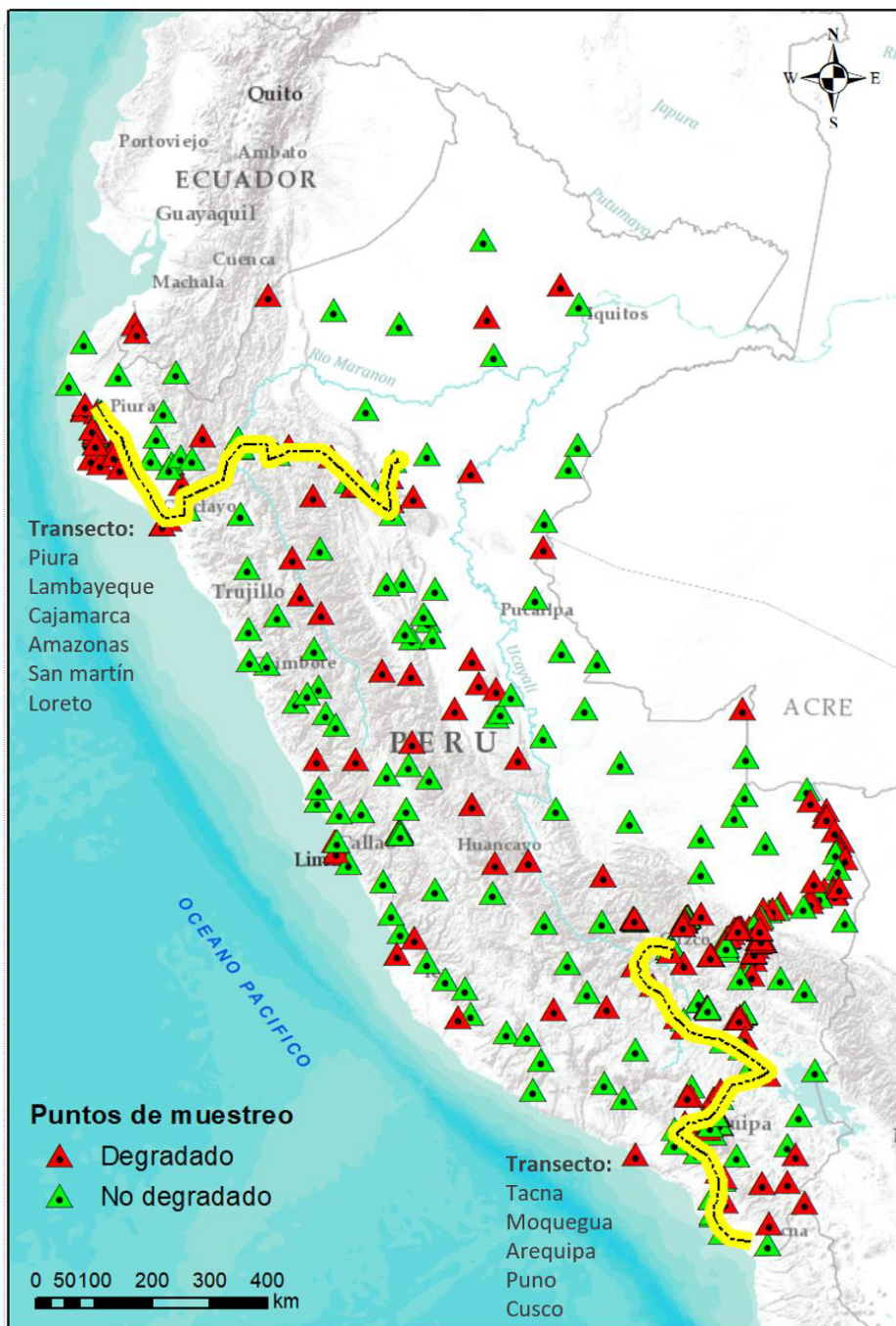
Para la evaluación en los puntos se tomó el punto central o centroide de la unidad espacial y se georreferenció la coordenada con el navegador gps. Luego se extienden cuatro transectos de 10 m aproximadamente en dirección a los puntos cardinales; para poder recorrer la extensión de la unidad espacial o punto de muestra.

Para definir la condición del estado del punto evaluado se analizaron los siguientes indicadores: ausencia de cobertura vegetal, presencia de especies indicadoras/asociadas a la degradación, presencia de actividad antrópica.

Se ha previsto todos los materiales, como son, el navegador gps, las fichas de campo, cámara fotográfica y mapas impresos.

Figura 16

Rutas de validación de campo



Nota. Adaptado de Mapa de puntos de muestreo distribuidos espacialmente, por MINAM, 2019, Memoria descriptiva del mapa nacional de áreas degradadas en ecosistemas terrestres.

Información secundaria. Se utilizaron los resultados obtenidos de la aplicación de campo de la validación de las Guías de evaluación del estado de los ecosistemas: bosque seco, bosque montano y bofedal; y de los informes de consultoría que realizaron evaluaciones empleando las mismas guías en campo.

Se empleó el análisis de imágenes de satelitales de mayor resolución espacial, se emplearon imágenes del satélite Sentinel 2 y las disponibles en la plataforma Google Earth Pro; para una mejor visualización e interpretación de la cobertura vegetal en el proceso de validación.

C. Determinación de clases. La asignación de las clases se realizó en base a los resultados obtenidos empleando la información primaria y secundaria para evaluar la muestra. Esto brinda la definición del estrato de cada punto muestreado, para luego ser contrastado con la identificación de áreas degradadas.

2.3.3.3. Análisis de la Exactitud. Este componente busca brindar la información de la evaluación de correspondencia entre los datos de referencia y del mapa de identificación, En la matriz de confusión se realiza este análisis. En la evaluación se utilizaron las siguientes métricas.

A. Métricas para evaluar la exactitud

Exactitud del productor: es la cantidad de puntos de muestreo asignados en un estrato según los datos de referencia y que la identificación coincide con el estrato. Los resultados se detallan en la Tabla 2.

Tabla 2

Estimación de la exactitud del productor

	Exactitud del productor	
Degradado	$132/182 * 100$	73 %
No degradado	$139/202 * 100$	69%

Exactitud del usuario: cantidad de puntos de muestreo correctamente asignados en un estrato, respecto al total de puntos de ese estrato. Los resultados se detallan en la Tabla 3.

Tabla 3

Estimación de la exactitud del usuario

	Exactitud del usuario	
Degradado	132/195 * 100	68 %
No degradado	139/189 * 100	74%

B. Métricas de precisión

Error de omisión: es la cantidad de puntos de muestreo asignados en un estrato según los datos de referencia, pero que la identificación los ubica en el otro estrato. Se complementa con la exactitud del productor.

Error de comisión: es la cantidad de puntos de muestreo asignados en un estrato según la identificación, pero que los datos de referencia los ubica en el otro estrato. Se complementa con la exactitud del usuario.

C. Matriz de error. *En esta matriz se analiza la correspondencia entre las filas que presentan las clases del mapa de identificación y las columnas que presentan las clases de los datos de referencia. La cantidad de sitios verificados donde se encontró similitud entre los datos de la referencia y el mapa, se ubican en las celdas que forman la diagonal de la matriz, y las celdas contiguas muestran la cantidad de sitios donde no hubo concordancia en los datos. La Tabla 4 detalla los datos de la matriz el número de aciertos, desaciertos y los resultados obtenidos.*

Tabla 4

Matriz de confusión para el proceso de validación de áreas degradadas.

		Datos de referencia				
Mapa de identificación		Degradado	No degradado	Total	Exactitud de usuario	Error de 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			

Nota. Adaptado de MINAM

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

$P_0 = \text{Número de aciertos} / \text{Número total de clases}$

$$P_0 = (132 + 139) / 384$$

$$P_0 = 0.71 \rightarrow$$

71% de Exactitud Global del Mapa de áreas degradadas

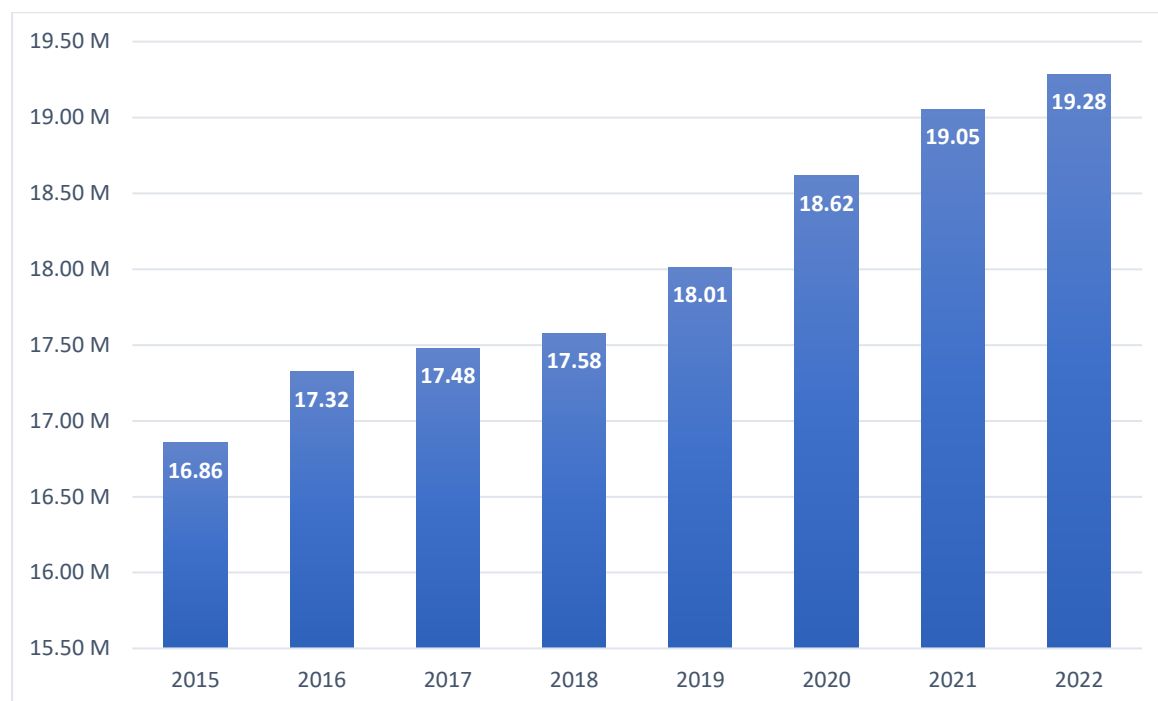
2.4 Resultados

Luego de que las capas georreferenciadas de los indicadores pasan por el proceso de integración, se obtiene como resultado el Mapa Nacional de Áreas Degradadas en Ecosistemas Terrestres (Anexo 1). Esta información ubica en el territorio las áreas con signos de degradación, cuyas superficies son factibles a ser medidas para su empleo en diferentes acciones para la gestión de los ecosistemas.

Analizando los datos tenemos los siguientes resultados: Para el año base 2015 se ha identificado una superficie de áreas degradadas de **16,856,218.44** ha y al año 2022, la cantidad identificada alcanzó los **19,283,690.16** ha, mostrando un incremento de 2,427,471.72 ha en 7 años, lo que representa un 1.88 % del territorio nacional.

Figura 17

Superficie, en millones de hectáreas, de áreas degradadas nacional en ecosistemas terrestres



Nota. Adaptado de *Áreas degradadas para la conservación*, por MINAM, (s.f.), <https://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/restauracion-de-areas-degradadas/>

Haciendo una superposición con la información de los límites departamentales, podemos observar la distribución de la degradación en estas unidades territoriales (Tabla 6), pudiendo observar que los departamentos (INEI, 2016) que cuentan con mayores superficies degradadas son Loreto, Ucayali y San Martín, en ese orden.

Tabla 5*Superficies degradadas (ha) identificadas*

Departamentos	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Loreto	3,737,097.36	3,877,470.00	4,099,030.83	4,235,387.31	4,338,152.82	4,549,040.64	4,811,683.32	4,773,598.29
Ucayali	1,811,014.65	1,837,234.08	1,939,952.07	2,017,382.76	2,142,016.02	2,321,331.66	2,396,712.24	2,477,337.57
San Martín	1,912,124.07	1,913,855.22	1,936,017.18	1,989,145.62	2,024,774.37	2,256,313.23	2,307,164.94	2,290,785.12
Madre de dios	1,328,417.37	1,373,189.67	1,465,955.82	1,531,452.78	1,592,769.51	1,645,677.99	1,672,757.91	1,750,682.88
Cusco	1,374,038.91	1,383,343.47	1,431,893.97	1,464,716.88	1,488,110.40	1,527,004.98	1,525,339.71	1,555,628.40
Huánuco	1,157,822.37	1,172,113.83	1,201,893.03	1,214,227.17	1,242,987.48	1,333,756.26	1,348,793.37	1,354,880.88
Junín	1,150,487.19	1,176,726.24	1,202,139.18	1,204,845.21	1,223,995.23	1,263,222.90	1,264,017.51	1,280,484.00
Amazonas	1,014,494.31	1,015,658.01	1,040,851.17	1,099,721.88	1,113,342.30	1,087,803.99	1,103,746.32	1,119,165.30
Pasco	689,991.12	701,975.61	721,400.76	714,369.78	728,933.04	760,003.38	760,401.18	772,075.62
Puno	563,403.06	579,627.45	633,759.30	642,265.92	650,341.80	632,808.99	641,124.90	653,749.20
Cajamarca	312,462.99	327,294.45	321,166.08	324,673.83	324,134.64	325,266.21	319,654.80	327,841.83
Ayacucho	188,635.05	196,460.64	197,439.03	194,746.41	197,135.82	229,747.41	228,802.14	230,696.91
Piura	848,555.01	820,961.91	497,116.71	288,624.15	288,306.18	180,853.11	185,769.09	182,896.20
La libertad	130,262.22	154,112.58	152,837.10	144,232.02	142,180.29	133,363.71	132,884.28	135,208.08
Lambayeque	238,068.72	306,384.66	182,067.39	114,123.87	116,791.83	77,492.61	78,879.24	78,652.44
Lima	91,223.19	123,771.60	105,123.33	91,605.24	91,725.12	66,155.76	66,636.36	66,682.08
Arequipa	81,613.44	94,563.63	97,733.52	92,940.84	93,233.43	56,097.09	54,411.57	56,776.50
Ica	41,542.74	53,848.17	47,267.01	45,542.88	46,600.65	35,808.30	38,011.05	36,207.63
Ancash	72,035.19	94,162.86	78,182.46	51,452.55	51,656.76	33,023.34	31,490.01	33,625.44
Tumbes	34,356.33	24,685.29	24,545.07	25,963.83	24,958.62	26,629.47	28,629.99	31,393.71
Huancavelica	22,771.71	25,841.52	26,027.82	25,309.53	25,418.61	25,202.70	24,839.37	25,275.96
Moquegua	20,054.61	24,640.29	26,895.69	23,669.10	23,709.96	17,745.12	19,393.92	17,822.16
Tacna	23,616.63	31,055.67	29,619.36	23,798.52	23,803.47	15,446.97	15,274.17	15,961.05
Apurímac	10,347.75	12,917.70	15,714.18	14,541.03	14,556.87	15,197.31	14,256.54	15,537.78
Callao	1,782.45	2,185.47	2,479.23	2,768.40	2,743.65	710.55	692.46	725.13
Total general	16,856,218.44	17,324,080.02	17,477,107.29	17,577,507.51	18,012,378.87	18,615,703.68	19,071,366.39	19,283,690.16

Nota. Adaptado de *Áreas degradadas para la conservación*, por MINAM, (s.f.), <https://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/restauracion-de-areas-degradadas/>

Haciendo una superposición con la cartografía del Mapa Nacional de Ecosistemas (MINAM 2018), podemos obtener las superficies y proporción de los ecosistemas que presentan degradación.

De este análisis y en base a los datos del último año 2022 (Tabla 7), podemos observar que el ecosistema con mayor cantidad de superficie con áreas degradadas detectado es el bosque de colina baja, con 3,550,878.72 ha, esto representa el 11 % de su extensión, seguido del bosque basimontano de yunga con 2,970,990.00 ha, representando el 36 % del ecosistema. Mientras que el ecosistema más impactado es el Bosque estacionalmente seco oriental, con el 74 % (65,096 ha) de su extensión con signos de degradación, seguido del bosque altimontano de yunga con 56 % de su extensión afectada.

Tabla 6

Los 15 ecosistemas más impactados por la degradación año 2022

N	Ecosistema	Total del ecosistema (ha)	Degradado (ha)	%
1	Bosque estacionalmente seco oriental	87,173.60	65,096.28	74.72
2	Bosque altimontano (Pluvial) de Yunga	2,376,861.20	1,346,427.18	56.67
3	Bosque montano de Yunga	4,528,246.00	2,097,657.09	46.31
4	Bosque basimontano de Yunga	8,238,490.20	2,970,990.00	36.06
5	Bosque de colina alta	3,862,137.30	1,359,584.82	35.20
6	Sabana húmeda con palmeras (Pampa del Heath)	6,631.20	2,261.34	34.13
7	Bosque aluvial inundable	9,037,422.20	2,776,452.48	30.72
8	Pantano herbáceo-arbustivo	795,586.10	238,542.12	29.99
9	Pacal	29,721.40	8,032.95	27.03
10	Bosque de terraza no inundable	4,805,711.70	1,191,166.02	24.79
11	Bosque tropical del Pacífico (Tumbes)	20,692.10	3,769.83	18.20
12	Bosque estacionalmente seco ribereño (Algarrobal)	52,152.60	8,120.16	15.57
13	Varillal	50,571.40	5,878.44	11.63
14	Pantano de palmeras	5,527,523.40	635,839.20	11.50
15	Bosque de colina baja	31,800,946.70	3,550,878.72	11.17

Tabla 7*Superficie de áreas degradadas (ha) en ecosistemas terrestres del 2015 al año 2022*

Ecosistemas	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Bosque de colina baja	2,629,258.74	2,776,795.65	3,057,598.35	3,166,347.15	3,339,931.41	3,275,114.22	3,352,762.98	3,550,878.72
Bosque basimontano de Yunga	2,662,191.18	2,701,049.31	2,782,937.88	2,876,848.74	2,923,804.17	2,895,708.33	2,916,405.09	2,970,990.00
Bosque aluvial inundable	2,372,092.83	2,422,220.85	2,487,471.30	2,557,987.02	2,598,967.98	2,700,284.22	2,814,595.20	2,776,452.48
Bosque montano de Yunga	1,893,401.19	1,927,133.10	1,971,285.30	2,007,693.99	2,030,074.29	2,050,220.61	2,045,429.64	2,097,657.09
Bosque de colina alta	1,157,843.70	1,173,537.27	1,213,977.33	1,252,685.25	1,290,685.05	1,310,951.07	1,322,311.41	1,359,584.82
Bosque altimontano (Pluvial) de Yunga	1,265,160.42	1,273,819.50	1,294,437.78	1,303,280.19	1,311,041.25	1,330,654.95	1,325,250.36	1,346,427.18
Bosque de terraza no inundable	898,326.18	931,505.67	972,883.17	1,019,088.09	1,070,016.21	1,120,517.46	1,144,469.79	1,191,166.02
Pantano de palmeras	335,749.59	315,647.10	325,963.98	364,639.32	368,956.89	604,952.28	682,573.77	635,839.20
Pantano herbáceo-arbustivo	194,087.70	191,895.75	194,061.87	199,086.21	199,695.78	235,035.00	249,329.79	238,542.12
Pajonal de puna húmeda	123,282.00	111,504.96	148,926.96	109,844.46	109,768.41	111,356.91	100,467.99	112,977.54
Desierto costero	248,804.91	298,439.01	183,803.85	127,831.23	129,278.97	100,763.64	102,880.26	102,027.15
Matorral andino	117,396.36	168,528.06	164,231.82	138,574.44	139,099.05	85,136.22	76,582.35	86,768.19
Bosque estacionalmente seco de llanura	624,241.17	707,089.14	411,459.21	192,300.39	193,815.00	78,452.37	89,703.54	78,460.65
Bosque estacionalmente seco oriental (Huallaga, Ene - Perené, Urubamba)	61,054.65	61,268.67	61,531.38	62,014.59	62,535.51	63,994.23	65,285.64	65,096.28
Bosque estacionalmente seco de colina y montaña	168,533.73	112,581.63	62,049.33	49,688.19	48,908.79	37,184.13	37,268.55	42,569.73
Bosque estacionalmente seco interandino (Marañón, Mantaro, Pampas y Apurímac)	21,048.84	32,978.88	35,833.41	38,513.16	37,826.01	39,276.63	34,819.65	41,078.88
Pajonal de puna seca	27,933.75	46,980.54	44,576.64	27,493.92	27,741.42	22,095.81	21,227.04	22,747.86
Bofedal	9,347.94	11,044.08	14,462.19	10,474.38	10,532.43	16,002.45	15,150.06	16,180.38
Jalca	14,732.73	10,655.55	12,227.76	10,098.36	9,566.46	14,182.11	11,236.05	14,733.18
Loma costera	20,817.45	20,616.84	21,517.11	21,378.60	21,267.27	14,229.09	14,254.29	14,252.67
Bosque estacionalmente seco ribereño (Algarrobal)	11,459.70	11,293.74	7,304.22	6,055.74	6,095.34	8,045.01	8,011.17	8,120.16

Ecosistemas	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Pacal	6,629.04	6,777.09	7,096.86	7,250.40	7,618.59	7,717.86	7,736.31	8,032.95
Bosque de colina de Sierra del Divisor	3,383.55	3,655.17	4,849.74	4,821.48	4,796.37	4,733.19	4,991.40	7,094.07
Matorral xérico	27,101.52	24,932.43	14,408.55	9,071.01	9,080.73	6,215.49	3,811.05	6,125.58
Varillal	5,706.09	5,467.77	5,530.32	5,690.88	5,688.99	5,706.00	5,877.54	5,878.44
Bosque relicto montano de vertiente occidental	3,261.24	2,917.26	2,734.74	2,374.29	2,088.36	4,995.63	4,367.61	4,805.91
Bosque tropical del Pacífico (Tumbes)	3,361.77	3,410.37	3,632.49	3,387.78	3,330.45	3,290.49	3,266.28	3,769.83
Sabana húmeda con palmeras (Pampa del Heath)	2,230.65	2,241.54	2,241.54	2,245.86	2,243.88	2,248.11	2,252.97	2,261.34
Páramo	2,276.19	1,998.45	1,820.88	1,784.79	1,819.35	1,721.79	1,716.30	1,691.10
Humedal costero	1,642.23	1,969.38	2,422.53	2,610.18	2,614.14	1,583.64	1,699.47	1,652.85
Bosque relicto altoandino (Queñoal y otros)	579.06	582.75	825.39	572.85	563.49	651.87	649.08	640.98
Manglar	48.06	89.01	138.42	191.61	127.08	232.74	232.65	242.19
Bosque relicto mesoandino	17.01	26.73	23.76	27.00	27.81	54.63	56.25	85.32
Total	14,913,001.17	15,360,653.25	15,514,266.06	15,581,951.55	15,969,606.93	16,153,308.18	16,466,671.53	16,814,830.86

Nota. Adaptado de *Áreas degradadas para la conservación*, por MINAM, (s.f.), <https://geoservidor.minam.gob.pe/monitoreo-y-evaluacion/restauracion-de-areas-degradadas/>

III. APORTES MÁS DESTACABLES A LA INSTITUCIÓN

Entre los aportes que realizo en el Ministerio del Ambiente se encuentra los siguientes:

Recopilación, geoprocesamiento y análisis de imágenes satelitales para la detección de la degradación de ecosistemas empleando los medios tecnológicos de las tecnologías de información geográfica y sensores remotos.

Mantenimiento del monitoreo anual de la degradación a nivel nacional que realiza el Ministerio desde el año 2018, mediante la generación de información espacial, cartografía, mapas, informes y publicación de información, para libre consulta y disposición en el portal del Geoservidor de MINAM, tales como estadísticas, reportes y data espacial.

Migración del procesamiento tradicional de generación del indicador de productividad de la tierra, a un proceso automatizado mediante la plataforma web denominada Google Earth Engine, de la empresa Google, la cual conllevó a obtener grandes mejoras en la reducción del tiempo de procesamiento de las imágenes y en el cálculo de los resultados, sin la necesidad de contar con equipos informativos de gran almacenamiento y alta performance.

Conducir actividades de trabajo de campo para la recolección de información primaria de las diversas acciones que realiza la dirección, y para la validación de los procesos de degradación u otros datos mediante la aplicación de metodologías propuestas por el MINAM que brindan soporte a los planes operativos de la DMERNT.

Brindar opiniones técnicas, de las solicitudes de los diferentes sectores y gobiernos subnacionales, en las materias de mi especialidad respecto a la gestión del territorio, para el monitoreo de la degradación en los ecosistemas y sus recursos naturales.

Representar al MINAM en eventos para el fortalecimiento de capacidades, asistencias técnicas a los especialistas y funcionarios de las gobiernos regionales y locales sobre la metodología de identificación de la degradación y su aplicación para la gestión adecuada del territorio que conlleve a la recuperación de los ecosistemas.

IV. CONCLUSIONES

1. Se cuenta con un Mapa Nacional que brinda información de la cantidad y distribución espacial de la degradación de ecosistemas terrestres del país. La cual cuenta con una colección de datos nacionales anuales en el periodo desde el año 2015 al 2022.
2. En base a la colección de datos anual obtenidos según el análisis en el periodo 2015 al 2022, la degradación en ecosistemas terrestres se encuentra con una tendencia hacia el alza. Este incremento es de 2,198,736.16 hectáreas, lo que equivale al 1.7 % de la superficie del país.
3. Para el último año de análisis, año 2022, se han identificado un total de 19,283,690 hectáreas de áreas degradadas, lo que corresponde a un 14.8 % del territorio nacional. Siendo el departamento de Loreto el que presenta la mayor superficie degradada con 4,773,598.29 hectáreas.
4. Este análisis permitió identificar que el ecosistema con mayor cantidad de superficie con áreas degradadas detectado es el bosque de colina baja, con 3,352,099.7 ha, esto representa el 34 % de su extensión. Mientras que el ecosistema más impactado es el Bosque estacionalmente seco oriental con el 74 % (65,193. ha) de su extensión con signos de degradación

V. RECOMENDACIONES

1. Continuar con el proceso de monitoreo anual de la degradación en el país, para poder brindar información actualizada que permita movilizar las inversiones públicas y privadas para la recuperación y conservación de los recursos naturales, los ecosistemas y los servicios que brindan.
2. Proponer mejoras en los insumos empleados en la metodología, buscando mejorar la resolución espacial e incrementar el número de indicadores con información que cumpla las condiciones de ser elaboradas a escala nacional y con frecuencia anual.
3. Priorizar la inversión privada y pública, orientada en la recuperación de aquellos ecosistemas que presentan mayor afectación en proporción a su superficie total, tales como son el bosque estacionalmente seco oriental del Huallaga, el bosque altimontano de Yunga y el bosque montano de Yunga.
4. Capacitar a los funcionarios y especialistas de los gobiernos subnacionales en el conocimiento de la metodología de identificación de áreas degradadas y su empleo para la definición de las brechas de recuperación de ecosistemas.
5. Complementar este análisis mediante la determinación de las causas o también conocidas como *drivers* de la degradación, lo cual será un aporte importante para dar soporte y orientar las acciones de recuperación de ecosistemas degradados.

VI. REFERENCIAS

- AbdelRahman, M.A.E.; Metwalli, M.R.; Gao, M.; Toscano, F.; Fiorentino, C.; Scopa, A.; D'Antonio, P. (2023). *Determining the Extent of Soil Degradation Processes Using Trend Analyses at a Regional Multispectral Scale*. *Land* 12. <https://doi.org/10.3390/land12040855>
- Convención de la Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación (2022). *Land Restoration for Recovery and Resilience*. Global Land Outlook. 2da edición. https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-04/UNCCD_GLO2_low-res_2.pdf
- Convención de la Naciones Unidas para la Lucha Contra la Desertificación (s.f.). Convención de las naciones unidas de lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación, en particular en África. https://www.unccd.int/sites/default/files/2022-2/UNCCD_Convention_text_SPA.pdf
- Conservación Internacional (2023). *Trends.Earth - Guía del usuario. Versión 2.1.7*. <http://docs.trends.earth/es/latest/index.html>
- Córdoba, G., Guevara, A., Castrillo, S., & Camardelli, M. (2022). *Estado de neutralidad en la degradación de la tierra en el Chaco Salteño entre 2001 y 2018*. *Ecología Austral*, 32(3), 864–877. <https://doi.org/10.25260/EA.22.32.3.0.1909>
- Easdale, M. H., Bruzzone, O. A., Farina, C. M., & Umaña, F. (2019). *Dinámica y prospectiva de la productividad de la vegetación en la provincia de Neuquén*. Ediciones INTA. https://repositorio.inta.gob.ar/xmlui/bitstream/handle/20.500.12123/5436/INTA_CRP_atagoniaNorte_EEABariloche_Easdale_MH_Dinamica_Y_Prospectiva_De_La_Productividad_De_La_Vegetacion_Neuquen.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2016). National forest monitoring assessment working paper No.46/E. *Map Accuracy Assessment and Area Estimation: A Practical Guide*. Roma: (FAO).

- Ministerio del Ambiente (2021). *Historia por dentro: identificación, categorización y prioritarios de áreas degradadas en ecosistemas terrestres del Perú*.
<https://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2019/11/FFLA-CDKN-Inside-Story-on-Degraded-Areas-WEB.pdf>
- Ministerio del Ambiente (2020) *Meta y medidas para alcanzar la neutralidad en la degradación de la tierra al 2030. Informe Final*.
https://www.unccd.int/sites/default/files/ldn_targets/2020-05/Peru%20LDN%20TSP%20Country%20Report%20%28Spanish%29.pdf
- Ministerio del Ambiente (2019). Lineamientos para la formulación de proyectos de inversión en las tipologías de ecosistemas, especies y apoyo al uso sostenible de la biodiversidad.
<https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/1502374/1.%20LINEAMIENTOS%2021X26%20COLUMNAS-compressed%2028.10.%20VF.pdf.pdf?v=1609365776>
- Ministerio del Ambiente (2019). *Memoria descriptiva del mapa nacional de áreas degradadas en ecosistemas terrestres*. [http://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/02/Mapa-Nacional-de-%C3%81reas-Degradadas Terrestres.pdf](http://geoservidor.minam.gob.pe/wp-content/uploads/2020/02/Mapa-Nacional-de-%C3%81reas-Degradadas%20Terrestres.pdf)
- Ministerio del Ambiente (2018). *Memoria descriptiva del mapa nacional de ecosistemas del Perú*.
https://geoservidor.minam.gob.pe/wpcontent/uploads/2019/11/Memoria_Mapas_Ecosistemas_Peru.pdf
- Navarro, M., Pezo, M., Pezo, M., Riveros, G. y Frisancho, S. (2021). El planeamiento urbanístico contra el territorio: Fragmentación Antropogénica de los ecosistemas de Puna en el extremo sur del Perú, *Estudios Geográficos*, 82 (290), e058. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.202070.070>

- 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*, 148:42-57.
- Orr, B., Cowie, A., Castillo, V., Chasek, P., Crossman, N., Erlewein, A., Louwagie, G., Maron, M., Metternicht, G., Minelli, S., Tengberg, A., Walter, S., and Welton, S. (2017). *Scientific Conceptual Framework for Land Degradation Neutrality*. A Report of the Science-Policy Interface. United Nations Convention to Combat Desertification (UNCCD)
- Pacific Northwest National Laboratory (s.f.) *Mann-Kendall Test for Monotonic Trend*. Visual Sampling Plan. https://vsp.pnnl.gov/help/vsample/design_trend_mann_kendall.htm
- Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (2022). *Cobertura y Pérdida de Bosque Húmedo Amazónico 2021*. [https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/descargas_geobosque/perdida/documentos/Reporte_Cobertura_y_Perdida_de_Bosque_Humedo_Amazonico_2021.pdf?Fri%20Sep%2029%202023%2014:26:15%20GMT-0500%20\(Colombia%20Standard%20Time\)](https://geobosques.minam.gob.pe/geobosque/descargas_geobosque/perdida/documentos/Reporte_Cobertura_y_Perdida_de_Bosque_Humedo_Amazonico_2021.pdf?Fri%20Sep%2029%202023%2014:26:15%20GMT-0500%20(Colombia%20Standard%20Time))
- Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (2019) *Análisis de patrones espaciales para el estudio de la degradación de bosques en la Amazonía peruana*. Nota Técnica
- Prudencio, F. (2019). Impacto acumulado de las actividades antrópicas en la dinámica del cambio de cobertura y uso de tierra en los Andes del norte del Perú: caso Cuenca Mashcón. Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Geógrafo. Escuela Profesional de Ingeniería Geográfica, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

<https://hdl.handle.net/20.500.12672/11490>

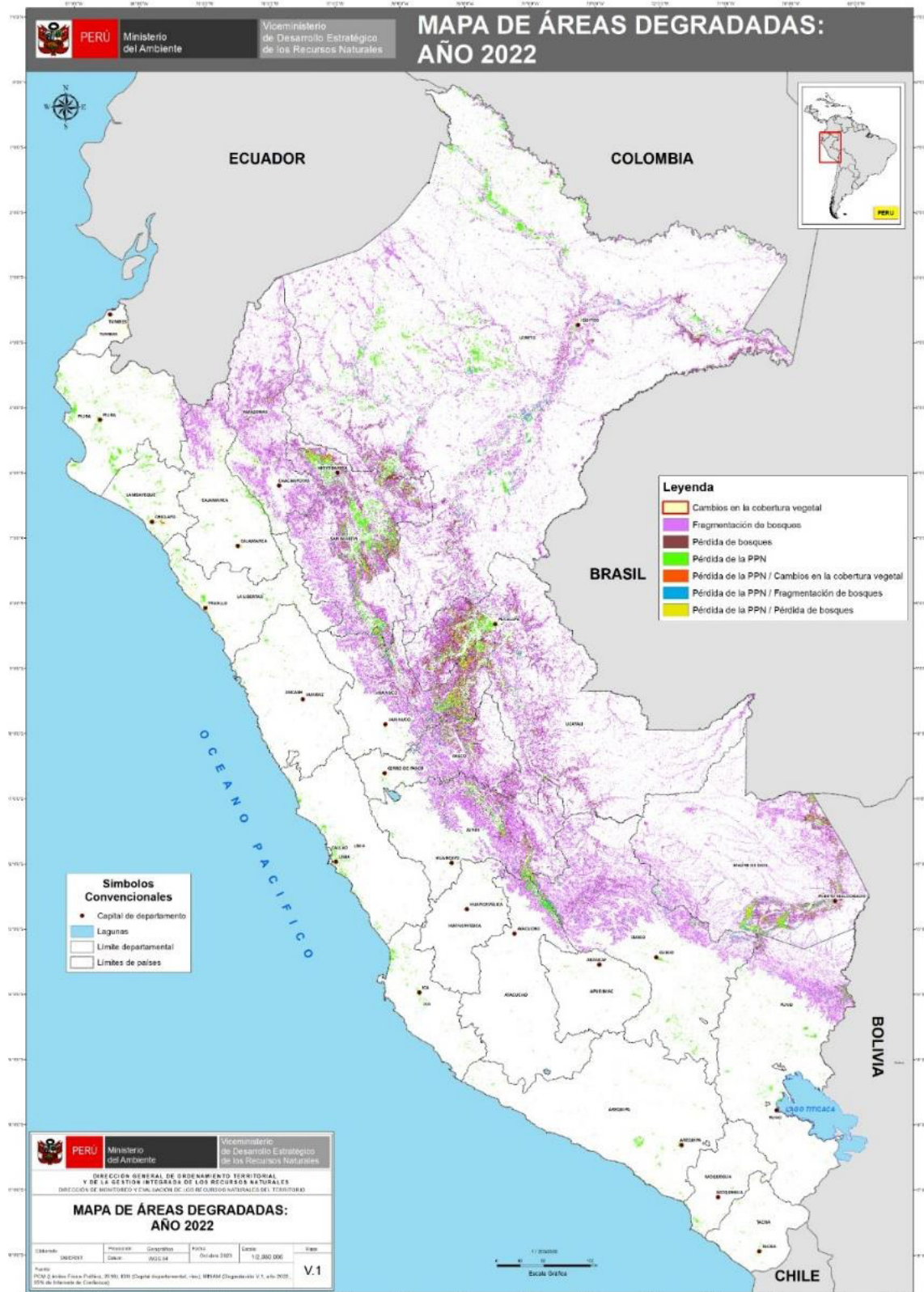
Resolución Ministerial 108-2023-MINAM. Por la cual se aprueba el Texto Integrado del Reglamento de Organización y Funciones del Ministerio del Ambiente. (23 de marzo de 2023). Ministerio del Ambiente.

Rivero, L., Muñiz, O., Fernández, J., Farradaz, M., Arcia, J. (2021). *Línea Base para la obtención de Neutralidad en la Degradación de las Tierras en Cuba*. Instituto de Investigaciones de Ingeniería Agrícola. Revista Ingeniería Agrícola, vol. 11, núm. 4, e06, octubre-diciembre.

Veliz, M., Llactayo, W., Vargas, D., Nolasco, M., Tinoco, P. (2020). *Ecosystem degradation due to change in vegetation cover and land productivity in the upper Huaura river basin Lima - Peru*. Journal of Green Engineering, 10(12), 12865-12884.
<https://cris.unfv.edu.pe/es/publications/ecosystem-degradation-due-to-change-in-vegetation-cover-and-land->

VII. ANEXOS

Anexo A. Mapa de áreas degradadas 2022



Anexo B. Registro fotográfico del trabajo de campo

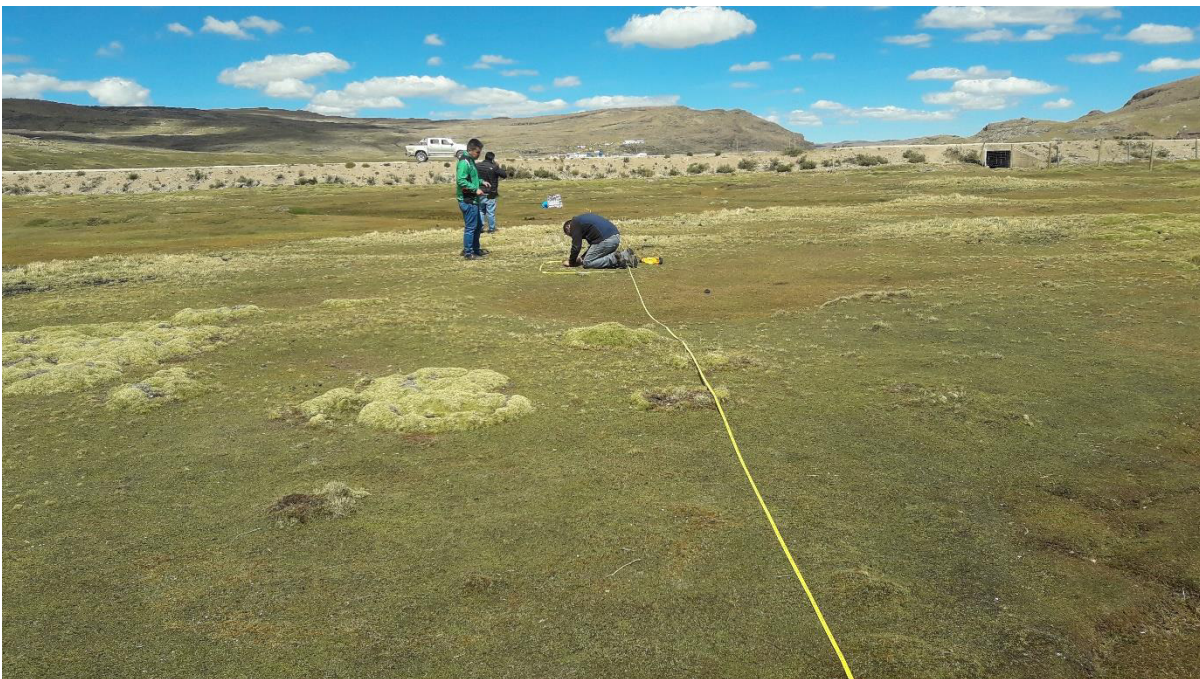
Fotografía 1

Evaluación en ecosistema de humedal costero



Fotografía 2

Evaluación en ecosistema de Bofedal



Fotografía 3

Evaluación en ecosistema de pajonal de puna seca

**Fotografía 4**

Evaluación en ecosistema de bosque basimontano de yunga

