

Riesgo de deforestación asociada a la infraestructura vial existente y proyectada en los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali

Eduardo Rojas Báez



DERECHO
AMBIENTE Y
RECURSOS
NATURALES

PROGRAMA DE CAMBIO
CLIMÁTICO Y BOSQUES

Riesgo de deforestación asociada a la infraestructura vial existente y proyectada en los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali.

AUTOR:

Eduardo Rojas

EDITADO POR:

Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR)
Calle Cartagena #130, Pueblo Libre, Lima - Perú
E-mail: dar@dar.org.pe
Página web: www.dar.org.pe

DISEÑO Y DIAGRAMACIÓN:

Nauttica Media Design SAC.
Calle Las Malvas N° 163, Ofic. 401, Salamanca, Ate, Lima - Perú
E-mail: info@nautticamedia.com
Página web: www.nautticamedia.com

DAR CITA SUGERIDA

Riesgo de deforestación asociada a la infraestructura vial existente y proyectada en los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali. Lima: DAR, 2021. 27 pp.

Primera aparición de versión digital: Noviembre, 2021

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2021-12854.

Está permitida la reproducción parcial o total de esta publicación, su tratamiento informático, su transmisión por cualquier forma o medio, sea electrónico, mecánico, por fotocopia u otros, con la necesaria indicación de la fuente. La presente publicación ha sido elaborada con la asistencia de Rainforest Foundation Norway. El contenido de la misma es responsabilidad exclusiva de Derecho, Ambiente y Recursos Naturales y en ningún caso debe considerarse que refleja los puntos de vista de Rainforest Foundation Norway.

***Riesgo de deforestación asociada a la
infraestructura vial existente y proyectada en los
departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali***

DOCUMENTO INFORMATIVO

Versión 1



PROGRAMA DE CAMBIO CLIMÁTICO Y BOSQUES

Autor del Documento
EDUARDO ROJAS BÁEZ

Tabla de contenido

Glosario	5
Presentación	6
Introducción	7
1. Antecedentes	8
2. Ámbito de estudio	8
3. Objetivo del estudio	9
4. Flujo de procesos	10
5. Análisis histórico de la deforestación	11
6. Análisis de drivers o agentes de la deforestación	12
7. Formatos y dimensiones para el modelo	15
8. Generación de escenarios Formatos y dimensiones para el modelo	16
8.1 Uso de los drivers de deforestación	16
8.2 Priorización de áreas	19
8.3 Mapa de riesgo de deforestación	20
8.4 Escenarios estadísticos	21
9. Resultados	22
10. Conclusiones y resultados	25
11. Bibliografía	26

Glosario

ANP Área Natural Protegida

CCNN Comunidades Nativas

DEM Modelo de Elevación Digital

FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations

INEI Instituto Nacional de Estadística e Informática

INGEI Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero

MINAM Ministerio del Ambiente

PNCB Programa Nacional de Conservación de Bosques

UTCUTS Uso de la Tierra, Cambio del Uso de la Tierra y Silvicultura

MTC Ministerio de Transporte y Comunicaciones

GEI Gases de efecto invernadero

NDC Contribuciones nacionalmente determinadas



Presentación

Este documento resumen describe los insumos usados y el proceso metodológico para determinar el riesgo de la deforestación asociada con la infraestructura vial existente y proyectada en las regiones de Loreto, San Martín y Ucayali, con el fin de generar información necesaria sobre el potencial de mitigación de la novena medida NDC. Además, se realizó el análisis comparativo de los posibles escenarios futuros y un análisis histórico de la deforestación en Loreto.

Como primera fase del proceso metodológico, se recopilaron los datos de deforestación, así como los factores o *drivers* que pudieran contribuir a los escenarios de deforestación futura. Para ello, se usó información de libre acceso de fuentes oficiales. En la segunda fase, toda la información espacial pasó por una estandarización en formato y extensión, requisitos necesarios para el modelamiento espacial del riesgo de deforestación dentro del módulo *Land Change Modeler* de Idrisi. Luego se dividieron las variables según su participación y contribución hacia una posible deforestación futura. Posteriormente, se generó un mapa con la priorización de áreas (influencia directa de las vías) y un mapa de riesgo de deforestación. Por último, se generaron los escenarios estadísticos futuros. En la última fase se espacializó la deforestación hasta el año 2030, considerando como base la infraestructura vial existente y proyectada en relación con las tasas de deforestación de cada escenario.

Como principales resultados del análisis espacial del riesgo de deforestación asociado a las vías actuales y proyectadas en conjunto con los otros *drivers* para las tres regiones amazónicas, se demostró que las variables derivadas de las distancias influyen de manera directa en un posible riesgo de deforestación. Se puede afirmar que las carreteras vecinales contribuyen en mayor porcentaje a este riesgo. Cabe recalcar que estas carreteras son desarrolladas y mejoradas por los gobiernos locales, las cuales muchas veces carecen de un proyecto de planificación. Además, se puede afirmar que los impactos directos por deforestación, según diversos autores, se evidencian hasta en un área de influencia de 50 km. Asimismo, la concentración de la deforestación va disminuyendo con respecto a sus distancias y concentración de los sucesos históricos de la deforestación. Por último, este proceso de modelamiento demostró robustez en la generación de escenarios espaciales en relación con las tasas históricas.

Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR)



Foto: Rolando Mondragón (DAR)

Introducción

El Perú es el segundo país con mayor superficie de bosques tropicales en América Latina. Sin embargo, solo los bosques húmedos amazónicos del país albergan cerca del 95% del total de estos bosques [1]. Especialmente, estos bosques ocupan el 60,9% del territorio nacional [2]. De acuerdo con los datos del Programa Nacional de Conservación de Bosques para la Mitigación del Cambio Climático (PNCB), los bosques húmedos amazónicos se encuentran distribuidos en quince de los veinticuatro departamentos del Perú [2], [3].

La pérdida de bosques naturales en la Amazonía peruana por causas humanas o naturales es objeto de muchas discusiones. El último Inventario de Gases de Efecto Invernadero (INGEI, 2014) ha reportado que el Perú, específicamente en el sector uso de la tierra, cambio del uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS), es el principal contribuyente de emisiones de CO₂ el cual representa el 45% del total de emisiones¹.

Cabe indicar que los bosques húmedos amazónicos albergan una gran diversidad de especies de flora y fauna, además, proporcionan bienes y servicios fundamentales para el desarrollo del país y el bienestar de sus habitantes, especialmente de los pueblos indígenas u originarios que habitan en gran parte de los bosques. Considerando que estos bosques proveen el grueso de los productos forestales de nuestro país y diversos servicios ecológicos y ambientales tales como la captación y purificación del agua, el control de la erosión y la fijación de carbono, entre otros, resulta imprescindible saber con certeza los cambios que se producen o pueden producirse en los bosques. Por ello, es necesario disponer de información fiable y actualizada del estado de estos bosques relacionada, principalmente, con el avance de la deforestación, sobre todo con los factores que los promueven, especialmente el que está relacionado con la infraestructura vial [4], [5].

En este contexto, es necesario entender esta relación con la finalidad de llevar a cabo una gestión sostenible de los bosques, considerando una mejor alternativa de los futuros proyectos viales, debido a que la accesibilidad a los bosques naturales en pie puede llevar a la conversión de estos en áreas agrícolas, pastizales u otros usos y, en consecuencia, al aumento de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) hacia la atmósfera.

1 Véase: <http://infocarbono.minam.gob.pe/reportes-sectoriales/uscuss-2014/>

Antecedentes

El proyecto "Fortaleciendo la gestión forestal y REDD+ con participación de pueblos indígenas y gobiernos regionales en la Amazonía e incremento en la ambición de las NDC de Perú", implementado por Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR), ha sido una apuesta significativa de Rainforest Foundation Norway – RFN por fortalecer al Estado peruano y a las organizaciones indígenas en la gestión forestal, en el marco de los procesos REDD+ en el país. Este proyecto, en 5 años de intervención, ha logrado impactar efectivamente en instituciones estatales, organizaciones de la sociedad civil y organizaciones indígenas, respecto a la importancia de los procesos REDD+ y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC, por sus siglas en inglés). El impacto se ha traducido principalmente en el fortalecimiento institucional y el desarrollo de capacidades técnicas y operativas, tanto de los actores públicos como de los privados.

En el caso del objetivo del proyecto, incremento en la ambición de las NDC de Perú implementado para el periodo 2019-2020, este trabajo de dos años ha sido una apuesta para la construcción y la mejora de las políticas públicas en el sector UTCUTS (Uso de la Tierra, Cambio de Uso de la Tierra y Silvicultura) y se presentó

como una oportunidad en un contexto de apertura de las instituciones involucradas, especialmente del Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR). Un aspecto clave, adicional a la asistencia técnica, fue la elaboración del presente análisis que sirvió como sustento ante las principales autoridades para la consideración de la necesidad de abordar los impactos directos, indirectos, acumulativos y sinérgicos de la expansión de la infraestructura vial como parte de los compromisos climáticos orientados a la reducción de la deforestación y de emisiones de gases de efecto invernadero asumidos ante la Convención Marco de las Naciones Unidas (CMNUCC) en el marco del Acuerdo de París a través de la construcción de una medida de mitigación NDC del Sector UTCUTS asociado a la mejora de la gestión de la infraestructura vial para evitar deforestación. El abordaje de este proceso fue asumido por DAR, tomando como insumo base los resultados recogidos del presente análisis con la información disponible al 2019. Consideramos que la elaboración de este análisis, que muestra de manera concreta los riesgos para las regiones amazónicas de Loreto, Ucayali y San Martín, puede ser muy útil para evaluar la viabilidad de una carretera y permitir la incorporación de un enfoque preventivo, incluso desde la planificación del propio proyecto.

Ámbito de estudio

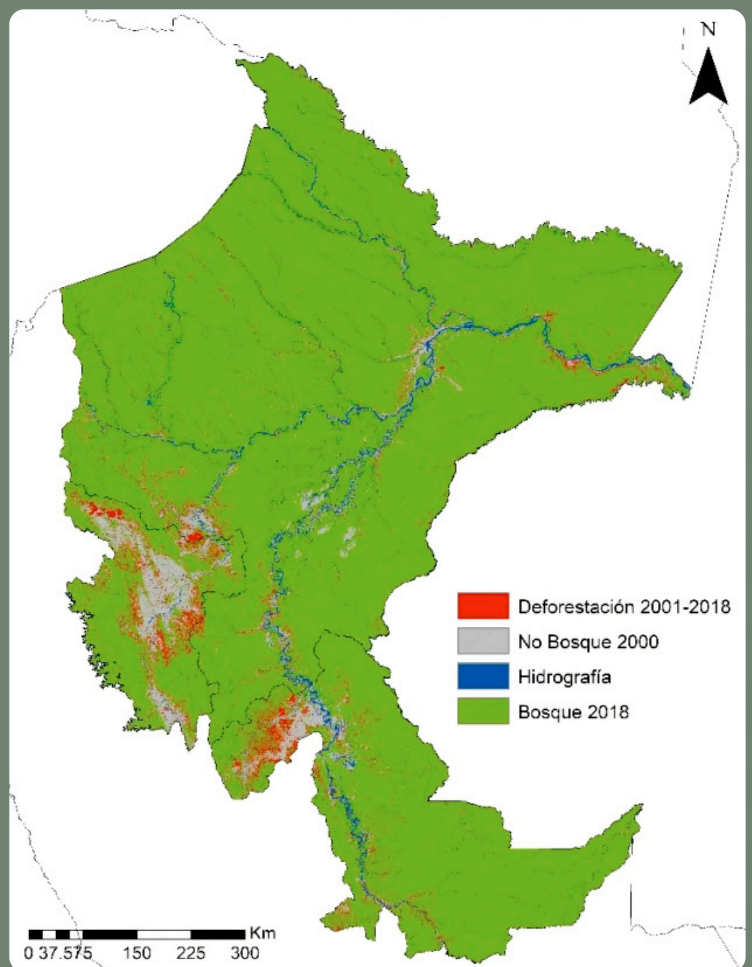
Los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali poseen una superficie acumulada de 52 908 890, lo que representa el 68% del bioma amazónico

[2]. De acuerdo con el mapa de cobertura vegetal, estos tres departamentos están compuestos por diversas formaciones vegetales. Entre las más sobresalientes por

extensión están los aguajales, los bosques húmedos de colina baja y lomada, el bosque húmedo de colina alta y el bosque húmedo de montaña [6]. Asimismo, la topografía es diferente para cada departamento. San Martín es el departamento con zonas más abruptas en el oeste al límite con los Andes del Perú, donde predomina la cobertura

vegetal de bosque de la montaña [7]. Lo contrario ocurre en Loreto y Ucayali, donde se observa una ligera pendiente en toda su extensión [8]. Estas diferencias topográficas y singularidades en las formaciones vegetales han determinado que existan diferentes estimaciones de carbono natural dentro de cada departamento [9].

FIGURA 1.
DISTRIBUCIÓN ESPACIAL
DE LOS BOSQUES Y
DEFORESTACIÓN EN LORETO,
SAN MARTÍN Y UCAYALI



3.

Objetivo del estudio

Cuantificar y ubicar la posible pérdida de los bosques en los departamentos de Loreto, San Martín y Ucayali, periodo 2018-2030, a causa de la infraestructura vial existente y proyectada.

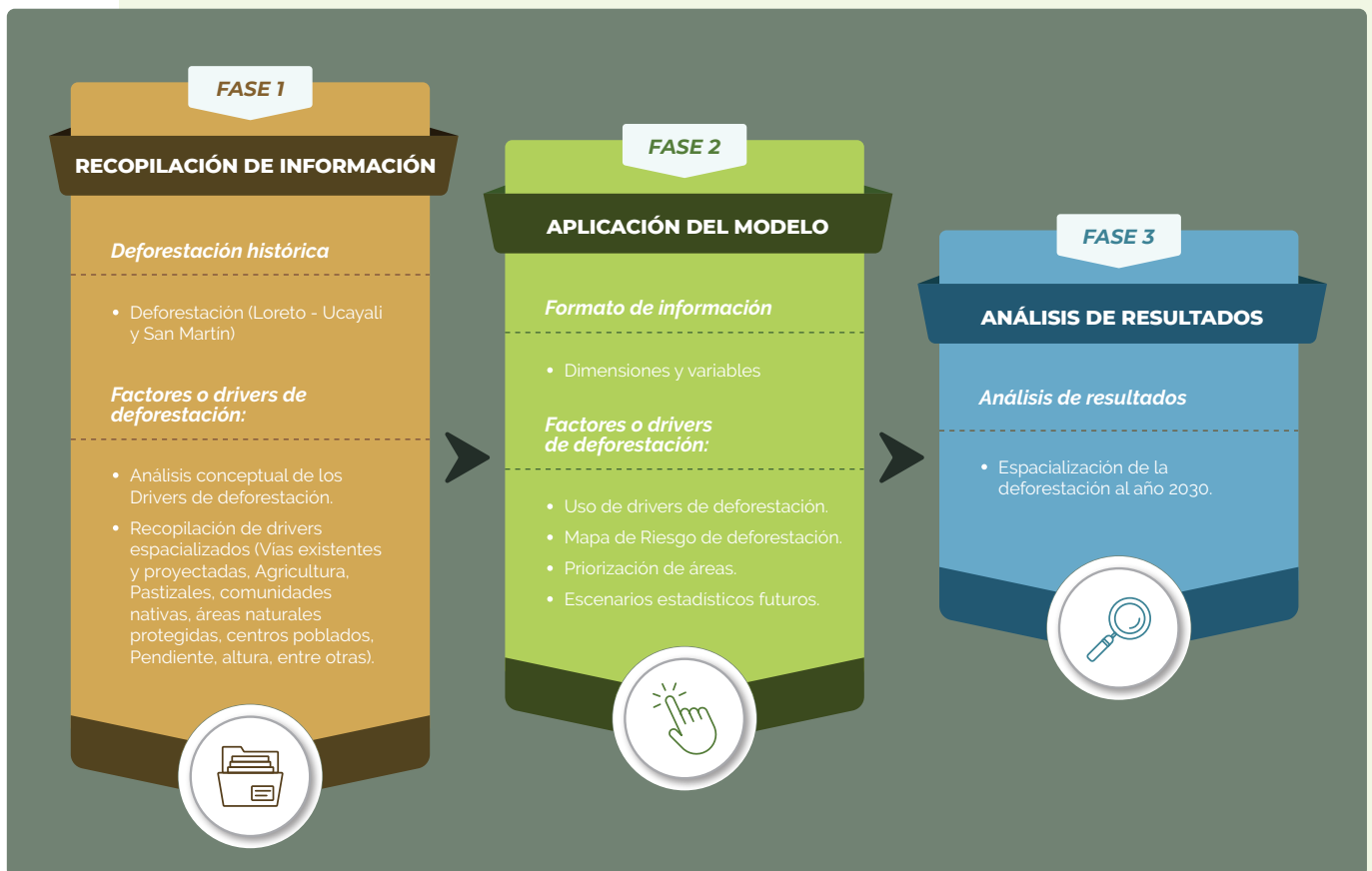
Flujo de procesos

De acuerdo con el objetivo general de este estudio, y considerando que el uso de información en todas las fases tiene que ser de libre acceso para su replicación y coherencia con datos de deforestación ya generados por el MINAM (portal de Geobosques), se elaboró un flujo de proceso (ver figura 2) donde se sintetiza los insumos y actividades para detectar

y cuantificar el riesgo de la deforestación y su ubicación para el año 2030. Para lograrlo, se deben cumplir ciertos criterios y características técnicas que deben ser secuenciales y que van desde el tipo de información a utilizar (deforestación consistente, extensión y proyección) a los *drivers* de espaciales que los promueven.

FIGURA 2.

FLUJO DE PROCESOS PARA EL RIESGO DE LA DEFORESTACIÓN.



De acuerdo con la figura 2, el flujo de proceso para determinar el riesgo de la deforestación asociado a la infraestructura vial se divide en tres fases. En la primera, se recopila y analiza la deforestación histórica y los factores o

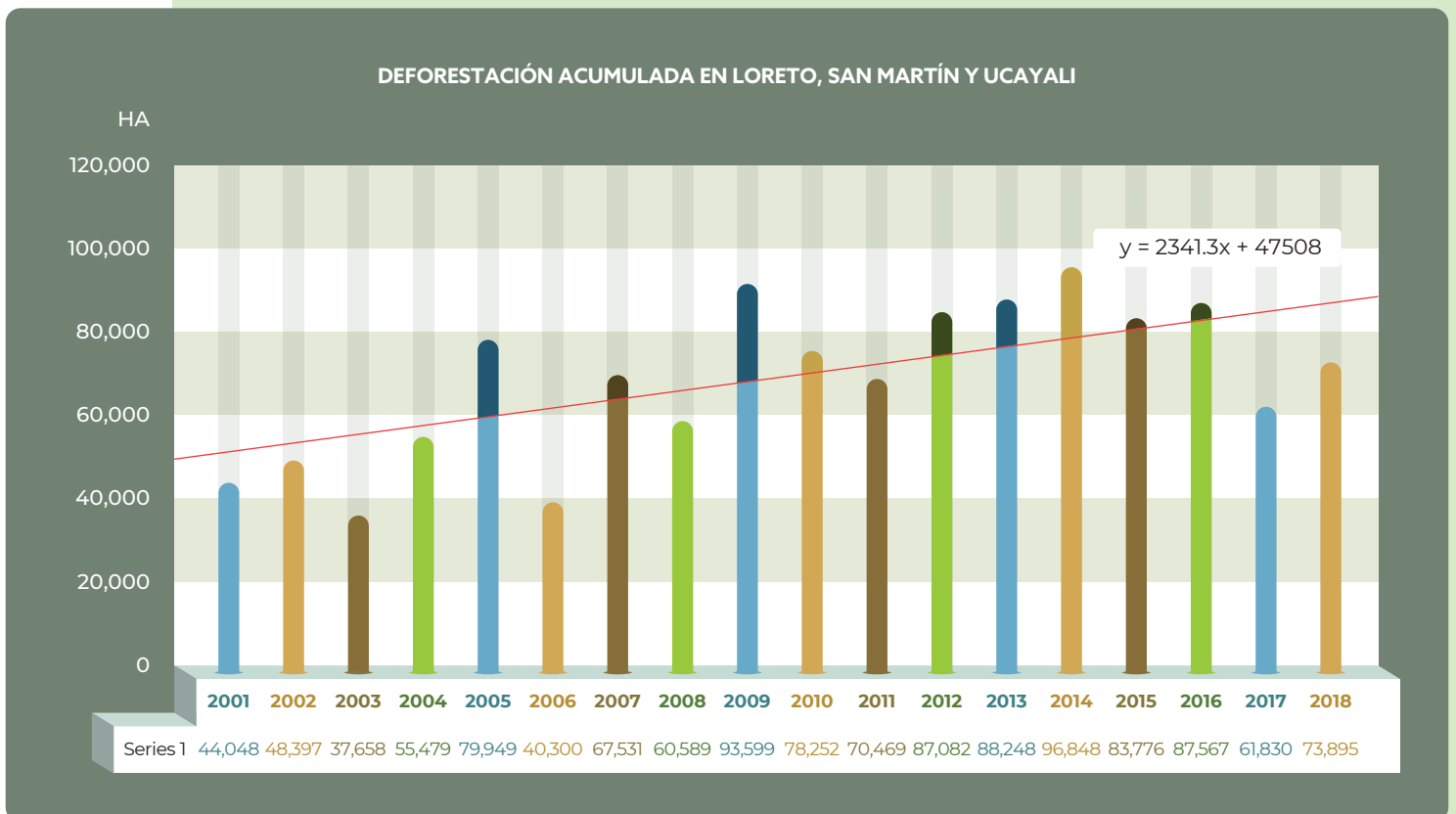
drivers que la ocasionan; en la segunda, está el uso correcto de la información y la generación de los escenarios, y en la tercera, está la ubicación para el año 2030, su análisis y cálculo de emisiones.

Análisis histórico de la deforestación

Loreto, San Martín y Ucayali concentran una gran diversidad de recursos forestales y sus derivados que se están viendo alterados a causa de la pérdida de bosques. De acuerdo con

el PNCB, para el periodo 2001-2018, se contabiliza una pérdida de bosques de 1 255 516 ha, representando el 54% del total de deforestación llevada a cabo en el bioma amazónico.

FIGURA 3.
PÉRDIDA DE BOSQUES 2001-2018 LORETO, SAN MARTÍN Y UCAYALI



De acuerdo con la figura 3, se observa una tendencia al alza de la deforestación para los dieciocho años. También se muestra que existe una caída en 2017, si se consideran solo los últimos diez años. Cabe recalcar

nuevamente que, para generar escenarios futuros del estado de los bosques y su deforestación, es necesario contar con información histórica de calidad, coherente y consistente.



Foto: Rolando Mondragón (DAR)

6.

Análisis de *drivers* o agentes de la deforestación

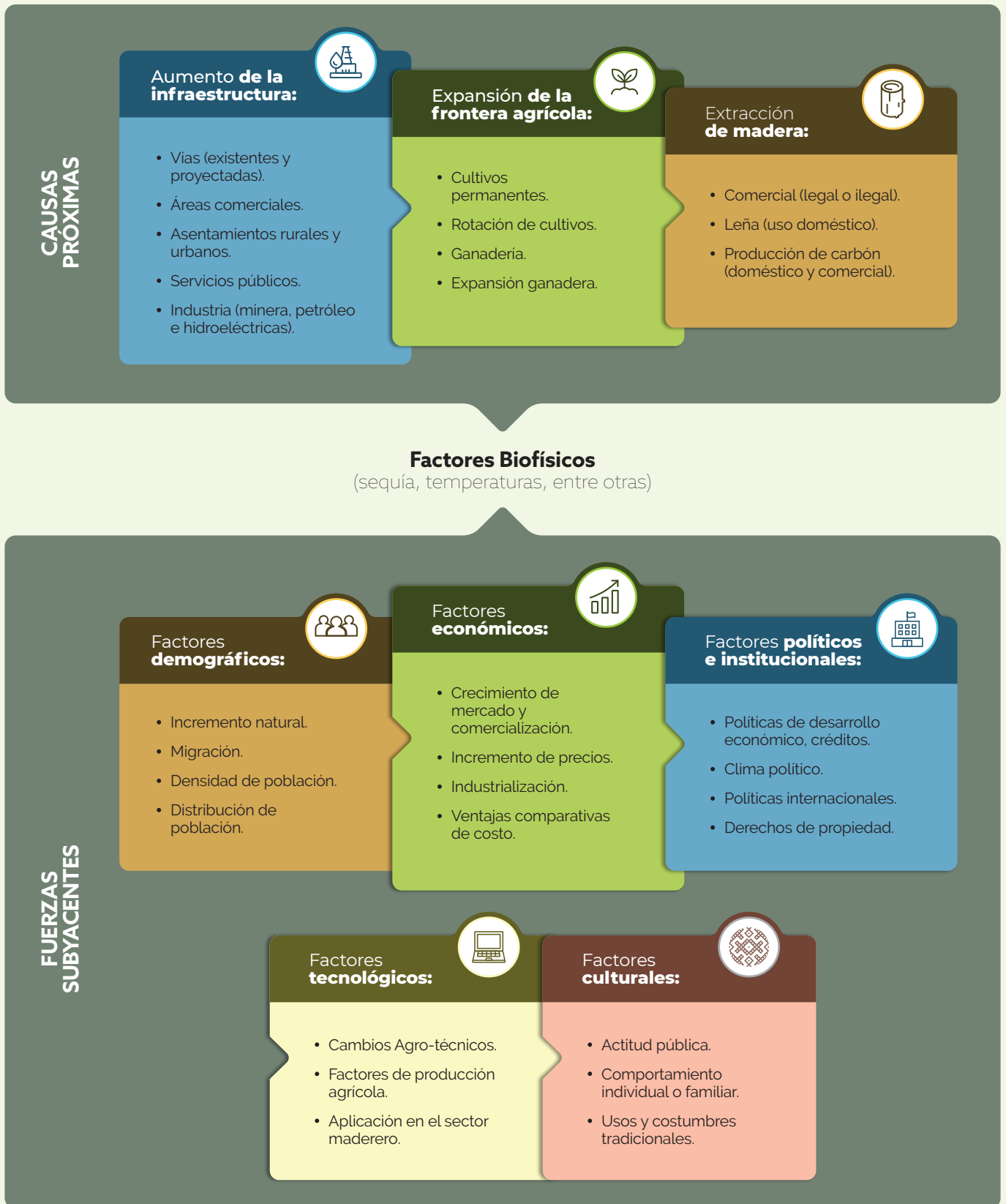
Si bien este estudio mide el posible impacto de la deforestación por la existencia de las carreteras, es necesario entender su territorialidad, y como otros *drivers*, en conjunto vienen impulsando la pérdida de los bosques naturales también. Para una mejor comprensión, estos *drivers* han sido divididos en causas próximas y fuerzas impulsadoras subyacentes. Las causas próximas fueron subdivididas en tres grupos: el primero es el aumento de la infraestructura (vías existentes y proyectadas); el segundo, la expansión

agrícola; y el tercero, la extracción de madera. En el otro extremo están las fuerzas impulsadoras subyacentes, que se dividieron en cinco grupos: demografía, economía, tecnológica, política e institucional y factores culturales [10], [11]. Cabe enfatizar que Camacho [12] describe que los *drivers* deben ser controlados por el usuario según el nivel de impacto y sus objetivos, y que pueden actuar como agentes impulsadores o controladores del cambio de uso del suelo (deforestación).

Fuente: adaptado de [13].

FIGURA 4.

DISTRIBUCIÓN DE GRUPOS Y SUBGRUPOS IMPULSADORES DE LA PÉRDIDA DE BOSQUES



Para un modelamiento espacial explícito, es necesario que los *drivers* también se encuentren ubicados en un espacio. Para efectos de este estudio, tanto para la simulación del riesgo de deforestación como para la generación de escenarios de deforestación hacia el año 2030, se usaron *drivers* derivados de información pública y de libre acceso.

Cabe recalcar que el uso de los *drivers* puede ser modificado en función del contexto socioeconómico de cada región [14]. Para efectos de este estudio, se utilizaron los *drivers* en conjunto para los tres departamentos a una resolución de 60 * 60 metros, al igual que los datos de deforestación, que fueron reducidos a esta misma unidad.

TABLA 1.
DRIVERS CAUSANTES O CONTROLADORES DE LA DEFORESTACIÓN EN LOS TRES DEPARTAMENTOS.

Nombre	Institución generadora
Mapa de "bosque/no bosque 2000"	Ministerio del Ambiente Geobosques
Mapa de agricultura 2000	Ministerio del Ambiente Geobosques
Mapa de pastos 2000	Ministerio del Ambiente Geobosques
Mapa de ríos	Ministerio del Ambiente Geobosques
Centros poblados	INEI
Mapa de vías nacionales	Ministerio de Transportes
Mapa de vías departamentales	Ministerio de Transportes
Mapa de vías vecinales	Ministerio de Transportes
Mapa de caminos forestales	Ministerio del Ambiente Geobosques
Lotes y pozos de hidrocarburos	SERFOR
Modelo de elevación digital	USGS
Áreas naturales protegidas	SENANP
Mapa de comunidades nativas	MINAGRI
Concesiones forestales	SERFOR
Predios rurales	SERFOR

Fuente: elaboración propia

Formatos y dimensiones para el modelo

Luego de la revisión y recopilación de la información espacial sobre la deforestación sus *drivers* para las tres regiones, se procedió a homogeneizar todos estos datos, tomando como punto de partida sus dimensiones, para realizar el cálculo de distancias euclidianas en un grupo y la categorización como información binaria en otro. Cabe recalcar que es

necesario usar datos espaciales como las distancias euclidianas y datos binarios, para ejecutar este tipo de modelos predictivos. Asimismo, todo el procesamiento previo se realizó en la plataforma del programa la Qgis 3.6.3, mientras que todo el modelamiento que se llevó a cabo dentro del Módulo Land Change Modeler, del programa IDRISI Selva.

TABLA 2.
INFORMACIÓN BASE PARA EL PROCESO DE MODELAMIENTO.

Nombre	Drivers
Mapa de "bosque/no bosque 2000"	"Distancia no bosque 2000"
Mapa de agricultura 2000	"Distancia a agricultura 2000"
Mapa de pastos 2000.	"Distancia a pastos 2000"
Mapa de ríos	"Distancia a ríos"
Centros poblados	"Distancia a centros poblados"
Mapa de vías nacionales	"Distancia a vías nacionales existentes y proyectadas"
Mapa de vías departamentales	"Distancia a vías departamentales existentes y proyectadas"
Mapa de vías vecinales	"Distancia a vías vecinales existentes y proyectadas"
Mapa de vías no registradas	"Distancia a todas las vías existentes y proyectadas"
Lotes y pozos de hidrocarburos 2019	"Mapa binario de pozos de hidrocarburos"
Modelo de elevación digital	"Mapa de elevación digital"
Áreas naturales protegidas	"Mapa binario de ANP"
Mapa de comunidades nativas	"Mapa binario de CCNN"
Concesiones forestales	"Mapa binario de concesiones forestales"
Predios rurales	"Mapa binario de predios rurales"

Fuente: elaboración propia

Generación de escenarios. Formatos y dimensiones para el modelo

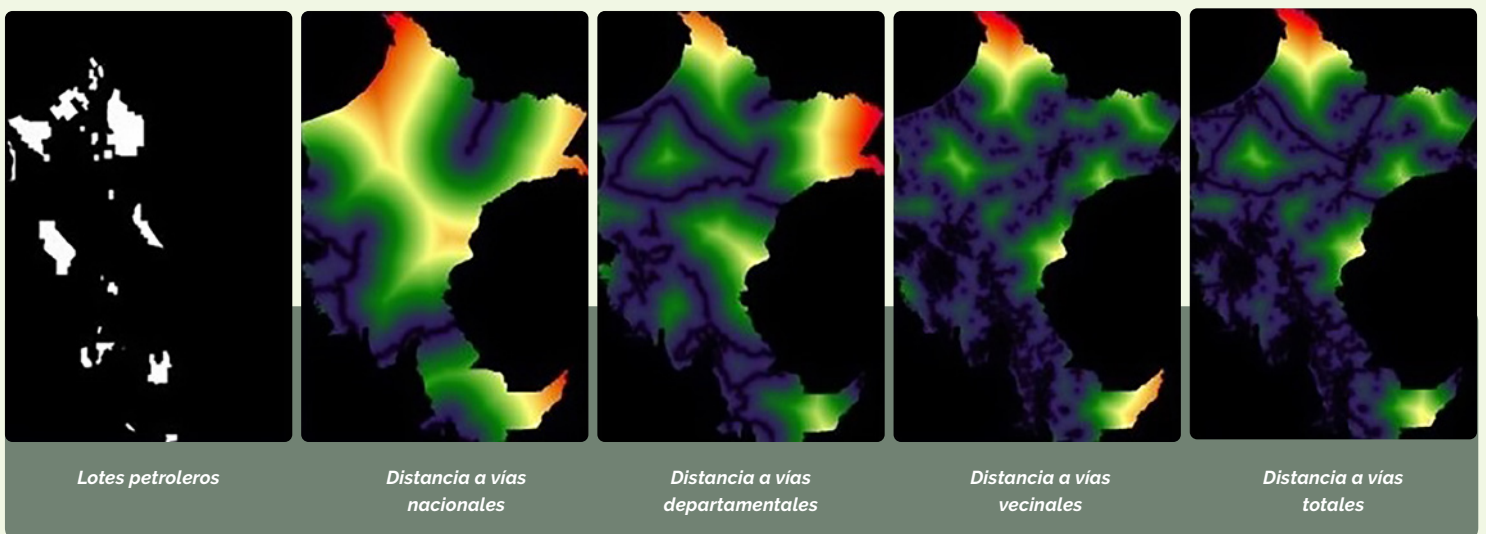
8.1. Uso de los *drivers* de deforestación

Los *drivers* de deforestación recopilados para el modelo han sido subdivididos en grupos según su participación; pueden ser *drivers* causantes o moderadores de la deforestación en los tres departamentos amazónicos del Perú. Además, existe información sobre qué hubiese sido importante incorporar al modelo como, por ejemplo, la degradación forestal y tala selectiva, pero esta información aún no se encuentra de libre acceso.

Como primer grupo están los *drivers* derivados del aumento de la infraestructura, como es el caso de los lotes petroleros que presentan actividades en la Amazonía desde hace varias décadas. Luego está la distancia a vías nacionales, dominación asignada en el Decreto Supremo N° 011-2016-MTC, que conectan la Amazonia con la costa y que fueron diseñadas en función del alto índice de medición de tráfico. Después están las vías departamentales, que, al igual que las nacionales, tienen esta denominación por el mismo decreto supremo y se encuentran bajo administración de los gobiernos regionales. Su función es ser complemento de acceso de las vías nacionales. Por último, están las distancias a vías vecinales, que son vías con menor tramo y que tienen la finalidad de unir los centros poblados y rurales con las vías departamentales. Al igual que las vías nacionales y departamentales, esta denominación fue aprobada en el mismo decreto supremo. Junto con estos *drivers*, para este modelamiento se generó una capa adicional (distancia a vías totales), donde se incorporaron todas las vías propuestas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) y los caminos forestales detectados por el PNCB para los años 2016, 2017 y 2018.

FIGURA 5.

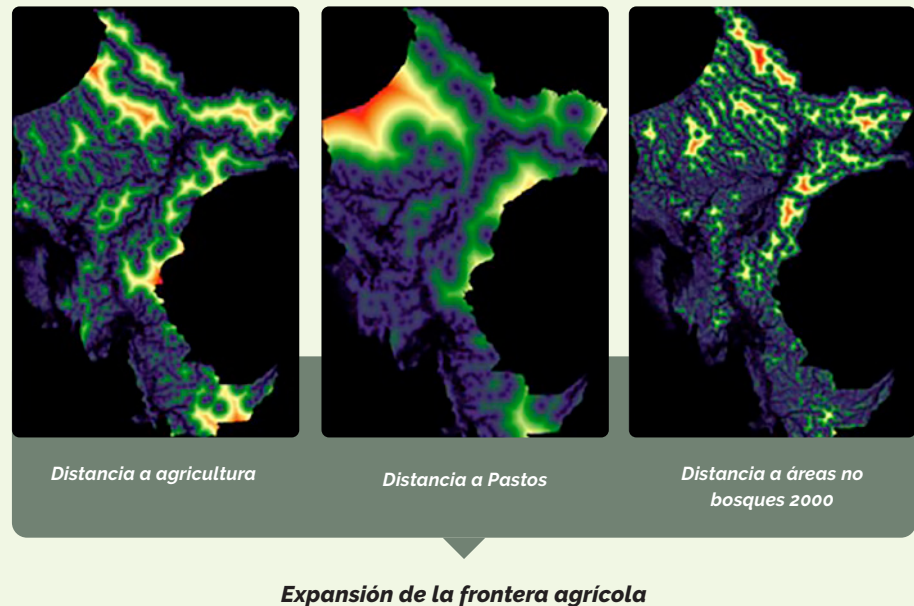
DRIVERS DERIVADOS DEL AUMENTO DE LA INFRAESTRUCTURA.



Aumento de la infraestructura

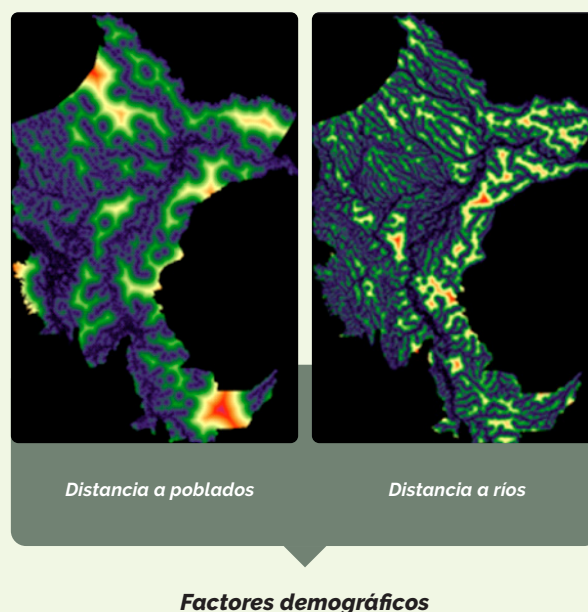
Como segundo grupo están las variables antrópicas y las derivadas de la expansión de la frontera agrícola, como la distancia al "no bosque" acumulada hasta el año 2000, la distancia a zonas agrícolas (permanentes o transitorias) y la distancia a pastos (pastizales y herbazales). Cabe recalcar que un área deforestada, ya sea por agricultura, por pastos u otras actividades, facilita la accesibilidad directa a los bosques naturales.

FIGURA 6.
**DRIVERS DERIVADOS
DE LA FRONTERA
AGRÍCOLA.**



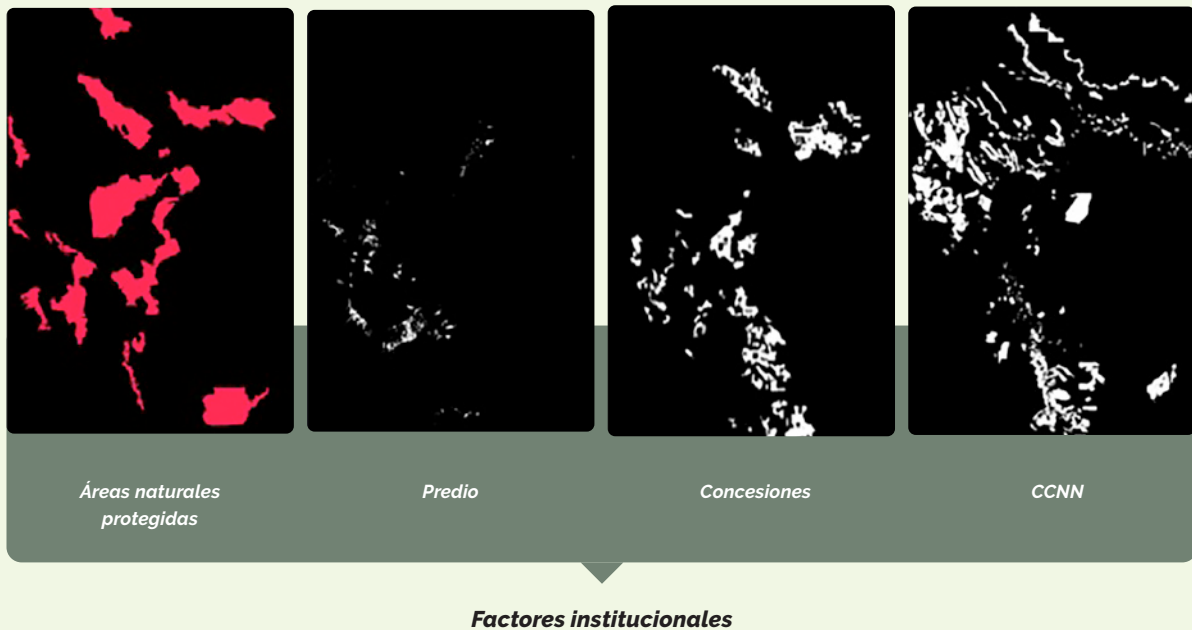
En otro grupo están los factores demográficos, como la distancia a centros poblados, que fueron todos los registrados y actualizados a partir del censo INEI 2017. Otro *driver* es la distancia a ríos, que es importante debido a que es el medio de transporte para actividades extractivas en áreas donde no hay acceso por vía terrestre.

FIGURA 7.
**DRIVERS DERIVADOS
DE FACTORES
DEMOGRÁFICOS.**



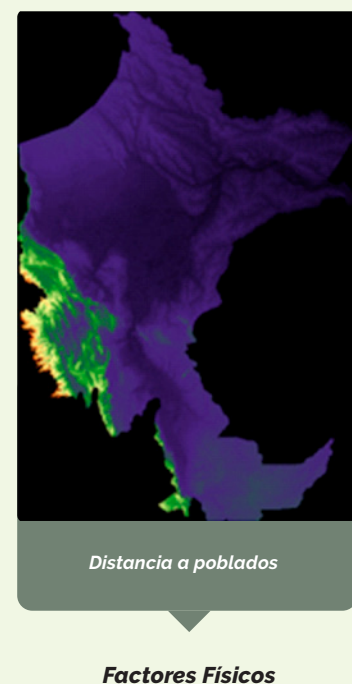
Para este grupo están los *drivers* que están bajo una administración pública o privada y su presencia puede frenar la deforestación, como sucede con las áreas naturales protegidas que, bajo su administración, tienen el mandato de preservar el estado natural de los bosques. Por otro lado, están las comunidades nativas que generan actividades de subsistencias dentro de sus límites. Por último, están los predios y concesiones forestales.

FIGURA 8.
DRIVERS DERIVADOS DE FACTORES INSTITUCIONALES.



Aparte de estas variables, se consideró un modelo de elevación digital que, por un lado, puede funcionar como una barrera para los lugares de difícil acceso debido a su pendiente extrema y, por otro, puede ser un factor impulsor de pérdida de bosques en las zonas con poca pendiente, facilitando la agricultura migratoria y comercial.

FIGURA 9.
DRIVERS DERIVADOS DE FACTORES FÍSICOS.

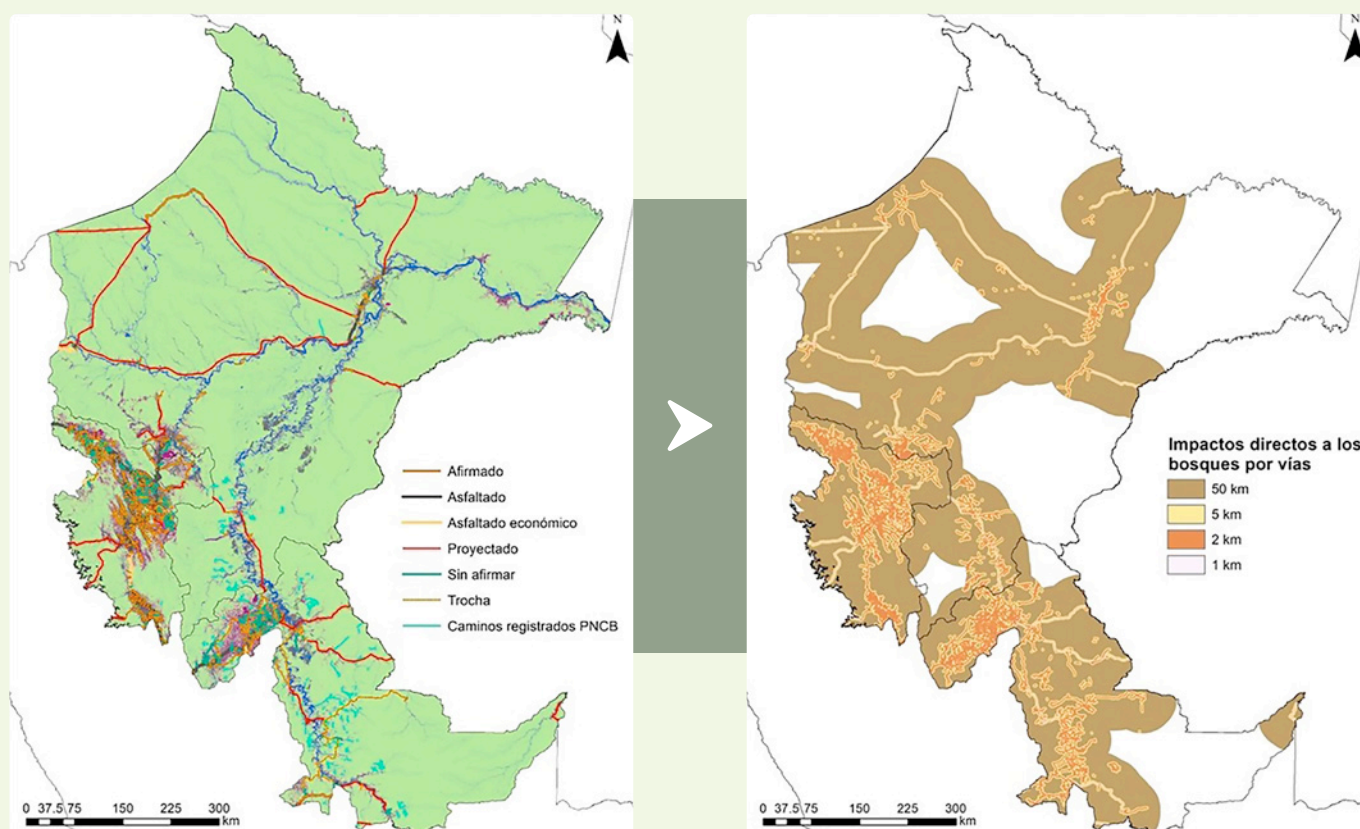


8.2. Priorización de áreas

Una vez identificado y agrupado los *drivers* de deforestación con relación al objetivo de este estudio, fue necesario hacer una revisión de la literatura disponible para determinar la distancia del impacto directo por deforestación a causa de las vías existentes. Cabe recalcar que, si bien las vías se dividen en vías nacionales, departamentales, vecinales y caminos forestales, a su vez estas se encuentran categorizadas de acuerdo con su diseño según la resolución directoral n.º 02-2018-MTC/14² como vía con afirmado, asfaltado, asfaltado económico, sin afirmar, trocha, caminos registrados o caminos forestales y el trazado de los proyectos viales futuros.

Diversos autores han afirmado que la deforestación como consecuencia de la existencia y del aumento de la infraestructura vial puede llegar hasta los 50 km (1, 2, 5 y 50 km en ese orden) [15]-[20]. Considerados estos rangos, se generó un mapa de incentivos, que incluye los proyectos viales futuros y que se usará de base para la proyección de la deforestación 2018-2030.

FIGURA 10.
MAPA DE IMPACTOS DIRECTOS POR INFRAESTRUCTURA VIAL



2 http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/normas_legales/1_0_4032.pdf

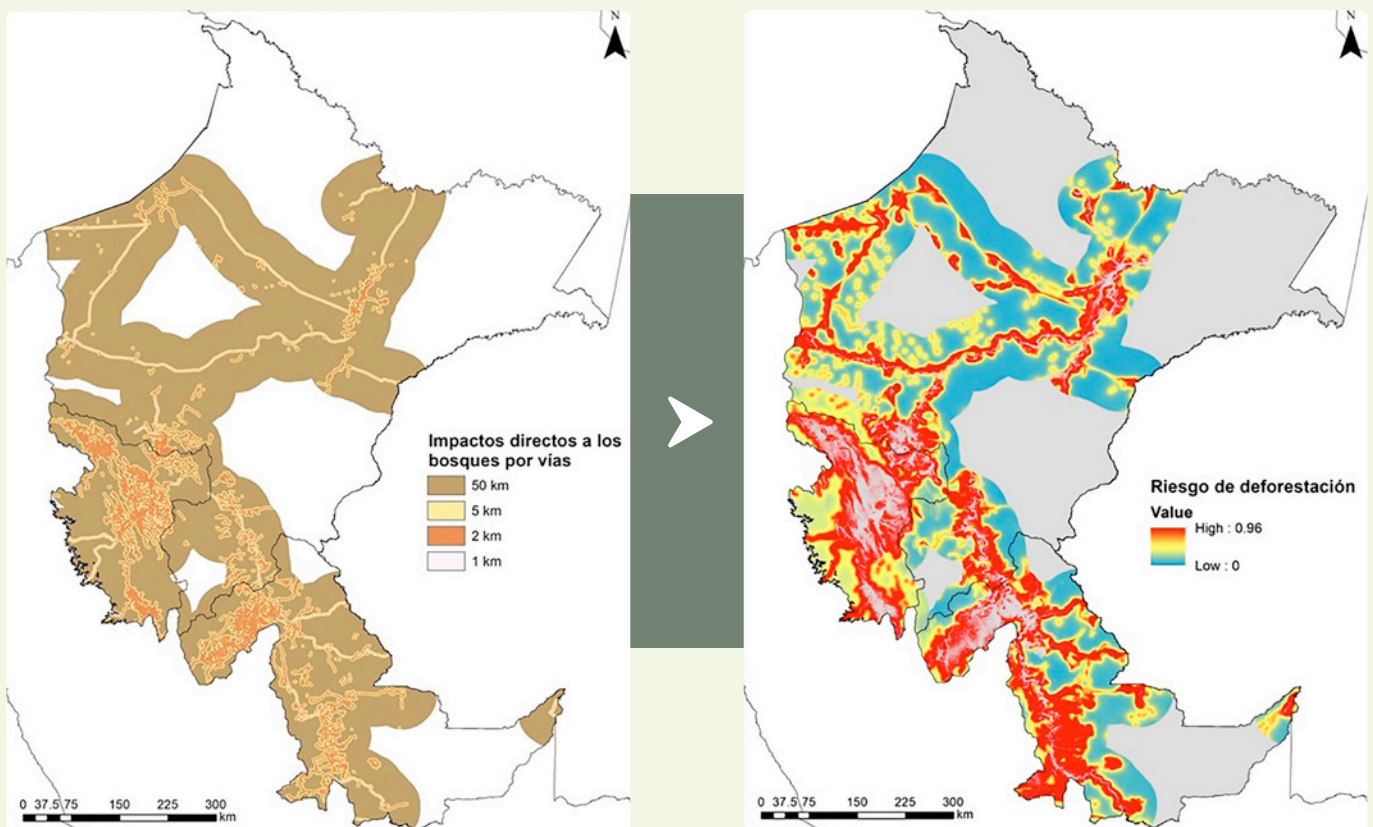
8.3.

Mapa de riesgo de deforestación

Como primer resultado de este estudio, se obtuvo un mapa de riesgo de deforestación, el cual presenta la correlación espacial de los *drivers* con la deforestación histórica. Cabe indicar que este mapa proporciona valores de 0-0,96, donde los valores más cercanos a 0 indican menor probabilidad de ser deforestados en los próximos años, mientras que los valores más altos presentan una alta probabilidad de deforestación. Esto permite identificar y excluir áreas donde históricamente no se presenta deforestación y, por lo tanto, pueden verse afectadas por la creación de nuevas carreteras. En tal sentido, este mapa de riesgo de deforestación nos permite entender y focalizar el espectro del riesgo para estos tres departamentos, entendiendo que representan el 68% de la Amazonia del Perú. Por último, este mapa permite tomar mayor atención a los proyectos viales existentes que necesitan una intervención rápida debido a la concentración y riesgo de deforestación que ocurre en su alrededor y una inminente deforestación.

FIGURA 11.

MAPA DE RIESGOS DE DEFORESTACIÓN



8.4.

Escenarios estadísticos

Según la información de deforestación histórica disponible, se puede definir distintos escenarios futuros. Cabe mencionar que la simulación va a depender de la estrategia de planificación que se desee implementar [21]. Asimismo, es preciso señalar nuevamente que, si bien el análisis estadístico de la deforestación se realizó a partir de la contabilidad de deforestación derivada del sensor Landsat de 30 * 30 m y el modelamiento espacial fue realizado a una resolución de 60 * 60 m, las tendencias se mantienen en ambos análisis. Los resultados de las simulaciones y su ubicación dependen directamente de los datos históricos (concentración de la deforestación), y las tasas que los originan, por lo que, al variar sus tasas, las simulaciones espaciales en estadística y ubicación pueden cambiar. Para este estudio se utilizaron tres escenarios:

Escenario (A)

Basado en la tendencia lineal histórica de los dieciocho años de pérdida en los bosques donde se consideró la deforestación en el ámbito de los 50 km de buffer.

Escenario (B)

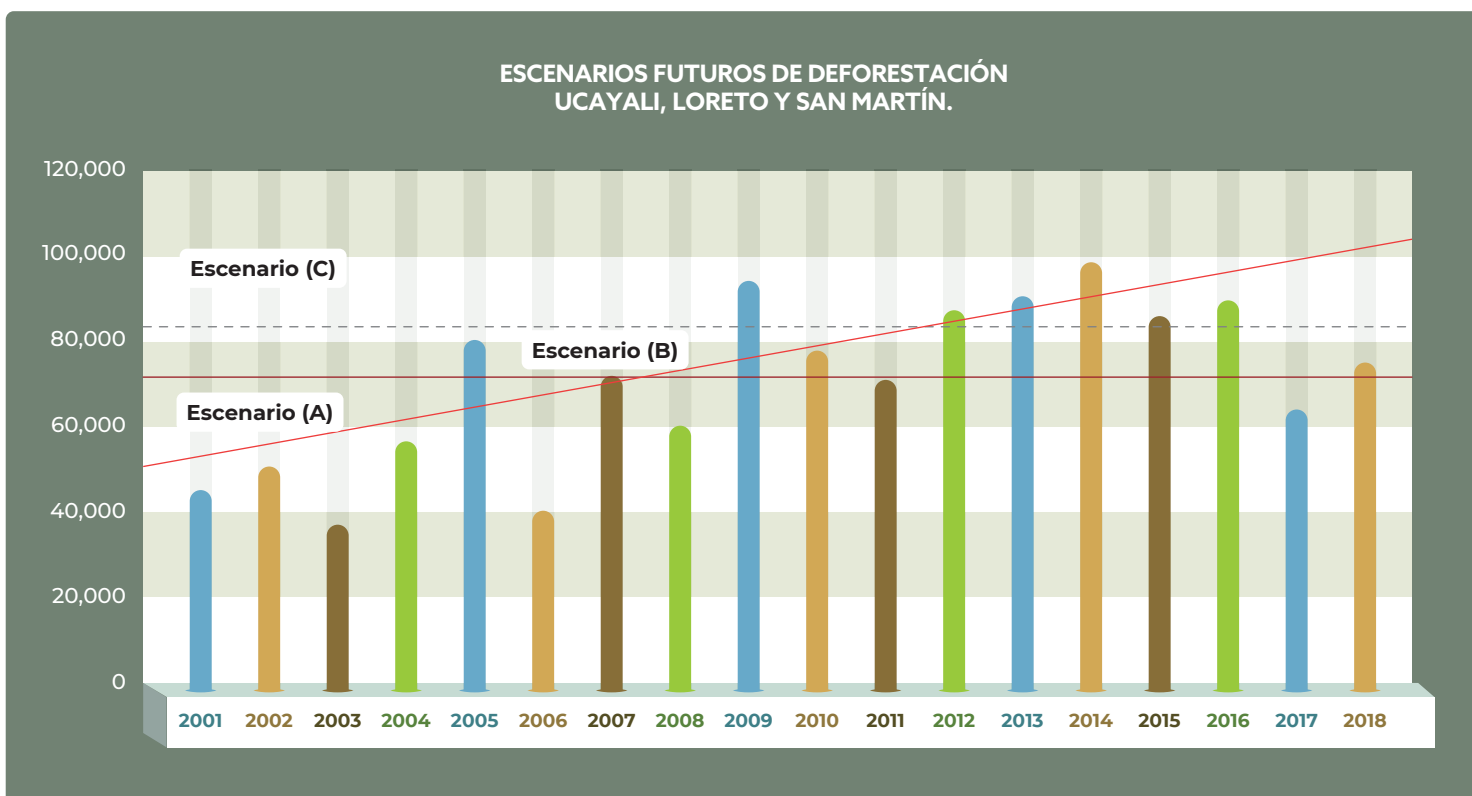
Basado en el promedio de la tasa de pérdida de los bosques húmedos amazónicos observado en los dieciocho años (2000-2018), que fue proyectado al 2030.

Escenario (C)

Basado en el promedio de la tasa de pérdida de los bosques húmedos amazónicos observado en los últimos diez años (2009-2018). De acuerdo con este escenario, solo se utilizaron las pérdidas de bosques de los diez últimos años registrados.

FIGURA 12.

ANÁLISIS DE LAS TENDENCIAS DE LA DEFORESTACIÓN EN LORETO, SAN MARTÍN Y UCAYALI.



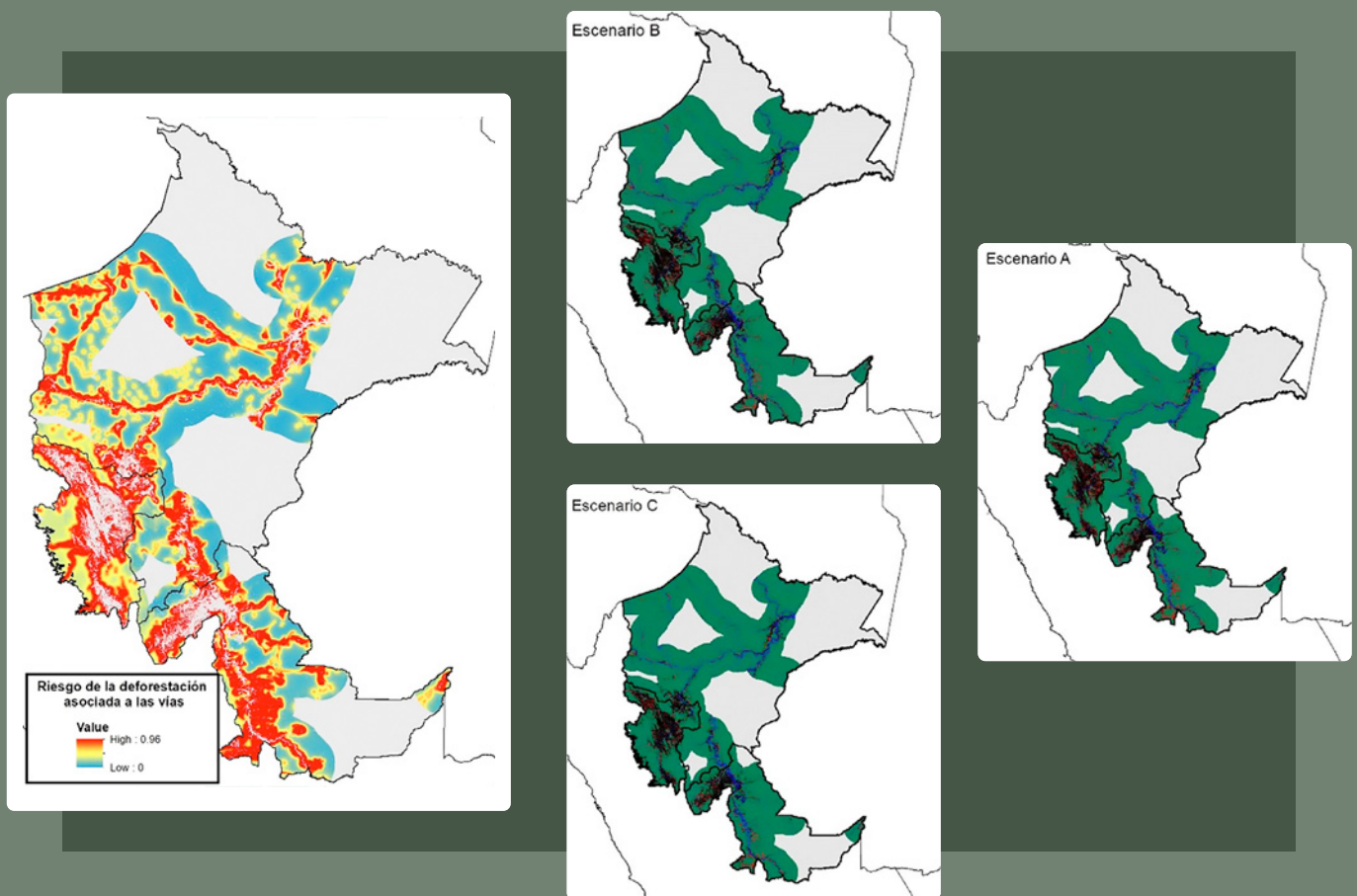
Resultados

De acuerdo con los tres escenarios, se utilizaron las tasas de cada periodo para su proyección y ubicación futura. Cabe mencionar que la proyección de todos los escenarios debe ser comparable entre sí, por eso se utilizaron los mismos drivers en cada escenario. Asimismo, usar tres escenarios permite mostrar estadística y espacialmente la geolocalización de los posibles cambios por deforestación asociada a la infraestructura vial en los tres departamentos. Cabe resaltar que la simulación espacial no predice un futuro exacto, sino trata de mostrar datos explícitos más hipotéticos con el fin de aproximarse a una posible realidad.

En base al mapa de riesgo de deforestación, al mapa de priorización de áreas, y tomando de base las tasas de deforestación de cada escenario, se proyectó espacialmente la deforestación hasta el año 2030.

FIGURA 13.

SIMULACIÓN ESPACIAL DE LA DEFORESTACIÓN AL AÑO 2030 PARA LORETO, SAN MARTÍN Y UCAYALI.



Sobre la base de los escenarios espaciales al año 2030, con las condiciones actuales, en la figura 13 se presenta la deforestación futura acumulada como impacto directo de las vías existentes en los tres departamentos. Se muestra una pérdida de bosques de hasta

1 013 628 ha para el escenario A, seguido por el escenario C, que podría generar una deforestación de 806 484 ha. Por último, está el escenario B, que puede generar una pérdida de 696 006 ha de bosque natural.

TABLA 3.
POSIBLE DEFORESTACIÓN AL AÑO 2030 CON LAS CONDICIONES ACTUALES.

	Escenario (A) Tendencia 2000-2018	Escenario (B) Promedio 2001-2018	Escenario (C) Promedio 2009-2018
No bosque 2018	3 208 343	3 208 343	3 208 343
No bosque 2030	4,221,972	3 904 350	4 014 827
Posibles áreas deforestadas	1 013 628	696 006	806 484

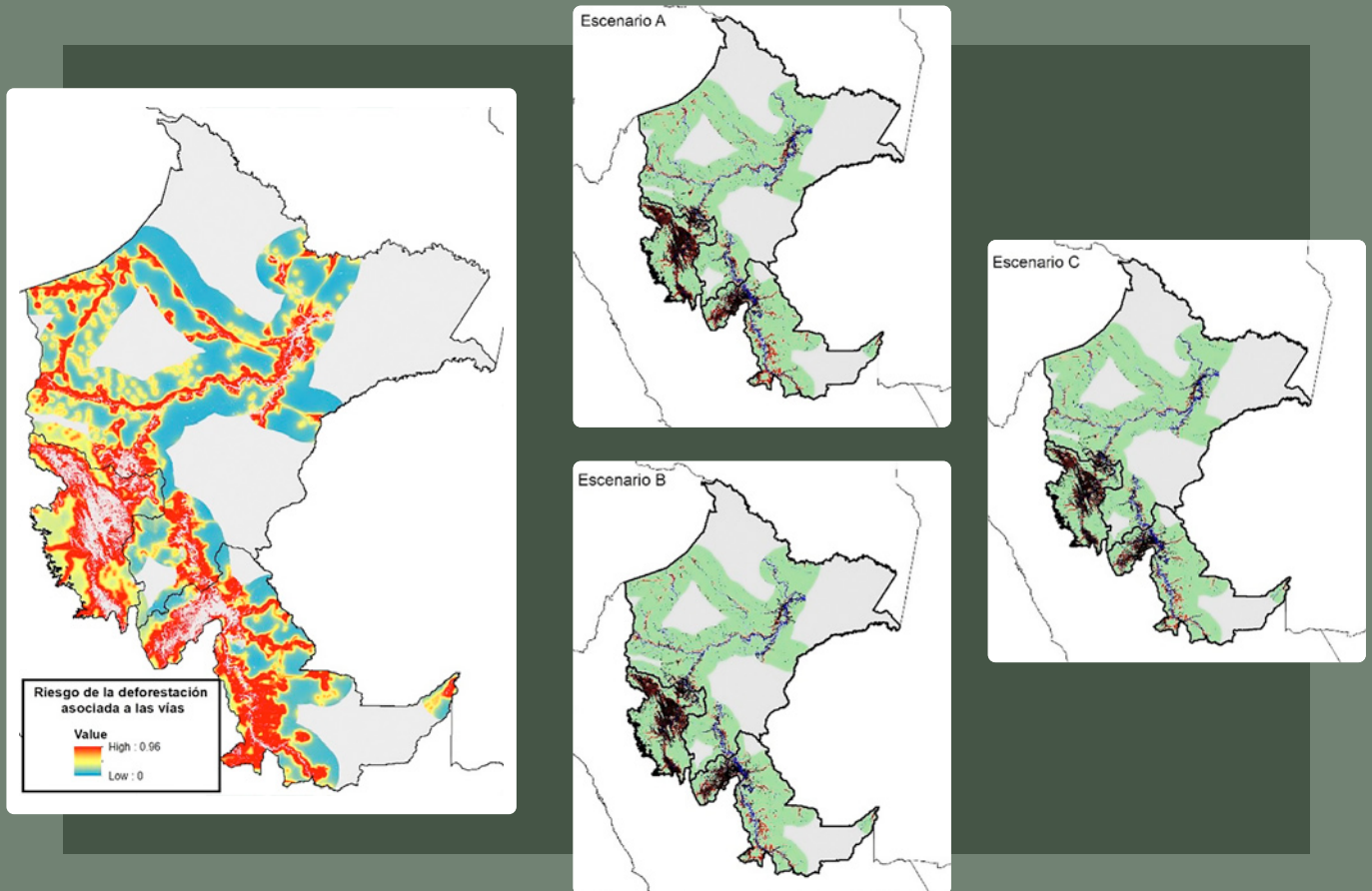
Fuente: elaboración propia

En el documento *Cálculo del potencial de mitigación de las emisiones de GEI para el desarrollo de la nueva medida de mitigación del sector USCUS³*, elaborado por Derecho, Ambiente y Recursos Naturales (DAR), se hace referencia a que la construcción o

mejoramiento de la infraestructura vial puede aumentar hasta en 32% la deforestación en los tres departamentos. En tal sentido, se consideró este aumento para cada tasa y escenario.

3 Documento <https://drive.google.com/file/d/1b6VtrDBiN7Prc00wdPUeclblodsSrbiH/view?usp=sharing>

FIGURA 14.
SIMULACIÓN ESPACIAL DE LA DEFORESTACIÓN AL AÑO
2030 + 32% PARA LORETO, SAN MARTÍN Y UCAYALI



En los escenarios espaciales mostrados en la figura 14, la deforestación futura acumulada hasta el año 2030 como impacto directo de las vías existentes y proyectadas en los tres departamentos, demuestra una pérdida de bosques de hasta 1 336 774 ha para el escenario A, seguido por el escenario C, que podría generar una deforestación de

1 066 105. Por último, está el escenario B, que puede generar una pérdida de 916 961 ha de bosque natural. Cabe recalcar que los modelos espaciales fueron elaborados en función de la pérdida de bosques naturales, la cual fue tomada con muestras de una unidad mínima de 60 * 60 metros.

TABLA 4.
POSIBLE DEFORESTACIÓN AL AÑO 2030 CON LAS CONDICIONES ACTUALES.

	Escenario (A) Tendencia 2000-2018	Escenario (B) Promedio 2001-2018	Escenario (C) Promedio 2009-2018
No bosque 2018	3 208 343	3 208 343	3 208 343
No bosque 2030 + 32%	4 545 117	4 125 304	4 274 448
Posibles áreas deforestadas	1 336 774	916 961	1 066 105

Fuente: elaboración propia

10. Conclusiones y recomendaciones

- La generación de escenarios futuros a partir de datos históricos de deforestación en las regiones de Loreto, San Martín y Ucayali es una alternativa eficaz para generar supuestos de manera espacial explícita, por lo que se recomienda que las instituciones encargadas de la planificación y gestión forestal de estas regiones puedan aplicarla como herramienta de gestión.
- Para futuros trabajos se recomienda mejorar la resolución espacial de los escenarios espaciales con mapas a 30 m. Además, se sugiere replicar la metodología por áreas más específicas donde se plantee la construcción de carreteras a mediano plazo. Esto permitirá evaluar los posibles impactos a detalle y realizar dinámicas comparativas entre los modelos predictivos locales, regionales y, de ser posible, nacionales.
- Los resultados de la simulación de los bosques para el año 2030, al ser espaciales, son útiles, pero no determinantes, debido a que son escenarios que pueden variar según las decisiones que se tomen en los próximos años. En tal sentido, solo son una referencia del histórico hacia el futuro.

Referencias bibliográficas

- [1] MINAM, "El Perú de los bosques", 2009.
- [2] MINAM, "Memoria Descriptiva del Mapa de Bosque/No Bosque año 2000 y Mapa de pérdida de los Bosques Húmedos Amazonicos del Perú 2000 - 2011", Lima - Perú, 2015.
- [3] P. V Potapov *et al.*, "National satellite-based humid tropical forest change assessment in Peru in support of REDD+ implementation", *Environ. Res. Lett.*, vol. 9, n.º 12, p. 124012, 2014.
- [4] 2016 FAO, *Recursos Forestales Mundiales 2015*, primera ed., Roma - Italia, 2015.
- [5] DAR, "CARRETERAS Y DEFORESTACIÓN EN EL PERÚ", Lima - Perú, 2018.
- [6] MINAM, "Mapa Nacional de Cobertura Vegetal", Lima - Perú, 2015.
- [7] MINAM, "Memoria descriptiva - Mapa de Cobertura Vegetal", Lima - Perú, 2012.
- [8] E. Rojas, "ANÁLISIS Y SIMULACIÓN PARA EL AÑO 2030 DE LOS BOSQUES HÚMEDOS AMAZÓNICOS DE PERÚ ANTE EL CAMBIO CLIMÁTICO", Universidad de Barcelona, 2017.
- [9] MINAM, *Estimación de los contenidos de carbono de la biomasa aérea en los bosques de Perú*, 1st ed. Lima - Perú, 2014.
- [10] H. J. Geist and E. F. Lambin, *What Drives Tropical Deforestation ?*, Serie no 4., no. 4. Louvain la Neuve - Bélgica: LUCC International Project Office, 2001.
- [11] E. F. Lambin, "Monitoring forest degradation in tropical regions by remote sensing: some methodological issues", *Glob. Ecol. Biogeogr.*, vol. 8, n.º 3-4, pp. 191-198, May 1999.
- [12] M. T. Camacho Olmedo, E. Molero Melgarejo, and M. Paegelow, "Modelos Geomáticos Aplicados a la Simulación de Cambios de Usos del Suelo. Evaluación del Potencial de Cambio" *Tecnol. la Inf. Geográfica La Inf. geográfica al Serv. los Ciudad*, n.º 9788447212941, pp. 658-678, 2010.

- [13] H. J. Geist and E. F. Lambin, "Proximate Causes and Underlying Driving Forces of Tropical Deforestation". *Bioscience*, vol. 52, n.º 2, p. 143, 2002.
- [14] V. Bax, W. Francesconi, and M. Quintero, "Spatial modeling of deforestation processes in the Central Peruvian Amazon". *J. Nat. Conserv.*, vol. 29, pp. 79-88, 2016.
- [15] M. A. Cochrane *et al.*, "The Future of the Brazilian Amazon", vol. 291, n.º January, 2001.
- [16] W. F. Laurance, "CARRETERA A LA RUINA: La expansión de las redes de transporte pone en peligro la biodiversidad global", 2004.
- [17] G. Larrea, "Análisis de la expansión vial en la Amazonía peruana y su impacto en el cambio climático", Pontificia Universidad Católica del Perú, 2019.
- [18] E. E. Poor, V. I. M. Jati, M. A. Imron, and M. J. Kelly, "The road to deforestation: Edge effects in an endemic ecosystem in Sumatra, Indonesia," *PLoS One*, vol. 14, no. 7, pp. 1-13, 2019.
- [19] J. Southworth *et al.*, "Roads as drivers of change: Trajectories across the tri-national frontier in MAP, the southwestern Amazon", *Remote Sens.*, vol. 3, n.º 5, pp. 1047-1066, 2011.
- [20] P. Ibisch, "A global map of roadless areas and their conservation status", 2016.
- [21] M. Gallardo, "Cambios de usos del suelo y simulación de escenarios en la Comunidad de Madrid", Universidad Complutense de Madrid, 2014.

Con el apoyo de:

