

¿Cómo es la deforestación asociada a las carreteras en la Amazonía peruana?

Análisis y recomendaciones en tres estudios de caso para reducir su impacto

Martín Reyes¹, Karla Vergara Rodríguez² y Valentina Robiglio³

Mensajes clave

- La combinación de la aproximación metodológica de arquetipos y metodologías participativas como DriveNet permite comprender mejor las dinámicas de las fronteras de deforestación asociadas a las carreteras.
- Los estudios de caso revelan que la deforestación no es responsabilidad exclusiva de las carreteras, sino de la sinergia con otros factores, principalmente institucionales y políticos, cuya importancia varía según el contexto.
- Las siguientes causas: corrupción, falta de control, tráfico de tierras y narcotráfico son comunes, y articulan distintos mecanismos causales de deforestación en los estudios de caso. La promoción y construcción de carreteras, en un contexto con estos factores presentes, aumenta el riesgo de deforestación.
- Es fundamental considerar el contexto y analizar sistemáticamente el riesgo de deforestación al desarrollar proyectos viales. Esto implica integrar estos elementos en los instrumentos de gestión ambiental y otros estudios para minimizar los impactos negativos sobre el bosque. Además, es importante fortalecer las gerencias de transporte y ambientales a nivel distrital, regional y nacional.

Introducción

Reducir la deforestación es un desafío global por el impacto que tiene en la biodiversidad (Barlow et al. 2016; Rosa et al. 2016), en los servicios ecosistémicos (Foley et al. 2007; Lima et al. 2014) y en el cambio climático (Nobre et al. 2016). Lograr esta meta requiere no sólo cuantificar la pérdida de bosque y describir sus impactos (Friedl et al. 2010; Gorelick et al. 2017; Hansen et al. 2010, 2013), sino identificar y comprender qué causas y qué agentes operan detrás de estos procesos, a qué escala y cómo se desarrollan (Geist y Lambin 2001, 2002; Lambin et al. 2003; Meyfroidt 2016).

La deforestación es compleja y resulta de múltiples causas que interactúan entre sí. Estas interacciones entre grupos de causas a distintos niveles se conocen como mecanismos

causales. Los procesos que ocurren en un área geográfica son heterogéneos y varían en términos de la severidad, el patrón espacio-temporal y la velocidad de la pérdida de bosque (De Sy et al. 2019; Lorena y Lambin 2009; Oberlack et al. 2019; Sietz et al. 2019). Estos espacios se definen como fronteras y a partir de su caracterización se identifican fronteras que se suspenden, o fronteras que se consolidan, o fronteras que emergen o se desplazan a distintas velocidades (Baumann et al. 2022; Bonilla-Moheno y Aide 2020; Buchadas et al. 2022; Kröger y Nygren 2020; Schielein y Börner 2018; Schneider et al. 2021; Song et al. 2021).

La infraestructura de transporte terrestre, que incluye tanto carreteras como caminos forestales, juega un rol clave en la

1 CIFOR-ICRAF, Lima, Perú

2 Freie Universität Berlin – Instituto de Ciencias Geográficas, Berlín, Alemania

3 CIFOR-ICRAF, Lima, Perú

deforestación. Por un lado, los impactos de las carreteras han sido estudiados desde un enfoque económico (Chomitz y Gray 1996), o en combinación con otros factores biofísicos y sociales, o en relación a sus impactos ambientales y socioeconómicos (Ahmed et al. 2014; Perz et al. 2008; Southworth et al. 2011; Zimmermann Teixeira et al. 2013). Por el otro lado, los caminos forestales se han estudiado como factores de fragmentación de hábitats y pérdida de especies (McCracken y Forstner 2014); y también se han estimado los posibles efectos negativos de los proyectos carreteros aun sin construirse (Maffei y Daniel Cossios 2021; Vilela et al. 2020).

La mayor deforestación ocurre en un radio de las carreteras que se define como área de influencia, el cual puede variar entre 5,5 km (Barber et al. 2014), 20 km (Ledezma y García Díaz 2015; Vilela et al. 2020) y 50-100 km (Alves et al. 2009; Asner et al. 2006; Chomitz y Thomas 2001). Esta puede ocurrir tanto desde la fase de preparación o proyección de las carreteras, hasta durante su construcción y mejoramiento.

El Perú es el segundo país con mayor cobertura forestal en América Latina, donde el bosque ocupa el 57% del territorio nacional (MINAM 2016). Desde la década de los años 70 se han implementado políticas de expansión de carreteras para mejorar el acceso a mercados en el norte, centro y sur (Barrantes et al. 2014). Tanto las carreteras como los caminos forestales informales han permitido la llegada de migrantes quienes convierten el bosque en pequeñas y medianas unidades productivas agrícolas y ganaderas, que con el tiempo se concentran en asentamientos (Dourojeanni et al. 2009). Posteriormente, estos requieren y se benefician de servicios e infraestructura de transporte que los conecta a centros urbanos medianos y grandes, atrayendo más población e inversión que en varios casos incumplen con un aprovechamiento legal de los recursos, desencadenando procesos de tráfico de tierras que aumentan la degradación forestal y deforestación (SPDA 2019).

A partir del análisis de la influencia de las carreteras y otros caminos en las dinámicas de las fronteras de deforestación

realizado en el marco del estudio entre CIFOR-ICRAF y el Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE)⁴, este infobrief presenta recomendaciones para reducir el impacto del aumento de la accesibilidad por la expansión de esta infraestructura en la deforestación. Se empleó una metodología mixta que combina una sólida revisión de literatura, la aproximación metodológica de arquetipos para caracterizar las fronteras de deforestación a partir de datos secundarios (Baumann et al. 2022; Buchadas et al. 2022; Vergara 2022), el análisis de la influencia de las carreteras⁵, y un análisis participativo de causas⁶ y mecanismos causales de deforestación con la metodología DriveNet (Robiglio et al. 2020) en tres estudios de caso en la Amazonía peruana. A partir de esto, se desarrollaron recomendaciones que se han validado en talleres participativos. Este trabajo ha permitido no sólo entender por qué una frontera de deforestación puede estabilizarse, acelerarse, o aparecer, sino determinar cómo estos procesos son influenciados por las carreteras en relación con otros factores.

Estudios de caso en Perú: las dinámicas de las fronteras de deforestación y las carreteras

La Amazonía peruana se ubica en la vertiente oriental de los Andes y ha experimentado distintos procesos de deforestación en las últimas décadas. El estudio indica que aproximadamente 13 millones de hectáreas son identificadas como fronteras, distribuyéndose en Loreto y San Martín (22%) ubicados al norte, Ucayali (16%) en la parte central, y en Madre de Dios (9%) en el sur; y existen seis arquetipos de fronteras (Figura 1 y Tabla 1). De los seis arquetipos de fronteras, las fronteras suspendidas y las graduales son las dos más dominantes (34%). Las primeras son áreas sin pérdida de bosque desde 2016, asociada a caminos para la extracción de petróleo en Loreto y a la agricultura en pendientes mayores a 45% en San Martín; mientras que las segundas están activas dentro de los 11 km de las redes viales y son predominantemente tierras usadas para la agricultura.

4 Centro de investigación privado sin fines de lucro en temas económicos, educativos, ambientales, y sociales.

5 El área de influencia en la cual se hace el análisis considera 11 km a ambos márgenes de las carreteras de las tres categorías en Perú: nacional, departamental y vecinal. Esto incluye a los caminos forestales dentro de estas áreas.

6 Las causas directas refieren a la expansión agropecuaria o actividades extractivas. Las causas indirectas pueden ser de tipo económicas, tecnológicas, institucionales y políticas, y culturales. Algunos ejemplos son el tráfico de tierras: posesión y transacción comercial ilícita de terrenos con o sin derechos otorgados; la sensación de impunidad: percepción de los actores de la inexistencia de sanciones efectivas ante los delitos cometidos; la corrupción: uso indebido de un cargo público para un beneficio personal o grupal; y articulación entre sectores: capacidad de coordinación sobre decisiones en el territorio entre los sectores agricultura, forestal, y/o transporte.

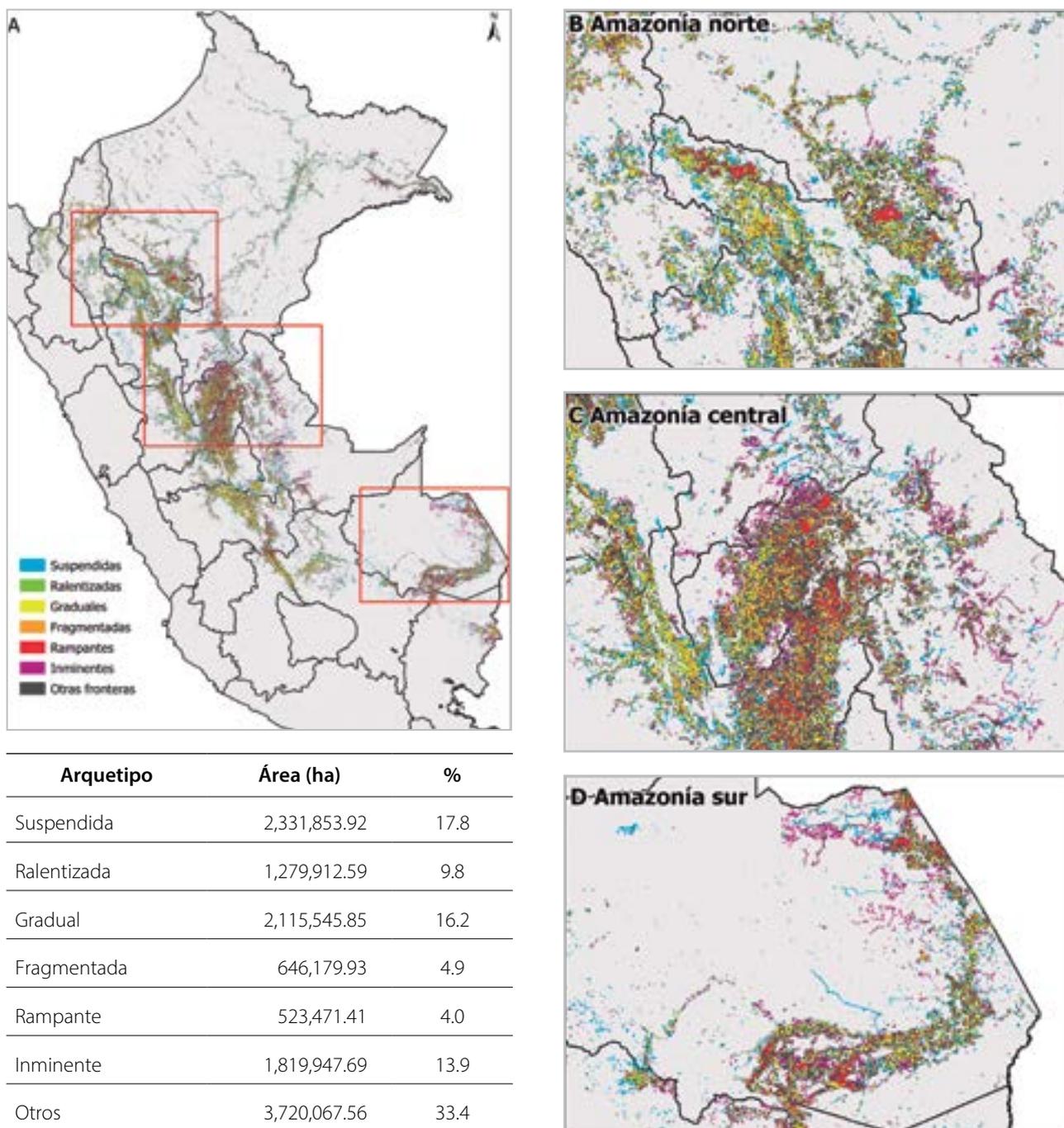


Figura 1. Arquetipos de fronteras de deforestación en la Amazonía peruana

Elaboración: propia

Tabla 1. Definición de los arquetipos de fronteras de deforestación

Suspendida	Fronteras antiguas con abundante cobertura forestal inicial en el año 2000 y con aún abundante cobertura forestal remanente en el año 2020.
Ralentizada	Fronteras activas, con baja velocidad de avance y procesos de fragmentación bajos-medios, y con cobertura forestal remanente en 2020 igual a la cobertura forestal inicial en 2000.
Gradual	Fronteras activas que se caracterizan por procesos intermedios de velocidad de avance, fragmentación y pérdida de bosques.
Fragmentada	Fronteras activas que producen patrones de pérdida muy fragmentados y una velocidad de avance de lenta a media.
Rampante	Fronteras con velocidad de avance rápida y procesos de fragmentación bajos a medios, y con cobertura forestal inicial media a abundante y pérdida de bosque alta.
Inminente	Fronteras recientes con velocidad de pérdida y fragmentación media-baja, y con alta cobertura forestal inicial y remanente.

Los tres estudios de caso representan contextos geográficos en los que la influencia de las carreteras, junto con factores locales, han desencadenado diferentes procesos y fronteras de deforestación. La Tabla 2 presenta los estudios de caso en orden cronológico, desde la

carretera más antigua hasta los proyectos carreteros futuros en dos ámbitos geográficos. De esta manera, es posible entender los impactos en sus distintas fases y, posteriormente, identificar recomendaciones para reducir estos impactos en contextos similares.

Tabla 2. Estudios de caso en la Amazonía peruana

Estudio de caso	Región	Fase o condición de la infraestructura terrestre	Área de la frontera de deforestación (ha)	Arquetipo de frontera predominante	Área del arquetipo de frontera (ha)
1: Carretera Iquitos – Nauta (PE-5NI)	Loreto	Construcción y asfaltado completados previo al análisis de deforestación (1980-2001)	72,144	Suspendida	30,252
				Gradual	18,442
				Ralentizada	12,642
2: Carretera IIRSA Sur-Tramo 3: Las Piedras	Madre de Dios	En proceso de construcción y asfaltado durante el análisis de deforestación (2006-2010)	98,045	Gradual	29,475
				Suspendida	28,378
				Inminente	21,407
3: Proyectos carreteros Pucallpa-Cruzeiro do Sul; y en distrito Masisea	Ucayali	Proyectos carreteros futuros	124,255	Inminente	47,156
				Suspendida	30,993
				Gradual	29,817

En el Caso 1, las fronteras suspendidas y graduales se ubican en el área de influencia tanto de la carretera como del río Itaya (Figura 2). Algunos asentamientos existentes desde 1950 se consolidaron en la década de 1970 sin tener aún conexión vial completa con la capital Iquitos (IIAP, 2002). La carretera se construyó para fomentar la agricultura e incorporarla al mercado a través de políticas de crédito y asistencia técnica. La mayoría de las fronteras suspendidas corresponden a áreas donde se desarrolla la agricultura de pequeña escala. Sin embargo, las condiciones agroecológicas de la zona limitaron su expansión, por lo que la agricultura no ha constituido un factor desencadenante de la deforestación.

Los participantes indicaron que el asfaltado a partir del año 1980 mejoró la accesibilidad hacia nuevas áreas boscosas permitiendo la extracción ilegal de madera fina, la aparición de nuevos asentamientos e invasiones en un contexto de tráfico de tierras, débil control y corrupción. Las fronteras graduales y ralentizadas coinciden con tierras de uso agrícola con características muy similares a las de las fronteras suspendidas; por lo tanto, se infiere que en los próximos años la deforestación se suspenda en ellas.

En este contexto, el análisis de redes indica que la causa más central y catalizadora ha sido la corrupción⁷ ya que influye directamente en factores como la voluntad política, la falta de control y vigilancia, y en la sensación de impunidad. Estos influyen, a su vez, en la ocupación informal de nuevas áreas y de áreas de extracción forestal representadas en las fronteras inminentes ubicadas hacia los extremos del área de influencia.

En el Caso 2, el área de influencia es predominantemente agrícola y ganadera, pero se identifican áreas de conservación con cobertura forestal. La carretera fue asfaltada entre los años 2006 y 2011, periodo en el que se desarrollaron proyectos de inversión pública, políticas de créditos y de inclusión financiera que fomentaron la expansión de la superficie agrícola. En la actualidad, la mayoría de las fronteras son activas siendo graduales, otro número importante son suspendidas y en casi la misma proporción se identifican fronteras inminentes (Figura 3) con la conversión del bosque en cultivos permanentes y en otros como la hoja de coca (*Erythroxylum coca*) vinculada al narcotráfico en áreas categorizadas. Esto está influenciado por la presencia de invasiones generadas por la llegada de migrantes de la Sierra sur y del valle de los ríos Apurímac, Ene y Mantaro (VRAEM), así como de Madre de Dios, quienes a su vez han sido motivados por la mejor accesibilidad y la percepción de la existencia de tierras disponibles para cultivar.

El análisis indica que las invasiones ocurren bajo un contexto de pocas sanciones por la escasa capacidad de control y vigilancia, influenciado por la corrupción, a la que se suma la deficiente coordinación entre sectores y debido al limitado presupuesto público para estos fines. Por tanto, en Madre de Dios la corrupción interactúa con la sensación de impunidad, las invasiones, el tráfico de tierra y la migración, resultando en procesos de deforestación.

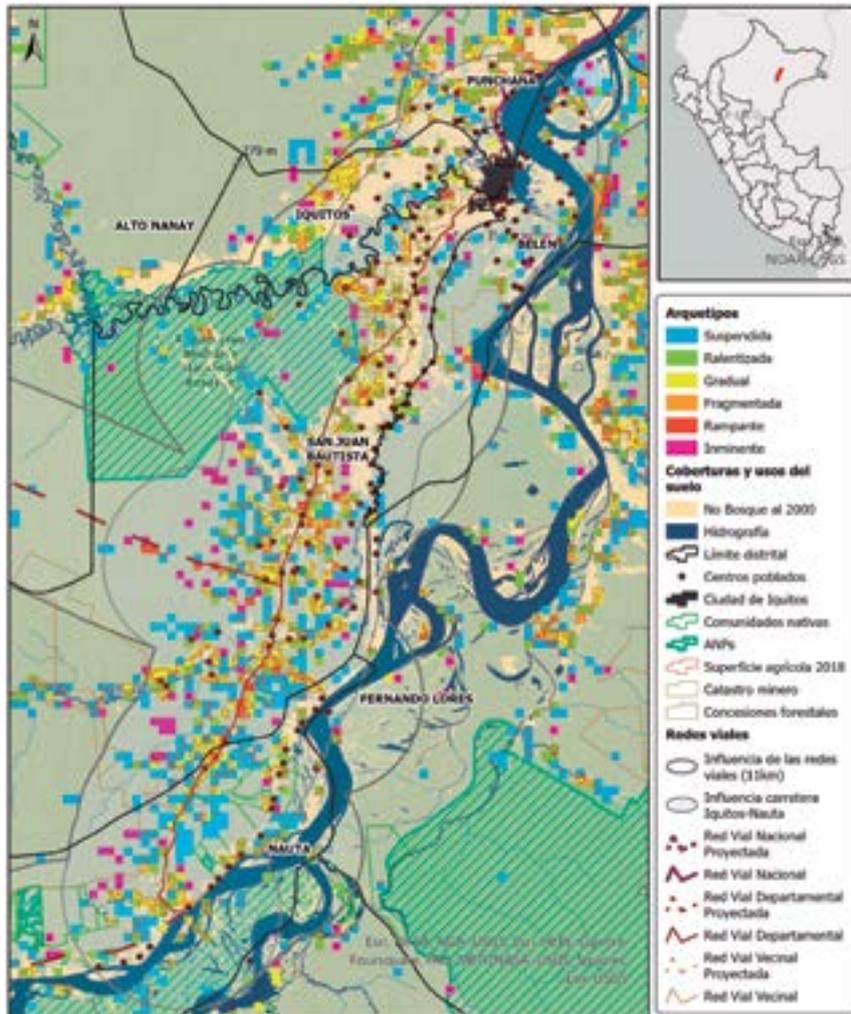
El Caso 3 muestra cómo, aun siendo un proyecto de infraestructura vial sin construirse, las fronteras inminentes y las fronteras rampantes son comunes, con deforestación reciente, y velocidad de avance rápida y fragmentación media, respectivamente (Figura 4).

En los dos ámbitos, la deforestación está asociada a la tala en concesiones que, una vez finalizada, desencadena la tala ilegal y conversión. Los informantes del estudio indicaron que en algunos casos los concesionarios, debido a la incapacidad para cumplir con algunas de sus obligaciones laborales, ceden a sus trabajadores áreas, fomentando indirectamente la ocupación y conversión del bosque en cultivo de hoja de coca el cual abastece al narcotráfico. Este cultivo representa una oportunidad para generar ingresos rápidos ante la falta de otras fuentes formales. Sin embargo, también genera un contexto de violencia social en los asentamientos y comunidades nativas de la zona difícil de controlar. Esta dependencia económica ha creado una situación de vulnerabilidad en la que las comunidades se ven forzadas a aceptar y colaborar con el narcotráfico.

En Masisea, las fronteras inminentes corresponden a cultivos y pastos instalados por las colonias menonitas a través de autorizaciones poco transparentes de la Dirección Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Ucayali (GOREU). Esto demuestra el impacto en la deforestación de las débiles herramientas de gobernanza, y el escaso control y vigilancia en estas zonas alejadas.

En los tres estudios de caso existe un conjunto de factores institucionales y políticos que se combinan y operan a través de mecanismos causales que juegan un rol clave para explicar los procesos de deforestación, incluso en áreas sin una carretera construida. Entre ellos destacan la falta de recursos y capacidad del Estado, la ausencia de herramientas de gobernanza, la corrupción y el narcotráfico. Por lo tanto, el impacto de las carreteras no se debe únicamente a su acción aislada, sino a su acción en conjunto con otras causas presentes en los contextos. Comprender estas relaciones y su impacto en los distintos tipos de fronteras es fundamental para identificar recomendaciones que busquen reducir el impacto de las carreteras en la pérdida de bosque.

⁷ La corrupción estuvo presente desde la promoción de la carretera. Desde un inicio se sabía que no generaría el desarrollo agropecuario que se esperaba por la baja calidad de los suelos, pero igual se promocionó. Incluso el avance en su construcción fue lento debido a la corrupción en la realización de las obras y estimación de materiales. Los certificados de posesión y créditos también fueron otorgados bajo mecanismos perversos que generaron deforestación. Asimismo, una segunda ocupación fue dada de forma espontánea bajo especulación de tierras.



Influencia activa

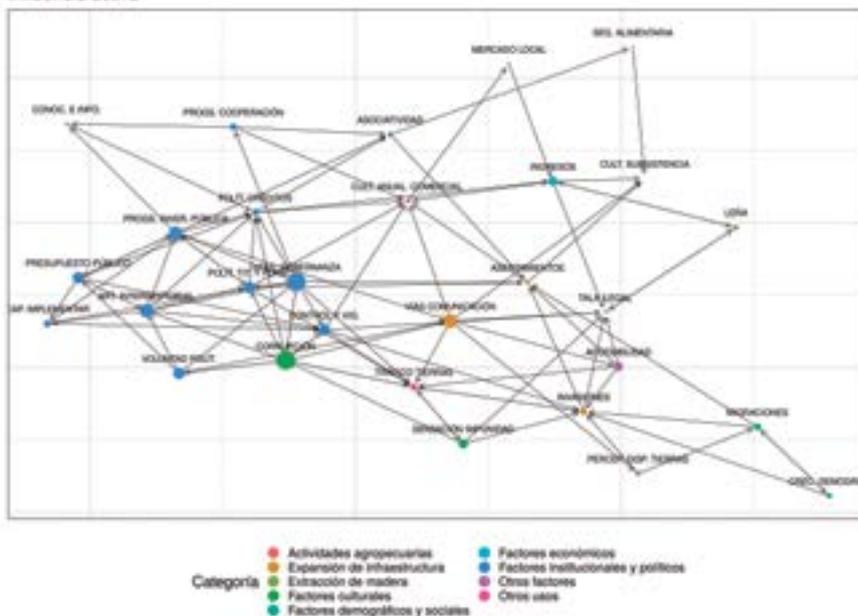
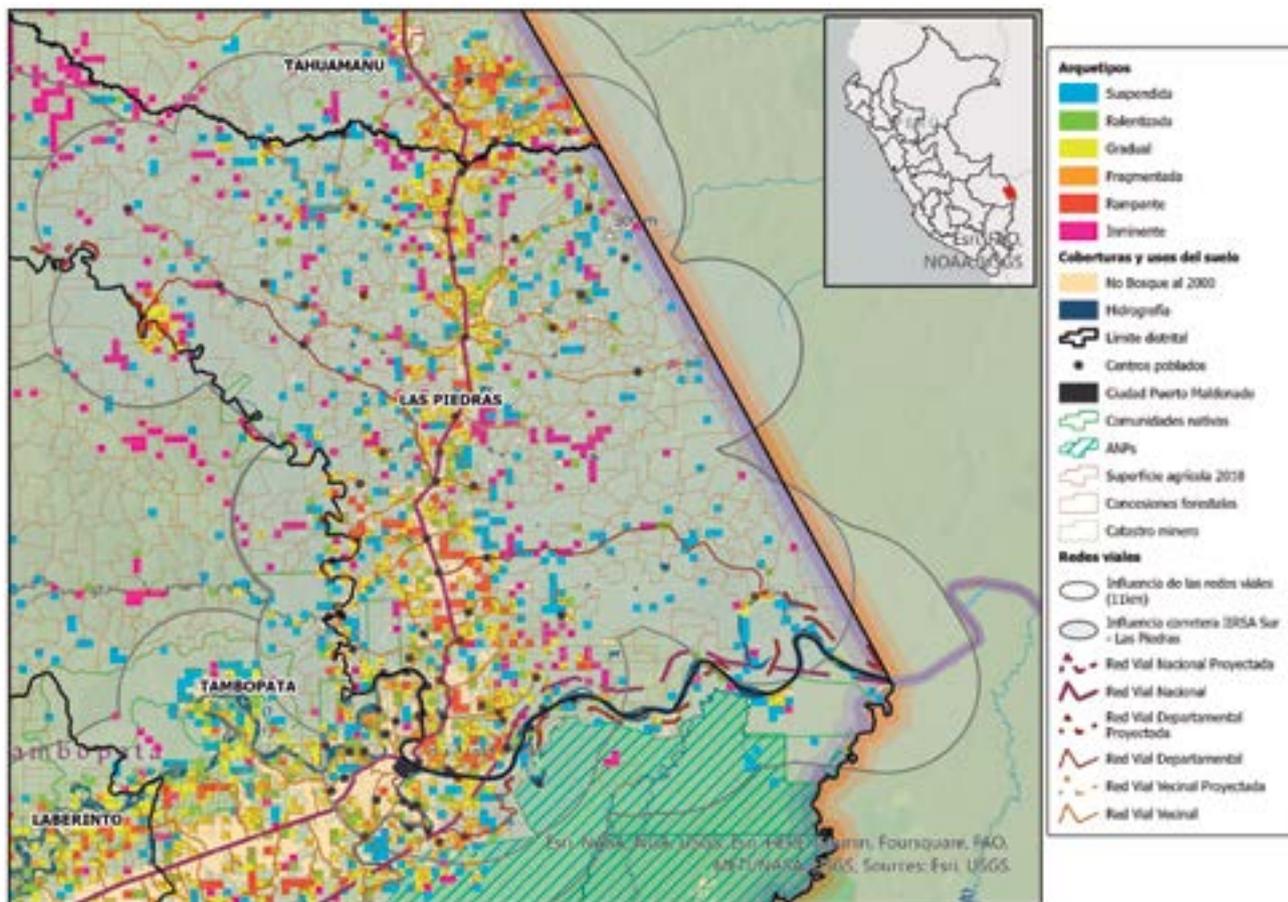


Figura 2. Mapa de ubicación y red de influencia activa de causas según categoría en el área de influencia de la carretera Iquitos-Nauta

Elaboración: propia



Influencia activa

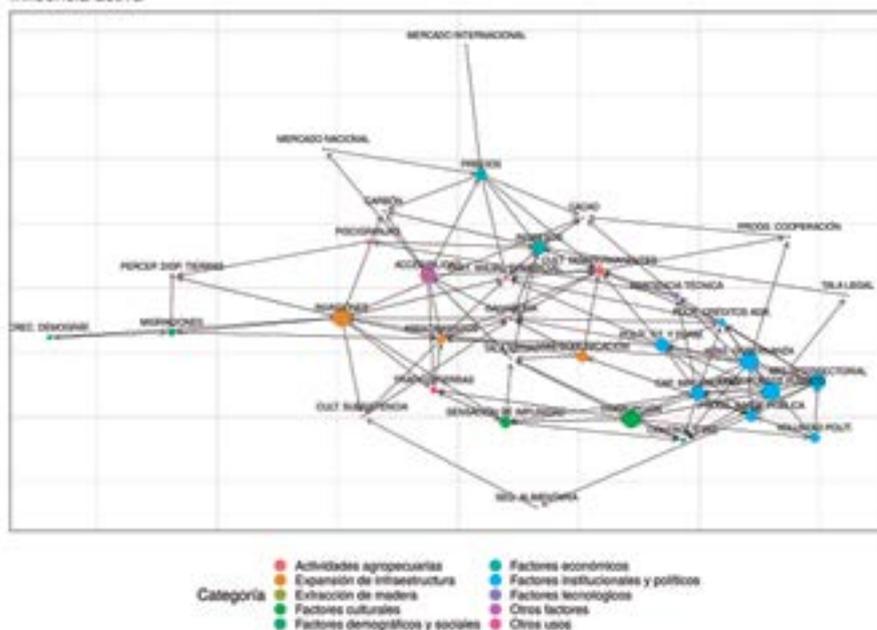


Figura 3. Mapa de ubicación y red de influencia activa de causas según categoría en el área de influencia del Tramo 3 de la carretera IIRSA Sur, Las Piedras

Elaboración: propia

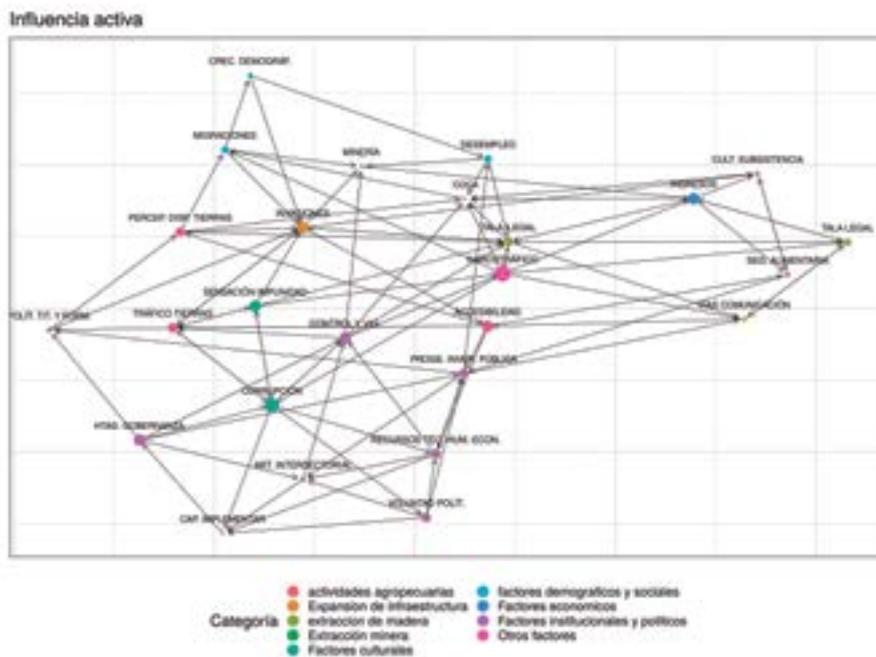
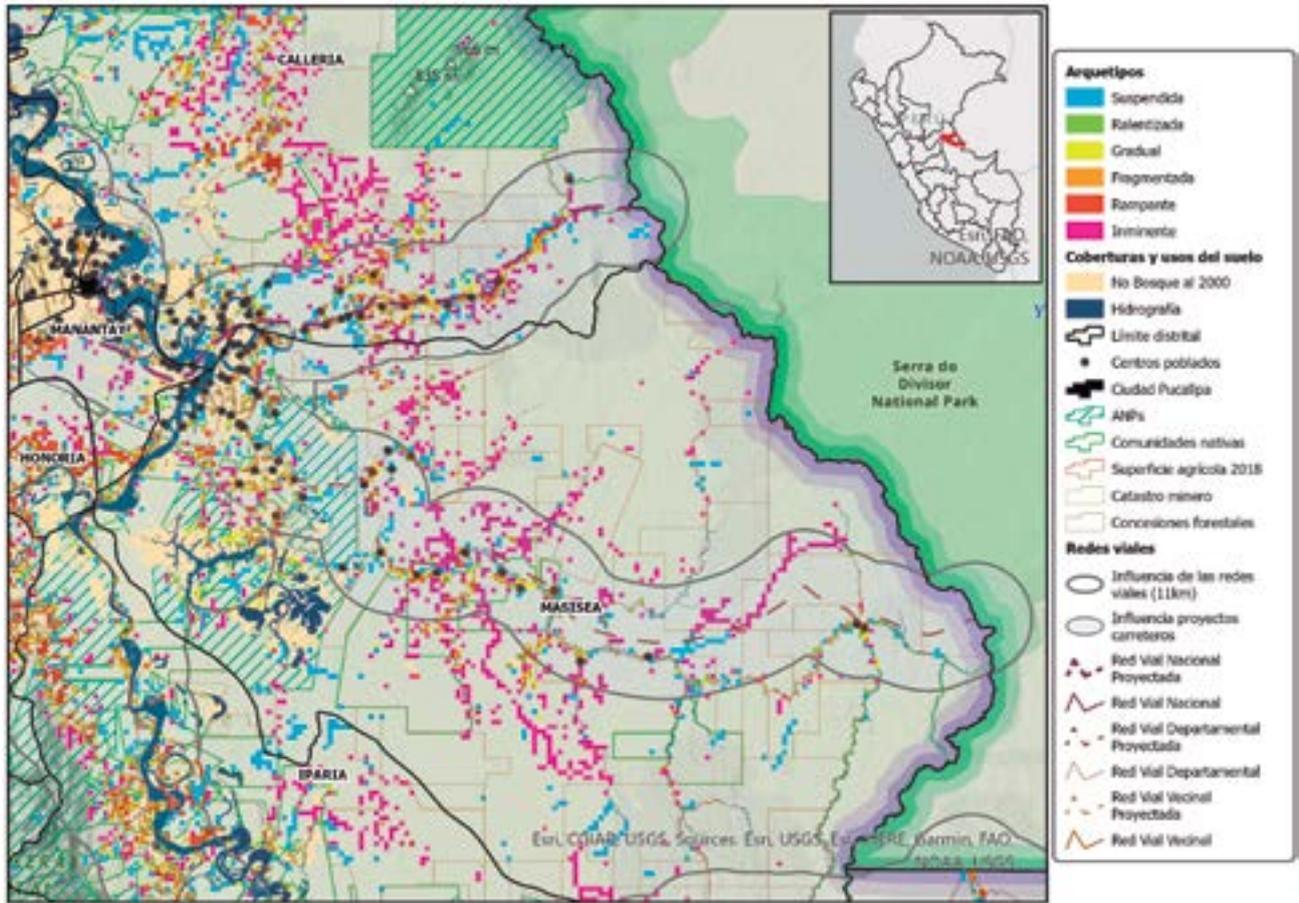


Figura 4. Mapa de ubicación y red de influencia activa de causas según categoría en el área de influencia de proyectos carreteros en Ucayali

Elaboración: propia



Figura 5. Ejemplo de frontera de deforestación en el área de influencia de la Carretera Federico Basadre, Ucayali, Perú.

Photo by Martin Reyes/CIFOR-ICRAF

Recomendaciones para desacelerar la dinámica expansiva de las fronteras de deforestación

Para reducir los impactos negativos sobre el bosque asociados a la expansión de las carreteras y otros caminos se presentan las siguientes recomendaciones. Las recomendaciones deben apuntar a romper los mecanismos causales que producen deforestación y, a la misma vez, garantizar la mejora en la calidad de vida de la población a través del acceso a servicios, mercados, reducción del tiempo de tránsito y mayor presencia del Estado.

Promoción y planificación de carreteras

- Realizar un adecuado análisis costo-beneficio de los proyectos para justificar su inversión que integre aquellos factores de riesgo que catalizan la deforestación. Esto implica refinar previamente los indicadores utilizados para evaluar más precisamente los impactos socioeconómicos considerando factores institucionales y políticos del contexto. Los análisis deben demostrar que los proyectos toman el riesgo para entender la corrupción, el narcotráfico, el tráfico de tierra que, en muchos casos, determinan la presencia de carreras antes que las necesidades reales de conectividad de las poblaciones locales.

Salvaguardas para mitigar o minimizar los impactos de la construcción de carreteras

- Incorporar en los instrumentos de gestión ambiental, que evalúan el análisis de impacto de las carreteras, los elementos del contexto social, institucional y político, y económico que catalizan procesos de deforestación. Se recomienda que la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) y el Estudio de Impacto Ambiental (EslA) para la respectiva certificación ambiental introduzcan un análisis sistémico del riesgo de pérdida de la cobertura forestal existente en el área de influencia de las carreteras como parte del riesgo ambiental.
- Fortalecer las herramientas y mecanismos de gestión de las carreteras que buscan evitar o mitigar sus impactos durante las etapas de construcción, operación y mantenimiento de la infraestructura. Garantizar un adecuado proceso de obtención de una autorización de desbosque, y del Plan de Manejo Ambiental (PMA) mediante mecanismos de consulta previa y participación ciudadana con los actores involucrados (Mora Paniagua et al. 2020), es fundamental para abordar los factores que, en asociación con las carreteras, impactan negativamente en el bosque (Figura 5).

Fortalecimiento de la gobernanza

- Mejorar el diseño y la implementación de los incentivos estatales como la formalización de la tenencia de la tierra, la asistencia técnica y los créditos agropecuarios, y la reducción de impuestos que, en sinergia con las carreteras, explican la deforestación. Esto requiere conocer a la población beneficiaria y sus principales medios de vida, y podrá reducir los posibles efectos negativos de estos incentivos en la etapa previa y durante la construcción de las carreteras.
- Fortalecer las gerencias de transporte y articularlas con las gerencias ambientales desde el nivel nacional hasta el local para garantizar una evaluación completa y adecuada de los proyectos de inversión en carreteras y una gestión ambiental eficiente. Esto puede lograrse a través de la creación de una plataforma transectorial que pueda monitorear la deforestación asociada a procesos vinculados a las carreteras y que tenga la capacidad de implementar medidas de prevención, y de control y vigilancia de los impactos de manera transversal.
- Mejorar las funciones de fiscalización de las autoridades competentes durante la construcción o mejoramiento de la infraestructura terrestre para reducir el riesgo de desarrollo de actividades sin autorización como tala, agricultura o minería, que ocurren gracias a una mejor accesibilidad.

Comentarios finales

Los desafíos que plantean los desarrollos viales exigen un conjunto de soluciones desde las etapas iniciales de preparación de un proyecto de infraestructura de transporte. Los resultados de este estudio son útiles para reconocer y comprender cuáles y cómo se explican las distintas dinámicas de deforestación en las fronteras asociadas a infraestructura de transporte, tanto existentes como en proyecto.

Los estudios de caso han confirmado, una vez más, que la deforestación es multicausal y que afirmar que las carreteras son la principal causa de ella es incorrecto. Son la falta de control y fiscalización, la débil articulación entre sectores, la corrupción, el tráfico de tierras y el narcotráfico que —en combinación con las carreteras— desencadenan procesos de deforestación complejos. Por lo tanto, para desarrollar una infraestructura de transporte sostenible que asegure conectividad y accesibilidad, sin promover la deforestación ni la expansión de actividades ilegales ya existentes, se requiere una mejora de las inversiones públicas que integren elementos del contexto y factores de riesgo de deforestación, en consonancia con las políticas de gestión sostenible de los recursos y agrarias, y salvaguardas ambientales y sociales desde lo local hasta lo nacional.

Agradecimientos

Este estudio fue liderado por CIFOR-ICRAF en el marco del proyecto Hacia una infraestructura sostenible en la Amazonía peruana, financiado por el Grupo de Análisis para el Desarrollo (GRADE) y la Fundación Gordon & Betty Moore, entre 2022 y 2023. Los autores agradecen a Diana Vásquez por su apoyo en la implementación de DriveNet en los estudios de caso; a Manuel Glave y a Miguel Ángel La Rosa por la retroalimentación durante el estudio; a Pablo Peña, y José Luis Capella por sus revisiones y comentarios; y a Alejandra Visscher por la coordinación y corrección de estilo de esta publicación.

Referencias

- Ahmed SE, Ewers RM, y Smith MJ. 2014. Large scale spatio-temporal patterns of road development in the Amazon rainforest. *Environmental Conservation*, 41(3), 253–264. <https://doi.org/10.1017/S0376892913000520>
- Alves D, Morton D, Batistella M, Roberts D, y Souza C. 2009. The Changing Rates and Patterns of Deforestation and Land Use in Brazilian Amazonia. En *Washington DC American Geophysical Union Geophysical Monograph Series* (Vol. 186, pp. 11–23). <https://doi.org/10.1029/GM186>
- Asner GP, Broadbent EN, Oliveira PJC, Keller M, Knapp DE, y Silva JNM. 2006. Condition and fate of logged forests in the Brazilian Amazon. En *PNAS August* (Vol. 22). www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.0604093103
- Barber CP, Cochrane MA, Souza CM, y Laurance WF. 2014. Roads, deforestation, and the mitigating effect of protected areas in the Amazon. *Biological Conservation*, 177, 203–209. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.07.004>
- Barlow J, Lennox GD, Ferreira J, Berenguer E, Lees AC, Nally R, Thomson JR, Ferraz SFDB, Louzada J, Oliveira VHF, et al. 2016. Anthropogenic disturbance in tropical forests can double biodiversity loss from deforestation. *Nature*, 535(7610), 144–147. <https://doi.org/10.1038/nature18326>
- Barrantes R, Fiestas J, y Hopkins Á. 2014. Evolución de la infraestructura de transporte y energía en la Amazonía peruana. 1963-2013. En *Amazonía peruana y desarrollo económico* (Estudios d). GRADE; IEP.
- Baumann M, Gasparri I, Buchadas A, Oeser J, Meyfroidt P, Levers C, Romero-Muñoz A, le Polain de Waroux Y, Müller D, et al. 2022. Frontier metrics for a process-based understanding of deforestation dynamics. *Environmental Research Letters*, 17(9), 95010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8b9a>
- Bonilla-Moheno M, y Aide TM. 2020. Beyond deforestation: Land cover transitions in Mexico. *Agricultural Systems*, 178. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2019.102734>
- Buchadas A, Baumann M, Meyfroidt P, y Kuemmerle T. 2022. Uncovering major types of deforestation frontiers across the world's tropical dry woodlands. *Nature Sustainability*, 5(7), 619–627. <https://doi.org/10.1038/s41893-022-00886-9>
- Chomitz K, y Gray DA. 1996. *Roads, Land Use, and Deforestation: A Spatial Model Applied to Belize*.

- Chomitz K, y Thomas T. 2001. Geographic Patterns of Land Use and Land Intensity in the Brazilian Amazon. *The World Bank, Policy Research Working Paper Series*.
- De Sy V, Herold M, Achard F, Avitabile V, Baccini A, Carter S, Clevers JGPW, Lindquist E, Pereira M, y Verchot, L. 2019. Tropical deforestation drivers and associated carbon emission factors derived from remote sensing data. *Environmental Research Letters*, 14(9), 94022. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab3dc6>
- Dourojeanni MJ, Barandiarán A, y Dourojeanni D. 2009. Amazonía Peruana en 2021 - Explotación de recursos naturales e infraestructura. En *Bois et Forêts Des Tropiques (Vol., 305)*. https://www.researchgate.net/publication/242542940_Amazonia_peruana_en_2021_Explotacion_de_recursos_naturales_e_infraestructuras_Que_esta_pasando_Que_es_lo_que_significan_para_el_futuro
- Foley JA, Asner GP, Costa MH, Coe MT, DeFries R, Gibbs HK, Howard EA, Olson S, Patz J, Ramankutty N, et al. 2007. Amazonia revealed: Forest degradation and loss of ecosystem goods and services in the Amazon Basin. *Frontiers in Ecology*, 5(1), 25-32. [https://doi.org/10.1890/1540-9295\(2007\)5\[25:ARFDAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/1540-9295(2007)5[25:ARFDAL]2.0.CO;2)
- Friedl MA, Sulla-Menashe D, Tan B, Schneider A, Ramankutty N, Sibley A, y Huang X. 2010. MODIS Collection 5 global land cover: Algorithm refinements and characterization of new datasets. *Remote Sensing of Environment*, 114, 168–182. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2009.08.016>
- Geist H, y Lambin E. 2001. What drives tropical deforestation. In *LULC Report series 4, LUCC*.
- Geist H, y Lambin E. 2002. Proximate causes and underlying driving forces of tropical deforestation. *BioScience*, 52(2), 143–150. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2002\)052\[0143:PCAUDF\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2002)052[0143:PCAUDF]2.0.CO;2)
- Gorelick N, Hancher M, Dixon M, Ilyushchenko S, Thau D, y Moore R. 2017. Google Earth Engine: Planetary-scale geospatial analysis for everyone. *Remote Sensing of Environment*, 202, 18–27. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2017.06.031>
- Hansen M, Potapov PV, Moore R, Hancher M, Turubanova SA, Tyukavina A, Thau D, Stehman SV, Goetz SJ, Loveland TR, et al. 2013. High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342, 850–853. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hansen M, Stehman S, y Potapov P. 2010. Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 107(19), 8650–8655. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912668107>
- IIAP. 2002. *Iquitos-Nauta Zonificación Ecológica Económica para el Desarrollo Sostenible*.
- Kröger M, y Nygren A. 2020. Shifting frontier dynamics in Latin America. *Journal of Agrarian Change*, 20(3), 364–386. <https://doi.org/10.1111/joac.12354>
- Lambin E, Geist HJ, y Lepers E. 2003. Dynamics of land-use and land-cover change in tropical regions. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 205–241. <https://doi.org/10.1146/annurev.energy.28.050302.105459>
- Ledezma JC, y García Díaz M. 2015. *Cambio de cobertura de la tierra en el área de influencia del proyecto de interconexión entre Pucallpa y Cruzeiro do Sul, Perú*. https://www.conservation-strategy.org/sites/default/files/field-files/Complement_to_PUCALLPA_final.pdf
- Lima LS, Coe MT, Soares Filho BS, Cuadra SV, Dias LCP, Costa MH, Lima LS, y Rodrigues HO. 2014. Feedbacks between deforestation, climate, and hydrology in the Southwestern Amazon: implications for the provision of ecosystem services. *Landscape Ecology*, 29(2), 261–274. <https://doi.org/10.1007/s10980-013-9962-1>
- Lorena RB, y Lambin EF. 2009. The spatial dynamics of deforestation and agent use in the Amazon. *Applied Geography*, 29(2), 171–181. <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2008.09.003>
- Maffei L, y Daniel Cossios E. 2021. Possible impacts of the Iquitos-Saramiriza highway on the biodiversity of Loreto, Peru. *Revista Peruana de Biología*, 28. <https://doi.org/10.15381/RPB.V28IESPECIAL.21963>
- McCracken SF, y Forstner MRJ. 2014. Oil road effects on the anuran community of a high canopy tank bromeliad (*Aechmea zebrina*) in the upper Amazon Basin, Ecuador. *PLoS ONE*, 9(1). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0085470>
- Meyfroidt P. 2016. Approaches and terminology for causal analysis in land systems science. *Journal of Land Use Science*, 11, 501–522. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2015.1117530>
- MINAM. 2016. *Estrategia Nacional de Bosques y Cambio Climático*. Ministerio del Ambiente.
- Mora Paniagua C, Jara Palomino B, y Contreras Tellez F. 2020. *Condiciones ambientales mínimas ante el diseño y construcción de carreteras en la Amazonía: análisis del caso de la carretera Yurimaguas - Jeberos, Loreto*. https://spda.org.pe/?wpfb_dl=4714
- Nobre CA, Sampaio G, Borma LS, Castilla-Rubio JC, Silva JS, y Cardoso M. 2016. Land-use and climate change risks in the Amazon and the need of a novel sustainable development paradigm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(39), 10759 LP – 10768. <https://doi.org/10.1073/pnas.1605516113>
- Oberlack C, Sietz D, Bürgi Bonanomi E, de Bremond A, Dell'Angelo J, Eisenack K, Ellis EC, Epstein G, Giger M, Heinemann A, et al. 2019. Archetype analysis in sustainability research: meanings, motivations, and evidence-based policy making. *Ecology and Society*, 24(2). <https://doi.org/10.5751/ES-10747-240226>
- Perz S, Brillhante S, Brown F, Caldas M, Ikeda S, Mendoza E, Overdevest C, Reis V, Reyes JF, Rojas D, et al. 2008. Road building, land use and climate change: Prospects for environmental governance in the Amazon. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 363(1498), 1889–1895. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.0017>
- Robiglio V, Reyes M, y Makui P. 2020. *DriveNet: una metodología para el análisis participativo de las causas y mecanismos causales de la deforestación y cambio de uso* (ICRAF (ed.); Edición Pr). <https://www.worldagroforestry.org/publication/drivenet-una-metodologia-para-el-analisis-participativo-de-las-causas-y-mecanismos?kid=19056>

- Rosa IMD, Smith MJ, Wearn OR, Purves D, y Ewers RM. 2016. The Environmental Legacy of Modern Tropical Deforestation. *Current Biology*, 26(16), 2161–2166. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2016.06.013>
- Schielein J, y Börner J. 2018. Recent transformations of land-use and land-cover dynamics across different deforestation frontiers in the Brazilian Amazon. *Land Use Policy*, 76, 81–94. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.052>
- Schneider M, Biedzicki de Marques AA, y Peres CA. 2021. Brazil's Next Deforestation Frontiers. *Tropical Conservation Science*, 14. <https://doi.org/10.1177/19400829211020472>
- Sietz D, Frey U, Roggero M, Gong Y, Magliocca N, Tan R, Janssen P, y Václavík T. 2019. Archetype analysis in sustainability research: methodological portfolio and analytical frontiers. *Ecology and Society*, 24(3). <https://doi.org/10.5751/ES-11103-240334>
- Song XP, Hansen MC, Potapov P, Adusei B, Pickering J, Adami M, Lima A, Zalles V, Stehman SV, Di Bella CM, et al. 2021. Massive soybean expansion in South America since 2000 and implications for conservation. *Nature Sustainability*, 4(9), 784–792. <https://doi.org/10.1038/s41893-021-00729-z>
- Southworth J, Marsik M, Qiu Y, Perz S, Cumming G, Stevens F, Rocha K, Duchelle A, y Barnes G. 2011. Roads as Drivers of Change: Trajectories across the Tri-National Frontier in MAP, the Southwestern Amazon. *Remote Sensing*, 3, 1047–1066. <http://www.mdpi.com/2072-4292/3/5/1047>
- SPDA. 2019. *El problema de las carreteras en la Amazonía resumido en 5 puntos*. Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA). <https://www.actualidadambiental.pe/el-problema-de-las-carreteras-en-la-amazonia-resumido-en-5-puntos/>
- Vergara K. 2022. *Combining landcover data and network analysis to understand frontier mechanisms in the Peruvian Amazon from a social-ecological perspective*. Humboldt Universität zu Berlin.
- Vilela T, Malky Harb A, Bruner A, Laísa da Silva Arruda V, Ribeiro V, Auxiliadora A, Escobedo Grandez AJ, Rojas A, Laina A, y Botero R. 2020. A better Amazon road network for people and the environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(13), 7095–7102. <https://doi.org/10.1073/pnas.1910853117>
- Zimmermann Teixeira F, Cambará Printes R, Godoy Fagundes JC, Chein Alonso A, y Kindel A. 2013. Canopy bridges as road overpasses for wildlife in urban fragmented landscapes. *Biota Neotrop*, 13(1). <https://doi.org/10.1590/S1676-06032013000100013>

Las designaciones empleadas y la forma en que aparece presentado el material en esta publicación no implican la expresión de opinión alguna por parte de CIFOR-ICRAF, de sus socios ni de los organismos donantes sobre el estatus legal de ningún país, territorio, ciudad o área, ni sobre sus autoridades, ni sobre la delimitación de sus fronteras o límites.

Financiado por:



cifor-icraf.org

cifor.org | worldagroforestry.org

CIFOR-ICRAF

El Centro para la Investigación Forestal Internacional y el Centro Internacional de Investigación Agroforestal (CIFOR-ICRAF) fomenta el poder de los árboles, los bosques y los paisajes agroforestales para hacer frente a los desafíos globales más apremiantes de nuestro tiempo: la pérdida de biodiversidad, el cambio climático, la seguridad alimentaria, los medios de vida y la inequidad. CIFOR e ICRAF son Centros de Investigación CGIAR.

