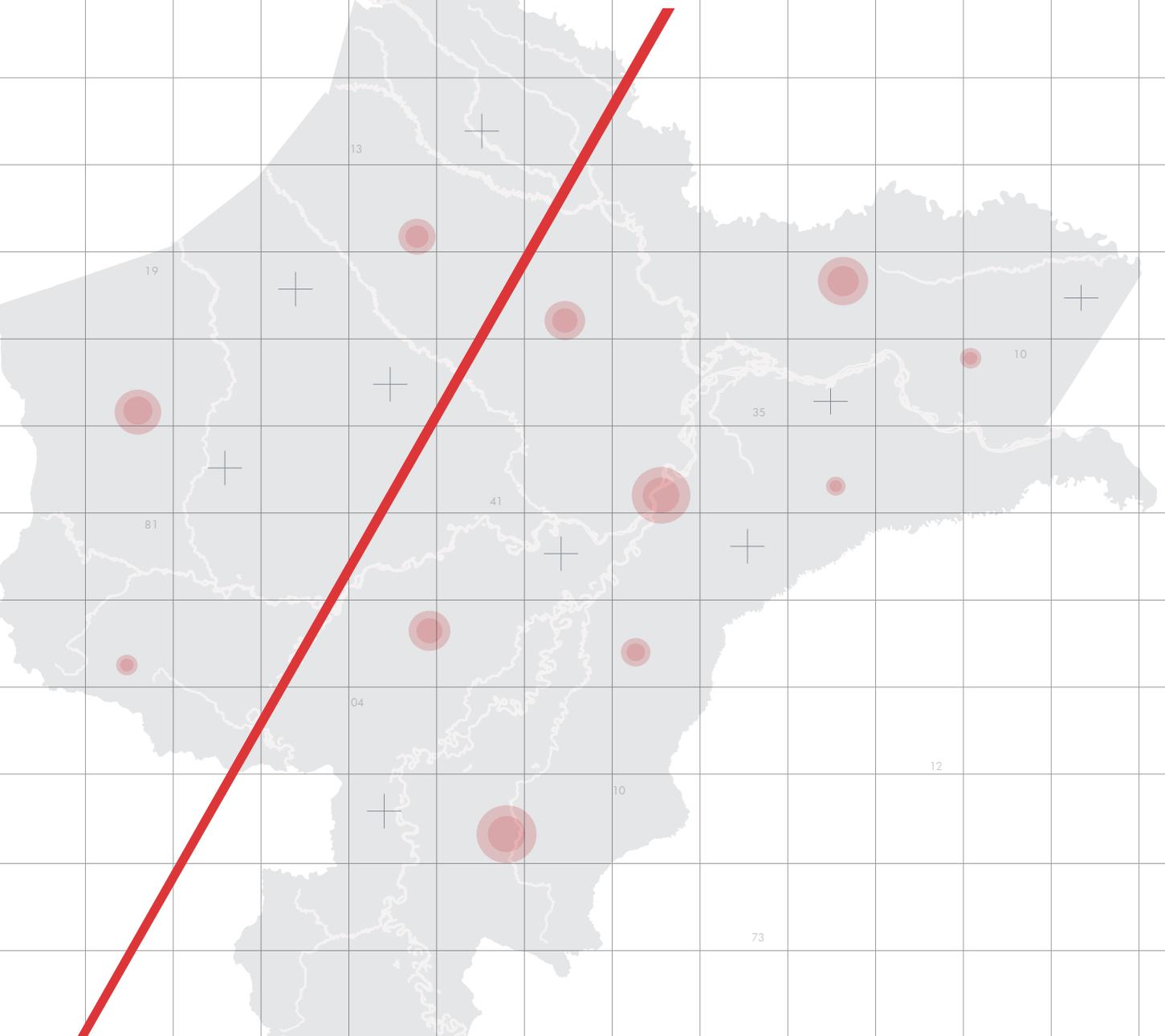


Kenneth R. Young, Eugenio Y. Arima, Erica Ashkenazi y Armando Mercado

AMENAZAS

A LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LORETO, PERÚ



Wildlife Conservation Society (WCS)
Av. Roosevelt 6360
Miraflores, Lima - Perú
wcsperu@wcs.org
www.wcsperu.org
www.aguasamazonicas.org

Primea edición / 500 ejemplares
Impreso en el Perú / Diciembre 2016

Impreso en:
NEGRAPATA SAC.
Jr. Suecia 1470, Urb. San Rafael - Lima 01

Hecho el Deposito Legal en la Biblioteca Nacional
del Perú N° 2017-01413

▼ Está permitida la reproducción total o parcial de este documento, su tratamiento informático, su transmisión por cualquier forma o medio, sea electrónico, mecánico, por fotocopia u otros, con la simple indicación de la fuente cuando sea usado en publicaciones o difusión por cualquier medio, siempre y cuando sea para distribución gratuita y sin fines comerciales. Esta publicación ha sido posible gracias al apoyo de la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID) y Gordon&Betty Moore Foundation (GBMF).

La publicación se realizó como parte del trabajo del Consorcio Loreto y Manu Tambopata, conformado por Wildlife Conservation Society (WCS), la Sociedad Peruana de Derecho Ambiental (SPDA) y el Fondo de las Américas (FONDAM), en el marco de la Iniciativa para la Conservación en la Amazonía Andina (ICAA) de USAID. Las opiniones aquí expresadas son las de los autores y no reflejan necesariamente la opinión de GBMF, SPDA, FONDAM, USAID, ni el gobierno de los Estados Unidos.

© Wildlife Conservation Society (WCS)

Autores

KENNETH R. YOUNG,
EUGENIO Y. ARIMA,
ERICA ASHKENAZI
Y ARMANDO MERCADO

Edición/Corrección de estilo
JUAN LUIS DAMMERT B.

Fotografías

WALTER WUST
ANTONIO ESCALANTE
(págs. 32 y 38)

Diseño y diagramación
JOAQUÍN SANCHO

Impresión

NEGRAPATA SAC

Cita sugerida:

Young, K.R., E.Y. Arima, E. Ashkenazi y A. Mercado. 2016.
Amenazas a los servicios ambientales en Loreto, Perú.
WCS, Lima.

INDICE



07	INTRODUCCIÓN
13	ORIENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN
19	GOBERNANZA AMBIENTAL EN LORETO
23	USO Y COBERTURA DEL SUELO

75 LA GENTE
EN LOS PAISAJES
DE LORETO

29 FUNCIONES
DE LOS ECOSISTEMAS
DE LORETO

81 CONCLUSIONES PARA
LA CONSERVACIÓN
DE LA BIODIVERSIDAD

33 IMPORTANCIA
DE LOS SERVICIOS
AMBIENTALES DE LORETO

39 CAMBIOS EN LA
COBERTURA DEL SUELO
EN LORETO

51 CONSECUENCIAS
PARA EL CARBONO
EN LORETO

63 CONSECUENCIAS
PARA EL HÁBITAT

81

04

35

10

73

12



An aerial photograph of a lush green Amazonian landscape with a winding river. A large teal semi-transparent rectangle is overlaid on the image, containing the title and text. A diagonal line runs from the top left to the bottom right across the teal area.

INTRODUCCIÓN

El departamento de Loreto en la Amazonía peruana es, de acuerdo con varios estándares, el área más biodiversa del Perú, y se encuentra entre las áreas de mayor diversidad ecológica en el mundo, considerando cualquier área de tamaño similar. En consecuencia, la diversidad de Loreto es de importancia global y nacional, como lo son también las alteraciones ambientales causadas por el desarrollo económico.

Este informe resume los hallazgos de un proyecto para evaluar el valor biológico de los ecosistemas naturales en Loreto. Una razón importante de su alta biodiversidad es que Loreto está bajo un clima de bosque lluvioso tropical no estacional que es biológicamente benigno, sin una estación seca fuerte ni riesgo de heladas. El bosque lluvioso en suelos bien drenados alcanza aquí una buena altura, con estructuras de vegetación complejas que ofrecen variaciones en ambientes lumínicos que van desde la exposición completa en el dosel hasta sotobosques de bosques oscuros, albergando por lo tanto muchas especies diferentes y acumulando grandes cantidades de carbono en los tejidos vegetales.

La presencia de una multitud de especies de plantas permite contar con una variedad de consumidores de materia vegetal, así como con sus respectivos depredadores y parásitos. La mayoría de las plantas son polinizadas por insectos o murciélagos, y en la mayoría de casos sus semillas son dispersadas por aves, murciélagos, roedores y peces; los mutualismos permiten y fomentan diversidad adicional.

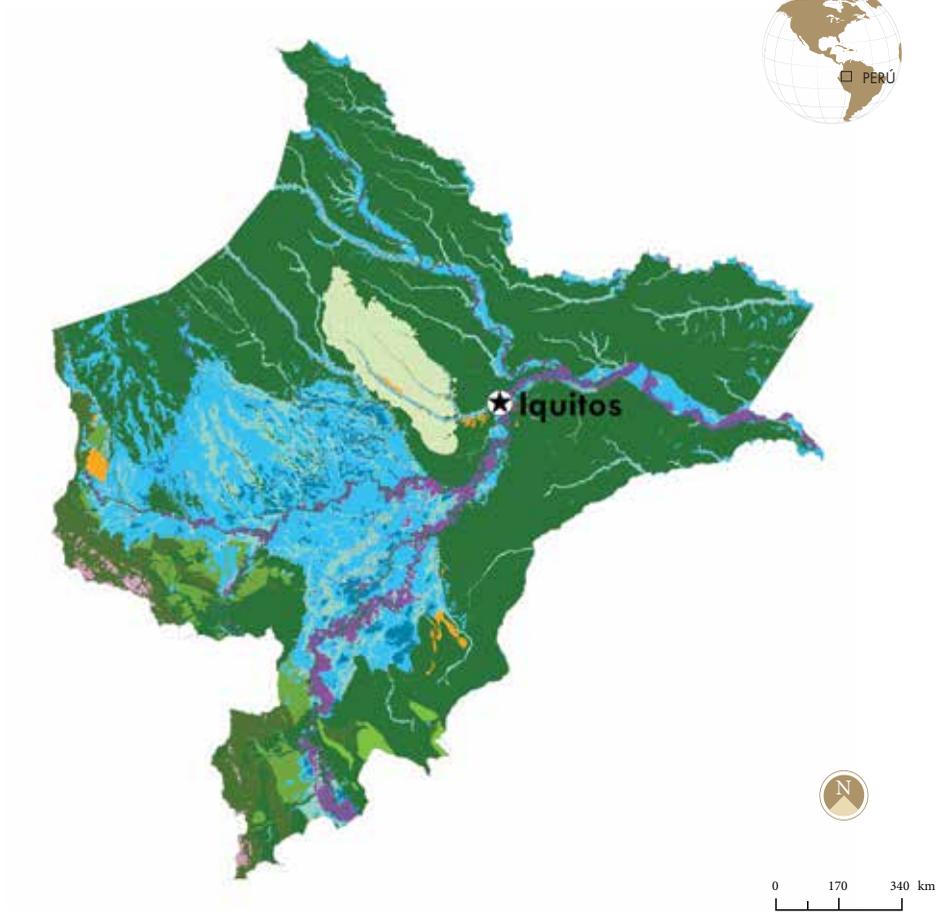
El resultado es una diversidad alfa muy alta, medida como el número de especies que se encuentran en un lugar particular, especialmente para árboles, peces, aves, primates e invertebrados (ver por ejemplo, Pomara et al., 2014). La alta diversidad en un lugar dado es el resultado de la compleja estructura de la vegetación y de muchas especies co-dependientes y que interactúan. Se puede asumir que la vegetación intacta no adyacente al cambio actual o previsto en la cobertura del suelo tiene el máximo valor para el mantenimiento de la biodiversidad nativa y de los servicios ambientales que presta a través de mutualismos y otras interacciones entre especies.

Loreto tiene también una alta diversidad beta, medida como el cambio en la composición de las especies de un lugar a otro (Gentry, 1988; Tuomisto et al., 2014). Normalmente, esta diversidad de lugar a lugar está asociada con diferentes sustratos, que van desde arcillas y arenas bien drenadas, pero altamente lixiviadas, hasta turbas orgánicas saturadas de agua y sedimentos de río recientemente depositados. Esta variación espacial edáfica alberga diferentes tipos de vegetación, muchos asociados con fauna especialista (Fine et al., 2004). No hay otro lugar en el Perú con humedales y hábitats ribereños en tan grandes extensiones. Las formaciones de bosque de arena blanca son únicas en la Amazonía occidental (Fine et al., 2010). Se puede representar esta diversidad espacial con el mapeo de ecosistemas; aquí usamos el sistema presentado en la Figura 1.

Loreto está conectado con los Andes del norte y centrales a través de ríos que transportan agua y sedimentos. Esta es la fuente de la gran estacionalidad en los ciclos de inundación, puesto que de esta manera la llanura amazónica está esencialmente conectada a los ciclos de precipitación de las vertientes altas.

El serpenteo de los ríos altera los ambientes ribereños, destruyendo algunos e iniciando procesos de sucesión en otros, a través del depósito de sedimentos o la creación de cochas (Puhakka et al., 1992). Las inundaciones cambian la conectividad, tamaños, y química del agua en los ambientes acuáticos y de humedales. Loreto, por ejemplo, tiene una diversidad de especies de peces muy alta, con muchas especies especialistas de hábitat, y otras que dependen de los ambientes naturales en esta región para completar sus ciclos de vida (Albert et al., 2011). De hecho, Loreto sirve como un área fuente para muchas especies acuáticas que completarán su desarrollo en otra parte de la cuenca. ▽

ECOSISTEMAS RECONSTITUIDOS



- | | |
|--|--|
|  Bosque inundable |  Vegetación esclerófila de arenas blancas |
|  Bosque pantanoso |  Palmar pantanoso subandino |
|  Bosque pantanoso de la llanura pluvial |  Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas |

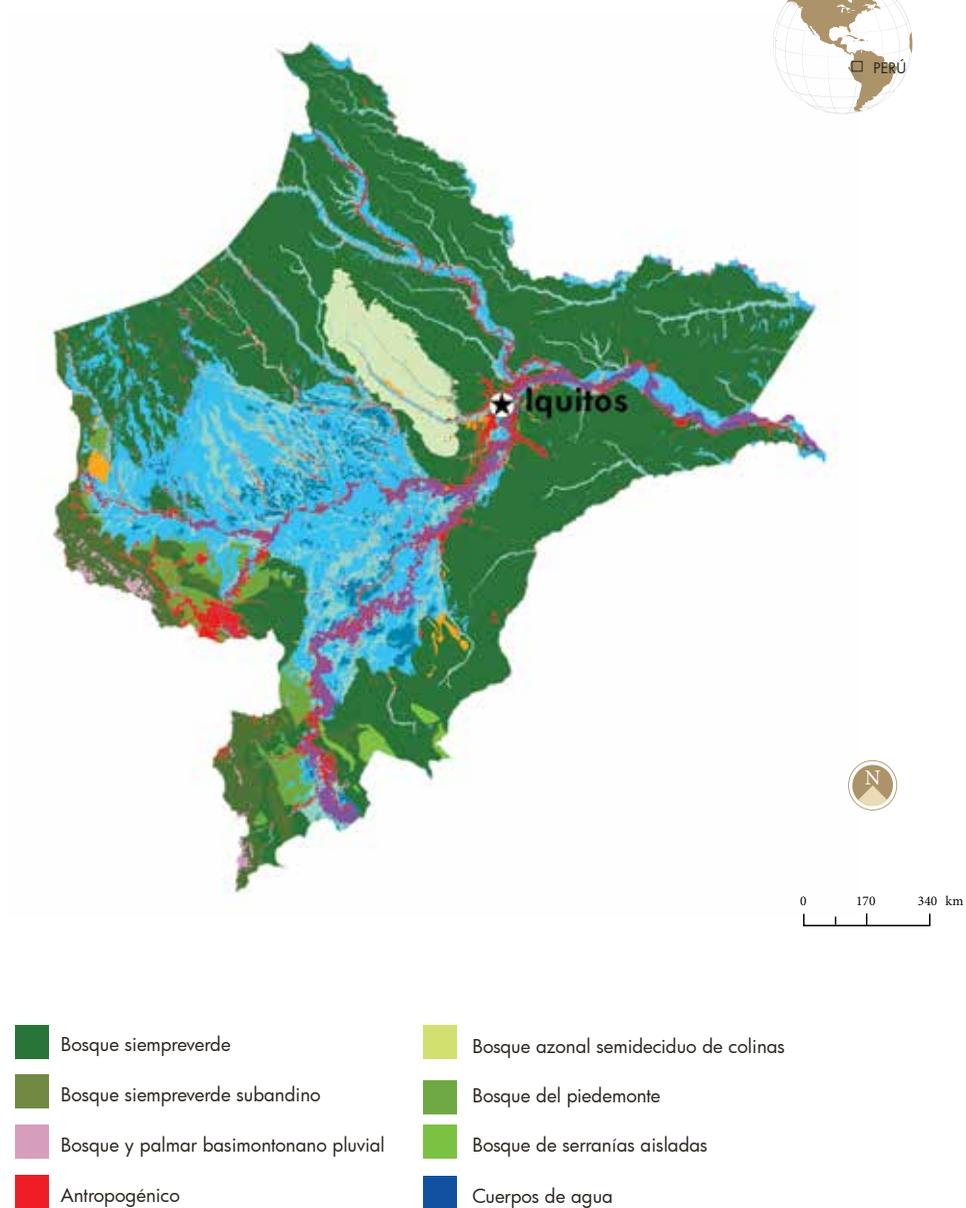


Figura 1. Ecosistemas naturales de Loreto de acuerdo al mapa de WCS y cómo han sido utilizados en algunos de los análisis de este proyecto en donde la clase “antropogénico” fue excluida para permitir correr los escenarios de deforestación desde un estado anterior a la deforestación.



ORIENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

El proyecto de investigación consistió en caracterizar la biodiversidad y los servicios ambientales provistos por la naturaleza en las condiciones actuales y en las condiciones que podrían existir en diferentes escenarios de desarrollo.

Para hacer esta evaluación, el proyecto utilizó enfoques de investigación ecológica y geográfica, incluyendo mapeo y medición/cuantificación de servicios ecosistémicos, construcción de escenarios de posible cambio ambiental futuro considerando planes actuales de desarrollo económico y transporte, y una evaluación de las implicaciones de estos hallazgos para la gobernanza ambiental.

Este documento ofrece una visión de conjunto de los temas abordados en la investigación, resume los métodos utilizados y resultados logrados y ofrece sugerencias de cómo los resultados pueden ser utilizados para mejorar el manejo de recursos y ambientes naturales.

Actualmente es posible calcular la cantidad de carbono almacenado en la biomasa de ecosistemas que ocupan áreas extensas (Potapov et al., 2014). Esto ha sido hecho recientemente, por ejemplo, por Asner et al. (2014) para todo el Perú, reportando reservas elevadas de carbono superficial para el lado oriental amazónico del país. Sus datos para Loreto sugieren que cantidades particularmente elevadas de carbono se encuentran en esa región, asignando a los bosques intactos un valor elevado en lo concerniente a créditos de carbono.

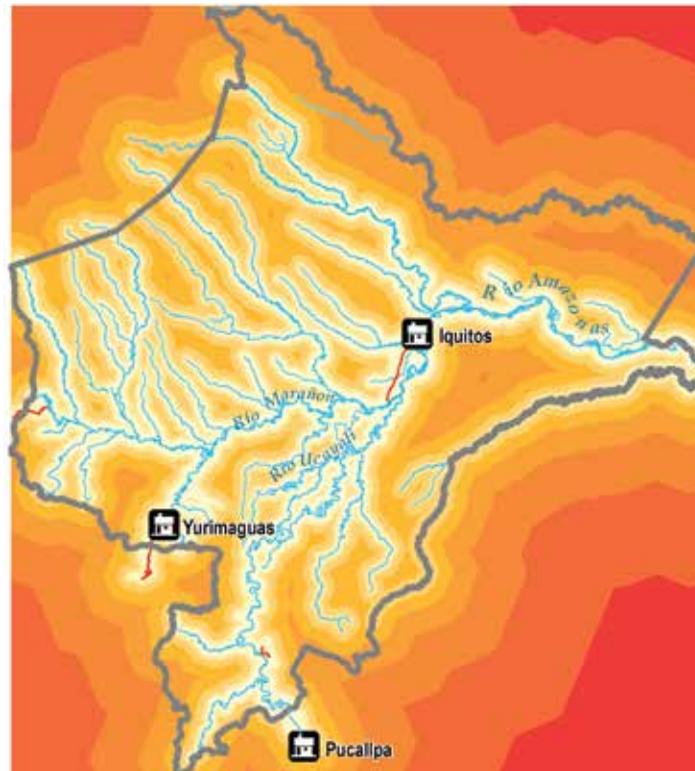
Sin embargo, es apropiada la advertencia de Adams (2014) respecto a que los esfuerzos de asignar un valor a la naturaleza no deben limitarse a métodos económicos, puesto que los ecosistemas de alta diversidad no necesariamente producen servicios ambientales vistos por la sociedad como valiosos. Lo opuesto también podría ser cierto, es decir, que los ecosistemas que proveen valores económicos altos pueden no encontrarse entre los más complejos desde un punto de vista biológico (por ejemplo, la mayoría de los ecosistemas agrícolas corresponderían a este caso).

Otros enfoques reconocen las amenazas y grado de influencia humana en la alteración del hábitat (Brooks et al., 2006). Proyectos recientes de investigación han utilizado el modelamiento espacial para determinar el rol de los intercambios entre servicios ecosistémicos, comparando por ejemplo el almacenamiento de carbono, reducción de la contaminación del agua, biodiversidad, producción de madera y valores de recreación en la región centro-norte de los Estados Unidos (Polasky et al., 2011; Kovacs et al., 2013). Esta investigación utilizó un enfoque similar y el mismo software –InVEST– que estos proyectos, enfocando el análisis en los valores de hábitat de Loreto en términos de carbono y biodiversidad. Duque et al. (2014) advierten contra un enfoque estrictamente “carbono-céntrico” a partir de experiencias en Colombia.

La ciencia del cambio de la tierra (en inglés *Land Change Science*) ofrece métodos para predecir posibles cambios futuros en la cobertura del suelo. Esta es la clase de información utilizada en InVEST para cuantificar posibles cambios asociados a los servicios ambientales, tales como almacenamiento de carbono y hábitat para la vida silvestre. Una manera estándar de hacer esto es a través de métodos econométricos que asocian los cambios en la cobertura del suelo con los costos e ingresos de la actividad económica. En este caso, la deforestación es modelada como el cambio de cobertura del suelo de interés.

Un enfoque espacial innovador fue desarrollado por Arima (2016), utilizando un modelo espacial de probabilidades, que también fue contrastado –con fines comparativos– con hallazgos de un modelo de probabilidades estándar (utilizado recientemente, por ejemplo, para predecir la posible deforestación en el área de Pucallpa, Ucayali por Vergara et al., 2014). Tanto el modelo espacial como el estándar fueron utilizados aquí para predecir una gama de posibles escenarios de deforestación futura, informados por la distribución espacial de los costos de transporte derivada de datos recolectados durante este proyecto (Figura 2) e impulsados por las variables estadísticamente significativas asociadas con la deforestación previa en Loreto.

SUPERFICIE DE COSTO ACUMULADO



0 50 100 km

Costo Acumulado Transporte
Soles/Saco



Mercados centrales



Ríos navegables



Vías asfaltadas/afirmadas



Límite Regional

Figura 2. Superficie de costo de transporte acumulado desarrollada a partir de datos empíricos recolectados en 2013 y 2014, referidos al costo de transporte por río para el movimiento de una variedad de productos naturales extraídos de los ecosistemas de Loreto.

Enfoques analíticos que ofrecen este tipo de evaluaciones regionales también necesitan ser matizados e informados por datos precisos que capten mejor las dimensiones humanas adicionales del uso del suelo y la valoración de la naturaleza (Evans et al., 2014; Hecht et al., 2014). Para Loreto, tres estudios recientes que utilizan entrevistas referidas a los recursos naturales con líderes de hogar y comunitarios pueden ser utilizados con este fin. Uno fue realizado por Sara Diamond en la zona alrededor del Área de Conservación Regional Comunal Tamshiyacu-Tahuayo en el 2013 y 2014, como parte de este proyecto, e incluye en su informe resultados obtenidos en 17 comunidades y 102 hogares. Los otros dos estudios fueron realizados previamente: Mario Cardozo (2013) proporcionó datos sobre 40 comunidades y 319 hogares localizados a diferentes distancias de la ciudad de Iquitos; y Mariana Montoya (2010) evaluó a los Kandoshi a través de entrevistas con 137 personas de 20 comunidades.

Estos tres estudios ofrecen reflexiones desde las cuales se pueden evaluar las posibles consecuencias para la gobernanza ambiental y las respuestas desde el nivel local al regional en Loreto. Además, representan una gradiente socioeconómica, desde los aislados e independientes Kandoshi del río Pastaza, hasta los pequeños agricultores del Tamshiyacu-Tahuayo, mucho más orientados al mercado, y las comunidades asentadas en los ambientes periurbanos de Iquitos. Se esperaría que las fuerzas de mercado, tales como las representadas en la Figura 2, sean más importantes en áreas fácilmente accesibles desde Iquitos u otros sitios donde los productos naturales son comercializados, y donde la gobernanza ambiental se lleva a cabo en referencia a valores comerciales y costos de transporte. ▼



GOBERNANZA AMBIENTAL EN LORETO

Hay presiones internacionales en juego para incrementar el acceso a través y al interior de Loreto con fines de transporte, lo que resulta en proyectos de modificar el curso de los ríos para permitir el paso de grandes barcos (hidrovías) así como en esfuerzos en marcha para conectar Iquitos con los sistemas nacionales de ferrocarril o autopistas.

Hace varios años, Young & Lipton (2006) evaluaron el potencial para la gobernanza ambiental adaptativa en Ancash, en la zona de amortiguamiento del Parque Nacional Huascarán, de cara a cambios climáticos y socioeconómicos en curso. Ellos identificaron factores biofísicos externos que afectan los ambientes naturales. Igualmente, señalaron retos y oportunidades para responder a través de adaptaciones del uso del suelo en el marco de las estructuras de gobernanza existentes. Si bien las temperaturas globales son las que influyen en el retroceso de los glaciares y en el cambio hidrológico y ecológico asociado (Young, 2014), las decisiones económicas y políticas al nivel nacional y regional son las que están impulsando los cambios más conspicuos en la cobertura del suelo. En muchos casos pareciera existir una gran capacidad adaptativa en los niveles comunitario y del hogar, pero la flexibilidad de esta capacidad está limitada por la gobernanza que interviene desde los niveles distrital, regional y nacional. Las zonas montañosas rurales en esa parte del Perú tienen una población decreciente, sobre todo en lugares alejados de las ciudades en crecimiento, mientras que las zonas rurales costeras que pueden ser irrigadas se han convertido a la agricultura industrial, produciendo para mercados internacionales y nacionales. El agua que permite este modelo de desarrollo económico proviene en parte de los glaciares en retroceso como consecuencia del cambio climático global, creando así retos para la equidad social y la gobernanza ambiental (Bury et al., 2013; Carey et al., 2014; Wrathall et al., 2014).

La situación en Loreto es más complicada porque hay una mayor variedad de factores externos que impulsan el cambio y los efectos son más difusos espacialmente. Hay presiones internacionales en juego para incrementar el acceso a través y al interior de Loreto con fines de transporte, lo que resulta en proyectos de modificar el curso de los ríos para permitir el paso de grandes barcos (hidrovías) así como en esfuerzos en marcha para conectar Iquitos con los sistemas nacionales de ferrocarril o autopistas. Hay esfuerzos para establecer plantas hidroeléctricas y líneas de transmisión. Históricamente ha habido grandes inversiones externas en pozos exploratorios y de producción para la extracción de petróleo, que datan de los años 70 y continúan en la actualidad, haciendo uso de infraestructura de oleoductos vieja y precaria.

Los factores climáticos externos que impulsan el cambio en esta zona son más discretos que en las montañas del Perú, con crecientes temperaturas del aire que se cree afectan las tasas de crecimiento de las plantas (Phillips et al., 2009) y con creciente variabilidad en los regímenes de precipitación e inundación (Zeng et al., 2008). Los cambios hidrológicos que afectan a Loreto se deben en gran parte a cambios en los patrones de precipitación en las áreas fuente de los Andes.

Como resultado de estas relaciones, la gobernanza ambiental debe incluir necesariamente una escala de cuenca hidrográfica (Engle & Lemos, 2010), requiriendo el monitoreo y la coordinación a través de las respectivas entidades nacionales y regionales en los países andinos y amazónicos.

Las dimensiones hidrológicas pueden ser delimitadas con respecto al flujo de agua en los ríos, pero hay también cambios económicos, políticos y demográficos que trascienden esas dimensiones y necesitan ser monitoreados y evaluados por otros medios (ver por ejemplo Coomes et al., 2009, 2010).

Dourojeanni (2013) ilustró la magnitud de las posibles sinergias negativas que afectan la biodiversidad y la cobertura del suelo en Loreto¹. Su análisis sirvió como inspiración para nuestro análisis de los efectos de potenciales desarrollos de infraestructura evaluados en este informe, aunque las consecuencias espaciales reveladas aquí difieren del estudio de Dourojeanni tanto en patrones generales como en detalles específicos. Sin embargo, su identificación de un proceso defectuoso de planificación, con proyectos nacionales avanzando con poca coordinación en los niveles regionales de gobernanza, sigue siendo relevante. Mejoras en esa coordinación y en las capacidades regionales para la planificación y administración ambiental serían deseables.

Los paisajes incluidos en este informe abarcan los ecosistemas de interés, pero su evaluación también involucra las distribuciones espaciales de los diferentes tipos de vegetación y hábitat, además de la posibilidad de examinar la conectividad al interior y entre paisajes, en términos de flujos de agua, materiales, e incluso genes. Un enfoque a escala de paisaje ofrece muchas ventajas analíticas y provee un marco útil para actividades de conservación y manejo. Por ejemplo, los paisajes utilizados por el hombre frecuentemente tienen mosaicos de cobertura del suelo muy diferentes a los de los paisajes naturales, permitiendo el reconocimiento y la cuantificación de los impactos humanos en la naturaleza y potencialmente en los servicios ambientales considerados de interés. Una gradiente de uso del suelo puede ser identificada entre los paisajes rural, periurbano y urbano (Colgan et al., 2014), usando las diferencias entre estos como la base para estrategias de conservación (Melo et al., 2013). Los paisajes pueden ser evaluados y manejados respecto a su contexto espacial dentro del cambio de escala regional en los ecosistemas y en los gradientes biofísicos. ▽

1. La publicación está disponible aquí: <http://www.dar.org.pe/dar-informa/publicaciones/>





USO Y COBERTURA DEL SUELO

La diversidad natural y dinamismo en Loreto serían dramáticamente alterados si la extracción de recursos naturales por la gente y el cambio en la cobertura del suelo fuesen extensivos.

Sin embargo, de acuerdo con muchos estándares, la degradación ambiental en esta región ha sido relativamente baja, con importantes áreas bajo manejo a largo plazo por parte de pueblos indígenas tales como los Kandoshi, o establecidas como áreas de protección para la conservación (por ejemplo Tamshiyacu-Tahuayo y la Reserva Nacional Pacaya Samiria) y otras áreas que no han sido ocupadas por considerarse de bajo valor agronómico debido a las altas capas freáticas o a suelos pobres, mientras que otras más son concesiones para el manejo forestal. Hay pocas carreteras, y la mayoría del transporte de bienes se realiza por río, de manera que la deforestación asociada a carreteras está entre las más bajas de la cuenca Amazónica. Por tanto, las oportunidades para la investigación y el monitoreo de ecosistemas intactos son amplias y las estrategias de conservación pueden maximizar la protección y la mitigación.

Sin embargo, el continuo crecimiento de las áreas urbanas, particularmente la ciudad de Iquitos, junto con los planes recientes de los gobiernos nacional y regional de crear nuevos corredores de transporte y energía, además del continuo desarrollo de infraestructura petrolera, están combinándose para crear sinergias destructivas, distintas de las vistas anteriormente en esta parte del Perú. La Amazonía también está afectada por el cambio climático a través de dinámicas alteradas del carbono (debidas a niveles más altos de dióxido de carbono, temperaturas nocturnas más altas y crecientes periodos de estrés hídrico) y creciente variabilidad en los niveles de los ríos e inundaciones (Nepstad et al., 2008; Lima et al., 2014), con implicaciones para la adaptación humana (Marengo et al., 2013).

Los objetivos del uso del suelo de el/los actor(es) social(es) que controla(n) o altera(n) el paisaje de interés darán importantes ideas para predecir funciones eco sistémicas futuras (Cumming et al., 2014), por ejemplo, si los paisajes van a ser manejados para objetivos nacionales, para objetivos regionales, para la ganancia económica de empresas privadas, o para el uso múltiple por comunidades locales. Así mismo, para la interpretación del uso de la tierra se requiere de insumos de entrevistas, visitas de campo y talleres, que clarifiquen la gobernanza local con respecto a quién toma las decisiones sobre la extracción del recurso y cómo ese uso se relaciona con posibles tasas de aprovechamiento sostenible.

En efecto, se puede decir que Loreto –y más ampliamente la Amazonía occidental– se encuentra en un punto de inflexión ecológica, con cambios simultáneos tanto en los factores biofísicos asociados con el cambio climático, como en los procesos socioeconómicos que están conectando Loreto a las demandas extractivas y a cambios de la cobertura del suelo. Loreto ofrece por tanto un ejemplo de caso emblemático de importancia global para examinar el desarrollo sostenible bajo el cambio futuro.

La matriz del paisaje dominante de las comunidades rurales de Loreto es a menudo barbecho (Denevan & Padoch, 1987), relacionado con la vegetación de bosque secundario que se desarrolla después de cosechar los cultivos, con parches donde se ubican las chacras y huertos bajo manejo (ver por ejemplo, Perrault-Archambault & Coomes, 2008), o bosque recién cortado, y corredores formados por senderos o caminos.

La matriz del paisaje dominante de los territorios indígenas a menudo consiste en la vegetación original (Montoya & Young, 2013), solo con áreas relativamente pequeñas bajo manejo activo, y otras áreas que representan la vegetación en proceso de recuperación tras ser abandonadas por la comunidad. Por lo tanto, se evidencia un gran contraste entre los efectos relativos del uso de la tierra por indígenas y colonos cuando se evalúan con un enfoque de paisaje. También serían importantes los paisajes modificados por la urbanización, tanto en la propia ciudad de Iquitos como en las áreas peri-urbanas periféricas, donde el uso y cobertura del suelo están fuertemente influenciados por factores económicos urbanos (Cardozo, 2013). Es implícito que el estudio con enfoques de ecología de paisaje ofrecerá perspectivas sobre el uso del suelo y los patrones de asentamiento humano pasados y presentes, sobre todo en términos de sus efectos sobre los servicios ambientales.

Este proyecto utilizó la clasificación de ecosistemas desarrollada en Perú por WCS como insumo para los tipos de cobertura de suelos, modificándola en algunos casos al excluir analíticamente la clase “antropogénico”, para calcular la línea de base de deforestación (Figura 1). Este sistema de clasificación de ecosistemas es útil porque establece un equilibrio entre la necesidad de

contar con subdivisiones más finas y la falta de investigación empírica sólida sobre las características de la biodiversidad y de los 14 ecosistemas. Estos tipos de ecosistemas dividen Loreto en: once tipos de vegetación arbolada, un tipo de vegetación herbácea, cuerpos de agua y la clase “antropogénico”, que es un complejo de vegetación arbolada y herbácea plantada o manejada por la gente. Este último tipo es especialmente importante en términos de uso sostenible, pues representa un tipo de ecosistema rico en especies que provee muchos productos útiles (Coomes et al., 2011). En efecto, como tipo de ecosistema depende de la interacción humana para continuar existiendo.

Otros tipos de paisajes importantes en Loreto son las superficies manejadas para la conservación estricta de la biodiversidad, aquellos designados para actividades de extracción sostenible, tales como las concesiones madereras, y otros que serán convertidos de tipos de cobertura natural a tipos de cobertura plantados o diseñados, como por ejemplo las plantaciones de palma aceitera. Una vez más, aquí los patrones espaciales de los paisajes particulares son importantes, como lo son sus contextos espaciales y conectividades para la dispersión de organismos. En estos análisis, los archivos “shape” de áreas protegidas y manejadas son utilizados para ayudar a distinguir sus efectos en los escenarios (Figura 3).

Una comparación del mapa de ecosistemas (Figura 1) con la cobertura de los sistemas nacional y regional de áreas protegidas (Figura 3) revela que las áreas de bosques de arenas blancas de alto valor están bien cubiertas por las áreas protegidas, mientras que gran parte de las áreas de bosque pantanoso están incluidas dentro de la Reserva Nacional Pacaya Samiria o están localizadas en el sitio Ramsar del río Pastaza. Por el contrario, el bosque bien drenado de colinas no está bien representado en el sistema de áreas protegidas, mientras que las áreas estacionalmente bien drenadas de la llanura inundable están completamente convertidas a agro-ecosistemas o no están protegidas por medidas formales de conservación. Las áreas protegidas regionales son manejadas con fines de extracción sostenible y con gobernanza compartida entre las comunidades locales, programas de desarrollo y agencias de los gobiernos regionales. ▽

ÁREAS NATURALES PROTEGIDAS EN LORETO

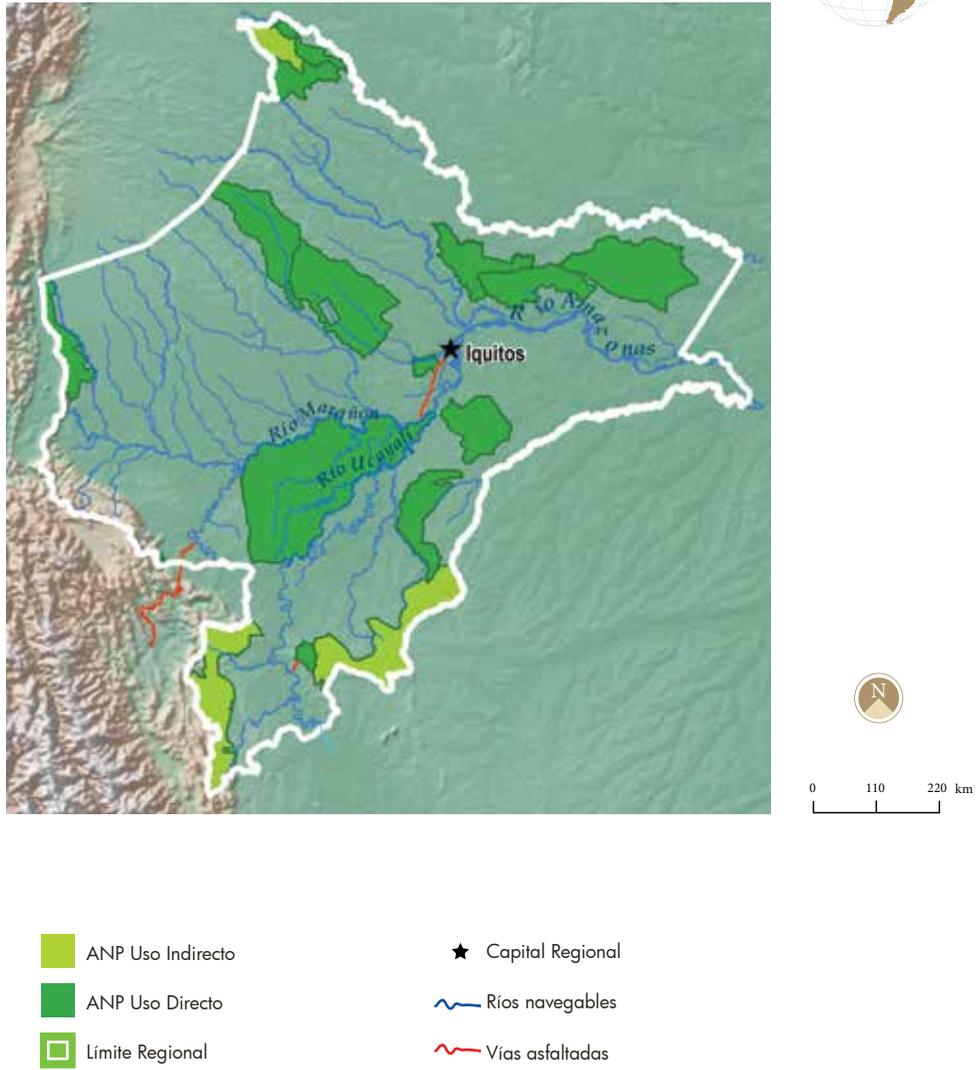


Figura 3. Áreas naturales protegidas en Loreto manejadas a nivel nacional y regional.



FUNCIONES DE LOS ECOSISTEMAS DE LORETO

Los ecosistemas actúan para procesar la energía solar, almacenar esa energía en complejas estructuras vivientes y proporcionar hábitat para miles de especies. A su vez, estas funciones pueden ser vistas como servicios de los ecosistemas cuando proveen productos o acciones útiles para la gente (Kareiva et al., 2011).

Los ecosistemas actúan para procesar la energía solar, almacenar esa energía en complejas estructuras vivientes, y proporcionar hábitat para miles de especies. A su vez, estas funciones pueden ser vistas como servicios de los ecosistemas cuando proveen productos o acciones útiles para la gente (Kareiva et al., 2011).

La fotosíntesis en las plantas convierte la energía solar y el dióxido de carbono atmosférico en azúcares; eventualmente moléculas más complejas de carbohidratos y proteínas son producidas, lo que permite el crecimiento de las plantas y luego el crecimiento y metabolismo de sus consumidores animales (Chapin et al., 2011). Los bosques tropicales tienen las mayores tasas de productividad primaria neta en el mundo, lo que significa que los bosques de Loreto proveen un almacenamiento de carbono de importancia mundial y por inferencia un almacenamiento sustancial de carbono. Si los bosques añaden biomasa a través del crecimiento de las plantas, entonces los depósitos de carbono se incrementan; los bosques talados y quemados añaden dióxido de carbono a la atmósfera y provocan calentamiento por gases de efecto invernadero (ver por ejemplo, DeFries et al., 2008). La medición de estos flujos y almacenamientos permite el inventario y cuantificación de las cantidades de carbono involucrado.

Hay otros aspectos de la función del ecosistema relacionados con el carbono que, sin embargo, no son considerados a menudo cuando se elaboran evaluaciones de los servicios ecosistémicos relacionados con las necesidades e intereses humanos. Los suelos de los bosques reciben aportes de hojarasca y moléculas orgánicas que impulsan los procesos de descomposición; los compuestos químicos más resistentes a la descomposición son aquellos con la capacidad más prolongada de almacenamiento de carbono en el suelo. Los sustratos de los humedales almacenan aún más carbono de esta manera, ya que sus suelos orgánicos se encuentran a menudo bajo el agua, lo que significa que las condiciones anóxicas impiden o demoran dramáticamente la descomposición (Lähteenoja et al., 2012). Las funciones de los ecosistemas bajo tierra son, pues, aspectos esenciales de la dinámica de carbono en los paisajes de Loreto. Ellos pueden ser controlados también por las limitaciones en la disponibilidad de otros nutrientes de plantas necesarios, tales como el nitrógeno y el fósforo, y por la humedad del suelo.

Su importancia solo puede evaluarse indirectamente en este momento, a través de inferencias basadas en las relaciones probables con la biomasa encima del suelo.

El agua es utilizada por las plantas para la transpiración y el movimiento hacia arriba de los materiales disueltos, desde los sistemas de raíces a las hojas y a través de las estomas de la hoja a la atmósfera. La disponibilidad de agua en el suelo es, pues, un control adicional sobre la fotosíntesis y las interacciones entre la vegetación y la atmósfera. Los períodos secos de varias semanas a meses de duración alteran los patrones fotosintéticos (Saatchi et al., 2013), con implicaciones tanto para los procesos del ecosistema como para la dinámica de las especies.

En los humedales, los cambios estacionales en los niveles de agua impulsan cambios en las reservas de carbono, productividad primaria y muchas otras funciones de los ecosistemas.

Los procesos hidrológicos y limnológicos afectan los lagos y ríos; la cantidad de oxígeno disuelto en el agua se vuelve un control crucial, al igual que los compuestos a base de carbono disueltos y en suspensión, incluyendo los taninos que afectan al color y la transparencia del agua. Además, los ríos amazónicos mueven muchas toneladas de roca, arena y partículas de arcilla en cada ciclo de inundación, transformando los sedimentos en los lechos, orillas y terrazas de los ríos, con funciones eco-sistémicas adicionales a medida que la vegetación crece en nuevos sustratos y los sistemas acuáticos se someten a la sucesión.

La vegetación terrestre y en los humedales, y la estructura física, algas y plantas que se encuentran en los ecosistemas acuáticos, ofrecen hábitat para las especies nativas de Loreto. Por lo tanto, una función importante del ecosistema es la provisión de hábitat. En algunos casos, la presencia de un tipo particular de hábitat permite predecir la posible presencia de una especie de interés. Por lo tanto, se puede generalizar que la protección y manejo del hábitat a escala de paisaje es la forma más eficiente para proporcionar cobertura de conservación a los ecosistemas tropicales ricos en especies y pobres en datos, tales como los de Loreto. ▽



A photograph of a tropical riverbank with lush green vegetation, palm trees, and a person in the background. A large red semi-transparent overlay covers the center of the image, containing white text. The text is arranged in a title and a paragraph. The background shows a riverbank with a person standing near a boat, and the water reflects the surrounding greenery.

IMPORTANCIA DE LOS SERVICIOS AMBIENTALES DE LORETO

Teniendo en cuenta estas características de biodiversidad y ecológicas, es posible, cuando los seres humanos están presentes, que las funciones de los ecosistemas que son útiles para ellos puedan ser consideradas servicios ambientales.

Utilizando la terminología TEEB (<http://www.teebweb.org/>) de los “paquetes de servicios ambientales”, hay siete grupos importantes de servicios proporcionados por la naturaleza en Loreto:

1) Relacionados con el carbono. La fotosíntesis y el crecimiento de las plantas resultan en la captura y almacenamiento de carbono. Estos flujos y almacenamientos son propiedades eco-sistémicas fundamentales de los bosques y humedales. Otros controles sobre las cantidades de carbono son las tasas de mortalidad y descomposición de las plantas. La captura de carbono es vista ahora como un servicio ambiental, por lo cual varios grupos nacionales e internacionales están trabajando para asignarle valores económicos y ecológicos. Además, existen los medios para estimar los patrones espaciales de flujos y almacenamiento utilizando teledetección, lo que puede ser acompañado por el modelamiento para permitir el desarrollo de escenarios de posibles condiciones futuras, como se hace en este proyecto. Los efectos del cambio de la cobertura del suelo en el carbono también pueden ser evaluados, aunque frecuentemente en los enfoques actuales el carbono de los suelos y sustratos es descuidado o estimado indirectamente. Si se asigna un valor económico a los flujos y reservas de carbono en los ecosistemas entonces los análisis del contenido de carbono en la biomasa y en los sustratos de los ecosistemas puede ser utilizado para hacer las evaluaciones monetarias.

2) Relacionados con el agua. Loreto está dominado por ecosistemas afectados por el agua, como los humedales y ríos, y por lo tanto los procesos hidrológicos y ecológicos involucrados son cruciales. Estos procesos tienen múltiples facetas, y son controlados por las restricciones medioambientales que actúan a través de escalas de tiempo y espacio (Castello et al., 2013). Por lo tanto, con el conocimiento actual, algunos aspectos importantes de estos procesos no son fáciles de medir, estimar o modelar. Por ejemplo, los flujos de agua y el movimiento, la erosión y la deposición de sedimentos crean la dinámica de los ecosistemas fluviales y de humedales, afectando su composición de especies, funciones eco-sistémicas y la estructura de hábitat que proporcionan. Estos procesos también

afectan directamente a los medios de vida de muchos pobladores rurales de Loreto. La calidad del agua es determinada por esas dinámicas hidrológicas naturales, procesos químicos / ecológicos y cualquier perturbación causada por la contaminación producida por los humanos, que es especialmente dramática para el caso de la ciudad de Iquitos. El ciclo de inundaciones es una fuerza organizadora fundamental para el cambio ecológico estacional en Loreto, incluyendo los sistemas de uso de la tierra. Además, los flujos de agua pueden convertirse en energía útil para la gente a través de plantas hidroeléctricas. En la escala de la cuenca del Amazonas, los enormes complejos de humedales de Loreto sirven para amortiguar el caudal durante la temporada de lluvias para lugares aguas abajo. Idealmente todas estas características necesitarían ser consideradas en las representaciones de los respectivos servicios ambientales.

3) Relacionados con los alimentos. Los suelos de Loreto proporcionan la base para la agricultura, incluyendo el pastoreo, los sistemas de cultivo-barbecho, y la horticultura permanente. Como resultado, hay parcelas agrícolas establecidas como mosaicos de paisaje de barbecho y pastos; los cultivos, ganado y frutos se producen para la subsistencia y para la venta en los mercados locales y regionales. Algunos de los sistemas de producción dependen de la renovación resultante de las inundaciones y de la sucesión ecológica; como resultado, hay interdependencias espaciales de la dinámica fluvial y la regeneración del bosque con algunos tipos de producción de alimentos. El área en paisajes agrícolas se puede calcular y otras mediciones pueden evaluar los aspectos económicos de la producción de alimentos. El tipo de ecosistema “antropogénico” (Figura 1) podría ser utilizado para representar tanto lo que se ha perturbado por la acción humana como lo que la gente necesita para alimentos y productos forestales no maderables en Loreto.

4) Relacionados con el bosque. Dada la alta biodiversidad de Loreto, hay muchas especies de plantas y animales útiles que pueden ser utilizadas para madera, fibras, colorantes, medicamentos y para la caza. Muchas de estas especies valiosas dependen del hábitat forestal

para su subsistencia y pueden ser extraídas por la gente de los bosques. Sus cosechas sostenibles dependen de que las tasas de extracción permitan la recuperación de la población (Robinson & Bennett, 2000). Nótese que gran parte del bosque sirve el propósito de proveer un hábitat para las especies silvestres, no sólo las que son de utilidad directa para las personas. Los bosques son, en parte, sostenidos por los animales que polinizan las plantas y dispersan sus semillas, por lo que existen múltiples servicios ambientales involucrados, algunos sin embargo conectados sólo indirectamente con el uso humano del suelo. La reducción de valor del hábitat para estas especies se pueden evaluar, por ejemplo, con el software InVEST.

5) Relacionados con los humedales / el agua. En Perú, Loreto tiene la mayor diversidad de especies acuáticas y de humedales, y entre ellas algunas son vistas como especialmente valiosas para la pesca o para otras actividades extractivas, tales como el comercio de acuarios o como, por ejemplo, los frutos de palmera. También hay muchas especies que sirven como eslabones de las cadenas alimentarias naturales. Por lo tanto, hay servicios ambientales proporcionados directamente por esta extracción, pero también procesos ecosistémicos adicionales que mantienen las funciones del ecosistema y regulan la dinámica de poblaciones de las respectivas especies de plantas y animales. Estas funciones tienen implicaciones locales, regionales e internacionales, teniendo en cuenta la conectividad hidrológica de la Amazonía occidental. Los cambios estacionales en la conectividad de los medios acuáticos son particularmente desconcertantes y por tanto difíciles de representar en los análisis, por lo que este seguirá siendo un tema que necesita más datos y desarrollo analítico.

6) Relacionados con los minerales y afines. El recurso natural económicamente más importante del subsuelo de Loreto es el petróleo, y en menor medida, el gas natural. Los resultados de la exploración en curso modificarán continuamente las evaluaciones acerca de dónde el desarrollo económico puede transformar el transporte y la demanda de energía para el futuro. Nótese que la ubicación de las actividades de exploración y extracción también

es fuente de conflictos sociales y con frecuencia ofrece potencial para la contaminación del agua (Postigo et al., 2013; Finer et al., 2015). También causa cambios directos e indirectos en la calidad del hábitat para las especies nativas. En este sentido, el modelamiento de escenarios como el hecho en este proyecto será útil, pero solo puede hacer predicciones generales de posibles cambios en el paisaje debido a la falta de previsibilidad de los sitios donde se descubrirá petróleo en el futuro. Además, los efectos de la contaminación no se pueden predecir adecuadamente sin mucha más información básica sobre los contaminantes involucrados, sus respectivas bioquímicas y sus movimientos en el agua o a través de los organismos vivos (Chang et al., 2014; Reátegui-Zirena et al., 2014).

7) Relacionados con aspectos culturales. Loreto tiene muchos beneficios y servicios proporcionados por la naturaleza que son de valor para las personas, ya sea para su uso directo o por su valor recreacional. Por ejemplo, los entornos naturales ofrecen espacios para la recreación y el turismo; algunas zonas de Loreto están protegidas por sus valores naturales a través de programas nacionales o regionales. Hay posadas turísticas que se encuentran cerca o en áreas naturales para proporcionar una experiencia de la selva a los visitantes. También son muy importantes para Loreto los lugares y entornos naturales que tienen valores culturales para los pueblos indígenas y que ayudan a sostener sus sistemas de creencias y bienestar (ver por ejemplo, Sarkar & Montoya, 2011). En estos casos, los ecosistemas naturales intactos ofrecen valores que se pueden representar mejor mediante el mapeo de sus ubicaciones en relación con las tierras y los asentamientos de los respectivos grupos de indígenas. Está claro que hay tanto valores económicos como culturales asociados con estos tipos de usos. ▽



CAMBIOS EN LA COBERTURA DEL SUELO EN LORETO

No es simplemente el tamaño del área que se encuentra en un tipo de hábitat particular lo que es de interés con respecto a los servicios ecosistémicos, sino también su distribución espacial y conectividad.

Los hábitats que se encuentran en patrones espaciales altamente fragmentados serán más afectados por los efectos de borde y tendrán una diversidad de especies menor a otros que están agrupados o agregados o vinculados de alguna manera y probablemente también tendrán las funciones del ecosistema alteradas. Los factores que afectan la distribución del hábitat incluyen los procesos de cambio de los paisajes naturales, pero también el uso humano de la tierra, que cambia la cobertura del suelo y los contextos espaciales del hábitat de interés o preocupación.

Debido a esto, en la medida de lo posible es recomendable que los análisis y las intervenciones de conservación tomen en cuenta estas consideraciones espaciales, por ejemplo mediante la inclusión de zonas de amortiguamiento en los análisis que estiman el tamaño del efecto de borde o la distancia de las influencias de origen humano. Todos los análisis basados en software en este proyecto son espacialmente explícitos.

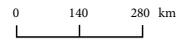
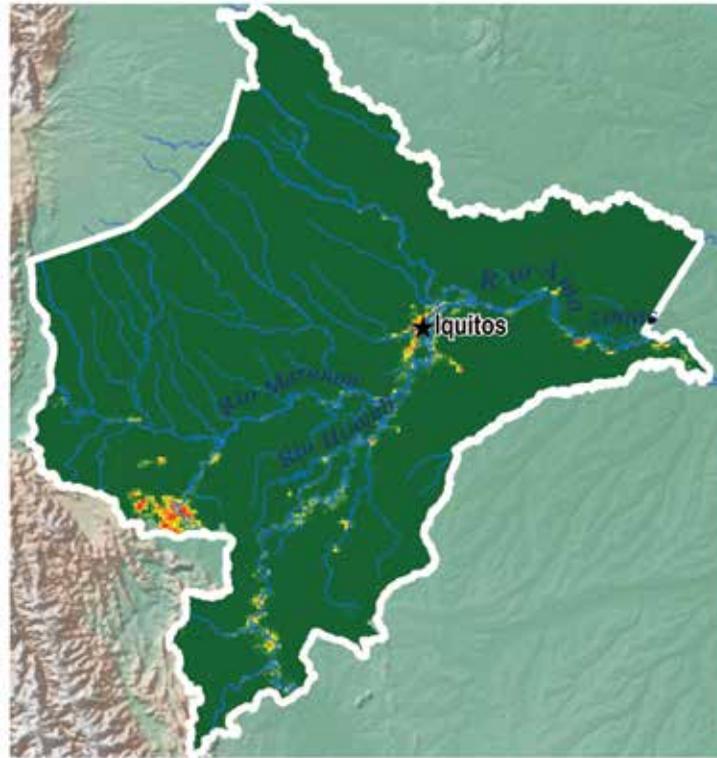
Dado que los estudios actuales de los ecosistemas son muy limitados para Loreto, los análisis que se utilizan en este proyecto utilizan una variedad de aproximaciones indirectas de la cobertura del suelo resultado de la teledetección, y clasificaciones terrestres para proporcionar insumos para realizar las evaluaciones de los cambios probables en esos ecosistemas. Un análisis adicional también examina las implicaciones para el hábitat de las plantas y animales nativos, teniendo en cuenta las consecuencias de los cambios espaciales en la cobertura del suelo.

Como parte de este proyecto, la deforestación posible en Loreto se evaluó en escenarios utilizando enfoques de modelamiento de probabilidades y modelamiento espacial de probabilidades (Figura 4). El enfoque de modelamiento espacial de probabilidades (técnicamente conocido como “modelo de probabilidades Bayesiano con efectos espaciales individuales”) parece reproducir mejor los patrones actuales de deforestación (Figura 5)².

2. Para mayores detalles ver Arima (2016)

A continuación, se utilizaron los dos modelos para estimar la posible deforestación en el futuro, enmarcados en un rango de probabilidades con un límite superior (Figura 6, establecido usando patrones observados en la Amazonía brasileña) y otro inferior (Figura 7), relacionados con los cambios en los escenarios impulsados por los costos de transporte en la medida que varios proyectos se desarrollan. La deforestación futura posible, asociada con obras de infraestructura previstas –carreteras, dragado/canalización de ríos (hidrovías) y ferrocarril— podría aumentar la deforestación en un orden de magnitud en Loreto. El modelo espacial de probabilidades proporciona los patrones espaciales probables de la deforestación, que están a menudo estrechamente agrupados en torno a los actuales focos de deforestación. ▽

PROBABILIDAD DE DEFORESTACIÓN CON PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA, CARRETERAS E HIDROVÍAS



- ★ Capital Regional
- Rios navegables
- Límite Regional



PROBABILIDAD DE DEFORESTACIÓN CON PROYECTOS DE INFRAESTRUCTURA, CARRETERAS E HIDROVÍAS

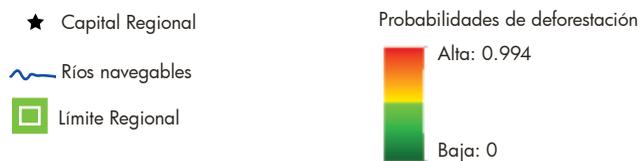
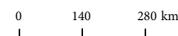
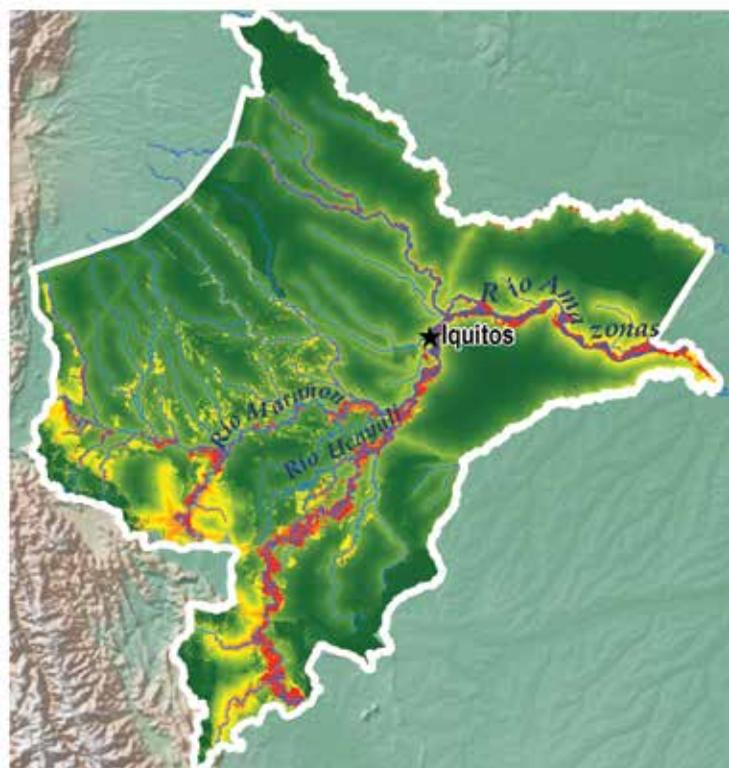
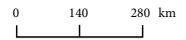
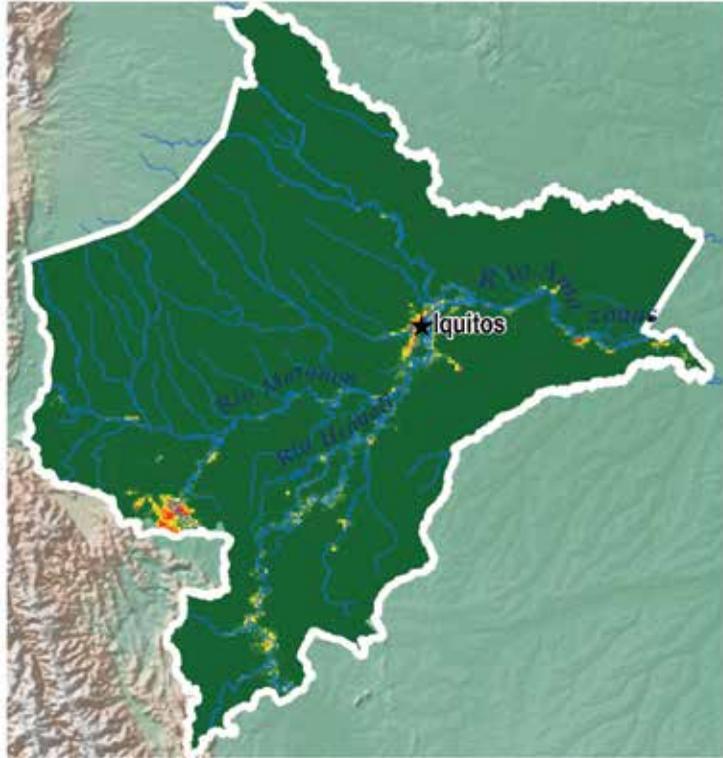


Figura 4. Probabilidades de deforestación con proyectos de infraestructura de carreteras y de canalización del río, mostrando estimaciones de acuerdo al modelo espacial de probabilidades a la izquierda y estimaciones de acuerdo al modelo estándar de probabilidades a la derecha.

MODELO DE PROBABILIDAD DE DEFORESTACIÓN ESPACIAL



- ★ Capital Regional
- ~ Rios navegables
- Límite Regional



PROBABILIDADES DE DEFORESTACIÓN COMPARADA CON LA DEFORESTACIÓN AL 2014

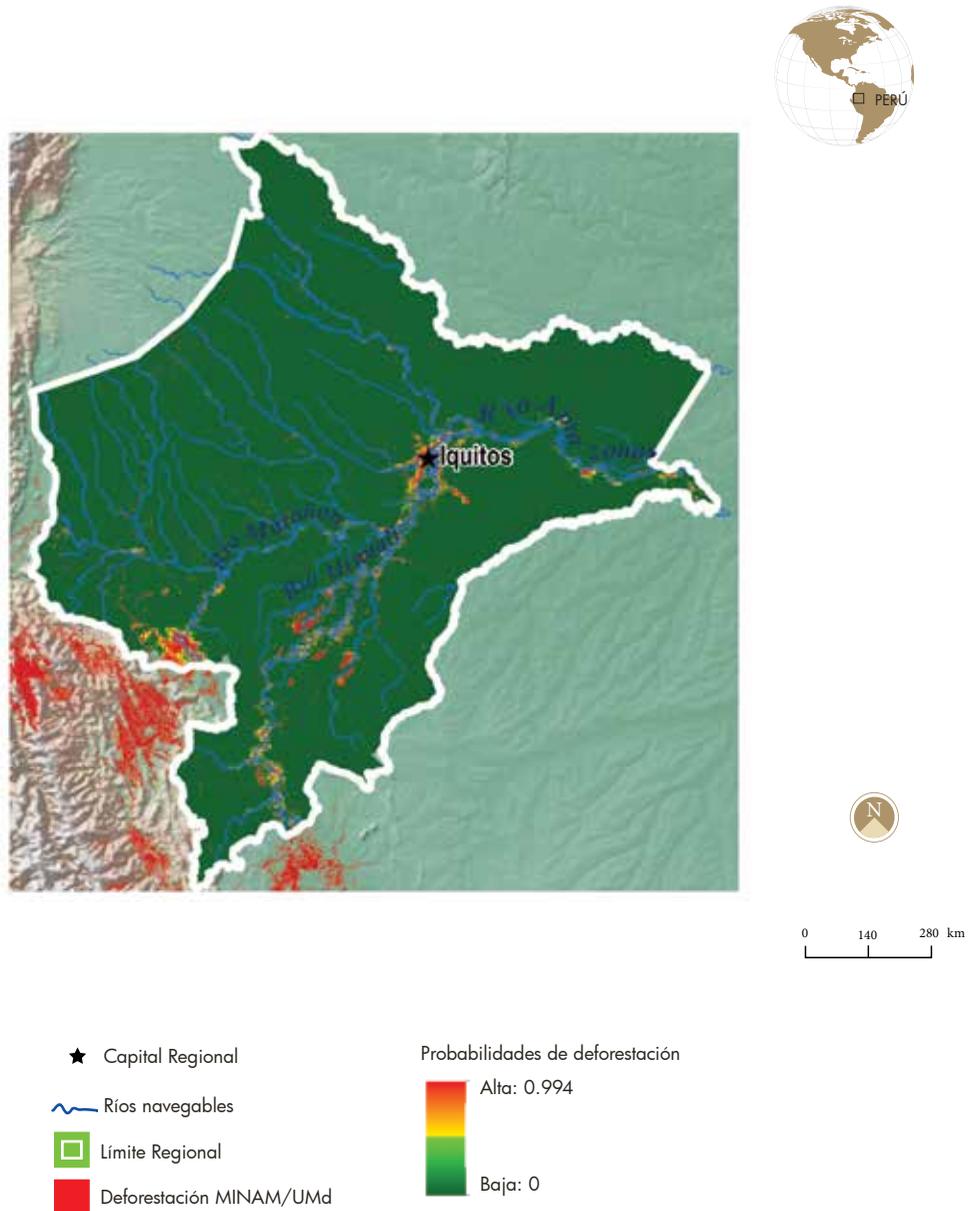
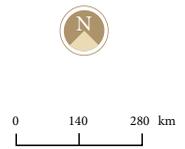
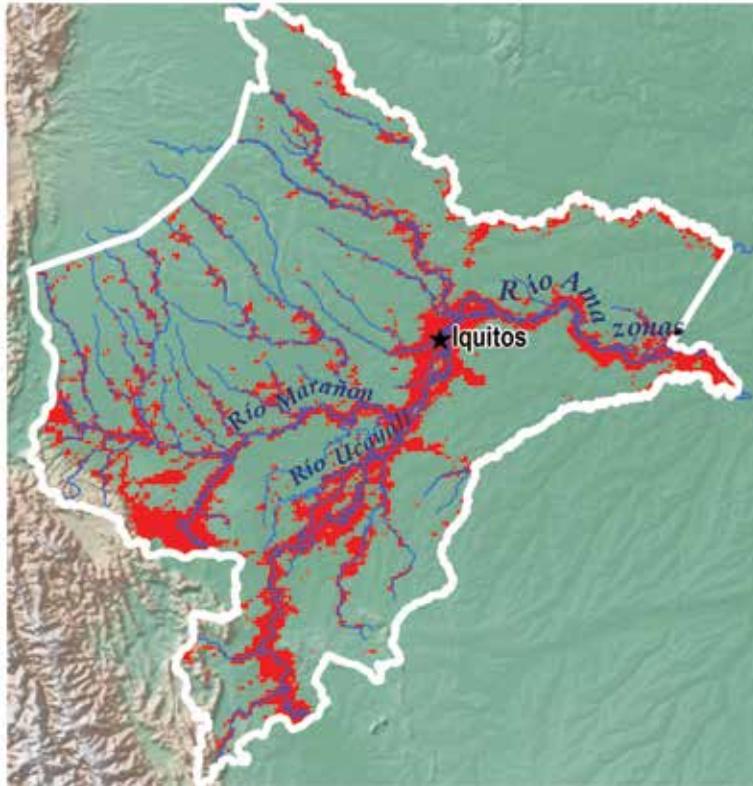


Figura 5. La comparación del modelo espacial de probabilidades de deforestación probable con la deforestación real ocurrida muestra un buen ajuste del modelo.



 DEFORESTACIÓN LÍMITE SUPERIOR BAJO IMPLEMENTACIÓN DE CARRETERAS E HIDROVÍA.



- ★ Capital Regional
-  Ríos navegables
-  Límite Regional
-  Deforestación

DEFORESTACIÓN LÍMITE SUPERIOR BAJO IMPLEMENTACIÓN DE CARRETERAS E HIDROVÍA.

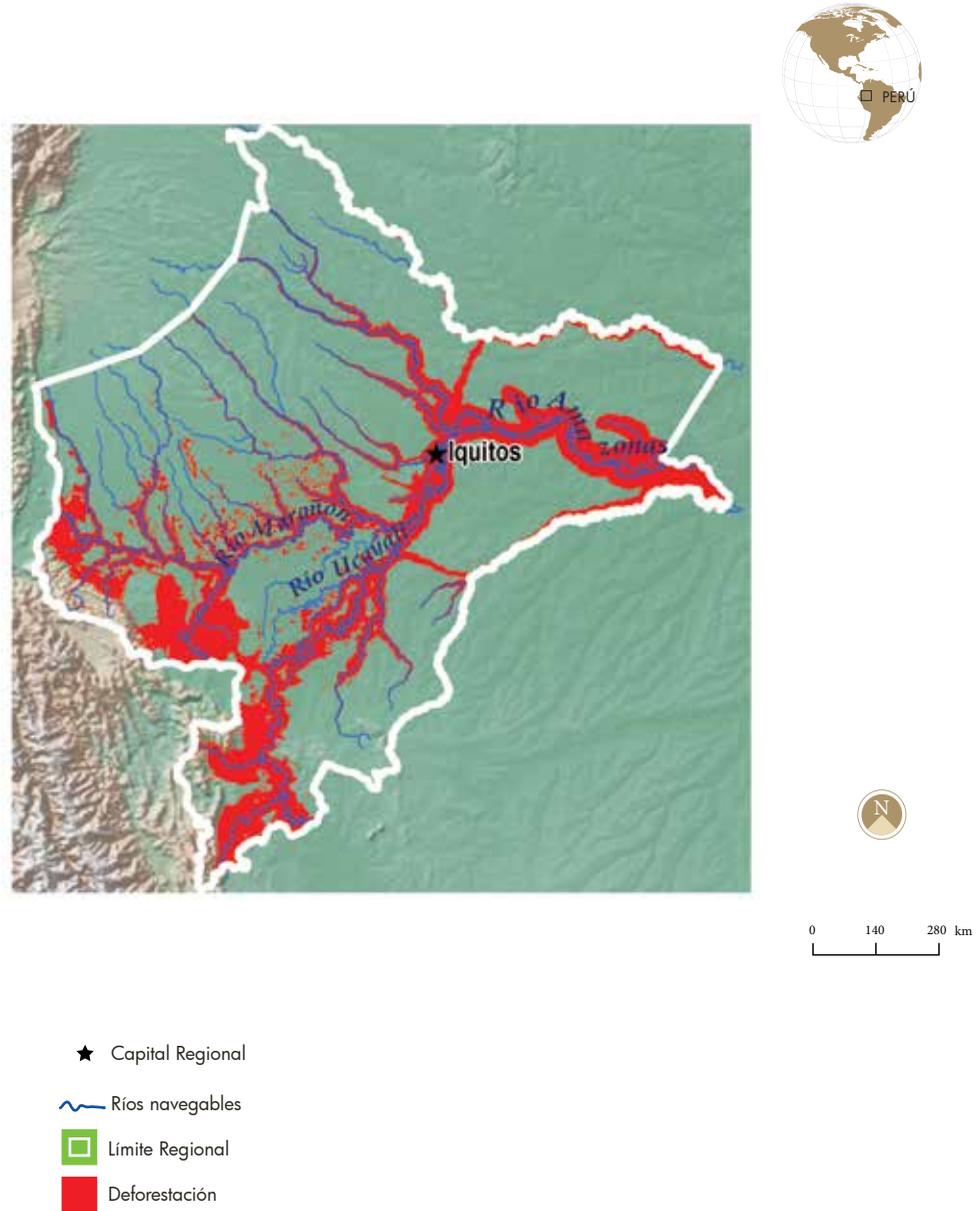
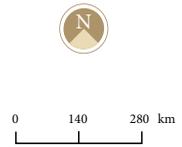
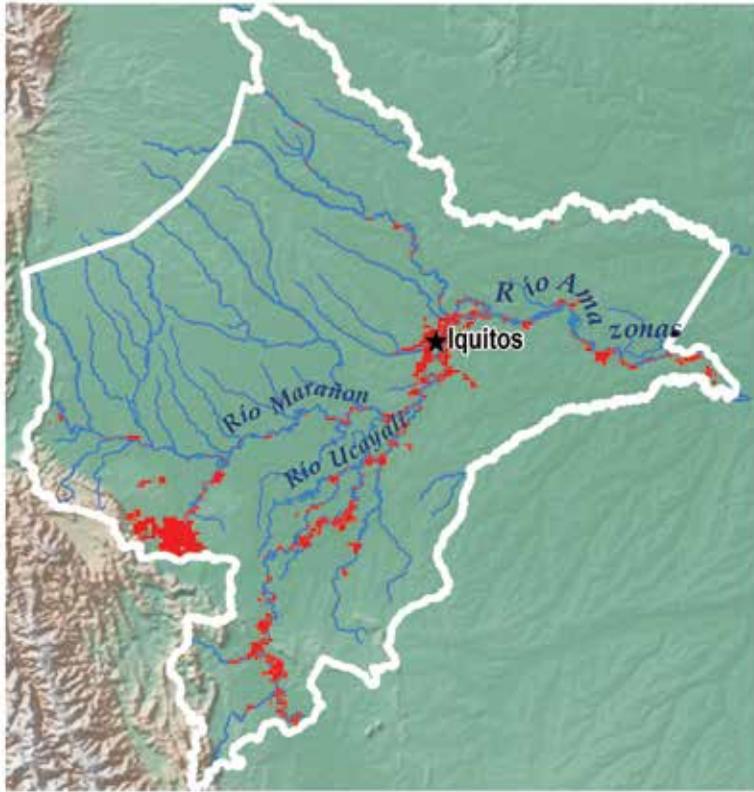


Figura 6. Estimación de la deforestación del límite superior, considerando los proyectos de carretera y canalización del río para los modelos de probabilidades espacial (figura izquierda) y estándar (figura derecha).

 DEFORESTACIÓN LÍMITE INFERIOR BAJO IMPLEMENTACIÓN DE CARRETERAS E HIDROVÍA.



-  Capital Regional
-  Rios navegables
-  Límite Regional
-  Deforestación

DEFORESTACIÓN LÍMITE INFERIOR BAJO IMPLEMENTACIÓN DE CARRETERAS E HIDROVÍA.

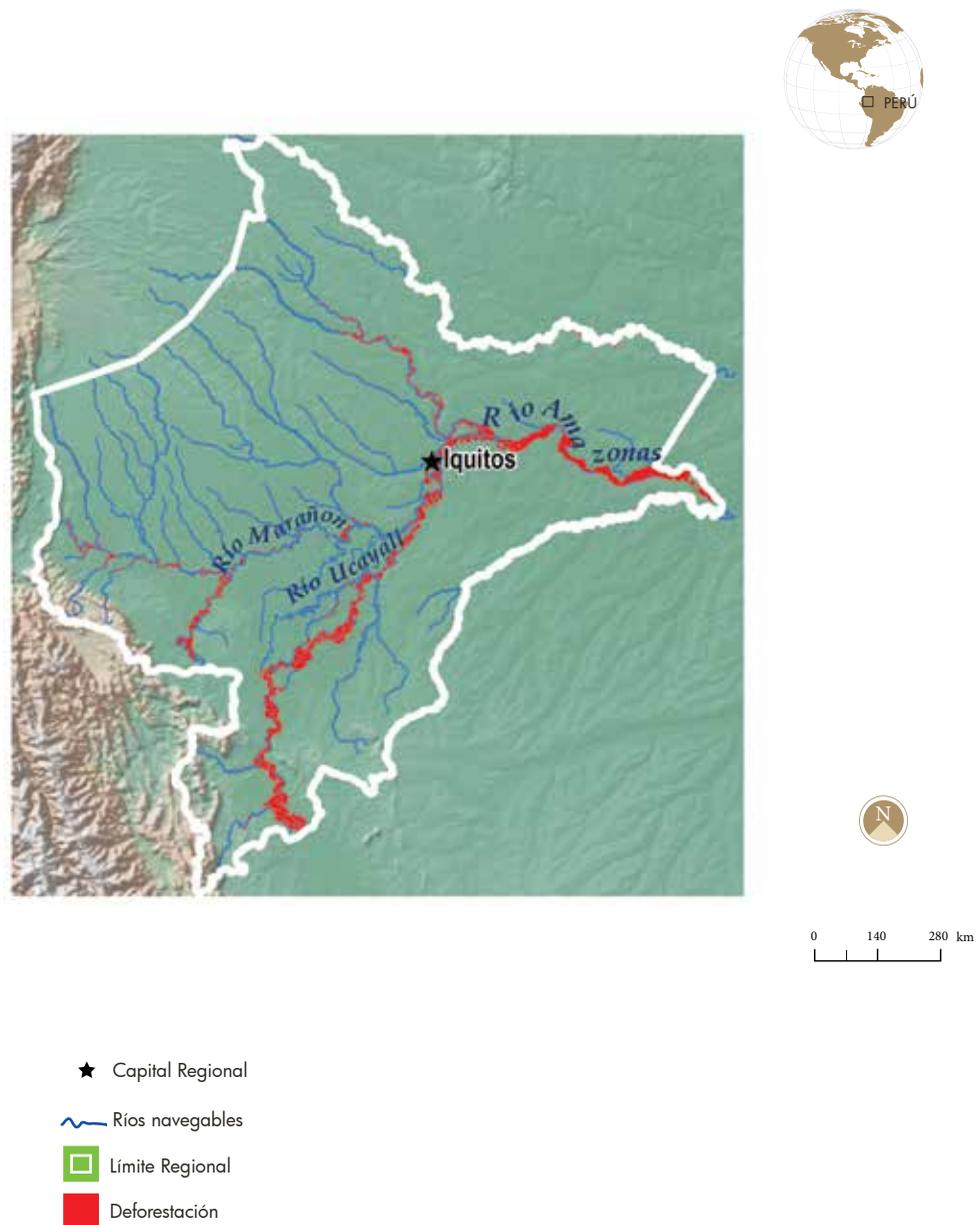


Figura 7. Estimación de la deforestación del límite inferior considerando los proyectos de carretera y canalización del río para los modelos de probabilidades espacial (figura izquierda) y estándar (figura derecha).



CONSECUENCIAS PARA EL CARBONO EN LORETO

Los modelos disponibles de InVEST (www.naturalcapitalproject.org) han sido utilizados por otros debido a sus módulos que permiten el desarrollo de escenarios espacialmente explícitos para el carbono, la calidad relacionada con el agua y el transporte de sedimentos, el hábitat para la vida silvestre, la madera y maneras de incluir valores para el turismo (Polasky et al., 2011; Kovacs et al., 2013).

En este proyecto, después de considerable experimentación, evaluamos estos módulos y encontramos que los módulos de captura de carbono y de calidad del hábitat eran los más útiles para Loreto, considerando las limitaciones de datos y conocimiento (“Modelo de almacenamiento y captura de carbono”, “Modelo de biodiversidad: calidad del hábitat”).

Se utilizaron diferentes combinaciones de proyectos de infraestructura propuesta para los modelos de carbono y hábitat, con las carreteras, hidrovías y ferrocarril utilizados por separado y luego en todas las combinaciones posibles. De hecho, a menudo las diferencias en el resultado no eran grandes, y fueron menores que las diferencias impuestas por los límites superior e inferior, es decir, por el rango de probabilidades entre los límites.

Las evaluaciones de carbono para Loreto se muestran como un mapa (Figura 8) y en forma de tabla por tipo de ecosistema (Tabla 1).

RESERVAS ACTUALES DE CARBONO EN LORETO

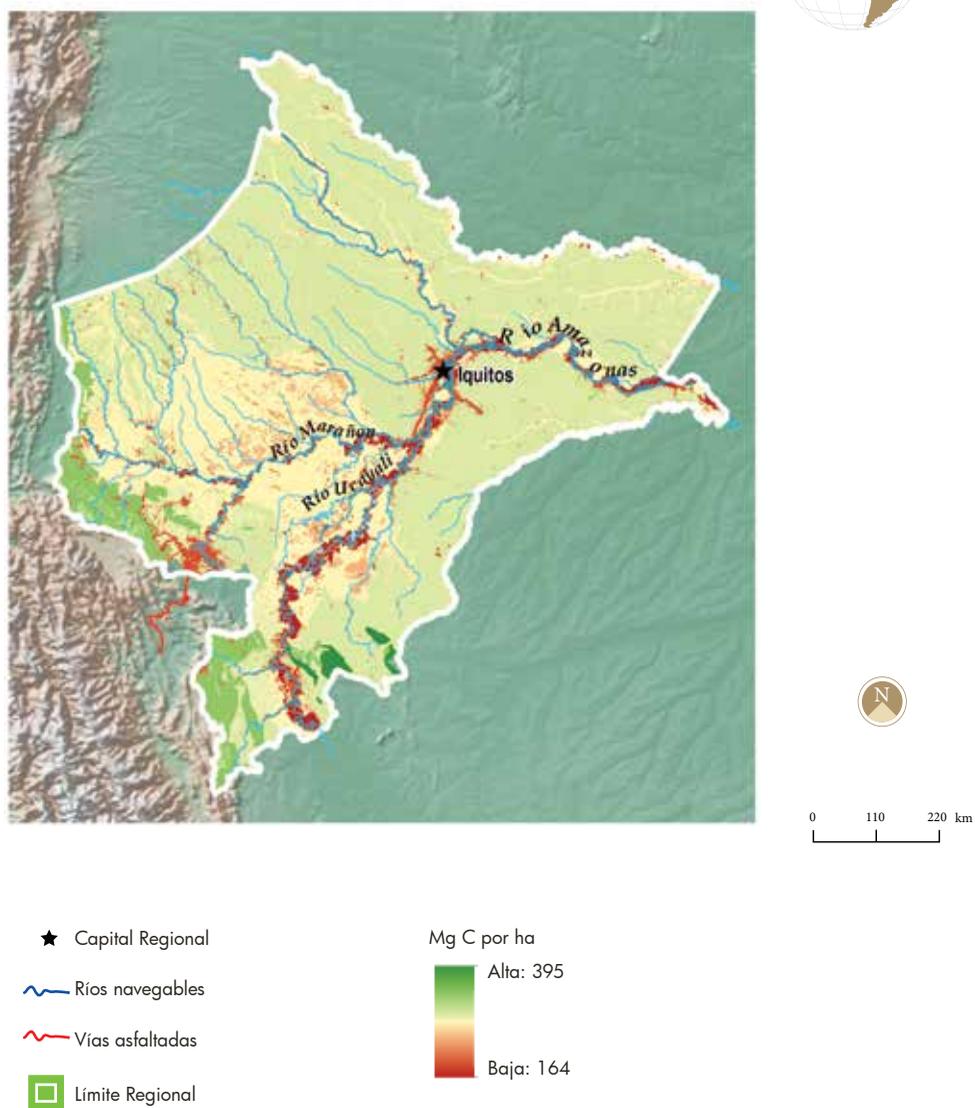


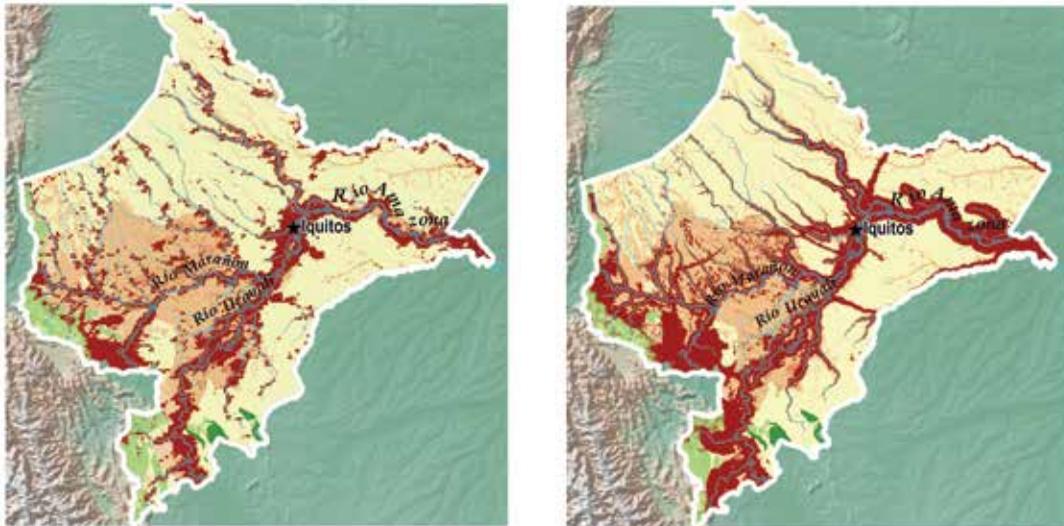
Figura 8. Reservas de carbono actuales en Loreto, según lo calculado por el modelo InVEST y utilizando los tipos de ecosistemas de WCS. Los datos sobre el carbono son de Saatchi et al. (2011).

Las evaluaciones de carbono para Loreto fueron luego recalculadas para los límites superior e inferior de las reservas de carbono, considerando la deforestación pronosticada en nuestros modelos de deforestación. Por ejemplo, la Figura 9 muestra la dramática pérdida de carbono pronosticada por los escenarios modelo del límite superior, considerando que todos los proyectos de corredores de transporte posibles se realicen. Las reservas remanentes bajo el modelo de probabilidades estándar se cuantifican en la Tabla 2.

ECOSISTEMAS	CUANTIFICACIÓN	ÁREA m ²	TOTAL TONELADAS Métricas de carbono
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	405,454,872
Bosque azonal semidecíduo de colinas	15,744	12,752,640,000	409,178,227
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	87,608,634
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	290,138,695
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	1,022,584,377
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,884	2,336,040,000	77,080,319
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	1,979,461,439
Bosque siempreverde	231,791	187,750,710,000	6,017,219,209
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	687,741,909
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	229,438,607
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	108,033,604
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	218,527,150
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	2,305,179
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	47,724,471

Tabla 1. Reservas actuales de carbono por tipo de ecosistema, de acuerdo a lo calculado por el modelo InVEST.

RESERVAS DE CARBONO FUTURAS BAJO ESCENARIOS DE DEFORESTACIÓN MÁXIMOS



- ★ Capital Regional
- ~ Ríos navegables
- Limite Regional

Mg C por ha

Alta: 395

Baja: 164

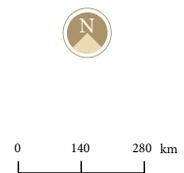


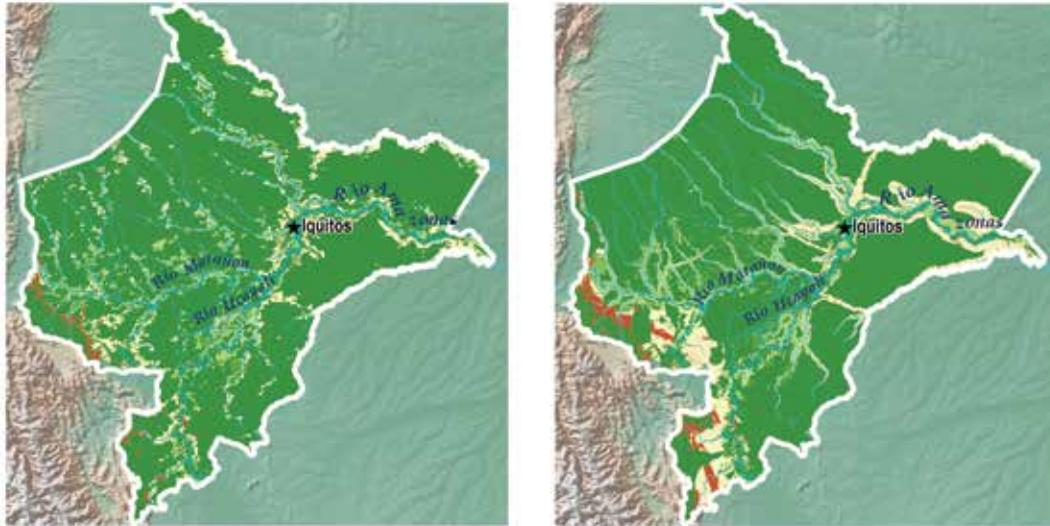
Figura 9. Las posibles reservas de carbono futuras bajo escenarios de deforestación máximos pronosticados por los modelos de probabilidades espacial (izquierda) y estándar (derecha).

Los lugares con mayor probabilidad de mostrar cambios netos significativos de carbono se muestran en la Figura 10, con todos los proyectos de infraestructura implementados y cuantificados en la Tabla 3, mostrando en cuáles ecosistemas tendría lugar la mayor parte de la pérdida de carbono. Estos métodos revelan posibles pérdidas dramáticas de carbono en Loreto, afectando especialmente los pantanos y bosques bien drenados.

ECOSISTEMAS	CUANTIFICACIÓN	ÁREA m ²	TOTAL TONELADAS Métricas de carbono
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	405,454,872
Bosque azonal semidecíduo de colinas	15,744	12,752,640,000	397,820,542
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	86,408,261
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	245,694,557
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	944,890,949
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,883	2,335,230,000	76,847,394
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	1,868,219,548
Bosque siempreverde	231,791	187,750,710,000	5,857,114,401
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	626,705,594
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	253,199,441
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	165,959,218
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	200,230,110
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	2,305,179
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	43,771,571

Tabla 2. Potenciales reservas de carbono futuras después de la máxima deforestación con el modelo de probabilidades estándar y todos los proyectos de infraestructura implementados.

RESERVAS DE CARBONO AFECTADAS BAJO ESCENARIOS DE DEFORESTACIÓN MÁXIMOS



- ★ Capital Regional
- ~ Ríos navegables
- Límite Regional

Mg C por ha

Alta: 395

Baja: -137

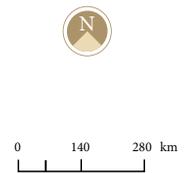


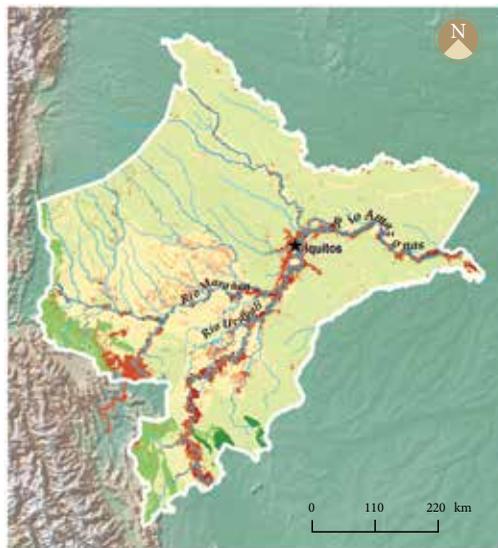
Figura 10. Las reservas de carbono más afectadas después de la posible deforestación del límite superior de acuerdo a modelos de probabilidades espacial (izquierda) y estándar (derecha), con todos los planes de infraestructura implementados.

ECOSISTEMAS	CUANTIFICACIÓN	ÁREA m ²	TOTAL TONELADAS Métricas de carbono
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	0
Bosque azonal semidecíduo de colinas	15,744	12,752,640,000	-11,357,685
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	-1,200,374
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	-44,444,139
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	-77,693,428
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,881	2,333,610,000	-206,198
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	-111,241,892
Bosque siempreverde	231,791	187,750,710,000	-160,104,808
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	-61,036,315
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	0
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	0
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	-18,297,040
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	0
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	-3,952,900

Tabla 3. Cantidad de reservas de carbono perdidas en cada tipo de ecosistema después de la deforestación máxima probable con todos los proyectos de infraestructura implementados y utilizando el modelo de probabilidades estándar.

Asumiendo que el límite inferior y el modelo espacial se acercan más a lo que podría pasar en Loreto, presentamos los resultados en las Figuras 11-12 y las Tablas 4-5 las consecuencias de desarrollo del ferrocarril solamente (Figura 11) o con solamente la ampliación de los caminos y carreteras (Figura 12). Se puede concluir que todos los proyectos propuestos tienen consecuencias para el balance de carbono, así que sugerimos que los que proponen cambios en sistemas de transporte consideren impactos ambientales, incluyendo posibles emisiones de gases de efecto invernadero. ▀

EFFECTO DEL FERROCARRIL PARA RESERVAS DE CARBONO EN LORETO

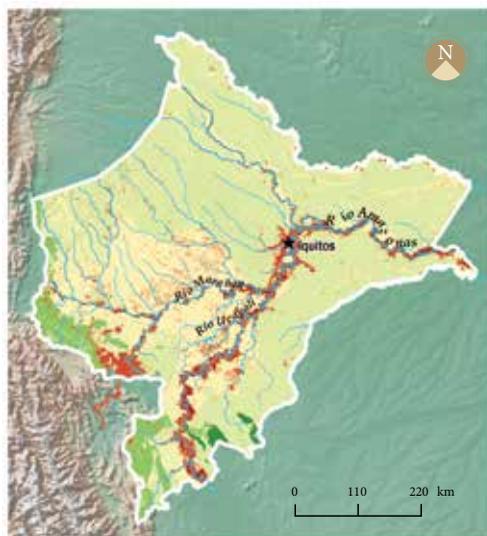


- ★ Capital Regional
 - ~ Ríos navegables
 - ~ Vías asfaltadas
 - Limite Regional
- Mg C por ha
- Alta: 395
- Baja: 164



Figura 11. Efecto del ferrocarril para reservas de carbono en Loreto, según lo calculado por el modelo InVEST y el modelo espacial para deforestación. Los datos sobre el carbono son de Saatchi et al. (2011).

EFFECTO DE DESARROLLO DE CAMINOS Y CARRETERAS PARA RESERVAS DE CARBONO EN LORETO



- ★ Capital Regional
 - ~ Ríos navegables
 - ~ Vías asfaltadas
 - Limite Regional
- Mg C por ha
- Alta: 395
- Baja: 164



Figura 12. Efecto de desarrollo de los caminos y carreteras para reservas de carbono en Loreto, según lo calculado por el modelo InVEST y el modelo espacial para deforestación. Los datos sobre el carbono son de Saatchi et al. (2011)

ECOSISTEMAS	CUANTI- FICACIÓN	ÁREA m ²	TOTAL DE CARBONO Toneladas métricas	PÉRDIDA DE CARBONO Toneladas métricas
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	405,454,872	0
Bosque azonal semidecíduo de colinas	15,744	12,752,640,000	409,162,245	-15,982
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	87,541,947	-66,687
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	286,333,613	-3,805,083
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	1,017,763,383	-4,820,994
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,883	2,335,230,000	77,053,592	0
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	1,977,148,684	-2,312,755
Bosque siempreverde	231,791	187,750,710,000	6,010,846,378	-6,372,831
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	685,029,843	-2,712,066
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	236,089,085	0
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	114,872,764	0
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	217,901,480	-625,670
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	2,305,179	0
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	47,659,670	-64,802

Tabla 4. Consecuencias modeladas para carbono del proyecto de infraestructura del ferrocarril en Loreto.

ECOSISTEMAS	CUANTI- FICACIÓN	ÁREA m ²	TOTAL DE CARBONO Toneladas métricas	PÉRDIDA DE CARBONO Toneladas métricas
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	405,454,872	0
Bosque azonal semideciduo de colinas	15,744	12,752,640,000	409,167,572	-10,654
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	87,541,947	-66,687
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	286,681,285	-3,457,410
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	1,017,968,357	-4,616,019
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,883	2,335,230,000	77,053,592	0
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	1,977,289,706	-2,171,733
Bosque siempreverde	231,791	187,750,710,000	6,011,323,148	-5,896,061
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	685,259,553	-2,482,356
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	235,743,683	0
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	114,695,123	0
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	217,914,197	-612,953
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	2,305,179	0
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	47,659,670	-64,802

Tabla 5. Consecuencias modeladas para carbono del proyecto de carreteras en Loreto.



CONSECUENCIAS PARA EL HÁBITAT

El modelamiento de la calidad del hábitat se realizó de manera similar, considerando que es afectada por los proyectos de infraestructura de transporte y delimitada por los procesos de deforestación probable.



Las áreas protegidas nacionales y regionales (Figura 3) se incluyeron en las ejecuciones del modelo, y su presencia cambia el grado de amenaza de alteración del hábitat. El análisis de la degradación del hábitat en el módulo de hábitat de InVEST permite una representación espacial de las amenazas al hábitat de la fauna asociadas a los diferentes tipos de uso de la tierra. Los ecosistemas de Loreto fueron ponderados de manera diferente en función de

ECOSISTEMAS	HÁBITAT	Canalización	Ferrocarril	Pozos pro.	Hidroeléctricos	Carreteras pro.	Líneas transversales
Antropogénico	0	0	0	0.1	0	0	0.1
Bosque azonal semidecíduo de colinas	1	0	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5
Bosque de serranías aisladas	1	0	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5
Bosque del piedemonte	1	0	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5
Bosque inundable	1	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	0.5
Bosque y palmar basimontano pluvial	1	0	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5
Bosque pantanoso	1	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	0.5
Bosque siempreverde	1	0	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5
Bosque siempreverde subandino	1	0	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	1	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	0.5
Cuerpos de agua	1	1	0	0.3	1	0	0
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	1	0.5	0.7	0.3	0.6	0.4	0.5
Palmar pantanoso subandino	1	0.5	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1	0	0.7	0.3	0.1	0.4	0.5

Tabla 6. Los valores de sensibilidad para las amenazas que figuran en la Tabla 7 recibieron los siguientes valores para cada uno de los ecosistemas de Loreto.

su sensibilidad, y las amenazas se clasifican en función de su grado de impacto y la distancia sobre la cual operarían (calculado con zonas de amortiguación de diferentes tamaños). Los valores utilizados en el modelo se muestran en las Tablas 6 y 7.

Minería	Deforestación	Carretera asfaltada	Oleoducto	Palma aceitera	Reserv. Extra. Petróleo	Pozos desarrollados	Pozos explorados	Coca	Tala selectiva	Incendios	Caminos tierra
0.7	0.1	0	0.1	0	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0
0.7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.6	0.3	0.3	0.8	0.4	0.7	0.4
0.7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.2	0.3	0.3	0.8	0.4	0.7	0.4
0.7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.4	0.3	0.3	0.8	0.4	0.7	0.4
0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.2	0.8	0.3	0.9	0.4	0.2	0.4
0.7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.3	0.3	0.3	0.8	0.4	0.7	0.4
0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.2	0.8	0.3	0.9	0.4	0.2	0.4
0.7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.6	0.3	0.3	0.8	0.4	0.7	0.4
0.7	0.8	0.7	0.1	0.8	0.5	0.3	0.3	0.8	0.4	0.7	0.4
0.7	0.9	0.7	0.3	0.9	0.3	0.8	0.3	0.9	0.4	0.2	0.4
0.7	0	0	0.6	0.1	0.6	0.8	0.3	0.1	0.1	0	0
0.7	0.1	0.7	0.3	0.8	0.2	0.8	0.3	0.8	0.4	0.2	0.4
0.7	0.8	0.7	0.3	0.8	0.3	0.8	0.3	0.8	0.4	0.2	0.4
0.7	0.9	0.7	0.1	0.9	0.1	0.3	0.3	0.9	0.4	0.7	0.4

Utilizando esas amenazas diferenciadas y la sensibilidad de los ecosistemas, la calidad del hábitat en las condiciones actuales se calculó utilizando el modelo InVEST, incluyendo el efecto de las áreas protegidas en la accesibilidad. La Figura 13 muestra el valor relativamente alto del hábitat de la mayoría de Loreto en la actualidad (los valores van de 0 a 1, de bajo a alto valor para la biodiversidad).

AMENAZA	DISTANCIA MAX- (km)	PESO
Hidroeléctricas	5	1
Carreteras propuestas	5	0.3
Canalización	5	0.8
Ferrocarril	5	0.4
Pozos propuestos	5	0.1
Líneas de transmisión	5	0.2
Minería	5	0.9
Deforestación	5	0.5
Carreteras asfaltadas	5	0.4
Oleoducto	5	0.3
Palma aceitera	5	0.6
Reservas extractivas de petróleo	5	0.8
Pozos desarrollados	5	0.5
Pozos exploratorios	5	0.7
Coca	5	0.7
Tala selectiva	5	0.5
Incendios	0.5	0.7
Caminos de tierra	5	0.2

Tabla 7. Distancias y pesos asignados a las posibles amenazas a la calidad del hábitat.

VALORES DE CALIDAD DE HÁBITAT ACTUAL EN LORETO

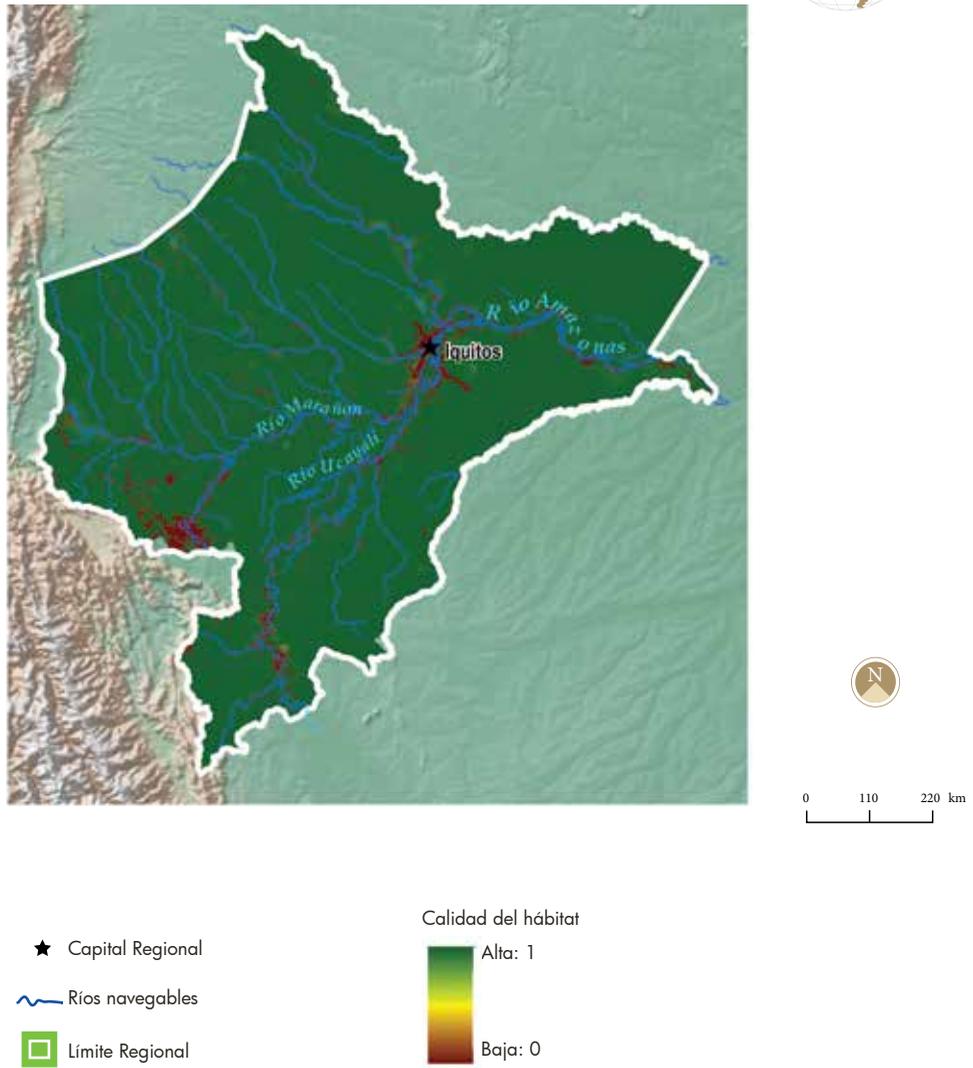


Figura 13. Distribución espacial de los valores de calidad de hábitat, teniendo en cuenta las amenazas actuales y la presencia de áreas protegidas.

DEGRADACIÓN DEL HÁBITAT EN LORETO

68

Wildlife Conservation Society

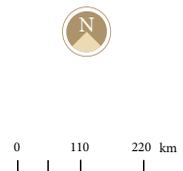
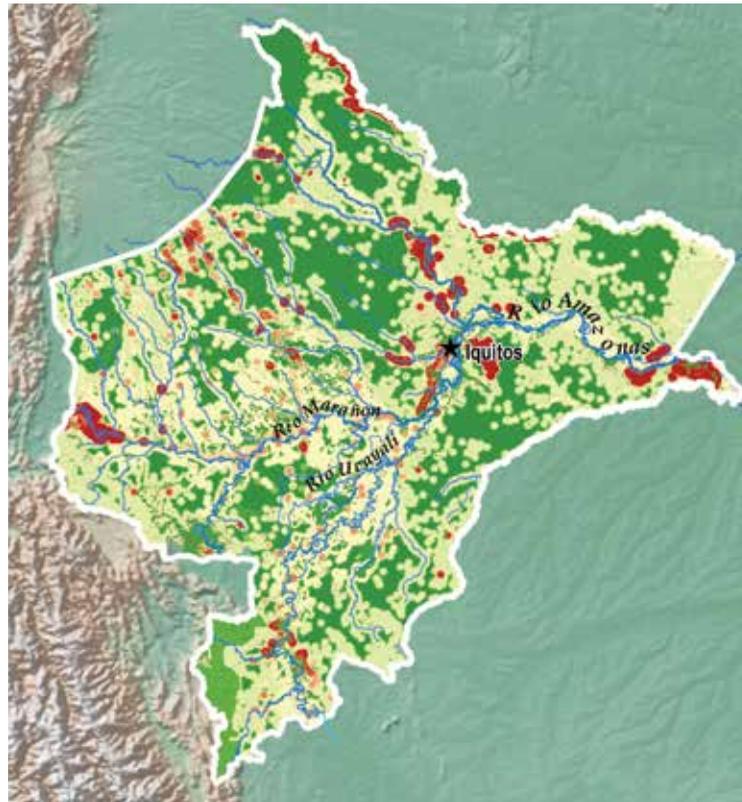


Figura 14. Degradación del hábitat basada en las amenazas actuales asociadas con las prácticas de uso del suelo y la red de infraestructuras de energía y transporte existentes en Loreto.

Sin embargo, InVEST también puede representar espacialmente las amenazas que causan degradación, y la Figura 14 muestra una cantidad preocupante de intervención humana que ya afecta los hábitats de Loreto para la biodiversidad.

ECOSISTEMAS	CUANTIFICACIÓN	ÁREA m ²	PROMEDIO
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	0.01001
Bosque azonal semidecíduo de colinas	15,744	12,752,640,000	0.01474
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	0.04293
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	0.03667
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	0.04495
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,884	2,336,040,000	0.03021
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	0.04236
Bosque siempreverde	231,791	187,750,710,000	0.02867
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	0.03088
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	0.05343
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	0.00531
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	0.00713
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	0.03671
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	0.04280

Tabla 8. Valores actuales de degradación del hábitat para cada ecosistema según los cálculos de InVEST.

La mayor parte de la región ya ha sido alterada por el uso humano de la tierra. Muchos de los pozos de petróleo se encuentran en zonas aisladas, por lo que el impacto humano esperado alrededor de ellos crea patrones circulares de alteración causada por los humanos, incluso en lugares muy alejados de asentamientos humanos. Además, algunas de las zonas más remotas de Loreto están dentro de concesiones madereras, es decir, en tierras designadas para ser afectadas por tala futura y, por tanto, por la alteración del hábitat. De hecho, en esas condiciones, el sistema de áreas protegidas parece ofrecer relativamente poco hábitat prístino para

ECOSISTEMAS	CUANTI- FICACIÓN	ÁREA m ²	PROMEDIO	PUNTAJON Total de calidad
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	0.00000	0
Bosque azonal semidecídúo de colinas	15,744	12,752,640,000	0.99902	15,729
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	0.99719	2,749
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	0.99765	11,355
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	0.99611	41,136
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,884	2,336,040,000	0.99873	2,880
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	0.99673	79,906
Bosque siempreverde	23,1791	187,750,710,000	0.99797	231,321
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	0.99820	24,455
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	0.99556	12,237
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	0.99961	8,144
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	0.99988	9,416
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	0.99832	72
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	0.99516	1,941

Tabla 9. Valores actuales de calidad de hábitat para cada ecosistema según los cálculos de InVEST.

las especies silvestres, en el sentido de ser lo suficientemente alejado de la influencia humana como para no ser alterado, por lo menos según lo calculado por el software de InVEST. Puntuaciones cuantitativas para la degradación y la calidad de los diferentes ecosistemas se presentan en las Tablas 8 y 9, respectivamente. La degradación adicional en el hábitat estaría asociada a los proyectos de infraestructura de transporte propuestos,

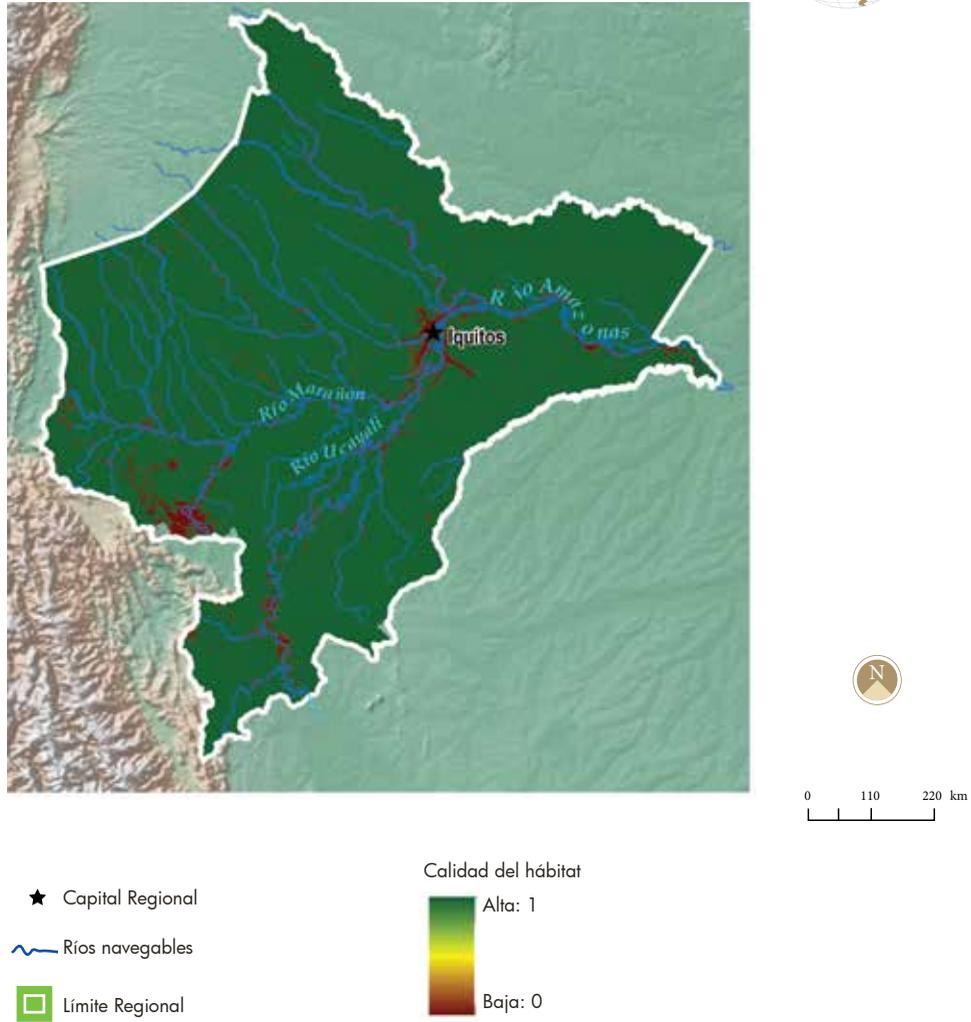


Figura 15. Calidad futura del hábitat en Loreto para el escenario de deforestación del límite superior, usando el modelo de probabilidad de deforestación espacial.

por lo que el módulo de hábitat de InVEST se volvió a ejecutar para esas posibles condiciones futuras. Como se muestra en la Figura 15, y se tabula en las Tablas 10 y 11, las nuevas rutas de transporte añadirían degradación del hábitat adicional y reducirían más la calidad general de hábitat para la biodiversidad de Loreto.

ECOSISTEMAS	CUANTIFICACIÓN	ÁREA m ²	PROMEDIO
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	0.00006
Bosque azonal semidecíduo de colinas	15,744	12,752,640,000	0.00049
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	0.00028
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	0.00013
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	0.00068
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,881	2,333,610,000	0.00030
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	0.00100
Bosque siempreverde	231,791	187,750,710,000	0.00023
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	0.00017
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	0.00001
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	0.00029
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	0.00037
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	0.00000
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	0.00022

Tabla 10. Valores medios de la posible degradación futura del hábitat para la deforestación del límite superior con todos los proyectos de infraestructura implementados.

En resumen, el uso de estos métodos de modelamiento lleva a la conclusión de que Loreto será en gran medida una región influenciada por los humanos en términos de hábitat de vida silvestre y con reservas de carbono reducidas significativamente, en el supuesto de que se implementen los posibles corredores de transporte en los ríos y a través de los bosques y humedales de la región. ▽

ECOSISTEMAS	CUANTI-FICACIÓN	ÁREA m ²	PROMEDIO	PUNTUACION Total de calidad
Antropogénico	19,623	15,894,630,000	0.00000	0
Bosque azonal semideciduo de colinas	15,744	12,752,640,000	1.00000	15,744
Bosque de serranías aisladas	2,757	2,233,170,000	0.99999	2,757
Bosque del piedemonte	11,382	9,219,420,000	1.00000	11,382
Bosque inundable	41,297	33,450,570,000	0.99998	41,296
Bosque y palmar basimontano pluvial	2,878	2,331,180,000	1.00000	2,878
Bosque pantanoso	80,168	64,936,080,000	0.99997	80,166
Bosque siempreverde	23,1791	187,750,710,000	1.00000	231,790
Bosque siempreverde subandino	24,499	19,844,190,000	1.00000	24,499
Complejo de vegetación sucesional riparia de aguas blancas	12,292	9,956,520,000	1.00000	12,292
Cuerpos de agua	8,147	6,599,070,000	0.99997	8,147
Herbazal pantanoso de la llanura aluvial	9,417	7,627,770,000	1.00000	9,417
Palmar pantanoso subandino	72	58,320,000	1.00000	72
Vegetación esclerófila de arenas blancas	1,950	1,579,500,000	1.00000	1,950

Tabla 11. Valores futuros posibles de calidad de hábitat para los ecosistemas de Loreto con la deforestación del límite superior y con todos los proyectos de infraestructura implementados.



LA GENTE EN LOS PAISAJES DE LORETO

Es importante matizar estos análisis a escala regional con la información a escala de paisaje que es ofrecida por la población local y los actores sociales involucrados en el manejo y conservación de la biodiversidad.

La impresión general del análisis de escala regional realizado utilizando los modelos espaciales de deforestación y ejecutando los módulos InVEST para carbono y calidad del hábitat es de probables y casi omnipresentes alteraciones ambientales dramáticas en el futuro, como se ve en los servicios ecosistémicos especialmente en términos de captura de carbono y en lo que respecta a la biodiversidad, por medio de cambios en el hábitat que afectan a las especies que requieren bosques. Los escenarios pronostican el fin de Loreto como una región que contenga áreas silvestres.

Sin embargo, también es importante matizar estos análisis a escala regional con la información a escala de paisaje que es ofrecida por la población local y los actores sociales involucrados en el manejo y conservación de la biodiversidad. Aquí, la impresión es más bien de esperanza en que el uso sostenible de algunos tipos de recursos naturales es posible en Loreto, dados los remanentes de bosque intacto y los objetivos de manejo de la tierra de las poblaciones indígenas y rurales.

Pueden existir restricciones sobre el uso sostenible que requieren de un monitoreo y una mejor comprensión de las dinámicas ecológicas y económicas subyacentes. En Loreto, las influencias negativas de la inundación del 2012 (Espinoza et al., 2013) todavía están siendo soportadas por los pobladores locales, que a menudo perdieron sus cultivos durante los meses de aguas altas. Por lo tanto en futuras planificaciones se necesitan estrategias de adaptación para una mayor variabilidad en los regímenes de inundaciones.

La evaluación del Área de Conservación Regional Comunal Tamshiyacu-Tahuayo por Sara Diamond, realizada como parte de este proyecto, mostró que los recursos naturales aparentemente se están utilizando de manera sostenible y productiva por la población local, incluyendo fibras de la hoja de la palmera chambira, el marfil vegetal de la tagua, las hojas de la palmera irapay usadas como material para techos, y la palmera aguaje de la cual se utiliza su fruto. Los peces se están aprovechando de maneras controladas en las “cochas” designadas para determinadas comunidades y algunos intentos de criar peces arahuana estaban en marcha. Hay varios albergues turísticos

con visitantes del exterior. Por último, hay programas de larga data para el manejo de los animales útiles de caza que se encuentran en lugares cercanos a las comunidades. En todos los casos, los usos sostenibles habían derivado de la interacción prolongada con organizaciones gubernamentales y no gubernamentales interesadas en proyectos de desarrollo rural. Análisis complementarios también pueden identificar las características de los hogares y comunidades con mayor probabilidad de estar asociadas con el uso sostenible. Por ejemplo, parece que un buen número de familias han abandonado la zona, lo que significa que las densidades de la población rural son ahora menores que hace varias décadas, tal vez añadiendo a la sensación del uso sostenible del suelo cerca de la reserva. Una explicación no exclusiva sería que las familias que han permanecido en la zona están más interesadas en el uso responsable de los bosques, humedales y recursos acuáticos.

La Reserva Nacional Pacaya Samiria es también un área importante que fue examinada a través de una experiencia de campo en febrero del 2014, además de utilizar otra información disponible sobre el uso de los recursos naturales dentro y cerca de esa reserva (por ejemplo, Bodmer & Lozano, 2002; Gockel & Gray, 2009). Observamos proyectos que implicaban el uso sostenible de tortugas, peces, productos de la palma de aguaje y cogollo de palmeras (“palmito”). Había actividades de turismo en el área de Yanayacu. La mayoría de los programas exitosos que observamos fueron el resultado de esfuerzos prolongados, a menudo durante varias décadas, y que requieren con frecuencia asistencia técnica o logística continua. Este tipo de subsidio de conservación puede no ser tan viable en otras zonas de Loreto.

Los Kandoshi, estudiados por Montoya y colegas (Anderson et al, 2009; Sarkar & Montoya, 2011; Montoya, 2010; Montoya & Young, 2013), son principalmente autosuficientes, con algunas ventas de pescado a forasteros. Su manejo pesquero se basa en la investigación y el desarrollo de políticas con el apoyo de organizaciones no gubernamentales, en la voluntad de rechazar las intervenciones del gobierno nacional y regional y en lazos de parentesco, que se utilizan para decidir sobre las tasas de acceso y de cosecha. Irónicamente, a pesar de estos antecedentes, Montoya encontró en el campo en el 2009 que los



sistemas sociales utilizados para la gobernanza ambiental no funcionaban para la pesca debido a los conflictos internos; por el contrario, la cosecha insostenible de maderas tropicales había sido detenida por los Kandoshi en ese momento, considerando las injusticias e inequidades en la extracción y venta de madera. Finalmente, Cardozo (2013) encontró que las decisiones de los pequeños productores acerca de qué productos cultivar, qué extraer de los ambientes naturales forestales u otros y qué cambios en la cobertura del suelo realizar para obtener esos productos estaban en función de los subsidios del gobierno, los costos financieros y de esfuerzo para el transporte de productos a los mercados y de mecanismos de acceso adicionales necesarios para interactuar con intermediarios particulares, comerciantes de río, o de los mercados del propio Iquitos. Es decir, las cadenas de mercancías que conectan el bosque, campo, o cuerpo de agua con el mercado se ven afectadas por las relaciones personales y laborales, además de los costos y beneficios del transporte evaluados a través del modelamiento en este proyecto. Cardozo (2011) había mostrado antes cómo estas consideraciones también tuvieron impactos en la conservación de las áreas protegidas, en su caso, específicamente en la Reserva Nacional Allpahuayo Mishana, adyacente a la ciudad de Iquitos.

Estos paisajes productivos y de conservación son importantes casos ejemplares de los beneficios del uso sostenible planificado de los ambientes naturales y sirven para hacer sugerencias explícitas para mejorar la planificación y la gobernanza ambiental a nivel regional, nacional e internacional. Este tipo de esfuerzo de investigación proporciona información a una escala mucho más fina acerca de cómo los pobladores locales están utilizando los recursos naturales y cómo esas actividades están determinadas por la gobernanza y la economía. Esta información luego se puede utilizar para sustentar mejor los análisis regionales. ▽



CONCLUSIONES PARA LA CONSERVACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD

El hallazgo más contundente de este proyecto es que las proyecciones regionales para Loreto en el futuro son sombrías. Este revela una gran posibilidad de que el norte amazónico del Perú tenga mucho menos valor como hábitat de la vida silvestre y en relación con los valores ecosistémicos vinculados con el carbono, los ecosistemas hidrológicos y la vegetación boscosa intacta.

Sin embargo, la investigación que se centró en el cambio a escala local fue a menudo positiva en referencia a mostrar a los individuos y las comunidades organizándose para el uso de productos naturales en formas que parecían ser sostenibles. ¿Qué podría explicar esta aparente desconexión?

Los factores de cambio regional que están causando resultados ambientales negativos se originan en decisiones tomadas fuera de la región, impulsadas por consideraciones económicas y políticas diferentes de aquellas que enfrentan los pobladores rurales. De hecho, la matriz de paisaje antropogénico creada por la agricultura de subsistencia y los pobladores rurales de Loreto es de gran valor ecosistémico en sí misma, tiene importantes reservas de carbono porque mayormente mantiene un estado arbolado, y además proporciona cierta conectividad del hábitat a pesar de su condición alterada. Un tipo equivalente de paisaje antropogénico para las vías fluviales utilizadas no se usó en estos análisis, pero tal vez esfuerzos futuros de caracterización de las dimensiones acuáticas de Loreto podrían buscar formas alteradas por el hombre, pero sostenibles, en las cuales podrían ser manejadas.

Por tanto, los esfuerzos de conservación tienen que actuar para reducir, mitigar o redirigir las presiones internacionales y nacionales que, de acuerdo con el pronóstico de este modelamiento, degradarán mucho del valor de servicios ecosistémicos como el carbono, agua y hábitat de vida silvestre en Loreto.

Al mismo tiempo, muchos de los sistemas de gobernanza ambiental ya existentes a nivel local, tales como los dirigidos por los pueblos indígenas, o establecidos alrededor de áreas protegidas, ofrecen sistemas de uso sostenible de la tierra que pueden ser apoyados, replicados y monitoreados por grupos de conservación, pues ofrecen productos útiles, a menudo en formas que también sostienen los servicios de carbono y hábitat. El papel de Iquitos como una fuerza organizadora para las economías locales y regionales ofrece también beneficios y costos ambientales.

Considerando estos fenómenos, en el futuro Loreto consistiría en espacios urbanos, espacios productivos rurales manejados y áreas silvestres controladas por las instituciones nacionales, regionales o indígenas. Las proyecciones regionales realizadas en este proyecto sugieren que los espacios más amenazados en términos de calidad del hábitat para la vida silvestre y de reservas de carbono están alejados de las influencias directas de los focos actuales de deforestación. Esto parecería ofrecer de hecho muchas soluciones positivas a la búsqueda de usos sostenibles del suelo en las ciudades y en los paisajes agrícolas/manejados que están más cerca de los corredores de transporte actuales y futuros. ▽



Fuentes

Adams, W. M. 2014. The value of valuing nature. *Science* 346: 549-551.

Albert, J. S., T. P. Carvalho, P. Petry, M. A. Holder, E. L. Maxime, J. Espino, I. Corahua, R. Quispe, B. Rengifo, H. Ortega and R. E. Reis. 2011. Aquatic biodiversity in the Amazon: Habitat specialization and geographic isolation promote species richness. *Animals* 1: 205-241.

Anderson, E. P., M. Montoya, A. Soto, and H. Flores. 2009. Challenges and opportunities for Co-Management of a migratory fish (*Prochilodus nigricans*) in the Peruvian Amazon. *American Fisheries Society Symposium* 69:741-756.

Arima, E. Y. 2016. A spatial probit econometric model of land change: The case of infrastructure development in western Amazonia, Peru. *PLoS ONE* 11(3): e0152058. doi:10.1371/journal.pone.0152058

Asner, G. P., D. E. Knapp, R. E. Martin, R. Tupayachi, C. B. Anderson, J. Mascaro, F. Sinca, K. D. Chadwick, M. Higgins, W. Farfan, W. Llactayo, and M. R. Silman. 2014. Targeted carbon conservation at national scales with high-resolution monitoring. *Proceedings of the National Academy of Science* 111, no. 47, E5016–E5022, doi: 10.1073/pnas.1419550111

Bodmer, R. E. and E. P. Lozano. 2002. Rural development and sustainable wildlife use in Peru. *Conservation Biology* 15: 1163-1170.

Brooks, T. M., R. A. Mittermeier, G. A. B. da Fonseca, J. Gerlach, M. Hoffmann, J. F. Lamoreux, G. C. Mittermeier, J. D. Pilgrim, and A. S. L. Rodrigues. 2006. Global biodiversity conservation priorities. *Science* 313: 58-61.

Bury, J., B. G. Mark, M. Carey, K. R. Young, J. McKenzie, M. Baraer, A. French, and M. H. Polk. 2013. New geographies of water and climate change in Peru: Coupled natural and social transformations in the Santa River watershed. *Annals of the Association of American Geographers* 103: 363-374.

Cardozo, M. 2011. Economic displacement and local attitude towards protected area establishment in the Peruvian Amazon. *Geoforum* 42: 603-614.

Cardozo, M. 2013. *Smallholder livelihoods and market accessibility in the Peruvian Amazon*. Ph.D. Dissertation, University of Texas at Austin.

Carey, M., M. Baraer, B. G. Mark, A. French, J. Bury, K. R. Young, and J. M. McKenzie. 2014. Toward hydro-social modeling: Merging human variables and the social sciences with climate-glacier runoff models (Santa River, Peru). *Journal of Hydrology* 518: 60-70

Castello, L., D. G McGrath, L. L. Hess, M. T. Coe, P. A. Lefebvre, P. Petry, M. N. Macedo, V. F. Renó, and C. C. Arantes 2013. The vulnerability of Amazon freshwater ecosystems. *Conservation Letters* 6: 217-229.

Chang, S. E., J. Stone, K. Demes, and M. Piscitelli. 2014. Consequences of oil spills: A review and framework for informing planning. *Ecology and Society* 19: 26, <http://dx.doi.org/10.5751/ES-06406-190226>

Chapin, F. S., P. A. Matson, and P. M. Vitousek. 2011. *Principles of Terrestrial Ecosystem Ecology*. Second edition. Springer, New York.

Colgan, C., M. L. Hunter, B. McGill, and A. Weiskittel. 2014. Managing the middle ground: Forests in the transition zone between cities and remote areas. *Landscape Ecology* 29: 1133-1143.

Coomes, O. T., C. Abizaid, and M. Lapointe. 2009. Human modification of a large meandering Amazonian river: Genesis, ecological and economic consequences of the Masisea cutoff on the central Ucayali, Peru. *Ambio* 38: 130-134.

- Coomes, Y. Takasaki, C. Abizaid, and B. L. Barham.** 2010. Floodplain fisheries as natural insurance for the rural poor in tropical environments: Evidence from Amazonia. *Fisheries Management and Ecology* 17: 513-521.
- Coomes, O. T., Y. Takasaki, and J. M. Rhemtulla.** 2011. Land-use poverty traps identified in shifting cultivation systems shape long-term tropical forest cover. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 13925-13930.
- Cumming, G. S., A. Buerkert, E. M. Hoffmann, E. Schlecht, S. von Cramon-Taubadel, and T. Tschardt.** 2014. Implications of agricultural transitions and urbanization for ecosystem services. *Nature* 515: 50-57.
- DeFries, R. S., D. C. Morton, G. R. van der Werf, L. Giglio, G. J. Collatz, J. T. Randerson, R. A. Houghton, P. K. Kasibhatla, and Y. Shimabukuro.** 2008. Fire-related carbon emissions from land use transitions in southern Amazonia. *Geophysical Research Letters* 35: L22705.
- Denevan, W. and C. Padoch (eds.).** 1987. Swidden-fallow agroforestry in the Peruvian Amazon. *Advances in Economic Botany* 5: 1-111.
- Dourojeanni, M.** 2013. *Loreto: Sostenible al 2021*. DAR, Lima.
- Duque, A., K. J. Feeley, E. Cabrera, R. Callejas, and A. Idarraga.** 2014. The dangers of carbon-centric conservation for biodiversity: A case study in the Andes. *Tropical Conservation Science* 7: 178-191.
- Engle, N. L. and M. C. Lemos.** 2009. Unpacking governance: Building adaptive capacity to climate change of river basins in Brazil. *Global Environmental Change* 20: 4-13.
- Espinoza, J. C., J. Ronchail, F. Frappart, W. Lavado, W. Santini, and J. L. Guyot.** 2013. The major floods in the Amazonas River and tributaries (western Amazon basin) during the 1970-2013 period: A focus on the 2012 flood. *Journal of Hydrometeorology* 14: 1000-1008.
- Evans, K., L. Murphy, and W. de Jong.** 2014. Global versus local narratives of REDD: A case study from Peru's Amazon. *Environmental Science & Policy* 35: 98-108.
- Fine, P. V. A., R. García-Villacorta, N. C. A. Pitman, I. Mesones, and S. W. Kembel.** 2010. A floristic study of the white-sand forests of Peru. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 97: 283-305.
- Fine, P. V. A., I. Mesones, and P. D. Coley.** 2004. Herbivores promote habitat specialization by trees in Amazonian forests. *Science* 305: 663-665.
- Finer, M., B. Babbitt, S. Novoa, F. Ferrarese, S. E. Pappalardo, M. De Marchi, M. Saucedo and A. Kumar.** 2015. Future of oil and gas development in the western Amazon. *Environmental Research Letters* 10: 024003, doi:10.1088/1748-9326/10/2/024003
- Gentry, A. H.** 1988. Tree species richness of upper Amazonian forests. *Proceeding of the National Academy of Sciences* 85: 156-159.
- Gockel, C. K. and L. C. Gray.** 2009. Integrating conservation and development in the Peruvian Amazon. *Ecology and Society* 14: 11, <http://www.ecologyandsociety.org/vol14/iss2/art11/>
- Hecht, S. B., K. D. Morrison, and C. Padoch (eds.).** 2014. *The Social Lives of Forests: Past, Present, and Future of Woodland Resurgence*. University of Chicago Press, Chicago.
- Kareiva, P., H. Tallis, T. H. Ricketts, G. C. Daily, and S. Polasky (eds.).** 2011. *Natural Capital: Theory and Practice of Mapping Ecosystem Services*. Oxford University Press, Oxford.
- Kovacs, K., S. Polasky, E. Nelson, B. L. Keeler, D. Pennington, A. J. Plantinga, and S. J. Taff.** 2013. Evaluating the return in ecosystem services from investment in public land acquisitions. *PLOS ONE* 8, issue 6, e62202.

Lähteenoja, O., Y. R. Reátegui, M. Räsänen, D. Del Castillo Torres, M. Oinonen and S. Page. 2012. The large Amazonian peatland carbon sink in the subsiding Pastaza-Marañón foreland basin, Peru. *Global Change Biology* 18: 164-178.

Lima, L. S., M. T. Coe, B. S. Soares Filho, S. V. Cuadra, L. C. P. Dias, M. H. Costa, L. S. Lima, and H. O. Rodrigues. 2014. Feedbacks between deforestation, climate, and hydrology in the southwestern Amazon: Implications for the provision of ecosystem services. *Landscape Ecology* 29: 261-274.

Marengo, J. A., L. S. Borma, D. A. Rodriguez, P. Pinho, W. R. Soares, and L. M. Alves. 2013. Recent extremes of drought and flooding in Amazonia: Vulnerabilities and human adaptation. *American Journal of Climate Change* 2: 87-96.

Melo, F. P. L., V. Arroyo-Rodríguez, L. Fahrig, M. Martínez-Ramos, and M. Tabarelli. 2013. *Trends in Ecology and Evolution* 28: 462-468.

Montoya, M. 2010. *How access, values, and history affect the sustainable extraction of fish and timber for an Amazonian indigenous group: The Kandozi of the Pastaza River of Peru.* Ph.D. Dissertation, University of Texas at Austin.

Montoya, M. and K. R. Young. 2013. Sustainability of natural resource use for an Amazonian indigenous group. *Regional Environmental Change* 13: 1273-1286.

Nepstad, D. C., C. M. Stickler, B. Soares-Filho, and F. Merry. 2008. Interactions among Amazon land use, forests and climate: Prospects for a near-term forest tipping point. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 27: 1737-1746.

Perrault-Archambault, M. and O. T. Coomes. 2008. Distribution of agrobiodiversity in home gardens along the Corrientes River, Peruvian Amazon. *Economic Botany* 62: 109-126.

Phillips, O. L., L. E. O. C. Aragão, S. L. Lewis, J. B. Fisher, J. Lloyd, G. López-González, Y. Malhi, A. Monteagudo, J. Peacock, C. A. Quesada, G. van der Heijden, S. Almeida, I. Amaral, L. Arroyo, G. Aymard, T. R. Baker, O. Bánki, L. Blanc, D. Bonal, P. Brando, J. Chave, Á. C. Alves de Oliveira, N. Dávila Cardozo, C. I. Czimczik, T. R. Feldpausch, M. Aparecida Freitas, E. I. Gloor, N. Higuchi, E. Jiménez, G. Lloyd, P. Meir, C. Mendoza, A. Morel, D. A. Neill, D. Nepstad, S. Patiño, M. C. Peñuela, A. Prieto, F. Ramírez, M. Schwarz, J. Silva, M. Silveira, A. Sota Thomas, H. ter Steege, J. Stropp, R. Vásquez, P. Zelazowski, E. Alvarez Dávila, S. Andelman, A. Andrade, K.-J. Chao, T. Erwin, A. Di Fiore, E. Honorio C., H. Keeling, T. J. Killeen, W. F. Laurance, A. Peña Cruz, N. C. A. Pitman, P. Núñez Vargas, H. Ramírez-Angulo, A. Rudas, R. Salamão, N. Silva, J. Terborgh, and A. Torres-Lezama. 2009. Drought sensitivity of the Amazon rainforest. *Science* 323: 1344-1347.

Polasky, S., E. Nelson, D. Pennington, and K. A. Johnson. 2011. The impact of land-use change on ecosystem services, biodiversity and returns to landowners: A case study in the state of Minnesota. *Environmental & Resource Economics* 48: 219-242.

Pomara, L. Y., K. Ruokolainen, and K. R. Young. 2014. Avian species composition across the Amazon River: The roles of dispersal limitation and environmental heterogeneity. *Journal of Biogeography* 41: 784-796.

Postigo, J. C., M. Montoya, and K. R. Young. 2013. Natural resources in the subsoil and social conflicts on the surface: Perspectives on Peru's subsurface political ecology. Pp. 223-240 in A. J. Bebbington and J. T. Bury (eds.). *Subterranean Struggles: New Geographies of Extractive Industries in Latin America.* University of Texas Press, Austin.

Potapov, P. V., J. Dempewolf, Y. Talero, M. C. Hansen, S. V. Stehman, C. Vargas, E. J. Rojas, D. Castillo, E. Mendoza, A. Calderón, R. Giudice, N. Malaga, and B. R. Zutta. 2014. National satellite-based humid tropical forest change assessment in Peru in support of REDD+ implementation. *Environmental Research Letters* 9: 124012.

- Puhakka, M., R. Kalliola, M. Rajasilta and J. Salo.** 1992. River types, site evolution and successional vegetation patterns in Peruvian Amazon. *Journal of Biogeography* 19: 651-665.
- Reátegui-Zirena, E. G., P. M. Stewart, A. Whatley, F. Chu-Koo, V. E. Sotero-Solis, C. Merino-Zegarra, and E. Vela-Paima.** 2014. Polycyclic aromatic hydrocarbon concentrations, mutagenicity, and Microtox® acute toxicity testing of Peruvian crude oil and oil-contaminated water and sediment. *Environmental Monitoring & Assessment* 186: 2171-2184.
- Robinson, J. G. and E. LO. Bennett (eds.).** 2000. *Hunting for Sustainability in Tropical Forests.* Columbia University Press, New York.
- Sarkar, S. and M. Montoya.** 2011. Beyond parks and reserves: The ethics and politics of conservation with a case study from Perú. *Biological Conservation* 144: 979-988.
- Saatchi, S. S., N. L. Harris, S. Brown, M. Lefsky, E. T. A. Mitchard, W. Salas, B. R. Zutta, W. Buermann, S. L. Lewis, S. Hagen, S. Petrova, L. White, M. Silman, and A. Morel.** 2011. Benchmark map of forest carbon stocks in tropical regions across three continents. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 108: 9899-9904.
- Saatchi, S. S., S. Asefi-Najafabady, Y. Malhi, L. E. O. C. Aragão, L. O. Anderson, R. B. Myneni, and R. Nemani.** 2013. Persistent effects of a severe drought on Amazonian forest canopy. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 110: 565-570.
- Tuomisto, H., G. Zuquim, and G. Cárdenas.** 2014. Species richness and diversity along edaphic and climatic gradients in Amazonia. *Ecography* 37: 1034-1046.
- Vergara, K., M. Figallo, and M. Glave.** 2014. Infraestructura en la Amazonia peruana: Una propuesta para proyectar cambios en la cobertura boscosa en la carretera Pucallpa-Cruzeiro do Sul. Pp. 161-207 en R. Barrantes & M. Glave (eds.). *Amazonia peruana y Desarrollo Económico.* Instituto de Estudios Peruanos y GRADE, Lima.
- Wrathall, D. J., J. Bury, M. Carey, B. Mark, J. McKenzie, K. Young, M. Baraer, A. French, and C. Rampini.** 2014. Migration amidst climate rigidity traps: Resource politics and socio-ecological possibilism in Honduras and Peru. *Annals of the Association of American Geographers* 104: 292-304.
- Young, K. R.** 2014. Ecology of land cover change in glaciated tropical mountains. *Revista peruana de biología* 21: 259-270.
- Young, K. R. and J. K. Lipton.** 2006. Adaptive governance and climate change in the tropical highlands of western South America. *Climatic Change* 78: 63-102.
- Zeng, N., J.-H. Yoon, J. A. Marengo, A. Subramaniam, C. A. Nobre, A. Mariotti and J. D. Neelin.** 2008. Causes and impacts of the 2005 Amazon drought. *Environmental Research Letter* 3: 014002, doi:10.1088/1748-9326/3/1/014002



