



# PROYECCIONES REGIONALES







De acuerdo con la información histórica disponible, los efectos del cambio climático en la región andino-amazónica, considerada una de las regiones más ricas en diversidad biológica del planeta, han sido significativos y las proyecciones indican que incluso podrían ser mayores con un aumento de tan sólo 1,5 a 2°C de la temperatura actual. Se prevé además, que el incremento de la temperatura y las precipitaciones afectarían principalmente la región del Amazonas, tanto en la estación seca como en la húmeda.

El desarrollo de iniciativas de mega obras de infraestructura, como la Iniciativa para la Integración de la Infraestructura Regional de Sud América (IIRSA), contribuirán significativamente a acentuar los efectos del cambio climático en la región, debido a los cambios en la accesibilidad, el incremento del costo de oportunidad de los recursos naturales, el valor de la tierra y la facilitación de la movilidad y asentamiento de la población, que acompañan a este tipo de proyectos, afectando los patrones del uso de suelo, las coberturas asociadas y, a través de éstas, las condiciones de conservación de la biodiversidad en los sistemas ecológicos correspondientes.

La mayoría de los analistas coinciden en que las evaluaciones de la contribución económica y social de la expansión de caminos, generalmente, ignora o subestima los costos ambientales (e.g., Fearnside et al. 2006, Vera-Díaz et al. 2009). El incorporar este tipo de costos es crítico para mejorar los procesos de toma de decisiones sobre la expansión de grandes obras de infraestructura de transporte, especialmente cuando su construcción o mejora es inevitable en el mediano plazo y deseada por la mayoría de los actores de la región.

Los desafíos de la gestión ambiental sostenible requieren de un enfoque integral para abordar el vínculo entre ecoeficiencia e infraestructura, para una verdadera integración con base territorial y no sectorial (enfoque en redes). Para ello es necesario comprender las interacciones recíprocas que existen entre el desarrollo de infraestructura y el cambio climático global a escala regional y local, lo cual debería traducirse en opciones de políticas para afrontarlas.

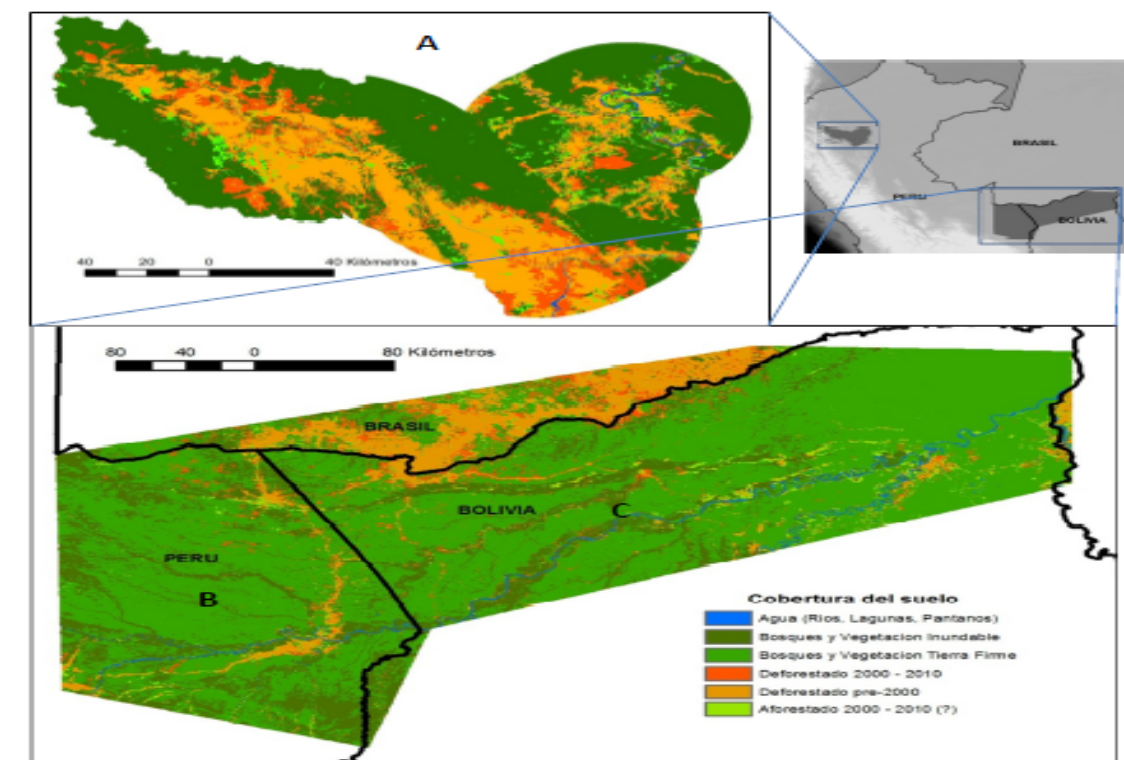
## Los escenarios futuros posibles en el área de estudio

Las obras seleccionadas en este estudio son representativas de áreas donde: 1) las redes viales han existido por varias décadas y el proceso de desarrollo contempla, principalmente, el mejoramiento de las redes troncales, con expansión secundaria de las redes locales de transporte, y 2) la mayoría de las unidades productivas que causan deforestación son de tamaño mediano a pequeño, en propiedad individual o colectiva y su producción se destina a los mercados locales. Este es el contexto que aplica, en general, a la amazonia en Bolivia, Colombia, Ecuador y Perú. Debe esperarse que las relaciones entre infraestructura vial y cambios en la cobertura natural de una zona, sean diferentes si se trata de la construcción de nuevas vías o si las unidades productivas son de gran escala.

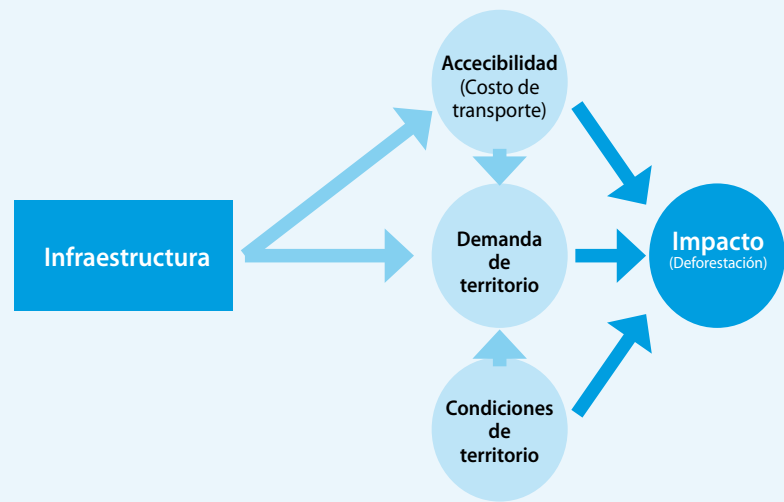
El objetivo del modelo desarrollado para el área de estudio es generar información de escala regional para el análisis de opciones de política, tanto para la sociedad civil, como para los tomadores de decisiones, con el fin de promover decisiones mejor informadas.

También busca apoyar a actores locales y regionales en sus esfuerzos para la conservación de la diversidad biológica y otros valores ecológicos y sociales esenciales de la región, mientras avanza el desarrollo de IIRSA.

El primer componente del modelo es la medición de los patrones de cambio asociados a los proyectos IIRSA en cada área. La parametrización de estos patrones es la base del desarrollo de modelos y proyecciones de los impactos futuros posibles en las áreas de interés específico. Para esto se elaboraron mapas de cobertura para los años 2000 y 2010 en base a la interpretación digital de imágenes MODIS para Madre de Dios (Perú) y Pando (Bolivia), y para el 2009, en base a imágenes LANDSAT para San Martín (Perú). Para comparación en San Martín se usó el mapa de cobertura oficial existente del 2000. Por sus características radiométricas y espaciales, MODIS y LANDSAT han sido usados exitosamente para el mapeo de la vegetación en amazonia (ver por ejemplo Eva et al. 2004 y Ferreira et al. 2010).



### Esquema conceptual del modelo



El elemento más importante en esta etapa es un sistema de regresiones logísticas multivariadas (RLM), espacialmente explícito, que estima la probabilidad de deforestación en el sitio "i" de cada área de interés en función de una serie de variables que miden condiciones definidas por las características de red vial local (e.g., costos de transporte) y las características locales del territorio. Es un modelo en equilibrio, que asume que no ocurrirán cambios adicionales significativos si el contexto no cambia.

El modelo estadístico RLM, ha sido utilizado exitosamente en estudios de cambio en el uso y cobertura de la tierra (e.g., Chomitz y Gray, 1996; Huang, Cai, y Peng, 2007; Ludeke, Maggion, y Reid, 1990; Mertens y Lambin, 2000). La técnica RLM obtiene coeficientes para cada variable independiente, basada en una muestra de datos. Estos coeficientes pueden ser interpretados como pesos en un algoritmo, usado para generar un mapa de probabilidades de cambio de bosque a no-bosque para cada sitio i en una región determinada.

La aplicación de los resultados de RLM para actualizar los valores de la variable dependiente en la forma de mapas numéricos, permite la generación de probabilidades de cambios en la cobertura de la tierra. Al combinar los resultados de RLM con métodos espacialmente explícitos (e.g., álgebra de

mapas) se crean escenarios geográficos de deforestación, que son usados como insumo en modelos dinámicos como Autómatas Celulares (AC). Los modelos AC de cambios de uso de la tierra han sido exitosamente aplicados para el análisis de deforestación en la Amazonía ecuatoriana (Messina y Walsh, 2001, Walsh et al. 2008), llanura venezolana (Moreno et al. 2007) y Amazonía brasilera (Soares-Filho et al. 2002).

El modelo pretende explicar, no predecir, el impacto observado en estas tres regiones. En base a las relaciones establecidas analizamos cuáles son los cambios probables en los próximos 10 años, en términos de deforestación asociados a la ejecución de proyectos IIRSA en cada una de las áreas y en general para la región. Específicamente, el impacto de la reducción de los costos de transporte y los impactos potenciales en las condiciones de conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos. Otros tipos de impactos, como degradación de bosques por tala o contaminación de sistemas acuáticos, no son analizados pero asumimos que son proporcionales al impacto medido en términos de deforestación.

El segundo componente, estima los impactos posibles en términos de la deforestación futura posible, asociados a cambios en las condiciones afectadas por el desarrollo de proyectos IIRSA. Específicamente, analizamos el impacto de la reducción de los costos de transporte entre el lugar de partida "i" y el destino "j" y del incremento de la densidad de población en "i" utilizando la metodología desarrollada por López y Sierra (2010). Las variables de los modelos individuales son estimados usando datos estandarizados para hacerlos comparables y generalizables.

Los costos de transporte hacia mercados y desde centros de servicio, son medidos por el tiempo mínimo de acceso a cada sitio (i), medido en horas desde el centro urbano más cercano. La demanda de territorio, es medida en el modelo por un índice estandarizado de densidad de población que se construyó en base a la reflectancia nocturna medida por la

DMS-OLS NighttimeLights Time Series, Versión 4. La reflectancia de las luces nocturnas han sido usadas en varios estudios para estimar condiciones demográficas en áreas de asentamientos densos (e.g., Doll et al. 2006 y Ebener et al. 2005).

El modelo también incluye dos condiciones locales del territorio que afectan la deforestación: acceso y control del territorio y costos locales de transformación. Acceso y control reflejan principalmente condiciones de tenencia y reglamentación sobre uso. Estas son tres variables que identifican territorios comunitarios, áreas protegidas y áreas castañeras. Cada una representa distintas formas de acceso y control del uso de la tierra. Los costos locales de transformación son medidos por las condiciones topográficas de un área, es decir el nivel de rugosidad del paisaje.

En el tercer componente, se analizan los impactos potenciales en las condiciones de conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos de las tres áreas de interés a partir de los cambios de cobertura estimados por los modelos cuantitativos para cada zona. Este enfoque es consistente con las tendencias en investigación para la estimación de balances integrados de múltiples servicios simultáneos a escalas de paisaje en base a medidas específicas de cobertura del suelo (De Bello et al. 2010, Lavorei et al, 2011).

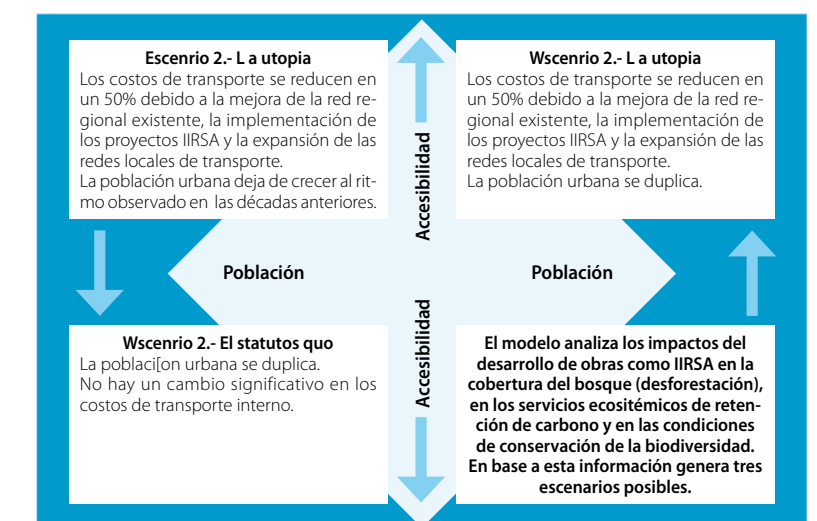
Para medir el impacto en biodiversidad se estimó la pérdida probable, en función de las probabilidades de deforestación, del área remanente en 2009/2010 de cada uno de los sistemas ecológicos de cada zona usando como base la metodología diseñada por Sierra (2006). El impacto en servicios ecosistémicos fue medido como las emisiones de carbono asociadas a la deforestación estimada, utilizando las estimaciones de contenido de carbono por hectárea (C/Ha) realizadas por Asner (20xx) para Madre de Dios. En base a estas, se imputó un C/Ha a cada sistema ecológico de cada región, en base al promedio zonal de contenido de carbono. Los promedios estimados fueron asignados a los sistemas ecológicos de las otras dos zonas de interés

basado en continuidad, es decir si los mismos sistemas aparecen en éstas, y en su afinidad taxonómica. Es importante anotar que estos volúmenes son considerados un mínimo. Todos los expertos locales consultados coinciden en que los volúmenes estimados por Asner subestiman significativamente los volúmenes reales de C/Ha.

Se analizaron los impactos de tres escenarios posibles que relacionan los cambios en la población y la accesibilidad como resultado del mejoramiento de las vías de acceso, en las tres áreas de interés.

En los tres escenarios se analizaron los impactos del desarrollo de grandes obras de infraestructura como IIRSA en la cobertura del bosque (deforestación), en los servicios ecosistémicos de retención de carbono y en las condiciones de conservación de la biodiversidad.

Impacto	Deforestación	Emisiones de carbono (m ton)	Conservación de la biodiversidad
<b>Escenario 1</b>	Adicional de deforestación mínimo de 15.5% y un máximo de 74.6%	18,6	-8,7%
<b>Escenario 2</b>	Adicional de deforestación va desde el 16.5% al 94.8%	33,4	-20,2%
<b>Escenario 3</b>	Adicional de deforestación va desde el 35,5% al 210%.	59,4	-30,9%





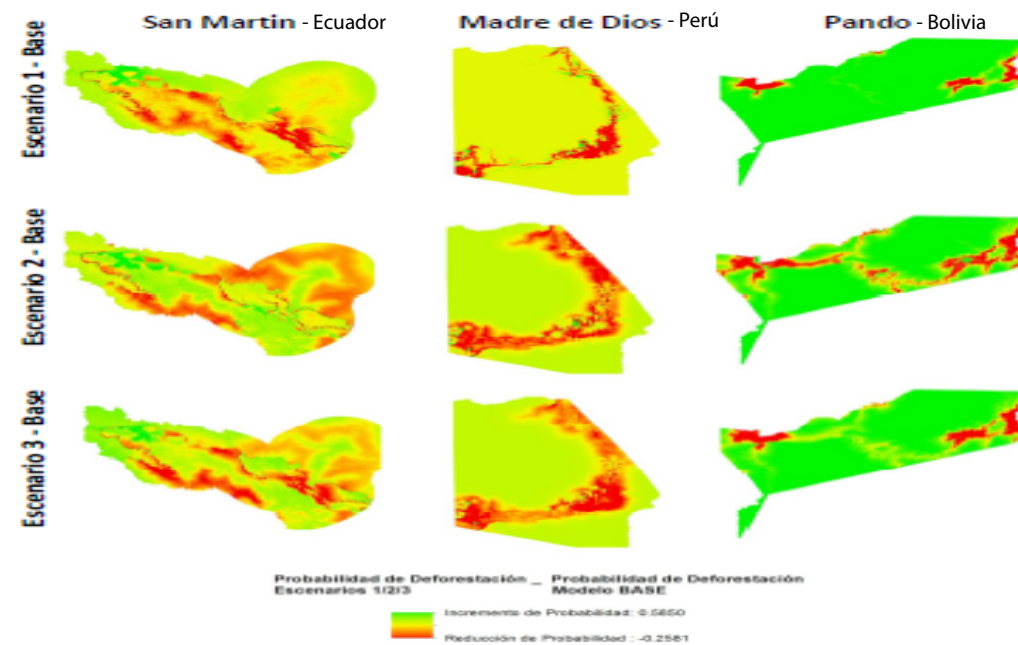
El efecto del crecimiento de la población urbana es la intensificación de la deforestación en áreas cercanas a las vías y centros poblados, mientras que en las áreas alejadas de estas es probable que se produzca una disminución de la deforestación. Por otro lado, la reducción de los costos de transporte incrementa la probabilidad de deforestación hacia afuera de las vías y centros poblados. La combinación de los dos, tiene como impacto fundamental la intensificación de la deforestación en áreas cercanas a caminos, pero lejanos a centros poblados, la reducción de presión en las áreas menos accesibles.

Estimadas como emisiones posibles, el desarrollo de proyectos IIRSA, junto con los procesos de crecimiento de población asociados, pero no determinados por los mismos, resultan en una emisión neta de cerca de 60 millones de toneladas métricas de carbono a la atmósfera. El modelo no genera recuperación de carbono en ninguno de los escenarios ni de las áreas de estudio, posiblemente reflejando la naturaleza principalmente rural del contexto de la zona.

En el caso de la biodiversidad, los impactos están directamente asociados a los niveles de deforestación proyectados.

Los países andino amazónicos se enfrentan a condiciones climáticas cada vez más extremas, las que se verán seriamente reforzadas por la construcción de mega obras como las propuestas por IIRSA. Las proyecciones revelan que las obras consideradas en el estudio podrían generar en el corto plazo un adicional de deforestación que va desde el 35,5% al 210%. En Pando (Bolivia), el área de estudio en mejor estado de conservación actualmente, el área deforestada se incrementaría más de dos veces, principalmente como consecuencia de nuevos asentamientos humanos y la expansión de frontera agrícola basada en roce y quema, la ganadería y la explotación maderera. Las actividades relacionadas con la construcción o mejoramiento de las vías en el área de estudio (carreteras e hidrovías) podría llegar a contribuir con 60 millones de toneladas de carbono y la fragmentación de los sistemas ecológicos existentes podría provocar la pérdida de hasta un 30% de la biodiversidad de la región.

**Cambios proyectados en la cobertura boscosa para las tres áreas de estudio: Ecuador, Perú y Bolivia.**  
(Vea el informe completo *Rodrigo Sierra y otros. 2011. Escenarios de los Posibles Impactos Ambientales Futuros Asociados a IIRSA en los Ecosistemas de tres áreas de estudio en Bolivia, Ecuador y Perú. Informe de UICN.*)



**Para obtener información más detallada sobre el estado de situación de cada proyecto que forma parte de este estudio, puede ver los informes específicos por país.**

Con el auspicio de:

**MACARTHUR**  
The John D. and Catherine T. MacArthur Foundation

