

Comunidades Sostenibles

Análisis Cartográfico y Georreferenciado del Programa Socio Bosque

Leo Zurita-Arthos
David Cotacachi

División de Género y Diversidad

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-01673

Comunidades Sostenibles

Análisis Cartográfico y Georreferenciado del Programa Socio Bosque

Leo Zurita-Arthos
David Cotacachi

Mayo 2019

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Comunidades sostenibles: análisis cartográfico y georeferenciado del Programa Socio
Bosque / Leo Zurita-Arthos, David Cotacachi.
p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1673)
Incluye referencias bibliográficas.
1. Forest conservation-Ecuador-Citizen participation. 2. Payments for ecosystem
services-Ecuador. 3. Forest policy-Ecuador. 4. Sustainable forestry-Ecuador. 5.
Indigenous peoples-Ecuador. I. Zurita-Arthos, Leo. II. Cotacachi, David. III. Banco
Interamericano de Desarrollo. División de Género y Diversidad. IV. Título. V. Serie.
IDB-TN-1673

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2019 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



Correspondencia: David Cotacachi, nestorc@iadb.org

Comunidades Sostenibles

Análisis Cartográfico y Georreferenciado
del Programa Socio Bosque

Comunidades Sostenibles

Análisis Cartográfico y Georreferenciado
del Programa Socio Bosque

Leo Zurita-Arthos
David Cotacachi

Mayo, 2019

ÍNDICE

Agradecimientos	3
Resumen	4
Introducción	5
Metodología	7
Resultados	13
Conclusiones	20
Recomendaciones	21
Glosario	22
Referencias	24

AGRADECIMIENTOS

Este estudio fue financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo a través de la Cooperación Técnica ATN/OC-15113-EC y ATN/FT-15114-EC "Apoyo al Programa de Incentivos Socio Bosque en territorios indígenas y afrodescendientes" de la División de Género y Diversidad (GDI). Se agradece al equipo de la cooperación técnica, Judith Morrison (GDI), Maja Schling (División de Medio Ambiente,

Desarrollo Rural y Administración de Riesgos por Desastre, RND), Enrique Ibarra (GDI) y Jorge Aguilar (GDI), bajo la dirección de David Cotacachi (GDI). Este estudio también fue posible gracias a la colaboración de Max Lascano, Zack Romo, Daniel de la Fuente, Marga Alvarruiz y Santiago Kingman (Ministerio de Ambiente del Ecuador) y Rodrigo Arriagada (Pontificia Universidad Católica de Chile).

RESUMEN

Leo Zurita-Arthos¹, David Cotacachi²

El programa ecuatoriano Socio Bosque (PSB) creado en el 2008 intenta reducir la deforestación mediante la transferencia de incentivos económicos a propietarios individuales y colectivos que voluntariamente deciden conservar sus bosques, páramos u otra vegetación nativa por un período de 20 años. A través de este análisis cartográfico y georreferenciado se determinaron los cambios en la conservación de los bosques bajo el PSB usando información espacial que incluye cobertura del suelo para los años 2008 y 2014, deforestación en los periodos 2000 a 2008 y 2008 a 2014, densidad vial, distancia de los predios PSB a las carreteras, distancia a centros urbanos y pendiente del terreno. El estudio se enfoca en los predios de los propietarios colectivos (pueblos indígenas, afrodescendientes y otras comunidades locales) y los resultados se detallan a nivel de sectores censales dispersos. Los resultados indican que las coberturas

de suelo dentro de los predios colectivos del PSB son y se han mantenido como bosques y vegetación natural en prácticamente toda el área (99%) que estos predios cubren. Asimismo, la conservación dentro de los predios del PSB es mayor que fuera de los mismos. Consecuentemente, estos resultados apuntan hacia el logro de adicionalidad en términos de conservación de los bosques al evitar la deforestación de ciertas áreas en los sectores censales analizados.

Palabras clave: Socio Bosque, pago por servicios ecosistémicos, sectores censales dispersos, pueblos indígenas y afrodescendientes.

Códigos JEL: Q15, Q23, Q24, Q57, R12, R14, R58, Y91.

¹ Geocentro UNIGIS. Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador.

² División de Género y Diversidad. Banco Interamericano de Desarrollo, Washington, D.C.

1

INTRODUCCIÓN

En el Ecuador continental cerca de 94,000 hectáreas son deforestadas anualmente ocasionando la pérdida de varios servicios ecosistémicos de importancia nacional y global, generando pérdidas irreversibles en la biodiversidad y causando efectos negativos en la economía del país. Asimismo, la deforestación y degradación de los bosques han sido reconocidas como un problema global debido a las emisiones de gases de efecto invernadero que producen y que se suman a los impactos negativos antes mencionados. Consecuentemente, las soluciones de regeneración y restauración de bosques requieren de una visión comprehensiva del problema (Chazdon, 2008).

El Programa Socio Bosque (PSB) creado en el 2008, con su capítulo

Socio Páramo (2009), y Socio Manglar (2014), tiene como objetivo la reducción de la deforestación mediante la transferencia directa de incentivos económicos a familias rurales, locales y comunidades indígenas que voluntariamente se comprometen a cumplir con actividades de conservación de los bosques nativos, páramos u otra vegetación nativa por un período de 20 años. En total, once pueblos y nacionalidades indígenas participan en el PSB a nivel nacional, así como otros grupos colectivos de los pueblos afrodescendientes y mestizos.

El PSB, particularmente, reconoce la contribución de los pueblos indígenas en la protección de los ecosistemas en sus territorios, los cuales presentan un mayor nivel de integridad ecosistémica, menor deforestación y

menor nivel de emisiones de carbono (Blackman & Veit, 2018) como consecuencia de los usos culturales sostenibles del suelo. Varios estudios comparativos proveen evidencia robusta de que la protección de los territorios de los pueblos indígenas está asociada con una menor deforestación (Stevens et al., 2014). Desde la creación del PSB en el 2008, la participación de los pueblos indígenas en el programa ha sido positiva, de tal forma que el 88% del total de las tierras conservadas por el esquema son de los propietarios colectivos.

El objetivo de este estudio fue obtener una medida de los cambios en la conservación de los bosques relacionados al PSB, con un enfoque específico en los predios de propiedad colectiva, pertenecientes a comunidades indígenas en su gran mayoría, y que suman en total 1.3 millones de hectáreas desde la creación del programa hasta el 2014. Para tal efecto, se analizó la información espacial disponible sobre la conservación de los bosques del Ecuador, enfocado en los períodos previo y posterior al establecimiento del PSB, es decir, entre el 2000-2008 y 2008-2014 res-

pectivamente. El corte en el 2014 se debe a que hasta la fecha del estudio se contaba con datos a nivel nacional actualizados a dicho año. Toda la información generada está correctamente georreferenciada y usa como fuente de datos la voluminosa información oficial producida por varias unidades del Ministerio de Ambiente (MAE) y que es complementada por la información de otras entidades oficiales del Ecuador como el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC), el Instituto Geográfico Militar (IGM) y el Ministerio de Transporte y Obras Públicas (MTO), que de igual forma son gestoras de información geográfica oficial a nivel nacional. El uso de datos geoespaciales para el análisis de la deforestación es una práctica cada vez más importante y constituye una herramienta de monitoreo y toma de decisiones fundamental en materia de conservación. Particularmente, este tipo de análisis son costo-efectivos y constituyen una herramienta esencial y rápida para investigadores, tomadores de decisión y hacedores de política pública (Poortinga et al., 2018; Cuenca et al., 2018)

2

METODOLOGÍA

El estudio se enfoca en los predios de propietarios colectivos (n=190, área=1.3 millones ha.) del PSB y se detalla a nivel de los sectores censales dispersos (a nivel nacional n=15,941) según el último censo nacional del año 2010 (INEC, 2014; Figura 1). La Tabla 1 muestra algunas estadísticas descriptivas de los sectores censales utilizados en el análisis del PSB. Los sectores censales se definen como la unidad de área de una extensión manejable, en términos del censo, que

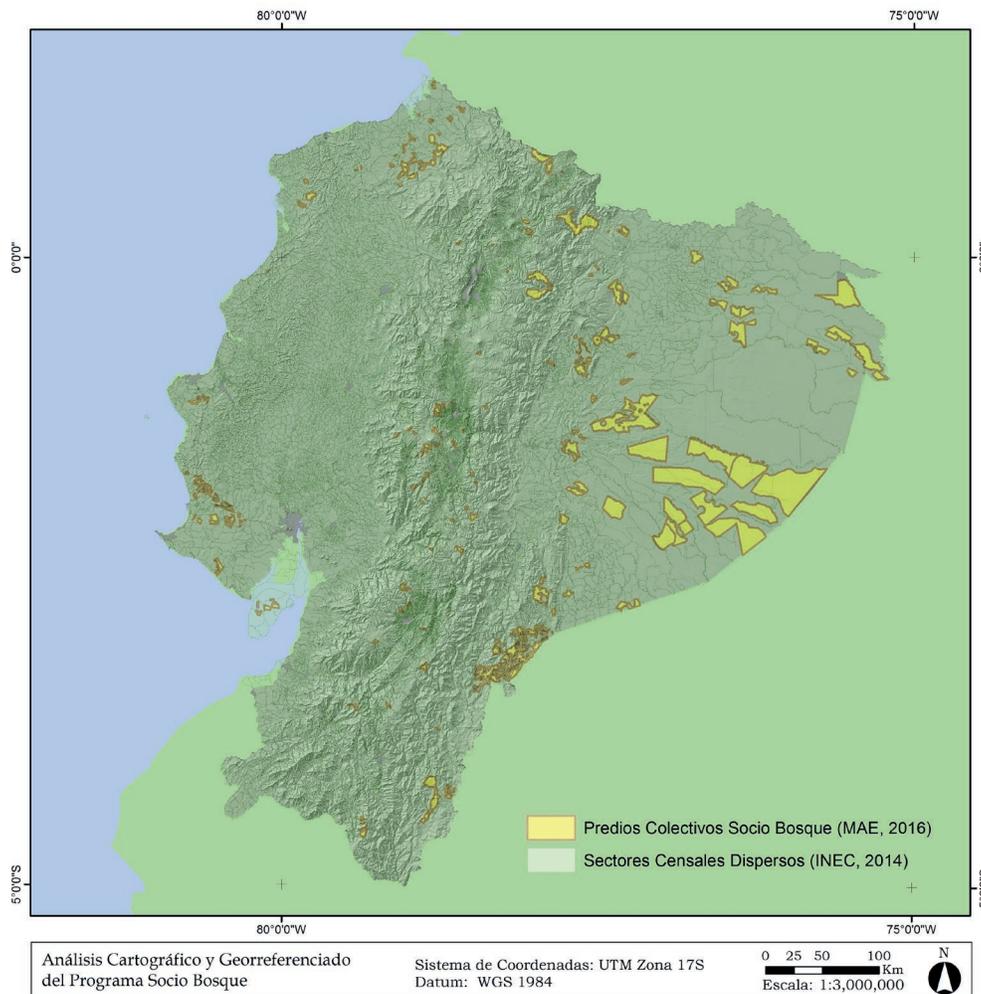
incluye un promedio de 80 viviendas (INEC, 2016). La necesidad de trabajar a nivel de sectores censales responde a la imposibilidad de contar con mapas georreferenciados de las comunidades indígenas del Ecuador. Asimismo, la disponibilidad de datos de censos nacionales combinados con datos biofísicos organizados a nivel de sectores censales hace lógica la selección de sectores censales como la unidad de observación (Arriagada, 2018).

TABLA 1.- Estadísticas descriptivas de los sectores censales incluidos en el análisis

Estadística	Sectores censales totales	Sectores censales PSB*	Sectores censales No-PSB
Número total	15,928	477	15,451
Tamaño promedio (ha)	1,550	15,004	1,135
Desviación estándar (ha)	7,963	40,559	2,988
Coefficiente de variación	513.8%	270.3%	263.4%
Min (ha)	1	103	1
Max (ha)	660,807	660,807	132,958

* Se refiere a sectores censales dispersos con al menos un predio incorporado al programa entre los años 2008 y 2014.

FIGURA 1. Predios colectivos del programa Socio Bosque (n= 190; MAE, 2016) y Sectores Censales Dispersos continentales (n=15,928; INEC, 2014)



Los predios colectivos del PSB se encuentran dentro de uno o más sectores censales dispersos, pero también, un sector censal disperso puede contener partes de uno o más predios colectivos. Los sectores censales dispersos que no tienen relación con un predio del PSB sirvieron como grupo de comparación para identificar las diferencias con aquellos que tienen relación al PSB usando un enfoque *antes-después*³.

De acuerdo con esta base se siguió la siguiente ruta metodológica:

1. **Colección de información secundaria de las fuentes oficiales que generan información cartográfica relevante para el estudio.** La Tabla 2 enlista las variables usadas, así como la fuente y el año de publicación o actualización de la información.

³ Tomar en cuenta que el estudio usa una metodología antes-después. Para la medición del efecto causal (impactos) del programa se recomienda el uso de metodologías alternativas basadas en *randomized control trial* (RCT), *matching* u otras técnicas estadísticas (Jack & Jayachandran, 2018), que permitan aislar el contrafactual de conservación más preciso y reducir potenciales sesgos en la comparación de los sectores censales dispersos con predios PSB y sin predios PSB.

TABLA 2. Variables de estudio para el análisis.

Variable	Fuente*	Año
Predios colectivos de Socio Bosque	MAE	2016
Cobertura del suelo	MAE	2008
Cobertura del suelo	MAE	2014
Deforestación	MAE	2008
Deforestación	MAE	2014
División Censal Nacional	INEC	2014
Red vial	MTOP	2015
Centros urbanos	IGM, INEC	2014
Modelo Digital del Terreno	NASA	2015
Información Base para Ecuador	IGM	2010

* La fuente oficial que genera la información son las siguientes instituciones:

MAE Ministerio de Ambiente

INEC Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

MTOP Ministerio de Transporte y Obras Públicas

IGM Instituto Geográfico Militar

NASA National Air and Space Administration, USA.

- El desarrollo de un sistema de información geográfica (SIG)** con toda la información colectada que sirve como la plataforma de análisis que genera los resultados detallados en los siguientes pasos. Este sistema usa el programa ArcGIS de ESRI, por lo que los datos generados tanto en formato vector como en raster se hospedan en una base de datos geográfica o *Geodatabase*, que permite su uso eficiente y ágil.
- Definición de la cobertura de suelo para los períodos 2008 y 2014 en los predios colectivos de Socio Bosque y sobreposición a los sectores censales en los que estos predios se encuentran.** Este enfoque considera las seis coberturas agrupadas (definidas como Nivel 1) que el MAE define en su metodología de estudio a nivel nacional. Estas categorías permiten el análisis de cobertura
- a nivel de cada sector censal y se enlistan a continuación:

 - Bosque
 - Vegetación Arbustiva y Herbácea
 - Tierra Agropecuaria
 - Cuerpo de Agua
 - Otras Tierras
 - Zona Antrópica
- Definición de las áreas de deforestación detectada dentro de cada predio, según la información generada por el MAE para los años 2008 (previo a Socio Bosque) y 2014 (post Socio Bosque).** La unidad mínima que se detecta corresponde al tamaño del píxel de 30 m. por lado, basado en las imágenes LandSat usadas para esta clasificación, por lo que la deforestación mínima detectada a esta escala corresponde a 900 metros cuadrados. Esta deforestación se define como el cambio completo de cobertura de bosque a no bosque. Los cambios

que ocurren en el bosque a menor escala no pueden ser detectados por lo que, en principio, no pueden ser considerados por este estudio.

5. **Desarrollo de variables de información geográfica que permitan caracterizar biofísica y socioeconómicamente los sectores de estudio.**

Estas variables se basan en la información colectada y fueron desarrolladas para todos los sectores censales dispersos. Dentro de algunos sectores, existen áreas que no tienen datos de deforestación disponibles, por lo tanto, estas áreas dentro de los sectores fueron excluidas de los cálculos de la variable. Esto se debe a que en las capas de cobertura del suelo del 2008 y 2014, desarrolladas por el MAE, existen pequeñas áreas donde la falta de datos disponibles, principalmente por presencia de nubes, no permitió determinar la cobertura de suelo. Estas áreas sin datos no coinciden en los dos periodos identificados para el estudio, y son visiblemente más numerosas en la información para el 2008. Esto hace que áreas no clasificadas (sin información) en el 2008, hayan sido clasificadas en el 2014 (cuando ya se tuvo información disponible), generando un aumento en la estimación del área total de una cobertura (e.g. bosque) que es un artefacto de la falta de información entre un año y otro. Sin embargo, en estos casos, la información de deforestación es la que permite determinar con precisión la pérdida de bosque observada en cada período y con esto los patrones dentro y fuera de los predios de estudio.

A continuación, se detallan las variables entendidas y estudiadas como potenciales promotores de deforestación, y se define la metodología utilizada para su estudio:

- **Densidad vial.** Definida como los kilómetros lineales de carretera que se encuentran por cada kilómetro cuadrado de área, calculada con la red vial de primer orden a nivel nacional (MTOPI, 2015) y estudiada a nivel de cada sector censal que se encuentra intersecado por un tramo de vía.
- **Distancia a las vías.** Usando la red vial combinada de las fuentes oficiales a nivel nacional (MTOPI, 2015; IGM, 2010), y agregada para cada sector censal disperso.
- **Distancia a centros urbanos.** Usando la base de localidades del Censo Nacional (INEC, 2014), y agregada para cada sector censal disperso.
- **Pendientes de terreno.** Derivada del modelo digital de elevación a escala de 30 metros por píxel (NASA, 2015), y agregada para cada sector censal disperso.
- **Índice de vulnerabilidad relativa de deforestación.** Calculado con las variables normalizadas e invertidas de distancia a vías, distancia a centros urbanos y el inverso de la pendiente. Es decir, se calcula un índice para cada variable, asumiendo que mientras mayor distancia a una vía, un área (i.e. píxel) es menos vulnerable a ser deforestada; mientras mayor es la distancia a un centro urbano, de

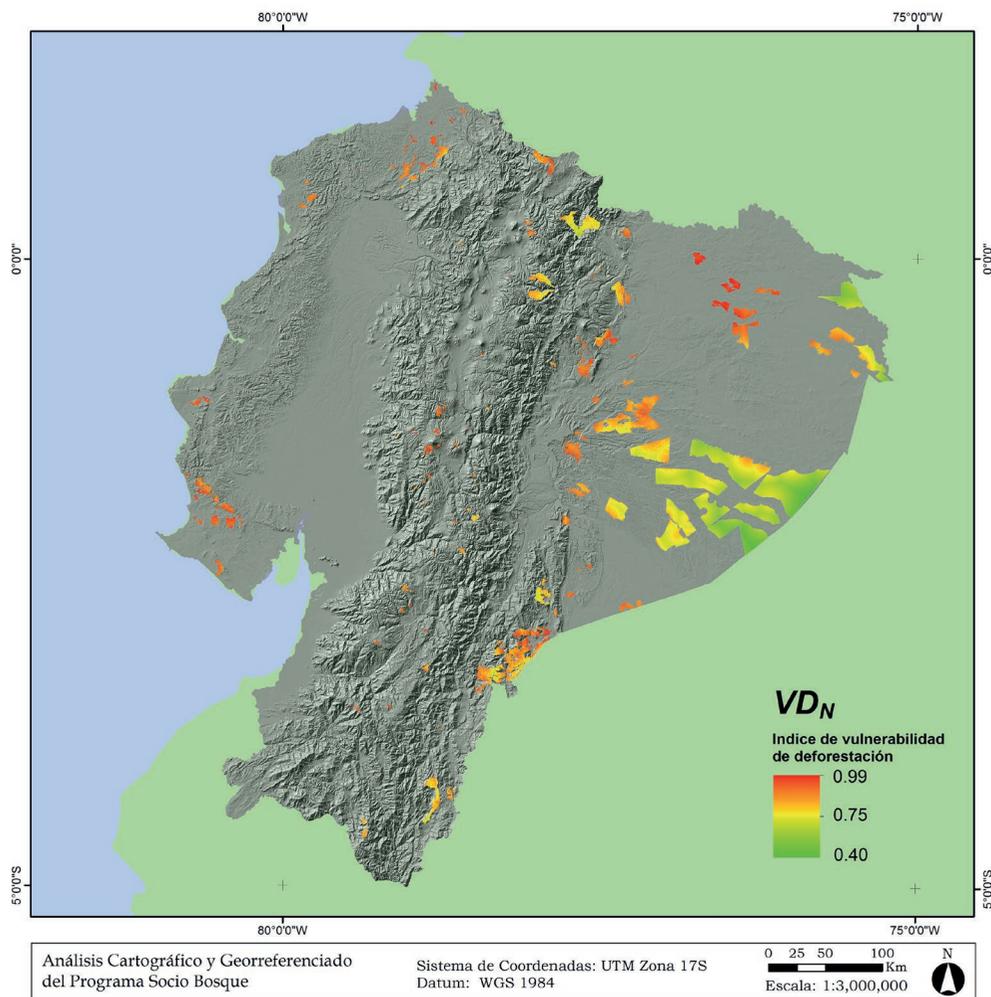
igual forma; y, mientras menor pendiente tiene el terreno, tiene mayor probabilidad de ser deforestada. Los tres índices se pesan de igual manera, y se calcula un índice de vulnerabilidad de deforestación, mediante la ecuación:

$$VD_N = (DV_N + DU_N + P_N) / 3$$

Donde DV_N es la distancia a las vías normalizada, por lo que 1 significa que el pixel es cruzado por una vía, y 0 es el punto más lejano a una vía,

a nivel del área de estudio; DU_N es la distancia a un centro urbano principal normalizado para el cual 1 significa que el pixel contiene un centro urbano, y 0 es el punto más lejano a un centro urbano a nivel del área de estudio; y P_N es un índice normalizado de la pendiente, que da un valor de 1 a las pendientes planas, y 0 a las mayores pendientes de terreno. El índice VD_N expresa así una medida de la vulnerabilidad de un área a ser deforestada expresada como una probabilidad entre 0 y 1. (Figura 2)

FIGURA 2. Índice de Vulnerabilidad de Deforestación y predios colectivos del Programa Socio Bosque



6. **Inclusión de los criterios de priorización geográfica utilizados para la selección de áreas prioritarias para la implementación del PSB (MAE, 2012)**, que se estudian por separado, según la disponibilidad de los datos. Cada criterio es luego agrupado por sector censal disperso. El MAE (2012) determinó estos criterios dentro de tres grupos, con las siguientes bases:
 - **Nivel de amenaza**, definido por la accesibilidad y los patrones de deforestación históricos,
 - **Servicios ecosistémicos**, que incluye biodiversidad, regulación hidrológica y carbono almacenado; y,
 - **Nivel de pobreza**, definido a nivel parroquial según los datos del Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador.
7. **Inclusión de la información de carbono almacenado y emisiones potenciales como CO₂ equivalente, derivadas del mapa de carbono al año 2008**, desarrollado por el MAE, para los 9 tipos de cobertura natural medidos. Esta cobertura fue resumida, para cada sector censal disperso, y luego se calculó el carbono almacenado total, y el valor de las emisiones que se generarían si se pierde esa cobertura, por lo que se expresa en CO₂ equivalente, que se puede entender como emisiones evitadas, cuando se conserva la cobertura. En los sectores censales con poca o nula cobertura vegetal natural, se asume un contenido de carbono equivalente a cero.
8. **Generación de una base de datos con los resultados del análisis tanto en formato espacial, como en formato tabular.** La *Geodatabase* incluye todos los componentes del análisis, mientras que la base de datos tabular (archivo Excel) incluye las tablas de resultados principales.

3

RESULTADOS

Al sobreponer y dividir los predios colectivos del PSB según los sectores censales dispersos que incluyen se obtuvieron 642 subdivisiones, que corresponden a 477 sectores censales únicos. Esto se debe a que por un lado los predios colectivos se encuentran dentro de uno o más sectores censales, pero al mismo tiempo un sector censal puede contener partes de uno o más predios colectivos. En ningún caso, un sector censal contiene todo un predio colectivo. En varios casos, se observaron incongruencias topológicas entre los límites de un predio y los bordes de un sector censal, sobre todo cuando estos coinciden con la rivera de un río. Sin embargo, estos casos son de menor importancia a la escala de trabajo del presente análisis. Los sectores censales son identificados de acuerdo con la nomenclatura

del INEC para el Censo Nacional y todos los datos de la base tabular tienen marcado este identificador como campo clave. Los 15,928 sectores censales dispersos son, por definición, mayormente rurales, y por lo tanto excluyen las áreas urbanas. Por lo tanto, los resultados a continuación se detallan, en la base de datos, para cada uno de estos sectores censales dispersos, pero se analizan grupalmente en las siguientes subsecciones.

Cobertura del Suelo

Los predios colectivos del Programa Socio Bosque son designados por su cobertura boscosa. Es decir, cuando fueron delimitados se usaron los datos disponibles para definir que el bosque estaba en pie al momento que fueron designados como parte del PSB. Por lo tanto, áreas que fueron ya detecta-

das como no bosque, por definición, no pueden haber sido incluidas como parte de un predio de conservación.

En este contexto, los sectores estudiados presentan cambios mínimos desde el inicio del PSB. Esta conservación de la cobertura de suelo muestra que **las áreas de cobertura natural se**

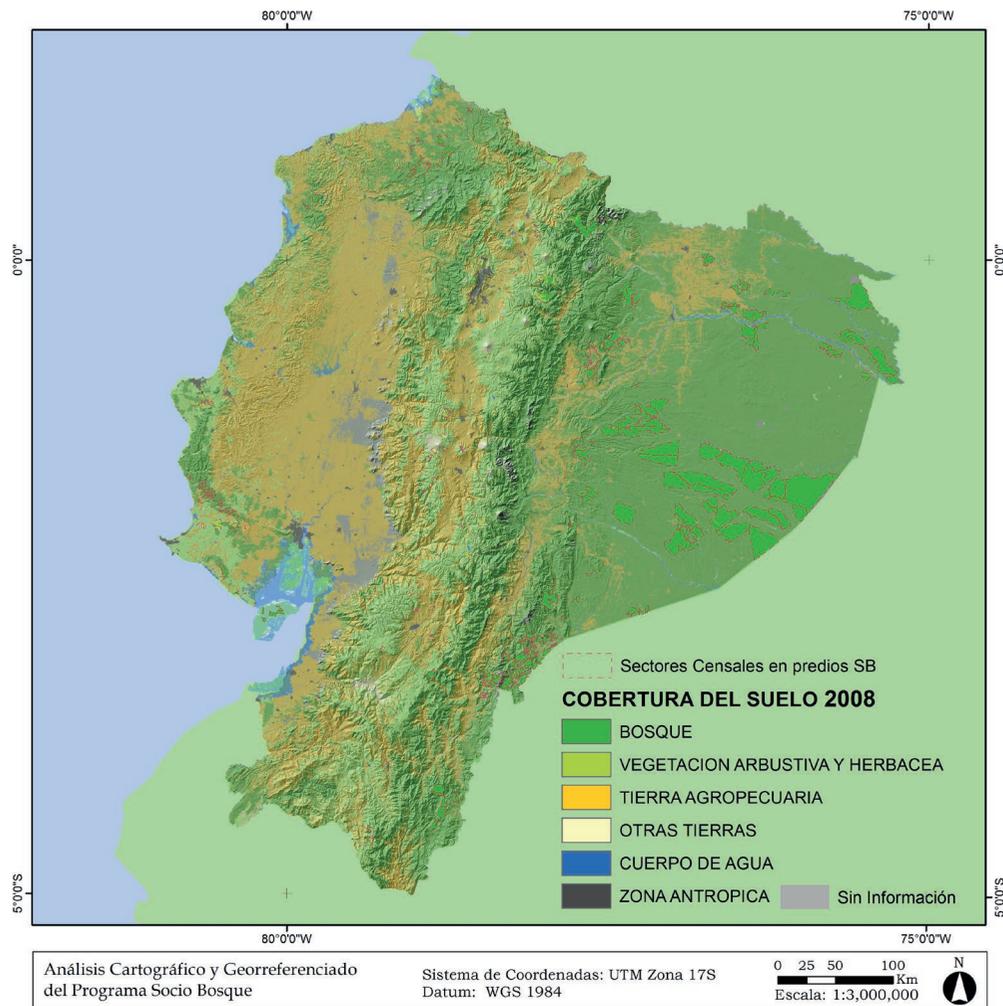
han mantenido en un 99% del área incluida dentro del PSB, y las zonas de influencia antrópicas son prácticamente 0% (Tabla 3). Para el periodo comprendido entre el 2008, cuando inició el PSB, hasta el año 2014, no se detectó ningún cambio significativo (>0.5%) de la cobertura dentro de los predios colectivos del PSB.

TABLA 3. Cobertura del suelo en los predios colectivos de SB para los años 2008 y 2014, y la diferencia calculada entre las dos épocas, tanto en área como en porcentaje de cambio.

Clase	Area (Ha) 2008	%	Area (Ha) 2014	%	Diferencia	%
Bosque	1,205,579.70	94.47	1,226,808.81	94.21	21,229.11	-0.26
Vegetación arbustiva y herbácea	61,433.28	4.81	65,978.91	5.07	4,545.63	0.25
Tierra agropecuaria	6,657.21	0.52	5,105.34	0.39	- 1,551.87	-0.13
Cuerpo de agua	1,254.96	0.10	2,117.97	0.16	863.01	0.06
Otras tierras	1,165.86	0.09	2,054.97	0.16	889.11	0.07
Zona antrópica	47.43	0.00	86.04	0.01	38.61	0.00
Total	1,276,138.44		1,302,152.04		26,013.60	

Geográficamente, la distribución espacial de los predios colectivos del PSB se mantiene como zonas de bosque natural, al inicio del programa, en el año 2008 (Figura 3), hasta el corte de este estudio, en el 2014 (Figura 4).

FIGURA 3. Cobertura del suelo del 2008 (MAE) con enfoque en los predios colectivos de SB

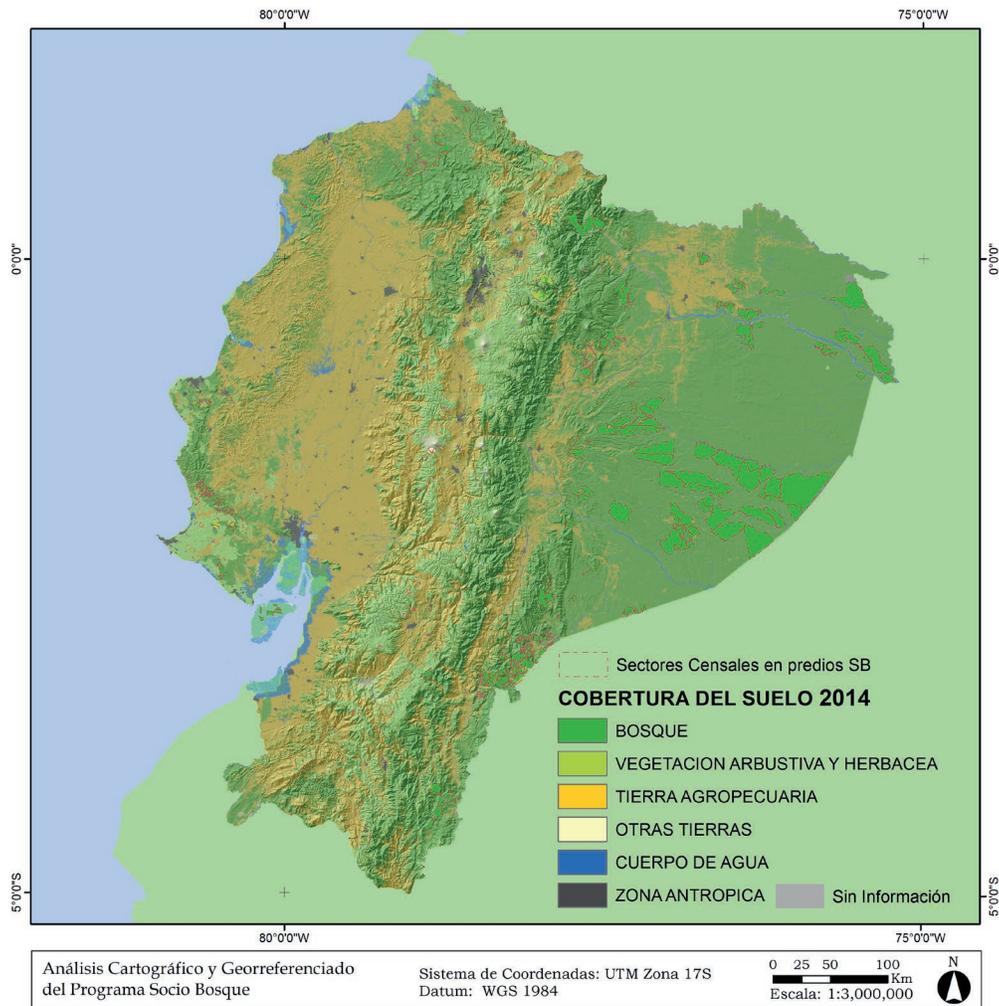


Las 1.3 millones de hectáreas que se incluyen dentro de estos predios colectivos de conservación del PSB no han sufrido cambios visibles en su cobertura, lo que apunta a un efecto del programa en mantener las áreas de bosque en pie. Sin embargo, factores como el terreno montañoso, el difícil acceso, y las áreas de amortiguamiento alrededor de estos bosques pueden haber jugado un rol en

el mantenimiento de la alta cobertura boscosa, además de una potencial autoselección⁴. Esta información se complementa en las siguientes secciones con los datos de deforestación observada dentro de los sectores censales que contienen predios del programa, comparados con la deforestación observada fuera de los predios en los demás sectores censales.

⁴ Existe autoselección cuando los propietarios de bosques deciden participar en el esquema voluntario, basado en la cantidad de conservación que de todas formas realizarían (incluso en ausencia del programa) reduciendo la adicionalidad y costo-efectividad del programa (Jack & Jayachandran, 2018).

FIGURA 4. Cobertura del suelo del 2014 (MAE) con enfoque en los predios colectivos de SB

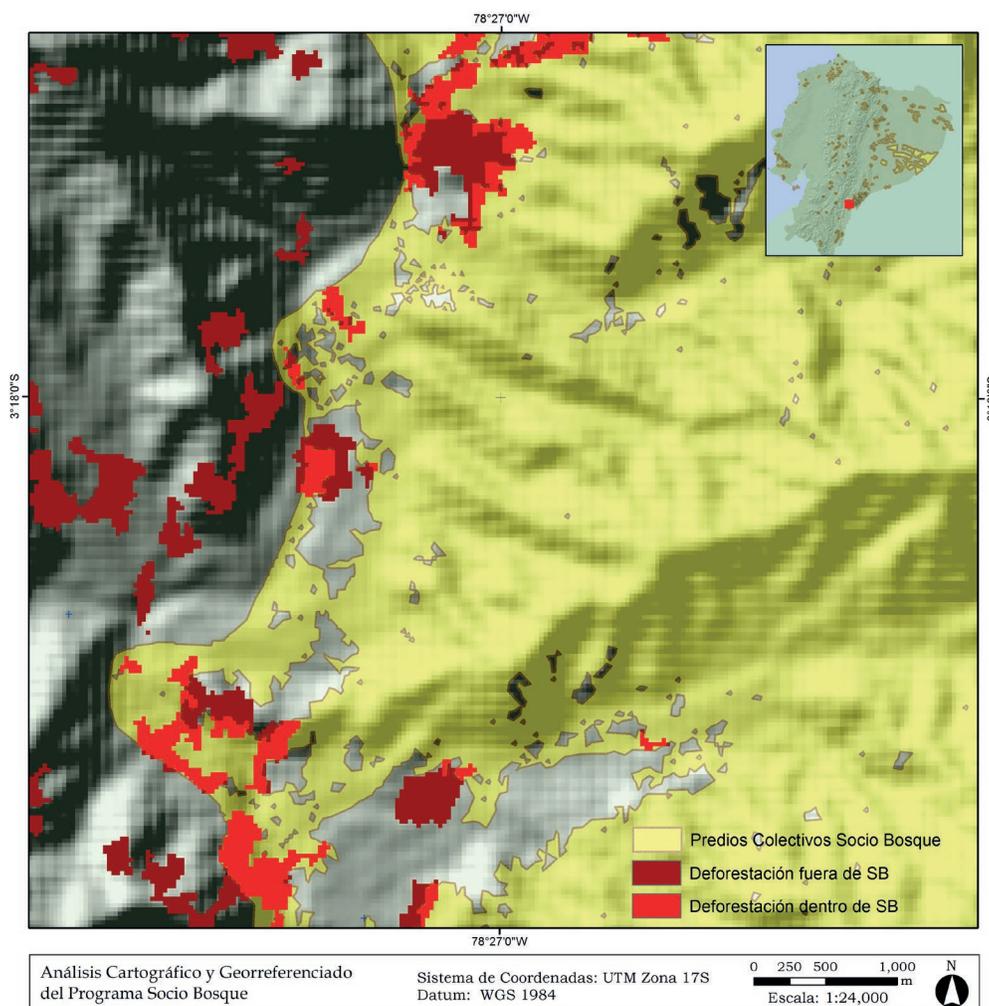


Deforestación

Los cambios permanentes de cobertura natural (incluyendo bosque en varios ecosistemas, así como vegetación arbustiva y herbácea que se encuentra en los ecosistemas de páramo) a otro tipo de cobertura (tierra agropecuaria o zona antrópica) se definen como deforestación. Esta deforestación fue medida para los períodos de 2000 a 2008, y 2008 a 2014, con enfoque en los sectores censales

dentro de los predios colectivos del PSB. **Los eventos de deforestación son localizados y de menor escala**, por lo que no se visualizan en detalle en un mapa a escala nacional. La figura 5 muestra un detalle de estos eventos dentro y alrededor del predio colectivo del pueblo Shuar Arutam al sureste del Ecuador, para el año 2008.

FIGURA 5. Detalle de eventos de deforestación dentro y fuera del predio colectivo del Pueblo Shuar Arutam, para el año 2008.



En la figura 5 se puede observar la dinámica de deforestación y los patrones de aglomeración de píxeles, que muestran que cuando hay deforestación puntual, es probable que continúe con las áreas (i.e. píxeles) vecinas en futuros eventos. En general, la deforestación dentro de los predios colectivos del PSB es relativamente baja tanto antes como después de la implementación del programa. Sin embargo, basado en los datos analizados para la defores-

tación detectada (Tabla 4) se puede observar un decremento de un 66% en el área deforestada previo y post PSB. Más aún, **la deforestación detectada en los sectores censales que no incluyen predios del PSB, es significativamente mayor que la encontrada en los sectores censales con predios del PSB** (Tabla 5). El área de deforestación absoluta es 4×10^5 veces mayor en las zonas fuera del PSB que en las zonas del PSB, para el período 2000 a 2008.

Mientras que para el período 2008 a 2014, el área deforestada es 8×10^5 veces mayor en zonas fuera del PSB que en las zonas del PSB. **Tomando estas tendencias nacionales de deforestación como base, se puede intuir que las áreas dentro del PSB fueron 50% menos propensas, desde que inició el programa, a tener eventos de deforestación.** En una evaluación de

impacto desarrollado por Arriagada (2018), usando técnicas de *matching* y utilizando sectores censales dispersos como unidad de observación, se observó que los sectores censales dispersos con predios del programa registran entre 24 y 51 ha menos de deforestación comparado con lo que habría ocurrido si el PSB no hubiera existido.

TABLA 4. Deforestación detectada en los períodos estudiados en el grupo de estudio de predios colectivos del PSB

Período	Sectores censales afectados	Área deforestada (ha)
2000-2008	18	23,22
2008-2014	11	7,74

TABLA 5. Deforestación detectada en los períodos estudiados en el grupo de control de los sectores censales dispersos que no incluyen predios del PSB

Período	Sectores censales afectados	Área deforestada (ha)
2000-2008	6,152	866,018
2008-2014	5,800	585,371

Densidad Vial

De los 190 predios colectivos que participan en el PSB, un total de 33 son intersecados o tienen un segmento de vía incluido en su territorio. Las vías son en su totalidad de segundo o tercer orden. En ningún caso es una vía principal. Se detectaron nuevamente incongruencias topológicas que hacen que los bordes de los predios corten e incluyan segmentos de vías que pueden, en realidad, estar por fuera del predio y, en efecto, ser el límite de este. Sin embargo, para ser consistentes con la metodología, todos los segmentos fueron considerados, y suman un total del 147.76 Km. de vías dentro de los 33

predios mencionados. De acuerdo con esto, la densidad vial media para todos estos predios es de 0.36 Km/Km², con un mínimo de 0.003 Km/Km² en la comuna de Santa Elena en la provincia de Sucumbíos, y un máximo de 2.83 Km/Km² en el predio JAAP Regional Hualcanga, cerca de Iguayata, en la provincia de Tungurahua. Este último es uno de los casos donde la vía divide a varios predios y debido a la incongruencia topológica entre los datos, varios tramos de la vía que los limita se ve incluida en el cálculo de la densidad vial por estar dentro de los mismos. La información detallada se encuentra en la base de datos tabular.

Criterios de priorización

Las variables de distancia a las vías, distancia a los centros urbanos y la pendiente del terreno muestran una variabilidad agrupada a nivel nacional. Los patrones de las dos primeras variables antrópicas coinciden en cuanto a agregación, ya que una infraestructura sigue a la otra. La red vial cubre la gran mayoría de las regiones Costa y Sierra, así como una buena parte de la Amazonía Norte, y solamente en la Amazonía Sur la red vial es mínima.

Por otro lado, los centros urbanos o localidades se encuentran distribuidos por todo el territorio, con una agregación notable alrededor de las dos ciudades principales del Ecuador, que son Quito y Guayaquil. La pendiente del terreno es mayor en la región Sierra, por la presencia de los Andes, con una variación media en la región Costa, y con muy poca variación en los terrenos generalmente planos de la región Amazónica. En los predios colectivos del PSB se observa una pendiente media de 13.6° de inclinación, dentro de un rango de 0 a 74° entre todas las áreas cubiertas por los predios.

Los criterios de priorización para identificar en el espacio las áreas prioritarias fueron desarrollados para alimentar el análisis multi-criterio que definió y completó el MAE (2012). En el presente análisis se estudiaron por separado y a nivel de sector censal disperso. El nivel de accesibilidad de todos los sectores que contienen predios del PSB se encuentra dentro de un nivel de accesibilidad baja o nula, lo que indica que no están cerca de una carretera.

Esto a su vez se complementa con la capa de amenaza, que solamente tiene un nivel de presencia o ausencia, y que varía sin un patrón marcado entre los sectores censales con y sin predios dentro del PSB. Las áreas priorizadas por biodiversidad, almacenamiento de carbono, y por nivel de pobreza tampoco mostraron un patrón identificable entre los sectores censales que actualmente están dentro del PSB y los sectores censales que están por fuera del programa. Un análisis dirigido solamente a los sectores censales vecinos a los sectores censales dentro del PSB podría arrojar tendencias distintas. Los resultados detallados por cada sector censal disperso se incluyen en la base de datos tabular que permite identificar, caso a caso, los cambios menores que se dan entre las variables de priorización estudiadas.

Carbono almacenado y emisiones evitadas

El análisis del carbono almacenado en los bosques muestra que **entre todos los sectores censales dispersos donde se tienen predios colectivos del PSB se encuentra un total de 185 millones de toneladas métricas de carbono almacenado en la biomasa de los bosques.** Esto equivale a un total de 680 millones toneladas de CO₂ equivalente de emisiones que han sido potencialmente evitadas y que se pueden asignar directamente a la conservación de estas áreas.

4

CONCLUSIONES

Los predios más alejados de vías, zonas urbanas y con un mayor pendiente en el terreno son menos vulnerables a futuros eventos de deforestación, mientras que las zonas de predios que tienen vías, localidades y pendientes de terreno bajas son las más vulnerables a futuros eventos de deforestación.

Existe una clara disminución en los cambios de cobertura en los predios bajo conservación por el PSB. Si bien, esto coincide con los esfuerzos a nivel nacional de conservación y protección de los bosques naturales, se puede concluir que la conservación dentro de los predios del PSB es mayor que fuera de los mismos.

Las coberturas de suelo dentro de los predios colectivos del PSB (pueblos indígenas, afrodescendientes y otras comunidades locales) son, y se han mantenido, como bosques y vegetación natural en prácticamente toda el área (99%) que estos predios cubren.

La amplia participación de los propietarios colectivos en el esquema del PSB evidencia el importante rol de los pueblos indígenas, afrodescendientes y comunidades locales en la conservación y en el mantenimiento de varios servicios ecosistémicos de importancia local y global. Consecuentemente, su plena participación es esencial para el diseño y/o actualización de políticas públicas efectivas para la conservación y mitigación del cambio climático.

Los resultados de **este estudio apuntan hacia el logro de adicionalidad del PSB en términos de conservación de los bosques al evitar la deforestación de ciertas áreas en los sectores censales analizados.** No obstante, para una comprensión más integral de los resultados del programa, así como de la dinámica de la deforestación, es importante un análisis de las dimensiones económica y sociocultural⁵, además de la ambiental.

⁵ El presente estudio es parte de la serie "Comunidades Sostenibles" que incluye la "Evaluación de Impacto del Programa Socio Bosque" y la "Evaluación Socio Cultural del Programa Socio Bosque" disponibles en: <http://dx.doi.org/10.18235/0001451> y <http://dx.doi.org/10.18235/0001643> respectivamente.

5

RECOMENDACIONES

Es recomendable **conectar la información espacial generada con otras variables adicionales que permitan un mejor entendimiento de las dinámicas particulares que se dan en los diferentes predios del PSB** y con esto determinar el impacto del programa, y más aún, encontrar la mejor manera de invertir los recursos para asegurar el mantenimiento de las tendencias positivas encontradas.

El **establecer una metodología detallada y general que permita sistemáticamente repetir este tipo de estudios**, puede ayudar a tener un seguimiento del avance del programa, así como identificar áreas particulares donde los objetivos no se están cumpliendo, e idealmente tomar medidas correctivas.

La información a nivel nacional, sin vacíos de datos, es sumamente valiosa, por lo que el MAE ha complementado

actualmente varias técnicas y fuentes de datos de sensores remotos para tener una cobertura nacional. Esto puede ser de utilidad para **establecer reglas dentro de una metodología que permita llenar los vacíos de información de años anteriores**, asumiendo, por ejemplo, que las coberturas de bosque natural actual se han mantenido así desde la línea base de los estudios de deforestación.

El programa puede verse beneficiado de un sistema de monitoreo permanente que detecte los cambios en la cobertura del suelo, pero que además conecte los cambios espaciales con cambios socioeconómicos que pueden tener una relación directa tanto en impactos positivos de conservación, como en cambios negativos, donde se requieren acciones correctivas puntuales que pueden frenar o minimizar estos cambios contraproducentes.

6

GLOSARIO

Contrafactual: Es una estimación de cuál habría sido el resultado (Y) en las variables de interés para un participante en un programa, si este no hubiera tomado el programa (P). Por definición, el contrafactual no se puede observar. Por lo tanto, hay que estimarlo utilizando los grupos de comparación o control (Gertler et al., 2011).

Emisión de dióxido de carbono-equivalente. Cantidad de emisión de dióxido de carbono (CO₂) que causaría el mismo forzamiento radiativo integrado, en un plazo de tiempo dado, que cierta cantidad emitida de un gas de efecto invernadero o de una mezcla de gases de efecto invernadero. Las emisiones de dióxido de carbono equivalentes se calculan multiplicando la emisión de un gas de efecto invernadero por su potencial

de calentamiento global en el plazo de tiempo especificado. En el caso de las mezclas de gases de efecto invernadero, se suman las emisiones de dióxido de carbono equivalentes correspondientes a cada gas. La emisión de dióxido de carbono equivalente constituye una escala típica para comparar las emisiones de diferentes gases de efecto invernadero, aunque no implica una equivalencia en las respuestas correspondientes en términos de cambio climático (IPCC, 2013).

Sectores censales: El INEC (Instituto Nacional de Estadística y Censos de Ecuador), para la realización de estudios estadísticos, divide el territorio urbano en manzanas (como unidad estadística más pequeña), y las agrupa en sectores censales amanzana-

dos. La suma de sectores censales amanzanados conforma zonas censales amanzanadas. Para los territorios rurales establece como unidades mínimas las localidades. La suma de localidades conforma un sector censal disperso y la suma de estos una zona censal dispersa. Los sectores censales amanzanados incluyen una media de 150 viviendas, y las zonas censales amanzanadas una media de 10 sectores censales. Los sectores censales dispersos están, a su vez conformados por un promedio de 80 viviendas.

Servicios ecosistémicos: Son los beneficios que las personas obtienen de los ecosistemas. Estos beneficios contemplan servicios de suministro, como los alimentos y el agua; servicios de regulación, como la regulación de las inundaciones, las sequías, la degradación del suelo y las enfermedades; servicios de base, como la formación del suelo y los ciclos de los nutrientes; y servicios culturales,

como los beneficios recreacionales, espirituales, religiosos y otros beneficios intangibles (MEA, 2005).

Pago por servicios ecosistémicos:

Una transacción voluntaria, donde un servicio ecosistémico (SE) bien definido (o un uso de la tierra que aseguraría ese servicio) es 'comprado' por al menos un comprador de SE a por lo menos un proveedor de SE sólo si el proveedor asegura la provisión del SE transado (condicionamiento) (Wunder, 2006).

Propiedad colectiva: Se refiere a la propiedad de la tierra u otra forma de propiedad por parte de una comunidad (o colectivo), de tal forma que cada miembro tiene derecho al uso de dicha propiedad o a una porción de esta. El artículo 60 de la Constitución ecuatoriana reconoce que las comunas (pueblos ancestrales, indígenas, afroecuatorianos y montubios) tienen propiedad colectiva de la tierra, como una forma ancestral de organización territorial.

7

REFERENCIAS

- Arriagada, R.;2018. Análisis geográficos para la evaluación del Programa Socio Bosque. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington D.C.
- Arriagada, R; Cotacachi, D; Morrison, J; Schling, M. 2018. Comunidades sostenibles: Evaluación de Impacto del Programa Socio Bosque en Territorios Indígenas y Afrodescendientes. Nota Técnica. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, DC. USA. pp 43. <http://dx.doi.org/10.18235/0001451>
- Blackman, A; Veit, P. 2018. Titled Amazon Indigenous Communities Cut Forest Carbon Emissions. *Ecological Economics*. 153: 56-67.
- Chazdon, R. 2008. Beyond Deforestation: Restoring Forests and Ecosystem Services on Degraded Lands. *Science* 13 Jun 2008: Vol. 320, Issue 5882, pp. 1458-1460
- Cuenca, P., Robalino, J., Arriagada, R., Echeverría, C. 2018. Are government incentives effective for avoided deforestation in the tropical Andean forest? *PLoS ONE* 13(9). 14pp.
- Gertler, P., Martínez, S., Premand, P., Rawlings, L., Vermeersch, C. 2011. *Impact Evaluation in Practice*. The World Bank. Washington D.C. USA.
- IGM. 2010. Información base a escala 1:50,000 para el Ecuador continental. Información Georreferenciada a Nivel Nacional. Instituto Geográfico Militar. Quito, Ecuador
- IPCC, 2013. Glosario [Planton, S. (ed.)]. En: *Cambio Climático 2013. Bases físicas*. Contribución del Grupo de trabajo I al Quinto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex y P.M.

- Midgley (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, Reino Unido y Nueva York, NY, Estados Unidos de América.
- Jack, B.K., Jayachandran, S. 2018. Self-selection into payments for ecosystem services programs. PNAS. Vol. 116. No. 12. 5326-533.
- INEC. 2014. División Político Administrativa y Censal Nacional. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Quito, Ecuador
- INEC. 2016. Manual de Actualización Cartográfica - Enlistamiento. Instituto Nacional de Estadística y Censos. Quito, Ecuador
- MAE. 2008a. Mapa de cobertura del Suelo al año 2008. Información Georreferenciada a Nivel Nacional. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador
- MAE. 2008b. Mapa de deforestación del período 2000 a 2008. Información Georreferenciada a Nivel Nacional. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador
- MAE. 2012. Manual Operativo Unificado. Proyecto Socio Bosque. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador.
- MAE. 2014a. Cobertura del Suelo al año 2014. Información Georreferenciada a Nivel Nacional. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador
- MAE. 2014b. Mapa de deforestación del período 2008 a 2014. Información Georreferenciada a Nivel Nacional. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador
- MAE. 2016. Predios Colectivos de Socio Bosque . Información Georreferenciada a Nivel Nacional. Ministerio del Ambiente. Quito, Ecuador
- Millennium Ecosystem Assessment MEA (Program). (2005). Ecosystems and human well-being. Washington, D.C: Island Press.
- MTOP. 2015. Red vial nacional de caminos de primer orden. Ministerio de Transporte y Obras Públicas. Quito, Ecuador
- NASA. 2015. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Land Elevation Data Release at 1 arc-second. USGS EROS Data Center.
- Perafán, C., Pabón, M. Comunidades Sostenibles: Evaluación Sociocultural del Programa Socio Bosque. Nota Técnica. Banco Interamericano de Desarrollo. Washington, DC. USA. pp 48 <http://dx.doi.org/10.18235/0001643>.
- Poortinga, A., Clinton, N., Saah, D., Cutter, P., Chishtie., F., Markert, K., Anderson, E., Troy, A., Feen, M., Tran, L., Bean, B., Nguyen, Q., Bhandari, B., Jhonson, G., Towashirapon, P. 2018. An Operational Before-After-Control-Impact (BACI) Designed Platform for Vegetation Monitoring at Planetary Scale. *Remote Sensing*. 2018,10,760. 13pp.
- Sociobosque, 2017. Objetivos del Programa Socio Bosque. Acceso 10-may-2017. Disponible en <http://sociobosque.ambiente.gob.ec/>

Stevens, C., Winterbottom, R., Springer, J., Reytar, K. 2014. Securing Rights, Combating Climate Change. How Strengthening Community Forest Rights Mitigates Climate Change. Rights and Resources Initiative & World Resources Institute. Washington D.C. USA.

Wunder, S. 2006. Pago por servicios ambientales: Principios básicos esenciales. CIFOR. Occasional Paper No. 42. Jakarta, Indonesia.

