

REPORTE DE LA VALIDACIÓN EN CAMPO DEL SISTEMA TERRA-I (CIAT) EN LAS COMUNIDADES DEL PROYECTO ASSETS EN LA REGIÓN DE UCAYALI, PERÚ



Reporte de la validación en campo del Sistema Terra-i (CIAT) en las comunidades del proyecto ASSETS en la región de Ucayali, Perú



Noviembre 2014

Agradecimientos: Este reporte fue realizado por integrantes del proyecto Terra-i del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) para el proyecto ASSETS (Attaining sustainable services from ecosystems). Las actividades realizadas para la generación este reporte fueron financiadas por parte de la iniciativa “Ecosystem Services for Poverty Alleviation (ESPA)”, y de los programas de investigación del CGIAR, Water, Land and Ecosystems (WLE) y Forest, Trees and Agroforestry (FTA). Adicionalmente, el equipo Terra-i agradece el apoyo logístico por parte del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) y a la Dirección General de Ordenamiento Territorial (DGOT) del Ministerio del Ambiente del Perú (MINAM).



Proyecto

ASSETS (Attaining sustainable services from ecosystems)

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Reporte de la validación en campo del Sistema Terra-i (CIAT) en las comunidades del proyecto ASSETS en la región de Ucayali, Perú

Preparado por Alejandro Coca-Castro[†], Jhon Tello-Dagua[†], Louis Reymondin[†], Paula Paz-García[†], Glenn Hyman[†]

Este documento es resultado del proyecto ASSETS (Attaining sustainable services from ecosystems) que hace parte de la iniciativa "Ecosystem Services for Poverty Alleviation (ESPA)"¹. ESPA está financiada por las agencias del Reino Unido: UK Aid, The Natural Environment Research Council (NERC) y The Economic and Social Research Council (ESRC). Adicionalmente, parcialmente ciertas actividades fueron financiadas por los programas de investigación del CGIAR, Water, Land and Ecosystems (WLE) y Forest, Trees and Agroforestry (FTA). Sin embargo, las opiniones expresadas y la información contenida en esta publicación no son necesariamente las que identifican o promueven las entidades mencionadas, las cuales no aceptan responsabilidad alguna por las opiniones, información o confianza depositada en ellas.

Esta publicación ha sido elaborada para una orientación general sobre los asuntos únicamente tratados, y no constituye un asesoramiento profesional. Se sugiere actuar sobre la información contenida en esta publicación bajo un asesoramiento profesional específico. Ninguna representación o garantía (expresa o implícita) se brinda en cuanto a la exactitud o integridad de la información contenida en esta publicación. Asimismo, siempre dentro del marco extendido por la ley, las entidades que gestionan la entrega de este reporte, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), no aceptan o asumen cualquier responsabilidad, o deber para vigilar las consecuencias de que usted o cualquier otra persona que actúe o se abstenga para actuar, en dependencia de la información contenida en esta publicación o por cualquier decisión basada en ella.

Repetitivo copyright estándar para los documentos de marca del proyecto Terra-i (CIAT):

© 2014, Todos los derechos reservados

Autores² E-Mail: [†]a.coca, j.j.tello, l.reymondin, p.a.paz, g.hyman @cgiar.org;

¹ *The Ecosystem Services for Poverty Alleviation (ESPA) programme aims to deliver high-quality, cutting-edge research that will improve understanding of the way ecosystems function, the services they provide and their relationship with the political economy and sustainable growth. ESPA is a 7-year, £40.5 million interdisciplinary research programme funded by the United Kingdom's Department for International Development (DFID), the Natural Environment Research Council (NERC) and the Economic and Social Research Council (ESRC), as part of the UK's Living with Environmental Change partnership.*

² *Los autores agradecen el apoyo brindado por el personal del IAP sede Pucallpa, en especial a Jose Sanchez-Choy. Asimismo, los autores agradecen toda colaboración y soporte por CIAT, en especial a Marcela Quintero, Gisella Cruz y Simon Cook (investigadores) y el equipo de comunicaciones del CIAT (Adriana Varón y Julio Cesar Martínez).*



Acrónimos y abreviaciones

ASSETS	Evaluación de servicios ecosistémicos para la seguridad alimentaria y la salud nutricional en la interfase bosque agricultura. Por sus siglas en inglés: Attaining Sustainable Services from Ecosystems through Trade-off Scenarios.
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical.
DGOT	Dirección General de Ordenamiento Territorial (Division del Ministerio del Ambiente del Perú).
IIAP	Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana.
IPCC	Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Por sus siglas en inglés: Intergovernmental Panel on Climate Change.
MINAM	Ministerio de Ambiente del Perú.
NDVI	Índice Normalizado Diferencial de Vegetación. Por sus siglas en inglés: Normalized Difference Vegetation Index.
PRODES	Programa de Cálculo de Deforestación de la Amazonia.
TRMM	Misión de monitoreo de la precipitación en los trópicos. Por sus siglas en inglés: Tropical Rainfall Measuring Mission.



Contenido

Resumen Ejecutivo	7
Introducción	9
Zona de estudio	10
Metodología	11
Áreas de influencia por comunidad	11
Estrategia de muestreo y variables	12
Análisis de los datos	13
Resultados	16
Pérdida de vegetación bajo diferentes niveles de análisis de acuerdo a Terra-i	16
<i>Nacional y regional</i>	16
<i>El Amazonas peruano</i>	16
<i>Región de Ucayali</i>	17
<i>Comunidades ASSETS</i>	18
Análisis cuantitativo para determinar la precisión, cobertura y uso del suelo del sistema Terra-i	22
<i>Análisis general de la precisión</i>	22
<i>Análisis general de la ocurrencia del cambio y su origen en las comunidades ASSETS</i>	23
<i>Análisis general de las coberturas y uso del suelo en las comunidades ASSETS</i>	25
<i>Diagnóstico de la ocurrencia del cambio, origen, coberturas y uso del suelo por comunidad ASSETS</i>	28
Discusiones	34
Análisis exploratorio	34
Percepciones de la visita de campo previas y posteriores al análisis cuantitativo.....	34
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias	39
Anexo 1. Sistema de monitoreo Terra-i / Metodología y productos	41
Anexo 2. Metodología para la configuración espacial de las áreas de influencia ASSETS	47
Anexo 3. Metodología de la estrategia de muestreo	49
Anexo 4. Variables evaluadas y metodología para su evaluación en campo	52
Anexo 5. Modelo de formulario de las encuestas realizadas a gente local	55
Anexo 6. Metodología para la extracción de los resultados de Terra-i	56
Anexo 7. Resultado de Terra-i para las capas de referencia	60
Anexo 8. Tablas resumen de la distribución de las observaciones de acuerdo a la cobertura por comunidad ASSETS	62
Anexo 9. Tablas resumen de la distribución de las observaciones de acuerdo al uso del suelo por comunidad ASSETS	67



Lista de Tablas

Tabla 1. Síntesis de la estrategia de muestreo, variables evaluadas y demás aspectos relacionados con la visita en campo.	13
Tabla 2. Áreas validadas dentro de las comunidades ASSETS clasificadas por el patrón de comportamiento de las series de tiempo de NDVI y tiempo de detección de Terra-i.	21
Tabla 3. Resultados para determinar la precisión del sistema Terra-i para detectar eventos de pérdida de bosque primario en la fechas de validación y otras alternativas de acuerdo a la primera categoría de cambio evaluada para cada submuestra de acuerdo a la clave estandarizada.	22
Tabla 4. Distribución de los píxeles validados con alternativas dominantes por año y por comunidad. Es importante resaltar que debido a que el número de píxeles que mostraron alternativas mezcladas fue bajo (6), no fueron representados en esta tabla.....	24
Tabla 5. Distribución de los píxeles validados con alternativas dominantes de cambio y cambio antiguo, y mezclados de acuerdo al origen por comunidad.....	24
Tabla 6. Variación en la superficie cosechada, producción y productividad de los principales cultivos agrícolas en Ucayali en los periodos de 1999/2000 - 2009/2010 (Porro <i>et al.</i> , 2014).	36

Lista de Figuras

Figura 1. Mapa mostrando la configuración espacial de las áreas de influencia en el área de estudio (mapa centro) y por comunidad ASSETS	11
Figura 2. Mapa mostrado la configuración espacial de las áreas muestreadas y demás detecciones de los años validados (2011 y 2012) en las zonas de influencia para el área de estudio (mapa central) y por comunidad ASSETS (otros recuadros)	12
Figura 3. Tasa anual de pérdida de vegetación (barras azules) y acumulada (línea roja) en términos de píxeles entre el periodo de 2004-2012 en el Perú.	16
Figura 4. Tasa anual de pérdida de vegetación (barras azules) y acumulada (línea roja) en términos de píxeles entre el periodo de 2004-2012 en el Amazonas peruano.....	17
Figura 5. Tasa anual de pérdida de vegetación por provincia en que conforman la Región de Ucayali para el periodo 2004-2012.	18
Figura 6. Tasa anual de pérdida de vegetación para las comunidades ASSETS en la Región de Ucayali para el periodo 2004-2012.	18
Figura 7. Tasa anual de pérdida de vegetación para las comunidades ASSETS y su área s de amortiguamiento a partir de una vía principal en la Región de Ucayali para el año 2011.	19
Figura 8. Tasa anual de pérdida de vegetación para las comunidades ASSETS y su área s de amortiguamiento a partir de una vía principal en la Región de Ucayali para el año 2011.	20



Figura 9. Patrones identificados en las series de tiempo de NDVI de acuerdo cuando el sistema Terra-i detectaba en las áreas de la muestreo analizados. **21**

Figura 10. Gráficos de torta que muestran la distribución de las coberturas en los sitios validados para ambos años, 2011 y 2012. La cantidad de sitios validados por comunidad se indica entre los paréntesis. **25**

Figura 11. Gráficos de torta que muestran la distribución del uso del suelo en los sitios validados para ambos años, 2011 y 2012. La cantidad de sitios validados por comunidad se indica entre los paréntesis. **26**

Figura 12. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Caco Macaya. **28**

Figura 13. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Caco Macaya. **29**

Figura 14. Distribución de las coberturas (A) y uso del suelo (B) para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Ganaderos. **30**

Figura 15. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Hierbas Buenas..... **31**

Figura 16. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros A..... **31**

Figura 17. Distribución de los usos del suelo para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros A..... **32**

Figura 18. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros B..... **33**

Figura 19. Distribución de los usos del suelo para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros B..... **33**



Resumen Ejecutivo

El siguiente documento presenta los resultados de la validación en campo de detecciones recientes, 2011 y 2012, del sistema Terra-i en las comunidades del proyecto ASSETS. Estas comunidades, distribuidas en zonas cercanas a la ciudad Pucallpa en la región de Ucayali, están clasificadas en dos tipos de acuerdo a su ubicación (planicies de inundación o de río, y de tierras altas o de carreteras). Dentro de estas dos clases también existen diferencias en la población que la conforman (nativos, mestizos o ambos) y actividades primarias del uso del suelo.

Las áreas de muestreo fueron definidas de acuerdo a un modelo de asentamiento de comunidades descrito por Hyman y Barona (2010) en el cual la expansión y búsqueda de recursos del bosque en una cabecera urbana está definida por una vía principal de comunicación. De esta manera, áreas de influencia por comunidad fueron establecidas bajo este enfoque siendo delimitadas de acuerdo a un criterio de máxima de distancia (5 km y 10 km para comunidades de río y carretera, respectivamente). En total, 81 áreas de observación (píxeles) fueron planteados como el objetivo inicial, no obstante debido al tiempo (2 semanas) y dificultades de acceso solamente 58 de ellos pudieron ser validados en campo, siendo estos con los cuales se basaron los resultados de este documento. Dentro de cada área muestreada, se adaptó una metodología del IPCC (2003), en la cual se estimó la precisión, origen, cobertura y uso de suelo vía proporciones, registrándose estas variables en 9 submuestras espacialmente distribuidas en referencia a la parte central de cada área validada.

A nivel de análisis, extracciones exploratorias de los datos de Terra-i (versión 2004_01_01_2013_04_07) fueron realizadas a diferentes niveles de escalas desde lo nacional hasta las áreas muestreadas por cada comunidad. Posteriormente, para analizar cuantitativamente los registros de campo, se propuso una especie de codificación en llave en la cual dos intérpretes por separado etiquetaron cada submuestra por área visitada. Ambos resultados fueron en conjunto evaluados, generando una única etiqueta para cada submuestra.

De acuerdo con los resultados de Terra-i, las pérdidas anuales de vegetación en el Perú para el analizado periodo analizado estuvieron cerca de 14.000 píxeles, cada píxel con un tamaño de 250 x 250 m, lo que transformado en 6,25 hectáreas por píxel equivale a una tasa anual de 87.500 ha año¹. A escala regional, los resultados de Terra-i confirmaron Loreto, Ucayali y San Martín como las regiones con la mayor tasa de cambio. Estas regiones, que conforman la mayor parte de la superficie de la Amazonía peruana, también participan en una alta proporción (dos tercios) de las pérdidas de vegetación acumuladas para el período 2004-2012 en los límites de la Amazonía peruana. En el caso de las comunidades de ASSETS, los resultados mostraron una mayor pérdida de vegetación en las comunidades de carretera en comparación con aquellas de río, exceptuado para la comunidad Hierba Buenas que presentó ligeramente menos píxeles de pérdida de vegetación que Caco Macaya (comunidad río). Respecto a la distancia de búsqueda de recursos a partir de la vía principal se evidenció que esta se extiende hasta los 10 km en las comunidades de carretera. En contraste, en las comunidades de río se restringe hasta 1 km.



En términos de las observaciones de campo, se determinó que de acuerdo a los 58 sitios de validación, el sistema de Terra-i tuvo una precisión del 22% para la detección de cambio en las fechas validadas. Un 59% perteneció a zonas donde Terra-i indico cambio, sin embargo la pérdida de bosque fue previa a la fecha validada. El restante 9% correspondió a áreas donde el sistema no consiguió predecir acertadamente y por tanto no existió pérdida de bosque natural. Las comunidades de río, en este caso Caco Macaya, se caracterizaron por una alta frecuencia de eventos de inundación (>70%). El otro porcentaje perteneció a purmas y de acuerdo a las percepciones estos eventos pudieron ser más en la zona, no obstante Terra-i presenta una baja capacidad de detección cuando los eventos son menores de <5 Ha. Por otra parte, las comunidades de carretera se caracterizaron por presentar dominancia de las coberturas arbustiva, herbácea y de cultivo. Las dos primeras estuvieron relacionadas con prácticas de purma y ganadería (de mayor frecuencia en las comunidades de Palmeros A y Ganaderos), y la última mayormente con cultivos perennes como la palma de aceite y cacao (en monocultivo o asociado a otras especies como plátano y guava) que se expresaron mayormente en las comunidades de Palmeros B y Hierbas Buenas.

Finalmente, los aspectos metodológicos configurados en este trabajo de campo parecen promisorios para futuras evaluaciones del sistema Terra-i a nivel local. Posteriores mejoras en la selección representativa de la muestra bajo un enfoque probabilístico así como el uso de las series temporales de NDVI en búsqueda de patrones pueden fortalecer la estrategia de muestreo a continuación descrita en este documento.



Introducción

Los cambios del uso de la tierra, planificados o no, han sido significativamente un factor de amenaza para las áreas de conservación, biodiversidad y la provisión continua de servicios ecosistémicos para la sociedad. Se estima que la huella humana ha afectado 83% de la superficie terrestre global (Sanderson *et al.*, 2003), y degradado en un 60% los servicios de los ecosistemas durante los últimos 50 años (MEA, 2005). Un estudio reciente de Kissinger *et al.* (2014) indica que la producción agropecuaria, mayormente aquella con fines comerciales, ha sido la responsable del 80% de pérdida de bosques tropicales en la última década.

A nivel mundial, la Amazonia presenta la mayor superficie (6 millones de km²) de bosque tropical, conteniendo un alto y diverso número de dinámicas de cambio de uso del suelo en comparación con otras regiones. Entre estas dinámicas, la pérdida de bosques primarios continúa a un ritmo alarmante siendo reportada en diversos estudios con la situación histórica, actual y futura en esta región (Ometto *et al.*, 2013). De manera complementaria, el desarrollo de sistemas de monitoreo a escala global, regional y nacional apoyados con el uso de geotecnologías ha permitido ser un punto de referencia para promover la conservación y manejo sostenible de la vegetación natural sobre esta región, siendo mayormente exitoso en la Amazonia brasileña (Boucher *et al.*, 2014).

Entre estos sistemas de monitoreo, Terra-i (Anexo 1) es un sistema de monitoreo de la coberturas naturales caracterizado principalmente por una alta resolución temporal (con datos cada 16 días) y consistencia para la detección de cambios (pérdidas y ganancias de vegetación) a escala regional (Latinoamérica y el Caribe). Los resultados de Terra-i han sido comparados con los datos de deforestación generados por modelos consolidados en la región como PRODES (Brasil), evidenciando un comportamiento coherente en hábitats de bosques húmedos tropicales, obteniendo una alta correlación ($r^2 > 0.98$) con el sistema brasileño (Coca-Castro *et al.*, 2013).

Las anteriores comparaciones en conjunto con evaluaciones de la incertidumbre de los datos proveniente de herramientas de monitoreo de cambio del uso del suelo basadas en datos satelitales como Terra-i son esenciales para informar a los usuarios y tomadores de decisiones de la certeza de la información (Strahler *et al.*, 2006, Olofsson *et al.*, 2014). Aunque la mayoría de técnicas para el reporte de incertidumbres han sido desarrolladas para productos regionales y mundiales usando fuentes secundarias, es importante señalar que cuando se ejecutan estos análisis a nivel local resulta esencial la toma directa de la información en campo. Como resultado, además de la presentación de informes de verificación de la existencia o no del cambio de la herramienta, se puede dar una aproximación de los procesos o agentes detrás del cambio, entre otra información derivada.

Teniendo lo mencionado anteriormente, el presente documento describe, por secciones, la zona de estudio, la metodología, principales hallazgos y conclusiones resultado de una validación local de los datos del sistema Terra-i en las áreas de influencia de las comunidades del proyecto ASSETS.



Zona de estudio

La zona de estudio comprende ocho puntos de referencia o en este caso denominados “comunidades” localizadas en la región de Ucayali (Perú) en cercanías de la ciudad de Pucallpa. Estas comunidades son separadas principalmente por su ubicación en:

- Comunidades de planicies de inundación cuyas principales estrategias de obtención de recursos son la agricultura (tala y quema), pesca, la caza y la recolección.
 - Cunchuri, situada en las márgenes del río Ucayali, con población mestiza;
 - Puerto Belén, situada en las márgenes del río Ucayali, con población indígena Shipibo -Conibo;
 - Caco Macaya, situada en las márgenes del río Ucayali, con población indígena Shipibo -Conibo;
 - Naranjal, situada en las márgenes del río Aguaytía, con población mestiza.
- Comunidades de las tierras altas, ubicadas al borde de una carretera y cuyo nombre hace referencia a su actividad principal uso de la tierra. Igualmente, estas comunidades se caracterizan por ser mestizas siendo mayor parte de su población migrante proveniente de las regiones de la costa, andes u otras partes del Amazonas:
 - Hierbas Buenas, con actividad agrícola (anuales y perennes) y también la caza;
 - Palmeros A (cerca al centro poblado de Diez de Abril), mayormente dominada por cultivadores de palma de aceite;
 - Palmeros B (cerca a los centros poblado de Nuevo San Alejandro y Monte de los Olivos), mayormente dominada por cultivadores de palma de aceite;
 - Ganaderos (cerca al centro poblado de La Unión), mayormente dominado por sistemas para la producción de Ganado (vacuno).

Cabe destacar que estas comunidades están localizadas en la Amazonía peruana, la cual abarca alrededor de dos tercios del territorio del país. Esta región, que ha experimentado un considerable periodo de migración (50 años) desde las regiones más pobladas en la costa occidental y sierra, también ha presentado múltiples amenazas que afectan sus principales capitales naturales (los recursos hídricos y bosques). De acuerdo a White *et al.* (2005), la agricultura migratoria es la principal causa directa de la deforestación. Otros motores de cambio importantes en esta región han sido las operaciones de infraestructura como la construcción de carreteras, proyectos de energía hidroeléctrica, y la exploración y explotación de hidrocarburos. En el caso de la degradación, los mismos autores señalan a la tala selectiva como la principal causa.

La región de Ucayali, que cuenta con la segunda mayor cobertura forestal de Perú, tiene una baja densidad de población (4 habitantes por km²) respecto al resto del país (21 habitantes por km²) (Tenkanen, 2013). Pucallpa, la capital administrativa, ha sido la ciudad de mayor crecimiento en la Amazonía peruana, contando con amplias conexiones por carretera con el resto del país. Igualmente, Pucallpa es una puerta de entrada a la ciudad de Iquitos como medio de transporte de carga y pasajeros (White *et al.*, 2005).

Finalmente, debido a las características biofísicas, la diversidad y antigüedad de los cambios de uso del suelo, en especial la dinámica de cambio a lo largo de los ríos permiten catalogar a Ucayali como un sitio de referencia de las márgenes de bosque-agricultura (White *et al.*, 2005). Lo anterior, tiene implicaciones para que las investigaciones en esta región puedan ser extrapoladas o replicadas en otros sitios de la Amazonia con condiciones similares.

Metodología

Áreas de influencia por comunidad

Con el fin de caracterizar los cambios de uso del suelo sobre las comunidades ASSETS, se estableció el concepto de área de influencia por comunidad. Su delimitación estuvo basada como la distancia máxima en la cual los miembros de la comunidad recorren para obtener recursos del bosque. La determinación de estas distancias estuvo basada en el conocimiento local de José Sánchez y Ricardo Labarta (investigadores y expertos de la región del IIAP y CIAT, respectivamente), así como del modelo de crecimiento y la expansión de los asentamientos a partir de una vía de comunicación principal (Hyman y Barona, 2010). De esta manera, a las comunidades ribereñas se les asignó un área inmediata hasta 5 km a partir de los principales canales de agua. Por el contrario, las comunidades de la carretera, donde se asume que el bosque puede estar más lejos del centro urbano, se asignó una distancia hasta 10 km a lo largo de la carretera principal.

La metodología de configuración espacial de dichas áreas de influencia puede ser consultada en el anexo 2. La figura 1 muestra la configuración de estas en la zona de estudio.

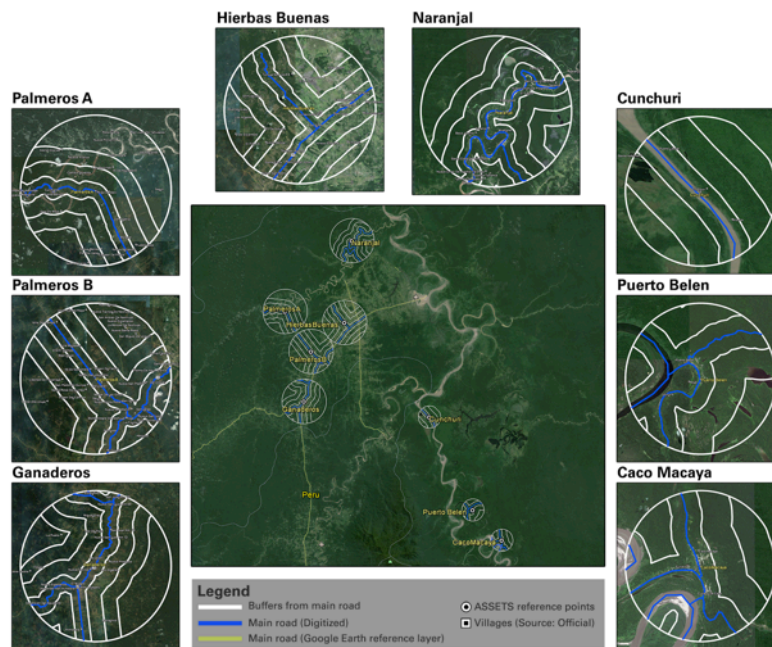


Figura 1. Mapa mostrando la configuración espacial de las áreas de influencia en el área de estudio (mapa centro) y por comunidad ASSETS. Acceso a la figura por directorio Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioWEVvOVR0SDhQaEk/edit?usp=sharing> o directorio proyecto: ...\\ASSETS\\img\\maps\\final\\ASSETS_influenceareas_nodetection.png

Estrategia de muestreo y variables

La versión verificada de Terra-i corresponde a la versión 2004_01_01_2013_04_07. Los años validados comprenden los consolidados de esta versión, en este caso 2011 y 2012. Cabe indicar que en esta caso se verificó la precisión y no la exactitud del sistema Terra-i. De esta manera, solo se verificaron aquellas detecciones donde Terra-i indicaba cambio, y no se verificó la categoría “sin cambios” que implicaba estar evaluando la exactitud.

La estrategia de muestreo y detalles de las metodologías para la medición de las variables de observación en campo son detalladas en el anexo 3 y 4. Cabe indicar, que a pesar que se maneja aleatoriedad para escoger las muestras, fue necesario para algunas reemplazarlas en campo, manteniendo el criterio del área (distancia desde la vía principal) al que pertenecía. Asimismo, se presentaron casos donde el acceso a las muestras fue difícil y por tanto no fueron verificadas.

La figura 2 presenta la distribución espacial de las muestras finales para los años validados (2011 y 2012) por comunidad así como los recorridos que se hicieron por carretera, río y sobrevuelo.

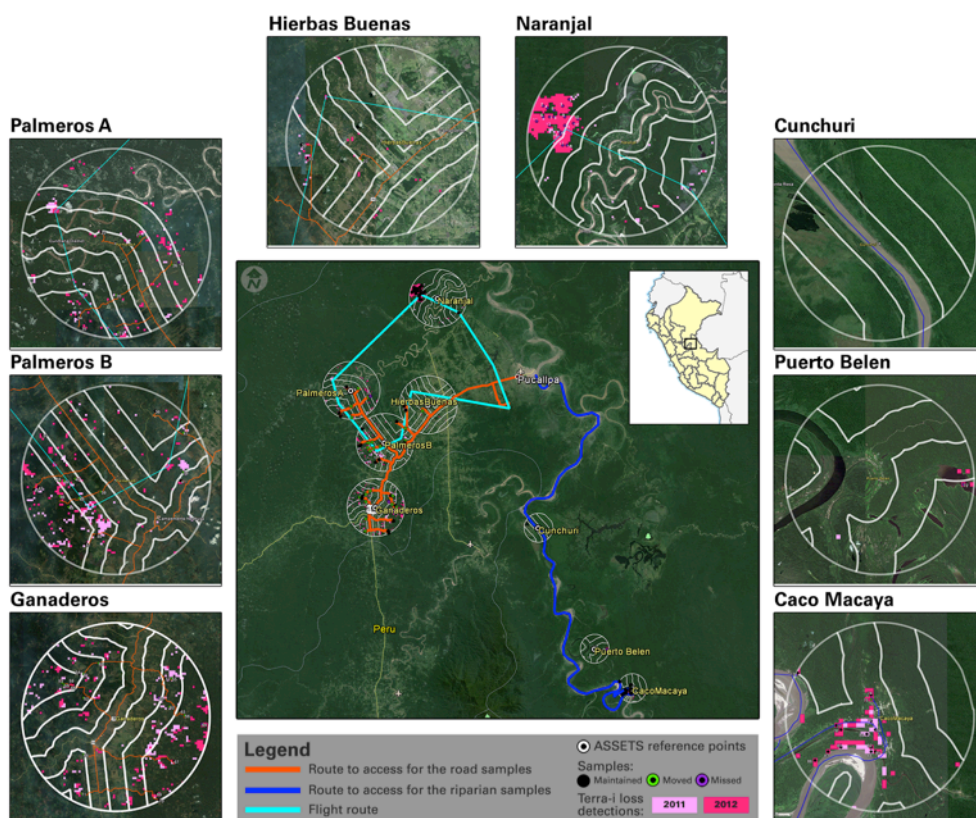


Figura 2. Mapa mostrando la configuración espacial de las áreas muestreadas y demás detecciones de los años validados (2011 y 2012) en las zonas de influencia para el área de estudio (mapa central) y por comunidad ASSETS (otros recuadros). Los píxeles muestreados y su condición son indicados por los colores de los puntos: aquellos que no fue necesario cambiar su ubicación (negros), reubicados (verdes) o no visitados (violeta). Acceso a la figura por directorio Google Drive <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioY0g4VXczjNITGc/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\img\\maps\\final\\ASSETS_influenceareas_detection_route.png



Basado en la reciente publicación de buenas prácticas para validar mapas de cambio del uso del suelo de Olofsson *et al.* (2014), se presenta la siguiente tabla la cual sintetiza los aspectos más relevantes de la estrategia de muestreo y variables evaluadas.

Tabla 1. Síntesis de la estrategia de muestreo, variables evaluadas y demás aspectos relacionados con la visita en campo.

<i>Componente</i>	<i>Descripción</i>
Diseño del muestreo	Selección simple aleatorizada
Unidad espacial evaluada	Píxeles de detección de pérdida del sistema para los años 2011 y 2012 en las áreas de influencia de las comunidades ASSETS / Versión 2004_01_01_2013_04_07
Tiempo en campo	15 días
Puntos verificados	Meta (81) / Realizados (58)
Variables observadas en campo	1) Precisión; 2) cobertura; 3) uso del suelo. Posteriormente fueron codificadas para poder realizar un análisis cuantitativo (Anexo 4).
Fuentes de las capas de referencia	1) Observaciones de campo (anotaciones y registro fotográfico) ¹ ; 2) 2000-2012 mapas de pérdida de cobertura boscosa realizados por Hansen ² ; 3) 2000-2011 mapa de pérdida oficial usando la metodología del software ClasLite ³ ; 4) catálogo de imágenes de acceso online y gratis en Google Earth TM 4; 5) Series entre 2000-2012 del NDVI (pre-procesado sin ruido de nubes) y TRMM (precipitación) usados por el proyecto Terra-i ⁵ .
Etiquetado de las clases y protocolo de estimación de áreas	Las observaciones en campo fueron posteriormente etiquetadas en unas categorías descritas en el Anexo 4. La estimación de áreas fue realizada vía proporciones, adaptando la metodología de IPPC (2003).
Intérpretes	Dos intérpretes (miembros del equipo Terra-i)
Equipos utilizados	Dos (2) GPS (Garmin ©, eTrex 20) Una (1) cámara integrada con GPS (Nikon ©, CoolPix AW100) Dos (2) Brújulas Dos (2) celulares android con el software v.5.5.0 OruxMaps para facilitar localización y acceso a los puntos de verificación.
Recorrido	Tres modos de transporte (carretera, río, y sobrevuelo). Con apoyo de técnicos locales contratados por IIAP).

Donde ¹datos recolectados durante las visitas en campo; ²datos descargados de <http://earthenginepartners.appspot.com/science-2013-global-forest>; ³datos proveídos por el DGOT-MINAM; ⁴imágenes de acceso gratuito; ⁵datos pre-procesados y proveídos por el proyecto Terra-i.

Análisis de los datos

Resultados de Terra-i

Los datos de Terra-i fueron extraídos de acuerdo a diferentes niveles administrativos, al límite establecido oficialmente para el amazonas peruano, y finalmente al límite y distancias de la vía principal dentro de las áreas de influencia por comunidad ASSETS.



En complemento, también se realizó un análisis detallado de las series de tiempo de datos NDVI y TRMM (datos de entrada de Terra-i) sobre cada una de las áreas muestreadas en campo (58 muestras) con el fin de poder contextualizar y determinar patrones de comportamiento en estas series de acuerdo cuando Terra-i detectó la anomalía. La metodología y datos usados y generados puede detallarse en el anexo 6.

Etiquetado y análisis cuantitativo de las observaciones en campo en las áreas visitadas

Las observaciones de campo registradas (presencia/ausencia del cambio, cobertura y uso de suelo) fueron adaptadas a una etiquetas para estandarizar su análisis cuantitativo teniendo en cuenta que se quería medir la precisión del sistema Terra-i para detectar pérdida de bosque primario (deforestación). De esta manera, se realizó un tipo de clave de identificación para clasificar cada punto de submuestra de acuerdo a la presencia/ausencia del cambio, origen, clase de cobertura y tipo de uso de la tierra, facilitando el análisis cuantitativo de la información recolectada.

A continuación se presenta la clave con las categorías (letra mayúscula) y sus opciones (números) la cual fue adaptada a las condiciones y objetivos sobre la zona de estudio. Bajo esta clave se consiguió sintetizar de manera estándar la información recolectada en campo para cada punto muestreado, teniéndose la posibilidad de dos combinaciones (ABCD o ABCD ') de acuerdo al origen del cambio.

A Cambio en cobertura boscosa natural primaria:

- no existió...0 (bosque intacto) codificar los cuatro opciones como 0
- existió...1 - mover para B
- existió pero es previo o antiguo a la fecha que Terra-i indica...2 - mover para B

B Origen:

- antropogénico...1 - mover a C (cobertura) / D (uso del suelo)
- natural...2 - mover a C (cobertura) / D' (actividad del suelo)

C Cobertura transformada por humanos o natural de bosque primario intacto a:

- bosque secundario...1
- arbustivo...2
- herbácea...3
- cultivo...4
- urbano...5
- cuerpo de agua...6

D Actividad del uso del suelo

- ganadería...1
- cultivo de especies perennes (palma de aceite, cacao)...2
- cultivo de especies semi-transitorias (banano, plátano, yuca)...3
- cultivo de especies transitorias (maíz, frijol, arroz)...4
- preparación suelo o cultivo...5



área quemada / abandonada / vegetada (purma)...6
actividad de extracción de madera...7
otra (casa, camino, carretera)...8

D' Actividad de suelo por agente natural
eventos recurrentes de inundación...9
eventos recurrentes de fuegos e incendios...10

La anterior clave fue usada por dos intérpretes, miembros del equipo Terra-i, los cuales estuvieron en el campo y por tanto estaban en la capacidad de etiquetar cada submuestra visitada con las categorías anteriormente descritas. Los resultados de ambos intérpretes fueron comparados teniéndose aciertos de más del 50% en los nueve puntos de submuestreo por unidad de estudio (pixel). El porcentaje restante, en los cuales había diferencia desde 1 o en todos los 9 puntos de submuestreo por pixel validado, fue evaluado nuevamente para identificar estas diferencias, siendo en su mayor parte debidas a confusiones en etiquetar el cambio como antiguo o no, y también al describir el tipo de uso del suelo. Finalmente, identificadas estas diferencias en conjunto con la revisión de las anotaciones y registro de fotográfico se generó un archivo final donde ambos intérpretes estaban de acuerdo en la clasificación asignada.

Basado en este archivo final (en formato tabular), la información codificada fue procesada en el Software R (versión 3.0) usando los paquetes *base*, *gtools*, *statistic* y *utils* para la manipulación de datos. Dentro del script programado se crearon una serie de condiciones para poder generar las estimaciones de precisión del sistema Terra-i a nivel de píxel (unidad de observación) basándose en la primera categoría que indica cambio de cobertura boscosa, siendo sus opciones (no existió, existió, o existió pero representa un cambio antiguo). De esta manera, teniendo en cuenta las nueve submuestras registradas dentro cada unidad de observación (pixel), se encontraban una opción que en general era dominante y que por tanto permitió tener un estimativo de la precisión de Terra-i para cada área muestra bajo las siguientes tres condiciones:

- Solamente fue determinada una opción de la categoría para todas las nueve submuestras;
- Se presentan dos opciones de categoría en las submuestras, siendo una de ellas presente entre 6 hasta 8 submuestras;
- Se presentan tres opciones de categoría en las submuestras, siendo una de ellas presente entre 5 hasta 7 submuestras.

El resto de muestras que no correspondieron a las condiciones nombradas fueron catalogadas como con opciones mezcladas, siendo igualmente usadas para estimar la precisión de Terra-i.

Resultados

Pérdida de vegetación bajo diferentes niveles de análisis de acuerdo a Terra-i

Nacional y regional

En Perú, Terra-i realizó el monitoreo de cambio de vegetación cada 16 días a partir del 1 de enero de 2004 al 31 de diciembre de 2012 (Anexo 7 Tabla 1). La pérdida de vegetación total acumulada detectada durante el período 2004-2012 fue de 125.627 píxeles, lo que equivale a una tasa de pérdida de vegetación de 13.959 píxeles por año. Las regiones de Loreto, Ucayali y San Martín registraron la mayor tasa de cantidad de píxeles detectados como de pérdida de la vegetación: 33.129, 25.260, y 24.320 píxeles por año, respectivamente. También es importante destacar que el valor de sin datos es bajo (5%, debido principalmente a la cobertura de nubes), ubicándose principalmente en las regiones situadas en las montañas de los Andes (en orden de valor NoData% y por encima del 20% están las regiones de Junín, San Martín, Huánuco y Callao).

De acuerdo con las detecciones de la pérdida de vegetación por año (Figura 3), se observa una tendencia de aumento de la pérdida en el Perú entre 2004 y 2005 (año de sequía). De 2006 a 2007, hubo una caída en la cantidad de pérdida de píxeles, y después de estos años hubo un ligero aumento de la pérdida hasta el 2011. El último año, 2012, parece ser un valor elevado sin embargo, es importante tener en cuenta que este valor alto podría deberse a sobreestimaciones en la versión de Terra-i evaluada, teniendo una alta cantidad de ruido que luego fue corregida en las más recientes actualizaciones de Terra-i.



Figura 3. Tasa anual de pérdida de vegetación (barras azules) y acumulada (línea roja) en términos de píxeles entre el periodo de 2004-2012 en el Perú.

El Amazonas peruano

De acuerdo con los análisis de Terra-i (Anexo 7 Tabla 2), la región amazónica peruana, que se extienden más del 61% de toda la superficie terrestre de Perú, presentó una cantidad de 125.627 píxeles catalogados como pérdida de vegetación, lo que equivale a una tasa de cambio de 13.163

píxeles por año para el período 2004-2012. Además, es importante señalar que los cambios en la vegetación detectados en esta zona explican cerca del 94% de los cambios totales de vegetación en el Perú. Respecto, a los píxeles sin datos se consideró bajo su porcentaje (6,5%), ubicados principalmente en las regiones altas de la Amazonía peruana en la zona occidental.

El análisis de las detecciones de pérdida de vegetación por año (Figura 4), esta región mantiene una tendencia similar a la presentada en todo el país, siendo 2012 un año pico cuando los píxeles de pérdida de la vegetación duplicaron (30.185 píxeles) los valores promedio (11.034 píxeles) entre el periodo de 2004-2011.

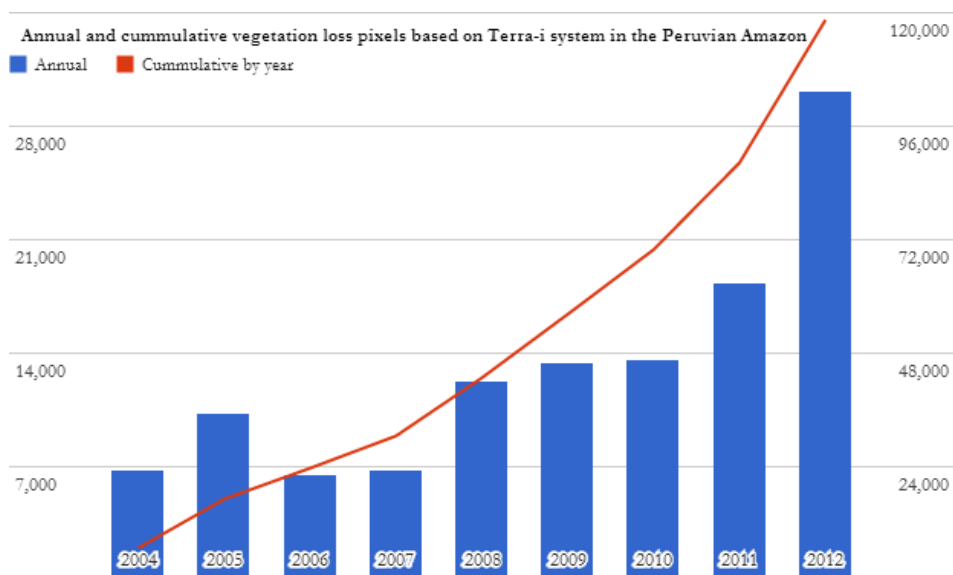


Figura 4. Tasa anual de pérdida de vegetación (barras azules) y acumulada (línea roja) en términos de píxeles entre el periodo de 2004-2012 en el Amazonas peruano.

Región de Ucayali

De acuerdo con los análisis de Terra-i (Anexo 7 Tabla 3), la Región de Ucayali, que de acuerdo a los datos de Terra-i se ubica en la segunda posición de la pérdida total de la vegetación en Perú, presenta a Coronel Portillo como la provincia con mayor cantidad de eventos detectados como de pérdida (13.054 píxeles o cerca de la mitad de participación de la pérdida total en esta región) para el periodo 2004-2012. En adición, es importante señalar que esta provincia explicó 10% de los cambios totales de pérdida de vegetación en el Perú.

El análisis de las detecciones de pérdida de vegetación por año (Figura 5), esta región mantiene una tendencia similar a la presentada en todo el país, exceptuando para el año 2010, cuando la pérdida de la vegetación se redujo, incrementando de nuevo en 2011. Analizando particularmente la provincia de Coronel Portillo, donde las comunidades ASSETS se ubican, se observa inmediatamente que la mayoría de los cambios se produjeron en 2005 (2.880 píxeles), seguido por el último año 2012 (2.128 píxeles). Los años restantes mantienen una cantidad similar a los píxeles por debajo de 2.000 píxeles (un promedio de 1.149 píxeles por año).

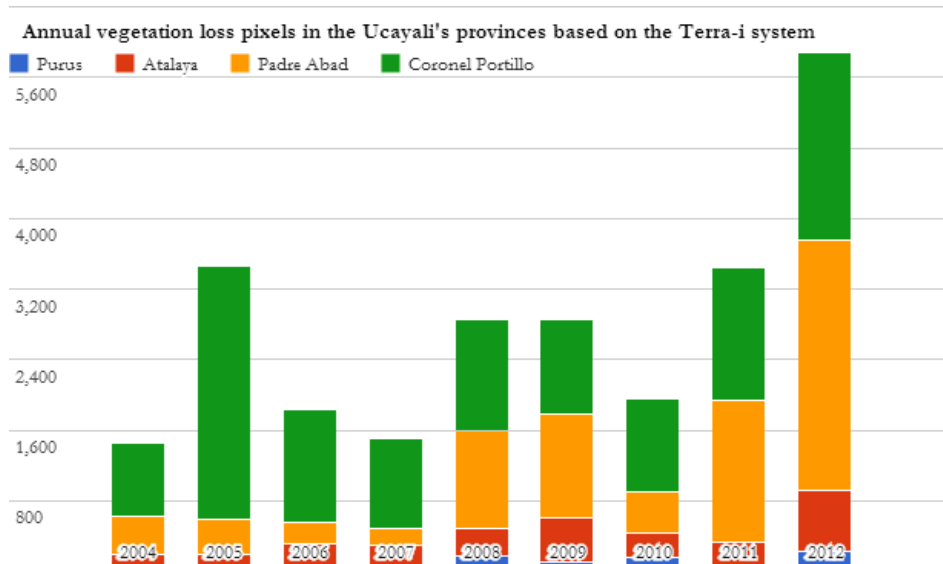


Figura 5. Tasa anual de pérdida de vegetación por provincia en que conforman la Región de Ucayali para el periodo 2004-2012.

Comunidades ASSETS

a) Análisis de la pérdida de vegetación anual para el periodo 2004-2012

De acuerdo con los análisis de Terra-i, las comunidades ASSETS (Anexo 7 Tabla 4; Figura 6), que se distribuyen espacialmente en la región Ucayali, registraron a Palmeros B y su área de influencia como la comunidad con la mayor cantidad de eventos detectados de cambio en su área de influencia (837 píxeles o el 26% de participación de la pérdida total de la vegetación en las comunidades ASSETS) para el periodo 2004-2012.

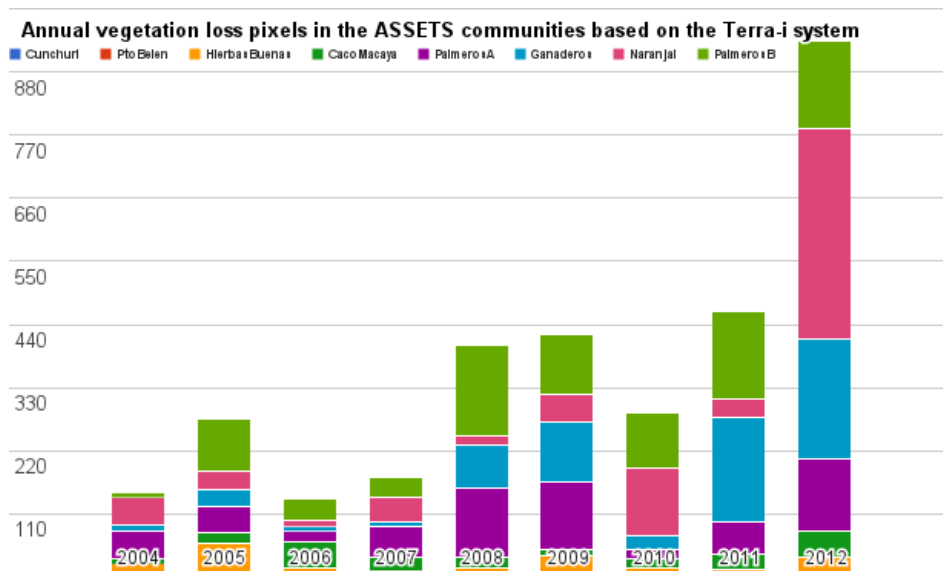


Figura 6. Tasa anual de pérdida de vegetación para las comunidades ASSETS en la Región de Ucayali para el periodo 2004-2012.

De la misma manera, fue evidente que las comunidades que la carretera han experimentado una pérdida de vegetación más alta en comparación con aquellas comunidades que viven a lo largo de los ríos, exceptuado para la comunidad Hierba Buenas que tiene ligeramente menos píxeles de pérdida de vegetación que Caco Macaya (comunidad de río).

El análisis de las detecciones de pérdida de vegetación por año (Figura 5), las comunidades ASSETS y su áreas de influencia mantienen una tendencia similar a la presentada para la Región Ucayali, incluyendo la caída de la pérdida de la vegetación para el año 2010, y el incremento de nuevo en 2011. En particular, la comunidad de Naranjal presentó un incremento considerado de la pérdida de vegetación en 2012 (365 píxeles) en comparación con el promedio (43 píxeles por año) en los años anteriores.

B) Análisis en las áreas de amortiguación para los años 2011 y 2012

El comportamiento de la actividad de cambio de cobertura o actividad de cambio de uso del suelo de acuerdo a una cierta distancia a partir de una vía principal de comunicación en comunidades en las márgenes de bosque-agricultura se presenta en la figuras 7 y 8. Este conjunto de gráficos demuestra cómo los cambios de uso del suelo son más activos después de una distancia de 3 kilómetros, exceptuando para las comunidades ASSETS localizadas a lo largo del Río Ucayali (Caco Macaya y Puerto Belén) donde la mayor pérdida de vegetación estuvo localizada en la distancia de buffer de 1 km.

Para el año 2011 (Figura 7), las comunidades de Ganaderos B y Palmeros B duplican la cantidad de pérdida de vegetación píxeles en comparación con las siete comunidades restantes. La mayoría de estos cambios se asignaron en las distancias de amortiguamiento de 5 y 10 kilómetros.

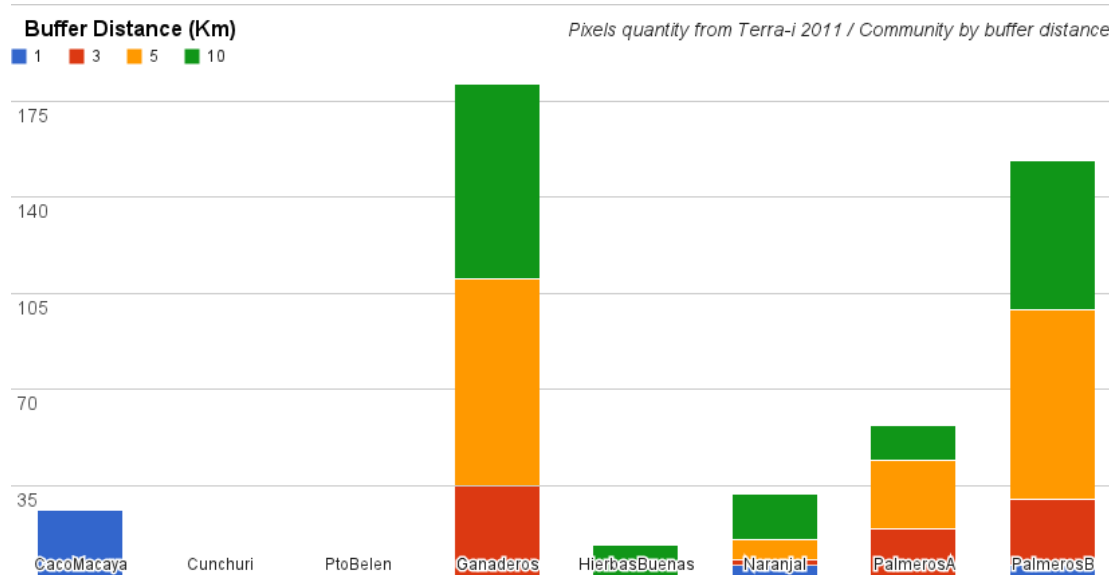


Figura 7. Tasa anual de pérdida de vegetación para las comunidades ASSETS y sus áreas de amortiguamiento a partir de una vía principal en la Región de Ucayali para el año 2011.

En el caso del año 2012 (Figura 8), se produjo un aumento considerable de la pérdida de vegetación en la comunidad de Naranjal, pasando de 32 píxeles en 2011 a 365 píxeles detectados por el sistema Terra-i. Además, la mayoría de los cambios en el año 2012 ocurrieron en la distancia de amortiguación de 10 kilómetros para las comunidades de la carretera. En contraste, Caco Macaya, comunidad a lo largo del río, mantuvo mayor parte de sus cambios en la distancia de amortiguación de 1 km.

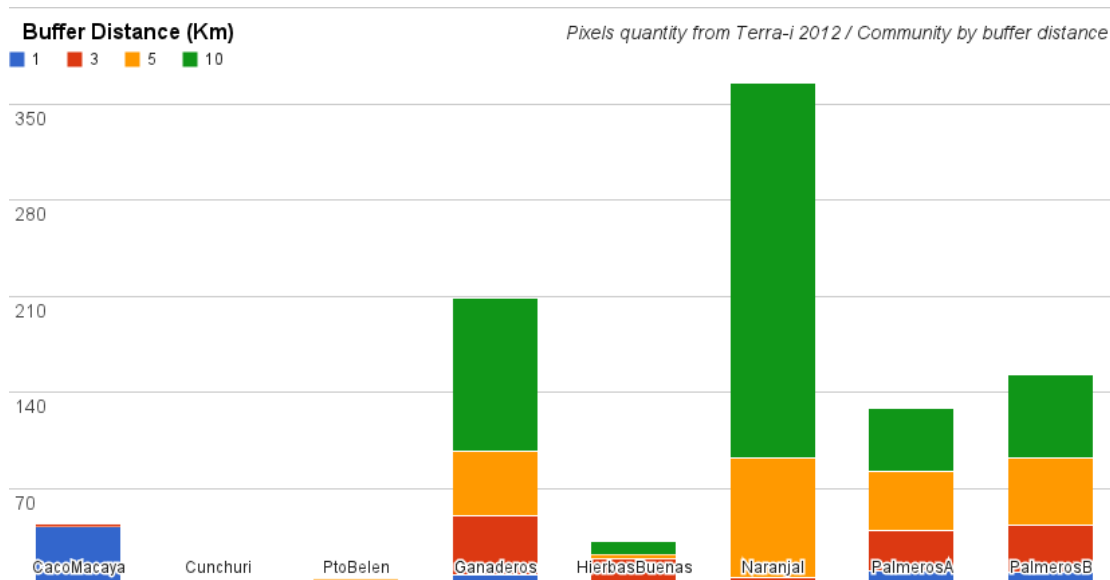


Figura 8. Tasa anual de pérdida de vegetación para las comunidades ASSETS y sus áreas de amortiguamiento a partir de una vía principal en la Región de Ucayali para el año 2011.

C) Análisis de las series de tiempo del índice de vegetación y precipitación para las áreas muestreadas

Después de hacer una inspección visual de las series de tiempo de vegetación y precipitación a partir de los datos NDVI y TRMM, respectivamente, se identificaron tres clases de patrones para un período de 11 años analizados (2000-2012) basados cuando el sistema Terra-i detectaba una anomalía. Estos patrones se describen e ilustran (Figura 9) como sigue:

- Detección de cambio perteneciente a un evento de la deforestación (Figura 9A): Este patrón se caracteriza por valores de NDVI altos y constantes antes de la detección de Terra-i. En este patrón, fue evidente una fuerte disminución del valor NDVI cuando Terra-i detectaba.
- Detección de cambio perteneciente a una deforestación anterior y/o evento de degradación (disminución gradual NDVI) con un valor de NDVI inferior anterior a la detección de Terra-i (Figura 9B): Este patrón se caracteriza por presentar un valor NDVI inferior antes que Terra-i registrara la anomalía.
- Detección de cambio perteneciente a un evento de la degradación (disminución gradual NDVI) con el valor más bajo NDVI cuando Terra-i lo detectaba (Figura 9C): Este patrón se caracteriza por presentar el valor NDVI más bajo en toda la serie de tiempo de NDVI cuando Terra-i registró la anomalía.

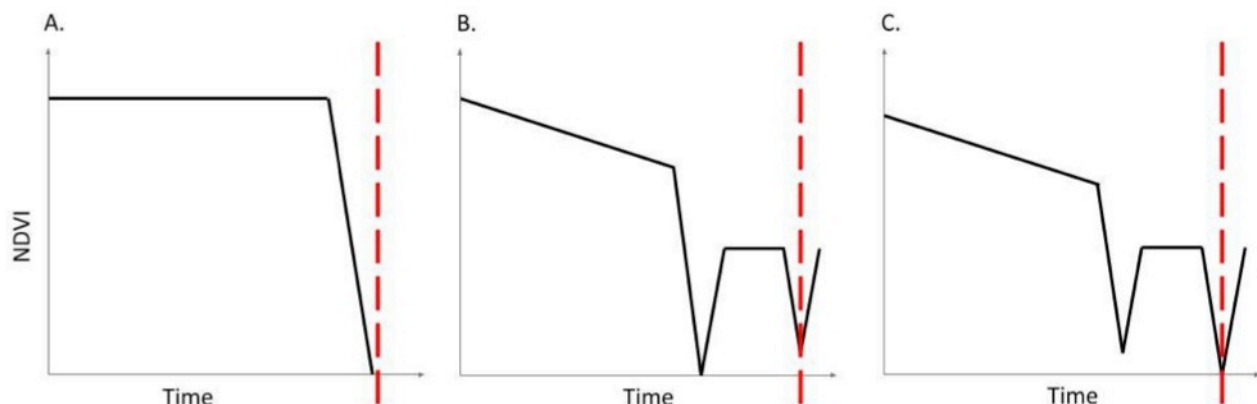


Figura 9. Patrones identificados en las series de tiempo de NDVI de acuerdo cuando el sistema Terra-i detectaba en las áreas de la muestra analizadas. La línea discontinua de color rojo indica el tiempo en el que se produjo la detección de Terra-i. Tres patrones fueron identificados: la detección relacionada con un evento de deforestación (A), el cambio detectado ocurrió posterior a un evento previo de deforestación o degradación con un valor de NDVI inferior cuando Terra-i detectaba (B) y una zona degradada previa pero con el valor más bajo de NDVI cuando la Terra-i detectaba (C).

Las series de tiempo NDVI-TRMM de cada una de las áreas muestreadas de acuerdo con la clasificación de patrones anteriormente mencionada se puede acceder en el Anexo 6. Además, para complementar este análisis de patrones, la siguiente tabla resume la cantidad de áreas de muestreo pertenecientes por cada tipo de patrón identificado por comunidad ASSETS.

Tabla 2. Áreas validadas dentro de las comunidades ASSETS clasificadas por el patrón de comportamiento de las series de tiempo de NDVI y tiempo de detección de Terra-i. Los valores en la columna total debe ser de la siguiente manera (refiriéndose en términos de cantidad de muestras): muestras 2011 / muestras 2012. Las muestras por comunidad por un año que no presentan un patrón se representan con un símbolo asterisco (*).

Community by location	Year validated						Total
	2011			2012			
	Forest loss	Degradation – Before	Degradation - Detection	Forest loss	Degradation – Before	Degradation – Detection	
Caco Macaya	4	*	1	4	*	5	5 / 9
Cunchuri	*	*	*	*	*	*	*
Pto. Belen	*	*	*	*	*	*	*
Riparian subtotal	4	*	1	4	*	5	5 / 9
Ganaderos	*	2	5	2	3	5	7 / 10
Hierbas Buenas	*	1	*	*	2	*	1 / 3
Naranjal	*	*	*	*	*	*	*
PalmerosA	*	*	2	2	*	3	2 / 5
PalmerosB	1	3	5	2	1	5	8 / 8
Road Subtotal	1	6	12	6	6	13	19 / 25
TOTAL	5	6	13	10	6	18	24 / 34
GRAN TOTAL		24			34		

Análisis cuantitativo para determinar la precisión, cobertura y uso del suelo de acuerdo al sistema Terra-i en las áreas visitadas

Análisis general de la precisión

De acuerdo al análisis general (Tabla 3), sobre las 58 áreas visitadas, sin tener en cuenta el año validado, se tiene que Terra-i fue preciso en detectar eventos de pérdida de bosque primario en 13 del total puntos validados, lo equivale a una precisión de 22%. La mayoría de eventos que Terra-i consiguió detectar, de acuerdo a las observaciones de los intérpretes, pertenecen a la alternativa de cambio pero fue posterior a un proceso de deforestación o degradación. Para esta alternativa, se identificaron 34 píxeles visitados, equivalente a 59%. En el caso de la otra alternativa dominante, sin cambio, su valor fue bastante bajo teniendo solo 5 áreas validadas (9% del total validado) donde aparentemente el sistema Terra-i no fue preciso en detectar el cambio de vegetación. Cabe indicar que dentro de este grupo, solamente un píxel presentó la condición donde todas las 9 submuestras no tuvieron cambio. En los demás píxeles pertenecientes al grupo sin cambio, se presentó un aparente cambio en al menos una submuestra.

Tabla 3. Resultados para determinar la precisión del sistema Terra-i para detectar eventos de pérdida de bosque primario en la fechas de validación y otras alternativas de acuerdo a la primera categoría de cambio evaluada para cada submuestra de acuerdo a la clave estandarizada. Asimismo a esta columna se agregó las clasificaciones de acuerdo al patrón de las series de tiempo de NDVI (tres últimas columnas). Las celdas de color amarillo indican el grupo de píxeles validados donde una alternativa fue dominante respecto a otro grupo de píxeles donde no fue clara la dominancia de una alternativa (celdas sin color). La cantidad de píxeles con la alternativa de cambio referida a pérdida de bosque y que fue dominante se resalta con color rojo.

Alternativa	Tipo de alternativa	Cantidad de alternativas para las 9 submuestras	Cantidad de píxeles validados en bajo esta condición	Cantidad de submuestras (promedio) por alternativa			Cantidad de píxeles validados de acuerdo al patrón de series NDVI		
				Sin Cambio	Cambio	Cambio Antiguo	Perdida Bosque Primario detectado por Terra-i	Deforestacion / Degradacion + valor bajo de ndvi ANTES Terra-i detecto	Deforestacion / Degradacion + valor bajo de ndvi CUANDO Terra-i detecto
Sin Cambio	Dominante	1	1	9	-	-	-	-	1
		2	3	7	2	2	-	-	3
		3	1	5	1	3	-	1	-
Cambio		1	8	-	9	-	8	1	-
		2	2	-	7	2	2	-	-
		3	3	2	6	1	-	1	2
Cambio antiguo		1	16	-	-	9	2	5	9
		2	15	2	2	7	2	3	10
		3	3	1	2	6	-	1	2
3 alternativas A	Mexclado	3	1	3	3	3	-	1	-
3 alternativas B		3	1	1	4	4	-	-	1
Cambio y cambio antiguo		2	3	-	4	5	-	-	3
Sin cambio y cambio antiguo		2	1	5	-	4	1	-	-
TOTAL	-	-	58	-	-	-	15	13	32



En el caso donde no se presentó dominancia de una alternativa, solo se presentaron 6 píxeles bajo esta condición, equivalente a 10%. De estos 6 píxeles, 4 están dentro del grupo donde casi mitad del grupo perteneció a cambio y cambio antiguo, que podrían ser de acuerdo a la rigurosidad pertenecer al grupo donde Terra-i fue preciso teniendo en cuenta las fechas validadas.

Finalmente, las últimas tres columnas de la tabla 3, fueron añadidas debido a que se encontró una relación entre la clasificación dada por los intérpretes a partir de la visita en campo y la clasificación de patrones en las series de tiempo de NDVI de acuerdo cuando Terra-i detectó. De esta manera, puede observarse que aquellos píxeles clasificados con la alternativa dominante de cambio, también presentaron el patrón de NDVI que indica pérdida de bosque primario (Tabla 3, resaltado en color rojo). Esta relación, permite validar las observaciones de los intérpretes respecto a que el cambio se presentó en la mayoría de la superficie del píxel (superior a 6 o 9 submuestras con esta alternativa). Analizando la alternativa de cambio antiguo en relación a los patrones de series de tiempo NDVI, es evidente como la mayoría de píxeles validados pertenecientes a esta alternativa se ubicaron en el grupo de patrones que indican un proceso de pérdida o degradación de bosque previo pero con un valor NDVI más bajo que el valor NDVI cuando Terra-i detectó. De manera similar, el mismo comportamiento se presentó para aquellos píxeles dentro de la alternativa dominante de sin cambio. Para el caso de los píxeles donde no fue clara una dominancia de una alternativa, se observa que no existe tampoco una relación clara entre lo que se determinó mediante la interpretación de las visitas en campo y los patrones de las series de tiempo de NDVI.

Análisis general de la ocurrencia del cambio y su origen en las comunidades ASSETS

De acuerdo a la tabla 4, la mayoría de píxeles pertenecientes a la alternativa de cambio (13 en total), se ubicaron en las comunidades de Caco Macaya, Palmeros A y Palmeros B para ambos años validados. En adición, la comunidad de Ganaderos presentó dos píxeles bajo la misma alternativa pero únicamente en 2012. La alternativa de cambio antiguo, como fue comentado previamente, mantuvo una alta presencia en todas las comunidades sin importar el año. Finalmente, la alternativa de sin cambio sólo fue evidente en la comunidad de Ganaderos, siendo esto cierto para los años 2011 y 2012.

Los análisis de la categoría evaluada (precisión) a partir de los datos de Terra-i fueron fundamentales para, como se describe a continuación, analizar el origen de cada alternativa inicialmente identificada, a excepción de cuando no existió cambio, siendo desagregada por comunidad ASSETS en la tabla 5. A partir de esta tabla, se determinó que los cambios en la comunidad de Caco Macaya fueron en su mayor parte de origen natural por eventos de inundación los cuales parecen ser frecuentes en estas zonas aledañas al río. De esta manera, las áreas validadas para esta comunidad al encontrarse cerca de un cuerpo hídrico (río principal, secundario o cocha), presentan una vegetación natural expuesta a una serie de dinámicas como las inundaciones, en especial para la época de invierno.

Tabla 4. Distribución de los píxeles validados con alternativas dominantes por año y por comunidad. Es importante resaltar que debido a que el número de píxeles que mostraron alternativas mezcladas fue bajo (6), no fueron representados en esta tabla. No obstante, su distribución es comentada en la parte inferior de esta tabla**. Los valores en la columna total debe ser de la siguiente manera: muestras 2011 / muestras 2012. Donde no hay muestras pertenecientes a la clase evaluada se representan con un símbolo asterisco (*).

Comunidad por ubicación	Año validado y categoría dominante						Total
	2011			2012			
	Sin cambio	Cambio	Cambio antiguo	Sin cambio	Cambio	Cambio antiguo	
Caco Macaya	*	1	4	*	3	5	5 / 8
Cunchuri	*	*	*	*	*	*	*
Pto. Belen	*	*	*	*	*	*	*
Subtotal Rio	*	1	4	*	3	5	5 / 8
Ganaderos	2	*	5	3	2	5	7 / 10
Hierbas Buenas	*	*	1	*	*	1	1 / 1
Naranjal	*	*	*	*	*	*	*
PalmerosA	*	1	1	*	2	1	2 / 3
PalmerosB	*	1	6	*	2	5	7 / 7
Subtotal carretera	2	3	13	3	6	12	17 / 21
TOTAL	2	4	17	3	9	17	23 / 29
GRAN TOTAL		23			29		

*La comunidad y año que pertenecen los píxeles restantes estuvieron ubicados en las alternativas mezcladas de 3 alternativas A (Hierbas Buenas-2012), 3 alternativas B (Palmeros A-2012), Cambio y cambio antiguo (Caco Macaya-2012, Palmeros A-2012, Palmeros B-2011); y Sin cambio y cambio antiguo (Ganaderos-2012).

Tabla 5. Distribución de los píxeles validados con alternativas dominantes de cambio y cambio antiguo, y mezclados de acuerdo al origen por comunidad. Los valores en la columna total debe ser interpretados de la siguiente manera: muestras con cambio por causa humana / natural. Donde no hay muestras pertenecientes a la clase evaluada se representan con un símbolo asterisco (*).

Alternativa categoría precisión	Año validado y origen del cambio				Total
	2011		2012		
	Humano	Natural	Humano	Natural	
CACO MACAYA					
Cambio	*	1	*	3	* / 4
Cambio antiguo	*	3	2	4	2 / 7
Cambio / Cambio Antiguo	*	1	*	*	* / 1
Subtotal comunidad rio	*	5	2	7	2 / 12
GANADEROS					
Cambio	*	*	2	*	2 / *
Cambio antiguo	5	*	5	*	10 / *
Sin Cambio / Cambio Antiguo	*	*	1	*	1 / *
HIERBAS BUENAS					
Cambio antiguo	1	*	1	*	2 / *
Mezcla 3 alternativas A	*	*	1	*	1 / *
PALMEROS A					
Cambio	1	*	2	*	3 / *
Cambio antiguo	1	*	1	*	2 / *
Cambio / Cambio Antiguo	*	*	1	*	1 / *
Mezcla 3 alternativas B	*	*	1	*	1 / *
PALMEROS B					
Cambio	1	*	3	*	4 / *
Cambio antiguo	6	*	5	*	11 / *
Cambio / Cambio Antiguo	1	*	1	*	1 / *
Subtotal comunidad carretera	16	*	25	*	41 / *
TOTAL	16	5	25	7	41 / 12
GRAN TOTAL		21		32	53

Análisis general de las coberturas y uso del suelo en las comunidades ASSETS

Analizando en general el comportamiento de las coberturas (Figura 10) y uso del suelo (Figura 11) para los sitios validados en ambos años, se puede observar algunos patrones de acuerdo al tipo de comunidad.

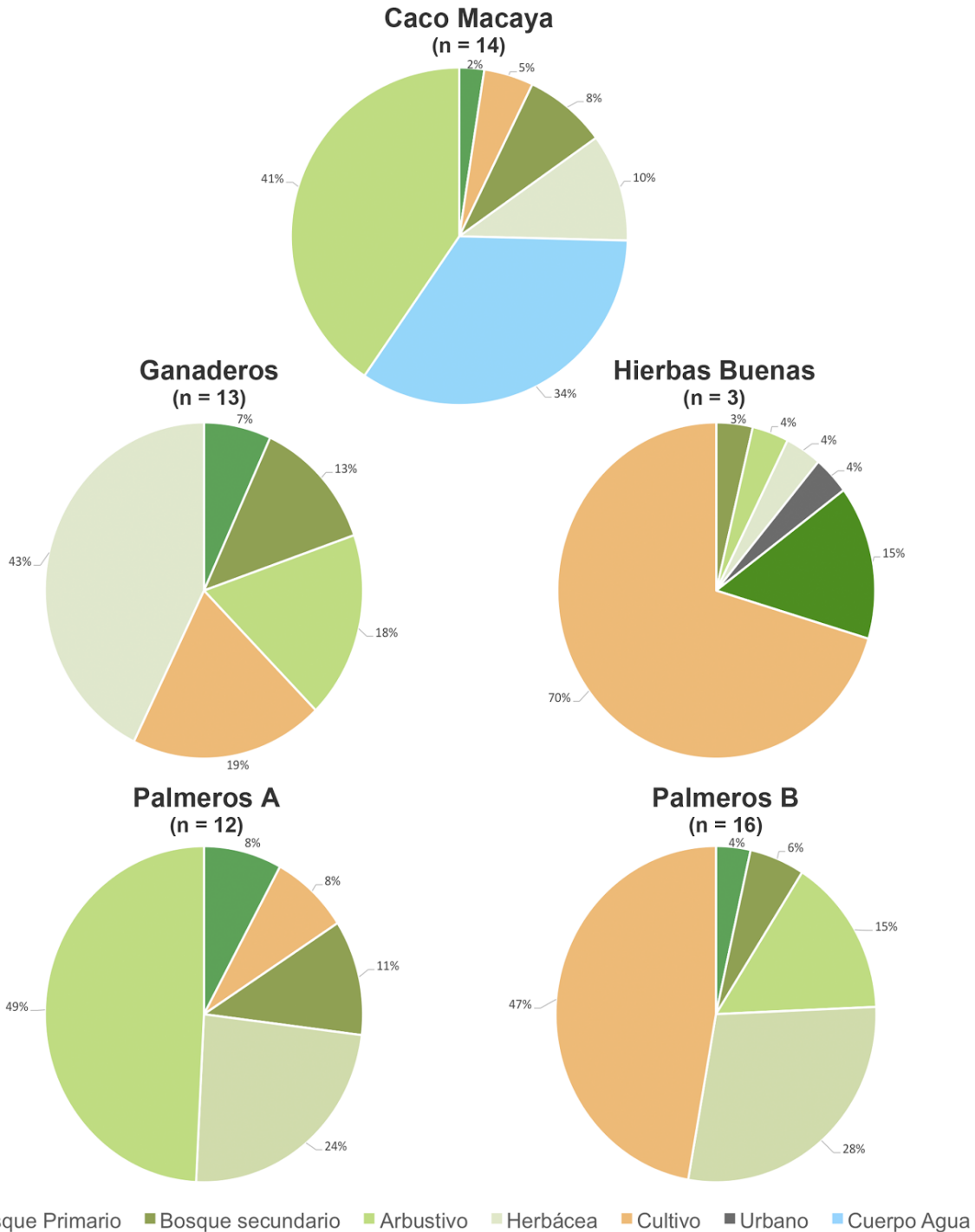


Figura 10. Gráficos de torta que muestran la distribución de las coberturas en los sitios validados para ambos años, 2011 y 2012. La cantidad de sitios validados por comunidad se indica entre los paréntesis.

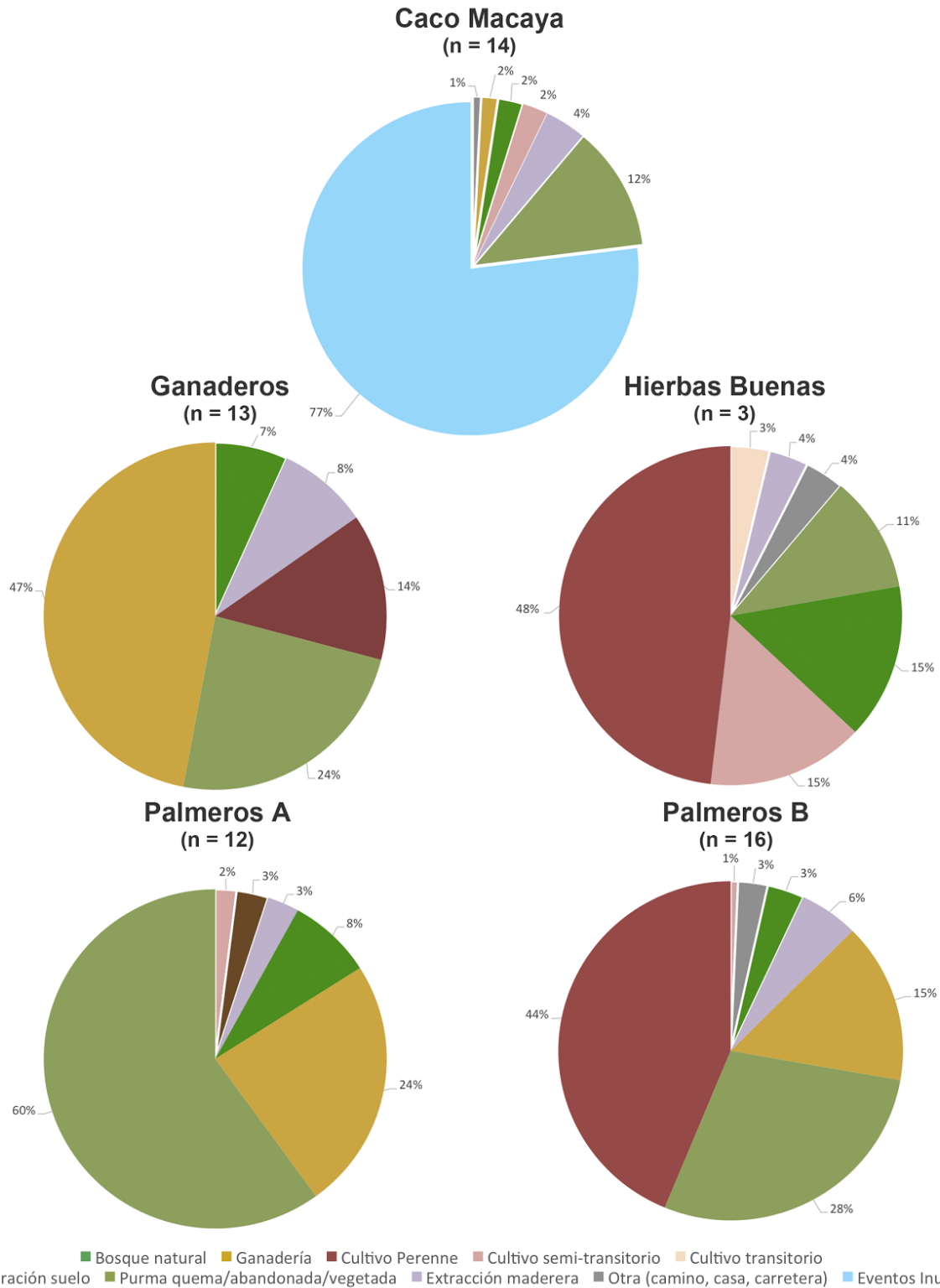


Figura 11. Gráficos de torta que muestran la distribución del uso del suelo en los sitios validados para ambos años, 2011 y 2012. La cantidad de sitios validados por comunidad se indica entre los paréntesis.



De esta manera, para Caco Macaya se observa que una gran proporción, mayor de dos tercios, perteneció a cobertura arbustiva (41%) seguido de la presencia de cuerpo de agua (34%). Respecto a las clases o actividades del suelo en esta comunidad resultaron caracterizarse, en su mayor parte, por eventos frecuentes de inundaciones (77%) y en una menor proporción prácticas de agricultura a pequeña escala, evidenciada por las purmas (12%). Cabe indicar que por aspectos metodológicos, el sistema Terra-i (Anexo 1) no es capaz de diferenciar entre cambios debido a eventos naturales o antropogénicos, siendo como se presentó en esta comunidad debido en su mayoría a causas naturales. Otro aspecto a considerar es que debido a los tamaños de los cambios de la tumba y quema, en esta comunidad en especial, el sistema Terra-i puede presentar una baja capacidad de detección, pudiendo ser mayor la cantidad de estos eventos para esta zona.

Para el caso de las comunidades de carretera, fue evidente la presencia de cobertura de cultivo, principalmente para los sitios validados de Hierbas Buenas y Palmeros B con 70% y 47% de participación, respectivamente. Para el caso la primera comunidad, es importante notar que estos cultivos fueron en su orden de participación de ciclo perenne (48%), semi-transitorio (15%) y transitorios (3%). En contraste, en el caso de Palmeros B solo se presentó una clase, cultivo perenne, que en su mayor parte, de acuerdo a los registros de campo, pertenecían a plantaciones de palma de aceite. Aunque la cantidad de sitios validados en Hierba Buenas (3), no permiten tener o inferir un patrón general de esta comunidad, es importante resaltar que la cobertura boscosa en su área de influencia presentaba una superficie de menor que las restantes comunidades. En uno de los puntos validados, las prácticas de agricultura como la rotación de cultivos (que incluye la quema) son las que Terra-i indicó como actividades de cambio, pero previamente ya había ocurrido una pérdida de bosque.

Para la comunidad de Ganaderos, como se había descrito inicialmente, se encontró una alta participación de cobertura herbácea (41%) relacionada con prácticas de pastoreo para ganadería (47%). Las otras proporciones de alta participación, cultivos (19%) y arbustivo (18%), estuvieron relacionadas con las actividades de producción de alimentos ya sea con cultivos establecidos (14%) o preparación del terreno evidenciado por la presencia de purmas (24%). Esta última práctica mencionada resultó, en términos de proporciones, ser mayor para los puntos visitados en la comunidad de Palmeros A. Aunque para los puntos visitados se tenía la expectativa de encontrar en mayor proporción cultivo (palma), fue identificada una mayor presencia de vegetación arbustiva (49%) seguida de herbácea (24%) que fueron relacionadas con las actividades de tumba y quema o purmas (60%) y ganadería (24%), respectivamente.

Finalmente, aunque su participación fue menor, la presencia de bosque secundario y sus actividades asociadas como la extracción maderera puede ser indicativos de procesos de degradación de los bosques. Estos cambios graduales resultan importantes monitorearlos debido a que son un punto de partida para posteriores intervenciones de mayor magnitud como la deforestación. De acuerdo a Pereira *et al.* (2002), la tala selectiva conduce a una variedad de efectos de corto y de larga plazo, incluyendo cambios en el microclima del bosque, el ciclo de nutrientes, la composición de especies de árboles, la liberación de carbono, y el clima mundial.

Diagnóstico de la ocurrencia del cambio, origen, coberturas y uso del suelo por comunidad ASSETS

A) Caco Macaya

Con un total de 14 áreas visitadas, en ambos años validados, la mayoría de ellas resultaron pertenecer a cambio antiguo (9), seguido de las catalogadas como cambio (4), y una mezcla de cambio y cambio antiguo (1). Respecto al origen del cambio, la mayoría de los píxeles fueron catalogados como debidos a causas naturales (Tabla 4). Solo dos píxeles (muestra 74 y 75) restantes resultaron ser de origen antropogénico.

Analizando las observaciones de cobertura (Anexo 8 ver Tabla 1, Figura 12), los cambios detectados por Terra-i catalogados como cambio de bosque primario cambiaron por un cuerpo de agua para ambos años validados. Por su parte, en los cambios antiguos debido a actividad humana resultaron ser en su mayor proporción dominados por cobertura herbácea. Para las detecciones de cambio a causa naturales se puede observar que la mayoría de cobertura resultó ser arbustiva. Finalmente, para la única muestra de combinación de cambio antiguo y cambio debido a causa natural se observa una dominancia de la cobertura de bosque secundario.

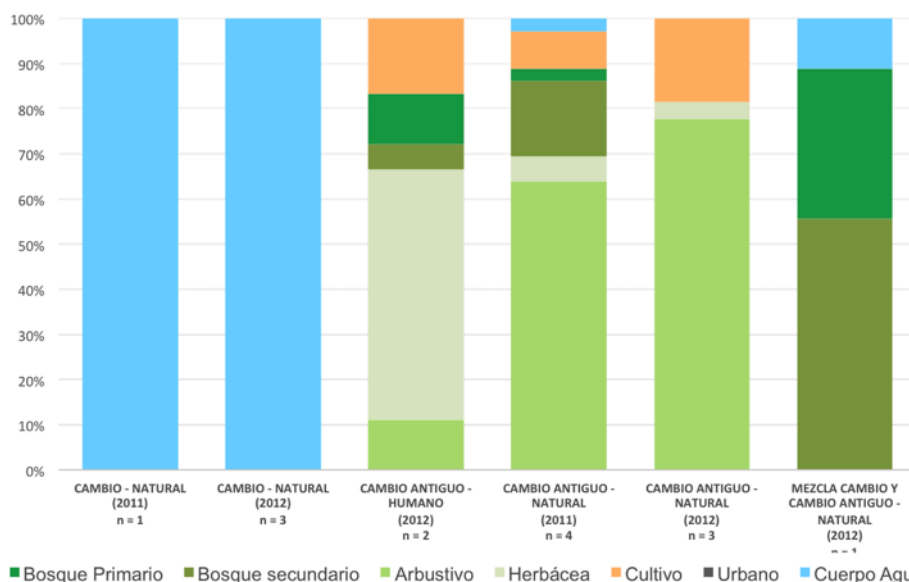


Figura 12. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Caco Macaya.

En lo referido al uso del suelo en las observaciones (Anexo 9 ver Tabla 1, Figura 13), sin importar la precisión de sistema por Terra-i, se observa que la mayoría de actividad del suelo fue debida a eventos de inundación. De proporción menor, en los cambios antiguos de 2012 se observaron actividad humanas relacionadas con tala y quema (purma), y cultivos establecidos (semi-transitorios) característicos de la agricultura a pequeña escala que se lleva a cabo generalmente en las comunidades de río.

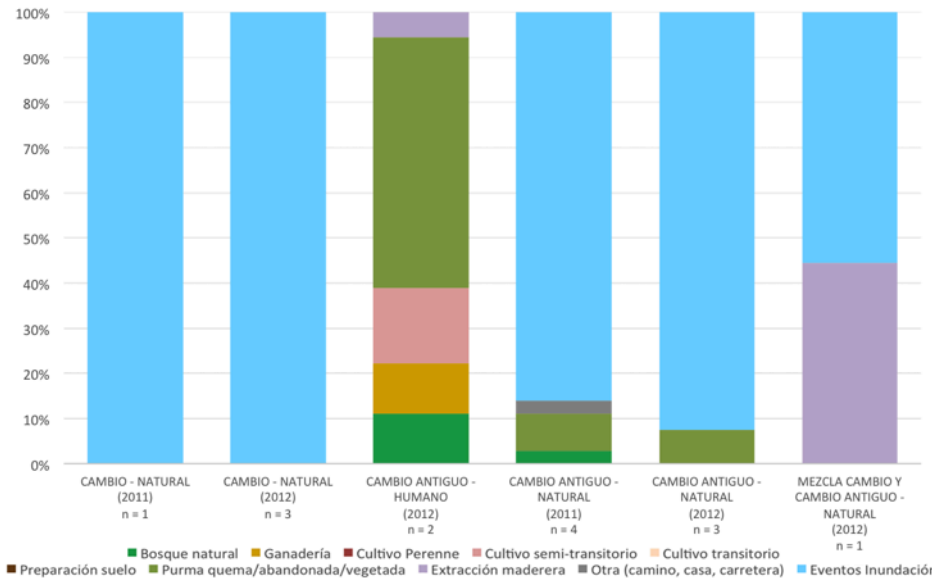


Figura 13. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Caco Macaya.

B) Ganaderos

Con un total de 13 áreas visitadas, en ambos años validados, la mayoría de ellas resultaron pertenecer a cambio antiguo (10), seguido de las catalogadas como cambio (2), y una mezcla de sin cambio y cambio antiguo (1). Respecto al origen del cambio, todos los pixeles fueron catalogados como debidos a causas antropogénicas (Tabla 4).

Analizando las observaciones de cobertura (Anexo 8 ver Tabla 2, Figura 14A), los cambios detectados por Terra-i catalogados como cambio de bosque primario cambiaron por cultivo y vegetación arbustiva. Por su parte, en los cambios antiguos resultaron ser, en su mayor proporción para 2011, dominados por cobertura herbácea. Bosque secundario, vegetación arbustiva y cultivo resultaron ser más evidentes para la misma categoría pero para las observaciones del año 2012. Finalmente, para la única muestra de combinación de sin cambio antiguo y cambio antiguo se observa una dominancia de la cobertura de bosque primario y secundario razón por la cual este pixel no contó con una clara dominancia de alguna clase y que se relacione con algún proceso de degradación.

En lo referido al uso del suelo en las observaciones (Anexo 9 ver Tabla 2, Figura 14B), se observaron purmas cuando la detección de cambio ocurrió en las fechas de validación. En los cambios antiguos, se evidencia la predominancia de las actividades ganaderas en los cuales ya la cobertura de los pastizales fue establecida al menos 3 años anteriores desde el año de la visita en campo. De proporción menor, en los cambios antiguos también se presentaron cultivos perennes, siendo específicamente plantaciones de cacao en monocultivo y mixto (plátano y guaba). Para el pixel mezcla (sin cambio y cambio antiguo) se puede indicar que el remanente de bosque puede ser potencialmente afectado por la actividad ganadera detectada en la misma área.

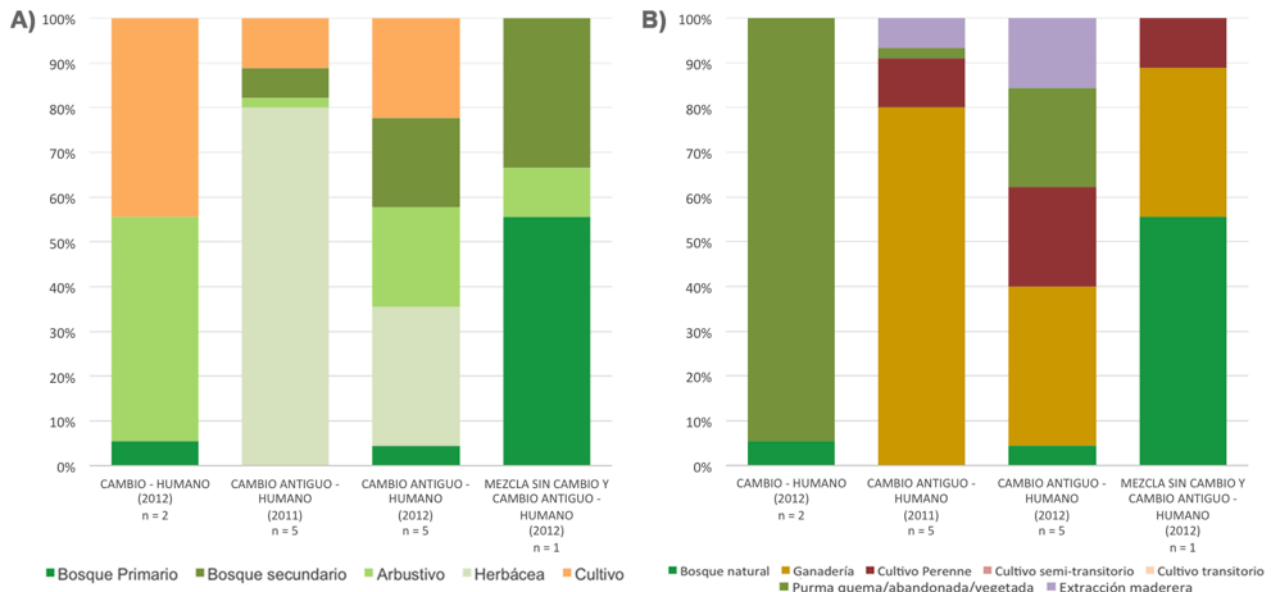


Figura 14. Distribución de las coberturas (A) y uso del suelo (B) para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Ganaderos.

C) Hierbas Buenas

Con un total de 3 áreas visitadas, en ambos años validados, dos de ellas resultaron pertenecer a cambio antiguo (2) y la restante a una mezcla de sin cambio y cambio antiguo (1).

Respecto al origen del cambio, todos los pixeles fueron catalogados como debidos a causas antropogénicas (Tabla 4). Analizando las observaciones de cobertura y uso del suelo (Anexo 8 y 9 ver Tabla 3, Figura 15), los cambios detectados por Terra-i catalogados como cambio antiguo tenían como mayor porcentaje la cobertura de cultivo, en específico plantaciones perennes (palma) y entre semi-transitorio y transitorio para 2011 y 2012, respectivamente. Finalmente, la única muestra de combinación de sin cambio antiguo y cambio antiguo se observaría mayormente cobertura de bosque primario y cultivo perenne, localizandose dentro de una plantación comercial de palma de aceite.

D) Palmeros A

Con un total de 12 áreas visitadas, en ambos años validados, la mayoría de ellas resultaron pertenecer a cambio antiguo (7), seguido de las catalogadas como cambio (3), una mezcla de cambio y cambio antiguo (1) y otra mezcla de sin cambio y cambio antiguo. Respecto al origen del cambio, todos los pixeles fueron catalogados como debidos a causas antropogénicas (Tabla 4).

Analizando las observaciones de cobertura (Anexo 8 ver Tabla 4, Figura 16), los cambios detectados por Terra-i catalogados como cambio de bosque primario cambiaron en su mayor proporción por bosque secundario y arbustivo para 2011 y 2012, respectivamente. Por su parte, en los cambios antiguos resultaron ser en su mayor parte dominados por cobertura herbácea.

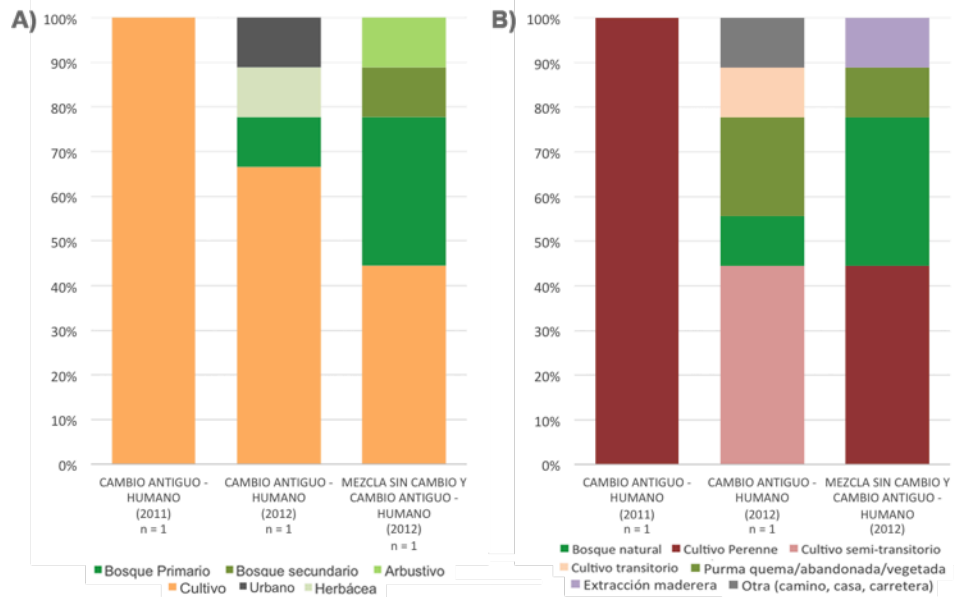


Figura 15. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Hierbas Buenas.

Finalmente, para la dos muestra de combinación de cambio o sin cambio y cambio antiguo se observa una dominancia de la cobertura arbustiva.

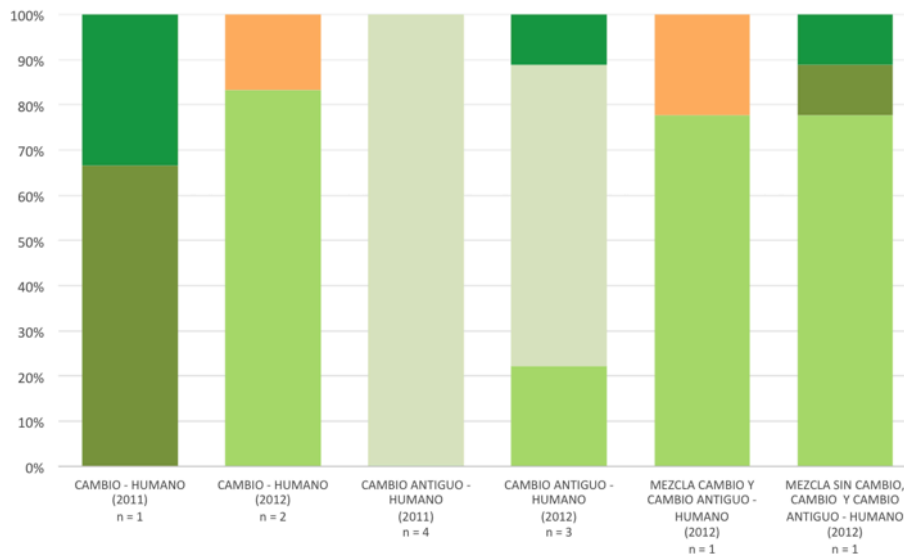


Figura 16. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros A.

En lo referido al uso del suelo en las observaciones (Anexo 9 ver Tabla 4, Figura 17), se observa una dominancia de práctica purmas cuando la detección de cambio ocurrió en las fechas de validación, así como en aquellos pixeles mezclados. En los cambios antiguos, se evidencia la predominancia de las actividades ganaderas en los cuales, al igual que en la comunidad de

Ganaderos, la cobertura de los pastizales fue establecida al menos 3 años anteriores desde el año de la visita en campo. La alta frecuencia de eventos de purma se relaciona con una alta actividad de agricultura migratoria para esta comunidad. Este resultado contrasta con lo que se esperaba encontrar respecto a plantaciones de palma de acuerdo al nombre designado para esta comunidad.

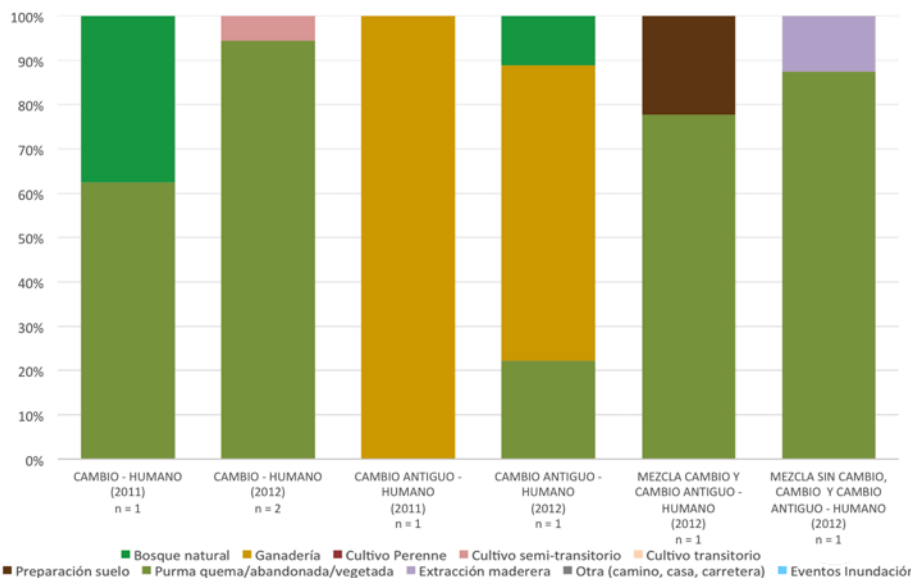


Figura 17. Distribución de los usos del suelo para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros A.

D) Palmeros B

Con un total de 16 áreas visitadas, en ambos años validados, la mayoría de ellas resultaron pertenecer a cambio antiguo (11), seguido de las catalogadas como cambio (4), y restante muestra catalogada como de cambio y cambio antiguo (1). Respecto al origen del cambio, todos los pixeles fueron catalogados como debidos a causas antropogénicas.

Analizando las observaciones de cobertura (Anexo 8 ver Tabla 5, Figura 18), los cambios detectados por Terra-i catalogados como cambio de bosque primario cambiaron en su mayor proporción por cobertura de cultivo y mezcla de cultivo, arbóreo y herbácea para 2011 y 2012, respectivamente. Por su parte, en los cambios antiguos resultaron ser en su mayor parte dominados por cobertura de cultivo y herbácea para ambos años. Finalmente, para la muestra de combinación de cambio y cambio antiguo se observa casi una proporción semejante entre cobertura arbustiva y herbácea.

En lo referido al uso del suelo en las observaciones (Anexo 9 ver Tabla 5, Figura 19), se observa una dominancia de cultivos perennes cuando la detección de cambio ocurrió en las fechas de validación, en especial para la muestra del año 2011 (cultivo palma). En los cambios antiguos, no fue clara una predominancia sin embargo en ambas fechas persisten los cultivos perennes (en este caso palma de aceite). Para el pixel mezclado, fue claro que pertenecía a una zona de purma con dos estados de cobertura, arbustiva y herbácea.

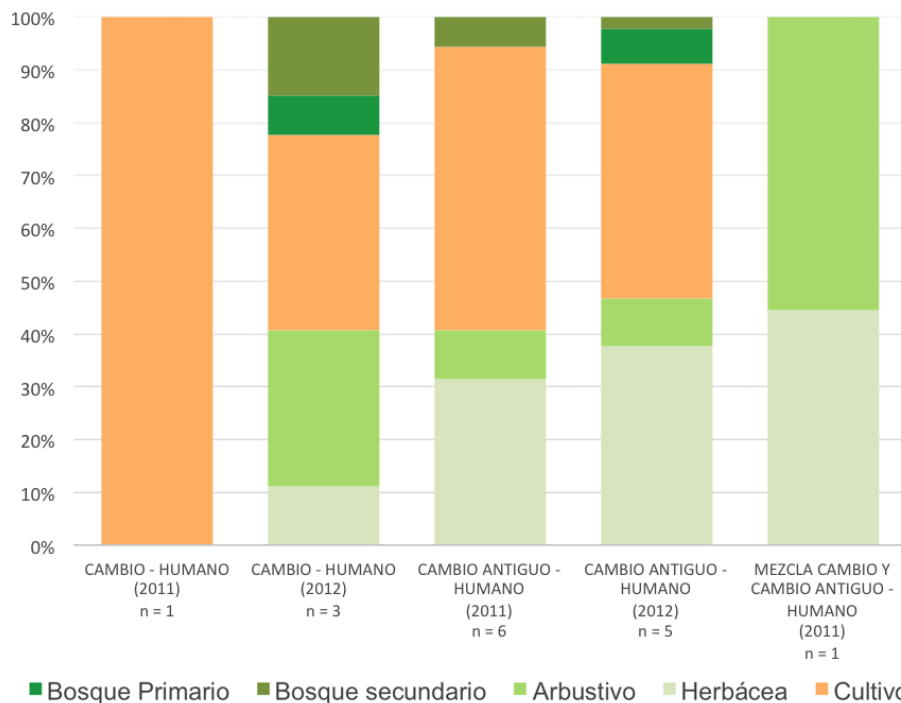


Figura 18. Distribución de las coberturas de la tierra para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros B.

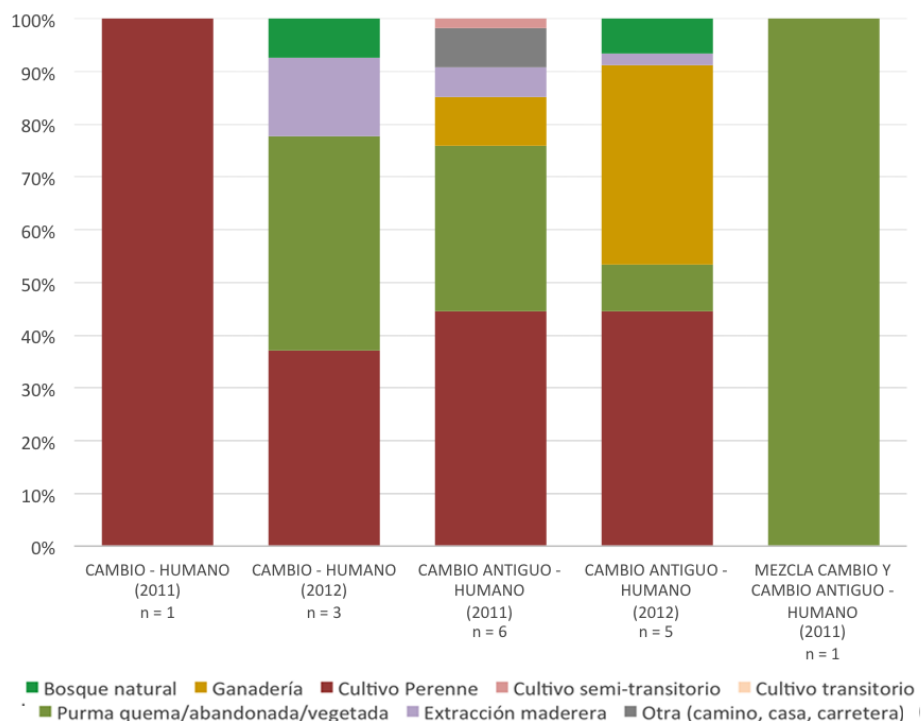


Figura 19. Distribución de los usos del suelo para las diferentes categorías de precisión y origen por año de acuerdo a las observaciones en las áreas validadas para la comunidad de Palmeros B.



Discusiones

Análisis exploratorio

El uso de estadísticas de Terra-i a diferentes niveles de análisis, desde lo nacional a las áreas validadas, permitió identificar el comportamiento de las dinámicas de la vegetación natural relacionadas con actividades del uso del suelo en la área de interés del proyecto ASSETS.

Para el caso del Perú, y en específico en el bosque húmedo de la región del Ucayali, se presenta una tendencia de aumento de los cambios de pérdida de vegetación natural entre 2004 a 2012. Esta tendencia de aumento en especial la tendencia de mayor tasa promedio de deforestación entre 2010 y 2011 respecto a los períodos anteriores no concuerda con los mapas de deforestación anuales generados por DGOT-MINAM con la metodología CLASLite (MINAM, 2014). Esta diferencia resulta importante nombrarla en este documento debido a que el sistema de monitoreo Terra-i debe ser usado preferiblemente para mapear alertas de cambios tempranos e identificar tendencias de los mismos dentro de los años debido a la alta resolución temporal (datos cada 16 días). Como recomendación, los resultados de Terra-i no deben usarse como referencia para obtener estimativas de la cantidad de área perdida. Experiencias previas por parte de los expertos en el sistema indican que existen sobre o subestimaciones de las cifras mapeadas con imágenes de alta resolución, siendo posible aproximarse a estas cuando se realiza una calibración del sistema (McSweeney *et al.*, 2014).

La extracción de los datos de Terra-i a nivel de comunidad, permitió confirmar con anterioridad de ir a campo que las actividades de cambio del uso del suelo resultan ser más intensas en las comunidades de carretera que las de río. Para ser comparables, comparando hasta el búfer de la vía principal de 5 km para los años de validación 2011-2012, se tiene que las comunidades de río (Caco Macaya, Cunchuri y Puerto Belen) presentaron una tasa de 38 píxeles por año mientras que las comunidades de carretera (Hierba Buenas, Ganaderos, Naranjal, Palmeros A y Palmeros B) tuvieron una tasa de 330 píxeles por año (casi 9 veces el valor promedio de la de río).

Por su parte, la adopción y uso del modelo de asentamiento de una comunidad y su acceso a recursos del bosque (Hyman y Barona, 2010) permitió identificar que las comunidades de carretera presentan mayor actividad de uso del suelo a medida que se aleja de la vía principal. En contraste, un comportamiento diferente se presentó en las comunidades de río, en particular Caco Macaya donde la mayor actividad de cambio se dio en la distancia más cercana de la vía principal (río). Como se discutirá en las secciones siguientes este cambio está sujeto a las dinámicas de cambio y estacionalidad de los cuerpos hídricos que finalmente afectan la vegetación cercana.

Percepciones de la visita de campo previas y posteriores al análisis cuantitativo

Durante los 4 días que duró la validación de datos por río, se pudo observar que los cambios en esta zona estuvieron asociados principalmente a causas naturales, esto debido a que en temporada de invierno el río tiende a cambiar de dirección. Asimismo, se evidenciaron cambios realizados por el hombre como chacras (abandonadas o en proceso de quema), ganadería, y campamentos madereros que no tenían una extensión mayor a 6 ha. Las anteriores percepciones concordaron



con el análisis cuantitativo donde se indica que más del 70% del cambio fue dado por eventos de inundación, y un porcentaje menor a actividades de purma (12%).

De acuerdo a la comunicación con los locales se percibió, al igual que lo indicado por Tournon y Urquía (1999), que la actividad principal de estas comunidades es la pesca (por su cercanía al río, así como el aprovechamiento de las zonas inundables para realizar cultivos transitorios como arroz, frijol y plátano. La cosecha de estos productos es usada posteriormente para su sostenimiento y un poco para comercializar a zonas cercanas.

Otro de los aspectos evidenciados durante el recorrido de regreso al puerto de Pucallpa, fue la presencia continua de campamentos madereros ubicados en la ribera del río. De esta manera, entrevistando a trabajadores de alguno de estos campamentos fue indicado que la operación la realizaban a 60 km a partir de la ribera del río y que extraían madera de dos zona, cada una de 150 ha. De acuerdo a Porro *et al.* (2014), la extracción de madera es una industria importante en esta región debido a la conectividad vial de Pucallpa a la capital del país. La mitad de los cerca de 8 millones de hectáreas de bosques productivos de Ucayali han sido ya concedidos por la autoridad reguladora desde 2002 llamada INRENA, Instituto Nacional de los Recursos Naturales, que luego fue reemplazada por la Dirección general Forestal y de Fauna Silvestre del Ministerio de Agricultura.

Por otra parte, los 7 días por carretera, se pudo observar que hay una mayor cantidad de vías secundarias las cuales han facilitado e incentivado la migración de personas, principalmente de la sierra. Esta migración, motivada en la búsqueda de una mejor calidad de vida, aumenta las presiones y demandas de los recursos del bosque.

Como se pudo analizar cuantitativamente, existe una alta presencia de prácticas de tumba y quema (purmas), en su orden de porcentaje de participación para la comunidad de Palmeros A (60%), Palmeros B (28%), Ganaderos (24%), Hierbas Buenas (15%) y Caco Macaya (12%) para ambos años validados (Figura 8). Los agricultores pequeños y medianos, usan esta técnica para la creación de chacras, usadas principalmente para cultivos de maíz, cacao, plátano, cítricos y palma aceitera. De acuerdo a la entrevistas, algunos prefieren destinar la producción para suplir sus necesidades alimentarias con algo limitado de comercio. En contraste, otros solamente producen para el comercio en mercados locales, siendo frecuente la demanda palma de aceite por empresas locales que se especializan en su procesamiento.

En mayor magnitud e impacto, se percibió la creciente superficie de cultivos tecnificados de gran escala pertenecientes a empresas, dedicadas principalmente al cultivo y procesamiento de palma aceitera. En uno de los puntos de verificación, que cayó sobre un cultivo de palma que tenía 500 ha plantadas, fue indicado por uno de sus manejadores que proyectaban extenderse 150 ha más en el fin del año. No obstante, este modelo de producción de palma, contrastó con un palmicultor pequeño que además de destinar cierta parte de su propiedad (10 ha) a la palma también tenía un área dedicada con diversidad de cultivos (cacao, naranja, plátano, guaba, entre otros).

La siguiente tabla compilada por Porro *et al.* (2014), resulta complementaria a los hallazgos cuantitativos y percepciones de la visitas respecto al rol de la agricultura como principal agente de la deforestación en Ucayali.

Tabla 6. Variación en la superficie cosechada, producción y productividad de los principales cultivos agrícolas en Ucayali en los periodos de 1999/2000 - 2009/2010 (Porro *et al.*, 2014).

Crop	Harvested area (ha)		Production (ton)		Productivity (kg/ha)		% variation 2009-2010 / 1999-2000		
	1999-2000	2009-2010	1999-2000	2009-2010	1999-2000	2009-2010	area	production	productivity
rice	8,885	11,203	23,203	27,769	2,608	2,478	26%	20%	- 5%
maize	8,372	10,459	19,488	25,479	2,328	2,436	25%	31%	5%
beans	4,698	3,127	7,729	5,246	1,635	1,675	- 33%	- 32%	- 2%
cotton	1,693	208	1,255	192	676	926	- 88%	- 85%	37%
cassava	8,104	10,119	119,262	151,048	14,719	14,927	25%	27%	1%
plantain	23,624	17,602	237,996	252,751	10,025	14,382	- 25%	6%	43%
cocoa	780	1,056	422	978	543	927	35%	132%	71%
coffee	713	1,517	565	2,185	796	1,432	113%	287%	80%
papaya	2,576	4,881	17,165	82,352	6,500	16,890	89%	390%	160%
oil-palm	1,217	4,274	15,857	55,087	12,652	12,936	251%	247%	2%

De esta tabla, se puede observar que principalmente plantaciones perennes y semiperennes como la palma de aceite, café, cacao y papaya tuvieron un aumento considerado en términos de área y producción. Como se pudo constatar en los análisis cuantitativos la presencia de cultivos perennes fue mayormente dominante, Hierbas Buenas (48%), Palmeros B (44%) y Ganaderos 14%) que las otras clases de cultivos, lo que confirma una preferencia de estos cultivos en los agroecosistemas de la región de Ucayali. Este comportamiento pone un poco en duda el modelo de tumba y quema que aunque sigue siendo asociado como la causa principal de la deforestación en el Perú, está comenzando a ser visible el papel de los grandes monocultivos con especies de ciclo perenne como las mencionadas y algunas anuales como el maíz (MINEM-GOREU, 2007). Aunque ya no cuentan con las mismas extensiones debido a programas oficiales de erradicación así como otros programas alternativos del gobierno, se evidenció en uno de los puntos visitados un cultivo ilícito de coca, sin embargo su tamaño era menor de 1 Ha (Salisbury y Fagan, 2011).

Respecto a las prácticas de ganadería, aunque su participación en la economía de Ucayali es baja y es de menor importancia que la agricultura (Porro *et al.*, 2014), su participación fue evidente en la comunidad de Ganaderos estando en 47% del total de puntos validados en esta comunidad. De acuerdo a la gente local entrevistada cerca a estos puntos la ganadería tiene doble propósito, comercialización de carne y leche.

Por último, de manera general con el sobrevuelo, se pudo constatar una alta fragmentación del paisaje que rodea a la ciudad de Pucallpa y zonas circundantes a la carretera Federico Basadre. De esta manera, se registraron diversos eventos de tumba y quema, y en especial dos extensas áreas de palma aceitera en cercanías del río Aguaytía. Asimismo, se observaron varios cultivos monocultivos de menor extensión que la palma así como numerosas chacras, reservorios de agua y piscigranjas.



Conclusiones

- La metodología de muestreo teniendo en cuenta las zonas de influencia y carretera principal o río como eje de crecimiento de los asentamientos en una comunidad permitió validar la precisión del producto Terra-i a nivel local, identificando las tendencias espaciales y temporales del cambio de cobertura y uso del suelo para las comunidades del proyecto ASSETS.
- De acuerdo a las observaciones en los 58 sitios de validación, el sistema de Terra-i tuvo una precisión del 22% para la detección de cambio en las fechas validadas. Un 59% perteneció a zonas donde Terra-i indicó cambio, sin embargo la pérdida de bosque fue previa a la fecha validada. Un 10% fue asignado para píxeles donde no fue clara la dominancia de una categoría de cambio (píxeles mezclados). El restante 9% correspondió a áreas donde el sistema no consiguió predecir acertadamente y por tanto no existió pérdida de bosque natural.
- Se puede percibir una tendencia de cambios del uso del suelo mayormente definidos, cultivo o pastizal para ganadería, en aquellas detecciones identificadas como cambio antiguo respecto a las que Terra-i detectó en el tiempo indicado. En el caso de las últimas, debido a que eran recientes, su uso de suelo era en general identificado como purma o fase inicial de cultivo.
- Las comunidades de río, en este caso Caco Macaya, presentaron menor intensidad de cambios de uso del suelo en comparación con las comunidades de carretera, a excepción de Hierbas Buenas. Asimismo, las zonas visitadas se caracterizaron por una alta frecuencia de eventos de inundación (>70%). El otro porcentaje perteneció a purmas y de acuerdo a las percepciones estos eventos pudieron ser más en la zona, no obstante Terra-i reduce su capacidad de detección cuando los eventos son menores de <5 Ha.
- Las comunidades de carretera se caracterizaron por presentar dominancia de las coberturas arbustiva, herbácea y de cultivo. Las dos primeras estuvieron relacionadas con prácticas de purma y ganadería, y la última mayormente con cultivos perennes como la palma de aceite y cacao (en monocultivo o asociado a otras especies como plátano y guaba).
- A pesar que las prácticas de tumba y quema persisten en la zona y son el principal agente de cambio, es importante resaltar la presencia de cultivos de palma bajo diferentes extensiones. La facilidad de acceso así como la presencia de plantas procesadoras estimulan el mercado de este producto de acuerdo a lo observado en campo y en las entrevistas.
- Fue comprobado que el nombre de referencia para cada comunidad estuvo relacionado con la práctica de suelo dominante, excepto por la comunidad de Palmeros A. Los puntos visitados en esta comunidad fueron en su mayoría purmas y ganadería. Cabe indicar que la mayoría de purmas contenían plantas de palma no más de 2 o 1 años de sembradas o también estaban cerca a plantaciones de palma. Lo anterior permite inferir que posterior a la purma lo más posible es que fuera destinado a este específico uso del suelo.
- Aunque la participación de los procesos de extracción de madera fue relativamente baja en comparación a las otras actividades, fue evidente que estas actividades estaban cerca a zonas ya disturbadas y que por tanto los remanentes de bosque eran vulnerables a futuro cambio, especialmente en las comunidades de carretera.
- La validación de Terra-i en campo reveló que los cambios mostrados por la herramienta fueron en algunos casos (principalmente en las comunidades de río) no tan extensos como el sistema parece detectar. Debido a la resolución espacial de Terra-i (250 m), se evidenció que cambios



menores de 5 Ha en la cubierta forestal pueden ser interpretados como la pérdida de toda una superficie de pixel cambiada. Por lo tanto, la validación demostró no sólo ser útil para el reconocimiento de los principales agentes de cambios en la cobertura forestal, sino también para determinar los cambios de una manera más precisa usando la técnica estimación de cambios en la cobertura y uso del suelo vía proporciones adoptada del IPCC.

- Se encontró una relación entre los patrones de NDVI identificados y las observaciones de campo. En particular, esta relación fue mayormente evidente con el patrón de NDVI que indicaba deforestación cuando Terra-i detectaba siendo relacionado con las observaciones de campo que también sugerían lo mismo.

Recomendaciones

Aunque la zona de estudio pertenece a una zona de referencia de margen bosque-agricultura, no se puede generalizar los resultados encontrados para toda la superficie de la región de Ucayali y mucho menos para otras áreas del Amazonas. La cantidad de muestras fue definida bajo el modelo de asentamiento de una vía principal y bajo un rango de muestreo viable de acuerdo al tiempo en campo. Lo anterior, indica que para este trabajo de campo se desconoce el porcentaje de representatividad de las muestras respecto al total de eventos de cambio en cada área de estudio.

- Una solución práctica para aproximarse a la cuantificación de la representatividad de estas muestras respecto a la precisión del sistema Terra-i sería llevar a cabo una análisis de imágenes satelitales de alta resolución (<30 m). Mediante este análisis se esperaría concluir la precisión o exactitud de las detecciones de Terra-i basados en un muestreo probabilístico en el que se conocería la representación de las muestras para cada área de estudio. La comparación de estos resultados con los presentados en este documento permitirán tener una idea de que tan aproximados estuvieron las observaciones en campo.
- Otro enfoque similar al anterior, sería observar el comportamiento de los datos de otros sistemas disponibles que han monitoreado el país (DGOT) o de manera global (mapas anuales de Hansen o alertas del sistema FORMA). Sin embargo, es importante resaltar que cada sistema presenta una metodología diferente por lo que su comparación en algunas ocasiones resulta compleja.

Resulta interesante para próximos estudios definir el número de muestras de acuerdo al patrón de NDVI identificado ya que, como se demostró, parecen ser indicativos de los resultados que se podrían obtener en campo.

Finalmente, aunque se contó con dos intérpretes expertos en el manejo y conceptos del sistema Terra-i, se sugiere que para continuar con estos tipos de análisis, estas personas tengan conocimiento o estén capacitados para realizar descripciones del paisaje así como reconocer la antigüedad o transiciones entre coberturas y uso del suelo. Lo anterior, permite tener resultados mayormente aproximados para la zonas de interés.



Referencias

- Boucher, D., Faires, J., Smith, S. & P. Elias. 2014. Deforestation Success Stories: Tropical Nations Where Forest Protection and Reforestation Policies Have Worked. 54 p.
- Coca-Castro, A., Reymondin, L., Bellfield, H. & G. Hyman. 2013. Land Use Status and Trends in Amazonia. Report for Global Canopy Programme and International Center for Tropical Agriculture as part of the Amazonia Security Agenda project. 72 p.
- DGOT-MINAM. Ministerio del Ambiente del Perú. 2014. Memoria técnica: Cuantificación de la Cobertura de Bosque y Cambio de Bosque a no Bosque de la Amazonía Peruana. Periodo 2009-2010-2011. En: <http://bit.ly/1tTuJgV>.
- Hyman, G. & E. Barona. 2010. Roads and deforestation in the Central Peruvian Amazon. Poster for the 2010 annual meeting of the Association of American Geographers. En: <http://slidesha.re/143XaQN>
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. 590 p.
- Kissinger, G.M., Herold, M. & Sy, V. de. Check. 2012. Drivers of Deforestation and Forest Degradation: A Synthesis Report for REDD+. 47 p.
- McSweeney, K., Nielsen, E.A., Taylor, M.J., Wrathall, D.J., Pearson, Z., Wang, O. & S.T. Plumb. 2014. Narco-Deforestation: Linking Drug Policy and Forest Conservation. *Science* 343(6170), 489-490.
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. Ecosystems and human well-being: Scenarios. Findings of the scenarios working group. Island Press: Washington D.C.
- MINEM-GOREU. Ministerio de Energía y Minas de la Gobierno Regional de Ucayali. 2007. Caracterización del departamento de Ucayali, con fines de ordenamiento territorial. En: <http://bit.ly/1EkrKd>
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E. & M. A. Wulder. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148, 42–57.
- Ometto, J.P., Sampaio, G., Marengo, J., Assis, T., Tejada, G. & A. P. Aguiar. 2013. Climate Change and Land Use Change in Amazonia. Report for Global Canopy Programme and International Center for Tropical Agriculture as part of the Amazonia Security Agenda project. 57 p.
- Pereira, R., Zweede, J., Asner, G. P. and M. Keller. 2002: Forest canopy damage and recovering reduced-impact and conventional selective logging in eastern Para, Brazil. *Forest Ecology and Management* 168, 77–89.
- Porro, R., Lopez-Feldman, A., Vela-Alvarado, J. W., Quiñonez-Ruiz, L., Seijas-Cardenas, Z. P., Vásquez-Macedo, M., Salazar-Arista, C., Núñez-Paredes, V.I. & J. Cardenas-Ruiz. 2014.



Forest Use and Agriculture in Ucayali, Peruvian Amazon: Interactions Among Livelihood Strategies, Income and Environmental Outcomes. *Tropics* 23(2), 47-62.

Salisbury D.S. & C. Fagan. 2011. Coca and conservation: cultivation, eradication, and trafficking in the Amazon borderlands. *Geojournal* 11, 1-20.

Sanderson, E.W., Jaiteh, M., Levy, M.A., Redford, K.H., Wannebo, A.V. & G. Woolner. 2002. The human footprint and the last of the wild. *BioScience* 52(10), 891-904.

Strahler, A.H., Boschetti, L., Foody, G. M., Friedl, M. A., Hansen, M. C., Herold, M., Mayaux, P., Morisette, J. T., Stehman, S. V. & C. E. Woodcock. 2006. Global Land Cover Validation: Recommendations For Evaluation And Accuracy Assessment of Global Land Cover Maps. EUR 22156 EN – DG (Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities), 48 pp.

Tenkanen, H. 2013. Geographic knowledge discovery from sparse GPS-data – Revealing spatio-temporal patterns of Amazonian river transports. Master these for the Department of Geosciences and Geography, University of Helsinki, Finland. En: <http://bit.ly/1qkdl35>. Online access: 15/08/2014.

Tournon, J. & R. Urquia. 1999. La pesca en el Ucayali: el saber y su transmisión. *Anthropologica* 17, 135-149.

White, D., Velarde, S. J., Alegre, J. & T.P. Tomich. 2005. Alternatives to Slash-and-Burn (ASB) in Peru, Summary Report and Synthesis of Phase II. Alternatives to Slash-and-Burn Programme, Nairobi, Kenya. 128 p.



Anexo 1. Sistema de monitoreo Terra-i / Metodología y productos

Introducción

La conversión del hábitat está contribuyendo a la pérdida generalizada de la biodiversidad y otros servicios ecosistémicos críticos, aun en muchas partes del mundo, la escala y patrón de la pérdida de hábitat va sin control (Nelson, 2005). En los últimos años los sensores remotos han tenido grandes avances en el monitoreo de cobertura terrestre, aunque la mayoría de los avances han sido en el ámbito del aumento de la resolución espacial y en términos de calidad del mapeo de cobertura terrestre (mayor precisión, detalle en número de clases, entre otros) (Mayeux et al., 2005).

Dentro este contexto, Terra-i es el único sistema de monitoreo en tiempo casi real de los hábitats naturales en cerca de toda Latinoamérica y el Caribe, que ofrece datos con buena resolución espacial (250 m) y temporal (16 días) basado en algoritmos de aprendizaje automático. Esta herramienta tiene la ventaja de ser capaz de proporcionar una única medida objetiva de cambio de uso de la tierra en varios países y periodos de tiempo. Cabe destacar que el modelo no es capaz de detectar la degradación forestal.

La metodología utilizada para la evaluación del cambio del uso del suelo en base a los datos Terra-i se explica en las siguientes secciones.

Metodología

Antecedentes Terra-i

Línea Base

Los modelos de Terra-i necesitan un cierto periodo de tiempo para la calibración. Por tanto, los datos del año 2000 a 2003 son utilizados para este propósito lo que significa que el sistema en funcionamiento desde enero de 2004 (Figura 1). Por consiguiente los cambios de uso de la tierra fueron evaluados durante un periodo consolidado de tiempo de 9 años (2004-2012), basados en la versión utilizada 2004_01_01_2013_04_07.

Acerca de Terra-i, detección de pérdida de hábitat

Terra-i es un sistema de monitoreo en tiempo casi real que utiliza datos satelitales de vegetación y precipitación para detectar desviaciones del patrón usual de cambio de la vegetación como los posibles impactos antropogénicos en los ecosistemas naturales. El modelo utiliza una red neuronal multicapa Perceptrón (MLP) combinado con teoría Bayesiana (MacKay, 1992; Bishop, 2007) para identificar el comportamiento anormal de cambio de la vegetación en una serie de tiempo. La puesta en práctica del sistema pan-tropical es un reto considerable desde el punto de vista de la informática, como la resolución del sensor MODIS (250m) significa que incluso sólo la cuenca amazónica representa más de un billón de valores individuales para cada periodo de tiempo (cada 16 días). Estos significan que más de 26 billones de valores son procesados por año. Este amplio conjunto de datos requiere el uso de las tecnologías de minería de datos y programación distribuida. Las actividades humanas generan perturbaciones que alteran el ciclo usual del verdor de la vegetación de un área. Las alteraciones se pueden detectar cuando el NDVI del paisaje cambia de sus valores iniciales. El enfoque general adoptado es construir un modelo de predicción capaz de



predecir la evolución del verdor de la vegetación para un sitio con base a la relación entre las mediciones anteriores del verdor y las mediciones climáticas simultáneas en el sitio. Este modelo se utiliza para predecir los valores futuros de NDVI (16 días adelante, teniendo en cuentas las condiciones climáticas actuales) y para identificar anomalías o cambios abruptos en la vegetación donde las observaciones NDVI de MODIS difieren de las predicciones del modelo. El modelo calcula una probabilidad de anomalía basándose en la diferencia entre los valores previstos y los observados. Se asume que la evolución de la vegetación (evolución de NDVI en un sitio) está influenciada por las tendencias recientes y de temporada de la precipitación. Cuando se detectan grandes cambios en el índice de vegetación (fuera del patrón habitual de la evolución estacional), se asume que es debido a la intervención humana. Estos eventos están marcados en tiempo casi real como los eventos que los administradores de tierras, los conservacionistas y los formuladores de políticas deberían tener en cuenta.

Con el fin de modelar la evolución del índice de vegetación NDVI en un punto (es decir, un pixel) y tiempo dado, las redes neuronales son entrenadas usando algoritmos de aprendizaje automático que explota los datos NDVI para un numero dado de mediciones anteriores, con el fin de indicar la tendencia reciente de NDVI y precipitación acumulada (derivado del producto de precipitación diaria 3b42 de TRMM (NASA, 1997)) para los 16 días anteriores con el fin de ajustar a la resolución temporal del MOD13Q1.

Debido a que los datos de MODIS no están libres de ruido, como un primer paso se necesita realizar una limpieza de las series de tiempo de NDVI. Los métodos basados en análisis de Fourier y ajuste de curvas han sido mostrado por Hird and McDermid [2009], para obtener mejores resultados que los otros métodos, se ha seleccionado el algoritmo de análisis armónico de series de tiempo NDVI (HANTS) como el algoritmo de limpieza para eliminar los efectos de ruido, la distorsión atmosférica y nubes.

Aunque el enfoque se basa en el entrenamiento de un modelo de predicción en función de cada pixel, no es computacionalmente eficiente para entrenar el modelo en un pixel base pan-tropical. Para el funcionamiento del modelo, el modelo de predicción es entrenado con una clase base de uso del suelo en lugar de una base de pixeles suponiendo que este dentro de una región climática dada, la respuesta de NDVI para el clima debe ser bastante coherente dentro de un uso del suelo dado. Por lo tanto, en primer lugar el método utiliza un algoritmo de clustering no supervisado para encontrar prototipos representativos de la dinámica de series de tiempo correspondiente a diferentes tipos de uso del suelo (Xiao et al., 2002; Huete et al., 2002; Wang and Tenhunen, 2004; Shao and Lunetta, 2010). El método clustering se aplica a las series de tiempo de MODIS-NDVI del mismo periodo de tiempo que el conjunto de datos de entrenamiento. Se agruparan los pixeles que tengan tendencias similares en estos años y que pueden ser modelados por el mismo modelo de pronóstico. Un periodo de serie de tiempo de cada clusters serán seleccionados aleatoriamente y usados como los datos de prueba para la modelación. Como el sistema debe ser fácilmente operacional sobre grandes áreas, podría ser posible realizar la etapa de clustering sin tener un conocimiento previo del área de estudio. Por lo tanto, para llevar a cabo esta tarea se ha seleccionado el algoritmo de clasificación no supervisada K-Means.

Una vez se haya aplicado el paso de clustering en el área, los modelos probabilísticos Bayesianos son entrenados utilizando los datos de prueba, generados anteriormente en una base de pixel por pixel, con el fin de captar las tendencias de evolución de la vegetación y la relaciones con los datos NDVI y TRMM anteriores. Después del paso de “entrenamiento”, se utilizaran los modelos resultantes para predecir el verdor de estos pixeles para fechas posteriores. Mediante el uso de Redes Neuronales Bayesianas, la probabilidad de que el valor observado corresponde a una anomalía se extrae basándose en el valor predicho y algunas propiedades del conjunto de datos encontrados durante el entrenamiento del modelo. Cuando la probabilidad de la anomalía supera un umbral definido, este evento se marca como una anomalía potencial. Si el indicador de la anomalía se repite para un número dado de fechas consecutivas, el sistema reporta una anomalía en el pixel dado. Para reducir el ruido debido a las pequeñas nubes aisladas u otras fuentes de alteración, también se definen un conjunto de reglas espaciales y del paisaje (tales como la distancia más cercana a una carretera, rio o a un borde de deforestación conocida).

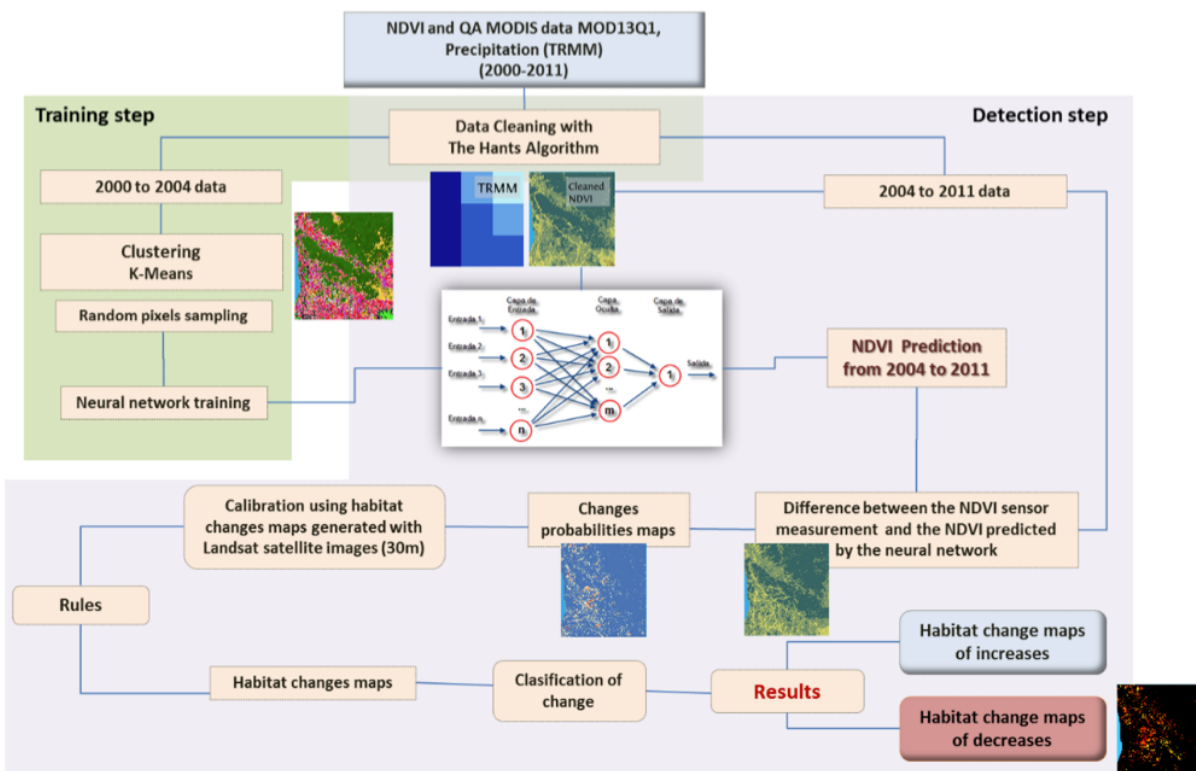


Figura 1. Resumen de la metodología utilizada.

No solo los eventos antropogénicos son la causa de las anomalías poco comunes a largo plazo en las series de tiempo de NDVI. En realidad, los eventos como las inundaciones también pueden ser detectados por el sistema. Por lo tanto, las detecciones resultantes de los pasos anteriores debe ser filtrada y los causantes de las perturbaciones debe ser identificado. Para ellos, se utilizará la máscara de agua el producto MODIS MOD35. Mientras que las anomalías se presentan a nivel de



píxel cada 16 días, después, esta información puede ser sintetizada para proporcionar resúmenes estadísticos para las unidades administrativas (municipios, departamentos y países), los ecosistemas críticos o áreas protegidas.

Datos de entrada

El sistema Terra-i utiliza datos del sensor Moderate-Resolution Imaging Spectroradiometer (MODIS) el cual proporciona imágenes de la superficie global cada 1 o 2 días. Este sensor tiene una alta sensibilidad radiométrica y proporciona imágenes de 36 bandas del espectro electromagnético.

Datos de Índice de Vegetación MODIS

Los índices de vegetación están diseñados para proporcionar una comparación permanente de los cambios temporales y espaciales de la vegetación a partir de la respuesta de la cantidad de radiación fotosintéticamente activa en un píxel dado, para el contenido de clorofila, el área de la hoja y las características estructurales de la hoja (Shao y Lunetta, 2010). El Índice de Vegetación Normalizado (NDVI) (Kozu et al., 2001) es un indicador que determina si existe en un área determinada contenido de vegetación verde viva o no. La confiabilidad de este índice ha sido demostrada varias veces con ejemplos. El índice NDVI mide la respuesta espectral de la vegetación; si la vegetación es degradada será reflejada en el espectro visible, el azul y más en el rojo (R). Por otro lado, si la vegetación está en buen estado será reflejado en el espectro del infrarrojo cercano (NIR). Según este principio. Muchos estudios (Kaduk and Heimann, 1996; Moulin et al., 1997; Achard et al., 2002; Zhang et al., 2003) analizan las series temporales de NDVI para obtener marcaciones fenológicas robustas, tales como el inicio y final de las estaciones de crecimiento de la vegetación.

Terra-i utiliza los datos NDVI, así como los datos de evaluación de calidad, con una frecuencia temporal de 16 días y una resolución espacial de 250 m del producto MOD13Q1.

Datos de precipitación TRMM

El Radar meteorológico de Precipitación (PR) a bordo del satélite de la Misión de Medición de Lluvias Tropicales (TRMM) es el primer radar meteorológico diseñado para medir la estructura vertical de la precipitación troposférica en los trópicos y subtrópicos (Kozu et al., 2001) . Terra-i usa los datos del sensor de precipitación TRMM con una frecuencia de medición de 3 horas y una resolución de 28km.

Datos de Presencia de cuerpos de agua de MODIS

Terra-i utiliza el producto MOD35 (Cloud Mask) en su última etapa de procesamiento para enmascarar píxeles con presencia de agua. De esta manera filtra detecciones debidas a inundaciones y/o crecientes de cuerpos de agua.

Datos de salida

Terra-i genera mapas de cambios en el hábitat cada 16 días para cada tile MODIS de América Latina desde el 2004 hasta la fecha actual. Dos sub-productos ya están disponibles para descargar por los usuarios en el sitio web del proyecto, <http://www.terra-i.org/>.



- Pérdida: contiene datos de detección de cambio de la pérdida por píxel desde 2004 a la fecha de actualización.
- Ganancia: contiene datos de detección de cambio de ganancia por píxel clasificados por año de 2004 a la última fecha de actualización.

Además, hay dos formas en que se presentan estos subproductos:

- Sin clasificación: contiene la detección de anomalías (pérdida o ganancia) de datos por píxel para un período de 16 días.
- Clasificado: contiene la detección de anomalías (pérdida o ganancia) de datos por píxel clasificados por año de 2004 a la última fecha de actualización.

Más información en <http://www.terra-i.org/> o contactar: l.reymondin@cgiar.org

Bibliografía

- Achard F., D.E. Hugh D., H.-J. Eva, U. Stibig, P. Mayaux, J. Gallego, T. Richards and J.P. Malingreau. 2002. Determination of deforestation rates of the world's humid tropical forests. *Science* 297(5583), 999-1002.
- Bishop, C. 2007. *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer, 2 edition. Huete A., C. Justice and W. Leeuwen. 1999. Modis vegetation index (Mod13) algorithm theoretical basis document. Technical report, MODIS.
- Jun W., S. Zhongbo and M. Yaoming. 2004. Reconstruction of a cloud-free vegetation index time series for the tibetan plateau. *Mountain Research and Development* 24, 348-353.
- Kaduk J. and M. Heimann. 1996. A prognostic phenology model for global terrestrial carbon cycle models. *Climate Research* 6(1), 1-19
- Kozu T., T. Kawanishi, H. Kuroiwa, M. Kojima, K. Oikawa and H. Kumagai. 2001. Development of precipitation radar onboard the Tropical Rainfall Measuring Mission (TRMM) satellite in *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 39(1), 102-116.
- Lloyd, D. 1990. A phenological classification of terrestrial vegetation cover using shortwave vegetation index imagery. *International Journal of Remote Sensing* 11, 2269-2279.
- MacKay, D. 1992. A practical bayesian framework for backpropagation networks. *Neural Computation* 4(3), 448-472.
- Mayaux P., P. Holmgren, F. Achard, E. Hugh, H.-J. Stibig and A. Branthomme. 2005. Tropical forest cover change in the 1990s and options for future monitoring. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 360(1454), 373-384.
- Moulin S., L. Kergoat, N.N. Viovy and G.G. Dedieu. 1997. Global-scale assessment of vegetation phenology using noaa/avhrr satellite measurements. *Journal of Climate* 10, 1154-1170.



- NASA. 1997. Algorithm 3b42 - trmm merged hq/infrared precipitation. Technical report. URL <http://trmm.gsfc.nasa.gov/3b42.html>.
- Nelson, G.C. 2005. Drivers of ecosystem change: Summary chapter. Millenium Ecosystem Assessment, Current State and Trends Assessment.
- Roerink G.J., M. Menenti and W. Verhoef. 2000. Reconstructing cloud free ndvi composites using fourier analysis of time series. International Journal of Remote Sensing 21, 1911-1917.
- Shao Y. and R. Lunetta R. 2010. The use of modis ndvi data for characterizing cropland across the great lakes basin. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 12, 81-88.
- Verhoef W., M. Menenti and S. Azzali. 1996. A colour composite of noaa-avhrr ndvi based on time series analysis (1981-1992). International Journal of Remote Sensing 17, 231-235.
- Wang Q. and J. Tenhunen. 2004. Vegetation mapping with multitemporal ndvi in north eastern china transect (nect). International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 6, 17-31.
- Xiao X., B. Moore, X. Qin, Z. Shen and S. Boles. 2002. Large-scale observation of alpine snow and ice cover in asia: using multi-temporal vegetation sensor data. International Journal of Remote Sensing 23(11), 2213-2228.
- Zhang X., M. Friedl, M. Schaaf, A. Strahler, J. Hodges, F. Gao, B. Reed and A. Huete. 2003. Monitoring vegetation phenology using modis. Remote Sensing of Environment 84, 471-475.

Fuente de datos

Índice de Vegetación 16 días, 250m (MOD13Q1), USGS NASA
<https://lpdaac.usgs.gov/content/view/full/6652>

Mascara de Nube producto MODIS 250m (MOD35), NASA
http://modis-atmos.gsfc.nasa.gov/MOD35_L2/index.html

Tropical Rainfall Measuring Mission 28Km (TRMM), NASA
<http://trmm.gsfc.nasa.gov/>

Anexo 2. Metodología para la configuración espacial de las áreas de influencia del proyecto ASSETS.

Procedimiento

Basado en las distancias iniciales de influencia por tipo de comunidad (5 y 10 km para las comunidades de río y carretera, respectivamente), se utilizó la herramienta *Buffers* del software ArcGIS v10.1 para delimitar las áreas de influencia a partir del centro poblado. Posteriormente, de acuerdo al modelo de asentamiento y explotación de los recursos del bosque a partir de una vía principal de comunicación (Figura 1), fueron identificadas las principales carreteras o canales de navegación por comunidad. De esta manera, para el caso de las comunidades de carretera, se digitalizaron los caminos principales que cruzaban o pasaban dentro del área de influencia de cada comunidad apoyado de una capa de referencia con la red de carreteras. El criterio para la elección de la carretera principal se basó en que la capa digitalizada se sobreponía con la capa de carreteras disponibles en Google Earth Pro (GE) v7. En el caso de las comunidades ribereñas, desde el centro urbano por la comunidad se digitalizaron las redes fluviales que comunicaban con el río principal limitándose a la área de influencia de 5 km.

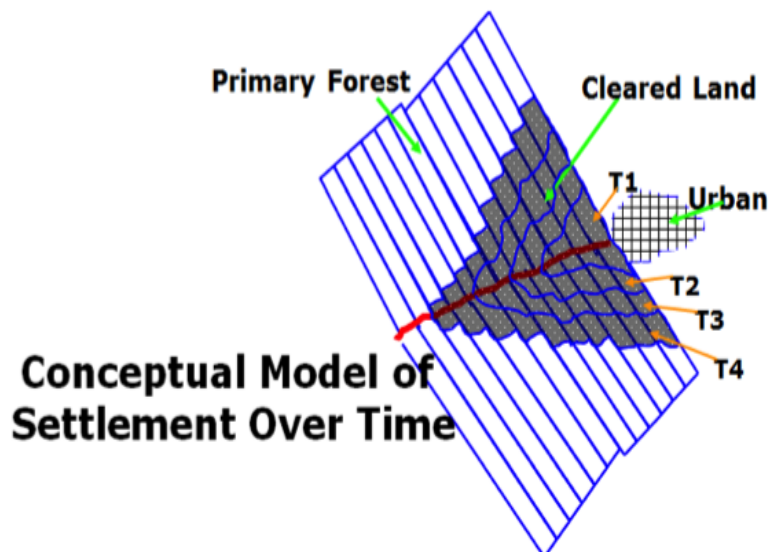


Figura 1. Modelo de asentamiento sobre el tiempo de acuerdo a Hyman y Barona (2010).

Después de la identificación y creación de las principales vías de comunicación dentro cada área de influencia por comunidad, se empleó nuevamente la herramienta *Buffers* para definir distancia de 1, 3, 5 km a partir de la vía principal en el caso de las comunidades ribereñas, añadiendo una distancia de 10 km para las comunidades de carretera.

Finalmente, mediante el uso de la herramienta *Intersect* de ArcGIS v10.1 se interceptaron las capas de zonas de influencia y los diferentes rangos de distancia a partir de la vía principal para crear una única capa con la cual posteriormente se definiría la estrategia de muestreo.



Datos de entrada

SHAPEFILE

- Puntos georeferenciados de las comunidades ASSETS (point shapefile): Contiene la distribución espacial de las 8 comunidades del proyecto ASSETS. Los puntos georeferenciados corresponden a los inicialmente seleccionados en 2013 por el proyecto ASSETS. Acceso en el directorio Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioNjhRZ2tZNk9CQTg/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\geodata\\input\\final\\shapefile\\target_comunities\\initials\\ASSETS_communities_WGS84.shp

- Carreteras (line shapefile): proveído por la iniciativa OpenStreetMap, contiene en alto detalle la red de carreteras (primarias, secundarias y caminos) para la región que rodea la ciudad de Pucallpa. La versión utilizada corresponde a la de 2012. Acceso en el directorio Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioeFotSGk5eXRhbEE/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\geodata\\input\\raw\\OSM\\2012\\peru-latest.shp

KML FILES

- Rutas digitalizadas por comunidad: aquellas rutas que no eran cubiertas por la capa de referencia de carreteras fueron digitalizadas en Google Earth Plus v.7 para las comunidades objetivo. Acceso en el directorio Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioezNKM21ITkZ6Y3M/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\geodata\\input\\final\\kml\\ASSETS_Digitized_MainRoutes_ByCommunity.kmz

Datos de salida

- Áreas de influencia de las comunidades ASSETS (polygon shapefile): Esta capa incluye el concepto de área de influencia de una comunidad basado en áreas de amortiguamiento de 5 y 10 km a partir del centro poblado para las comunidades de río y carretera, respectivamente. Asimismo, integra el modelo de crecimiento de asentamientos basados en una vía principal de comunicación con distancias de 1, 3, 5 y 10 km. Acceso en el directorio Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioZldEWFVTTJzNnc/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\geodata\\output\\shapefile\\influence_zones\\influence_zones_wgs84.shp

Bibliografía

Hyman, G. & E. Barona.2010. Roads and deforestation in the Central Peruvian Amazon. Poster for the 2010 annual meeting of the Association of American Geographer. Disponible en: <http://www.slideshare.net/ciatdapa/roads-and-deforestation-in-the-central-peruvian-amazon>



Anexo 3. Metodología de la estrategia de muestreo.

Determinación de la cantidad de muestras

Para ajustar la cantidad de la muestra, fue determinado inicialmente la densidad de píxeles por km² para cada año, de 2011 y 2012. La cantidad de área total variaba por tipo comunidad siendo mayor en las comunidades de carretera con un área de amortiguamiento hasta 10 km. Teniendo en cuenta lo anterior y debido a un mayor número de píxeles detectados en las comunidades de carretera de carretera respecto a las de río, fue asignado un porcentaje de muestreo de 5% y 20%, respectivamente. Estos valores fueron asignados ya que teóricamente aseguraban una cantidad de muestras posibles de realizar en el tiempo presupuestado en campo (2 semanas y media).

Posterior a definir los mencionados porcentajes de muestreo (5% o 20%), los píxeles a muestrear fueron separados por zona de influencia a partir de la vía principal de comunicación. De esta manera, fue dividida la densidad de píxeles de cada distancia de la carretera principal sobre la suma total de todas las distancias por cada año por comunidad. Posteriormente este valor fue multiplicado por el porcentaje de muestreo mencionado de acuerdo al tipo de comunidad.

Dentro de la estrategia de muestreo fue considerada una selección espacial aleatoria del número de muestras resultantes, garantizando así el criterio de que todos los píxeles tengan la misma probabilidad de ser seleccionados (Olofsson *et al.*, 2014).

Resultados de la estrategia de muestreo

Conjunto de datos muestreados propuesto

De acuerdo a la estrategia de muestreo planteada, se tuvo como resultado una meta de 81 píxeles a muestrear distribuidos para todas las comunidades. De éstos, 15 pertenecieron a los puntos de muestreo en la comunidades de río de Caco Maya (14) y Puerto Belén (1). Para las comunidades de la carretera, el número restante (65), fue distribuido, en orden según la cantidad de muestra, entre las comunidades de Ganaderos (20), Naranjal (19), Palmeros B (16), PalmerosA (8) y Hierbas Buenas (3). La distribución espacial de la muestra por distancia de amortiguamiento a partir de de la vía principal por año por comunidad se muestra en detalle en la Tabla 1. Es inmediatamente evidente que existe un mayor porcentaje de las muestras pertenecientes al año 2012 (55 de 81 muestras para ambos años).

Resultados preliminares de la estrategia muestra propuesta

Los resultados preliminares indican que Cunchuri, una comunidad ribereña, no contó con algún punto de muestreo de acuerdo con las detecciones de Terra-i durante el periodo 2011-2012. Según las encuestas realizadas a la población local de esta comunidad, la causa principal de la ausencia de detecciones en esos años podría ser debida a su ubicación en una zona de "restinga". Esta zona suele estar inundada durante la estación lluviosa y la población local utiliza esta área para cultivos temporales, así como algunos prefieren dedicarse a practicar la pesca.

Tabla 1. Cantidad de puntos de muestreo que tienen como criterios de 5% (carretera) y 20% (riberaña) de muestreo de píxeles totales por comunidad por área de amortiguamiento. Los valores dentro de cada celda deben interpretarse de la siguiente manera (refiriéndose en términos de cantidad): muestras en 2011 (detecciones totales en 2011) / muestras en 2012 (detecciones totales en 2012). Algunas distancias de amortiguamiento de las principales carreteras y ríos no presentaron detecciones durante un año o dos años (*).

Buffer distance (km)	Community									Total
	Riparian (20%)			Road (5%)						
	Caco Macaya	Cunchuri	Pto. Belen	Ganaderos	Hierbas Buenas	Naranjal	PalmerosA	PalmerosB		
1	5 (26) / 8 (42)	*	0 (1) / *	0 (2) / 0 (7)	* / 0 (2)	0 (6) / 0 (1)	0 (1) / 1 (10)	1 (6) / 1 (9)	5 (42) / 10 (71)	
3	* / 1 (2)	*	* / 0 (2)	1 (33) / 2 (43)	* / 1 (17)	0 (3) / 0 (5)	1 (18) / 1 (29)	1 (24) / 1 (34)	3 (78) / 6 (132)	
5	*	*	* / 1(2)	4 (75) / 3 (47)	0 (2) / 0 (3)	0 (6) / 4 (86)	1 (25) / 2 (43)	4 (69) / 3 (49)	9 (177) / 13 (230)	
10	*	*	*	3 (71) / 7 (112)	1 (11) / 1 (9)	1 (1) / 14 (273)	0 (13) / 2 (46)	3 (54) / 3 (61)	9 (166) / 26 (501)	
Total	5 (26) / 9 (44)	*	0 (1) / 1 (4)	8 (181) / 12 (209)	1 (13) / 2 (31)	1 (32) / 18 (365)	2 (19) / 6 (128)	9 (153) / 8 (153)	26 (463) / 55 (934)	

Otro punto a resaltar de la estrategia de muestreo, es que no todos los puntos lograron ser visitados. Como resultado, la verificación final en campo fue realizada en 58 de las 81 muestras propuestas inicialmente. Las principal razón de esta disminución fue principalmente que el total de muestras (19) de la comunidad Naranjal no fue visitado debido a las dificultades para acceder a esta zona (Tabla 2). Sin embargo, para contrarrestar este problema se realizó un sobrevuelo (Anexo 4) sobre cierta área en la que la mayoría de los puntos planteados se localizaban. Adicionalmente, un conjunto adicional de 4 puntos no fueron visitados por la misma razón, correspondiendo a las comunidades Ganaderos (2), Puerto Belén (1), y PalmerosA (1).

Tabla 2. Cantidad de puntos de muestreo que se no fueron visitados debido a las dificultad de acceso. Los valores dentro de cada celda deben interpretarse de la siguiente manera (refiriéndose en términos de cantidad no visitadas): muestras en 2011 / muestras en 2012). Las distancias en las cuales se mantuvo la cantidad de muestra planteada se representa con el símbolo de asterisco (*).

Buffer distance (km)	Community									Total
	Riparian			Road						
	Caco Macaya	Cunchuri	Pto. Belen	Ganaderos	Hierbas Buenas	Naranjal	PalmerosA	PalmerosB		
1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
5	*	*	* / 1	*	*	* / 4	* / 1	*	*	
10	*	*	*	1 / 1	*	1 / 14	*	*	*	
Total	*	*	* / 1	1 / 1	*	1 / 18	* / 1	*	2 / 21	

Otro factor relevante a considerar en la estrategia de muestreo planteada es que para algunas muestras resultó difícil acceso. No obstante, estas fueron reemplazados durante la visita de campo con detecciones que pertenecieran a la misma distancia de amortiguación a partir de la vía principal así como del mismo año (Tabla 3). Esta condición permitió mantener lo más similar posible la estrategia de muestreo propuesta. Como resultado, se trasladaron un total de 26 áreas de muestreo.

Datos de entrada

SHAPEFILE- Áreas de influencia de las comunidades ASSETS (polygon shapefile): Esta capa fue la generada en el anexo 2.



Tabla 3. Cantidad de puntos de muestreo que fueron reubicados debido a las dificultades de acceso. Los valores dentro de cada celda deben interpretarse de la siguiente manera (refiriéndose en términos de cantidad reubicados): muestras en 2011 / muestras en 2012). Las distancias en las cuales se mantuvo la cantidad de muestra planteada se representa con el símbolo de asterisco (*).

Buffer distance (km)	Community								
	Riparian			Road					Total
	Caco Macaya	Cunchuri	Pto. Belen	Ganaderos	Hierbas Buenas	Naranjal	PalmerosA	PalmerosB	
1	* / 1	*	*	*	*	*	*	*	* / 1
3	*	*	*	* / 2	* / 1	*	1 / 1	1 / 1	2 / 5
5	*	*	*	3 / 2	*	*	1 / 1	3 / 2	7 / 5
10	*	*	*	2 / 2	*	*	*	1 / 1	3 / 3
Total	* / 1	*	*	5 / 6	* / 1	*	2 / 2	5 / 4	12 / 14

RASTER

- Detecciones de pérdida anual vegetación del sistema Terra-i detections / Versión 2004_01_01_2013_04_07: Contiene las detecciones de Terra-i detections en formato raster ASCII, siendo para este caso el subproducto de pérdidas de vegetación usado. Este incluye los datos de cambio de vegetación (pérdida) por año desde 2004 a la última fecha de versión. Acceso en el directorio [Google Drive: https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioa3kxRUphRXhFVWM/edit?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioa3kxRUphRXhFVWM/edit?usp=sharing) or o del proyecto: `...\\ASSETS\\geodata\\input\\final\\raster\\2004_01_01_to_2013_04_07\\WGS84\\decrease\\region\\classified\\latin-america_decrease_2004_01_01_to_2013_04_07.tiff`

Datos de salida

- Áreas (píxeles) de muestreo de las detecciones recientes Terra-i (polygon shapefile): Esta capa contiene las áreas de muestras propuestas por comunidad. El shapefile contiene en su tabla de atributos la condición si la muestra se mantuvo en el mismo lugar propuesto, se reubicó o no fue visitada. Acceso en el directorio [Google Drive: https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioSGVPR201TVQwZ2c/edit?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioSGVPR201TVQwZ2c/edit?usp=sharing) o del proyecto: `...\\ASSETS\\geodata\\input\\final\\shapefile\\sample\\final\\final_sample_road_river_polygons_1x.shp`

- Recorrido o trayectos de la visita en campo (line shapefile): Esta capa contiene el recorrido usado para acceder a las áreas muestreadas y es separado por el modo de transporte (carretera, río, o sobrevuelo). Acceso en el directorio [Google Drive: https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioeWITVG1QMGVBd3c/edit?usp=sharing](https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioeWITVG1QMGVBd3c/edit?usp=sharing) o del proyecto: `...\\ASSETS\\geodata\\input\\final\\shapefile\\sample\\final\\final_sample_road_river_polygons_1x.shp`

Bibliografía

Olofsson, P., G.M. Foody, M. Herold, S.V. Stehman, C.E. Woodcock & M.A. Wulder. 2014. Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment* 148, 42–57.



Anexo 4. Variables evaluadas y metodología para su evaluación en campo.

Variables registradas en campo

La validación se centró en la medición de la precisión del sistema Terra-i. Para este caso, la exactitud no se evaluó. La diferencia entre los dos es que validar la precisión consiste en registrar si las detecciones de Terra-i se pueden verificar en el campo. Por el contrario, validar la exactitud consiste en evaluar todas las clases detectadas por Terra-i (con cambio/sin cambio). De esta manera, para evaluar la precisión se registró únicamente si la detección de cambios Terra-i se produjo para cada punto de muestreo. Adicionalmente, para tener una dimensión de los agentes detrás del cambio se registró una descripción del paisaje (cobertura predominante) y la actividad socioeconómica (uso del suelo) sobre cada área muestreada.

Es importante aclarar que las anteriores variables no solo se levantaron en la parte central del área muestreada (pixel). Debido a que cada píxel tiene un tamaño de 250 x 250 m, que es equivalente a 6,25 ha, se decidió aumentar el número de puntos visitados dentro del área de la muestra. La principal razón de esto fue bajo el supuesto de que los cambios podrían no ser necesariamente en toda la superficie, sino también en zonas parciales del píxel.

Teniendo en cuenta lo mencionado anteriormente y de acuerdo a una publicación del IPCC (2003) sobre mejores prácticas para estudios de cambio de la tierra (Figura 1), se decidió inicialmente dividir el muestreo de píxeles en cuatro subregiones de igual área. En cada subregión se determinó un centroide, teniendo un total de cuatro centroides y un centroide de las subregiones y del píxel total, respectivamente. En adición, se añadieron otros cuatro puntos, con aproximadamente 62,5 m de distancia, en las direcciones norte, sur, este y oeste del centro del píxel total. Como resultado, nueve sub-muestras fueron registrados por área de la muestra (Figura 2). La presencia o ausencia de cambio, el tipo de cobertura y uso del suelo, entre otras anotaciones fueron registradas como parte de cada área visitada.

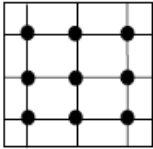
Como complemento de las anotaciones de campo, un conjunto de fotografías fue registrado por el punto sub-muestra por cada área de la muestra. Además, cuando fue posible, se realizaron algunas encuestas (véase el modelo en el Anexo 5) a las personas locales que estaban presentes en el interior (propietario) o cerca de la zona muestreada.

Sobrevuelo

Como parte del ejercicio de validación, también se llevó a cabo un sobrevuelo para visualizar algunos puntos de muestreo donde el acceso por tierra o por río fue difícil. Por lo tanto, además de volar en estos puntos de destino, mayormente sobre la comunidad de Naranjal, fue grabado en material multimedia (fotos y video) un reconocimiento del paisaje y la descripción general de la zona de estudio. El recorrido del vuelo comprendió 100 millas náuticas (1 hora). El material multimedia fue editado para generar un vídeo de corta duración que resume los resultados preliminares de este trabajo de campo.

The total area of an inventory region is generally known. In this case the estimation of the areas of different land-use classes can be based on assessments of area proportions. When applying this approach, the inventory area is covered by a certain number of sample points, and land-use is determined for each point. The proportion of each land-use class then is calculated by dividing the number of points located in the specific class by the total number of points. Area estimates for each land use class are obtained by multiplying the proportion of each class by the total area.

Table 5.3.1 provides an example of this procedure. The standard error of an area estimate is obtained as $A\sqrt{(p_i \cdot (1-p_i))/(n-1)}$, where p_i is the proportion of points in the particular land-use class, A the known total area, and n the total number of sample points.⁴ The 95% confidence interval for A_i , the estimated area of land use class i , will be given approximately by ± 2 times the standard error.

TABLE 5.3.1 EXAMPLE OF AREA ESTIMATION VIA PROPORTIONS			
Sampling procedure	Estimation of proportions	Estimated areas of land use classes	Standard error
	$p_i = n_i / n$	$A_i = p_i \cdot A$	$s(A_i)$
	$p_1 = 3/9 \cong 0.333$	$A_1 = 300$ ha	$s(A_1) = 150.0$ ha
	$p_2 = 2/9 \cong 0.222$	$A_2 = 200$ ha	$s(A_2) = 132.2$ ha
	$p_3 = 4/9 \cong 0.444$	$A_3 = 400$ ha	$s(A_3) = 158.1$ ha
	Sum = 1.0	Total = 900 ha	

Where:

- A = total area (= 900 ha in the example)
- A_i = estimated area of land use class i
- n_i = number of points located in land-use class i
- n = total number of points

Estimates of areas involved in land-use change can be made by introducing classes of the type A_{ij} where land use changes from class i to class j between successive surveys.

Figura 1. Enfoque de sub-muestreo y estimación del área de la cobertura del suelo y uso de la tierra vía proporciones de acuerdo al documento de buenas prácticas del IPCC (2003).

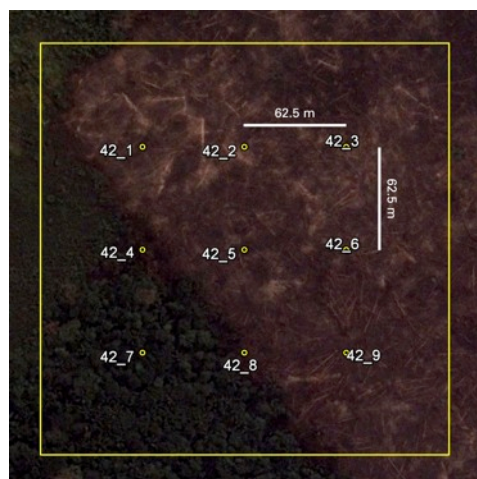


Figura 2. Adaptación de la metodología del IPCC (2003) a las áreas muestreadas para la verificación de las detecciones del sistema Terra-i. En total nueve sub-puntos fueron visitados por área de muestreo.



Datos de salida

- Registros de campo digitalizados: contiene los registros de la cobertura de la tierra y de uso del suelo, así como observaciones adicionales para cada sub-muestra por muestra. Acceso en el directorio [Google Drive](#): <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioUz11UnFHUnA1MnM/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\tb\\raw\\landscape\\raw_field_data.xlsx

- Encuestas digitalizadas: contiene 15 encuestas digitalizadas que se hicieron para la población local en las zonas cercanas o dentro de ciertas áreas muestreadas. En adición, se registran dos encuestas tomadas a un profesional no local (enfermero) de un hospital y una persona que tenía su propia tienda de productos lácteos en un lado de una carretera secundaria que estaba en los recorridos. Acceso en el directorio [Google Drive](#): <https://drive.google.com/?tab=mo&authuser=0#folders/0B5aME11HyLKTvFN1VC1UcXExaXM> o directorio del proyecto: ..\\ASSETS\\tb\\raw\\surveys

- Material multimedia (vídeo y fotografías): contiene todo el material registrado en las cámaras durante la validación en tierra y sobrevuelo. Debido al gran tamaño de los archivos multimedia, en especial el video, su acceso están por lo pronto disponibles en el directorio principal de proyecto Terra-i, \\DAPADFS\\data_cluster_6\\GISDATA_terra\\validation\\field\\2013_Pucallpa_Peru. Adicionalmente, el material fotografico, clasificado por ID del punto visitado puede consultarse en el sitio Panoramio del proyecto Terra-i: <http://www.panoramio.com/user/7916628/>

- Video editado con los resultados preliminares: los archivos de multimedia registrados en la avioneta fueron editados y se subió un corto video resumen en el canal YouTube del proyecto Terra-i, <https://www.youtube.com/watch?v=-ejwEclAuKE>. Este video contiene la opción para activar los subtítulos en inglés.

Bibliografía

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. 2003. Good Practice Guidance for Land Use, Land-Use Change and Forestry. 590 P. Available online: <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpoglulucf/gpoglulucf.html>



Anexo 5. Modelo de formulario de las encuestas realizadas a gente local encontrada cerca o al interior de los puntos muestreados.

Formulario de Preguntas Proyecto ASSETS - TERRA-I

Título: Validación en campo de las detecciones del sistema Terra-i dentro de las áreas de influencia del proyecto assets

Nombre:

Sexo:

Comunidad:

Id punto:

Fecha (DD/MM/AAAA):

Origen

1) ¿De qué parte es originaria?

2) Si no es nativa, ¿Cuándo llegó a la zona? Porque?

3) ¿Pertenece alguna comunidad?

4) ¿Qué relación tiene con la comunidad?

Venta madera

5) ¿Con qué frecuencia se desplaza a la cabecera central?

6) ¿Acostumbra a vender algún tipo de producto o servicio? Si es así ¿Cuál es su ruta de comercio?

Servicio Ecosistémico

7) ¿Conoce algún producto como especie forestal aromática, medicinal, manantial, que este dentro de la zona muestreada?

Motivación

8) ¿Tiene conocimiento quién ejecutó el cambio? En caso de ser el de la vivienda o ser otro, ¿Por cuál motivo realizó o cree que la persona realizó el cambio del bosque natural?

Precisión temporal

9) ¿Tiene conocimiento de cuando, año y semestre, se dio el evento de deforestación?

Precisión espacial

10) Si la tumba de bosque fue parcial sobre el área muestreada ¿Cuánta área conoce que se desmontó?

Observaciones



Anexo 6. Metodología para la extracción de los resultados de Terra-i bajo diferentes niveles de observación.

Extracción de los resultados anuales de Terra-i a múltiples niveles

Los datos de detección de pérdidas anuales de vegetación de Terra-i fueron extraídos bajo múltiples escalas (nacional, regional y municipal) mediante unas capas de referencia descritas en los datos de entrada. Los datos extraídos fueron resumidos y agregados en variables de estadística descriptiva a escala nacional, regional, municipal, de cobertura del amazonas peruano y de las áreas de influencia de las comunidades ASSETS.

El análisis presentado en este estudio varía con el análisis regular de Terra-i que proporciona cambios de detección en términos de superficie (hectáreas) a los usuarios. De esta manera, los datos de salida inicialmente extraídos contienen la cantidad de píxeles cambiados anualmente desde 2004 a 2012, así como los píxeles marcados como sin cambio y sin datos (nubes). A continuación, se calcularon una serie de estadísticas secundarias tales como píxeles totales de cambio entre 2004-2012, la tasa de cambio para el período analizado, la tasa de variación porcentual basado en el total de píxeles analizados, el porcentaje de píxeles sin datos y analizados, y valores acumulativos de píxeles con cambio desde el primer año (2004 a) al último año del periodo de estudio (9 años). En el caso del análisis resultados de Terra-i en las comunidades ASSETS, se detalló el comportamiento para los años de validación, 2011 y 2012, con el fin de analizar su distribución por distancia de amortiguamiento dentro de cada área de influencia respecto a la vía principal por comunidad.

El análisis mencionado se hizo a través del Software R (versión 3.0) usando los paquetes *base*, *gtools*, *statistic* y *utils* para la manipulación de datos. En adición, los paquetes *raster* y *rgdal* permitieron manipular los geodatos descritos en los datos de entrada.

Descripción y análisis cuantitativo de las series de tiempo de NDVI y precipitación (TRMM) para las áreas de muestreadas

Los archivos que contienen los JGRID (formato especial de trabajo del proyecto Terra-i) de los productos NDVI (pre-procesado) y TRMM 3B42 de la escena MODIS H10V08 y TRMM global, respectivamente fueron utilizados para extraer los valores de NDVI-TRMM cada 16 días desde el año 2000 a 2012 para las zonas finalmente muestreadas.

Paso siguiente, los datos extraídos fueron visualizados en una serie de gráficos de líneas para llevar a cabo una inspección visual y reconocimiento para cada zona muestreada. Esta inspección visual tuvo el objetivo de identificar qué tipo de patrones se pueden encontrar en la series temporales NDVI-TRMM basado cuando Terra-i indicaba la anomalía (detección de pérdida).

La siguiente figura resume el flujo de trabajo mencionado anteriormente tanto para extraer los datos anuales como de cada 16 días usando las capas de referencia disponibles.

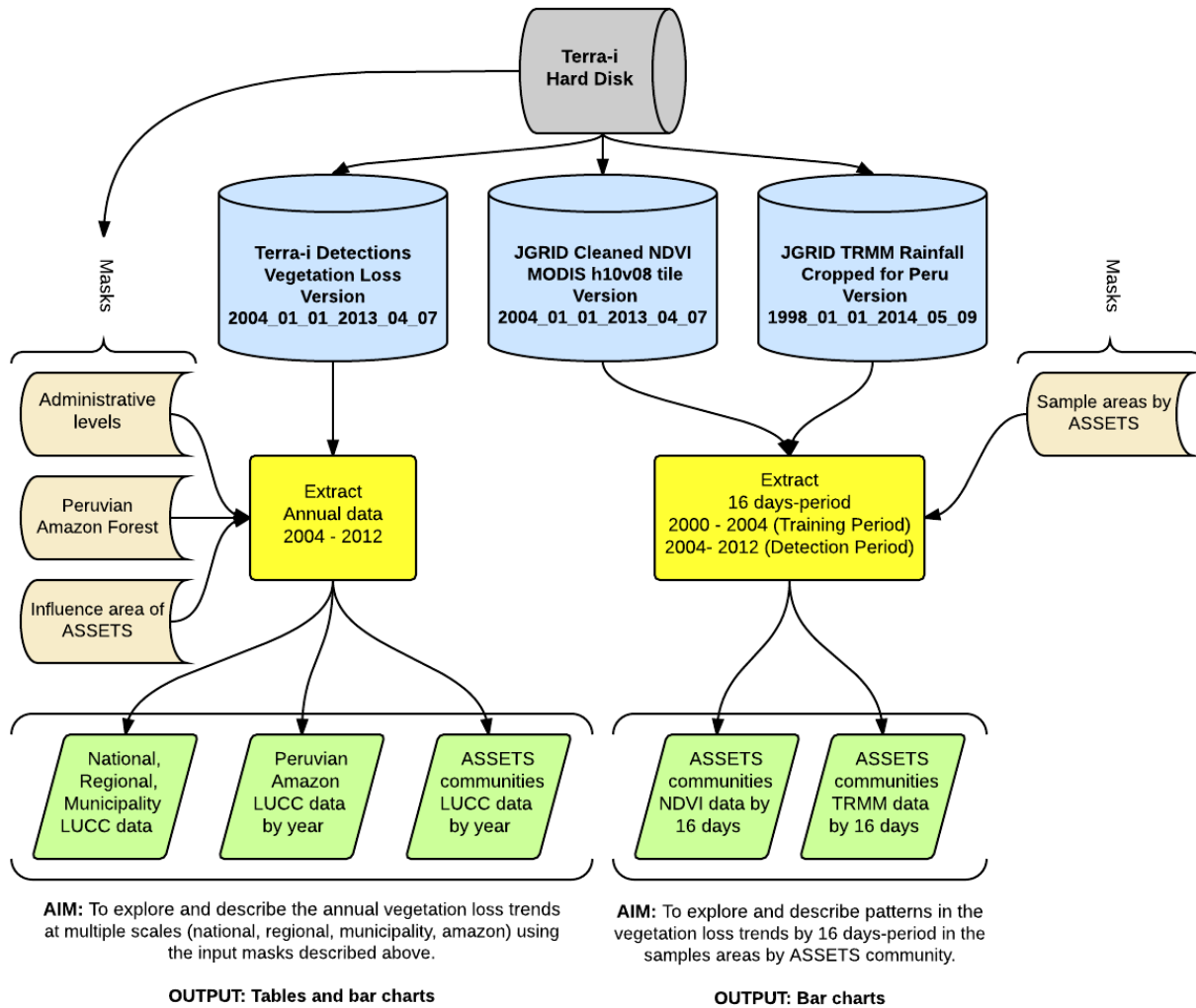


Figura 1. Flujo de trabajo para la obtención de los resultados de Terra-i bajo múltiples escalas. Para detallar este diagrama se debe hacer click en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioZXg0ZfVETW9meDA/view?usp=sharing>

Datos de entrada

RASTER

- Detecciones de pérdida anual vegetación del sistema Terra-i detections / Versión 2004_01_01_2013_04_07: Contiene las detecciones de Terra-i detections en formato raster ASCII, siendo para este caso el subproducto de pérdidas de vegetación usado. Este incluye los datos de cambio de vegetación (pérdida) por año desde 2004 a la última fecha de versión. Acceso en el directorio

Google Drive:
<https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioa3kxRUphRXhFVWM/edit?usp=sharing> or o
 directorio del proyecto:

...\\ASSETS\\geodata\\input\\final\\raster\\2004_01_01_to_2013_04_07\\WGS84\\decrease\\region\\classified\\latin-america_decrease_2004_01_01_to_2013_04_07.tiff



- NDVI preprocesado (sin ruido de nubes) de la escena MODIS h10v08 (dato de entrada del sistema Terra-i) / JGRID Versión 2000_02_18_to_2013_09_30: Contiene los valores de NDVI preprocesado (utilizando algoritmos de limpieza por el proyecto Terra-i) de 0 a 1 para una escena del producto MODIS MOD13Q1.005 de 250 m de resolución espacial. Este escena fue seleccionada porque se superpone con las áreas de estudio. En este caso, los valores de NDVI preprocesados se extrajeron a partir de un formato JGRID un formato de trabajo especial para el sistema Terra-i el cual recopila información multitemporal y georeferenciada en un solo archivo. A partir de este formato, los datos NDVI se extrajeron como formato raster ASCII, obteniendo datos cada 16 días. De esta manera, se tuvieron un total de 224 archivos ASCII para el periodo comprendido entre el 18 de enero de 2000 hasta 30 de septiembre de 2013. Cada año contiene 23 períodos de 16 días. Es importante destacar que el período de estos archivos son más grandes que el archivo de detección debido a que contiene el período de calibración Terra-i (2000-2004). Acceso en el directorio Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1ioWk JrNWNLR2IsYmM/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\geodata\\geodata\\input\\final\\raster\\modis_cleanedndvi\\ascii\\gndv_2000_02_18_to_2013_09_30

- Precipitación del producto TRMM 3B42 (V7) (dato de entrada del sistema Terra-i) / JGRID Versión trmm_1998_01_01_to_2014_05_09: Contiene los valores de precipitación en mm por hora con píxeles de resolución de 28x28 km. La imagen tiene una cobertura completa del trópico por lo que se solapa con el área de estudio. En este caso, los valores de los datos de precipitación se obtuvieron de un formato JGRID. A partir de este formato, se extrajeron en formato raster ASCII los datos de precipitación, obteniendo datos cada 16 días. De esta manera, se tuvieron un total de 337 archivos ASCII para el periodo comprendido entre el 1 de enero de 1998 hasta el 09 de mayo de 2014. Al igual que los datos de NDVI preprocesados, esta base de datos tiene un periodo amplio porque contiene el período de calibración Terra-i (2000-2004). Acceso en el directorio Google Drive: <https://drive.google.com/file/d/0B60taWGau1iob0k4eTNTaFA2b28/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\geodata\\geodata\\input\\final\\raster\\trmm_rainfall\\ascii\\trmm_1998_01_01_to_2014_05_09

SHAPEFILE

- Niveles administrativos del Perú: contiene los niveles administrativos oficiales del territorio peruano. Fue proveído por DGOT-MINAM, para obtenerla se sugiere contactar a esta división del MINAM.
- Límite oficial del Amazonas peruano: contiene el límite oficial del bosque (ambos seco y húmedo) localizado en el Amazonas. Fue proveído por DGOT-MINAM. Fue proveído por DGOT-MINAM, para obtenerla se sugiere contactar a esta división del MINAM.
- Áreas de influencia de las comunidades ASSETS (polygon shapefile): Esta capa fue la generada en el anexo 2.



- Áreas (píxeles) de muestreo de las detecciones recientes Terra-i (polygon shapefile): Esta capa fue la generada en el anexo 3.

Datos de salida

- Gráficos de los resultados de Terra-i anual: Las figuras que presentan los resultados de Terra-i fueron creados usando Google spreadsheet. Acceso en el directorio Google Drive: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1dUO9fHyv57VDC34RTTW3ILq4ht7MIRvbRh7BqbBV460/edit#gid=1864131924> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\tb\\final\\terrai\\terrai_results.xlsx

- Gráficas de series de tiempo NDVI-TRMM por patrón identificado para las áreas muestreadas verificadas: contiene las gráficas de series de tiempo de NDVI-TRMM para las áreas visitadas y separados por pestaña para indicar al patrón de comportamiento que presentan de acuerdo a la fecha de detección de Terra-i. Acceso en el directorio Google Drive: <https://docs.google.com/spreadsheets/d/1O9CIORECKTRlrpWX9zIE0obgOakBi6YTcKfLLMRnpAY/edit?usp=sharing> o directorio del proyecto: ...\\ASSETS\\tb\\final\\sampleareas\\ndvi-trmm_patterns.xlsx

Anexo 7. Resultado de Terra-i para las capas de referencia

Tabla 1. Cambio en la vegetación (cantidad de píxeles de pérdida) en Perú por Región desde 2004 a 2012 determinado por el sistema Terra-i. Organizado de acuerdo a su participación en el total de píxeles de pérdida de vegetación en todo el territorio peruano monitoreado. N/A = No Aplicable.

Region	% NoData	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Accum.	Annual Rate	% Part. Peru
Loreto	0.9	4,205	2,048	1,757	2,357	3,286	3,462	3,903	5,713	6,398	33,129	3,681	26.4
Ucayali	2.0	1,459	3,467	1,834	1,501	2,849	2,858	1,962	3,446	5,884	25,260	2,807	20.1
San Martín	23.6	684	1,432	1,159	1,428	2,112	3,302	3,207	3,539	7,457	24,320	2,702	19.4
Huanuco	22.2	117	878	773	525	1,900	1,800	1,026	2,620	5,384	15,023	1,669	12.0
Madre De Dios	0.3	98	490	254	411	733	668	1,434	1,463	1,478	7,029	781	5.6
Cusco	7.1	79	149	161	169	315	488	636	486	988	3,471	386	2.8
Junin	23.6	24	1,560	81	71	387	302	222	117	634	3,398	378	2.7
Pasco	13.4	76	118	268	201	438	185	268	552	1,140	3,246	361	2.6
Amazonas	18.2	65	267	155	121	197	344	618	333	611	2,711	301	2.2
Cajamarca	4.4	223	434	145	16	8	28	745	85	68	1,752	195	1.4
Ica	0.1	35	60	128	154	149	121	122	295	232	1,296	144	1.0
Piura	2.9	765	300	32	19	14	111	33	11	11	1,296	144	1.0
Lambayeque	0.5	171	269	58	92	11	40	211	122	76	1,050	117	0.8
La Libertad	1.5	376	187	34	64	20	19	25	96	109	930	103	0.7
Ayacucho	3.3	5	36	44	12	58	23	37	61	162	438	49	0.3
Arequipa	0.2	18	17	6	94	44	41	59	46	19	344	38	0.3
Puno	1.1	8	2	17	33	24	38	104	26	45	297	33	0.2
Lima	1.1	9	2	5	13	5	15	56	108	52	265	29	0.2
Ancash	5.0	32	47	24	24	5	2	27	10	16	187	21	0.1
Tumbes	1.3	100	40	-	-	1	-	-	1	-	142	16	0.1
Apurímac	0.1	-	4	3	25	2	1	-	2	-	37	4	0.029
Huancavelica	0.5	-	1	-	3	-	-	-	-	-	4	0	0.003
Moquegua	0.2	-	-	-	2	-	-	-	-	-	2	0	0.002
Callao	20.3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Tacna	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0
Total Peru (n=25)	4,6	8,549	11,808	6,938	7,335	12,558	13,848	14,695	19,132	30,764	125,627	13,959	N/A

Tabla 2. Cambio en la vegetación (cantidad de píxeles de pérdida) en el Amazonas peruano desde 2004 a 2012 determinado por el sistema Terra-i. N/A = No Aplicable.

Region	% NoData	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Accum.	Annual Rate	% Part. Peru
Peruvian Amazon	6.5	6,834	10,337	6,530	6,815	12,297	13,446	13,657	18,363	30,185	118,464	13,163	94
Total Peru	4,6	8,549	11,808	6,938	7,335	12,558	13,848	14,695	19,132	30,764	125,627	13,959	N/A

Tabla 3. Cambio en la vegetación (cantidad de píxeles de pérdida) en las provincias pertenecientes a la Región de Ucayali (Perú) desde 2004 a 2012 determinado por el sistema Terra-i Organizado de acuerdo a su participación en el total de píxeles de pérdida de vegetación en todo el territorio peruano monitoreado. N/A = No Aplicable.

Region	% NoData	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Accum.	Annual Rate	% Part. Peru	% Part. Ucayali
Coronel Portillo	0.4	844	2,880	1,276	1,021	1,261	1,084	1,056	1,504	2,128	13,054	1,450	1.8	51.7
Padre Abad	12.7	429	395	245	194	1,102	1,165	467	1,617	2,841	8,455	939	4.7	33.5
Atalaya	1.9	163	147	286	251	320	497	283	253	694	2,894	322	0.4	11.5
Purus	0	23	45	27	35	166	112	156	72	221	857	95	0.2	3.4
Total Ucayali (n=4)	1.99	1,459	3,467	1,834	1,501	2,849	2,858	1,962	3,446	5,884	25,260	2,807	20.1	N/A
Total Peru	4,6	8,549	11,808	6,938	7,335	12,558	13,848	14,695	19,132	30,764	125,627	13,959	N/A	N/A

Tabla 4. Cambio en la vegetación (cantidad de píxeles de pérdida) en las comunidades ASSETS localizadas en la Región de Ucayali (Perú) desde 2004 a 2012 determinado por el sistema Terra. i Organizado de acuerdo a su participación en el total de píxeles de pérdida de vegetación en todas las comunidades ASSETS monitoreadas. Las comunidades son resaltadas de acuerdo a su ubicación: carreteras (rojo) y a lo largo del Río Ucayali (azul). N/A = No Aplicable.

Community	% NoData	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	Accum.	Annual Rate	% Partic.
PalmerosB	9	9	91	37	35	159	103	97	153	153	837	93	25.8
Naranjal	48	48	32	11	44	17	48	118	32	365	715	79	22.0
Ganaderos	11	11	30	8	8	75	105	25	181	209	652	72	20.1
PalmerosA	47	47	45	19	52	118	118	14	57	128	598	66	18.4
CacoMacaya	10	10	18	46	24	21	11	16	26	44	216	24	6.7
HierbasBuenas	23	23	50	16	6	14	30	11	13	31	194	22	6.0
PtoBelen	0	0	9	0	2	0	7	6	1	4	29	3	0.9
Cunchuri	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	4	0.4	0.1
Total ASSETS (n=8)	0	148	275	137	174	405	422	287	463	934	3245	360.6	N/A
Total Ucayali	2.0	1,459	3,467	1,834	1,501	2,849	2,858	1,962	3,446	5,884	25,260	2,807	N/A
Total Peru	4,6	8,549	11,808	6,938	7,335	12,558	13,848	14,695	19,132	30,764	125,627	13,959	N/A



Anexo 8. Tablas resumen de la distribución de las observaciones de acuerdo a la cobertura por comunidad ASSETS. Los valores en la cada celda debe ser de la siguiente manera: muestras 2011 / muestras 2012

Tabla1. Distribución de las coberturas en las submuestras de la comunidad de Caco Macaya.

ID	Cobertura						
	Bosque Primario	Bosque secundario	Arbustivo	Herbácea	Cultivo	Urbaño	Cuerpo de Agua
CAMBIO - NATURAL							
81	*	*	*	*	*	*	9 / *
83	*	*	*	*	*	*	* / 9
84	*	*	*	*	*	*	* / 9
85	*	*	*	*	*	*	* / 9
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 3)	*	*	*	*	*	*	9 / 27
%Participación clase subtotal	*	*	*	*	*	*	100 / 100
CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
74	*	* / 1	* / 2	* / 6	*	*	*
75	* / 2	*	*	* / 4	* / 3	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 2)	* / 2	* / 1	* / 2	* / 10	* / 3	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	* / 6	* / 11	* / 56	* / 17	*	*
CAMBIO ANTIGUO - NATURAL							
76	*	*	5 / *	1 / *	3 / *	*	*
77	*	*	* / 9	*	*	*	*
78	*	*	* / 5	* / 1	* / 3	*	*
79	1 / *	*	7 / *	*	*	*	1 / *
80	*	*	9 / *	*	*	*	*
82	*	*	* / 7	*	* / 2	*	*
86	*	6 / *	2 / *	1 / *	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 4 / n = 3)	1 / *	6 / *	23 / 21	2 / 1	3 / 5	*	1 / *
%Participación clase subtotal	3 / *	17 / *	64 / 78	6 / 4	8 / 19	*	3 / *
MEZCLA CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - NATURAL							
73	*	* / 3	* / 5	*	*	*	* / 1
Subtotal clase cambio y origen (n = 1)	*	* / 3	* / 5	*	*	*	* / 1
%Participación clase subtotal	*	* / 33	* / 56	*	*	*	* / 11
Subtotal Caco Macaya por año	1 / 2	6 / 4	23 / 28	2 / 11	3 / 3	*	10 / 33
%Participación clase subtotal	2 / 2	13 / 5	51 / 35	4 / 14	7 / 4	*	22 / 41
GRAN TOTAL (n = 14)	3	10	51	13	6	*	43
%Participación GRAN TOTAL	2	8	40	10	5	*	34



Tabla 2. Distribución de las coberturas en las submuestras de la comunidad de Ganaderos.

ID	Cobertura						
	Bosque Primario	Bosque secundario	Arbustivo	Herbácea	Cultivo	Urbaño	Cuerpo de Agua
CAMBIO - HUMAÑO							
53	* / 1	*	*	*	* / 8	*	*
69	*	*	* / 9	*	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 2)	* / 1	*	* / 9	*	* / 8	*	*
%Participación clase subtotal	* / 6	*	* / 50	*	* / 44	*	*
CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
52	*	*	*	*	* / 9	*	*
54	*	* / 2	*	* / 7	*	*	*
56	*	*	*	9 / *	*	*	*
57	*	3 / *	1 / *		5 / *	*	*
58	*	*	* / 8	* / 1	*	*	*
59	*	*	*	9 / *	*	*	*
61	*	*	*	9 / *	*	*	*
63	*	* / 6	* / 1	* / 2	*	*	*
65	* / 2	* / 1	* / 1	* / 4	* / 1	*	*
67	*	*	*	9 / *	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 5 / n = 5)	* / 2	3 / 9	1 / 10	36 / 14	5 / 10	*	*
%Participación clase subtotal	* / 4	7 / 20	2 / 22	80 / 31	11 / 22	*	*
MEZCLA SIN CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
68	* / 5	* / 3	* / 1	*	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	* / 5	* / 3	* / 1	*	*	*	*
%Participación clase subtotal	* / 56	* / 33	* / 11	*	*	*	*
Subtotal Ganaderos por año	* / 8	3 / 12	1 / 20	36 / 14	5 / 18	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	7 / 17	2 / 28	80 / 19	11 / 25	*	*
GRAN TOTAL (n = 10)	8	15	21	50	23	*	*
%Participación GRAN TOTAL	7	13	18	43	20	*	*



Tabla 3. Distribución de las coberturas en las submuestras de la comunidad de Hierbas Buenas.

ID	Cobertura						
	Bosque Primario	Bosque secundario	Arbustivo	Herbácea	Cultivo	Urbano	Cuerpo de Agua
CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
23	* / 1	*	*	* / 1	* / 6	* / 1	*
33	*	*	*	*	9 / *	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 1)	* / 1	*	*	* / 1	9 / 6	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	*	*	* / 11	100 / 67	* / 11	*
MEZCLA SIN CAMBIO, CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
29	* / 3	* / 1	* / 1	*	* / 4	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	* / 3	* / 1	* / 1	*	* / 4	*	*
%Participacion clase subtotal	* / 33	* / 11	* / 11	*	* / 44	*	*
Subtotal Hierbas Buenas por año	* / 4	* / 1	* / 1	* / 1	9 / 10	* / 1	*
%Participacion clase subtotal	* / 22	* / 6	* / 6	* / 6	100 / 56	* / 6	*
GRAN TOTAL (n = 3)	4	1	1	1	19	1	*
%Participacion GRAN TOTAL	15	4	4	4	70	4	*



Tabla 4. Distribución de las coberturas en las submuestras de la comunidad de Palmeros A.

ID	Cobertura						
	Bosque Primario	Bosque secundario	Arbustivo	Herbácea	Cultivo	Urbaño	Cuerpo de Agua
CAMBIO - HUMAÑO							
20	3 / *	6 / *	*	*	*	*	*
21	*	*	* / 8	*	* / 1	*	*
26	*	*	* / 7	*	* / 2	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 2)	3 / *	6 / *	* / 15	*	* / 3	*	*
%Participación clase subtotal	33 / *	67 / *	* / 83	*	* / 17	*	*
CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
27	*	*	*	9 / *	*	*	*
34	* / 1	*	* / 2	* / 6	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 1)	* / 1	*	* / 2	9 / 6	*	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	*	* / 22	100 / 67	*	*	*
MEZCLA CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
22	*	*	* / 7	*	* / 2	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	*	*	* / 7	*	* / 2	*	*
%Participación clase subtotal	*	*	* / 78	*	* / 22	*	*
MEZCLA SIN CAMBIO, CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO							
35	* / 1	* / 1	* / 7	*	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	* / 1	* / 1	* / 7	*	*	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	* / 11	* / 78	*	*	*	*
Subtotal Palmeros A por año	3 / 2	6 / 1	* / 31	9 / 6	* / 5	*	*
%Participación clase subtotal	17 / 4	33 / 2	* / 69	50 / 13	* / 11	*	*
GRAN TOTAL (n = 7)	5	7	31	15	5	*	*
%Participación GRAN TOTAL	8	11	49	24	8	*	*



Tabla 5. Distribución de las coberturas en las submuestras de la comunidad de Palmeros B.

ID	Cobertura						
	Bosque Primario	Bosque secundario	Arbustivo	Herbácea	Cultivo	Urbano	Cuerpo de Agua
CAMBIO - HUMANO							
38	*	*	*	*	9 / *	*	*
40	*	*	*/3	*/3	*/3	*	*
41	*	*	*/3	*	*/6	*	*
44	*/2	*/4	*/2		*/1	*	
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 3)	*/2	*/4	*/8	*/3	9 / 10	*	*
%Participación clase subtotal	*/7	*/15	*/30	*/11	100 / 37	*	*
CAMBIO ANTIGUO - HUMANO							
36	*	*	*	*	9 / *	*	*
37	*	*	*/1	*/8	*	*	*
39	*	*/1	*/1	*	*/7	*	*
42	*	*	*	9 / *	*	*	*
43	*	*	*/1	*	*/8	*	*
46	*	*	*	*/9	*	*	*
47	*	1 / *	1 / *	*	7 / *	*	*
48	*	1 / *	*	*	8 / *	*	*
49	*/3	*	*/1	*	*/5	*	*
50	*	1 / *	4 / *	2 / *	2 / *	*	*
51	*	*	*	6 / *	3 / *	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 6 / n = 5)	*/3	3 / 1	5 / 4	17 / 17	29 / 20	*	*
%Participación clase subtotal	*/7	6 / 2	9 / 9	31 / 38	54 / 44	*	*
MEZCLA CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMANO							
45	*	*	5 / *	4 / *	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 0)	*	*	5 / *	4 / *	*	*	*
%Participación clase subtotal	*	*	56 / *	44 / *	*	*	*
Subtotal Palmeros B por año	*/5	3 / 5	10 / 12	21 / 20	38 / 30	*	*
%Participación clase subtotal	*/7	4 / 7	14 / 17	29 / 28	53 / 42	*	*
GRAN TOTAL (n = 16)	5	8	22	41	68	*	*
%Participación GRAN TOTAL	3	6	15	28	47	*	*



Anexo 9. Tablas resumen de la distribución de las observaciones de acuerdo al uso del suelo por comunidad ASSETS. Los valores en la cada celda debe ser de la siguiente manera: muestras 2011 / muestras 2012

Tabla1. Distribución del uso del suelo en las submuestras de la comunidad de Caco Macaya.

ID	Uso del suelo									
	Bosque natural	Ganadería	Cultivo Perenne	Cultivo semi-transitorio	Cultivo transitorio	Preparación suelo	Purma quema/abandonada/vegetada	Extracción maderera	Otra (camino, casa, carretera)	Eventos Inundación
CAMBIO - NATURAL										
81	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9 / *
83	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* / 9
84	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* / 9
85	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* / 9
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 3)	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9 / 27
%Participación clase subtotal	*	*	*	*	*	*	*	*	*	100 / 100
CAMBIO ANTIGUO - HUMANO										
74	*	*	*	*	*	*	* / 8	* / 1	*	*
75	* / 2	* / 2	*	* / 3	*	*	* / 2	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 2)	* / 2	* / 2	*	* / 3	*	*	* / 10	* / 1	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	* / 11	*	* / 17	*	*	* / 56	* / 6	*	*
CAMBIO ANTIGUO - NATURAL										
76	*	*	*	*	*	*	3 / *	*	1 / *	5 / *
77	*	*	*	*	*	*	*	*	*	* / 9
78	*	*	*	*	*	*	* / 1	*	*	* / 8
79	1 / *	*	*	*	*	*	*	*	*	8 / *
80	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9 / *
82	*	*	*	*	*	*	* / 1	*	*	* / 8
86	*	*	*	*	*	*	*	*	*	9 / *
Subtotal clase cambio y origen (n = 3 / n = 4)	1 / *	*	*	*	*	*	3 / 2	*	1 / *	31 / 25
%Participación clase subtotal	3 / *	*	*	*	*	*	8 / 7	*	3 / *	86 / 93
MEZCLA CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - NATURAL										
73	*	*	*	*	*	*	*	* / 4	*	* / 5
Subtotal clase cambio y origen (n = 1)	*	*	*	*	*	*	*	* / 4	*	* / 5
%Participación clase subtotal	*	*	*	*	*	*	*	* / 44	*	* / 56
Subtotal Caco Macaya por año	1 / 2	* / 2	*	* / 3	*	*	3 / 12	* / 5	1 / *	40 / 57
%Participación clase subtotal	2 / 2	* / 2	*	* / 4	*	*	7 / 6	* / 5	2 / *	89 / 70
GRAN TOTAL (n = 14)	3	2	*	3	*	*	15	5	1	97
%Participación GRAN TOTAL	2	2	*	2	*	*	12	4	1	77



Tabla 2. Distribución del uso del suelo en las submuestras de la comunidad de Ganaderos.

ID	Uso del suelo									
	Bosque natural	Ganadería	Cultivo Perenne	Cultivo semi-transitorio	Cultivo transitorio	Preparación suelo	Purma quema/abandonada/vegetada	Extracción maderera	Otra (camino, casa, carretera)	Eventos Inundación
CAMBIO - HUMAÑO										
53	* / 1	*	*	*	*	*	* / 8	*	*	*
69	*	*	*	*	*	*	* / 9	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 2)	* / 1	*	*	*	*	*	* / 17	*	*	*
%Participación clase subtotal	* / 6	*	*	*	*	*	* / 94	*	*	*
CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO										
52	*	*	* / 9	*	*	*	*	*	*	*
54	*	* / 9	*	*	*	*	*	*	*	*
56	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*	*
57	*	*	5 / *	*	*	*	1 / *	3 / *	*	*
58	*	* / 1	*	*	*	*	* / 8	*	*	*
59	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*	*
61	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*	*
63	*	* / 2	*	*	*	*	* / 1	* / 6	*	*
65	* / 2	* / 4	* / 1	*	*	*	* / 1	* / 1	*	*
67	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 5 / n = 5)	* / 2	36 / 16	5 / 10	*	*	*	1 / 10	3 / 7	*	*
%Participación clase subtotal	* / 4	80 / 36	11 / 22	*	*	*	2 / 22	7 / 16	*	*
MEZCLA SIN CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO										
68	* / 5	* / 3	* / 1	*	*	*	*	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	* / 5	* / 3	* / 1	*	*	*	*	*	*	*
%Participación clase subtotal	* / 56	* / 33	* / 11	*	*	*	*	*	*	*
Subtotal Ganaderos por año	* / 8	36 / 19	5 / 11	*	*	*	1 / 27	3 / 7	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	80 / 26	11 / 15	*	*	*	2 / 38	7 / 10	*	*
GRAN TOTAL (n = 10)	8	55	16	*	*	*	28	10	*	*
%Participación GRAN TOTAL	7	47	14	*	*	*	24	9	*	*



Tabla 3. Distribución del uso del suelo en las submuestras de la comunidad de Hierbas Buenas.

ID	Uso del suelo									
	Bosque natural	Ganadería	Cultivo Perenne	Cultivo semi-transitorio	Cultivo transitorio	Preparación suelo	Purma quema/abandona/vegetada	Extracción maderera	Otra (camino, casa, carretera)	Eventos Inundación
CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO										
23	* / 1	*	*	* / 4	* / 1	*	* / 2	*	* / 1	*
33	*	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 1)	* / 1	*	9 / *	* / 4	* / 1	*	* / 2	*	* / 1	*
%Participación clase subtotal	* / 11	*	100 / *	* / 44	* / 11	*	* / 22	*	* / 11	*
MEZCLA SIN CAMBIO, CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO										
29	* / 3	*	* / 4	*	*	*	* / 1	* / 1	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	* / 3	*	* / 4	*	*	*	* / 1	* / 1	*	*
%Participación clase subtotal	* / 33	*	* / 44	*	*	*	* / 11	* / 11	*	*
Subtotal Hierbas Buenas por año	* / 4	*	9 / 4	* / 4	* / 1	*	* / 3	* / 1	* / 1	*
%Participación clase subtotal	* / 22	*	100 / 22	* / 22	* / 6	*	* / 17	* / 6	* / 6	*
GRAN TOTAL (n = 3)	4	*	13	4	1	*	3	1	1	*
%Participación GRAN TOTAL	15	*	48	15	4	*	11	4	4	*



Tabla 4. Distribución del uso del suelo en las submuestras de la comunidad de Palmeros A.

ID	Uso del suelo									
	Bosque natural	Ganadería	Cultivo Perenne	Cultivo semi-transitorio	Cultivo transitorio	Preparación suelo	Purma quema/abandona/vegetada	Extracción maderera	Otra (camino, casa, carretera)	Eventos Inundación
CAMBIO - HUMANO										
20	3 / *	*	*	*	*	*	5 / *	1 / *	*	*
21	*	*	*	* / 1	*	*	* / 8	*	*	*
26	*	*	*	*	*	*	* / 9	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 2)	3 / *	*	*	* / 1	*	*	5 / 17	*	*	*
%Participación clase subtotal	33 / *	*	*	* / 6	*	*	56 / 94	11 / *	*	*
CAMBIO ANTIGUO - HUMANO										
27	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*	*
34	* / 1	* / 6	*	*	*	*	* / 2	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 1)	* / 1	9 / 6	*	*	*	*	* / 2	*	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	100 / 67	*	*	*	*	* / 22	*	*	*
MEZCLA CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMANO										
22	*	*	*	*	*	* / 2	* / 7	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	*	*	*	*	*	* / 2	* / 7	*	*	*
%Participación clase subtotal	*	*	*	*	*	* / 22	* / 78	*	*	*
MEZCLA SIN CAMBIO, CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMANO										
35	* / 1	*	*	*	*	*	* / 7	* / 1	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 0 / n = 1)	* / 1	*	*	*	*	*	* / 7	* / 1	*	*
%Participación clase subtotal	* / 11	*	*	*	*	*	* / 78	* / 11	*	*
Subtotal Palmeros A por año	3 / 2	9 / 6	*	* / 1	*	* / 2	5 / 33	1 / 1	*	*
%Participación clase subtotal	17 / 4	50 / 13	*	* / 2	*	* / 4	28 / 73	6 / 2	*	*
GRAN TOTAL (n = 7)	5	15	*	1	*	2	38	2	*	*
%Participación GRAN TOTAL	8	24	*	2	*	3	60	3	*	*



Tabla 5. Distribución del uso del suelo en las submuestras de la comunidad de Palmeros B.

ID	Uso del suelo									
	Bosque natural	Ganadería	Cultivo Perenne	Cultivo semi-transitorio	Cultivo transitorio	Preparación suelo	Purma quema/abandona/vegetada	Extracción maderera	Otra (camino, casa, carretera)	Eventos Inundación
CAMBIO - HUMAÑO										
38	*	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*
40	*	*	* / 3	*	*	*	* / 6	*	*	*
41	*	*	* / 6	*	*	*	* / 3	*	*	*
44	* / 2	*	* / 1	*	*	*	* / 2	* / 4	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 3)	* / 2	*	9 / 10	*	*	*	* / 11	* / 4	*	*
%Participación clase subtotal	* / 7	*	100 / 37	*	*	*	* / 41	* / 15	*	*
CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO										
36	*	*	9 / *	*	*	*	*	*	*	*
37	*	* / 8	*	*	*	*	* / 1	*	*	*
39	*	*	* / 7	*	*	*	* / 1	* / 1	*	*
42	*	*	*	*	*	*	9 / *	*	*	*
43	*	*	* / 8	*	*	*	* / 1	*	*	*
46	*	* / 9	*	*	*	*	*	*	*	*
47	*	*	7 / *	*	*	*	1 / *	1 / *	*	*
48	*	*	8 / *	*	*	*	*	1 / *	*	*
49	* / 3	*	* / 5	*	*	*	* / 1	*	*	*
50	*	1 / *	*	*	*	*	5 / *	1 / *	2 / *	*
51	*	4 / *	*	1 / *	*	*	2 / *	*	2 / *	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 6 / n = 5)	* / 3	5 / 17	24 / 20	1 / *	*	*	17 / 4	3 / 1	4 / *	*
%Participación clase subtotal	* / 7	9 / 38	44 / 44	2 / *	*	*	31 / 9	6 / 2	7 / *	*
MEZCLA CAMBIO Y CAMBIO ANTIGUO - HUMAÑO										
45	*	*	*	*	*	*	9 / *	*	*	*
Subtotal clase cambio y origen (n = 1 / n = 0)	*	*	*	*	*	*	9 / *	*	*	*
%Participación clase subtotal	*	*	*	*	*	*	100 / *	*	*	*
Subtotal Caco Macaya por año	* / 5	5 / 17	33 / 30	1 / *	*	*	26 / 15	3 / 5	4 / *	*
%Participación clase subtotal	* / 7	7 / 24	46 / 42	1 / *	*	*	36 / 21	4 / 7	6 / *	*
GRAN TOTAL (n = 16)	5	22	63	1	*	*	41	8	4	*
%Participación GRAN TOTAL	3	15	44	1	*	*	28	6	3	*