

MOCUPP

MONITOREO DE
CAMBIO DE USO EN
PAISAJES PRODUCTIVOS



Green
Commodities
Programme

Empowered lives.
Resilient nations.

PROGRAMA
ONU-REDD



MOCUPP

**Monitoreo de cambio de
uso en paisajes productivos**



MONITOREO DE CAMBIO DE USO EN PAISAJES PRODUCTIVOS (MOCUPP)

Coordinador de proyecto: Kifah Sasa

Asesoría y redacción técnica: Alexander González y Javier Fernández

Redacción legal: Mario Peña

Revisores: Álvaro Aguilar, Alexander González, Javier Fernández, Pascal Girot, Ana Lucia Orozco.

Agradecimientos: Jairo Serna, Rodrigo Sierra, Edwin Vega, Rubén Muñoz, Andrew Bovarnick, Eduardo Allende, Marta Aguilar, Jonnathan Jiménez, Max Lobo, Marlon Aguilar, Cornelia Miller, Heileen Aguilar, Christian Vargas, Alberto Méndez. Este agradecimiento es extendido a todos los funcionarios del CENAT, CONARE, Laboratorio PRIAS, del Registro Inmobiliario del Registro Nacional quienes han aportado desde el 2014 en la gestación de esta idea. Todos los asesores técnicos del Programa ONU REDD para América Latina que han apoyado el desarrollo de este sistema, y particularmente se destacan Bruno Guay, Clea Paz, Daniela Carrion, Carla Ramírez. También es importante reconocer el aporte técnico de los colegas de ONU REDD de África especialmente a Danae Maniatis, Ela Ionescu, Carlos Rianno. El Programa de Green Commodities del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo ha apoyado MOCUPP desde sus inicios, por lo que merecen un especial reconocimiento el coordinador de la Iniciativa de Sostenibilidad Piñera, Jairo Serna, y todo el equipo global de Green Commodities, Andrew Bovarnick, Lise Melvin, Leif Pedersen, Kathleen Botriell, Vanessa Briceño, José Chun, James Leslie, Elisabeth Hiller. Durante el proceso de desarrollo inicial del MOCUPP se recibieron delegaciones oficiales de gobiernos interesados en el concepto quienes brindaron aportes importantes al sistema por eso merecen agradecimiento los delegados de las misiones de cooperación sur-sur a Costa Rica de los gobiernos de Paraguay, Madagascar, Cote D'Ivoire y Marruecos. Al equipo de PNUD en Costa Rica especialmente Ana Leonor Herrera, Kryssia Brade, Gerardo Quiros, Diana Ramírez, Lina Cruz, y todos los funcionarios de Operaciones de PNUD Costa Rica.

Corrección y estilo: Thais Aguilar

Diseño y diagramación: Giovanni Buitrago



Presentación



Los sistemas de información ambiental robustos favorecen a la gobernabilidad y permiten que países como Costa Rica avancen en el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

Por eso, el Ministerio de Ambiente y Energía se propuso consolidar el Sistema Nacional de Información Ambiental por medio de varias gestiones realizadas desde el año 2014. Iniciamos con la emisión de directrices para ordenar la gestión de información por parte de instituciones públicas por medio de la coordinación del Centro Nacional de Información Geo-ambiental (CENIGA) se ordenó la creación del Sistema Nacional de Monitoreo de la Dinámica de Uso de la Tierra (SINAMOCUTE) así como el Sistema Nacional de Métrica de Cambio Climático (SINAMECC).

MOCUPP, el Monitoreo de Cambio de Uso de Paisajes Productivos, es un componente fundamental de estos sistemas de información ambiental. Constituye una estrategia de articulación institucional y de generación de imágenes anuales sobre la cobertura total de cultivos específicos, y generación de imágenes sobre pérdida o ganancia de cobertura forestal de predios privados a nivel nacional y a bajo costo.

MOCUPP se basa en varias premisas. La primera, que se pueden utilizar imágenes satelitales de bajo costo o gratuitas para identificar si hay aumento o disminución de áreas utilizadas para crecer cultivos, o para determinar si se cumple o no con la Ley Forestal.

Segunda, el procesamiento anual de esas imágenes se puede hacer con profesionales nacionales por medio de institutos especializados neutrales, como en el caso del Laboratorio PRIAS de Costa Rica, en donde son las universidades públicas quienes procesan imágenes.

Tercera, un sistema de información sobre cobertura total de cultivos y sobre pérdida y ganancia de cobertura forestal como MOCUPP puede convertirse en una herramienta de gestión del territorio si esos mapas son publicados sobre capas de tenencia de la tierra de manera periódica y pública.

Cuarto, un sistema de monitoreo anual de pérdida y ganancia de cobertura forestal en predios privados amerita inversiones en tres lugares: I) en la generación de mapas de cobertura cada año; II) en el mantenimiento de un visor cartográfico que permita vincular esa información con tenencia de la tierra (el caso del Sistema Nacional de Información Territorial); y III) avanzar la digitalización del catastro nacional para que la tenencia de tierra del 100% del territorio productivo del país pueda ser monitoreado.

Quinta, el MOCUPP genera beneficios al Estado y al Sector Privado. Permite al gobierno bajar costos de verificación de cumplimiento de la Ley Forestal, al facilitar que funcionarios identifiquen cada año los lugares de incumplimiento de la ley asociados a tenencia de tierra específica. MOCUPP también permite que a muy bajo costo se puedan certificar fincas como predios privados libres de deforestación, para que los usuarios de esas fincas puedan mejorar su competitividad al exportar.

Más que una tecnología compleja, MOCUPP representa una estrategia de monitoreo y de gestión del territorio que es práctica, de bajo costo y replicable. Por eso describimos aquí su lógica, sus productos, alcances y costos de la manera más transparente posible para que otros países puedan seguir el camino de Costa Rica y empezar a monitorear anualmente la dinámica de uso de la tierra como forma de hacer cumplir los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los compromisos asumidos ante las Convenciones de Cambio Climático, Biodiversidad y Combate a la Desertificación y Degradación de la Tierra.

Dr. Edgar Gutiérrez Espeleta,
Ministro de Ambiente y Energía de Costa Rica

I. Contenido

I.	Contenido	3
II.	Introducción	5
III.	Antecedentes	7
IV.	Normativa vigente aplicable al MOCUPP	8
V.	Vinculación del MOCUPP con el Plan Nacional de Desarrollo y la visión a largo plazo del desarrollo sostenible en Costa Rica.	11
VI.	MOCUPP como parte del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)	13
VII.	Marco estratégico al 2020 del Monitoreo de Cambio de Uso de la Tierra en Paisajes Productivos	14
VIII.	Articulación estratégica entre socios con roles y competencias complementarias	16
IX.	Componente 1: Generación Anual de Mapas de Cobertura de la Tierra de Materias Primas de exportación (Commodities) y determinación de pérdida y ganancia de cobertura forestal.	18
	Líder de Componente: Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología	18
	Recurso humano y técnico de PRIAS asignado	18
	Estado de la cuestión: Teledetección de cobertura forestal en paisajes productivos	18
	Procedimiento de elaboración de mapas de cobertura de la tierra de materias primas de exportación (commodities) para monitoreo anual a nivel nacional	21
	Delimitación de Paisajes Productivos: Área total a ser monitoreada anualmente	21
	Selección de sensor remoto principal y acciones complementarias para monitoreo anual	22
	Corrección radiométrica	25
	Corrección atmosférica	25
	Corrección geométrica	25
	Clasificación de imágenes	25
	Generación y reducción de firmas espectrales	26
	Clasificación automatizada (no supervisada)	27
	Clasificación avanzada (supervisada)	27
	Validación	28
	Generación de mapas a partir de imágenes	28
	Determinación de pérdida y ganancia de cobertura	29
	Imágenes y procesamiento	29
	Análisis de cambio en la cobertura de la tierra	31
	Análisis de restricciones legales y ambientales. Ley Forestal	32

	Pérdida de cobertura forestal en paisajes productivos de piña 2000-2015	34
X.	Componente 2: Generación información de tenencia de tierra disponible en mapas catastrales en línea.	37
	Líder de componente: Dirección de Registro Inmobiliario y Registro Nacional.	37
	El sistema de registro de Costa Rica.	37
	Avance del catastro en la publicación de datos de tenencia.	38
XI.	Componente 3: Visor cartográfico que relacione mapas cobertura de la tierra de paisajes productivos con información de tenencia de manera periódica y pública.	41
	Fundamento legal y técnico para el desarrollo del SNIT. Decreto 37773	41
	Infraestructura tecnológica y capacidad instalada.	44
	Capacidad de respuesta.	44
	Estadísticas.	45
	Demanda.	46
	Información publicada. Generadores Internos y externos.	47
XII.	Beneficios y Ventaja Comparativa del MOCUPP	51
	Identificación de expansión ilegal de frontera agrícola.	51
	Monitoreo de pérdida y ganancia de cobertura forestal por mancha urbana.	52
	Certificación de unidades productivas libres de deforestación.	53
	Reducir costo estatal de verificar cumplimiento de la Ley Forestal.	54
XIII.	Estrategia de consolidación financiera a largo plazo.	55
XIV.	Bibliografía.	59

II. Introducción

El monitoreo de cambio de uso de la tierra en paisajes productivos vinculado a tenencia (MOCUPP) es una herramienta para manejar sosteniblemente los territorios en los que se cultivan materias primas agrícolas de exportación en todo el país. Fortalece la capacidad del sector público de ordenar el territorio al identificar cada año, de manera digital y a bajo costo, la cobertura total de materias primas que pueden ser teledetectadas usando sensores remotos¹. Identifica también, los focos de deforestación o regeneración de bosque cada año lo cual permite generar incentivos para que aumente la cobertura forestal en predios privados. Con esta herramienta los costarricenses podrán diferenciar a las unidades productivas libres de deforestación sin ningún costo para los productores o compradores, contribuyendo a así con la competitividad del país al facilitar su posicionamiento como agroexportador en desarrollo sostenible, cumpliendo con ello varias metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

La estrategia de MOCUPP es articular, aprovechar y optimizar las competencias y habilidades técnicas de tres entidades: I) PRIAS-CeNAT; II) la Dirección de Registro Inmobiliario (DRI) y III) la unidad del Instituto Geográfico Nacional que maneja el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

Estas tres instancias, en coordinación con el Centro Nacional de Información Geoambiental del MINAE (CENIGA), generan anualmente los siguientes productos para el Sistema Nacional de Información Ambiental:

1. Mapas de cobertura nacional total de materias primas agrícolas de exportación diferenciables por teledetección.
 - a. Cobertura total de piña (partiendo de un año de referencia 2015)
 - b. Cobertura total pastura (año de referencia 2017)
 - c. Cobertura total caña de azúcar (año de referencia 2018)
 - d. Cobertura total palma africana (partiendo de un año de referencia 2019)
 - e. Del año 2020 en adelante todas las materias primas, todos los años.
2. Mapas de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre los mapas de cobertura de materias primas.
 - a. En el 2017, línea de base de pérdida y ganancia cobertura forestal 2000-2015 en el paisaje productivo de piña, seguido de análisis anual de pérdida y ganancia.
 - b. En el 2018, línea de base de pérdida y ganancia cobertura forestal 2000-2016 paisaje productivo de pasturas, seguido de análisis anual de pérdida y ganancia.
 - c. En el 2019, línea de base de pérdida y ganancia cobertura forestal 2000-2018 paisaje productivo de caña de azúcar, seguido de análisis anual de pérdida y ganancia.
 - d. En el 2020, línea de base de pérdida y ganancia cobertura forestal 2000-2015 paisaje productivo de palma africana, seguido de análisis anual de pérdida y ganancia.
 - e. Del año 2020 en adelante, mapas de pérdida y ganancia cobertura forestal para las cuatro materias primas citadas, todos los años, usando de referencia el año anterior.
3. Un estudio piloto de cobertura de mancha urbana y de pérdida y ganancia de cobertura forestal alrededor del Corredor Biológico Interurbano María Aguilar, para determinar viabilidad de monitoreo anual de mancha urbana en el país a partir del 2020.

Los mapas son generados por PRIAS y son publicados a través del Sistema Nacional de Información Territorial; esto permite a cualquier usuario vincularlos con información registral de tenencia específica de fincas en las zonas del territorio nacional en que se cuente con el catastro oficializado. La difusión pública de la información geoespacial sobre cobertura de materias primas; y pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre estos mapas, permite evitar la deforestación en dos vías.

En primer lugar, las instituciones del sector público con el mandato de hacer valer la Ley Forestal y demás normativa de carácter ambiental, como el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), al publicarse los mapas generados por el MOCUPP, podrán todos los años procesar los incumplimientos y planear giras de verificación en sitios específicos definidos por sus coordenadas, reduciendo así el costo de la inversión pública en control. También, el mismo SINAC y otras instituciones de MINAE, como el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) y las municipalidades, podrán aprovechar los mapas anuales para planificar y aumentar esquemas de incentivos como pagos por servicios ambientales, o pagos por servicios ecosistémicos.

En segundo lugar, el sector privado puede aprovechar el sistema para diferenciarse ante compradores internacionales comerciando materias primas que provienen de fincas libres de deforestación. MOCUPP no le genera ningún costo a los dueños de tierra o a los productores, simplemente genera una herramienta de acceso público que puede utilizarse para demostrar, por ejemplo, que la producción de piña o caña de azúcar proviene de una finca compuesta de varias propiedades con bosque que permanece intacto a lo largo del tiempo; o para demostrar que la producción de carne o lácteos de una determinada finca está siguiendo recomendaciones Programa de Ganadería Baja en Emisiones del MAG (NAMA Ganadería), de usar cercas vivas y métodos silvopastoriles recomendados. Con esto los productores pueden diferenciar su producto y recibir mejores precios.

Este documento provee una descripción estratégica, legal, técnica y financiera del MOCUPP; el punto de partida es la normativa vigente que respalda el desarrollo del MOCUPP, seguido por la relación que tiene esta herramienta con el Plan Nacional de Desarrollo actual, y otras políticas ambientales como la Política Nacional de Biodiversidad, la Política de Áreas Silvestres Protegidas, la Estrategia Nacional de Cambio Climático y su plan de acción entre otras. Esta sección concluye que, MOCUPP sigue la visión de desarrollo sostenible que ha sostenido el país por muchos años, y a lo largo de muchas administraciones políticas. El documento continúa con un resumen de los objetivos y resultados esperados, seguido de una descripción de la articulación estratégica, entre tres entidades independientes, pero funcionando y creciendo juntas para proveer un servicio de monitoreo de cambio de uso de paisajes productivos anual a nivel nacional, primero de su tipo en el mundo. Se aborda en un apartado técnico el procedimiento de generación de mapas de pérdida y ganancia y cobertura total por materia primas diferenciables con teledetección. Finalmente, el último apartado presenta un esquema de consolidación del sistema, con el financiamiento internacional que se ha obtenido hasta la fecha, e identificando los recursos que se han de movilizar para su funcionamiento a largo plazo. La transparencia con la que se muestran los datos de costos obedece a la intención de demostrar que se trata de una inversión de bajo costo y alto significado cuando se compara con otras inversiones ordinarias, y considerando el ahorro que genera esta herramienta al quehacer de control de Ley Forestal y otras normativas de carácter ambiental, que ejerce el MINAE y otras entidades del sector público. El documento está diseñado para mostrar todos los componentes y costos del MOCUPP de manera que otros países puedan estudiar, replicar y mejorar la herramienta costarricense. De esta forma más y más países agroexportadores, con bosque que proteger, podrán realizar un monitoreo de cobertura de cultivos y cobertura forestal asociada a tenencia de tierra de manera anual, permanente y de bajo costo.

III. Antecedentes

El Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos vinculado a tenencia (MOCUPP) es una idea que surgió de un proceso de diálogo democrático que dirigieron los Ministerios de Ambiente y Energía y Agricultura y Ganadería de Costa Rica entre los años 2011 y el 2015. Se trató de un proceso facilitado por PNUD y gestionado por más de 1.000 participantes del sector público, sociedad civil y sector privado orientado a promover acciones conjuntas para mejorar el desempeño ambiental y social de la cadena productiva de piña de Costa Rica. Dicho proceso culminó con la firma presidencial del Decreto No. 39462 MAG-MINAE-MTSS que oficializa para el sector público las acciones contenidas en un Plan Nacional de Acción de Producción y Comercio Responsable de Piña. Entre las acciones del plan figuran las tareas de i) “establecer un sistema público de información sobre el uso del suelo y el respeto de la legislación a nivel de finca” y el de “desarrollar un programa de control y registro de las áreas de protección adyacentes a las fincas productoras”.

El Programa de Green Commodities (GCP), unidad responsable del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) de facilitar al MINAE y el MAG el desarrollo del referido plan, diseñó en el año 2014, el concepto original del MOCUPP como una herramienta que permitiera a Costa Rica cumplir con las citadas tareas. Este primer concepto implicó una inversión inicial de \$60.000 para realizar un estudio preliminar del MOCUPP. Es ese momento que se contactó al Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT) como socio de la iniciativa y a mediados de ese año, PNUD vincula la idea de MOCUPP más ampliamente con el proceso de definición de la Estrategia Nacional de REDD de Costa Rica, al constatarse que es una herramienta muy poderosa para combatir la deforestación asociada con materias primas agrícolas.

En el año 2015, el MINAE, a través de Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), solicitó un apoyo específico al Programa ONU REDD (TS2) para realizar estudios e inversiones requeridas para finalizar el diseño de la referida Estrategia Nacional REDD; dentro de las actividades a ser financiadas se incluyó una segunda inversión para crear el MOCUPP. Se costó así el trabajo del Laboratorio PRIAS para generar un mapa de cobertura de piña en Costa Rica por medio del desarrollo de firma espectral para ese cultivo y el uso de clasificación avanzada como método de análisis. Este mapa ya es visible a través del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT)².

A lo largo del desarrollo de ese mapa de cobertura (2015-2016), el Programa de Green Commodities de PNUD continuó trabajando en el concepto de MOCUPP en una estrecha coordinación con el Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA), principalmente en labores de articulación institucional vinculadas con MOCUPP.

En el año 2016, el MINAE, que en esta administración se ha propuesto la consolidación del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA), solicitó al PNUD formular el proyecto Conservación de la Biodiversidad a través del manejo sostenible en paisajes productivos en Costa Rica para optar por financiamiento ante el Fondo Medio Ambiente Mundial (GEF). Este proyecto, aprobado por el GEF en Julio 2016, consolida MOCUPP y aporta financiamiento, entre otras cosas, para los principales productos del sistema hasta el año 2020. De esta forma el MINAE, bajo liderazgo de CENIGA y con el apoyo del Programa Green Commodities del PNUD, y del Programa ONU REDD desarrollan el funcionamiento y estrategia de consolidación de MOCUPP, tal y como se describe en este documento.

2. El SNIT cuenta con un visor cartográfico por internet (WMS) (<http://snitcr.go.cr/visor/>). El MOCUPP comparte los mapas de coberturas y de pérdida y ganancia tanto en el visor del SNIT como en el del CENIGA. En ambos casos los mapas de coberturas pueden ser visualizados desde un SIG cargando una capa WMS. <http://snitcr.go.cr/visor/>

IV. Normativa vigente aplicable al MOCUPP

La creación e implementación del MOCUPP cuenta con un amplio respaldo normativo. A nivel constitucional, encuentra sustento en el deber estatal de transparencia, publicidad y rendición de cuentas contenido en el artículo 11 de la Carta Magna; en los derechos de participación, petición y acceso a la información de interés público, tutelados respectivamente por los artículos 9, 27 y 30 de la Constitución de la República y, especialmente, en el derecho a un ambiente sano y ecológicamente equilibrado contenido en el artículo 50, el cual subsume el derecho al acceso efectivo a la información ambiental, a ser informado, y a su libre divulgación.

A nivel de derecho internacional, Costa Rica ha suscrito una gran cantidad de declaraciones, tratados y convenios que la obligan a poner en práctica sistemas de información ambiental, mantener la información actualizada y a suministrarle a sus ciudadanos un acceso adecuado a la misma. La Declaración de Río de Janeiro de 1992 sobre Medio Ambiente y Desarrollo³, en su principio 10, dispuso que toda persona debe tener acceso adecuado a la información sobre el medio ambiente de que dispongan las autoridades públicas y obliga a los Estados a facilitar y fomentar la sensibilización y participación de la población poniendo la información a disposición de todos. La Agenda 21,⁴ en su apartado 10.11, insta a reforzar los sistemas de información necesarios para la adopción de decisiones sobre el uso y la ordenación de las tierras y a evaluar los cambios futuros en esa esfera, así como a difundir de manera accesible la información ambiental adecuada para la toma de decisiones acerca de su uso y ordenación. Por su parte, la Declaración "El futuro que queremos" emanada de la Cumbre de Río+20⁵, reconoce la importancia del acceso a la información ambiental, así como la necesidad de disponer de información global, integrada y con base científica sobre el desarrollo sostenible, especialmente de datos basados en la tecnología espacial, la supervisión in situ y la información geoespacial, haciendo énfasis en la cartografía mundial y los esfuerzos en el desarrollo de sistemas mundiales de observación del medio ambiente. En esa misma línea, de las Directrices de Bali⁶ se desprende la obligación estatal de brindar acceso asequible, eficaz y oportuno a la información medioambiental, incluyendo legislación y políticas ambientales, y a crear sistemas de información sobre la calidad del medio ambiente e impactos ambientales sobre la salud.

A la vez, la Convención de Naciones Unidas de la lucha contra la desertificación en los países afectados por sequía grave o desertificación⁷, la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático⁸, Convención Internacional de Maderas Tropicales⁹, y los Convenios Regionales sobre Cambios Climáticos¹⁰ y para el Manejo y Conservación de Ecosistemas naturales forestales y el desarrollo de plantaciones forestales¹¹, establecen la obligación de crear sistemas de información e inventarios nacionales en materia de suelos y bosques¹².

3. Adoptada en la Conferencia de Naciones Unidas sobre Medio Ambiente y Desarrollo, llevada a cabo en Río de Janeiro, en junio de 1992.

4. Programa 21 es un plan de acción exhaustivo que habrá de ser adoptado universal, nacional y localmente por organizaciones del Sistema de Naciones Unidas, Gobiernos y Grupos Principales de cada zona en la cual el ser humano influya en el medio ambiente. Fuente: <http://www.un.org/spanish/esa/sustdev/agenda21/>

5. Adoptada durante la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo Sostenible que tuvo lugar en Río de Janeiro, en junio de 2012.

6. Directrices para la Elaboración de legislación nacional sobre el acceso a la información, la participación del público y el acceso a la justicia ambientales del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente, 2010.

7. Ley número 7699 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 211 del 03 de noviembre de 1997.

8. Ley número 7414 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 126 del 04 de julio de 1996.

9. Ley número 7143 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 158 del 20 de agosto de 2013.

10. Ley número 7513 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 128 del 06 de julio de 1995.

11. Ley número 7572 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 47 del 06 de marzo de 1996

12. Además, a nivel de derecho internacional regulador del libre comercio y la inversión, tanto el Tratado de Libre Comercio entre Centroamérica, República Dominicana y los Estados Unidos, como el Acuerdo de Cooperación con la Unión Europea, obligan al país a aplicar de manera efectiva legislación ambiental y al mantenimiento, desarrollo o mejora de metas e indicadores de desempeño ambiental..

A nivel de derecho interno, la Ley General de Control Interno¹³ obliga a las instituciones estatales a contar con sistemas de información que permitan a la administración activa tener una gestión documental institucional. En concordancia con lo anterior, la Ley Orgánica del Ambiente¹⁴ en su artículo 2, dispone el deber estatal de crear sistemas de información con indicadores ambientales destinados a medir la evolución y la correlación con los indicadores económicos y sociales, mientras que por medio de los artículos 28 al 31 ordena integrar la variable ambiental al ordenamiento territorial.

Por su parte, la obligación de control, vigilancia y monitoreo sistemático de los bienes ambientales ubicados tanto dentro del patrimonio natural del Estado¹⁵ como en terrenos privados, sean recursos hídricos, humedales, suelos, bosques, flora y fauna silvestre, diversidad biológica, así como de la gestión de residuos, deviene la propia Ley Orgánica del Ambiente (artículos 41, 48, 50, 52 y 53), de la Ley Forestal¹⁶ (artículos 1, 18, 19, 33, 34, 58, 59, 60, 61, 62 y 63), Ley de Aguas¹⁷ (artículos 1, 3, 148, 149 y 150), Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos¹⁸ (1, 2, 3, 51 y 52), Ley de Biodiversidad¹⁹ (artículos 6, 8, 89 y 90), Ley de Conservación de Vida Silvestre²⁰ (3, 90, 98, y 100) y Ley de Gestión Integral de Residuos²¹ (artículos 5, 17 y 18). En sentido similar, el Plan Nacional de Ordenamiento Territorial (PLANOT 2014-2020)²² ordena consolidar el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) y garantizar el acceso universal a la información de gestión del territorio, mientras que la Estrategia Nacional de Cambio Climático (ENCC)²³ y su Plan de Acción, además de buscar evitar el cambio de uso de suelo en ecosistemas boscosos, ordena el control y fiscalización efectivo de la cobertura boscosa mediante inventarios nacionales.

Cabe destacar que tratándose de terrenos privados, tanto la prohibición de cambio de uso de suelo forestal²⁴ como la instauración de las áreas de protección del recurso hídrico²⁵, han encontrado total respaldo por parte de la jurisprudencia constitucional que las ha considerado típicas limitaciones de interés social al derecho de propiedad, teniendo sostén en el artículo 45 constitucional.²⁶ De ahí que su control, fiscalización y vigilancia, así como la difusión de información relacionada con su estado de conservación, se constituyen en una obligación de carácter estatal.

En materia de ambiente, ordenamiento territorial y salud, Costa Rica cuenta actualmente con varios sistemas de información en operación,²⁷ entre ellos destacan, el Sistema Nacional de Información Ambiental (SNIA),²⁸ Catastro Nacional²⁹ y el Sistema de Información Territorial (SNIT),³⁰ este último, de acuerdo con su decreto ejecutivo de

13. Ley número 8292 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 169 del 04 de setiembre de 2002.

14. Ley número 7554 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 215 del 13 de noviembre de 1995.

15. Artículo 13 Ley Forestal: Constitución y administración. El patrimonio natural del Estado estará constituido por los bosques y terrenos forestales de las reservas nacionales, de las áreas declaradas inalienables, de las fincas inscritas a su nombre y de las pertenecientes a municipalidades, instituciones autónomas y demás organismos de la Administración Pública, excepto inmuebles que garanticen operaciones crediticias con el Sistema Bancario Nacional e ingresen a formar parte de su patrimonio. El Ministerio del Ambiente y Energía administrará el patrimonio. Cuando proceda, por medio de la Procuraduría General de la República, inscribirá los terrenos en el Registro Público de la Propiedad como fincas individualizadas de propiedad del Estado. Las organizaciones no gubernamentales que adquieran bienes inmuebles con bosque o de aptitud forestal, con fondos provenientes de donaciones o del erario, que se hayan obtenido a nombre del Estado, deberán traspasarlos a nombre de este.

16. Ley número 7575 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 72 del 16 de abril de 1996.

17. Ley número 276 del 27 de agosto de 1942.

18. Ley número 7779 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 97 del 21 de mayo de 1998.

19. Ley número 7788 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 101 del 27 de mayo de 1998.

20. Ley número 7317 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 235 del 07 de diciembre de 1992.

21. Ley número 8839 publicada en el Diario Oficial La Gaceta número 135 del 13 de julio de 2010.

22. Disponible en: <http://www.mivah.go.cr/PNOT.shtml>.

23. Decreto Ejecutivo número 39114 publicado en el Diario Oficial La Gaceta número 117 del 10 de setiembre de 2015.

24. Artículos 19, 33 y 34 de la Ley Forestal.

25.

26. Al respecto pueden consultarse los votos constitucionales 4545-1996, 6054-2008, las resoluciones 199-2010 y 858-2012 de la Sala Primera, y la sentencia 366-2003 del Tribunal Superior de Casación Penal.

27. Sistema Información Geográfico institucional, Sistema de Información de los Recursos Forestales (SIREFOR), Sistema Nacional para la Gestión Integral de Residuos, Sistema de Información en Salud (SIVEI), y actualmente se trabaja en el diseño, desarrollo e implementación de un Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico.

28. Decreto Ejecutivo número 37658 publicado en el Diario Oficial La Gaceta número 93 del 16 de mayo de 2013.

29. Ley número 6545 del 25 de marzo de 1981.

30. Decreto Ejecutivo número 37773 publicado en el Diario Oficial La Gaceta número 134 del 12 de julio de 2013.

constitución, tiene como objetivo general promover la generación de productos, servicios e información geográfica georreferenciada de cubrimiento nacional, regional y local y publicar en forma integrada y georreferenciada la información territorial producida por entes y órganos públicos, así como por personas privadas, físicas o jurídicas, y uniformar la información geoespacial estandarizada en el marco de una infraestructura de datos común.

A raíz de lo anterior, el SNIT se constituye en el medio legal y plataforma de difusión de la lámina de cambio de regeneración o cambio de uso de la tierra del MOCUPP, en la medida que el propio decreto constitutivo del SNIT obliga al Poder Ejecutivo a publicar, a través de dicho sistema, toda la información territorial geo-referenciable estandarizada que genere, administre y gestione, pudiendo convenir con las instituciones autónomas y semiautónomas, las municipalidades y las empresas públicas la publicación de aquella información territorial georreferenciable que administren, gestionen y construyan.³¹

La información que nutre el MOCUPP, y que es objeto de difusión a través del SNIT, es de naturaleza, carácter e interés público, lo anterior por formar parte de documentos que integran el patrimonio científico y cultural de la Nación,³² por tratarse de información sobre un derecho humano de incidencia colectiva como lo es el ambiente,³³ y además, por recaer sobre bienes ambientales de dominio público³⁴ o declarados de interés público por el ordenamiento jurídico.³⁵ De ahí que, su acceso efectivo y divulgación se constituyen en una obligación estatal en aras de garantizar el derecho a la participación ambiental y de permitir la fiscalización y vigilancia de las entidades estatales,³⁶ únicamente limitado por los secretos de Estado, derechos de propiedad intelectual³⁷ y por el derecho a la autodeterminación informativa.³⁸ En virtud de ello, no genera responsabilidad penal, civil ni administrativa, la publicación o transmisión de información de interés público, o documentos públicos que se encuentran en registros o bases de datos públicas y que se hayan obtenido de conformidad al ordenamiento jurídico y a las limitaciones establecidas por el legislador.³⁹

Entonces, es posible concluir que el acceso efectivo y divulgación de la información ambiental constituyen una obligación estatal en aras de garantizar el derecho a la participación ambiental y de permitir la fiscalización y vigilancia de las entidades estatales. Por lo anterior el MOCUPP podría considerarse formalmente como una herramienta de interés público.

31. El Reglamento a la Ley de Protección al ciudadano del exceso de requisitos y trámites administrativos, a través del principio de coordinación interinstitucional, obliga a las instituciones estatales a intercambiar información, de forma selectiva y con estricto apego al criterio de pertinencia. //A través del Informe de Fiscalización DFOE-12-2014, la Contraloría General de la República ordenó al MINAE, SINAC y al Instituto Geográfico integre en el Sistema Nacional de Información Territorial toda la información georreferenciable estandarizada que genere, administre y gestione el Poder Ejecutivo, y aquella que convenga con otras instituciones, relativa al proceso de elaboración y aprobación de planes reguladores, y dar acceso a los usuarios.

32. Artículo 3 de la Ley del Sistema Nacional de Archivos

33. Al respecto pueden consultarse los votos constitucionales: 2238-1996, 1518-2003, 6322-2003, 7789-2010 y 5615-2015.

34. El artículo 50 de la Ley Orgánica del Ambiente y los artículos 1 y 3 de la Ley de Aguas disponen el dominio público sobre las aguas; los artículos 1 y 18 de la Ley Forestal establecen la demanialidad del Patrimonio Natural del Estado; La Ley de Biodiversidad en su artículo 6 dispone el dominio público sobre la diversidad biológica y el numeral 3 de la Ley de Conservación de la Vida silvestre la demanialidad de la fauna silvestre.

35. Los conservación y uso racional de los humedales fue declarada de interés público a través del artículo 41 de la Ley Orgánica del Ambiental; el uso sostenible de los bosques en terrenos privados por el artículo 48 Ley Orgánica del Ambiente y 19, 33 y 34 Ley Forestal; el interés público en el uso, manejo y conservación de suelos por el artículo 53 de la Ley Orgánica del Ambiente y el numeral 3 Ley de Uso, Manejo y Conservación de Suelos; y por último, la flora silvestre es de interés público según el artículo 7 de Ley de Conservación de Vida Silvestre.

36. El derecho de petición se encuentra tutelado por el artículos 11, 27 y 30 de la Constitución Política, así como por la Ley de Regulación del Derecho Petición y por el Reglamento Ley de Protección al ciudadano del exceso de requisitos y trámites administrativos.

37. Al respecto pueden consultarse los votos constitucionales 1518-2003, 7789-2010 y 5615-2015, así como el artículo 273 de la Ley General de la Administración Pública.

38. El derecho a la autodeterminación informativa se encuentra regulado en la Ley de Protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales y por el voto constitucional número 5615-2015.

39. Al respecto puede consultarse el voto constitucional 5616-2015.

V. Vinculación del MOCUPP con el Plan Nacional de Desarrollo y la visión a largo plazo del desarrollo sostenible en Costa Rica.

La consolidación del monitoreo de cambio de uso de la tierra en paisajes productivos vinculado a tenencia (MOCUPP) como parte del Sistema Nacional de Información Ambiental es una forma de lograr varios resultados esperados del Plan Nacional de Desarrollo Alberto Cañas Escalante 2014-2018 (PND), también contribuye al logro de la Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional (INDC) que Costa Rica presentó ante la Conferencia de las Partes de la Convención Marco de Naciones Unidas para el Cambio Climático en París, en diciembre del 2015.

MOCUPP es una herramienta clave para monitorear el avance del Programa de Reducción de Emisiones ante el Fondo Cooperativo de Carbono para los Bosques (FCPF), y es un ejemplo de articulación de iniciativas territoriales, sectoriales, públicas y privadas de reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI). También constituye una herramienta para generar condiciones habilitantes para la reducción de emisiones sectoriales de GEI; todo esto en apego a lo estipulado en el PND.

La herramienta permite abordar el resultado 1.4 del PND, relativo a la conservación terrestre bajo varios modelos de gobernanza ya que los decisores de la planificación territorial podrán verificar coberturas forestales en predios privados. Específicamente puede contribuir con la consolidación de la conservación en ecosistemas prioritarios que garantice el uso sostenible y distribución justa y equitativa de los beneficios del patrimonio genético, natural y cultural. Esto lo hace al facilitar el control de cobertura forestal en esos ecosistemas anualmente. MOCUPP, también puede contribuir con el manejo y saneamiento de la cuenca hidrográfica María Aguilar, otro eje de trabajo del PND, tomando como base el enfoque de planificación por cuenca hidrográfica por medio del desarrollo de mapas de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre ese corredor biológico inter-urbano, ya que con esta información puede entenderse cómo las personas afectan la vegetación de la ribera del río, lo cual afecta directamente la calidad del agua y el entendimiento de las prácticas productivas.

MOCUPP puede facilitar el logro de las metas al 2018 del PND de mantener anualmente, al menos, 300.000 has. de bosque y plantaciones sometidas al programa de Pago por Servicios Ambientales (PSA) en el territorio continental ya que facilita la verificación en campo de cobertura para FONAFIFO y SINAC. Asimismo, al permitir la publicación de pérdida y ganancia de cobertura forestal a través del SNIT, se contribuirá a crear espacios de participación de la sociedad civil ampliados que coadyuven en los procesos de protección, control y vigilancia de los recursos de la biodiversidad y recursos naturales del país. Esto también representa una ayuda para el cumplimiento del decreto DE-39660 que oficializa las políticas y criterios de priorización del pago de servicios ambientales en el país.

Por otra parte, MOCUPP facilita el cumplimiento de otros resultados contenidos en el PND que pertenecen a otros sectores estratégicos como el de desarrollo agropecuario y rural; o el de ciencia tecnología y telecomunicaciones. Un objetivo del PND es aumentar el valor agregado agropecuario, impulsando la mejora en la productividad y el desarrollo rural sostenible. La diferenciación que ofrece MOCUPP para que productores, sin ningún costo, puedan demostrar que sus unidades productivas están libres de deforestación ante compradores internacionales lo que favorece la competitividad agroexportadora del país. De esta manera, MOCUPP también contribuye con que las PYME agrícolas exportadoras para que usen tecnologías digitales con el fin de crear cadenas de valor en el comercio de bienes y servicios.

MOCUPP para que productores, sin ningún costo, puedan demostrar que sus unidades productivas están libres de deforestación ante compradores internacionales lo que favorece la competitividad agroexportadora del país. De esta manera, MOCUPP también contribuye con que las PYME agrícolas exportadoras para que usen tecnologías digitales con el fin de crear cadenas de valor en el comercio de bienes y servicios.

En su Contribución Prevista y Determinada a Nivel Nacional de Costa Rica (INDC), el país reafirma su aspiración de orientar su economía hacia la carbono neutralidad para el año 2021, como parte de sus acciones voluntarias previo al 2020. Bajo esta acción temprana, se han de reducir las emisiones generadas en paisajes productivos. El compromiso con la comunidad internacional es adaptar sus territorios al cambio climático, con enfoques de adaptación de ecosistemas y aumentando la cobertura forestal en un 60% del territorio nacional. Esta meta no pretende darse ampliando áreas protegidas, sino por medio de la generación de más y mejores estímulos y herramientas que permitan ese aumento de esa cobertura en predios privados. Es en ese sentido que una herramienta como MOCUPP sería muy útil para medir el avance de las políticas públicas y de los esfuerzos país incluidos en el INDC. Esto también está en línea con el Marco Reforzado de Transparencia que se decidió y ratificó en el Acuerdo Climático de París.

MOCUPP, coincide con y facilita el logro de la visión de largo plazo que ha trazado el país, no solo en el PND vigente, sino que coincide con otros esfuerzos iniciados en administraciones anteriores, en temas relacionados con la carbono neutralidad, la competitividad y la imagen de marca país que dependen de una armonía entre producción y sostenibilidad.

El contexto internacional nos obliga a seguir manteniendo una armonía en esa relación y a informar a nuestros socios comerciales sobre ello. La Declaración de Nueva York sobre los Bosques del 2014, unió a gobiernos, empresas y actores de la sociedad civil, incluyendo organizaciones de pueblos indígenas, con el objetivo de reducir a la mitad la pérdida anual de bosques naturales para el 2020, y a esforzarse para alcanzar la deforestación cero en el 2030. Como parte de este proceso, los principales comerciantes de materias primas del mundo han establecido políticas de compra para eliminar la deforestación de sus cadenas productivas. Esto tiene repercusiones en nuestro desarrollo, por lo que herramientas como MOCUPP son oportunas para nuestra competitividad ambiental. El MOCUPP también puede servir como ejemplo a seguir por otros países con circunstancias nacionales similares, para cumplir con la Declaración de Nueva York.



VI. MOCUPP como parte del Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA)

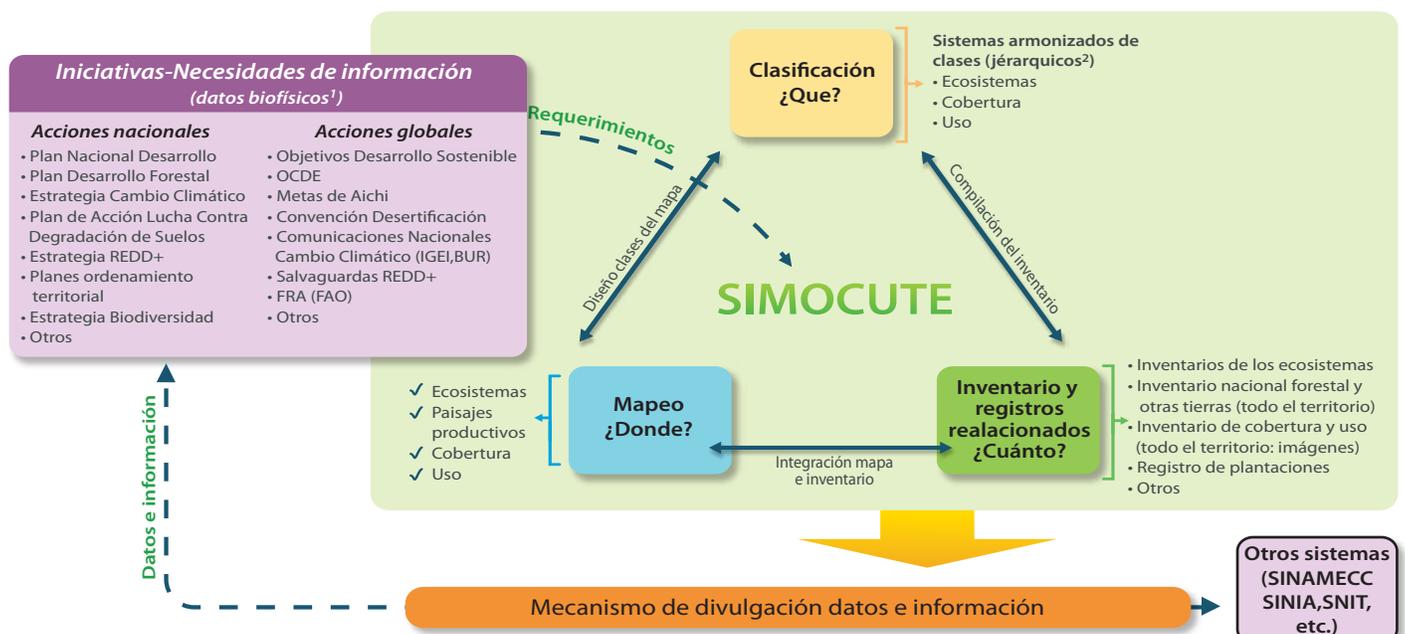
El Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA) fue creado en el año 2001 con el Decreto No. 29540, como una unidad técnica del MINAE orientada a promover una adecuada gestión de la información ambiental nacional. Su principal tarea es consolidar y coordinar al Sistema Nacional de Información Ambiental (SINIA). SINIA se constituye como la plataforma oficial de coordinación y vinculación institucional y sectorial del Estado costarricense para facilitar la gestión y la distribución del conocimiento de la información ambiental nacional.

La directriz DM 480-14 ordena a instancias del MINAE coordinar con el CENIGA la identificación de toda aquella información estadística y geo-espacial bajo los estándares metodológicos que defina el CENIGA. CENIGA también es responsable de mantener la representación de las Dependencias del MINAE en el Comité Institucional de Información (CII) del SINIA.

La directriz también ordena a la institucionalidad ambiental a coordinar con el CENIGA, la forma en que deben interactuar los nuevos proyectos de sistemas de información institucionales

En el año 2015, una nueva directriz ministerial del Ministro de Ambiente, la DM-417-2015, ordena a CENIGA a desarrollar un Sistema de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE). De esta forma es que MOCUPP se vincula al SIMOCUTE y por ende al SINIA (diagrama 2). Originalmente gestado con apoyo del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), por medio del Programa Green Commodities, el MOCUPP se concibió como una herramienta especializada para verificar el cumplimiento de la ley forestal en paisajes productivos de materias primas de exportación. Operativamente, el MOCUPP y el SIMOCUTE comparten la misma geodatabase, lo que permite centralizar información satelital de alta importancia para el país. Asimismo, el MOCUPP llevando el análisis a una escala más fina, permite verificar los resultados del SIMOCUTE a nivel nacional, por lo que ambos sistemas se retroalimentan y sirven para la verificación independiente de la información.

Diagrama 1: Directriz ministerial DM-417-2015
Esquema del Sistema de Monitoreo de la Cobertura y uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE)



1. Indicadores sociales y económicos serán provistos por otros nodos del SINIA o desarrollados en una fase posterior
 2. Exhaustivos, mutuamente excluyentes

VII. Marco estratégico al 2020 del Monitoreo de Cambio de Uso de la Tierra en Paisajes Productivos

Objetivo:

Fortalecer la capacidad del sector público de ordenar el territorio y manejar sosteniblemente los paisajes productivos, contribuyendo a así con la competitividad del país al facilitar su posicionamiento como agroexportador libre de deforestación.

Objetivos específicos:

1. Identificar cada año, de manera digital y a bajo costo, la cobertura total de cultivos en el territorio nacional y los focos de deforestación o regeneración de bosque cada año en predios privados.
2. Diferenciar a las unidades productivas libres de deforestación sin ningún costo para los productores o compradores.
3. Proveer mapas de cobertura de materias primas y pérdida y ganancia de cobertura forestal a través del Sistema Nacional de Información Territorial de manera que permita ahorrar costos de gestión y de promoción de incentivos ambientales a las municipalidades, MINAE, al FONAFIFO y al sector privado.

Indicadores:

1. Mapas de cobertura nacional total de materias primas agrícolas de exportación diferenciables por teledetección.

Metas:

- a. Cobertura total de piña (partiendo como año de referencia 2015)
 - b. Cobertura total pastura (año de referencia 2017)
 - c. Cobertura total caña de azúcar (año de referencia 2018)
 - d. Cobertura total palma africana (partiendo como año de referencia 2019)
 - e. Del año 2020 en adelante todas las materias primas, todos los años.
2. Mapas de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre los mapas de cobertura de materias primas.

Metas:

 - a. En el 2017, línea de base de pérdida y ganancia de cobertura forestal 2000-2015 en el paisaje productivo de piña, seguido de análisis anual de la pérdida y ganancia.
 - b. 2018, línea de base de pérdida y ganancia de cobertura forestal 2000-2016 en el paisaje productivo de pasturas, seguido de análisis anual de pérdida y de ganancia.
 - c. 2019, línea de base de pérdida y ganancia de cobertura forestal 2000-2018 en el paisaje productivo de caña de azúcar, seguido de análisis anual de pérdida y de ganancia.
 - d. 2020, línea de base de pérdida y ganancia de cobertura forestal 2000-2015 en el paisaje productivo de palma africana, seguido de análisis anual de pérdida y de ganancia.
 - e. Del año 2020 en adelante, mapas de pérdida y ganancia cobertura forestal para las cuatro materias primas citadas, todos los años, usando de referencia el año anterior.
 3. La realización de un estudio piloto de cobertura de mancha urbana y de pérdida y ganancia de cobertura forestal alrededor del Corredor Biológico Interurbano María Aguilar, para determinar la

viabilidad del monitoreo anual de mancha urbana en el país a partir del 2020.

Meta:

Estudio de viabilidad y costos de monitoreo de mancha urbana como parte del MOCUPP.

Medios de verificación: *Visor cartográfico del Sistema Nacional de Información Territorial*

Año	Piña	Pasturas	Caña de azúcar	Palma aceitera
2016	Línea de Base 2000-2015 de perdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero			
	Cobertura total de piña 2015			
2017	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2015-2016	Línea de Base 2000-2016 de perdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para pastura sin árboles		
	Cobertura total de piña 2016			
2018	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2016-2017	Cobertura total paisaje productivo pasturas sin árboles 2017		
	Cobertura total de piña 2017			
2019	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2017-2018	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para pastura sin árboles 2017-2018	Línea de Base 2005-2018 de perdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para caña de azúcar	
	Cobertura total de piña 2018	Cobertura total de paisaje productivo para pasturas sin árboles 2018	Cobertura total de paisaje productivo para caña de azúcar 2018	
2020	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2018-2019	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para pasturas sin árboles 2018-2019	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para caña de azúcar 2018-2019	Línea de Base 2005-2016 de perdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para palma aceitera
	Cobertura total de piña 2019	Cobertura total de paisaje productivo para pasturas sin árboles 2019	Cobertura total paisaje productivo para caña de azúcar 2019	Cobertura total de paisaje productivo para palma aceitera 2019

Nota:

El MINAE ha movilizadofinanciamiento del Fondo de Medio Ambiente Mundial (GEF) para todos los productos al 2020, año para el que se espera puedan ser incorporados en el presupuesto nacional.

VIII. Articulación estratégica entre socios con roles y competencias complementarias

El MOCUPP funciona a partir de la interacción de capacidades, destrezas y competencias de tres entidades descritas a continuación. Cada una de ellas cumple un rol que permite alcanzar el marco estratégico al 2020 aquí descrito. Por lo anterior, el MOCUPP se concibe como un sistema de tres componentes. Cada uno de estos opera de manera independiente, pero al integrarse generan los servicios y productos que hacen posible el monitoreo ideado para los paisajes productivos de todo el país. En la estrategia de consolidación financiera del MOCUPP se incorpora un presupuesto separado para las tareas de cada uno de estos componentes. Sin embargo, se recomienda que los recursos que puedan ser movilizados para el sistema contribuyan con los tres componentes. Es necesario no solo que se generen mapas de cobertura todos los años, sino que es igual de importante que el país siga avanzando en la generación de información de tenencia de la tierra disponible en mapas catastrales en línea. Asimismo, para el correcto funcionamiento del MOCUPP es igual de importante que estos mapas y esta información de catastro esté visible y se pueda procesar con un visor cartográfico ágil (SNIT). Por ejemplo, el MOCUPP está referido en la Estrategia Nacional REDD. Esto quiere decir que los recursos que devengue el país con el financiamiento REDD para MOCUPP, serán divididos en tres partes para cubrir los componentes que son responsabilidad de las siguientes entidades:

Coordinador de la articulación: El rol de articulación, control de calidad y apego a los criterios para generación de mapas geoespaciales será responsabilidad del Centro Nacional de Información Geoambiental del MINAE. CENIGA es, además, la responsable institucional del Sistema Nacional de Información Ambiental del país y fungirá como referente institucional de MOCUPP.

Componente 1: El primer componente es responsabilidad del Laboratorio del Programa de Investigaciones Aerotransportadas (PRIAS) perteneciente al Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT), que a su vez forma parte del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) de universidades estatales del país. PRIAS cuenta con recurso humano capacitado, así como y recursos tecnológicos y experiencia institucional en el procesamiento de información de sensores remotos. Su rol en el sistema es orientar parte de su recurso humano y técnico en la elaboración de los mapas de manera anual, siempre se trasladen los recursos definidos requeridos según la estrategia de consolidación financiera de MOCUPP.

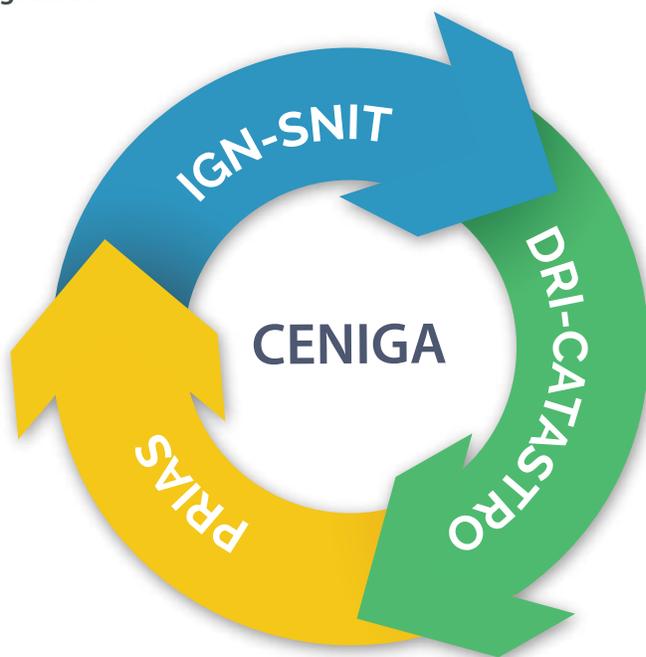
Componente 2: El segundo componente estará a cargo de la Dirección de Registro Inmobiliario (DRI) que pertenece al Registro Nacional y custodia la información de tenencia de tierra que es relacionable a los mapas que genera PRIAS cuando estos son publicados por a través del Sistema Nacional de Información Territorial. Es importante notar que no todos los predios privados del país pueden ser identificables a través del SNIT, esto porque ameritan un proceso de registro costoso que va siendo implementado de manera paulatina a lo largo del país por medio de aportes de presupuesto nacional o con apoyos internacionales como el Programa de Regularización de Catastro y Registro⁴⁰. Es estratégico para el correcto funcionamiento y consolidación del MOCUPP, que se organice con la Dirección de Registro Inmobiliario para coordinar inversiones y contar lo antes posible con todos los predios privados diferenciables desde el SNIT. Por eso el rol de DRI es continuar con sus labores ordinarias de registración al mismo tiempo que coordina sus esfuerzos en registración con el registro con el MOCUPP para procurar que los distritos estratégicos de producción de las materias primas sujetas de monitoreo, estén registrados. Otro rol de DRI será recibir parte de los fondos movilizados para el funcionamiento de MOCUPP de manera para avanzar la registración en distritos productivos estratégicos.

40. Ejecutado en cofinanciamiento con el BID, Ley No 8154

Componente 3: El tercer componente es responsabilidad del Instituto Geográfico Nacional (IGN), específicamente la unidad que maneja el Sistema Nacional de Información Geoambiental (SNIT). Se trata de un nodo de información con un visor en línea que permite la relación con tenencia que es crucial para la diferenciación comercial de unidades productivas libres de deforestación y para la generación de incentivos y control de deforestación. El correcto funcionamiento del nodo, y su crecimiento para acomodar información continua de pérdidas y ganancias y coberturas de paisaje productivo, es clave para el funcionamiento del MOCUPP. Por lo anterior el rol de IGN-SNIT será de proveer servicios de visor web para los mapas generados por PRIAS. Esto se ampara en el convenio entre CENAT-PRIAS y el Registro Nacional (Acuerdo J272-2015) entre el CENAT y el Registro Nacional. Los requerimientos de SNIT tienen que ver con formación del recurso humano existente y optimización del visor en línea.

Diagrama 3.

3 importantes instancias, trabajando juntas por el desarrollo del país.



IX. Componente 1: Generación Anual de Mapas de Cobertura de la Tierra de Materias Primas de exportación (Commodities) y determinación de pérdida y ganancia de cobertura forestal.

Líder de Componente: *Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología*

El Laboratorio PRIAS surge inicialmente como un Programa de Investigaciones Aerotransportadas y Sensores Remotos e in situ (PRIAS). Como programa fue creado el 27 de noviembre del 2003 en el seno del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT) dentro del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) y cuenta con un equipo de trabajo interuniversitario para realizar sus actividades. El objetivo de PRIAS es promover, facilitar y ejecutar proyectos de investigación y difusión académica, así como de vinculación empresarial en el campo de la geomática y misiones aerotransportadas utilizando sensores remotos e in situ, sistemas de información geográfica y sistema de posicionamiento global satelital.

El PRIAS ha desarrollado diferentes misiones y proyectos científicos en el país, entre los que destacan CARTA 2003 y 2005 (Costa Rica Airborne Research and Technology Applications), los cuales se realizaron con la Administración Nacional para la Aeronáutica y el Espacio de los Estados Unidos de América (NASA-USA). La primera Misión CARTA sentó las bases para establecer un Programa Nacional en octubre del año 2003, cuyo propósito era desarrollar y promover misiones científicas aerotransportadas para el mapeo con sensores remotos e in-situ y sus aplicaciones, con tecnología de punta en el país.

Recurso humano y técnico de PRIAS asignado

El Laboratorio PRIAS cuenta con personal con el perfil profesional con la experiencia y capacidad instalada del Laboratorio para el almacenamiento, procesamiento y análisis de imágenes y datos de diversos tipos (fotográficos, lidar, hiperspectrales, otros), tanto satelitales como aéreas y de campo. El equipo cuenta también con experiencia en el despliegue de misiones aerotransportadas, tanto con plataformas y sensores convencionales, como UAV's ⁴¹. Por último el Laboratorio cuenta con el equipamiento de hardware, software e infraestructura física y de red que brinda la máxima seguridad, robustez y eficiencia en la salvaguarda y trasiego de datos, tanto a nivel interno como externo.

Estado de la cuestión: *Teledetección de cobertura forestal en paisajes productivos*

A nivel mundial el estudio y análisis de la tenencia de la tierra, así como el cambio en la cobertura vegetal ha tomado fuerza en los últimos años, y los países de América Latina están realizando un esfuerzo a través de sus instituciones para recolectar y mantener actualizados las capas de información correspondientes a estas temáticas. A nivel global, existen múltiples programas permanentes de monitoreo de los bosques, tal como la Evaluación de los Recursos Forestales de la FAO. Otro ejemplo en el ámbito académico es el estudio de Hansen et al. 2013, el cual mapeó 2,3 millones de kilómetros cuadrados globalmente, incluyendo bosques tropicales, subtropicales, templados y boreales, en el periodo 2000-2012, usando imágenes LANDSAT. El Global Forest Watch del World Resources Institute (WRI) también representa un esfuerzo global para el monitoreo de la cobertura de bosques, el cual está basado en los datos de Hansen et al. 2013

41. Convenio con el Ministerio de Seguridad Pública de Costa Rica para la adquisición de imágenes desde Vehículos Aéreos no Tripulados *UAV (por las siglas en inglés). (Convenio en proceso)

periodo 2000-2012, usando imágenes LANDSAT. El Global Forest Watch del World Resources Institute (WRI) también representa un esfuerzo global para el monitoreo de la cobertura de bosques, el cual está basado en los datos de Hansen et al. 2013 descritos arriba, además de información auxiliar como datos de alerta temprana en los trópicos y en Brasil. El Global Forest Watch es mundial y busca detectar la pérdida y ganancia de cobertura de bosques, aunque no está enlazado con la tenencia de la tierra, dada su escala.

A nivel regional, los estudios realizados en varios países de Latinoamérica ponen en manifiesto las diferentes herramientas y servicios que cada país utiliza de acuerdo con el interés de sus estudios. Además, estos estudios son importantes para llevar un control que permita determinar los cambios que se han generado en la cobertura y uso de la tierra a través de los años, y así prever el impacto que estos cambios tienen sobre el medio ambiente y el ser humano. Por ejemplo, en Brasil, el Instituto Nacional de Investigación Espacial (INPE), desarrolló el PRODES, un programa que desde 1988 mide la deforestación anualmente en la Amazonia, también basado en imágenes LANDSAT. PRODES mide un área mínima de 6,25 hectáreas, lo cual es útil para la medición de la deforestación en un área como el Amazonia, por lo que comprende un monitoreo grueso de pérdida de bosques de grandes magnitudes.

Para México y Centroamérica por ejemplo, se realizó un estudio cuyo objetivo principal era “diagnosticar el estado de conocimiento sobre la problemática de deforestación y el potencial de los bosques de México y Centroamérica para la mitigación del cambio climático.” (CABAL, 2010)

Con el uso de tecnologías de información geográfica, se realizó un análisis espacial de los datos disponibles sobre el uso de la tierra y la cobertura vegetal a diferentes escalas, con el objetivo de determinar las zonas de mayor amenaza. (CABAL, 2010). Un estudio similar se llevó a cabo en Ecuador para el año 2010 denominado “Protocolo metodológico para la generación del Mapa de Deforestación Histórica en el Ecuador continental”. Iniciativa desarrollada por parte del Ministerio del Ambiente y el Programa de Protección de Bosques. El objetivo general de dicho estudio era “desarrollar y validar una metodología para construir el escenario histórico de deforestación de forma espacialmente explícita a escala nacional.” (Ecuador 2015)

Este monitoreo se realizó por medio del mapeo de clases del uso y cobertura de la tierra, utilizando sensores óptimos para el estudio. En este caso se escogieron los sensores LANDSAT TM, LANDSAT ETM+, y ASTER. Otra metodología a exponer que puede ser de ayuda a este proyecto es el monitoreo de cultivos de Cocaína en Bolivia por parte de la Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito (ONUDD) del Gobierno Boliviano en el 2006, cuyo principal alcance fue “establecer metodologías para la recolección y análisis de datos sobre cultivos ilícitos, y mejorar la capacidad de los gobiernos para monitorearlos.” (ONUDD, 2007). Las instituciones encargadas del ordenamiento territorial de Bolivia clasificaron principalmente imágenes LANDSAT para la elaboración de un mapa nacional que se sobrepuso con el mapa de cultivo de cocaína para 2003 y 2004. Esto reveló las áreas del país donde se cosecha este cultivo. (ONUDD, 2007). Todas estas metodologías fueron consideradas por el Laboratorio PRIAS para desarrollar el procedimiento que se describe a continuación.

En Costa Rica se identifican estudios consolidados sobre el mapeo de cobertura de la tierra con técnicas de teledetección desde la década de los noventa del siglo pasado. Entre otros estudios pueden citarse “Aplicaciones de la Teledetección al levantamiento del uso de la tierra en la zona cafetalera norte de la ciudad de Alajuela, Costa Rica” (Hernández 1993) y “Uso y cobertura de la tierra en Costa Rica para 1992: Una aplicación de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica” (Fallas 1996). Más recientemente “Análisis de patrones espectrales del terreno y cambios hidrológicos a partir de datos multisensor en espacios naturales del sur de Costa Rica” (Esono 2015).

Cabe señalar la experiencia el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO), una entidad pública cuya misión consiste en financiar a pequeños o medianos productores de bienes y servicios forestales, gestionando y administrando los recursos financieros de origen nacional e internacional para apoyar el desarrollo del sector forestal. Esta institución ha realizado varios estudios de cobertura forestal de Costa Rica en colaboración con otros entes nacionales e internacionales que han trabajado escenarios de cobertura forestal para los años 1990, 1997, 2000 y 2005, con imágenes del satélite Landsat ETM ⁴².

Para el periodo 2009-2010, FONAFIFO y el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) realizaron un nuevo estudio de cobertura forestal. Este estudio se apoyó en imágenes del satélite Spot que cubrían el 88.18% del territorio de Costa Rica, el 11.82% restante se trabajó con imágenes Aster.

El objetivo en este estudio fue clasificar las imágenes satélites SPOT, para determinar la cobertura forestal del país. Este se basó en el procesamiento, clasificación e interpretación de las imágenes satelitales seleccionadas para toda Costa Rica, teniendo como únicas categorías el bosque y no bosque, obteniendo así la cobertura forestal.

El Instituto Meteorológico Nacional (IMN) también desarrolló mapas en 1978/80, 1997, 2000, 2010 y 2012 para el inventario nacional de gases de efecto invernadero. Más reciente es el mapa de tipos de bosques para Costa Rica 2013 elaborado con imágenes Rapid Eye 2012, este esfuerzo está dirigido a orientar el ordenamiento de las tierras forestales en la toma de decisiones para su manejo y administración y contribuir al desarrollo de la Medición Reporte y Verificación (MRV) de la Estrategia REDD+, una herramienta esencial para lograr el pago por resultados verificados REDD+ ⁴³.

En resumen, previo al año 2014, Costa Rica produjo varios mapas de cobertura y uso de la tierra para distintos objetivos y por distintas instituciones. Todos estos mapas se construyeron con metodologías distintas, especialmente debido a que responden a fines diferentes.

En el año 2014, en el marco de la Estrategia Nacional REDD+, el FONAFIFO inició la elaboración de una serie de siete mapas en el periodo 1986-2013, siguiendo la misma metodología, con el objetivo de construir un nivel de referencia para REDD+. Estos mapas fueron contratados externamente a un consorcio conformado por las empresas privadas Españolas Agresta S.A. y DIMAP, así como dos entidades académicas, la Universidad Politécnica de Madrid y la Universidad de Costa Rica, éste último como socio implementador nacional. Los mapas fueron ajustados por el IMN para su utilización en el inventario nacional de gases de efecto invernadero, presentado en el primer informe bienal de comunicación a la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático en el 2015.

Estos mapas se construyeron a partir de imágenes LANDSAT y cubren todo el país. De forma conjunta, estos mapas dan un panorama del cambio de uso de la tierra en Costa Rica en los últimos 30 años. La clasificación de los mapas responde a criterios ecológicos y no están asociados a la tenencia de la tierra. Además, a partir de estos mapas, FONAFIFO lideró un estudio sobre los impulsores de la deforestación y la regeneración de bosques en Costa Rica. Este estudio identificó y priorizó los factores más importantes detrás del cambio de uso del suelo en Costa Rica en 1986-2013.

No obstante, el valor de las experiencias antes citadas generalmente se ha enfocado en cobertura boscosa, sin elaborar un perfil para la identificación de cultivos específicos y determinar pérdida y ganancia de cobertura entre épocas, lo cual representa una novedad y un reto, por cuanto se requiere una adaptación en la metodología. Ninguna de las antes citadas experiencias se ha esmerado por combinar las capas de información sobre deforestación con las de tenencia de

42. (MINAET-FONAFIFO 2012).

43. Según la Oficina Nacional Forestal <http://onfcr.org/>

la tierra lo cual hace del MOCUPP un ejercicio innovador a nivel mundial y una verdadera herramienta de gestión del territorio, fácilmente replicable en otras latitudes.

Procedimiento de elaboración de mapas de cobertura de la tierra de materias primas de exportación (commodities) para monitoreo anual a nivel nacional

A continuación, se describen las etapas de procesamiento requeridas para la elaboración de mapas de cobertura de la tierra de materias primas de exportación para monitoreo anual en todo el país.

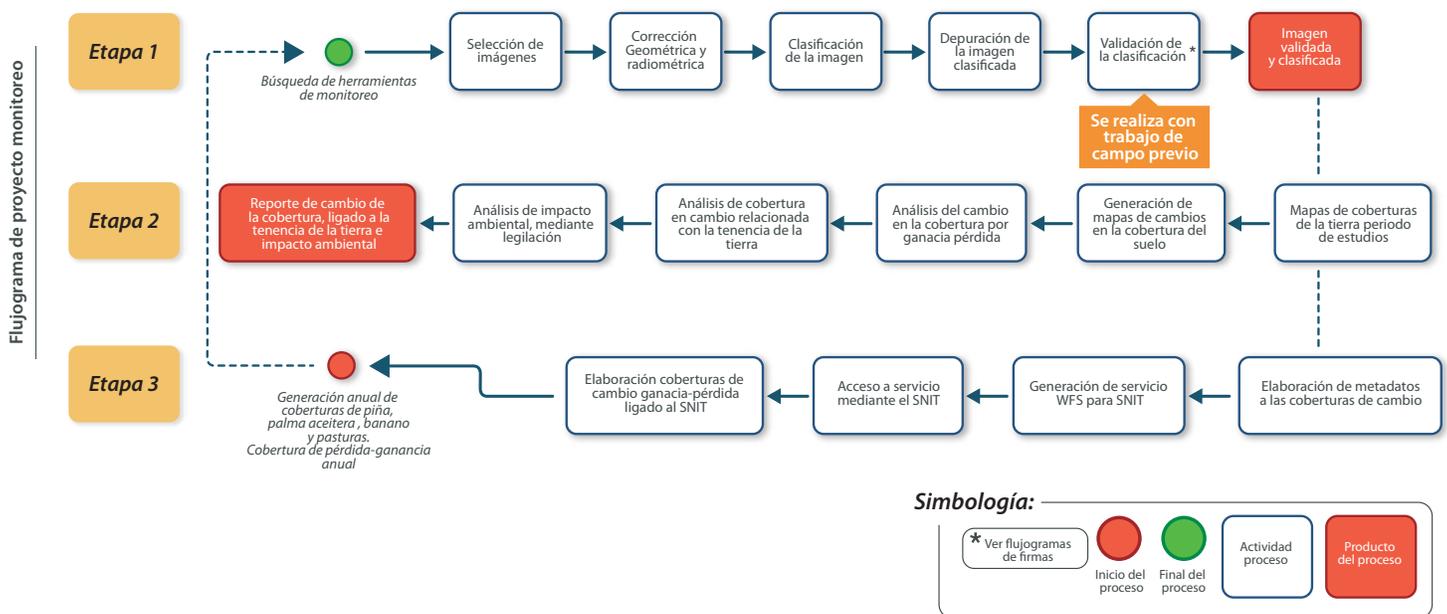


Figura 3: Flujograma de procesos para establecer la identificación de cultivos a partir de imágenes LANDSAT 8

Delimitación de Paisajes Productivos: Área total a ser monitoreada anualmente

El MOCUPP está diseñado para conocer anualmente coberturas de las materias primas de exportación detectables utilizando el sensor remoto seleccionado en todo el territorio nacional. Lo anterior implica un ambicioso monitoreo sobre todo el territorio nacional en el que legalmente se puede ejercer la actividad agrícola, es decir 60% del territorio continental de Costa Rica, ya que un 25% corresponde a algún tipo de esquema de protección estatal y un 15% corresponde a mancha urbana, y zona residencial, considerando todas las áreas pobladas y en expansión que son cartografiadas en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) en escala 1:1000. Este 60% del territorio del país en donde legalmente se pueden realizar actividad agrícola, constituye la zona de monitoreo para MOCUPP cada año.

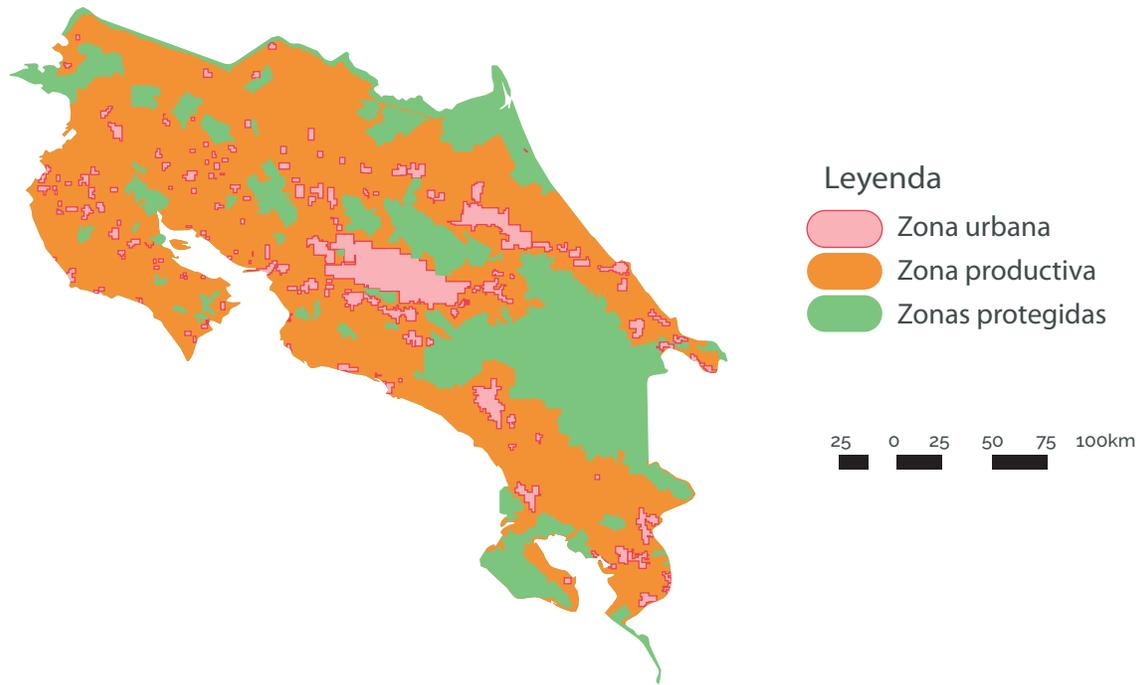


Figura 5: Mapa del estimado de la extensión del paisaje productivo ⁴⁴

Una fase importante de la delimitación del área de cultivo es realizar un análisis preliminar de cobertura de cada materia prima a ser monitoreada. Para esto PRIAS realiza revisión documental consultando el censo agrícola más vigente (2014), mapeos de uso de la tierra existentes y consultas a expertos nacionales en plantaciones de las materias primas siendo analizadas. A partir de esa revisión se identifican las áreas de producción más importantes, y se generan polígonos de las regiones principales para obtener el mapa del cultivo de piña a partir del uso de sensores remotos y trabajo de campo. Por ejemplo, para la elaboración del mapa de Cobertura Nacional de Piña 2015, se identificaron tres paisajes productivos principales, la Región Huetar Norte (HN), la Región Huetar Caribe (RHC) y la Región Brunca (RB). Para estas zonas se obtienen imágenes LANDSAT 8 y se realiza un muestreo de firmas espectrales que permite identificar el comportamiento espectral del cultivo. Adicionalmente se realiza una identificación general de campo para ubicar de mejor forma las plantaciones de piña y tener una distinción preliminar de coberturas vecinas (CONARE, CeNAT 2016).

Selección de sensor remoto principal y acciones complementarias para monitoreo anual.

En la actualidad el mercado ofrece una variedad de imágenes obtenidas por medio de sensores instalados en satélites, que brindan amplias posibilidades para el procesamiento de imágenes en Costa Rica.

Las imágenes de satélite son generadas por corporaciones privadas o agencias gubernamentales que las disponen en el mercado, en general por un pago; no obstante, también se dispone de algunos casos en que las imágenes no tienen costo como lo son las de tipo LANDSAT. Las imágenes de satélite, por la programación de órbitas tienen distintas coberturas (grandes extensiones), no responden necesariamente a una cobertura específica, por el contrario; es el usuario quien selecciona entre un catálogo de imágenes disponibles las que reúnen condiciones de aprovechamiento para los fines y área específica de un determinado proyecto.

44. Elaboración propia con base en información publicada en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT)

Satélite	Sensores	Resolución espacial	No. de bandas	Resolución temporal	Precio
GEOEYE-1	GEOEYE-1	MS: 2 m	4	3 días	25 \$/km2
IKONOS	IKONOS	MS: 4 m	4	3 a 5 días	20 \$/km2
KOMPSAT-2	KOMSAT-2	MS: 4 m	4	3 días	15 \$/km2
RAPIDEYE	RAPIDEYE	6,5 m	5	1 día	1,08 \$/km2
SPOT - 5	HRG	MS: 10 m	4	2,4 - 3,7 días	0,85 \$/km2
LANSAT - 7	ETM +	MS: 30 m	8	16 días	-----
LANSAT - 8	OLI	MS: 30-15 m	11	16 días	-----
QUICKBIRD	QUICKBIRD	MS: 2,44 m	4	2 a 4 días	20 \$/km2
TERRA	ASTER	15 a 90 m	14	16 días	0,09 \$/km2
WORLDVIEW-2	WORLDVIEW-2	MS: 2 m	8	1 a 3 días	35 \$/km2

Cuadro 1: Referencia de Satélites y Sensores disponibles en el mercado ⁴⁵

Para cumplir con la tarea prevista de procesamiento anual de imágenes para el MOCUPP se acordó con el Programa de Green Commodities del PNUD, entidad responsable del desarrollo del primer concepto de esta herramienta, el uso de software libre de bajo costo y de imágenes de bajo costo para garantizar el procesamiento a largo plazo en todo el país y fácil de replicar el monitoreo en otras partes del mundo.

La tecnología permite la captura de imágenes (ad hoc) específicas de un área de estudio⁴⁶, aunque puede también obtenerse desde satélite (LANDSAT), usualmente se toman desde aeronaves. Actualmente, es posible el uso de naves no tripuladas, conocidas por sus siglas en inglés UAV (Unmanned Aerial Vehicle) o comúnmente denominadas drones. Si bien las imágenes pueden obtenerse con el mismo tipo de sensores (todo el espectro electromagnético), son más utilizadas para captar imágenes de luz visible, el típico azul verde y rojo.

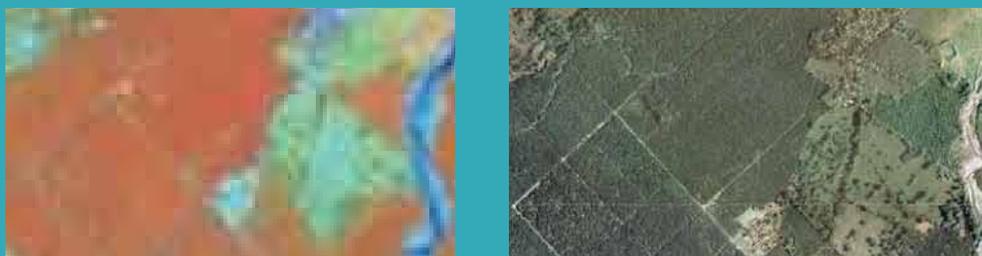


Figura 2: Comparación de imagen LANDSAT 7 en las bandas rojas y fotografía de luz visible desde aeronave.⁴⁷

45. Adaptado de CONARE CeNAT 2015

46. Se considera la fotogrametría aérea clásica hoy día llevada a captura, almacenamiento y soporte digital.

47. Adaptado de Rosales (2013)

Disponer de información de distintas fuentes como el ejemplo de la figura N° 2, permite combinar (con la aplicación de adecuadas técnicas) información y complementarla de manera que se obtenga una mejor identificación de la cobertura de tierra. La combinación de información ofrece versatilidad para lograr una cobertura óptima del área de estudio o proyecto. Con la estrategia de combinación se logra atenuar los efectos de visibilidad, (nubes en sectores) afectaciones de sensores y otros efectos en la calidad de captura de los datos.

Las imágenes satelitales utilizadas para la implementación del monitoreo en Costa Rica son principalmente Landsat8, aunque según el tipo de cobertura y fitofenología podrán aplicarse otros sensores. En el caso de las imágenes satelitales del sensor LANDSAT se encuentran disponibles en la siguiente dirección: <http://glovis.usgs.gov/> . En esta página se viene recopilando información de imágenes de satélite desde el año 1974 hasta la actualidad, ya que esta familia de sensores permite a los investigadores dar un vistazo al pasado por su amplia colección de datos.

En el caso de Costa Rica se logra identificar la imagen del año 2001, como información de referencia para detectar los cambios ocurridos en los territorios de estudio, hasta llegar al periodo a la época actual.

Cuadro 2: Características fundamentales de Satélite LANDSAT 8 ⁴⁸

SATELITE LANDSAT 8	
Características	Especificaciones
Fecha Lanzamiento	Febrero 2013 por NASA
Orbita	Altitud: 705 km
	Resolución temporal: 16 día
Pixel	Tamaño: 30 m. reflexivo (luz). Posible 15 m. Pancromático
Bandas Espectrales	Total 11. (Luz visible, infrarrojo (2), término (2) y pacromático)

Al definir la fuente de información para realizar la identificación de la cobertura del suelo se establecen condiciones implícitas para los alcances del monitoreo. Deben abordarse aquellos aspectos que pudieran considerarse limitantes para lograr implementar el monitoreo.

En el caso específico de las imágenes LANDSAT 8 hay dos aspectos principales a tener en cuenta: I) la presencia de nubes y II) la resolución alcanzable. En cuanto a las zonas que pudiesen presentar nubes se utilizará en forma complementaria la captura de imágenes ad-hoc utilizando vehículos aéreos no tripulados (UAV) de alta disponibilidad en el mercado. Si bien este tipo de imágenes tiene un costo, la tecnología disponible y experiencia de PRIAS en esta área sustenta su aplicación. Respecto a la resolución, LANDSAT 8 en su estándar tiene 30 m. de tamaño de pixel, si bien con técnicas de fusión de imágenes puede mejorarse a 15 m en la banda pancromática (Fallas 2016) 49.

48. Tomado de http://landsat.gsfc.nasa.gov/?page_id=4071

49. Véase también <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/tools/data-management-toolbox/create-pansharpened-raster-dataset.htm>

En cuanto a la resolución la premisa de trabajo es determinar extensiones que superan de forma considerable la resolución (cultivos de piña p.e.); el punto de análisis es la aplicación para comparar esas coberturas con otros objetos que por su dimensión pudiesen quedar invisibilizados por la resolución. Por ello lo que el monitoreo se propone que sobre la identificación de cobertura obtenida de imágenes LANDSAT 8 pueda integrarse otra información proveniente de otras fuentes. La comparación de las dimensiones de objetos establecerá el tipo de análisis y alcance de los resultados a los que se pueda aplicar el monitoreo basado en la resolución LANDSAT 8. Es decir, la premisa básica para realizar el monitoreo es la resolución alcanzable en las imágenes LANDSAT.

Corrección radiométrica

Es requerida debido a fallas en los sensores que producen datos erróneos en las imágenes (píxeles), e implica por una parte la restauración de líneas o píxeles perdidos, y por otra la corrección del bandeo de la imagen. La corrección radiométrica trata de mejorar problemas mecánicos en el sensor que generan valores erróneos en píxeles concretos. En general los proveedores de imágenes entregan un producto y las estaciones receptoras llevan a cabo algún tipo de corrección en el momento de recepción de la imagen.⁵⁰

Corrección atmosférica

Con ella se trata de evaluar y eliminar las distorsiones que la atmósfera introduce en los valores de radiancia que llegan al sensor desde la superficie terrestre. Por tanto se basa en modelos físicos más complejos, para transformar los Niveles Digitales (ND) almacenados por el sensor en valores de radiancia. El objetivo de la corrección atmosférica es recuperar la radiancia intrínseca del objetivo obtenida de la señal recibida por el sensor (radiación total del sensor). Para eliminar los efectos de la atmósfera completamente, la corrección atmosférica absoluta es necesaria. (Campos et al, 2012)

Corrección geométrica

Una imagen no proporciona información georreferenciada; cada pixel se ubica en un sistema de coordenadas. El proceso de georreferenciación consiste en dar a cada pixel su localización en un sistema de coordenadas cartográfico (UTM, CRTM) para poder, de este modo, combinar la imagen con otro tipo de capas en un entorno SIG. Para realizar la georreferenciación se requiere de la utilización de puntos de control para enlazar la imagen con el sistema de coordenadas. Con los datos de los puntos de control se aplican herramientas de software para generar una nueva imagen en la que los píxeles están asociados a las coordenadas, para este estudio se contaron con imágenes que ya poseían ésta corrección.

Clasificación de imágenes

A partir de la imagen corregida, un observador puede identificar la cobertura de la tierra; esta información permite construir un mapa de cobertura. La identificación de la composición de una cobertura se realiza por la clasificación de la imagen, proceso mediante el cual del total de datos de la imagen (píxeles) se deducen elementos de la superficie de la tierra, objetos, y fenómenos. Este proceso se denomina clasificación y con él se logra la extracción de información, pasando del análisis visual de la imagen a la identificación de los objetos. Esto implica el análisis multiespectral aplicando distintas técnicas. La identificación de los objetos es la que permite luego comparar entre épocas el comportamiento o dinámica de una cobertura específica.

Generación y reducción de firmas espectrales

Se consideraron las características fenológicas del cultivo y que los datos espectrales estuvieran en concordancia con la resolución LANDSAT 8. Los datos para reducir las firmas espectrales se captaron en diferentes sitios de la plantación considerando también los cuatro estadios identificados. La distribución de las plantas de piña dificulta la medición por lo que para unificar criterios se aplicó un sistema de transectos sobre los bordes de las plantaciones en cada estadio.

Los valores promedio de las firmas espectrales de piña en unidades de reflectancia fueron sometidos a pruebas estadísticas para validar su distribución normal y homogeneidad, para cada uno de los estadios y en cada región. Se aplicaron las pruebas Shapiro-Wilks y ante las distribuciones encontradas la prueba de Kruskal-Wallis, también conocida como prueba H de Kruskal-Wallis, donde no se asume la normalidad de los datos. También se aplicó el análisis de correlación de Spearman para analizar la correlación de nutrientes con los datos espectrales

Luego del análisis estadístico realizado se procedió a generar las firmas espectrales para cada finca por cada estadio estudiado. El análisis estadístico no mostró similitudes en las firmas espectrales, por el contrario, se hallaron diferencias en las distintas bandas estudiadas a partir del sensor Landsat 8 y el espectrorradiómetro de campo ⁵¹. La separación espectral no permite definir una firma espectral única para Costa Rica, pero sí para cada una de las fincas de estudio en cada región. Por lo tanto, las firmas espectrales generadas se desarrollaron como Bibliotecas Espectrales. La Figura 6 muestra los resultados de las firmas espectrales obtenidas para los cuatro estadios de cultivo de piña den la región Brunca; cada una de estas bibliotecas contiene el valor promedio por cada estadio de la firma espectral escalado ⁵² a las cinco bandas de Landsat 8 para. (CONARE, CeNAT 2016).

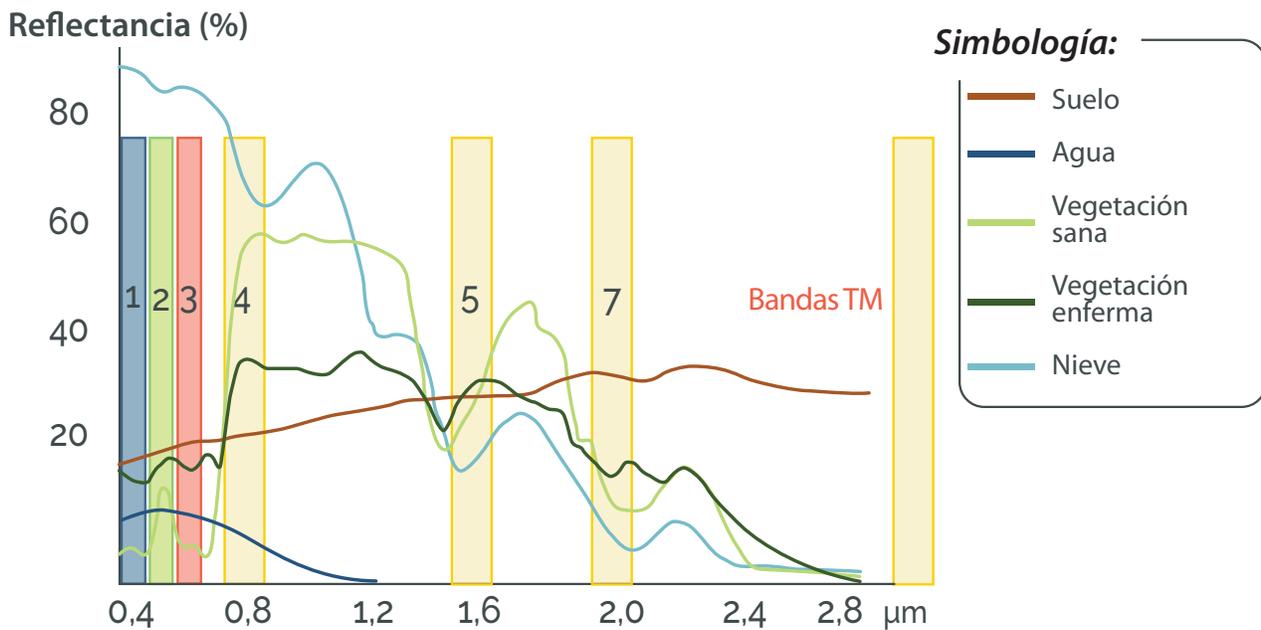


Figura 3: Comparación de la reflectividad (%) de diferentes coberturas en bandas LANDSAT. ⁵³

51. Rango de longitudes de onda de 325 nm a 1075 nm con un ancho de banda de 1,6 nm, abarca tanto la región visible (VIS) (400-725 nm) como el infrarrojo cercano de onda corta (NIR) (750-1075 nm).

52. Basado en la utilización del software ENVI con la herramienta Build Spectral Library

53. <http://www.scanterra.com.ar/>

Clasificación automatizada (no supervisada)

Consiste en aplicar un algoritmo en software, mediante el cual se identifican píxeles cuya varianza es mínima (según parámetros del algoritmo), este agrupamiento (conocido como clustering) permite identificar clases ya que puede generarse un mapa de los píxeles agrupados por clase. Esta clasificación no relaciona las clases con objetos o tipos de cobertura, esto se logra comparando cada clase con información de campo.

Clasificación avanzada (supervisada)

Además de aplicar un algoritmo para identificar datos (píxeles) y relacionarlos con objetos o cobertura; este método requiere del conocimiento de áreas de comprobación en el campo (áreas de entrenamiento) para relacionar las clases con objetos o coberturas, por ejemplo piña. Resulta adecuado seleccionar varias áreas en el campo para lograr una adecuada identificación de cada cobertura. Una metodología que facilita la clasificación es la multiespectral, que analiza la firma espectral de los píxeles y los asigna a clases basadas en firmas similares (bibliotecas). La firma espectral es una marca de identidad de los objetos. Consiste en un vector cuyos componentes (n) son la respuesta o reflectancia que en cada una de las bandas (n) de un sensor produce el material predominante en esa clase.

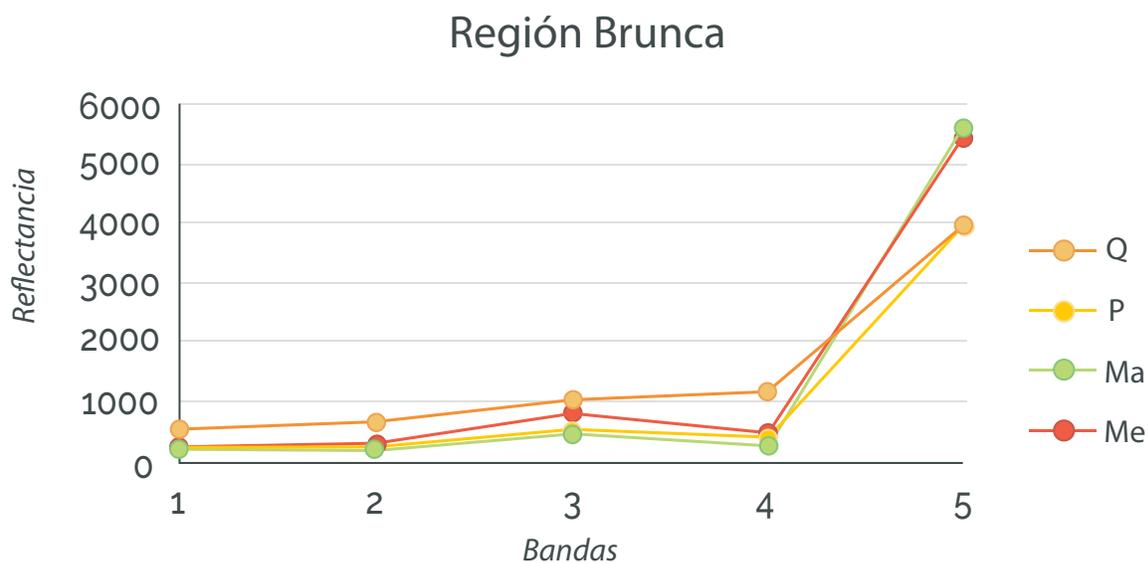


Figura 6: Firmas Espectrales reducidas para LANDSAT 8 en los cuatro estadios en la Región Brunca.

La aplicación de la firma espectral permite la clasificación de imágenes en grandes extensiones, de una forma eficiente, disminuyendo el tiempo y significativamente el trabajo e inspección de campo.

Para el trazado de las áreas de entrenamiento se consideró la firma espectral, y así generar la identificación de los diferentes estadios. La clasificación de las imágenes para este proceso se realizó aplicando un algoritmo de clasificación por medio de árboles de decisión conocido como "See5". Este algoritmo proviene de las técnicas de "aprendizaje de máquinas", se reconoce como su desarrollador al ingeniero informático John Ross Quinlan y su aplicación se orienta a la denominada "minería de datos". Tiene múltiples aplicaciones en campos tan diversos como finanzas, seguros y

simuladores de vuelo. En el caso del procesamiento y clasificación de imágenes este algoritmo se ha incorporado o programado en aplicaciones especializadas.⁵⁴

Validación

Una vez efectuada la clasificación y obtenida la cobertura de piña, se realizó la validación de la clasificación. Para la validación se emplearon los puntos colectados en campo, separados previamente, los cuales se compraron con una malla de puntos aleatoria. Se aplicó el sistema estadístico y se determinó al 95% de probabilidad de error y en ninguna de las regiones superó el 5%.

Representación

Para lograr la adecuada representación a nivel de mapa de la cobertura del uso, la información clasificada desde la imagen (raster) debe ser transformada a un formato vectorial que facilite su análisis y publicación en diversas plataformas, es decir formato raster; se ha utilizado el denominado ESRI Shapefile⁵⁵.

Generación de mapas a partir de imágenes

Con base en la clasificación supervisada, se relacionan píxeles a clases y se identifican objetos o coberturas por los datos espectrales e inspección de campo. Esta representación se puede desplegar en un formato cartográfico definido, generando un mapa de cobertura.

Con la aplicación de los procedimientos antes descritos se obtuvo el mapa de línea base de cultivo de piña para tres regiones de estudio en Costa Rica al año 2015. Este mapa que se muestra en la Figura 7, servirá como herramienta inicial para promover el monitoreo del cultivo de piña el país. Se encontró un total de 58.442 hectáreas de piña distribuidas en las tres regiones de estudio en Costa Rica, donde la mayor presencia de área cultivada con piña es la Región Huetar Norte con 37.718 hectáreas, seguido por la Región Huetar Caribe con 11579 hectáreas, la Región Brunca con 8.030 hectáreas y por último la Región Pacífico Central con 1.100 hectáreas de piña.

En el análisis de imágenes se incluyeron las áreas cultivadas de piña y áreas con suelo preparado para cultivarla como área de interés del estudio. Fue necesario utilizar diferentes clases para elaborar las áreas de entrenamiento a utilizar en el clasificador, estas clases utilizadas fueron: bosque natural, plantación forestal, charral, cultivo, pastos, nubes, sombra de nubes, infraestructura, suelo desnudo, cuerpos de agua, piña y suelo preparado

54. Aplicaciones ENVI/Erda

55. Así conocido y establecido como estándar "de facto" para las aplicaciones de Sistemas de Información Geográfica.

56. La depuración de las clases solo se basó en el área de interés de piña, por lo que los valores de las otras clases antes mencionadas no fueron depurados ni validados, de igual forma tampoco se incluyeron como parte de los resultados de este proyecto.

Distribución del cultivo de piña, Costa Rica año 2015

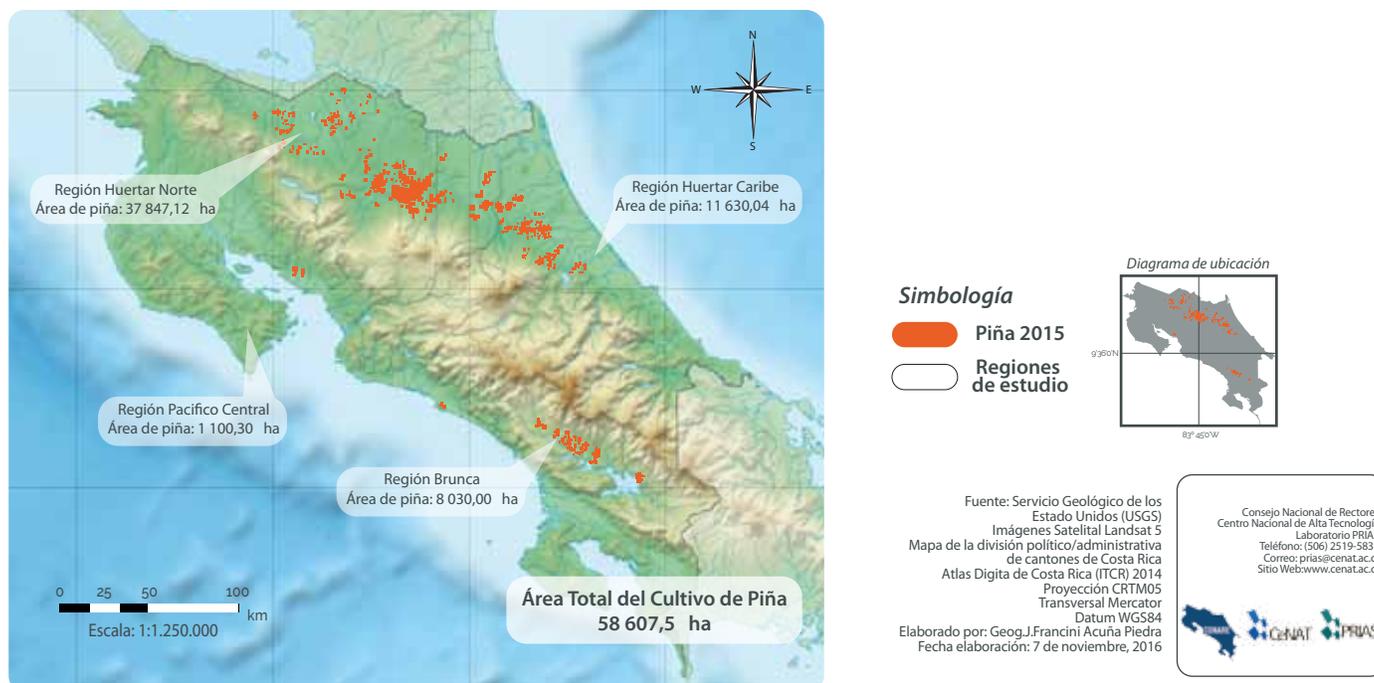


Figura 7: Resultado, mapa de línea de base de cultivo de piña, año 2015.

Determinación de pérdida y ganancia de cobertura

Disponer con regularidad de la cobertura permite determinar la pérdida y ganancia entre épocas de las imágenes procesadas. Los resultados obtenidos permitirán a futuro y respecto a épocas anteriores, determinar la evolución del cultivo de piña. Como parte del desarrollo de la estrategia para establecer el monitoreo del cambio de uso en paisajes productivos se realizó un piloto en zonas controladas en las regiones de cultivo.

Imágenes y procesamiento

PRIAS utiliza la combinación de imágenes de distintas fuentes sobre las que se realizó una verificación de campo, las imágenes corresponden a LANDSAT 7 (2001) y Rapideye (2012) para una plantación en la región Huetar Caribe.

La figura 9 muestra para una misma zona de cultivos las imágenes obtenidas de LANDSAT 7 y Rapideye, a partir de las cuales se realizó un mapa de cobertura con la identificación del cultivo de piña.



Figura 9: Imágenes LANDSAT 7 2001 (izquierda) y Rapideye 2012 (derecha) para una zona de cultivos

Para el procesamiento de las imágenes se aplicaron los métodos usuales ampliamente extendidos y ya documentados previamente, además, se realizaron y constataron las correcciones atmosférica, radiométrica y geométrica, así como el filtrado de la imagen para obtener su mejor calidad.

Además de la clasificación supervisada, se realizó una comprobación de campo.

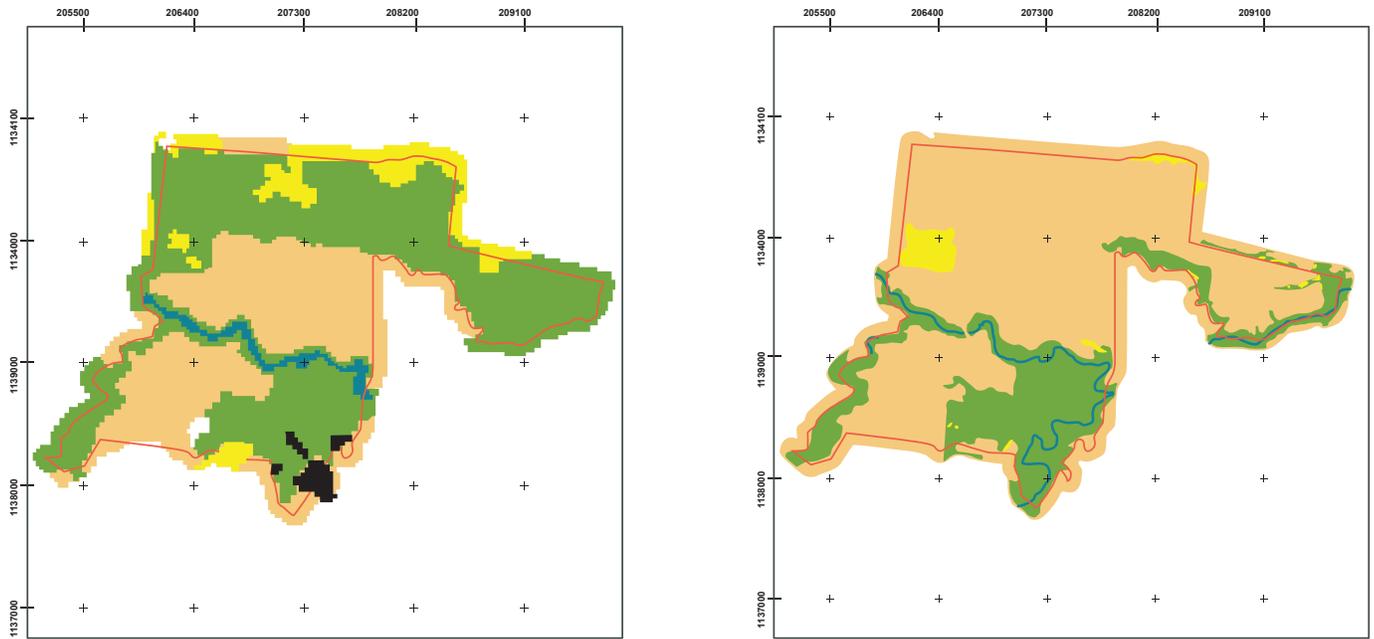


Figura 10: *Imágenes LANDSAT 7 2001 (izquierda) y Rapideye 2012 (derecha) corregidas y clasificadas*

En la figura 10 se muestra el producto del procesamiento de las imágenes LANDSAT 7 2001 (izquierda) y Rapideye 2012 (derecha) corregidas y clasificadas. En ambos casos el color verde corresponde a bosques, el color amarillo a pastos, el color azul a cauces de agua y el color naranja corresponde a cultivo de piña. Es evidente en esta zona el contraste en el uso del suelo entre las fechas de las imágenes. Para los efectos de monitoreo es necesario poder cuantificar numéricamente (no por apreciación) las diferencias en área de los usos en distintos períodos.



Análisis de cambio en la cobertura de la tierra

Una vez procesadas las imágenes satelitales y realizada la debida la clasificación supervisada, se procede a la elaboración de los mapas de cambio en la cobertura de la tierra. Se parte de dos escenarios; el conseguido con las imágenes LANDSAT 7 para el año 2001 y el de las imágenes RapidEye para el período 2012. Para este análisis se requiere de la clasificación supervisada de cada año, para llevar a cabo un álgebra de mapas que permita el análisis de lo ganado o perdido para cada variable.

Con esto se obtiene un resultado que muestra el comportamiento de la cobertura en este período, ya sea que uno u otro hayan descendido o incrementado su extensión territorial.

El análisis numérico se realiza con herramientas de software de Sistemas de Información Geográfica, conocidas como análisis raster o de imágenes.

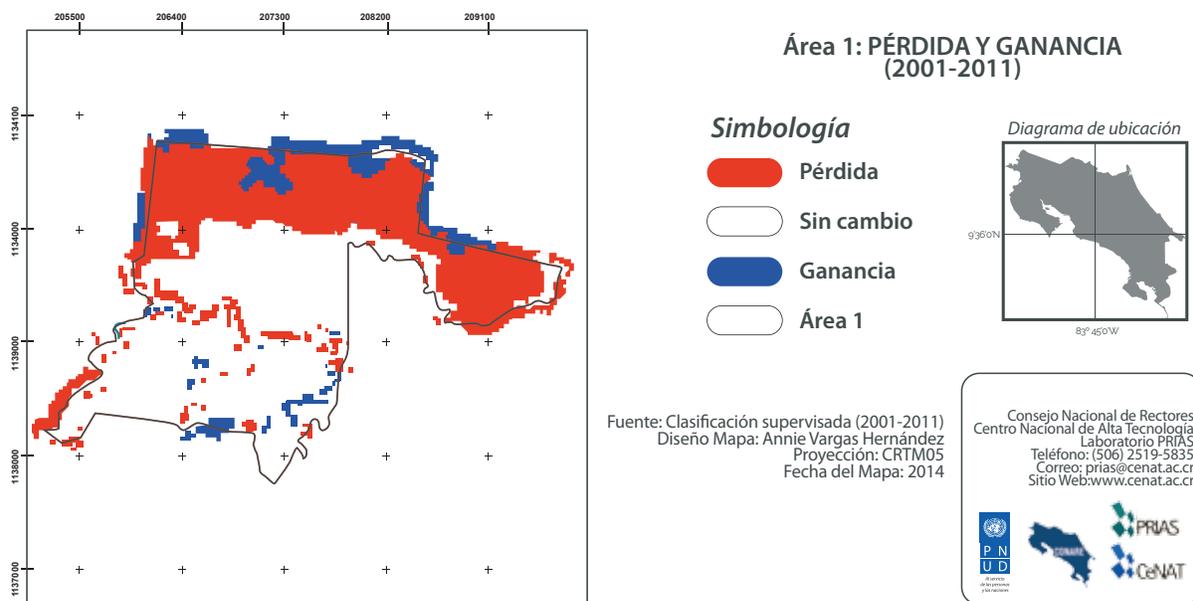


Figura 11: Mapa de pérdida y ganancia obtenido del análisis de imágenes satelitales clasificadas

La figura 11 es un mapa conformado en una plataforma de sistema de información geográfica. Aparece en rojo la pérdida de cobertura, asociada a la transformación de bosque a pasto o de bosque a cultivo de piña; por otra parte la ganancia se representa en color azul y refiere a la transformación de pastos a bosque o de pastos a cultivo de piña. Las áreas en color blanco muestran regiones donde no se dio cambio en la cobertura de la tierra.

Análisis de restricciones legales y ambientales. Ley Forestal

Una vez realizada la debida la clasificación supervisada, es posible identificar coberturas y compararlas entre sí en una misma época⁵⁷, para identificar posibles conflictos en el uso del suelo, en relación con la normativa de protección ambiental.

La figura 12 muestra como la identificación de la cobertura de cultivos puede compararse con elementos hidrológicos que por sus características tienen algún estatus de protección, lo que puede constatare al analizar esta información en un sistema de información geográfica.

Con esta metodología para la identificación de la cobertura puede implementarse una estrategia de monitoreo considerando el marco legal de Costa Rica; mediante el cual se facilite controlar las restricciones y los conflictos por plantaciones con el patrimonio natural del Estado⁵⁸ (PNE), y otras que se establezcan.

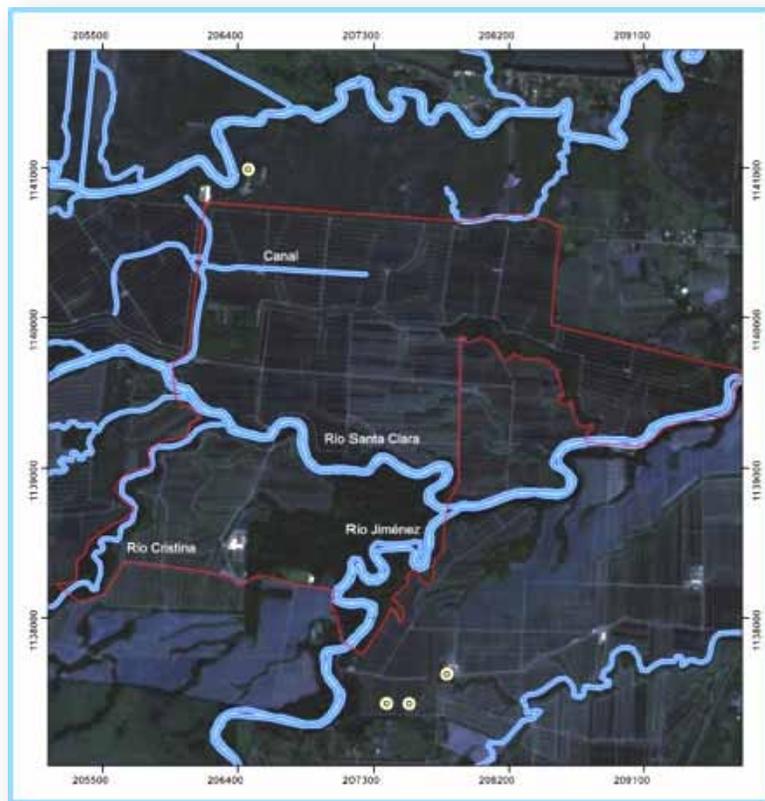


Figura 12:
Imagen de la zona de estudio con la
sobreposición de cartografía de
hidrografía y pozos.

57. Este análisis está fundamentado en la definición de bosque de la Ley Forestal N°7575: "Ecosistema nativo o autóctono, intervenido o no, regenerado por sucesión natural u otras técnicas forestales, que ocupa una superficie de dos o más hectáreas, caracterizada por la presencia de árboles maduros de diferentes edades, especies y porte variado, con uno o más doseles que cubran más del setenta por ciento (70%) de esa superficie y donde existan más de sesenta árboles por hectárea de quince o más centímetros de diámetro medido a la altura del pecho (DAP)".

58. "El patrimonio natural del Estado estará constituido por los bosques y terrenos forestales de las reservas nacionales, de las áreas declaradas inalienables, de las fincas inscritas a su nombre y de las pertenecientes a municipalidades, instituciones autónomas y demás organismos de la Administración Pública, excepto inmuebles que garanticen operaciones crediticias con el Sistema Bancario Nacional e ingresen a formar parte de su patrimonio. El Ministerio del Ambiente y Energía administrará el patrimonio". Artículo 13, Ley Forestal N° 7575

Cuadro 3: Restricciones legales que pueden controlarse con el monitoreo de cobertura de uso.

FUNDAMENTO LEGAL	ZONA DE PROTECCIÓN	RESTRICCIÓN
Ley N° 7575. Artículo 33, inciso a)	Nacientes permanentes,	En un radio de cien metros medidos de modo horizontal
Ley N° 7575. Artículo 33, inciso b)	Riberas de los ríos, quebradas o arroyos	Una franja de 15 metros en zona rural y de 10 metros en zona urbana, medidos horizontalmente si el terreno es plano, y de 50 metros medidos horizontalmente, si el terreno es quebrado ⁵⁹
Ley N° 7575. Artículo 33, inciso c)	Riberas de los lagos y embalses naturales y en los lagos o embalses artificiales construidos por el Estado y sus instituciones.	Una zona de 50 metros medida horizontalmente
Ley N° 7575. Artículo 33, inciso d)	Las áreas de recarga y los acuíferos de los manantiales, cuyos límites serán determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley	Determinados por los órganos competentes establecidos en el reglamento de esta ley
Ley N° 276 de 1942. Artículo 31, inciso a)	Las tierras que circunden los sitios de captación o tomas surtidoras de agua potable	En un perímetro no menor de 200 metros de radio

La estrategia de monitoreo permite el control de restricciones, este control depende de la resolución de las fuentes de información aplicadas para determinar la cobertura de uso y los objetos o elementos que generan restricciones. Por lo tanto, es indispensable la integración de información de distintas fuentes como se evidencia en la figura 12.

Los cambios de las leyes y las nuevas restricciones establecidas por nuevas leyes pueden ser consideradas con esta estrategia de monitoreo en tanto se establezcan en términos que permitan su representación cartográfica o a partir de elementos susceptibles de ser cartografiados como pozos, nacientes.

⁵⁹. Corresponde a terreno con pendiente promedio superior al 40%. Artículo 2, inciso v) Decreto N° 25721.

Pérdida de cobertura forestal en paisajes productivos de piña 2000-2015

A continuación, se presentan los focos de pérdida de cobertura forestal en paisajes productivos de piña en el país: Regiones Huetar Norte, Huetar Caribe, Región Brunca, Pacífico Central. Se comparan imágenes satelitales de paisajes productivos piñero entre los años 2000 y 2015. El análisis fue realizado por el Centro Nacional de Alta Tecnología, Laboratorio PRIAS como parte del proceso de formulación del Proyecto Conservación de la Biodiversidad en Paisajes Productivos de Costa Rica del MINAE-PNUD.

Estas imágenes pueden ser analizadas por cualquier usuario desde el Sistema Nacional de Información Territorial (www.snitcr.go.cr). Esto permite que tanto instituciones públicas, como compradores y productores de piña puedan relacionar esta ubicación de pérdida de cobertura forestal con los registros de tenencia de la tierra, también accesibles por el SNIT, para determinar en qué propiedades se incumplieron artículos de la Ley Forestal que prohíbe cambio de uso de cobertura forestal. Estas imágenes constituyen la línea de base de pérdida de cobertura forestal asociada al cultivo de piña en el país del MOCUPP.

Entre los años 2000 y 2015 se da una pérdida total de la cobertura forestal en paisajes productivos de piña de 5565,98 Ha. Entre las regiones la pérdida se distribuye de la siguiente manera: 3192,70 Ha. región Huetar Norte; 545,26 Ha. región Huetar Caribe, 1789,71 Ha región Brunca; 38,31 región Pacífico Central.

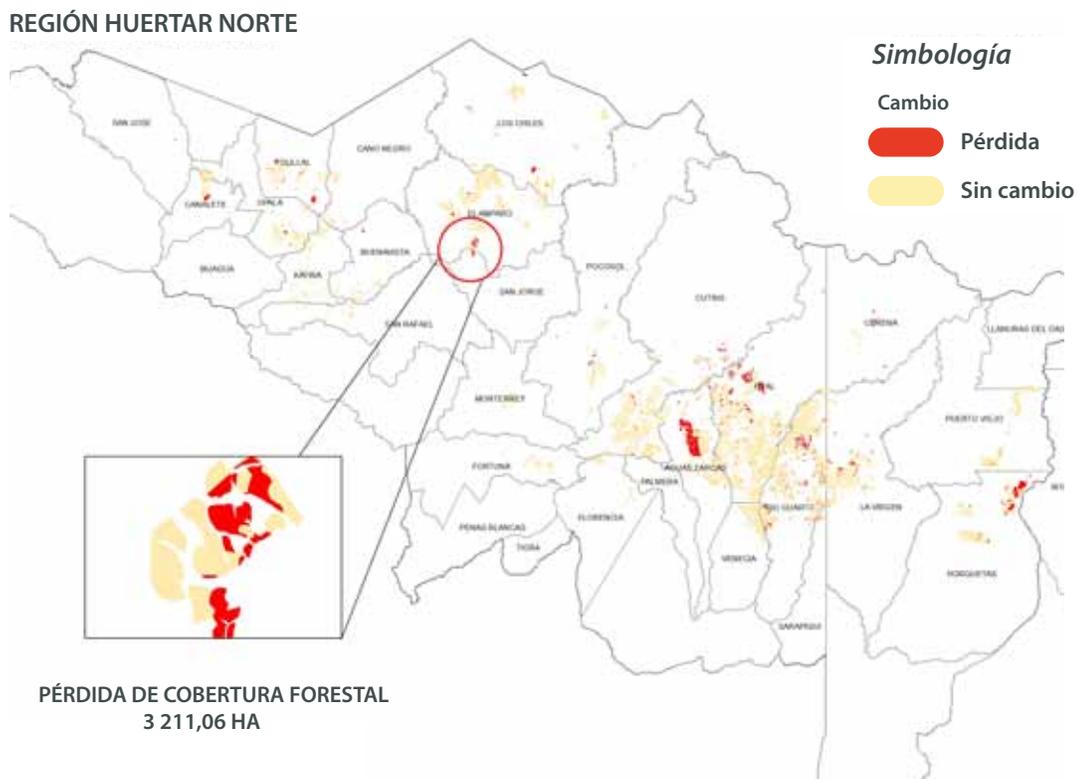


Figura 13: Pérdida cobertura forestal en paisajes productivos de piña en la Región Huetar Norte entre los años 2000 y 2015. Total de pérdida 3211,06 Ha.

REGIÓN HUERTAR CARIBE

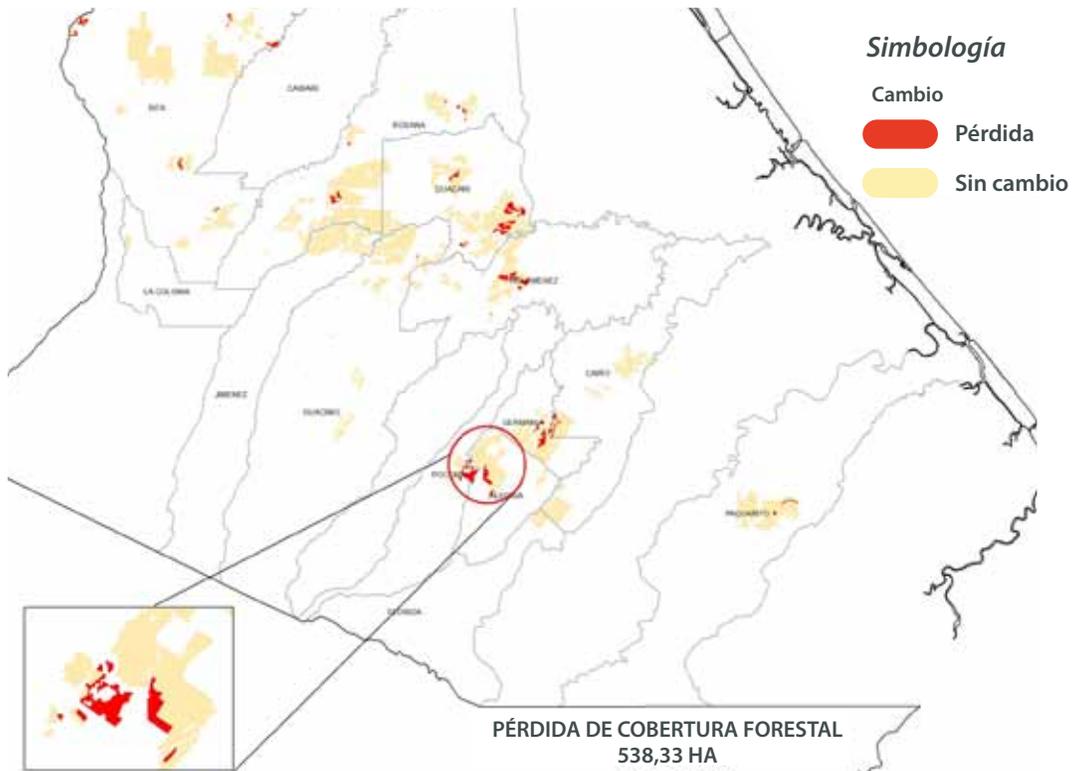


Figura 14: Pérdida cobertura forestal en paisajes productivos de piña en la Región Huertar Caribe entre los años 2000 y 2015. Total de pérdida: 538,33 Ha

REGIÓN BRUNCA

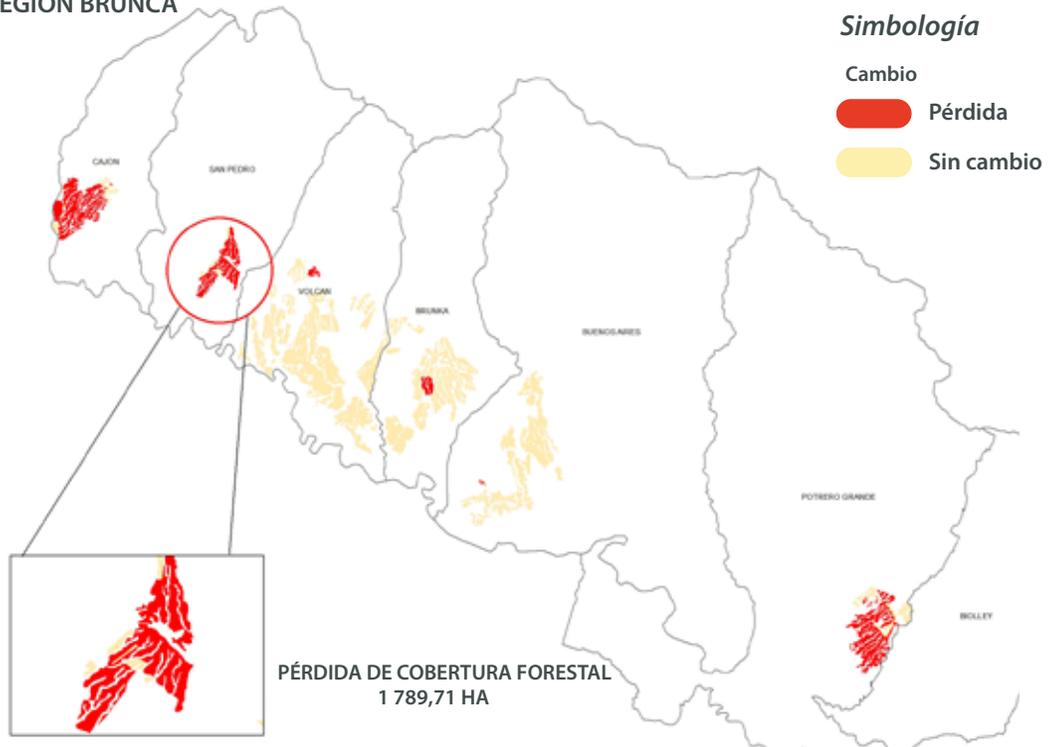


Figura 15: Pérdida cobertura forestal en paisajes productivos de piña en la Región Brunca entre los años 2000 y 2015. Total de pérdida: 1 789,71 Ha

REGIÓN PACÍFICO CENTRAL

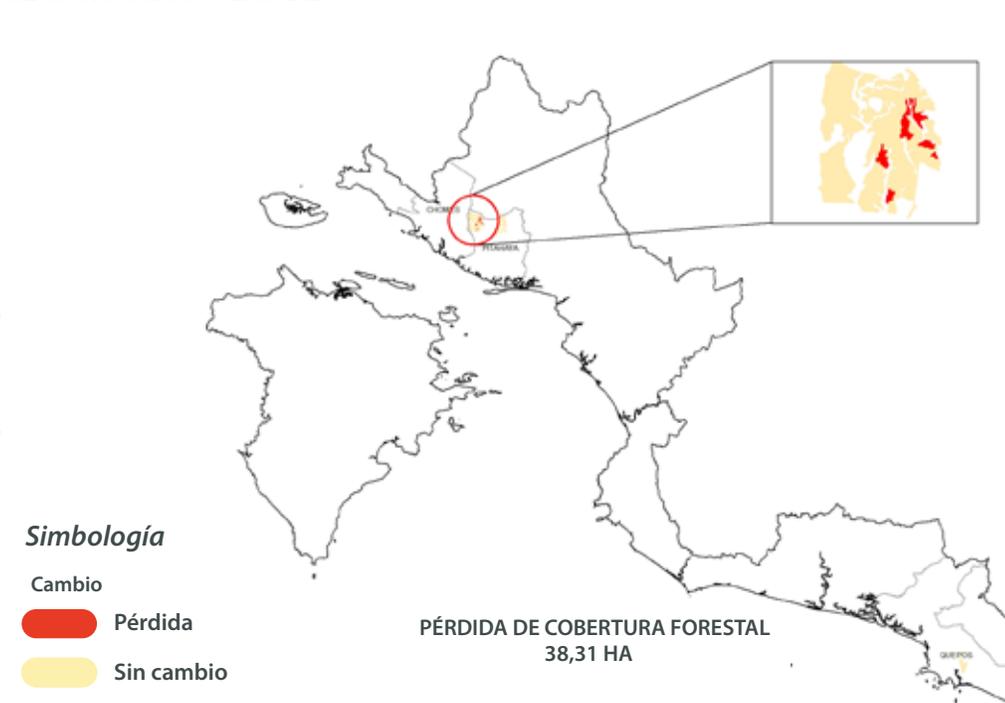


Figura 16: Pérdida cobertura forestal en paisajes productivos de piña en la Región Pacífico Central entre los años 2000 y 2015. Total de pérdida: 38,31 Ha.



X.Componente 2:

Generación información de tenencia de tierra disponible en mapas catastrales en línea.

Líder de componente: Dirección de Registro Inmobiliario y Registro Nacional

El Registro Inmobiliario es el registro del Registro Nacional, institución que es la competente para el manejo de toda la materia catastral y registral de la propiedad inmueble en Costa Rica y ha estado adscrito al Registro Público desde sus orígenes. El Registro Público nace con la Ley Hipotecaria, promulgada el 31 de octubre de 1865, la cual es una adaptación de la Ley Hipotecaria Española de 1861; se dictó con anterioridad al Código Civil de 1886. En 1916, bajo la Ley N.º 70, se crea y se establece la Oficina de Catastro General, con el fin de hacer el levantamiento de un plano de las carreteras, calles y caminos públicos, ferrocarriles y ríos, que servirán para delimitar las diferentes zonas o regiones del territorio nacional.

La finalidad del registro inmobiliario es fortalecer la seguridad inmobiliaria registral por medio de los efectos jurídicos de su publicidad, atendiendo a la eficacia y a la eficiencia en la tramitación de los documentos presentados. La creación del Registro Inmobiliario lleva implícita una serie de transformaciones a nivel tecnológico de recurso humano, financiero y de prestación de servicios, pero principalmente, coloca a Costa Rica como uno de los pocos países que cuentan con un sistema unificado que brinda seguridad jurídica mediante el resguardo de la información registral y gráfica de los bienes inmuebles.

El sistema de registro de Costa Rica

El sistema de registración de la propiedad en Costa Rica, está consolidado en la cultura y dinámica económica del país. Datos recientes, producto del levantamiento catastral, señalan que en el país más del 90% de las propiedades responden a una inscripción; esto significa que en general y no obstante la presencia de algunos conflictos, la tenencia de la tierra está en dominio de propietarios registrales; es decir, existe la referencia legal del responsable del uso de la tierra.

La consolidación del sistema de registro parte de la constitución del Registro Público de la Propiedad desde el año 1865, a lo largo de los años esta institución ha gozado del respeto de las autoridades de gobierno y la sociedad en general. Además la gestión de la misma le ha permitido modernizarse principalmente en aspectos tecnológicos llevando los datos registrales a bases de datos informáticas.

Como complemento al Registro de la Propiedad, en el año 1916 se crea una Oficina de Catastro adscrito al Registro, con el objetivo de ser el complemento en la descripción y ubicación física de la propiedad. En el caso del catastro, no siempre mantuvo esa misma orientación y no es sino en el año 1981 que se crea el Catastro Nacional, para consolidar la finalidad de disponer de una descripción y la ubicación exacta de cada propiedad.

Bajo la administración del Registro Nacional se mantuvieron dos instituciones con competencias sobre un mismo bien, por su parte el Registro Público de la Propiedad, por su parte, ha estado a cargo del sujeto, es decir el propietario y su condición; y por otra parte el Catastro Nacional a cargo del objeto; es decir, la descripción física y ubicación de la propiedad.

El sistema, si bien consolidado, por mantener datos en dos instituciones distintas y con ordenamiento jurídico distinto, presentó debilidades al darse casos de incongruencia en los datos de algunas propiedades. Otra debilidad identificada fue que la descripción física de la propiedad que se registró en el catastro era consignada de forma aislada sin disponerse de una descripción de conjunto de todas las propiedades.

En el año 2009 mediante Ley N° 8710, se crea “el Registro Inmobiliario, que comprende: propiedad inmueble, hipotecas, cédulas hipotecarias, propiedad en condominio, concesiones de zona marítimo-terrestre, concesiones del Golfo de Papagayo, registro de marinas turísticas y el Catastro Nacional”.

Esta reforma según su reglamento⁶⁰ hace que se integren las funciones catastrales y registrales inmobiliarias, respetando el principio de especialidad de cada área. Igualmente define al mapa catastral como representación gráfica que muestra la ubicación, identidad y linderos oficiales de los inmuebles.

Por la reciente creación del Registro Inmobiliario, la integración plena de datos registrales y catastrales, así como la oficialización del mapa catastral están aún en proceso.

Avance del catastro en la publicación de datos de tenencia.

Si bien es cierto para el catastro como parte de Registro Inmobiliario, el mapa catastral es el documento oficial que muestra la ubicación, identificación y linderos oficiales de los inmuebles, aún no se ha conformado para la totalidad del territorio del país. No obstante si se consideran las necesidades para el sistema de monitoreo de cobertura de la tierra, el catastro dispone de información en un porcentaje considerable del territorio.

La figura 12 muestra el mapa del territorio costarricense y refleja la cobertura del catastro, en la que las unidades administrativas mínimas (distritos) pueden tener tres estados, “oficializado”, “en proceso” y “sin información”. Los distritos en los que ha sido oficializado el levantamiento catastral (101 – 21%), la descripción oficial de la propiedad consta en el mapa catastral. Hay una cantidad considerable de distritos (221 – 46%) en los que el levantamiento catastral está en proceso, en distintas etapas como lo son la conformación, la exposición pública o el mantenimiento, previas a su oficialización. Por otra parte hay distritos (161 – 33%) en los que el levantamiento catastral aún no se ha iniciado y no existe información conformada bajo el criterio del mapa catastral, únicamente hay en estos distritos descripción por medio de planos catastrados individuales.

60. Decreto Ejecutivo N° 35509-J

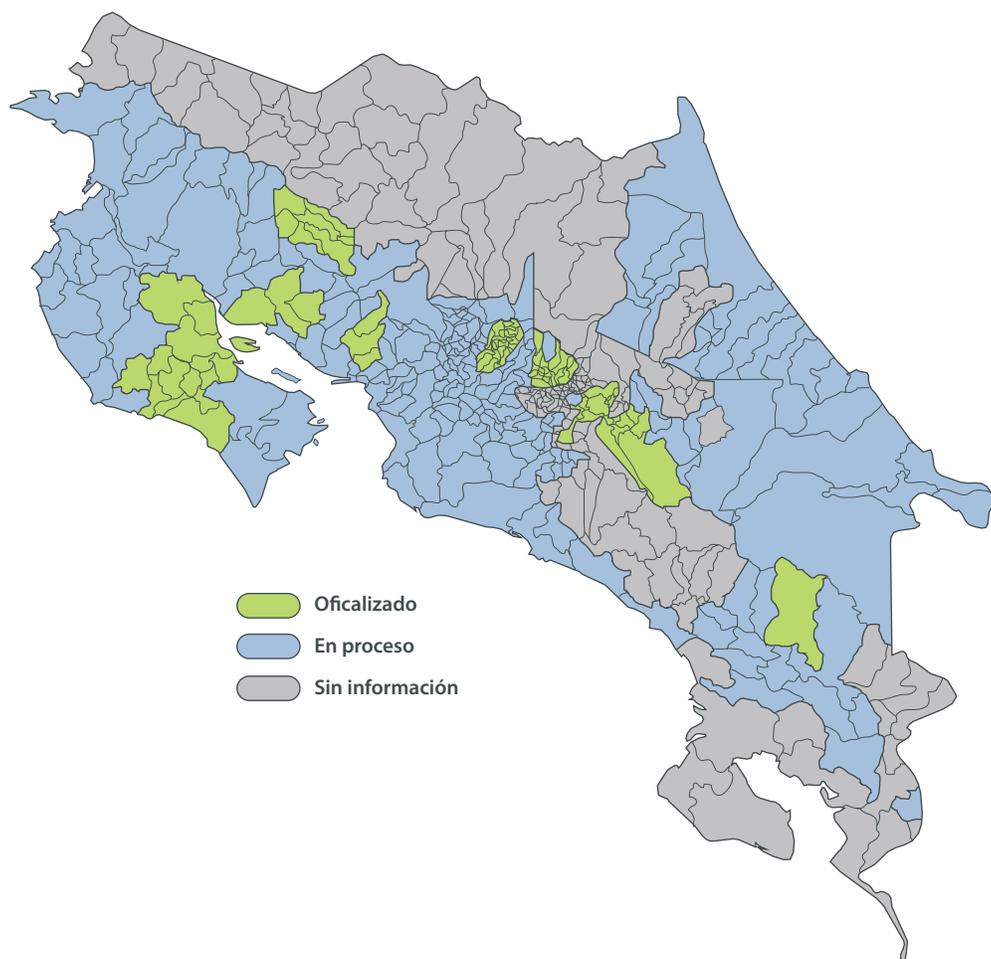


Figura 12: Cobertura del levantamiento catastral por distritos⁶¹

A la fecha, en el 67% de los distritos se dispone de datos catastrales conformados con un modelo de datos (modelo catastral) orientado a la descripción de la propiedad inscrita (finalidad jurídica), que además de mostrar la localización del terreno en el país, permite conocer los propietarios y tipos de derecho asociados, así como las afectaciones a esos derechos.

Este modelo⁶² considera el mapa catastral como una serie de “capas de información” digitales que en conjunto describen la situación física de la propiedad inmueble como tenencia, derechos, restricciones, afectaciones, y uso del suelo, entre otros. Una de esas capas de información es la descripción de los predios, en la que cada uno se representa como un polígono y corresponde con la descripción física de una propiedad inscrita (finca), un terreno no inscrito o un predio de dominio público. Se entiende el mapa catastral o cartografía catastral como la capa de información que describe los predios, identificados por labores de gabinete y campo.

La cobertura del levantamiento catastral en términos de superficie total del país se muestra en la Figura 13 según el mismo criterio de estados “oficalizado”, “en proceso” y “sin información”. En esta clasificación el porcentaje de territorio “sin información” es algo mayor al calculado por unidades administrativas (distritos).

Cobertura del levantamiento catastral (Porcentaje de la superficie)

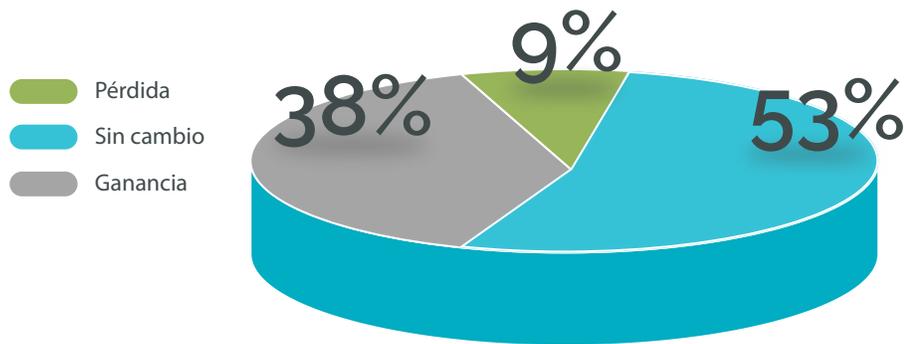


Figura 13: Cobertura del levantamiento Catastral por distritos.⁶³

La conformación del catastro con el resultado del mapa catastral resulta fundamental para el sistema de monitoreo, por cuanto permite de forma sencilla, contrastar los datos de la propiedad con las coberturas del uso de la tierra. La Figura 14 muestra una sección del mapa catastral donde cada predio (propiedad) está individualizada por un identificador único, el cual si corresponde a una inscripción registral, permite conocer los datos de la propiedad y los derechos y anotaciones asociadas.



Figura 14: Sección del Mapa Catastral del Distrito Mansión cantón Nicoya

Como se aprecia en la figura 14, el Mapa Catastral (entendido como base de datos geoespacial) permite la integración con capas de información contenidas en la cartografía de base o referencia elaborada en escala 1:1000 para zonas urbanas y núcleos residenciales y 1:5000 para zonas rurales. De esta forma un predio es definido e individualizado por su identificar único; así, la capa del mapa catastral puede estar sobrepuesta con la cartografía de base que describe las vías públicas y los cauces hidrológicos. Además puede integrarse con la ortoimagen de la que se puede interpretar y deducir la cobertura y el uso de la tierra.

Esta característica del mapa catastral como base de datos geoespacial también permite su publicación por medio de aplicaciones de servicios de mapas que pueden implementarse tanto en software licenciado como en código abierto. Para el sistema de monitoreo de cobertura de la tierra, esto permite que la integración con datos de la tenencia con datos de cobertura y uso de la tierra se generen por otros actores; como es el caso para el cultivo de piña generado por PRIAS.

63. Elaboración propia con datos del Registro Inmobiliario

XI. Componente 3:

Visor cartográfico que relacione mapas cobertura de la tierra de paisajes productivos con información de tenencia de manera periódica y pública.

La estrategia del sistema de monitoreo se enfoca en mostrar los datos de pérdida y ganancia de cobertura forestal integrados con la tenencia de la tierra y las restricciones legales ambientales al uso de la tierra. Los datos de tenencia son aportados por el catastro y los datos sobre pérdida y ganancia son generados periódicamente con base en el análisis espectral de imágenes. Una vez que se disponen los datos su integración y publicación se hará en la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

El Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT)⁶⁴ se genera como un producto del Programa de Regularización de Catastro y Registro de Costa Rica ; para manejar la base de datos única catastral-registral del país, y sobre cuya capa básica podrán montarse diferentes sistemas de información geográficos. Una vez concluido el PRCR la administración del SNIT se trasladó al IGN ente oficial para la producción de cartografía oficial y su publicación y distribución.

El Registro Nacional es el superior administrativo de dos instituciones claves para lograr el objetivo de publicar la información del Sistema de Monitoreo, el Instituto Geográfico Nacional, responsable del SNIT y el Registro Inmobiliario responsable de la conformación y publicidad del mapa catastral con la delimitación de la propiedad. Por esta razón son fundamentales las acciones que emprenda la administración del Registro Inmobiliario para lograr la publicación de información en el SNIT.

Fundamento legal y técnico para el desarrollo del SNIT. Decreto 37773.

El fundamento legal básico del SNIT se encuentra en el Decreto Ejecutivo número 37773, publicado en el Diario Oficial La Gaceta número 134 del 12 de julio de 2013. Según este decreto, el SNIT tiene como objetivo general promover la generación de productos, servicios e información geográfica georeferenciada de cubrimiento nacional, regional y local; y publicar en forma integrada y georeferenciada la información territorial producida por entes y órganos públicos, así como por personas privadas, físicas o jurídicas, y uniformar la información geoespacial estandarizada en el marco de una infraestructura de datos común.

Este concepto de infraestructura de datos común, es la base fundamental y funcional del SNIT; y corresponde con el concepto ampliamente⁶⁵ establecido que define una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) como “un sistema informático integrado por un conjunto de recursos (catálogos, servidores, programas, aplicaciones, páginas web,...) que permite el acceso y la gestión de conjuntos de datos y servicios geográficos (descritos a través de sus metadatos), disponibles en Internet, que cumple una serie normas, estándares y especificaciones que regulan y garantizan la interoperabilidad de la información geográfica. Así mismo es necesario establecer un marco legal (políticas) que

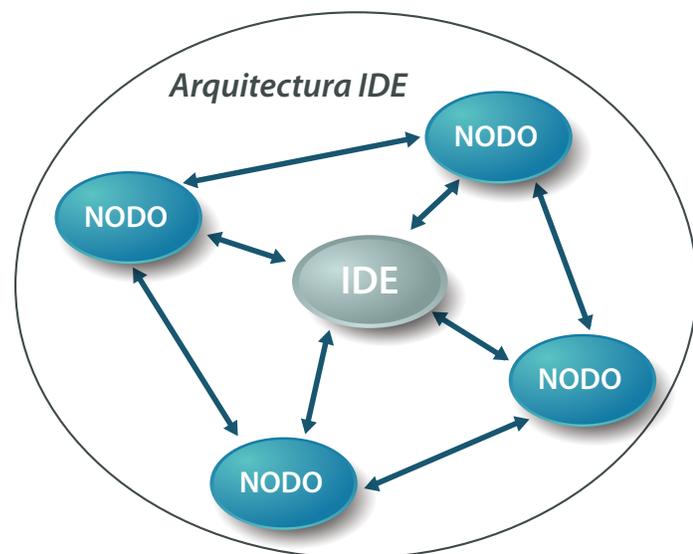
64. Ejecutado mediante convenio de préstamo entre el Estado y el Banco Interamericano de Desarrollo, y aprobado mediante ley N° 8154 del 01 de diciembre de 2001

65. Véase Directiva INSPIRE. <http://inspire.ec.europa.eu/>

asegure que los datos producidos por las instituciones serán compartidos por toda la administración y que potencie que los ciudadanos los usen”⁶⁶.

En la práctica y funcionalmente, una IDE es una red de nodos que operan con conectividad en internet y que por medio de normas (usualmente acuerdos) y estándares intercambian información geoespacial en forma transparente. En principio todos los nodos podrían considerarse como iguales, sin embargo suele denominarse nodo central o principal a aquel mediante el cual se materializa la publicación de un geoportal que brinda acceso a los servicios de visualización, localización por metadatos y localización por nombres o ubicaciones geográficas. Es decir fundamentalmente el geoportal cuenta con un visor y un catálogo de búsqueda. La figura 15 esquematiza la arquitectura de una IDE con un nodo central.

Figura 15: Arquitectura de una IDE (Nodo Central)



En este esquema de arquitectura se entiende que el liderazgo técnico y político de la IDE se desempeña desde los gestores del nodo central, es decir, además de administrar el geoportal como plataforma tecnológica, elabora y divulga la normativa técnica; y promueve la producción y publicación de geoinformación estandarizada e integrable. Las IDE como infraestructuras, se les compara con las redes viales; y al igual que en estas pueden categorizarse, sea por su énfasis, su temática o por su cobertura. La figura 16 muestra la típica agrupación de las IDE en tres categorías, que siguen un esquema piramidal



Figura 16: Relación entre IDE en un país

66. <http://www.idee.es/>. Infraestructura de Datos Espaciales de España

En la base se encuentran aquellos casos que se ocupan de temáticas específicas, los datos de un municipio, de una institución autónoma o empresa pública⁶⁷. En un nivel superior estarán las IDE que responden a mayor espacio geográfico como regiones de municipios o sectores como ambiente, energía, salud, educación, que agrupan algunas instituciones con campos de acción o competencias afines, así podría considerarse CENIGA. Finalmente el nivel nacional define las políticas e integra de manera global la información y otras IDE.

Conforme a lo expuesto y lo establecido en el Decreto Ejecutivo No. 37.773, el SNIT responde al concepto de una IDE. Por la definición de su contenido inicial como cartografía catastral y topográfica oficial⁶⁸, puede considerársele como una IDE sectorial, puesto que contiene la información que es generada por dos instituciones adscritas al Registro Nacional⁶⁹. No obstante el mismo decreto establece que corresponderá al Registro Nacional, ente a cargo de la dirección del SNIT, promover el establecimiento de una infraestructura nacional de datos geoespaciales. Se asigna al SNIT, además de las tareas de publicar geoinformación, la definición de normativa y la promoción para el uso de sistemas que integren geoinformación.

Estas competencias del SNIT, adicionales a la publicación de geoinformación, han de interpretarse como la base del desarrollo de la IDE nacional, circunstancia que se refuerza en la decisión del Registro Nacional de encomendar la administración del SNIT al IGN, institución responsable de la producción de la cartografía oficial del país.

Conviene indicar las acciones de instituciones del Estado que reconocen la función rectora del SNIT. La Contraloría General de la República ordena al MINAE, SINAC y al IGN a la integración en el SNIT de información relativa al proceso de elaboración y aprobación de planes reguladores. De igual forma el Plan Nacional de Ordenamiento Territorial (PLANOT 2014-2020) ordena consolidar el SNIT) y garantizar el acceso universal a la información de gestión del territorio.⁷⁰ Estas acciones evidencian la trascendencia que el SNIT puede tener en lo que respecta a la información del territorio.

No obstante, con base en la experiencia y conocimiento del uso de geoinformación en el país, se puede afirmar que a la fecha está integrado un mínimo de los datos que se disponen en el país. Esto en parte puede entenderse por la reciente creación del SNIT, siendo además el primer esfuerzo oficial por consolidar una IDE. Sin embargo, es evidente la necesidad de impulsar políticas institucionales para publicar e integrar información, así como acciones de divulgación de la conveniencia de consolidar el SNIT.

Considerando los objetivos y alcances que se proponen con el desarrollo del sistema de monitoreo de cobertura de la tierra en paisajes productivos, el SNIT se constituye como el medio legal y plataforma idónea de difusión de la lámina de cambio de regeneración o cambio de uso de la tierra, en la medida que el propio decreto constitutivo del SNIT obliga al Poder Ejecutivo a publicar a través de dicho sistema toda la información territorial georeferenciable estandarizada que genere, administre y gestione, pudiendo convenir con las instituciones autónomas y semiautónomas, las municipalidades y las empresas públicas la publicación de aquella información territorial georeferenciable que administren, gestionen y construyan.

67. En general el tema IDE se aborda desde el enfoque público, sin embargo en este mismo esquema, la empresa privada puede considerarse en el nivel corporativo.

68. Artículo 1. Decreto Ejecutivo N°37.773.

69. Leyes N° 8.710 y N° 8.905

70. Véase informe de consultoría de Mario Peña Chacón.

Infraestructura tecnológica y capacidad instalada

En la actualidad el SNIT opera con una infraestructura constituida únicamente de un servidor (2GHz-12Gb) y su acceso se da por un canal de comunicación de 40 Mbps. En este momento se encuentra en este momento en un proceso de reestructuración tecnológica que abarca la plataforma de hardware y las funcionalidades de sus aplicaciones básicas. Se espera que el resultado de esta “renovación” esté en operación en el primer trimestre del año 2017.

En cuanto al hardware se plantea una estructura de cinco servidores (2GHz-12Gb) con redundancia, dos para la base de datos geoespacial, uno para aplicaciones, uno para catálogo de datos y uno para la publicación web y el visor. Para los datos se prevé un área de almacenamiento en red (SAN 4Tb). Este esquema sigue lo que puede denominarse el estándar para para la publicación de datos geo espaciales. En la figura 17 se esquematiza la infraestructura de plataforma de hardware.

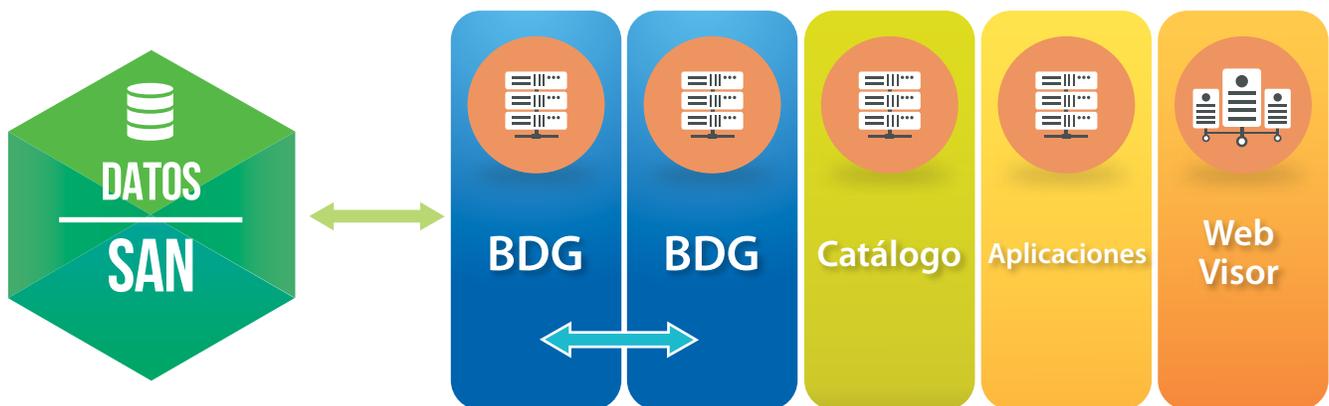


Figura 17: Infraestructura Tecnológica del SNIT

En lo que refiere a comunicaciones, ahora se propone que el SNIT opere con ancho de banda superior al de 40 Mbps actual, dedicado y sin limitaciones en plazo. Es evidente que la renovación de plataforma permitirá un mejor desempeño al SNIT. Esto implica que una vez implementada la nueva plataforma habrá una mejora en el desempeño de sus dos principales funcionalidades del visor cartográfico o geoportal y la respuesta a solicitudes de geoservicios⁷¹.

Capacidad de respuesta

Respecto a la capacidad de respuesta (presente y futura), siempre estará determinada por la demanda de los usuarios y tipos de consultas que se requieran. La respuesta de sistemas como SNIT puede medirse por el desempeño en tres funcionalidades básicas i) despliegue en línea mediante Visor, ii) respuesta a geoServicios y iii) servicios de descarga. De estas tres funcionalidades el SNIT en la actualidad desempeña las dos primeras.

De cara al usuario, la consulta por el visor (consulta en línea) utilizando una conexión de ancho de banda en hogar de 2Mbps en un día laboral, brinda tiempos de respuesta promedio de dos segundos, para el despliegue de un zoom sobre una determinada región del territorio con la ortofotografía. En cuanto a la respuesta al consumo de geoservicios, con el

⁷¹ GeoServicio: Es un Servicio Web (acceso del usuario a información ubicada en servidores remotos) que permite intercambiar información con características de representación espacial (geoinformación). Para la generación y la utilización de los GeoServicios, se utilizan lenguajes específicos y protocolos estándares definidos por el OGC

mismo tipo de conexión, la carga de información vectorial de la hidrografía o del mapa catastral tiene tiempos de respuesta ligeramente mejores a los dos segundos.

Estos tiempos de respuesta pueden considerarse apropiados, sin embargo es necesario tener algún parámetro de comparación. Es entonces valioso considerar como referencia el geoportal del Sistema de Información Territorial de Navarra⁷² (SITNA) <http://sitna.navarra.es>. Este sistema opera en su geoportal con tres servidores (2,4GHz-72GB) y almacenamiento de 7 TB.

Para iguales tipos de consultas en visor y geoservicios, si bien puede apreciarse en algunos casos en el SITNA respuestas cercanas a un segundo, en general no se notan en los dos parámetros analizados diferencias sustanciales entre SNIT y SITNA. Cabe apuntar que en SITNA no se consiguió acceso a GeoServicios de ortofotos.

Estadísticas

Otra forma de dimensionar el desempeño del SNIT se refiere a parámetros de uso, estadísticas que muestren el comportamiento a lo largo del tiempo de los usuarios. Se han recopilado datos de accesos de dieciocho meses, de los cuales se puede extraer parámetros importantes.

El número de accesos mensuales oscila entre 7.000 y 15.000, siendo en el mes de setiembre de 2015 de 18.000. Para este último mes, representa una distribución homogénea promedio de 20 accesos por hora; en una distribución concentrada podría haber días hábiles en que se responden hasta 100 accesos en una hora. Para el mes de setiembre los accesos se han dado desde 5.000 direcciones IP identificadas, es decir se puede considerar que el SNIT tiene 5.000 usuarios localizados que de forma regular solicitan información.

Respecto a geoservicios, en el mes de setiembre se superaron los ocho millones de peticiones⁷³ por geoservicios. La consulta de los datos de una finca y la ortofoto supone en promedio requerir de veinte peticiones, se estimaría en quinientas consultas hora la demanda por geoservicios.

Cuadro 4: Principales Estadísticas sobre acceso al SNIT

Parámetro	Promedio 18 meses	Setiembre 2015
Accesos al geoportal	12000	18000
Registro de IP's	3000	5000
Pedido de GeoServicios	5.000.000	8.000.000
Descarga de Datos (GB)	75	20

Fuente:
Presentación suministrada por Ms.C. Jonnathan Jiménez

72. Comunidad Foral de Navarra. Extensión 10.000 km². Población 650.000 habitantes

73. **Petición:** Cada demanda de información a un sitio de internet que recupera contenido correctamente. Una petición puede asociarse a cada acción del usuario que origina una o más descargas de información desde el servidor.

Otra estadística de interés es la información descargada desde el visor SNIT, medida como tasa de datos según los accesos registrados. Esta tasa de datos se registra entre 50 Gb y 200Gb por mes, lo cual indica que en algunos días se alcanza la tasa de 10 Gb.

La figura 18 muestra el comportamiento del SNIT en cuanto a descargas de datos en los nueve primeros meses del año 2015. Una tasa de 150 Gb mensual (agosto 2015) supone en promedio 20 despliegues o respuestas del visor por minuto.

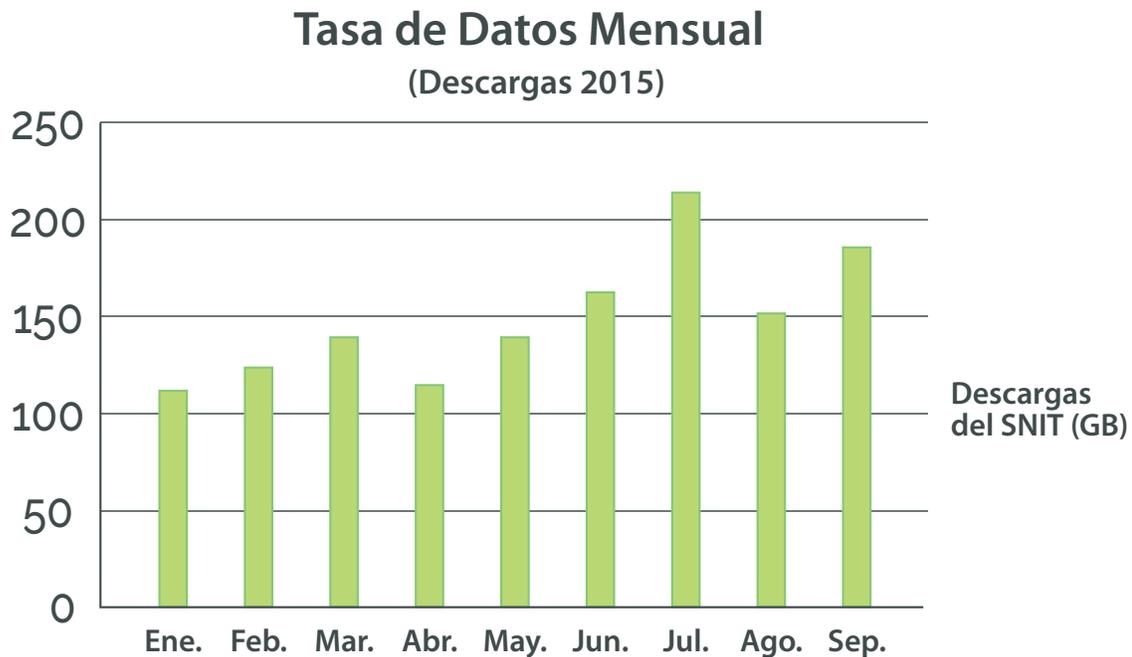


Figura 18: Rendimiento mensual del SNIT en Gb de descargas

Como referencia se puede indicar que el estimado de descarga mensual en el SITNA para el año 2014 fue de 130 MB. Este dato muestra que las capacidades del SNIT para la publicación y distribución de datos es aceptable, condición que deberá mejorar con la renovación de la plataforma tecnológica.

Demanda

Cabe señalar que la demanda ha venido creciendo con el tiempo, en contraste con los datos del mes de setiembre de 2015, en el mes de enero de 2014 se contabilizaron 8.000 accesos desde 2.500 direcciones IP.

La demanda, es generada por los usuarios y ha ido aumentando en el tiempo. Si bien el rendimiento puede compararse con otros sistemas semejantes, la demanda de los usuarios puede ser mayor a la capacidad.

Esta “mayor” demanda sobre el rendimiento actual puede responder a expectativas de usuarios de ahí que sea importante precisarlo.

La consulta informal con un grupo de usuarios con conocimientos en SIG, muestra que en general el SNIT es reconocido como una plataforma que contiene y da acceso a información de calidad del territorio, generada por el IGN y otras instituciones. Estos mismos usuarios en diferentes roles consumen con periodicidad información del SNIT y las consideran como una plataforma útil pero en desarrollo. Las principales limitaciones identificadas se refieren a: la poca información disponible, la resolución y la velocidad de despliegue del visor y la imposibilidad de acceder desde algunas instituciones.

Por otra parte un usuario especializado identifica otro tipo de limitaciones, como lo son: la existencia de un máximo permitido de descargas por persona, la ausencia de servicios de descarga masiva y de geoservicios de features, publicación de geoservicios sin adecuada funcionalidad.

Información publicada. Generadores Internos y externos

El SNIT ha logrado a la fecha, compilar, describir y direccionar información geoespacial de 12 instituciones del Estado. La información cumple con las características para estar integrada bajo los estándares que se requieren en el concepto de una IDE. De esta información, alguna está integrada en visor (geoportal) y otra está direccionada para su utilización (consumo) mediante geoservicios.

Entre todas las doce instituciones generadoras de información se disponen en geoservicios (WMS)⁷⁴ ciento setenta y seis mapas o capas de información. De todos esos geoservicios 31 están publicados en el visor del geoportal del SNIT y son de acceso inmediato para cualquier usuario a través de internet.



Figura 19: Instituciones Generadoras de GeoInformación

Un aspecto importante de señalar es que cada institución asume la responsabilidad de que su información esté accesible y actualizada; por ello, cada institución debe implementar mecanismos para garantizarlo. La base funcional del SNIT como IDE es no solo publicar la información, esto implica responsabilidades.

Al analizar las instituciones que publican información es fácil identificar sectores que no tienen participación, pese a su importancia estratégica en la economía. Pueden citarse dentro de estas necesidades de participación los sectores de salud, agricultura, turismo y cultura; fundamental lo relativo a infraestructura. Trato especial merece referirse al sector municipal, del cual es de esperar mayor participación para disponer de la zonificación de las regulaciones de uso del suelo. Varios municipios además de los citados en el inventario, han realizado importantes esfuerzos y logrado

desarrollos para publicar geoinformación⁷⁵, no obstante no todos estos han tenido la visión de una IDE ni local ni externa; esto limita la explotación del potencial de la información.

La información disponible es valiosa, permite su integración efectiva, con lo cual adquiere un valor agregado. Así desde el visor puede identificarse la propiedad de la tierra⁷⁶, determinado el valor fiscal de la tierra y su ubicación o no dentro de algún tipo de área silvestre protegida.



Figura 20: Integración de información en el visor del geoportal del SNIT.

La Figura 20, muestra cómo desde el visor en el geoportal del SNIT es posible desplegar integrado el mapa catastral del distrito Buenos Aires del cantón Buenos Aires con la identificación de la propiedad (línea verde), y parte del área cultivada de piña en la Región Brunca, sobre la ortofotografía. La información integrada corresponde a diferentes instituciones responsables, IGN (ortofotografía), Registro Inmobiliario (mapa catastral) y PRIAS (cultivo de piña).

Si bien la iniciativa del SNIT es reciente, y puede considerarse como un avance por la cantidad de información publicada sobre una misma plataforma, también es cierto que la cantidad de sectores que aún no publican información es considerable. Es necesario extender a estos otros sectores la necesidad de publicar la información, con fundamento en el artículo 5° del Decreto Ejecutivo N°37773, al establecer que “el Poder Ejecutivo deberá publicar en el Sistema Nacional de Información Territorial, toda la información territorial georeferenciable estandarizada que genere, administre y gestione.”

La plataforma del SNIT permite la publicación de información en línea por dos medios, previamente configurada desde un visor cartográfico y mediante servicios de mapas (WMS) configurables que se consumen y configuran desde un cliente de sistemas de información geográfica.

El visor cartográfico es una aplicación que dispone de una configuración de capas de información desplegadas, sobre las que se pueden consultar también atributos. La figura 21 presenta el visor cartográfico con la sobrepuesta de ortoimagen, con cartografía de base de la red vial que diferencia vías primarias de caminos secundarios, y también los cauces hidrológicos.

⁷⁵. Municipalidad de San José <http://mapas.msj.go.cr:1024/SistMap/>. Municipalidad de Escazú <http://gis.muniescazu.go.cr:8399/GRL/mapviewer.jsf>.
Municipalidad de Cartago <http://gis.muni-carta.go.cr/flexviewers/gisweb/>.

⁷⁶. A la fecha solo para algunos cantones. Véase apartado 3.3

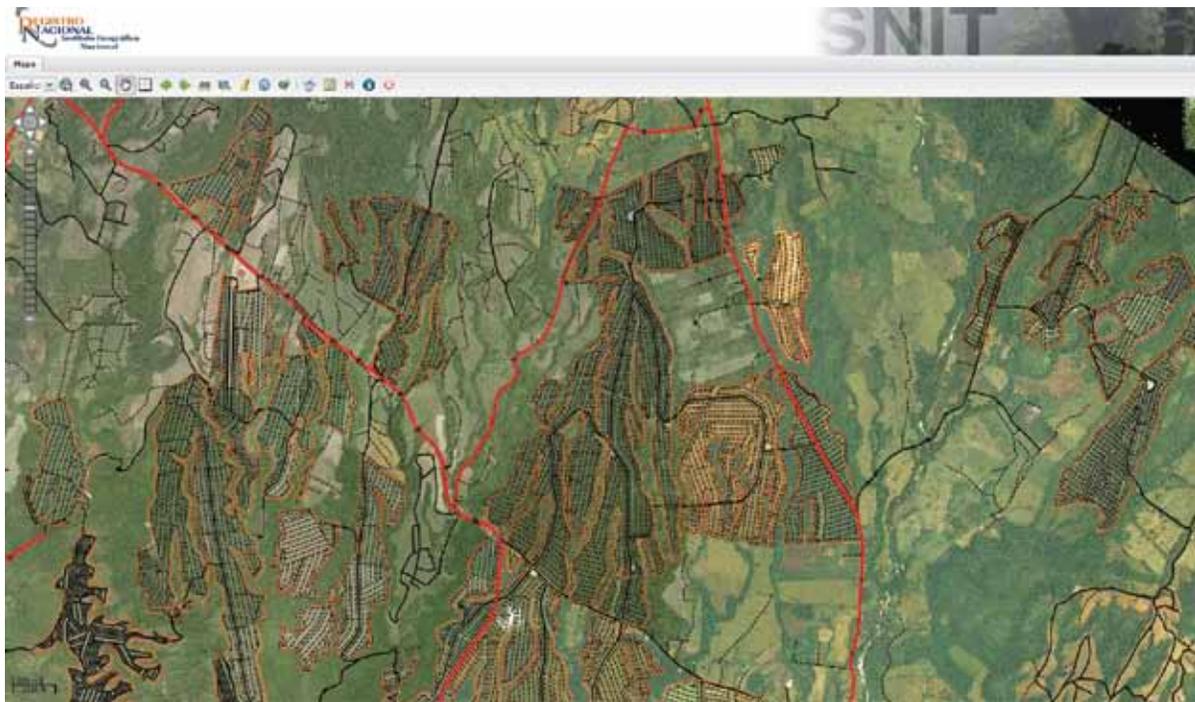


Figura 21: *Visor cartográfico del SNIT* ⁷⁷

La información del SNIT publicada mediante Servicios de Mapas se puede incluir en la composición de mapas del usuario, de forma sencilla, llevando capas de información que se publican como un Servicio Web. De esta forma la generación de una capa de cobertura de la tierra puede ser integrada con otra información. La figura 22 muestra el interface de una aplicación SIG (basada en software open source) en la que se integra el servicio web de la ortoimagen del SNIT con el mapa de cobertura de la tierra obtenido por la clasificación supervisada de imágenes.

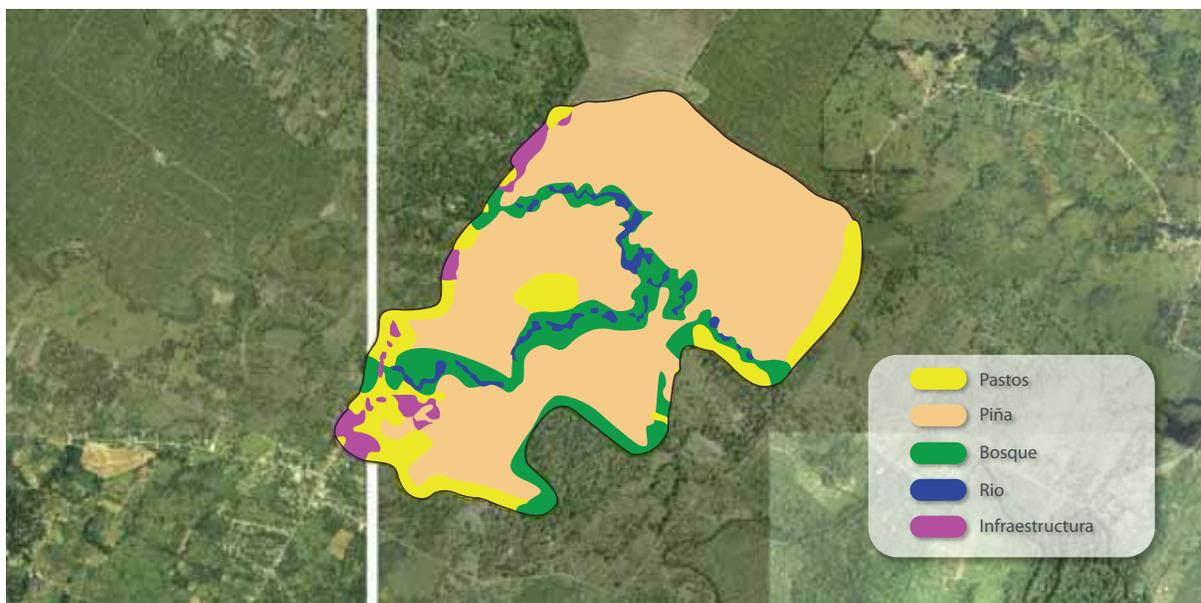


Figura 22: *Integración del mapa de cobertura con servicio de ortoimagen del SNIT.*

La misma información del mapa de cobertura de la tierra se puede integrar con la cartografía base como se muestra en la figura 23, lo que facilita identificar posibles conflictos por afectación del cultivo sobre elementos hidrológicos.

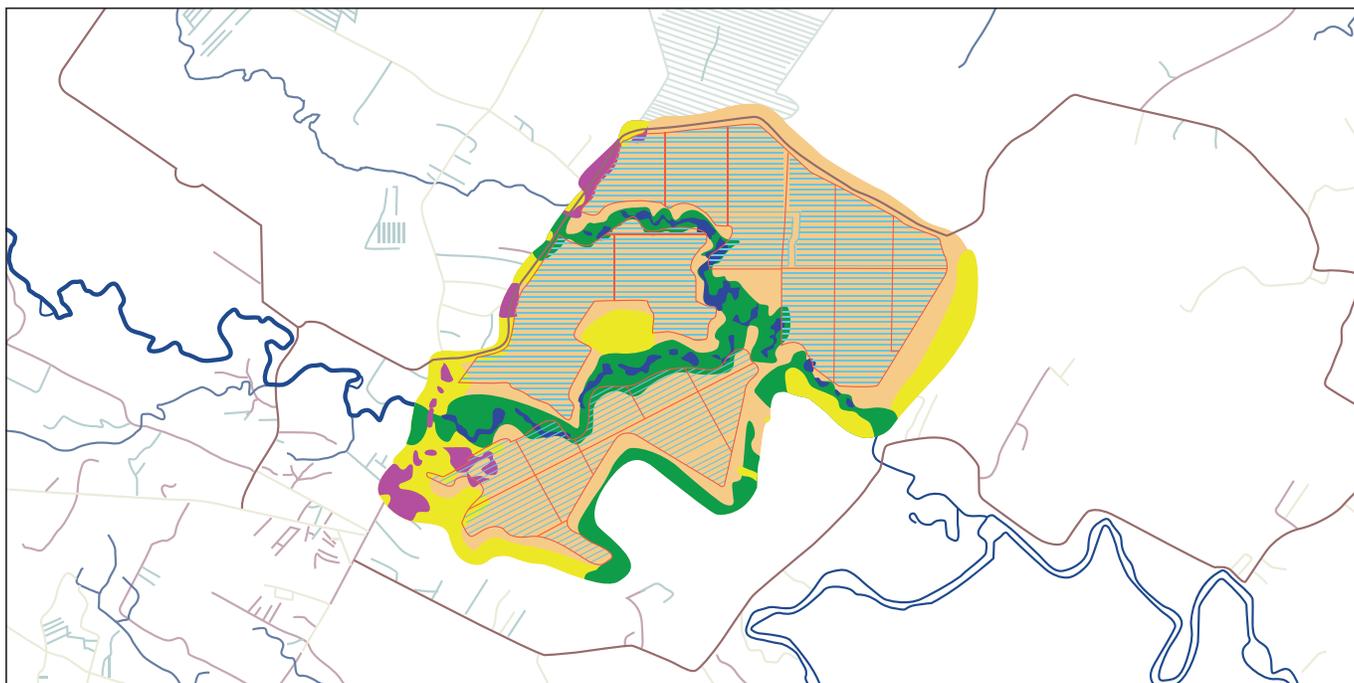


Figura 23: Integración del mapa de cobertura con servicio de cartografía base del SNIT.

Como se desprende de los ejemplos antes expuestos, el SNIT es una plataforma en operación que facilita la integración de información geoespacial, con el cual se logran dos objetivos básicos del Sistema de Monitoreo de Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos. En primera instancia al publicarse en el SNIT los datos de catastro, se logra integrar los mapas de cobertura con los datos de la tenencia de la tierra. Por otra parte el concepto IDE en el que se fundamenta el SNIT permite que esa información integrada sea publicitada a todos los actores interesados.

XII. Beneficios y Ventaja Comparativa del MOCUPP

Identificación de expansión ilegal de frontera agrícola

Los mapas de cobertura de materias primas específicos permiten identificar exactamente y en qué predios están ubicados esos cultivos. Esta información, al ser publicada a través del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), permite relacionarla con otras capas de información; por ejemplo, en la siguiente figura se muestra el visor cartográfico del SNIT relacionando dos capas, la cobertura de piña al 2015 y la de áreas silvestres protegidas generada por el SINAC. Al hacer un acercamiento se pueden identificar claramente las manchas de piña dentro del refugio mixto de vida silvestre Maquenque.

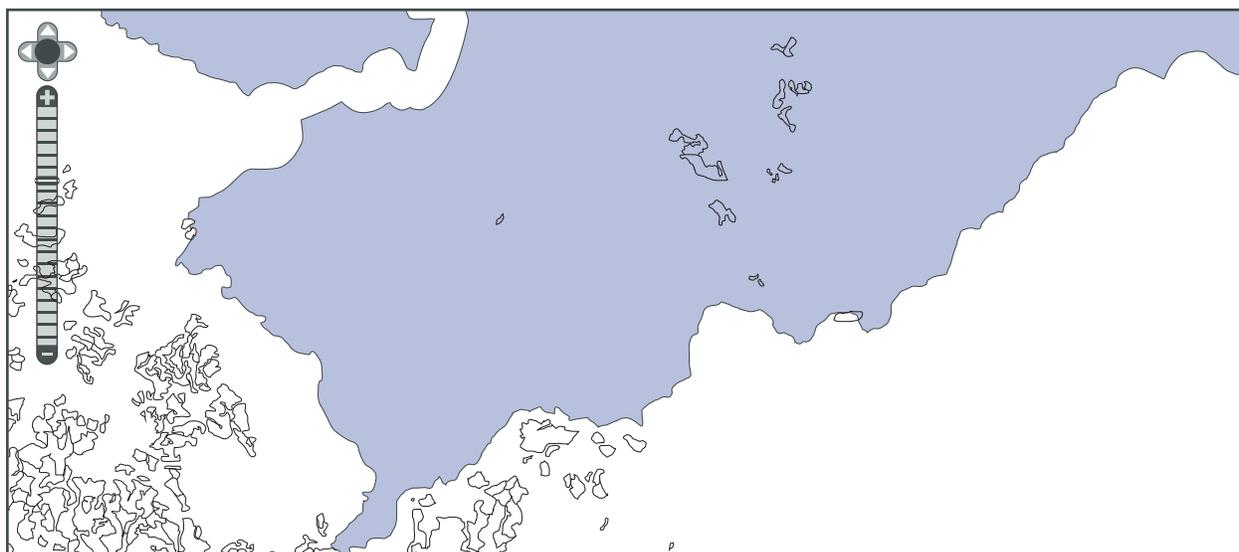


Imagen de visor cartográfico del SNIT mostrando áreas silvestres protegidas y piña detectada dentro del área protegida

Foto de piña ubicada a lo interior del refugio mixto de vida silvestre Maquenque en Octubre 2016. Esta plantación fue localizada usando el mapa de cobertura de piña 2015 publicado en el SNIT y fue posteriormente verificado en campo por funcionarios de SINAC (Carlos Quesada León) y PNUD (Carmen Umaña).



Monitoreo de pérdida y ganancia de cobertura forestal por mancha urbana

Actualmente, la pérdida de la biodiversidad por eliminación de hábitat en el país está asociada con la expansión de la frontera agrícola y a la expansión del área urbana. Es entonces estratégico aprovechar la interacción de PRIAS, DRI e IGN para atender esta amenaza ambiental en zonas urbanas también.

El procedimiento utilizado para generar imágenes de pérdida y ganancia de cobertura forestal asociada a materias primas teledetectables puede ser replicado en entornos urbanos para verificar cumplimiento de la Ley Forestal pero en zonas residenciales.

En este caso, MOCUPP podría generar dos productos adicionales. Por un lado, mapas de cobertura total de mancha urbana. Estos mapas indican año con año la extensión total de zonas residenciales y habitadas. Por otro lado, mapas que muestran si manchas urbanas específicas eliminan cobertura forestal (incumpliendo Ley Forestal y varias disposiciones municipales) o para monitorear año con año el aumento de cobertura forestal en ríos que atraviesan urbes.

Por medio del proyecto Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica financiado con recursos del Fondo de Medio Ambiente Mundial, el MINAE invertirá en un piloto en el corredor interurbano María Aguilar como una inversión piloto y determinar su utilidad para el ordenamiento territorial urbano y la gestión municipal.

La siguiente tabla muestra los productos que se espera sean desarrollados en los próximos 5 años. Al finalizar este proceso piloto, se podrá contar con presupuesto para realizar un mapeo anual de toda la mancha urbana en el país, así como una sistematización de sus usos y los ahorros que genera para la gestión estatal y municipal. Con esta sistematización de sus usos y costos al 2020, el Estado estará en la posibilidad de tomar la decisión presupuestaria de incluir al MOCUPP el monitoreo anual de mancha urbana y pérdida y ganancia de cobertura forestal asociada como parte del MOCUPP: Esta decisión y presupuestación podrán darse en el año 2020.

Fecha de publicación SNIT	Mancha urbana (CIUMA/ACLAP)**
2017	línea de base 2000-2016 de pérdida y ganancia de cobertura sobre mancha urbana del CIUMA/ACLAP
	Cobertura total de mancha urbana del CIUMA /ACLAP 2016
	Pérdida y Ganancia de cobertura forestal sobre mancha urbana nacional 2016-2017
2018	Pérdida y Ganancia de cobertura forestal sobre mancha urbana CIUMA/ACLAP 2017-2018
	Cobertura total de mancha urbana del CIUMA /ACLAP 2018
2019	Pérdida y Ganancia de cobertura forestal sobre mancha urbana CIUMA/ACLAP 2018-2019
	Cobertura total de mancha urbana del CIUMA /ACLAP 2019
2020	Pérdida y Ganancia de cobertura forestal sobre mancha urbana CIUMA/ACLAP 2018-2019
	Cobertura total de mancha urbana del CIUMA /ACLAP 2019

Certificación de unidades productivas libres de deforestación

La Declaración de Nueva York sobre los Bosques del 2014, unió a gobiernos, empresas y actores de la sociedad civil, incluyendo organizaciones de pueblos indígenas, con el objetivo de reducir a la mitad la pérdida anual de bosques naturales para 2020, y a esforzarse para alcanzar la cero deforestación en el 2030. Como parte de este proceso, los principales comerciantes de materias primas del mundo han establecido políticas de compra para eliminar la deforestación de sus cadenas productivas. Esto tiene repercusiones en nuestro desarrollo, por lo que herramientas como MOCUPP son oportunas para nuestra competitividad ambiental.

Qué el país genere mapas anuales de pérdida y ganancia de cobertura forestal y que estos sean publicados en un visor cartográfico de acceso público que vincule estos mapas con información de tenencia de la tierra, implica que compradores internacionales de materias primas pueden identificar, sin costo alguno, si las fincas de donde adquieren sus materias primas cumplen o no la legislación forestal.

También implica que un productor puede demostrar a su mercado que su finca se mantiene libre de deforestación o mejor aún, que su finca mantiene o aumenta su cobertura forestal.

Considerando la anteriormente citada declaración de Nueva York y otras tendencias del mercado que procuran eliminar la deforestación de las cadenas de valor de, esta herramienta se convertirá en un aliado clave de los productores de materias primas que buscan diferenciarse.

El proyecto Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica invertirá en el desarrollo de un esquema de certificación para unidades productivas libres de deforestación aprovechando el MOCUPP. Se espera esta certificación esté lista para el 2018.

Comparación Landsat 2001 vs. Rapid Eye 2011 para obtener pérdida y ganancia



Reducir costo estatal de verificar cumplimiento de la Ley Forestal

Actualmente los incumplimientos a la Ley Forestal se procesan principalmente por funcionarios del SINAC y de MINAE que interponen denuncias ante el Tribunal Ambiental Administrativo y el Ministerio Público. Esto implica una visita al lugar de los hechos, muy a menudo, por una denuncia comunal. Por lo anterior, muchos incumplimientos a la Ley Forestal pueden pasar desapercibidos o, considerando la carga de trajo de los funcionarios del MINAE en zonas rurales, pueden ser denunciados, pero no llegan a ser procesados ante el Tribunal Ambiental Administrativo o el Ministerio Público porque no se programan todas las visitas de inspección requerida para procesar los casos. El MOCUPP ofrece una forma con la cual aumentar la agilidad y reducir el costo de procesamiento de imágenes ambiental para todo el sector público.



XIII. Estrategia de consolidación financiera a largo plazo

La consolidación a largo plazo del Sistema de Monitoreo de Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos se logra haciendo sostenible un flujo de acciones técnicas que deben desarrollarse en distintos entornos y por distintos actores. Básicamente son acciones que deben emprender los responsables del catastro, los responsables del SNIT y las agencias encargadas de generar los datos de cobertura de la tierra y uso del suelo.

Por parte de las agencias responsables de la producción de mapas de cobertura y uso de la tierra es necesario consolidar el personal técnico y el equipamiento que garantice la adquisición de los datos de cobertura según la periodicidad establecida. Esto también incluirá el desarrollo de metodologías para la clasificación de imágenes y métodos de interpretación para la descripción de la cobertura de distintos cultivos.

Con respecto a los responsables del catastro, estos deben alcanzar la oficialidad de los datos en todo el territorio e implementar mecanismos de actualización permanente.

Asimismo, los responsables del SNIT deben promover su sostenibilidad y principalmente la divulgación de políticas para la producción de información bajo estándares que aseguren la integración en el SNIT de todos los datos geospaciales que se produzcan en el país.

La consolidación y sostenibilidad del sistema de monitoreo debe considerar el soporte en cada uno de los componentes. Se considera que una estrategia de apoyo por cinco años lograría la consolidación del Sistema y logara el objetivo de la publicación anua de mapas de pérdida y ganancia.

El componente de elaboración mapas de cobertura de la tierra y determinar pérdida y ganancia en paisajes productivos agropecuarios debe considerar los siguientes aspectos:

Capacitación. Para lograr la respuesta y la publicación anual se debe capacitar más personal partiendo de la base conocimiento ya existente en el país.

Plataforma tecnológica. Incluye la dotación de una plataforma tecnológica adecuada para el procesamiento de imágenes y la publicación de Geoservicios.

Imágenes. Un apoyo importante al sistema sería disponer de imágenes de mejor resolución a LandSat8, con las que se asegure el objetivo de la publicación anual.

Apoyo logístico. Tratándose de una organización como PRIAS es necesario apoyo para realizar labores de campo y logística necesarias para la elaboración de los mapas anuales de cobertura.

Monitoreo de pérdida y ganancia de cobertura forestal por mancha urbana

Actualmente, la pérdida de la biodiversidad por eliminación de hábitat en el país está asociada con la expansión de la frontera agrícola y a la expansión del área urbana. Es entonces estratégico aprovechar la interacción de PRIAS, DRI e IGN para atender esta amenaza ambiental en zonas urbanas también.

El procedimiento utilizado para generar imágenes de pérdida y ganancia de cobertura forestal asociada a materias primas teledetectables puede ser replicado en entornos urbanos para verificar cumplimiento de la Ley Forestal pero en zonas residenciales.

En este caso, MOCUPP podría generar dos productos adicionales. Por un lado, mapas de cobertura total de mancha urbana. Estos mapas indican año con año la extensión total de zonas residenciales y habitadas. Por otro lado, mapas que muestran si manchas urbanas específicas eliminan cobertura forestal (incumpliendo Ley Forestal y varias disposiciones municipales) o para monitorear año con año el aumento de cobertura forestal en ríos que atraviesan urbes.

Por medio del proyecto Conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica financiado con recursos del Fondo de Medio Ambiente Mundial, el MINAE invertirá en un piloto en el corredor interurbano María Aguilar como una inversión piloto y determinar su utilidad para el ordenamiento territorial urbano y la gestión municipal.

La siguiente tabla muestra los productos que se espera sean desarrollados en los próximos 5 años. Al finalizar este proceso piloto, se podrá contar con presupuesto para realizar un mapeo anual de toda la mancha urbana en el país, así como una sistematización de sus usos y los ahorros que genera para la gestión estatal y municipal. Con esta sistematización de sus usos y costos al 2020, el Estado estará en la posibilidad de tomar la decisión presupuestaria de incluir al MOCUPP el monitoreo anual de mancha urbana y pérdida y ganancia de cobertura forestal asociada como parte del MOCUPP: Esta decisión y presupuestación podrán darse en el año 2020.

Cuadro 5: Presupuesto del Componente 1

Componente 1	Año			
	1	2	3	4
Capacitación	USD 30.000,00	USD 15.000,00	USD 15.000,00	USD 15.000,00
Plataforma TI	USD 400.000,00	USD 100.000,00	USD 100.000,00	USD 100.000,00
Imágenes Rapid Eye	USD 70.000,00	USD 70.000,00	USD 70.000,00	USD 70.000,00
Captura de datos en campo	USD 30.000,00	USD 30.000,00	USD 30.000,00	USD 30.000,00
Mantenimiento actualización	USD 83.666,00	USD 83.666,00	USD 83.666,00	USD 83.666,00
Personal tecnico	USD 80.000,00	USD 80.000,00	USD 80.000,00	USD 80.000,00
Alquileres	USD 30.000,00	USD 30.000,00	USD 30.000,00	USD 30.000,00
Subtotal	USD 723.666,00	USD 408.666,00	USD 408.666,00	USD 408.666,00
Imprevistos (15%)	USD 108.549,90	USD 61.299,90	USD 61.299,90	USD 61.299,90
Costos administrativos (5%)	USD 41.610,80	USD 23.498,30	USD 23.498,30	USD 23.489,30
Total	USD 873.826,70	USD 439.464,20	USD 439.464,20	USD 439.464,20

Con base en el apoyo para el desarrollo de capacidades y la sistematización de la producción de mapas sobre diferentes coberturas de cultivos se espera como resultado obtener en el lapso previsto de cinco años información de pérdida y ganancia del cultivo y de la cobertura forestal.

El siguiente cuadro presenta el estimado en plazo y cultivo de la obtención de mapas de pérdida y ganancia y cobertura forestal.

Cuadro 6: Estimado de los productos de pérdida y ganancia por cultivo

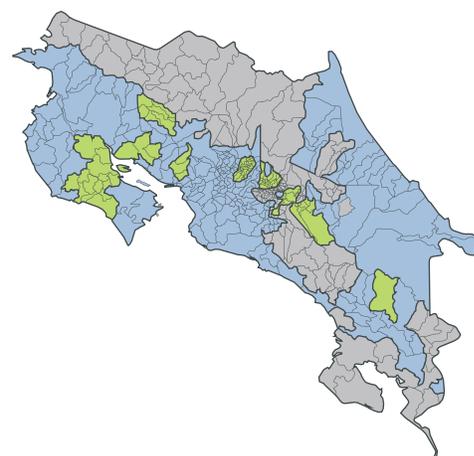
Año	Monto	Piña	Pasturas	Caña de azúcar	Palma aceitera
2016	Financiado por PNUD (Green Commodities) & UNREDD TS2 CR	Línea de Base 2000-2015 de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero			
		Cobertura total de piña 2015			
2017	USD 873.826,70	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2015-2016	Línea de Base 2000-2016 de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para pastura sin árboles		
		Cobertura total de piña 2016			
2018	USD 493.464,20	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2016-2017	Cobertura total paisaje productivo pasturas sin árboles 2017		
		Cobertura total de piña 2017			
2019	USD 493.464,20	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2017-2018	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para pastura sin árboles 2017-2018	Línea de Base 2005-2018 de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para caña de azúcar	
		Cobertura total de piña 2018	Cobertura total de paisaje productivo para pasturas sin árboles 2018	Cobertura total de paisaje productivo para caña de azúcar 2018	
2020	USD 493.464,20	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo piñero 2018-2019	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para pasturas sin árboles 2018-2019	Perdida y Ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para caña de azúcar 2018-2019	Línea de Base 2005-2016 de pérdida y ganancia de cobertura forestal sobre paisaje productivo para palma aceitera
		Cobertura total de piña 2019	Cobertura total de paisaje productivo para pasturas sin árboles 2019	Cobertura total de paisaje productivo para caña de azúcar 2019	Cobertura total de paisaje productivo para palma aceitera 2019
Total	USD 2.354.219,28				

Para el componente de Información de la tenencia de la tierra y propiedad se considera el apoyo en dos aspectos medulares, completar las correcciones y oficialización de ciento sesenta y nueve (169) distritos en los cuales se ha realizado el levantamiento catastral y se tienen algunos procesos pendientes y realizar el levantamiento de 161 distritos, 33% de los cuales no se ha realizado ningún proceso de levantamiento catastral.

Componente 2	Completar el levantamiento catastral					Totales
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Procesos en ejecución	USD 2.000.000,00					USD 2.000.000,00
Actualizaciones en 110 distritos		USD 750.000,00				USD 750.000,00
Correcciones en 59 distritos			USD 1.250.000,00			USD 1.250.000,00
Levantamiento en 161 distritos			USD 8.500.000,00	USD 8.500.000,00	USD 8.500.000,00	USD 25.500.000,00
Sub total	USD 2.000.000,00	USD 750.000,00	USD 8.500.000,00	USD 8.500.000,00	USD 8.500.000,00	
*Preupuestado y contratado por el Registrro Nacional				Sud Total del Componente		USD 29.500.000,00

Cuadro 6: Presupuesto de Consolidación del Componente 2 al 2020

En cuanto al componente de publicación de mapas de cobertura y pérdida y ganancia, la estrategia de consolidación y sostenibilidad se centra en dar al SNIT un carácter de institucional más sólido. Se propone un análisis institucional que culmine con una propuesta de reforma normativa a nivel de reglamento que establezca competencias para regir y promover la publicación e información geoespacial.



De forma complementaria se propone apoyar el desarrollo de capacidades internas y una estrategia de divulgación para promover entre distintos actores el concepto de la funcionalidad de una Infraestructura de Datos Espaciales.

Componente 3	Publicación de Mapas en el SNIT					Totales
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5	
Capacitación	USD 25.000,00	USD 25.000,00				USD 50.000,00
Apoyo al desarrollo de capacidades	USD 35.000,00	USD 15.000,00				USD 50.000,00
Reforma normativa	USD 25.000,00	USD 15.000,00				USD 40.000,00
Estrategia de divulgación	USD 25.000,00	USD 25.000,00	USD 25.000,00			USD 75.000,00
Sub total	USD 11.000,00	USD 80.000,00	USD 25.000,00	USD 0,00	USD 0,00	
Sud Total del Componente						USD 215.000,00

Cuadro 7: Presupuesto del Componente 3

XIV. Bibliografía

Cabal, 2010. Bosques, deforestación y monitoreo de carbono: Una valoración del potencial de REDD+ en Mesoamérica.

Campos, C. A.; Alvarado, A.; Vargas, G.; Brenes, E.; Calvo, S.; Ortega, M.; Aguilar, H.; Solano, M.; Jimenéz, K.; Mora, R. (2012). "Informe de consultoría: corrección atmosférica de datos Rapid Eye, para la identificación de tipos en Centro América y República Dominicana". Centro Nacional de Alta Tecnología, San José.

Conare, CeNAT, (2015) "Análisis de costo-beneficio de las alternativas para la operación del sistema de monitoreo del uso de la tierra atado a la tierra de arrendamiento y proponer la opción más rentable para el país". San José.

CONARE, CeNAT (2015) "Estimación del cambio de uso de los cantones de Guácimo, Pococí y Siquirres, en el periodo 2001-2014". San José.

CONARE, CeNAT (2016) "Desarrollo de una firma espectral para la identificación de cultivos de piña a través de sensores remotos e in situ en Costa Rica". San José.

Dale, P. (1995) "Los levantamientos catastrales y el de la propiedad de la tierra". FAO Roma 1996.

Ecuador. (2015), "Protocolo metodológico para la generación del Mapa de Deforestación Histórica en el Ecuador continental 2013-2014 Escala 1:100.000" Ministerio de Ambiente, Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca.

Esono, S y otros (2015) "Análisis de patrones espectrales del terreno y cambios hidrológicos a partir de datos multisensor en espacios naturales del sur de Costa Rica" Revista Ciencias Espaciales, Volumen 8, Número 1, 2015.

Fallas, J. B. Savitky (1996) "Uso y cobertura de la tierra en Costa Rica para 1992: Una aplicación de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica". Revista Geográfica de América Central. N° 32-33 1996. P 131-142.

Fallas J., (2016), Entrevista personal.

FAO, (2002). "Estado de la información forestal en Costa Rica". P 16. Santiago.

Hernández, E. (1993). "Aplicaciones de la teledetección al levantamiento del uso de la tierra en la zona cafetalera norte de la ciudad de Alajuela, Costa Rica". Revista Geográfica de América Central. N°28 1993. P 57-76.

Kaufman, J. (2002) "Catastro 2014: una visión del sistema de Catastro futuro" Revista Cartografía y Topografía. Segundo Semestre 2002. p 83-91

ONUDD (2007). Informe sobre las drogas 2007. Naciones Unidas.

PRCR (2013) "Manual de procesos para la compatibilización Catastro Registro". Ministerio de Hacienda. San José.

Rosales A., (2013), "Manual para la interpretación de imágenes de sensores remotos de las principales coberturas y usos de la tierra de Costa Rica" Ministerio de Agricultura. San José.

Saborío J., (2016), Entrevista Personal.

MOCUPP

MONITOREO DE
CAMBIO DE USO EN
PAISAJES PRODUCTIVOS



+ información:

Alvaro Aguilar
Director CENIGA, MINAE
alvaro.aguilar@sinac.go.cr

Kifah Sasa
Oficial Desarrollo Sostenible
PNUD, Costa Rica
kifah.sasa@undp.org

Enlace a vídeo de 4 minutos describiendo MOCUPP
<https://www.youtube.com/watch?v=bxeXgWGeZIM>