

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

Sistema costarricense de monitoreo de cambio de uso del suelo en paisajes productivos



Editorial

El MOCUPP sobresale como herramienta para el monitoreo del paisaje productivo

MOCUPP: Mecanismo para mejorar competitividad de países agroexportadores
Kifah Sasa

Una herramienta para prevenir el riesgo de contaminación de aguas subterráneas para abastecimiento humano en el Territorio Norte-Norte
Jairo Serna Bonilla

Aprovechamiento de la metodología de MOCUPP: una forma de abaratar el costo del censo agropecuario de Costa Rica
Minor Quirós Valverde, Dario Aramburo Rojas

Monitoreo de los cambios en el uso y cobertura del suelo del paisaje urbano
Jéssica Francini Acuña Piedra, Miriam Miranda Quirós

MOCUPP como herramienta para la gestión de la conectividad del paisaje en los corredores biológicos: Caso de estudio en el Área de Conservación La Amistad Pacífico
Jorge Picado Barboza

Laboratorio PRIAS: liderando desde la academia el desarrollo de la herramienta de gestión MOCUPP
Cornelia Miller Granados, Heileen Aguilar Arias

Monitoreo anual del paisaje productivo de piña y los datos de pérdida y ganancia de cobertura arbórea asociados a cultivo en Costa Rica
Christian Vargas Bolaños, Catalina Arguedas González, Jéssica Francini Acuña Piedra, Cornelia Miller Granados

Monitoreo anual del paisaje productivo de palma aceitera para Costa Rica al año 2018 (línea base)
Christian Vargas Bolaños, Yerlin Vargas Solano, Jéssica Francini Acuña Piedra, Cornelia Miller Granados

Monitoreo anual del paisaje productivo de pastos en Costa Rica: estudio preliminar
Heileen Aguilar Arias, Brandon Blanco Arias, Yotleny Calvo Elizondo, Armando Vargas Céspedes, Cornelia Miller Granados

MOCUPP: una herramienta que mejora la gestión del territorio y alerta sobre posibles infracciones de la legislación ambiental
Ana María Lobo Calderón

Propuesta de monitoreo de nuevos paisajes productivos de café y musáceas para Costa Rica

Iván Ávila Pérez, Christian Vargas Bolaños, Yerlin Vargas Solano, Catalina Arguedas González, Jéssica Francini Acuña Piedra, Cornelia Miller Granados

Comparación de herramientas de monitoreo de cambio de uso y cobertura de la tierra alrededor del mundo
Jéssica Francini Acuña Piedra, Kifah Sasa

OTROS

Espeleología de Costa Rica: Sus karst y cuevas
Carlos Goicoechea C., Ferdinando Didonna

SECCIÓN ACTUALIDAD LEGAL

Creación del Parque Nacional Isla San Lucas: Ley 9892
María Virginia Cajiao

Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

Sistema costarricense de monitoreo de cambio de uso del suelo en paisajes productivos



Editor en Jefe: Sergio A. Molina-Murillo
Consejo editor: Manuel Argüello, Wilberth Jiménez, Luis Poveda
Asistencia y administración: Nancy Centeno Espinoza.
Diseño, diagramación e impresión:
Programa de Publicaciones, UNA
Fotografía de portada: Giancarlo Pucci,
PNUD Costa Rica
Apartado postal: 86-3000, Costa Rica
Correo electrónico: ambientico@una.ac.cr
Sitio web: www.ambientico.una.ac.cr

Ambientico, revista trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense, nació en 1992 como revista impresa, pero desde hace varios años también es accesible en internet. Si bien cada volumen tiene un tema central, sobre el que escriben especialistas invitados, en todos ellos se trata también otros temas. *Ambientico* se especializa en la publicación de análisis de la problemática ambiental costarricense -y de propuestas sobre cómo enfrentarla- sustentados en información primaria y secundaria, aunque asimismo se le da cabida a ejercicios meramente especulativos. Algunos abordajes de temas que trascienden la realidad costarricense también tienen lugar.



Sumario

Editorial El MOCUPP sobresale como herramienta para el monitoreo del paisaje productivo	2
MOCUPP: Mecanismo para mejorar competitividad de países agroexportadores Kifah Sasa	4
Una herramienta para prevenir el riesgo de contaminación de aguas subterráneas para abastecimiento humano en el Territorio Norte-Norte Jairo Serna Bonilla	8
Aprovechamiento de la metodología de MOCUPP: una forma de abaratar el costo del censo agropecuario de Costa Rica Minor Quirós Valverde, Dario Aramburo Rojas	15
Monitoreo de los cambios en el uso y cobertura del suelo del paisaje urbano Jéssica Francini Acuña Piedra, Miriam Miranda Quirós	20
MOCUPP como herramienta para la gestión de la conectividad del paisaje en los corredores biológicos: Caso de estudio en el Área de Conservación La Amistad Pacífico Jorge Picado Barboza	26
Laboratorio PRIAS: liderando desde la academia el desarrollo de la herramienta de gestión MOCUPP Cornelia Miller Granados, Heileen Aguilar Arias	35
Monitoreo anual del paisaje productivo de piña y los datos de pérdida y ganancia de cobertura arbórea asociados a cultivo en Costa Rica Christian Vargas Bolaños, Catalina Arguedas González, Jéssica Francini Acuña Piedra, Cornelia Miller Granados	42
Monitoreo anual del paisaje productivo de palma aceitera para Costa Rica al año 2018 (línea base) Christian Vargas Bolaños, Yerlin Vargas Solano, Jéssica Francini Acuña Piedra, Cornelia Miller Granados	49
Monitoreo anual del paisaje productivo de pastos en Costa Rica: estudio preliminar Heileen Aguilar Arias, Brandon Blanco Arias, Yorleny Calvo Elizondo, Armando Vargas Céspedes, Cornelia Miller Granados	54
MOCUPP: una herramienta que mejora la gestión del territorio y alerta sobre posibles infracciones de la legislación ambiental Ana María Lobo Calderón	62
Propuesta de monitoreo de nuevos paisajes productivos de café y musáceas para Costa Rica Iván Avila Pérez, Christian Vargas Bolaños, Yerlin Vargas Solano, Catalina Arguedas González, Jéssica Francini Acuña Piedra, Cornelia Miller Granados	66
Comparación de herramientas de monitoreo de cambio de uso y cobertura de la tierra alrededor del mundo Jéssica Francini Acuña Piedra, Kifah Sasa	73
OTROS Espeleología de Costa Rica: Sus karst y cuevas Carlos Goicoechea C., Ferdinando Didonna	80
SECCIÓN ACTUALIDAD LEGAL Regulación de la Autoridad Administrativa y la Autoridad Científica de la Convención CITES para especies de interés pesquero y acuícola María Virginia Cajiao	88
Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico	90

El MOCUPP sobresale como herramienta para el monitoreo del paisaje productivo

Tal y como mencionan varias de las personas autoras en este número especial de la Revista Ambientico, los estudios de cambio de usos y coberturas de la tierra permiten identificar las transformaciones de territorio y determinar sus causas. Por tal razón, el sistema de Monitoreo de Cambio de Uso de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP) en Costa Rica, se viene desarrollando desde el 2015 con el apoyo de múltiples instituciones lideradas por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través de su Programa *Green Commodities*, y apoyado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE).

Reiteramos la célebre frase del físico y matemático británico William Thomson Kelvin: “lo que no se define no se puede medir; lo que no se mide, no se puede mejorar; lo que no se mejora, se degrada siempre”. Sin duda el MOCUPP es una herramienta crucial para monitorear y tener a mano información actualizada, confiable y usable sobre la cobertura y uso del suelo relacionado con paisajes productivos. Al momento se han desarrollado mapas de cobertura de cultivos de piña, palma aceitera y pastos con menos del 30 % de cobertura de árboles. También se ha utilizado para gestionar la conectividad del paisaje en corredores biológicos y en paisajes urbanos. Siendo el principal ejecutor, el Laboratorio PRIAS en el Centro Nacional de Alta Tecnología (CENAT) del Consejo Nacional de Rectores (CONARE), se está avanzando también en el uso de la herramienta para el monitoreo de otros cultivos como café y banano.



Giancarlo Pucci, PNUD Costa Rica

El MOCUPP permite analizar anualmente la pérdida o ganancia asociada a la dinámica de estos cultivos en el país, con información catastral que publica el Registro Inmobiliario, que permite determinar aquellas propiedades que han ganado o perdido cobertura boscosa. Desde el punto de vista público, la herramienta funciona como un sistema de alerta temprana para apoyar en los procesos de toma de decisiones de las diferentes instituciones relacionadas con la gestión de los paisajes productivos. Desde el enfoque privado, la herramienta es muy valiosa, porque la información está disponible de forma abierta desde el Sistema Nacional

de Información Territorial (SNIT), la cual puede utilizarse para respaldar si una unidad de producción es libre de deforestación en un periodo particular.

En este número de la Revista Ambientalico, se explica cómo se está avanzando en el desarrollo de esta novedosa y útil herramienta, sus aplicaciones y sus características, que sin duda la hacen una de las mejores en su tipo en la región latinoamericana.



Oficial de Programa
Naturaleza, Clima y
Energía, PNUD (kifah.sasa@undp.org)

MOCUPP: Mecanismo para mejorar competitividad de países agroexportadores

Kifah Sasa



El atípico año 2020 impactará a largo plazo la economía global, pero generará un aumento de conciencia sobre lo riesgoso de seguir produciendo materias primas agrícolas eliminando hábitat natural. ¿Cuál es el rol del sistema costarricense de Monitoreo de Cambio de Uso del Suelo en Paisajes Productivos (MOCUPP) en este escenario?

Es bien conocido que la pandemia y el confinamiento redujeron las economías, aumentaron el desempleo, y paralizaron el turismo y las cadenas productivas de materias primas asociadas al subsector de hospitalidad y catering. La demanda por frutas exóticas, productos agropecuarios, o pesquerías, se genera, primero, desde los supermercados, pero también desde los restaurantes, los hoteles o de los centros de aglomeración internacionales y domésticos. De esta forma, la pandemia y las restricciones sanitarias esfumaron la entrada de divisas de países agroexportadores como Costa Rica, que sufren, además, por la desaparición de visitantes del extranjero.

Los efectos universalmente nefastos y multidimensionales de la pandemia obligan a sectores públicos y privados a proponer estrategias para atender lo inmediato de la emergencia sanitaria y económica, pero también a buscar formas de reducir el riesgo del surgimiento de nuevas pandemias. La eventual propagación de otro virus en momentos en que estamos a muchos meses de inocular a la población mundial contra el SARS-Cov-2, significaría una catástrofe inimaginable.

Nada nos garantiza que no vuelva a darse —o que se esté dando ya— un proceso de zoonosis de un virus novel de origen animal con capacidad de propagación similar al actual. Lo único que podemos hacer es reducir ese riesgo. Pero la mitigación de riesgo de nuevos virus no sucede en los laboratorios de vacunas, sucede en los bordes de las selvas y del bosque. Las fronteras del mundo silvestre con la actividad humana son los sitios de alta probabilidad de zoonosis (Jones et al., 2008). Es decir, el aumento de frontera agrícola y la eliminación de hábitat natural siguen siendo la principal amenaza de pérdida de biodiversidad, pero hoy somos globalmente conscientes de que uno de sus efectos, la génesis de nuevos virus es capaz de paralizar al mundo (Tollefson, 2020).

Dichosamente esa consciencia y noción de riesgo ya no se limita a grupos ambientalistas —que tienen cuotas de poder reducidas—pero que nos lo han advertido por décadas. Los grandes dueños de capital financiero y las empresas que

controlan el flujo de materias primas en el mundo, viéndose encerrados y con ingresos mermando, como todos nosotros, lo han comprendido finalmente.

Desde hace décadas, entre un 70 % y un 80 % del comercio mundial de las 15 materias primas que más pérdida de hábitat natural generan en el mundo están en manos de unas 500 empresas multinacionales (WWF, 2015). Todos conocemos el nombre de muchas de estas empresas por su dimensión y ubicuidad, me refiero a grandes marcas como Unilever, supermercados como Walmart, y comercializadoras de granos y carnes como Cargill (Murphy y Burch, 2012). Desde el 2014, algunas de estas empresas con sede en EE. UU., firmaron la declaración de Nueva York de los Bosques; y las que tienen sede en Europa firmaron, en el 2015, la declaración de Ámsterdam. En ambos compromisos, las firmas que compran el grueso del volumen de materias primas agropecuarias de países como Costa Rica, determinan que el año 2030 será la fecha límite para eliminar la pérdida de cobertura forestal asociada a cadenas productivas y que, a partir del 2020, significativamente reducirán la deforestación asociada a otros sectores económicos (Schulte, 2019).

El temor sanitario y económico que las juntas directivas y accionistas de estas empresas le tienen a la aparición de otro virus novel solo acelerará este tipo de compromisos. Es probable que se sumen mercados tan o más grandes que, hasta

antes de la pandemia, se había quedado por fuera de esa lógica de comercio libre de deforestación, como los de China, Rusia e India. Hoy todos queremos cadenas productivas que nos alejen del riesgo de nuevas zoonosis, lo cual se mitiga y se verifica de la misma manera que el comercio libre de deforestación.

Así las cosas, los países agroexportadores, tienen una renovada urgencia por demostrar que sus unidades productivas proveen materias primas con cobertura forestal, desasociados de la deforestación y de la zoonosis. Este ímpetu ya no es para aspirar a un premio en el precio vía sistemas de certificación caros, hoy se trata de si entramos o no a los mercados internacionales. Aspirar a ser un país agroexportador competitivo, más que nunca, implica demostrar que se mantiene cobertura forestal en la producción de materias primas.

MOCUPP fue diseñado como una herramienta para diferenciar a las unidades productivas que generan riqueza sin pérdida de cobertura forestal, o, mejor aún, para diferenciar a aquellas que lo hacen ganando cobertura boscosa y así acceder a mercados cada día más exigentes. **MOCUPP** también se diseñó para no estar ligado a complejos esquemas de certificación, porque la información está disponible periódicamente, es de libre acceso y no tiene costo, gracias al del Sistema Nacional de Información Territorial (www.snit-cr.go.cr).

Hay pocos países en el mundo que se han atrevido a generar un sistema como **MOCUPP** (Sasa y Acuña, 2020). Es un sistema *sui generis* por ser de alcance nacional. Está diseñado para no ser una carga económica para las y los productores. Genera datos confiables sobre área total de cultivos y sobre pérdida o ganancia de cobertura forestal asociada a estos cultivos. Quienes generan los datos son entes de teledetección independientes, despolitizados y científicos, que publican la información no importa cuán controversial pueda ser, garantizando así la periodicidad que necesita un sistema de monitoreo transparente en el que puedan confiar los mercados internacionales. Por eso **MOCUPP** es, y seguirá siendo, una herramienta de competitividad, especialmente hoy que los mercados cierran filas para alejarnos de nuevas zoonosis.

Referencias

- FAO. (2020). *The State of Agricultural Commodity Markets 2020. Agricultural markets and sustainable development: Global value chains, smallholder farmers and digital innovations*. Rome, FAO. <http://www.fao.org/documents/card/en/c/cb0665en>
- Jones, K., Patel, N., Levy, M. Storeygard, A. Balk, D., Gittleman, J. Daszak, P. (2008). Global trends in emerging infectious diseases. *Nature* 451, 990–993. <https://www.nature.com/articles/nature06536>

- Murphy, S., Burch, D. (2012, Agosto). Cereal Secrets: The world's largest grain traders and global agriculture. Oxfam research Papers, August 2012, Oxfam https://www-cdn.oxfam.org/s3fs-public/file_attachments/rr-cereal-secrets-grain-traders-agriculture-30082012-en_4.pdf
- Sasa, K., Acuña, F. (2020). Revisión de las soluciones de monitoreo del cambio de uso de la tierra en apoyo de los commodities libres de deforestación. Programa de Green Commodities. New York. PNUD.
- Schulte, I. (2019, September). Progress on the New York Declaration on Forests: Protecting and Restoring Forests A Story of Large Commitments yet Limited Progress. <https://forestdeclaration.org/images/uploads/resource/2019NYDFReport.pdf>
- Tollefson, J. (2020, August 7). Why deforestation and extinctions make pandemics more likely. Nature 584, 175-176. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02341-1>
- WWF. (2015). Market Transformation Initiative: How Market Transformation Works. http://awsassets.panda.org/downloads/how_wwf_market_transformation_works.pdf
- Tollefson, J. (2020, August 7). Why deforestation and extinctions make pandemics more likely. Nature 584, 175-176. <https://www.nature.com/articles/d41586-020-02341-1>



Especialista en servicios ecosistémicos y producción sostenible, PNUD (jairo.serna@undp.org)

Una herramienta para prevenir el riesgo de contaminación de aguas subterráneas para abastecimiento humano en el Territorio Norte-Norte

Jairo Serna Bonilla



El ciclo del agua está siendo afectado por del cambio climático. La base misma de todo nuestro ecosistema, los sistemas sociales, económicos y hasta psicológicos, se están viendo afectados, poniendo en juego nuestro modo de vida. Adicionalmente, la calidad del agua está siendo impactada por múltiples actividades humanas; por tanto, debemos hacer el mayor esfuerzo para prevenir su contaminación.

Aunque depende de muchos factores, para las regiones Chorotega y Huetar Norte del país, en los periodos lluviosos podría incrementar la frecuencia de eventos hidrometeorológicos extremos como inundaciones, mientras en los periodos secos podrían aumentar sequías tanto en intensidad como en duración ([Campos & Quesada, 2017](#)), sometiendo a las poblaciones afectadas a niveles de estrés crecientes, en un entorno en donde la falta de agua en calidad y cantidad no será la única amenaza, ya que debemos agregar los efectos de la pandemia ([PNUD, 2020](#)), una creciente demanda de recursos naturales, y un frecuente manejo inadecuado de los residuos ([Estado de la Nación, 2018](#)).

En este escenario, el Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados (AyA), la Dirección de Cambio Climático (DCC), con el acompañamiento del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y recursos del Global Environmental Fund (GEF) han venido desarrollando el Proyecto *Fortalecimiento de las capacidades de acueductos comunales para enfrentar riesgos del cambio climático en comunidades con estrés hídrico en el Norte de Costa Rica* (Proyecto ASADAS), el cual busca mejorar las capacidades de adaptación en las Asociaciones Administradoras de Acueductos Rurales (ASADAS) que se ubican en la región Chorotega¹ y el territorio Norte-Norte (TNN)² del país. El proyecto busca como apoyar en los procesos de adaptación a los aumentos en temperatura y reducción de precipitaciones que están proyectados para esta amplia extensión del noreste de Costa Rica (Alvarado et al., 2012), por medio de un enfoque que integra intervenciones de adaptación basados en infraestructura, comunidades y ecosistemas, y considera también la gestión integral de riesgo, los derechos humanos y el empoderamiento de mujeres, niñas y adultas mayores.

En el TNN se puede observar de primera mano como coexisten en un mismo paisaje, diferentes actividades, desde la ganadería extensiva, pasando por cultivos

agroindustriales de exportación (piña, naranja, raíces, tubérculos, entre otros), emprendimientos turísticos y la infraestructura y servicios que les sustentan (MAG, 2020). Estas actividades, dependiendo de su ubicación tienen el potencial de afectar sitios críticos para la salud de los ecosistemas de la zona, y con ello, alterar los servicios que prestan como de regulación y abastecimiento necesarios para tener agua en calidad y cantidad (Monsalve et al., 2019).

De las actividades antes mencionadas, quizás una de las más controversiales, es la producción de piña, la cual juega un importante rol, no solo en la economía territorial, sino también en el ciclo del agua en la zona, siendo una de las actividades con más interacciones negativas documentadas sobre el recurso hídrico y los ecosistemas que se le asocian (PNP, 2018). Esto pone a muchas de las comunidades del TNN en una situación crítica, con una probable reducción en la cantidad de agua disponible, una mayor amenaza de contaminación por agroquímicos, y un deterioro de ecosistemas cruciales para su mantener funcional el ciclo de este recurso vital.

El Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) pone a disposición del público un conjunto de capas que permiten ver en un mapa interactivo, cómo se articulan en el territorio diferentes usos, facilitando así la toma de decisiones. Entre ellas, está la capa sobre áreas de cultivo de piña que genera el Sistema de

1 Santa Cruz, Nicoya, Hojancha, Carrillo, Liberia, La Cruz y Cañas.

2 Upala, Guatuso y Los Chiles.

Monitoreo de Cambio en el Uso del Suelo en Paisajes Productivos (MOCUPP).

Con esta capa, la persona usuaria puede ver cómo interactúan los cultivos de piña con áreas silvestres protegidas, áreas de protección de humedales, otras áreas de producción, infraestructura vial y comunitaria. Esto permite la identificación de las áreas donde no se deben desarrollar actividades agroindustriales, minimizando así las posibilidades de interacciones negativas.

Usando este mismo principio, se propuso el desarrollo de la herramienta PRIORIZA, que permite combinar de manera semiautomática la capa provista por MOCUPP para piña con la información del Sistema de Apoyo y Gestión de ASADAS (SAGA) del AyA, el cual provee, los puntos en donde se encuentran fuentes de agua que están siendo usadas por las

ASADAS para abastecer con agua a sus comunidades con una actualización periódica (Ver **Figura 1**).

Esta combinación permite, definir rangos de proximidad entre fuentes, sus áreas de protección legal y los cultivos de piña, que se transforman en diferentes colores (azul para indicar el menos próximo, amarillo o rojo indican próximo o traslapado), acorde a su proximidad, lo que hace más visible el conjunto de fuentes que deben ser priorizadas, abordadas interinstitucional e intersectorialmente, y monitoreadas a lo largo del año. El mismo visor permite contextualizar esta visualización dentro de límites municipales, cantonales y de cuencas hidrológicas, adaptándose a las necesidades de las ASADAS y la institucionalidad, facilitando así la optimización en el uso de los recursos humanos, financieros y de gestión.

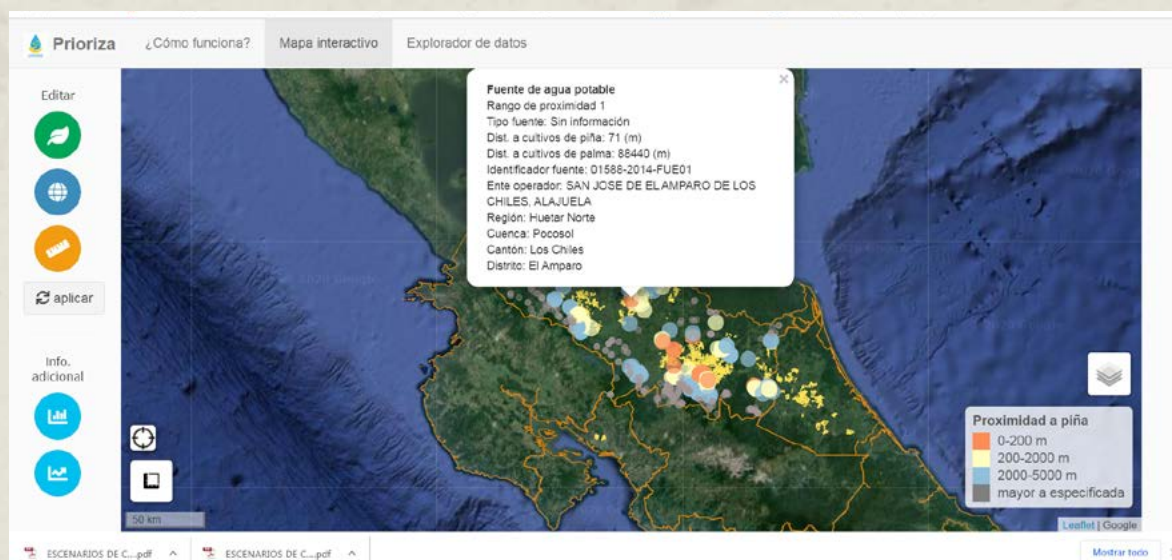


Figura 1. Pantalla visor interactivo del Sistema PRIORIZA (<https://aya-lna.shinyapps.io/fuentes-cultivos/>).

El procedimiento vigente para atención de contaminación en sistemas delegados (AyA, 2020) establece su activación “a partir de la generación de un incidente de afectación o potencial afectación de la calidad del recurso en la zona de influencia del punto de captación en el sistema de abastecimiento de una ASADA. Esta contaminación puede ser detectada y comunicada al AyA por la Autoridad Reguladora de Servicios Públicos (ARESEP); Ministerio de Salud, el Laboratorio Nacional de Aguas (LNA), la ASADA o un usuario de la ASADA”.

En este procedimiento se plantea una lógica reactiva ante la contaminación en fuentes de agua comunales, que ha demostrado ser la más compleja y costosa para el manejo de incidentes, ya que implica la inhabilitación de fuentes por periodos largos, altos costos de remediación o traslado, durante los cuales el suministro de agua debe ser atendido a través de camiones cisterna, con costos económicos y sociales significativos.

El proyecto de fortalecimiento de ASADAS ejecutó el pilotaje Prevención, Monitoreo y Respuesta a incidentes con pesticidas (PMR) el cual se presentó como una experiencia práctica para complementar este procedimiento, ya que involucra la optimización en el uso de recursos tecnológicos preexistentes en la herramienta PRIORIZA, el uso de información derivada y la articulación intersectorial e interinstitucional, para pasar del abordaje reactivo al abordaje preventivo.

La experiencia PMR, fue desarrollada en los cantones del TNN, de manera conjunta con la Dirección y personal del LNA encargado del análisis de pesticidas y el programa de Sello de Calidad del Agua. Se usó como base la priorización de fuentes de agua que presentan amenazas por la proximidad de plantaciones de piña generada por PRIORIZA, y la articulación de las ASADAS con fuentes identificadas como prioritarias, Federaciones Ligas y Uniones (FLU), gobiernos locales, corredores biológicos, instituciones del poder ejecutivo y sectores comunal y productivo, en tres tipos de actividades:

1. Prevención: La articulación a nivel cantonal y territorial de sectores e instituciones clave, como las 25 ASADAS identificadas a través de PRIORIZA, los Comités de Gestión Ambiental de las municipalidades de Upala y Los Chiles, las Alcaldías municipales de los 3 cantones participantes y el Comité Local del Corredor Biológico Ruta de los Malecu para:

- Movilizaciones locales, cantonales y territoriales para la sensibilización de usuarios del recurso hídrico de las fuentes priorizadas: Dirigido a consolidar las interacciones entre personas gestoras de ASADAS, empresas productivas, gobierno local e instituciones regionales y centros académicos, para desarrollar actividades orientadas al adecuado manejo de residuos sólidos y líquidos, las prácticas ganaderas y agrícolas responsables, y

la regeneración de cobertura vegetal en sitios de importancia hídrica y comunal, especialmente en las áreas de protección establecidas legalmente o a través de estudios hidrogeológicos (Ver **Figura 2**).

- *Intervenciones de construcción de infraestructura verde, a través de la regeneración de cobertura vegetal usando especies selectas:* Articulando información derivada del sistema PRIORIZA, estudios hidrogeológicos de zonas de protección de 40 fuentes de 26 ASADAS, desarrollados por el Centro de Investigaciones en Ciencias Geológicas de la Universidad de Costa Rica, consulta con especialistas en terreno y academia sobre 223 especies vegetales de interés y gestión local



Figura 2. Movilización local, Día por el Agua en la escuela de Coquital de los Chiles, en conjunto con las ASADA de Coquital y Bello Horizonte, el área rectora de salud de los Chiles y la coordinación de gestión ambiental de la municipalidad de los Chiles, 2018.

para la consolidación de viveros de producción de especies nativas, recuperadas del conocimiento local y enriquecida con conocimiento experto y articulación con iniciativas empresariales y de comités locales de Corredores Biológicos y ASADAS para la siembra y el seguimiento usando aplicaciones móviles, desarrolladas a través de procesos participativos, con énfasis en mujeres (Ver **Figura 3**).

2. Monitoreo: El fortalecimiento de las capacidades del Laboratorio Nacional de Aguas (LNA) para identificar las fuentes a monitorear, la intensidad del seguimiento y los procedimientos, insumos y acreditaciones para el análisis de la presencia de compuestos contaminantes en las 26 ASADAS participantes, además de la acción conjunta de proyectos de cooperación internacional, dependencias del AyA (Oficinas Regionales, subgerencia de sistemas delegados y LNA) y otras instituciones de gobierno para:

- La vinculación de personal especializado en el análisis de muestras para presencia de pesticidas triplicando el número de muestras analizadas por año, alcanzando 900 muestras individuales analizadas.
- El desarrollo de actividades preparatorias para la acreditación de ensayos y



Figura 3. Regeneración de cobertura vegetal en zonas de importancia hídrica en la ribera del Río Niño, Birmania de Upala, bajo el liderazgo de las ASADA de Birmania, San José, Rincón de la vieja y el Colegio Técnico Profesional de Upala, 2019.

procedimientos para 9 ingredientes activos adicionales a los ya certificados por el ente Costarricense de Acreditación (ECA) para el LNA.

- La adquisición de equipo clave para centrifugación y manipulación de reactivos volátiles y patrones para la identificación de los 9 compuestos nuevos a acreditar.
- La vinculación del Laboratorio Nacional de Aguas como administrador oficial de la herramienta PRIORIZA y el desarrollo de un mecanismo para la integración de la información derivada del MOCUPP y el SAGA.

3. Respuesta: El uso de información geográficamente explícita para la identificación de opciones de interconexión entre acueductos y la presencia de procedimientos de respuesta claros, que busca

facilitar reacciones de manera pronta, oportuna y económica en los casos en que las labores preventivas no hayan surtido el efecto deseado, esto implica:

- El desarrollo de capacidades para el uso de información geográficamente explícita por parte de personas funcionarias en las oficinas regionales del AYA, facilitando la sistematización de la información georreferenciada de los acueductos de la región Huetar Norte que facilite el análisis de potenciales interconexiones entre acueductos sin y con contaminación.
- El fortalecimiento y generación de protocolos de asistencia recíproca ente ASADAS y de prevención, monitoreo y respuesta a nivel de las oficinas regionales, la subgerencia de sistemas delegados del AyA y otras

instituciones con responsabilidades legales en el tema como el Ministerio de Salud (MS), el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE) y el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE).

La experiencia ya expuesta muestra como la colaboración entre múltiples sectores basada en el uso de la información generada por MOCUPP, SAGA (con la herramienta PRIORIZA) puede generar cambios con contribuciones sistémicas, integrando tecnología, trabajo colaborativo y gestión comunitaria para responder al reto de mantener fuentes libres de contaminación por químicos usados en la producción agrícola, para aumentar así la resiliencia de los ecosistemas que las sostienen y con ellos de los frágiles sistemas sociales, económicos y hasta psicológicos estrechamente dependientes de este invaluable recurso.

No se puede cerrar sin antes indicar que la experiencia también permitió reflexionar acerca de la necesidad de abordar la respuesta a las comunidades con fuentes afectadas usando para ello una combinación de alternativas (restricción de usos del agua, interconexiones hidráulicas, uso de camiones cisterna) que busque impactar lo menos posibles en, el diario vivir y actividades económicas.

Referencias

- Alvarado, L., Contreras, W., Alfaro, M., Jimenez, E., Solano, P. (2012) Escenarios de cambio climático regionalizados para costa rica. <http://copa.acguanacaste.ac.cr:8080/bitstream/handle/11606/467/ESCENARIOS%20DE%20CAMBIO%20CLIM%20REGIONALIZADOS%20PARA%20COSTA%20RICA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- AyA, (2020). Procedimiento para Atención de Contaminación en Sistemas Delegados Sub-gerencia Gestión Sistemas Delegados, Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados. 12 pp.
- Campos, D. y Quesada A. (2017). Impacto de los eventos hidrometeorológicos en Costa Rica, periodo 2000-2015 Rev. Capa n° 30 <https://doi.org/10.12957/geouerj.2017.26116>
- Dirección de Extensión Agropecuaria, Ministerio de Agricultura y Ganadería. (2020). Caracterización Región de Desarrollo Agropecuario Huetar Norte. http://www.mag.go.cr/regiones/huetar_norte/caracterizacion-regional.pdf
- Estado de la Nación. (2018) informe estado de la Nación, Capitulo 4 Armonía con la naturaleza. (142 a 146) http://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/2987/Capitulo_4_armonia_naturaleza_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Instituto Costarricense de Acueductos y Alcantarillados, Subgerencia Gestión de Sistemas Delegados (julio 2020). Procedimiento para atención de contaminación en sistemas delegados.
- MAG, (2020) Caracterización Regional, Región de Desarrollo Agropecuario Huetar Norte, Dirección De Extensión Agropecuaria, 68 p. http://www.mag.go.cr/regiones/huetar_norte/caracterizacion-regional.pdf
- Monsalve, L., Valencia F., Guzmán, A. y Duque, C. (2018). Capítulo 2. Servicio ecosistémico de abastecimiento: alimentos. En Servicios ecosistémicos: Un enfoque introductorio con experiencias del occidente colombiano (pp.35-56) Publisher: Universidad Nacional Abierta y a distancia. DOI: 10.22490/9789586516358.02 https://www.researchgate.net/profile/Angelica_Guzman_Lenis/publication/332973397_Capitulo_2_Servicio_ecosistemico_de_abastecimiento_alimentos/links/5cd467d7458515712e9e95cd/Capitulo-2-Servicio-ecosistemico-de-abastecimiento-alimentos.pdf
- Plataforma Nacional de Producción y Comercio responsable de Piña en Costa Rica [PNP]. (2018). Sistema de monitoreo de avances en la implementación del Decreto ejecutivo N° 39462- MAG-MINAE-MS-MTSS.
- PNUD. (2020). Evaluación económica inicial de los efectos de covid-19 y el alcance de las opciones de política en costa rica síntesis para la discusión y análisis de políticas. <http://d1qqtien6gys07.cloudfront.net/wp-content/uploads/2020/04/Evaluacion-Economica-Efectos-COVID-19-PNUD.pdf>



Coordinador del Área de Soporte Estratégico. Dirección de Desarrollo Brunca, Ministerio de Agricultura y Ganadería (minor.quirós@gmail.com)

Aprovechamiento de la metodología de MOCUPP: una forma de abaratar el costo del censo agropecuario de Costa Rica

Minor Quirós Valverde
Dario Aramburo Rojas



Profesional en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales del Proyecto Paisajes Productivos del PNUD Costa Rica (dario.aramburo@undp.org)



Para el sector agropecuario de cualquier país, un aspecto central de su sentido y pertinencia es su contribución a la seguridad alimentaria nacional; según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2011), “la seguridad alimentaria existe cuando todas las personas tienen, en todo momento, acceso físico, social y económico a alimentos suficientes, inocuos y nutritivos que satisfacen sus necesidades energéticas diarias y preferencias alimentarias para llevar una vida activa y sana”.

Por otra parte, el autoabastecimiento o autosuficiencia nacional está íntimamente relacionado al aspecto de la seguridad alimentaria para la disponibilidad física de los alimentos dentro de una oferta nacional, que no dependa de los mercados internacionales para la alimentación de la población.

Entre estos dos conceptos se desarrolla el sector agropecuario nacional, con la consigna de poder garantizar una adecuada alimentación a la población, en condiciones de competitividad, ante la oferta de bienes y servicios de diferentes partes del mundo. Lo anterior, dentro de un contexto

en el cual el agro no está en capacidad de producir toda la demanda alimentaria del país en cuanto a cantidad, variedad y calidad de productos, durante los 12 meses del año. Sin embargo, en las regiones rurales, este sector es la principal fuente de empleo e ingresos económicos, por lo que la producción nacional es fundamental para la reactivación económica y seguridad agropecuaria del país.

La identificación del área productiva actual y potencial, dentro de la frontera agrícola, así como los diversos factores de producción del sector agropecuario, son básicos para definir qué producir, dónde producir y con qué elementos se contaba para producir. La administración del aparato productivo agropecuario nacional requiere instrumentos ágiles, que generen información oportuna para la toma de decisiones en los diferentes niveles

de la cadena agroproductiva y de política pública nacional. Esto, en función de un entorno internacional sumamente dinámico respecto al mercado de productos agropecuarios, agudizado por una crisis económica de dimensiones mundiales, que presiona por garantizar la seguridad alimentaria.

No obstante, desconocemos con cierto grado de precisión, cuál es la oferta productiva local, regional y nacional, así como la política agraria para planificar la siembra de cultivos y actividades pecuarias, de acuerdo con las proyecciones de demanda de alimentos de mediano y largo plazo. Es difícil disponer de datos confiables y actualizados de las áreas de cada cultivo, así como del potencial de crecimiento para cada región o localidad.

Recientemente, el Programa de Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP), diseñado por el el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), construyó una plataforma cartográfica, con la cual y en un tiempo relativamente corto, pudo determinar las áreas disponibles de palma aceitera africana, plantaciones de piña y áreas de potrero del país. Si se pudieran adicionar las áreas de café, banano, caña de azúcar y arroz, tendríamos acceso a información de la mayor parte de la oferta productiva

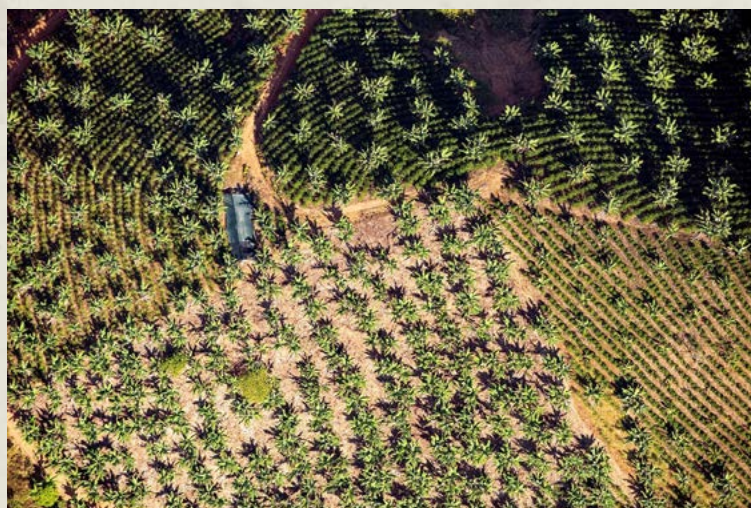


Figura 1. Ejemplo de fotografía aérea para identificación uso de la tierra. Fotografía: Giancarlo Pucci, PNUD Costa Rica.

nacional. También, habría que incorporar frutales, granos básicos, raíces, y tubérculos, entre otros.

Cuando se confrontan datos de áreas de cultivos aportados por MOCUPP (SNIT, 2018), respecto a datos del Censo Agropecuario del 2014 (INEC, 2015), vemos similitudes en palma aceitera y pastos; no así para piña, donde la dinámica de siembra en los últimos años ha sido muy intensa. Referente a palma, el censo había reportado 66 449.80 ha, mientras que MOCUPP 68 143.45 ha, con una diferencia mínima de 1 693.65 ha más. En pasturas, el censo señala 117 064.70 ha y MOCUPP 111 503.96 ha, con 5 565.65 ha menos. Propiamente en piña, el área pasó de 37 659.90 ha en el 2014 a 65 670.68 ha en el 2018, con una notable diferencia de 28 010.78 ha adicionales.

El programa MOCUPP muestra una importante alternativa para agilizar la toma de datos de áreas de cultivos, mediante el uso de fotografías satelitales, que resultan ágiles y oportunas para alimentar el proceso de toma de decisiones gerenciales y políticas, en los diversos eslabones de la agrocadena productiva nacional.

En términos generales, la metodología del MOCUPP consiste en usar imágenes satelitales de mediana resolución multiespectral, para clasificar los usos y cobertura de la tierra, por medio de la técnica de fotointerpretación. Actualmente, se monitorean los cultivos de piña, palma aceitera y pastos, con un mapeo a escala 1:10.000. Los datos son

validados con trabajo de campo y análisis de geoestadísticas.

Si reconocemos que “los censos agropecuarios son complejas investigaciones que comprenden el conjunto de operaciones dirigidas a recopilar, procesar, analizar y divulgar información estadística sobre las principales características estructurales del sector (INEC, 2014)”, también debe reconocerse y aprovecharse que las tecnologías avanzadas, como los sistemas de información geográfica (SIG), brindan nuevas oportunidades para la recolección y análisis de datos, con innegables beneficios, entre los que destacan: bajar costos en los procesos censales, obtener datos actualizados en menor tiempo, mejorar la calidad de los datos al suministrar mediciones objetivas del área de la finca y sus usos, así como poder verificar y complementar datos de personas encuestadoras de campo.

En el mismo sentido, la FAO (2016), afirma que los sistemas de posicionamiento global (GPS) y los sistemas de información geográfica (SIG) son herramientas complementarias y muy valiosas para los censos agropecuarios nacionales, ya que presentan ciertas ventajas, como la georreferenciación de las fincas y de la tierra en áreas más globales. Además, se puede enlazar con imágenes obtenidas desde satélites, a fin de establecer marcos zonales para las encuestas agropecuarias. El GPS se puede utilizar en los métodos de obtención de datos a través de entrevistas presenciales. Según la misma fuente, los dispositivos del GPS, junto con



Figura 2. Ejemplo de fotografía área para identificación uso de la tierra. Fotografía: Giancarlo Pucci, PNUD Costa Rica.

un programa de localización personalizado, pueden utilizarse para ayudar a las personas encuestadoras a localizar el itinerario y las explotaciones que han de ayudarles con la gestión del censo.

En conclusión, resulta prioritario contar con información de calidad sobre la realidad agropecuaria del país, de manera oportuna y al menor costo posible. Es estratégico el acceso a datos espaciales que faciliten la obtención de una visión rápida de la producción nacional y que optimicen el proceso de toma de decisiones. La metodología de MOCUPP, iniciada desde el

2011, muestra una herramienta innovadora y de libre acceso para la gestión del territorio que podría servir para diferentes usos. Cabe destacar, la posibilidad de apoyar la generación de información de campo, sobre las áreas existentes de cultivos, con lo cual se podría proyectar o estimar la oferta productiva agropecuaria, para mercados locales e internacionales y la planificación de nuevas siembras. En este sentido, el MOCUPP se podría constituir en una herramienta de apoyo para el levantamiento del Censo Agropecuario, con el propósito de mejorar la inmediatez y disponibilidad de información actualizada, a un menor costo.

Es claro que, dentro del nuevo contexto de la pandemia, cada vez resulta más difícil y limitado el trabajo de las instituciones públicas respecto a las visitas directas a finca y el contacto directo con los productores, así como la disponibilidad de recursos para hacer censos agropecuarios a la vieja usanza. Además, los datos se desactualizan con suma rapidez y la desagregación de la información para usos locales o regionales, no siempre es viable. Por tanto, creemos conveniente que se considere el uso de herramientas de cartografía digital como las sugeridas por el Proyecto MOCUPP para agilizar la realización del Censo Agropecuario Nacional.

Referencias

- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2014). VI Censo Nacional Agropecuario 2014. Importancia y usos. https://inec.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/metodologias/documentos_metodologicos/meagropeccena-gro2014-002.pdf
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario. Resultados generales. <http://www.mag.go.cr/biblioteca-virtual/U40-10581.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2016). Programa mundial del censo agropecuario 2020. Vol. 1. Programa, definiciones y conceptos. <http://www.fao.org/3/a-i4913s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (2011). Una introducción a los conceptos básicos de la seguridad alimentaria. <http://www.fao.org/3/al936s/al936s00.pdf>
- Sistema Nacional de Información Territorial [SNIT]. (2018). Datos de MOCUPP al 2018. <https://www.snitcr.go.cr>



Proyecto Paisajes
Productivos del PNUD
(francini.acuna@undp.org)



Coordinadora del Proyecto
Paisajes Productivos del
PNUD (miriam.miranda@undp.org)

Monitoreo de los cambios en el uso y cobertura del suelo del paisaje urbano

Jéssica Francini Acuña Piedra
Miriam Miranda Quirós



Los centros urbanos dentro del Corredor Biológico Interurbano María Aguilar (CBIMA) se desarrollaron de forma espontánea, desordenada y no planificada. Los suelos agrícolas y ganaderos a partir de la década de 1960 fueron sustituidos por paisajes urbanos, primero por un proceso paulatino y a partir de la década de 1980, de forma explosiva, fenómeno que se extiende hasta nuestros días (Pujol & Pérez, 2012). Los instrumentos desarrollados, así como los esfuerzos institucionales, no fueron suficientes para lograr un desarrollo urbano armonioso con el ambiente.

El país ha concentrado sus esfuerzos, con muy buenos resultados, en la protección y restauración de la cobertura vegetal del paisaje rural. Lo anterior, mayoritariamente, mediante el sistema de Áreas Silvestres Protegidas (ASP) y el Programa de Pago por Servicios Ambientales (Porrás et al., 2015). Sin embargo, la realidad de las ciudades del Gran Área Metropolitana, así como ciudades secundarias, es otra muy diferente.



Figura 1. Área urbana de San José, Costa Rica, año 1960 y 2020

El deterioro ambiental y la pérdida de la funcionabilidad de los ecosistemas es una característica común de los entornos urbanos a nivel nacional, a pesar de que la institucionalidad costarricense ha promovido el establecimiento de parques y jardines públicos, así como la protección de las riveras de los cuerpos de agua; la trama verde en las ciudades está fragmentada y desconectada ([Morales-Cerdas et al., 2018](#)). Adicionalmente, los esfuerzos se realizan a nivel de gobierno local, no existe una estrategia regional que potencie el impacto de los espacios verdes en la salud y bienestar de los pobladores urbanos, y no existe una herramienta que integre los esfuerzos y accionar realizado para el reverdecimiento de la ciudad, así como su monitoreo para la toma de decisiones.

Si bien en Costa Rica las acciones de restauración vegetal en la ciudad es un tema que apenas comienza, existe conocimiento y experiencia generada en la temática por países latinoamericanos como Colombia, México, Brasil, Argentina y Chile, que sirven de referencia para

desarrollar un trabajo inmediato y exitoso. También, el accionar debe ir acompañado de forma paralela de un proceso serio de investigación y de monitoreo que permita orientar el proceso de restauración de la trama verde en nuestras ciudades en el corto plazo.

La evaluación y monitoreo de la trama verde es tan importante como la siembra de árboles, arbustos y plantas menores (unidades verdes); este monitoreo debe ser paralelo a las actividades de reverdecimiento y su mantenimiento para promover la generación de conocimiento sobre islas de calor, conectividad, endemismo de especies vegetales en áreas urbanas, restauración del paisaje en ciudades, mejoramiento de los servicios ecosistémicos, espacios verdes seguros e inclusivos para la calidad de vida y salud de la ciudadanía.

Ante esta urgente necesidad, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), mediante el proyecto "Conservando la biodiversidad través de

la gestión sostenible de los paisajes de producción en Costa Rica”, en corto: *Proyecto Paisajes Productivos*, se ha dado a la tarea de establecer y dirigir una herramienta para el Monitoreo de los Cambios en el Uso del Suelo en Paisajes Productivos Urbanos (MOCUPPU). El objetivo de esta herramienta es ofrecer a la institucionalidad costarricense un instrumento que permita monitorear los cambios en la cobertura vegetal (ganancia y pérdida) para que sea utilizada en los procesos de planificación y toma de decisiones referidas a la infraestructura verde urbana.

El Proyecto Paisajes Productivos desarrolla la herramienta y la lidera en el CBIMA. El MOCUPPU fue desarrollado con imágenes de alta resolución del sensor WorldView-3 a una escala de 0,30 cm. Las imágenes tienen diferentes bandas, para este caso se utilizaron la roja, verde y azul (RGB, por sus siglas en inglés) que son los colores naturales, y una banda adicional de infrarrojo cercano que facilita la visualización de la vegetación (Chuvieco, 2010).

Para desarrollar este monitoreo, fue necesario realizar dos procesos. El primero corresponde al mapeo del área de la trama verde y un segundo proceso, de análisis comparativo de la pérdida o la ganancia a partir de la relación de dos períodos temporales consecutivos de datos del área total de trama verde.

El primer proceso para generar el área de la trama verde se realizó a partir del procesamiento de los datos basados en clasificaciones espectrales

automatizadas, aplicando las herramientas de las clasificaciones automatizadas de los sistemas de información geográfica (SIG). Esto permitió clasificar los usos y las coberturas de la tierra del área de estudio, y posteriormente, a partir de la técnica de fotointerpretación, se dividieron los tipos de usos y coberturas en trama verde y no trama verde. Las áreas de trama verde se unificaron y se trabajaron por separado del resto de las coberturas.

Una limitación de la clasificación automatizada es la depuración, paso necesario para garantizar que todas las áreas identificadas de trama verde, correspondan únicamente a esta categoría y no estén mezcladas con otros usos y coberturas. Al completar la depuración, se clasificaron los tipos de trama verde mapeados.

La clasificación de la trama verde se elaboró a partir de una adaptación de las categorías descritas en el Decreto No. 40043-MINAE: *Regulación del Programa Nacional de Corredores Biológicos*, en este sentido, el MOCUPU agrupa en 3 las categorías establecidas en el artículo 5, inciso a, de este decreto¹. La primera

¹ Artículo 5°-Los Corredores Biológicos comprenderán además las iniciativas de conservación bajo las modalidades de: a) Corredores Biológicos Interurbanos (CBI). Extensión territorial urbana que proporciona conectividad entre paisajes, ecosistemas y hábitats modificados o naturales que interconectan microcuencas, tramo (sic) verde de las ciudades (parques urbanos, áreas verdes, calles y avenidas arborizadas, línea férrea, isletas y bosque a orilla del río. otros) o áreas silvestres protegidas. Estos espacios contribuyen al mantenimiento de la biodiversidad, posibilitando la migración, dispersión de especies de flora y fauna e incluyen las dimensiones culturales, socioeconómicas y políticas.

se identifica como áreas verdes en zonas urbana e incluye: Áreas verdes y recreativas, parques y jardines privados; la segunda categoría agrupa vías forestadas, entre ellas: isletas viales, bulevar

peatonal y derecho vial ferroviario; por su parte, la tercera categoría corresponde a bosques y áreas naturales que a su vez contiene la vegetación correspondiente a cobertura forestal, bosque y vegetación de galería, vegetación de galería, plantación forestal y regeneración natural.

Para obtener el producto de pérdida y ganancia de trama verde, se utilizó el mapeo de estas coberturas naturales de dos periodos temporales consecutivos, mediante herramientas SIG e implementando la fotointerpretación se compararon ambos mapeos y se determinaron los cambios. En este sentido, aquellas áreas que pasaron de ser trama verde a cobertura urbana se categorizaron con pérdida, y en los casos donde se identificaron coberturas urbanas u otro de otro tipo que pasaron a ser trama verde se identificaron con ganancia, y aquellos sitios que permanecen con trama verde se identificaron como área de no cambio o modificación.

Los resultados obtenidos en la implementación del MOCUPU son los datos de la línea base de la trama verde en el CBIMA para el año 2017, que corresponden a 615.83 ha que representan el 16 % de área del CBIMA. Cabe mencionar que el 61.44 % de la cobertura de la trama verde se ubica en la parte alta de la subcuenca del río María Aguilar, que es donde se concentra la mayor extensión de vegetación natural y cobertura forestal, y el restante 38.55 % está en la parte media y baja de la subcuenca donde predominan las áreas verdes en zona rural, que son principalmente parques,



Figura 2. Comparación del mapeo de trama verde para el año 2017 y 2019.

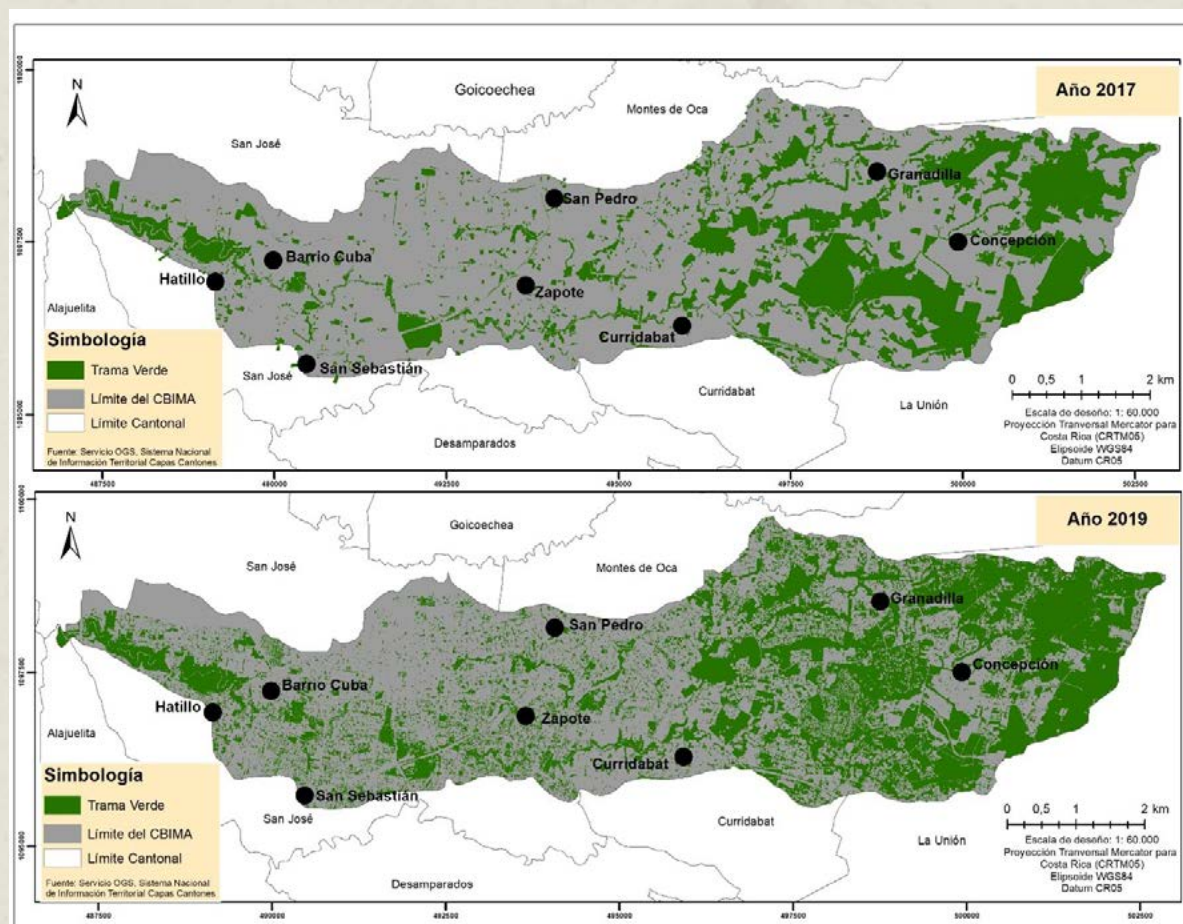


Figura 3. Mapa de trama verde para el Corredor Biológico Interurbano María Aguilar (CBIMA), año 2017 y 2019.

jardines privados, isletas viales, bulevares peatonales arbolados, entre otros.

Durante el 2020, se ha trabajado en la generación de un nuevo mapeo de trama verde que incorpora datos del 2019 para comparar con la línea base de 2017; para este año se han registrado (como dato preliminar) alrededor de 1 025 ha de dicha cobertura. Para este período se encontró un aumento del área de trama verde debido a que se mejoró la técnica de mapeo con respecto al productos de la

línea base (**Figura 1**), y también debido al proceso de reforestación y rehabilitación de espacios naturales en el CBIMA durante el año 2018 y 2019 que han aumentado 62 ha; dichos trabajos de restauración fueron realizados por los gobiernos locales conjuntamente con el Proyecto Paisajes Productivos.

En la **Figura 3**, se muestra el mapeo de la línea base (2017) y del periodo del 2019, donde en ambos productos se mantiene la dominancia de la trama

verde en la parte alta del corredor biológico interurbano María Aguilar, lo contrario en la parte media y baja, que es donde las áreas naturales disminuyen y predominan el tejido urbano.

Esta herramienta de monitoreo tendrá como próximos pasos la incorporación del estudio de pérdida o ganancia de la trama verde (2017 y 2019) y una actualización del área de trama verde para los siguientes años (2021-2022). Además, toda la información estará disponible en el Sistema Nacional de Información Territorio (SNIT), la cual garantiza un acceso abierto de los datos.

El MOCUPU permitirá un monitoreo periódico de la trama verde, dando seguimiento preciso y detallado a la ganancia o pérdida de cobertura vegetal. Además, este sistema de monitoreo será una herramienta fundamental para los procesos de planificación urbana por parte de los gobiernos locales. Los municipios podrían establecer un sistema de incentivos para promover el reverdecimiento de las áreas urbanas, como por ejemplo tasas diferenciadas para el pago de impuestos territoriales dependiendo de las áreas verdes establecidas en los inmuebles.

Referencias

- Chuvieco, E. (2010). Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona, España: Ariel S.A
- La Gaceta (2017). DECRETO N° 40043-MINAE. https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2017/01/27/ALCA19_27_01_2017.pdf
- Pujol, R.; Pérez, E. (2012). Crecimiento urbano en la región metropolitana de San José, Costa Rica. Una exploración espacial y temporal de los determinantes del cambio de uso del suelo. https://www.lincolninst.edu/sites/default/files/pubfiles/2242_1578_Pujol_WP13RP1SP.pdf
- Morales-Cerdas, V., Piedra Castro, L., Romero Vargas, M., & Bermúdez Rojas, T. (2018). Indicadores ambientales de áreas verdes urbanas para la gestión en dos ciudades de Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1421-1435. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.32258>
- Porras, I., Miranda, M., Barton, D. N., & Chacón Cascante, A. (2015). *Lecciones de 20 años de experiencia en servicios ambientales en Costa Rica*. Munich Personal RePEc Archive.



Biólogo en Proyecto
Paisajes Productivos
(jorge.picado@undp.org)

MOCUPP como herramienta para la gestión de la conectividad del paisaje en los corredores biológicos: Caso de estudio en el Área de Conservación La Amistad Pacífico

Jorge Picado Barboza



La conectividad ecológica es el desplazamiento libre de impedimentos de las especies silvestres, así como el mantenimiento del flujo natural de los procesos biofísicos que mantienen el equilibrio de los ecosistemas (Hilty et al., 2020). La fragmentación del paisaje por actividades humanas es la principal causa de pérdida de la calidad de los hábitats, amenazando la biodiversidad y su capacidad de adaptación a la variabilidad climática (Ćurčić y Đurđić, 2013; Cushman et al., 2013). Existe amplia documentación que establece la importancia de la conectividad ecológica entre las áreas silvestres protegidas y otros hábitats relevantes para la conservación de la biodiversidad, y en este sentido la consolidación de corredores biológicos es esencial para el mantenimiento de estos procesos. Se estima que los corredores biológicos incrementan hasta un 50 % la dispersión de las especies en comparación con hábitats aislados (Ament et al., 2014; Cushman et al., 2013; Moreno y Guerrero, 2019).

Costa Rica cuenta con el Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB), impulsado por el Sistema

Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). Se han identificado 128 rutas de conectividad principales y actualmente existen 44 corredores biológicos (CB) oficializados (SINAC, 2020). Un total de 7 CB se ubican por completo en el Área de Conservación la Amistad Pacífico (ACLA-P), mientras que 2 CB se comparten con el Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC) y el Área de Conservación Osa (ACOSA) (**Figura 1**). El análisis de la cobertura de la tierra y la conectividad, ya sea estructural o funcional, es imprescindible para la adecuada gestión de los corredores biológicos (Ament et al., 2014; Hilty et al., 2020).

El análisis realizado por Canet-Desanti et al. (2012), sobre la efectividad de manejo de los CB de Costa Rica, indica que, de un total de 24 corredores el 30 % no contaba con información sobre la cobertura de la tierra, el 50 % no contaba con mapas sobre los tipos de bosque y el 80 % no contaba con información sobre rutas de desplazamientos o migración de especies silvestres. Estas debilidades se han venido atendiendo en los últimos años por el SINAC, a través de proyectos como: *Implementación del Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB) en el marco de la Estrategia Nacional de Biodiversidad de Costa Rica*, desarrollado por la Oficina de Cooperación Alemana (GIZ), y el proyecto *Conservando la biodiversidad a través de la gestión sostenible en los paisajes de producción en Costa Rica* (Paisajes Productivos), implementado por el PNUD.

Una de las herramientas desarrolladas por el proyecto de Paisajes Productivos es el *Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos* (MOCUPP). Dicha herramienta permite de una manera fácil, rápida y económica observar el arreglo del paisaje en todo el país, en la actualidad incluye mapas de cobertura de cultivos de piña, palma aceitera y pastos con menos del 30 % de cobertura de árboles.

El presente artículo muestra la utilidad de la herramienta MOCUPP para la gestión de la conectividad del paisaje en los corredores biológicos del Área de Conservación La Amistad Pacífico (**Figura 1**). Con el objetivo de apoyar el trabajo de los comités locales de dichos corredores biológicos, se describirá el estado actual de las coberturas de piña, palma aceitera y pastos, lo cual servirá de línea base para el monitoreo de dichos usos de la tierra y a la vez establecer estrategias de gestión para incrementar la conectividad ecológica.

Utilizando la herramienta MOCUPP se extrajo la información sobre la última delimitación de la cobertura de uso de palma aceitera, piña y pastos disponibles para el ACLA-P, la cual corresponde al año 2018. El **Cuadro 1** muestra el área y el porcentaje de cada uno de estos usos de la tierra con respecto al área total de cada corredor biológico. Agrupando el área total de los CB se observa que un 0.15 % corresponde al uso de cultivo de piña, un 4.04 % al uso de cultivo de palma aceitera y un 15.47 % corresponde a pastos descubiertos. Es

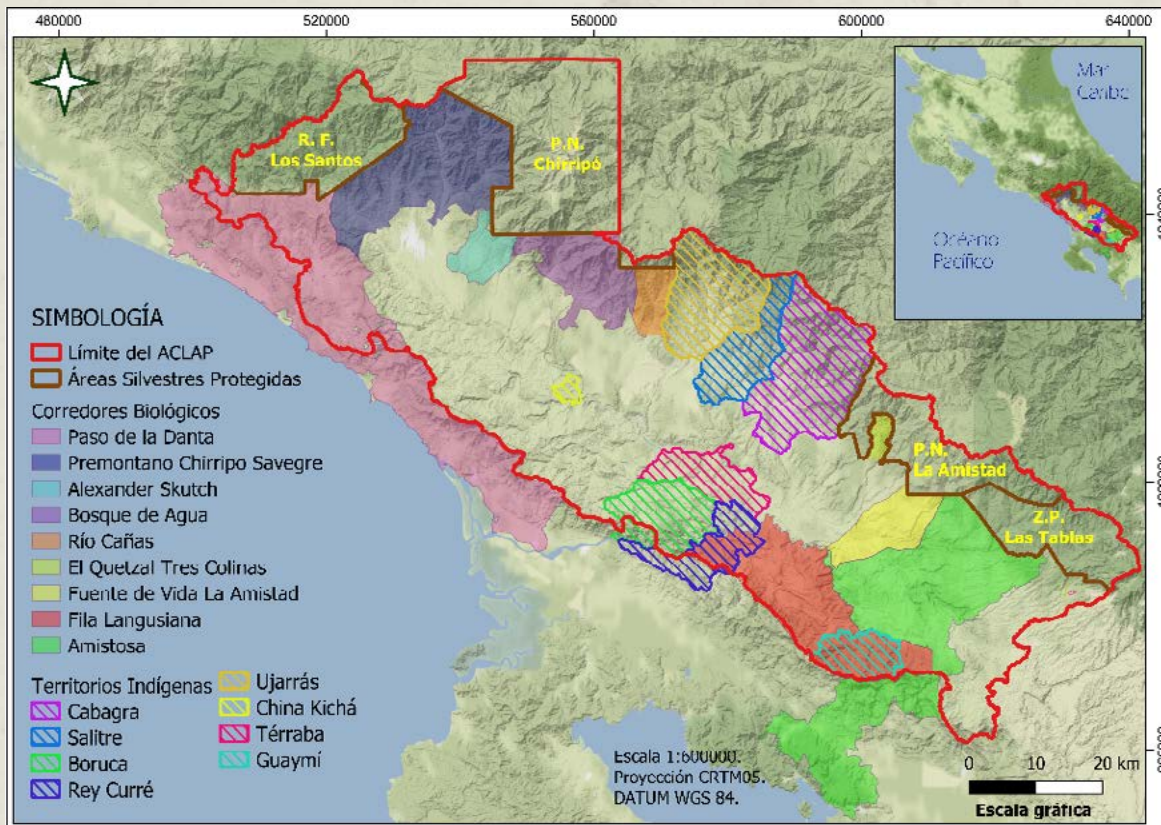


Figura 1. Corredores biológicos del Área de Conservación La Amistad Pacífico.

importante aclarar que en el caso de los corredores biológicos Paso de la Danta y Amistosa se tomó el área total del CB y las coberturas de palma y piña aun cuando abarcan otras áreas de conservación, por su parte los datos sobre pastos

descubiertos solo corresponden al espacio de cada CB que se encuentra dentro del límite del ACLAP, lo anterior debido a que actualmente la cobertura de pastos descubiertos solo está disponible para el ACLAP.

Cuadro 1. Cobertura de palma aceitera, piña y pastos descubiertos presente en los corredores biológicos del ACLA-P. Áreas calculadas a través de la herramienta MOCUPP.

Corredor Biológico	Total CB	Área (ha)					
		Palma	%	Piña	%	Pastos	%
Paso de la Danta	79 388.0	2 206.3	2.8	0.0	0.0	6 078.3	7.7
Premontano Chirripó Savegre	34 515.7	0.0	0.0	0.0	0.0	6 152.5	17.8
Alexander Skutch	6 010.8	1.9	0.03	121.9	2.0	1 046.2	17.4
Bosque de Agua	15 850.3	0.0	0.0	0.0	0.0	1 516.7	9.6
Río Cañas	5 251.7	0.0	0.0	0.0	0.0	350.6	6.7
El Quetzal Tres Colinas	1 912.2	0.0	0.0	0.0	0.0	132.2	6.9
Fuente de Vida La Amistad	10 435.7	99.9	1.0	283.2	2.7	3 261.5	31.3
Amistosa	91 739.7	8 930.6	9.7	0.0	0.0	16 392.8	17.9
Fila Langusiana	32 916.1	7.0	0.02	0.0	0.0	8 065.8	24.5
Total CB	278020.2	11245.8	4.04	405.1	0.15	42996.6	15.47

El CB Paso de la Danta ocupa el segundo lugar en área total, abarcando desde el río Savegre hasta el río Grande de Térraba, es un CB mayoritariamente costero que se extiende hasta las partes altas de la fila Costeña. Sus límites incluyen al noroeste el Área de Conservación Pacífico Central (ACOPAC), en la parte central se encuentra La Amistad Pacífico (ACLA-P) y al sur Osa (ACOSA) (**Figura 1 y Cuadro 1**). Este CB cuenta únicamente con 7.5 % de su área ocupada por los usos analizados, el mayor porcentaje de uso de la tierra es de pastos descubiertos con un 7.7 % (aun cuando solo se contabiliza la porción dentro del ACLA-P), seguido por un 2.8 % de palma aceitera, mientras que el cultivo de piña está ausente. Los pastos

se concentran en el extremo noreste dentro de los límites del ACLA-P, mientras que el cultivo de la palma aceitera se ubica en los extremos del corredor, hacia el sector de Savegre y Palmar Norte. Ambos usos están prácticamente ausentes en la parte alta de la fila Costeña (**Figura 2**).

En el CB Premontano Chirripó Savegre es el de mayor área exclusiva dentro del ACLA-P con más de 34 500 ha. En este corredor no se identifican usos de piña y palma aceitera, únicamente presenta el uso de pastos descubiertos, los cuales representan un 17.8 % del área total y se distribuyen de forma dispersa (**Figura 2**).

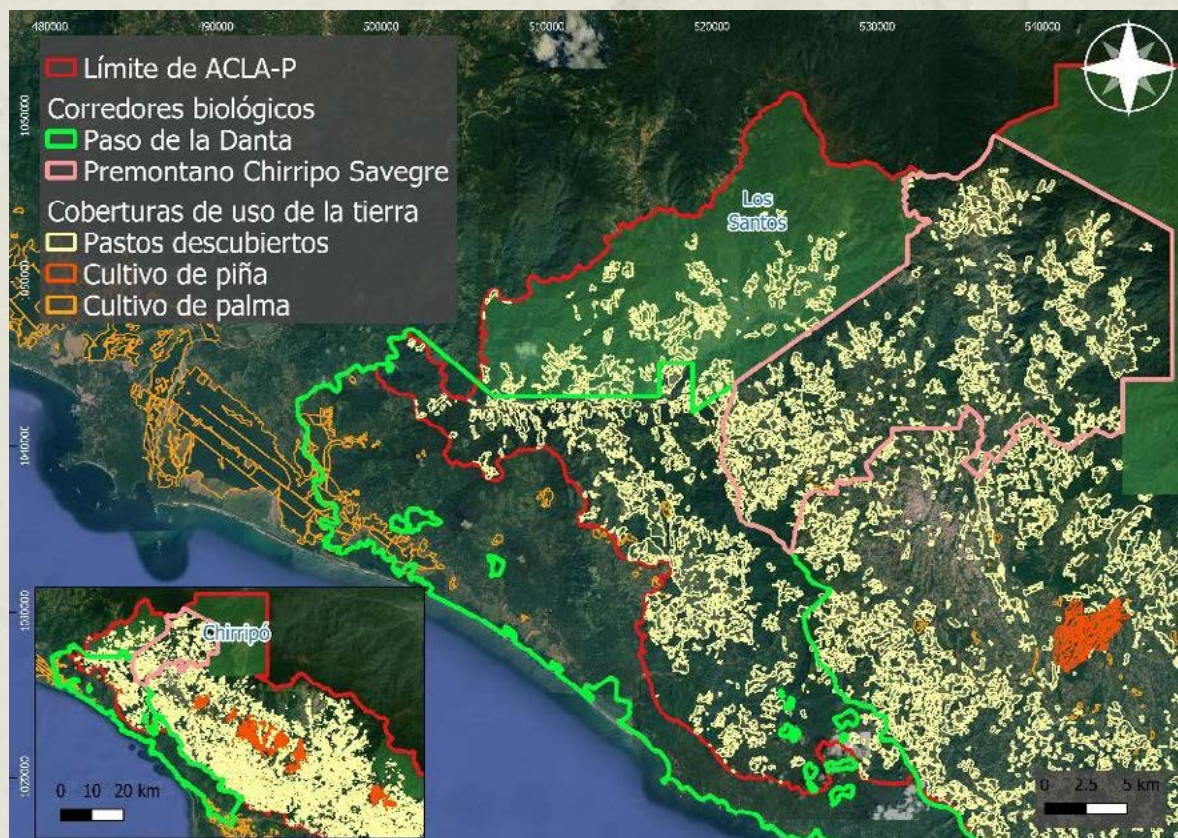


Figura 2. Representación espacial de los usos de pastos descubiertos, piña y palma aceitera en los CB Paso de la Danta y Premontano Chirripó Savegre. Fuente: Coberturas de uso MOCUPP 2018.

Para el caso del CB Alexander Skutch los pastos representan el 17.4 %, mientras que el cultivo de piña el 2 % y la palma aceitera el 0.03 %. Este corredor es uno de los pocos en los cuales es posible encontrar los tres usos de la tierra analizados, el cultivo de piña se localiza en el extremo sur, mientras que los pastos se encuentran dispersos en el corredor (**Figura 3**). Ambos corredores colindan con el Parque Nacional Chirripó y representan importantes rutas de conectividad

con la zona de amortiguamiento de esta área silvestre protegida (**Figura 1**).

El CB Bosque de Agua cuenta con casi 16 mil ha, de las cuales el 9.6 % corresponde al uso de pastos descubiertos, en este corredor no hay usos de piña ni palma aceitera (**Figura 3**). Este CB colinda con los Parques Nacionales Chirripó e Internacional de La Amistad (PILA) (**Figura 1**). El CB Río Cañas conecta con el PILA y no cuenta con áreas destinadas a los cultivos de piña y palma aceitera, por su parte los pastos descubiertos

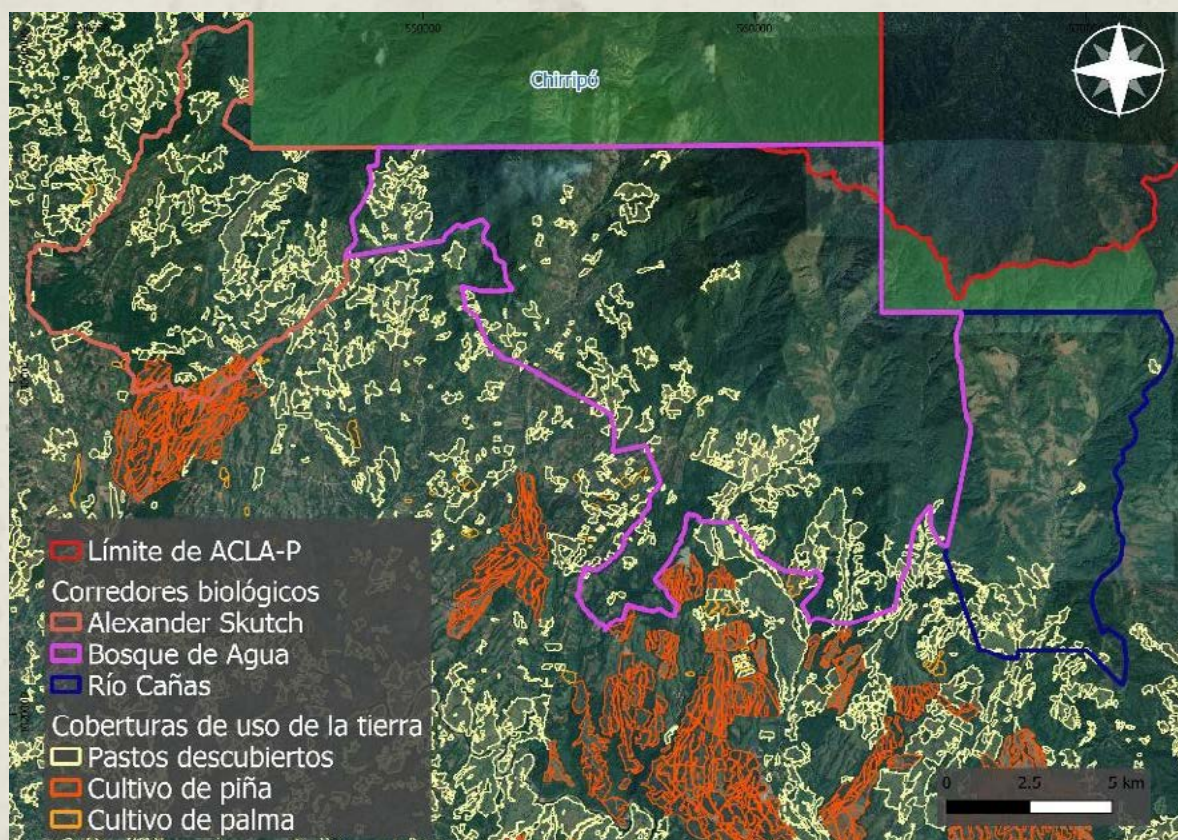


Figura 3. Representación espacial de los usos de pastos descubiertos, piña y palma aceitera en los CB Alexander Skutch, Bosque de Agua y Río Cañas. Fuente: Coberturas de uso MOCUPP (2018).

representan el 6.7 % del área total, estos se ubican principalmente en el extremo sur del CB (**Figura 3**).

La cobertura de uso del CB El Quetzal Tres Colinas es de pastos dispersos, los cuales representan el 6.9 % del área total (**Figura 4**). Este es el CB de menor área del ACLA-P con poco más de 1 900 ha, sin embargo, se ubica en una zona estratégica para la conectividad del PILA (**Figura 1**). El CB fuente de Vida La Amistad cuenta con el mayor porcentaje de uso de pastos descubiertos del ACLA-P

con un 31.3 %, la piña representa el 2.7 % y la palma aceitera el 1 % del área total. Los pastos están ampliamente dispersos, mientras que la piña se ubica en el extremo medio hacia el oeste, mientras que la palma aceitera se ubica en pequeños parches disperso (**Figura 4**).

Por su parte en el CB Fila Langusiana es el segundo de mayor área contenido exclusivamente en el ACLA-P con casi 33 mil ha, de estas un 24.5 % corresponden a pastos descubiertos que se distribuyen de forma dispersa (**Figura 5**), esta cobertura

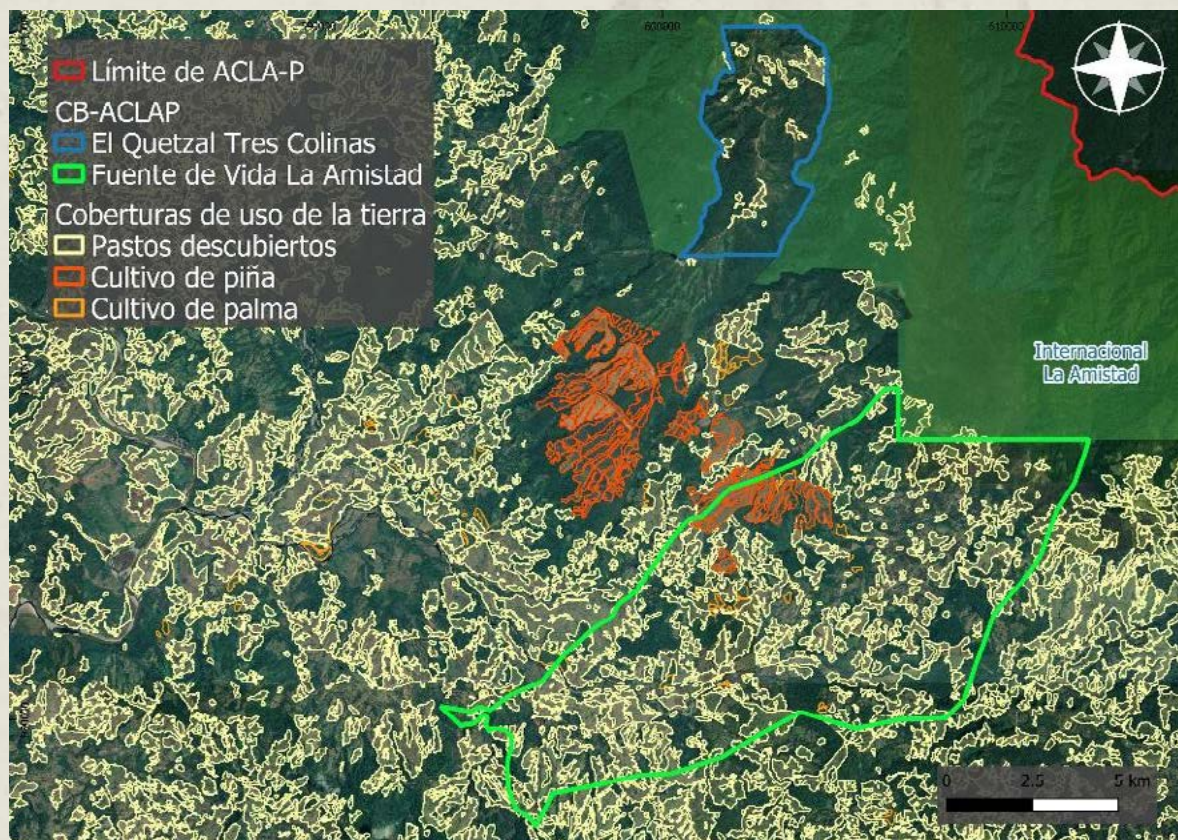


Figura 4. Representación espacial de los usos de pastos descubiertos, piña y palma aceitera en los CB El Quetzal Tres Colinas y Fuente Vida. Fuente: Coberturas de uso MOCUPP (2018).

de usos representa el segundo mayor porcentaje entre los CB analizados. El otro uso presente en este CB es el cultivo de palma aceitera pero esta solo representa el 0.02 % del área total.

El CB de mayor dimensión es Amistosa con casi 92 mil ha. El uso más representativo en este CB es pastos descubiertos con 18 % del área total (aun cuando solo se contabiliza el área dentro del ACLA-P), seguido de la palma aceitera con 9.7 % del área total, cabe mencionar que no se encuentra cultivo de piña

en este CB. Los pastos están ampliamente distribuidos en el extremo norte del CB, correspondiente al Cantón de Coto Brus, mientras que la palma aceitera se ubica en el extremo sur hacia el Cantón de Corredores y Golfito (**Figura 5**).

Los usos analizados por MOCUPP incrementan la fragmentación de los bosques y disminuyen la conectividad ecológica, los monocultivos como la palma aceitera y piña son permeables al paso de muy pocas especies silvestres, además de sumar otros impactos ambientales a nivel

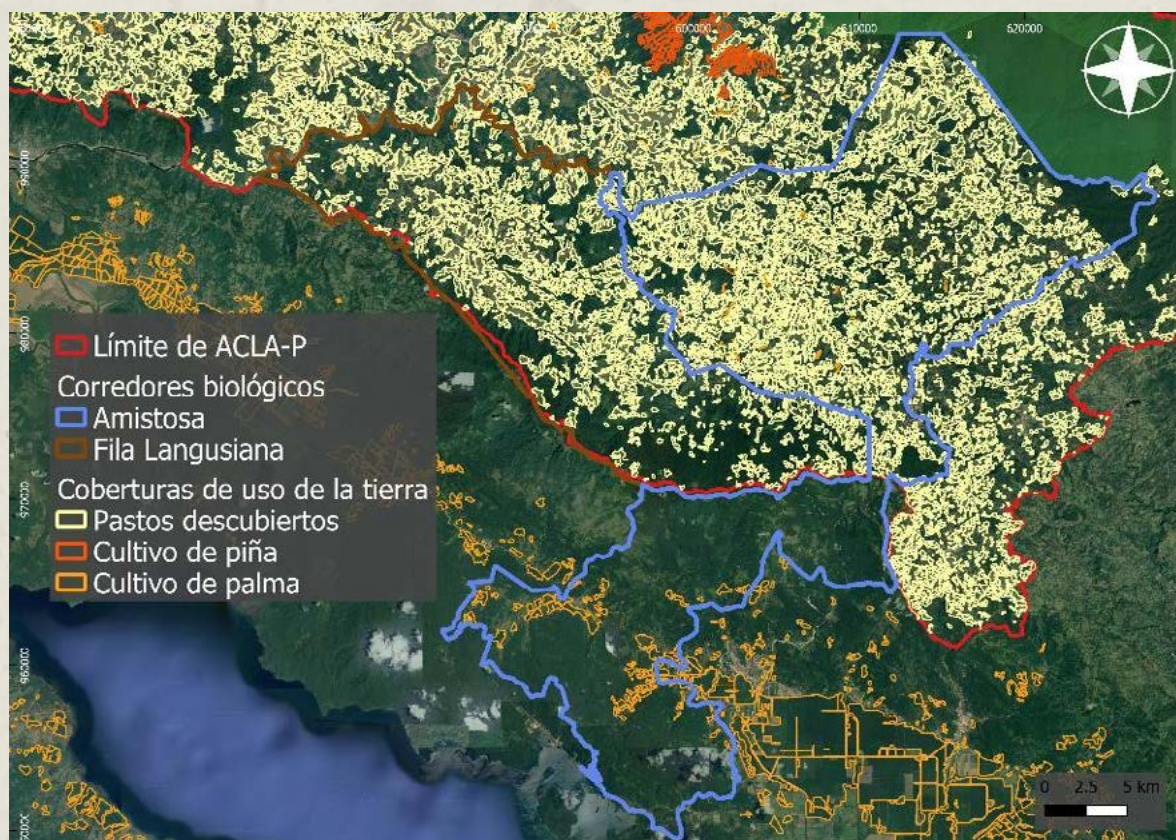


Figura 5. Representación espacial de los usos de pastos descubiertos, piña y palma aceitera en los CB Fila Langusiana y Amistosa. Fuente: Coberturas de uso MOCUPP (2018).

del suelo, agua y aire (Dirzo et al., 2014; Maglianesi, 2013). Por su parte, las áreas de potreros representan barreras para las especies dependientes del bosque, además de contribuir con los procesos de erosión del suelo. Los resultados obtenidos muestran que los pastos descubiertos son predominantes en la mayoría de los CB vinculados al ACLA-P. En algunos CB como Fila Langusiana, Premontano Chirripó Savegre, Fuente de Vida y Alexander Skutch los pastos representan entre un 17.4 % y 31.3 % del área total del CB,

lo cual llama a los comités locales a impulsar estrategias de manejo del paisaje para incrementar la conectividad en las fincas dedicadas a la ganadería, como por ejemplo las cercas vivas sin poda, sistemas silvopastoriles, aseguramiento de las áreas de protección de los ríos y quebradas, así como la conservación de los parches de bosque existentes.

En contraparte, CB como Bosque de Agua, Río Cañas y Quetzal Tres Colinas muestran poca cobertura de los usos analizados, representando entre un 6.7 % y

9.6 % del área total del CB. Este resultado debe motivar a los comités locales de estos CB a incentivar la protección y conservación de las coberturas que favorecen la conectividad y proponer medidas de mitigación ante el eventual incremento de monocultivos.

La herramienta en línea de MOCUPP permite realizar un primer análisis de la distribución espacial de algunos de los usos de la tierra que disminuyen la conectividad ecológica en los CB. El visor incluye la posibilidad de cargar los límites de los corredores y sobreponerlos a las coberturas disponibles, facilitando el proceso de planificación de acciones dirigidas a la gestión del paisaje y la identificación de las áreas críticas o prioritarias para incrementar la conectividad. En la medida de que el MOCUPP siga creciendo e incluyendo otros usos, por ejemplo, caña de azúcar, café y potreros arbolados, entre otros, continuará consolidándose como un instrumento de gran utilidad para la gestión de la conectividad en los CB.

Referencias

- Ament, R., Callahan, R., McClure, M., Reuling, M., & Tabor, G. (2014). Wildlife Connectivity: Fundamentals for conservation action. Center for Large Landscape Conservation: Bozeman, Montana. <https://largelandscapes.org/wp-content/uploads/2019/05/Wildlife-Connectivity-Fundamentals-for-Conservation-Action.pdf>
- Canet-Desanti, L., Herrera, B., Finegan, B. (2012). Efectividad de manejo en corredores biológicos: el caso de Costa Rica. *Revista Parques* (2). https://www.researchgate.net/publication/309549197_Efectividad_de_manejo_en_corredores_biologicos_el_caso_de_Costa_Rica
- Ćurčić, N. B., Đurđić S. (2013). The actual relevance of ecological corridors in nature conservation. *J. Geogr. Inst. Cvijic*. 63(2) (21-34). doi: 10.2298/IJGI1302021C
- Cushman, S.A., Mcrae, B., Adriaensen, F., Beier, P., Shirley, M. & Zeller, K. (2013). Biological corridors and connectivity. En: D. W. Macdonald & K. J. Willis. (Eds.) *Key Topics in Conservation Biology 2* (pp 384-404). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781118520178.ch21>
- Dirzo, R. Broadbent, E.N., Almeyda-Zambrano, A.M., Picado, A., Acuña R., Moraga M., García D. (2014). Biodiversidad en las Plantaciones de palma aceitera de la región Osa-Golfito. INOGO. https://inogo.stanford.edu/sites/default/files/Biodiversidad%20en%20plantaciones%20palma%20aceitera%202014_1.pdf.
- Hilty, J., Worboys, G.L., Keeley, A., Woodley, S., Lausche, B., Locke, H., Carr, M., Pulsford I., Pittock, J., White, J.W., Theobald, D.M., Levine, J., Reuling, M., Watson, J.E.M., Ament, R., & Tabor, G.M. (2020). Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors. Best Practice Protected Area Guidelines Series No. 30. Gland, Switzerland: IUCN. <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2020.PAG.30.en>
- Maglianesi, S. M.A. (2013). Desarrollo de las piñeras en Costa Rica y sus impactos sobre ecosistemas naturales y agro-urbanos. *Biocenosis*, 27(1-2): 62-70.
- Moreno, R., Guerrero-Jimenez, C-J. (2019). What about biological corridors? A review on some problems of concepts and their management. *BioRisk* 14: 15–24. <https://doi.org/10.3897/biorisk.14.32682>
- SINAC [Sistema Nacional de Áreas de Conservación]. (2020). Programa Nacional de Corredores Biológicos (PNCB). <http://www.sinac.go.cr/ES/correbiolo/Paginas/default.aspx>



Directora del
Laboratorio PRIAS
(cmiller@cenat.ac.cr)



Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(haguilar@cenat.ac.cr)

Laboratorio PRIAS: liderando desde la academia el desarrollo de la herramienta de gestión MOCUPP

Cornelia Miller Granados
Heileen Aguilar Arias



Las universidades son el semillero del conocimiento, donde la investigación es de punta y la cuna para la formación de miles de científicos llamados al servicio de la ciencia. El Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT) del Consejo Nacional de Rectores (CONARE) es un centro especializado en la investigación aplicada, científico-técnica, donde se trabaja en triple hélice, resolviendo junto con el gobierno e instituciones privadas los retos que el país enfrenta. El programa de becas CeNAT-CONARE es uno de los puentes para la transferencia del conocimiento, desde donde nuevas generaciones de profesionales adquieren conocimientos especializados en diferentes áreas de la ciencia y la tecnología.

Apropósito de la adhesión de Costa Rica para formar parte de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), es necesario visualizar la serie de deberes que como país tendremos para atender nuestra sociedad costarricense, y para esto es medular contar con información actualizada. Desde la academia, el CeNAT, como enlace entre la triple hélice de ciencia y tecnología de avanzada y las

universidades, busca gestionar de manera innovadora la acción sistemática para promover el desarrollo nacional, según los mandatos del Convenio de Coordinación y la Constitución Política.

El CeNAT tiene como objetivo principal ser un referente nacional e internacional articulador del sistema de educación superior para el desarrollo y la vinculación con la sociedad. Esta visión se logra por medio de la laboriosa función que ejecutan los diferentes laboratorios que conforman el CeNAT. El Laboratorio PRIAS en particular, como laboratorio de observaciones de la Tierra, enfatiza su accionar en la vinculación con organismos —nacionales e internacionales— para facilitar el desarrollo de la ciencia apoyado en la geomática y las observaciones terrestres.

De acuerdo con los datos presentados por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), en el

año 2015, el Ministerio de Ambiente y Energías (MINAE) contó con el apoyo específico del Programa ONU REDD para realizar estudios enfocados en finalizar el diseño de la Estrategia Nacional REDD. Esta estrategia fue construida a lo largo de un proceso de consulta durante la preparación para REDD+ desde el 2011 y hasta el 2015. REDD+ en Costa Rica busca el desarrollo de los elementos acordados por la Conferencia de las Partes (COP) XVI en Cancún; así como, el abordaje hacia la estrategia nacional, un nivel de referencia, un sistema de monitoreo de bosques y el sistema para proveer información sobre salvaguardas, todo sobre la base del respeto al marco normativo y de política vigente en el país ([Ministerio de Ambiente y Energía, s.f.](#)). Durante el 2012, el país, por medio del Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONA-FIFO-MINAE), inicia talleres de consulta

para la estrategia REDD con los diferentes sectores, incluyendo la academia; cada sector dio su enfoque respecto a los temas abordados. La solución a un reto nacional requería una construcción armonizada de los distintos aportes. Este fue el inicio de muchas reuniones donde se comenzaron a especificar los apoyos que cada institución iba a aportar en lo independiente, en conjunto

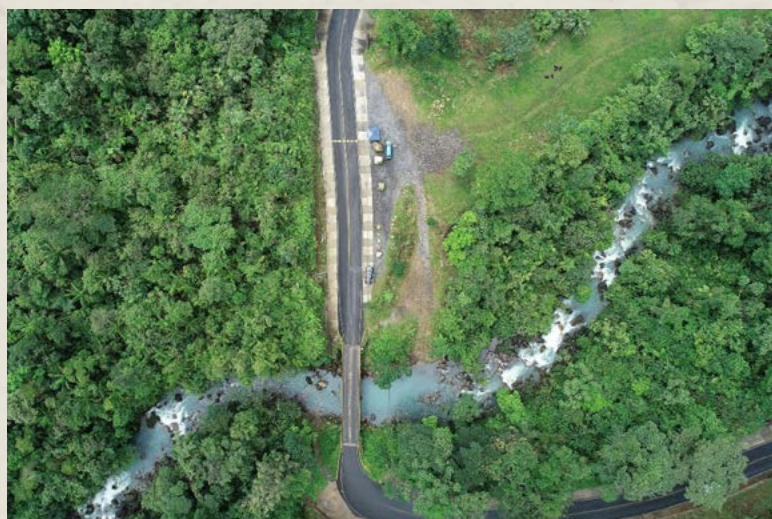


Figura 1. Vista aérea del paisaje de cobertura arbórea, monitoreado por MOCUPP, obtenida con un Phantom 4 a 120 metros de altura, Katira, Guatuso, agosto 2019.

con sus pares y en equipo de trabajo multi e interdisciplinario.

El Servicio Forestal de los Estados Unidos (USGS, por sus siglas en inglés), designó en el país a un representante para colaborar en el desarrollo de un sistema de monitoreo que hoy conocemos como SIMOCUTE. Randy Hamilton, trabajó en el MINAE directamente con el Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA) para iniciar con la organización de los esfuerzos de las diferentes instituciones que serían el núcleo de esta iniciativa país. Por otro lado, el mundo también se estaba organizando alrededor de la estrategia REDD, y el ministro de ambiente estaba coordinando esfuerzos para que el país se enrumbara en la dirección ambientalmente adecuada y así aprovechar las oportunidades que se presentaban en el corto plazo con miras al futuro.

Durante el 2014, con la Declaración de Nueva York sobre los bosques y la Declaración sobre la deforestación de Ámsterdam en el 2015, los distribuidores de producción fresca de Estados Unidos y Europa acuerdan que para el 2030 no aceptarán productos provenientes de fincas que hayan afectado su cobertura arbórea. El ministro entonces, solicita al PNUD el aporte de una solución visionaria e innovadora que permitiera comprobar a compradores y distribuidores comerciales que la cobertura arbórea asociada a los cultivos no está siendo afectada y así asegurar la colocación de los productos frescos nacionales en el extranjero.

Se estableció una estrategia de articulación institucional para armonizar los esfuerzos que el país está desarrollando, que consiste en el desarrollo de una herramienta de gestión del territorio mediante un sistema de Monitoreo de Cambio de Uso de Paisajes Productivos (MOCUPP) que contempla la cobertura arbórea asociada utilizando imágenes satelitales. Tal como lo menciona el Programa de Naciones Unidas (2015, pág. 2) ...”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”

Costa Rica ha realizado desde décadas anteriores diferentes esfuerzos para la conservación de los bosques, la recuperación de sitios degradados y la permanencia en la riqueza y biodiversidad de especies en el país, en paralelo con el desarrollo de la agricultura y la ganadería, en una búsqueda continua por alcanzar sistemas sostenibles con el desarrollo; tanto agropecuario, como ambiental. Con el objetivo de lograr medir y monitorear la evolución de esos sistemas, el país ha venido desarrollando el SIMOCUTE, con el objetivo de cubrir una necesidad latente, informar sobre los avances nacionales y apoyar la toma de decisiones sobre políticas públicas para mejorar la gestión en materia de monitoreo, con el fin primordial de dar seguimiento a la evolución de recursos naturales ([Ministerio de Ambiente y Energía, 2017](#)).

El Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA), por mandato ministerial, según la Directriz Ministerial DM-417-2015 del ministro de Ambiente y Energía, es la institución designada para liderar el diseño del SIMOCUTE, el cual se enmarca en el método de trabajo bajo un diseño participativo que incluye a las

instituciones nacionales vinculadas con el monitoreo, y cuenta además con apoyo técnico y financiero de iniciativas internacionales relacionadas con el tema (Ministerio de Ambiente y Energía, 2017), las cuales son articuladas por el CENIGA quien cumple un rol súper importante en la “... coordinación de la articulación, control de

calidad y apego a los criterios para generación de mapas geoespaciales y es el referente institucional de MOCUPP...” ([Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo](#), 2015, pág. 19).

En este sentido, desde el 2015 el Laboratorio PRIAS trabaja activamente en el desarrollo de estrategias nacionales como los son el Sistema Nacional de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE) y el Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP), con el objetivo de articular y colaborar en el desarrollo de productos que puedan ser utilizados en la toma de decisiones, desde la base científica y rigurosa, asegurando la alta confiabilidad de la información que representa la academia.

Por otro lado, fue necesario contemplar el componente socioeconómico que representa ser un país agroexportador, por lo que fue necesario que el acceso a los datos pudiera ser visibles al



Figura 2. Participación activa del Laboratorio PRIAS dentro de las mesas de trabajo del SIMOCUTE, Salón Multiusos del Centro Nacional de Alta Tecnología.



Figura 3. Vista aérea del paisaje de cobertura arbórea, monitoreado por MOCUPP, obtenida con un Phantom 4 a 120 metros de altura, Cahuita, Talamanca, junio 2020.

público y con capacidad de procesarse en un visor cartográfico ágil (PNUD, 2015). La participación del Registro Nacional, con dos de sus direcciones, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) por medio del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) para la publicación de los datos generados en el Laboratorio PRIAS, y también la Dirección de Bienes Inmuebles, encargada del catastro del país con el fin de proveer el dato de tenencia a los usuarios del sistema.

El MOCUPP ganó el reconocimiento de innovador en el tercer Congreso Nacional de Innovación 2018 y además es primera vez en el mundo que se desarrolla una herramienta de gestión a partir de las observaciones de la tierra. “... 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, por tratarse de información sobre un derecho humano de incidencia colectiva como lo es

el ambiente, y, además, por recaer sobre bienes ambientales de dominio público” (PNUD, 2015, p. 11).

El Laboratorio PRIAS del CeNAT, que a su vez es un centro especializado en investigación técnico-científica del CONARE, en el cual están representadas las universidades públicas del país; es responsable del componente 1 correspondiente a la generación anual de mapas de cobertura de la tierra de materias primas de exportación (*commodities*) y determinación de pérdida y ganancia de cobertura arbórea, es decir, elabora anualmente las capas digitales siempre que se trasladan los recursos financieros requeridos para ello (PNUD, 2015, pp. 19-21).

El Laboratorio PRIAS desarrolla la cartografía base que genera los mapas de línea base de los paisajes productivos que monitorea el MOCUPP, así como las actualizaciones anuales de los cultivos y los análisis de cambio asociados a la pérdida, ganancia y no cambio de la cobertura forestal asociada a los paisajes de



Figura 4. Levantamiento de información de campo para la clasificación y validación de los mapas que se publican anualmente en el SNIT.



Figura 5. Discusiones técnicas con parte del equipo de trabajo de PRIAS para la definición de estándares en el levantamiento de información de campo. De pie, Cornelia Miller, Directora Laboratorio PRIAS.



Figura 6. Izquierda: Procesamiento de la información a partir de datos Sentinel. Derecha: Proceso de verificación de los productos cartográficos por métodos estadísticos, imágenes y puntos de campo.

piña, palma y pastos. Para llevar a cabo el levantamiento cartográfico de esta información se aplican rigurosas metodologías de campo que involucran métodos estadísticos para estimar el tamaño de la muestra. En las **Figuras 4 y 5** se muestra parte del trabajo de campo que se desarrolla en las campañas de levantamiento de información.

Así mismo, los datos que se publican en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), son de alta confiabilidad y se validan con metodologías de punta utilizadas por la comunidad de Observaciones de la Tierra; como lo son las evaluaciones del error por medio de la matriz de confusión y el estadístico kappa (Chuvieco, 2010). Este trabajo es realizado por personal altamente calificado y que labora bajo estándares y valores enfocados al trabajo en equipo, respeto y tolerancia, comunicación, lealtad, honestidad, responsabilidad, compromiso y disciplina (**Figura 6**). Estos valores son parte de las habilidades requeridas para los equipos de alto desempeño que caracterizan el desarrollo que llevan de la mano la academia, la ciencia y la tecnología, como parte del trabajo que desde el Laboratorio PRIAS se plasma en los resultados logrados para el MOCUPP.

Por último, se destaca la labor del Laboratorio PRIAS como puente entre la academia, la ciencia, la tecnología y la comunicación colaborativa entre instituciones, que han logrado establecer una importante vinculación en diferentes procesos



Figura 7. Equipo de trabajo que ha participado en el desarrollo del MOCUPP dentro del Laboratorio PRIAS.

de obtención de la información, asesoría y puesta en marcha de las metodologías de trabajo; entre estas destacan: el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE) del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Agencia Aeroespacial Alemana (DLR), la Universidad de McGill de Canadá y la Universidad de Alberta de Canadá, el Programa Silva Carbon y el Programa SERVIR de la Administración Espacial Aeronáutica de Estados Unidos (NASA), quienes han conformado parte importante del puente entre la academia y la ciencia para lograr los resultados que se publican actualmente en el SNIT.

Agradecimientos

Los autores desean agradecer a Brandon Blanco, David Romero y Armando Vargas del Laboratorio PRIAS por colaborar en

la búsqueda de imágenes alusivas al artículo. Así mismo, los autores desean agradecer a Miriam Miranda y Jessica Acuña del PNUD por colaborar en la lectura y revisión previa de este artículo.

Referencias

- Chuvieco, E. (2010). Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona, España: Ariel S.A.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2017). Propuesta para el diseño del Sistema Nacional de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas. Obtenido de https://simocute.org/wp-content/uploads/2019/08/Documento-sobre-diagnostico-mapeo_1482019.pdf
- Ministerio de Ambiente y Energía. (s.f.). Estrategia Nacional REDD+ Costa Rica. https://redd.unfccc.int/files/4863_1_fon_estrategia_red_cr_lr.pdf
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo [PNUD]. (2015). MOCUPP: monitoreo de cambio de uso en paisajes productivos. <http://mocupp.org/sites/default/files/documento-mocupp-es.pdf>



Investigador del
Laboratorio PRIAS
(cvargas@cenat.ac.cr)



Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(carguedas@cenat.ac.cr)



Proyecto Paisajes
Productivos del PNUD
(francini.acuna@undp.org)



Directora del
Laboratorio PRIAS
(cmiller@cenat.ac.cr)

Monitoreo anual del paisaje productivo de piña y los datos de pérdida y ganancia de cobertura arbórea asociados a cultivo en Costa Rica

Christian Vargas Bolaños
Catalina Arguedas González
Jéssica Francini Acuña Piedra
Cornelia Miller Granados



El Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través de su Programa *Green Commodities*, y junto con apoyo de otras tres instituciones [Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT-CONARE), la Dirección del Registro Inmobiliario (DRI) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN)], han venido trabajando en la iniciativa de una herramienta de monitoreo de los paisajes productivos, denominada Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP). Esta herramienta se perfila como un instrumento innovador y tecnológico, que, mediante información satelital, logra dar seguimiento a los cambios en el uso y cobertura de la tierra y permita, además, identificar los procesos de deforestación asociados a la dinámica agrícola en el país.

Este monitoreo, cuenta con una serie de características que lo convierten en un recurso de alto valor para la gestión del territorio; entre ellos, la oferta de datos con una periodicidad anual sobre el área sembrada de distintos paisajes productivos, así como información referente a la pérdida o ganancia de cobertura arbórea asociada a dichos

paisajes. Los resultados generados por el proyecto (capas vectoriales), se encuentran abiertos al público para ser consultados de forma gratuita en la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

Actualmente, el MOCUPP monitorea tres cultivos principales: piña, palma aceitera y pastos. En este artículo, se abordará el paisaje productivo de piña en Costa Rica y su dinámica de cambio en un periodo de cuatro años comprendido entre el 2015 y 2018. Es importante destacar que el cultivo de piña es el paisaje productivo que dio inicio a la herramienta del MOCUPP, posterior a ello se ha fortalecido con la incorporación de otros paisajes como palma aceitera y pastos.

De esta forma, los análisis efectuados en torno al cultivo de piña, demuestran la existencia de una alta dinamicidad en el sector y un aumento considerable de sus áreas de siembra. Al respecto, la década de 1980 se considera como el punto inicial para el auge de la producción piñera en el país; auge que se evidencia actualmente, con el posicionamiento de la piña como uno de los principales productos de exportación. Según [PROCOMER \(2020\)](#), estas exportaciones generaron durante el año 2019, ganancias cercanas a los US\$ 965 millones gracias a la participación de un total de 136 empresas encargadas de su comercio a nivel internacional a 95 destinos diferentes, siendo Estados Unidos y Holanda los compradores más importantes.

Su alto valor comercial, ha causado un mayor consumo de tierras ([Arone,](#)

[2017](#)), la expansión de la frontera agrícola y la presión sobre los recursos naturales; autores como [Rodríguez et al. \(2020\)](#) señalan que, factores como la existencia deficiencias a nivel de ordenamiento territorial también han favorecido el crecimiento desmedido de áreas cultivadas en algunas regiones del país.

No obstante, la incorporación de este paisaje en el MOCUPP, ha permitido que los responsables de la toma de decisiones, tengan a su disposición nuevos datos para la gestión del territorio que no sólo permitan la verificación de áreas libres de deforestación, sino que también beneficie a aquellos productores que les confieren un uso racional a los recursos naturales situados dentro de sus fincas.

A continuación, se detalla la metodología aplicada y los resultados obtenidos en el MOCUPP para los años 2015 hasta el 2018. El MOCUPP trabaja con una metodología estandarizada, replicable y de bajo costo, para el monitoreo de los cultivos de palma aceitera y piña. En el caso de los pastos, el proceso difiere en la forma de extracción de la información; sin embargo, para todos los paisajes fue utilizado el mismo insumo base que corresponde a imágenes satelitales de acceso gratuito Sentinel-2 para los años 2016-2017-2018 y Landsat-8 para el año 2015.

La herramienta permite la obtención de dos productos principales: el corresponde al área de siembra y el segundo está representado por la cuantificación de

la pérdida y la ganancia de la cobertura arbórea asociada al cultivo.

Para la generación del primer producto (mapeo del área de cultivo), se requiere la descarga y preprocesamiento de las imágenes satelitales, una vez procesadas las imágenes se procede a la identificación de las áreas productoras y a partir de ellas, se establecen los sitios específicos que será necesario visitar durante el trabajo de campo.

Las visitas de campo son planificadas previamente, en dichas planificaciones se calcula una muestra con el número de puntos necesarios para procesar la información y validar los resultados y se definen las rutas para la captura de los datos (Vargas et al., 2020). Durante esta fase se verifican igualmente, dudas, la aparición de nuevas áreas y se colecta para cada punto aspectos como: ubicación por coordenadas de los cultivos, altitud del lugar, fotografías, descripción del sitio, entre otros.

Una vez generada la información de campo, se realiza la digitalización de polígonos o áreas sembradas, aplicando la técnica de fotointerpretación, y el uso de herramientas disponibles en los Sistemas de Información Geográfica (SIG). Como parte de esta digitalización, se incluyeron todos aquellos espacios e infraestructura inherentes al paisaje productivo que no pudieran ser discriminados con escalas entre 1:5 000 y 1:10 000, por ejemplo: caminos internos, drenajes, áreas de retiro, exclusión y almacenamiento, entre otros (Laboratorio PRIAS, 2020, quien es

citado por Vargas et al., 2020), además se utilizó una Unidad Mínima Cartografiable (UMC) de 0.5 ha.

Los insumos cartográficos generados (capas vectoriales) se validan, calculando su precisión y confiabilidad a través de la metodología expuesta por Chuvieco (2010), misma que consiste en la determinación de una muestra de puntos (conformada por puntos colectados en campo o generados de manera aleatoria) que posteriormente son revisados mediante una matriz de confusión, a fin de comparar que lo mapeado coincida con lo existente en la realidad.

Por otro lado, la metodología desarrollada para este producto de pérdida o ganancia de cobertura arbórea asociada al cultivo de piña primero se compararon las imágenes de dos años consecutivos (2017-2018), segundo se verificaron los cambios entre imágenes mediante la técnica de fotointerpretación, para esta actividad se utilizó un SIG. Tercero los cambios identificados se clasificaron en tres categorías: a) cobertura arbórea-piña (quiere decir que se dio pérdida de cobertura arbórea), b) piña-cobertura arbórea (se reconoció una ganancia de la cobertura) y c) piña-piña/otro cultivo-piña (No hubo cambios) (Arguedas et al., 2020).

Los resultados obtenidos en cuanto a este primer producto, muestran una tendencia al aumento del área total cultivada con piña entre los años 2015 y 2016, al pasar de 58 607.47 ha a 68 643.33 ha; contrariamente, se registró en una

disminución en el periodo 2017-2018, pasando de 66 670.01 ha a 65 670.68 ha, esta disminución se explica por un cambio de las imágenes utilizadas (de Landsat 8 a Sentinel-2) lo que propició una mejora en

la resolución y un incremento en la exactitud del mapeo (**Figura 1**).

Al analizar resultados a nivel regional, se identifica que la principal zona productora de piña es la Región Huetar

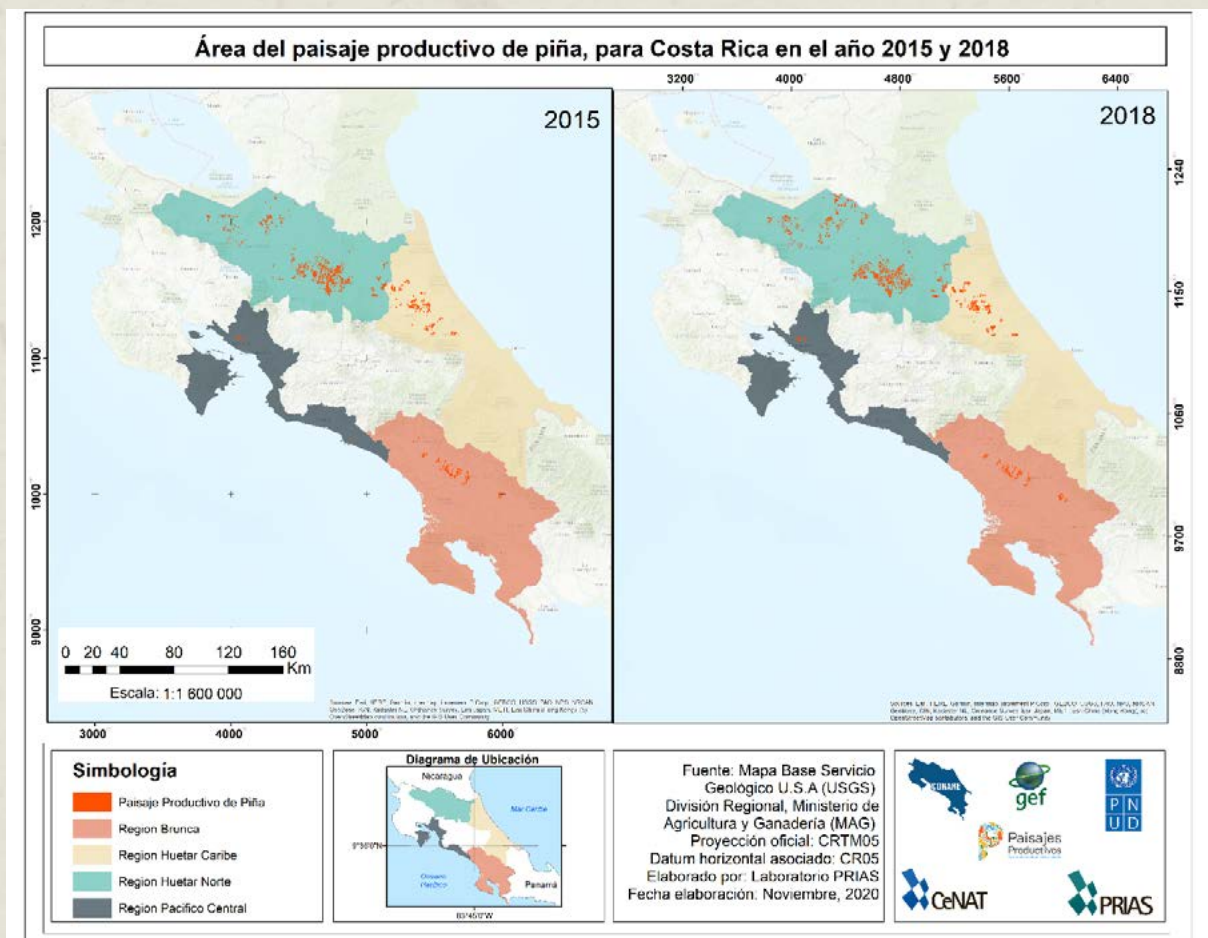


Figura 1. Área del paisaje productivo de piña, para Costa Rica en el año 2015 y 2018.

Norte (RHN), la cual ha tenido un crecimiento paulatino del área de siembra del cultivo, ya que para el año 2015 se reportaron 37 796.04 ha, para el 2016 se tuvo un incremento de 8 587.25 ha de piña; en

el siguiente año monitoreado (2017) esta región registró 44 467.58 ha y para 2018 (último periodo con datos actualizados) RHN pasó a registrar 44 193.39 ha.

La segunda región más importante en términos de superficie, corresponde a la Región Huetaar Caribe (RHC), que, a lo largo del periodo de estudio también registró un crecimiento constante en su área de siembra, ya que para el año 2015 se identificaron 11 630.04 ha, para el siguiente año (2016) aumentó 1 438.80 ha; durante el periodo 2017 esta región alcanzó 12 276.30 ha y para el 2018 pasó a 12 303.97 ha. Estos datos nos demuestran que, durante 4 años, la RHC aumentó un total de 673.93 ha de cultivo.

La Región Brunca (RB), por su parte, es otra región con una extensa área cultivada, pero con un crecimiento anual menor en relación con las regiones antes mencionadas. Para esta zona, en el año 2015 se registraron 8 030.00 ha, para el 2016 tuvo un aumento de 9.7 ha, en siguiente año de monitoreo que corresponde al 2017, se identificó 8 652.05 ha y en los datos más recientes, se reportaron 8 303.21 ha.

El país tiene una cuarta región productora de piña corresponde a la Región Pacífico Central (RPC), esta región se caracteriza por tener poca extensión del cultivo, ya que para el año 2015 contaba con 1 087.12 ha, al año 2016 no tuvo ningún crecimiento, para 2017 y 2018 se ha mantenido con una extensión de 870.05 ha.

A escala cantonal, es importante mencionar que al 2018, los cantones con mayor área de siembra de piña en el país según la región son: San Carlos, Los Chiles y Río Cuarto en la RHN, los cantones de Pococí, Guácimo y Siquirres ubicados

en RHC, en la RB el cultivo de piña se encuentra concentrado en Buenos Aires, mayoritariamente y en la RPC solo se encuentra en el cantón de Puntarenas.

El cálculo de los datos de pérdida o ganancia de cobertura arbórea asociada al cultivo de piña, (segundo tipo de producto generado por la herramienta MOCUPP) se efectúa a partir de la comparación de capas vectoriales de piña para dos años consecutivos; en las cuales se verifican los cambios mediante la técnica de fotointerpretación y herramientas SIG. Los cambios detectados se clasifican en tres categorías: a) cobertura arbórea -piña (pérdida de cobertura arbórea), b) piña-cobertura arbórea (ganancia de cobertura arbórea), corresponde a ganancias de la cobertura y c) piña-piña/otro cultivo-piña (terrenos sin cambios) ([Arguedas et al., 2020](#)).

A pesar de la existencia de estas tres categorías, la detección de cambios revela que únicamente se han localizado puntos específicos con pérdida de cobertura arbórea y de área de no cambio, es decir, que no se han observado procesos de ganancia de cobertura arbórea.

Las cifras asociadas con la pérdida se distinguen por sus variaciones durante los periodos analizados. Así, en 2015-2016, se registraron 121.88 ha para 2016-2017 la pérdida ascendió a 679.20 ha; para el periodo 2017-2018 se verificaron 343.45 ha de cobertura arbórea sustituidas por cultivos de piña.

Las pérdidas de cobertura arbórea se centran principalmente en la RHN, siendo el periodo comprendido entre 2016-2017 el punto más alto de remoción en la zona con 653.20 ha; en el caso de la RB (segunda región con mayores registros de pérdida) el dato más elevado se sitúa en este mismo periodo con 26.63 ha.

Respecto a la RHC cabe mencionar que durante los dos primeros periodos de estudio no identificó pérdida, es hasta 2017-2018 que se reporta 3.66 ha transformadas en áreas de piña y en el caso de RPC no se ha presentado ningún proceso de cambio.

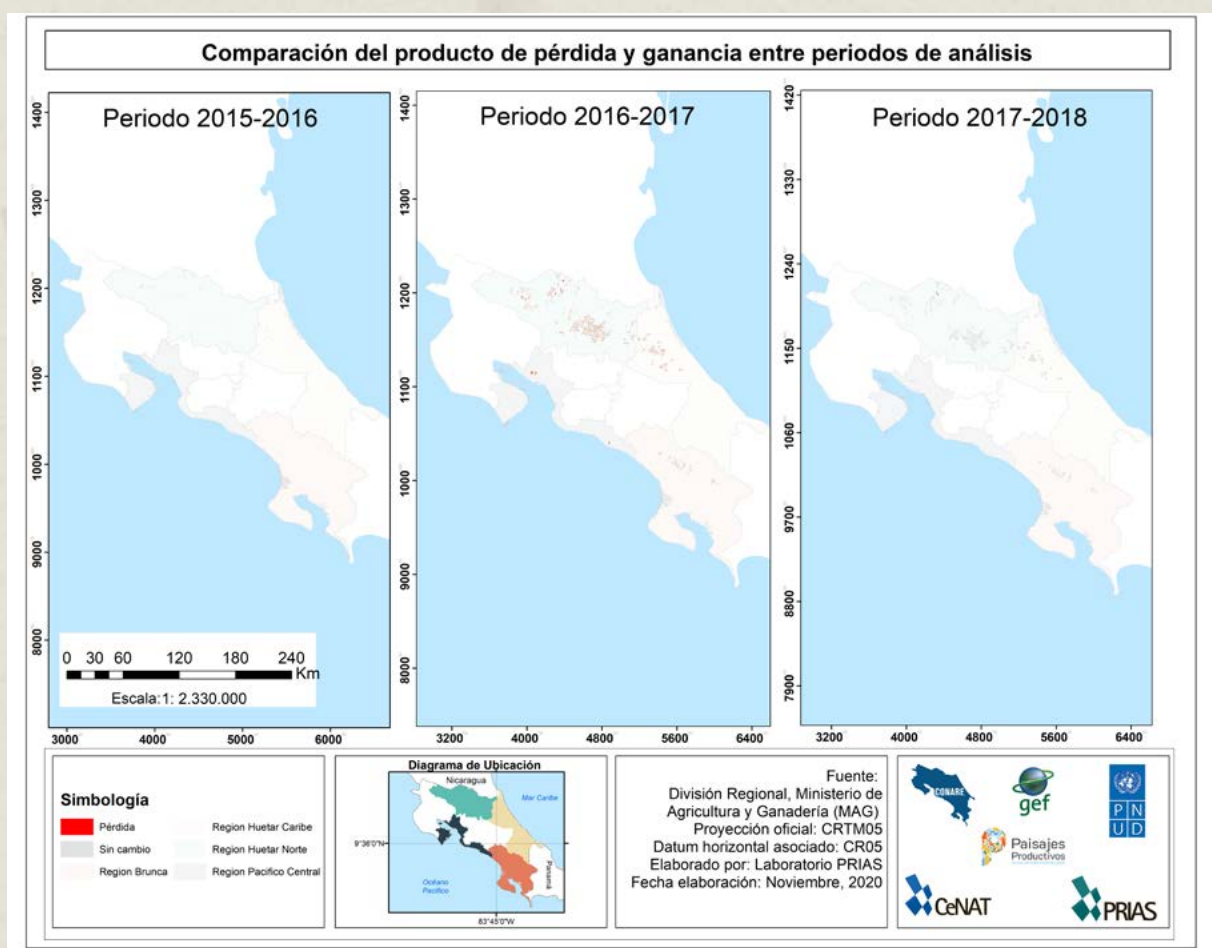


Figura 2. Comparación del producto de pérdida y ganancia entre periodos de análisis.

En resumen, el MOCUPP es un instrumento que puede ser utilizado para varios fines. El principal de ellos está dedicado al monitoreo anual del área de siembra del paisaje; posee además una función preventiva, ya que puede llegar a considerarse como una alerta ante los procesos de pérdida de cobertura arbórea. Constituye, asimismo, un instrumento de acceso gratuito dirigido a productores que les permite demostrar formas de producción limpias libres de deforestación, para los mercados nacionales e internacionales.

Agradecimientos

Las personas autoras desean agradecer al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo por la administración de los fondos GEF para el desarrollo de este proyecto. Además, un especial agradecimiento a: Ricardo Orozco Montoya, Katherine Hernández Zuñiga que participaron activamente en la generación de los productos presentados. Agradecemos a Miriam Miranda Quirós del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo por la colaboración en la revisión y lectura de este artículo.

Referencias

- Arone, E. (2017) Costa Rica se consolida como principal exportador de piña en el mundo. <http://www.monumental.co.cr/2017/05/24/costa-rica-se-consolida-como-principal-exportador-de-pina-en-el-mundo>
- Arguedas, C., Miller, C., Vargas, C. (2020). Informe: Detección de cambios basados en la pérdida y ganancia de cobertura arbórea asociada a paisajes productivos de piña. Periodo 2017-2018. http://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7952/Arguedas_C_2020_Informe_Perdida_Ganancia_pina_2017_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Chuvieco, E. (2010) Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona, España: Ariel S.A. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria [SEPSA] (2019) Informe Comercio Exterior del Sector Agropecuario 2017-2018. http://www.sepsa.go.cr/docs/2019-004-Comercio_Exterior_Sector_Agropecuario_2017-2018.pdf
- Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PRO-COMER). (2020). Anuario estadístico año 2019: Exportaciones según producto. <https://www.procomer.com/exportador/documentos/anuario-estadistico-2019>
- Rodríguez, T., Prunier, D. (2020). Extractivismo agrícola, frontera y fuerza de trabajo migrante: La expansión del monocultivo de piña en Costa Rica. *Revista Internacional de Fronteras, Territorios y Regiones*, 13, 1-26. www.doi.org/10.33679/rfn.v1i1.1983
- Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria [SEPSA] (2019) Informe de Gestión del Sector Agropecuario, Pesquero y Rural mayo 2018 –abril 2019. http://www.sepsa.go.cr/docs/2019-006-Informe_Gestion_SectorAgro_2018-2019.pdf
- Vargas, C., Miller, C., Arguedas, C. (2020). Informe: Monitoreo del estado de la piña en Costa Rica para el año 2018 http://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7892/Vargas_C_Informe_monitoreo_pina_CR_ano_2018_2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y



Investigador del
Laboratorio PRIAS
(cvargas@cenat.ac.cr)



Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(yvargas@cenat.ac.cr)



Proyecto Paisajes
Productivos del PNUD
(francini.acuna@undp.org)



Directora del
Laboratorio PRIAS
(cmiller@cenat.ac.cr)

Monitoreo anual del paisaje productivo de palma aceitera para Costa Rica al año 2018 (línea base)

Christian Vargas Bolaños
Yerlin Vargas Solano
Jéssica Francini Acuña Piedra
Cornelia Miller Granados



El Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP) es una herramienta de gestión liderada por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través de su Programa *Green Commodities*, que cuenta con la participación de tres socios implementadores: el Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT-CONARE), la Dirección del Registro Inmobiliario (DRI) y el Instituto Geográfico Nacional (IGN).

La herramienta del MOCUPP trabaja con imágenes satelitales de acceso abierto, utilizando técnicas de mapeo automatizadas, convirtiéndolo en un sistema de monitoreo de bajo costo, que permite dar seguimiento a los paisajes productivos con una periodicidad anual. Adicionalmente, todos los datos que genera el MOCUPP son publicados de forma gratuita en la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) desarrollada por el IGN; en ella se puede combinar información geoespacial como zonas catastradas, áreas silvestres protegidas, y otros datos geoespaciales.

El MOCUPP actualmente monitorea cultivos de piña, palma aceitera y pastos. El cultivo de palma aceitera es una de las plantaciones con mayor extensión en el país y se ubica entre los cultivos con mayor área sembrada en el territorio nacional, según datos del Censo Nacional Agropecuario (INEC, 2015).

Este cultivo tuvo sus primeras plantaciones en Costa Rica en 1943 en la región del Pacífico Central en los alrededores de Parrita. Para 1952 se inicia su expansión hacia el cantón de Quepos, luego tuvo una recesión y en 1966 vuelve a ser de interés como actividad productiva (Alvarado et al., 2010). Para la década de 1980 se retoma como una actividad industrial de forma intensiva en el territorio costarricense para suplir la demanda internacional del aceite (Clare, 2011, citado por Leiva, 2018).

Este cultivo tiene una producción aproximada de 5 345.02 toneladas al año (INEC, 2015), y la exportación para el año 2019 generó alrededor de US\$ 114 millones, con 12 empresas nacionales exportando hacia 17 destinos mundiales entre ellos México y Alemania donde se vende el mayor porcentaje de productos (PROCOMER, 2019). Además, se considera que esta actividad productiva genera alrededor de 7 245 empleos directos y 5 000 empleos indirectos a 37 000 personas, entre ellos a 3 899 productores, quienes el 33 % labora de forma independiente y el 67 % corresponde a afiliados de cooperativas o asociaciones (Solórzano, 2019, citado por Vargas et al., 2020).

Estos datos demuestran que la palma aceitera en Costa Rica tiene una importancia productiva y económica, por tanto, se vincula la inclusión de este cultivo al monitoreo que realiza la herramienta MOCUPP, fortaleciendo este sector productivo, ya que al conocerse las extensiones anuales del paisaje, y al mismo tiempo verificar la libre deforestación de las fincas, se favorece a las personas productoras para que puedan demostrar en los mercados nacionales e internacionales su producción sostenible.

Para efectuar el monitoreo, el MOCUPP utiliza imágenes satelitales de los sensores Sentinel-2 (años 2018-2017-2016) y solamente se utilizó Landsat-8 para el año 2015; dichas imágenes fueron pre-procesadas en diferentes programas, luego se realizó la identificación de las regiones productoras de palma aceitera para establecer los sitios y rutas donde se efectuaron los levantamientos de la información de campo, estas giras permitieron capturar puntos de la ubicación del cultivo mediante sistemas de navegación por satélites, además se levantaron otros datos como fotografías o descripción del cultivo; datos que sirvieron de insumo para el mapeo y posterior validación de los resultados (Vargas et al., 2020).

Seguidamente, se realizó la interpretación e identificación de las áreas productoras de palma aceitera, utilizando los insumos de imágenes satelitales descargadas y pre-procesadas, así como los datos de campo, que mediante Sistemas

de Información Geográficos (SIG), se digitalizaron los polígonos donde se observaron los cultivos. La edición se realizó a una escala de trabajo entre 1:5 000 y 1:10 000, con Unidad Mínima Cartografiada (UMC) de 0.5 ha (Vargas et al., 2020).

Finalmente, todos los resultados cartográficos obtenidos fueron validados, para conseguir la exactitud del producto, que en este caso para el 2018, tuvo una exactitud total de 98.33 %.

En las principales zonas productoras de palma aceitera, según la regionalización del Ministerio de Agricultura y Ganadería, al 2018 se tienen 68 143.45 ha, distribuido de la siguiente forma: la Región Brunca (RB) con el 69 % de las áreas sembradas, seguido por la Región Pacífico Central (RPC) con un 24.32 % y por último, la Región Huetar Caribe (RHC) con un 6.02 % (Figura 1).

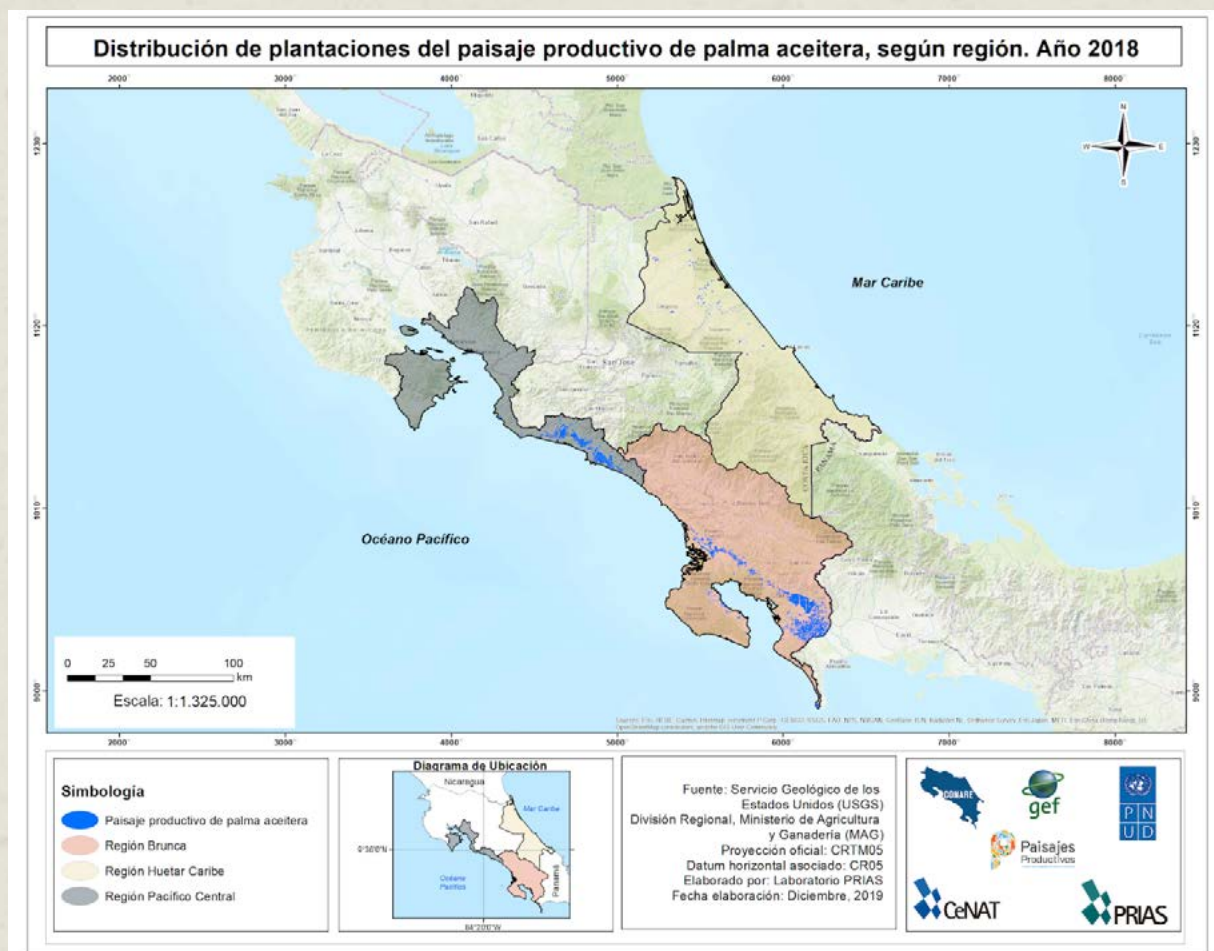


Figura 1. Área del paisaje productivo de palma aceitera en Costa Rica en el 2018.

En la Región Brunca (RB), la principal productora de palma aceitera del país, se concentra su extensión en 6 cantones, siendo en Corredores donde se encuentran 23 961.45 ha, correspondientes al 50.46 % de la región, seguido por Golfito con un 24.36 % que equivale a 11 561.04 ha, en tercer lugar, está el cantón de Osa con 10 401.04 ha (21.91 %). Luego en Buenos Aires se ubican 898.91 ha, en Pérez Zeledón 469.33 ha y finalmente en Coto Brus 171.63 ha, estos tres últimos cantones están por debajo del 2 %.

Entre los tres distritos con mayor área productiva en la RB destaca Laurel y Corredor que pertenece al cantón de Corredores y Guacará que es parte de Golfito, todos estos cantones tienen más de 5 000 hectáreas de cultivos en sus territorios.

En el caso de la Región Pacífico Central (RPC), tiene cuatro cantones con actividad productiva de palma aceitera, estos son Quepos con 10 176.72 ha de cultivo, siendo el distrito del mismo nombre el que tiene el 81 % de la producción de este cantón, luego destaca Parrita como segundo cantón productor de la región con el 36.98 % que equivale a 6 130.58 ha, siendo el distrito de su mismo nombre el que tiene el 100 % de área sembrada y entre los dos cantones con menor área de palma aceitera son Puntarenas con 150.86 ha y Garabito con 117.81 ha.

La Región Huetar Caribe (RHC) es la que tiene menor extensión de palma aceitera en el país y a su vez es la que

presenta mayor dispersión del cultivo, distribuida en 5 cantones y presente en 10 distritos. Acá el cantón de Pococí es el que tiene la mayor extensión con 1 974.21 ha, seguido por Guácimo con 811.33 ha, en tercera posición Matina con 624.11 y por último los cantones de Siquirres y Limón, con la menor extensión de la región.

Estos resultados nos permiten tener un panorama preciso y temporal del estado del cultivo en Costa Rica para las principales zonas productoras y se debe considerar que estos datos solo incluyen los resultados de la línea base del cultivo, se tiene proyectado para el año 2021 contar con el área de palma aceitera para el año 2019 (en regiones como Huetar Norte y Central) y su respectivos datos de pérdida o ganancia de cobertura arbórea asociados al cultivo, a partir de la comparación de estos dos periodos cartografiados (2018-2019).

Se puede concluir que el MOCUPP es una herramienta tecnológica con una precisión y estándar metodológico consistente, lo que permite comparar anualmente los resultados. A su vez, se puede atribuir como una herramienta transparente por estar a disposición de las personas usuarias mediante el SNIT, donde no solo se puede conocer el área de siembra del cultivo, sino también se puede medir la libre deforestación por parte de personas productoras. Finalmente, los datos pueden ser utilizados para otros estudios y ser combinados con cualquier variable que pueda colaborar al aporte de nuevas investigaciones.

Agradecimientos

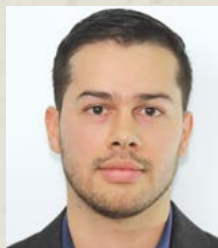
Las personas autoras desean agradecer al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo por la administración de los fondos GEF, para el desarrollo de este proyecto. Además, un especial agradecimiento a: Katherine Hernández Zúñiga y Gabriela Madrigal Chaves que participaron activamente en la generación de los productos presentados. Agradecer también a Miriam Miranda Quirós del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, por la colaboración en la revisión y lectura de este artículo.

Referencias

- Alvarado, A., Escobar, R., Peralta, F. (2010). El programa de mejoramiento genético de palma aceitera de ASD Costa Rica y su contribución a la industria. *ASD Oil Palm Papers*, 35, 13-22.
- Clare, P. (2011). Los cambios en la cadena de producción de la palma aceitera en el Pacífico Central. Una historia económica, socioambiental y tecnocientífica. 1950-2007. Sociedad Editora Alquimia 2000. San José, Costa Rica.
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). VI Censo Nacional Agropecuario: Resultados Generales / Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://inec.cr/documento/agropecuario-12-costa-rica-distribucion-de-los-principales-cultivos-permanentes-por>
- Leiva, C. (8 de enero de 2018). La palma aceitera en Costa Rica. <https://www.crhoy.com/opinion/el-lector-opina/opinion-la-palma-aceitera-en-costa-rica/>
- Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica (PRO-COMER). (2020). Anuario estadístico año 2019: Exportaciones según producto. <https://www.procomer.com/exportador/documentos/anuario-estadistico-2019/>
- Vargas, C., Miller, C., Hernandez, K., Madrigal, G. (2020). Informe: Monitoreo del estado de la Palma Aceitera en las principales regiones productoras de Costa Rica para el año 2018. http://repositorio.conare.ac.cr/bitstream/handle/20.500.12337/7893/Vargas_C_Informe_monitoreo_estado_Palma_%20Aceitera_2018_2020.pdf?sequence=1



Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(haguilar@cenat.ac.cr)



Investigador del
Laboratorio PRIAS
(bblanco@cenat.ac.cr)



Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(yvalvo@cenat.ac.cr)



Investigador del
Laboratorio PRIAS
(avargas@cenat.ac.cr)



Directora del Laboratorio
PRIAS (cmiller@cenat.ac.cr)

Monitoreo anual del paisaje productivo de pastos en Costa Rica: estudio preliminar

Heileen Aguilar Arias
Brandon Blanco Arias
Yorleny Calvo Elizondo
Armando Vargas Céspedes
Cornelia Miller Granados

Mundialmente se promueve la implementación de nuevas herramientas de información ambiental con el objetivo de favorecer el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la gobernabilidad de los países. En Costa Rica, se propuso realizar un ordenamiento de la información ambiental por medio de instituciones públicas con la coordinación del Centro Nacional de Información Geoambiental (CENIGA) y la creación del proyecto Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP) (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo-PNUD, 2015).

El MOCUPP establece una estrategia de articulación institucional, formada por tres importantes instituciones; tanto del gobierno, como de la academia: el Instituto Geográfico Nacional por medio del Sistema Nacional de Información Territorial (IGN-SNIT), la Dirección de Registro Inmobiliario (DRI-Catastro) y el Laboratorio PRIAS del Centro Nacional de Alta Tecnología (CeNAT-CONARE). El fortalecimiento y trabajo de estas instituciones para el MOCUPP se basa en brindar servicios que favorezcan, contribuyan y agilicen la

toma de decisiones en la gestión del territorio, mediante la generación de capas vectoriales anuales de área total del paisaje productivo, la creación de capas vectoriales anuales de ganancia o pérdida de cobertura arbórea asociada al paisaje productivo y la publicación de capas vectoriales en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) con el objetivo de facilitar el acceso público a la información (Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015).

El proyecto se basa en el monitoreo de los paisajes productivos de piña, palma aceitera y pastos; los cuales son considerados por el programa de “*Green Commodities*” del Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), como los principales medios productivos con influencia directa sobre la conversión de cobertura arbórea a otros usos, los cuales son de suma importancia para la exportación nacional y ocupan gran parte del territorio para su producción. Por otra parte, el monitoreo de estos paisajes es considerado como una base para generar nuevas líneas de investigación enfocadas en la obtención de nuevos paisajes productivos como por ejemplo caña de azúcar, café, banana, entre otros bajo el marco del proyecto actual

(Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo, 2015).

En Costa Rica, la ganadería es una de las principales actividades antrópicas y está ligada directamente a la producción de forrajes y pastoreo para la alimentación animal. A nivel territorial y de uso de la tierra, en el país se han llevado a cabo diferentes estudios enfocados a la estimación de las áreas productivas y los territorios ocupados por el sector agropecuario. De acuerdo con los datos presentados por el Instituto Nacional de Estadística y Censos (2015), en el último Censo Nacional Agropecuario, el país registra un total de 2 406 418.4 hectáreas dedicadas a actividades agropecuarias; de las cuales 1 044 909.6 hectáreas están destinadas al pastoreo, lo que equivale a un 43.4 % de la superficie agropecuaria.



Figura 1. Vista aérea del paisaje productivo de pastos, monitoreado por MOCUPP, obtenida con un Phantom 4 a 120 metros de altura, San Rafael de Guatuso, agosto 2019.



Figura 2. Representantes de la mesa principal, brindando palabras de apertura durante el taller para la definición conjunta de pastos hasta 30 % de cobertura arbórea. De pie Sr. Kifah Sasa Marin, Sra. Cornelia Miller Granados, Sr. Rafael Monge Vargas.



Figura 3. Participantes de la mesa de trabajo “selección de la mejor escala de trabajo” durante el taller para la definición conjunta de pastos hasta 30 % de cobertura arbórea.

Por otro lado, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC), trabajó en el desarrollo de un Mapa de Tipos de Bosque para el Inventario Nacional Forestal 2013-2014, con lo cual se generaron varios productos cartográficos relacionados a la cobertura del suelo; entre ellos,

una capa de pastos, la cual registró un total de 1 231 948 hectáreas dedicadas a la producción, mantenimiento y desarrollo de pastos ([Sistema Nacional de Áreas de Conservación, 2015](#)). Asimismo, entre los años 2015-2018, el [Instituto Geográfico Nacional \(2019\)](#) generó una capa vectorial relacionada a la cobertura de pastos para todo el territorio nacional, mediante fotointerpretación de orto imágenes a una escala 1:5 000, en la cual se reporta un total de 1 535 056.74 hectáreas de pastos.

Los datos generados por estas instituciones han sido parte de los insumos más importantes que se han utilizado para corroborar la información que genera el MOCUPP, en el desarrollo de una línea base del paisaje productivo de pastos. Cabe destacar que para la generación de la capa del paisaje productivo de pastos que se desarrolla actualmente (Pastos 2018), se utilizan como base las imágenes del sensor Sentinel-2, para lo cual se llevó a cabo un estudio piloto para plantear la metodología de trabajo que sea replicable y de bajo costo.

El estudio piloto se planteó en los cantones de Buenos Aires, Pérez Zeledón y Coto Brus que conforman parte del Área de Conservación La Amistad Pacífico (ACLAP), la cual es una de las áreas de enfoque del Proyecto Paisajes Productivos ([Programa Naciones Unidas para el Desarrollo, s.f.](#)). Para este estudio piloto



Figura 4. Diagrama base para la elaboración de la capa de pastos.

se utilizaron imágenes del año 2018, información de campo y datos adicionales para su elaboración.

Con el objetivo de generalizar el concepto del paisaje productivo de pastos y asociarlo a las fuentes de información primaria, como lo son las imágenes Sentinel-2, se trabajó en un taller participativo para construir de forma conjunta la definición de *pastos*. Este taller de arranque se llevó a cabo en marzo del 2019 y contó con una importante participación de representantes de diferentes instituciones del gobierno, sector privado y academia (**Figuras 2 y 3**). El taller “Definición conjunta de criterios que permitan construir la capa de pastos hasta

el 30 % de cobertura arbórea, dentro de las herramientas del MOCUPP”, permitió establecer puntos importantes para considerar dentro de la metodología de trabajo para el levantamiento de la información y el procesamiento de las imágenes satelitales.

Posterior al desarrollo del taller participativo, el Laboratorio PRIAS trabajó en el planteamiento de un diseño piloto para la metodología de trabajo que permitiera tener claro las etapas necesarias para la obtención del producto cartográfico final. En la **Figura 4** se muestra un diagrama con estas etapas según su orden de implementación.

A partir de una detallada revisión de literatura fue posible analizar diferentes metodologías utilizadas en el monitoreo de coberturas y usos de la tierra, tanto a nivel nacional como internacional. Además de identificar métodos para la recolección de puntos de control y validación de los productos generados, también se recolectó información del área piloto en los cantones de Pérez Zeledón, Buenos Aires y Coto Brus, con el objetivo de considerar la información ya existente acerca del paisaje productivo de pastos en la zona y abordar el inicio del proyecto adecuadamente.

En la planificación de puntos de control y validación se analizó la información de la zona para proceder con la delimitación de las áreas a visitar en las campañas de recolección de información de campo, las rutas a seguir, la cantidad mínima de puntos a coleccionar y la frecuencia de medición. Posteriormente, en la fase de campo, se coleccionó un total de 3 774 puntos (**Figura**

5). Esta información es de gran importancia para el proyecto ya que permite tener datos reales de la cobertura y uso del suelo, que facilitan en gran medida la interpretación de las imágenes satelitales.

Uno de los principales insumos en el proyecto son las imágenes satelitales del sensor Sentinel-2, las cuales tiene la ventaja de ser de acceso gratuito y poseer una resolución media de 10 x 10 metros de tamaño de pixel, lo cual facilita la fotointerpretación de los usos asociados al paisaje productivo de pastos. Estas imágenes deben de ser sometidas a una serie de procesos antes de ser utilizadas, como lo son las correcciones radiométricas, unión de bandas, mosaicos y recortes.

A partir del producto final, se realizó una segmentación de imágenes satelitales utilizando un programa especializado en la clasificación de imágenes a partir de objetos. Esta metodología permite crear polígonos en relación con las similitudes entre sus atributos espectrales y

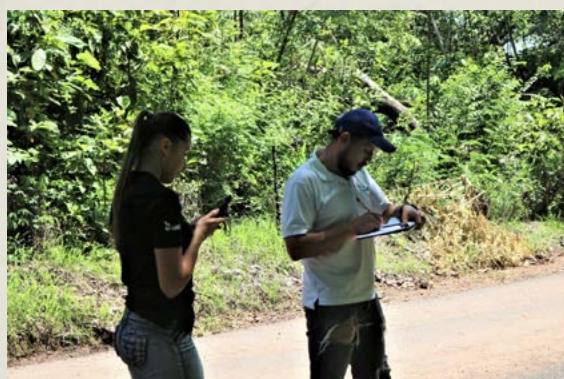


Figura 5. Levantamiento de información de campo para los procesos de clasificación y validación de las imágenes. Izquierda-Levantamiento de datos de uso y cobertura del suelo. Derecha-Vuelos fotogramétricos de comprobación de campo.

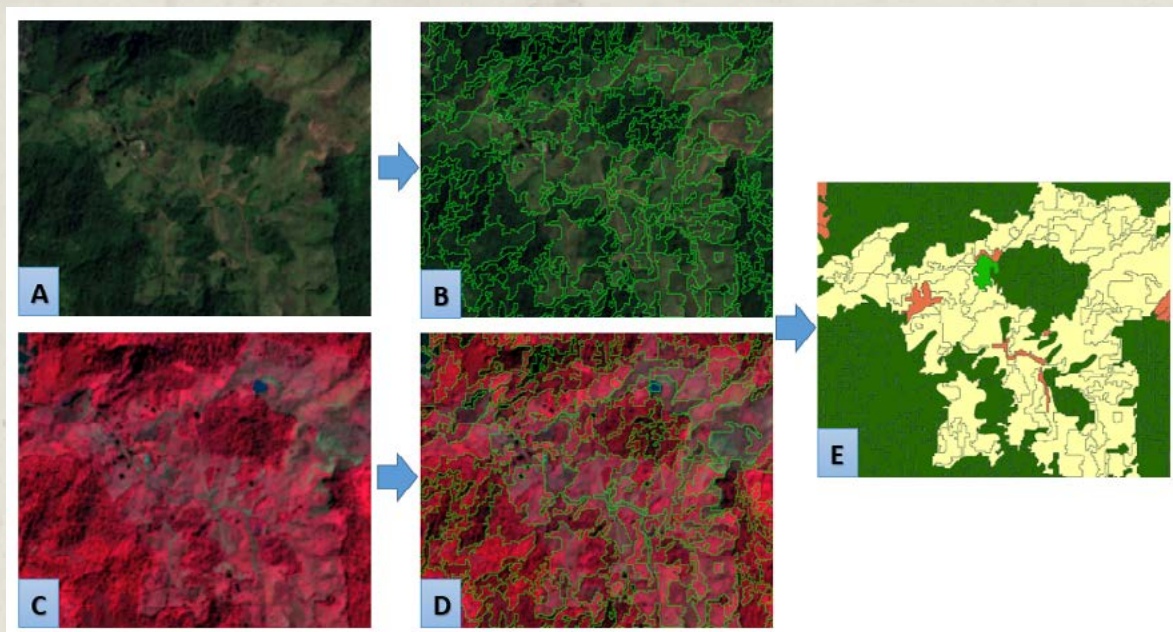


Figura 6. Imágenes satelitales obtenidas por el sensor Sentinel-2, a una escala de 1:10 000 para el año 2018. A: imagen en color verdadero. B: imagen en color verdadero con la segmentación. C: imagen en infrarrojo. D: imagen en infrarrojo con la segmentación. E: imagen clasificada y codificada.

espaciales (Lui, Guo, & Kelly, 2008). Para esto, se evaluaron los diferentes parámetros que permitieron facilitar la identificación de los segmentos correspondientes al paisaje productivo de pastos. La **Figura 6** muestra la relación de la segmentación con las imágenes Sentinel-2 utilizadas y el resultado de los polígonos clasificados. La información que se genera a partir de los datos procesados permite generar la capa del estudio piloto de pastos, la cual fue validada bajo una serie de fórmulas estadísticas a partir de la metodología de matriz de confusión y estadístico kappa (Chuvieco, 2010), y utilizando un nivel de confianza del 90 %; lo que permite corroborar que el producto posee una alta

exactitud (**Figura 7**). Posteriormente, se elaboraron los metadatos de la capa y esta fue publicada en el SNIT. Esta plataforma cuenta actualmente con la



Figura 7. Proceso de validación utilizando imágenes Sentinel-2, imágenes de alta resolución y puntos de campo.

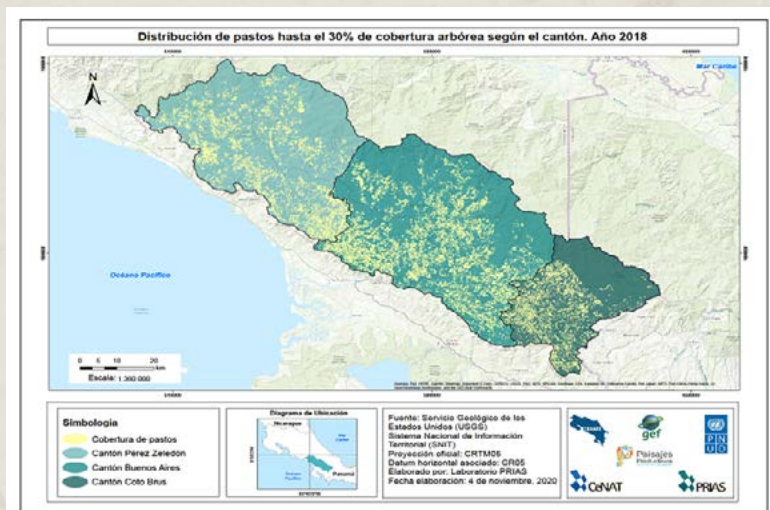


Figura 8. Distribución de pastos hasta con un 30 % de cobertura arbórea según el cantón para el 2018. Fuente: Laboratorio PRIAS.

información del MOCUPP relacionada con los paisajes de piña y palma. Actualmente, se trabaja en el desarrollo de la capa vectorial de pastos para todo el país utilizando como base la información de imágenes Sentinel-2 del año 2018. Esta plataforma será utilizada para la publicación de los futuros productos del proyecto MOCUPP y cuenta con la ventaja de estar disponible al público en general por medio del sitio <https://www.sniter.go.cr/>

El estudio piloto dio como resultado un total de 111 503.96 hectáreas de pastos hasta con un 30 % de cobertura arbórea, distribuidos en los tres cantones del área de muestreo. Estos datos representan alrededor del 20.07 % del área total de ACLAP y un total de 2.18 % del territorio nacional. En la **Figura 8** se ilustra la distribución espacial de la cobertura de pastos para el área del estudio piloto.

Dentro del estudio piloto, el cantón de Buenas Aires posee la mayor cobertura de pastos con una extensión de 55 235.35 ha, lo que representa un 23.18 % del área total del cantón; seguido del cantón de Pérez Zeledón que abarca un 19.12 % de las hectáreas de pastos, es decir, 36 346.99 ha. Por último, está el cantón de Coto Brus con 19 916.71 ha con una representatividad porcentual del 21.10 %. Además, se realizó un análisis de la cantidad de pastos por distrito en

los que se destaca Potrero Grande con 13 609.12 ha, seguido el distrito de Pittier con 6 231.83 ha y finalmente Pejibaye con 6 173.28 ha.

En el plan piloto de pastos 2018 se trabajó bajo la definición de pastos hasta con un 30 % de cobertura arbórea, basado en la definición elaborada como resultado del taller participativo realizado en marzo 2019. Posterior a ello y con el lanzamiento de la capa del piloto en marzo del 2020, se construyó la nueva definición de pastos que involucra los pastos con cobertura arbórea inferior al 70 %.

Finalmente, el Laboratorio PRIAS trabaja en la elaboración de la capa para el 2018, la actualización 2019 y el estudio de pérdida y ganancia de cobertura arbórea asociada entre esos dos años. Esta información permitirá a las instituciones

obtener datos de alta confiabilidad para la toma de decisiones, asociadas a las estrategias de mitigación por efectos de deforestación relacionada con los cultivos y el monitoreo de la permanencia de las áreas con cobertura arbórea dentro de fincas productivas. Asimismo, a personas productoras y dueñas de fincas, les brindará la oportunidad de tener las bases cartográficas para la elaboración de mapas de áreas brutas y efectivas de cultivo; así como, evidenciar los aumentos o permanencia de cobertura arbórea dentro de sus fincas productivas.

Agradecimientos

Las personas autoras desean agradecer al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo por la administración de los fondos GEF, para el desarrollo de este proyecto y el manejo adaptativo durante la ejecución del Proyecto MOCUPP en tiempos de la Pandemia por COVID-19. También, agradecer a los colegas Jonny Castillo, Marilyn Ortega, Yerlin Vargas, David Romero, Lloyd Foster y Daniel Flores que participaron activamente en diferentes procesos de levantamiento de datos de campo y procesamiento de información en el desarrollo del estudio piloto del paisaje productivo de pastos. Finalmente, se agradece a Miriam Miranda y Jessica Acuña del PNUD por colaborar en la lectura y revisión previa de este artículo.

Referencias

- Instituto Geográfico Nacional. (2019). Pastos 2017, escala 1:5000. http://www.snitcr.go.cr/Metadatos/full_metadata?k=Y2FwYT06SUdOXzU6OnBhc3RvczlwMTdfNWs=
- Instituto Nacional de Estadística y Censos de Costa Rica. (2015). Obtenido de VI Censo Nacional Agropecuario 2014: <http://inec.cr/sites/default/files/documentos/agropecuario/publicaciones/reagropecce-nagro2014-ti-006.pdf>
- Chuvieco, E. (2010). Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona, España: Ariel S.A.
- Lui, Y., Guo, Q., Kelly, M. (2008). A framework of region-based spatial relations for non-overlapping features and its application in object based image analysis. *Journal of Photogrammetry & Remote Sensing*, 461-475. www.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2008.01.007
- Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo. (2015). MOCUPP: monitoreo de cambio de uso en paisajes productivos. <http://mocupp.org/sites/default/files/documento-mocupp-es.pdf>
- Programa Naciones Unidas para el Desarrollo. (s.f.). Conservando la biodiversidad en los paisajes de producción en Costa Rica - Proyecto Paisajes Productivos. <https://www.cr.undp.org/content/costarica/es/home/projects/paisajes-productivos.html>
- Sistema Nacional de Áreas de Conservación. (2015). Cartografía base para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014. <https://chmcostarica.go.cr/sites/default/files/volumen1-cartografia.pdf>



Abogada especialista
en derecho ambiental,
Proyecto Paisajes
Productivos (PNUD)
(anamaria.loboc@undp.org)

MOCUPP: una herramienta que mejora la gestión del territorio y alerta sobre posibles infracciones de la legislación ambiental

.....||| Ana María Lobo Calderón



La adecuada gestión del territorio, tanto urbano como rural, es uno de los principales retos que enfrenta el país. Muchas de las inequidades socioeconómicas observadas entre las regiones, así como conflictos socioambientales, tienen su origen en el desarrollo de actividades productivas no planificadas o en la falta de aplicación efectiva de los instrumentos de planificación existentes.

La definición de ordenamiento territorial ha variado en la doctrina, dependiendo muchas veces del contexto y los desafíos del espacio. Un ejemplo de esto es la incorporación de la participación ciudadana desde el concepto mismo, así como la aspiración a la sostenibilidad, reflejada en las variables social, económica y ambiental que deben informar todo proceso de toma de decisiones con implicaciones geoespaciales.

En Costa Rica, la Constitución Política, ya desde 1949 establece regulaciones sobre ordenamiento del territorio, dando competencia sobre los “intereses y servicios locales en cada cantón” a las municipalidades. Leyes posteriores, como la de [Planificación Urbana No. 4240 \(1968\)](#) o la de [Planificación Nacional No. 5525 \(1974\)](#), incorporan la necesidad

de desarrollar instrumentos de gestión territorial, como planes reguladores.

Sin embargo, es hasta 1995, con la promulgación de la [Ley Orgánica del Ambiente No. 7554](#), que se incluye por primera vez en normativa de rango legal, un capítulo dedicado al ordenamiento territorial. Los cuatro artículos dedicados al tema destacan el vínculo estrecho entre ordenamiento territorial y desarrollo sostenible. El artículo 28 señala que “es función del Estado, las municipalidades y los demás entes públicos, definir y ejecutar políticas nacionales de ordenamiento territorial, tendientes a regular y promover los asentamientos humanos y las actividades económicas y sociales de la población, así como el desarrollo físico-espacial, con el fin de lograr la armonía entre el mayor bienestar de la población, el aprovechamiento de los recursos naturales y la conservación del ambiente”.

Si bien el país ha fortalecido el marco normativo ambiental y las capacidades para que las municipalidades y otras instituciones competentes desarrollen e implementen planes de ordenamiento territorial¹, el principal reto sigue siendo el cumplimiento de estas regulaciones. Tenemos aún una gran deuda en la aplicación de los instrumentos de planificación de las diferentes actividades que se realizan en los paisajes de producción y de la legislación medioambiental que deben cumplir no solo antes (evaluación de

impacto ambiental), sino durante y después de su ejecución.

Lograr la ansiada y necesaria implementación efectiva² no es una tarea sencilla, son abundantes los retos en materia de coordinación interinstitucional, educación, concientización, presupuesto, diseño normativo e institucional, entre muchos otros, que deben ser abordados con urgencia y rigurosidad. En este escenario, herramientas teológicas que brindan información confiable y precisa sobre actividades productivas son aliadas indispensables para la toma de decisiones y, especialmente, de acciones.

En Costa Rica contamos con el Monitoreo de Cambio de Uso de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP). Es una herramienta tecnológica precisa, metódica, estandarizada, y desarrollada por un ente independiente y confiable, el Laboratorio PRIAS-CENAT-CONARE. El MOCUPP es transparente, de acceso público y gratuito a través del Sistema Nacional de Información Territorial, SNIT (<http://www.snitcr.go.cr>), altamente replicable, y actualmente monitorea los cultivos de piña y palma aceitera a nivel nacional. De forma piloto, realiza también el monitoreo de pastos con árboles destinados a ganadería en el Área de Conservación La Amistad-Pacífico (ACLAP) y ya se

1 Un ejemplo de esto es el “Manual de planes reguladores como instrumento de ordenamiento territorial” aprobado por la Junta Directiva del Instituto Nacional de Vivienda y Urbanismo (INVU), publicado en el Diario Oficial La Gaceta No. 18 del 31 de enero de 2018, Alcance 21.

2 “[L]a efectividad normativa está vinculada al logro de la totalidad de objetivos y metas trazados por el ordenamiento jurídico, así como a su aplicación, observancia y cumplimiento de forma sostenida y recurrente. Mientras tanto, la eficiencia implica la capacidad para lograr los objetivos y metas impuestos por la normativa promulgada empleando los mejores medios disponibles y por tanto, al menor costo económico, social y ambiental posible” (Peña, 2017, p 35).

prepara para incluir nuevos cultivos. La metodología ya se está replicando, aunque con distintos insumos, para dar seguimiento al crecimiento de la mancha urbana en el Corredor Biológico Interurbano María Aguilar (CBIMA) en el corazón de la Gran Área Metropolitana.

El MOCUPP permitirá que personas productoras que conservan la cobertura forestal conforme a lo establecido en la Ley Forestal puedan colocar sus productos en mercados nacionales e internacionales como “libres de deforestación”.

Al Estado, la herramienta brinda información valiosa para la adecuada coordinación interinstitucional, en aras de optimizar los recursos humanos y logísticos disponibles, durante la etapa de investigación ante posibles casos de incumplimiento a la legislación ambiental.

MOCUPP es al mismo tiempo una herramienta de mercado y una herramienta de alerta temprana, que permite brindar incentivos y aplicar normas de comando y control, para hacer efectiva la normativa ambiental. Igualmente informa los procesos de ordenamiento territorial, planificación y desarrollo de actividades productivas.

El MOCUPP permite conocer con detalle el crecimiento, extensión y patrones de expansión de los cultivos. Según el Programa Estado de la Nación es sumamente relevante: *“conocer la estructura productiva de una región es de gran valor, pues su composición define las oportunidades para el desarrollo de la zona y los incentivos que son pertinentes en ese contexto. La constatación de esas diferencias subraya la*

importancia de no diseñar intervenciones genéricas basadas en promedios nacionales. Por ejemplo, es bien sabido que en las últimas tres décadas el país experimentó una profunda transformación productiva (PEN, 2014), caracterizada por una baja en la participación del sector agropecuario y la ampliación y diversificación del sector servicios; sin embargo, debido a las particularidades de su configuración productiva, no en todas las regiones el agro perdió relevancia con la misma intensidad, ni los servicios lograron la misma preeminencia.” (PEN, 2019, p. 69).

Continúa señalando: *“Las regiones Huetar Norte y Huetar Caribe () Allí la principal actividad económica, luego del comercio, es la agricultura centrada en los monocultivos de exportación. En la Huetar Norte la piña representa el 68% del sector agrícola, mientras que en el Caribe el banano significa el 86 %. La concentración de la producción en cultivos de extensión genera fuertes impactos ambientales (véase el “Balance de Armonía con la naturaleza” en el portal web del PEN) y un desempeño irregular debido a factores climatológicos (PEN, 2018). Además, estos productos son vulnerables al comportamiento de los mercados internacionales. Por ejemplo, recientemente la sobreproducción mundial de piña ha generado presiones a la baja en los precios (BCCR, 2019b).” (PEN, 2019, p. 69).*

El MOCUPP permite actualizar estos datos año con año. En zonas del país que cuentan con mapa catastral, incluso permite individualizar la actividad finca por finca. Esto, al cruzarse con otra información pública georreferenciada

disponible como viabilidades ambientales, ubicación de acuíferos, nacientes concesionadas para aprovechamiento de agua para consumo humano³, áreas de protección de ríos y nacientes, áreas silvestres protegidas y otros terrenos que conforman el Patrimonio Natural del Estado, zonificaciones establecidas en planes reguladores, y un largo etcétera, permite tomar decisiones estratégicas que aseguren una gestión sostenible del territorio y sus recursos.

Esta información es clave para el diálogo necesario entre conservación y producción de la agenda agroambiental liderada por el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) y el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE). Las actividades productivas deben desarrollarse en apego a la normativa ambiental vigente, a la vez que la protección de los recursos naturales no puede estar circunscrita a algunos pocos espacios destinados para la conservación, sino que necesita de la participación comprometida de las personas dedicadas a la producción agropecuaria, quienes a la vez deben beneficiarse de las ventajas económicas y competitivas de producir sosteniblemente.

La atención de las alertas sobre posibles incumplimientos de la legislación ambiental requiere de la participación de múltiples órganos del Estado, que en apego al deber de coordinación interinstitucional y las normas de la ciencia y la técnica (principio de objetivación de



Figura 1. Información del área de protección de una naciente disponible en el Sistema de Apoyo y Gestión de ASADAS (SAGA) del AYA correlacionada con el área de cultivo de piña según MOCUPP para el 2018 (Créditos: Jéssica Acuña).

la tutela ambiental) cuentan en el MOCUPP con una herramienta que facilita el cumplimiento de sus competencias.

Referencias

- Ley de Planificación Nacional No. 5525. (1974). Colección de leyes y decretos. Semestre: 1. Tomo: 2. Página: 875.
- Ley de Planificación Urbana No. 4240. (1968). Colección de leyes y decretos. Semestre: 2. Tomo: 2. Página: 740.
- Ley Orgánica del Ambiente, Ley No. 7554. (1995). Publicada en la Gaceta N° 215, del 13 de noviembre de 1995.
- Ley Forestal N° 7575. (1996). Publicada en el Alcance 21 de la Gaceta N° 72 del 16 de abril de 1996.
- Peña, M. (2017). El camino hacia la efectividad del derecho ambiental. *Innovare: Revista De Ciencia Y Tecnología*, 5(1), 34-48. <https://doi.org/10.5377/innovare.v5i1.3182>
- Programa Estado de la Nación [PEN]. (2019). Informe Estado de la Nación. San José, Costa Rica.

3 Existe una importante cantidad de información disponible en Sistema Nacional de Información para la Gestión Integrada del Recurso Hídrico, SINIGIRH (<http://www.da.go.cr/informacion-geoespacial>) así como en el Sistema de Apoyo y Gestión de ASADAS (SAGA) del AYA.



Investigador del
Laboratorio PRIAS
(iavila@cenat.ac.cr)



Investigador del
Laboratorio PRIAS
(cvargas@cenat.ac.cr)

Propuesta de monitoreo de nuevos paisajes productivos de café y musáceas para Costa Rica



Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(yvargas@cenat.ac.cr)



Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(carguedas@cenat.ac.cr)

Iván Ávila Pérez
Christian Vargas Bolaños
Yerlin Vargas Solano
Catalina Arguedas González
Jéssica Francini Acuña Piedra
Cornelia Miller Granados



Proyecto Paisajes
Productivos del PNUD
(francini.acuna@undp.org)



Directora del Laboratorio
PRIAS (cmiller@cenat.ac.cr)

El Monitoreo de Cambio de Uso en Paisajes Productivos (MOCUPP), es una herramienta enfocada en el monitoreo de los paisajes productivos y el análisis de los procesos de deforestación asociados a la dinámica agrícola en el país, con el objetivo de gestionar el territorio nacional. Este proyecto se encuentra liderado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través de su Programa *Green Commodities*.

El MOCUPP se caracteriza por ser una herramienta tecnológica innovadora que aplica imágenes satelitales con estándares metodológicos de alta calidad, factor que le garantiza la precisión en el monitoreo y la comparación de los datos anualmente. A su vez, es una herramienta de acceso abierto y transparente, gracias a la publicación de los datos en la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT). Su utilización es de bajo costo, principalmente por el uso de imágenes satelitales gratuitas. Estos insumos provienen de los sensores Landsat-8 de la NASA y Sentinel-2 de la Agencia Espacial Europea. Otro aspecto relevante del MOCUPP es que se enfoca en realizar procesos

de mapeo automatizado. Estas dos características de la herramienta han garantizado la permanencia y la sostenibilidad del instrumento.

La herramienta actualmente monitorea tres paisajes productivos, los cuales son: piña, palma aceitera y pastos. Mediante este monitoreo se generan dos principales productos finales: el mapeo anual del área de siembra por cada uno de estos paisajes y un segundo producto que corresponde al estudio paralelo de los procesos de regeneración, permanencia y pérdida de cobertura arbórea, circunscrita al desarrollo de dichos paisajes.

El paisaje productivo de piña ha sido el paisaje con más datos a la fecha, ya que se ha monitoreado durante cuatro años consecutivos (2015-2016-2017-2018). En el caso de palma aceitera se cuenta con una línea base para el año 2018, la cual se continuará monitoreando en los próximos años. Finalmente, para el caso de pastos, este cuenta con un estudio piloto enfocado en los cantones de Pérez Zeledón, Buenos Aires y Coto Brus y para el próximo año contará con los datos de su línea base para todo el país, además de un monitoreo continuo en los siguientes años.

El MOCUPP, posee un impacto positivo dentro del sector ambiental y productivo, ya que permite demostrar la existencia de prácticas de producción libres de deforestación tanto en mercados nacionales e internacionales. Para potenciar el beneficio de la iniciativa, se tiene como propósito aumentar el monitoreo en dos nuevas materias primas del país: los

paisajes productivos de café y musáceas (banano, abacá y plátano principalmente).

Cabe mencionar que el café es una de las materias primas de mayor comercialización en el mundo. Millones de personas dependen directa o indirectamente de la producción y venta del café para poder subsistir. En Costa Rica, a partir de 1832 inicia el “boom” del café, pasando de alrededor de 345 hectáreas sembradas a 4200 hectáreas en 1957.

La exportación de café hacia los Estados Unidos de América se inició a partir de 1860 y desde entonces la cantidad vendida a este país ha representado alrededor del 25 por ciento del total exportado por Costa Rica (ICAFFE, 2020). Actualmente existe en el país un área productiva de café cercana a 93697 hectáreas, exportando cerca de 1505 toneladas al año (Presidencia de la República de Costa Rica, 2020). De esta manera, se evidencia la importancia de la producción cafetalera en Costa Rica, motivo por el cual se ha considerado la inclusión del paisaje productivo de café dentro del MOCUPP.

Las musáceas, por su parte, se consideran dentro de las materias primas más importantes a nivel nacional debido a su producción y extensión de siembra. Este paisaje productivo se ha mantenido de forma constante en Costa Rica en las últimas décadas, principalmente en las regiones de Región Huetar Norte, Región Brunca y Región Huetar Caribe (Chaves, 2002). Según datos del Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC, 2019),

durante el 2019 se registraron aproximadamente 64 661.99 hectáreas entre banano y plátano, con una producción de 2 316 589.14 toneladas.

Además, Costa Rica se destaca por ser uno de los tres principales exportadores de banano del mundo, logrando colocar alrededor 120 millones de cajas al año. Cabe mencionar que, en el año 2011 la industria bananera costarricense recibió una renombrada distinción con la obtención de la Indicación Geográfica “Banano de Costa Rica”. Esta distinción es sello que identifica la procedencia y la calidad del producto y certifica las condiciones en las que ha sido producido (CORBANA, 2020).

Otro de los insumos que se suman al paisaje de plátano y banano es el abacá, la cual también es una musácea, pero de la que se aprovecha únicamente su tallo. De este cultivo, al año 2019, se han sembrado 389 hectáreas en el Caribe y Pacífico de Costa Rica. En torno a la producción de abacá, el Ministro de Agricultura Renato Alvarado remarca: “nuestro territorio posee condiciones de clima y suelo, ofreciendo un mejor rendimiento y calidad” (Garza, 2019).

Por tanto, la inclusión de las musáceas dentro del MOCUPP permitiría a los productores de banano, plátano, abacá, entre otros; demostrar a sus compradores su compromiso con el ambiente mediante la conservación de flora y fauna, así como de contribuir a la disminución de las emisiones de gases de efecto invernadero

mediante la protección y conservación de la cobertura arbórea en sus terrenos.

Ahora bien, para estos dos nuevos paisajes productivos mencionados, se ha desarrollado una propuesta metodológica para su incorporación dentro del MOCUPP. Ambas propuestas se basan en una recomendación sobre las imágenes satelitales adecuadas a utilizar según el paisaje productivo y los alcances que se pueden lograr.

La propuesta metodológica para el monitoreo de paisaje productivo de café se caracteriza por estar diseñada para elegir entre tres diferentes insumos de imágenes satelitales, el primero corresponde a imágenes del sensor Sentinel-2 que es de mediana resolución, la segunda a insumos del sensor SPOT 6/7 que es de alta resolución y la tercera propuesta es para imágenes del satélite Skysat, el cual es de muy alta resolución; cada uno de estos insumos dará un detalle y datos diferentes, mismos que se ajustarán a los objetivos de monitoreo que posteriormente se establezcan.

El café es el único paisaje en el que se ha desarrollado una propuesta con tres opciones de imágenes a elegir. Esta excepción se hace, ya que según Altieri & Nicholls (2002), entre las características de un café sostenible es la presencia de árboles o vegetación a su alrededor y solamente imágenes de alta o muy alta resolución pueden ofrecer este detalle. En el caso de las de mediana resolución, estas permiten mapear el paisaje productivo identificando la presencia de árboles dentro de la plantación, más no es posible



Figura 1. Imagen Sentinel paisaje productivo café con y sin sombra. (Fuente: Sentinel Hub, elaboración propia).

obtener datos sobre la cantidad de árboles o vegetación dentro de los cafetales.

La primera propuesta consiste en la utilización de las imágenes satelitales del sensor Sentinel, las cuales son de mediana resolución y de acceso gratuitos, siendo dichas imágenes las utilizadas actualmente por MOCUPP para monitorear los otros paisajes productivos. Con las mismas se podrá mapear las áreas productivas de café incluyendo las divisiones

dentro de las fincas producto de los caminos dentro de estas mayores a 10 metros, así como también se podrá establecer una Unidad Mínima Cartografiable (UMC) de 0.5 ha, esto quiere decir que se mapean las áreas de paisaje productivo superiores a la media hectárea, ya que inferior a esta extensión el sensor no es capaz de detectarlos (**Figura 1**).

La segunda propuesta, es utilizar las imágenes del sensor SPOT 6/7, el cual es de alta resolución, pero cabe mencionar que este producto es comercial con un costo asociado a su compra. Con este sensor se puede extraer el área productiva del café con y sin sombra. En el caso del café con sombra se podrá considerar la cantidad de árboles que se incluyen dentro de cada hectárea o finca, además el mapeo incluiría las divisiones dentro de las fincas producto de los caminos dentro de estas mayores a 1 metro, debido a que por su alta resolución se puede obtener una mayor precisión (**Figura 2**). Sin embargo, este tipo de sensores no está

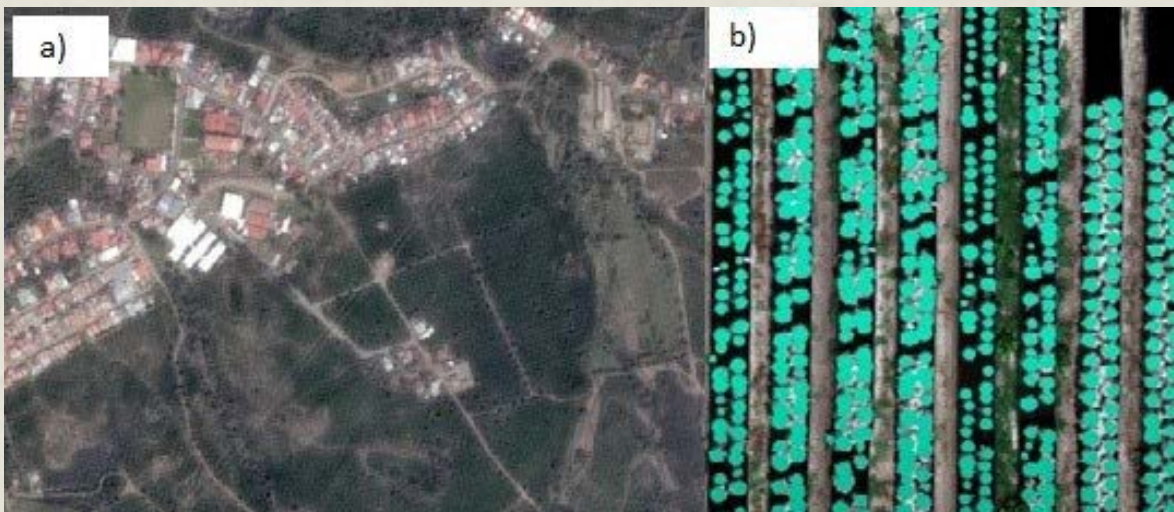


Figura 2. Imagen SPOT paisaje productivo café con y sin sombra. a) Ejemplo de imagen SPOT; b) Ejemplo de conteo de copas (imagen con fines ilustrativos) Fuente: Elaborado con información de GEOInn.

diseñado para tomar imágenes de grandes extensiones de terreno, lo que provoca que para cubrir todas las zonas productoras el mapeo debe incluir al menos 2 años, por ejemplo 2019-2020, ya que el sensor no cuenta con la cobertura total de imágenes para un mismo año.

La tercera propuesta que se establece es utilizar imágenes del sensor Skysat que se caracteriza por ser de muy alta resolución, siendo también un producto comercial. Estas imágenes permitirán mapear las áreas productivas de café incluyendo las divisiones dentro de las fincas

producto de los caminos mayores a 0.5 metros; además, es posible identificar la totalidad de árboles utilizados como sombra dentro del cafetal, no obstante, no es posible identificar las especies arbóreas (**Figura 3**). El beneficio de contar con estas imágenes comparado con el sensor SPOT 6/7 se debe a que se puede realizar una mejor definición de las copas de los árboles logrando con ello un mejor conteo dentro de los polígonos. Cabe mencionar que la limitante de este producto es que el mapeo debe hacerse contemplando imágenes de dos años, caso similar al sensor SPOT.



Figura 3. Imagen Skysat paisaje productivo café con sombra.

Fuente: Elaborado con información de Planet Labs Inc.

Para el caso de musáceas, la propuesta metodológica se realiza a partir de insumos de imágenes del satélite Sentinel. Para este paisaje se recomienda únicamente este sensor, ya que posee un comportamiento extensivo y una visualización homogénea en las imágenes, lo que facilita su mapeo con lo que resulta innecesario invertir en sensores comerciales (**Figura 4**).

A partir de este tipo de imagen, el producto que se puede extraer es el área productiva de musáceas en monocultivo incluyendo las divisiones dentro de las fincas producto de los caminos mayores a 10 metros y una UMC de 0.5 ha. Este insumo permite, asimismo, adaptar el estudio a cualquier año que se requiera, pero en este caso se recomienda levantar la línea base del paisaje productivo para el año 2020, luego realizar un segundo mapeo del área de musáceas para el país en el año 2021 y posteriormente obtener las áreas de pérdida o ganancia de cobertura arbórea del periodo 2020-2021.

Tanto para las musáceas como para el café, una vez que se acepten y definan las propuestas de imágenes, se utilizarán los mismos procesos metodológicos que se han venido aplicando para los paisajes de piña, palma aceitera y pastos. Estos consisten en la descarga y pre-procesamiento de las imágenes

satelitales, luego, la identificación de las áreas productoras para cada uno de los paisajes; como tercer paso, se establecen los lugares a visitar en campo. Dichas visitas permiten el levantamiento de datos sobre la ubicación de los paisajes para finalmente llevar a cabo la digitalización de las áreas de cada paisaje, las cuales posteriormente serán validadas con el método propuesto por [Chuvieco \(2010\)](#).

De esta forma, se demuestra que el MOCUPP es una herramienta viva que permite ser ajustada a diferentes escalas y áreas de trabajo, así como también a diferentes paisajes productivos, elemento que constituye una de sus principales fortalezas, ya que garantiza que el monitoreo se



Figura 4. Ejemplo de musáceas en imagen Sentinel-2. Fuente: Elaborado con información de Sentienl Hub.

puede efectuar a más unidades productivas del país, bajo un mismo estándar.

Además, la inclusiones de estos dos nuevos paisajes productivos al monitoreo, permitirán que Costa Rica avance en temas de producción sostenible mediante la verificación de las actividades productivas libres de deforestación, siendo los datos un posible recurso fundamental para las estrategias de Acción de Mitigación Nacionalmente Apropiada (NAMA, por sus siglas en inglés), así como también para diferentes regulaciones comerciales y acuerdos climáticos internacionales y para cualquier proceso de gestión de territorio enfocado a paisajes agrícolas que el país lidere.

Agradecimientos

Las personas autoras desean agradecer al Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo por el manejo adaptativo durante la ejecución del Proyecto MOCUPP en tiempos de la Pandemia por COVID-19. En especial, desean agradecer a Miriam Miranda del PNUD por colaborar en la lectura y revisión previa de este artículo.

Referencias

- Altieri, M. A., Nicholls, C. I. (2002). Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales. *Manejo Integrado de Plagas y Agroecología*, 64, 17-24. <http://201.207.189.89/handle/11554/6866>
- Chaves, J. R (2002). Sostenibilidad productiva del cultivo del plátano en Costa Rica. San José: Universidad Estatal a Distancia. <https://repositorio.uned.ac.cr/reuned/bitstream/handle/120809/781/sostenibilidad%20productiva%20del%20cultivo%20de%20platan%20en%20costa%20rica%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y#:~:text=En%20Costa%20Rica%20se%20siembran,%2C%20frijol%2C%20ma%C3%ADz%2C%20ar%C3%Alceas>
- Chuvieco, E. (2010) Teledetección ambiental: La observación de la Tierra desde el espacio. Barcelona, España: Ariel S.A. Secretaría Ejecutiva de Planificación Sectorial Agropecuaria [SEPSA] (2019) Informe Comercio Exterior del Sector Agropecuario 2017-2018. http://www.sepsa.go.cr/docs/2019-004-Comercio_Exterior_Sector_Agropecuario_2017-2018.pdf
- CORBANA (2020). Banano de Costa Rica. Obtenido de <https://www.corbana.co.cr/bananode-costa-rica>
- ICAFFE. (2020). Historia del café de Costa Rica. Instituto Costarricense del Café. <http://www.icafe.cr/nuestro-cafe/historia>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2019). Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA). <https://www.inec.cr/agropecuario/actividad-agricola>
- Garza, J. (2019). Cultivos de abacá crecen en el país. Periódico La República. <https://www.larepublica.net/noticia/cultivos-de-abaca-crecen-en-el-pais>
- Presidencia de la República de Costa Rica. (2020). Exportación De Café De Costa Rica Con Tendencia Positiva En El Mercado. [online] <https://www.presidencia.go.cr/comunicados/2020/06/exportacion-de-cafe-de-costa-rica-con-tendencia-positiva-en-el-mercado>



Proyecto Paisajes
Productivos del PNUD
(francini.acuna@undp.
org)



Oficial de Programa
Naturaleza, Clima y
Energía, PNUD (kifah.
sasa@undp.org)

Comparación de herramientas de monitoreo de cambio de uso y cobertura de la tierra alrededor del mundo

Jéssica Francini Acuña Piedra
Kifah Sasa



Los estudios de cambio de usos y coberturas de la tierra permiten identificar las transformaciones de territorio y determinar sus causas; además, si se realizan estos estudios con un enfoque temporal, se garantiza un monitoreo que puede ayudar a prevenir y mitigar las dinámicas de cambios acelerados en el espacio geográfico, y acompañados de ordenamiento territorial se pueden gestionar adecuadamente las coberturas y usos de la tierra (Lamprea, 2017).

Actualmente, mediante el desarrollo de los Sistemas de Información Geográfica (SIG), el acceso a diferentes insumos de imágenes satelitales y el desarrollo de técnicas de mapeo como la teledetección y la fotointerpretación, han permitido el fortalecimiento de los estudios de los usos y coberturas de la tierra, garantizando un análisis del territorio de forma precisa, temporal y en diferentes escalas de trabajo (Mato-ma y Cañas, 2017).

A nivel mundial existen muchos sistemas de monitoreo de cambio de usos y coberturas de la tierra, cada uno con

su propio objetivo. En este caso, se analizaron aquellos sistemas o herramientas que tengan como propósito el monitoreo de las coberturas forestales, principalmente, aquellos que permiten identificar las causas de la deforestación vinculadas al crecimiento de la frontera agrícola, ya sea a nivel mundial o nacional, y se evaluaron aquellas herramientas diseñadas a partir de insumos geoespaciales.

Este análisis se enfoca en las necesidades de buscar estrategias que garanticen la producción sostenible, así como el mantenimiento y la protección de las coberturas arbóreas que aún existen y que en muchos casos es afectada por la expansión de la frontera agrícola. Según [Hansen et al. \(2010\)](#), se estima a nivel mundial una tasa de deforestación del 0.6 % anual, cuya principal causa (27 %) se puede atribuir a la deforestación mediante el cambio permanente de uso de la tierra para la producción de productos básicos ([Curtis et al., 2018](#)).

Para realizar este estudio comparativo se realizó una serie de entrevistas dirigidas a personas expertas en las herramientas de monitoreo. Entre la información que se recopiló está: a) los tipos de servicios que brinda la herramienta, b) cómo es el acceso a la información, gratuita o pagando, y c) si la herramienta es capaz de monitorear la cobertura forestal e identificar la causa de los cambios. Además, se realizó una serie de consultas e indagaciones para cada una de las herramientas con el fin de conocer su funcionamiento a mayor profundidad.

Las herramientas que se compararon están clasificadas en dos escalas: mundial o país; respecto a las plataformas mundiales se estudiaron: *Open Foris* y *MapHub*, *Global Forest Watch* (GFW), *Map X* del Laboratorio de biodiversidad de las Naciones Unidas (UN Biodiversity Lab). A nivel de país las herramientas comparadas fueron: el Catastro Ambiental Rural (CAR) en Brasil, GeoBosques en Perú, la herramienta del Instituto Nacional Forestal de Paraguay (INFONA), la Plataforma del Ecosistema (*Ecosystem Platform*) de Indonesia, y la herramienta de Monitoreo de Cambio de Uso de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP) en Costa Rica.

La plataforma *Open Foris* es una iniciativa de la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, en sus siglas en inglés), que tiene diferentes servicios disponibles de acceso abierto, y se pueden encontrar distintas herramientas que permiten el monitoreo de las coberturas y usos de la tierra. El principal insumo consultado fue el programa *Collect Earth*, que tiene una versión tanto de escritorio como en línea. El programa *Collect Earth* establece una metodología de monitoreo por puntos que permite evaluar de una forma temporal los cambios que se dan en un área específica mediante un seguimiento puntual. El Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE) de Costa Rica trabaja con esta plataforma ([Calvo y Hamilton, 2020](#)).

Para utilizar la plataforma, se deben establecer algunos criterios metodológicos o técnicos para su efectiva utilización, como por ejemplo: establecer escalas de trabajo, cantidad de puntos a evaluar para el área de estudio, contar con manuales de clasificación conceptual de usos y cobertura de la tierra, así como también considerar que es un instrumento diseñado para ser usado con imágenes de alta resolución.

Por su parte, la plataforma *Map Hub* es de una empresa privada que se ha dedicado a dar servicios para el monitoreo de coberturas y usos de la tierra, tiene una amplia trayectoria en desarrollo productos que permiten el seguimiento de las coberturas forestales mediante el monitoreo constante para determinar si la cobertura forestal perdió o ganó área, y en los casos que se registren pérdidas, se identifican las posibles causas de la deforestación; además, permite generar informes y estadísticas automatizadas de las áreas identificadas con cambios de cobertura arbórea. Al ser una empresa privada, se puede contratar para establecer cualquier tipo de monitoreo de usos y coberturas de la tierra, a cualquier escala y temporalidad, y cuenta con la posibilidad de colocar los datos geoespaciales que se elaboren en el monitoreo, en un visor web; esta plataforma puede ser una buena opción para una iniciativa de monitoreo; sin embargo, se debe considerar el tema de financiamiento.

En el caso de la *Global Forest Watch* (GFW), esta es una plataforma liderada por el *World Resources Institute* (WRI) y se considera uno de los sistemas más completos, con datos de acceso libre a disposición de cualquiera persona. Esta plataforma cuenta con una serie de informaciones geoespaciales, y descartan los datos sobre las áreas de pérdidas o ganancias de coberturas arbóreas en el mundo, además, facilita información sobre alertas tempranas para áreas con deforestación incipiente, las cuales pueden visualizarse e identificarse en cada país.

La información de GFW puede ser utilizada por cualquier sistema de monitoreo, pero fue generada en una escala de mediana resolución (30 metros), lo cual no garantiza una alta precisión en los datos ([Hansen et al., 2015](#)). Para determinar la posible causa de los cambios en la cobertura forestal, GFW tiene a disposición una capa geoespacial que muestra algunos usos de la tierra con categorías generales; sin embargo, estos datos están diseñados a una resolución de píxel de 100 km² (10 km x 10 km), lo cual es un área mucho más grande que cualquier unidad de producción de aceite de palma, soja, pasto o piña. Por tanto, no es recomendado utilizar este insumo para determinar si la pérdida de cobertura forestal identificada ocurrió específicamente a causa de un cambio en el uso de la tierra. Se sugiere que para implementar un sistema de monitoreo con los datos de GFW, se establezca una capa de usos de la tierra o de actividades productivas con

una escala a mayor detalle que permita visualizar las causas de la deforestación. Entre tanto, la plataforma de *Map X* liderada por ONU Ambiente, tiene múltiples objetivos enfocados principalmente en administrar datos geoespaciales sobre recursos naturales. Esta plataforma tiene a disposición muchos datos, pero en el caso de la información relacionada al monitoreo de la cobertura arbórea, tiene habilitada la misma información generada por GFW de pérdidas y ganancias, no obstante, en este caso, la plataforma no cuenta con información de usos de la tierra o actividades productivas que permitan determinar las posibles causas de la deforestación, por lo que es necesario elaborar información propia o consultar otros datos. Entre sus ventajas, *Map X* es una plataforma de acceso abierto disponible para cualquier persona, además cuenta con un visor amigable para visualizar y consultar los datos, su diseño permite los usuarios acceder a capas de datos globales, cargar y manipular sus propios conjuntos de datos.

En el caso de las plataformas de países, estas cuentan con sus características propias como el sistema de monitoreo Catastro Ambiental Rural (CAR) de Brasil, el cual es liderado por su Ministerio de Agricultura desde el Servicio Forestal Brasileño. El CAR tiene como propósito integrar toda la información ambiental de las propiedades rurales, con el fin de generar una base de datos para el monitoreo, planificación y combate a la deforestación.

Este monitoreo genera registros georreferenciados del área total de las fincas o predios, con datos de la persona propietaria, responsable directo de la propiedad rural, y registran información sobre la ubicación de áreas remanentes de vegetación nativa, áreas de conservación permanente, áreas de uso restringido, áreas consolidadas y reservas legales dentro de su propiedad. Esto permite monitorear e identificar aquellas propiedades que causan deforestación, así como a distinguir la tenencia de la tierra legal e ilegal. El CAR, sin duda, es una plataforma que permite el monitoreo de la cobertura forestal de una forma eficiente y detallada a nivel de finca; sin embargo, esta plataforma no permite identificar la causa de la pérdida de bosque en los casos que esto suceda.

En Indonesia se cuenta con el sistema de monitoreo *Ecosystem Platform*, el cual es liderado por el Ministerio de Medio Ambiente y Silvicultura, desde su Sistema Nacional de Monitoreo Forestal y financiado por diferentes organizaciones internacionales. Esta plataforma tiene como objetivo el monitoreo de sus principales cultivos como palma aceitera, café, cacao, caucho y arroz. Se generan datos anuales de su área de siembra y se utilizan los datos de pérdida y ganancia de cobertura arbórea, así como las alertas por deforestación que genera GFW, con el fin de dar seguimiento a la cobertura forestal de su país. Esto permite determinar las presiones a este recurso forestal con relación al crecimiento de la frontera

agrícola. La información que genera esta plataforma es de acceso abierto y cuenta con un visor en la web.

De dicho sistema, se puede concluir que Indonesia cuenta con una herramienta de monitoreo capaz de dar seguimiento a la cobertura forestal e identificar la causa de los cambios. Sin embargo, se considera que sería una fortaleza para los productos generados contar con información de tenencia de la tierra para que se pueda identificar quiénes son los causantes de la deforestación en los casos que esto suceda, y así facilitar la gestión de los recursos forestales del país.

En el caso de Costa Rica, se cuenta con el sistema de monitoreo MOCUPP, el cual es liderado por el Programa de Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) a través de su Programa *Green Commodities*, y apoyado por el Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), mediante el Sistema Nacional de Información Ambiental de Costa Rica (SINIA), el cual se ha constituido desde el 2015 hasta la actualidad. El MOCUPP se caracteriza por ser una herramienta que monitorea los paisajes productivos y actualmente les da seguimiento a los cultivos de piña, palma aceitera y pasto, además se analiza la pérdida o ganancia asociada a la dinámica agrícola en el país, con una temporalidad anual y todo esto, en conjunto con la información catastral que publica el Registro Inmobiliario, para determinar a partir de la tenencia de las tierras aquellas

propiedades que han ganado cobertura boscosa o por el contrario han sufrido deforestación.

Dicha herramienta fue diseñada como un sistema de alerta temprana para apoyar en los procesos de toma de decisiones de las diferentes instituciones públicas, ya que la información es periódica y altamente confiable, permitiendo una mejor gestión de los paisajes productivos. También, debido a que la información está disponible abiertamente a través del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), esta puede utilizarse en el sector privado para respaldar si una unidad de producción está cumpliendo con una producción libre de deforestación.

En Paraguay se cuenta con un sistema de monitoreo que es liderado por su Ministerio de Ambiente y el Instituto Nacional Forestal de Paraguay (INFONA) junto con el PNUD. La plataforma de INFONA está trabajando para generar capas de datos regulares sobre cambios en la cobertura forestal a escala nacional, desde 1986 como línea de base, y con un monitoreo desde el año 2000 hasta el 2018. Este sistema de monitoreo tiene capacidad de estudiar la pérdida de cobertura forestal anualmente, mediante la aplicación de técnicas de teledetección utilizando sensores gratuitos, y actualmente cuenta con datos de línea base del área forestal y monitoreo anual de los últimos 4 años; sin embargo, la herramienta no fue diseñada para especificar qué cobertura agrícola reemplaza la boscosa.

De dicha herramienta, se puede concluir que la aplicabilidad de esta información está enfocada a los bosques y sus respectivos cambios, aunque las causas actualmente no están identificadas en las áreas de pérdida de cobertura forestal; además, no se mide la ganancia de cobertura boscosa en los casos que esto se dé, y no se tienen los datos de tenencia de la tierra para identificar quiénes son los causantes de deforestación o recuperación.

El último país estudiado corresponde a Perú, con su herramienta GeoBosques. Esta es una plataforma administrada por el gobierno desde el Ministerio de Medio Ambiente del Perú, la cual fue creada con el objetivo de monitorear los cambios en la

cobertura forestal; además, tiene la visión de compartir la información generada con diferentes usuarios a través de informes, mapas, visores web y alertas por correo electrónico. A partir del análisis realizado, se considera que GeoBosques es un sistema que monitorea la pérdida de cobertura forestal, pero no fue diseñado para especificar qué cobertura de tierra agrícola estuvo involucrada.

Las capas de datos incluidas en la plataforma GeoBoques describen el estado del bosque, por lo que es útil para identificar áreas con deforestación, o con alto riesgo de deforestación de acuerdo con sus alertas y avisos, así como para localizar áreas degradadas. Sin embargo, se considera que

Cuadro 1. Resumen de los principales servicios y/o productos que ofrecen los diferentes sistemas de monitoreo internacionales y nacionales

Sistemas de monitoreo	Publicación anual ganancia y pérdida de cobertura forestal terrestre	Publicación anual sobre la cobertura del suelo de productos básicos	Publicado a través del visor web de acceso abierto	Información disponible sobre tenencia de la tierra o registro catastral	Acceso libre	Utiliza datos de sensores Landsat o Sentinel
Herramientas Internacionales						
<i>Global Forest Watch</i>						
<i>Open Foris-Collect Earth</i>						
<i>Map X</i>						
<i>Map Hubs</i>						
Herramientas Nacionales						
Costa Rica						
Brasil						
Indonesia						
Paraguay						
Perú						

la herramienta puede alcanzar una mayor fortaleza si logra generar capas de datos que identifiquen la causa de la deforestación, así como la tendencia de la tierra.

Esta comparación muestra que existe una amplia gama de servicios de monitoreo globales y sistemas nacionales, así como proveedores del sector privado y herramientas de acceso abierto que pueden ayudar, a la ciudadanía o autoridades interesadas, a establecer sistemas de monitoreo enfocados en el estudio de la dinámica de la cobertura forestal dentro de los paisajes de producción agrícola.

Finalmente, en el **Cuadro 1** se observa que Costa Rica cuenta con uno de los sistemas más completos con una serie de servicios disponibles, haciendo que la herramienta sea un sistema eficaz y eficiente de monitoreo. Seguidamente se ubica Brasil e Indonesia con herramientas de monitoreo de alto potencial para el seguimiento y protección de las coberturas de bosque. Independientemente del nivel, es loable el esfuerzo que tienen los diferentes países u organizaciones en la protección de los recursos naturales, y la importancia de contar con estos sistemas para dar un seguimiento al área boscosa y mitigar la expansión de la frontera agrícola.

Agradecimientos

Se agradece a cada una de las personas que participaron en la sesión de trabajo, por la disponibilidad para aportar información sobre las herramientas que gestionan, específicamente: *Map X*, *Geobosques*, *INFONA*, *CAR* y *Ecosystem Platform*.

Referencias

- Calvo, M., Hamilton, R. (2020). La evaluación visual multi-temporal: innovación para el monitoreo de la cobertura y uso de la tierra. *Ambientico* (273), 51-56. http://www.ambientico.una.ac.cr/pdfs/art/ambientico/273_51-56.pdf
- Curtis, P. G., Slay, C. M., Harris, N. L., Tyukavina, A., Hansen, M. C. (2018). Classifying drivers of global forest loss. *Science*, 361(6407), 1108-1111. <https://doi.org/10.1126/science.aau3445>
- Hansen, M. C., P. V. Potapov, R. Moore, M. Hancher, S. A. Turubanova, A. Tyukavina, D. Thau, S. V. Stehman, S. J. Goetz, T. R. Loveland, A. Komareddy, A. Egorov, L. Chini, C. O. Justice, J. R. G. Townshend. (2013). High-Resolution Global Maps of 21st-Century Forest Cover Change. *Science*, 342 (15): 850–53. <https://doi.org/10.1126/science.1244693>
- Hansen, M. C., Stehman, S. V., Potapov, P. V. (2010). Quantification of global gross forest cover loss. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107(19), 8650-8655. <https://doi.org/10.1073/pnas.0912668107>
- Lamprea, F. (2017). *Zonificación de las coberturas de la tierra mediante la aplicación de herramientas SIG para la revisión y ajuste del pot en el marco del crecimiento urbano y la conurbación norte: CASO Municipio de Zipaquirá* (Tesis Doctoral). https://ciaf.igac.gov.co/sites/ciaf.igac.gov.co/files/files_ciaf/Lamprea-Avellanea-Ferdy.pdf
- Matoma J., Cañas. A. (2017). Interpretación de coberturas de la tierra y análisis multitemporal para el área de compensación ambiental del proyecto hidroeléctrico de El Quimbo. (Tesis Licenciatura). <http://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/6205>



Espeleólogo, National Speleological Society (NSS) y Grupo Espeleológico Anthros (GEA) (corunesita@gmail.com)

Espeleología de Costa Rica: Sus karst y cuevas

Carlos Goicoechea C.
Ferdinando Didonna



Director Ejecutivo del Grupo Espeleológico Anthros (GEA), espeleólogo de la National Speleological Society (NSS) y Sociedad Italiana de Espeleología (SSI) (ferdindo.didonna@gmail.com)



Las investigaciones geológicas y espeleológicas en Costa Rica indican que el área ocupada por roca calcárea/kárstica es de 'casi un 1 %' de su territorio (431 km²) (Ulloa et al., 2011), aunque podría ser mayor; según Kueny & Day (2002), el área de calizas sería de unos 2 000 km², de los cuales 68 km² califican como 'karst protegido' bajo algún tipo de legislación (un 3 %, distribuido en 5 sitios).

Gracias a las indagaciones del Grupo Espeleológico Anthros (GEA) (www.anthros.org), afiliado a la *National Speleological Society* (NSS), se identificaron varios sitios calcáreo-kársticos nuevos que elevaron esas estimaciones.

Espeleológicamente hablando, el país se ha dividido en 7 'grupos kársticos' (10 para Ulloa et al., 2011): 1- Guanacaste y Venado. 2- Pacífico Central. 3- Valle central. 4- Turrialba y vecindades. 5- Vertiente atlántica. 6- Zona sur y 7- Aisladas (ver mapa).

La exploración y documentación espeleológica es relativamente reciente en nuestro país. El 'registro' o anotación más antigua que se conocen data de 1943 y es una mera cita bibliográfica.

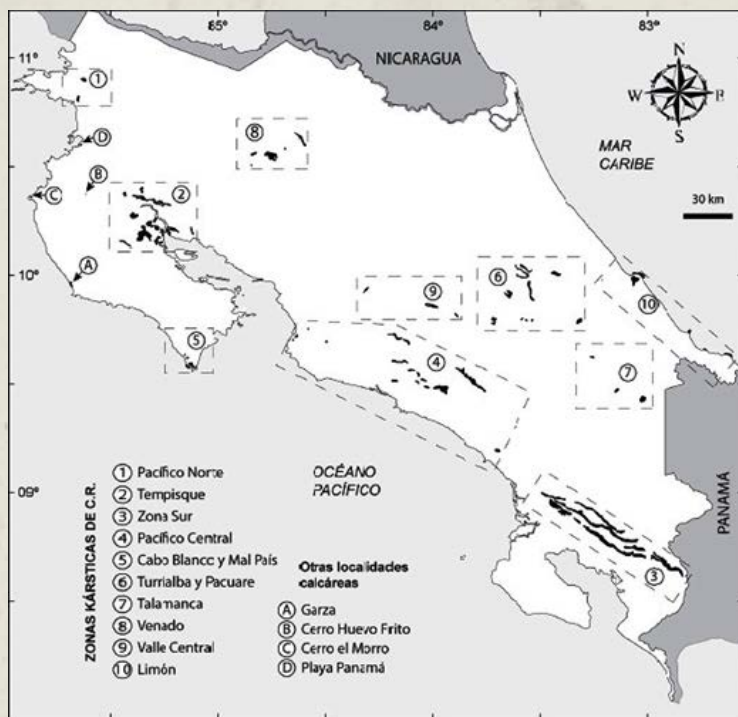


Figura 1. Zonas kársticas de Costa Rica (Ulloa et al., 2011, base geológica modifica de Denyer y Alvarado, 2007).

La primera exploración se dio en 1922. En 1967 se fundó el Grupo Espeleológico del Club de Montañeros de Costa Rica (GE.CMCR). Posteriormente, nacieron la Asociación Espeleológica Costarricense (AEC), el Grupo de Espeleología de la Universidad de Costa Rica, el Grupo EMUS (de provincia) y en la actualidad opera el Grupo Espeleológico Anthros (GEA), la agrupación de mayor impacto nacional, fundada para el estudio, conservación, exploración y el rescate en cuevas.

El interés internacional por las cuevas costarricenses se inició en 1987, dándose muchas expediciones: *Gruppo Grotte Carlo Debeljak* (GGCD, Italia, 1988), la *Cave Research Foundation* (CRF, EE.UU.

1974), la *National Speleological Society* (NSS, EE.UU., 1987/1991), la *Société Suisse de Spéléologie* (SSS, Suiza, 1991), el *Centre d'Etude du Karst* (CEK, Francia, 1994) y en 2008 los grupos franceses *Club des Memises* y *Club Vulcains* y la visita de espeleólogos de españoles, alemanes, franceses, norteamericanos, canadienses y otros. A la vez, espeleólogos del GEA practicaron exploraciones en Belice, México, Honduras, Guatemala, Cuba, República Dominicana y Nicaragua.

A pesar de estas investigaciones, aún se puede decir que muy poco del karst del país ha sido explorado; las labores han sido una especie de muestreo en algunas de las zonas descritas, la delimitación aproximada del área de las mismas, así como definir y agregar zonas nuevas.

Se inició como complemento a esas actividades, el Catastro Kárstico, herramienta fundamental para su conocimiento, su conservación y su futura gestión. Toda esta labor ha sido llevada a cabo particularmente por el GEA, que cuenta con 85 asociados y un amplio inventario de equipo espeleológico. Desde un primer curso (Espeleología Nivel 1) en el 2002, sigue trabajando en la formación y la investigación para el desarrollo de la espeleología. En el 2007 se creó la revista electrónica de divulgación *Espeleo Informe Costa Rica* (EICR).

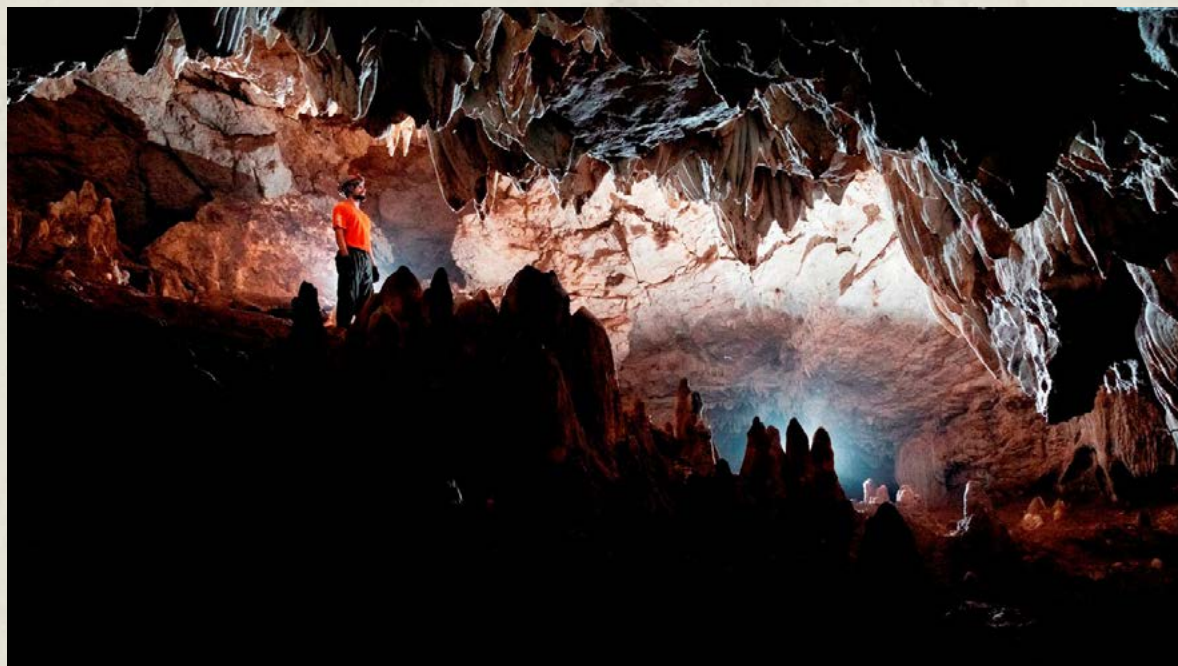


Figura. 2. La antesala (N° 6) superior de la caverna Corredores, en la Zona Sur. Crédito, Fedinand Salazar, GEA, 2018.

En los albores de la espeleología nacional (1967) se conocía solo de la existencia de una cueva en el Norte del país (Venado), unos pozos en el Noroeste (Barra Honda, Guanacaste), la cueva de Damas (Pacífico central) y otras pequeñas en el valle central.

Para dar una idea del avance logrado en esos sectores, ahora se conocen 29 cavernas en Venado, 48 en el *Parque Nacional Barra Honda* y 8 en el Pacífico Central. Un mundo aparte son las 205 cavidades exploradas en la *Zona Sur*. El total de cavidades catastradas asciende a 395, más otras 25 '*en proceso de exploración*' y 39 *excavaciones artificiales* (minas y túneles).

Esa intensa labor ha sido llevada a cabo por el GEA en 24 años, con el significativo apoyo de los grupos extranjeros mencionados. Anteriormente, el GE.CMCR había aportado importantes descubrimientos, durante 7 años, concentrados en la zona de Barra Honda. El apoyo gubernamental y de entidades particulares ha sido casi mínimo, a excepción del período de 1968 a 1971.

En Venado de San Carlos (Alajuela) el proceso exploratorio se inició con una sola caverna, que en 1968 fue cartografiada por primera vez. En esa fecha se habían explorado ahí 3 cavidades, cercanas entre sí. Hoy se conocen ahí 29 cavidades, con solo unas pocas cartografiadas. La mayor, llamada '*Gabinarraca*', tiene 2 351.1 m de

longitud y un desnivel de +30.5 m. La profundidad máxima alcanzada en esa zona es de -70 m (la caverna Menonitas).

Venado es una localidad calcáreo-kárstica del Mioceno, donde existen notables sistemas subterráneos de conducción de aguas, abarcando al menos 6 ó 7 cavernas confluentes entre sí (falta comprobación). La surgencia al exterior de casi todos ellos sería la caverna Gabinarraca. Se han detectado al menos otros dos 'sistemas hidrológicos' independientes. La exploración de la superficie no presenta mayores problemas, pues el área está muy deforestada. Existe toda clase de servicios, a nivel básico.

Barra Honda de Nicoya y otros sitios de Guanacaste fueron la cuna de la espeleología profesional en Costa Rica, iniciada en 1967. El intenso trabajo del GE.CMCR produjo el descubrimiento y topografía de unas 45 cavernas verticales. Posteriormente el GEA descubrió otras, en proceso de exploración. Se conoce que todavía quedan muchas sin descubrir. Aparte de los 4 cerros que conforman el Parque Nacional (PNBH), fundado para la protección de estas cavernas, hay una multitud de cerros calcáreos aislados o "relictos", en la mayoría de los cuales se ha reportado algún tipo de karst, mayormente sin explorar y en constante amenaza por la expansión de las canteras.

El Pacífico Central es un ejemplo clásico de los resultados de la perseverancia: por años se conocía en esta zona solo la caverna 'Damas'; en años posteriores el

GEA realizó importantes indagaciones y se han explorado otras 8 cuevas.

En varios sectores al sureste de Turrialba (Cartago) existen zonas aisladas, con patrones geológicos similares, que favorecen el karsismo; son las localidades conocidas como Bajo y Alto Pacuare, Cabeza de Buey, Las Ánimas, Jesús María, Azul, Chitaría, Jicotea, Veréh, Moravia de Chirripó y otras. El 'enlace' geológico común parece ser la Formación Las Ánimas (calizas del Eoceno Superior). El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) planeó construir una gran represa en el sector del río Pacuare y los estudios geológicos revelaron la presencia de importantes sectores calcáreos; como parte del territorio a usar era Reservas Indígenas y bosques patrimoniales, el proyecto se canceló. Por lo general, aparte de esa institución, ha sido muy poca la exploración con fines espeleológicos.

En la Vertiente Atlántica del país, han sucedido situaciones similares y esta región es, sin duda, la menos explorada y estudiada del país; abarca desde Puerto Limón hasta la frontera con Panamá. En lo referente a calcáreo y karst, hay datos comprobados sobre calizas de tipo *arrecifal*, con un karsismo incipiente/juvenil, hacia el suroeste de ese puerto. Existen datos envuelto en dejos de misterio sobre 'cavernas grandes' en el sector del Valle de La Estrella, intermedio entre el Mar Caribe y la Cordillera de Talamanca. [Kueny & Day \(2002\)](#), en su mapa de calizas de Centroamérica, insertan una franja de unos 25 por 10 km hacia el Sur de la sección Valle La



Figura. 3. Una de las variadas formaciones que adornan la “Sala de las Sombrillas” de la Sima Carma, en el cantón de Corredores, Puntarenas sur (Gustavo Quesada, GEA, 2019).

Estrella, extendida hasta la frontera panameña. Esta no aparece anotada en los mapas geológicos actuales.

La “Zona Sur” es un término genérico que designa una larga zona de karst, extendida con rumbo noroeste, desde la frontera con Panamá hasta el río Grande de Térraba (y un poco más allá). Es una caliza del Terciario con intenso karsismo. A groso modo se presenta como tres franjas separadas, con un espesor de la caliza estimado en “al menos 600 m”; el sector medio-septentrional se eleva hasta los 1 300 m s.n.m., ignorándose ahí el espesor efectivo. Se estima que el área por explorar sería de “hasta 300 km²”. Solo se han explorado -parcialmente- 3 ó 4 sectores cercanos al extremo sur, efectuado muestreos favorables a lo largo de gran parte de esa franja. Geológicamente se la

denomina Formación Fila de Cal (Eoceno Medio/Superior), que se divide en 2 subunidades.

Entre 1987 y 1991 esta región fue estudiada por la *National Speleological Society* (NSS, 1988), en 1988 por el Gruppo Grotte Carlo Debeljak (GGCD) de Trieste, Italia, en 1991 por la Société Suisse de Spéléologie SSS, de Neuchatel, Suiza y el Centre de Etudes Karstiques CEK, de Niza, Francia en 1994. En 1996 el GEA inició sus exploraciones y estudios, extendidos hasta la actualidad. Se

han explorado y catastrado 205 cavidades, y se tienen datos sobre muchas más por localizar.

Aunque el país no presenta características kársticas ‘monumentales’ cuya antigüedad sea ‘sensible’ (no se rebasa el Cretácico Superior), Costa Rica ofrece un Karst de tipo tropical que apenas ha sido levemente explorado. La documentación y estudios geológicos realizados se han concentrado en las zonas más pobladas y más fáciles de acceso; ciertas regiones calcáreo/kársticas todavía permanecen muy desconocidas.

Aunque los grupos dedicados a la espeleología, en especial el GEA y la Asociación Espeleológica Costarricense (AEC), así como algunas agrupaciones extranjeras, han dedicado importantes esfuerzos

Cuadro 1. Las 10 cavernas de más longitud de Costa Rica.

Nombre	Zona	LONGITUD (metros)	Desnivel (metros)	Explorada por:	No. de Registro
Sistema Bruja Rectángulo Tururún Corredores	Puntarenas -Corredores - Canoas	3 872 (290+2 030.3+141+1 411)	-108.23	GE.CMCR-1986 GGCD-1988 NSS-1989	CR115- CR154- CR159- CR102
Caverna Gabinarraca	Venado de San Carlos, Alajuela	2 351.1	+ 30.5	GE.CMCR-1968 AEC-1986/87 NSS-1991 GEA- 1986/2019	CR051
Sistema Menonitas / Zofocas	Venado de San Carlos, Alajuela	1 620	-70.0	GEA Jul. 1996 a 2019	CR061 CR063
Caverna Rectángulo	Puntarenas -Corredores - Canoas	1 411	-105	GGCD 1988 NSS Ene. 1989/1990	CR154
Cavernas Banal y Banano Quemado	Puntarenas -Corredores - Canoas	1 104. 20 (1 028.7 + 72.5)	-72,20 -80.9 ?	NSS-1989 GEA-Jul. 2012	CR186
Caverna La Higuera	Venado de San Carlos, Alajuela	954.3	+/- 32.6	GE.CMCR1968/ GEA- 1996/2004/2019	CR052
Caverna EMUS	Puntarenas -Guaycará - Río Claro	853.30	-22.86	AEC-1986 / NSS- 1982 /SSS-1991 /	CR110
Caverna Serpiente Dormida	Puntarenas -Corredores - Canoas	523.03	-157.3	NSS Dic.1992 y GEA Mar. 2017	CR033
Sistema Santa Ana / Pozo Ciento Diez (110)	Parque Nacional Barra Honda	402	-125 (-118/-98)	GE.CMCR-1968 / NSS-1982 / SSS- 1991	CR204 CR002
Sistema La Trampa / Pozo Baquiano	Parque Nacional Barra Honda	295.90	-98.6	GE.CMCR-1968 / SSS -1991 / GEA Feb. 2013	CR010 CR341

GE.CMCR: Grupo Espeleológico Club de Montañeros de C. R - **AEC:** Asociación Espeleológica Costarricense - **NSS:** National Speleological Society (EE.UU) - **GEA:** Grupo Espeleológico Anthros - **GGCD:** Gruppo Grotte Carlo Debeljak (Italia) - **SSS:** Société Suisse de Spéléologie (Suiza) - **CGEB:** Commissione Grotte Eugenio Boegan (Italia).

Cuadro 2. Las 10 cavernas más profundas de Costa Rica.

Nombre	Zona	DESNIVEL (metros)	Longitud (metros)	Explorada por	No. de Registro
Caverna Serpiente Dormida	Puntarenas -Corredores - Canoas	-157.27	523.03	NSS Dic.1992 y GEA Mar. 2017	CR033
Sima Guayabí	Puntarenas -Corredores - Canoas	-142.0	230.0	NSS-1990 / SSS- Feb.1991 / GEA- 2005	CR158
Sistema Bruja Rectángulo Tururún Corredores	Puntarenas -Corredores - Canoas	-108.23	3 872 (290+2 030.3+141+1 411)	GE.CMCR-1986 GGCD-1988 NSS-1989	CR115- CR154- CR159- CR102
Caverna Rectángulo	Puntarenas -Corredores - Canoas	-105	1 411	GGCD 1988 NSS Ene. 1989	CR154
Sistema La Trampa / Pozo Baquiano	Parque Nacional Barra Honda	-98.6	363.30	GE.CMCR-1968 GEA Feb. 2013	CR010 CR351
Caverna Bananal	Puntarenas- Corredores- Canoas	-80.9	1 028.70	NSS-1989 / 1990	CR113
Sistema La Trampa / Pozo Baquiano	Parque Nacional Barra Honda	-98.6	295.90	GE.CMCR-1968 / NSS-1982 / GEA- Feb. 2013	CR010 CR341
Sima Chorotega	Parque Nacional Barra Honda	-85/-96	167/178	GE.CMCR-1968 NSS-1982 / CGEB- 2014	CR003
Cavernas Bananal y Banano Quemado (BQ)	Puntarenas -Corredores- Canoas	-72.20 -80.9?	1 104.20 (1 028.7 + 72.5)	NSS-1990 GEA Julio 2012	CR113 CR186
Sima La Bruja	Puntarenas -Corredores- Canoas	-75.0	215	AEC-Feb.1988 / GGCD-1988 / NSS- 1990	CR115

GE.CMCR: Grupo Espeleológico Club de Montañeros de C. R - **AEC:** Asociación Espeleológica Costarricense - **NSS:** National Speleological Society (EE.UU) - **GEA:** Grupo Espeleológico Anthros - **GGCD:** Gruppo Grotte Carlo Debeljak (Italia) - **SSS:** Société Suisse de Spéléologie (Suiza) - **CGEB:** Commissione Grotte Eugenio Boegan (Italia).



Figura 4. Sala primera de la caverna Terciopelo, Parque Nacional Barra Honda (Crédito: Ferdinand Salazar, GEA).

en procura de mejorar el conocimiento de estos fenómenos, se puede decir que el asunto todavía está “*en pañales*”.

Se requieren intensas campañas proselitistas para aumentar la cantidad de participantes, para interesar a las instituciones gubernamentales y privadas a incluir este tema dentro de sus programas de investigación y de financiación.

El GEA deberá iniciar un intenso programa de acercamiento con las comunidades, las agrupaciones similares, las instituciones de gobierno y ONG extranjeras, con iguales fines: acelerar y ampliar técnicamente el conocimiento de la fenomenología kárstica nacional; no tanto con fines científicos, turísticos, deportivos y similares, sino porque ecológicamente el karst -tanto de superficie como subterráneo- está íntimamente ligado con la supervivencia de la especie humana en las zonas donde dichos fenómenos ocurren. Son necesarios esquemas de monitoreo

de conservación como el Registro Kárstico Nacional de Costa Rica y la gestión directa de conservación que comprende varios aspectos como: señalización de rutas, control del territorio y señalización de situaciones de amenazas a las cuevas y el karst.

Reconocemos la importancia de los planes de gestión y auditorías de conservación para cuevas sea turísticas o de frecuentación espeleológica.

Idealmente, todas las personas que visitan una cueva deben escuchar un mensaje de conservación. El enfoque principal debe ser en aquellos nuevos en la actividad, pero el mensaje también debe usarse como un recordatorio para aquellos que están más regularmente comprometido con actividades de espeleología.

Referencias

- Denyer, P., Alvarado, G. (2007). Mapa Geológico de Costa Rica, escala 1: 400 000, Oficializado por la Dirección de Geología y Minas. Librería Francesa, San José, Costa Rica.
- Grupo Espeleológico Anthros (2007/2020). Espeleo Informe Costa Rica (EICR), volúmenes 1a 27 <https://anthros.org/es/2019/07/01/comunicar-la-espeleologia-espeleo-informe-costa-rica-vol-25>
- Kueny, J.; Day M. (2002). Designation of protected karstlands in Central America: A regional assessment. *Journal of Cave & Karst Studies*. *Journal of Cave & Karst Studies*, 64 (3), 165-174. <http://www.caves.org/pub/journal/PDF/V64/v64n3-Kueny.pdf>
- Ulloa, A.; Aguilar, T.; Goicoechea, C.; Ramírez, R. (2011). Descripción, clasificación y aspectos geológicos de las zonas kársticas de Costa Rica. *Rev. Geológica de América Central*, 45, 53-74. <https://doi.org/10.15517/rgac.v0i45.1910>



Abogada ambiental,
académica en la Escuela
de Ciencias Ambientales,
Universidad Nacional
(maria.cajiao.jimenez@una.ac.cr)

Regulación de la Autoridad Administrativa y la Autoridad Científica de la Convención CITES para especies de interés pesquero y acuícola

..... || María Virginia Cajiao ||

El Decreto Ejecutivo N° 42842-MINAE-MAG fue publicado el pasado 18 de febrero del 2021 con el objetivo de dar cumplimiento a la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre (CITES), con respecto a las especies de interés pesquero o acuícola que se encuentren en los Apéndices I, II y III.

El Decreto designa al Instituto Costarricense de Pesca y Acuicultura (INCOPECA) como Autoridad Administrativa de Costa Rica ante la Convención CITES cuando se trate de especies de interés pesquero y acuícola. Además de representar al país ante la Convención en lo que respecta a especies pesqueras, INCOPECA tiene dentro de sus funciones como Autoridad Administrativa, coordinar con otros departamentos gubernamentales la debida aplicación de la Convención según las resoluciones adoptadas por la Conferencia de las Partes tomados por los Estados miembro de la Convención.

Le corresponde también autorizar la importación, exportación y reexportación de especies de interés pesquero o acuícola. En el caso de las especies incluidas en los apéndices

I y II, deberá contar con la documentación referida en los apéndices respectivos. Igualmente, le corresponde entre otras funciones, emitir el certificado de introducción procedente del mar y cualquier otro certificado, de conformidad con las resoluciones adoptadas por la Conferencia de las Partes, inscribir ante la Secretaría de CITES los proyectos de cultivo de especies de interés pesquero o acuícola incluidas en el Apéndice I y coordinar con la Autoridad Científica lo relacionado con las especies que se encuentren en los Apéndices I, II y III.

Por su lado, el citado Decreto Ejecutivo crea el Consejo Científico Técnico para especies de Interés Pesquero y Acuícola-CITES, coordinado por el INCOPELCA, como Autoridad Científica CITES para especies de interés pesquero y acuícola incluidas en los apéndices I, II y III de la Convención.

El Consejo Científico Técnico se deberá conformar por un representante del INCOPELCA, quien lo coordinará, un representante del Ministerio de Ambiente y Energía, del Ministerio de Comercio Exterior, del Consejo Nacional de Rectores, especializados en Ciencias del Mar, Biología Marina o Acuicultura, del sector productivo relacionado con el aprovechamiento de recursos pesqueros y un suplente y, un representante designado por las organizaciones no gubernamentales que trabajen en actividades de investigación, manejo y conservación de la vida silvestre marina.

A la Autoridad Científica le corresponde recomendar a la Autoridad Administrativa mediante Dictámen de Extracción No Perjudicial -el cual es vinculante-, que el comercio internacional de especímenes de flora y fauna silvestre, de especies de interés pesquero o

acuícola, incluidas en los apéndices I, II y III de la Convención CITES, no perjudicará o no significa ningún peligro para las poblaciones o la supervivencia de las mismas. También, le corresponde analizar las propuestas y proyectos de liberación o reintroducción de especies de fauna silvestre de interés pesquero o acuícola que estén incluidas en los Apéndices I, II y III de la Convención CITES.

Finalmente, y en forma amplia, se establece un Transitorio Único en la presente regulación, estableciendo que en tanto se conforma el Consejo Técnico Científico, “se otorga temporalmente por el plazo de 15 días a partir de la vigencia del presente Decreto Ejecutivo, la facultad al INCOPELCA para que proceda a analizar y resolver las solicitudes de exportación e importación recibidas con anterioridad a la entrada en vigencia del presente Decreto Ejecutivo, de conformidad con los Dictámenes de Extracción No Perjudicial (DENP) que el Estado ha emitido con anterioridad en el marco de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre”.

La Convención CITES fue aprobada el 30 de octubre de 1974 por Costa Rica mediante Ley N° 5605. Esta Convención faculta a los Estados a designar una o más Autoridades Científicas con el objetivo de asegurar que la exportación de especies de fauna y flora amenazada no perjudique su supervivencia y una o más Autoridades Administrativas que al momento de la exportación, haya verificado que el espécimen no fue obtenido en contravención de la legislación vigente. Puede ver el Decreto Ejecutivo en forma completa en: https://www.imprentanacional.go.cr/pub/2021/02/18/ALCA36_18_02_2021.pdf

Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico*

1. Pertinencia de artículos

Aunque la mayoría de los artículos de la revista *Ambientico* son solicitados por invitación, se podrán considerar otros artículos altamente pertinentes a la realidad ambiental nacional, y en donde las opiniones estén claramente sustentadas (usar bibliografía en los casos necesarios). De manera general, se reciben artículos cortos (2 000 palabras), claros (entendibles e informativos para una audiencia general no científica), rigurosos (con sustento científico) y coherentes (que el escrito siga un flujo ordenado de ideas).

2. Modo de entrega

El artículo ha de ser presentado en Word y entregado al correo ambientico@una.ac.cr

3. Tamaño, formato, elementos gráficos y separaciones internas

- El artículo no excede las 2 000 palabras.
- Escribir a espacio sencillo en letra Calibre tamaño 11.
- **Secciones:** En *Ambientico* no se usan subtítulos para separar secciones (apartados). Para separar secciones, dejar un renglón entre ellas.
- **Párrafos:** Dentro de cada sección, los párrafos inician solamente con una sangría y no requiere agregar renglones entre párrafos.
- Incluir los **Cuadros** en formato Word y no como imágenes o capturas de pantalla.
- **Figuras:** Favor ilustrar el artículo con fotografías, figuras, ilustraciones, mapas, gráficos, etc. Incluir todas estas figuras en el mismo documento de Word *cerca de donde se espera ser presentadas*, pero asegurarse de que sean en alta resolución (300 dpi o mayor a 2Mb). Enviar en Excel los gráficos elaborados en ese programa para su más

fácil edición. Incluir debajo de cada fotografía un título descriptivo. Si las figuras —incluyendo fotografías— no son propiedad del autor, deben indicar el nombre de la persona autora.

4. Sobre las personas autoras

- Se requiere enviar aparte, una fotografía del rostro de la persona autora en alta resolución (300 dpi o mínimo 2Mb).
- Solamente incluir el puesto (p. ej. Consultor independiente, Ministro de Ambiente, Profesor de economía), la organización para la que labora, y el correo electrónico.
- En caso de varias personas autoras, la anterior información debe ser provista para cada una de ellas.

5. Uso de cursivas y de comillas

Se usará cursivas —nunca negritas ni subrayado— para enfatizar conceptos. Vocablos en otras lenguas no aceptados por la Real Academia Española de la Lengua, y neologismos, han de escribirse también en cursivas. Asimismo, irán en cursivas nombres de obras de teatro y cinematográficas, de libros, de folletos, de periódicos, de revistas y de documentos publicados por separado. Capítulos de libros y artículos de publicaciones periódicas se pondrán entrecomillados.

6. Uso de números y unidades de medida

Cuando las cantidades sean escritas numéricamente ha de usarse un espacio para separar los grupos de tres dígitos (p.ej., 1 320). Para los decimales ha de usarse punto (p.ej., 1.5 ¡atención en los cuadros!). Las unidades de medida, en caso de consignarse abreviadamente, habrán de escribirse en singular y en minúsculas, y separadas por un espacio del número (p.ej., 50 % o 18.3 mm)

1. Uso de acrónimos

Los acrónimos lexicalizados que son nombres comunes (como ovni, oenegé y mipyme, por ejemplo), se escriben con todas las letras minúsculas. Los acrónimos no lexicalizados y que, por tanto, se leen destacando cada letra por separado (como UCR y EU, por ejemplo), se escriben con todas las letras mayúsculas.

2. Palabras clave

Si bien *Ambientico* no publica las palabras clave de cada artículo, se le solicitan al autor no más de cinco para usarlas en el buscador del sitio web.

3. Citas textuales

Las citas textuales, que se ruega no excedan las 40 palabras, no han de ponerse en cursivas, ni usando sangría ni en párrafo aparte, sino entrecomilladas, y entreveradas en el texto.

4. Comunicaciones personales o entrevistas

La mención en el texto de comunicaciones personales o entrevistas se hará así: luego de una apertura de paréntesis se consigna la inicial del nombre de pila del entrevistado, después se coloca un punto y, enseguida, el apellido del entrevistado. A continuación, se pone una coma y, posteriormente, la frase “comunicación personal”; luego se coloca el nombre del mes y el día, que se separa con una coma del año en que se efectuó la comunicación; finalmente, se pone el paréntesis de cierre. Ejemplo: “... (L. Jiménez, comunicación personal, septiembre 28, 1998) ...”. Las comunicaciones personales no se consignan en la sección de Referencias.

5. Notas a pie de página

Podrá usarse notas a pie de página para aclarar o ampliar información o conceptos, pero solo en los casos en que, por su longitud, esos contenidos no puedan insertarse entre paréntesis en el texto.

6. Citas bibliográficas

A partir de la 7ma versión original del *Manual de la American Psychological Association (APA)* (2019), seguimos los siguientes lineamientos respecto a citación de fuentes bibliográficas. Hay dos modalidades de presentación de las referencias bibliográficas intercaladas en el texto. En una, la persona autora citada es el sujeto de la oración; en la otra, la persona autora citada, no es parte de la oración, sino que lo que es parte de la oración es solo lo dicho o aportado por ella. Ejemplo del primer caso: “... Acuña (2008) asegura que el sistema de áreas protegidas...”. Ejemplo del segundo: “... Los problemas ambientales han resultado el principal foco de conflicto (Morales, 2009)...”.

Obra con un autor

Entre paréntesis, se coloca el apellido del autor al que se hace referencia, separado por una coma del año de publicación de la obra. Ejemplo: “... (Pacheco, 1989) ...”.

Obra con más de un autor

Cuando la obra tiene dos autores, se cita a ambos, separados por la conjunción “y”. Ejemplo: “... (Núñez y Calvo, 2004) ...”.

Cuando la obra es de más de dos autores, se cita solamente el apellido del primer autor seguido de “*et al.*” en cursiva y con punto después de la contracción “al.”. Ejemplo: “... (Pérez *et al.*, 2009) ...”.

Obra con autor desconocido o anónimo

Si la obra carece de autor explícito, hay que consignar en vez de él, y entre comillas, las primeras palabras del título (entre paréntesis). Ejemplo: “... (“Onu inquieta”, 2011) ...”; o, alternativamente, el nombre de la obra y, después de una coma, la fecha de publicación. Ejemplo: “... *La Nación* (2011) ...”. Solo cuando se incluye una cita textual debe indicarse la/s página/s. Ejemplo: “... (Pérez, 1999, p. 83) ...”.

7. Presentación de las obras referenciadas

Al final del artículo, debajo del subtítulo **Referencias**, habrá de consignarse todas las obras referenciadas en orden alfabético.

Libro

Primero se anotará el apellido del autor, luego, precedido de una coma, la inicial de su nombre; después, e inmediatamente luego de un punto, el año de publicación de la obra entre paréntesis; seguidamente, y en cursivas, el título de la obra; posteriormente, y después de un punto, el lugar de publicación de la obra (si la ciudad es internacionalmente conocida no hace falta señalar el país, pero, si no, solo se consigna el país), y, finalmente, antecedido por dos puntos, el nombre de la editorial. Ejemplo: Pérez, J. (1999). *La ficción de las áreas silvestres*. Barcelona: Anagrama.

Artículo contenido en un libro

En este caso, se enuncia el apellido del autor seguido de una coma, luego se pone la inicial del nombre de pila seguida de un punto; inmediatamente, entre paréntesis, la fecha. Enseguida ha de ponerse la preposición “En”, y, luego, el apellido seguido de una coma y la inicial del nombre de pila del editor o compilador de la obra; indicando a continuación entre paréntesis “Ed.” o “Comp.”, como sea el caso; inmediatamente se señala el nombre del libro en cursivas y, entre paréntesis, las páginas del artículo precedidas por la abreviatura “p.” o “pp.” seguido de un punto; posteriormente, el lugar de publicación de la obra, y, antecedido por dos puntos, la editorial. Ejemplo: Mora, F. (1987). Las almitas. En Ugalde, M. (Ed.) *Cuentos fantásticos* (pp. 12-18). Barcelona: Planeta.

Artículo contenido en una revista

En este caso, se indica el apellido del autor y, luego precedido por una coma, se coloca la letra inicial de su nombre de pila; luego de un punto, y entre paréntesis, la fecha; después el título del artículo y un punto. Enseguida, va el nombre de la revista, en cursivas;

inmediatamente, se indica el número de la edición o del volumen separado por una coma de las páginas que constituyen el artículo, luego se coloca el punto final. Ejemplo: Fernández, P. (2008). Las huellas de los dinosaurios en áreas silvestres protegidas. *Fauna prehistórica*, 39, 26-29.

Artículo contenido en un periódico

Si la referencia fuera a un diario o semanario, habría de procederse igual que si se tratara de una revista, con la diferencia de que la fecha de publicación se consignará completa iniciando con el año, separado por una coma del nombre del mes y el día, todo entre paréntesis. Antes de indicar el número de página, se coloca la abreviatura “p.” o “pp.”. Ejemplo: Núñez, A. (2017, marzo 16). Descubren vida inteligente en Marte. *La Nación*, p. 3A.

Material en línea (Note que ya no se utiliza el “Disponible en:” o “Recuperado de:” antes del link)

En caso de que el artículo provenga de un periódico o una revista en línea, se conserva el formato correspondiente y luego se coloca la dirección electrónica, sin punto al final. Ejemplo: Brenes, A. y Ugalde, S. (2009, noviembre 16). La mayor amenaza ambiental: dragado del río San Juan afecta el río Colorado y los humedales de la zona. *La Nación*. http://www.nacion.com/ln_ee/2009/noviembre/16/opinion2160684.html

Para artículos con DOI, al final de la referencia no se debe incluir la palabra DOI como se acostumbraba, sino incluir únicamente el link completo. Ejemplo: Molina-Murillo, S., Perez, J.P. y Herrera, M.E. (2014). Assessment of environmental payments on indigenous territories: The case of Cabecar-Talamanca, Costa Rica. *Journal of Ecosystems Services*, (8), 35-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2014.02.003>

Autores múltiples

Cuando el texto referenciado tenga dos autores, el apellido de cada uno se separa con

una coma de la inicial de su nombre de pila; además, entre un autor y otro se pondrá la conjunción “y”. Ejemplo: Otárola, A. y Sáenz, M. (1985). *La enfermedad principal de las vacas*. San José: EUNED.

Tratándose de tres o más autores, se coloca el apellido de cada autor separado por una coma de la inicial de su nombre de pila, luego de la que va un punto; y, entre uno y otro autor media una coma. Antes del último autor se coloca la conjunción “y”. Ejemplo: Rojas, A., Carvajal, E., Lobo, M. y Fernández, J. (1993). *Las migraciones internacionales*. Madrid: Síntesis.

Sin autor ni editor ni fecha

Si el documento carece de autor y editor, se colocará el título del documento al inicio de la cita. Al no existir una fecha, se especificará entre paréntesis “s.f.” (sin fecha). La fuente se indica anteponiendo “en”.

En caso de que la obra en línea haga referencia a una edición impresa, hay que incluir el número de la edición entre paréntesis después del título. Ejemplo: Heurístico. (s.f.). En diccionario en línea Merriam-Webster’s (ed. 11). <http://www.m-w.com/dictionary/heuristic>. Otro ejemplo: Titulares Revista Voces Nuestras. (2011, febrero 18). *Radio Dignidad*, 185. http://www.radiodignidad.org/index.php?option=com_content&task=view&id=355&Itemid=44

Puede utilizarse corchetes para aclarar cuestiones de forma, colocándolos justo después del título, y poniendo en mayúscula la primera letra: [Brochure], [Podcast de audio], [Blog], [Abstract], etcétera. Ejemplo: Cambronero, C. (2011, marzo 22). La publicidad y los cantos de sirena. *Fusil de chispa* [Blog]. <http://www.fusildechispas.com>

También disponible desde la Escuela de Ciencias Ambientales
la publicación científica internacional



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES

Tropical Journal of Environmental Sciences

Revista científica, internacional e
interdisciplinaria con trayectoria desde 1980

 www.revistas.una.ac.cr/ambientales  revista.ambientales@una.ac.cr



UNA
UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA