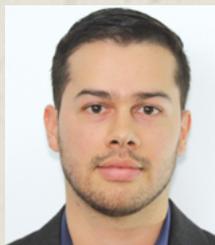




Investigadora del
Laboratorio PRIAS
(haguilar@cenat.ac.cr)



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

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



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



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

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



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

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.

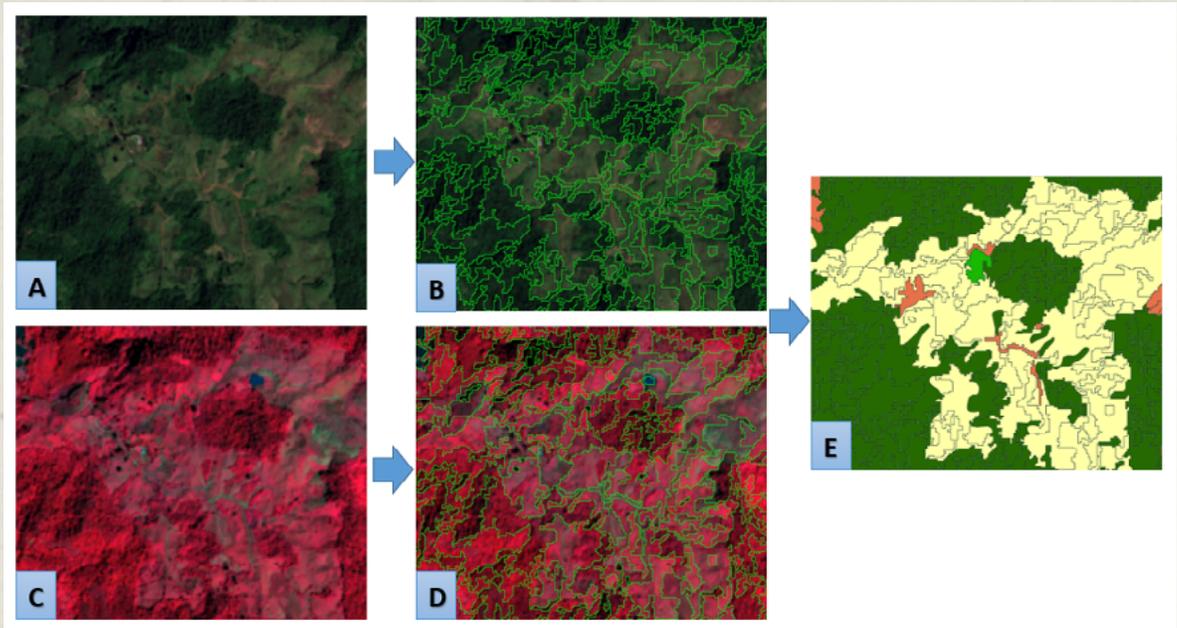


Figura 6. Imágenes satelitales obtenidas por el sensor Sentinel-2, a una escala de 1:10 000 para el año 2018. A: imagen en color verdadero. B: imagen en color verdadero con la segmentación. C: imagen en infrarrojo. D: imagen en infrarrojo con la segmentación. E: imagen clasificada y codificada.

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.

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.snitr.cr/Metadatos/full_metadata?k=Y2FwYT06SUdOXzU6OnBhc3RvczIwMTdfNWs=
- 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>