

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

TRANSFORMA-INNOVA: experiencias para la transición productiva, el monitoreo territorial y la acción climática



Editorial

Información geoespacial para el monitoreo de los paisajes productivos en Costa Rica

TRANSFORMA-INNOVA: la ruta de Costa Rica hacia una economía azul y agrícola más resiliente, biodiversa y baja en carbono
Valeria Zumbado Escalante, Andrés Méndez Marengo, Diana Ramírez Chaves, Paola Apéstegui

Potencial de reducción de emisiones de las acciones del programa TRANSFORMA-INNOVA relacionadas con las NAMA café, musáceas y ganadería
Edwin-Eduardo Vega-Araya, Jairo Serna Bonilla

Procesos de fortalecimiento de capacidad en SIG al sector agropecuario
Francini Acuña Piedra, Enrique Valenciano Ulate

MOCUPP Café: información satelital para monitorear el paisaje cafetalero costarricense

Cristian Aguilar-Barboza, Mauricio Vega-Araya, Nicole Obando Morán, Karina Sevilla Segura, Priscilla Rigg Aguilar

Experiencia de monitoreo del cambio de uso de la tierra en cultivos de musáceas en Costa Rica durante el período 2021–2022
María José Elizondo Campos, José Luis Gamboa Mora, Francini Acuña Piedra

Experiencia de monitoreo del cambio de uso de la tierra en pastos para ganadería en Costa Rica durante el período 2021–2022
Melvin Lizano Araya, Ramón Masís Campos

La agricultura, la monocultura y el desplazamiento de la producción de granos básicos
Lilliam Quirós Arias

Evaluación de las concentraciones de nutrientes determinadas en muestras de suelo de áreas boscosas, cultivos anuales, perennes y pasturas
Francisco José Arguedas-Acuña, Sergio Abarca Monge

OTROS

Vida silvestre, gestión de residuos y el conflicto entre el desarrollo urbano y la conservación: una mirada al Parque Nacional Marino Las Baulas en Guanacaste
Keilor E. Cordero Umaña, Pilar Santidrián Tomillo

Caracterización del compostaje domiciliario y roles de género en su gestión: experiencia en Oreamuno, Costa Rica
Ana María Álvarez Muñoz, Ryder Fernández Centeno, José David Loría Valverde

Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico

AMBIENTICO

Revista trimestral sobre la actualidad ambiental

TRANSFORMA-INNOVA: experiencias para la transición productiva, el monitoreo territorial y la acción climática



Editor en jefe: Sergio A. Molina-Murillo

Editor adjunto: Jesús Ugalde Gómez

Consejo editor: Wilberth Jiménez, Luis Poveda, William Fonseca.

Asistencia y administración: Nancy Centeno Espinoza.

Diseño, diagramación e impresión:

Programa de Publicaciones, UNA

Fotografía de portada:

Fotografía: PPD-PNUD

Apartado postal: 86-3000, Costa Rica

Correo electrónico: ambientico@una.ac.cr

Sitio web: www.ambientico.una.ac.cr

Redes sociales: Facebook, X, Instagram

La revista Ambientico es una publicación trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense que se publica desde la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), institución pública y benemérita de la Patria. Creada en 1992, es una revista de acceso abierto que tiene por misión estimular, publicar y difundir un análisis riguroso y actualizado sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica. 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.



Sumario

Editorial	2
Información geoespacial para el monitoreo de los paisajes productivos en Costa Rica	
TRANSFORMA-INNOVA: la ruta de Costa Rica hacia una economía azul y agrícola más resiliente, biodiversa y baja en carbono	4
Valeria Zumbado Escalante, Andrés Méndez Marengo, Diana Ramírez Chaves, Paola Apéstegui	
Potencial de reducción de emisiones de las acciones del programa Transforma-Innova relacionadas con las NAMA café, musáceas y ganadería	11
Edwin-Eduardo Vega-Araya, Jairo Serna Bonilla	
Procesos de fortalecimiento de capacidad en SIG al sector agropecuario	17
Francini Acuña Piedra, Enrique Valenciano Ulate	
MOCUPP Café: información satelital para monitorear el paisaje cafetalero costarricense	24
Cristian Aguilar-Barboza, Mauricio Vega-Araya, Nicole Obando Morán, Karina Sevilla Segura, Priscilla Rigg Aguilar	
Experiencia de monitoreo del cambio de uso de la tierra en cultivos de musáceas en Costa Rica durante el periodo 2021-2022	30
María José Elizondo Campos, José Luis Gamboa Mora, Francini Acuña Piedra	
Experiencia de monitoreo del cambio de uso de la tierra en pastos para ganadería en Costa Rica durante el periodo 2021-2022	39
Melvin Lizano Araya, Ramón Masís Campos	
La agricultura, la monocultura y el desplazamiento de la producción de granos básicos	55
Lilliam Quirós Arias	
Evaluación de las concentraciones de nutrientes determinadas en muestras de suelo de áreas boscosas, cultivos anuales, perennes y pasturas	62
Francisco José Arguedas-Acuña, Sergio Abarca Monge	
OTROS	
Vida silvestre, gestión de residuos y el conflicto entre el desarrollo urbano y la conservación: una mirada al Parque Nacional Marino Las Baulas en Guanacaste	73
Keilor E. Cordero Umaña, Pilar Santidrián Tomillo	
Caracterización del compostaje domiciliario y roles de género en su gestión: experiencia en Oreamuno, Costa Rica	80
Ana María Álvarez Muñoz, Ryder Fernández Centeno, José David Loría Valverde	
Normas mínimas para la presentación de artículos a Ambientico	87

Información geoespacial para el monitoreo de los paisajes productivos en Costa Rica

La sostenibilidad de los sistemas productivos no puede ni debe evaluarse únicamente a partir de indicadores económicos o productivos. En una coyuntura marcada por el cambio climático, la pérdida de biodiversidad, las nuevas regulaciones comerciales y las crecientes demandas del mercado, resulta indispensable comprender cómo evolucionan los paisajes rurales y cuáles son las implicaciones ambientales y sociales de esa transformación.

El presente número de la revista *AMBIENTICO* reúne una serie de experiencias desarrolladas en el marco del programa Transforma-Innova y de las iniciativas asociadas al sistema de Monitoreo del Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP). Los artículos muestran cómo la combinación de teledetección, sistemas de información geográfica, trabajo de campo, monitoreo ambiental y fortalecimiento de capacidades está permitiendo generar evidencia para apoyar la transición hacia sistemas productivos más resilientes y saludables.

Uno de los aportes más relevantes en este número es demostrar que la transformación productiva requiere información confiable, actualizada y espacialmente explícita. Los análisis sobre café, musáceas (banano y plátano) y pasturas evidencian el potencial de las herramientas geoespaciales para monitorear cambios en el uso de la tierra, evaluar la dinámica de la cobertura arbórea y fortalecer los sistemas nacionales de trazabilidad. De igual forma, los trabajos

presentados reflejan que el logro de objetivos ambientales no depende únicamente de la disponibilidad de tecnología sino que se requiere de capacidades humanas y colaboraciones institucionales. Las experiencias de capacitación en Sistemas de Información Geográfica muestran la importancia de democratizar el acceso a herramientas que tradicionalmente estaban restringidas a ámbitos altamente especializados, fortaleciendo las capacidades de personas productoras, extensionistas y personal técnico.

También se incorpora la medición de impactos como una dimensión esencial para cualquier estrategia climática. La evaluación del potencial de reducción de emisiones asociadas a las NAMAs de café, musáceas y ganadería demuestra la necesidad de contar con metodologías robustas que permitan cuantificar resultados y orientar inversiones hacia aquellas acciones con mayor efectividad climática. La sostenibilidad debe construirse desde la integridad del suelo, la biodiversidad y la regulación climática (el ecosistema), sin los cuáles no serían posibles los sistemas socioeconómicos productivos.

En conjunto, los artículos de este número ofrecen una visión integradora donde la innovación tecnológica, el fortalecimiento de capacidades, la gestión del conocimiento y la acción climática convergen en generar mejores decisiones para construir paisajes productivos sostenibles. Mantener el liderazgo internacional en materia ambiental y profundizar ese

liderazgo requerirá continuar invirtiendo en información de calidad, monitoreo permanente y articulación entre la academia, la política pública y los sectores productivos.

Les invito también a cuestionarnos ¿hasta qué punto los modelos productivos basados en extensas áreas de monocultivo son compatibles con las metas de sostenibilidad que Costa Rica ha asumido? Si bien estos sistemas continúan siendo fundamentales para la economía nacional y el desarrollo rural, su permanencia dependerá cada vez más de su capacidad para demostrar reducciones reales en emisiones, conservar cobertura arbórea, proteger los suelos, mantener la biodiversidad y reducir la inequidad social, si esta última dimensión mencionada pero no analizada en los estudios presentados.

Finalmente, les presentamos este número como una invitación a reflexionar sobre el valor de la información como herramienta para la rendición de cuentas y la transformación hacia agrosistemas productivos más sostenibles que propicien el bienestar de la sociedad costarricense, tanto presente como futura.



Cooperación Alemana
para el Desarrollo
[GIZ] (valeria.
zumbadoescalante@giz.de)



Cooperación Alemana
para el Desarrollo
[GIZ] (andres.
mendezmarengo@giz.de)



Asesora de comunicación
(diana.ramirez1@giz.de)



Conservación
Internacional Costa Rica
(CI-CR) (papestegui@
conservation.org)

TRANSFORMA-INNOVA: la ruta de Costa Rica hacia una economía azul y agrícola más resiliente, biodiversa y baja en carbono

*Valeria Zumbado Escalante
Andrés Méndez Marengo
Diana Ramírez Chaves
Paola Apéstegui*

Costa Rica se ha comprometido a alcanzar la meta de carbono neutralidad para el 2050. Este objetivo, reflejado en sus Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC por sus siglas en inglés) (Ministerio de Ambiente y Energía, 2025) y su Plan Nacional de Descarbonización (Gobierno de Costa Rica, 2019), implica transformar los sectores agrícola y marino-costero hacia modelos más resilientes al cambio climático, capaces de reducir emisiones y conservar la biodiversidad.

Para alcanzar esta meta se requieren acciones concretas en los sectores productivos, innovación financiera y una participación articulada entre comunidades, instituciones y sector privado. En este contexto surge el programa “Rutas Transformadoras Bajas en Emisiones de Carbono y Resilientes al Clima de Costa Rica” (TRANSFORMA-INNOVA), que acompaña al país en el desafío de reducir emisiones, fortalecer la resiliencia climática y conservar la biodiversidad, con el apoyo del Gobierno de la República Federal de Alemania y la Unión Europea.

Mediante intervenciones estratégicas, esta iniciativa demuestra que producir de manera sostenible es viable y genera beneficios directos para las comunidades y el país.

En el sector agropecuario, el programa impulsa las Acciones de Mitigación Nacionalmente Apropriadas (NAMAs, por sus siglas en inglés) en las cadenas productivas de café, ganadería y musáceas. Estas herramientas sectoriales están alineadas con las prioridades de desarrollo del país, adaptadas a la realidad de las cadenas productivas y promueven la reducción de emisiones, el incremento de sumideros de carbono y la incorporación de tecnologías y prácticas sostenibles.

Además, el Programa impulsa la economía azul mediante la mejora de los medios de vida de las comunidades costeras, a través de la gestión equitativa, sostenible y la conservación de los recursos marino-costeros. Para lograrlo, se implementa un proceso participativo de Ordenamiento Espacial Marino (OEM; se promueve la transformación de la producción pesquera y acuicola de pequeña escala hacia cadenas de valor azules sostenibles, y se fortalece el manejo sostenible de ecosistemas de manglar.

Adicionalmente, el Programa fortalece la articulación interinstitucional para promover sistemas productivos sostenibles y colabora al desarrollo de mecanismos financieros que faciliten la inversión en soluciones bajas en carbono.

Este enfoque integral reconoce que el compromiso país con la transición hacia una economía más sostenible requiere acciones simultáneas como: mejorar prácticas agroproductivas, conservar y gestionar sosteniblemente recursos marino-costeros, fortalecer

cadenas de valor sostenibles, a integración y participación activa de las comunidades y la movilización de financiamiento climático. De esta manera, se contribuye tanto a la mitigación como a la adaptación al cambio climático.

Café: tradición que se adapta al futuro. El café es un producto emblemático de Costa Rica y una actividad fundamental para miles de familias rurales. No obstante, enfrenta desafíos asociados a la variabilidad climática y la necesidad de reducir su huella de carbono para mantener el acceso a mercados internacionales cada vez más exigentes.

Costa Rica registró la NAMA Café en el 2010, convirtiéndose en el primer país en registrar una iniciativa agrícola de este tipo en el mundo. Bajo este marco, el Programa promueve la adopción de buenas prácticas agrícolas que fortalezcan la resiliencia productiva, mejoren la gestión de recursos; y reduzcan los riesgos asociados al cambio climático.



Entre estas prácticas destaca la integración de árboles en los cafetales para mejorar la fertilidad del suelo, reducir la erosión y contribuir al almacenamiento de carbono. Otras prácticas de relevancia comprenden el uso eficiente de fertilización y la optimización de procesos en los beneficios de café, con el fin de mejorar el desempeño ambiental del sector.

El desarrollo de capacidades ha sido fundamental, con fincas modelo que funcionan como centros de aprendizaje para las personas productoras que las visitan. A través de días de campo, talleres y giras técnicas, se promovió la adopción de prácticas sostenibles que permitan avanzar hacia una producción más rentable y baja en carbono. Este proceso ha sido posible gracias a la articulación interinstitucional y participación de actores claves como el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), el Instituto Costarricense del Café (ICAFE), cooperativas cafetaleras y empresas privadas.

Como resultado, más de 4 800 personas caficultoras fueron capacitadas en buenas prácticas agrícolas y alrededor de 200 fincas lograron acceder a incentivos y opciones de financiamiento para la implementación de procesos de transformación productiva.

La producción de café diferenciado requiere una transformación integral de toda la cadena de valor, desde la producción primaria hasta grupos exportadores y consumidores finales. En este sentido, el posicionamiento internacional apoyado por

TRANSFORMA-INNOVA ha sido un eje estratégico, mediante el desarrollo de iniciativas de comercialización diferenciada alineadas con normativas como el reglamento de la Unión Europea sobre deforestación (EUDR por sus siglas en inglés).

Adicionalmente, el Programa apoyó 20 proyectos innovadores, escalables y replicables en distintas regiones del país, así como el acceso a financiamiento no reembolsable para iniciativas de café bajo en emisiones.

Más allá de los resultados cuantitativos, estos avances reflejan una transformación del modelo cafetalero, en el que la productividad y la sostenibilidad se integran como pilares de un desarrollo más resiliente y competitivo.

Ganadería: un cambio necesario y posible. Esa es una actividad de gran relevancia socioeconómica para Costa Rica. Para el 2017 se estimó una producción de cerca de 2 millones de toneladas equivalentes de CO₂ al año según datos del [Ministerio de Ambiente y Energía \(2021\)](#). No obstante, es un sector que posee un importante



potencial para el secuestro de carbono. De acuerdo con la Estrategia para la Ganadería Baja en Carbono de Costa Rica (MAG, 2015), la absorción de CO₂ en fincas ganaderas, principalmente a través de árboles y bosques secundarios integrados a nivel de finca como áreas de protección, representa cerca del 70 % del carbono capturado a nivel nacional.

La NAMA Ganadería inició su aplicación en el 2012 y se encuentra en una fase de escalamiento, orientada a consolidar un sector más eco-competitivo (Ministerio de Ambiente y Energía, 2013). Esta iniciativa promueve la adopción de prácticas, tecnologías y medidas que impulsen una ganadería climáticamente inteligente, rentable, productiva y sostenible.

Las buenas prácticas ganaderas se han priorizado considerando su potencial de mitigación, viabilidad técnica y capacidad de transformación. Entre ellas destaca el pastoreo racional.

En este contexto, el Programa priorizó la asesoría a 308 fincas mediante capital semilla para la adopción e implementación de tecnologías para producción baja en carbono. Adicionalmente, numerosos productores han accedido a créditos verdes con condiciones favorables que les permiten ampliar estas prácticas en sus fincas.

El fortalecimiento de capacidades ha sido clave, a través de un modelo de aprendizaje basado en fincas demostrativas, donde se comparten experiencias de buenas prácticas de ganadería. Este esfuerzo, desarrollado en

coordinación con el MAG y cooperativas, ha permitido capacitar a más de 1 000 personas ganaderas en Costa Rica.

Asimismo, desde un enfoque de cadena de valor, el Programa impulsó, junto con el Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica (INTECO), el desarrollo de la primera norma a nivel mundial sobre huella ambiental cárnica. La norma INTE B68:2026 establece criterios ambientales y de protección de la biodiversidad que abarca desde el proceso de crianza de los animales hasta su procesamiento en las plantas de producción. Así, los agronegocios que cumplan con la certificación tienen mayores facilidades para la comercialización.

TRANSFORMA-INNOVA demuestra que existen alternativas viables. A través de buenas prácticas es posible reducir emisiones sin comprometer la productividad y rentabilidad.

Musáceas: innovación en el Caribe costarricense. En las regiones Huetar Caribe y Huetar Norte, el cultivo de musáceas, como banano y plátano, es clave para la economía. En sus paisajes productivos



coexisten distintos escenarios con niveles variables de intensidad, tecnificación y disponibilidad de recursos. Sin embargo, el sector en general enfrenta importantes retos ante el cambio climático, por lo que promover prácticas de mitigación y adaptación en el marco de una NAMA resulta crucial.

TRANSFORMA-INNOVA impulsa la adopción de buenas prácticas en este sector, incluyendo la reducción del uso de fertilizantes nitrogenados, la sustitución de aplicaciones aéreas con avioneta mediante tecnologías como drones, el aumento del carbono en el suelo y la promoción del uso de bioinsumos.

Actualmente, 60 fincas de pequeña y mediana escala han recibido apoyo técnico y capacitación, implementando prácticas sostenibles en más de 333 hectáreas. Además, 49 pequeñas y medianas empresas accedieron a financiamiento para mejorar sus procesos productivos.

Economía Azul: oportunidades para el desarrollo sostenible del Pacífico costarricense. Por su parte, en el Pacífico costarricense se generan oportunidades para el desarrollo sostenible por medio de la economía azul. Ahí, donde los recursos marino-costeros sustentan los medios de vida de miles de familias, el cambio climático y la degradación ambiental representan amenazas crecientes. Ante este escenario, la economía azul surge como un enfoque estratégico que promueve el aprovechamiento sostenible de dichos



recursos, en equilibrio con su conservación a largo plazo, generando beneficios ambientales, sociales y económicos para las comunidades locales y el país.

En este contexto, TRANSFORMA-INNOVA desarrolló 25 herramientas estratégicas, como planes para la mejora de la actividad productiva pesquera y acuícola de pequeña escala y para la planificación sostenible del espacio marino, las cuales fueron, construidas de manera participativa junto con comunidades, instituciones y actores locales. Estas acciones alcanzaron un área de impacto superior a los 2 200 km² del Pacífico costarricense.

Las acciones se concentran en la Península de Nicoya y el Pacífico Central, incluyendo el Golfo de Nicoya, definido como área prioritaria a nivel nacional – Unidad de Gobernanza Marina (UGM) – para el desarrollo de un proceso de Ordenamiento Espacial Marino (OEM). El proceso integró a más de 240 actores territoriales, quienes construyeron acuerdos colectivos sobre el futuro del Golfo plasmados en un Plan Director Marino. Tanto el desarrollo del proceso, el inicio de su

implementación y sus lecciones aprendidas – hasta la fecha – constituyen una base clave para replicar el OEM en otras regiones marinas del país.

El Programa también acompañó la transformación productiva de ocho comunidades pesqueras y 40 personas productoras acuícolas de pequeña escala. Este proceso ha beneficiado directamente a más de 100 personas e indirectamente a 350. Actualmente, cinco cadenas de valor – pargos, corvinas, camarón de cultivo, mejillones y ostras – se encuentran en proceso de transformación, abarcando más de 115 km² de actividades productivas.

Adicionalmente, se desarrollaron herramientas de gestión, como planes de aprovechamiento de moluscos y planes de restauración de manglar, para mejorar la gestión de más de 180 km² de áreas de este ecosistema de manglar, distribuidos en 11 sitios y tres Áreas de Conservación: Tempisque, Arenal-Tempisque y Pacífico Central. Estas acciones, coordinadas con el Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) y su Programa Nacional de Humedales, integran conservación, aprovechamiento responsable y restauración ecosistémica.

La transformación hacia una economía azul sostenible requiere tanto herramientas técnicas como el fortalecimiento de capacidades y trabajo conjunto con las personas que habitan y dependen de los recursos marino-costeros. En este sentido, el Programa logró capacitar a más de 500 personas en temas técnicos, organizativos y sociales. La experiencia

de implementación demuestra que conservar los ecosistemas marino-costeros y mejorar el bienestar de las comunidades no son objetivos contrapuestos, sino condiciones mutuamente dependientes para una economía azul sostenible.

El papel clave del financiamiento.. Detrás de cada transformación hay una inversión. Sin acceso a recursos financieros, muchas de estas iniciativas no podrían escalar ni mantenerse en el tiempo. Por eso, Transforma-Innova impulsa el desarrollo de mecanismos financieros adaptados para facilitar la adopción de prácticas sostenibles.

Por medio de alianzas con instituciones como FONAFIFO y FUNBAM, se ha contribuido a la estructuración de fondos claves que permiten crear incentivos y herramientas para que personas productoras y comunidades accedan a recursos para transformar sus actividades.

Actualmente, 66 agronegocios han recibido financiamiento, implementando tecnologías que mejoran la sostenibilidad, la resiliencia y la productividad. Este enfoque demuestra que el financiamiento es un catalizador del cambio.

Así mismo, se han generado alianzas estratégicas con diferentes actores del sector financiero e institucional, con el objetivo de lograr apalancamientos de recursos no reembolsables para promover buenas prácticas productivas, que favorezcan la reducción de emisiones en diferentes procesos, tanto en producción primaria como también en procesos de transformación. El

Programa continúa gestionando alianzas que permitan generar opciones de financiamiento alternativas para contribuir a la transformación productiva.

Estas experiencias muestran que Costa Rica camina hacia la transformación agropecuaria y marino-costera. Los avances logrados muestran que la transformación hacia una economía baja en carbono es posible cuando se combinan políticas públicas, conocimiento técnico, financiamiento y participación de las comunidades. TRANSFORMA-INNOVA genera resultados concretos: personas productoras resilientes, ecosistemas conservados, cadenas de valor sostenibles, nuevas oportunidades económicas y financiamiento climático adaptado. Sin embargo, el desafío climático es de largo plazo y requiere del compromiso de actores clave.

Para que Costa Rica alcance sus metas ambientales y alcance su compromiso de cero emisiones netas para 2050, será fundamental seguir fortaleciendo y ampliando las acciones en los cuatro sectores estratégicos: café, ganadería, musáceas y marino-costero.

El programa TRANSFORMA-INNOVA es cofinanciado por el Ministerio Federal de Medio Ambiente, Protección del Clima, Protección de la Naturaleza y Seguridad Nuclear (BMUKN) de Alemania, a través de su Iniciativa Climática Internacional (IKI), y la Unión Europea. Es implementado por un consorcio conformado por: Cooperación Alemana (GIZ), Conservación Internacional Costa Rica

(CI-CR), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Fundación Banco Ambiental (FUNBAM), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y Fundación Costa Rica – Estados Unidos (CRUSA) en el periodo de 2022 al 2026. Su ejecución se desarrolla en coordinación con MINAE-SINAC y MAG-INCOPESCA.

Referencias

- Gobierno de Costa Rica (2019). Plan Nacional de Descarbonización 2018-2050. <https://cambioclimatico.minae.go.cr/plan-nacional-de-descarbonizacion/>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), Ministerio de Ambiente y Energía (MINAE), Corporación Ganadera (CORFOGA), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), & Fondo para el Medio Ambiente Mundial (GEF). (2015). *Estrategia para la ganadería baja en carbono de Costa Rica*. Ministerio de Agricultura y Ganadería. <https://repositorio-snp.mideplan.go.cr/handle/123456789/827>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2025). Contribución nacionalmente determinada de Costa Rica. [Documento oficial]. Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático. <https://cambioclimatico.minae.go.cr/contribucion-nacionalmente-determinada-ndc-de-costa-rica/>
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2021). Inventario nacional de gases de efecto invernadero y absorción de carbono 1990–2017 (Primera ed.). Gobierno de Costa Rica, Instituto Meteorológico Nacional.
- Ministerio de Ambiente y Energía. (2013). Concepto NAMA fincas ganaderas Costa Rica. <https://cambioclimatico.go.cr/wp-content/uploads/2019/01/Concepto-NAMA-Fincas-Ganaderas.pdf>



Consultor económico-ecológico y profesor universitario (evegaraya@gmail.com)

Potencial de reducción de emisiones de las acciones del programa Transforma-Innova relacionadas con las NAMA café, musáceas y ganadería

Edwin-Eduardo Vega-Araya
Jairo Serna Bonilla



Especialista en servicios ecosistémicos y producción sostenible del Proyecto Transforma-Innova (jairo.serna@undp.org)

Costa Rica se ha fijado metas ambiciosas con el propósito de convertirse en una economía resiliente, inclusiva y carbono neutral para el 2050. Para ello se ha planteado una agenda que pone a la descarbonización y la resiliencia como piezas centrales. Estas ambiciones principalmente de mitigación y adaptación la convierten en un actor climático internacional clave, líder en el continente americano y un aliado natural e importante para naciones que quieren recorrer esta misma ruta o para países .

El programa Transforma-Innova “*Rutas transformadoras de baja emisión en carbono y resiliente al clima en Costa Rica. Agricultura climáticamente inteligente y cadenas de valor*” (PTI), promueve la transformación de las cadenas de producción agropecuarias (café, ganadería y musáceas) y marinas en cadenas de valor sostenibles, biodiversas, bajas en carbono y resilientes al clima, de manera que aporten activamente con las contribuciones nacionalmente determinadas (NDC) de Costa Rica y con su Plan Nacional de Descarbonización.

Esta transformación se manifiesta en la mitigación de 40 000 toneladas de CO₂e y la gestión efectiva de 2 000 kilómetros cuadrados de ecosistemas marinos, gracias a la implementación de tecnologías de mitigación y un adecuado ordenamiento espacial marino.

En este marco el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) fue comisionado para acompañar en paralelo, un proceso integral de mejora en los sistemas de Medición Reporte y Verificación de las NAMA (Ganadería, café, musáceas) y contribuir para que el Programa Transforma-Innova (PTI) pudiese dar garantía del logro de estos indicadores.

Para ello el PTI solicitó al PNUD la realización de dos análisis, uno de base, para identificar el estado de partida de las unidades productivas y uno de salida en el cual se esperaba recolectar información que facilitará un análisis comparativo y establecer el impacto en emisiones y absorciones de las tecnologías NAMA fomentadas. Sin embargo coyunturas institucionales y administrativas cambiaron este escenario de manera radical. Lo que llevó al equipo del PTI a evaluar alternativas que permitiesen valorar de previo (ExAnte) los impactos generados de manera directa (a través de inversiones) e indirecta (a través de capacitaciones).

Para generar esta información, el equipo PNUD indagó diferentes opciones, decantándose por el uso de la herramienta EX-ACT desarrollada por la

Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la Alimentación (FAO), la cual permite la estimación de estos balances (emisión, absorción) a lo largo de la vida útil del programa.

EX-ACT, en su versión 9.4.2 (la utilizada en este ejercicio), consiste en un conjunto de hojas de Microsoft Excel interconectadas, en las cuales el usuario introduce datos básicos sobre actividades y prácticas agrícolas. Está basado en el uso de la tierra y mide las emisiones, así como los cambios en las reservas de carbono por unidad de superficie (hectárea), expresados en toneladas de dióxido de carbono equivalente por hectárea y por año (tCO₂e/ha/año).

La herramienta abarca todo el sector agrícola, incluidos los ámbitos de la agricultura, la silvicultura y otros usos de la tierra (AFOLU), así como la pesca, la acuicultura, los insumos agrícolas y la infraestructura. Las actividades de AFOLU consideradas incluyen cambios en el uso de la tierra —como la deforestación, la forestación/reforestación y otros cambios—, así como la gestión de la tierra, que comprende cultivos anuales, cultivos perennes, arroz inundado, pastizales y ganadería. Asimismo, contempla los humedales tanto continentales como costeros.

El análisis se lleva a cabo comparando dos escenarios: una situación en la que se implementa una intervención, por ejemplo, un proyecto, y una situación de referencia que prevalecería en ausencia de este (también denominada “escenario de referencia”). La comparación entre las

emisiones de GEI y los cambios en las reservas de carbono resultantes del programa implementado y los que ocurrirían en la situación de referencia proporciona el balance de carbono final informado en EX-ACT.

EX-ACT distingue dos períodos de tiempo relacionados con el programa: la fase de implementación que va de uno a 5 años (es decir, la fase activa cuando se están implementando las actividades) y la fase de capitalización, generalmente de 15 años (es decir, un período en el que las emisiones y los cambios en las reservas de carbono continúan ocurriendo como resultado de las actividades implementadas). La herramienta permite a los usuarios tener en cuenta diferentes dinámicas de cambio en la fase de implementación. La dinámica de cambio predeterminada adoptada por la herramienta es “Lineal”, pero los usuarios tienen la posibilidad de cambiar el tipo de dinámica a “Inmediata” o “Exponencial”. La herramienta EX-ACT permite obtener datos anuales, así que se puede calcular las emisiones para un subconjunto de años, por ejemplo, solo para la fase de implementación.

Es importante resaltar que las buenas prácticas implementadas por el programa son evaluadas en función de su impacto sobre las emisiones y absorciones. Otros beneficios que pueden tener las mismas, por ejemplo, de productividad del cultivo, o por protección de la biodiversidad, etc., no son contemplados acá. La herramienta solamente considera las

acciones que impactan en las emisiones netas de GEI.

Mucha de la información de base ya está contenida en el programa EX-ACT en forma de parámetros. El Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC) que es el panel científico y técnico de la Convención Marco de Cambio Climático. Han recomendado que para los proyectos en el sector AFOLU (agrícolas, pecuarios, forestales y otros que tienen que ver con el uso de la tierra), los ha establecido dado el avance de la ciencia y mediciones de escala mundial.

La determinación adecuada de la zona climática y de suelos es muy importante en EX-ACT ya que hay una amplia variación en el contenido de Carbono en el suelo y en la biomasa aérea de las coberturas según zona climática y según tipo de suelo. Los parámetros “por defecto” para cada zona climática y de suelos están establecidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por su acrónimo en inglés). A lo largo de los años el Panel ha venido sacando actualizaciones y el EX-ACT ofrece diferentes conjuntos de parámetros según las versiones de los mismos.

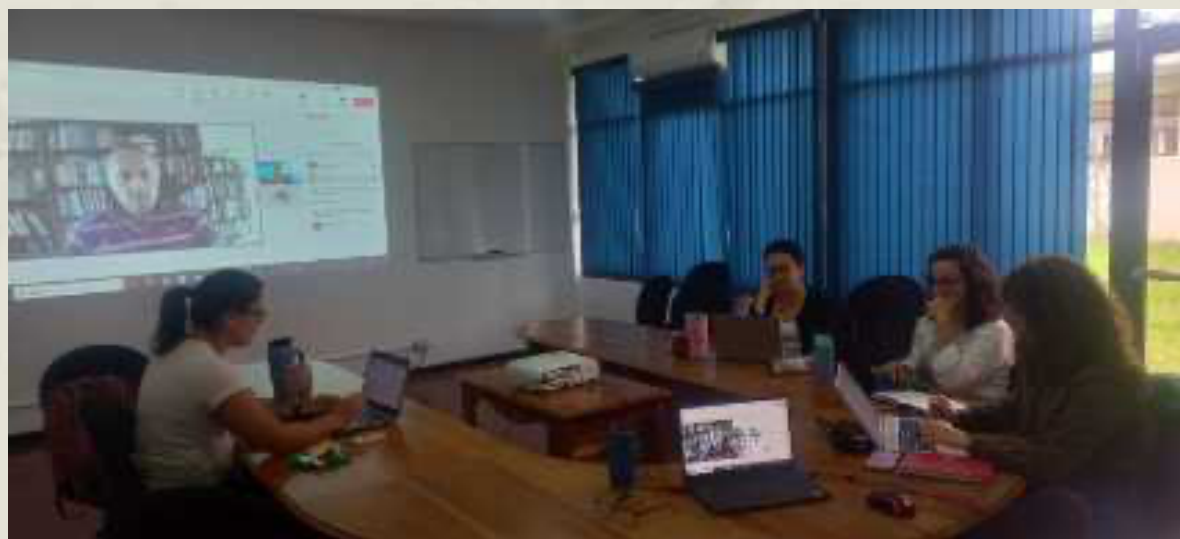
Finalmente está la información referente a las prácticas a implementar y el área total donde se implementan. Esta información es específica del programa, su planteamiento y cómo incidirá en la modificación del uso del suelo o del cambio de las prácticas productivas para un mismo uso.

En el caso del programa Transforma-Innova, el equipo decide usar 2 años de implementación y 18 de capitalización, de acuerdo a los términos de este. Respecto a la determinación adecuada de la zona climática y de suelos se usó el AR6 100años, que significa “Potencial de calentamiento global en 100 años del Sexto Informe de Evaluación (IE6), Cambio Climático 2021. Los parámetros climáticos en EX-ACT son: MAT = Temperatura media anual en °C; MAP = Precipitación media anual en mm; PET = Evapotranspiración potencial en mm; y Elevation = Elevación en metros sobre el nivel del mar. Los parámetros de suelo son agrupados en EX-ACT en 7 tipos.

Así se asocia la ubicación y área de influencia del programa con estas

variables, que permite definirle a la herramienta las características climáticas y de suelos acorde a los parámetros de EX-ACT. En todos los casos se definieron 2 zonas climáticas y de suelos (altura y bajura) y suelos volcánicos o arcillosos.

En el caso de PTI/NAMA Musáceas, la estimación corresponde a un alcance “indirecto” del programa, ya que no se contemplan intervenciones directas en finca pagadas o financiadas directamente, sino solo una serie de acciones de promoción, divulgación y capacitación relacionadas con las actividades que se quiere que se implementen en los cultivos a gran escala y a pequeña escala.



Equipo Mixto CATIE, GIZ PNUD en sesión de trabajo para la estimación del balance de carbono del programa usando la herramienta EX-ACT.

El potencial en reducción de emisiones de este NAMA, logrando que todas las 3 750 fincas realicen las acciones deseadas, es cercano a las 400 mil tCO₂e. Sin embargo, solo se están contabilizando los cambios en emisiones debido a acciones directas del programa, no al alcance indirecto.

El programa, para PTI/NAMA Café, ha planteado acciones tanto en la producción primaria como en micro beneficiado. Este análisis se centra en 23 fincas en donde se instalaron parcelas demostrativas financiadas por el programa (emisiones directas). Se espera, además, realizar una serie de actividades de capacitación, de divulgación y de promoción mediante estas fincas, a un total de 3 750 productores cafetaleros, a fin de que por sus propios medios realicen al menos 2 de las acciones propuestas en las parcelas demostrativas ya mencionadas.

El potencial en reducción de emisiones de este NAMA, logrando que 23 fincas realicen las acciones deseadas, es cercano a las 90 mil tCO₂e. (Ver **Cuadro 1**). Por lo tanto, se hizo una estimación de balance de emisiones directa del programa considerando solo el área total de estas 23 fincas. Se presenta los resultados de una estimación indirecta en el **Cuadro 2** asumiendo que los 3 750 productores realizan las actividades NAMA.

Dado el peso en las emisiones y reducciones del sector ganadero y a la necesidad de información antes del cierre del 2024, y para ver el panorama completo de resultados obtenidos se incluye en

esta simulación. En este caso, a diferencia de los ya reportados, toda la estimación del balance de emisiones es solo para intervenciones directas del programa, de acuerdo con compras de equipamiento y obras dentro de la finca, además de las de capacitación y asistencia técnica.

El ejercicio es una estimación preliminar sujeta a mejora conforme más datos de actividad y de exactitud de parámetros se tenga. Pero, al menos, a través de los parámetros y recomendaciones del IPCC, se tiene una primera estimación del balance neto de emisiones con resultados que pueden ser usados para establecer si se cumplen las metas del programa o si se requieren ajustes.

Se presentan los resultados de inversiones directas del programa en fincas seleccionadas, así como una estimación del potencial de todos los PTI/NAMA si se diera un mayor alcance en la intervención. El **Cuadro 1** presenta el balance según inversiones directas en finca que actualmente se realizan para el programa (el número en negativo indica reducción de emisiones, si es positivo significa aumento de emisiones neto).

Cuadro 1: Balance unificado de emisiones potenciales asociadas a inversiones directas del programa en tCO₂e

	tCO ₂ e en los 2 años de implementación	Emisiones duración total del programa (20 años)
PTI/NAMA Musáceas	0	0
PTI/NAMA Café (23 fincas)	-4 578	-86 974
PTI/NAMA Ganadería (306 fincas, escenario 1)	-7 170	-136 000
TOTAL	-11 748	-222 974

Cuadro 2: Balance de emisiones potenciales asociadas a inversiones indirectas del programa en tCO₂e:

	tCO ₂ e en los 2 años de implementación	Emisiones duración total del programa (20 años)
PTI/NAMA Musáceas (5 600 ha)	-20 048	-380 715
PTI/NAMA Café (5 750 fincas)	-86 117	-1 636 230
PTI/NAMA Ganadería (306 fincas, escenario 4)	-46 672	-886 958
TOTAL	-152 837	-2 903 903

Si se lograra alcanzar a todas las fincas NAMA en las zonas de trabajo del programa, se presenta la estimación según los escenarios más favorables, que incluyen, para el caso de PTI/NAMA Musáceas, si se implementara en todas las fincas las intervenciones planteadas como deseables, en PTI/NAMA Café, si el alcance fuera para todas las 5.750 fincas a las que ahora solo se llega con la capacitación y divulgación, y en PTI/NAMA Ganadería, si se interviniera en las fincas deseadas con todas las tecnologías que tienen impacto en aumento de remociones, y no solamente las planteadas actualmente, y se presenta aumento en el hato. El siguiente cuadro presenta el balance en estos casos:

Para concluir es importante destacar que la herramienta de valoración Ex ante, EX-ACT, constituye un mecanismo que permite a los proyectos tanto en formulación como en ejecución estimar los impactos en el balance de emisiones de un conjunto de unidades productivas realizados de manera directa e indirecta, facilitando, basados en las ecuaciones y factores de conversión establecidos por el IPCC, la generación de información de referencia, clave para garantizar a los donantes la efectividad de las acciones financiadas.



Programa Transforma-
Innova (PNUD)
(fran1993piedra@gmail.com)

Procesos de fortalecimiento de capacidad en SIG al sector agropecuario

Francini Acuña Piedra
Enrique Valenciano Ulate



Proyectista,
Departamento de
Proyecto, CORFOGA
(evalenciano@corfoga.org)

La información geográfica constituye un componente fundamental en una gran variedad de actividades, y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) representan la herramienta básica para su manejo y utilización, según Olaya (2009). Asimismo, Buzai (2012) señala que los datos geográficos son relevantes porque todos los procesos ocurren en un espacio y tiempo determinado; por lo tanto, al contar con información geoespacial es posible obtener una perspectiva más fiable y efectiva sobre un proceso determinado.

De acuerdo con Olaya (2009), los SIG permiten la captura, edición, almacenamiento y gestión de datos espaciales. Además, facilitan el análisis de dichos datos, abarcando desde consultas sencillas hasta la elaboración de modelos complejos. Este análisis puede realizarse sobre la componente espacial de los datos, es decir, la localización de cada valor o elemento. También, los SIG posibilitan la generación de resultados como mapas, informes, gráficos y otros productos cartográficos y analíticos.

Por su parte, uno de los principales campos de aplicación de los SIG es el sector agropecuario, donde se pueden representar datos cuantitativos, cualitativos y las conexiones entre estos. Según Longley et al. (2015), los SIG son herramientas fundamentales para la gestión y el análisis espacial en la agricultura, ya que permiten integrar, visualizar y analizar datos geográficos con el fin de mejorar la toma de decisiones.

Una de sus principales aplicaciones es la agricultura de precisión, donde los SIG se utilizan para analizar la variabilidad espacial de variables como el suelo, la humedad, la pendiente, entre otros, permitiendo optimizar el uso de insumos como fertilizantes y agua (Vásquez et al., 2025), por lo tanto, esto contribuye a aumentar la productividad y reducir los impactos ambientales. Además, los SIG facilitan el monitoreo de cultivos mediante el uso de imágenes satelitales y datos geoespaciales, lo que permite evaluar el estado de la vegetación, detectar enfermedades y estimar rendimientos (Mulla, 2013). Esto resulta clave para la gestión eficiente de los sistemas productivos.

Otra aplicación relevante corresponde a la planificación del uso del suelo, donde los SIG ayudan a identificar las áreas más aptas para determinados cultivos, considerando factores como el clima, la topografía y las características del suelo (FAO, 2018), lo cual, favorece a una producción más sostenible y adaptada a las condiciones locales. Además, los SIG son utilizados en la gestión del

riesgo agrícola, incluyendo la evaluación de amenazas como sequías, inundaciones o plagas, facilitando la toma de decisiones para la adaptación al cambio climático (Rodríguez, 2023).

En conjunto, el uso de los SIG en la agricultura contribuye a mejorar la eficiencia productiva, promover prácticas sostenibles y fortalecer la resiliencia de los sistemas agrícolas. Por esta razón, el fortalecimiento de capacidades dirigido a personas dedicadas al sector agropecuario, tanto desde el ámbito institucional como desde personas productoras, es clave, ya que permite fortalecer sus conocimientos y capacidades en el uso de herramientas geoespaciales para la toma de decisiones, tanto a nivel país como de finca.

Según Veas y Chia (2016), el fortalecimiento del conocimiento sobre el uso y aplicación de los SIG desempeña un papel fundamental, ya que favorece los procesos de coordinación y construcción de acciones territoriales, contribuyendo al análisis espacial y a una mejor toma de decisiones en el territorio.

A partir de este contexto, durante 2025 y 2026 se desarrolló la actividad denominada “*Intercambio de Conocimientos en Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el sector agropecuario*”, ejecutada de manera conjunta por Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo Costa Rica, la Unidad de Agromática del Ministerio de Agricultura y Ganadería (UAM), Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) y la

Corporación Ganadera (CORFOGA). Este proceso se implementó como parte del programa *“Rutas transformadoras bajas en emisiones de carbono y resilientes al clima de Costa Rica – Transforma-Innova”*, financiado por la Iniciativa Alemana para el Clima (IKI).

Esta iniciativa tuvo como objetivo fortalecer las capacidades técnicas en el uso y aplicación de los SIG, así como en principios básicos relacionados con el uso de Vehículos Aéreos No Tripulados (VANT/UAV) y otras herramientas geoespaciales orientadas al sector agropecuario. El proceso buscó facilitar el acceso a tecnologías espaciales para la gestión, organización y análisis de información asociada a unidades productivas y sus entornos, promoviendo su aplicación en procesos de monitoreo, planificación y toma de decisiones.

Las actividades de fortalecimiento de capacidades estuvieron dirigidas a personal técnico, extensionistas, personas productoras y población joven vinculada al sector agrícola y pecuario. El enfoque metodológico priorizó el desarrollo de capacidades aplicadas, orientadas al fortalecimiento de competencias técnicas para el manejo sistemático y ágil de información geoespacial en contextos productivos reales.

Para la selección de las personas participantes se priorizó un perfil con experiencia en labores de campo vinculadas al seguimiento de cultivos y plantaciones, verificación de prácticas sostenibles, asistencia técnica a personas productoras y otras actividades relacionadas con el sector

agrícola y pecuario. Lo anterior con el propósito de maximizar la replicabilidad de los conocimientos adquiridos en la gestión de las fincas y en las actividades productivas desarrolladas en los territorios.

Este proceso de fortalecimiento de capacidades constituye un aporte relevante para el sector agropecuario, al facilitar herramientas tecnológicas que permiten acceder, generar, organizar y analizar información espacial de las fincas y sus contextos productivos, a la vez, son herramientas de apoyo para la toma de decisiones en empresas familiares y sistemas productivos rurales.

El curso se estructuró en diez sesiones de forma virtual e incluyó dos días de actividades presenciales, para ejecutar distintos procesos en trabajo de campo y escritorio (**Figura 1**). Entre los principales contenidos que se abordaron destacan los conceptos básicos de SIG, sistemas de coordenadas y proyecciones oficiales de Costa Rica, así como el manejo de información vectorial y ráster, gestión de capas y administración de proyectos geoespaciales.

También, se desarrollaron temas relacionados con la adquisición, creación y edición de datos espaciales, digitalización de polígonos de fincas, georreferenciación de imágenes, edición de geometrías y manejo de tablas de atributos, así como los principios básicos desde lo teórico y práctico de los VANT. El proceso incluyó ejercicios prácticos y casos aplicados al sector agropecuario, orientados al análisis y gestión de unidades productivas.

Adicionalmente, las sesiones de capacitación se abordaron contenidos sobre la representación cartográfica y composición de mapas, permitiendo a las personas participantes generar productos cartográficos básicos para apoyar procesos de monitoreo, análisis territorial y toma de decisiones en contextos productivos.



Figura 1. Fotografías del proceso de escritorio de manera presencial, 2026.

La gira presencial se enfocó en realizar actividades incluyeron sesiones teóricas y prácticas relacionadas con el uso VANT, planificación y ejecución de vuelos, captura de imágenes RGB y NIR, procesamiento de ortofotografías y análisis de información espacial para aplicaciones en agricultura y ganadería. Asimismo, se abordaron contenidos asociados a descarga y gestión de datos de campo y procesamiento de información geoespacial mediante software especializado.

La primera sesión presencial, correspondiente a la gira de campo, se desarrolló en el 2025 en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Por su parte, la actividad presencial correspondiente al 2026 se ejecutó en el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria, específicamente en el Centro de Innovación Agropecuaria Los Diamantes, ubicado en Guápiles (**Figura 2**).



Figura 2. Fotografías del proceso de escritorio de manera presencial, 2026.

Cabe mencionar que, tanto en las sesiones virtuales como en las presenciales, se establecieron espacios de discusión y retroalimentación. Además, cada participante presentó proyectos finales aplicados a la gestión de fincas mediante herramientas SIG, promoviendo el intercambio de experiencias y la aplicación práctica de los conocimientos adquiridos.

Como se mencionó anteriormente, el proceso se desarrolló en dos grupos. El primero se ejecutó durante el 2025, específicamente entre los meses de julio y septiembre. Por su parte, el segundo grupo se desarrolló en el 2026, entre los meses de febrero y mayo.

El primer grupo se caracterizó por estar conformado por 13 personas participantes dentro del proceso de fortalecimiento de capacidades, pertenecientes a personas funcionarias extensionistas y enlaces de la Unidad de Agromática del

MAG. De este total, 2 correspondieron a mujeres y 11 a hombres. Estas personas se encontraban en un rango de edad entre los 33 a los 64 años (**Figura 3**).

El segundo grupo contó con la participación de 27 personas, de las cuales 15 correspondieron a hombres y 12 a mujeres. En esta ocasión también se analizó la distribución por edades, identificándose que 8 personas se encontraban en el rango de 18 a 34 años, 18 personas entre los 35 y 64 años, y 1 persona con 65 años o más (**Figura 4**).



Figura 3. Grupo 1: Fortalecimiento de capacidades en SIG para el sector agropecuario, 2025.



Figura 4. Grupo 2: Fortalecimiento de capacidades en SIG para el sector agropecuario, 2026.

En este segundo grupo, se desarrolló una participación institucional y organizacional más diversificada, ya que el proceso se abrió a otras instancias vinculadas al sector agropecuario. En este participaron representantes de diversas instituciones y organizaciones, entre ellas la Dirección Nacional de Extensión Agropecuaria (DNA) del MAG, CORFOGA, el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA), el Servicio Fitosanitario del Estado (SFE), la organización de Agroregenera de Monteverde, el Servicio Nacional de Salud Animal (SENASA), Unión de Pequeños Productores de Puriscal, Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y jóvenes cafetaleros.

Además del proceso de capacitación, se han desarrollado webinar orientados a ampliar los conocimientos y, al mismo tiempo, fomentar el seguimiento y la continuidad en el uso de tecnologías geoespaciales. Estas actividades han estado dirigidas tanto a las personas participantes de los procesos desarrollados durante 2025 y 2026, como a otras poblaciones que, por limitaciones de recursos o disponibilidad de espacios, no han logrado incorporarse directamente al proceso de formación.

El proceso ha permitido generar, validar y poner a disposición de las personas participantes un manual sobre SIG orientado a QGIS, acompañado de videos con ejercicios explicativos y capas para las prácticas según los ejercicios propuestos. Este material es una contribución significativa y didáctica desde la iniciativa, quedando como apoyo a la Unidad de Agromática del MAG y del sector agropecuario.

Por lo tanto, se puede concluir que las experiencias desarrolladas durante 2025 y 2026 evidencian que los SIG constituyen herramientas estratégicas para fortalecer los procesos de gestión, monitoreo y toma de decisiones en el sector agropecuario, así como se evidencia la necesidad de ejecutar estos procesos. La incorporación de tecnologías geoespaciales permitió a las personas participantes adquirir capacidades técnicas orientadas al manejo, análisis y visualización de información espacial aplicada a contextos productivos reales, favoreciendo así una mayor comprensión territorial de las dinámicas agrícolas y pecuarias.

El proceso de fortalecimiento de capacidades demostró que la combinación de sesiones virtuales, actividades presenciales, ejercicios prácticos y proyectos finales aplicados, favorece la apropiación de conocimientos y su aplicación en escenarios reales en la gestión de fincas. Además, la integración de contenidos vinculados con el uso de VANT, imágenes satelitales y herramientas de análisis espacial amplió las posibilidades de aplicación tecnológica dentro de los sistemas productivos.

De igual forma, la participación de personal técnico, extensionistas, personas productoras y población joven vinculada al sector agropecuario evidenció el creciente interés por incorporar estas herramientas tecnológicas en sus actividades laborales. La diversidad institucional alcanzada en el segundo grupo fortaleció los procesos de intercambio de experiencias y construcción colectiva de conocimientos, permitiendo una visión más integral.

En este sentido, se puede concluir que el fortalecimiento de capacidades en herramientas geoespaciales representa una oportunidad relevante para promover prácticas agropecuarias más sostenibles y resilientes, particularmente en un contexto donde la gestión eficiente de los recursos naturales y la adaptación climática se han convertido en prioridades para el sector.

A partir de esta experiencia, resulta recomendable dar continuidad a los procesos de capacitación en SIG y tecnologías geoespaciales, promoviendo programas permanentes de formación dirigidos a personas productoras, extensionistas, juventudes y personal técnico institucional. Además, es importante fortalecer las metodologías prácticas mediante actividades de campo, análisis de casos reales y desarrollo de proyectos aplicados.

Finalmente, se considera necesario incentivar una mayor participación de personas jóvenes y mujeres en procesos de formación tecnológica y geoespacial, contribuyendo así a la inclusión y la innovación en el sector agropecuario. Además, es importante desarrollar mecanismos de seguimiento y acompañamiento técnico posteriores a las capacitaciones, que permitan evaluar la aplicación de los conocimientos adquiridos y fortalecer el uso de herramientas geoespaciales aplicadas al sector agropecuario.

Agradecimientos

A la Unidad de Agromática del Ministerio de Agricultura y Ganadería (UAM), por formar parte de este proceso tanto desde la coordinación como desde el componente técnico. Además, se agradece

al programa “Rutas Transformadoras Bajas en Emisiones de Carbono y Resilientes al Clima de Costa Rica – TRANSFORMA-INNOVA”, financiado por la Iniciativa Internacional para el Clima de Alemania (IKI), por el apoyo brindado durante el desarrollo de este trabajo.

Referencias

- Buzai, G. (2012). Geografía y Sistemas de Información Geográfica Evolución Teórico-Metodológica Hacia Campos Emergentes. *Revista Geográfica de América Central*, 2(48E), 15-67.
- FAO. (2018). *The future of food and agriculture – Alternative pathways to 2050*. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Longley, P., Goodchild, M., Maguire, D. & Rhind, D. (2015). *Geographic Information Systems and Science* (4th ed.). Wiley.
- Mulla, D. (2013). Twenty-five years of remote sensing in precision agriculture. *Biosystems Engineering*, 114(4), 358–371. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1537511012001419>
- Olaya, V. (2009). Sistemas de información geográfica. *Cuadernos internacionales de tecnología para el desarrollo humano*, (8), 15. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3113707>
- Rodríguez Rubí, J. (2023). Análisis de vulnerabilidad agrícola al cambio climático para la región del Sistema de la Integración Centroamericana (SICA). <https://repositorio.cepal.org/entities/publication/fbd869c0-b719-47f6-b759-28ec939e0c73>
- Vásquez, A. C., Estela, A. H., & Vásquez, N. C. (2025). Impacto de la aplicación de la agricultura de precisión en la geografía. *Posición. Revista del Instituto de Investigaciones Geográficas*, (14), 1-8. <https://posicion-inigeo.unlu.edu.ar/posicion/article/view/352>
- Veas, C., & Chia, E. (2016). Aprendizajes de la utilización de los sig en los procesos de construcción de gobernanza territorial: el caso de la re-introducción de la producción de quinua en la región del libertador B. O'Higgins. *Revista geográfica de Valparaíso*, 1(53). <https://revistageografica.cl/index.php/revgeo/article/view/7>



Consultor
INISEFOR-
LabTEc, UNA
(andresaguilarba20@
gmail.com)



Investigador,
INISEFOR-LabTEc,
UNA (mauricio.vega.
araya@una.cr)

MOCUPP Café: información satelital para monitorear el paisaje cafetalero costarricense



Estudiante,
Ingeniería en
Ciencias Agrarias
(nicole.obando.
moran@est.una.ac.cr)



Estudiante,
Ingeniería en Gestión
Ambiental (karina.
sevilla.segura@est.
una.ac.cr)

*Cristian Aguilar-Barboza
Mauricio Vega-Araya
Nicole Obando Morán
Karina Sevilla Segura
Priscilla Rigg Aguilar*



Priscilla Rigg Aguilar
Académica,
Investigadora,
INISEFOR, UNA
(priscilla.rigg.
aguilar@una.cr)

El café forma parte de la historia ambiental, económica y cultural de Costa Rica. Aunque el país ha diversificado su economía, el paisaje cafetalero continúa siendo un componente clave de muchas zonas rurales, especialmente en regiones de altitud media y alta del Valle Central, Los Santos, Occidente, Pérez Zeledón, Coto Brus. Sin embargo, conocer con precisión dónde se cultiva café, cuánta área ocupa y qué cobertura arbórea lo acompaña no es una tarea sencilla. Los cafetales presentan arreglos muy diversos: algunos muy pocos se cultivan sin sombra, otros, la gran mayoría bajo sombra dispersa o densa, y muchos se ubican en laderas, cerca de bosques, charrales, cercas vivas o cultivos con respuestas espectrales parecidas.

Esa complejidad explica la importancia del Monitoreo del Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos, conocido como MOCUPP. En el caso del café, el proceso MOCUPP Café fue desarrollado para generar información

geoespacial actualizada, pública y técnicamente robusta sobre el parque cafetalero nacional y la cobertura arbórea asociada. Esta es útil para la planificación territorial, la gestión ambiental, la trazabilidad productiva y el cumplimiento de nuevas exigencias internacionales vinculadas con cadenas de suministro libres de deforestación, como las establecidas por la Unión Europea (European Parliament and Council of the European Union, 2023).

El estudio se realizó para todo el territorio de Costa Rica y se organizó, además, según las regiones cafetaleras del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE) y las regiones de planificación del Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. El objetivo principal fue mapear el cultivo de café para los años 2021 y 2022, estimar la cobertura arbórea presente en un radio de 2 km alrededor de los cafetales y analizar los cambios ocurridos entre ambos años. El área mínima mapeable utilizada fue de 0.2 ha, criterio acordado para capturar con mayor detalle la estructura fragmentada de muchas áreas cafetaleras del país.

La metodología combinó trabajo de campo, fotointerpretación, imágenes satelitales y aprendizaje automático (**Figura 1**). Se utilizaron datos Sentinel-1, que aportan datos de radar y permiten observar la superficie aún bajo nubosidad, y datos Sentinel-2, que ofrecen información óptica y multispectral de la vegetación (Flores-Anderson et al., 2026; Maskell et al., 2021). También se incorporó información topográfica derivada del modelo digital de elevación Shuttle Radar Topography Mission (SRTM, por sus

siglas en inglés). A partir de estos insumos se construyeron cerca de 80 covariables, entre ellas índices de vegetación, índices derivados de radar, texturas, componentes principales, pendiente y orientación del terreno. Luego de revisar redundancias y multicolinealidad, se seleccionaron 62 variables multitemporales para alimentar el modelo de clasificación.

El proceso de clasificación se basó en aprendizaje a partir de una red neuronal profunda, entrenada con aproximadamente 200 000 puntos por año. Las clases principales fueron cultivo de café, cobertura arbórea y otras tierras. También, se aplicó un post-procesamiento automático orientado a objetos (Tassi et al., 2021), con el propósito de reducir el efecto de “sal y pimienta” típico de las clasificaciones píxel a píxel, y una revisión manual en QGIS para corregir falsos positivos y falsos negativos. Esta combinación permitió generar capas geoespaciales más consistentes. Además, mejoró su utilidad para la toma de decisiones.

La validación fue un componente clave del proceso. Para ello se aplicó un diseño aleatorio estratificado siguiendo buenas prácticas internacionales para estimar áreas y evaluar exactitud en mapas de cambio de cobertura (Olofsson et al., 2014). La interpretación de las muestras de validación fue realizada por personal técnico del ICAFE, independiente del equipo que produjo las clasificaciones. Este diseño permitió calcular no solo métricas de precisión, sino también intervalos de confianza e incertidumbre asociada a las estimaciones de área.

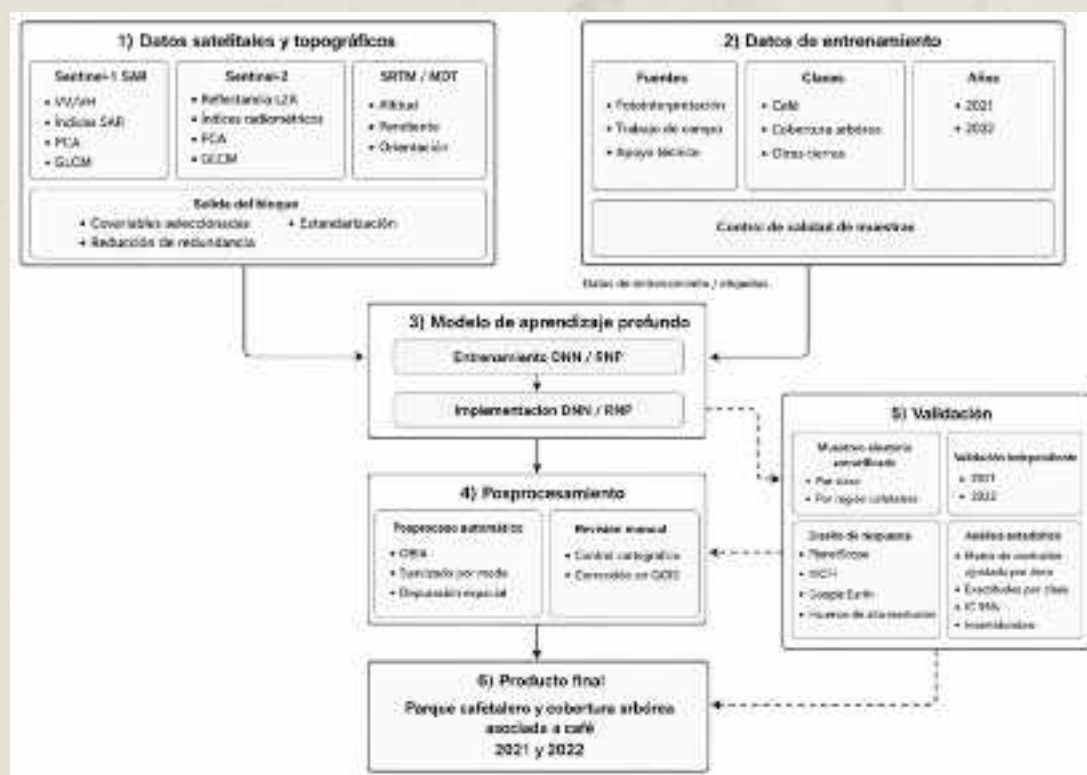


Figura 1: Flujo metodológico.

Los resultados permiten interpretar que el parque cafetalero nacional se mantuvo estable entre 2021 y 2022 (**Cuadro 1**). La superficie estimada fue de 82 616.7 ha en 2021 y 82 633.3 ha en 2022, con intervalos de confianza de $\pm 1\,005$ ha y ± 952.4 ha, respectivamente. La diferencia entre ambos años no fue estadísticamente significativa, lo cual es coherente con el carácter perenne del cultivo y con la ausencia de procesos amplios de expansión o contracción durante el periodo analizado. En términos generales, el café representa alrededor del 1.6 % del territorio nacional.

Cuadro 1. Resultados principales del mapeo MOCUPP Café para 2021 y 2022.

Clase	Área 2021 (ha)	Área 2022 (ha)	Indicador de calidad
Cultivo de café	82 616.7 $\pm$ 1 005	82 633.3 $\pm$ 952.4	Precisión global: 94.6 % a 95.8 %
Cobertura arborea asociada	300 798.1 $\pm$ 3 001	300 478.7 $\pm$ 3 455	F1-score: 0.95
Otras tierras	314 034.6 $\pm$ 5 846	314 342.1 $\pm$ 4 646	F1-score: 0.93 a 0.96

Nota: los valores después del símbolo $\pm$ corresponden al intervalo de confianza al 95 %.

La distribución territorial del cultivo confirma una fuerte concentración geográfica. La región cafetalera de Los Santos agrupó cerca de 28 400 ha, equivalente a aproximadamente una tercera parte del parque cafetalero nacional. Le siguieron Occidente, con cerca de 18 600 ha, y Valle Central, con alrededor de 11 600 ha. Pérez Zeledón y Coto Brus también mantienen una participación relevante, mientras que Turrialba y Zona Norte representan extensiones menores (**Figura 2**). Desde la perspectiva de las regiones de planificación, la Región Central y la Región Brunca reúnen la mayor parte del café del país.

Las pérdidas y ganancias de cultivo detectadas entre 2021 y 2022 fueron marginales. A escala nacional se estimaron 151.6 ha de ganancia y 135.0 ha de pérdida, con un balance prácticamente neutro. Estos valores deben interpretarse con cautela, pues se encuentran dentro de los márgenes de incertidumbre del producto. Más que una expansión real del cultivo, las pequeñas diferencias podrían reflejar procesos locales de renovación, replantación, manejo o ajustes de clasificación.

En cuanto a la cobertura arbórea asociada al café, el análisis registró 300 798.1 ha en 2021 y 300 478.7 ha en 2022 dentro del radio de 2 km alrededor del parque cafetalero. Esta estabilidad es

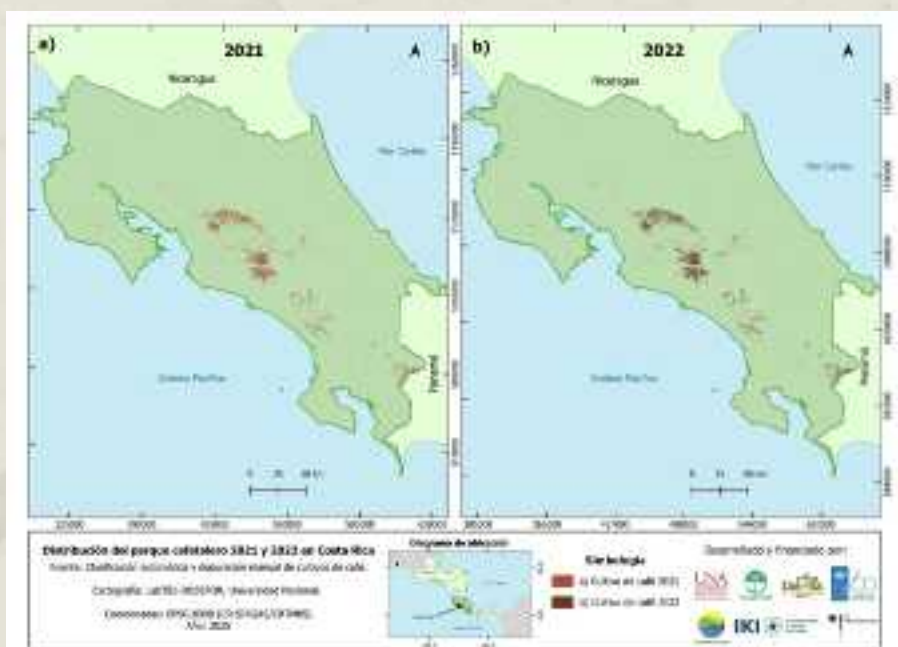


Figura 2: Mapa de distribución de cultivo de café para los años 2021 y 2022 en Costa Rica.

Nota: Elaboración propia.

relevante porque muestra que, en el corto plazo, el arbolado presente en el entorno cafetalero no evidencia cambios amplios. No obstante, la lectura ambiental requiere prudencia: los procesos de regeneración, pérdida o sustitución de arbolado suelen desarrollarse en periodos más largos que un año.

La pérdida de cobertura arbórea estimada para el periodo 2021-2022 fue de 319.3 ha, menos del 0.1 % de la cobertura arbórea analizada. Las mayores pérdidas absolutas se observaron en Pérez Zeledón, Turrialba y Occidente. Aun así, estos cambios no deben atribuirse automáticamente al cultivo de café. El indicador representa pérdida de arbolado en el entorno cafetalero, pero no demuestra por sí mismo que el café haya sido la causa directa. En paisajes productivos complejos, los cambios pueden responder a múltiples factores: manejo de fincas, urbanización dispersa, renovación agrícola, eventos locales o transiciones graduales de uso del suelo.

Los resultados de validación respaldan la confiabilidad del método. La precisión global aumentó de 94.6 % en 2021 a 95.8 % en 2022, mientras que el coeficiente Kappa pasó de 92.2 % a 93.6 %. Para la clase café, la precisión del productor se mantuvo entre 0.95 y 0.96, y el F1-score fue de 0.96 en ambos años. Estos indicadores muestran que el uso combinado de imágenes Sentinel, covariables ambientales, redes neuronales profundas, posprocesamiento orientado a objetos y validación independiente puede ofrecer

resultados sólidos para el monitoreo de paisajes agrícolas complejos.

MOCUPP Café aporta una herramienta estratégica para Costa Rica. Sus datos pueden apoyar la gestión pública, orientar acciones de conservación y restauración en paisajes productivos, fortalecer la trazabilidad del sector cafetalero y mejorar la transparencia frente a mercados que solicitan evidencia geográfica sobre deforestación. También permite pasar de diagnósticos generales a información espacialmente explícita, útil para gobiernos locales, instituciones públicas, organizaciones productivas y comunidades vinculadas con el café.

Los resultados están disponibles en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) en el nodo MOCUPP – Café de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica: https://geoportal.ucr.ac.cr/geoserver/mocupp_cafe/wfs y en el visor del Laboratorio de Teledetección de Ecosistemas del INISEFOR de la Universidad Nacional: <http://www.labtec.una.ac.cr/DashBoardCafe/>

El principal aprendizaje es que el parque cafetalero costarricense muestra una estructura territorial consolidada y estable en el corto plazo. Sin embargo, esa estabilidad no debe entenderse como ausencia de desafíos. La conservación del arbolado asociado, el monitoreo de pérdidas localizadas, la actualización periódica de las capas y la integración del conocimiento técnico del ICAFE y de las comunidades productoras serán claves

para mantener un sistema de información confiable. Para futuros monitoreos se recomienda ampliar los intervalos de análisis a periodos bianuales o mayores, de modo que sea posible detectar cambios más relevantes y reducir el ruido propio de comparaciones anuales.

En síntesis, MOCUPP Café demuestra que la tecnología satelital y el aprendizaje automático pueden ponerse al servicio de una pregunta concreta: cómo monitorear mejor los paisajes productivos para tomar mejores decisiones. En un país donde el café sigue siendo parte de la identidad territorial, contar con información pública, validada y actualizable es una condición necesaria para avanzar hacia una producción más transparente, resiliente y compatible con la conservación ambiental.

Agradecimientos

Las personas autoras agradecen al Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) por el apoyo técnico y financiero brindado en el marco del proyecto *Rutas Transformadoras bajas en Emisiones de Carbono y Resilientes al Clima de Costa Rica (TRANSFORMA)*, el cual permitió fortalecer las capacidades nacionales para el monitoreo geoespacial del cultivo de café y de la cobertura arbórea asociada. Asimismo, se reconoce el valioso acompañamiento del Instituto del Café de Costa Rica (ICAFE), especialmente por su participación en los procesos de validación y revisión técnica de los productos generados. Este esfuerzo conjunto

permitió generar información robusta, pública y útil para apoyar la sostenibilidad del sector cafetalero, la gestión territorial y la toma de decisiones ambientales en Costa Rica.

Referencias

- European Parliament y Council of the European Union. (2023). Regulation (EU) 2023/1115 of the European Parliament and of the Council of 31 May 2023 on the making available on the Union market and the export from the Union of certain commodities and products associated with deforestation and forest degradation. Official Journal of the European Union, L150, 206-247. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2023/1115/oj>
- Flores-Anderson, A. I., Cardille, J. A., Kellndorfer, J., Meyer, F. J., & Olofsson, P. (2026). On the sensitivity of SAR C- and L-band dual-polarized data for detection of early deforestation in the tropics. *Remote Sensing of Environment*, 333, 115133. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2025.115133>
- Maskell, G. M., Chemura, A., Nguyen, H., Gornott, C. y Mondal, P. (2021). Integration of Sentinel optical and radar data for mapping smallholder coffee production systems in Vietnam. *Remote Sensing of Environment*, 266, 112709. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2021.112709>
- Olofsson, P., Foody, G. M., Herold, M., Stehman, S. V., Woodcock, C. E. y Wulder, M. A. (2014). Good practices for estimating area and assessing accuracy of land change. *Remote Sensing of Environment*, 148, 42-57. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.02.015>
- Tassi, A., Gigante, D., Modica, G., Di Martino, L. y Vizzari, M. (2021). Pixel- vs. object-based Landsat 8 data classification in Google Earth Engine using Random Forest: The case study of Maiella National Park. *Remote Sensing*, 13(12), 2299. <https://doi.org/10.3390/rs13122299>



Geógrafa, cartógrafa,
consultora en
Teledetección y SIG
(mariajos1221@
hotmail.com)



Geógrafo y consultor
en Teledetección
y SIG (joselugm@
proton.me)



Programa
Transforma-
Innova, PNUD
(fran1993piedra@
gmail.com)

Experiencia de monitoreo del cambio de uso de la tierra en cultivos de musáceas en Costa Rica durante el período 2021-2022

*María José Elizondo Campos
José Luis Gamboa Mora
Francini Acuña Piedra*

El cultivo de musáceas, particularmente banano y plátano, ha sido históricamente uno de los pilares de la economía costarricense, no solo por su contribución en la generación de divisas, sino también por su papel en la configuración del paisaje productivo del país. Desde finales del siglo XIX, este cultivo ha ocupado un lugar importante en las exportaciones nacionales y en la generación de empleo (Vallejo, 2018). A nivel internacional, los bananos son considerados uno de los productos agrícolas más globalizados, debido a su fuerte presencia en el comercio mundial (Martínez y Rey, 2021).

En este contexto, la creciente exigencia de los mercados internacionales por contar con certificaciones de origen y sellos de no deforestación ha impulsado la necesidad de herramientas confiables para rastrear la evolución temporal de estos cultivos.

El sistema de Monitoreo del Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos (MOCUPP), impulsado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), ha venido consolidándose como una de

esas herramientas. Desde sus primeras etapas, fue planteado como un instrumento para monitorear paisajes productivos con un enfoque territorial (Arguedas et al., 2021).

La incorporación del cultivo de musáceas dentro de este sistema representó un paso importante, ya que permitió construir por primera vez una línea base nacional con un nivel de detalle que antes no se tenía. El mapeo de musáceas se desarrolló en el marco de trabajo del Programa “*Rutas transformadoras bajas en emisiones de carbono y resilientes al clima de Costa Rica – Transforma-Innova*”, financiado por la Iniciativa Internacional de Protección del Clima de Alemania (IKI, por sus siglas en alemán).

El MOCUPP permite identificar y clasificar las áreas dedicadas a la producción de musáceas y otros cultivos extensivos del país, como piña, palma aceitera, café y pasturas para ganadería. Asimismo, mide los cambios asociados a la pérdida, ganancia y permanencia de la cobertura arbórea vinculada a estos cultivos. Este enfoque garantiza un monitoreo continuo y preciso de los paisajes agrícolas, lo que contribuye a la planificación y toma de decisiones en el sector agroproductivo, ambiental y otras áreas relacionadas.

Este artículo abarca los resultados obtenidos para 2021 y 2022, ofreciendo datos detallados sobre la distribución geográfica del área de musáceas en el país y los cambios en relación a la pérdida

o ganancia de cobertura arbórea en estos cultivos en el periodo evaluado.

El enfoque metodológico utilizado en este estudio combina herramientas geoespaciales avanzadas y técnicas de análisis específicas para el monitoreo del cultivo de musáceas en Costa Rica. El proceso incluyó la identificación, digitalización y validación de áreas cultivadas mediante imágenes satelitales y trabajo de campo, asegurando una representación precisa de las dinámicas productivas.

El desarrollo metodológico fue abordado en siete etapas entre ellas: selección del área de estudio, asegurando una representación

descarga de imágenes satelitales, identificación del patrón de retrodispersión radiométrica, trabajo de campo, interpretación y digitalización de áreas cultivadas con musáceas, validación, y publicación de los datos en el Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT).

El área de estudio se determinó a partir de una revisión nacional donde estuviera la presencia del cultivo de musáceas en Costa Rica durante el período 2021-2022, basados como límite de las regiones de MIDEPLAN (Decreto Ejecutivo N° 7.944-P).

Por su parte, el monitoreo se desarrolló a partir de la combinación de imágenes satelitales de radar de apertura sintética (SAR) y datos ópticos, apoyados en procesos de fotointerpretación. Se decidió utilizar imágenes SAR ya que estas

son útiles debido a las condiciones de nubosidad persistente en gran parte del país, particularmente en la región Caribe.

A diferencia de los sensores ópticos, estos emiten su propia señal de microondas capaces de atravesar la atmósfera y registran la energía retrodispersada por una determinada superficie, lo anterior, permite obtener información de la cobertura terrestre independientemente de las condiciones atmosféricas (Moreira et al., 2013), lo cual fue clave para mantener la consistencia del análisis ya que en ensayos previos con otros productos multiespectrales de mediana resolución se dificulta cubrir la totalidad del área de estudio con imágenes libres de nubosidad (Figura 1).

Según la Guzmán-Álvarez et al. (2022), el uso de sensores activos, como el radar de apertura sintética (SAR), ha demostrado ser particularmente útil en la estimación de áreas de producción de banana, debido a la alta retrodispersión que generan las grandes hojas de las plantas. También, Martínez-Barbáchano (2025), utilizó imágenes SAR para el mapeo de banana en Costa Rica.

Cabe mencionar, que los monocultivos de musáceas, como el banana y el plátano, presentan un patrón de expansión

característico que los hace distinguibles en imágenes satelitales. Estos cultivos tienden a extenderse en bloques horizontales homogéneos, donde la copa de las plantas forma un dosel continuo (Johansen et al., 2014). Esta configuración espacial genera una señal de retrodispersión distintiva en las imágenes SAR, que puede ser diferenciada de otras coberturas vegetales (Guzmán-Álvarez et al., 2022).

En este sentido, la interpretación de las áreas cultivadas con musáceas requirió no solo el análisis de los valores espectrales, sino también la comprensión de los patrones de distribución espacial del cultivo en campo y de los periodos de renovación asociados a estas plantaciones. Este conocimiento resultó clave para diferenciar las musáceas de otras coberturas.



Figura 1. Representación conceptual de la interacción y captura de la señal SAR de Sentinel-1 sobre plantaciones de musáceas.

Fuente: elaborada mediante inteligencia artificial con base en el desarrollo metodológico de la investigación.

El proceso de validación combinó trabajo de campo con revisiones remotas o “giras virtuales” mediante herramientas como *QField*, *Collect Earth Online* y *Google Earth Pro*. La definición de los puntos de muestreo se basó en criterios estadísticos utilizando la fórmula propuesta por Chuvieco (2010).

El muestreo se ejecutó considerando las principales áreas reconocidas como idóneas para el desarrollo de estos cultivos; sin embargo, durante el proceso fue necesario realizar diversos ajustes, principalmente para asegurar una representación equilibrada de las distintas regiones del país.

Posteriormente, los datos fueron validados y a partir de los estándares de publicación del SNIT, fueron publicados mediante el nodo de la Escuela de Geografía de la Universidad de Costa Rica, estos son de acceso abierto.

Los principales resultados indican que para el 2021, las áreas cultivadas con musáceas en Costa Rica alcanzaron aproximadamente $\pm 62\,263.80$ hectáreas, lo que representó el ± 1.22 % del territorio nacional. Para el 2022, la superficie cultivada aumentó a $\pm 64\,485.70$ hectáreas, equivalente al ± 1.26 % del territorio del país. Estos resultados evidencian un incremento aproximado de $\pm 2\,221.90$ hectáreas en el área destinada al cultivo de musáceas entre 2021 y 2022, reflejando una expansión sostenida de esta actividad agrícola durante el periodo que incluye el estudio (Figura 2).

A nivel regional, la Región Huetar Caribe se consolidó como la principal zona de siembra de musáceas, concentrando aproximadamente el ± 85.67 % del área cultivada a nivel nacional, destacando los cantones de Matina y Siquirres lo que tiene mayor área de este cultivo.

Por su parte, la Región Huetar Norte tiene alrededor del ± 11.15 % del área de siembra en el país, destacando el cantón de Sarapiquí como uno de los principales territorios con cultivo de musáceas en dicha región. Aunque las regiones Pacífico Central (1.27 %), Brunca (1.87 %) y Central (2.23 hectáreas) presentan una participación relativamente menor en términos de superficie cultivada, estas desempeñan un papel relevante en la diversificación agrícola y en la distribución territorial de la producción nacional de musáceas (Figura 2).

Los datos de campo recopilados para este mapeo que se ejecutaron mediante giras de campo y recorridos “virtuales”, permitieron desarrollar un análisis detallado y robusto de la distribución de las musáceas en el país, con más de 4 000 puntos de control capturados para ambos años de estudio. La evaluación de la capa correspondiente al 2021 presentó un nivel de confianza del 98.03 %, mientras que la clasificación generada para el 2022 alcanzó un nivel de confianza del 95.38 %. Estos resultados evidencian una alta precisión en los procesos de identificación y clasificación realizados para ambos periodos de estudio.

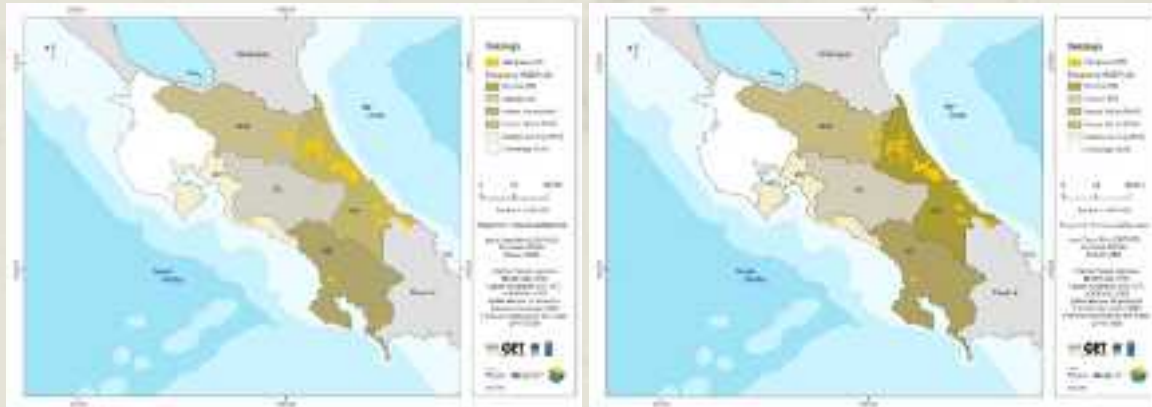


Figura 2. Mapa del cultivo de musáceas para Costa Rica: a) 2021 y b) 2022.

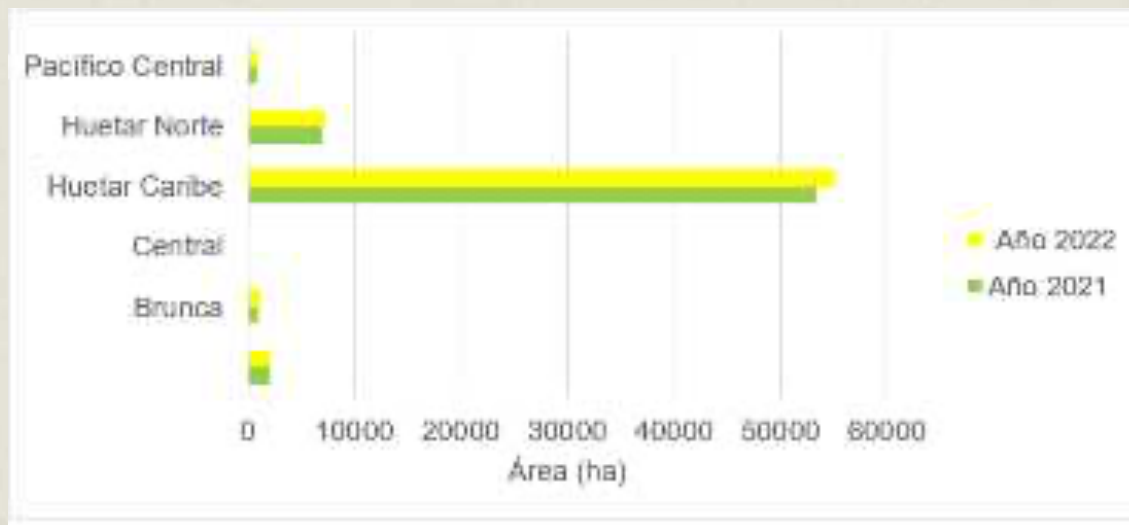


Figura 3. Extensión del cultivo de musáceas para Costa Rica en 2021 y 2022.

Además, el MOCUPP desarrolló el análisis de pérdida y ganancia de cobertura arbórea asociada al cultivo de musáceas en Costa Rica para los años 2021 y 2022. Este análisis se basó en la comparación de la extensión de las áreas cultivadas entre ambos periodos, con el objetivo de identificar los cambios asociados a la cobertura arbórea (CA) dentro del paisaje productivo monitoreado. Los resultados

permitieron evaluar si el incremento de la superficie cultivada estuvo relacionado con procesos de pérdida de cobertura arbórea o, por el contrario, si la disminución de las áreas de cultivo se asoció con procesos de ganancia o recuperación de dicha cobertura (**Figura 3**).

Con respecto a la ganancia de cobertura arbórea se definió como aquellas áreas que registraron un aumento en la

cobertura vegetal arbórea, favoreciendo la conectividad de la matriz del paisaje productivo y de los ecosistemas circundantes. Esta condición puede identificarse a una escala de 1:10.000 mediante el uso de píxeles de 10×10 metros, e incluye procesos de regeneración natural, regeneración asistida y reforestación (Hernández et al., 2022). Por su parte, la pérdida de cobertura arbórea corresponde a las diferencias identificadas entre los datos vectoriales del paisaje productivo monitoreado por MOCUPP al comparar un año base con el periodo subsiguiente. Estas pérdidas se asocian con variaciones en la cobertura arbórea y con la aparición de nuevas áreas destinadas al paisaje productivo, las cuales también pueden discriminarse a una escala de 1:10.000 utilizando píxeles de 10×10 metros (Hernández et al., 2022).

Asimismo, se analizaron las áreas sin cambios, entendidas como aquellas donde no se detectaron modificaciones en la cobertura arbórea circundante al paisaje productivo monitoreado por MOCUPP, manteniendo la misma escala de análisis y resolución espacial empleada en el estudio (Hernández et al., 2022).

Se determinó que el 99.01 % del área de cultivo de musáceas no presentó cambios. Esto indica que la mayor parte del área evaluada se mantuvo sin evidencia de pérdida de cobertura arbórea (deforestación) durante el periodo de estudio. Sin embargo, se identificó que aproximadamente 125.74 hectáreas del área productiva presentaron un aumento

de cobertura arbórea (**Figura 4**). Esto sugiere que algunas áreas previamente ocupadas por cultivo de musáceas, pasaron a procesos de regeneración o recuperación de vegetación distinta a este cultivo.

Las ganancias de cobertura arbórea se presentan específicamente en los cantones de Talamanca, con la mayor extensión alrededor de ± 56.71 hectáreas, seguido por Matina con ± 40.10 hectáreas y en tercer lugar Guácimo con ± 13.43 hectáreas. Los cantones de Limón, Pococí, Quepos y Sarapiquí, reportaron igualmente ganancias, pero inferiores a las 10 hectáreas.

Por su parte, se detectó una pérdida de cobertura arbórea dentro del área de siembra de aproximadamente ± 117.96 hectáreas, lo que equivale al ± 0.18 % del área analizada, un valor estadísticamente poco significativo (**Figura 4**). Este resultado indica que la expansión del cultivo de musáceas generó una remoción puntual de cobertura arbórea.

Los datos de pérdida de cobertura arbórea que se identificaron en el proceso son únicamente en la región Huetar Caribe, utilizando el 100 % de las áreas de pérdidas. Estas se distribuyen en los cantones de Limón con ± 5.24 hectáreas y Talamanca con ± 112.72 hectáreas.

Los cambios observados con respecto a las pérdidas de cobertura arbórea podrían estar influenciados por factores propios de la dinámica productiva y del uso del suelo. Por un lado, la existencia de plantaciones forestales comerciales dentro de algunas fincas bananeras, que son

cosechadas periódicamente, puede generar variaciones en los índices y reportarse como pérdida de cobertura arbórea. Además, las prácticas de manejo del cultivo, como las programaciones de cosecha y renovación de plantaciones (“*chop down*”), provocan que ciertas áreas salgan y entren rápidamente en producción, lo que dificulta una estimación estable y precisa del área efectivamente sembrada.

Además, la dinámica del cultivo de musáceas en el cantón de Talamanca, está mayoritariamente asociada en territorio indígena, actualmente se caracteriza por dedicarse a la siembra de banano criollo, el cual lo cultiva en sistemas agroforestales, o en cultivos intercalados, como cacao, café, especies forestales, plátano, maíz y granos básicos, lo cual implica que no se de prácticas para optimizar

la producción en cuanto al uso del suelo y el espacio (MAG, 2022), lo que puede ocasionar que estén rotando los cultivos en terrenos que han dejado en descanso y se han recuperado con el tiempo, o que aumentó su área productiva para tener más productividad, lo que puede ocasionar los reportes de pérdida de cobertura arbórea.

Esta información generada por el MOCU-PP resulta útil para el sector ambiental y productivo, ya que permite demostrar la existencia de prácticas de producción libres de deforestación. Esta información puede utilizarse en iniciativas como la estrategia de Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada (NAMA), así como en regulaciones nacionales, acuerdos climáticos internacionales y procesos de gestión territorial enfocados en paisajes agrícolas y ambientales del país.

Además, el sistema genera alertas tempranas que facilitan la realización de acciones ante aparentes pérdidas de cobertura arbórea. A futuro, podría aumentar la competitividad del sector agrícola al permitir certificar productos como libres de deforestación. En este contexto, las personas consumidoras jugarán un rol esencial al informarse y optar por este tipo de productos.



Figura 4. Mapa de pérdidas y ganancias de cobertura arbórea asociada a musáceas en el área del cultivo (*in-situ*), desagregada por cantón, durante el periodo 2021 -2022.

Este tipo de información posee un alto potencial estratégico en el contexto de los mercados internacionales, particularmente ante la creciente presión por garantizar que los productos agrícolas provengan de sistemas sostenibles y libres de deforestación. En este sentido, contar con sistemas de monitoreo basados en información geoespacial confiable contribuye a fortalecer la resiliencia de los países productores frente a las actuales y futuras crisis globales de abastecimiento.

Asimismo, estas herramientas representan una ventaja tanto para el país como para las personas productoras, al facilitar los procesos de trazabilidad, monitoreo y cumplimiento de estándares ambientales exigidos por los mercados internacionales, favoreciendo así el posicionamiento de las exportaciones en entornos comerciales cada vez más competitivos.

Además, el monitoreo de musáceas permite identificar posibles tensiones entre la expansión agrícola y la conservación de los recursos naturales, lo que abre la puerta a discusiones más informadas sobre ordenamiento territorial y sostenibilidad, especialmente en escenarios donde corporaciones transnacionales y multinacionales concentran grandes porcentajes de la producción, coexistiendo con productores de menor escala dedicados al cultivo de plátano.

Se recomienda mantener el monitoreo anual del cultivo de musáceas y generar información actualizada que permita comprender la dinámica espacial y

temporal de esta actividad productiva, así como identificar aquellas personas productoras que desarrollan una producción libre de deforestación. Esto contribuiría a fortalecer su posicionamiento comercial y competitividad tanto en los mercados nacionales como internacionales.

Asimismo, el MOCUPP constituye una herramienta activa y dinámica, por lo que la mejora continua de las metodologías empleadas debe considerarse un objetivo estratégico. En este sentido, resulta fundamental incorporar avances tecnológicos e innovación científica que permitan incrementar la precisión, confiabilidad y capacidad de actualización de los resultados generados.

Finalmente, una de las principales limitaciones del estudio radica en que las imágenes satelitales de resolución media utilizadas no permitieron identificar con suficiente precisión las áreas de musáceas integradas en sistemas de producción agroforestal, lo cual podría generar subestimaciones o dificultades en la discriminación de este tipo de coberturas complejas.

Referencias

- Acuña López, S., Ávila Pérez, I., Aguilar-Arias, H., Hernández Hernández, S., Vargas Céspedes, A., Vargas Solano, Y., Obando Picado, M. F., Fallas Montero, E., Jiménez Rodríguez, M., Fernández Garro, J., Calvo Elizondo, Y., Romero Badilla, D., Manrow Villalobos, M. y Miller Granados, C. (2022). Informe final del paisaje de Cobertura Arbórea presente en un radio de 2 km alrededor de los paisajes productivos del MOCUPP para el año 2019. San José, C.R.: CENAT-PRIAS, CONARE. ISBN: 978-9977-77-465-7
- Arguedas, C., Miller, C. & Vargas, C. (2021). Informe: Monitoreo del estado de la piña en Costa Rica para el año 2019, asociado con la pérdida y ganancia entre la cobertura forestal. Recuperado de <https://mocupp.org/informes/>
- Ávila Pérez, I., Vargas Bolaños, C., Vargas Solano, Y., Arguedas González, C., Francini Acuña Piedra, J., & Miller Granados, C. (2020). Propuesta de monitoreo de nuevos paisajes productivos de café y musáceas para Costa Rica. *Revista Trimestral sobre la Actualidad Ambiental*, (276), 66-72. <https://doi.org/ISSN 1409-214X>
- Chuvieco, E. 2010. Teledetección ambiental: La observación de la tierra desde el espacio. 4ed. Editorial Ariel. Barcelona, España. 590 p.
- Guzmán-Álvarez, J. A., González-Zuñiga, M., Sandoval Fernández, J. A., & Calvo-Alvarado, J. C. (2022). Uso de sensores remotos en la agricultura: aplicaciones en el cultivo del banano. *Agronomía Mesoamericana*, 33(3), 48279. <https://doi.org/10.15517/am.v33i3.48279>
- Hernández Hernández, S., Aguilar-Arias, H., Ávila Pérez, I., Acuña López, S., Vargas Solano, Y., Vargas Céspedes, A., ... & Miller Granados, C. (2022). Informe final del paisaje productivo de pastos año 2019. <https://repositorio.conare.ac.cr/server/api/core/bitstreams/aac630e9-48c7-4893-be94-6cb8675f7d84/content>
- Johansen, K., Sohlbach, M., Sullivan, B., Stringer, S., Peasley, D., & Phinn, S. (2014). Mapping banana plants from high spatial resolution orthophotos to facilitate plant health assessment. *Remote Sensing*, 6(9), 8261–8286. <https://doi.org/10.3390/rs6098261>
- Martínez-Barbáchano, R. (2025). Identificación de monocultivos de musáceas (*Musa* sp.) en el norte de Costa Rica mediante reescalado de imágenes radar de apertura sintética (SAR) Sentinel 1A. *Geofocus: Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (35), 121-135. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=10345618>
- Martínez, G., & Rey, J. C. (2021). *Bananos (Musa AAA): importancia, producción y comercio en tiempos de Covid-19*. Dialnet. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8064066>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2022). Informe final NAMA Musáceas 2022. <https://www.mag.go.cr/asuntos-internacionales/Inf-final-NA-MA-Musaceas-2022.pdf>
- Moreira, A., Prats-Iraola, P., Younis, M., Krieger, G., Hajnsek, I., & Papathanassiou, K. P. (2013). A tutorial on synthetic aperture radar. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Magazine*, 1(1), 6–43. https://www.researchgate.net/publication/257008464_A_Tutorial_on_Synthetic_Aperture_Radar
- Vallejo, M. (2018). Lineamientos para el diseño e implementación de la estrategia de producción de musáceas bajas en carbono, resilientes y adaptadas al cambio climático para Costa Rica – EPMBC –. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/P40-8221.pdf>



Académico e investigador,
UCR (melvin.lizanoaraya@ucr.ac.cr)



Investigador, UCR (ramon.masiscampos@ucr.ac.cr)

Experiencia de monitoreo del cambio de uso de la tierra en pastos para ganadería en Costa Rica durante el período 2021–2022

*Melvin Lizano Araya
Ramón Masís Campos*

La ganadería constituye una actividad estratégica en Costa Rica, ocupando una porción significativa del territorio nacional. Ante los compromisos ambientales globales, como el Pacto Verde Europeo y la regulación EUDR, el país impulsa iniciativas como el sistema MOCU-PP, apoyado por el PNUD, para monitorear cultivos y coberturas de la tierra. Este artículo documenta el análisis geoespacial del paisaje productivo de pastos en Costa Rica, evaluando su relación con la cobertura arbórea y los cambios ocurridos en el período 2021–2022.

Por lo anterior resulta de especial importancia comprender la dinámica territorial de los paisajes ganaderos en Costa Rica, debido a que no solamente tiene implicaciones a nivel productivo, sino a nivel ambiental y legal. El relacionar los pastos con la cobertura arbórea es un indicador clave hacia la sostenibilidad, pues este refleja la presión sobre los recursos naturales y su asociación con prácticas silvo-pastoriles. Sin embargo, existe una limitada disponibilidad de información que permita analizar esos cambios a nivel espacial y que sea comparable con criterios metodológicos

consistentes principalmente en períodos recientes.

Es por todo esto, que el presente trabajo realiza un aporte basado en la utilización de tecnologías geoespaciales con el fin de caracterizar las dinámicas de las áreas de pastos en función a la cobertura arbórea a nivel nacional para el período comprendido entre los años 2021-2022. Esto es posible a través de la integración de la teledetección, fotointerpretación y validación en campo donde se busca no sólo describir los patrones espaciales existentes sobre estas coberturas sino a fortalecer el monitoreo a través de estas herramientas con el fin de que permitan apoyar la toma de decisiones en materia territorial, ambiental, productivo entre otros. Por lo anterior es que este artículo se posiciona como un insumo técnico-científico para instituciones públicas, sector productivo y para el diseño de políticas públicas asociadas a esta materia.

En Costa Rica, los pastizales constituyen un componente dominante dentro de la matriz de los paisajes rurales, reflejando su importancia en las dinámicas agroproductivas del país. Según el último Censo Agropecuario realizado en 2014 por el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC, 2015), la cobertura de pastizales alcanza una extensión de 1 044 910 hectáreas, lo que representa el 20.45 % del territorio nacional. Esta cobertura se concentra principalmente en cantones de las regiones Huetar Norte (San Carlos y Sarapiquí) y Brunca (Buenos Aires),

donde la ganadería constituye una actividad económica que produce la generación de divisas y empleo directo e indirecto en las zonas rurales.

En cuanto al hato ganadero que pastorea este paisaje, el censo (2014) estimó un total de 1 497 551 animales, de los cuales el 52.3 % corresponde a ganado de carne, el 16.2 % a ganado de leche, el 31.3 % a doble propósito, y un 0.2 % a animales destinados exclusivamente al trabajo agrícola, como la preparación de terrenos.

A nivel nacional, la composición de los pastos utilizados como gramíneas forrajeras se divide en pastos naturales (53.3 %), pastos mejorados (44.6 %) y pastos de corte (2.1%) (INEC, 2015). Para Costa Rica, Cortés Enríquez (1994) identificó más de treinta variedades de especies forrajeras, entre las que destacan *Hyparrhenia rufa* (jaragua) en tierras bajas, *Brachiaria spp.* en bajuras y terrazas, y *Pennisetum clandestinum* (kikuyo) en altitudes medias, además de *Brachiaria brizantha* y *Cynodon nlemfuensis*, especies que se adaptan mejor a sistemas de intensificación racional y a condiciones de sequía estacional.

Otro rasgo distintivo de los potreros en el paisaje costarricense es la presencia de cobertura arbórea. Abarca y Segura (2024) calculan un promedio de 21 árboles por hectárea, lo que equivale a entre 19 y 22 millones de árboles para el país con funciones ecológicas clave, como la provisión de sombra, el aumento de biodiversidad y el secuestro de carbono (Rizo y otros 2022).

La relación binaria entre los pastizales y la cobertura arbórea en los paisajes productivos representa una interacción clave que influye directamente en la funcionalidad y sostenibilidad de los sistemas agropecuarios. Esta relación no es estática en el tiempo, dependiendo del manejo, pueden traducirse en pérdidas tanto ambientales (biodiversidad, suelo, agua) como económicas, afectando negativamente la productividad del pastizal.

Las dinámicas por cambios en la cobertura y usos de la tierra son desafíos de interés nacional en política comercial, especialmente en las cadenas de valor libres de deforestación que requieren que el Estado y el sector privado adopten medidas para vigilar la dinámica de la cobertura terrestre dentro de los paisajes de producción que abastecen al mundo materias primas (Sassa y Acuña, 2021).

El monitoreo del cambio de uso de la tierra es una estrategia fundamental para la gestión sostenible del territorio y una herramienta clave en la formulación de políticas ambientales, particularmente cuando se basa en tecnologías geoespaciales. Estas tecnologías, como los sistemas de información geográfica (SIG), fotogrametría y la teledetección, permiten observar, registrar y analizar de manera precisa y sistemática las transformaciones del paisaje a lo largo del tiempo. Gracias a su capacidad para generar datos geográficos actualizados y de alta resolución, el monitoreo geoespacial facilita la identificación de tendencias en la conversión del uso de la tierra, como

la deforestación, la expansión agrícola o el crecimiento urbano, ofreciendo evidencia técnica para la toma de decisiones informadas.

Sassa y Acuña (2021) señalan que, a nivel internacional, existen diversas soluciones tecnológicas para el monitoreo del cambio en la cobertura forestal, entre las que destacan plataformas como Global Forest Watch, MapX, Planet, MapHubs y Open Foris, así como sistemas nacionales implementados en Brasil, Indonesia y Perú y regionales como el Servicio de Monitoreo de la Tierra de Copernicus (CLMS, 2025) de la Unión Europea. En el caso de CLMS entre sus productos cartográficos destacan las capas de pastizales (Ver **Figura 1**), que ofrecen datos de resolución espacial (10 metros) desde 2017 para periodo trianuales sobre la ubicación, extensión y cambios entre los pastizales con otros usos de la tierra.

Para Costa Rica, en 2015 el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), a través Green Commodities. Esta es una iniciativa global cuyo objetivo principal es transformar la producción de productos agrícolas básicos hacia prácticas más sostenibles, libres de deforestación y socialmente responsables.

Este antecedente, permitió lanzar el MOCUPP (Monitoreo del Cambio de Uso y Cobertura de la Tierra en Paisajes Productivos). La metodología combina fotointerpretación, teledetección con imágenes satelitales (Landsat y Sentinel) y verificación de campo mediante formularios móviles con georeferenciación, con



Figura 1. Visor cartográfico “High Resolution Layer Grasslands”.

el propósito de consolidar un historial de monitoreo anual sobre cambios (pérdida y ganancia) en la cobertura arbórea vinculados a cultivos de piña, palma aceitera, pasturas, café y banano (Aguilar Arias et al., 2019; Aguilar-Arias et al., 2023, Vargas et al., 2022).

Paralelamente, el MOCUPP se encuentra alineado y articulado con el Sistema Nacional de Monitoreo de la Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE), la plataforma oficial de Costa Rica que consolida y estandariza la información geoespacial sobre cobertura, uso del suelo y ecosistemas a nivel nacional, facilitando la toma de decisiones ambientales y territoriales (Molina-Murillo et al., 2020). En virtud del Decreto Ejecutivo N.º 42886-MINAE-MAG-JP, el flujo de datos generado por MOCUPP alimenta directamente la base cartográfica de SIMOCUTE y contribuye a la generación de indicadores para instrumentos

internacionales como Reducción de Emisiones por Deforestación y Degradación de los Bosques (REDD+), un mecanismo de la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático que promueve incentivos económicos a los países que protegen sus bosques, y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC), que son los compromisos asumidos por los países en el marco del Acuerdo de París para mitigar el cambio climático.

Esa compatibilidad cobra especial relevancia para políticas comerciales como el Reglamento Europeo sobre Productos Libres de Deforestación (EUDR) y el Pacto Verde Europeo, los cuales exigen trazabilidad espacial posterior al 31 de diciembre de 2020 (Fitoria Vargas, 2024; Ministerio de Ambiente y Energía [MINAE], 2024). El MOCUPP proporciona cartografía anual que permite a finqueros y agroindustrias demostrar

la no conversión de cobertura, requisito clave para acceder a mercados premium. CORFOGA ha integrado dichos insumos en su Norma Técnica de Ganadería Libre de Deforestación y a Base de Pastos (CORFOGA, 2024), respaldada además por el Instituto de Normas Técnicas y por esquemas de certificación promovidos en la prensa especializada (Picado, 2020). La FAO y el PNUD han reconocido esa capacidad en pilotos de ganadería sostenible en la Brunca, destacando la captura de carbono y la mejora de medios de vida rurales (FAO, 2022; Sasa & Acuña, 2021).

Costa Rica se ubica en América Central, con una extensión terrestre aproximada de 51 100 Km² caracterizada por una alta diversidad ambiental, climática y socioeconómica que condiciona los patrones de uso y cobertura de la tierra (FAO, 2003). Para efectos de planificación y análisis territorial, el país se organiza en regiones socioeconómicas definidas por el Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica (MIDEPLAN), las cuales constituyen una referencia oficial para la formulación de políticas públicas y la gestión del desarrollo regional.

Estas regiones agrupan cantones con características relativamente homogéneas en términos de estructura productiva, condiciones socioeconómicas, accesibilidad, dinámica poblacional y uso del territorio. Esas regiones son: Central, Chorotega, Pacífico Central, Brunca, Huetar Caribe y Huetar Norte.

El uso de estas regiones como unidad de análisis en el sistema MOCUPP responden a una forma fácil de capturar las diferencias territoriales en los sistemas productivos y en las dinámicas del cambio de cobertura del uso de la tierra, particularmente en paisajes ganaderos (MAG, 2015). Esta regionalización permite analizar de forma comparativa los patrones espaciales de pérdida y ganancia de la cobertura arbórea en áreas de pastizales, así como identificar las diferentes tendencias asociadas a factores biofísicos, económicos y de gestión del territorio. Por tanto, el presente estudio se desarrolla a escala nacional, utilizando como unidad de agregación espacial las regiones socioeconómicas de MIDEPLAN, lo que facilita la interpretación de resultados en función de políticas públicas, compromisos ambientales, procesos de certificación y estrategias de producción sostenible.

El proceso metodológico empleado para el análisis de la cobertura de pastizales y vegetación arbórea en la región Brunca, durante el periodo 2020-2022, se basó en la integración de datos satelitales, geográficos, verificación en campo y el uso combinado de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG) de escritorio, servidores de mapas, bases de datos espaciales y aplicaciones móviles, todas basadas en software libre. Entre las herramientas utilizadas destacan QGIS, QField, PostgreSQL y GeoServer.

A nivel de software de escritorio, se utilizó QGIS para el mapeo de la

cobertura arbórea, pastos y detección de pérdida de cobertura arbórea frente a pastizales. Cada región fue subdividida en una malla con cuadrante de 625 hectáreas (Ver **Figura 2**), utilizando como criterio de segmentación una cuadrícula regular que permite el análisis sistemático del territorio y la comparación entre unidades homogéneas.



Figura 2. Área mapeada en el caso de la región Brunca.

La base del análisis se sustentó en imágenes satelitales del programa Copernicus, iniciativa liderada por la Agencia Espacial Europea (ESA). Este programa proporciona datos gratuitos y de acceso abierto desde el año 2014, a través de una constelación de satélites denominados Sentinel. En particular, las misiones Sentinel-2 ofrecen imágenes multispectrales con una resolución espacial de hasta 10

metros y una frecuencia de revisita de cinco días, lo que permite un monitoreo continuo y detallado de la superficie terrestre. En este caso de la región Brunca se utilizó imágenes Sentinel-2 Nivel 2A (Level-2A) que fueron descargas libremente y sin restricciones desde el sitio web Copernicus Open Access Hub (<https://scihub.copernicus.eu>).

De forma complementaria, los datos ópticos fueron acompañados por imágenes de Radar de Apertura Sintética (SAR) provenientes del satélite Sentinel-1. Esta combinación resultó especialmente valiosa en el área de estudio, donde hay dominancia de nubosidad a lo largo del año, debido a una combinación de factores climáticos y geográficos que interactúan de manera constante a lo largo del año. Uno de los principales elementos limitantes es la influencia de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), además, el relieve montañoso de la cordillera de Talamanca genera lluvias orográficas al forzar el ascenso de masas de aire húmedo provenientes del océano Pacífico, intensificando así la cobertura nubosa en las estribaciones. A esto se suma la influencia marítima directa.

La fotointerpretación de las coberturas se realizó con las bandas ópticas con resolución de 10 m para un mosaico regional de los cuatrimestres de enero a abril del 2021 y 2022. Se realizó utilizando una escala operativa de 1:10 000, la cual permite identificar con mayor precisión elementos relevantes como la cobertura arbórea, los pastizales (ver **Figura 3**), las

áreas productivas y diversas estructuras de origen antrópico, tomando como referencia una unidad mínima mapeable de 0.5 ha.

El ejercicio de identificar pastos y cobertura arbórea se consideraron aspectos como: tono, color, textura, forma, patrón, asociación y la ubicación de las unidades mínimas mapeables. Según el marco conceptual del MOCUPP definido por Aguilar et al. (2019), los pastizales se clasifican como áreas de pastos naturales o establecidos, destinadas al pastoreo o corte de forraje, que presentan menos del 70 % de cobertura de copas de árboles, arbustos o palmas, sin formar un dosel continuo. En contraste, la cobertura arbórea corresponde a áreas naturales, seminaturales o plantadas con árboles o arbustos ya sean nativos o exóticos que presentan una cobertura de dosel igual o superior al 70 %. Para efectos de la metodología MOCUPP la cobertura arbórea se extiende en un área de influencia de 2 km en torno

a los pastizales mapeados. Esta categoría incluye el bosque en todas sus fases sucesiones, así como manglares, páramos y plantaciones forestales.

Paralelamente se realizaron visitas, utilizando la aplicación móvil QField, instalada en tabletas y teléfonos inteligentes con sistemas iOS, Android, Windows. Esta etapa de validación fue fundamental para ajustar y corregir la interpretación preliminar realizada a partir de imágenes satelitales, especialmente en aquellas zonas con alta dinámica de cambio.

Para garantizar la calidad y consistencia de los datos cartográficos generados, se implementó un control de calidad topológico en QGIS orientado a validar tanto la geometría como la integridad temática de los polígonos correspondientes a las coberturas de pastizales y arbórea.

En el software de escritorio se establecieron reglas topológicas específicas de “Validación de Topología”, configurando criterios que permitió asegurar que

las coberturas espaciales fueran topológicamente válidas, sin errores geométricos ni vacíos, y que los datos atributivos asociados estuvieran correctamente estructurados para su posterior análisis geoespacial.

Posteriormente, para el mapeo de pérdidas, ganancias y no cambio en la relación binomial: pastos y cobertura arbórea.

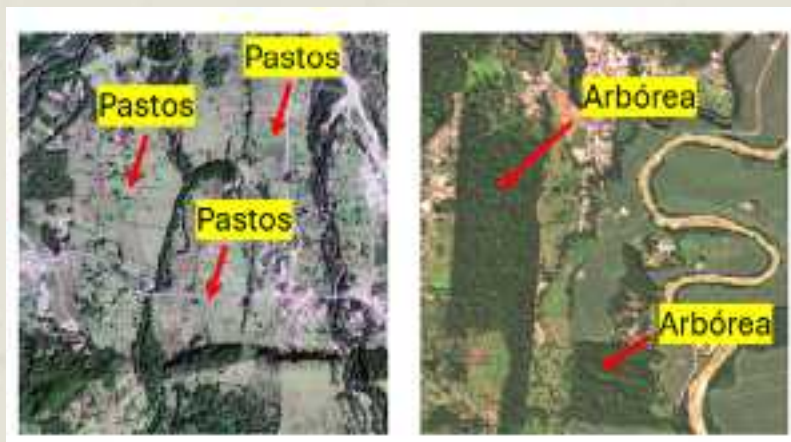


Figura 3. Contraste de la cobertura de pastos y arbórea en Sentinel 2A.

Se realizó por medio de la fórmula **FAO (1996)**:

$$TDC:([S2-S1]^{1/n})-1$$

donde:

TDC= tasa anual de cambio relativa

S2= superficie correspondiente a la fecha más reciente

S1= superficie correspondiente a la fecha inicial

n = número de años transcurridos entre ambas fechas

Una vez resultantes los datos geográficos en QGIS y Qfield por los procesos de fotointerpretación y verificación en campo, fueron cargados en una base de datos PostgreSQL, en la cual se habilitó PostGIS para el manejo de geometrías, relaciones espaciales, operaciones geográficas y revisaron los metadatos conforme a los lineamientos del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT), asegurando la descripción técnica, temática, temporal y espacial de cada producto geográfico.

La distribución espacial de la cobertura de pastos a nivel nacional para 2021 y 2022, se tiene lo mostrado en la **Figura 4** respectivamente. Para ambos períodos se evidencia una clara concentración de las áreas de pastos en las regiones Huetar Norte, Chorotega y Brunca las cuáles constituyen los principales núcleos de producción ganadera del país.

En términos porcentuales, durante el período 2021-2022 las regiones con mayor cobertura de pastos fueron Huetar Norte, con 27.29 % y 27.50 %, respectivamente; Chorotega, con 25.06 % y 25.04 %; y Brunca, con 20.73 % y 20.57 %. En contraste, las regiones con menor cobertura correspondieron al Pacífico Central, con 6.95 % y 6.98 %; la región Central, con 9.94 % y 9.87 %; y Huetar Caribe, con 10.03 % y 10.05 %. Estos resultados se presentan de forma sintetizada en el **Cuadro 1**.

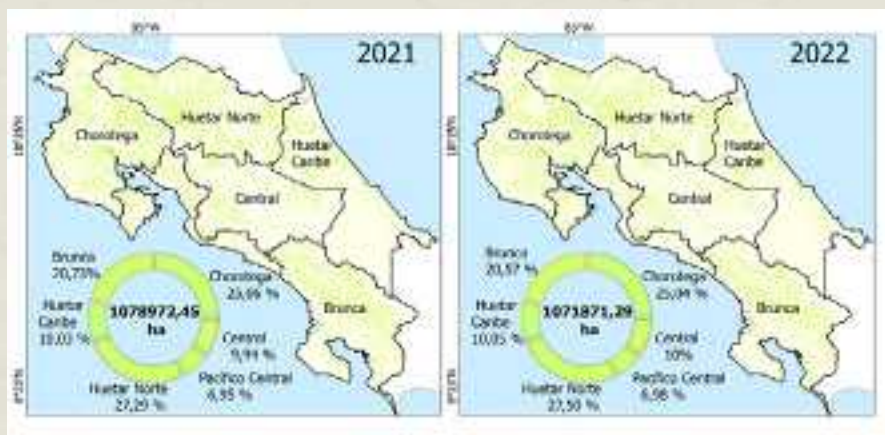


Figura 4. Cobertura de pastos para los años 2021 y 2022.

Cuadro 1. Comparación de cobertura de pastos en los dos periodos analizados.

Regiones	2020-2021		2021-2022	
	Área (ha.)	%	Área (ha.)	%
Chorotega	270 343.33	25.06	268 347.561	25.04
Central	107 253.245	9.94	105 780.83	9.87
Pacífico Central	75 001.7831	6.95	74 766.6807	6.98
Huetar Norte	294 504.924	27.29	294 794.834	27.50
Huetar Caribe	108 220.844	10.03	107 677.34	10.05
Brunca	223 648.326	20.73	220 504.048	20.57
Total	1 078 972.45		1 071 871.29	

Al comparar los períodos 2021 y 2022 se identificaron variaciones moderadas en la cobertura de pastos entre las distintas regiones del país, evidenciando una dinámica espacial diferenciada. Las mayores disminuciones se registraron en la región Brunca (−0.16 %), seguida por la región Central (−0.07 %) y Chorotega (−0.02 %). Por el contrario, las regiones que mostraron incrementos en la cobertura de pastos fueron Huetar Norte (+0.21 %), Pacífico Central (+0.02 %) y Huetar Caribe (+0.02 %), lo que sugiere comportamientos regionales distintos en la evolución de este uso del suelo durante el período analizado.

Estos resultados evidencian una dinámica relativamente estable en la cobertura de pastos a nivel nacional para el período comprendido entre 2021-2022, con variaciones regionales leves. Esta variabilidad puede sugerir la coexistencia de procesos locales de ajustes en el uso de la tierra, posiblemente asociadas

a prácticas de manejo productivo como a condiciones ambientales y mejoras en la precisión cartográfica.

La cobertura asociada a estas áreas fue definida con base a un área de influencia de 2 km (radio de 2 km) del área de pastos que cuentan con una cobertura de dosel mayor o igual al 70 %. Los resultados de este proceso a nivel nacional se muestran en la **Figura 5**.

A nivel nacional, las regiones con mayor cobertura arbórea durante el período analizado fueron Chorotega, con 21.14 % y 21.20 % en 2021 y 2022, respectivamente; Brunca, con 20.60 % y 20.61 %; Central, con 19.11 % y 19.03 %; y Huetar Norte, con 17.92 % y 17.86 %. Por otro lado, las regiones con menor cobertura arbórea correspondieron al Pacífico Central, con 9.05 %, y Huetar Caribe, con 12.18 % y 12.25 %. Estos resultados se presentan de manera sintetizada en el **Cuadro 2**.

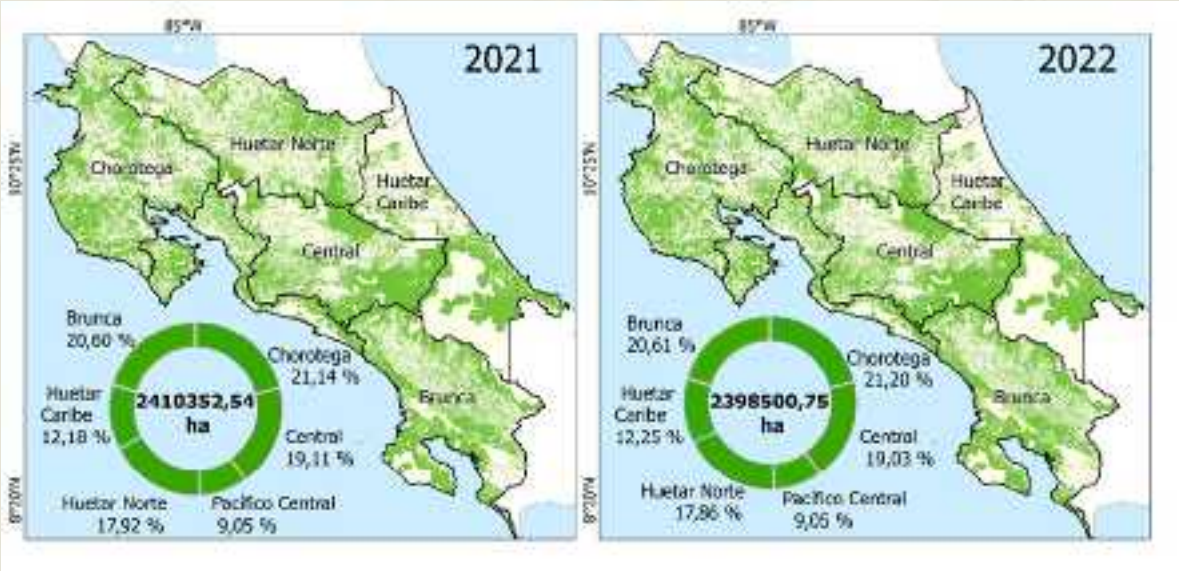


Figura 5. Cobertura arbórea para los años 2021 y 2022

Cuadro 2. Comparación cobertura arbórea.

Regiones	2021		2022	
	Área (ha.)	%	Área (ha.)	%
Chorotega	509 553.9391	21.14	508 587.095	21.20
Central	460 638.4112	19.11	456 419.49	19.03
Pacífico Central	218 101.4904	9.05	217 081.215	9.05
Huetar Norte	431 920.351	17.92	428 488.099	17.86
Huetar Caribe	293 700.267	12.18	293 702.461	12.25
Brunca	496 438.0877	20.60	494 222.393	20.61
Total	2 410 352.546	100	2 398 500.75	100.00

Al comparar los años 2021 y 2022 se identificaron reducciones en la cobertura arbórea de las regiones Central (−0.08 %) y Huetar Norte (−0.05 %). Por el contrario, se registraron leves incrementos en las regiones Chorotega (+0.06 %), Huetar Caribe (+0.06 %) y Brunca (+0.01 %). En general, las variaciones observadas

fueron de baja magnitud, lo que sugiere una relativa estabilidad en la distribución de la cobertura arbórea durante el período analizado.

Nótese que los valores reportados no corresponden a la cobertura arbórea total de territorio nacional, sino exclusivamente a lo asociados a las áreas de pastura.

En este sentido, la estimación se realizó considerando los 2 km de estas áreas, así como el umbral mínimo de cobertura de dosel mayor o igual al 70 %. Este criterio metodológico permite enfocar el análisis en la interacción entre sistemas ganaderos y su relación con la cobertura arbórea lo que garantiza la consistencia de la delimitación de las áreas evaluadas. Finalmente, a nivel nacional se estimó un incremento neto aproximado de 25 296.73 ha (+1.25 %) de cobertura arbórea asociada a áreas de pastos.

Con respecto al análisis espacial de cambios presentado en la **Figura 6** y el **Cuadro 3**, las mayores pérdidas de cobertura arbórea se concentraron en las regiones Brunca (39.64 %), Chorotega (32.16 %) y Huetar Norte (16.50 %). No obstante, estas mismas regiones también registraron los mayores porcentajes de ganancia de cobertura arbórea, destacando Chorotega

con un 60.87 %, seguida de Huetar Norte con 23.20 % y Brunca con 8.50 %. Estos resultados evidencian una dinámica territorial activa, caracterizada por procesos simultáneos de pérdida y recuperación de cobertura arbórea en distintas áreas del país.



Figura 6. Relación pérdida y ganancia de cobertura arbórea para 2021-2022 por región socioeconómica.

Cuadro 3. Pérdidas, ganancias y sin cambios a nivel nacional en hectáreas, periodo 2021-2022.

Regiones	Pérdida	%	Ganancia	%	Sin cambios	%
Brunca	1 566.70	39.64	184.11	8.50	1 050 903.1	30.60
Central	239.34	6.06	39.71	1.83	912 242.8	26.56
Chorotega	1 271.13	32.16	1 318.50	60.87	696 667.17	20.29
Huetar Caribe	71.44	1.80	82.40	3.80	203 048.4	5.91
Huetar Norte	652.50	16.50	502.54	23.20	445 925.3	12.99
Pacífico Central	150.77	3.81	38.57	1.78	445 925.3	3.65
Total	3 952.20	100	2 165.86	100	3 434 009.6	100

Las transiciones resultantes no corresponden exclusivamente a cambios directos entre las áreas de pastos y cobertura arbórea, sino que también pueden involucrar otros usos de la tierra como cultivos, vegetación secundaria o en transición, o áreas de terreno descubierto.

Asimismo, las imágenes utilizadas corresponden a los primeros meses de cada año por lo que las condiciones fenológicas y climáticas pueden influir en la respuesta espectral de la vegetación. Es por todo lo anterior que los resultados deben interpretarse como una aproximación que responde a la dinámica general que puede tener el paisaje productivo, más que a cambios absolutos entre las coberturas.

Los resultados obtenidos evidencian que la cobertura de pastos a nivel nacional presenta una dinámica relativamente estable para el período comprendido entre los años 2021-2022 con algunas variaciones leves y distribuidas de forma heterogénea entre las distintas regiones. Esta estabilidad sugiere que para Costa Rica no se están produciendo cambios abruptos en la expansión o reducción de las áreas ganaderas, sino más bien que responden a ajustes locales asociados a las distintas prácticas de manejo y condiciones ambientales, así como mejoras en los procesos cartográficos.

La concentración de áreas de pastos en regiones como: Huetar Norte, Chorotega y Brunca, confirman la

presencia de patrones históricos a nivel territorial vinculados a áreas ganaderas (*Corporación Ganadera, 2001*). Estas regiones continúan desempeñando un papel estratégico en la producción pecuaria del país, lo que coincide con lo reportado en estudios previos sobre la distribución del hato ganadero y el uso de la tierra en Costa Rica. Sin embargo, las pequeñas variaciones observadas entre estos años (2021 y 2022) reflejan que estos paisajes no son estáticos, sino que responden a dinámicas productivas y ambientales específicas de cada región y su geografía.

Con respecto a la cobertura arbórea asociada a las áreas de pastos, los resultados muestran una tendencia estable con algunos leves aumentos puntuales, principalmente en regiones como: Chorotega, Huetar Caribe y Brunca. Este tipo de comportamiento puede interpretarse de forma positiva en términos de sostenibilidad, debido a que podría sugerir la presencia o recuperación de áreas de bosque dentro de sistemas productivos ganaderos, lo cual es consistente con los enfoques de ganadería sostenible y sistemas silvopastoriles (*Ibrahim et al., 2007*).

Sin embargo, es importante señalar que las variaciones detectadas en la cobertura arbórea deben interpretarse con cautela debido a que los cambios observados pueden estar influenciados por factores metodológicos como la disponibilidad de imágenes con menor nubosidad, una mejor expresión fenológica o la

aplicación de criterios más estrictos de fotointerpretación. La mejora en la calidad de los insumos geoespaciales y los procedimientos de clasificación de las coberturas, pueden contribuir a una representación más precisa del paisaje, pero también pueden generar ajustes en las estimaciones respecto a otros períodos.

A nivel de políticas públicas, los resultados adquieren una relevancia especial en el contexto de las exigencias internacionales, relacionadas principalmente con cadenas de producción libres de deforestación, como el Reglamento de la Unión Europea sobre productos libres de deforestación (EUDR) (Unión Europea, 2023). La capacidad de generar cartografía de mejor detalle sobre la dinámica de las áreas de pastos y de cobertura arbórea permite fortalecer los sistemas de trazabilidad territorial y apoyar la evidencia técnica-científica para el cumplimiento de los estándares anteriormente indicados.

Asimismo, la articulación del sistema MOCUPP con plataformas nacionales como SIMOCUTE posiciona a Costa Rica en términos de monitoreo geoespacial del uso de la tierra. Este tipo de herramientas no solo contribuye al cumplimiento de compromisos climáticos internacionales como REDD+ y las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) sino que también facilita la toma de decisiones relacionadas a la planificación territorial y la gestión de los paisajes productivos (FONADER & GIZ, 2021).

Los resultados obtenidos destacan la importancia de integrar metodologías de teledetección, fotointerpretación, validación en campo y análisis espacial, para comprender la dinámica de los sistemas agropecuarios. El nivel de validación alcanzado (90.6%) respalda la confiabilidad de la cartografía generada y evidencia el potencial que tienen las herramientas geoespaciales para el monitoreo del territorio.

Finalmente, este estudio demuestra que la dinámica de paisajes ganaderos en Costa Rica responde a una combinación de factores productivos, ambientales, metodológicos y resalta el valor de los sistemas geoespaciales para el monitoreo continuo de elementos en la superficie terrestre para avanzar hacia modelos de producción más sostenibles y transparentes.

Se concluye que la cobertura de pastos a nivel nacional mostró una alta estabilidad para el período 2021-2022 con pequeñas variaciones porcentuales y que están distribuidas de forma heterogénea para cada región, esto sugiere la ausencia de cambios abruptos relacionados a los sistemas ganaderos.

Las regiones Huetar Norte, Chorotega y Brunca concentran la mayor proporción de pastos lo que los consolida como los territorios de mayor producción ganadera, reflejando ese patrón espacial histórico del uso de la tierra.

Las variaciones observadas en la cobertura de pastos responden a

factores reales como metodológicos que incluyen desde cambios en el manejo productivo, condiciones ambientales y mejoras en la calidad de las imágenes satelitales utilizadas en los procesos de fotointerpretación.

La cobertura arbórea asociada a las áreas de pastos presentó una tendencia estable con pequeños incrementos lo que podría interpretarse como un indicador positivo hacia la incorporación de la cobertura arbórea en sistemas productivos y que irían de la mano con un enfoque de ganadería sostenible.

A nivel de metodología, el uso de un radio de 2 km y el nivel del umbral de mayor o igual al 70 % de dosel permitió delimitar de forma consistente la cobertura arbórea asociada a los pastos, lo que fortalece la comparación de los resultados y la interpretación de estos con sistemas ganaderos y otros elementos presentes en el paisaje.

La integración de la teledetección, fotointerpretación y validación en campo, demostró ser una estrategia robusta para el monitoreo del cambio de uso de la tierra generando información confiable (90.6 % de concordancia) que puede apoyar la toma de decisiones, así como el cumplir con compromisos ambientales y el desarrollo de sistemas productivos más sostenibles.

Agradecimientos

Los autores desean expresar su agradecimiento a los profesionales, técnicos y asistentes en las diferentes etapas del estudio, particularmente en los procesos de fotointerpretación, levantamiento de información en campo y validación de la cartografía generada en el proyecto C3406 Actualización del paisaje productivo de pasto para Costa Rica financiado por medio del PNUD.

Referencias

- Abarca Monge, S., & Segura Guzmán, J. (2024). Coberturas arbóreas en fincas ganaderas de Costa Rica. *Horizonte Lechero*, (diciembre 2024), 47–49. https://fliphtml5.com/iifuy/hwvt/Revista_Horizonte_Lechero_diciembre_2024/
- Aguilar Arias, H., Vargas Bolaños, C., Ávila Pérez, I., Miller Granados, C., Manrow Villalobos, M., Fernández Garro, J., Fallas Montero, E., Acuña López, S., Vargas Céspedes, A., Hernández Hernández, S., Romero Badilla, D., & Jiménez Rodríguez, M. (2019). Definiciones MOCUPP [Archivo PDF]. CONARE–CENAT. <https://repositorio.conare.ac.cr/server/api/core/bitstreams/74f6d215-387c-4a48-8b65-5ef7e11dde2e/content>
- Aguilar-Arias, H., Ávila Pérez, I., Miller Granados, C., Romero Badilla, D., & Vargas Bolaños, C. (2023). Informe final de resultados: Proyecto conservando la biodiversidad por medio del manejo sostenible de paisajes productivos en Costa Rica [Archivo PDF]. CONARE–CENAT. <https://repositorio.conare.ac.cr/items/68b3bf6b-affd-46be-af29-8a255201567e>

- Copernicus Land Monitoring Service. (2025). High Resolution Layer – Grasslands: Product user manual (Issue 1.0). European Environment Agency. <https://land.copernicus.eu/en/technical-library/product-user-manual-grassland-2017-2021/>
- Córdoba Peraza, J. A. (2023). Análisis de cambios en la cobertura de pastos de la Región Brunca de Costa Rica utilizando imágenes Sentinel-1 [Trabajo final de graduación, Universidad de Costa Rica]. Repositorio Kérwá. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/e6927967-ccb4-4f73-bdda-fe4e3e5056ea>
- Corporación Ganadera. (2001). Análisis de censo ganadero 2000. https://inec.cr/wwwisis/documentos/Ministerio_Agricultura_Ganaderia/Analisis_de_Censo_Ganadero_2000.pdf
- Corporación Ganadera. (2022, marzo). Situación actual y perspectivas de la ganadería en Costa Rica marzo 2022 [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=H1KLQ-kD0dk>
- Corporación Ganadera. (2024). Norma técnica de ganadería libre de deforestación y a base de pastos [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=iOj73YhoTPg>
- Cortés Enríquez, G. (Ed.). (1994). Atlas agropecuario de Costa Rica. Editorial Universidad Estatal a Distancia.
- FAO. (2003). Perfil general de Costa Rica. <http://www.fao.org/4/ad668s/ad668s03.htm>
- Fitoria Vargas, A. (2024). Pacto Verde y las regulaciones ambientales sobre el sector productivo de palma en Costa Rica: Estudio de casos de empresas en la zona Pacífico Sur [Tesis de maestría, Universidad Nacional, Centro Internacional de Política Económica para el Desarrollo Sostenible]. Repositorio Institucional UNA. <https://repositorio.una.ac.cr/items/4614f504-73c9-4926-bea8-f08b0e025b5f>
- FONADER & GIZ. (2021). Contribuciones nacionalmente determinadas actualizadas de Costa Rica (NDC 2020). <https://unfccc.int/sites/default/files/NDC/2022-06/Costa%20Rica%20NDC%202020.pdf>
- Hernández Hernández, S., Aguilar Arias, H., Ávila Pérez, I., Acuña López, S., Vargas Solano, Y., Vargas Céspedes, A., Obando Picado, M. F., Calvo Elizondo, Y., Jiménez Rodríguez, M., Fernández Garro, J., Fallas Montero, E., Romero Badilla, D., Manrow Villalobos, M., & Miller Granados, C. (2022). Informe final del paisaje productivo de pastos año 2019 [Archivo PDF]. CONARE–CENAT. <https://repositorio.conare.ac.cr/server/api/core/bitstreams/aac630e9-48c7-4893-be94-6cb8675f7d84/content>
- Ibrahim, M., Gobbi, J., Casasola, F., Chacón, M., Ríos, N., Tobar, D., Villanueva, C., & Sepúlveda, C. (2007). Experiencia del Proyecto Silvopastoril en Esparza, Costa Rica (PES Learning Papers). Banco Mundial. <https://documents.worldbank.org/curated/en/832061468045575340/pdf/862750NWP0SPAN00Box385172B00PU-BLIC0.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2022). Encuesta Nacional Agropecuaria 2021. <https://admin.inec.cr/sites/default/files/2022-10/rea-gropecENAPECUARIO2021-01.pdf>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2024, 29 de octubre). Estimación de hato vacuno supera 1,5 millones de cabezas. INEC. <https://inec.cr/noticias/estimacion-hato-vacuno-supera-15-millones-cabezas>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2015). *VI Censo Nacional Agropecuario 2014: Resultados generales*. INEC. <https://inec.cr/estadisticas-fuentes/censos/censo-agropecuario-2014>

- Ministerio de Ambiente y Energía. (2024, 17 de noviembre). Costa Rica se prepara para la implementación del Reglamento sobre Productos Libres de Deforestación de la Unión Europea. <https://www.minae.go.cr/noticias/2024/114%20Costa%20Rica%20se%20prepara%20para%20la%20implementacion%20del%20Reglamento%20sobre%20Productos%20Libres%20de%20Deforestacion%20de%20la%20Union%20Europea.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2015). Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra de Parcelas Piloto (MOCUPP): Metodología. https://www.mag.go.cr/SitePages/documentos/MOCUPP_Metodologia.pdf
- Molina-Murillo, S. A. (Ed.). (2020). *Sistema Nacional de Monitoreo de Cobertura y Uso de la Tierra y Ecosistemas (SIMOCUTE)*. Ambientico, (273). Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. <https://www.ambientico.una.ac.cr/numeros-completos/sistema-nacional-de-monitoreo-de-cobertura-y-uso-de-la-tierra-y-ecosistemas/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2022, 14 de diciembre). Pilotaje en región Brunca promueve una ganadería más sostenible. <https://www.fao.org/costarica/noticias/detail-events/fr/c/1626855>
- Picado Barboza, J. (2020). 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. Ambientico, (276), 26–34. https://www.ambientico.una.ac.cr/wp-content/uploads/tainacan-items/5/33976/276_26-34.pdf
- Rizo Chavarría, C; Cascante Carvajal, C; Imbach Hermida; A. C; Tobar López;D. (2022). Percepción de productores ganaderos sobre la provisión de servicios ecosistémicos en la actividad ganadera, Esparza, Costa Rica. Revista Forestal Mesoamericana Kurú, 19(45). <https://doi.org/10.18845/rfmk.v19i45.6324>
- Sasa, K., & Acuña, F. (2021). Soluciones de monitoreo del cambio de uso de la tierra en apoyo de los commodities libres de deforestación: Orientación práctica. PNUD. <https://www.undp.org/es/costa-rica/publicaciones/revision-de-las-soluciones-de-monitoreo-del-cambio-de-uso-de-la-tierra-en-apoyo-de-los-commodities-libres-de-deforestacion>
- Unión Europea. (2023). Reglamento (UE) 2023/1115 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 31 de mayo de 2023, relativo a la deforestación libre y degradación forestal, y por el que se modifica el Reglamento (UE) n.º 2018/848. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX:32023R1115>
- Vargas Solano, Y., Manrow Villalobos, M., Vargas Bolaños, C., & Miller Granados, C. (2022). Informe: Detección de cambios basados en la pérdida, ganancia y no cambio de cobertura arbórea asociado al paisaje productivo de palma aceitera, periodo 2018–2019 [Archivo PDF]. CONARE–CENAT. <https://repositorio.conare.ac.cr/server/api/core/bitstreams/a0b69bca-ece8-4b15-b666-b5c4706c5df5/content>



Académica,
Escuela de Ciencias
Geográficas, UNA
(lilliam.quirós.arias@
una.ac.cr)

La agricultura, la monocultura y el desplazamiento de la producción de granos básicos

..... || *Lilliam Quirós Arias* ||

 **A** pesar del debilitamiento de la actividad primaria en las áreas rurales, la agricultura en particular la producción en pequeña escala continúa desempeñando un papel fundamental en la provisión de los alimentos y en la seguridad alimentaria. A nivel global, según la **FAO (2012)**, el sector campesino aún aporta el 80 % y más de los alimentos básicos, lo que lo convierte en un actor clave para la seguridad y soberanía alimentaria. Una proporción significativa de la población reside en áreas rurales, cuya dinámica socioeconómica se caracteriza por una fuerte dependencia de la agricultura, complementada con otras actividades como los servicios, especialmente el turismo, el comercio, y los agronegocios.

En este contexto, diversos estudios resaltan la importancia de la agricultura en la generación de empleo e ingresos, así como su función en la articulación social del territorio rural, al contribuir a reducir los procesos de migración. No obstante, las transformaciones territoriales recientes y la priorización de la agricultura en gran escala por encima de la producción de granos básicos han generado condiciones

de vulnerabilidad que afectan tanto la seguridad alimentaria como la sostenibilidad y conservación de los espacios donde estas actividades se desarrollan.

La apertura comercial, impulsada por el modelo neoliberal, configuró en la región centroamericana dos grandes grupos productivos. Por un lado, se consolidó una agricultura moderna de exportación, en manos de empresas transnacionales aliadas con el capital nacional, orientada a cultivos como el café, la palma aceitera, la piña, la caña de azúcar, el banano y la naranja. Por otro lado, persiste la agricultura de subsistencia, caracterizada por el uso de baja tecnología y escaso capital, que agrupa los cultivos básicos; maíz, frijol y arroz, producidos mayoritariamente por pequeños productores que destinan una parte significativa de su cosecha al autoconsumo.

La producción de granos básicos orientada al mercado interno queda rezagada como consecuencia de la eliminación de estímulos y apoyos a la producción. De este modo, el modelo agroexportador propicia la expansión de actividades extensivas basadas en monocultivos, el desplazamiento de pequeños y medianos productores y, en consecuencia, una disminución progresiva de las áreas dedicadas al cultivo de granos básicos.

En este nuevo contexto, los agronegocios se caracterizan por el crecimiento de los principales cultivos destinados a agrocombustibles, particularmente la caña de azúcar y la palma africana. De los cuales se obtienen una serie de productos,

tanto como insumos para otros procesos industriales como para la producción de biodiesel, utilizado como sustituto de los combustibles derivados del petróleo. Estos difieren, como lo señala [Baumeister \(2013\)](#) a los cultivos tradicionales como el café, el algodón y el banano en cuanto a la menor generación de empleo. En el caso del café, en mayor o menor medida, se han integrado pequeños productores al proceso productivo, lo que ha generado una dinámica particular ([Baumeister, 2013](#)).

Aunado a lo anterior, se evidencian amplias brechas en el rendimiento promedio entre ambos grupos de productos. Según [Álvarez y Cárcamo \(2025\)](#), retomando los datos del Banco Mundial; y la [FAO \(2022\)](#), en los cultivos comerciales el rendimiento promedio de Centroamérica se aproxima al promedio mundial, sin embargo, en el caso de los productos básicos, los rendimientos son considerablemente más bajos.

En el caso de Costa Rica, la implementación de los programas de ajuste estructural tuvo un efecto devastador en el sector de los granos básicos, particularmente en la producción de frijol y maíz. De acuerdo con [Alfaro \(1991, p.122\)](#), mediante el Programa Nacional de granos básicos de 1975, el Estado asume un compromiso con su abastecimiento, apoyando la producción y por ende, a los sectores involucrados, a través de precios asequibles para los consumidores y del fortalecimiento de grupos de productores mediante infraestructura y mecanismos de comercialización.

Con la implementación de los programas de ajuste estructural, se retiraron los apoyos otorgados en la década anterior, lo que dejó en indefensión a los pequeños productores, quienes debieron competir con productores de países desarrollados que cuentan con un fuerte respaldo de subsidios a su producción.

Una característica de las materias primas exportadas es que estas se venden a bajos precios y regresan al país de origen transformadas en productos de mayor valor agregado y a precios elevados. Este proceso conlleva la pérdida de los mercados locales, que tienden a preferir productos industrializados, frecuentemente de menor calidad frente a aquellos de origen local y producción artesanal.

A pesar de las transformaciones territoriales, la agricultura continúa siendo un sector fundamental en la generación de empleo e ingreso en la región. Según Baumeister (2013, p.15), en términos comparativos al resto de América Latina, las dimensiones rurales y agrarias siguen siendo significativas en estos países de América Central.

En el caso de Costa Rica, aunque la proporción es menor, datos de la CEPAL (2024), indican que el 84.2 % de la población es urbana y el 17.8 % es rural; de esta última, cerca del 10 % se encuentra ocupada en actividades agrícolas. No obstante, la agricultura continúa siendo un sector relevante en la generación de empleos e ingreso.

Asimismo, estudios a nivel latinoamericano han evidenciado el subregistro

de la población rural, atribuido a las metodologías de clasificación utilizadas, lo que incide directamente en la formulación de políticas públicas que tienden a desvalorizar este sector.

Un aspecto importante de considerar es que Costa Rica atraviesa un proceso de creciente concentración de la propiedad de la tierra. De acuerdo con Fabricice (2010), la mayor parte de los países de América Central provienen de estructuras agrarias caracterizadas por una fuerte concentración de la tierra en un grupo relativamente reducido de grandes explotaciones, una matriz histórica que sigue pesando en la región.

Según OXFAM (2011) el Coeficiente Gini, para la concentración de la tierra en América Central es de 0.75, siendo Guatemala el país con mayor concentración, con un índice de 0.84. Aunque Costa Rica presenta el coeficiente de Gini más bajo de la región, con un valor 0.67, persiste una marcada concentración de la tierra en manos de grupos dominantes, principalmente transnacionales en alianzas con el capital nacional, que controlan la mayor parte de las tierras agrícolas, como se muestra en la siguiente tabla. En este sentido, el 50.5 % de los productores que poseen menos de 5 ha, ocupan el 3.5 % de la tierra agropecuaria, mientras que apenas el 2.4 % de los productores que poseen más de 200 ha, ocupan un 46.9 de la superficie.

Cuadro 1. Distribución de la tierra agropecuaria en Costa Rica distribuido por superficie por tamaño de productor y cantidad de productores.

Estratos	Productores (en porcentajes)	Superficie total (en porcentaje)
Microfincas (de menos de 5 ha).	50.5	3.5
Subfamiliares (de 5 a menos de 20 ha)	28.0	10.1
Familiares (de 20 a menos de 50 ha)	11.2	12.8
Medianas (de 50 a menos de 200 ha)	8.0	26.7
Grandes (de más de 200 ha)	2.4	46.9

Fuente: CEPAL/CAC/SIECA (2017, p.64).

De acuerdo con Fabrice (2010), el alcance de las reformas agrarias orientadas a facilitar el acceso a la tierra a través del mercado ha sido limitado. Como resultado, las desigualdades en el acceso a la tierra continúan siendo profundas y constituyen una amenaza para la estabilidad social y los procesos de democratización en la región (Fabrice, 2010, p.42).

Según el Centro de Estudios para la Integración Económica Centroamericana (SIECA, 2025), en el ranking de los bienes exportados al mundo, América Central se posiciona como primer exportador de piña fresca (Costa Rica como principal exportador), y de cardamomo; el segundo exportador de banano; el tercer exportador de sandías y melones; el quinto exportador de azúcar; el sexto exportador de café; y el séptimo exportador de instrumento médicos.

El modelo agroexportador se sustenta, en gran medida, en la exportación de productos con bajo valor agregado y en una alta especialización territorial, que

se realiza en detrimento de la diversidad agrícola y la degradación ambiental.

De acuerdo con los datos del último estudio publicado por el Programa Estado de la Nación, (2025), en términos generales el área destinada a los principales productos agrícolas ha experimentado un descenso, al pasar de 403 364 hectáreas cultivadas en 2020 a 356 933 hectáreas, lo que representa una reducción de 46 431 hectáreas. Los cultivos más afectados corresponden al grupo de los granos básicos y las hortalizas, ambas fundamentales para la seguridad alimentaria, mientras que el grupo de productos agroindustriales presenta una leve disminución y el de frutas frescas muestra un incremento.

Según este mismo estudio, el 82.8 % de los hogares productores de frijol en Costa Rica enfrentó inseguridad alimentaria entre el 2021 y el 2022, de los cuales un 12.6 % se encontraba en condición severa (Programa Estado de la Nación, 2025). De manera consecuente, la Encuesta Nacional Agropecuaria realizada

en el 2024 (INEC, 2025) señala que los cultivos industriales representan el 67.5 % de la producción de cultivos permanentes en Costa Rica.

Como se muestra en la **Figura 1**, el café, banano, la caña de azúcar, la palma aceitera y la piña son los cultivos extensivos de mayor superficie cosechada.

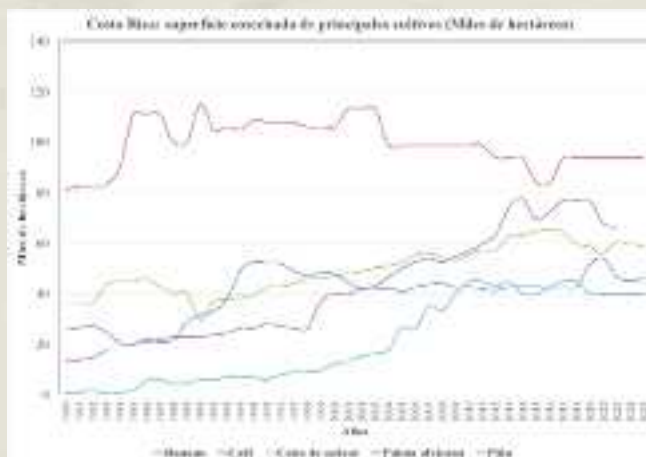


Figura 1. Superficie cosechada de los principales cultivos de Costa Rica. Fuente: CEPAL (2026).

El café, dentro del grupo de monocultivos, constituye un hito importante en la historia, la cultura y la economía de las familias; como cultivo tradicional de exportación, ha experimentado un descenso en el número de hectáreas como en el número de productores. Otro producto clasificado

como fruta fresca, principalmente la piña, ha mostrado un crecimiento acelerado en los últimos años; ocupando tierras que anteriormente eran destinadas a granos básicos, especialmente en la zona Norte y en el Caribe, como se ilustra en el **Figura 2**.



Figura 2. Cultivos extensivos en Costa Rica, 2025.

Mientras los monocultivos se extienden por todo el país, las actividades tradicionales de pequeña escala enfrentan un abandono progresivo, la importación de productos provenientes de otros países genera escenarios críticos para los productores locales (**Figura 3**). Por

ejemplo, la competencia frente al ingreso de lácteos y el arroz (*la ruta del arroz*) provenientes de Estados Unidos; así como el ingreso de cebolla desde Perú y de papas desde Brasil, Uruguay y Argentina. cuyos efectos sobre los productores han sido ampliamente discutidos.

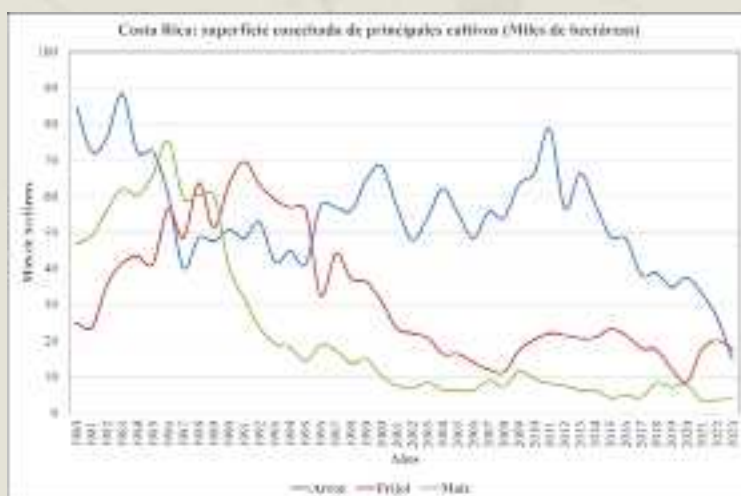


Figura 3. Superficie cosechada de arroz, frijol y maíz en Costa Rica. Fuente: **CEPAL** (2026).

La liberalización del comercio agrícola ha provocado la pérdida de diversidad en los cultivos y una mayor homogenización, con un enfoque en aquellos de mayor valor comercial. La expansión de monocultivos maximiza la producción y facilita la exportación de un solo producto, concentrando extensas áreas de tierras agrícolas, desplazando a comunidades locales y generando serios problemas sociales y ambientales. Además, la disminución de la diversidad agrícola aumenta la vulnerabilidad de los sistemas alimentarios

frente a enfermedades, plagas y desastres naturales.

Asimismo, el aumento de la presión sobre tierras agrícolas ha provocado el desplazamiento de pequeños y medianos productores, severos conflictos socioambientales por el uso excesivo de agroquímicos, acaparamientos de fuentes de agua, menor generación de empleo y la reducción permanente de los bosques, así como la disminución de la capacidad de producir los alimentos básicos para consumo.

La tendencia continúa, evidenciándose una expansión sostenida. Nuevas

áreas se incorporan a los cultivos extensivos, ocupando las mejores tierras agrícolas y sometiendo a las poblaciones locales a las diversas formas de integración. Las empresas productoras, tanto nacionales como internacionales, desvinculadas de la identidad territorial y respaldadas por políticas estatales, continúan expandiéndose.

Referencias

- Álvarez, A; Cárcamo, R. (2025). Multicrisis, agricultura y seguridad alimentaria en Centroamérica: una aproximación a su estudio. Universidad de Costa Rica. Centro de Investigaciones Históricas de América Central. Serie: Colección Avances de Investigación CIHAC. Sección CALAS. Segunda época N.18
- Alfaro, R (1991). Política económica de ajuste del agro y su efecto en los grupos sociales de granos básicos. *Revista Geográfica de América Central*. Nos. 23-24. Segundo semestre de 1991, pp.119-141.
- Baumeister, Eduardo. (2013). Concentración de tierras y seguridad alimentaria en Centroamérica. Coalición Internacional para el Acceso a la Tierra (ILC) y el Fondo de Desarrollo Noruego, Roma. Octubre 2013. ISBN: 978-92-95093-85-0
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe [CEPAL]. (2024). Portal de Datos y Publicaciones Estadísticas. <https://statistics.cepal.org/>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe, Consejo Agropecuario Centroamericano del Sistema de la Integración Centroamericana y SIECA (Sistema de Integración Económica de Centroamérica [CEPAL/CAC/SIECA] (2017). Seguridad alimentaria y nutricional en Centroamérica y la República Dominicana: Explorando los retos con una perspectiva sistémica, LC/MEX/TS.2017/29, Ciudad de México.
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2026). Portal de Datos y Publicaciones Estadísticas. <https://statistics.cepal.org/portal/cepalstat/dashboard.html?theme=4&lang=es>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (2025). Encuesta Nacional Agropecuaria 2025. Actividad Agrícola y Forestal. San José, Costa Rica.
- Fabrice, E. (2010). Gobernanza en la tenencia de la Tierra y recursos naturales en América Central. Documento de trabajo sobre la tenencia de la tierra 18. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- OXFAM Internacional (2016). Desterrados: tierra, poder y desigualdad en América Latina. Oxfam para América Latina y el Caribe.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2012). Estudio de caracterización del Corredor Seco Centroamericano. Países CA-4) Tomo I. Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Roma, Italia.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO]. (2022). Estadísticas FAOSTAT. <https://www.fao.org/>
- Programa Estado de la Nación (2025). Capítulo 04: Armonía con la Naturaleza [Informe Estado de la Nación 2025]. Consejo Nacional de Rectores. San José, Costa Rica.
- Secretaría de Integración Económica Centroamericana [SIECA]. (2025). Estado Actual de la Integración Económica Centroamericana 2025. Ciudad de Guatemala: Centro de Estudios para la Integración Económica (CEIE).



Especialista en Área de Suelos (Fertilidad de suelos, Nutrición de plantas, Gases de Efecto Invernadero, Carbono del suelo), INTA (farguedasa@inta.go.cr)

Evaluación de las concentraciones de nutrientes determinadas en muestras de suelo de áreas boscosas, cultivos anuales, perennes y pasturas



Subdirector Ejecutivo, INTA (sabarcam@inta.go.cr)

Francisco José Arguedas-Acuña
Sergio Abarca Monge

De acuerdo con [FAO \(2021\)](#), el suelo constituye el más grande almacén de carbono (C) de los ecosistemas terrestres; almacena cerca de 277 millones de toneladas en los primeros 30 cm de profundidad. El estimado en carbono orgánico (COS) e inorgánico en el primer metro puede llegar a más de 2.2 billones de toneladas. El potencial de pasar C (ocioso y que aumenta la temperatura del planeta) de la atmósfera al suelo (secuestro), en las áreas agropecuarias con especies y composiciones botánicas semejantes a las del trópico americano, podría estar entre 0.48 a 1.93 millones de toneladas por año, de acuerdo con [Lal \(2018\)](#). Se ha reconocido el potencial de captura de este elemento del medio edáfico con cubiertas vegetales de cultivos y pasturas, así como su aporte a la mitigación del cambio climático ([FAO 2017](#)).

Las coberturas vegetales y el manejo del suelo son parte importante en el COS y sus cambios; controlan la cantidad y calidad de los compuestos orgánicos que aportan a los suelos y determinan la sensibilidad de la temperatura para la descomposición de la materia orgánica ([Dawson &](#)

Smith, 2007). Casi todas las coberturas naturales aportan ganancias de COS al suelo; mientras que las variaciones en el manejo de la agricultura, generan pérdidas de COS (Xiong et al., 2014).

El suelo, como sistema dinámico, es un medio donde se producen interacciones variadas entre la microbiota y los nutrientes. Por lo anterior, el carbono orgánico (COS) y el nitrógeno total (N total) son factores clave dentro del suelo, para el desarrollo y productividad de las plantas (Xue & An, 2018; Arguedas et al., 2021). La interacción con otros nutrientes, forma un entorno propicio para su crecimiento cuando sus concentraciones se encuentran con valores óptimos. Asimismo, al estar presentes influyen sobre la salud del suelo, mejorando las propiedades químicas, físicas y biológicas del mismo (Purwanto & Alam, 2020).

La relación C/N representa la calidad del sustrato orgánico del suelo y la tasa de N disponible para las plantas. Altos valores indican una descomposición lenta de la MO, ya que los microorganismos inmovilizan el N, mientras que valores entre 10 y 14 indican una rápida descomposición y aprovechamiento de la MO (Gamarra et al. 2018).

El conocimiento sobre la distribución y gestión de los nutrientes, permite conservar y recuperar su contenido en el suelo, lo que constituye un paso importante para mitigar el cambio climático (Purwanto & Alam, 2020). En el crecimiento de las plantas, es importante que las relaciones entre los nutrientes estén

en equilibrio. Este proceso se ve afectado cuando algunos nutrientes están en exceso o cuando se forman precipitados o complejos entre varios nutrientes, que impiden su absorción por parte de la planta (Fageria, 2006).

Por otro lado, la distribución espacial de los nutrientes puede reflejar el estado actual de los suelos de cultivos y pasturas, los cuales se caracterizan por extraer grandes cantidades de nutrientes para satisfacer sus requerimientos nutricionales. El conocimiento de la distribución del COS y el N total, es un instrumento muy útil para la toma de decisiones en el manejo del pastoreo en producciones ganaderas (gestión de la carga animal, aporte de excretas, etc) y de las formas de fertilización de los cultivos (Vendramini et al. 2014).

Por lo tanto, el objetivo de esta publicación es interpretar las concentraciones de los nutrientes y otras variables evaluadas en el proyecto de investigación sobre el contenido de carbono orgánico (COS) en sitios con cultivos anuales, perennes, pasturas y áreas boscosas de referencia; en Costa Rica.

A nivel metodológico, primero se establecieron 47 puntos de muestreo en cultivos de café, aguacate, cacao, palma aceitera, caña de azúcar, pasturas, pitahaya, hortalizas y cobertura boscosa aleada o cercana, en sitios agropecuarios de Costa Rica. La búsqueda se realizó en zonas con productores de cultivos previamente seleccionados. Para las pasturas y

sus coberturas boscosas adyacentes, los puntos fueron establecidos en fincas representativas de la producción de leche y carne (Abarca et al., 2018). En los terrenos con cultivos, se ubicaron puntos fisiográficamente representativos, tanto de cultivo como de cobertura boscosa. Para establecer la representatividad de cada punto, se consideraron dos características físicas: el relieve y el tipo de suelo. Se asumió que, al interactuar con el clima local, estos factores generan nichos ambientales distintivos que determinan la distribución, composición, estructura y fisonomía de la vegetación observada en el paisaje.



Proceso de preparación y muestreo del suelo en una plantación de abacá.

En cada punto seleccionado, se estableció una mini-calicata de aproximadamente $60 \times 60 \times 70$ cm para la toma de muestras de suelo a dos profundidades (0-30 y 30-60 cm). Se determinaron las siguientes variables: carbono orgánico del suelo (COS %), nitrógeno total (Nt %), densidad aparente (D_a , g.cm^{-3}),

relación C/N, pH, acidez intercambiable ($\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$), porcentaje de saturación de la acidez (S.A. %), capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE; en $\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$), cationes intercambiables (Ca, Mg, K; en $\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$), fósforo (P; en mg.L^{-1}) y micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn; en mg.L^{-1}).



Tomando muestra para estimar carbono orgánico en el suelo con barreno a 0-30 cm de profundidad.

Las determinaciones se realizaron en el Laboratorio de Suelos del INTA. Para el caso del COS y el N total, se utilizó el método de combustión seca a alta temperatura, con un equipo LECO. Para la densidad aparente se usó el método del cilindro metálico (cilindro de 5 cm de largo y 5 cm de diámetro), el cual se insertó

cada 10 cm de profundidad y se promediaron las tres lecturas de cada profundidad (0-30 y 30-60 cm). En el caso de la concentración de nutrientes, se utilizó la extracción con la solución Olsen Modificada (a pH=7) y KCL; la determinación fue por espectrometría de emisión.



Proceso de secado de muestras en horno con sistema de aire caliente.

Como segundo paso, para el análisis estadístico, se realizó un agrupamiento las coberturas individuales en conjuntos funcionales según su tipo de vegetación y manejo (**Cuadro 1**). Esta agrupación permitió comparar el comportamiento de sistemas productivos frente al bosque de referencia.

Luego, los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA) para determinar diferencias significativas entre coberturas y profundidades. Cuando se encontraron diferencias significativas ($p < 0.05$), se realizaron comparaciones entre medias con la prueba de Tukey. Adicionalmente, se realizó un análisis bayesiano (ANCOVA) para el COS % utilizando el paquete JASP, considerando la cobertura y la altitud como covariables, con el bosque como categoría de referencia. Se calcularon factores de Bayes (BF_{10}) para evaluar la evidencia a favor de diferencias entre coberturas. Finalmente, se realizaron correlaciones de Pearson (r) entre el COS y las demás variables edáficas, a nivel global y por cada conjunto de cobertura.

Entre los resultados, en el **Cuadro 2** se muestran los promedios del % COS, % Nt, Dap y de la relación C/N; para las agrupaciones indicadas anteriormente (Cuadro 1). Los cultivos lignocelulósicos superaron al bosque en % COS y Nt, mientras que las palmáceas mostraron los valores más bajos, indicando pérdida de carbono y nitrógeno. La densidad aparente tuvo los valores mayores en caña de azúcar y palma, sugiriendo que dichos suelos sufren algún nivel de compactación. La relación C/N tuvo valores adecuados (10-13) en todas las coberturas, excepto en palma aceitera; que presentó los valores más bajos (10.5), aunque aún dentro del rango aceptable, posiblemente por existir un menor nivel de reposición de la materia orgánica, en ese sistema agrícola.

Cuadro 1. Conjuntos de cobertura y cultivos asociados utilizados en el análisis, de los suelos de los sitios muestreados.

Conjunto de coberturas	Cultivos / sistemas incluidos	n	Descripción funcional
		196	
Bosque	Regeneración natural	96	Cobertura de referencia sin intervención antrópica reciente
Lignoceluloso	Aguacate, Café, Cacao, Café con Aguacate	26	Cultivos perennes leñosos, con alta biomasa aérea y radicular, aporte continuo de residuos leñosos y hojarasca
Pasturas	Pasto (Urocloas, Kikuyo, Estrella, Panicum, Nativizado)	54	Sistemas ganaderos con pastos perennes, pastoreo y reciclaje de nutrientes vía excretas
Herbácea perenne	Mora, Pitahaya	8	Cultivos frutales no leñosos, con manejo semi-intensivo y ciclos de poda
Caña de Azúcar	Caña de Azúcar	4	Cultivo semi-perenne, con ciclos de corte y quema ocasional o renovación de plantilla
Palmácea	Palma Aceitera	8	Cultivo perenne de gran escala, con extracción intensiva de nutrientes y remoción de biomasa

Cuadro 2. Medias y desviaciones típicas del % COS, % de Nt, de la densidad aparente (Da) y de la relación C/N encontrados en los suelos muestreados, por conjunto de cobertura presente (a 0-30 cm de profundidad).

Conjunto de cobertura	COS	Nt	Dap	C/N
		%	(g.cm ⁻³)	
Bosque	3.25 (2.00)	0.31 (0.20)	0.84 (0.20)	12.8 (4.5)
Lignoceluloso	5.06 (2.77)	0.51 (0.28)	0.79 (0.15)	11.9 (2.9)
Pasturas	2.78 (1.56)	0.28 (0.16)	0.90 (0.16)	11.6 (3.8)
Herbácea perenne	3.42 (1.41)	0.34 (0.14)	0.89 (0.16)	11.4 (3.2)
Caña de Azúcar	3.65 (1.54)	0.32 (0.15)	0.99 (0.11)	11.9 (2.1)
Palmácea	1.40 (0.77)	0.16 (0.09)	0.99 (0.14)	10.5 (3.5)

Al analizar las tres variables que influyen en el comportamiento de la acidez de los suelos (Cuadro 3), se observó que los valores del pH estuvieron similares entre coberturas analizadas (entre 5.4 y 5.9) y la mayoría dentro del rango óptimo (excepto los valores menores a 5.5). El porcentaje de saturación de la acidez mostró valores altos (mayores al 20 %) en el

bosque (27.4 %), lignocelulósico (24.2 %) y palmácea (27.6 %), lo que indica una alta presencia de aluminio intercambiable y condiciones de acidez que podrían limitar el crecimiento de cultivos sensibles. En contraste, las pasturas (17.5 %), herbáceas perennes (19.6 %) y caña de azúcar (13.0 %) presentaron valores dentro del rango adecuado para Costa Rica (10-20

%), lo que sugiere mejores condiciones de fertilidad o un efecto positivo del manejo (encalado, fertilización, reciclaje de nutrientes) en estas coberturas. La alta desviación estándar en el bosque (27.0) indica una gran variabilidad espacial, con sitios de bosque que pueden tener tanto valores bajos como muy altos de saturación de acidez. Esto es esperable, ya que esta cobertura no recibe manejo y por lo tanto, no está expuesta a variaciones por efecto de la aplicación de fertilizantes, lixiviación fuerte en suelos laboreados o la absorción intensiva de nutrientes. La presencia de algunos valores altos (mayores a 20 %) principalmente en cultivos perennes y anuales, indica la falta de aplicación de enmiendas correctivas de la acidez del suelo. Considerando todas las muestras analizadas, aproximadamente el 64 % de las coberturas (pasturas, caña de azúcar y palmáceas) presentaron valores de capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE) por debajo del

nivel adecuado ($< 8 \text{ cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$), mientras que el 36 % restante (bosque, lignocelulósicos y herbáceas perennes) mostraron valores adecuados. En concreto, el bosque (8.2), los cultivos lignocelulósicos (9.5) y las herbáceas perennes (8.1) registraron una CICE adecuada ($\geq 8 \text{ cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$). En contraste, las pasturas (7.8), la caña de azúcar (7.2) y las palmáceas (6.5) presentaron valores bajos ($< 8 \text{ cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$). Una CICE baja indica una menor capacidad del suelo para retener e intercambiar cationes esenciales (Ca, Mg, K), lo que puede limitar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Por lo tanto, en estas coberturas se recomienda implementar estrategias de manejo orientadas a mejorar la fertilidad del suelo, tales como el encalado para reducir la acidez y aumentar la disponibilidad de bases, y el incremento de la materia orgánica mediante la incorporación de residuos, abonos verdes o compost, lo que contribuye a elevar la CICE a mediano plazo.

Cuadro 3. Medias y desviaciones típicas del pH, el % de saturación de la acidez y la CICE encontrados en los suelos muestreados; por conjunto de cobertura analizado (a 0-30 cm de profundidad).

Conjunto de coberturas	pH	Sat. Acidez	CICE
		%	$\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$
Bosque	5.7 (0.8)	27.4 (27.0)	8.2 (5.1)
Lignoceluloso	5.4 (0.5)	24.2 (22.2)	9.5 (4.8)
Pasturas	5.9 (0.6)	17.5 (21.0)	7.8 (4.2)
Herbácea perenne	5.9 (0.6)	19.6 (18.5)	8.1 (3.9)
Caña de Azúcar	5.7 (0.4)	13.0 (7.4)	7.2 (2.8)
Palmácea	5.4 (0.7)	27.6 (24.9)	6.5 (3.1)

Los contenidos encontrados de las bases intercambiables (Ca, Mg y K) y fósforo (P), se presentan en el cuadro 4. El calcio y el magnesio, considerados muy importantes para mantener un nivel de fertilidad adecuado en los suelos, presentaron una altísima variabilidad dentro de cada cobertura (coeficientes de variación > 100 % en muchos casos); lo que impidió detectar diferencias claras. Sin embargo, se observó una tendencia general a presentar valores bajos y/o adecuados; pero esto fue más acentuado en caña de azúcar y palmáceas, posiblemente por la fuerte extracción de esos nutrientes por los cultivos y un menor reciclaje de los residuos que se dejan en el suelo (sistemas lignocelulósicos y las pasturas mantienen valores similares o ligeramente superiores al bosque). La altísima variabilidad del Ca y del Mg, impidió detectar diferencias estadísticamente claras entre los usos del suelo y el bosque de referencia. Sin embargo, se observó una tendencia a menores valores de Ca y Mg en caña de azúcar (0.56 y 0.39 $\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$, respectivamente) y en palmáceas (0.39 y 0.44 $\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$).

Caso contrario se presenta para el potasio (K), el cual mostró una alta variabilidad dentro de cada cobertura ($\text{CV} > 80\%$); sin diferencias significativas entre los conjuntos de cobertura y el bosque (0.42 $\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$). Los valores medios oscilaron entre 0.28 y 0.52 $\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$, con una tendencia no significativa a valores más altos en lignocelulósicos (0.52) y pasturas (0.48); y más bajos para caña de azúcar (0.28) y palmáceas (0.31). A pesar de presentar una altísima variabilidad dentro de cada cobertura, los niveles del elemento estuvieron en rango adecuado o normal para los cultivos perennes y anuales; no así para las coberturas boscosas (referencia). Esto se explica por el manejo de la fertilización que se lleva a cabo en esas coberturas y que no sucede en la cobertura boscosa (no hay manejo). Es normal el uso de fórmulas altas en K y la baja aplicación de enmiendas calcáreas (Ca y Mg). La correlación con el COS fue débil y no significativa ($r = 0.15$; $p > 0.05$), lo que indica que, a diferencia del nitrógeno, el K no está acoplado directamente al contenido de materia orgánica del suelo en los sistemas evaluados.

Cuadro 4. Medias y desviaciones típicas de las bases intercambiables Ca, Mg, K y del fósforo (P) encontrados en los suelos muestreados; por conjunto de cobertura (a 0-30 cm de profundidad).

Conjunto de coberturas	Ca	Mg	K	P
		$\text{cmol}^+ \cdot \text{L}^{-1}$		$\text{mg} \cdot \text{L}^{-1}$
Bosque	1.54 (2.61)	1.02 (1.52)	0.42 (0.38)	16.2 (24.2)
Lignoceluloso	1.86 (2.54)	1.26 (1.88)	0.52 (0.41)	20.5 (24.4)
Pastura	1.97 (3.48)	1.20 (1.94)	0.48 (0.35)	12.9 (24.0)
Herbácea perenne	0.98 (0.71)	0.84 (0.95)	0.38 (0.29)	12.8 (15.5)
Caña de Azúcar	0.56 (0.49)	0.39 (0.30)	0.28 (0.21)	7.6 (6.0)
Palmáceas	0.39 (0.32)	0.44 (0.35)	0.31 (0.25)	7.6 (6.1)

El fósforo (P), también tuvo valores muy variables ($CV > 100\%$ en varias coberturas), con valores medios entre 7.3 mg.L^{-1} (caña de azúcar) y 20.5 mg.L^{-1} (lignocelulósico), sin diferencias estadísticamente significativas. Se presentaron mayormente valores bajos y/o adecuados; la cobertura lignocelulósica tendió a valores ligeramente más altos y valores más bajos para caña y palma aceitera (cuadro

4). Asimismo, el bosque presentó un valor intermedio de 16.2 mg.L^{-1} . La heterogeneidad de los valores, impide atribuir las diferencias observadas al efecto de la cobertura, sugiriendo que factores como la fertilización fosfatada previa, la fijación de P en suelos ácidos o la historia de manejo; son más determinantes que el tipo de vegetación.

Cuadro 5. Medias y desviaciones típicas de micronutrientes (Fe, Cu, Zn, Mn), encontrados en los suelos muestreados; por conjunto de cobertura (a 0-30 cm de profundidad).

Conjunto de cobertura	Fe	Cu	Zn	Mn
	mg.L ⁻¹			
Bosque	98.4 (112.5)	5.2 (6.1)	8.1 (9.4)	68.3 (95.2)
Lignoceluloso	112.5 (98.3)	7.8 (8.2)	14.5 (12.1)	85.4 (112.3)
Pastura	87.3 (105.4)	4.9 (5.3)	7.2 (8.5)	72.1 (98.4)
Herbácea perenne	95.2 (87.6)	6.1 (4.9)	9.8 (7.2)	79.3 (85.6)
Caña de Azúcar	76.5 (68.3)	3.8 (2.1)	5.2 (3.8)	45.6 (38.9)
Palmácea	68.2 (52.4)	4.2 (3.5)	4.8 (3.2)	52.3 (47.8)

Los micronutrientes (**Cuadro 5**) presentaron una alta variabilidad (coeficientes de variación $> 80\%$ en la mayoría de los casos), lo que refleja la heterogeneidad espacial de estos elementos en los suelos estudiados. El Zn mostró una tendencia a ser más alto en lignocelulósicos (14.5 mg.L^{-1}) y más bajo en palmáceas (4.8 mg.L^{-1}) y caña de azúcar (5.2 mg.L^{-1}), lo que coincide con la correlación positiva con el COS en estos sistemas. El Fe y Mn presentaron valores muy variables, sin patrones claros asociados a la cobertura, aunque tienden a ser más altos en lignocelulósicos y más bajos en

caña y palma. El Cu se mantuvo en rangos adecuados en todas las coberturas ($3.8\text{-}7.8 \text{ mg.L}^{-1}$), con valores ligeramente superiores en lignocelulósicos.

De acuerdo con los resultados de este estudio, se confirma que el tipo de cobertura vegetal influye de manera significativa sobre la salud del suelo, medida a través del carbono orgánico (COS), nitrógeno total (Nt), densidad aparente (Dap) y la capacidad de intercambio catiónico efectiva (CICE). El bosque, como ecosistema de referencia, mostró valores adecuados en

la mayoría de las variables, lo que valida su rol como modelo de equilibrio edáfico.

Los cultivos lignocelulósicos (café, aguacate, cacao) superaron al bosque en COS y Nt, y mantuvieron una CICE adecuada, lo que demuestra que un manejo con alta incorporación de biomasa y mínima perturbación del suelo puede incluso mejorar la fertilidad con respecto al bosque. En contraste, las palmáceas (palma aceitera) presentaron los peores indicadores: menor COS y Nt, mayor Dap y CICE baja. Esto sugiere que la extracción intensiva de nutrientes y la remoción de biomasa, sin una reposición adecuada, degradan la calidad del suelo.

Las pasturas, caña de azúcar y herbáceas perennes mostraron un comportamiento intermedio. Aunque sus valores de COS y Nt fueron similares al bosque, la CICE baja en pasturas y caña de azúcar indica necesidad de manejo (encalado, aporte de materia orgánica) para mejorar la retención de cationes. Las herbáceas perennes lograron igualar al bosque en CICE, posiblemente por el reciclaje de nutrientes vía podas y residuos.

En conjunto, estos hallazgos demuestran que no todo uso agrícola degrada el suelo. Sistemas bien manejados, con aporte continuo de materia orgánica y mínima perturbación, pueden mantener o incluso mejorar propiedades clave como el COS y la CICE. Sin embargo, la alta variabilidad dentro de cada cobertura y el tamaño desigual de las muestras advierten que estos resultados son preliminares. Se requieren estudios con mayor

número de repeticiones y diseños pareados para separar el efecto del manejo de la variabilidad natural del suelo.

Del estudio podemos concluir que los cultivos lignocelulósicos (café, aguacate, cacao) fueron los sistemas productivos que más carbono y nitrógeno almacenan en el suelo, superando incluso al bosque de referencia. Con un promedio de 5.06 % de COS y 0.51 % de Nt, estos sistemas demostraron que una cobertura perenne leñosa, con aporte continuo de biomasa y mínima perturbación del suelo, puede actuar como un sumidero neto de carbono orgánico y mejorar el aporte de nitrógeno al suelo. Este hallazgo desafía el mito de que todo uso agrícola en los trópicos reduce el COS frente al bosque.

Adicionalmente, la palma aceitera (palmácea) fue la cobertura con el peor desempeño en salud del suelo: menor COS (1.40 %), menor Nt (0.16 %) y mayor densidad aparente (0.99 g.cm^{-3}). Estos indicadores reflejan pérdida de materia orgánica, degradación de la estructura del suelo y posible compactación por el manejo intensivo y la extracción de biomasa. La evidencia bayesiana muestra que sus diferencias con el bosque son estadísticamente muy sólidas ($\text{BF} > 30$), lo que sugiere que este sistema productivo, bajo las condiciones evaluadas, compromete la calidad del suelo a mediano plazo.

Finalmente, el nitrógeno total es un predictor excelente del carbono orgánico del suelo ($r = 0.92$), independientemente de la cobertura, pero la fuerza de esta

relación varía con el manejo. Mientras que los lignocelulósicos y pasturas, el acoplamiento C/N es muy fuerte ($r > 0.85$), en palmáceas y caña de azúcar la correlación se debilita ($r < 0.42$); lo que sugiere que prácticas como la fertilización nitrogenada desbalanceada o la quema/remoción de residuos orgánicos pueden romper el equilibrio natural entre ambos elementos. Esta relación C/N debe ser monitoreada como un indicador temprano de degradación o recuperación del suelo.

Nótese que estos resultados son de carácter preliminar y deben interpretarse como una guía para generar hipótesis, no como verdades definitivas. El número de muestras por cobertura es desigual (desde $n = 4$ en caña de azúcar hasta $n = 96$ en bosque), y la alta variabilidad dentro de cada categoría (coeficientes de variación a menudo $> 50\%$) indica que factores locales no controlados (tipo de suelo, clima, historia de manejo, fertilización) pueden estar influyendo fuertemente. Se recomienda por tanto, ampliar el muestreo, especialmente en caña de azúcar, herbáceas perennes y palmáceas, para alcanzar un tamaño muestral que permita conclusiones más robustas y generalizables a nivel nacional.

También se recomienda establecer una red de monitoreo a largo plazo (5 años) en cada conjunto de cobertura, con parcelas pareadas cultivo-bosque, para separar el efecto del uso del suelo, con respecto al efecto de la variabilidad edáfica natural. Solo con un experimento que controle la

heterogeneidad espacial y temporal será posible determinar si las diferencias observadas en COS, Nt, densidad aparente, relación C/N y nutrientes; son atribuibles al manejo agrícola o a condiciones preexistentes del sitio. Hasta entonces, estos datos deben usarse como referencia exploratoria para priorizar sistemas productivos con potencial de captura de carbono y guiar futuras investigaciones.

Referencias

- Abarca-Monge, S; Arguedas-Acuña, F; Soto-Blanco R. (2018). Carbono Orgánico del Suelo y Variación del Nitrógeno en Fincas Ganaderas de Cría. *Avances Tecnológicos* 12(2):05-13. http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/86/70
- Arguedas Acuña, F., Hernández Chaves, M., Abarca Monge, S. & Soto Blanco, R. (2021). Adicionalidad de carbono orgánico de suelo en pasto Cayman® bajo pastoreo racional Voisin. *Alcances Tecnológicos*, 14(1), 5-12. http://revista.inta.go.cr/index.php/alcances_tecnologicos/article/view/196/209
- Dawson, J. & Smith, P. (2007). Carbon losses from soil and its consequences for land-use management. *Science of The Total Environment*, 382 (2-3), 165-190. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2007.03.023>
- Fageria, V.D. (2006). Nutrient interactions in crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, 24, 1269-1290. <http://dx.doi.org/10.1081/PLN-100106981>.
- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2017). Carbono orgánico del suelo - el potencial oculto. Rome, Italia. 90 p. <https://openknowledge.fao.org/items/a9a2084a-394a-4aa3-b9b1-bc22295bf788>

- FAO [Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura]. (2021). Soil organic carbon and nitrogen: Reviewing the challenges for climate change mitigation and adaptation in agri-food systems. <https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cb3965en>
- Gamarra, C.; Díaz, M.; Vera de Ortíz, M.; Galeano, M. & Cabrera, A. (2018). Relación carbono-nitrógeno en suelos de sistemas silvopastoriles del Chaco paraguayo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 9, 4-26. <https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/134>
- Lal, Rattan. (2018). Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. Digging deeper: A holistic perspective of factors affecting soil organic carbon sequestration in agroecosystems. *Global Change Biology* (24) 3285-3301. https://www.researchgate.net/publication/322562367_Digging_Deeper_A_Holistic_Perspective_of_Factors_Affecting_Soil_Organic_Carbon_Sequestration_in_Agroecosystems
- Ortega-Monsalve, M.; Medina-Sierra, M. & Cerón-Muñoz, M. (2025). Relación del carbono orgánico y el nitrógeno total con otras variables del suelo en ganaderías del departamento de Antioquia, Colombia. *Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica*, 28 (2). <http://dx.doi.org/10.31910/rudca.v28.n2.2025.2553>
- Purwanto, B & Alam, S. (2020). Impact of intensive agricultural management on carbon and nitrogen dynamics in the humid tropics. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66, 50-59. <http://dx.doi.org/10.1080/00380768.2019.1705182>.
- Vendramini, J.M.; Dubeux, J.R. & Silveira, M.L. (2014). Nutrient Cycling in tropical pasture ecosystems. *Revista Brasileira de Ciencias Agrárias*, 9, 308-315. <http://dx.doi.org/10.5039/agraria.v9i2a3730>
- Xiong, X.; Grunwald, S.; Myers, D.; Ross, C.; Harris, W. & Comerford, N. (2014). Interaction effects of climate and land use / land cover change on soil organic carbon sequestration. *Science of The Total Environment*, 493, 974-982. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.06.088>
- Xue, X & An, S. (2018). Changes in soil organic carbon and total nitrogen at a small watershed scale as the result of land use conversion on the loess plateau. *Sustainability*, 10, 4757-4757. <http://dx.doi.org/10.3390/su10124757>



Biólogo marino,
Playa Grande, The
Leatherback Trust
(keilor@leatherback.
org)

Vida silvestre, gestión de residuos y el conflicto entre el desarrollo urbano y la conservación: una mirada al Parque Nacional Marino Las Baulas en Guanacaste

*Keilor E. Cordero Umaña
Pilar Santidrián Tomillo*



Científica titular
Instituto Español
de Oceanografía
(IEO-CSIC) (mpilar.
santidrian@ieo.csic.
es)

Costa Rica es reconocida internacionalmente por sus importantes esfuerzos en materia de protección y conservación, impulsados en gran medida por la creación de áreas protegidas y el establecimiento del Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC, 2000). Este modelo de conservación ha dado al país una reputación de nación “verde”, diferenciándolo de otros países de la región. Como resultado, la visitación turística ha aumentado alrededor del 620 % desde la década de 1990, consolidando al ecoturismo como uno de los principales motores económicos e impulsando el desarrollo de varias regiones (Alvarado, 2010).

Sin embargo, con el paso del tiempo, la visión de país verde ha ido cambiando y la estrategia turística se ha convertido en un arma de doble filo. Por un lado, aunque el turismo puede generar empleo, dinamizar economías locales y favorecer la conservación, también puede provocar impactos negativos según el tipo de actividades desarrolladas, su intensidad, la forma en que se gestiona la zona y el modelo de desarrollo que se promueva (Honey, 2003). Además, los cambios en políticas han impulsado una transformación hacia un turismo que se aleja del “eco”, fomentando el turismo

de playa, el desarrollo de polos turísticos o el establecimiento de urbanizaciones privadas de extranjeros, lo que puede llevar al colapso de las áreas costeras como en otros países.

En este contexto, una de las problemáticas que se ha intensificado con los años es la de los conflictos con la vida silvestre, especialmente los asociados al manejo inadecuado de los desechos. A pesar de que el país se posiciona como líder centroamericano en reciclaje, aún contamos con una limitada cultura, organización e infraestructura para la recuperación de desechos. Únicamente entre el 4 % y el 7 % de todos los residuos generados son recuperados para su reciclaje. Sumado a esto, el 60 % de la basura producida en hogares y negocios corresponde a residuos orgánicos (Ministerio de Salud, 2026), los cuales son un atrayente para diversas especies de vida silvestre. Por ejemplo, desechos como cáscaras de frutas y verduras o restos de comida, que por lo general tiramos a la basura, pueden representar fuentes de alimento extra para muchas especies. En algunos casos, estos recursos son incluso más accesibles y predecibles que los recursos en hábitats naturales (Real et al., 2017), ya que suelen estar disponibles de forma constante en basureros con diseños poco adecuados.

El acceso de la vida silvestre a los desechos representa un reto importante tanto dentro como fuera de las áreas protegidas, y su mala gestión puede debilitar los esfuerzos de conservación de las últimas décadas. En parques nacionales

de alta afluencia de visitantes, como Manuel Antonio, desde los años noventa ya se reportaban mapaches nortños (*Procyon lotor*) y mapaches cangrejeros (*Procyon cancrivorus*) alimentándose de la basura dejada por los turistas (Carrillo & Vaughan, 1993). Hoy en día, la situación se ha agravado, extendiéndose al menos a 39 especies que interactúan con turistas para obtener comida o que la buscan en los basureros (Porrás-Murillo et al., 2022). Casos similares se observan en parques nacionales como Cahuita, Volcán Poás, Irazú y Arenal, donde monos carablanca (*Cebus imitator*), pizotes (*Nasua narica*) o mapaches nortños intentan obtener comida de visitantes o de los basureros disponibles (Porrás-Murillo et al., 2022). Fuera de áreas protegidas, la situación no es muy distinta. En Playa Nacascolo, en el sur del Golfo de Papagayo, numerosos grupos de pizotes rebuscan entre las pertenencias de los turistas o entre la basura para conseguir comida. Otro caso se observa en Valle Central, en zonas urbanas como San Pedro, Sabanilla o Heredia Centro, donde se reportan con frecuencia grupos de mapaches nortños alimentándose de la basura.

La vida silvestre puede verse aún más afectada cuando el limitado manejo de los desechos coincide con un rápido crecimiento urbano. En varias regiones del país, el aumento de la visitación turística ha incrementado la demanda de servicios e infraestructura, impulsando un crecimiento acelerado y, en ocasiones, poco

regulado, incluso alrededor de algunas áreas protegidas. Un caso preocupante es el del Parque Nacional Marino Las Baulas, una de las zonas más importantes del Pacífico tropical oriental para la anidación de la tortuga baula (*Dermochelys coriacea*). En las últimas décadas, su zona de amortiguamiento ha experimentado un crecimiento urbano exponencial (**Figura 1**). La zona recibe visitantes atraídos principalmente por el turismo de playa y el surf. Además, en los últimos años se ha promovido un cambio hacia un modelo turístico más intensivo, similar al observado en otros destinos costeros como Tamarindo, Nosara o Santa Teresa. Este modelo se caracteriza por un aumento del número de restaurantes, zonas residenciales, hoteles y comunidades privadas de extranjeros, conocidas como comunidades de expatriados, lo cual, alrededor de un parque nacional como Las Baulas, puede generar un alto impacto en los ecosistemas y sus especies. En el parque nacional, de la mano del crecimiento urbano, se ha incrementado la producción de basura, atrayendo a especies oportunistas capaces de adaptarse a la convivencia con los seres humanos (Cordero-Umaña et al., 2026). Entre ellas, destacan los mapaches nortños,

quienes han aprovechado la gran cantidad de comida disponible en la basura (**Figura 2a**), y cuya población parece haber aumentado exponencialmente, extendiéndose a lo largo del parque nacional.

El impacto del desarrollo y los residuos en Las Baulas no se limita únicamente a los mapaches. Otras siete especies también se han observado alimentándose de basura (Cordero-Umaña et al., 2026), lo que refleja la magnitud del impacto sobre la vida silvestre. Entre ellas se encuentran el coyote, el tepezcuintle



Figura 1. Crecimiento urbano en la zona de amortiguamiento del Sector Playa Grande en el Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste entre 2003 (columna de la izquierda) y 2026 (columna de la derecha) en (a) Playa Grande Norte y (b) Playa Grande Sur. En la zona central de Playa Grande aún no hay edificaciones, aunque existen planes para su desarrollo.

(*Cuniculus paca*), el armadillo (*Dasypus novemcinctus*), la zarigüeya o zorro pelón (*Didelphis virginiana*), el zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus*), así como el zorri- llo hediondo listado (*Mephitis macroura*) y el manchado (*Spilogale putorius*). Un acceso constante y por largos periodos de tiempo a los desechos puede tener efectos directos sobre la salud de estas especies. Muchos residuos alimenticios contienen gran cantidad de azúcares, grasas y otros componentes que normalmente no forman parte de su dieta natural, lo que puede provocar obesidad, hiperglucemia (azúcar alta) y problemas metabólicos (Murray et al., 2016; Schulte-Hostedde et al., 2018). Además, la disponibilidad permanente de la basura puede provocar una dependencia de estos recursos. Como consecuencia, el comportamiento de los animales se ve afectado, aumentando su tolerancia a la presencia humana y favoreciendo conflictos con las personas, como daños a las propiedades, comportamientos agresivos o la transmisión de enfermedades.

Aunque el impacto directo del crecimiento urbano y los residuos afecta principalmente a las especies que consumen basura, sus efectos también se extienden de manera indirecta a otras especies del Parque Nacional Marino Las Baulas. En

particular, el aumento poblacional de los mapaches, favorecido por la disponibilidad de desechos, ha afectado a las tortugas marinas, que son uno de los principales objetivos de conservación del área protegida. Hace décadas, los mapaches se observaban de manera ocasional en las playas de anidación. Hoy, en cambio, se les puede observar cada noche (Figura 2c) y el riesgo de depredación de los nidos de tortugas marinas, principalmente los de la tortuga lora (*Lepidochelys olivacea*), ha aumentado enormemente (Cordero-Umaña et al., 2026; Cornhill, 2021). Afortunadamente, por su tamaño y capacidad de excavar, los mapaches sólo pueden alcanzar nidos relativamente superficiales, como los de

como nuevos depredadores en el parque, aumentando la presión sobre las tortugas marinas.



Figura 2. Uso de basura por parte de (a) mapaches norteamericanos (*Procyon lotor*) y (b) coyotes (*Canis latrans*) para alimentarse en las zonas urbanas alrededor del Parque Nacional Marino Las Baulas de Guanacaste. (c) Los mapaches norteamericanos visitan

tortugas lora ubicados a unos 47 cm de profundidad (Santidrián Tomillo et al., 2017). Sin embargo, también podrían depredar crías durante la eclosión, cuando estas se acercan a la superficie de la arena, extendiendo el riesgo a otras especies como la tortuga verde (*Chelonia mydas*) y la ya altamente amenazada tortuga baula. Por otra parte, si los desechos siguen estando disponibles, otras especies como los coyotes (Figura 2b) podrían surgir

frecuentemente las playas de anidación dentro del parque, causando alta depredación de nidos de tortugas marinas.

Si la expansión urbana continúa, como parece ser el plan, tanto el crecimiento urbano como el aumento en la producción de residuos podrían impactar aún más a la vida silvestre y de manera indirecta seguir afectando a las tortugas marinas. Por lo tanto, si no se implementan medidas inmediatas y sostenidas, el parque nacional puede sufrir un deterioro aún mayor, debilitando los esfuerzos de conservación.

En primer lugar, el crecimiento urbano nunca debió intensificarse ni expandirse en la zona de amortiguamiento y las inmediaciones del parque. Por lo tanto, es fundamental restringir nuevas construcciones en estas zonas, ya que la expansión urbana está reduciendo la capacidad del área de amortiguamiento para mitigar el impacto directo de las actividades humanas y proteger los ecosistemas

costeros y sus especies. Segundo, la gestión de los residuos debe mejorar para evitar mayores consecuencias sobre la vida silvestre. Para ello, es fundamental el uso de contenedores resistentes al ingreso de animales, que tengan puertas de cierre automático para limitar el acceso a la basura. Al mismo tiempo, se debe implementar un adecuado manejo de residuos orgánicos.

Tanto asociaciones locales como el parque nacional y la Municipalidad de Santa Cruz podrían incentivar campañas comunales de compostaje, con el objetivo de reducir parte de los desechos orgánicos presentes en la basura, tal como se han implementado en otras comunidades (Esquivel, 2021). Esta sería una medida necesaria pero parcial, ya que no todas las propiedades o negocios la adaptarían, ni todos los desechos orgánicos podrían ser eliminados de la basura. Sin embargo, incluso una pequeña reducción de estos desechos puede contribuir a disminuir la disponibilidad de alimento para especies oportunistas y, en conjunto con otras estrategias de manejo, ayudar a reducir su atracción y controlar naturalmente sus poblaciones (Cordero-Umaña et al., 2026).

Por otra parte, debido a lo altamente dinámica que es la población en la zona, conformada mayormente por turistas y trabajadores que salen y entran diariamente, es fundamental redoblar los esfuerzos de educación ambiental. De esta manera, cada visitante puede estar informado sobre buenas prácticas para reducir su impacto y entender cómo sus

acciones pueden afectar los ecosistemas del parque.

Debido al intenso desarrollo en Las Baulas, muchas otras problemáticas se suman a la lista. Dentro de ellas cabe resaltar el aumento de la contaminación lumínica, la afectación de zonas de manglar, el riesgo de intrusión salina por la excavación de pozos de agua, el manejo inadecuado de aguas residuales, el atropello y la electrocución de vida silvestre en el tendido eléctrico, así como el acceso no regulado de personas, que puede sobrepasar la capacidad de carga del área protegida y contribuir al deterioro de sus ecosistemas.

El caso del Parque Nacional Marino Las Baulas podría solo ser la punta del *iceberg* de un problema mucho más amplio en Costa Rica. Con el aumento de la visita turística y el cambio hacia un modelo centrado en el turismo de playa y polos turísticos, cada vez más regiones del país experimentan un desarrollo acelerado que, en muchas ocasiones, es poco regulado o no planificado. En un país como Costa Rica, reconocido internacionalmente por su compromiso con la conservación, este tipo de desarrollo no debería ocurrir, y mucho menos en áreas protegidas o cerca de ellas. Como país, no debemos perder la visión de aquello que nos ha diferenciado de otros países de la región ni el valor de reconocernos como una nación “verde”. Es necesario exigir a las autoridades medidas más efectivas e inmediatas, informar mejor a los visitantes y dar

el ejemplo mediante prácticas de turismo responsable. Sólo así podremos dar a las áreas protegidas el lugar que merecen y evitar que el desarrollo avance más rápido que la conservación, como ya ocurre en el Parque Nacional Marino Las Baulas y en otras regiones del país.

Agradecimientos

Agradecemos a los biólogos de campo de Playa Grande, a los voluntarios y al personal de Leatherback Trust que colaboraron en la recopilación de datos y la logística durante el periodo de estudio. También agradecemos al Área de Conservación Tempisque del Ministerio de Ambiente y Energía por conceder los permisos de investigación necesarios. Este estudio se llevó a cabo dentro del programa “Maximización de la producción de crías de tortuga baula en Costa Rica”, financiado por National Fish and

Wildlife Foundation (NFWF) y apoyado y administrado por The Leatherback Trust.

Referencias

- Alvarado, B. (2010). *Ecoturismo en Costa Rica: mito o realidad, la verdad* [Master Thesis, Stony Brook University]. <https://commons.library.stonybrook.edu/stony-brook-theses-and-dissertations-collection/140>
- Carrillo, E., & Vaughan, C. (1993). Variation in the behavior of *Procyon* spp. (Carnivora: Procyonidae) due to the presence of tourists in a protected area of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 41(3B), 843–848. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/24113>
- Cordero-Umaña, K. E., Stevens, K., Yaney-Keller, A., López Navas, J., Paladino, F. V., Spotila, J. R., & Santidrián Tomillo, P. (2026). Indirect effects of fast-growing urban development on wildlife in a coastal protected area of Costa Rica. *The Journal of Wildlife Management*, 90(3), e70174. <https://doi.org/10.1002/jwmg.70174>
- Cornhill, C. (2021). *Depredation of olive ridley and loggerhead turtle clutches on beaches with and without predator management (Order No. 30505098)* [Purdue University]. <https://docs.lib.purdue.edu/dissertations/AAI30505098/>
- Esquivel, N. (2021, September). *Santa Cruz arranca proyecto de compostaje comunal en Barrio Corobici*. La Voz de Guanacaste.
- Honey, M. (2003). Giving A Grade To Costa Rica's Green Tourism. *NACLA Report on the Americas*, 36(6), 39–47. <https://doi.org/10.1080/10714839.2003.11724546>
- Ministerio de Salud. (2026, January 20). *En Costa Rica solo el 13% de los residuos se recicla campaña impulsa el reciclaje y el compostaje*. <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/prensa/67-noticias-2026/2339-en-costa-rica-solo-el-13-de-los-residuos-se-recicla-campana-impulsa-el-reciclaje-y-el-compostaje>
- Murray, M. H., Hill, J., Whyte, P., & St. Clair, C. C. (2016). Urban Compost Attracts Coyotes, Contains Toxins, and may Promote Disease in Urban-Adapted Wildlife. *EcoHealth*, 13(2), 285–292. <https://doi.org/10.1007/s10393-016-1105-0>
- Porrás-Murillo, L., Wong, G., & Chacón, I. (2022). Human-wildlife interactions in a major tourist destination: Manuel Antonio National Park, Costa Rica. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(5). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230520>
- Real, E., Oro, D., Martínez-Abraín, A., Igual, J. M., Bertolero, A., Bosch, M., & Tavecchia, G. (2017). Predictable anthropogenic food subsidies, density-dependence and socio-economic factors influence breeding investment in a generalist seabird. *Journal of Avian Biology*, 48(11), 1462–1470. <https://doi.org/10.1111/jav.01454>
- Santidrián Tomillo, P., Fonseca, L., Paladino, F. V., Spotila, J. R., & Oro, D. (2017). Are thermal barriers “higher” in deep sea turtle nests? *PLOS ONE*, 12(5), e0177256. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0177256>
- Schulte-Hostedde, A. I., Mazal, Z., Jardine, C. M., & Gagnon, J. (2018). Enhanced access to anthropogenic food waste is related to hyperglycemia in raccoons (*Procyon lotor*). *Conservation Physiology*, 6(1). <https://doi.org/10.1093/conphys/coy026>
- SINAC [Sistema Nacional de Áreas de Conservación]. (2000). *El Sistema Nacional de Áreas de Conservación : evolución y perspectivas*. SINAC. <https://www.sinac.go.cr/ES/docu/Publicaciones/SINAC%20Evolucion%20y%20Perspectivas.pdf>



Ingeniero en
Gestión Ambiental,
Sostech Consultoría
Ambiental
(a.alvarez@sostechcr.
com)

Caracterización del compostaje domiciliario y roles de género en su gestión: experiencia en Oreamuno, Costa Rica

*Ana María Álvarez Muñoz
Ryder Fernández Centeno
José David Loría Valverde*



Ingeniero en
Gestión Ambiental,
Sostech Consultoría
Ambiental
(r.fernandez@
sostechcr.com)



Ingeniero en
Geografía, Sostech
Consultoría
Ambiental (j.loria@
sostechcr.com)



El compostaje domiciliario se ha consolidado como una estrategia ambiental y comunitaria eficaz para la gestión sostenible de residuos orgánicos. En Costa Rica, la Gran Área Metropolitana (GAM) enfrenta una grave crisis en sus rellenos sanitarios. Según reportes del Ministerio de Salud y medios locales, a finales del 2024, el Parque Uruka operaba ya con una capacidad limitada, mientras que la vida útil de Aczarrí se redujo de 11 años a un estimado de 3 a 3.5 años. Para 2026 se prevé que solo un relleno estará operando, lo que implica riesgos de saturación y con altos costos operativos derivados del transporte a mayores distancias (Castro, 2025). Ante esta situación, es urgente promover alternativas locales que reduzcan el volumen de desechos orgánicos dirigidos a los rellenos.

El cantón de Oreamuno, en la provincia de Cartago, se ha distinguido por adoptar prácticas de compostaje domiciliario desde 2021. Según las estimaciones del INEC (s.f.), en 2023 Oreamuno tenía 50 874 habitantes y una economía predominantemente agrícola, por lo que Oreamuno presenta un contexto ideal para iniciativas ambientales comunitarias. La Municipalidad para el 2022, ya había distribuido alrededor de 428 composteras domiciliarias, acompañadas

de capacitaciones y seguimiento técnico, siendo este por parte del equipo de Sostech Consultoría Ambiental S.A. a partir del 2023. Las familias participantes reciben formación sobre la producción, el manejo y aprovechamiento del compost producido, contribuyendo a una reducción de hasta el 50 % de los residuos que de otro modo irían al botadero (Municipalidad de Oreamuno, 2023). Actualmente se registran 539 composteras activas en hogares a lo largo del cantón, las cuales son objeto de monitoreo del rendimiento y calidad del compost junto a capacitaciones complementarias. Además, desde el equipo de Sostech como parte del seguimiento, se realiza una encuesta de satisfacción con la cual se da seguimiento por ubicación catastral municipal. Para diciembre de 2025 el esfuerzo comunitario en el marco del proyecto ha resultado en la producción de 33.3 toneladas de compostaje, utilizado a lo largo del cantón en jardines y huertas caseras (**Figura 1**).



Figura 1. Huerta casera de participante del proyecto de compostaje domiciliario ubicada en Cot de Oreamuno.

En este artículo nos hemos centrado en la caracterización del compost que producen los hogares del proyecto. Se documentaron atributos visuales y sensoriales del compost —olor, color, residuos visibles, humedad, presencia de insectos— y al mismo tiempo registrar aspectos socio-demográficos del manejo, entre ellos el factor género, entendiendo quién asume la responsabilidad del compostaje en cada hogar.

El análisis de estas variables descriptivas busca ofrecer una mirada sobre cómo las comunidades gestionan su compost doméstico y si esa gestión se distribuye a un género en específico. Este enfoque distingue al estudio al vincular la dimensión ambiental con las dinámicas de género en el ámbito de la sostenibilidad local.

El estudio adoptó un enfoque observacional, realizado entre agosto y noviembre del 2025. La población objeto del estudio comprendió los hogares del proyecto de compostaje domiciliario en los distritos de San Rafael, Cot, Potrero Cerrado, Santa Rosa y Cipreses del cantón de Oreamuno (**Figura 2**), que integran hogares en zonas rurales y urbanas, los cuales han recibido seguimiento técnico y participan activamente en las capacitaciones y visitas.

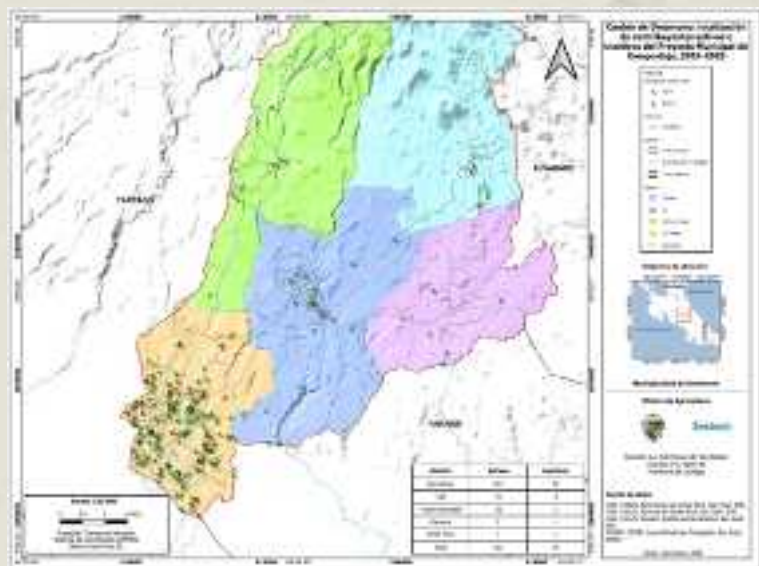


Figura 2. Georeferenciación de participantes del proyecto de compostaje por medio de la encuesta aplicada por ubicación catastral municipal.

La recolección de datos se realizó mediante fichas de caracterización aplicadas por la investigadora durante visitas presenciales regulares; en total se completaron 41 encuestas aplicadas en los hogares a lo largo del periodo de estudio. Durante cada visita se registraron las variables observadas del compost según se indica en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1. Variables observadas en el compost durante la visitas domiciliarias.

Variable	Escala utilizada
Olor	Bueno/Regular/Malo
Color	Claro/Oscuro
Tamaño de residuos visibles	Pequeño(<2cm)/mediano (<5cm)/grande(>6cm)
Humedad (evaluada por tacto)	Muy húmeda/Humedad indicada/Muy seco
Presencia de insectos	Sí/No/Lombrices

Adicionalmente, se registró el tiempo en el proyecto (menos de dos meses/menos de un año/más de un año/más de dos años) para cada hogar y la persona responsable del manejo del compost, documentada por nombre o iniciales y luego categorizada por género (mujer, hombre, otro/no especificado). Se obtuvo consentimiento informado previo de las familias participantes.

Los datos observados fueron registrados en Excel y analizados mediante estadística descriptiva. Para explorar posibles asociaciones entre las características del compost y el género de la persona responsable.

En cuanto a lo encontrado en las composteras visitadas, seis presentaron presencia de insectos. De estas, tres se encontraban con una humedad adecuada, dos estaban muy húmedas y una correspondía a una compostera con bajo nivel de humedad. Los resultados no muestran un patrón definido entre la existencia de insectos y otras variables analizadas como el color o la experiencia del individuo encargado del compostaje.

No obstante, se puede notar que la gran mayoría de los casos donde se registraron insectos ocurrió en composteras con una humedad adecuada o alta (**Figura 3**). Esto podría estar directamente

vinculado a condiciones que favorecen el crecimiento de los organismos descomponedores. Si bien el exceso de humedad puede atraer a ciertos insectos no deseados, su aparición también suele ser una señal de actividad biológica normal dentro de la descomposición orgánica. Por lo tanto, su presencia no necesariamente indica un problema ambiental o de salubridad, sino que simplemente forma parte de la dinámica natural intrínseca al proceso de compostaje.



Figura 3. Moscas soldado negra encontradas alrededor de la compostera que presentaba exceso de humedad, en San Rafael de Oreamuno.

Por otra parte, los resultados revelan que la mayor parte de las composteras que mantienen una humedad óptima corresponden a participantes con más de 24 meses de experiencia (11 de 17 casos). Les siguen, con una frecuencia similar, tanto quienes tienen entre 0 y 2 meses de práctica (4 casos) como los que superan los 12 meses (4 casos). En contraste, la presencia de composteras con un claro exceso de humedad (“muy húmedo”) se

distribuyó principalmente entre los grupos de menor experiencia (3 casos en el rango de 0 a 2 meses) y, curiosamente, en algunos con mayor experiencia (5 casos en el rango de más de 24 meses) (**Figura 4**). Por otro lado, las condiciones de material “muy seco” fueron menos frecuentes en general (6 casos), sin un patrón claramente asociado al tiempo de experiencia.



Figura 4. Compostera con alto nivel de humedad encontrada en visita de seguimiento en Potrero Cerrado de Oreamuno.

Relacionado a la humedad, encontramos que el control de la humedad es un factor clave para mantener un buen olor, favoreciendo un compostaje estable y saludable, mientras que la presencia de exceso de humedad puede generar olores desagradables o fermentaciones menos controladas. En la muestra de

composteras domiciliarias, la mayoría presentó un buen olor (87.8%). Solo una compostera registró mal olor y cuatro fueron clasificadas como regular.

Al relacionar el olor con la humedad de los residuos, se observó que todas las composteras con humedad adecuada (23) tenían buen olor, mientras que la compostera con mal olor correspondió a un caso con humedad muy alta. En las composteras muy húmedas también se registraron tres casos con olor regular, mientras que en las composteras muy secas solo se presentó un caso con olor regular.

En cuanto al color la mayoría del material presentaba un color oscuro (31 composteras; 75.6 %), mientras que 10 composteras (24.4 %) tenían un color café claro.

Al analizar la relación con el tipo de material secante, se observó que el uso de aserrín en cantidades muy altas se asoció con la presencia de compost más claro. A pesar de que la mayor parte del compost alcanzó ese nivel de descomposición avanzado que se refleja en su color oscuro, la incorporación excesiva de materiales secos, ricos en celulosa, tiene el potencial de diluir el contenido de materia orgánica. Esto, a su vez, aclara temporalmente el compost, afectando su apariencia final (**Figura 5**). De forma general, se podría indicar que el color del compost se define tanto por su grado de descomposición como por la cantidad y el tipo de material secante utilizado. Sin embargo, el color oscuro se mantiene como un indicador fiable de que el compost está más maduro y presenta un equilibrio óptimo.



Figura 5. Compostaje con tonalidad más clara temporal por el uso de aserrín como material secante.

En cuanto al tamaño de los residuos orgánicos que se introducen en las composteras giratorias, pudimos observar que la mayoría de los participantes visitados mostraron variaciones claras que dependían de su tiempo de experiencia en el compostaje. Los datos son elocuentes: el grupo con mayor experiencia (más de 24 meses) casi siempre corta los residuos en tamaños reducidos (10 de 17 casos), mientras que los participantes con menor experiencia (0 a 2 meses) tienen una distribución mucho más diversa, con una predominancia de residuos medianos (4 de 9 casos) y grandes (2 de 9 casos).

Al revisar los intervalos intermedios (3 a 12 meses y 12 a 24 meses), notamos

una clara transición progresiva hacia residuos de menor tamaño. Este cambio sugiere que hay una mayor comprensión del proceso con el tiempo, reforzando la conexión directa entre reducir el tamaño del material y mejorar la efectividad del compostaje (**Figura 6**).



Figura 6. Compostaje final elaborado por usuaria con un año de experiencia del distrito de San Rafael.

Adicionalmente, los datos revelan que el 28.57 % de los hombres utiliza residuos de tamaño grande, mientras que entre las mujeres esa proporción se reduce al 14.81 %. Este hallazgo apunta a que los hombres, considerando que las mujeres representan 66.7 % de la muestra total, podrían estar utilizando residuos con un menor procesamiento (es decir, mayor tamaño de corte) en comparación con las mujeres. No obstante, dado que no existen patrones repetitivos y claros en otras

variables clave del manejo del compostaje (como humedad, olor, presencia de insectos o color), no podemos afirmar la existencia de una práctica específica marcada por el género.

Lo que sí es claro es la diferencia en la participación general en el proceso de compostaje: las mujeres como mencionamos anteriormente, representan un 66.7 %, frente a un 33.3 % de los hombres. A Pesar que las razones para participar en el proyecto varían, como mejorar el manejo de los residuos, tener un pasatiempo nuevo, aprovecharlo en las plantas, esta diferencia en la participación femenina se puede entender a la luz de los roles de género tradicionales, que históricamente han asignado a las mujeres las labores de cuidado doméstico y ambiental en el ámbito del hogar y la comunidad, como la preparación de alimentos que sería de las actividades principales implicadas en el proceso de compostaje. De hecho, varios estudios sobre gestión de residuos han destacado que las mujeres, precisamente por su responsabilidad cotidiana con el hogar, la separación de residuos y la limpieza, tienden a involucrarse más activamente en iniciativas de compostaje y gestión doméstica de residuos (UNEP, s.f).

Aunque las mujeres lideraron en participación, no se observaron prácticas de manejo técnico uniformes separadas por género: las diferencias en eficiencia o condiciones de compostaje se asocian más a la experiencia, las condiciones del sistema, el tipo de residuos y la orientación

técnica recibida que con el hecho de ser mujer u hombre.

En cambio, la experiencia en el manejo de composteras giratorias sí evidenció que los participantes con mayor tiempo de práctica lograron mantener una humedad más adecuada y sistemas más estables, lo que refleja un aprendizaje progresivo y la importancia del acompañamiento técnico en las etapas iniciales del compostaje domiciliario. Esto también demuestra un aprendizaje empírico de los participantes, quienes con el tiempo optimizan la humedad y el tamaño de los residuos para acelerar el proceso de descomposición y obtener un compost de mejor calidad.

Referencias

- Castro, A. (2025). 2025: Año crucial para resolver la crisis de la basura de la Gran Área Metropolitana. <https://www.sinartdigital.com/trecenoticias/nacionales/item/2025-ano-crucial-para-resolver-la-crisis-de-la-basura-de-la-gran-area-metropolitana>
- Instituto Nacional de Estadística y Censos [INEC]. (s.f.). Proyección de Población. <https://services.inec.go.cr/proyeccionpoblacion/frmproyec.aspx>
- Municipalidad de Oreamuno. (2023). Compostaje Doméstico en Oreamuno. <https://www.oreamuno.go.cr/noticia/13/compostaje-domestico-en-oreamuno>
- United Nations Environment Programme [UNEP]. (s. f.). *Gender and waste management*. International Environmental Technology Centre. <https://www.unep.org/ietc/index.php/what-we-do/gender-and-waste-management>

Normas mínimas para la presentación de artículos a *Ambientico*

1. Acerca de la revista Ambientico

La revista Ambientico es una publicación trimestral sobre la actualidad ambiental costarricense que se publica desde la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional (UNA), institución pública y benemérita de la Patria. Creada en 1992, es una revista de acceso abierto que tiene por misión estimular, publicar y difundir un análisis riguroso y actualizado sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica.

2. Equipo editorial:

Editor en jefe: Dr. Sergio A. Molina-Murillo
Editor adjunto: M.Sc. Jesús Ugalde Gómez
Dr. William Fonseca González
M.Sc. Wilbert Jiménez Marín
Lic. Luis Poveda Álvarez

3. Público meta

Nuestro público meta está constituido por la sociedad costarricense interesada en conocer sobre problemáticas e iniciativas ambientales en Costa Rica. De manera específica los artículos de la revista Ambientico están dirigidos a personas tomadoras de decisiones de los Poderes de la República, gobiernos locales, docentes de todos los niveles, estudiantes, personas profesionales y aquellas que lideran grupos y comunidades locales.

4. Política de acceso abierto

La revista Ambientico ofrece acceso abierto, libre e inmediato de su contenido bajo el principio de que hacer disponible de manera abierta y gratuita la investigación a la sociedad, fomenta un mayor intercambio de conocimiento local y global. Por tanto, no existe costo por acceso a los artículos por parte de las personas lectoras (usuarios individuales o instituciones), ni por el procesamiento, revisión, envío y publicación de los artículos por parte de las personas autoras.

Los artículos publicados se distribuyen bajo una licencia Creative Commons Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.ambientico.ac.cr>, lo que implica la posibilidad de que las personas lectores (usuarios individuales o instituciones) puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra.

No es necesario solicitar permisos a la persona editora o autora, siempre y cuando el contenido se utilice de acuerdo con la licencia CC BY NC SA 4.0 Internacional, tal y como se explica arriba.

5. Propiedad intelectual

Los artículos publicados se distribuyen bajo una *Creative Commons* Reconocimiento al autor-No comercial-Compartir igual 4.0 Internacional (CC BY NC SA 4.0 Internacional) basada en una obra en <http://www.ambientico.una.ac.cr>, lo que implica la posibilidad de que los lectores puedan de forma gratuita descargar, almacenar, copiar y distribuir la versión final aprobada y publicada (*post print*) del artículo, siempre y cuando se realice sin fines comerciales y se mencione la fuente y autoría de la obra. Las personas autoras se comprometen a enviar firmada —junto con el escrito— la Carta de Originalidad y Cesión de derechos.

6. Política sobre plagio

La Revista penaliza el plagio en todas sus formas. La detección del plagio implica la conclusión del proceso editorial en cualquiera de sus etapas. En el caso de artículos ya publicados, estos serán eliminados del acervo y se contactará a las instituciones empleadoras para informar de este tipo de conducta. La Revista velará para que tanto el equipo editorial como el de revisión y autoría cumplan con las normas éticas en el proceso de revisión y publicación de un artículo a través de proceso transparente y libre de plagio. Para más información se recomienda consultar la norma *International Standards for editors and authors* del Comité de Ética en la Publicación (COPE) y las del *International Committee of Medical Journal Editors* (ICMJE). Para detectar plagio la revista utiliza el programa Turnitin.

7. Declaración de privacidad

De conformidad con la Ley N° 8968 de Costa Rica, ley de protección de la persona frente al tratamiento de sus datos personales, la(s) PERSONA(s) AUTORA(s) consienten en facilitarle a la Revista un correo electrónico de contacto, así como los datos personales necesarios para la identificación de la autoría del artículo. A su vez, autorizan a la Revista a publicar junto con el artículo, los datos personales necesarios (nombre y apellidos, puesto, especialidad, institución, ciudad/país, correo).

8. 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).

9. Modo de entrega

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

10. 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.

11. 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.

12. 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.

13. 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)

14. 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.

15. 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.

16. 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.

17. 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.

18. 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.

19. 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) ...".

20. 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: Cambro-nero, C. (2011, marzo 22). La publicidad y los cantos de sirena. *Fusil de chispa* [Blog]. <http://www.fusildechispas.com>

AMBIENTICO

Web: www.ambientico.una.ac.cr

Email: ambientico@una.ac.cr

Tel: (506) 2277 3688

Redes Sociales: Facebook | X | Instagram



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



Revista de CIENCIAS AMBIENTALES Tropical Journal of Environmental Sciences

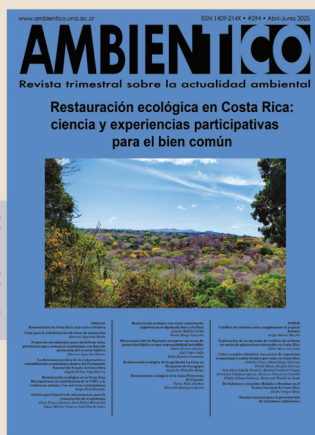
Revista científica, internacional e
interdisciplinaria con trayectoria desde 1980



www.revistas.una.ac.cr/ambientales



revista.ambientales@una.ac.cr



Jul.-Set. 294



Oct.-Dic. 296



Ene.-Mar. 297



UNA
UNIVERSIDAD
NACIONAL
COSTA RICA