

Versión mejorada del mapa digital de coberturas naturales de la primera edición hojas cartográficas de Costa Rica escala 1:25 000

Improved version of the digital map of
natural cover of the first edition cartographic
sheets of Costa Rica scale 1:25,000

Julio Calvo-Alvarado¹, Dorian Carvajal-Vanegas²,
Vladimir Jiménez-Salazar³, Marco Castro-Campos⁴

Fecha de recepción: 17 de agosto, 2023
Fecha de aprobación: 28 de enero, 2024

Calvo-Alvarado, J; Carvajal-Vanegas, D; Jiménez-Salazar, V;
Castro-Campos, M. Versión mejorada del mapa digital de co-
berturas naturales de la primera edición hojas cartográficas
de Costa Rica escala 1:25 000. *Tecnología en Marcha*. Vol.
37, N° 4. Octubre-Diciembre, 2024. Pág. 21-30.

 <https://doi.org/10.18845/tm.v37i4.6843>



- 1 Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
 jucalvo@itcr.ac.cr
 <https://orcid.org/0000-0001-9555-6420>
- 2 Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
 dcarvajal@itcr.ac.cr
 <https://orcid.org/0000-0002-6603-2086>
- 3 Escuela de Ingeniería Forestal, Instituto Tecnológico de Costa Rica. Costa Rica.
 vladjimenezs@gmail.com
 <https://orcid.org/0009-0006-4744-9501>
- 4 Consultor Independiente. Costa Rica.
 marcovcastro66@gmail.com
 <https://orcid.org/0000-0003-4683-2104>

Palabras clave

Bosques; manglares; uso del suelo; SIG; cartografía; Guanacaste.

Resumen

Los mapas de cobertura del suelo son muy importantes para comprender el proceso de cambio de uso de la tierra, así como para la conservación y la gestión racional de los recursos naturales. Sin embargo, en Costa Rica, la información detallada de la cartografía digital sólo está disponible después de la introducción de las imágenes Landsat y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la década de 1980's. Por lo tanto, es crucial recuperar información de las hojas cartográficas históricas para proporcionar una mejor línea de base histórica. En este artículo se explica el proceso de conversión y corrección del mapa digital de coberturas del suelo de la primera edición de las hojas cartográficas de Costa Rica, publicadas inicialmente en papel por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escala 1:25.000, basándose en fotografías aéreas tomadas en 1945. Estas hojas cartográficas contienen información valiosa sobre las coberturas terrestres de bosques, humedales, manglares, salinas y cuerpos de agua. Por lo tanto, el objetivo principal de este proyecto fue crear una capa única y corregida de coberturas naturales del suelo en formato digital para la Península de Nicoya, de acceso libre y gratuito al público a través de la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

Keywords

Forest cover; mangrove; land cover; land use; GIS; cartography; Guanacaste.

Abstract

Land cover maps are crucial for understanding land use change and for conserving and wisely managing natural resources. However, detailed digital mapping information was only available in Costa Rica after the introduction of LANSAT images and the use of Geographic Information Systems (GIS) in the 1980s. Therefore, retrieving information from historical cartographic sheets is crucial to providing a better historical baseline for the Nicoya Peninsula of Costa Rica. This article explains the process of converting and improving the land cover map from the first edition of the cartographic sheets of Costa Rica into digital format. These sheets were initially published in print by the National Geographic Institute (IGN) at a scale of 1:25,000, based on aerial photographs taken in 1945. These cartographic sheets contain valuable information about the land covers of forests, wetlands, mangroves, salt pans, and water bodies. Hence, the primary objective of this project was to create a single and improved layer of natural land covers in digital format, which will be free and open access to the public through the National Territorial Information System (SNIT) platform of the National Geographic Institute of Costa Rica.

Introducción

El Pacífico Noroeste de Costa Rica es una región que por su clima y suelos ha tenido una gran importancia socioeconómica para el país, principalmente para el desarrollo agropecuario [1]-[2], esto ha impactado su cobertura boscosa original y en la actualidad son muy pocas las áreas de bosque maduro originales que se conservan [3]. Entre las coberturas naturales originales se resaltan el bosque deciduo tropical, bosque seco tropical, y los manglares como ecosistemas forestales muy vulnerables [4]-[5]. Esta zona presentó una reducida cobertura forestal en la

década de 1970 producto de la deforestación, y es en las últimas décadas que ha mostrado un aumento de la cobertura forestal, debido al abandono de tierras poco productivas y a la regeneración de bosques secundarios [6].

Para cuantificar los cambios de cobertura de bosques durante las últimas 5 décadas, se ha utilizado tecnología satelital, principalmente con imágenes de las misiones LANDSAT, QuickBird, Sentinel-1 y Sentinel-2, entre otras [7]-[8]-[9]-[10]-[11]. Un inconveniente del uso de las imágenes satelitales es que su uso civil empieza en los años 70's, dejando entonces el uso de fotografías aéreas como única alternativa para generar mapas detallados de coberturas naturales del suelo. Para Costa Rica, es posible disponer de información de las coberturas naturales anteriores a los años 70's extrayendo la información ya foto interpretada [12]- [13] en primeras hojas cartográficas del país. Hay que subrayar que la elaboración de estas hojas cartográficas se aplicó protocolos estandarizados internacionalmente, que garantizan su calidad y veracidad de la información [14].

La primera edición de hojas con escala 1:25000 fue publicada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) entre los años 1953 y 1962, consta de 99 hojas cartográficas basadas en vuelos realizados en 1945 [14, 15]. Estas hojas aparte de incluir información topográfica, incluyen la clasificación de coberturas naturales tales como bosques, humedales, manglares y cuerpos de agua. Esta información reviste de gran interés para comprender la dinámica histórica de la deforestación y el cambio de uso del suelo en la Región Chorotega [1] - [6] - [7] - [16].

En el año 2023, se publicó una primera versión de una capa digital [17] – [18] de las coberturas naturales del suelo de las hojas cartográficas 1: 25000 del año 1945. Sin embargo, esta primera versión no corrige los errores detectados en la clasificación de los manglares. La razón para no corregir la primera versión se debe a que el objetivo de ese proyecto fue crear una capa digital con la información tal como fue interpretada, clasificada y publicada originalmente en formato impreso por el IGN [17] - [15]. La intención de la primera versión fue dejar abierta la posibilidad a los usuarios del mapa de analizar, con su propio criterio, la pertinencia y/o oportunidad, según la información secundaria disponible que encuentren, de rectificar las clasificaciones originales de las hojas cartográficas.

Por tanto, los objetivos de este proyecto son: a) crear una capa digital mejorada de las coberturas naturales del suelo de la primera versión digital basada en las hojas cartográficas de Costa Rica escala 1:25 000 al reclasificar las categorías de manglar, pantano y ciénaga y b) disponer la nueva capa mejorada en formato digital y de acceso libre al público en la plataforma del SNIT del Instituto geográfico Nacional de Costa Rica.

Materiales y métodos (metodología)

Para la primera digitalización se utilizaron las 99 hojas cartográficas de Costa Rica, escala 1:25 000, basadas en fotografías aéreas (escala 1:20 000) tomadas principalmente en el año 1945 y publicadas en los años 1953 y 1962 [17]. Las áreas que abarcan estas hojas incluyen la Península de Nicoya (Guanacaste, Puntarenas), el sector fronterizo entre La Cruz y Peñas Blancas (Guanacaste) y varias hojas cartográficas de las provincias de Alajuela, San José y Cartago (figura 1). Las hojas cartográficas fueron adquiridas en formato digital y escaneadas a partir de las hojas cartográficas impresas originales por el Instituto Geográfico Nacional (IGN). Las hojas cartográficas fueron entregadas por el IGN en formato TIFF con una resolución de 72 PPI [17].

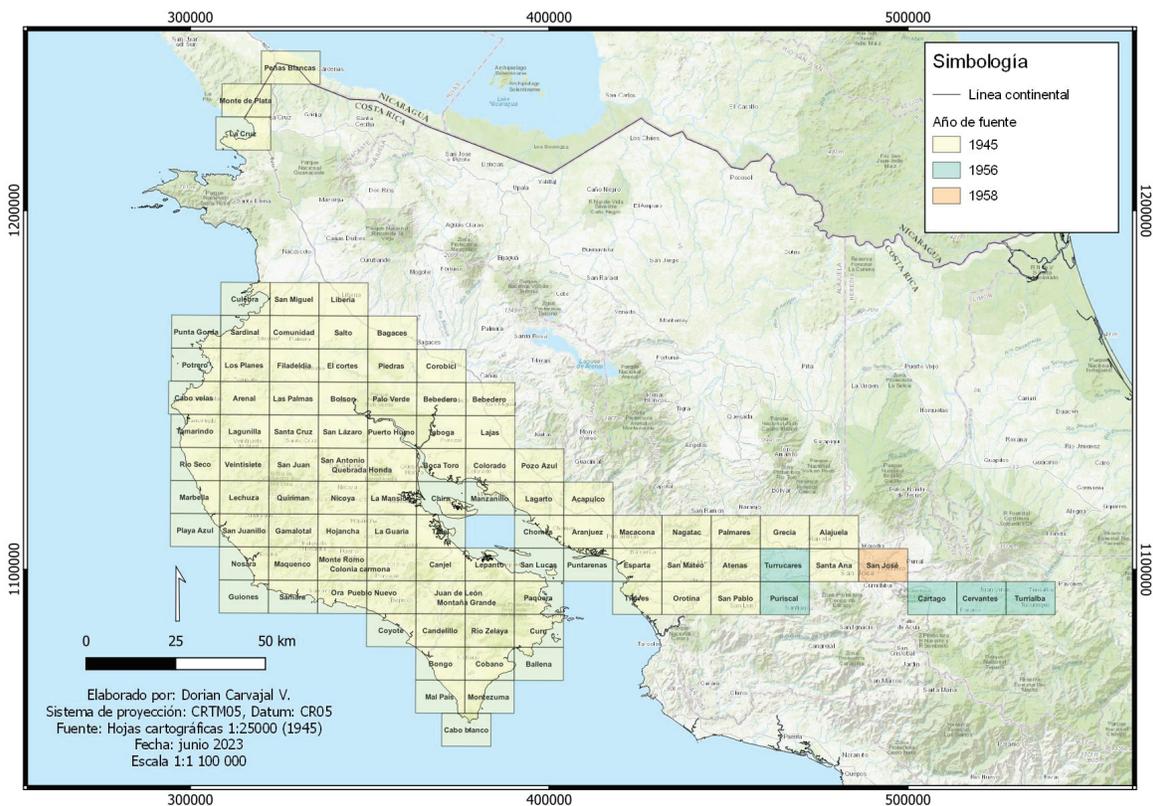


Figura 1. Hojas cartográficas 1:25 000 del año 1945 y publicadas entre 1953 y 1962 por el Instituto Geográfico Nacional.

En la primera versión cada una de las hojas cartográficas fue georreferenciada en el sistema de coordenadas oficial para Costa Rica CRTM05 con la herramienta GDAL de QGIS 3.16.3. Luego se realizó una digitalización manual de las diferentes coberturas a una escala fija 1:2 500 en un monitor de 24 pulgadas, con las herramientas avanzadas de digitalización de QGIS 3.16.3 [17]. Aunque existen metodologías para digitalizar automáticamente una imagen [12] - [13], se decidió por una digitalización manual al encontrar muchas diferencias de color y calidad de impresión entre las diferentes hojas cartográficas (Fig. 1), lo que significaría muchos errores de digitalización. Finalmente, después de la unión de cada hoja digitalizada, se realizó un control manual de calidad de la digitalización, a fin de detectar errores u omisiones en el proceso, el producto de esto, se creó una capa en formato vectorial para el área total que cubren las 99 hojas cartográficas [17] - [18].

Para la reclasificación de los polígonos de mangle, pantano y ciénagas, que presentaron errores de clasificación del “mangle”, se empleó la cobertura de mangle del Golfo de Nicoya realizado por el CATIE en el 2021 [19]. Además, se empleó las Ortofotos escala 1: 5000 del año 2017 del IGN para verificar el deslinde del mangle [20].

Resultados

Se digitalizaron 10 categorías de cobertura incluidas en las hojas cartográficas 1:25 000 de 1945 (figura 3), estas fueron: arena y lodo, bosque, laguna, laguna intermitente, manglar, pantano y ciénaga, playón, salinas, terreno inundable y otros usos. La clase de cobertura “otros usos” corresponde a actividades agropecuarias y zonas urbanas, que no fueron clasificadores

en las hojas cartográficas 1: 25 000. A manera de contexto histórico, los usos agropecuarios dominantes en esa región del país en esos años fueron: pasto, café y caña de azúcar [1] - [16] - [21]. Es importante notar que la figura 3 es ilustrativa de la capa corregida de la cobertura del suelo y por su escala no es posible apreciar todas las coberturas incluidas en el mapa, algo solo posible de apreciar si se despliega la capa digital en un SIG.

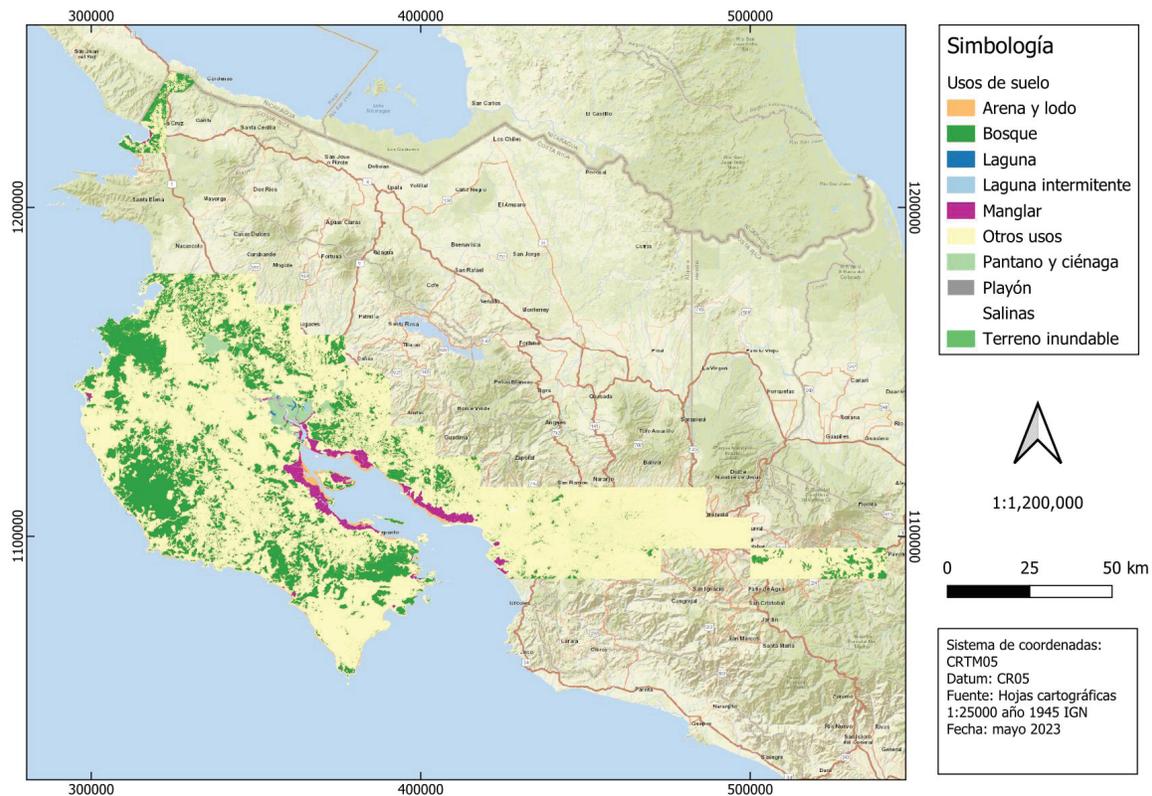


Figura 3. Mapa de Coberturas Naturales del suelo de las hojas cartográficas 1:25 000 del año 1945 del Instituto Geográfico Nacional.

Los errores residuales de georreferenciación de las hojas cartográficas escaneadas, en las coordenadas “X” y “Y”, se mantuvieron inferiores a 10 m en las hojas cartográficas 1:25 000. Algunas posibles fuentes de error asociadas a este error residual son: deformación de las hojas cartográficas impresas al momento de escanearse y calidad de la impresión original de las hojas cartográficas [17]. Estos errores de georreferenciación están por debajo del valor del error aceptable según las recomendaciones de la USGS [22], que indican que el error máximo debe ser de 12.7 m para la escala de 1:25 000.

La digitalización de todas las coberturas resultó en unidades de mapeo ≥ 0.02 ha. En la primera versión y ni en esta versión mejorada se limitó el tamaño las unidades de mapeo, dado que el objetivo es representar en formato digital las coberturas tal como se clasificaron en hojas cartográficas escaneadas.

Los errores de digitalización como omisión de polígonos, imprecisión en la digitalización y asignación equivocada de clase de cobertura, fueron muy pocos y todos fueron corregidos durante el proceso de verificación realizado. Los errores en la delineación de polígonos que no se pudieron resolver en algunas hojas cartográficas, se relacionan con las discrepancias al empatar hojas cartográficas en la fase de fotointerpretación, lo que justifica evidentes cortes

rectos y uniones desacopladas en los polígonos compartidos de varias hojas cartográficas. Finalmente se debe señalar que, aunque el escaneo de las hojas cartográficas fue de baja resolución, esto no representó ninguna limitación en el proceso de digitalización y por tanto no hubo pérdida de información.

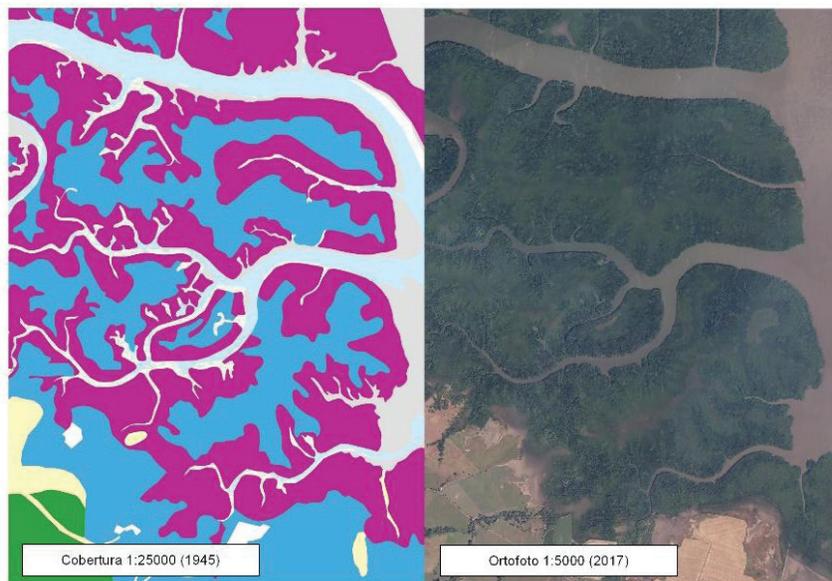


Figura 4. Inconsistencia en la clasificación del manglar en la hoja cartográfica “Mansión” escala 1:25 000.

Con respecto a los errores de la clasificación del manglar en las hojas cartográficas, en la figura 4 se observa dos categorías asociadas, una que se clasifican como “manglar” (color magenta) y otra como “pantano/ciénaga” (color celeste). No obstante, ambas categorías corresponden al ecosistema “manglar” y más específicamente al mangle alto (mangeta) y mangle bajo (celeste), que presentan notables diferencias en cuanto a estructura y composición de especies, como resultado del efecto de una gradiente de salinidad. Este error también se hace evidente al comparar la misma sección de la hoja cartográfica “Mansión” 1:25 000 con la imagen ortofoto del año 2017 (figura 4). Por lo tanto, se decidió reclasificar los polígonos “pantano y ciénaga” a “mangle” (Figura 5). Esta rectificación de cobertura del mangle de 1945 aumentó el área de cobertura hasta en 40,45 km², y disminuye el área de la cobertura “pantano y ciénaga” en la misma extensión, cambiando a la vez sus respectivos porcentajes (Cuadro 1). Luego se contrastó la clasificación corregida del mangle con el mapa de manglares del Golfo de Nicoya del CATIE (19), para así verificar que las áreas de manglar se encuentran correctamente delineados y no incluyen áreas ajenas al manglar.

La cobertura de bosques, clasificada con fotografías aéreas del año 1945 y a escala 1:25 000, se considera muy precisa en tanto que para ese año la mayoría de los bosques correspondía a estados de sucesión tardíos y por lo tanto eran una cobertura muy conspicua de detectar y diferenciar de otras coberturas (ej. café, frutales). Las unidades de mapeo tan pequeñas (≥ 0.02 ha) corresponden en su mayoría a grupos de árboles o árboles individuales con grandes copas creciendo en potreros tales como Guanacaste, Cenízaro e Higuerones. Las otras coberturas naturales, a parte del mangle y los bosques, no fueron revisadas dado que no hay forma de verificar su clasificación. Por ejemplo, muchos de los humedales, terrenos inundados y lagunas han sido drenados desde entonces. A pesar de este inconveniente, dichas coberturas se mantienen en su forma original en esta capa mejorada con el fin de que los usuarios mismos decidan como analizar esta información.

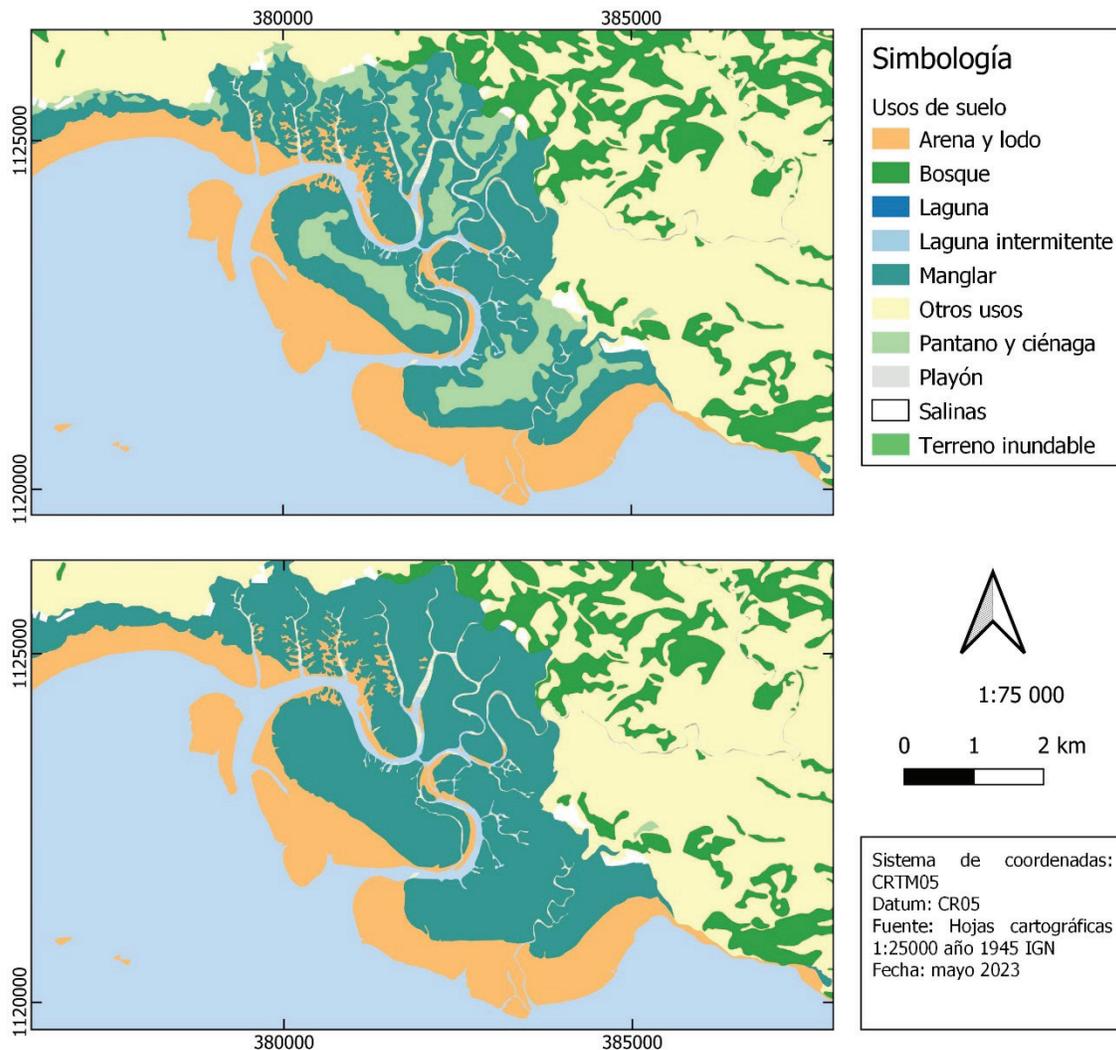


Figura 5. Detalle de las áreas de pantano y ciénaga (verde claro) que se reclasifican a manglar (verde oscuro). Hoja cartográfica “Manzanillo”.

Desde la primera versión digital se observó que algunas hojas cartográficas presentaban una fotointerpretación incompleta, particularmente las hojas cartográficas “Marbella”, “Villareal” y “Tamarindo”, que muestran notable errores de empates o cortes rectos de sus polígonos compartidos con hojas cartográficas colindantes. En esa misma línea se señala que 8 hojas cartográficas definidas dentro del triángulo de las hojas “Bongo-Curu-Cabo Blanco”, denotan una situación similar, algo que se puede observar en la figura 3. Por lo tanto, la información contenida en las hojas cartográficas señaladas debe emplearse con reservas dado que existe la posibilidad de una omisión en la detección y clasificación de todos los polígonos de coberturas naturales en el proceso de fotointerpretación, dando lugar a una posible subestimación de la extensión de esas coberturas.

Cuadro 1. Área en kilómetros cuadrados (km²) y porcentaje (%) por coberturas naturales de las capas de hojas cartográficas escaneadas 1:25 000 para la clasificación original y la corregida.

Cobertura	Clasificación original [17]		Clasificación corregida (esta publicación)	
	Área (km ²)	Porcentaje (%)	Área (km ²)	Porcentaje (%)
Otros usos	6338,62	62,67	6338,62	62,67
Bosque	3330,25	32,93	3330,25	32,93
Pantano y ciénaga	212,07	2,10	171,62	1,70
Manglar	142,68	1,41	183,13	1,81
Arena y lodo	69,06	0,68	69,06	0,68
Playón	8,52	0,08	8,52	0,08
Lagunas	4,62	0,05	4,62	0,05
Salinas	2,89	0,03	2,89	0,03
Terreno inundable	2,77	0,03	2,77	0,03
Laguna intermitente	1,77	0,02	1,77	0,02
Total	10113,25	100,00	10113,25	100,00

En el cuadro 1 se presentan los valores para cada cobertura digitalizada al año 1945 según la clasificación original [17] y la clasificación corregida para las hojas cartográficas 1:25 000, para un total de área digitalizada de 10 113, 25 km². Según la clasificación corregida casi dos terceras partes corresponden a otros usos, que para 1945 correspondían principalmente a agricultura y ganadería de carne [16] en los cantones de la provincia de Guanacaste y de Puntarenas, mientras que otro tercio del área es reportada como cobertura de bosques. Otra cobertura de gran importancia comercial y ecológica son los manglares que representan un 1,81% del área total [23]- [20].

Conclusiones y recomendaciones

El resultado principal de este proyecto fue crear una capa digital única y corregida de coberturas naturales del suelo la Primera Edición Hojas Cartográficas de Costa Rica escala 1:25 000, con acceso libre y gratuito al público a través de la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial (SNIT) del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

La única corrección realizada fue la reclasificación de la cobertura “Mangle”, que toma en cuenta las diferencias de estructura y composición de especies debido a los efectos la gradiente de salinidad. Esta reclasificación fue contrastada además con mapeos del mangle en Golfo de Nicoya más recientes y con el uso de las ortofotos del 2017, lo que asegura que la cobertura de mangle esta delimitada con un error mínimo.

De las 99 hojas cartográficas analizadas al menos 11 hojas presentan una clasificación dudosa de la cobertura de bosques, esto debido a dos posibles razones: a) la primera se asocia con una fotointerpretación incompleta y b) la segunda con el uso de fotografías aéreas posteriores a año 1945 y que no se indicaron en las fichas de cada hoja. Por esta razón la interpretación de las coberturas de estas hojas cartográficas se debe tomar con reservas.

Dado que los errores de digitalización de las hojas cartográficas resultaron menores de los valores máximos recomendados y que las unidades de mapeo son $\geq 0,02$ hectáreas se considera que esta capa tiene una excelente resolución y exactitud geográfica.

Reconocimientos

Los autores reconocen el apoyo recibido por parte de la Vicerrectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica con el Proyecto de Investigación número 1401095, del Centro de Innovación e Investigación Forestal (CIIF-TEC) y de la Fundación MarViva. Se agradece al IGN la cooperación al suministrar el material cartográfico y al CeNAT-CONARE por hospedar en sus servidores la cartografía digital generada en este estudio en el nodo del PRIAS (CeNat) incorporado al SNIT del IGN.

Disponibilidad de datos

Las hojas cartográficas escaneadas año 1945, escala 1: 25000, están disponibles en el IGN a través de solicitud escrita a la Dirección del IGN. Toda la información que contiene la cartografía generada en este artículo es de acceso libre al público en el sitio SNIT del Instituto Geográfico Nacional. Por lo tanto, no se requiere de permiso alguno para utilizar las Cartografía Digital generada, pero se solicita reconocer la fuente de información y la autoría, según la cita sugerida a continuación:

Mapa Versión Mejorada

Carvajal, D., Jiménez, V., Castro-Campos, M. y J. Calvo-Alvarado, J. (2024). *Versión mejorada del Mapa digital de Coberturas Naturales digitalizadas de la Primera Edición Hojas Cartográficas escala 1:25 000*. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Fundación MarViva. Cartago, Costa Rica. Dirección SNIT: https://www.snitcr.go.cr/ico_servicios_ogc_info?k=bm9kbzo6NDE=&nombre=CARTOGRAF%C3%8DA%20PRIAS

Referencias

- [1] J. Calvo-Alvarado, B. McLennan, A. Sánchez-Azofeifa and T. Garvin, "Deforestation and forest restoration in Guanacaste, Costa Rica: Putting conservation policies in context," *For.Ecol.Manage.*, vol. 258, no. 6, pp. 931-940, 2009.
- [2] D.H. Janzen, W. Hallwachs and M. Kappelle, "Biodiversity conservation history and future in Costa Rica: The case of Área de Conservación Guanacaste (ACG)," *Costa Rican Ecosystems*, vol. 290, 2016.
- [3] J.S. Powers, J.M. Becknell, J. Irving and D. Perez-Aviles, "Diversity and structure of regenerating tropical dry forests in Costa Rica: Geographic patterns and environmental drivers," *For.Ecol.Manage.*, vol. 258, no. 6, pp. 959-970, 2009.
- [4] M. Quesada and K.E. Stoner, "Threats to the conservation of the tropical dry forest in Costa Rica," *Biodiversity conservation in Costa Rica: Learning the lessons in a seasonal dry forest*, pp. 266-280, 2004.
- [5] M. Hernández-Blanco, R. Costanza, and M. Cifuentes-Jara, "Economic valuation of the ecosystem services provided by the mangroves of the Gulf of Nicoya using a hybrid methodology," vol. 49, p. 101258, 2021.
- [6] J. Calvo-Alvarado, V. Jiménez, A. Calvo-Obando, and M. Castillo, "Current perspectives on forest recovery trends in Guanacaste, Costa Rica," vol. 21, no. 4, pp. 425-431, 2019.
- [7] R. C. Montoya, H. A. Mairena, and J. C. C. Alvarado, "Cambio de la cobertura de la tierra para el Área de Conservación Tempisque 1998-2003, Guanacaste, Costa Rica.," vol. 5, no. 15, pp. 1-15, 2008.
- [8] I. D. Ávila-Pérez, E. Ortiz-Malavassi, C. Soto-Montoya, Y. Vargas-Solano, H. Aguilar-Arias, and C. Miller-Granados, "Evaluación de cuatro algoritmos de clasificación de imágenes satelitales Landsat-8 y Sentinel-2 para la identificación de cobertura boscosa en paisajes altamente fragmentados en Costa Rica," no. 57, pp. 37-49, 2020.
- [9] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC). (2015). *Cartografía base para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014*. Preparado por Ortiz, E. et al. como consultor para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica, dentro del marco del Programa REDD/CCAD/GIZ. San José, Costa Rica. 52 pp.
- [10] Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) 2023. *Mapa de Bosques y otras Coberturas de la Tierra 2021 para Proyecto Inventario Forestal Nacional*. Proyecto Costa Rica REDD+ Pago Basado en Resultados 2014-2015. PNUD-SINAC-FONAFIFO- (Documento en Borrador)

- [11] Quesada, C., Sánchez-Azofeifa, A. y Calvo-Alvarado, J. 1998. Estudio de cambios de cobertura forestal de Costa Rica, 1987-1997. Centro Científico Tropical, Universidad de Costa Rica, Conservation International. Estudio elaborado para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). 50 pp.
- [12] Chen, Y. Y., Huang, W., Wang, W. H., Juang, J. Y., Hong, J. S., Kato, T., & Luysaert, S. 2019. Reconstructing Taiwan's land cover changes between 1904 and 2015 from historical maps and satellite images. *Scientific reports*, 9(1), 3643. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-40063-1>
- [13] C. Nelson, B. Lasagna, D. Holtgrieve, and M. Quinn, "The Central Valley historic mapping project," 2003.
- [14] G. Sandner, "La Cartografía Centroamericana. Su desarrollo e importancia para la economía y planificación," *Revista Geográfica de América Central*, vol. 1, no. 15-16, pp. 119-140, 1983.
- [15] Ficha Cartalográfica. Costa Rica 1:25 0000 IGN, 2017. [En línea]. Disponible: <https://www.ign.es/web/catalogo-cartoteca/resources/pdfcards/card001574.pdf>
- [16] D. H. Janzen, *Guanacaste National Park: tropical ecological and cultural restoration*. EUNED, 1986.
- [17] Calvo-Alvarado, J., Jiménez, V., Carvajal, D. y Castro Campos, M. (2023). Coberturas Naturales digitalizadas de I Edición de Hojas Cartográficas escalas 1:25 000 y 1:50 000 de Costa Rica. Informe Técnico. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Fundación MarViva. Cartago, Costa Rica. 38 pp. URL:<https://hdl.handle.net/2238/14626>
- [18] Carvajal, D., Jiménez, V., Castro-Campos, M. y J. Calvo-Alvarado, J. (2023). Mapa digital de Coberturas Naturales digitalizadas de la Primera Edición Hojas Cartográficas escala 1:25 000. Instituto Tecnológico de Costa Rica. Fundación MarViva. Cartago, Costa Rica. Dirección SNIT: https://www.snitcr.go.cr/ico_servicios_ogc_info?k=bm9kbzo6NDE=&nombre=CARTOGRAF%C3%8DA%20PRIAS
- [19] CATIE, "Mapa Ecosistemas de Manglar Costa Rica 2021", <https://www.arcgis.com/apps/dashboards/6fdbbbbc31ab4efe875f282ae5bc1b78> (Consultado 8 jun., 2023).
- [20] SNIT (snitcr.go.cr)
- [21] M. Edelman, "Extensive land use and the logic of the latifundio: a case study in Guanacaste Province, Costa Rica," *Human Ecology*, vol. 13, pp. 153-185, 1985.
- [22] Map Accuracy Standards. USGS, 1999. [En línea]. Disponible: <https://pubs.usgs.gov/fs/1999/0171/report.pdf>
- [23] E. S. Rivera and S. W. Casa, "Una descripción del valor de los bienes y servicios ambientales prestados por los manglares," *Gaceta ecológica*, no. 74, pp. 54-68, 2005.
- [24] P. Zamora-Trejos and J. Cortés, "Los manglares de Costa Rica: el Pacífico norte," *Revista de Biología Tropical*, vol. 57, no. 3, pp. 473-488, 2009.
- [25] C. Benavides-Varela, J. Samper-Villarreal, and J. Cortés, "Cambios en la cobertura de manglares en Bahía Culebra, Pacífico Norte de Costa Rica (1945-2010), *Revista de Biología Tropical*," vol. 64, no. 3, pp. 955-964, 2016.

Declaración sobre uso de Inteligencia Artificial (IA)

Para la revisión gramatical y ortográfica de este artículo, empleamos la herramienta de IA Grammary. Esta nos permitió identificar errores y mejorar la fluidez del texto. No obstante, realizamos una revisión final para garantizar que el artículo cumpliera con los estándares de calidad de la revista.

Además, utilizamos la herramienta de inteligencia artificial traductor de Word para traducir partes de este artículo. La herramienta nos ayudó a agilizar el proceso de traducción, pero realizamos una revisión exhaustiva para asegurar la calidad y precisión de las traducciones.