

**Instituto Tecnológico de Costa Rica
Escuela de Ingeniería Forestal**

**Dinámica de la cobertura forestal y humedales de Costa Rica:
bases de datos 1960/45 para la comprensión de los procesos de
restauración y deterioro de los servicios ecosistémicos.**

Código de proyecto: 5401-1401-1041

Octubre 2023

Documento 1

Informe técnico

Realizado por

Julio Calvo Alvarado

Vladimir Jiménez Salazar

Marco Castro Campos

Dorian Carvajal Vanegas

Tabla de contenido

Código y título del proyecto	4
Autores y direcciones	4
Resumen	4
Introducción.....	5
Marco teórico.....	6
Metodología.....	9
Adquisición y preparación de Hojas Topográficas.....	9
Extracción de información de coberturas.	9
Análisis de coberturas.....	11
Resultados y discusión	11
Descripción de los mosaicos de hojas cartográficas.....	11
Georreferenciación y digitalización de hojas Cartográficas.....	13
Capas digitales de coberturas para cada mosaico.....	14
Inconsistencias encontradas en las hojas cartográficas	17
Clasificación de manglar en mosaico hojas 1: 25 000.....	17
Hoja Marbella 1: 25 000 con fotointerpretación inconclusa.....	18
Hoja Quepos 1: 50 000, error de clasificación de un Manglar por un humedal.....	19
Omisión en la clasificación de Yolillo en la Laguna Corcovado, Hoja Llorona 1:50 000.	20
Categoría de cobertura “Marisma” en lugar de Ciénaga o Pantano.....	20
Categoría de cobertura “Sabanas” en lugar de la cobertura “Paramo” en la Cordillera de Talamanca	21
Uso esperado de las capas 1:25 000 y 1:50 000	22
Conclusiones y recomendaciones	22
Agradecimientos	24
Referencias.....	25
Anexos.....	26

Código y título del proyecto

Código de proyecto: 5401-1401-1041 (1401095)

Título del proyecto: Dinámica de la cobertura y humedales de Costa Rica: bases de datos 1960/45 para la comprensión de los procesos de restauración y deterioro de los servicios ecosistémicos

Autores y direcciones

Autor	Grado académico	Dirección
Julio Calvo Alvarado	Doctor	jucalvo@itcr.ac.cr
Vladimir Jiménez Salazar	Máster	vladjimenezs@gmail.com
Marco Castro Campos	Máster	marcovcastro66@gmail.com
Dorian Carvajal Vanegas **	Máster	dcarvajal@itcr.ac.cr

** Coordinador del proyecto

Resumen

Este trabajo describe los resultados y el proceso de digitalización de las coberturas naturales de las primeras ediciones de hojas cartográficas de Costa Rica, generadas y publicadas en formato impreso por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escalas 1:25 000 (1945) y 1:50 000 (1945-1967). Estas hojas cartográficas contienen información sobre cobertura de bosques, humedales, sabanas, páramos, yolillales, manglares y cuerpos de agua. El objetivo principal es crear una sola capa de coberturas naturales en formato digital y de acceso libre al público a través de la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial ([SNIT \(snitcr.go.cr\)](http://snitcr.go.cr)) del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica. En términos de cobertura, los datos obtenidos indican que las hojas cartográficas 1:25 000 (varios cantones de Guanacaste y Puntarenas) tuvieron un 37 % del área bajo cobertura natural como bosques, humedales, manglares (año 1945), mientras que las hojas cartográficas 1:50 000 (año 1945-1967) que cubren todo el territorio nacional, la cobertura natural fue de 62 %. Finalmente se concluye que la extracción de la información de coberturas naturales de hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000 representa la mejor línea base histórica digital de carácter nacional y para la región de algunos cantones de Guanacaste y Puntarenas. Es importante hacer hincapié que la construcción de cartografía digital de este estudio no se

modificaron los nombres de las coberturas y ni se reinterpretó las clasificaciones de las coberturas de algunos polígonos por inconsistencias detectadas. Por tanto, la cartografía digital generada en este estudio representa la información tal como fue interpretada, clasificada y publicada en formato impreso por el IGN en las primeras ediciones 1:25 000 y 1:50 000.

Palabras clave: Hojas cartográficas, digitalización de coberturas, uso del suelo

Introducción

El impacto de las actividades antrópicas en los ecosistemas naturales terrestres es uno de los factores que han acelerado la pérdida de biodiversidad, del suelo, del desequilibrio de los ciclos bioquímicos y del agua. Estos impactos tienen una escala global y se asocian en gran medida con el calentamiento atmosférico que compromete, no solo, el equilibrio de todos los ecosistemas terrestres y marinos. El calentamiento también afecta directamente la agricultura, la infraestructura, la estabilidad social y económica de los países. Como consecuencia, se han desarrollado muchas políticas, estrategias de conservación y restauración de ecosistemas, tanto a nivel local como global, con el propósito de revertir los procesos de degradación y contener los factores que están acelerando la crisis ecológica y el calentamiento global.

Para implementar estas políticas y estrategias es necesario comprender los factores que impulsan los procesos de degradación y restauración de ecosistemas naturales terrestres. En Costa Rica, desde los inicios de años 70's, se realizaron los primeros esfuerzos para estudiar los procesos de deforestación y la dinámica del cambio del uso de la tierra. Inicialmente la Oficina de Planificación Sector Agropecuaria (OPSA), convertida luego en Secretaria Ejecutiva de Planificación del Sector Agropecuario (SEPSA), generó los primeros estudios comparativos de uso de la tierra de Costa Rica para los años 1940, 1950, 1961, 1977, y 1983 (Pérez y Protti, 1978). Estos estudios al igual que otros, construyeron mapas generalizados a escala 1: 1 000 000 y 1:200 000, empleando hojas cartográficas y el uso complementario de imágenes LANDSAT (MSS) de los años 1977 y 1983 (Sader y Joyce, 1988). Dada las escalas empleadas en los mapas y el uso de las imágenes LANDSAT, las unidades de mapeo de cobertura forestal de estos estudios resultaron iguales o mayores a 60 hectáreas (ha). No fue hasta el año 1996, cuando el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO) contrató el primer estudio de cobertura forestal a nivel nacional empleando imágenes LANDSAT TM 5-7 para analizar el cambio de la cobertura forestal entre los años 1986/87 y 1996/97. Ese estudio se realizó con procesamiento digital y con unidades mínimas de mapeo de 3 hectáreas (Quesada et al., 1998). Desde entonces se ha intensificado el uso de sensores remotos y con el pasar de los años se han generado una gran cantidad de estudios de uso de la tierra y/o cobertura forestal empleando una gran diversidad de imágenes remotas, cada vez con mejores capacidades de clasificación y

niveles de precisión. Fue así como en el 2015, el Sistema Nacional de Áreas de Conservación publica un estudio nacional de cobertura de ecosistemas terrestres con unidades de mapeo \leq a 1 ha, empleando imágenes Quickbird (SINAC, 2015). A partir del 2015 se inicia una tendencia a emplear imágenes de diferentes sensores remotos con mejores resoluciones para monitorear los cambios de cobertura a nivel nacional. Todos estos estudios han permitido a muchas ONG's nacionales e internacionales, instituciones de educación superior, ministerios y otras instituciones públicas, a desarrollar importantes análisis para la gestión de recursos naturales, ordenamiento territorial y evaluación de políticas públicas, entre otras aplicaciones. Como ejemplos se pueden resaltar; redefinición o creación de áreas de conservación/protección, diseño de corredores biológicos, estudios de impacto ambiental, planes reguladores y el seguimiento del Programa País de Carbono Neutralidad (PPNC) y de Pago de Servicios Ambientales (PSA).

Por lo tanto, es claro que antes de año 1986 no existe disponibilidad de información a nivel nacional, en formato digital y con acceso abierto al público, sobre la cobertura de ecosistemas terrestres, que sirva como línea base histórica para estudiar la dinámica y los factores asociados del cambio de la cobertura natural y uso del suelo. Entre los requisitos deseables para construir una línea base cartográfica a nivel nacional, está el empleo de una misma metodología de clasificación con unidades de mapeo igual o menores a 3 hectáreas para diferentes coberturas naturales, de tal forma que permita un análisis comparable a los estudios realizados a partir de imágenes LANDSAT 5-7. Una solución a este vacío de información es extraer las coberturas de las primeras ediciones de hojas cartográficas de Costa Rica, generadas y publicadas en formato impreso por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) a escalas 1:25 000 (1945) y 1:50 000 (1945-1967). Estas hojas cartográficas contienen, no solamente, información sobre cobertura de bosques, pero además incluyen información de varios tipos de humedales, sabanas, yolillales, manglares y cuerpos de agua. Consecuentemente, los objetivos de este estudio son: a) extraer de las coberturas clasificadas como bosque, manglares, humedales, sabanas naturales, yolillales y cuerpos de agua de las hojas cartográficas impresas en su primera edición a escala 1:25 000 (1945) y 1:50 000 (1945-1967) del ING y b) disponer la información generada en formato digital y de acceso libre al público en la plataforma del Sistema Nacional de Información Territorial ([SNIT \(snitcr.go.cr\)](http://snitcr.go.cr)).

Marco teórico

Según Sandner (1963), en su recuento de la cartografía de Centro América, la fase de mayor desarrollo de la cartografía sucedió al final de la II Guerra Mundial, con el impulso dado por el Servicio Geodésico Interamericano (SGI-USA) del Gobierno de los Estados Unidos. A partir de 1945, el SGI-USA establece un convenio de cooperación con el IGN, creado en año 1944, después del histórico Instituto Físico-Geográfico fundado por Henry Pittier en el año 1888 y que dejara de funcionar en año 1912. Fue así como se fortaleció el IGN recibiendo equipo y capacitación en la Zona del Canal de Panamá (Base Militar Clayton USA), donde se entrenó a todo personal centroamericano en geodesia, cartografía y

fotointerpretación. A partir de 1946 el IGN se dedicó a realizar levantamientos geodésicos y tomar fotografías aéreas. Entre 1953 y 1957 se editaron 99 hojas cartográficas a escala 1:25 000, 90 hojas cartográficas cubren parcialmente varios Cantones de Guanacaste y Puntarenas con fotografías aéreas del año 1945 y 9 hojas cartográficas adicionales que cubren una pequeña porción del Valle Central con fotografías aéreas entre los años 1945, 1956 y 1958 (Figura 1).

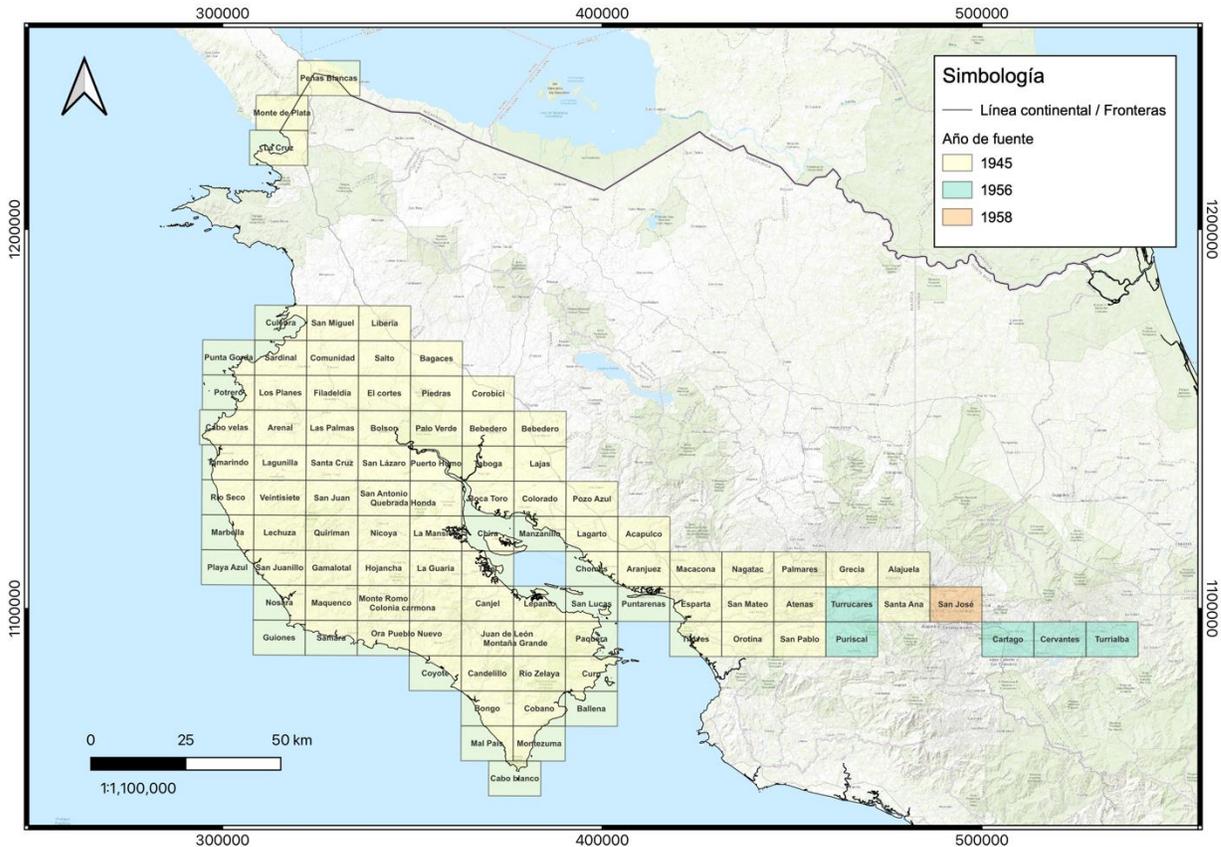


Figura 1. Mosaico de hojas cartográficas 1:25 000 (fotografías 1945) publicadas entre 1953 y 1957 por el Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

Las 99 hojas cartográficas 1:25 000 se imprimieron entre los años 1953 y 1962, tienen varios colores y patrones que identifican seis clases de coberturas: bosque, manglar, pantano, arena, salinas, rocas, lagunas y lagunas temporales. Las hojas cartográficas tienen curvas de nivel cada 10 metros y curvas auxiliares cada 5 metros. Según la escala gráfica, la rejilla es de 1 km x 1 km, lo que es equivalente a un área de 100 hectáreas. La simbología identifica varios elementos naturales y culturales como: ríos, caminos, iglesia, plaza, puentes y otros (Anexo 1). Estas hojas cartográficas se levantaron empleando fotografías aéreas del año 1945 tomadas por el SGI-USA. Como se puede apreciar en la Figura 1, la mayoría de las hojas cartográficas se localizan en la Península de Nicoya y un área que se extiende desde Liberia hasta la desembocadura del Río Tivives. Se debe indicar que hay tres hojas cartográficas ubicadas en la frontera con Nicaragua que cubren una

franja fronteriza que va desde el Lago de Nicaragua hasta la Bahía Salinas. Finalmente, este juego de hojas cartográficas incluye un área importante del centro del país que abarca las principales ciudades del Valle Inter-Montano Central hasta llegar a la ciudad de Turrialba. Estas últimas hojas cartográficas tienen una base de información fotográfica de los años 1945, 1956 y 1958.

Las hojas cartográficas 1:50 000 se elaboraron simultáneamente para todos los países de Centroamérica y, en el caso de Costa Rica, se cubrió todo el país con un total de 133 hojas cartográficas, basadas en fotografías aéreas entre los años 1945 a 1967 (Figura 2). La primera hoja se publicó en 1955, luego entre 1960 y 1963 se publicaron 32 hojas cartográficas y, finalmente, entre 1964 y 1971 se terminan de publicar las 100 hojas cartográficas restantes.

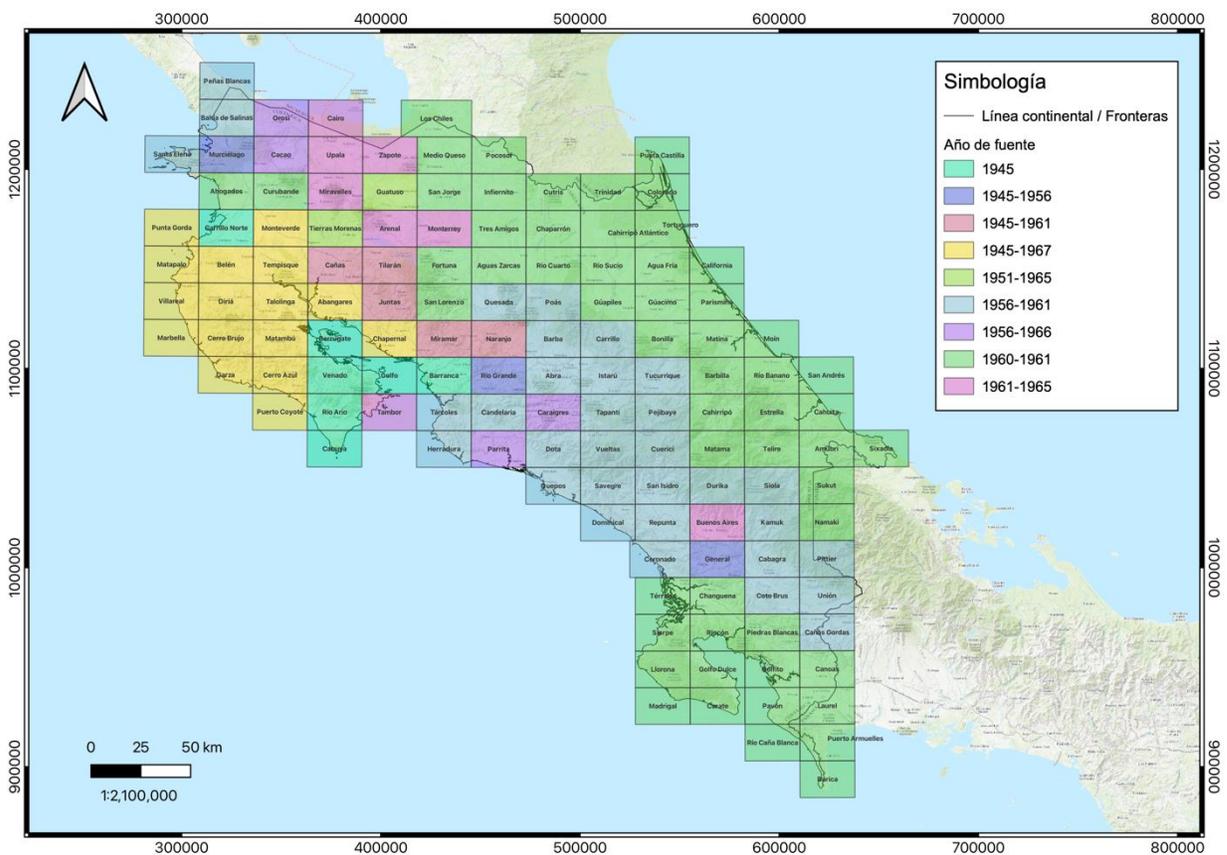


Figura 2. Mosaico de hojas cartográficas 1:50 000 publicadas entre 1955 y 1971 por el Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

Las hojas cartográficas 1:50 000 se publicaron a colores y combinación de patrones, con curvas de nivel cada 20 metros y curvas auxiliares cada 10 metros. Al igual que las hojas cartográficas 1:25 000, la rejilla es de 1 km x 1 km. El detalle de categorías de cobertura y otros elementos culturales se amplía a diez clases con respecto a las hojas cartográficas 1:25 000. Por ejemplo, hay diez categorías de cobertura y se presenta una clasificación

más amplia de elementos culturales de infraestructura, hidrografía y otros. Al igual que las hojas cartográficas 1:25 000, las hojas cartográficas 1:50 000, incluyen siempre un cajetín informativo indicando año de edición, año (s) de las fotografías empleadas y año de actualización (Anexo. 2). Esto implica que algunas hojas cartográficas actualizaron su fotointerpretación original con el empleo de fotografías aéreas tomadas después del año base, con el objetivo de remover las nubes o rellenar áreas no capturadas durante el primer vuelo base.

La metodología original para el levantamiento de las hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000 esta descrita por Barrantes (1954). Esta descripción incluye temas como: toma de fotografías aéreas, operaciones de campo, geodesia, proyecciones cartográfica en coordenadas LAMBERT, aerotopografía, determinación de escalas, edición y publicación de mapas. A pesar de nuestras indagaciones, no se encontró información escrita sobre los protocolos de fotointerpretación para delimitar las diferentes clases de coberturas naturales, aunque se puede intuir que los fotointérpretes tomaron en cuenta sus observaciones en la comprobación de campo y las características más conspicuas de fácil observación en las fotografías aéreas para cada clase de cobertura así como su entorno geográfico.

Metodología

Adquisición y preparación de Hojas Topográficas.

En mayo 2018 se solicitó al Instituto Geográfico Nacional (IGN) la donación de las 133 hojas cartográficas 1:50 000 de la primera edición con una base de fotografía aérea entre 1945 a 1967 y de la única edición de las 99 hojas cartográficas 1:25 000 basadas en fotografías aéreas de 1945 (Figuras 1 y 2). Ambos juegos de hojas cartográficas fueron entregados en formato de imagen escaneada a partir de las hojas cartográficas impresas originales resguardadas por el IGN. Las hojas cartográficas se entregaron en formato TIFF con resolución de 72 PPI (hojas cartográficas 1:25 000) y 90 PPI (hojas cartográficas 1:50000) y sin georreferenciación al sistema de coordenadas de Costa Rica.

El principal compromiso adquirido por los investigadores con el IGN por el acceso y uso de esta información fue colgar en el Sistema Nacional de Información Territorial ([SNIT \(snitcr.go.cr\)](http://snitcr.go.cr)) todos los productos cartográficos digitales generados de para los dos mosaicos de hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000 junto con los respectivos metadatos.

Extracción de información de coberturas.

La secuencia de trabajo que se realizó para el desarrollo del archivo o capa con un Sistema de Información Geográfico (SIG) para cada mosaico de hojas cartográficas siguió los pasos de Figura 5. Cada hoja cartográfica escaneadas 1:25 000 y 1:50 000 fue georreferenciada en coordenadas métricas de Costa Rica, denominado “Costa Rica Transversal Mercator al 2005 (CRTM05)”, empleando 4 puntos de control y un programa SIG.

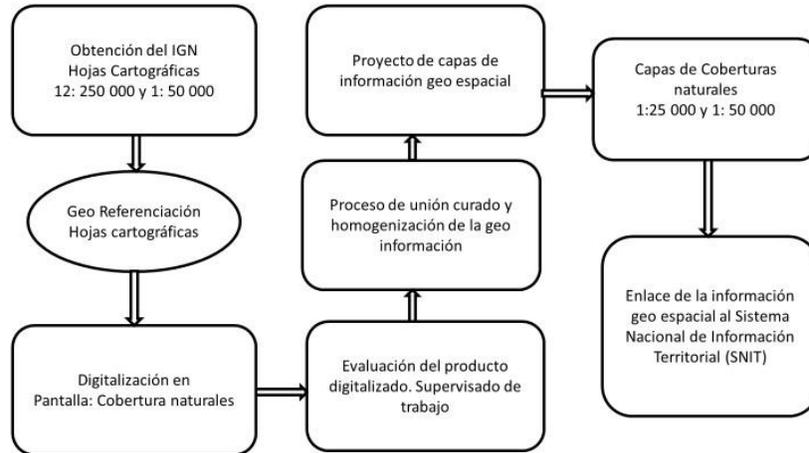


Figura 3. Etapas de extracción de información de coberturas de las Hojas Cartográficas 1: 25 000 (1945) y 1: 50 000 (1945-1967) del Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

En ambos mosaicos de hojas cartográficas, las distintas coberturas se diferencian empleando colores, combinación de colores-patrones, patrones sin color o con alguna nomenclatura. Por esta razón se prefirió hacer una digitalización manual empleando un SIG. Otra razón para hacer una digitalización manual fue la de supervisar mejor la unión o empate de polígonos entre hojas cartográficas. La digitalización manual de las coberturas de cada hoja cartográfica se realizó en pantallas de 24 pulgadas con una resolución de 1920 x 1080 pixeles, fijando la escala en 1:2 500, lo cual garantiza una digitalización muy precisa de todos los polígonos de cada cobertura identificada. La Figura 4, ilustra un ejemplo de la digitalización en pantalla con fijación de la escala que permitió digitalizar 4 polígonos de bosques (color verde), algunos con áreas menores de 1 hectárea (ha). Una vez digitalizadas las coberturas de cada hoja se procedió a la unión, curado final y homogenización de todas las hojas cartográficas, para luego conformar una sola capa de coberturas originadas de las hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000.

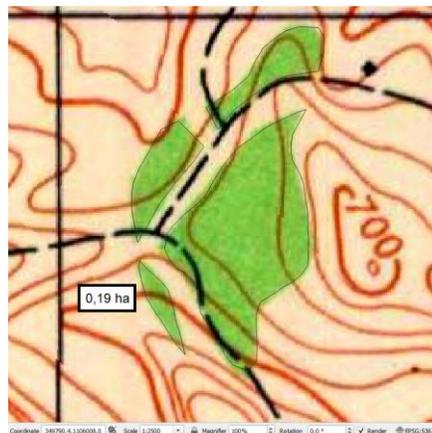


Figura 4. Imagen de una hoja cartográfica 1: 25 000 proyectada en una pantalla 24 pulgadas de 1920 x 1080 pixeles con una escala fija a 1: 2500

Análisis de coberturas.

Aunque no es el objetivo principal de este informe, se realizó un análisis general del área de cada cobertura extraída de cada mosaico y de la distribución del área de todos los polígonos por rangos. También se realizó un análisis de inconsistencias en la clasificación de coberturas en ambos mosaicos que se pudieron detectar, con el fin de advertir a los usuarios de algunas impresiones de cartográfica digital generada.

Resultados y discusión

Descripción de los mosaicos de hojas cartográficas.

Para el mosaico de hojas cartográficas 1:50 000 se detectaron 6 hojas cartográficas faltantes: Monteverde, Bonilla, Durika, Buenos Aires, Kamuk y Cañas Gordas. Estas hojas cartográficas fueron reemplazadas por las hojas cartográficas elaboradas por el Servicio Militar de Estados Unidos, que fueron generadas con los mismos protocolos seguidos por del IGN.

El mosaico de 99 hojas cartográficas 1: 25 000 tiene como base tres grupos de fotografías aéreas: 93 hojas cartográficas con fotografías 1945, 5 hojas cartográficas con fotografías 1956 y 1 hoja con fotografías 1958 (Figura 1). El mosaico de hojas cartográficas 1:50 000 empleó un rango más amplio de años de fotografías, como se ilustra en la Figura 2. El Cuadro 1 organiza en 9 categorías el rango de años de las fotografías empleadas para las hojas cartográficas 1:50 000, según información obtenida de los cajetines de cada hoja cartográfica (Anexo 2). Del Cuadro 1, se puede resumir lo siguiente:

a) Las primeras 5 categorías de hojas cartográficas (1-5) suman 33 hojas cartográficas, casi un 25 % del total de hojas cartográficas 1:50 000. Estas hojas cartográficas emplean una combinación fotografías de los años 1945, 1956, 1961, 1965 y 1967. La mayoría de estas hojas cartográficas corresponden a cantones de la provincia de Guanacaste y Puntarenas, con la excepción de la hoja cartográfica Guatuso, que se encuentra en la provincia de Alajuela (Figura 2, Anexo 2). Al comparar la cobertura de bosque de las hojas cartográficas 1:25 000 (Figura 5) con la cobertura de bosque de las hojas cartográficas 1:50 000 (Figura 6) se aprecia que la cantidad y forma de los polígonos no es la misma, indicando que la cobertura de bosques fue actualizada empleando fotografías del último año (1961, 1965 y 1967) en las hojas cartográficas 1:50 000. Igual se aprecia en la última sección de la Península de Nicoya, que las hojas cartográficas Venado y Golfo no se actualizaron, dado que muestran la misma forma de los polígonos de la cobertura 1:25 000 basada en fotografías 1945.

b) Las últimas cuatro categorías de rango (6 a 9) suman en total 100 hojas cartográficas equivalente al 75 % del total de hojas cartográficas. Esto indica que la mayor parte de este mosaico de hojas cartográficas brinda información para un base de fotografías aéreas entre los años 1956 y 1966 (entre 10 y 5 años). Se deber resaltar la categoría 8 de 1960-61 (2

años), que incluye 56 hojas cartográficas y representa un 48 % del total de hojas cartográficas. Estas hojas cartográficas cubren los cantones de Osa, Corredores y las llanuras de la vertiente Caribe y la cuenca del Río San Juan.

d) La homogeneidad temporal se refiere al rango en años entre la fotografía más antigua y la más reciente de una hoja cartográfica. Entre más pequeño el rango, mayor es la homogeneidad y, por tanto, la cobertura representa con mejor precisión el estado de la cobertura en un momento dado en toda la hoja cartográfica. Por lo tanto, el mosaico de hojas cartográficas 1: 25 000 tienen base de fotografías con una homogeneidad alta. El mosaico de hojas cartográficas 1:50 000 tiene un 77.4 % de hojas cartográficas con un rango de ≥ 5 años que lo clasifica con homogeneidad alta (categorías 1, 6, 8 y 9), un 3 % de hojas cartográficas con un rango ≥ 10 años con homogeneidad media (categoría 7) y un 19.5 % con homogeneidad baja (categorías 2, 3, 4 y 5). Esta información es útil para los usuarios para considerar juzgar la calidad de la cobertura que se encuentra en cada hoja con base al criterio de homogeneidad temporal de las fotografías aéreas.

Cuadro 1. Distribución de las hojas cartográficas 1:50 000 según rangos de años de las fotografías aéreas, como base de fotointerpretación.

Categoría	Rango Años	Amplitud rango años	Cantidad de Hojas	% Hojas	Homegeniedad temporal
1	1945	1	7	5,3	Alta
2	1945-1956	11	3	2,3	Baja
3	1945-1967	22	16	12,0	Baja
4	1945-1961	16	5	3,8	Baja
5	1951-1965	14	2	1,5	Baja
6	1956-1961	5	32	24,1	Alta
7	1956-1966	10	4	3,0	Media
8	1960-1961	2	56	42,1	Alta
9	1961-1965	5	8	6,0	Alta
Total	1945-1967	1-22	133	100,0	

El Cuadro 2 ilustra la distribución de los años de impresión de las hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000. Como se observa las hojas cartográficas 1:25 000 se imprimieron entre los años 1953 y 1962 (periodo de 9 años), siendo que un 82 % de las hojas cartográficas se imprimieron en los primeros 5 años. Para las hojas cartográficas 1:50 000 se tardó 13 años para su impresión, iniciando en el año 1955 y finalizando en el año 1971. Un 82 % de las hojas cartográficas 1:50 000 se publican entre el año 1964 y 1971.

Cuadro 2. Año de impresión y número de Hojas Cartográficas 1: 25 000 (año 1945) y 1: 50 000 (años 1945-1967), Costa Rica.

Hojas 1:25000			Hojas 1:50000		
Año impresión	Número Hojas	Hojas %	Año impresión	Número Hojas	Hojas %
1953	5	3,76	1955	1	0,75
1954	10	7,52	1960	6	4,51
1955	8	6,02	1961	8	6,02
1956	22	16,54	1962	6	4,51
1957	37	27,82	1963	8	6,02
1958	9	6,77	1964	10	7,52
1959	2	1,50	1965	17	12,78
1960	3	2,26	1966	25	18,80
1961	1	0,75	1967	14	10,53
1962	2	1,50	1968	15	11,28
10 años	99	100	1969	5	3,76
			1970	14	10,53
			1971	4	3,01
			13 años	133	100

Georreferenciación y digitalización de hojas Cartográficas.

Los errores residuales de georreferenciación de las hojas cartográficas en las coordenadas “X” y “Y” se mantuvieron inferiores a 10 m en las hojas cartográficas 1:25 000 y menores a 5 m en las hojas cartográficas 1:50 000. Las posibles fuentes de error asociadas a este error residual son: deformación de las hojas cartográficas, calidad de escaneo y de la impresión original de las hojas cartográficas. Todas estas razones pueden explicar que el error de georreferenciación para algunas hojas cartográficas 1:25000 fueran mayores a 5 m, considerando que se imprimieron en los primeros años donde se empleó un tipo de papel y sistema de impresión posiblemente de inferior calidad que las hojas cartográficas 1: 50 000.

La digitalización de todas las coberturas resultó en unidades de mapeo de ≥ 0.02 ha en las hojas cartográficas 1:25 000 y de ≥ 0.04 ha en las hojas cartográficas 1:50 000. Los errores de digitalización como omisión de polígonos, precisión y asignación equivocada de clase de cobertura, fueron mínimos y todos fueron corregidos durante el proceso de verificación realizado por el supervisor, quien comparó el polígono creado con la imagen digital de la hoja cartográfica, para su aceptación o corrección. Los errores que no se pudieron resolver se relacionan con las discrepancias al empatar las hojas cartográficas que tienen fuentes de información fotográficas de diferentes años, lo cual imposibilita la unión de algunos polígonos compartidos por el cambio de la cobertura natural, lo que deja cortes rectos evidentes de polígonos.

Capas digitales de coberturas para cada mosaico.

Las Figuras 5 y 6 muestran los mapas simplificados de las coberturas generadas digitalmente para los mosaicos de hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000. Las coberturas extraídas para cada mosaico son de 9 categorías para las hojas cartográficas 1:25 000 y de 13 categorías para las hojas cartográficas 1:50 000, como se aprecia en la simbología de las Figuras 5 y 6. Para los propósitos de este estudio no se modificó los nombres de las coberturas, ni se reinterpretó las clasificaciones de las coberturas de algunos polígonos, esto a pesar de encontrar inconsistencias en algunas hojas cartográficas. Por lo tanto, debe enfatizarse que las coberturas generadas en formato digital en este estudio representan la información tal como fue interpretada, clasificada y publicada en formato impreso por el IGN.

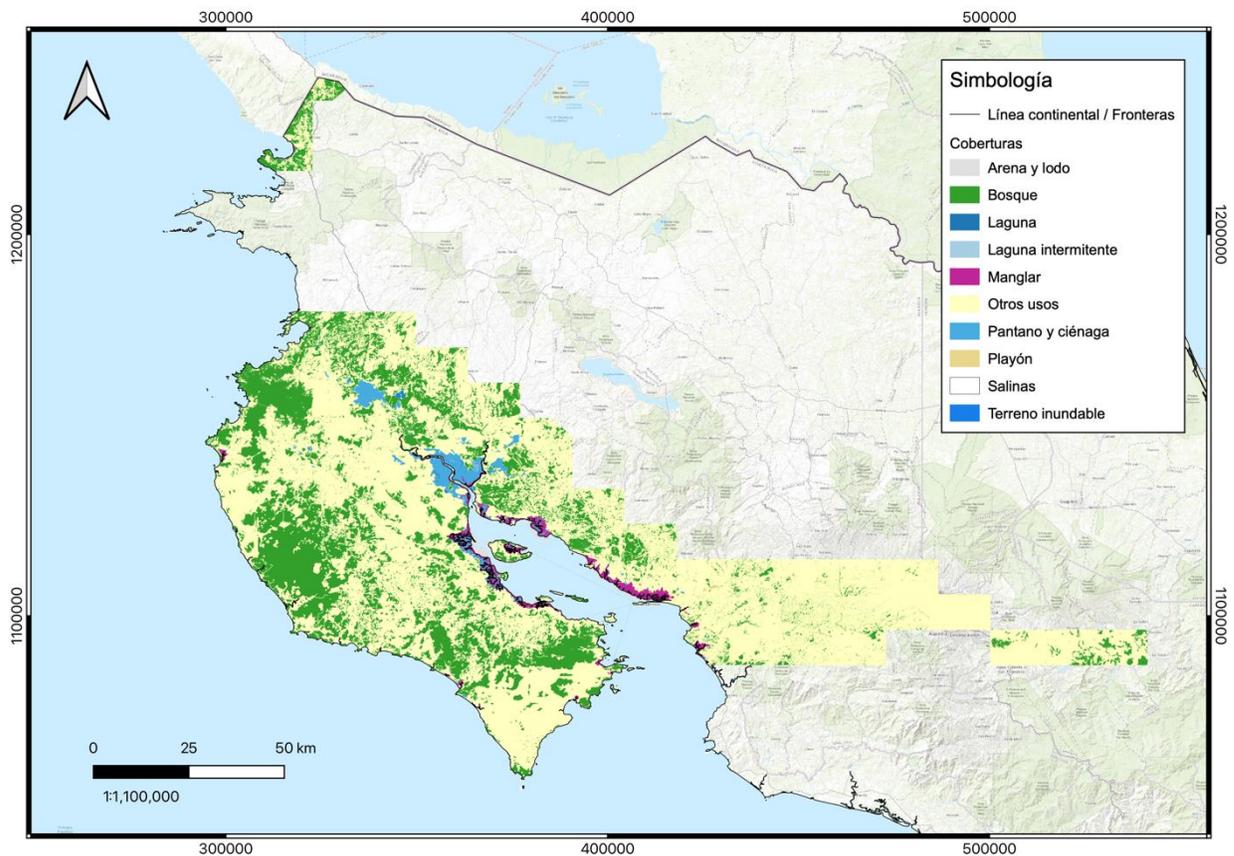


Figura 5. Cobertura natural del Mosaico de hojas cartográficas 1:25 000 publicadas en 1953 y 1962 por el Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

El Cuadro 3 resume los resultados de las áreas en kilómetros cuadrados (km²) para cada una de las categorías de cobertura de cada mosaico de hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000. El Cuadro 4 resume un análisis de frecuencias de la distribución de los polígonos digitalizados por rango de áreas en hectáreas.

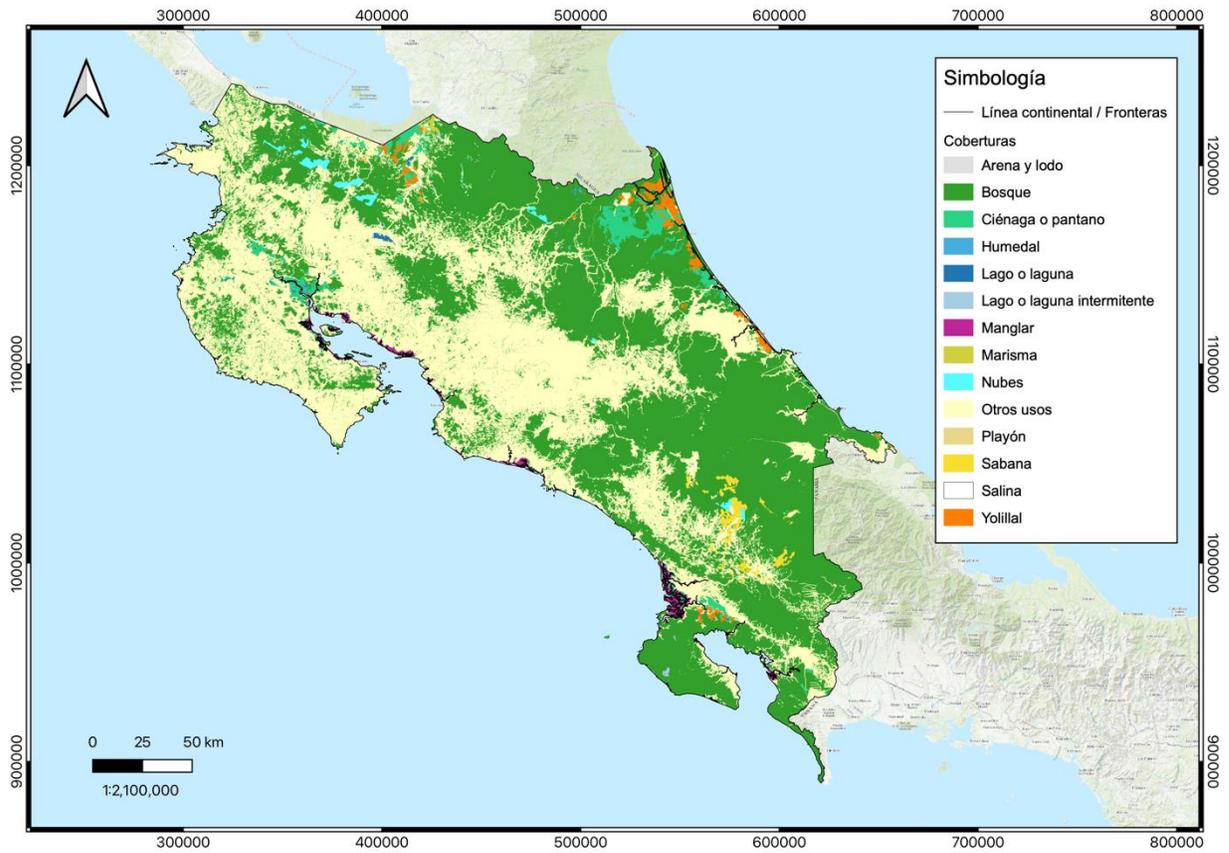


Figura 6. Cobertura natural del Mosaico de hojas cartográficas 1:50 000 publicadas en 1955 y 1971 por el Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.

Cuadro 3. Área en kilómetros cuadrados (km²) y porcentaje (%) por coberturas de las hojas cartográficas 1:25 000 (año 1945) y 1:50 000 (años 1945-1967), Costa Rica.

Hojas cartográficas 1: 25 000			Hojas cartográficas 1: 50 000		
Cobertura	Área Km2	% Área	Cobertura	Área Km2	% Área
Otros usos	6338,62	62,675	Bosque	29458,49	57,611
Bosque	3330,25	32,929	Otros usos	19150,33	37,452
Pantano y ciénaga	212,07	2,097	Ciénaga o pantano	1045,12	2,044
Manglar	142,68	1,411	Yolillal	441,81	0,864
Arena y lodo	69,06	0,683	Manglar	353,24	0,691
Playón	8,52	0,084	Nubes	230,72	0,451
Laguna	4,62	0,046	Sabana	207,75	0,406
Salinas	2,89	0,029	Lago o laguna	85,19	0,167
Terreno inundable	2,77	0,027	Arena y lodo	82,27	0,161
Laguna intermitente	1,77	0,017	Lago o laguna intermitente	37,68	0,074
			Marisma	28,33	0,055
			Humedal	7,90	0,015
			Salina	3,73	0,007
			Playón	0,52	0,001
Total	10113,25	100	Total	51133,07	100

Cuadro 4. Distribución de frecuencias de polígonos para todas las coberturas extraídas de las hojas cartográficas 1:25 000 (año 1945) y 1:50 000 (años 1945-1967), Costa Rica.

Hojas cartográficas 1: 25 000			Hojas cartográficas 1: 50 000		
Rango (ha)	Número de polígonos	% de polígonos	Rango (ha)	Número de polígonos	% de polígonos
0,02-3	7225	60,74	0,04-3	3760	19,86
3-5	2931	24,64	3-5	2707	14,30
5-20	884	7,43	5-20	7491	39,57
20-50	367	3,09	20-50	2501	13,21
50-100	365	3,07	50-100	1022	5,40
100-500	58	0,49	100-500	1086	5,74
500-1000	50	0,42	500-1000	169	0,89
1000-5000	4	0,03	1000-5000	143	0,76
5000-10000	11	0,09	5000-10000	23	0,12
+10000	0	0,00	10000-888799	30	0,16
Total	11895	100	Total	18932	100,00

Otra cobertura que se extrajo de las hojas cartográficas fueron los cuerpos de agua como lagunas y lagos, clasificados como permanentes e intermitentes. El Cuadro 5 resume los principales datos como cantidad y rango de las áreas de estos cuerpos de agua. La figura 11 ilustra el nivel de detalle de la fotointerpretación de los cuerpos de agua del Páramo Chirripó en las hojas cartográficas 1:50 000, lo que permite mapear hasta las lagunas más pequeñas.

Cuadro 5. Cantidad de cuerpos de agua, y rango de área en hectáreas extraídas de hojas cartográficas 1:25 000 (año 1945) y 1:50 000 (años 1945-1967), Costa Rica.

Hojas cartográficas 1:25 000				Hojas cartográficas 1:50 000			
Categoría	Cantidad	Rango Área Hectáreas	Área en hectáreas	Categoría	Cantidad	Rango Área Hectáreas	Área en hectáreas
Laguna	27	0.29-118	462,0	Lago-Laguna	451	0.05-2540	7978,6
Laguna Intermitente	35	0.14-146	176,8	Lago-Laguna Intermitente	158	0.05-3767	3767,9
Total	62	0.14-146	638,8	Total	609	0.05-3767	11746,5

Inconsistencias encontradas en las hojas cartográficas

Tanto en las hojas 1:25 000 como en las 1:50 000 se encontraron inconsistencias en la clasificación original presentadas en las hojas cartográficas, a continuación, se presentan estos errores de interpretación u omisiones:

Clasificación de manglar en mosaico hojas 1: 25 000.

En las hojas cartográficas 1:25 000 la clasificación del manglar presenta un error de interpretación y clasificación, dado que separa el manglar en dos zonas: manglar (magenta) y humedal (celeste), cuando ambas zonas forman parte del mismo ecosistema “manglar”. La Figura 7 ilustra una sección de hoja cartográfica Mansión 1:25 000 y la imagen ortofoto del año 2017. En la hoja cartográfica se observan dos zonas del manglar que se clasifican como “manglar” (magenta) y “pantano/ciénega” (celeste). Esta zonificación del manglar se observa en la ortofoto 2017 y ambas zonas corresponden al ecosistema “manglar” dado que las dos zonas que se observan tienen diferencias de estructura, pero no de composición de especies. Esta observación tiene implicaciones dado que se está subestimando la extensión real del área del manglar en el mosaico 1:25 000.

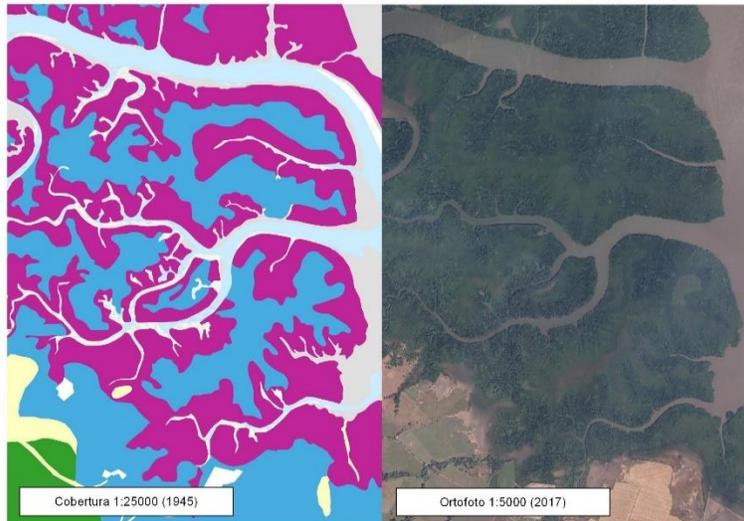


Figura 7. Inconsistencia en la clasificación del manglar en las hojas 1:25 000 debido a diferencias de estructura y especies.

Hoja Marbella 1: 25 000 con fotointerpretación inconclusa.

Si se observa la cobertura “bosque” de la hoja cartográfica Marbella 1:25 000, esquina inferior izquierda de la Figura 8, se llega a la conclusión de que no se concluyó la fotointerpretación de coberturas en esta hoja, dado que los empates con las hojas cartográficas vecinas, Lechuza (a la derecha) y Playa Azul (abajo), presentan un empate de la cobertura “bosque” con cortes rectos. Nótese que las tres hojas cartográficas se generaron empleando fotografías aéreas del año 1945 y por tanto no se espera que haya inconsistencia en el empate de las hojas cartográficas.

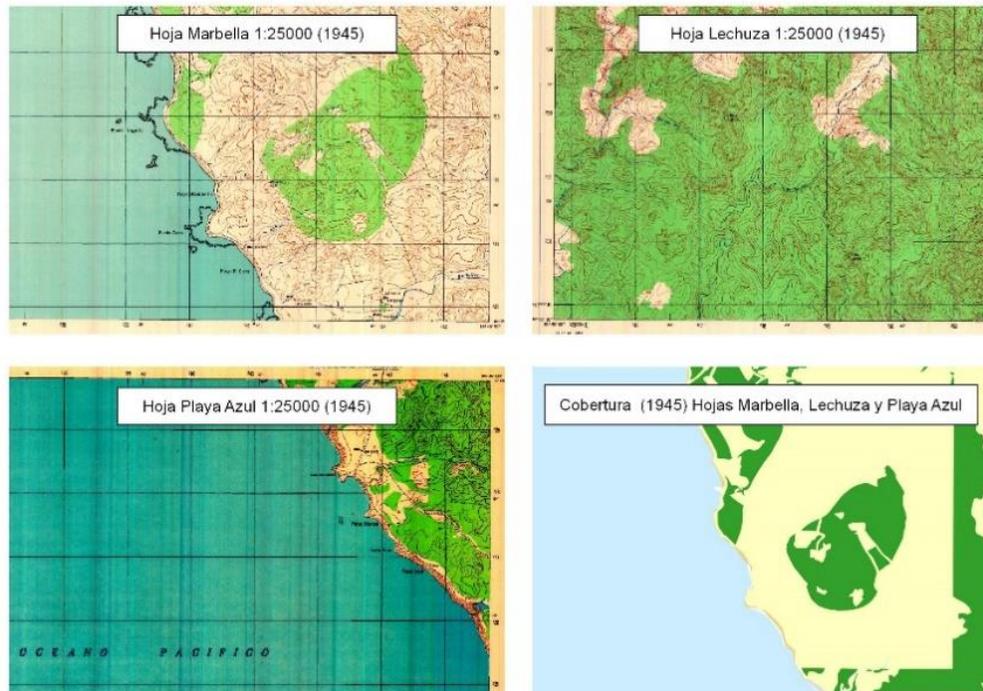


Figura 8. Clasificación de cobertura de la Hoja Marbella 1:25 000 fue inconclusa.

Hoja Quepos 1: 50 000, error de clasificación de un Manglar por un humedal.

En la Figura 9, se ilustra parte de la cobertura de la hoja cartográfica Quepos que inicia con un manglar (en color magenta) y luego continúa con dos humedales (color celeste). En la parte inferior del recuadro se presenta la misma área en la ortofoto 1:5 000 del año 2017, en donde se observa que el segundo humedal corresponde a un manglar.



Figura 9. Error de clasificación de un manglar por un humedal en la Hoja Quepos 1:50 000

Omisión en la clasificación de Yolillo en la Laguna Corcovado, Hoja Llorona 1:50 000.

La Laguna Corcovado en la hoja cartográfica Llorona 1:50 000, se clasifica como Laguna o Lago Intermittente y Permanente, omitiendo haber clasificado una gran porción de bosques de yolillo como se ilustra en la ortofoto 1:5 000 del 2017 en la Figura 10. Un estudio de la dinámica de la cobertura de Laguna Corcovado entre 1960 y 2014 confirma que la laguna tenía en su borde un bosque de yolillo de más de 600 ha en el año 1960 (Morera et al., 2017)



Figura 10. Omisión de clasificación de bosque de yolillo en la Laguna Corcovado, hoja cartográfica Llorona 1:50 000.

Categoría de cobertura “Marisma” en lugar de Ciénega o Pantano.

En el mosaico de hojas cartográficas 1:50 000 se incluyó la categoría de cobertura “marisma”, un tipo de humedal costero. Esta categoría se localizó en la hoja cartográfica Los Chiles, como se aprecia en la Figura 11. Este es un error de clasificación dado claramente en ese sitio no está cerca de la costa y por tanto no puede haber una “marisma”, siendo lo que corresponde a un “ciénega o pantano”. Esta “ciénega o pantano”, aún se aprecia en la ortofoto 2017. Además, una inspección de todas las hojas cartográficas 1:50 000, indica que la categoría “marisma” solo se clasificó en la hoja cartográfica Los Chiles y en el delta del Río Sierpe, en un pequeño islote dentro del manglar.

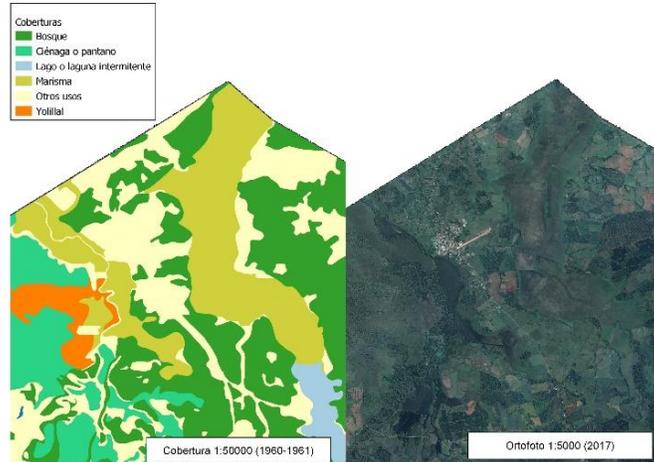


Figura 11. Categoría “marisma” aplicado en lugar de “ciénaga-pantano”, en la hoja cartográfica Los Chiles 1:50 000.

Categoría de cobertura “Sabanas” en lugar de la cobertura “Paramo” en la Cordillera de Talamanca.

En las hojas cartográficas 1:50 000, en las cumbres de la Cordillera de Talamanca, los “páramos” fueron clasificados como “sabanas” o en la categoría “otros usos”. En la Figura 12 se ilustra el caso del Páramo Chirripó, el cual se clasifica como “otros usos” o como “sabanas”. Según Kappelle y Horn (2016), en Costa Rica sobre los 3100 m.s.n.m se encuentran siete cumbres con vegetación tipo sub-páramo, páramo y super-páramo. Estos páramos se localizan en las cumbres a lo largo de la Cordillera de Talamanca, en los volcanes Irazú y Turrialba. Se debe aclarar que la categoría “páramo” no se incluyó en las hojas cartográficas 1:50 000.

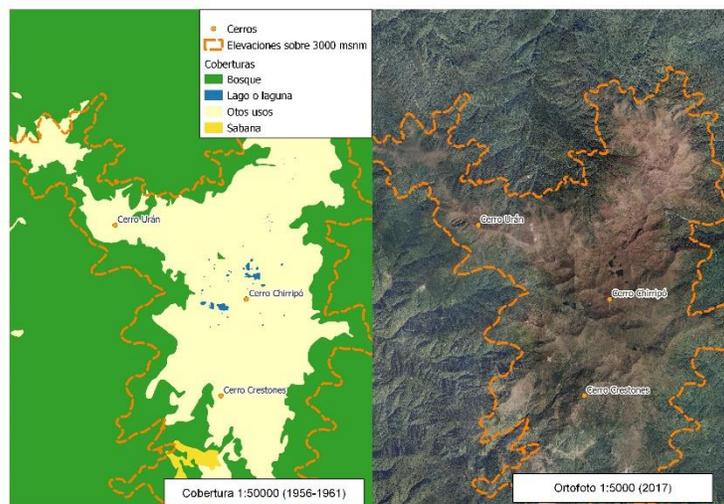


Figura 12. Error de clasificación de los “páramos” por “sabanas” o “otro uso” en las cumbres de la Cordillera de Talamanca.

g) En el Caribe algunas áreas con Cobertura Forestal y Yolillales se clasifican como Humedales del Caribe, en las hojas 1:50 000.

La Figura 13 ilustra una sección de la hoja cartográfica California 1:50 0000, donde varios bosques y yolillales se clasifican como “ciénaga o pantano” (color verde claro), según se aprecia en la ortofoto del 2017.

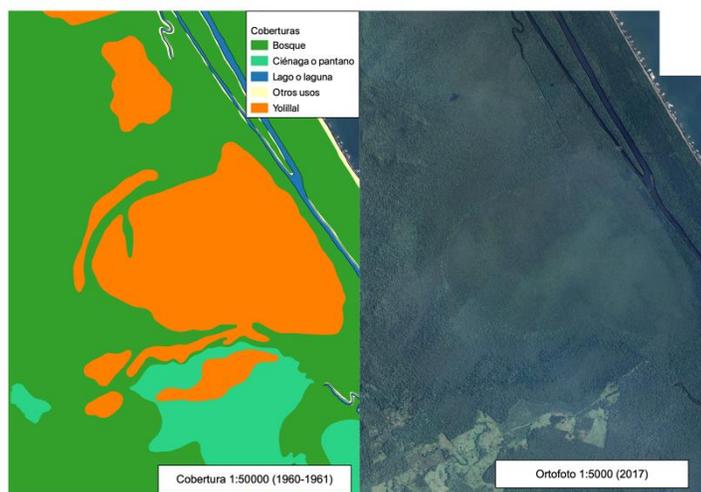


Figura 13. Error de clasificación de bosques y yolillales por “ciénaga o pantano” en la costa Caribe.

Uso esperado de las capas 1:25 000 y 1:50 000

Estas capas son una línea base en formato digital de la cobertura forestal y de humedales para los años 1945 (1:25 000) y 1945-1967 (1:50 000), esta información es muy importante para entender la dinámica del cambio de uso del suelo en la segunda mitad del siglo XX. Se espera que esta información sea utilizada por académicos, estudiantes, instituciones del estado como SINAC, para consultas sobre la cobertura forestal anterior al uso de imágenes satelitales, estudios históricos de cambio de uso del suelo y modelaciones de cambio de coberturas a futuro que usan como insumo datos históricos.

Conclusiones y recomendaciones

La extracción de la información de coberturas de ecosistemas terrestres de hojas cartográficas 1:25 000 y 1:50 000 representa la mejor línea base histórica digital de carácter nacional. Las ventajas de esta línea base se explica por las siguientes razones: a) se elaboraron empleando fotografías aéreas blanco y negro tomadas por el Instituto Geográfico de Costa Rica (IGN), b) se aplicaron protocolos estandarizados internacionalmente para toma de fotografías aéreas, operaciones de campo, geodesia, proyecciones cartográfica en coordenadas LAMBERT, aerotopografía, determinación de

escalas, edición y impresión de mapas, c) la extracción de coberturas resultó en unidades de mapeo mínimas de hasta 0.02 y 0.04 hectáreas para cada mosaico respectivamente, d) los errores de georeferenciación están dentro de un margen aceptable para todas los dos mosaicos, e) las clases de cobertura en ambos mosaicos son de carácter general para los ecosistemas naturales del país, incluyendo cuerpos de agua lo cual permite un punto base de referencia histórico comparable a la información generada después de año 1986 empleando imágenes satélites y, f) la cobertura de nubes de esta cartografía es mínima, pues apenas representa 0.45 % del territorio nacional para las hojas cartográficas 1:50 000 y del 0 % para las hojas cartográficas 1:25 000.

Entre las limitaciones a considerar para cualquier aplicación de esta cartografía digital se resalta: a) la interpretación y clasificación de las coberturas en diferentes regiones contiene algunas inconsistencias en ambos mosaicos, tal como se han descrito en este reporte a manera de ejemplos. Pero estas inconsistencias se pueden corregir empleando información complementaria de otras fuentes, b) la base fotográfica para el mosaico 1:50 000 tiene una combinación de años y se puede concluir que un 77.4 % de hojas cartográficas tienen un rango de ≥ 5 años que lo clasifica como homogeneidad alta, un 3 % de hojas cartográficas tienen un rango entre 10 y 5 años que corresponde a una homogeneidad media y un 19.5 % de las hojas cartográfica tienen una homogeneidad baja, entre 10 y 22 años, c) en el mosaico 1:25 000 existe la incertidumbre de no haber completado la fotointepretación de algunas hojas cartográficas, d) Las hojas cartográficas con un nivel de homogeneidad media o baja, que representan el 22.6% de todo el mosaico y tienen una gran incertidumbre sobre su nivel de actualización, dado que no existen forma de saber si las fotografías complementarias empleadas fueron para remover nubes, rellenar áreas que no están cubiertas por fotografías aéreas, o fueron utilizadas para actualizar principalmente infraestructura (caminos). Por esta razón se recomienda a los usuarios consultar los Anexos 3 y 4 que incluyen información como: año de la fuente (fotografía), el año de impresión y el año de actualización de las hojas cartográficas. Esto les permitira tener un mejor criterio de la calidad de la información de las coberturas de cada hoja cartográfica.

En términos de cobertura, los datos obtenidos indican que las hojas cartográficas 1:25 000 (varios cantones de Guanacaste y Puntarenas) tuvieron un 37 % del área bajo cobertura natural como bosques, humedales, manglares (año 1945), mientras que las hojas cartográficas 1:50 000 (año 1945-1967) que cubren todo el territorio nacional, la cobertura natural fue de 62 %.

La información generada puede dar pie a nuevas investigaciones relacionadas a la cobertura actual con respecto a la histórica. Un ejemplo de eso es el cambio en la cobertura de humedales y sus transformaciones a camaroneras, arrozales, etc.

Los usuarios deben tener presente que en esta cartografía digital no se modificaron los nombres de las coberturas, ni se reinterpretó las clasificaciones de las coberturas de algunos polígonos por diversas inconsistencias. Por tanto, la cartografía digital generada en este estudio representa la información tal como fue interpretada, clasificada y publicada en formato impreso por el IGN en las primeras ediciones 1:25 000 y 1:50 000.

Agradecimientos

Los investigadores reconocen el apoyo recibido por parte de la Vicerectoría de Investigación y Extensión del Instituto Tecnológico de Costa Rica con el Proyecto de Investigación 1401095, del Centro de Innovación e Investigación Forestal (CIF) y de la Fundación MarViva. Se agradece al Instituto Geográfico Nacional la cooperación al suministrar el material cartografico y hospedar en su plataforma SNIT la cartgografía digital generada por estudio.

Referencias

Barrantes., M. 1954. Introducción a la Cartografía. Serie: Publicaciones de Divulgación Cartográfica. Instituto Geográfico de Costa Rica. Ministerio de Obras Públicas y Transportes. San José, Costa Rica. 56 pp.

Kappelle, M. 2016. Costa Rica's ecosystems: Setting the stage. pp. 3-16. En: Kappelle, M. (ed). Costa Rican Ecosystems. The University of Chicago Press. Chicago, Ill.

Kappelle, M y Horn, S.P. 2016. The Páramo ecosystem of Costa Rica's highlands. pp. 492-523. En: Kappelle, M. (ed). Costa Rican Ecosystems. The University of Chicago Press. Chicago, Ill.

Morera, C., Sandoval, L. y Pintó, J. 2018. Transformaciones espacio-temporales de la cobertura vegetal en el Parque Nacional Corcovado, 1960-2014. Revista Biología Tropical. Vol. 66(1): 352-367.

Pérez, S. y Protti. F. 1978. Comportamiento del sector forestal durante el periodo 1950-1977. Oficina de Planificación Sectorial OPSA. DOC-OPSA-15. San José.

Sader, S., A. and Joyce, A., T. 1988. Deforestation rates and trends in Costa Rica. 1940 to 1983. Biotropica. 20: 11.19

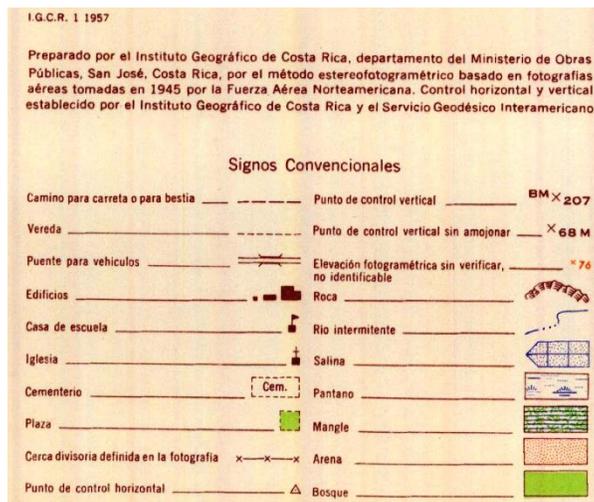
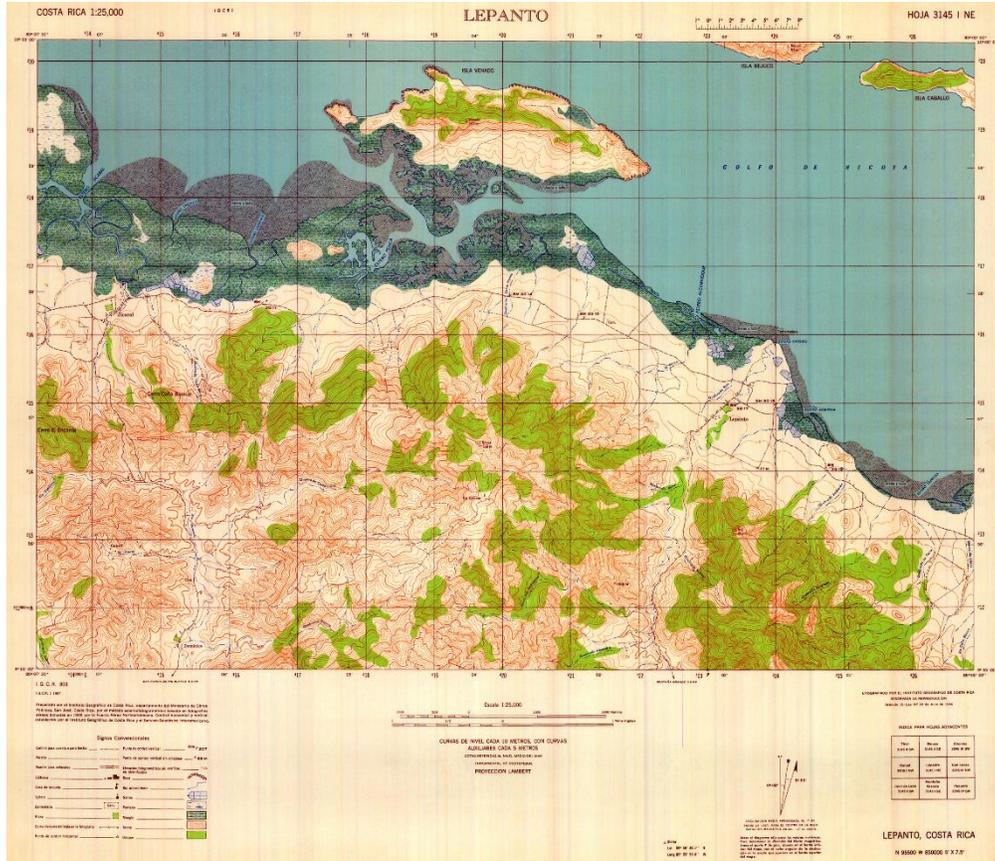
Quesada, C., Sánchez-Azofeifa, A. y Calvo-Alvarado, J. 1998. Estudio de cambios de cobertura forestal de Costa Rica, 1987-1997. Centro Científico Tropical, Universidad de Costa Rica, Conservation International. Estudio elaborado para el Fondo Nacional de Financiamiento Forestal (FONAFIFO). 50 pp.

Sandner, G. 1963. La cartografía centroamericana. Su desarrollo e importancia para la economía y planificación. En: Informe Semestral II. Instituto Geográfico de Costa Rica. 25-76 pp. Reeditado en 1982 por Revista Geográfica de América Central. No 15-16. pp 119-140.

Sistema Nacional de Áreas de Conservación (SINAC) – Programa REDD-CCAD-GIZ. 2015. Cartografía base para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica 2013-2014. Preparado por Ortíz, E. et al., 2015. como consultor para el Inventario Forestal Nacional de Costa Rica, dentro del marco del Programa REDD/CCAD/GIZ. San José, Costa Rica. 52 pp.

Anexos

Anexo 1. Hoja cartográfica 1:25 000 Lepanto, basado en fotografías aéreas 1945 y publicada en 1957 por el Instituto Geográfico Nacional de Costa Rica.



Anexo 3. Listado de hojas 1:25 000 con la fuente de datos y fecha de impresión.

HOJA CARTOGRAFICA	FUENTE	IMPRESION	ACTUALIZACIÓN
Acapulco	1945	1956	ND
Alajuela	1945	1957	ND
Aranjuez	1945	1954	ND
Arenal	1945	1955	ND
Atenas	1945	1956	ND
Bagaces	1945	1956	ND
Ballena	1945	1958	ND
Bebedero	1945	1956	ND
Bebedero	1945	1956	ND
Boca Toro	1945	1956	ND
Bolson	1945	1956	ND
Bongo	1945	1957	ND
Cabo blanco	1945	1958	ND
Cabo velas	1945	1954	ND
Candelillo	1945	1957	ND
Canjel	1945	1957	ND
Cartago	1956	1960	ND
Cervantes	1956	1960	ND
Chira	1945	1956	ND
Chomes	1945	1954	ND
Cobano	1945	1957	ND
Colonia carmona	1945	1957	ND
Colorado	1945	1955	ND
Comunidad	1945	1953	ND
Corobici	1945	1956	ND
Coyote	1945	1957	ND
Culebra	1945	1954	ND
Curú	1945	1958	ND
El Cortes	1945	1956	ND
Esparta	1945	1954	ND
Filadeldia	1945	1958	ND
Gamalotal	1945	1957	ND
Grecia	1945	1955	ND

HOJA CARTOGRAFICA	FUENTE	IMPRESION	ACTUALIZACIÓN
Guiones	1945	1957	ND
Hojancha	1945	1957	ND
Juan de León	1945	1957	ND
La Cruz	1945	1953	ND
La Guaria	1945	1957	ND
La Mansión	1945	1957	ND
Lagarto	1945	1955	ND
Lagunilla	1945	1957	ND
Lajas	1945	1955	ND
Las Palmas	1945	1956	ND
Lechuza	1945	1957	ND
Lepanto	1945	1957	ND
Liberia	1945	1956	ND
Los Planes	1945	1955	ND
Macacona	1945	1959	ND
Mal País	1945	1957	ND
Manzanillo	1945	1955	ND
Maquenco	1945	1957	ND
Marbella	1945	1957	ND
Montaña Grande	1945	1957	ND
Monte de Plata	1945	1953	ND
Monte Romo	1945	1957	ND
Montezuma	1945	1957	ND
Nagatac	1945	1958	ND
Nicoya	1945	1956	ND
Nosara	1945	1957	ND
Ora	1945	1957	ND
Orotina	1945	1958	ND
Palmares	1945	1955	ND
Palo Verde	1945	1956	ND
Paquera	1945	1958	ND
Peñas Blancas	1945	1953	ND
Piedras	1945	1956	ND
Playa Azul	1945	1957	ND

HOJA CARTOGRAFICA	FUENTE	IMPRESION	ACTUALIZACIÓN
Potrero	1945	1954	ND
Pozo Azul	1945	1956	ND
Pueblo Nuevo	1945	1957	ND
Puerto Humo	1945	1956	ND
Punta Gorda	1945	1954	ND
Puntarenas	1945	1954	ND
Puriscal	1956	1961	ND
Quebrada Honda	1945	1956	ND
Quiriman	1945	1957	ND
Río Seco	1945	1957	ND
Río Zelaya	1945	1957	ND
Salto	1945	1956	ND
Sámara	1945	1957	ND
San Antonio	1945	1957	ND
San José	1958	1962	1960
San Juan	1945	1957	ND
San Juanillo	1945	1957	ND
San Lázaro	1945	1957	ND
San Lucas	1945	1958	ND
San Mateo	1945	1958	ND
San Miguel	1945	1953	ND
San Pablo	1945	1959	ND
Santa Ana	1945	1956	ND
Santa Cruz	1945	1957	ND
Sardinal	1945	1954	ND
Taboga	1945	1956	ND
Tamarindo	1945	1957	ND
Thiel	1945	1956	ND
Tivives	1945	1954	ND
Turrialba	1956	1960	ND
Turrucares	1956	1962	1960
Veintisiete	1945	1957	ND

Anexo 4. Listado de hojas 1:50 000 con la fuente de datos, fecha de impresión y actualización.

HOJA CARTOGRAFICA	IMPRESION	FUENTE	ACTUALIZACION	RANGO	HOMOGENEIDAD TEMPORAL
Abangares	1967	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Abra	1964	1956	1959-1960-1962	1956-1961	Baja
Agua Fria	1967	1960-1961	1965-1966	1960-1961	Alta
Aguas Zarcas	1967	1961	1964-1965	1960-1961	Alta
Ahogados	1966	1960	1963-1964	1960-1961	Alta
Amubri	1969	1960-1961	1966	1960-1961	Alta
Arenal	1966	1961-1965	1963-1964-1965	1961-1965	Alta
Bahía de Salinas	1965	1956	1960-1964	1956-1961	Baja
Barba	1961	1956	ND	1956-1961	Baja
Barbilla	1963	1960-1961	1961-1962	1960-1961	Alta
Barranca	1960	1945	ND	1945	Alta
Belén	1968	1945-1967	1967	1945-1967	Baja
Berrugate	1960	1945	ND	1945	Alta
Bonilla	1967	1960	ND	1960-1961	Alta
Buenos Aires	1963	1956	1961-1962	1961-1965	Alta
Burica	1970	1960	1965	1960-1961	Alta
Cabagra	1964	1956	1962	1956-1961	Alta
Cabuya	1960	1945	ND	1945	Alta
Cacao	1965	1956-1961-1965	1964-1965	1956-1966	Media
Cahuita	1963	1960	1961-1962	1960-1961	Alta
Cairo	1966	1965	1965	1961-1965	Alta
California	1967	1960-1961	1962-1966	1960-1961	Alta
Candelaria	1961	1956-1957	ND	1956-1961	Baja
Canoas	1970	1960	1965	1960-1961	Alta
Cañas	1965	1945-1956-1961	1963	1945-1961	Baja
Cañas Gordas	1965	1958-1959-1960	ND	1956-1961	Alta
Carairges	1961	1966-1957	ND	1956-1966	Media
Carate	1965	1960	1962	1960-1961	Alta
Carrillo	1967	1956-1960-1961	1965-1966	1956-1961	Baja
Carrillo Norte	1955	1945	ND	1945	Alta
Cerro Azul	1969	1945-1965	1969	1945-1967	Baja
Cerro Brujo	1968	1945-1965	1968	1945-1967	Baja

HOJA CARTOGRAFICA	IMPRESION	FUENTE	ACTUALIZACION	RANGO	HOMOGENEIDAD TEMPORAL
Changuena	1964	1960	1962	1960-1961	Alta
Chaparrón	1966	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
Chapernal	1967	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Chirripó	1968	1960-1961	1966	1960-1961	Alta
Chirripó Atlántico	1966	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
Colorado	1970	1961	1965	1960-1961	Alta
Coronado	1965	1956-1960	1963	1956-1961	Alta
Coto Brus	1964	1956-1960	1961-1962	1956-1961	Alta
Cuerici	1965	1956	1961	1956-1961	Alta
Curubande	1966	1961	1963-1964-1965	1960-1961	Alta
Cutris	1970	1961	1965	1960-1961	Alta
Diriá	1968	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Dominical	1962	1956-1957	1960	1956-1961	Alta
DOTA	1962	1957	1959-1960	1956-1961	Alta
Durika	1965	1958-1959-1960	ND	1956-1961	Alta
Estrella	1968	1960	1966	1960-1961	Alta
Fortuna	1966	1961	1963-1964	1960-1961	Alta
Garza	1969	1945-1965	1968	1945-1967	Baja
General	1964	1950	1962-1963	1945-1956	Baja
Golfito	1965	1960	1962-1963	1960-1961	Alta
Golfo	1960	1945	ND	1945	Alta
Golfo Dulce	1964	1960	1962	1960-1961	Alta
Gúacimo	1967	1960	1961-1965	1960-1961	Alta
Gúapiles	1967	1960	1965	1960-1961	Alta
Guatuso	1966	1951-1965	1965	1951-1965	Baja
Herradura	1961	1956-1957	ND	1956-1961	Alta
Infiernito	1966	1961	1965	1960-1961	Alta
Istarú	1961	1956-1957	ND	1956-1961	Baja
Juntas	1966	1945-1956-1961	1963	1945-1961	Baja
Kamuk	1971	1956-1961	ND	1956-1961	Alta
Laurel	1970	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
Llorona	1965	1960	1962	1960-1961	Alta
Los Chiles	1970	1961	1965	1960-1961	Alta
Madrigal	1965	1960	1962	1960-1961	Alta

HOJA CARTOGRAFICA	IMPRESION	FUENTE	ACTUALIZACION	RANGO	HOMOGENEIDAD TEMPORAL
Marbella	1968	1945-1965	1968	1945-1967	Baja
Matama	1968	1960-1961	1966	1960-1961	Alta
Matambú	1968	1945-1965	1968	1945-1967	Baja
Matapalo	1968	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Matina	1962	1960-1961	1961-1962	1960-1961	Alta
Medio Queso	1966	1961	1965	1960-1961	Alta
Miramar	1965	1945-1956-1961	1963	1945-1961	Baja
Miravalles	1966	1961-1965	1964-1965	1961-1965	Alta
Moin	1962	1960	1961-1962	1960-1961	Alta
Monterrey	1966	1961-1965	1964-1965	1961-1965	Alta
Monteverde	1966	1945-1956-1961	1964	1945-1967	Baja
Murciélago	1965	1945-1956	1963	1945-1956	Baja
Namaki	1970	1960-1961	1966	1960-1961	Alta
Naranjo	1967	1945-1956-1961	1963-1964-1965-1966	1945-1961	Baja
Orosi	1966	1956-1965	1964-1965	1956-1966	Media
Parismina	1963	1960	1959-1961-1962	1960-1961	Alta
Parrita	1961	1965-1957	ND	1956-1966	Media
Pavón	1970	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
Pejibaye	1968	1956-1960-1961	1959-1966	1956-1961	Baja
Peñas Blancas	1965	1956	1960-1964	1956-1961	Baja
Piedras Blancas		1960	1962	1960-1961	Alta
Pittier	1969	1956	1956	1956-1961	Alta
Poás	1967	1956-1960-1961	1964-1965	1956-1961	Baja
Pocosol	1970	1961	1965	1960-1961	Alta
Puerto Armuelles	1970	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
Puerto Coyote	1968	1945-1965	1968	1945-1967	Baja
Punta Castilla	1970	1961	1965	1960-1961	Alta
Punta Gorda	1967	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Quepos	1961	1957	ND	1956-1961	Alta
Quesada	1966	1956-1960	1963-1964-1965	1956-1961	Baja
Repunta	1964	1956	1961	1956-1961	Alta
Rincón	1964	1960	1962	1960-1961	Alta
Río Ario	1971	1945	1970-1971	1945	Alta
Río Banano	1963	1960	1961-1962	1960-1961	Alta

HOJA CARTOGRAFICA	IMPRESION	FUENTE	ACTUALIZACION	RANGO	HOMOGENEIDAD TEMPORAL
Río Caña Blanca	1970	1960	1965	1960-1961	Alta
Río Cuarto	1966	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
Río Grande	1965	1945-1956	1964	1945-1956	Baja
Río Sucio	1967	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
San Andrés	1963	1960	1962	1960-1961	Alta
San Isidro	1964	1956-1957	1960-1961	1956-1961	Alta
San Jorge	1966	1961	1965	1960-1961	Alta
San Lorenzo	1966	1961	1963-1964	1960-1961	Alta
Santa Elena	1965	1956	1963-1964	1956-1961	Baja
Savegre	1962	1956-1957	1960	1956-1961	Alta
Sierpe	1965	1960	1962	1960-1961	Alta
Siola	1968	1956-1960-1961	1966	1956-1961	Alta
Sixaola	1969	1960-1961	1966	1960-1961	Alta
Sukut	1971	1960-1961	1966	1960-1961	Alta
Talolinga	1967	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Tambor	1960	1965	ND	1961-1965	Alta
Tapantí	1963	1956-1960	1956-1960-1961	1956-1961	Baja
Tárcoles	1961	1956-1957	ND	1956-1961	Baja
Telire	1968	1960-1961	1966	1960-1961	Alta
Tempisque	1968	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Térraba	1965	1960	1962	1960-1961	Alta
Tierras Morenas	1966	1952-1960-1961	1963-1964-1965	1951-1965	Baja
Tilarán	1966	1945-1961	1963-1964	1945-1961	Baja
Tortuguero	1966	1960-1961	1965	1960-1961	Alta
Tres Amigos	1966	1960-1961	1964-1965	1960-1961	Alta
Trinidad	1970	1961	1965	1960-1961	Alta
Tucurrique	1963	1956-1961	1959-1961	1956-1961	Baja
Unión	1970	1956-1960	1965	1956-1961	Alta
Upala	1966	1965	ND	1961-1965	Alta
Venado	1960	1945	ND	1945	Alta
Villareal	1968	1945-1965	1967	1945-1967	Baja
Vueltas	1962	1956-1957	1960-1961	1956-1961	Alta
Zapote	1966	1961-1965	1965	1961-1965	Alta