Monitoreo de bosques de manglar mediante imágenes de sensores remotos: oportunidades para la gestión de ecosistemas marino-costeros en Colombia.

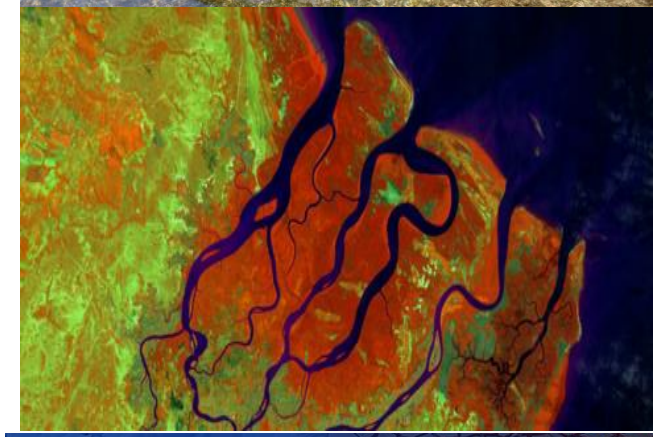
Presentado por:

Mauricio Alejandro Perea Ardila*
Ingeniero Forestal.
Especialista en Geomática.
MSc. Geographical Information System.

*Dirección General Marítima - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico - CCCP. Área de Manejo Integrado de Zona Costera.
Tumaco - Colombia
2021.

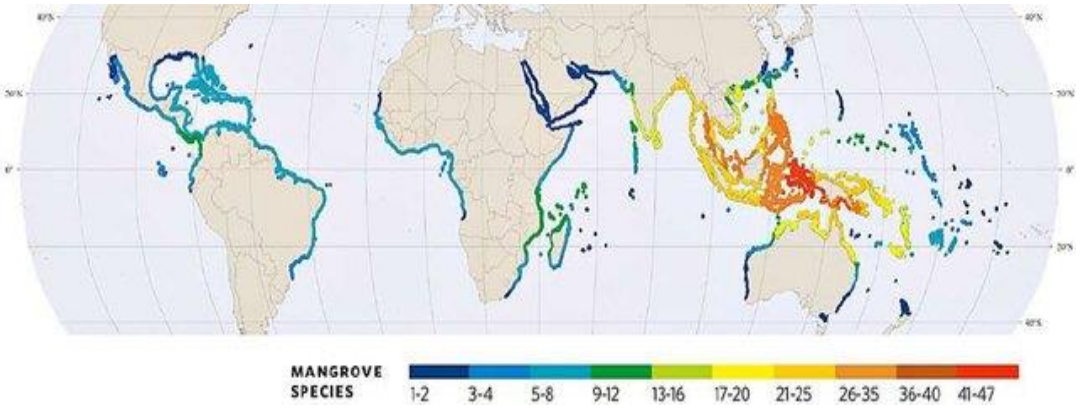
Agenda.

- Introducción al monitoreo de manglares.
- Estudio de caso aplicado en Colombia.
- Preguntas.



Introducción al monitoreo de manglares.

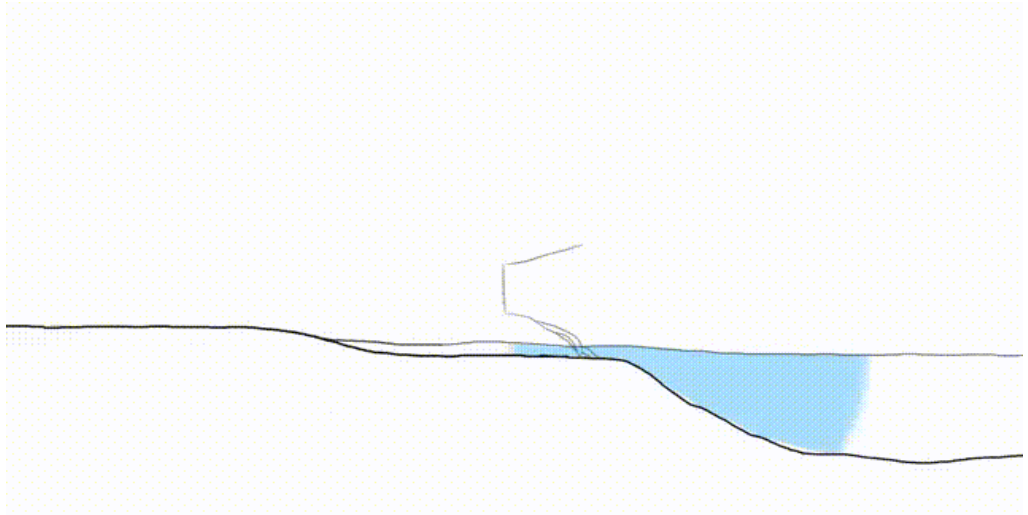
- El **manglar** es un ecosistema marino-costero ubicado en los trópicos y subtrópicos del planeta, se compone principalmente de **especies de plantas** que están adaptadas para sobrevivir a condiciones de inundación periódicas, condiciones anaerobias y altas concentraciones de salinidad (halófitos). Área aproximada mundial de **137.760 Km^2 (Giri et al. 2010). (136.000 Km^2 para el 2016).**



Mapa mundial de las zonas de distribución de manglares y el número de especies de manglares a lo largo de cada región (Deltares, 2014).

- **<u>Importancia</u>**

✓ Desastres naturales (defensa costera natural contra marejadas, tsunamis, el aumento del nivel del mar y la erosión).
✓ Biodiversidad (hábitat de Fauna, flora y microorganismos).
✓ Medios de vida (comunidades asociadas, turismo y pesca).
✓ Calidad del agua, y reguladores del clima.
✓ **Stoks de carbono, Carbono azul, biomasa forestal y suelos).**

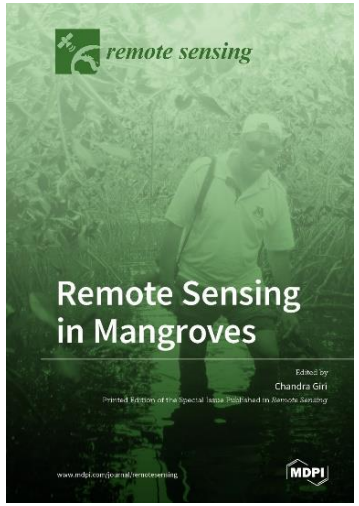


Los servicios ecosistémicos de manglares (Mangrove Action Project, 2014).

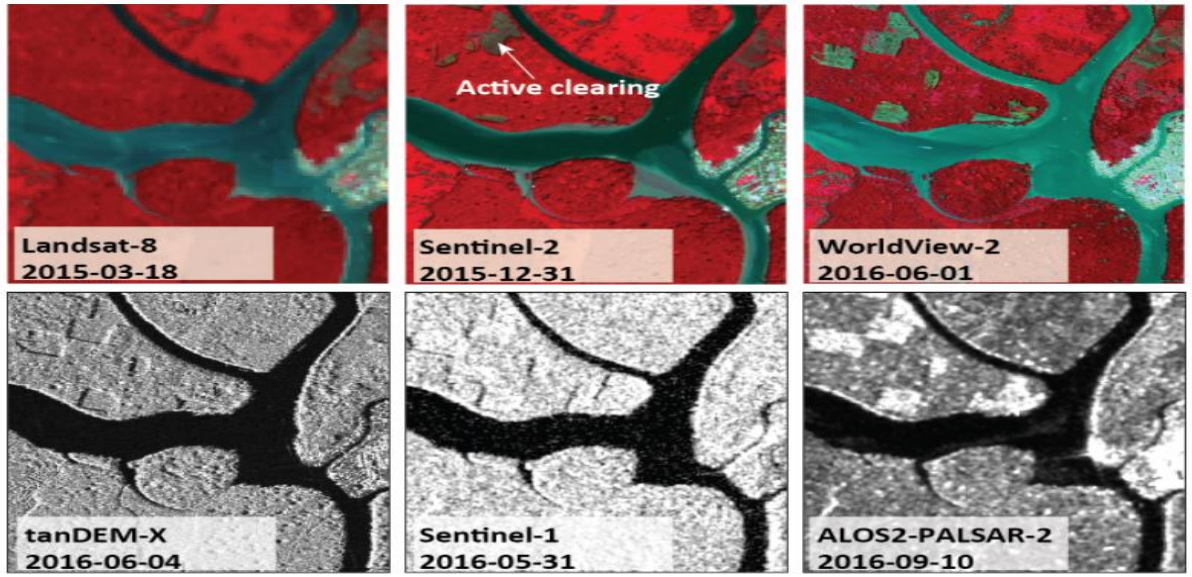
Líneas de investigación para el monitoreo de manglares con RS.

- Distribución – extensión de los manglares.
- Deforestación y forestación.
- Clasificación de especies.
- Densidad y estructura de Manglares (biomasa).
- Salud de los bosques.
- Degradación forestal.
- Detección de cambios.
- Influencia de las mareas.
- Fenología.
- Estimación de carbono – flujos (carbono azul).
- Series de tiempo (drivers).

Special Issue 2020

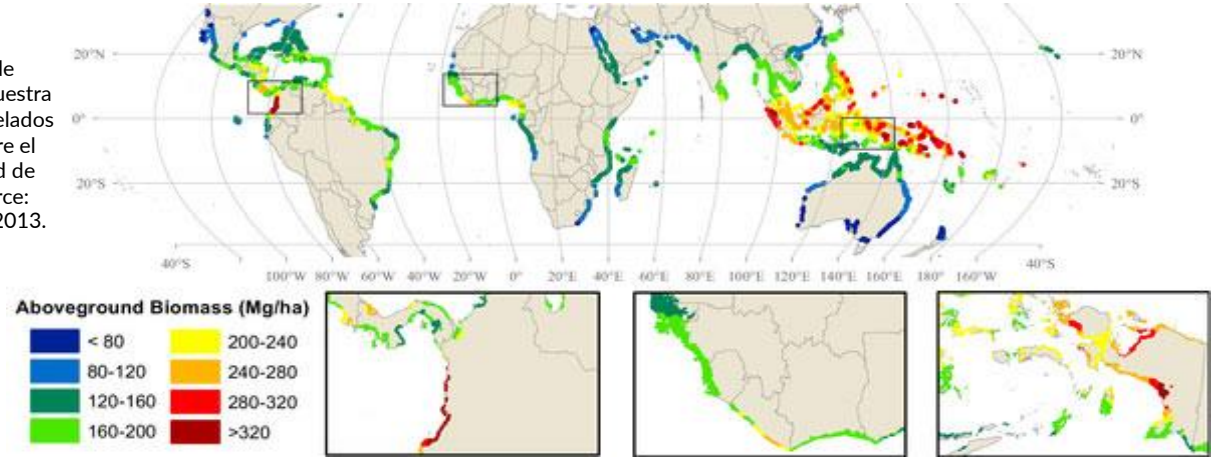


Serie de imágenes satelitales ópticas y de radar para el manejo de manglares.



https://blog.vito.be/remotesensing/mangroves-for-climate-change

Mapa global de manglares que muestra los patrones modelados de biomasa sobre el suelo por unidad de superficie. Source: Hutchison et al. 2013.

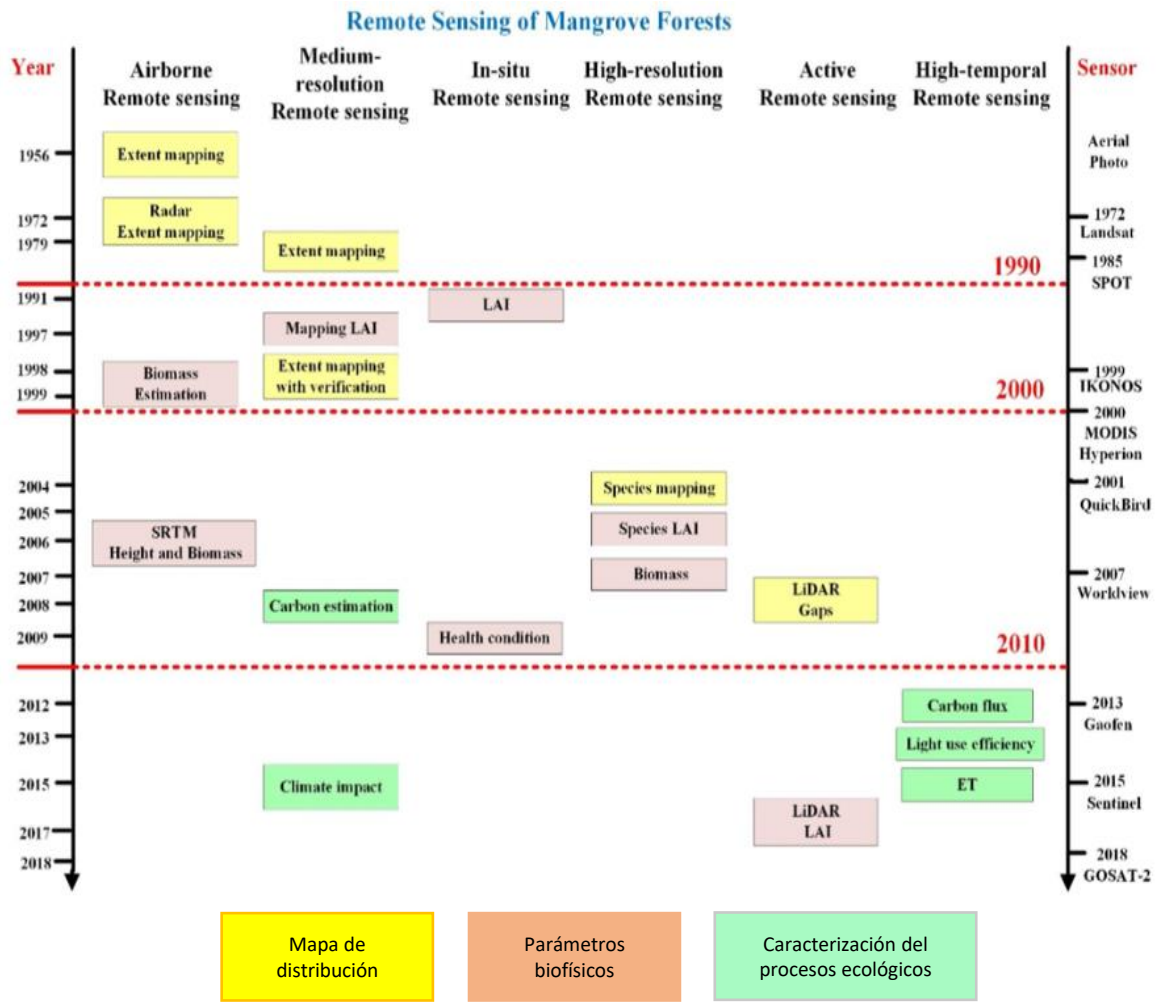


Google Earth Engine

Microsoft

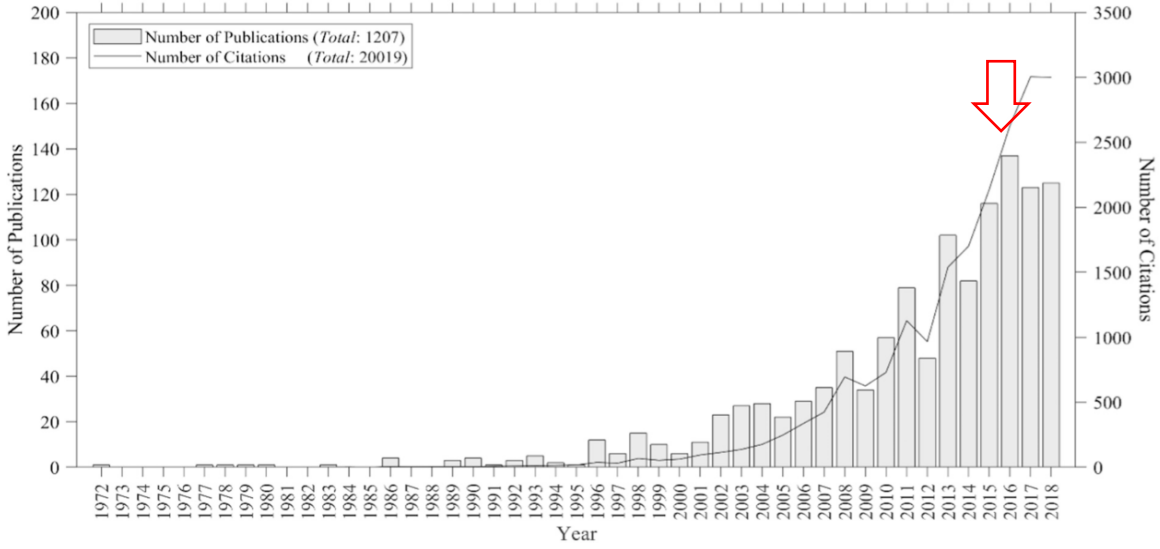
Copernicus Satellite Data in Chile and Latin America

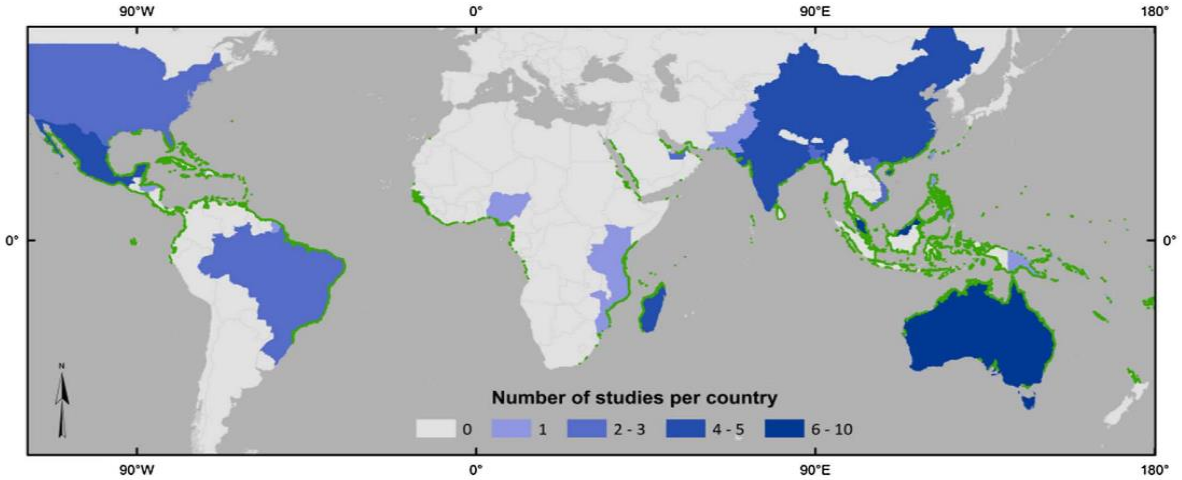
Tendencias en la investigación de manglares con RS.



Evolución de la RS de manglares desde 1956. Le Wang et al, 2019

Evolución de la RS de los manglares desde 1956

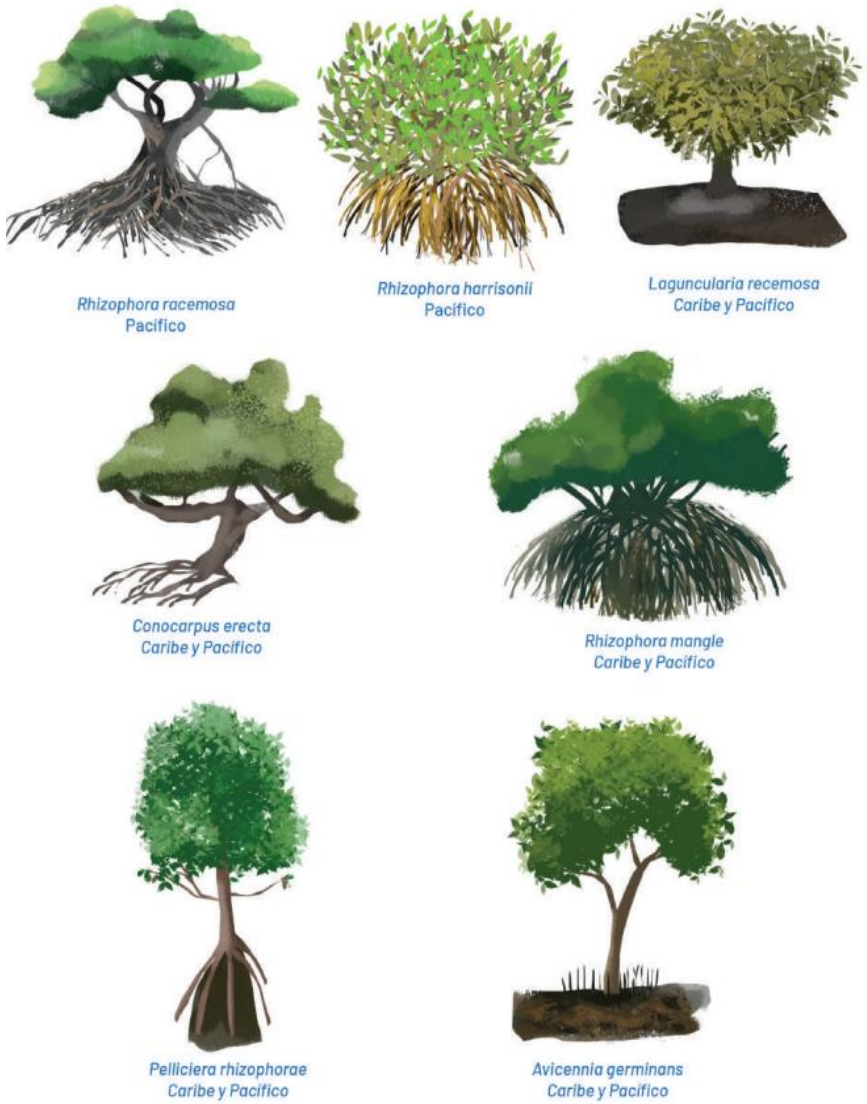




Número de estudios por país que utilizaron imágenes Landsat (2000-2016) Younes-Cardenas, et al 2017

Copernicus Satellite Data in Chile and Latin America
From applications to networking

Las especies de arboles y arbustos de mangle presentan tolerancia a la anegación, la aparición de estructuras especializadas en la respiración como lo son las lenticelas y neumatóforos y la generación de raíces aéreas que permiten la colonización de sustratos inestables (Saenger, 2002).



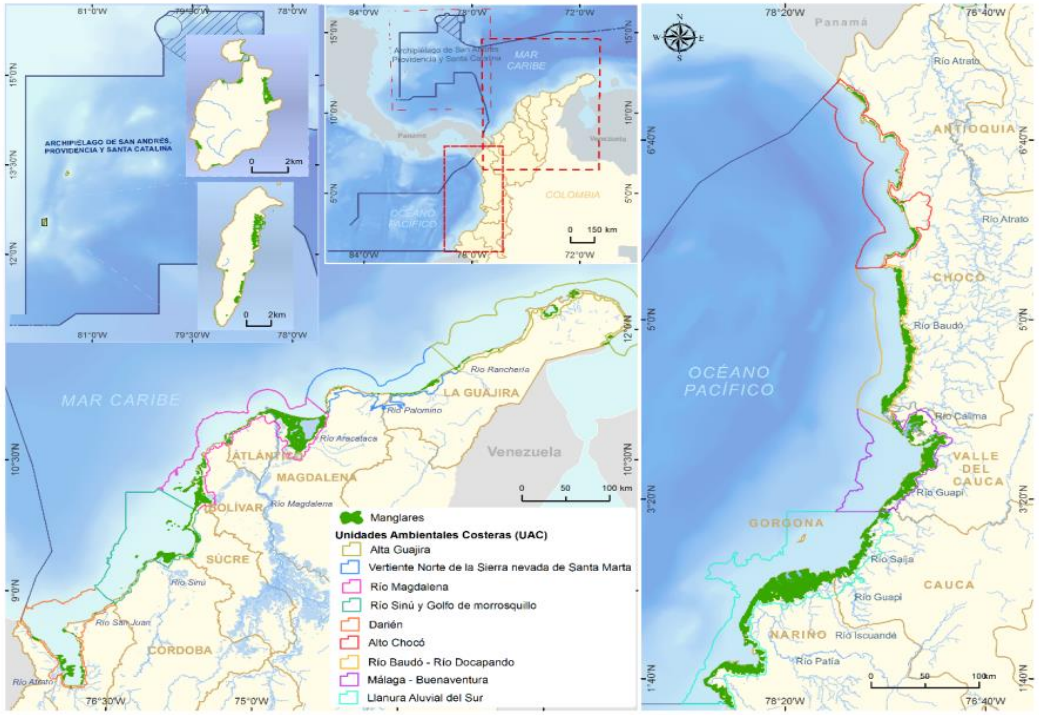
- En Colombia los manglares se distribuyen en los litorales Caribe y Pacífico; presentan 8 especies de manglares (INVEMAR, 2019).

Familia	Especie	Litoral Caribe								Litoral Pacífico			
		SAI	GUA	MAG	ATL	BOL	SUC	COR	ANT	CHO	VCAU	CAU	NAR
Rhizophoraceae	*Rhizophora mangle*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	*Rhizophora harrisonii**								X	X	X	X	X
	Rhizophora racemosa									X^{NC}	X^{NC}	X^{NC}	X^{NC}
Combretaceae	*Laguncularia racemosa*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Conocarpus erectus	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X	X
Acanthaceae**	*Avicennia germinans*	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Tetrameristaceae**	*Pelliciera rhizophorae*					X	X	X	X	X	X	X	X
Caesalpiniaceae	*Mora oleifera*									X	X	X	X

* *Rhizophora harrisonii* es considerada por autores como Duke (1992) y Beentje *et al.* (2007), como una especie híbrida.
** Las familias fueron revisadas con base a la actual clasificación en The Plant List (2013) y Trópicos (2018).

Vivíparismo

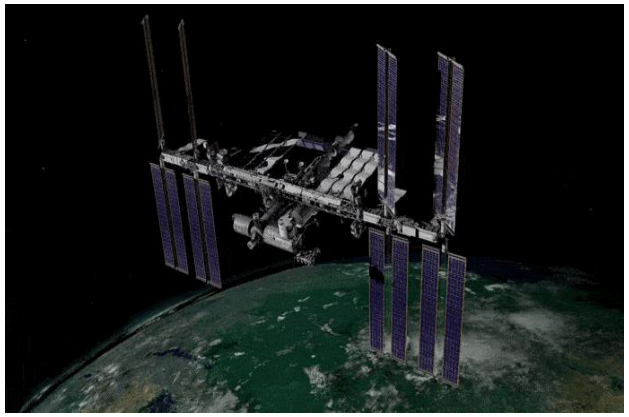
- Según cifras del MADS en 2011 la extensión de manglares del país es de 285.049 ha (Caribe 90.160,58 ha y Pacífico 194.880 ha).

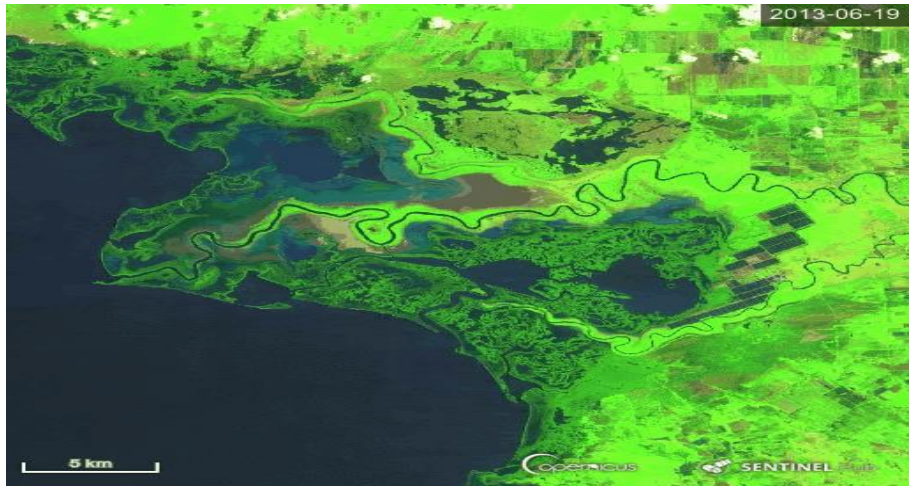


Study	Year	Method	Country's mangrove area (ha)	Pacific coast mangrove area (ha)
IGAC (1966)	1966	Visual interpretation of aerial images and limited field verification	501,300	–
IGAC (1966)	1966	Re-interpreted map geo-referenced in ArcGIS 10.3	425,000	360,000
Zambrano-Escamilla and Rubiano-Rubiano (1996)	1992	STAR synthetic aperture radar (SAR) images taken in 1992 and traditional aerial photographs. Caribbean coast estimate is based on 1991 and 1996 Landsat TM satellite images and aerial photographs.	379,954	292,724
Giri et al. (2011)	2000	Supervised and unsupervised digital classification of Landsat imagery	214,700	151,752
Hamilton and Casey (2016)	2000	Synthesis of Global forest cover (Hansen et al., 2013) and mangrove forest of the world databases (Giri et al., 2011)	167,415	132,325
INVEMAR (2014)	2013	Compilation of different methods used by the regional environmental agencies	300,133.2	230,239.2
Hamilton (unpublished data)	2014	Synthesis of Global forest cover (Hansen et al., 2013) and mangrove forest of the world databases (Giri et al., 2011) updated until 2014	166,986.3	132,099.6

Estimaciones históricas de manglares en Colombia (Mejia-Renteria et al., 2018)

- **Sensores remotos**





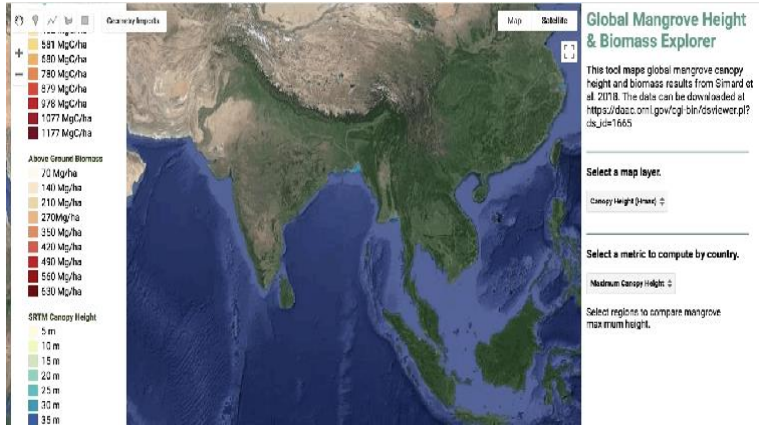
Imágenes Sentinel 2A de Río Cauto, Cuba (2013-2019).

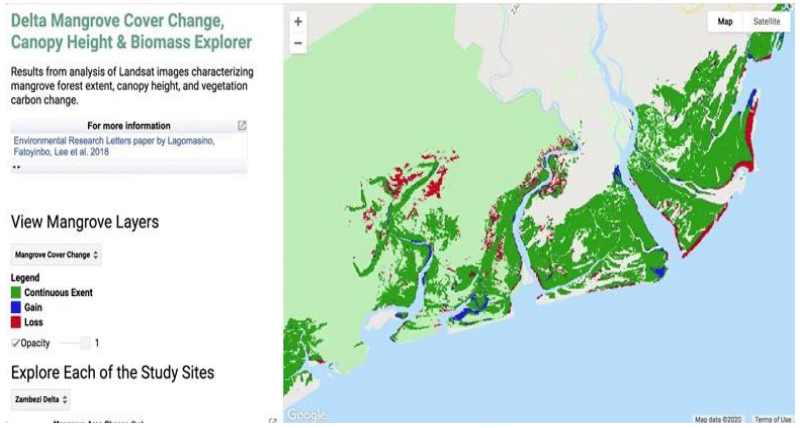
Copernicus Satellite Data in Chile and Latin America
From applications to networking

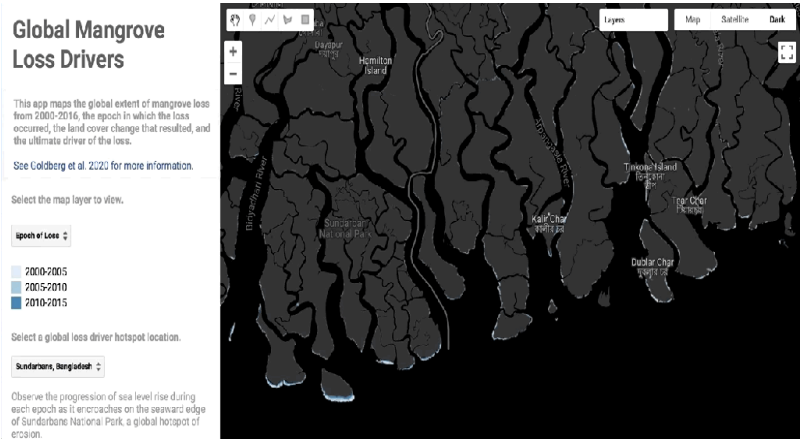
Aplicaciones y productos derivadas de datos de RS.

www.globalmangrovewatch.org

https://www.tcarta.com/blog/monitoring-mangroves-from-afar

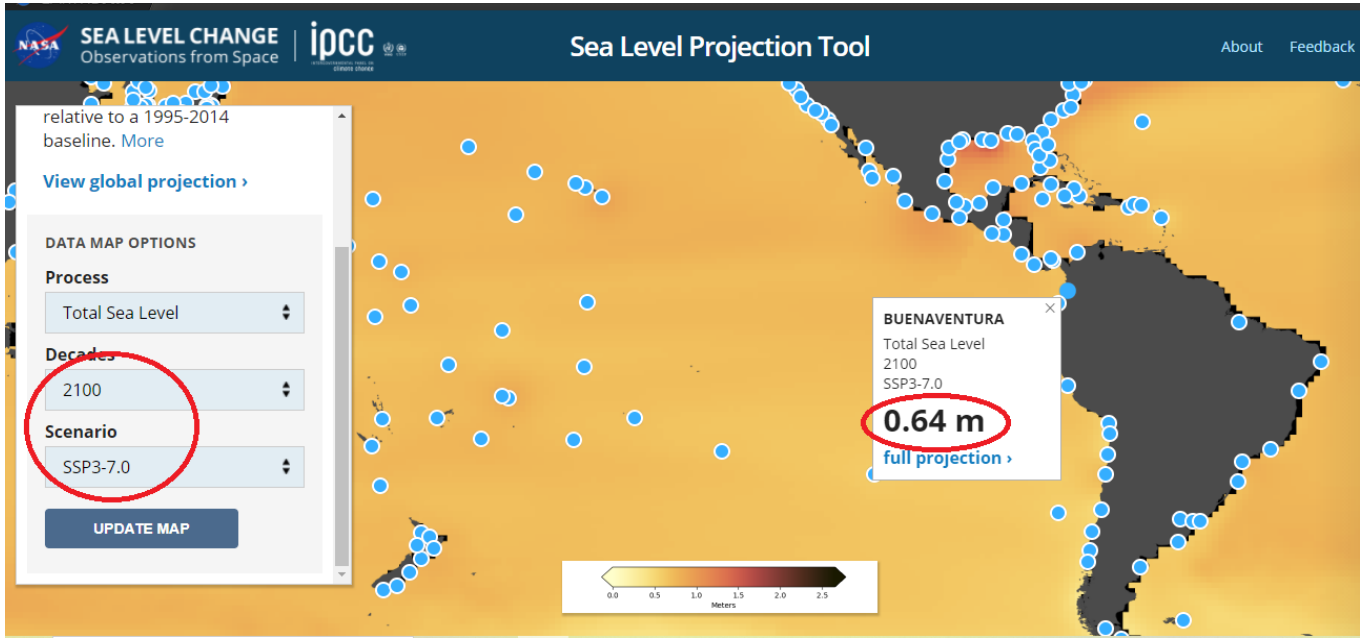






https://mangrovescience.org/apps/

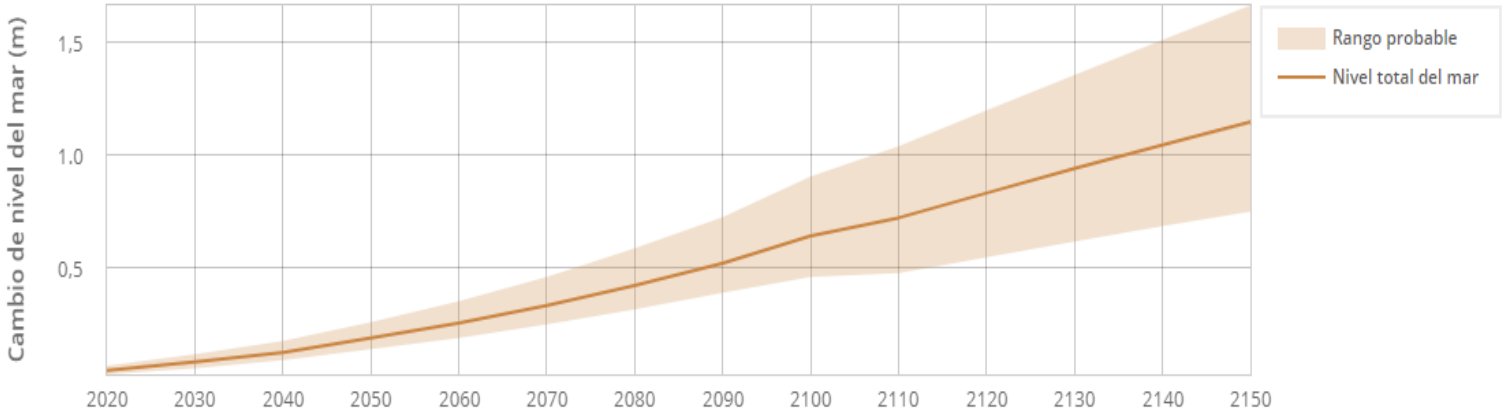
Proyecciones del nivel del mar del sexto informe de evaluación del IPCC.



Bajo un clima más cálido, los niveles del mar en todo el mundo han aumentado y se prevé que continúen aumentando en el futuro. Las proyecciones del aumento futuro del nivel del mar son críticas para los planificadores costeros y los formuladores de políticas que intentan comprender y explicar los impactos del nivel del mar en sus comunidades.

https://sealevel.nasa.gov/ipcc-ar6-sea-level-projection-tool

La herramienta de proyección del nivel del mar de la NASA permite a los usuarios visualizar y descargar los datos de proyección del nivel del mar del sexto informe de evaluación del IPCC (AR6). El objetivo de esta herramienta es proporcionar un acceso y una visualización fáciles y mejorados a las proyecciones de consenso que se encuentran en el informe.



Copernicus Satellite Data in Chile and Latin America
From applications to networking

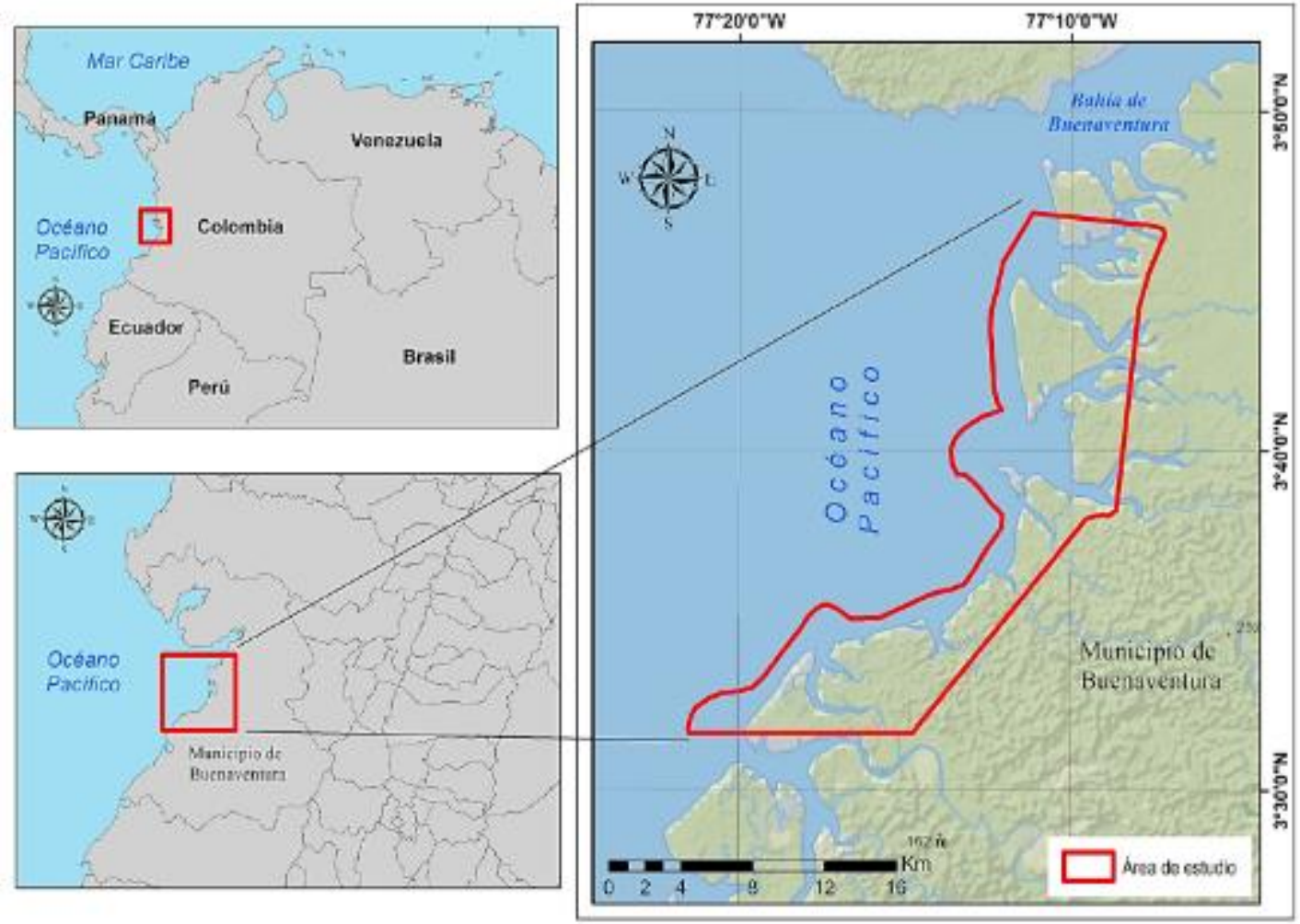
Estudio de caso aplicado en Colombia.

Área de estudio

- Municipio de Buenaventura desde el sector de “punta soldado” hasta “Punta bonita”.

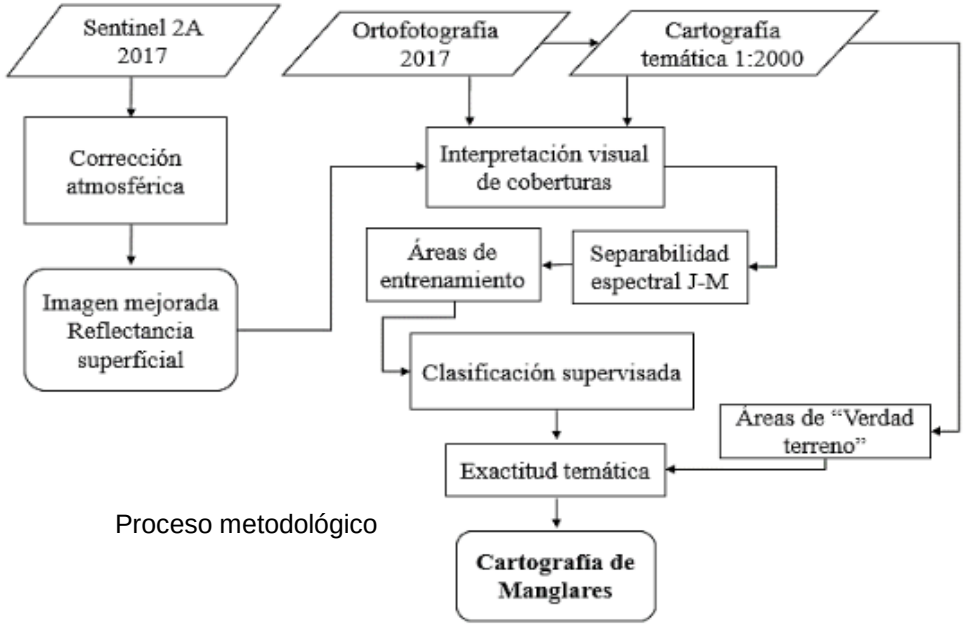
Área de 12.267,55 ha.

- Bosque muy húmedo Tropical (bmh-T), presentan temperaturas superiores a los 24°C y precipitaciones superiores a los 3.000mm/año.



Localización del área de estudio.

Materiales y métodos.



Proceso metodológico

Atributo	Sentinel 2	Ortofotografía
Fecha de captura	05/08/2017	2017
Granulo	18NTK	
% Nubes	46,76	0%
Tamaño de pixel (m)	10 (RGB) 20 (IRC)	0,15
Bandas utilizadas	Banda 2-Azul: 490 nm Banda 3-Verde: 560 nm Banda 4-Roja: 665 nm Banda 8A-IRC: 865 nm	RGB
Ángulo Zenital	26,07°	-
Sistema de coordenadas	WGS/UTM18N	

Características técnicas SR

Inagen Sentinel 2 Falso color **(8A Red edge)**

Software: QGIS 2.18
SCP plugin

Interpretación visual de coberturas

Cobertura	Representación visual. Escala: 1:2.500
Manglares	
Otra vegetación	
Suelo desnudo/ Construcción	
Agua/ Humedales	

Copernicus Satellite Data in Chile and Latin America
From applications to networking

Separabilidad espectral

80 regiones de interés para determinar la **firma espectral** y **la separabilidad** (ROI por sus siglas en inglés) (20 por cobertura) distribuidas a lo largo del área de estudio.

Valor	Separabilidad Espectral
< 1,5	Baja
1,5 – 1,9	Buena
> 1,9	Muy buena

➢ Áreas de entrenamiento

40 ROI de entrenamiento en la imagen (10 por cobertura) distribuidas al azar a lo largo del área de estudio.

Maxima versoimilitud (Maximum Likelihood)
Basada en píxeles.

Cobertura	IdentificaciónVisual	ID de Coberturas	N° de Pixeles de enteramiento	Representatividad (ha)
Vegetación	Manglar	1	4820	48,2
	Otra vegetación	2	1866	18,66
Suelo desnudo/ Construcción	Suelo desnudo	3	642	6,42
Agua/Humedal	Agua	4	1820	18,2
Sin información	Nubes o sombras	5	-	-
Total			9.148	91,48

Representatividad de áreas de entrenamiento

Exactitud temática

Muestreo estratificado al azar de 120 puntos “verdad terreno” identificados en las ortofotos y cartografía a escala 1:2000. (matriz de confusión).

Manglar = 50
Otra vegetación = 50
Suelo desnudo/Construcción = 10
Agua/Humedales = 10

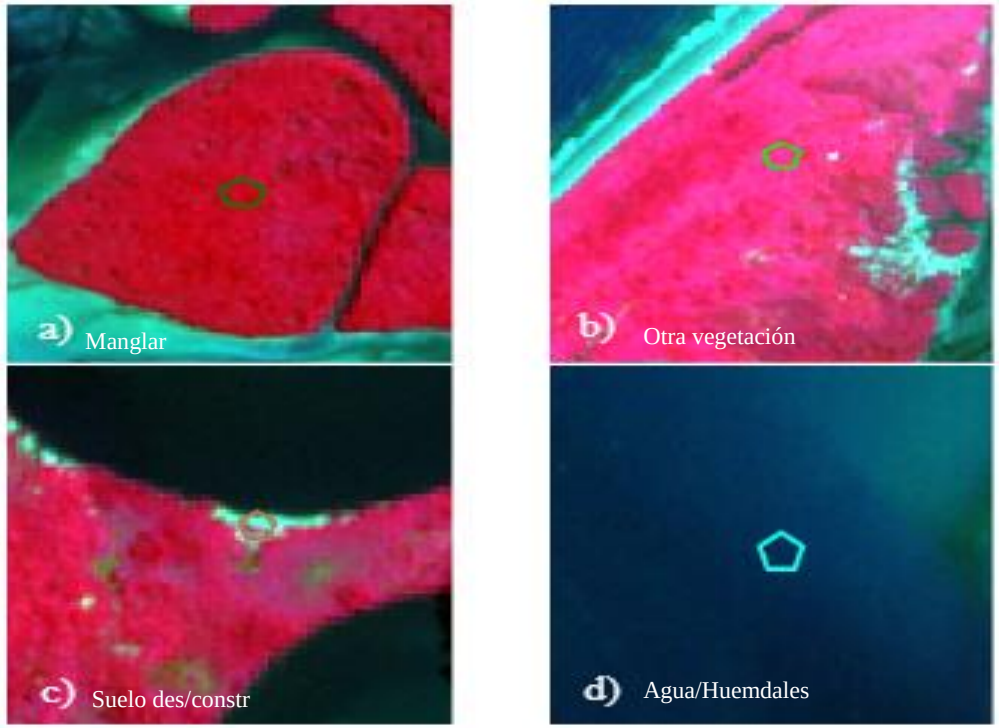
- Índice de Kappa – concordancia

Valor Kappa	Concordancia
0	Nula
0,01-0,20	Leve
0,21-0,40	Aceptable
0,41-0,60	Moderada
0,61-0,80	Considerable
0,81-1,00	Casi perfecta.

Fuente: Landis y Koch (1977).

Unidad mínima cartografiable (UMC) de 1 ha para obtener cartografía a escala 1.25000 (Priego et al., 2010)

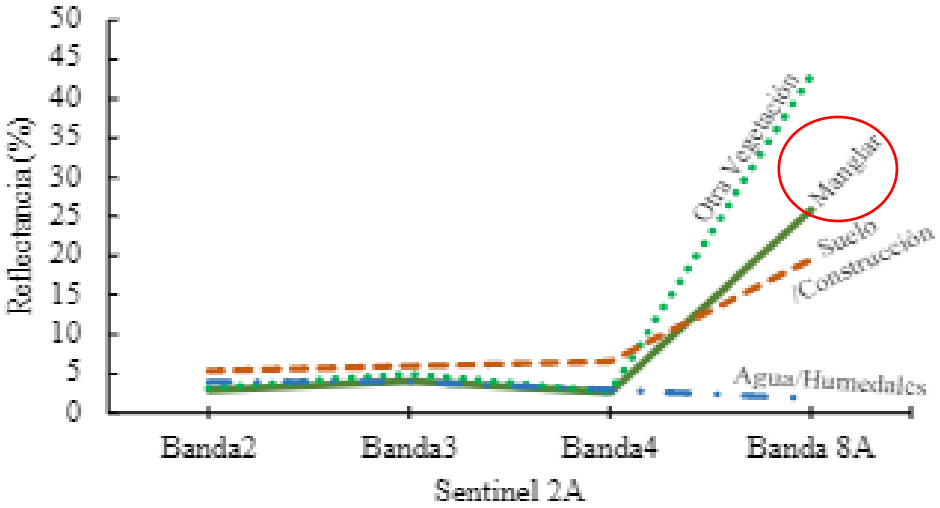
Resultados.



Valores de firma espectral

Cobertura	Firma espectral promedio
Manglar	25,85%
Otra vegetación	42,97%
Suelo desnudo/ construcción	19,52%
Agua/ humedales	3,90%

Firma espectral



Separabilidad espectral

Cobertura	Manglar	Otra veg.	Suelo desnudo/ Construcción	Agua/ Humed.
Manglar	-	1,99	2,0	2,0
Otra vegetación	1,99	-	2,0	2,0
Suelo desnudo/ Construcción	2,0	2,0	-	2,0
Agua/ Humedales	2,0	2,0	2,0	-

Clasificación supervisada

Ocupación de las diferentes coberturas

Cobertura	Área (ha)	Ocupación (%)
Manglar	7.264,21	59,21
Otra vegetación	4.543,32	37,04
Suelo desnudo/ Construcción	361,08	2,94
Agua/Humedales	9,52	0,08
Sin información	89,42	0,73
Total	12.267,55	100

Evaluación de exactitud temática

Matriz de confusión

Clasificación		Verdad terreno						
	Cobertura	Manglar	Otra vegetación	Suelo desnudo/ Construcción	Agua/ Humedales	Total	E_u (%)	E_{co} (%)
	Manglar	**44**	11	3	0	**58**	75,86	24,14
	Otra vegetación	4	**35**	0	0	**39**	89,74	10,26
	Suelo desnudo/ Construcción	2	4	**7**	0	**13**	53,85	46,15
	Agua/Humedales	0	0	0	10	**10**	100	0
	Total	**50**	**50**	**10**	**10**	**120**		
E_p (%)		88	70	60	100			
E_{om} (%)		12	30	40	0			
Exactitud global (%)				**80**				
Índice de Kappa				**0,70**				

Donde E_u = Exactitud del usuario, E_{co} = Error por comisión, E_p = Exactitud del productor y E_{om} = Error por omisión.

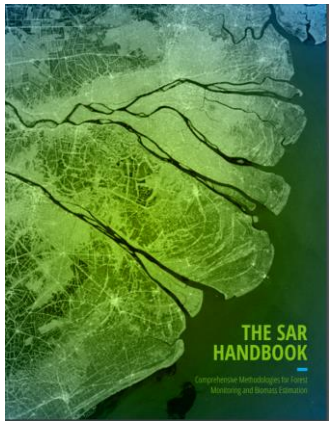
Cartografía de manglares 1:25000

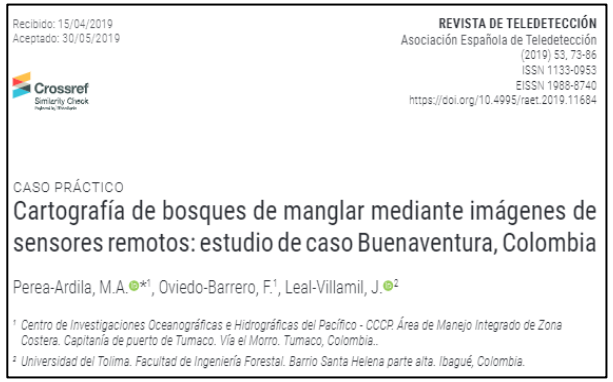
Copernicus Satellite Data in Chile and Latin America
From applications to networking

Lecciones aprendidas.

- ✓ Antecedente metodológico para el mapeo de bosques de manglar en el Pacífico colombiano.
- ✓ Uso de sensores remotos ópticos de mediana resolución espacial (Sentinel 2A) y técnicas de teledetección para el monitoreo de manglares a escala 1:25000.
- ✓ Aporte al manejo de integrado de zona costera y la producción científica marina.

Lecturas recomendadas





Recibido: 15/04/2019
Aceptado: 30/05/2019

REVISTA DE TELEDETECCIÓN
Asociación Española de Teledetección
(2019) 53, 73-86
ISSN 1133-0953
EISSN 1988-8740
https://doi.org/10.4995/raet.2019.11684

CASO PRÁCTICO

Cartografía de bosques de manglar mediante imágenes de sensores remotos: estudio de caso Buenaventura, Colombia

Perea-Ardila, M.A.*[1], Oviedo-Barrero, F.[1], Leal-Villamil, J.[2]

[1] Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico - CCCP. Área de Manejo Integrado de Zona Costera. Capitanía de puerto de Tumaco. Vía el Morro. Tumaco, Colombia..

[2] Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Barrio Santa Helena parte alta. Ibagué, Colombia.

https://polipapers.upv.es/index.php/raet/article/view/11684

IA GRANJA: REVISTA DE CIENCIAS DE LA VIDA
pISSN:1390-3799; eISSN:1390-8596
http://doi.org/10.17163/lgr.n34.2021.02

Edición Especial/ Special Issue
CIENCIAS GEOESPACIALES

CARACTERIZACIÓN ESPECTRAL Y MONITOREO DE BOSQUES DE MANGLAR CON TELEDETECCIÓN EN EL LITORAL PACÍFICO COLOMBIANO: BAJO BAUDÓ, CHOCÓ

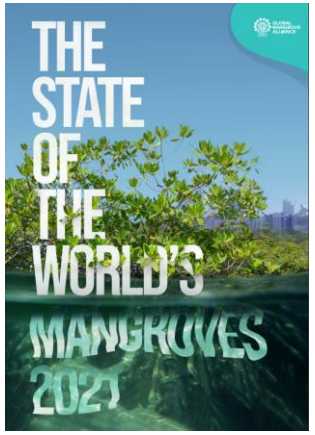
SPECTRAL CHARACTERIZATION AND MONITORING OF MANGROVE FORESTS WITH REMOTE SENSING IN THE COLOMBIAN PACIFIC COAST: BAJO BAUDÓ, CHOCÓ

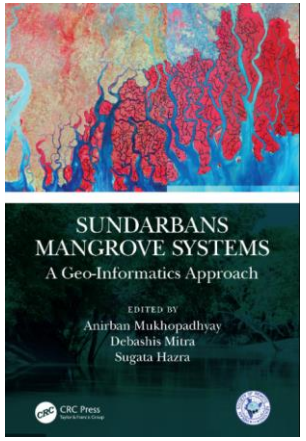
Mauricio Alejandro Perea-Ardila*[1], Julian Leal-Villamil[2] y Fernando Oviedo-Barrero[1]

[1] Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico-CCCP, Área de Manejo Integrado de Zona Costera, Capitanía de puerto de Tumaco, Tumaco, Colombia.
[2] Grupo Interdisciplinario de Investigación en Fruticultura Tropical. Universidad del Tolima, Barrio Santa Helena parte alta, Ibagué, Colombia.

*Autor para correspondencia: mapereaa@ut.edu.co

Aporte a los ODS





Oportunidades de investigación con imágenes Sentinel en Colombia.

Titulares de periódicos En Colombia

Bosques y manglar en San Andrés sufren "dramática la pérdida" tras ser impactados por Iota

El 90% de los bosques y el 70% del manglar desapareció en Providencia por el paso del huracán Iota, reportó el Instituto Humboldt.

En Colombia están los manglares más altos y conservados de América

Apple se asocia con comunidades colombianas para proteger los manglares del Caribe

En Cartagena capturan depredador del manglar que rellenaba y vendía

REPÚBLICA DE COLOMBIA

Libertad y Orden

MINISTERIO DE AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE

RESOLUCIÓN No. 1263

(11 JUL 2018)

"Por medio de la cual se actualizan las medidas para garantizar la sostenibilidad y la gestión integral de los ecosistemas de manglar, y se toman otras determinaciones"

Autoridades ambientales regionales y de desarrollo sostenible también establecimientos públicos ambientales encargados de la gestión integral en Colombia.

Artículo 17. Monitoreo del manglar. Las Corporaciones Autónomas Regionales con jurisdicción en áreas de manglar serán las encargadas de realizar el monitoreo del ecosistema de manglar.

Artículo 19. Del sistema de información para la gestión del manglar en Colombia – Sigma. El sistema para administrar, gestionar y custodiar la información generada en el marco del monitoreo del manglar corresponde al "*Sistema de Información para la Gestión de los Manglares en Colombia – SIGMA*".

Tabla 2. Aspectos para tener en cuenta en la generación de mapas temáticos para los ecosistemas de manglar

Aspectos de interés	Región		
	Manglares Insulares	Manglares del Caribe	Manglares del Pacífico
Escala mínima de producción	1:5.000	1:25.000	1:50.000
Escala mínima interpretación en pantalla	1:1.250	1:6.250	1:12.500
Unidad mínima cartografiable (en hectáreas)	0,0625	1,5625	6,25

Referencias.

Ministerio de Defensa Nacional

Dirección General Marítima
Autoridad Marítima Colombiana

Deltares. 2014. Habitat requirements for mangroves. Available at: https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN/Building+Block+ +Habitat+requirements+for +mangroves

Giri, C. , Ochieng, E. , Tieszen, L. L., Zhu, Z. , Singh, A. , Loveland, T. , Masek, J. and Duke, N. (2011), Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. Global Ecology and Biogeography, 20: 154-159. doi:10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x

Hutchison, J., Manica, A., Swetnam, R., Balmford, A., & Spalding, M. (2014). Predicting global patterns in mangrove forest biomass. Conservation Letters, 7(3), 233–240. https://doi.org/10.1111/conl.12060

INVEMAR, 2020. Informe del estado de los ambientes y recursos marinos y costeros en Colombia, 2019. Serie de Publicaciones Periódicas No. 3. Santa Marta. 200 p.

Landis, J., & Koch, G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics, (33), 159–174.

Mejía-Rentería, J. C., Castellanos-Galindo, G. A., Cantera-Kintz, J. R., & Hamilton, S. E. (2018). A comparison of Colombian Pacific mangrove extent estimations: Implications for the conservation of a unique Neotropical tidal forest. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 233–240. https://doi.org/10.1016/j.ecss.2018.07.020

NOAA. (2014). Oil Spills in Mangroves. PLANNING & RESPONSE CONSIDERATIONS. 2014. Retrieved from https://response.restoration.noaa.gov/sites/default/files/Oil_Spill_Mangrove.pdf

Priego, Á., Bocco, G., Mendoza, M., & Garrido, A. (2010). Propuesta para la generación semiatomatizada de unidades de paisaje. Morelia: Serie Planeación Territorial. Centro de Investigaciones en Geografía Ambiental Universidad Nacional Autónoma de México.

Younes-Cárdenas, N., Joyce, K. E., & Maier, S. W. (2017). Monitoring mangrove forests: Are we taking full advantage of technology? International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 63, 1–14. https://doi.org/10.1016/j.jag.2017.07.004

Wang, L., Jia, M., Yin, D., & Tian, J. (2019). A review of remote sensing for mangrove forests : 1956 – 2018. Remote Sensing of Environment, 231, 1–15. https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111223

GRACIAS.

*Dirección General Marítima - Centro de Investigaciones Oceanográficas e Hidrográficas del Pacífico - CCCP. Área de Manejo Integrado de Zona Costera.
Tumaco – Colombia.
2021.

mapereaa@ut.edu.co mperea@dimar.mil.co

Fuente foto: https://www.conservation.org/stories/critical-investment-in-blue-carbon

Copernicus Satellite Data in Chile and Latin America
From applications to networking