UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA TIERRA

CARRERA DE INGENIERÍA FORESTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS DEL SECUESTRO DE CARBONO A TRAVÉS DE CAMBIOS DE COBERTURA VEGETAL UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN GEOGRÁFICA EN EL MANGLAR ESTUARIO RÍO ESMERALDAS

AUTOR(ES):

Domenica Nicole Andrade Medina
Alison Nohely Barrera Tapia

DOCENTE - TUTOR:

Edgar Rubén Chicaiza Reisancho

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

Análisis del secuestro de carbono a través de cambios de cobertura vegetal utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica en el manglar Estuario Río Esmeraldas

Domenica Nicole Andrade Medina
for2017003@uea.edu.ec

Alison Nohely Barrera Tapia
for2017010@uea.edu.ec

Edgar Rubén Chicaiza Reisancho, M.Sc[1]
echicaiza@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Tierra, Carrera de Ingeniería Forestal

Resumen

La siguiente investigación se basó en el estudio y la evaluación de la eficiencia del manglar para secuestro de carbono en función a los cambios de cobertura vegetal, puesto que el manglar es considerado un valioso sumidero de carbono, almacenando tres veces más cantidad que los ecosistemas terrestres, dentro de este trabajo fueron utilizados los Sistemas de Información Geográfica (SIG) en la zona de estudio denominada "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas", los datos a estudiar parten desde el año 2008 al 2021. Se seleccionó y corrigió imágenes Landsat de los años antes citados por medio de la combinación de bandas espectrales se detectó cambios en la vegetación y se clasificó cada cobertura y uso de suelo. Para estimar el carbono almacenado se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) en 12 puntos de muestreo, y con estos valores se empleó la fórmula para el carbono aéreo en manglar. El manglar incrementó en un 13% desde el 2008 al 2021, y capturó mayor cantidad de carbono entre los años 2008-2015, el año que alcanzó valores más altos fue en 2015 almacenando 6780.34 ton*ha^{-1}. Además, se evidenció como pastizales, camaroneras y otro tipo de coberturas han ido disminuyendo con el tiempo. A partir de los hallazgos, las alteraciones en la cobertura del manglar influyen en su potencial de capturar carbono, cumpliendo el objetivo propuesto de la investigación que revela la importancia de

monitorear el bosque de manglar utilizando las herramientas (SIG) Sistemas de Información Geográfica.

***Palabras Clave**:* manglar, landsat, carbono, estuario.

Abstract

The following research was ground on the study and evaluation of mangrove efficiency for carbon sequestration, depending on covered vegetation changes, since the mangrove is considered a valuable carbon source, storing three times more than terrestrial ecosystems, within this work the Geographic Information Systems (GIS) were used in the study area called "Mangrove Wildlife Refuge Estuario Rio Esmeraldas ", the data started to be collected from 2008 to 2021. Landsat images from the aforementioned years were selected and corrected through the combination of spectral bands, changes in vegetation were detected and each land cover and use was classified. To estimate the carbon stored, the Normalized Difference Vegetation Index (NIDV) was calculated at 12 points of sampling, and with these values, the formula for aerial carbon in mangroves was used. The mangrove increased by thirteen percent from 2008 to 2021, and captured more carbon between the years 2008-2015, the year that reached higher values was in 2015 storing 6780.34 tons * ha-1. In addition, it was evidenced that pastures, shrimp farms, and other types of covers have been decreasing over time. From the findings, alterations in mangrove cover influence its potential to capture carbon, fulfilling the proposed objective of the research that reveals the importance of monitoring the mangrove forest using Geographic Information Systems tools (GIS).

***Keywords**:* mangrove, landsat, carbon, estuario.

1. INTRODUCCIÓN

Los manglares son un tipo de ecosistemas costeros y húmedos muy representativo de zonas tropicales y subtropicales, sobre todo de regiones pantanosas e inundadas. Son ecosistemas muy ricos en cuanto a biodiversidad, que surgen del estrecho contacto entre el ambiente terrestre y el marítimo (Sánchez, 2019). Los bosques de manglar en Ecuador se encuentran a lo largo del perfil costanero en las provincias de Esmeraldas, Manabí, Guayas, Santa Elena y El Oro. “En todo el país existen 41 unidades de manglar,

actualmente nueve de estas unidades forman parte del PANE (Patrimonio de Áreas Naturales del Estado)" (Erazo, 2014, p.6).

La provincia de Esmeraldas alberga los manglares más grandes del país de gran importancia ecológica y social. Al ser una provincia con un nivel de pobreza de más del 60%, impulsa a las comunidades que habitan en estas zonas a subsistir de los recursos que ofrece este ecosistema, convirtiéndolo en un importante factor en la economía comunal. El "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas" (RVS-MERE) es un área protegida de alto valor ecológico, económico y social por sus servicios ecosistémicos, siendo sus principales beneficiarios las comunidades que habitan en las inmediaciones del manglar. "En la zona de estudio existen tres especies de manglar que son: mangle rojo (*Rhizophora hariisonii*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle negro (*Avicennia germinans*)" (Ministerio del Ambiente, 2015b). Otra característica del manglar es que este es capaz de capturar y almacenar el carbono dos o tres veces más que otros ecosistemas, esto quiere decir que al momento de talar este ecosistema el carbono es liberado (Velázquez *et al*., 2019). La constante migración poblacional hacia el RVS-MERE ha provocado una presión descontrolada en los límites de la zona de amortiguamiento del Área Protegida, repercutiendo en el equilibrio natural del bosque de manglar (Batioja, 2017). Y lo que consecuentemente ha suscitado a la pérdida paulatina de la cobertura de manglar, produciendo cambios en el uso de suelo a lo largo de los años.

En 1969 existió 203 969 hectáreas de manglares en nuestro territorio y luego de 37 años se redujeron a 148 230 ha en 2006 (El Universo, 2020). La última cifra oficial que se dio a conocer es 161. 835, 03 hectáreas, por lo que en comparación con las hectáreas de anteriores años estos ecosistemas se recuperan paso a paso. Las principales causas de la deforestación, la expansión urbana y las camaroneras.

El carbono es el elemento más abundante en la corteza terrestre y principal componente del ciclo del carbono (Santías, 2020). Dada la relevancia del bosque de manglar como regulador del clima y su capacidad de secuestrar carbono, permite mitigar el efecto invernadero por medio de la vegetación que absorbe el carbono atmosférico. Así que, cuando algún bosque o manglar es alterado por el ser humano, provoca que el carbono se acumule y el nivel de este elemento no disminuye del ecosistema.

Por consiguiente, a pesar de la importancia ecológica y económica que proporciona el manglar es bastante considerable la disminución de la cobertura vegetal, producto de actividades antropogénicas que producen severas consecuencias al disminuir los servicios ecosistémicos como es la capacidad de secuestrar carbono atmosférico. Existen escasos estudios efectuados en el "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas" sobre la influencia de los cambios de cobertura del manglar en la capacidad de secuestrar carbono, ante esto la comunidad reconoce ampliamente la necesidad de generar información local que sea relevante, actualizada y que se ajuste a los impactos del cambio climático.

Por lo expuesto anteriormente, la finalidad de esta investigación es evaluar la eficiencia del secuestro de carbono, a través de la estimación de los cambios de cobertura vegetal y del uso de suelo, utilizando herramientas de Sistemas de Información Geográfica en el manglar del Estuario Río Esmeraldas desde el 2006 al 2021.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

El siguiente trabajo investigativo fue desarrollado en el manglar del "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas" (figura 1), este sitio está ubicado entre la ciudad del mismo nombre y la parroquia de Tachina, el mismo cuenta con una extensión de 242 hectáreas y su posición geográfica responde a las coordenadas 650667.00E, 108063.00N UTM. La zona de estudio comprende específicamente una población de manglares situados en la desembocadura del río Esmeraldas, también cuenta con una zona aledaña con matorral seco.

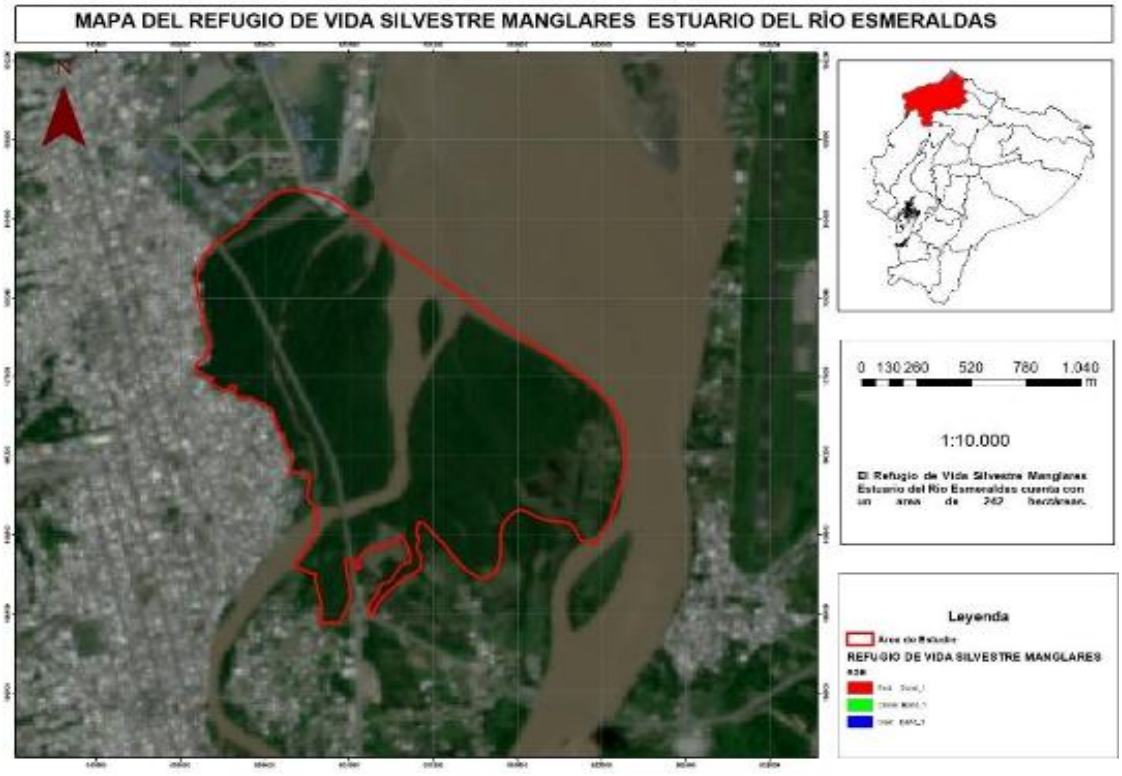

Figura 1. Mapa del área de estudio.

Créditos: Doménica Andrade y Alison Barrera.

El tipo de investigación desarrollada mantiene una concepción descriptivo-analítica, ya que mediante el uso de herramientas SIG (Sistemas de información geográfica) se verificó y analizó los cambios de la cobertura vegetal que han existido desde el año 2008 hasta el 2021, y cómo es su influencia en la capacidad de secuestrar carbono en el "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas". El método de investigación es exploratorio-documental respaldado principalmente en documentos digitales sustentados en bases de datos de la cobertura del manglar y permitiendo analizar imágenes satelitales para su posterior creación de mapas de los cambios producidos en la cobertura de manglar.

Recolección de datos

Herramientas y aplicativos para el método ArcGIS.

Se obtuvo las imágenes satelitales de dos lugares distintos: la página del USGS (Servicio Geológico de los Estados Unidos) y la página Land Viewer, se consideró que las imágenes del área de estudio posean un bajo porcentaje de nubosidad y sombras, se recopiló

imágenes Landsat 7 y 8 desde el año 2008 al 2021 para su posterior procesamiento y evaluación. Para tener mayor facilidad al momento de clasificar estas imágenes se realizó su búsqueda en periodos de tiempo de 5 y 4 años: 2008-2012, 2013-2017 y 2018-2021.

Análisis de Datos.

Análisis y corrección de imágenes Landsat del "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas".

En esta fase de procesamiento de las imágenes obtenidas, se empleó el software ArcGIS 10.5, dentro del programa se georreferenció las imágenes utilizando la proyección cartográfica Universal Transversal de Mercator (Zona 17 Sur) y se realizó las correcciones de las imágenes con la herramienta *Fix Landsat 7 Scanline* para Landast 7 debido a que estas imágenes presentaron un error, y para mejorar la resolución de las imágenes de Landsat 7 y 8 se empleó la herramienta *Image Analysis*.

Clasificación y procesamiento de imágenes

La clasificación de las imágenes se ejecutó en el software ArcGIS 10.5, manipulando 5 imágenes por cada periodo de años. Se las clasificó luego de ser corregidas, seleccionando las imágenes que tengan una mejor resolución, sin nubosidad y sin interferencia. Es importante tomar en cuenta que el área de estudio debe estar despejada es decir sin nada sobre ella.

Identificación de la vegetación del "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas".

Por medio del software ArcGIS 10.5 se observó los distintos usos del suelo, en esta parte se utilizó distintas combinaciones de bandas citadas en la tabla 1 y permitió visualizar de forma óptima la cobertura del manglar.

Tabla 1

Combinación de Bandas

Combinación de Bandas		
	Landsat 7	Landsat 8
Color natural	B3, B2, B1	B4, B3, B2
Infrarrojo	B4, B3, B2	B5, B4, B3
Tierra/Agua	B4, B5, B3	B5, B6, B4
Vegetación saludable	B4, B5, B1	B5, B6, B2
Falso Color	B7, B5, B3	B7, B6, B4

Fuente: Lande viwer

Detección de cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo

Para detectar los cambios a través del tiempo en la cobertura vegetal del manglar, se clasificó y analizó las diferentes imágenes multitemporales en ArcGIS del 2008 al 2021. Para lograr esto se empleó la combinación de bandas anteriormente mencionadas, posteriormente se delimitó cada área de uso de suelo por medio de la herramienta *Feature to Polygon*, se lo puso a funcionar con la herramienta *Editor* a través de la cual se definieron las clases de coberturas y se determinaron sus extensiones.

Elaboración de la secuencia de cambios ocurridos creando mapas temáticos

Una vez obtenida las imágenes clasificadas y detectados los cambios de cobertura, se procedió a diseñar los mapas en ArcGIS, estos mostraron cómo el uso del suelo y la vegetación del área ha variado en los periodos de tiempo analizado.

Determinar la captura de carbono a través de proyecciones por área de cobertura.

Para determinar la cantidad de carbono en el área de estudio, primero se calculó el Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI) por medio de imágenes satelitales empleando las bandas 4 y 3 para Landsat 7 y las bandas 4 y 5 para Landsat 8. Posteriormente, se procedió a ubicar 12 parcelas de 1000 m^2 escogidas completamente al azar dentro del área de estudio en Google Earth y se transfirió las coordenadas a ArcGIS

expuestas en la tabla 2. Después se realizó la extracción de los valores del NDVI de cada parcela con la herramienta *Extract Values to Points*.

Tabla 2

Coordenadas de las Parcelas en el Área del Refugio.

	Coordenadas	
	X	Y
Parcela 1	650430	108453
Parcela 2	650465	108257
Parcela 3	650205	108005
Parcela 4	650639	108081
Parcela 5	650552	107939
Parcela 6	650711	107620
Parcela 7	650932	107955
Parcela 8	651265	107424
Parcela 9	651513	107613
Parcela 10	650727	106549
Parcela 11	651177	107877
Parcela 12	650494	107408

Elaborado por Andrade & Barrera

A continuación, con los valores obtenidos se calculó la captura de carbono por parcela con la fórmula propuesta por el Panel Intergubernamental contra el Cambio Climático (Fourqurean et al., 2018):

$$C = Bt * 0,5$$

C = Carbono Almacenado ton*ha-1

Bt = Biomasa o NDVI ton*ha-1

Factor de conversión de carbono para manglar (0.5)

Para determinar el carbono total de todo el "Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas" se procedió a la aplicación de la fórmula citada donde los valores obtenidos de anteriores mediciones corresponden a un grupo control en base al mismo se

procede a desarrollar multiplicando el área del refugio en metro cuadrado por la sumatoria del carbono capturado en las parcelas y dividido por 1000 m^2.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Detección de cambios en la cobertura vegetal y uso del suelo

Tabla 3

Valores Obtenidos de la Extensión de Manglares Expresados en Hectáreas.

Años / Áreas	2008	2015	2021
Manglar	130,72	156,74	162,53
Agua	61,11	47,96	50,16
Sedimento	0,8	1,37	2,69
Pastizal	38,56	24,84	21,46
Camaronera	11,68	1,58	1,82
Infraestructura	0,54	4,09	2,88
Vía	0	7,04	7,04

Elaborado por Andrade & Barrera

La tabla 3 permite observar cómo la extensión del uso de suelo del área de estudio ha venido cambiando con el paso del tiempo, en el 2008 la cobertura vegetal varió sustancialmente en comparación con el año 2021 mostrando un aumento del 13% de **manglar**, el nivel del río durante este trabajo presentó variaciones dependiendo la época de captura de la imagen satelital, el pastizal su extensión ha disminuido a lo largo del tiempo debido a que el manglar se va recuperando gracias a la reforestación, así lo demuestra el MAE en 2008 con su declaración de área protegida a este estuario limitando a las camaroneras que el mismo año contaban con una extensión de 11,68 ha y al presente año ha disminuido drásticamente. Bajo resolución ligada a la declaratoria del MAE como Reserva la infraestructura originada por asentamientos humanos inicio una reducción gracias a la reubicación de las familias, finalmente en el 2015 las instancias gubernamentales abrieron una vía en el estuario siendo esta la que más impacto ha causado.

Elaboración de la secuencia de cambios ocurridos creando mapas temáticos

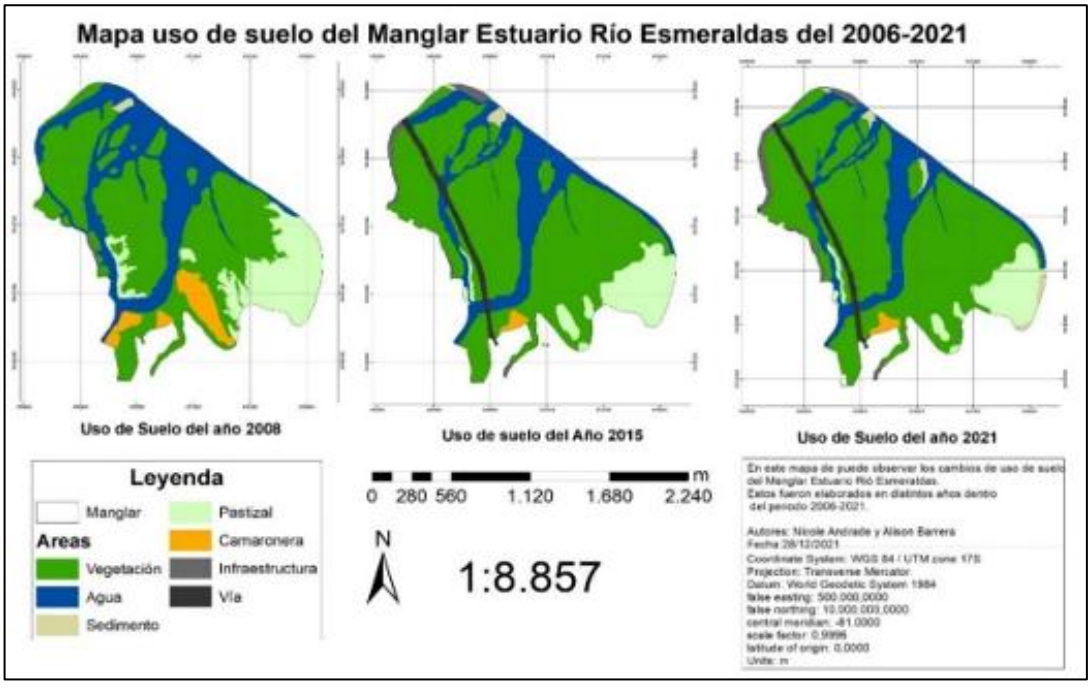

Figura 2. Mapas de los cambios de cobertura en el área de estudio.
Elaborado por Andrade & Barrera

La figura 2 permite observar lo citado en el párrafo anterior además de evidenciar en el mapa como el estuario ha ido cambiando con el paso del tiempo; la vegetación aumentó, las camaroneras disminuyeron, se ven rastros de sedimento que han avanzado a la zona produciendo que la extensión del estuario incremente.

Determinar la captura de carbono a través de proyecciones por área de cobertura.

Tabla 4

*Determinación de Captura de Carbono en ton*ha-1*

Años / Carbono	2008	2015	2021
Carbono por parcelas	1.72	2.79	2.56
Carbono total del área	4173.40	6780.34	6212.17

Elaborado por Andrade & Barrera

En la tabla 4 se puede visualizar que las parcelas en estudio muestran un valor total 1.72 ton*ha-1 de carbono secuestrado al año 2008 donde se inicia la investigación, para el año 2021 se tiene un valor de 2.56 ton*ha-1, pero, el año con más captura corresponde al año 2015 donde se obtiene un valor total de secuestro en todo el estuario de 6780.34 CBT valor que es obtenido al aplicar la fórmula entre las parcelas y el área total. Esto es corroborado por Vera (2020) quien en un estudio anterior concluyo que la cobertura del área en los años 1991 al 2006 indicaban una disminución de –2.4% anualmente esto es debido a las actividades antropogénicas, pero del 2006 al 2018 la superficie del manglar manifiesta un aumento del 1.5% anual debido a que en el 2008 fue declarado como área protegida recuperando 5. 082 hectáreas que se destinaron a pastizales y camaroneras. En referencia a los resultados antes mencionados de carbono almacenado en la biomasa vegetal total del estuario, estos valores difieren, pero también aporta ya que, estamos frente a dos ecosistemas con realidades diferentes con lo reportado por Pita Villamar (2020) en su estudio de captura de carbono en el Área Nacional de Recreación Isla Santay en Guayas donde obtuvo un estimado de 186,503.55 ton*ha-1, siendo una captura considerable en comparación a estudios de estimación de carbono realizados en otras áreas de protección en el país.

Importancia de la vegetación en el secuestro de carbono

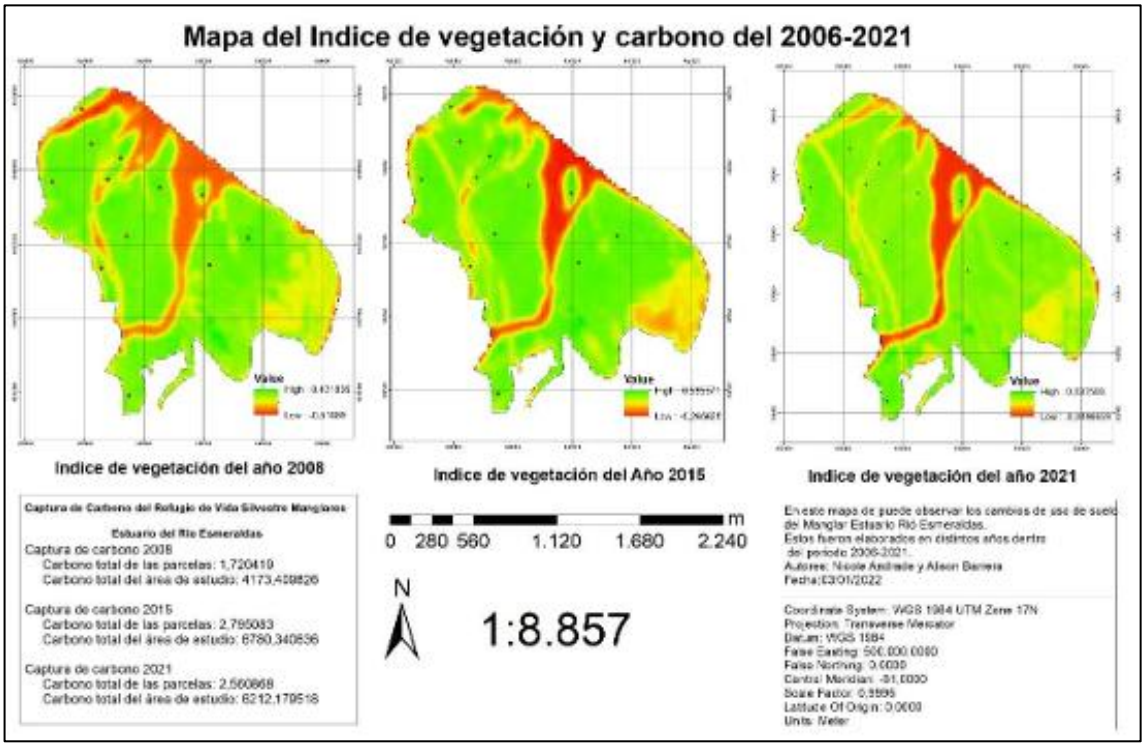

Figura 3. Mapa del índice de vegetación y carbono.

Elaborado por Andrade & Barrera

En la figura 3 se observa las parcelas de medición ubicadas en todo el estuario a la vez que permiten a través de un aplicativo de pago específico para cobertura vegetal en ARCGIS donde permite mediante colorimetría observar los índices de la vegetación por cada año de estudio, partiendo con el muestreo en el 2008 con el índice de 0.431836, para el 2015 el índice vario hasta alcanzar 0.588611 como rango más alto y finalmente en el 2021 reporta el valor de 0.536597 apareciendo una leve disminución. Los resultados de carbono total capturado en el "Refugio de Vida Silvestre Manglares Río Esmeraldas" corresponden a 6212.17 ton de C en 2021, asemejándose con lo expuesto por Bruno Waibel (2019) dijo que el potencial de captura de carbono de la especie *Rhizophora mangle* en el mismo sitio, almacenando un total de 4469.498 ton*ha-1, por lo cual se concuerda con lo expresado por el autor al afirmar que el área debe ser conservada por la importancia ambiental que representa el nivel de esta especie para capturar carbono. También en esta investigación se determina que los manglares son ecosistemas muy importantes debido a que nos dan servicios

ecosistémicos igual que otros hábitats, pero lo que le diferencia de los demás es que estos capturan más carbono. Moreno, Guerrero, Gutiérrez, Ortiz & Palma (2002) afirmaron que, los manglares son la mejor opción entre los humedales costeros para la captura de carbono y reducir el efecto invernadero, finalmente Berlanga & Ruiz (2006) dijo que la disminución de los ecosistemas costeros, cambios en su cobertura y uso del suelo pueden lograr duplicar la carga de sedimentos. Los cambios en la cobertura se dan en su mayoría por el hombre. Además, estos cambios han provocado que las especies de flora y fauna se extinga o estén en peligro por la fragmentación, degradación y destrucción de los hábitats.

4. CONCLUSIONES

- Con ayuda de las imágenes satelitales y SIG se pudo establecer como el uso del suelo y la vegetación dentro del "Refugio de Vida Silvestre Estuario Río Esmeraldas" ha cambiado dentro del periodo de tiempo estudiado. Es notable observar que el área del manglar aumentó su cobertura, ya que a partir del año 2008 este estuario forma parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas generando que la actividad antropogénica disminuya considerablemente.
- La cobertura del manglar en la zona de estudio, en los últimos 13 años presentó cambios en la vegetación, así lo demuestran los resultados obtenidos sobre el contenido de carbono en el área estudiada, mostrando que la cobertura si influye en la capacidad de secuestrar este elemento, esto se puede demostrar, al comparar los datos de la captura de carbono del 2008 hasta el 2021 contabilizando que en este periodo se obtuvo un secuestro de carbono 2.038,77 t.
- En la actualidad con los avances tecnológicos se puede determinar como un área de vegetación ha cambiado con el paso de tiempo, esto es gracias a los sistemas de información geográfica, ya que por medio de imágenes satelitales y data SIG de distintos años se puede comparar los cambios, permitiendo servir como herramienta para monitorear los manglares.

REFERENCIAS

Aguirre, Z. (2014). *El Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Ecuador.* https://zhofreaguirre.files.wordpress.com/2012/03/snap-del-ecuador-2014-za.pdf

Batioja, C. (2017). *Análisis de la gestión administrativa del refugio de vida silvestre manglares estuario Río Esmeraldas, Provincia de Esmeraldas* [Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas]. https://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:ziR0qEsgIAQJ:https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/997/1/BATIOJA%2520CHARCOPA%2520CLARA%2520RAQUEL.pdf+&cd=2&hl=es-419&ct=clnk&gl=ec

Bonifacio Quispe, A. (2016). *Landsat 7*. Scribd. https://es.scribd.com/document/331445453/lansat-7

Bravo, M. (2010). *Interpretación del estudio multitemporal (CLIRSEN 1969-2006) de las coberturas de manglar, camaroneras y áreas salinas en la franja costera de Ecuador continental.* [Tesis de maestría, Universidad de Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/757/1/Interpretaci%c3%b3n%20al%20estudio%20multittemproal.pdf

Bruno, K. E. (2019). *Evaluación del potencial de captura de carbono por la especie (Rhizophora mangle) mediante ecuaciones alométricas en el Refugio de Vida Silvestre Manglares del Estuario Río Esmeraldas.* [Trabajo de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/BRUNO%20WAIBEL%20KEVIN%20ERNESTO.pdf

Carvajal, R., & Santillán, X. (2019). *Plan de Acción Nacional para la Conservación de los Manglares del Ecuador Continental.* https://www.conservation.org/docs/default-source/ecuador-documents/pan-manglares-ecuador.pdf

Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). *Análisis de las oportunidades para la integración del concepto de carbono azul en la política pública mexicana.* (p. 102). Comisión para la Cooperación Ambiental. http://www.cec.org/files/documents/publications/11688-lisis-de-las-oportunidades-para-la-integraci-n-del-concepto-de-carbono-azul-en-es.pdf

Cornejo, X. (2014). *Árboles y Arbustos de los Manglares del Ecuador.* https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=55818#:~:text=Nombres%20vern%C3%A1culos%3A%20mangle%20llor%C3%B3n%2C%20iguanero,germinans.

ECOLAP & MAE. (2007). *Guía del patrimonio de áreas naturales protegidas del Ecuador.* https://www.parks-and-tribes.com/national-parks/introduccion-areas-protegidas-ecuador.pdf

El Universo. (2019). *Ecuador ha perdido el 27 % de sus manglares originales*. El Universo. https://www.eluniverso.com/noticias/2019/11/07/nota/7593128/manglares-tipos-ecuador-donde-se-encuentran-caracteristicas

El Universo. (2020). La pérdida del manglar no se detiene en Ecuador pese a que tiene protección legal. *El Universo*. https://www.eluniverso.com/noticias/2020/07/26/nota/7920081/manglares-ecuador-tala-sanciones

Erazo, A. (2014). *Uso estratégico del mangle para el desarrollo turístico en el cantón San Lorenzo, provincia de Esmeraldas.* [Trabajo de grado, Universidad Central

del Ecuador]. http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/2476/1/T-UCE-0004-16.pdf

Espinoza, M. Á. L., Crespo, G. de la C. R., Junco, O. D., & Hernández, J. G. (2019). Los servicios ecosistémicos en manglares: Beneficios a la resiliencia del ecosistema ante cambios climáticos, a la comunidad y su desarrollo local. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, *2*(2), 120-127. http://remca.umet.edu.ec/index.php/REMCA/article/view/139

FAO. (2020). *Evaluación de los recursos forestales mundiales (FRA) 2020.* FAO. https://www.fao.org/3/cb0102es/cb0102es.pdf

Fourqurean, J., Johnson, B., Kauffman, J. B., Kennedy, H., & Lovelock, C. (2018). *Carbono Azul: Métodos para evaluar las existencias y los factores de emisión de carbono en manglares, marismas y pastos marinos.* https://www.iucn.org/sites/dev/files/spanish_carbonoazul_lr.pdf

GreeLane. (2019). *¿Qué están haciendo los satélites Landsat allí arriba?* GreeLane. https://www.greelane.com/es/humanidades/geograf%C3%ADa/landsat-overview-and-definition-1434623/

Hernández, C., & Silveira, J. (2017). Carbono azul, manglares y política pública. En *Elementos para Políticas Públicas* (1.ª ed., Vol. 1, pp. 43-52). Programa Mexicano del Carbono. https://aprenderly.com/doc/2990721/carbono-azul--manglares-y-politica-p%C3%BAblica

Herrera Silveira, J. A., Camacho Rico, A., Pech, E., Pech, M., Ramírez Ramírez, J., & Teutli Hernández, C. (2016). Dinámica del carbono (almacenes y flujos) en manglares de México. *Terra Latinoamericana*, *34*(1), 61-72. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0187-57792016000100061&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Loveland, T., & Irons, J. (2016). Landsat 8: Los planes, la realidad y el legado. *ScienceDirect*, *185*, 1-6. https://doi.org/10.1016/j.rse.2016.07.033

Martínez, R., Montoya, A., Calderón, M., & Camacho, N. (s. f.). *¿QUÉ ES LA COBERTURA VEGETAL?* Geoinstitutos. http://www.geoinstitutos.com/art_03.asp

Membrado, J. (2015). El lenguaje cartográfico en los mapas temáticos. *Estudios Geográficos*, *76*(278), 177-201. https://doi.org/10.3989/estgeogr.201506

Ministerio del Ambiente. (2015a). *Guía Refugio de Vida Silvestre Estuario del Río Amazonas*. https://files.goraymi.com/2019/03/01/f48a51d32f8cd8a14ba1608583c6778e.pdf

Ministerio del Ambiente. (2015b). *Plan de Manejo del Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas* (p. 65). https://es.scribd.com/document/374490675/PM-Manglares-Estuario-Rio-Esmeraldas-2015

Montesdeoca, M., Lovato, S., & Mite, M. (2018). La gestión y administración en las áreas marinas protegidas del Ecuador: Caso reserva ecológica manglares churute. *Revista Universidad y Sociedad*, *10*(5), 126-139.

Moreno, E., Guerrero, A., Gutiérrez, M. del C., Ortiz, C. A., & Palma, D. J. (2002). Los manglares de Tabasco, una reserva natural de carbono. *Madera y Bosques*, *8*(1), 115-128.

Oses, M. del M. C., Ulloa, A. H., Rodríguez, B. V., & Rodríguez, R. C. (2019). Manglares y sus Servicios Ecosistémicos: Hacia un Desarrollo Sostenible. *Gestión y Ambiente*, *22*(2), 277-290.

Pernía, B., Mero, M., Cornejo, X., & Zambrano, J. (2019). IMPACTOS DE LA CONTAMINACIÓN SOBRE LOS MANGLARES DE ECUADOR. *Manglares de América*, 375-419.

Pita Villamar, R. F. (2020). *Captura de carbono del mangle rojo (Rhizophora mangle) en el Área Nacional de Recreación Isla Santay* [Trabajo de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/PITA%20VILLAMAR%20ROBERTO%20FLAVIO.pdf

Rodríguez, G., Aguirre, G., & Chiriboga, F. (2016). La gestión ambiental empresarial, su función frente a cambios climáticos globales: Camaroneras, caso: manglares de Ecuador. *Revista Universidad y Sociedad*, *8*(3), 43-50.

Rodríguez Hernández, C. (2017). *Existencias de carbono azul y la dinámica histórica de la cobertura del bosque manglar en el área conservación Sipacate Naranjo* [Tesis de Maestría, Centro agronómico tropical de investigación y enseñanza]. https://icc.org.gt/es/existencias-de-carbono-azul-y-la-dinamica-historica-de-la-cobertura-del-bosque-manglar-en-el-area-conservacion-sipacate-naranjo-guatemala-centroamerica/

Rodríguez, J., & Olivella, R. (2009). *Introducción a los sistemas de información geográfica Conceptos y operaciones fundamentales*. http://openaccess.uoc.edu/webapps/o2/bitstream/10609/53645/1/Introducci%C3%B3n%20a%20los%20sistemas%20de%20informaci%C3%B3n%20geogr%C3%A1fica.pdf

Sánchez, G. (2019). *Qué es un manglar y sus características*. ecologiaverde.com. https://www.ecologiaverde.com/que-es-un-manglar-y-sus-caracteristicas-1682.html

Santías, I. (2020). *El ciclo del carbono: Qué es, cómo funciona y su importancia*. ecologiaverde. https://www.ecologiaverde.com/el-ciclo-del-carbono-que-es-como-funciona-y-su-importancia-2999.html

Servicio Geológico Mexicano. (2017). *Sistemas de información geográfica*. Gobierno de México. https://www.sgm.gob.mx/Web/MuseoVirtual/SIG/Introduccion-SIG.html

Velázquez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berny, E. I., Jesús-Navarrete, A. D., Velázquez-Pérez, C., Tovilla-Hernández, C., Romero-Berny, E. I., & Jesús-Navarrete, A. D. (2019). Estructura del manglar y su influencia en el almacén de carbono en la Reserva La Encrucijada, Chiapas, México. *Madera y bosques*, *25*(3). https://doi.org/10.21829/myb.2019.2531885

Vera, J. (2020). *Cuantificación del carbono almacenado en el manglar del acuerdo de uso sustentable y custodia en Puerto Libertad, provincia del Guayas, Ecuador* [Universidad de Guayaquil]. http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/48748

ANEXOS

Manglares en Ecuador

El ecosistema manglar en Ecuador según el Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica comprendía 161 835 hectáreas para julio de 2018, de las cuales 72 523 se encuentra dentro de las áreas protegidas, 68 000 forman parte de varios mecanismos de conservación, y 21 312 hectáreas no estarían protegidas (El Universo, 2019). De acuerdo a proyecciones realizadas por la FAO, en 2020 los manglares abarcan aproximadamente 154.31 ha (FAO, 2020).

Cornejo (2014) menciona que en Ecuador, el manglar se encuentra representado en dos ecosistemas: Manglar del Chocó Ecuatorial (67.68 %) para la zona norte y Manglar del Jama-Zapotillo (16.65%) para la zona sur. La superficie restante se localiza en la provincia de Esmeraldas (14,49%) y Manabí (1,18%) y aunque este último porcentaje es muy bajo, tiene la particularidad de tener representatividad eco sistémica tanto de los Manglares del Chocó como los de Jama Zapotillo por encontrarse en su límite geográfico. Los bosques de mangles en Ecuador están compuestos principalmente por las bien conocidas especies de mangles mayores*: Rhizophora mangle*, *R. racemosa*, *R. x harrisonii*, *Laguncularia racemosa var*. *racemosa*, *L. racemosa var. glabriflora* y *Avicennia germinans*. (págs. 3, 6)

Los manglares son la fuente de vida y de soberanía alimentaria para millones de personas que viven en armonía y constituyen parte de los Pueblos Ancestrales del Ecosistema Manglar del Ecuador. Conforme a la Corporación Coordinadora Nacional para la Defensa del Ecosistema Manglar (2005), inicialmente 533 kilómetros estuvieron bordeados por manglares de un total de 1.229 kilómetros de costa abierta ecuatoriana, y se les considera un pilar vital para los pobladores asentados en El Oro, Guayas, Manabí y Esmeraldas (Rodríguez et al., 2016).

Impacto humano en los manglares del Ecuador

A pesar de su gran importancia ecológica, cultural, social y económica para el desarrollo sostenible de los usuarios, los manglares están expuestos a la presión antropogénica que amenaza su conservación a largo y mediano plazos en el Pacífico Sudeste (Carvajal &

Santillán, 2019). En su estudio sobre cobertura de manglar en la franja costera ecuatoriana, Bravo (2010) explica que los impactos sufridos en el manglar han sido categorizados de dos tipos: Ambientales y Sociales.

Díaz (2011) y Poveda & Avilés (2018), mencionan que los manglares en Ecuador se encuentran afectados por las actividades humanas tales como: i) la tala, para la obtención de madera, la construcción de camaroneras y construcción de viviendas; ii) el desarrollo urbanístico que altera los procesos hidráulicos y geomorfológicos; iii) la sobreexplotación de los recursos con la pesca indiscriminada, que altera la composición, estructura y función del ecosistema; iv) el irrespeto a las vedas de pesca y captura de cangrejos, v) la acuicultura, la cual altera los ecosistemas de manglar para cultivo de camarones o peces introduciendo especies exóticas que pueden desplazar a las nativas; y vi) la contaminación ambiental por aguas servidas, bacterias y virus patógenos, desechos sólidos, desechos agroindustriales, metales pesados y los derrames de hidrocarburos (Pernía et al., 2019).

Áreas Marinas protegidas

El Ministerio de Turismo Ecuatoriano (2007) citado en Montesdeoca, Lovato & Mite (2018) mencionan que: Las áreas marinas protegidas ecuatorianas, son zonas que cuentan con un alto potencial en recursos naturales, proporcionando una serie de bienes y servicios ecológicos, y que son aprovechados para atraer el turismo nacional y extranjero. Las características culturales y el desarrollo socioeconómico constituyen la base de apoyo para promover la sostenibilidad del área, y así mitigar la pobreza, elevar la calidad de la vida humana y fomentar un apoyo positivo a la conservación de las áreas protegidas.

Ecuador posee 16 áreas marinas protegidas, bajo una modalidad de categorías para su conservación, con aproximadamente el 58% de la población del país habita dentro de los 100 km de la costa y depende directamente del ecosistema marino. En estas zonas se desarrollan diversas actividades productivas de extracción y turismo, y existe una clara necesidad de estrategias de desarrollo para el crecimiento económico y social sin comprometer la productividad de los recursos (Montesdeoca, Lovato, & Mite, 2018).

El ecosistema de manglar constituye un bien de uso público y gran parte de él se encuentra

dentro las Áreas Marino Costeras Protegidas (AMCP), del subsistema estatal del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (SNAP), declaradas como tal bajo Acuerdos Ministeriales. Estas forman parte de la Red de AMCP del Ecuador (Red de AMCP) creada mediante Acuerdo Ministerial No. 30 del 17 de mayo del 2017 (Carvajal & Santillán, 2019).

En Ecuador existen 41 unidades de manglar, de las cuales nueve unidades integran el PANE (Patrimonio de Áreas Naturales del Estado). ECOLAP & MAE (2007), señalan como Áreas Protegidas de manglar del país a los siguientes:

- Área Nacional de Recreación Isla Santay.
- Reserva Ecológica Arenillas.
- Reserva Ecológica Manglares Churute.
- Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario del Río Esmeraldas.
- Reserva de Producción Faunística Manglares el Salado.
- Refugio de Vida Silvestre Islas Corazón y Fragatas.
- Reserva Ecológica Manglares Cayapas – Mataje.
- Refugio de Vida Silvestre Manglares el Morro.
- Refugio de Vida Silvestre del Ecosistema Manglar del Estuario Muisne – Cojimíes.

Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas.

El Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas es un Área Protegida que forma parte del Patrimonio de Áreas Naturales del Estado (PANE), y se encuentra bajo la administración de Ministerio del Ambiente en la jurisdicción de la Dirección Provincial de Esmeraldas (Batioja, 2017).

El Refugio de Vida Silvestre Manglares Estuario Río Esmeraldas (RVS-MERE) abarca un área de 242,58 hectáreas, ubicado en la ribera occidental del río Esmeraldas, limita con la parroquia Tachina al oeste, con el puerto pesquero al norte y la Isla Luis Vargas a sur. Según (Ministerio del Ambiente, 2015a), el RVS-MERE se caracteriza por albergar ecosistemas terrestres y marinos costeros con bosques de tierras bajas, manglar y estuarios. Las especias de manglar más abundantes dentro del refugio son: mangle rojo

(*Rhizophora hariisonii*), mangle blanco (*Laguncularia racemosa*) y mangle negro (*Avicennia germinans*) (Batioja, 2017).

Las características físicas y biológicas del RVS-MERE se describen a continuación:

Clima: El clima regional ha sido caracterizado como tropical húmedo y seco con un solo verano predominante. La precipitación en el área de influencia directa del área protegida está en un promedio de 723 mm al año, con una época lluviosa marcada entre enero y mayo. La temperatura del aire es de 25,5°C como promedio anual, con un aproximado de 26°C en el mes de abril y un mínimo de 25°C en el mes de septiembre (Aguirre, 2014).

Tipo de vegetación: Bosque mangle, bajos, espejo de agua de esteros, canales naturales y piscinas camaroneras abandonadas con bosque de manglar en proceso de regeneración natural (Aguirre, 2014).

Flora: Existen otras especies asociadas al ecosistema manglar entre éstas, árboles maderables como el guachapelí, el niguito, entre otros; arbusto como el muyuyo, el piñón, etc. y plantas herbáceas como las Acacias y el *Helecho ranconcha*, cada una de estas forman parte de la flora del refugio (Batioja, 2017).

Fauna: Entre la fauna marina se han registrado varios invertebrados: concha prieta, jaibas y cangrejos. Entre los peces están el pargo y la corvina; entre las aves los pelícanos, las fragatas, los cormoranes y varias especies de garzas. También se han reportado reptiles como la iguana verde y la boa matacaballo (Ministerio del Ambiente, 2015b).

Servicios ecosistémicos de los manglares

Tanner *et al*. (2019), evidencia como los servicios ecosistémicos se producen en sistemas socio-ecológicos complejos e interconectados, distinguiéndose por poseer factores determinantes biofísicos y sociales que interactúan entre sí (Citado en Oses *et al*., 2019).

Entre los principales servicios prestados por el ecosistema de manglar dirigido al aseguramiento alimentario de las comunidades costeras, se pueden contar (Espinoza et al., 2019):

- Protector del litoral costero:

  -Mantenimiento de la red trófica alimentaria que implica aumento de

diversidad biológica y por ende de pesquerías de litoral por presencia de especies que consume el hombre en su dieta alimentaria.

-Contención de la erosión costera y ascensos del nivel medio del mar lo que favorece la protección de la infraestructura habitacional y socioeconómica.

-Productor apícola y usos medicinales.

- Protector de la salud ambiental en cuanto a calidad del aire por captura de carbono atmosférico.
- Protector de terrenos aledaños dedicados a la agricultura de subsistencia:

  -Filtro hidrológico que disminuye la salinidad de los suelos y del agua para uso doméstico y agrícola, entre otros.

  -Mejoría en la calidad del agua en los acuíferos.
- Propicia valores paisajísticos de interés turístico, recreativo, educacional, artesanal, medicinales, entre otros, que pueden ser comercializables o no, pero que contribuyen a mejorar la calidad de vida de las comunidades costeras.

Según (Oses et al., 2019), menciona servicios eco sistémicos del manglar como protección (contra desastres naturales, inundaciones y marejadas ciclónicas, así como aumento del nivel del mar, intrusión salina y erosión), fijación de dióxido de carbono, criaderos de organismos marinos, capturadores de sedimentos, recicladores de nutrientes, además de brindar bienes comerciales como madera, alimentos, medicamentos y otros intangibles a nivel cultural como religiosos, educativos, diseños artísticos, apreciación e inspiración.

Carbono Azul

"El carbono azul es el carbono acumulado en el suelo, la biomasa aérea viviente (hojas, ramas y tallos), la biomasa subterránea viviente (raíces) y la biomasa no viviente (por ejemplo, hojarasca y madera seca) de manglares, marismas y pastos marinos" (Mcleod, 2011, como se citó en Fourqurean et al., 2018, p. 18).

Así la Comisión para la Cooperación Ambiental (2017), señala que las marismas salobres y manglares son ecosistemas con capacidad de capturar de tres a cinco veces más carbono azul que los bosques tropicales. Los ecosistemas costeros actúan de forma diferente a los bosques tropicales, almacenando gran cantidad de carbono en el suelo, y menos en la

vegetación superficial.

Los manglares capturan carbono en forma de CO2, a partir del proceso de fotosíntesis y luego se almacena en estructuras como hojas, ramas, troncos, raíces, así también en sedimentos puede transportarse a otros ecosistemas, con lo cual aporta al funcionamiento y conectividad de un ecosistema a otro (Hernández & Silveira, 2017) .

En su estudio Donato et al. (2011) citado por Hernández y Silveira (2017), explica la importancia del ecosistema manglar y su papel como captador de carbono azul en la comunidad internacional, debido a que estudios realizados en la región del IndoPacífico evidencian que estos ecosistemas almacenan mayores concentraciones de carbono (~1000 Mg C ha-1), en comparación con los bosques boreales (~350 Mg C ha-1), bosques templados (~349 Mg C ha-1) y bosques tropicales (~230 Mg C ha-1).

Importancia de los manglares en el almacenamiento de carbono

"Los manglares son uno de los ecosistemas más productivos de la tierra. Realizan una variedad de funciones ecológicas, biofísicas y socioeconómicas útiles, y son la fuente de una multitud de beneficios para las poblaciones costeras" (Vera, 2020) . Los manglares son ecosistemas costeros muy importantes por los diferentes servicios ecosistemáticos que proveen para el ser humano, entre los cuales destaca, su capacidad para almacenar carbono. El almacén de carbono en los ecosistemas de manglar puede ser hasta tres veces mayor al de los bosques terrestres (Velázquez et al., 2019).

El carbono es el elemento que más se ha visto afectado en su ciclo, los almacenes naturales que existen, así como las velocidades de flujo, se han alterado por actividades humanas. Dando como resultado que la concentración de dióxido de carbono en la atmósfera aumente de gran manera y que tenga un gran efecto en el clima. Actualmente se conoce que una de las principales causas del cambio climático son los gases de efecto invernadero (Hernández & Silveira, 2017).

Los manglares son ecosistemas muy conocidos por sus funciones que son almacenar, transformar, exportar la materia orgánica, y como contribuyen de manera significa a los ciclos biogeoquímicos de los elementos. Los flujos que más se distinguen en estos

hábitats son la caída, descomposición del follaje, exportación e importación de carbono orgánico particulado y disuelto por efecto de la hidrología. Estos ecosistemas son sitios donde se lleva a cabo un intenso procesamiento de materia orgánica, teniendo un gran impacto en el presupuesto global de carbono (Herrera et al., 2016).

Gran parte de la reserva de carbono se encuentra en el subsuelo, los manglares poseen suelos ricos en materia orgánica, permaneciendo almacenada durante varios años. El carbono que se encuentra almacenado en el manglar puede clasificarse como autóctono o alóctono. El C. autóctono se produce y deposita en el mismo lugar como resultado de la fotosíntesis. Gran parte de la biomasa vegetal se asigna a las raíces para que se descomponga lentamente, almacenando el carbono dentro del suelo. El C. alóctono se produce en un lugar y se deposita en otro (Rodríguez Hernández, 2017) .

Mapas de cobertura

Los mapas son representaciones gráficas bidimensionales de un territorio, si pensamos un poco en ello, descubriremos que un mapa no solo son una representación gráfica que permite visualizar determinados conceptos espaciales sino también, un instrumento de almacenamiento y organización de información, por lo cual ayuda a la toma de decisiones. El mapa es una herramienta imprescindible para la geografía. Mediante el cual el geógrafo ilustra sus trabajos de investigación; muestra los riesgos ambientales y urbanísticos (Membrado, 2015) .

La cobertura vegetal se puede definir como una capa de vegetación natural que cubre la superficie de un terreno, comprendiendo una gran variedad de biomasas que tienen diferentes características fisonómicas y ambientales que pueden ser desde pastizales hasta las áreas cubiertas por bosques nativo. También se le considera como coberturas vegetales a las plantaciones o cultivos que el hombre haya creado (Martínez et al., s. f.) .

Con lo expuesto anteriormente se puede establecer que los mapas de cobertura son la representación gráfica de la cobertura vegetal que existe en un territorio determinado con ayuda de imágenes satelitales para tener mayor precisión. Por lo que gracias a estos mapas se puede determinar la cobertura que había en algún lugar y como se ha perdido con el paso de los años por acción del ser humano.

Landsat

Landsat son una serie de satélites civiles que observan la superficie terrestre. El primer Landsat fue lanzado en 1972 y el más reciente es el Landsat-8 fue enviado en 2013. Todos los datos que Landsat nos proporciona son los más utilizados para hacer mapas y monitorear humedales. Todas las misiones de estos satélites llevaron sensores multiespectrales que funcionan desde la fracción visible hasta el NIR del espectro electromagnético. El Landsat 8 se desarrolló con una nueva banda para facilitar las mediciones en aguas marítimas. Es un sensor pasivo que proporciona imágenes tanto ópticas con un tamaño de pixel de 30 m, como térmicas con un tamaño de pixel de 60 m. Las bandas ópticas utilizan distintas combinaciones de estas bandas para detectar el estado de la flora, la variabilidad de estaciones, el índice de área foliar, los cambios en la cobertura, la deforestación y la reforestación (Fourqurean *et al*, 2018) .

Los satélites Landsat orbitan alrededor de la Tierra y constantemente recolectan imágenes de la superficie terrestre con los dispositivos de detección. Desde el comienzo del programa en 1972, las imágenes y los datos están disponibles para todo el mundo. Los datos de Landsat están disponibles de manera gratuita para cualquier persona del planeta. Estas imágenes se utilizan para medir la pérdida de todo tipo de ecosistema, ayuda con la elaboración de mapas, determinar el crecimiento urbano y medir el cambio de población. Todos los satélites que ha sido lanzado a órbita tienen un equipo de teledetección diferente y cada dispositivo registra la radiación de la superficie de la tierra (GreeLane, 2019).

Landsat 7 es el séptimo de los satélites que fueron lanzados por Estados Unidos. Este fue enviado al espacio el 15 de abril de 1999. El objetivo principal de este satélite fue el de actualizar la base de datos de las imágenes del planeta. Landsat 7 fue diseñado para tener una vida útil de 5 años y tiene la capacidad de recolector y transmitir 532 imágenes al día. Se ubica en la órbita Heliosincronica y le permite tener una visión de toda la superficie de la tierra en 15 días. Este sensor es más usado en aplicaciones agrícolas, forestales, uso de suelo, hidrología, recurso costero y en el monitoreo ambiental (Bonifacio Quispe, 2016).

Landsat 8, originalmente conocido como Landsat Data Continuity Mission que continúa con las observaciones iniciadas en 1972, este satélite tuvo su lanzamiento el 11 de febrero de 2013 asegurando la continua observación de la tierra. El acceso a la información se abrió a todos los usuarios. El objetivo de la misión de permitir la detección de los cambios de la tierra y de manera especial los cambios de la vegetación, los resultados muestran que estamos obteniendo más datos con una buena calidad radiométrica y geométrica (Loveland & Irons, 2016).

Sistemas de Información Geográfica (SIG)

El Sistema de Información Geográfica es un software específico que permite al usuario crear consultas interactivas, integrar, analizar y representar de forma eficiente cualquier tipo de información geográfica referenciada a un territorio, conectando mapas con bases de datos. El SIG funciona como una base de datos geográficos que se asocia con objetos existentes en un mapa digital y permiten obtener respuestas a las consultas interactivas de los usuarios, analizando y relacionando diferentes tipos de información con una sola localización geográfica (Servicio Geológico Mexicano, 2017).

Actualmente es muy importante entender como es necesario tener la información y poder localizarla. Los SIG nos permite solucionar algunos problemas geográficos como, por ejemplo: Proporciona información para saber dónde se debe construir nuevos hospitales y clínicas, Facilita información para descubrir nuevas rutas más cortas y económicas para el transporte, Provee datos para las compañías forestales y poder determinar cuál es la mejor manera de gestionar un bosque, se puede crear rutas de extracción de madera poder conocer una zona reforestada (Rodríguez & Olivella, 2009).