



UNIVERSIDAD MILITAR
NUEVA GRANADA

ANÁLISIS DE CAMBIO EN LA LÍNEA DE COSTA EN LA ZONA LITORAL DEL PARQUE NACIONAL NATURAL VÍA ISLA DE SALAMANCA PARA LOS AÑOS 2000, 2013 Y 2020 UTILIZANDO IMÁGENES LANDSAT 7 Y 8

**ANALYSIS OF CHANGE IN THE COASTLINE IN THE LITTORAL
ZONE OF THE VÍA ISLA DE SALAMANCA NATIONAL NATURAL
PARK FOR THE YEARS 2000, 2013 AND 2020 USING LANDSAT 7
AND 8 IMAGES**

Ibeth Milena Davila Martínez
3101513
Ingeniera Sanitaria y Ambiental

Director trabajo de grado:
Bio. Francisco Javier Briceño

**UNIVERSIDAD MILITAR NUEVA GRANADA
ESPECIALIZACIÓN EN GEOMÁTICA
DICIEMBRE DE 2020
BOGOTÁ-COLOMBIA**

Análisis de cambio en la línea de costa en la zona litoral del Parque Nacional Natural Vía Isla de Salamanca para los años 2000, 2013 y 2020 utilizando imágenes LANDSAT 7 y 8

(Debe guardar relación directa con el objetivo del trabajo)

Ibeth Milena Davila Martínez
ibethdavidam@gamil.com
Universidad Militar Nueva Granada

Resumen

A lo largo del tiempo se han venido presentando cambios en la línea de costa principalmente en la región caribe, ocasionando una dinámica litoral a causa de diferentes factores climáticos, geológicos y oceanográficos. El objetivo del estudio es determinar los cambios en la línea de costa en la zona del Parque Nacional Natural Vía Parque Isla de Salamanca, ubicado en la región caribe colombiana. Para ello, se utilizó el método de análisis multitemporal empleando imágenes disponibles de Landsat 7 y 8 para un periodo de tiempo comprendido entre el 2000 y el 2020. Los cuales han evidenciado el resultado del análisis nos muestra las variaciones de la línea costera en la zona del Parque Isla Salamanca, y a la vez las principales afectaciones, sobre el litoral a causa de dichas variaciones. Estos movimientos del litoral han ocasionado cambios que influyen sobre las geoformas costeras modulando la línea de costa y la morfodinámica de las playas.

Índice de Términos: Línea de costa, Erosión, Litoral, Análisis, Transectos

Abstract

Over time there have been changes in the coastline mainly in the Caribbean region, causing a dynamic coastline due to different climatic, geological and oceanographic factors. The objective of the study is to determine the changes in the coastline in the area

of the Parque Nacional Natural Vía Parque Isla de Salamanca, located in the Colombian Caribbean region. For this, the multitemporal analysis method was used using available images from Landsat 7 and 8 for a period of time between 2000 and 2020. Which have shown the result of the analysis shows us the variations of the coastline in the area of the Isla Salamanca Park, and at the same time the main effects on the coast due to these variations. These movements of the coastline have caused changes that influence the coastal geofoms, modulating the coastline and the morphodynamics of the beaches.

Index of Terms: Shoreline, baseline, Erosion, Coast, Analysis, transects

I. INTRODUCCIÓN

La línea de costa colombiana registra desde hace varios años un comportamiento erosivo (insular y continental). En particular, tormentas, mareas extremas y sequías asociadas al Fenómeno de El Niño con una mayor intensidad y frecuencia, así como intervenciones antrópicas sobre la línea de costa, han producido un incremento de la amenaza por erosión costera de 33% para la costa Caribe (Invemar, 2018).

En estudios realizados en el 2018, adelantado en el departamento del Magdalena, se puede observar procesos costeros con erosión moderada a severa con valores de retroceso de hasta 8,68 m/año, evidenciándose la erosión más crítica sobre el

kilómetro 19 tramo de vía que conduce de Barranquilla hacia Santa Marta, registrando valores máximos de -24,75 m/año (Invemar, 2018).

Por otra parte, la línea de costa es la interfase física tierra – agua, es decir, es el borde costero (Doland, Fenster y Holme, 1991). El comportamiento dinámico también puede ser producido por los fuertes vientos, procesos meteorológicos y geológicos.

Acerca de los estudios multitemporales son análisis de tipo espacial realizados mediante la comparación de las coberturas interpretadas en imágenes de satélites, fotografías aéreas o mapas de una misma zona para diferentes periodos de tiempo (Chuvienco, 1990). En este sentido, Gómez, Olarte y Carvajal realizaron un estudio para determinar la tasa de avance/retroceso de la línea de costa de la Isla Manzanillo, partiendo de datos obtenidos por sensores remotos, entre los años 1937 y 2010, logrando resultados que permiten afirmar la evolución en la tasa promedio de erosión y manteniendo una tendencia erosiva debido a factores hidrodinámicos muy influyentes en costa como son los vientos, generando aportes de energía constantes sobre el material no consolidado.

La problemática que centra la investigación es el cambio en la línea de costa en el área del parque vial Isla Salamanca, estas variaciones litorales se encuentran asociadas a diferentes factores climáticos como por ejemplo la presencia de eventos meteorológicos extremos, oceanográficos, geológicos entre otros. Además, la dinámica litoral por la ubicación de la zona del delta del río Magdalena, el cual aporta grandes cantidades de sedimentos provenientes del interior del país, incrementando los depósitos de sedimentos en las áreas de playa.

Con base en lo anterior, en esta investigación se aplicará una metodología de análisis multitemporal donde se hará el uso de imágenes satelitales tipo

LANDSAT 7 y 8 para los años 2000, 2013 y 2020, enfocado en determinar los cambios en la línea de costa en la zona litoral del Parque Vía Isla Salamanca.

Esta investigación está orientada con el fin de determinar el comportamiento de la línea de costa en las diferentes zonas del litoral del Parque Vía Isla de Salamanca, así como, determinar como la erosión costera está afectando la infraestructura existente en el área de estudio.

Así pues, el objetivo de esta investigación es analizar la variabilidad de la línea de costa, en el área del Parque Vía Isla Salamanca, a través de un análisis multitemporal para tres periodos anuales 2000, 2013 y 2020 utilizando imágenes satelitales Landsat 7 y 8 y la herramienta SIG (Sistema de Información Geográfica).

II. OBJETIVOS

Objetivo General

Analizar la variabilidad de la línea de costa en distintas fechas, en el área del Parque Vía Isla Salamanca, a través de un análisis multitemporal entre 2000 y 2020 utilizando imágenes satelitales Landsat 7 y 8.

Objetivos específicos

- Determinar la evolución de la línea de costa calculando datos estadísticos obtenidos mediante la extensión de ArcGIS DSAS (Digital Shore line Analysis System).
- Identificar las zonas con mayores cambios de línea de costa en el litoral del Parque Vía Isla Salamanca durante los años 2000, 2013 y 2020.

III. ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio corresponde a la zona costera del Parque Nacional Natural Vía Isla de Salamanca ubicado en departamento Magdalena, en jurisdicción de los municipios de Pueblo Viejo y Sitionuevo, esta reserva natural tiene un área de 57.555 hectáreas. La zona costera del área de estudio tiene una longitud aproximada de 59 kilómetros que inicia desde la desembocadura del río Magdalena, sitio conocido como bocas de cenizas hasta llegar a la Ciénega Grande de Santa Marta (Ver Figura 1).

El PNN Vía Parque Isla de Salamanca es un área protegida de conservación estricta, la cual hace parte del Sistema de Parques Nacionales Naturales de Colombia, incluido en la lista de Humedales de Importancia Internacional, en el Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénega Grande de Santa Marta. El estudio se centra en la franja litoral localizada dentro del Parque Vía Isla Salamanca, con el fin de identificar las variaciones en la línea de costa para los años comprendidos entre el 2000, 2013 y 2020 [6].

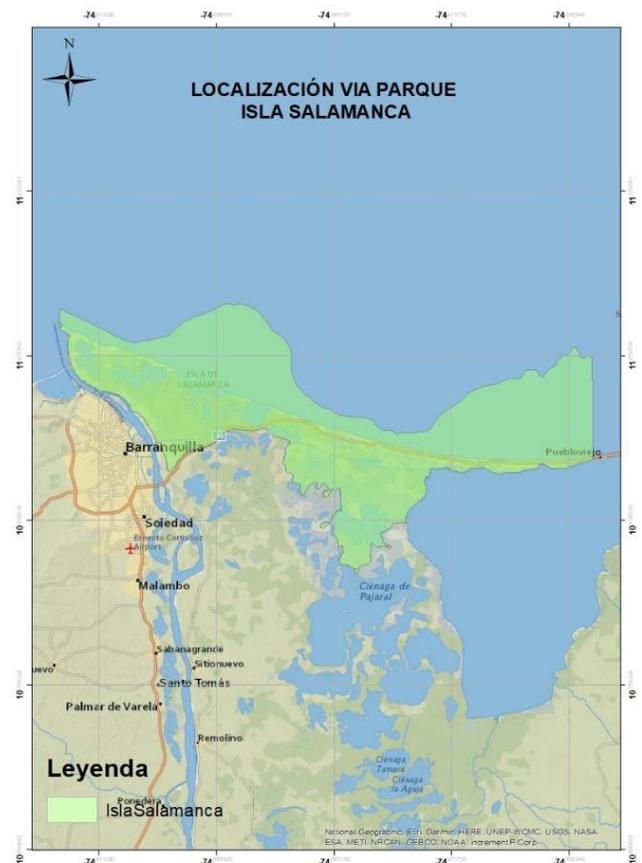


Figura 1. Localización área de estudio

El área de estudio seleccionada se caracteriza por ser una zona con una alta vulnerabilidad ante el fenómeno de la erosión costera en la región norte, lo cual está relacionado a fenómenos geofísicos como la intensidad del oleaje, los fuertes vientos, la geología del terreno entre otros aspectos naturales presentes en la zona [5]

Por otra parte, dentro del área de estudio, se presenta una dinámica erosión costera en la zona denominada kilómetro 19 de la vía que conduce de Barranquilla a Ciénega, donde la tasa de cambio de la línea de costa ha variado a lo largo del tiempo [5].

IV. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de esta investigación se realizó un análisis de tipo comparativo del comportamiento de la línea de costa a través de los años de estudio

comprendido entre 2000, 2013 y 2020, para posteriormente realizar un análisis cuantitativo de los resultados, identificando las zonas de mayor evolución de la erosión costera en el área de estudio (Figura 2).

A través de la utilización de la plataforma USGS Science For a Changing World – Earth Explore (Servicio Geológico de Estados Unidos) se descargaron tres Imágenes de sensores remotos Landsat 7 ETM+C1 Level-1y Landsat 8 OLI/TIRS C1 Level-1, con el fin de analizar la variabilidad de la zona costera. Las imágenes abarcan un periodo de 20 años, los años empleados fueron 2000, 2013 y 2020 [11].

Es importante mencionar que para el año 2000 se tomó una imagen Landsat 7 Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM +) la cual consisten en ocho bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las Bandas 1 a 7 y para la Banda 8 (pancromática) la resolución es de 15 metros. Y para los años 2013 y 2020 se tomaron imágenes Landsat 8 Operational Land Imager (OLI) y Thermal Infrared Sensor (TIRS) la cual constan de nueve bandas espectrales con una resolución espacial de 30 metros para las bandas 1 a 7 y 9. Mientras que las bandas térmicas 10 y 11 son útiles para proporcionar temperaturas de superficie más precisas y se recogen a 100 metros (ver Tabla 1). [11]

Tabla 1. Datos de imágenes satelitales

Sensor	Fecha	Resolución (m)
LANDSAT 8 OLI/TIRS C1 Level-1	2020-09-03	Banda 1-Ultra Azul - 30 Banda 2- Azul -30 Banda 3 Verde - 30 Banda 4- Rojo 30 m Banda 5 - NIR 30 m Banda 6 – Shortwave Infrared (SWIR) 1 – 30 Banda 7 – Shortwave Infrared (SWIR) 2 – 30 Banda 8 – Pancromática -15 Banda 9 – Cirrus -30 Banda 10- STIR 1 – 100* 30 Banda 11- STIR 2 - 100* 30
	2013-04-01	Banda 1-Ultra Azul - 30 Banda 2- Verde -30 Banda 3 Rojo - 30 Banda 4- NIR 30 m

Sensor	Fecha	Resolución (m)
		Banda 5 - Shortwave Infrared (SWIR) 1 30 m Banda 6 – Thermal 60 **30 Banda 7 – Shortwave Infrared (SWIR) 2 – 30 Banda 8 – Pancromatica -15

* Bandas TIRS se adquieren a una resolución de 100 metros, pero se vuelven a muestrear a 30 metros de producto final.[13]

** Banda Thermal resolución de 60 m, pero ampliada a 30 metros.

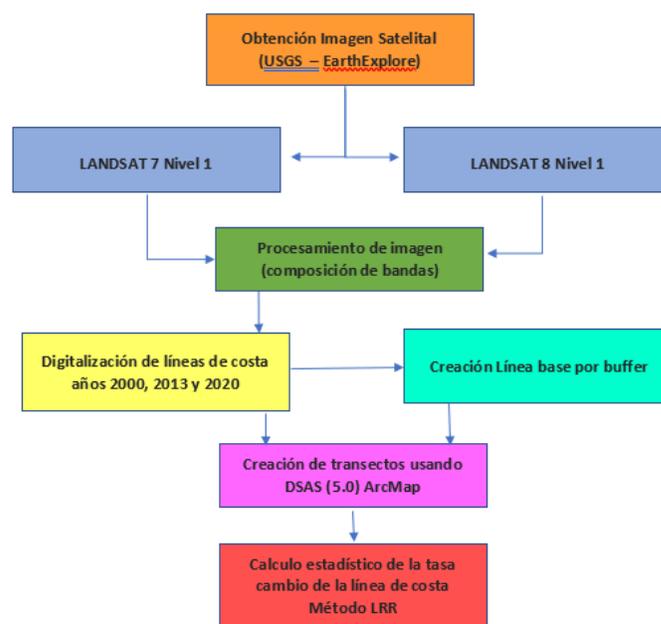


Figura 2. Metodología para el análisis de cambio de línea de costa en la zona litoral del PNN Vía Parque Isla de Salamanca.

Procesamiento de datos

Para el análisis de la variabilidad de la línea de costa es importante definir la línea base. Esta línea se delimita como base para hacer las mediciones y comparaciones de las líneas de costa introducidas.

Ahora con respecto al análisis de modificación costera se incorporó la línea de costa correspondiente a los años 2000, 2013 y 2020, con esta definición se precisa el análisis de variabilidad con respecto a la línea de base.

Las imágenes utilizadas para la extracción de las líneas de costa para los años 2000, 2013 y 2020,

corresponden a imágenes de satélites de sensores remotos Landsat 7 y 8 nivel 1. La USGS, especifica que este tipo de escenas cuentan con la mayor calidad de datos y son adecuadas para el análisis de series de tiempo. Las imágenes nivel 1 incluye datos corregidos de precisión y terreno de nivel 1 (L1TP) que tienen una radiometría caracterizada y están intercalibrados en los diferentes instrumentos Landsat. El geo registro de escenas de Nivel 1 es consistente y dentro de las tolerancias prescritas de imagen a imagen de \pm error cuadrático medio de la raíz radial de 12 metros (RMSE) [9].

El nivel de procesamiento, en cuanto a la corrección de precisión del terreno (L1TP), se encuentran calibradas radiométricamente y ortorrectificado utilizando puntos de control terrestre (GCP) y datos del modelo de elevación digital (DEM) para corregir el desplazamiento del relieve.

Los GCP utilizados para la corrección L1TP se derivan del conjunto de datos Global Land Survey 2000 (GLS2000) [9].

Definición de la línea de costa

Previamente se realizó el procesamiento de las imágenes multispectrales utilizando la composición de bandas, para este procesamiento primero se tomaron todas las bandas en el orden específico y luego se combinaron las bandas mediante el método RGB de composición de colores en términos de intensidad. Para obtener una mayor diferenciación entre el límite agua y tierra se utilizó una relación de combinación bandas en términos de agua/tierra entre Infrarrojo Cercano (NIR) 5, infrarrojo de onda corta (SWIR 1) 6 y rojo 4 para la imagen Landsat 8 (Figura 4 y Figura 5) y para la combinación de bandas 4 (NIR), 5 (SWIR 1) y 3 (rojo) para la imagen Landsat 7 (Figura 3). Al realizar la combinación de las bandas se reduce el nivel de subjetividad en el proceso de delimitación de la costa.



Figura 3 Combinación bandas agua/tierra 4,5,3 – Imagen Landsat 7, año 2000

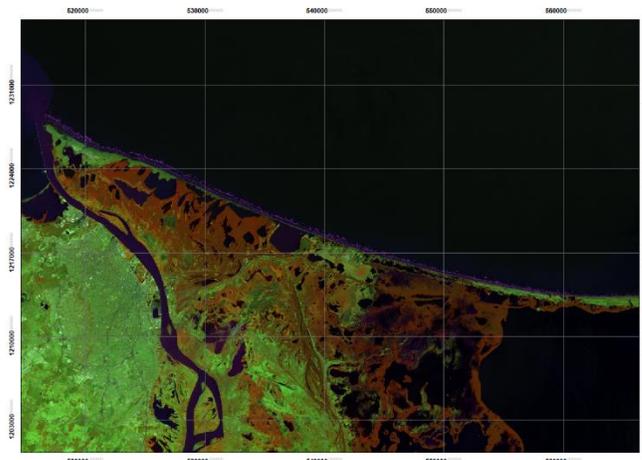


Figura 4 Combinación bandas agua/tierra 5,6,4 – Imagen Landsat 8, año 2013

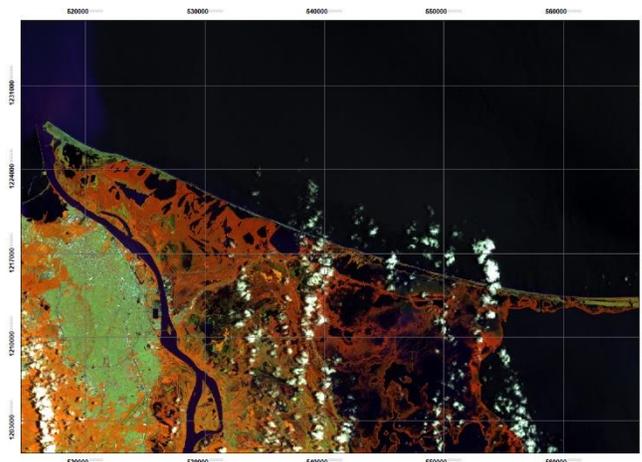


Figura 5 Combinación bandas agua/tierra 5,6,4 – Imagen Landsat 8, año 2020

Del paso de la digitalización para cada año se obtuvo un shapefile con la línea de costa para los años 2000, 2013 y 2020 en la franja litoral de la Isla Parque vía Salamanca. Debido a que la longitud del litoral es de 59 km se divide en cinco tramos, para mayor visualización (ver Figura 6 a la Figura 10).



Figura 6 Líneas de costa años 2000, 2013 y 2020 tramo 1

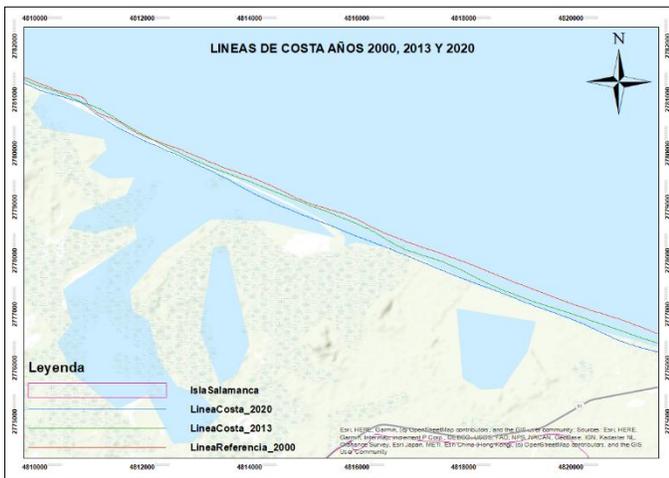


Figura 7 Líneas de costa años 2000, 2013 y 2020 tramo 2

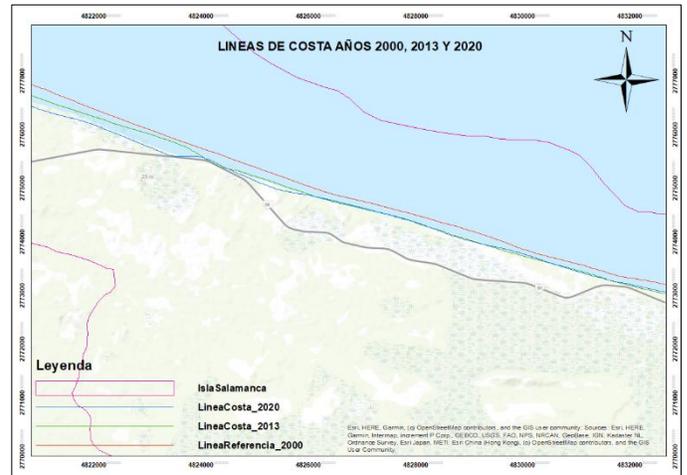


Figura 8 Líneas de costa años 2000, 2013 y 2020 tramo 3



Figura 9 Líneas de costa años 2000, 2013 y 2020 tramo 4



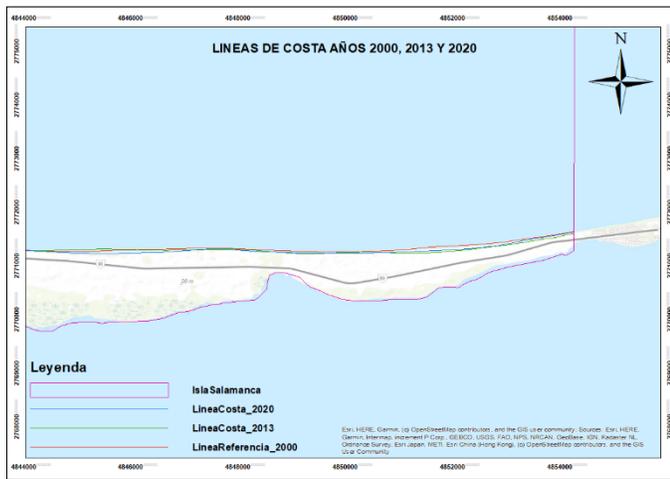


Figura 10 Líneas de costa años 2000, 2013 y 2020 tramo 5

Análisis de la línea de costa

Una vez creadas las líneas de costa, se procede a la unión de las tres líneas mediante herramientas de ArcMap.

En este punto es importante precisar que para el cálculo estadístico de la tasa de cambio se requiere de dos elementos, el primero corresponde a la línea de base, la cual se construyó para servir como punto de partida para todos los transectos y como segundo las líneas de costas para los años definidos.

Es así como se continúa con la configuración de los atributos de la línea de base que contiene información correspondiente a la longitud, ID, distancia y grupos y los datos de línea de costa contienen atributos como año o fecha, tipo de línea e incertidumbre. Para el caso del campo denominado año se introduce en la columna creada previamente de forma manual, para los demás atributos estos son generados automáticamente.

Para la construcción de la línea de base se utilizó la herramienta buffer del programa ArcMap creando un área de 150 metros a lado y lado de las líneas de costas. Se tomó la línea del buffer establecida con respecto a la línea de costa más cercana al continente.

Ahora para el cálculo de la tasa de cambio se utilizó la extensión de ArcMap denominada Digital Shoreline Analysis System - DSAS (Versión 5.0) el cual es un complemento desarrollado por el USGS en el 2010, herramienta que fue creada con la finalidad de realizar el cálculo de la tasa de erosión costera en una serie de tiempo.

El Digital Shoreline Analysis System DSAS utiliza el método de referencia para calcular de manera estadística la tasa de cambio para un periodo de tiempo de costa determinado. Y la línea base se determina para servir como punto de partida para todos los transectos emitidos por la aplicación DSAS.

Contando con los insumos requeridos se incorpora la línea base y las líneas costeras resultantes del proceso anterior al DSAS. Con esto se generan los transectos, los cuales se traslapan y/o interceptan con las líneas de costa creando un punto de medición donde estos puntos se utilizan para calcular las tasas de cambio de la línea costera. En la Figura 11 se puede observar para la zona comprendida de bocas de ceniza los puntos de medición identificados en el proceso de cálculo de línea de costa.

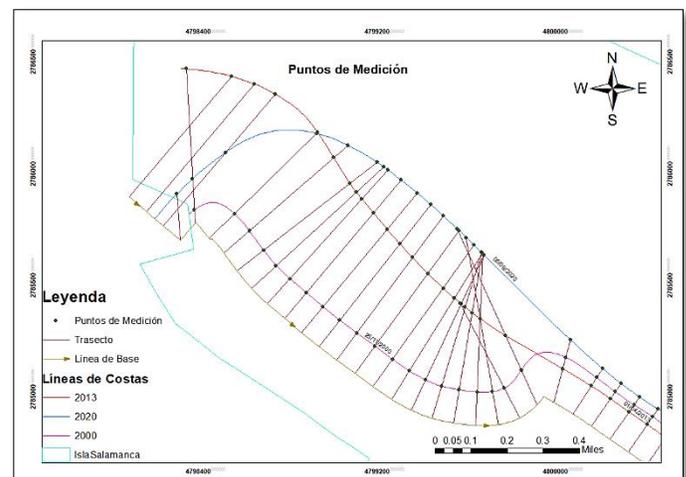


Figura 11 Creación de los puntos de medición con respecto a las líneas de costa y línea de base en el sector de bocas de cenizas

Con la configuración se obtuvo un total de 588 transectos con un intervalo promedio de 142,16 m a lo largo de los 59 km de zona litoral del PNN Vía Parque Isla de Salamanca.

Con la extensión DSAS, ya creado los transectos y seleccionado los parámetros y atributos requeridos, se procede con el cálculo estadísticos de las tasas de cambio basada entre las diferentes posiciones de la línea costa, en los periodos de tiempo establecidos. Para el análisis estadístico se estableció como medida estadística la tasa de regresión línea (LRR), la cual determina la tasa de cambio ajustando una regresión de mínimos cuadrados a toda la zona litoral en el transecto específico.

V. RESULTADOS Y DISCUSION

Resultados

En la Figura 12 se muestran las posiciones de las líneas de costa.

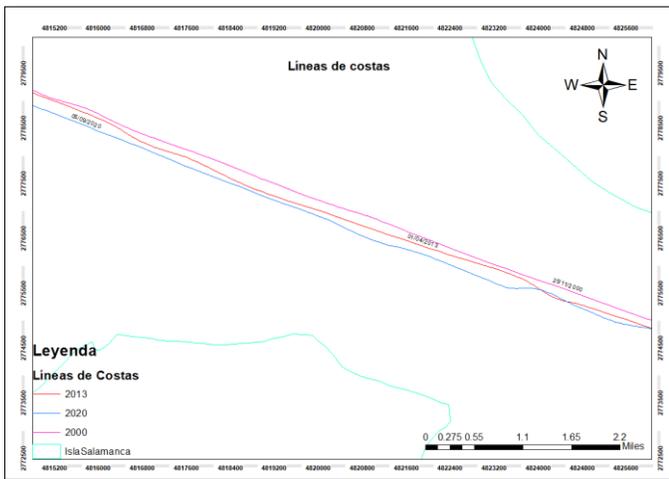


Figura 12 Posiciones de las tres líneas de costa estudiadas

En los 59 km de zona litoral de Vía Parque Isla de Salamanca se registraron 522 transectos con distancia negativa, los cuales equivalen a un porcentaje del 88,78% del área de estudio. Y los 66 transectos restante corresponden a distancia positiva, lo que equivale al 11,22% (Figura 13).

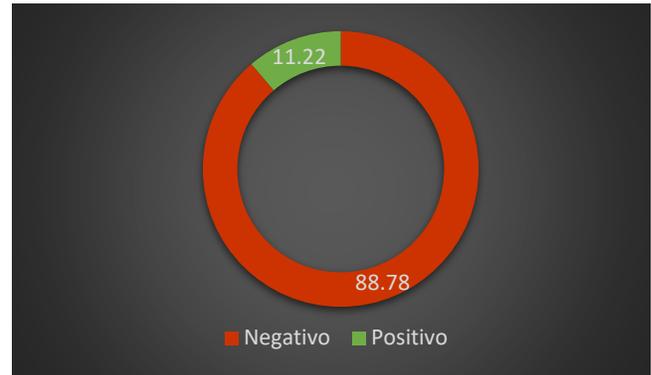


Figura 13 Porcentaje de todos los transectos que representan erosión (negativo) o acreción costera (positivos)

Las tasas de cambio generales varían de -18,79 m/año a 34,43 m/año, donde los valores que se expresan en negativos representan zonas de erosión (movimiento de la costa hacia la tierra), mostrándose los transectos en tono rojo y los valores positivos implica acreción reflejados en color verde (movimiento de la costa hacia el mar) (Figura 14).

En la Tabla 2 se muestra la clasificación resultante de las líneas de costa basado el método de tasa de regresión línea (LRR).

Tabla 2 Clasificación línea de costa por el método LRR

Categoría	Tasa de cambio de la línea de costa (m/año)	Clasificación
1	$-18.8 < LRR \leq -3.0$	Erosión Alta
2	$-3.0 < LRR \leq -2.0$	Erosión media
3	$-2.0 < LRR \leq -1.0$	Erosión baja
4	$-1.0 < LRR \leq -0.5$	Erosión muy baja
5	$-0.5 < LRR \leq 0.5$	Erosión - Acreción
6	$0.5 < LRR \leq 1.0$	Acreción muy baja
7	$1.0 < LRR \leq 2.0$	Acreción baja
8	$2.0 < LRR \leq 3.0$	Acreción media
9	$3.0 < LRR \leq 34.5$	Acreción Alta

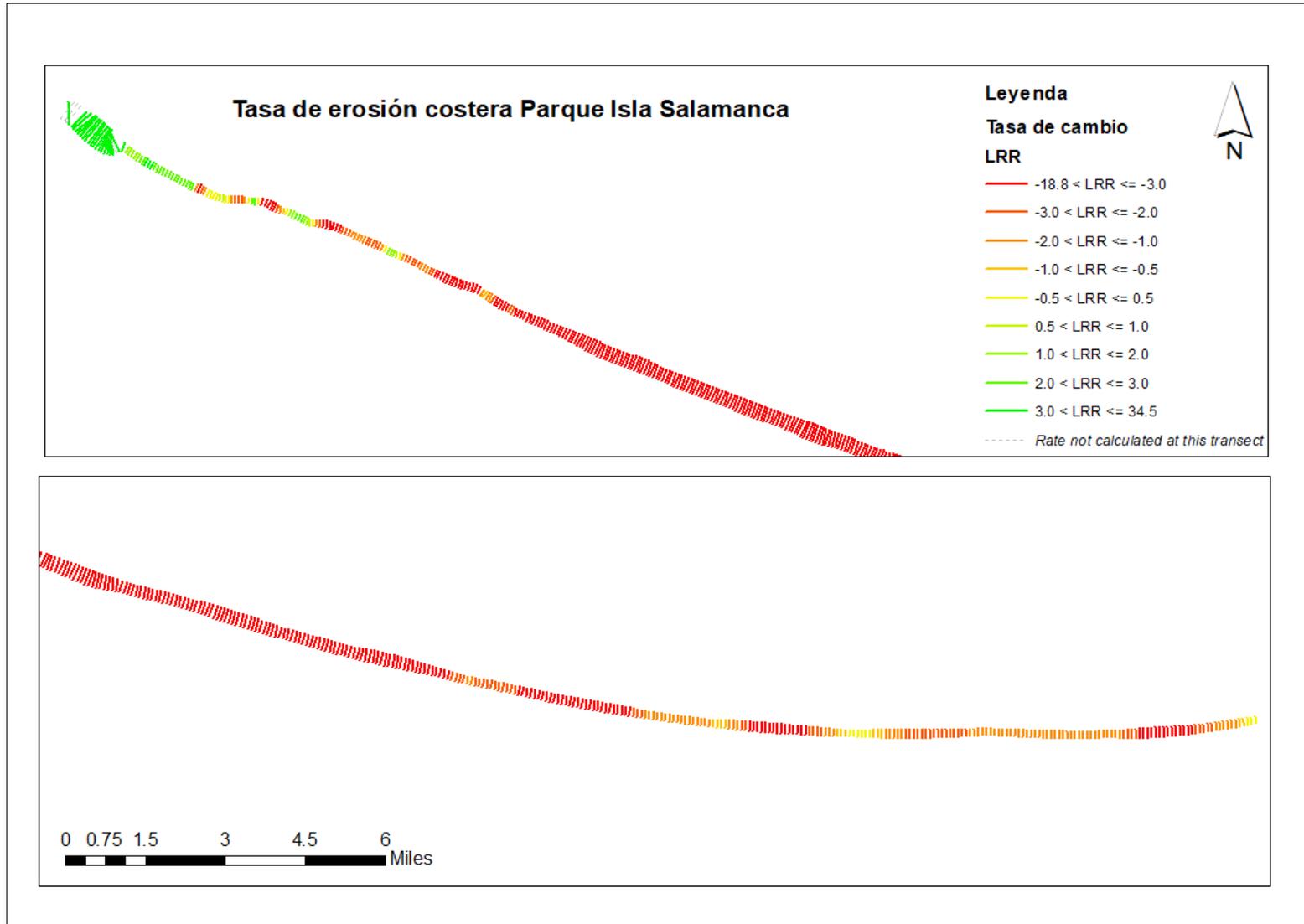


Figura 14 La tasa de cambio en la zona litoral en el área del Parque Vía Isla Salamanca

Los resultados de la tasa de cambio indican que una gran parte de la zona litoral experimento erosión costera, identificándose unas áreas en mayores medidas que en otras.

Por otra parte, se identificó que el ID de transecto con la máxima distancia negativa es el 252 con una tasa de cambio erosivo es de -18,79 m/año (Ver Figura 15). Mientras que el ID con la máxima distancia positiva de acreción corresponde al número 22 con una tasa de cambio de +34,43 m/año y una tasa de acreción promedio de 10,3 m/año (ver Figura 16).

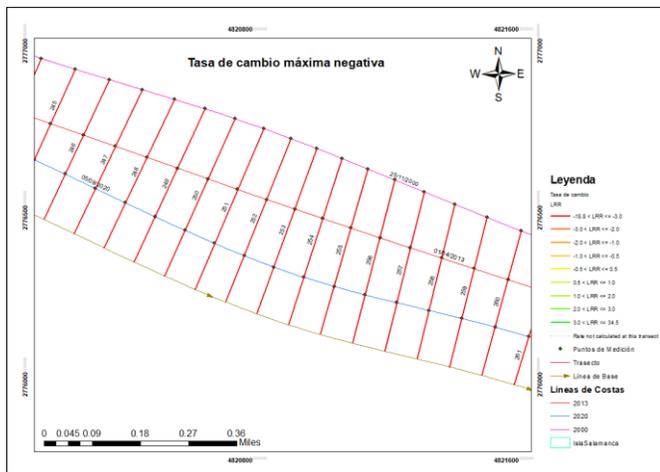


Figura 15 Localización del transecto con la tasa de cambio máxima negativa con ID 252 y una tasa de -18,79 m/año.

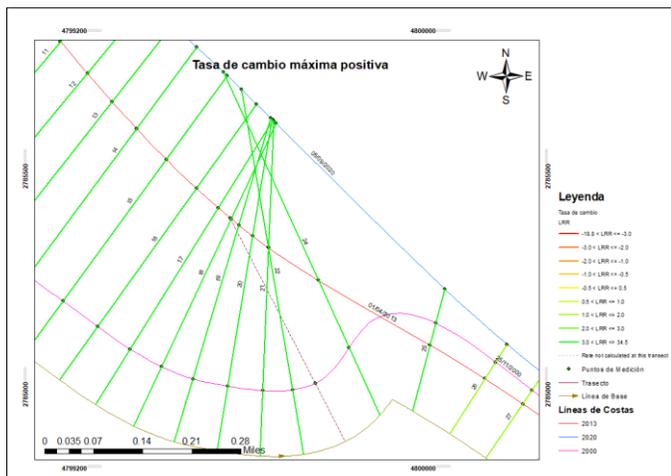


Figura 16 Localización del transecto con la tasa de cambio máxima positiva con ID 22 y una tasa de +34,43 m/año.

Es importante precisar que los transectos con mayor tasa de cambio positiva se encuentran en la zona próxima al delta del río Magdalena en un rango entre 11,52 y 34,43 m/año valores que corresponden a los transectos con ID del 5 al 24. De lo anterior, se puede decir que tan solo el 2,38% tienen un porcentaje de acreción estadísticamente significativa.

En la Figura 17 se puede observar el comportamiento de los valores de la tasa de cambio desde el transecto ID 1 hasta el ID 588, calculado mediante el método de regresión lineal - LRR donde la tasa promedio con incertidumbre reducida es de -4,24 +/- 2,47 m/año.

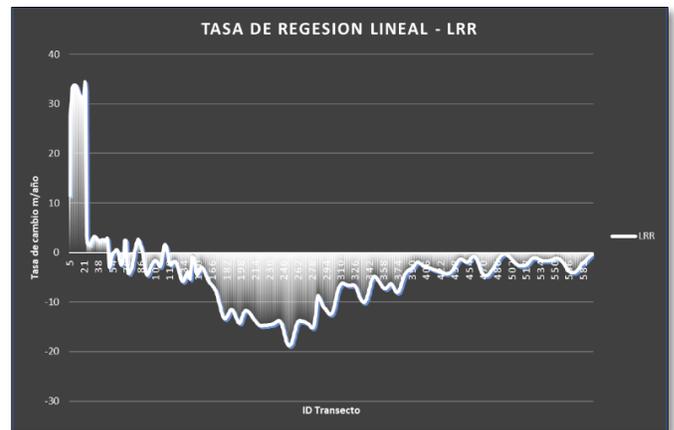


Figura 17 Variación de la tasa de erosión costera mediante la aplicación estadística de regresión línea LRR en DSAS entre los transectos 1 a 588.

La Figura 17 muestra la variación de erosión costera para cada métrica de la zona litoral del PNN Vía Parque Isla de Salamanca. Como se puede observar el comportamiento de la línea de costa refleja una mayor variación en el sector identificado con ID transecto 175 con una tasa de cambio negativo de -11,15 m/año y el ID 283 con una tasa de -10,59 m/año. Dentro de este rango se evidencian los cambios más significativos en la franja litoral en el periodo de tiempo de los 20 años analizados. Reflejándose picos de erosión costera con valores máximos negativo de -18,79 m/año en el ID 252.

Es importante mencionar que estos resultados están acordes con los estudios realizados por el Inveimar en el 2018, donde muestran que la tasa de erosión más alta identificada en la región caribe ocurre en el sitio denominado como km19 de la vía que conduce entre la ciudad de Barranquilla a Ciénega, en el departamento del Magdalena.

Por otra parte, en la Figura 18 muestra un acrecentamiento en el transecto 5 con una tasa de +11,52 m/año hasta el 49 la cual arroja una tasa de cambio de 2,29 m/año. Los picos positivos más altos de acreción se pueden observar en los primeros transectos los cuales están ubicados entre la zona litoral del mar Caribe y el Delta del río Magdalena, lo cual es influenciada por la carga de sedimentos provenientes del interior del país. Adicionalmente, los datos muestran los valores positivos de acrecentamiento que se encuentran por encima de 30 m/año.

Ahora con respecto a los transectos identificados como ID 390 al 590, los resultados muestran una menor variabilidad, en cuanto a la tasa de cambio con valores negativo que oscila de -0,1 m/año a -4,7 m/año (Figura 18).

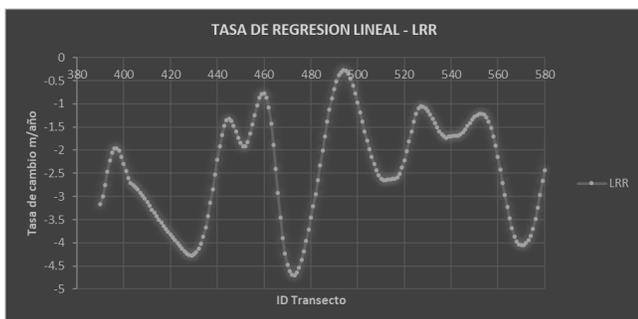


Figura 18 Variación de la tasa de erosión costera entre los transectos identificados desde 390 hasta el último transecto con ID 590.

Factores que influyen en la erosión

Existen diversos factores que pueden influir en el proceso de erosión costera en la franja del litoral en el área del PNN Vía Parque Isla de Salamanca estos factores varían dependiendo de la ubicación de la línea de costa.

Para el presente caso de estudio un factor que influye significativamente en la erosión o acreción costera se puede observar en la zona colindante entre el Parque Isla Salamanca y el delta del río Magdalena, en el sitio conocido como Bocas de Ceniza. Esta corriente superficial de gran importancia a nivel nacional como lo es el Río Magdalena desemboca en el mar Caribe, aportando grandes cantidades de sólidos suspendidos provenientes de los diversos asentamientos poblacionales que hacen de este cauce un receptor de las aguas residuales domésticas y no domésticas en el país. Es así, que este río se convierte en un aportante de grandes cantidades de sólidos y que luego son sedimentados en la zona próxima al litoral caribe, contribuyendo a la acreción en la zona.

Existen otros factores también de gran importancia como los climatológicos y oceanográficas, que se presentan en la región Atlántica como es el caso de fuertes oleaje los cuales tienen un comportamiento bimodal, influenciados por los vientos Alisos del noreste, y factores climatológicos como la variable de precipitación que se enmarca en dos épocas del año.

Por otra parte, existen influencias en el proceso de erosión costera, asociado a las acciones antrópicas, dado a la modificación del suelo y la topografía del terreno, a través de la construcción de obras de infraestructura vial de gran envergadura las cuales son generadoras de un alto impacto ambiental.

Y otro factor de erosión en la zona litoral no menos importante es el correspondiente a las unidades geomorfológicas costeras en la región caribe los cuales pertenecen a acantilados altos en las costas altas y playas, barras de arena, lagunas y ciénagas costeras en las costas bajas [5].

Discusión

Según INVEMAR las costas del océano Atlántico presentan un índice de amenaza por erosión costera, donde más del 30% se encuentra entre amenaza alta y muy alta. Con casos mas representativos como en el kilometro 19 del Parque Nacional Natural Vía Parque Isla de Salamanca en el Magdalena y otros

sitios no menos importantes como Playa Blanca, Islas del Rosario entre otros.

El presente trabajo, se baso en la determinación de la línea de costa para una temporalidad de 20 años. La metodología utilizada fue la aplicación del software Digital Shoreline Analysis System - DSAS de Arcmap ya que permite calcular estadísticas de tasa de cambio o cambios de límites a lo largo del tiempo a partir de múltiples posiciones históricas de la costa arrojando resultados en m/año.

Los resultados expuestos evidencian un gran porcentaje de erosión costera en la franja litoral del PNN Vía Parque Isla de Salamanca. Y una menor proporción de acrecimiento costero en el área de estudio.

Los resultados también nos indican que en la zona del kilómetro 19 se presenta la mayor erosión costera, evidenciando una pérdida significativa de la línea de costa.

Con este análisis se confirma que km 19 es la zona con más erosión de la región caribe, dado a las condiciones oceanográficas, donde el oleaje incide removiendo y transportando los sedimentos hacia los fondos marinos además de las formaciones geológicas y geomorfológicas del área.

En tal sentido, este estudio de variación de línea de costa dio resultados útiles para determinar los cambios en la franja litoral, no obstante, las imágenes utilizadas para extraer las líneas de costas son de satélites de resolución media de 15 metros, las cuales no permiten una buena precisión al momento de digitalizar las líneas, por lo que hay que considerar un error a la hora interpretar las imágenes.

Dado a los resultados obtenidos, se puede contemplar un análisis y evaluación permanente del riesgo en las zonas con mayor erosión del litoral. Además de realizar continuos monitoreos y seguimientos para determinar el avance en cuanto a la pérdida de playa y/o afectación a la infraestructura vial existente.

Para finalizar, los estudios de análisis de cambio de línea costa necesitan la inclusión de más posiciones históricas que permitan identificar una variación real de erosión costera. Así mismo de la utilización de imágenes de alta resolución para mayor precisión en la digitalización de las líneas costeras.

VI. CONCLUSIONES

Este estudio visualiza la tendencia en el cambio de la línea de costa tanto en la erosión litoral como en la acreción.

Los resultados obtenidos muestran la variabilidad de la zona litoral del Parque Nacional Vía Isla Salamanca, permitiendo afirmar de forma general que durante las dos últimas décadas la tasa promedio de erosión fueron mayores que las tasas de acreción.

El cálculo estadístico de la tasa de erosión costera mediante regresión lineal, muestran valores en m/año reflejando una pérdida en la línea de costa en el kilómetro 19 y una acreción en la zona colindante con la desembocadura del río Magdalena.

Las tasas de cambio calculadas por el DSAS confirman las altas tasas reportadas por el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras – INVEMAR, en los estudios adelantados sobre la Costa Caribe de Colombia, que muestra que el departamento del Atlántico y Magdalena se encuentra clasificada dentro de los rangos de amenaza alta y media de afectación de la línea de costa.

Los diferentes factores oceanográficos, climatológico o antrópicos han dejado marcas visibles sobre la línea de costa, volviéndose vulnerable a los procesos erosivos, generando impactos físicos en la infraestructura vial de la región.

Con este estudio, se demuestra que la extensión DSAS de Arcmap puede suministrar información valiosa sobre el comportamiento morfodinámico de la línea de costa en términos de una posición cambiante.

REFERENCIAS

- [1] Addo, K. A., and K. S. Kufogbe. 2011. Quantitative analysis of shoreline change using medium resolution satellite imagery in keta. *Ghana I* (1):1–9.
- [2] Chuvieco, E. (1990). *Fundamentos de Teledetección Espacial*. Ediciones RIALP. Pág. 148.156.
- [3] DOLAND, R., FENSTER, M.S. AND HOLME, S.J., 1991, Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*, 7, Pág. 723–744.
- [4] ESRI, “Función NDVI—Ayuda | ArcGIS for Desktop.” [Online]. Available: <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.3/manage-data/raster-and-images/ndvi-function.htm>. [Accessed: 25-Nov-2019].
- [5] Gomez W., Olarte J. y Carvajal A. (2011). Análisis Multitemporal (1937-2010) de la línea de costa de la isla de Manzanillo, Bahía de Cartagena-Colombia. Pág 7
- [5] INVEMAR.(2018). Amenaza y Vulnerabilidad por erosión costera en Colombia: Enfoque regional para la gestión del riesgo. Pág. 274.
- [6] Ministerio de Justicia y del Derecho. Decreto 3888 del 8 de octubre del 2009 “por medio del cual se modifica el artículo 1 del Decreto 224 de 1998”, se designa como humedal para ser incluido en la lista de Humedales de Importancia Internacional, en cumplimiento de lo dispuesto en la Ley 357 de 1997, el Sistema Delta Estuarino del Río Magdalena, Ciénaga Grande de Santa Marta, cuya área es de 528.600 hectáreas y en perímetro total de 579.800 metros lineales.
- [7] Nassar K, Mahmood W, Fath H. y Masria A. Shoreline change detection using DSAS technique: Case of North Sinai coast, Egypt. Article in *Marine Georesources and Geotechnology* March 2018. Pág. 17
- [8] Oyedtun T. Shoreline Geometry: DSAS as a Tool for Historical Trend Analysis Pág. 10.
- [9] USGS, “What are the band designations for the Landsat satellites?” [Online]. Available: https://www.usgs.gov/faqs/what-are-band-designations-landsat-satellites?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products. [Accessed: 27-Nov-2019].
- [10] USGS, Digital Shoreline Analysis System (DSAS) Version 5.0 User Guide. Open-File Report 2018–1179. Pág. 126.
- [11] USGS, Science for a changing world. <https://earthexplorer.usgs.gov/>