

ARTÍCULO CIENTÍFICO  
SCIENTIFIC ARTICLE

ANÁLISIS MULTITEMPORAL  
EN EL TRAMO LA FE-PUNTA  
COLORADA EN EL PERÍODO  
1970-2015

MULTITEMPORAL ANALYSIS OF THE LA  
FE-PUNTA COLORADA SECTION ON THE  
PERIOD 1970-2015

Nadia Garriga Francés, Yuliemi de la Caridad Milá Doma,  
Roberto Alfonso Denis Valle, Jesús Triff Oquendo,  
Arelis Núñez Labañino, Luis Peñalver Hernández,  
Roxana Raymarú Rodríguez Fernández

REVISTA GEOINFORMATIVA  
No.2. 2022

**Nadia Garriga Francés**

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.  
[nadia@igp.minem.cu](mailto:nadia@igp.minem.cu)  
0000-0003-4688-3454

**Yuliemi de la Caridad Milá Doma**

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.  
[yuliemi@igp.minem.cu](mailto:yuliemi@igp.minem.cu)  
0000-0003-1888-6674

**Roberto Alfonso Denis Valle**

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.  
[denis@igp.minem.cu](mailto:denis@igp.minem.cu)

**Jesús Triff Oquendo**

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.  
[triff@igp.minem.cu](mailto:triff@igp.minem.cu)

**Arelis Núñez Labañino**

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.  
[arelis@igp.minem.cu](mailto:arelis@igp.minem.cu)  
0000-0002-5945-9532

**Luis Peñalver Hernández**

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.  
[peñalver@igp.minem.cu](mailto:peñalver@igp.minem.cu)  
0000-0001-8555-0906

**Roxana Raymarú Rodríguez Fernández**

Instituto de Geología y Paleontología. Servicio Geológico de Cuba. La Habana. Cuba.  
[raymaru@igp.minem.cu](mailto:raymaru@igp.minem.cu)

Recibido: 4 del 4, 2022  
Aprobado: 8 del 5, 2022

**RESUMEN**

La investigación consiste en la aplicación ajustada de una metodología para determinar los desplazamientos de la línea de costa y la evolución espacio-temporal de la misma. Por ello, es propósito fundamental de esta investigación, la determinación del desplazamiento de la línea de costa durante el período de 1970-2015 en el tramo La Fe-Punta Colorada, mediante la clasificación visual de imágenes aeroespaciales, así como la utilización de imágenes satelitales actuales del Bing Maps satélites y fotografías aéreas del vuelo K-10, las cuales fueron interpretadas para determinar la posición de la línea de costa que se encuentra desplazada a razón de 130 ha. El valor más significativo lo representan zonas erosionadas con un 52 % del área total, representando un retroceso significativo en la posición de la línea de costa que indica un cambio en la morfología litoral. La metodología consistió en la estimación del índice de vulnerabilidad ante el ascenso del nivel medio del mar a escala 1:50 000 de la zona costera noroccidental de Cuba. La novedad científica está basada en la obtención de una representación cartográfica a escala 1: 25 000 del movimiento neto de la línea de costa asociada a núcleos poblacionales u objetivos económicos.

**Palabras clave:** metodología; desplazamiento; línea de costa; La Fe-Punta Colorada; Pinar del Río

**ABSTRACT**

The investigation consists of the adjusted application of a methodology to determine the displacements of the coastline and its spatiotemporal evolution. Therefore, the fundamental purpose of this research is to determine the displacement of the coastline during the period 1970-2015 in the La Fe-Punta Colorada section, through the visual classification of aerospace images, as well as the use of satellite images. current Bing Maps satellites and aerial photographs of flight K-10, which were interpreted to determine the position of the coastline that is displaced at a rate of 130 ha. The most significant value is represented by eroded zones with 52% of the total area, representing a significant setback in the position of the coastline that indicates a change in the coastal morphology. The methodology consisted in the estimation of the vulnerability index before the rise of the mean sea level at a scale of 1:50 000 of the northwestern coastal zone of Cuba. The scientific novelty is based on obtaining a cartographic representation at a scale of 1: 25,000 of the net movement of the coastline associated with population centers or economic objectives.

**Key words:** methodology; displacement; coastline; La Fe-Punta Colorada; Pinar del Río

## INTRODUCCIÓN

La elevación gradual y continua del nivel del mar ha sido, durante miles de años, un proceso de origen natural; sin embargo, este proceso se ha acelerado bajo la influencia del cambio climático potenciado por acciones antrópicas. Cuba, en su condición de archipiélago, posee un porcentaje significativo del territorio nacional ubicado en la zona costera, por tanto, es potencialmente afectada por dicho proceso.

El área de estudio pertenece al municipio de Sandino, en la provincia de Pinar del Río, y abarca diversas tipologías costeras según lo establecido en el decreto 212. En este trabajo se muestran los resultados obtenidos del análisis multitemporal de la línea de costa en el período 1970-2015 del tramo La Fe-Punta Colorada. Esta investigación queda enmarcada en el proyecto: "Estimación del índice de vulnerabilidad ante el ascenso del nivel medio del mar, a escala 1:50 000, de la zona costera noroccidental de Cuba".

Estos tipos de investigaciones fueron acometidas con anterioridad en la playa de Varadero durante 14 años (Juanes, 1996) y en las playas del este de La Habana durante 27 años (Sosa, Rivas, & Guerra, 2003), ambos estudios se realizaron a partir de nivelaciones de la playa. También existen reportes de estudios de evaluación y actualización de estos procesos en numerosas playas (Juanes, y otros, 2015).

Existe, además, un informe (Lorenzo, 2008) sobre el estudio de estimaciones utilizando fotos aéreas e imágenes de satélites en el período de 1956 hasta 2009, el cual reportó notables desplazamientos de la línea de costa al sur de la Habana en zonas donde predominaban mangles, fundamentalmente.

Una experiencia más cercana es el estudio realizado en el 2016 (Sosa, y otros, 2016) en las playas del oeste de La Habana, donde se cuantifica la erosión y/o acumulación en el tiempo a partir de datos históricos de posición de la línea de costa, evaluando, además, la incertidumbre del mapeo costero y de las tasas de cambio estimadas.

El área de estudio de la actual investigación ha sido cubierta por investigaciones de carácter regional como el levantamiento geológico a escala 1: 250 000 de la provincia de Pinar del Río (Pszczolkowski et al., 1975); la generalización de la cartografía geológica del occidente de Cuba (Martínez et al., 1994); el Mapa de los Depósitos Cuaternarios del Archipiélago Cubano a escala 1: 250 000 (Peñalver et al., 2008) y el Mapa Geológico Digital de la República de Cuba a escala 1: 100 000 (2011). Los resultados de estos trabajos regionales, en lo concerniente a la cartografía, así como el estudio del corte estratigráfico, tienen un carácter general, dado por la escala utilizada. Las unidades litoestratigráficas y los depósitos innominados presentes en el territorio se caracterizan en un marco geográfico mucho más extenso; lo mismo ocurre con la monografía El Cuaternario en Cuba (Kartashov et al., 1981), el estudio sobre los depósitos cuaternarios de la provincia de Pinar del Río (Cherniajovsky, 1981) y el Léxico Estratigráfico de Cuba (1992). Algo más detallado, pero sin particularizar en la zona de interés (con poca potencialidad de recursos minerales y difícil acceso) fue el levantamiento geológico a escala 1: 50 000 en la parte occidental de la provincia de Pinar del Río (Burov et al., 1986).

El Nuevo Atlas Nacional de Cuba incluye la regionalización geomorfológica (Acevedo, 1989) y el mapa geomorfológico a escala 1:1 000 000 de Cuba (Portela et al., 1989), en los cuales se representan generalizaciones

de los tipos de relieve y ejemplos aislados de las formas. Burov et. al. (1986) presentan un mapa geomorfológico a escala 1: 100 000, pero menos detallado que el geológico.

Fue consultado un mapa de los tipos de costas, según Decreto Ley 212/2000 a escala 1: 25 000 para los tramos costeros (Cabrera y otros, 2013) al este del tramo La Fe–Punta Colorada, específicamente en el área protegida Los Pretiles.

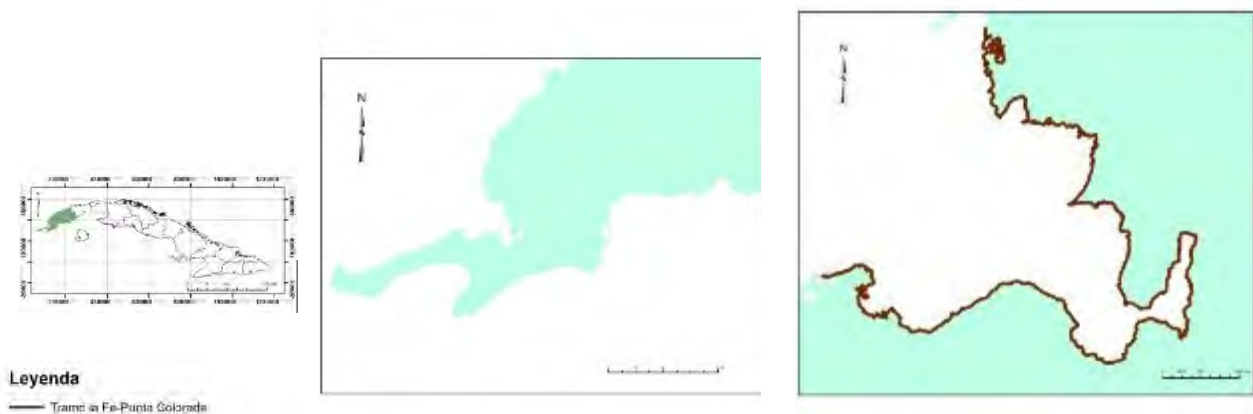
Todos estos estudios no muestran resultados referentes a la estimación del ritmo de erosión, a pesar de desarrollarse en el área de estudio o en su cercanía.

Los estudios realizados en Cuba con el objetivo de evaluar el desplazamiento de la línea de costa son escasos y no incluyen el área objeto de esta investigación. Por ello, el objetivo de la presente investigación es lograr la representación cartográfica a escala 1:25000 del movimiento neto de la línea de costa y de las áreas erosionadas y acrecionadas, asociadas a núcleos poblacionales y objetivos económicos, a partir del estudio multitemporal de la costa, interpretando las imágenes aeroespaciales en el tramo La Fe-Punta Colorada.

## ÁREA DE ESTUDIO

La zona costera noroccidental de Cuba comprende dos de los tramos costeros establecidos en el Macroproyecto: Tramo I (de Cabo de San Antonio a punta Gobernadora, incluyendo el archipiélago de los Colorados) y Tramo II (de punta Gobernadora a playa Camacho, al oeste de la península de Hicacos). En esta área hay numerosos núcleos poblacionales, incluida la capital del país; objetivos económicos importantes por su vinculación a la industria y los servicios; así como áreas naturales protegidas. Por tales razones, en el marco de la Tarea Vida, se han delimitado allí varias áreas priorizadas, atendiendo a la preservación de la vida de las personas en los lugares más vulnerables, la seguridad alimentaria y el desarrollo del turismo como el litoral norte de La Habana con su bahía y la Zona Especial de Desarrollo de Mariel.

En el área de estudio (Figura 1) con coordenadas al oeste: X: 137204 y Y: 250053 y al este: X: 148190 y Y: 266 629 se encuentra ubicada municipio Sandino, Pinar del Río, y forma parte del tramo I del Macro proyecto. Estas áreas priorizadas son: el litoral norte de La Habana con su bahía y la Zona Especial de Desarrollo de Mariel. El área de estudio (Figura 1) se encuentra ubicada en el municipio Sandino, provincia de Pinar del Río, y sus coordenadas son al oeste: X: 137204 y Y: 250053 y al este: X: 148190 y Y: 266 629. Esta área forma parte del tramo I del Macro proyecto.

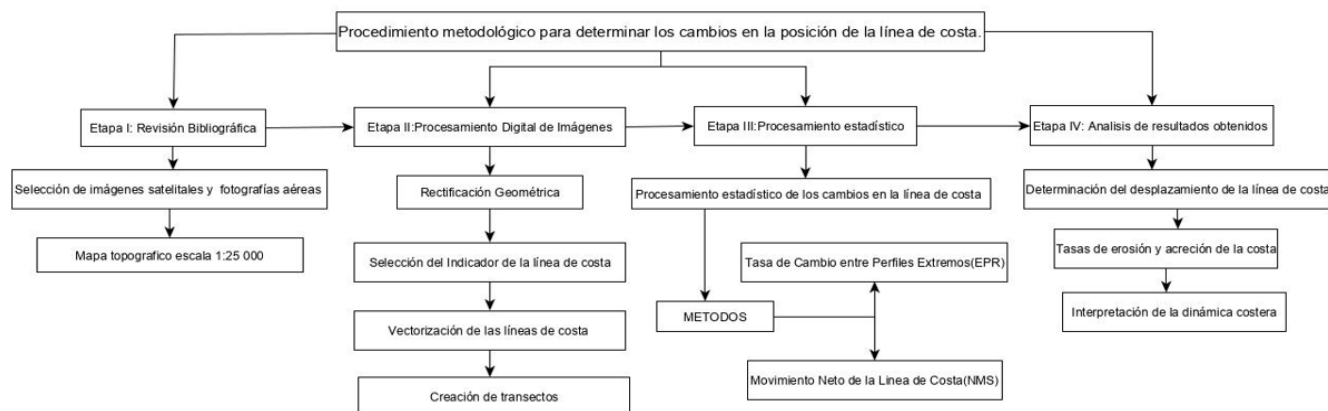


**FIGURA 1.** Mapa de ubicación de la Ventana La Fe-Punta Colorada

## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la realización de este estudio se hizo la selección y preparación de materiales, tales como: imágenes de Bing Maps Satellites del año 2015, fotografías aéreas del vuelo k-10 y el mapa topográfico a escala 1:25 000.

En la Figura 2 se muestra la secuencia de pasos del proceso de elaboración e interpretación de los materiales referidos anteriormente.



**FIGURA 2.** Diagrama de flujo de la metodología de la investigación

### REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

La primera etapa de investigación consistió en la búsqueda de información sobre estudios que, dentro de su contenido, abordaran el tema de desplazamiento de la línea de costa, ya sea realizados en Cuba o en el exterior. Se tuvo en cuenta que la información obtenida se acomodara a los objetivos de la investigación.

### Selección de imágenes aeroespaciales

Para seleccionar las imágenes se tuvieron en cuenta aquellas que cubrían el área de estudio. Teniendo en cuenta la fuente de información primaria se determina el intervalo de tiempo para analizar la variabilidad de la línea de costa.

La obtención de imágenes satelitales de Bing Map Satélite se realizó mediante plataformas digitales de libre acceso y las fotografías aéreas del vuelo k10 se seleccionaron del archivo del Instituto de Geología y Paleontología (IGP)/Servicio Geológico de Cuba.

Se tuvo en cuenta en la selección, la calidad y el nivel de procesamiento. Los criterios que se siguieron para la selección de imágenes aeroespaciales fueron: la fecha en que fueron tomadas, la resolución espacial y el cubrimiento del área de estudio.

### PROCESAMIENTO DIGITAL DE IMÁGENES:

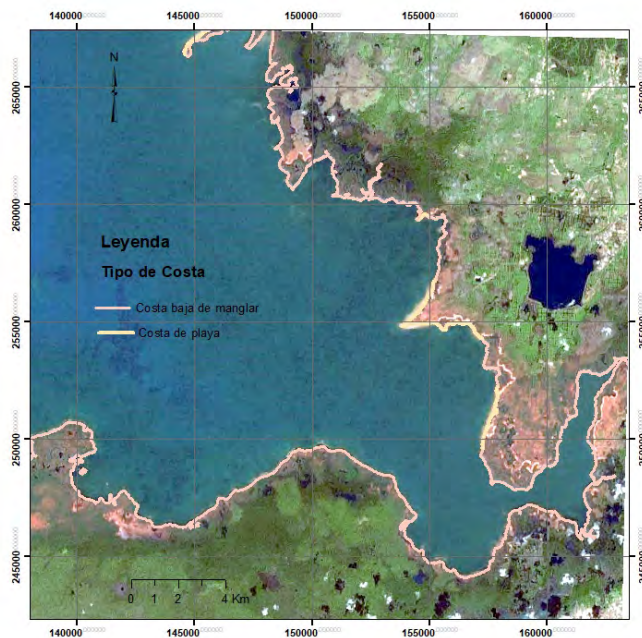
#### Rectificación geométrica

En la segunda etapa se efectuó el procesamiento digital de imágenes, en el cual se debía realizar, primeramente, una rectificación geométrica. Debido a que se desconocían los datos de las cámaras utilizadas en los levantamientos aéreos no fue posible construir ortofotos. Como alternativa, y teniendo en cuenta

que el área de estudio es predominantemente llana, las fotos aéreas fueron sometidas a una rectificación geométrica mediante georeferenciación.

### Selección del indicador de la línea de costa

El segundo paso a seguir en esta etapa es la determinación del indicador de la línea de costa. Para ello, primero se debe tener conocimiento previo de la tipología costera. Este análisis permitió definir dos tipologías costeras: costa baja de manglar y costa de playa según el Decreto-Ley 212/2000 (Figura 3)



**FIGURA 3.** Tipología costera del área de estudio

Luego de determinar las tipologías costeras presentes, se determinan los indicadores para delimitar la línea de costa en las imágenes analizadas (Tabla 1).

**TABLA 1.** Indicadores para delimitar la línea de costa según tipo

Tipos de costa	Indicadores para delimitar la línea de costa
Playa	Línea instantánea de agua o la línea que representa el límite de máxima marea húmedo/seco por un cambio de coloración.
Costa baja de manglar	Límite externo del dosel de mangle que colinda con el mar.

### Vectorización de las líneas de costa

La vectorización de las posiciones de la línea de costa se realizó mediante el trazado de la línea de costa a partir de los datos obtenidos de la interpretación de las imágenes satelitales o fotografías aéreas. El requisito a seguir para el trazado de las líneas de costa se realizó según [Curra, 2012](#):

1. En imágenes satelitales de zonas con costas bajas con presencia de playas o dunas se sigue la línea donde el color de la imagen indica que el terreno está seco (esto garantiza, en cierta medida, que la rompiente que pueda confundirse con la playa, no sea considerada).

2. Cuando no existan playas o dunas se sigue la línea de vegetación para el trazado de la línea de costa.
3. Realizar zoom sobre la imagen hasta hacer visible el pixel y luego digitalizar, manteniéndose dentro del tamaño del pixel.
4. Dibujar el vector de la línea de costa mediante la herramienta de polilínea, para lograr una correcta descripción de la línea de costa, por ser este un elemento principalmente lineal.
5. El estilo de la polilínea debe ser continua y con ancho de 0.1 mm, de manera tal que se logre definir correctamente el objetivo de estudio y disminuir el margen de error por el grosor de la línea.
6. Establecer colores para cada línea de costa clasificada que resalten sobre el fondo de la imagen y poderlos diferenciar de forma marcada

En el caso de la línea de referencia o base, esta se trazó siguiendo la configuración de la línea de costa más hacia la tierra o hacia el mar, en dependencia de las características de la parte a analizar.

### **Creación de transectos**

Como último paso de esta etapa se dirigen, a partir de la línea de referencia antes descrita, los transectos hacia el mar o la tierra en dependencia de la ubicación (Dolan et al. 1991; Crowell et al. 1997 en: Curra 2012). Los transectos se definen como líneas equidistantes espaciadas entre sí y perpendiculares en su origen a una línea base. Su longitud es variable y está en función de la magnitud necesaria para cruzar a las líneas de costa que desea caracterizar. Las intersecciones entre los transectos y las líneas de costa permiten el registro de la posición, la evaluación del ancho de la playa y los desplazamientos de estas últimas. La longitud de los transectos se definió para que se interceptaran a todas las líneas de costa formando un ángulo de 90 grados.

De acuerdo con la longitud de la costa, el número de transectos y la distancia de unos a otros son establecidos por los investigadores. Para este estudio se generó un total de 1887 transectos a una distancia de 50 m uno con respecto al otro, y de ellos fueron eliminados los transectos que no cumplían con el principio de perpendicularidad.

### **PROCESAMIENTO ESTADÍSTICO**

Luego de terminado el proceso de digitalización de la línea de costa se crea una Geodatabase uniendo las líneas costeras digitalizadas, la línea base de referencia y los transectos ortogonales generados desde la línea basal hacia las líneas costeras adjuntas empleando los métodos clásicos: Movimiento Neto de la Línea de Costa (NSM) y Tasa de Cambio entre los perfiles Extremos (EPR).

#### **Movimiento Neto de la Línea de Costa (NSM) (del inglés Net Shoreline Movement):**

Este método define la distancia total entre la costa más antigua y la más reciente en cada transecto. Refleja, en particular, una distancia y no una tasa y se asocia con la fecha de dos costas disponibles (Chávez & Llorente 2019).

#### **Tasa de Cambio entre los perfiles extremos (EPR) (del inglés End Point Rate):**

Este método consiste en dividir el desplazamiento de la costa en metros por el tiempo transcurrido entre la línea más reciente y la más antigua. Ofrece como ventaja la facilidad de cálculo y como requisito mínimo, dos posiciones de costa de fechas diferentes. La utilización de este método permite la reclasificación de los

procesos de cambio en la línea de costa con base estadística de 4 categorías (Tabla 2) de evolución costera (EPR) para mayor comprensión de la magnitud de los fenómenos.

Para compensar la ausencia del cálculo de la incertidumbre en la cartografía comparada por la variante prevista, se aplicó el Método Regresión Lineal Simple (LRR), otra prestación del DSAS, que estableció el error estándar, el coeficiente de correlación y el intervalo de confianza del análisis.

**TABLA 2.** Clasificación de los procesos de acreción y erosión basados en 4 categorías de evolución costera

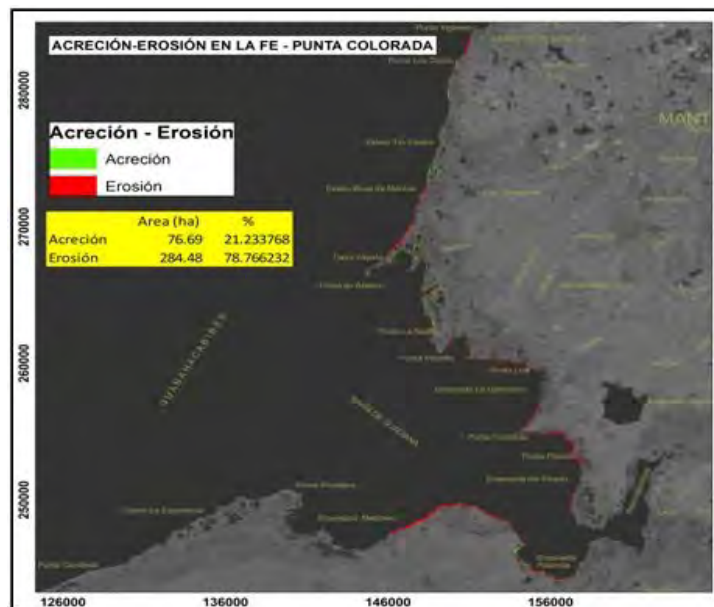
CLASE	RANGO EPR (m/ año)	Clasificación de los procesos de cambio en la línea costera
1	< (-1)	Erosión alta
2	(-1) – (-0.1)	Erosión moderada
3	(-0.1) – 0.1	Estable
4	>0.1	Acreción moderada

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las zonas donde se producen los cambios mayores en la dinámica costera a partir de la culminación del procesamiento de las imágenes y del procesamiento estadístico, son el resultado de esta investigación, usando para ello el análisis detallado de esquemas, gráficos y tablas representativas.

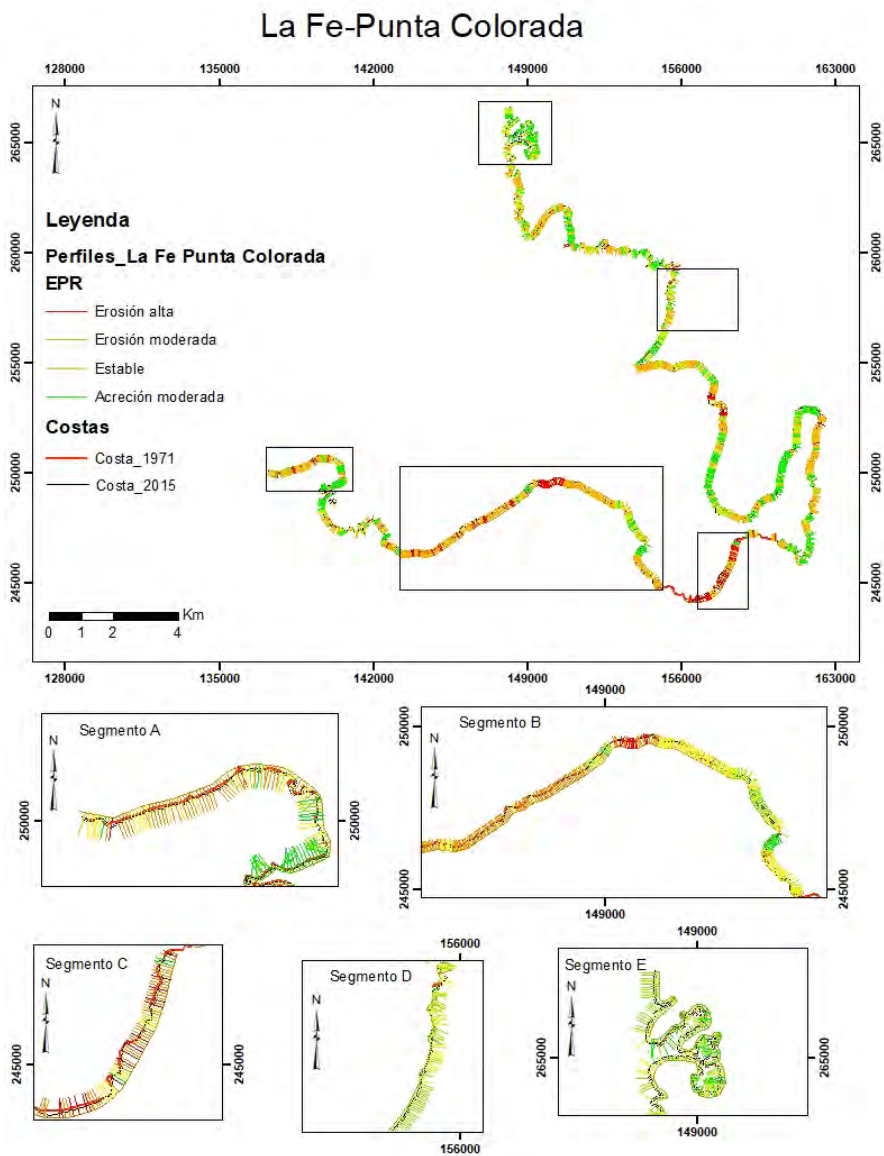
### DETERMINACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DE LA LÍNEA DE COSTA

Los resultados globales señalaron un amplio predominio de la erosión a pesar de que, en teoría, desde el punto de vista geomorfológico es un relieve de llanura lacuno-palustre, donde deberían predominar los procesos acumulativos (Figura 4).



**FIGURA 4.** Resultados del análisis multitemporal del desplazamiento de la línea de costa en el período 1970–2015 para la totalidad de la ventana La Fe–Punta Colorada

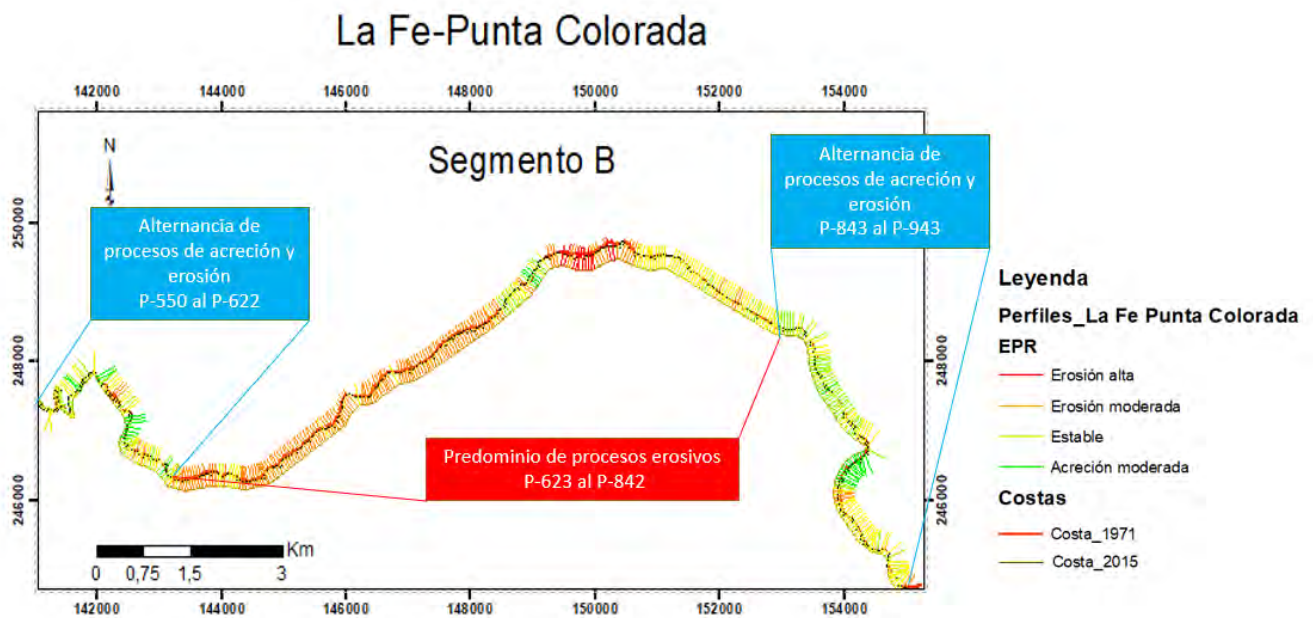
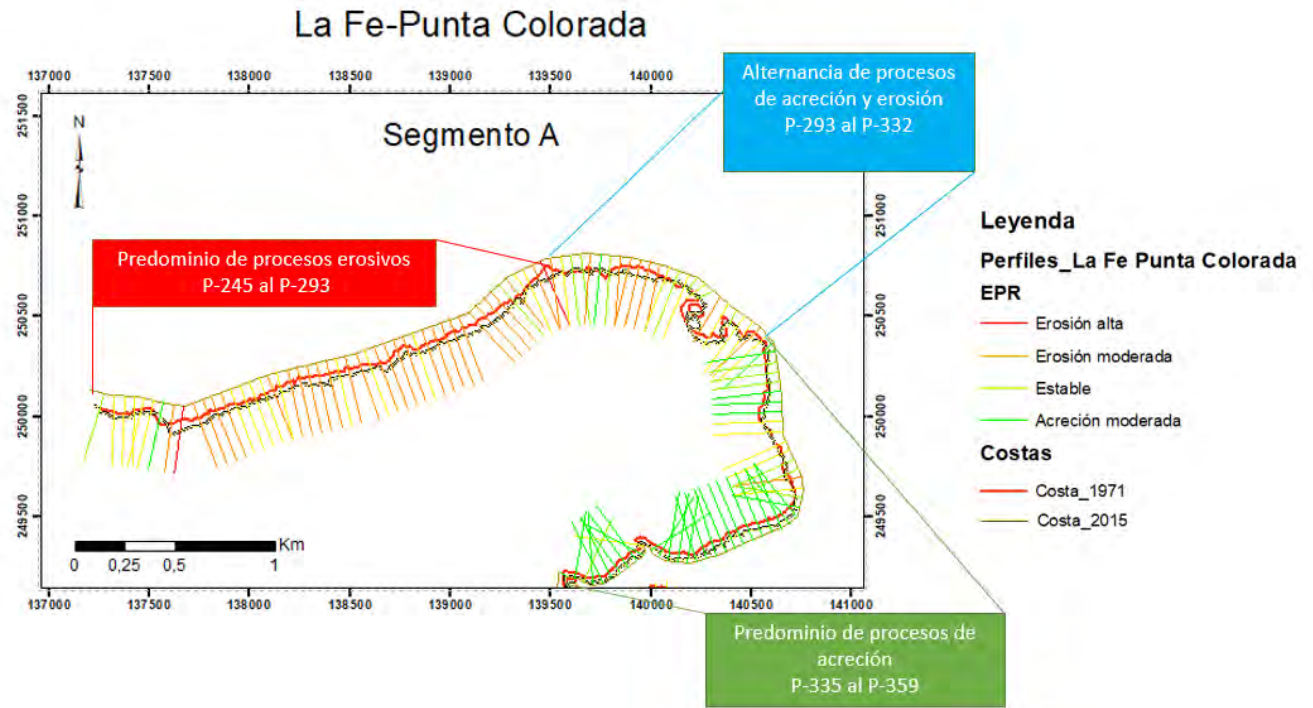
A partir del mapa de transectos se evaluó la evolución del ancho de la costa en ese período. Para una mejor comprensión de los resultados se dividió el área en cinco segmentos (Figura 5) a partir del análisis estadístico del movimiento de la línea costera en el intervalo 1971–2015. Esto fue medido en cada transecto, a los cuales se les asignó 4 clases, indicadas por el color, en dependencia de la intensidad de los procesos: erosión alta, moderada, estable y acreción moderada.



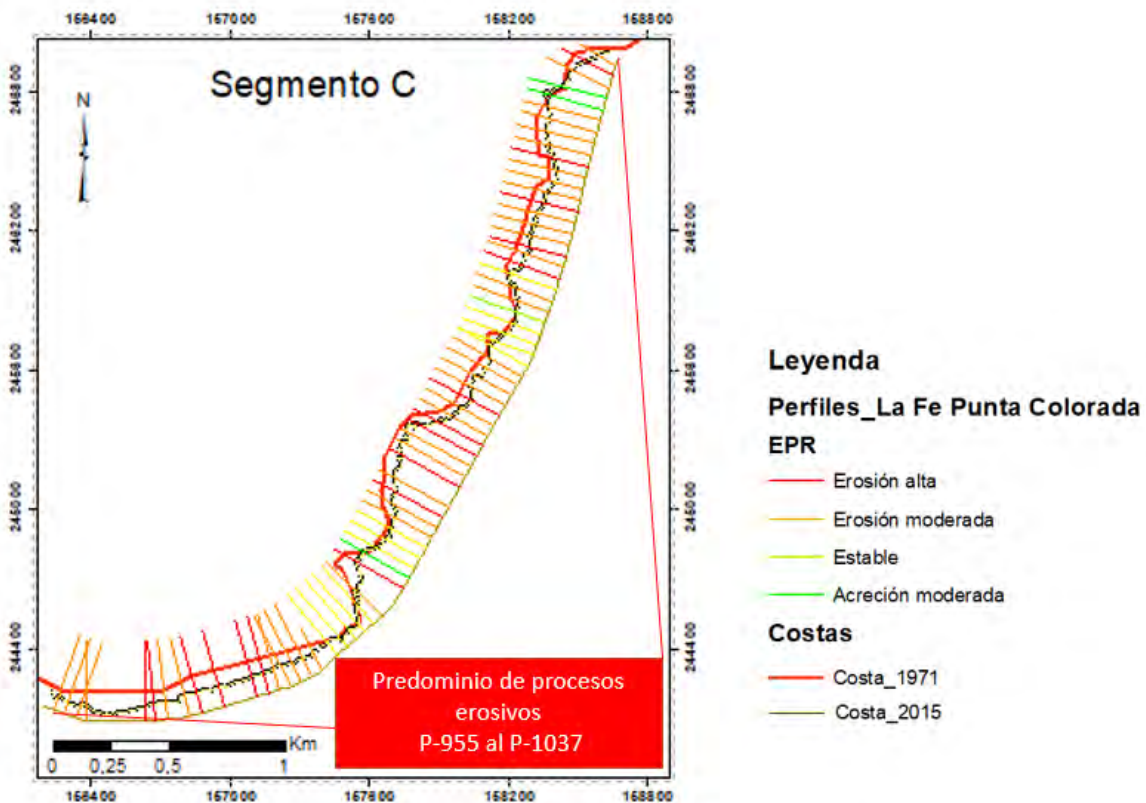
**FIGURA 5.** División en segmentos de la ventana La Fe–Punta Colorada para un estudio más detallado de la dinámica litoral y de los procesos actuantes

En los diferentes segmentos se estableció un análisis del comportamiento en cada caso, indicando la finalidad de su selección para una mejor interpretación que luego se comparará con análisis posteriores. En el segmento A (Figura 5), que abarca los transectos del 245 al 359 existe predominio de erosión reflejado en los transectos del 245 al 293, la acreción se observa del 335 al 359 y la alternancia de dichos procesos del 293 al 332.

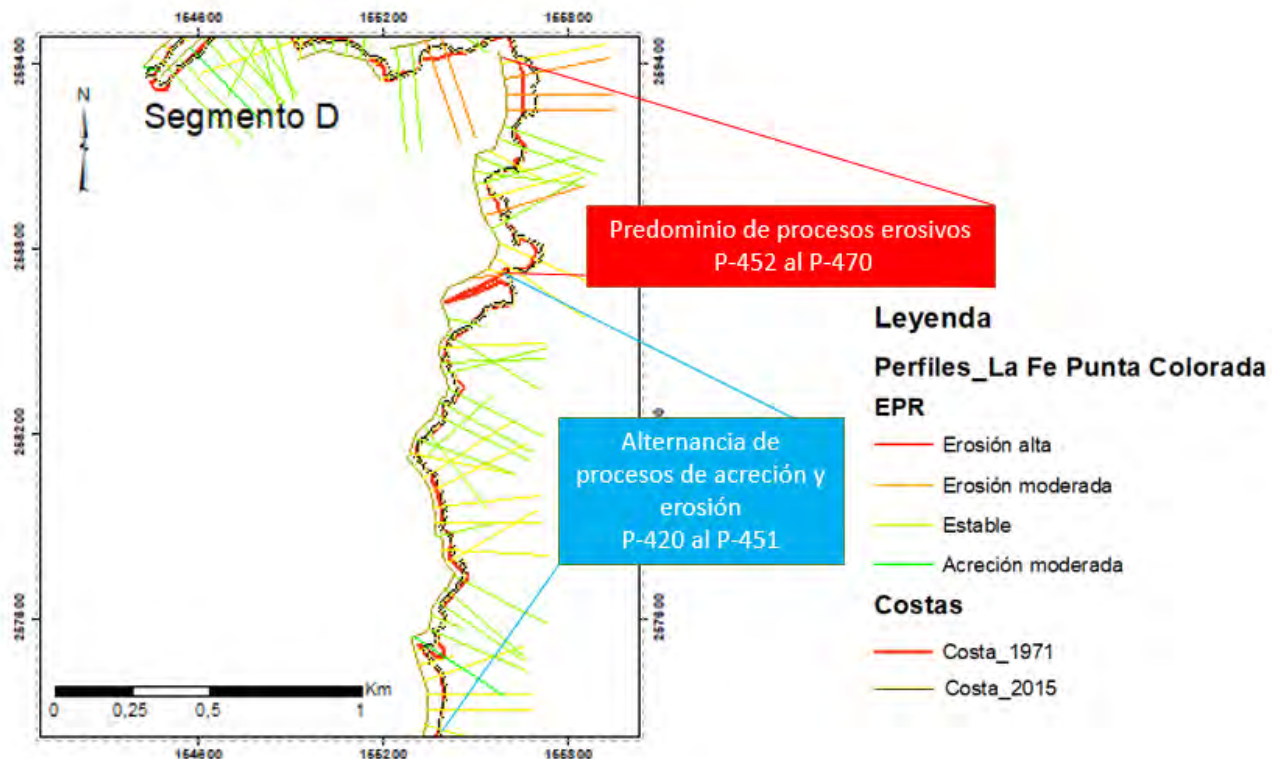
Para el segmento B la erosión se encuentra en el transecto 623 al 842 ubicado en su parte central. En relación con la alternancia de procesos erosivos y acumulativos se ve reflejado en su parte occidental y oriental reflejado en los transectos del 550 al 622 y del 843 al 943, respectivamente.

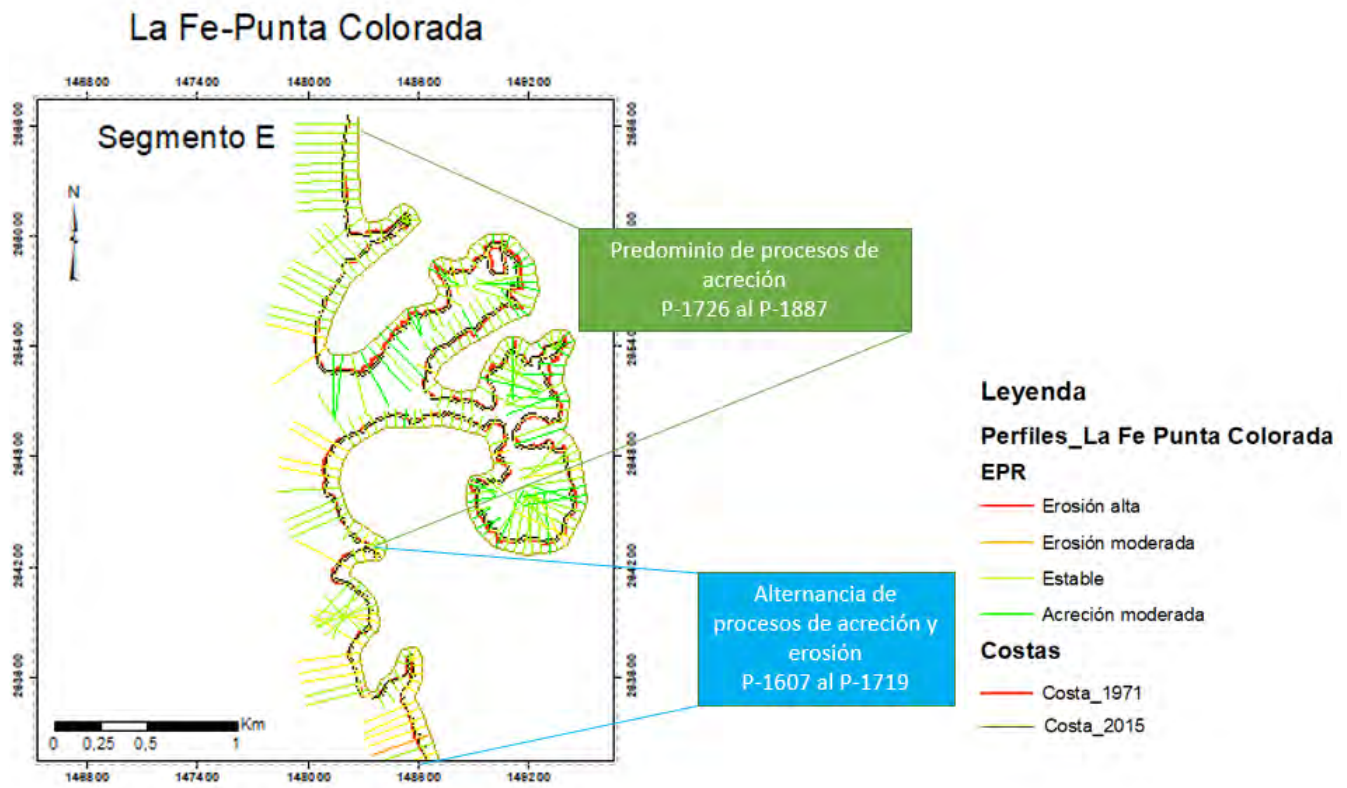


### La Fe-Punta Colorada



### La Fe-Punta Colorada





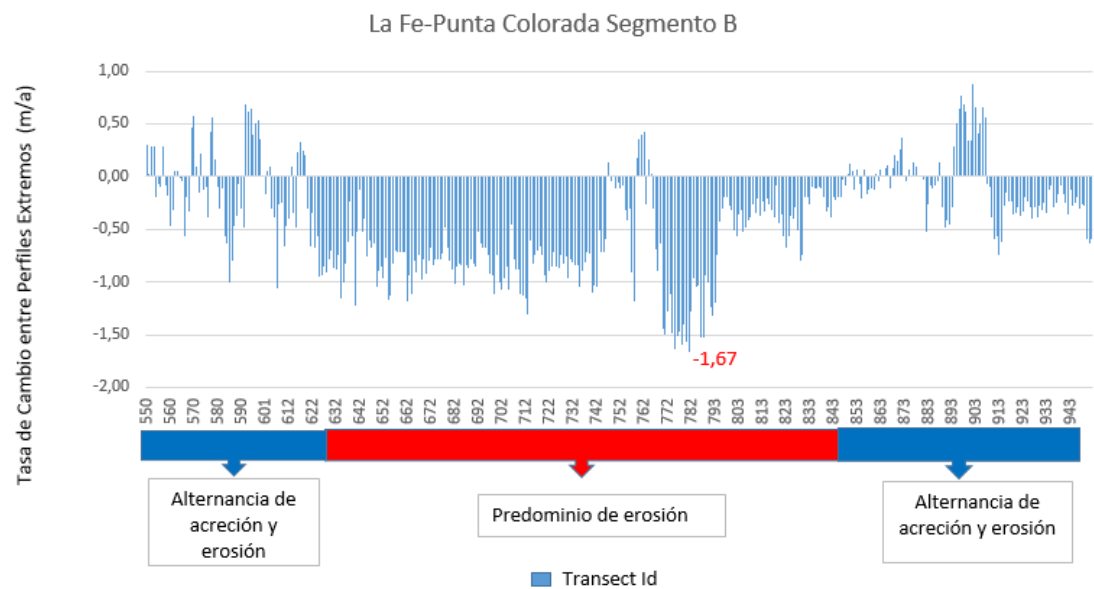
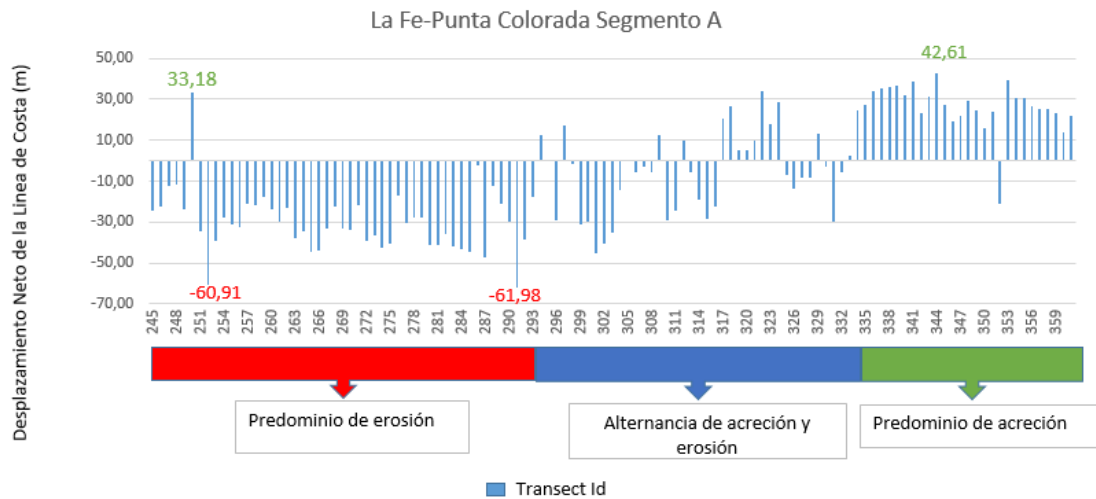
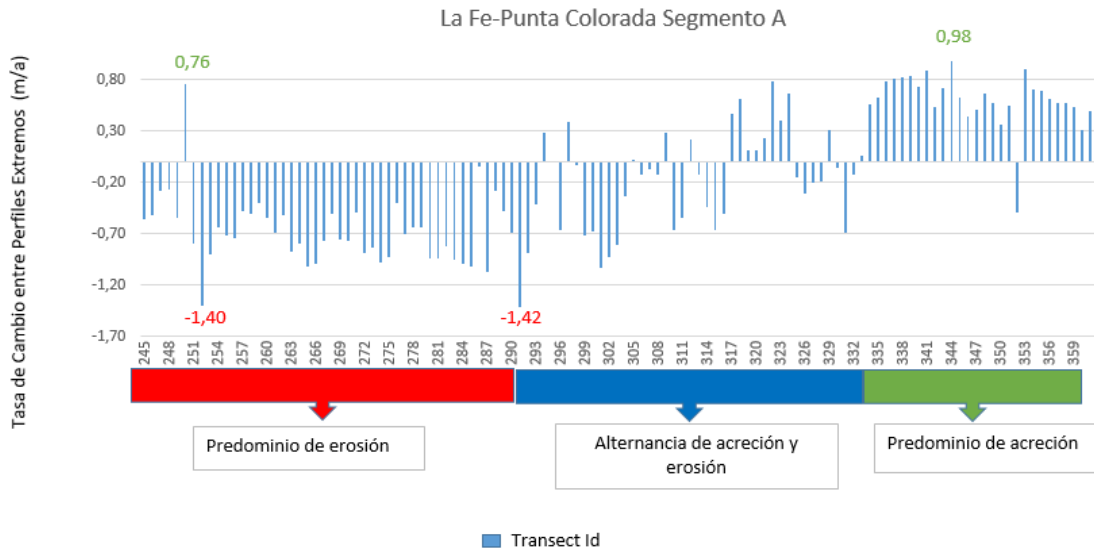
**FIGURA 6:** División en segmentos de la ventana La Fe–Punta Colorada para un estudio más detallado de la Tasa de Cambio entre los Perfiles Extremos (EPR)

En el segmento C (Figura 6), que abarca los transectos del 955 al 1037, predomina la erosión de manera similar en el D, el último de estos que va del transecto 451 al 470, además se alternan los procesos. Por último, el E posee, en parte de su extensión, predominio de acreción, aunque se puede observar en una parte menor la alternancia de procesos.

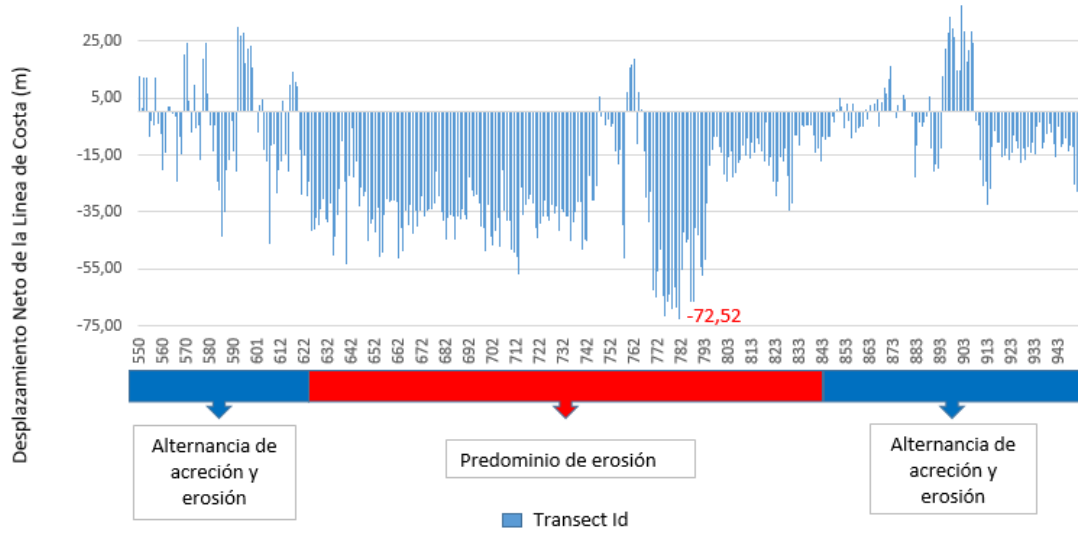
## TASA DE EROSIÓN Y ACRECIÓN DE LA COSTA

La clasificación y delimitación espacial de los procesos, expuestas en las figuras anteriores, se basan en el análisis estadístico de los cambios sufridos por la línea de costa en el intervalo de estudio. La herramienta DSAS cuenta con varios métodos de los cuales utilizamos dos para el análisis.

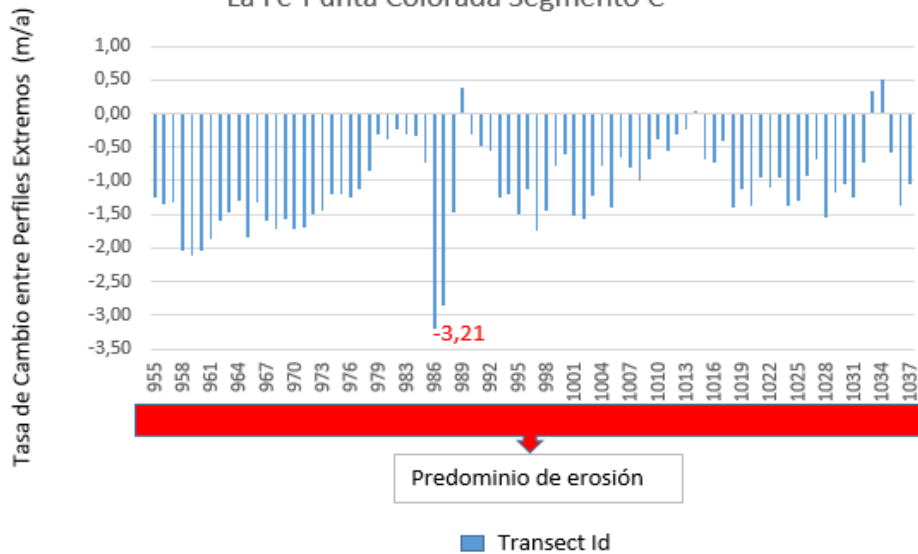
Los métodos se nombran: 1) Movimiento Neto de la Línea de Costa (en inglés Net Shoreline Movement o NSM), el cual define la distancia total existente entre la línea de costa más antigua y la más reciente en cada transecto y se expresa en metros y 2) Tasa de Cambio entre los Perfiles Extremos (traducción aproximada del inglés End Point Rate o EPR). Este EPR se calcula dividiendo el desplazamiento de la costa entre el tiempo transcurrido entre la línea de costa más antigua y la más reciente, es decir, que se expresa en metros/año. Además de facilitar los cálculos imprescindibles para un análisis pormenorizado, la investigación realizada cumple con los requisitos de estos dos métodos, pues se cuenta con dos posiciones de la costa en fechas diferentes, lo que constituye una ventaja adicional.



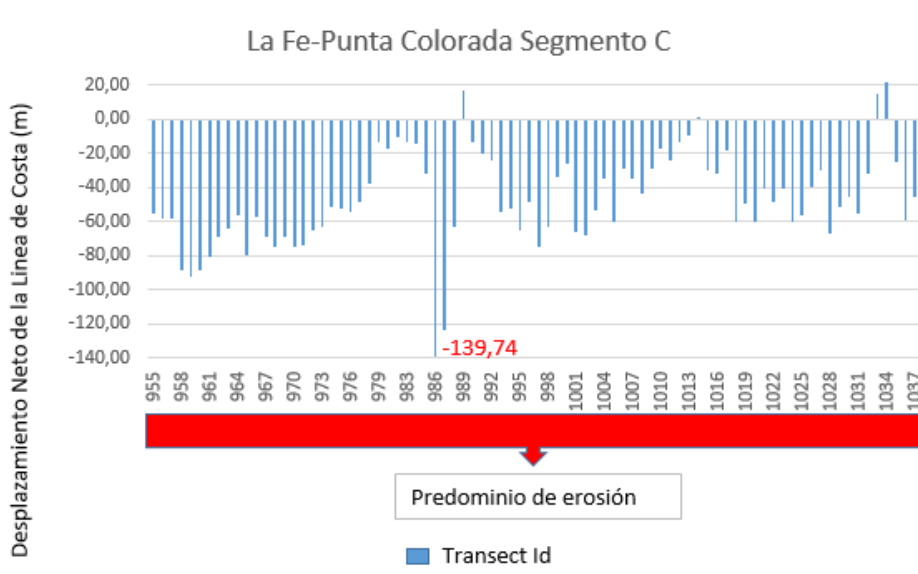
La Fe-Punta Colorada Segmento B

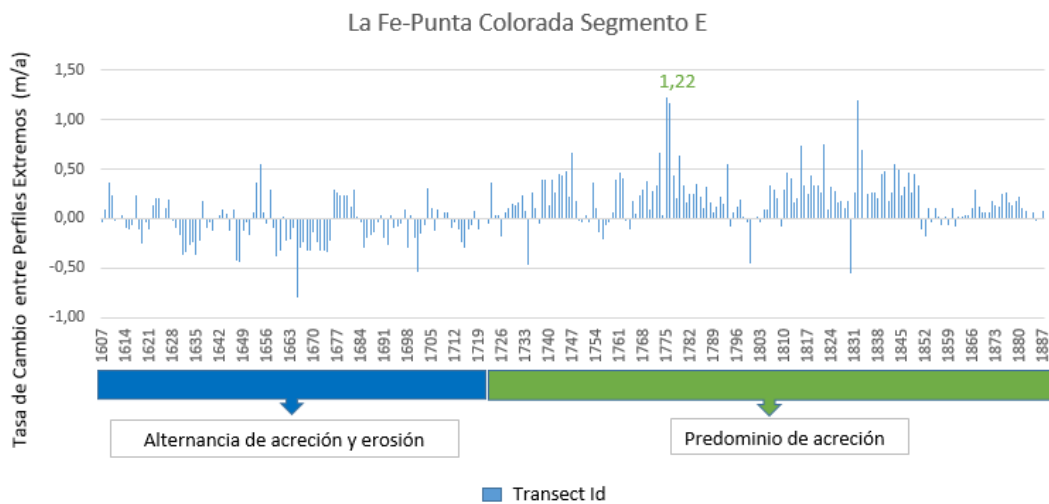
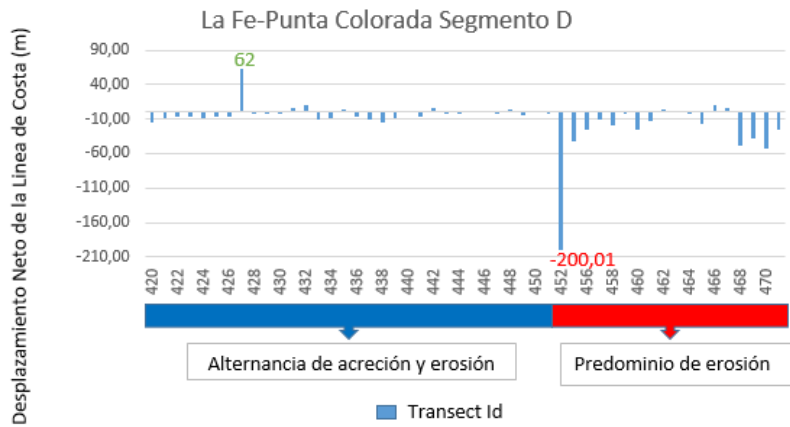
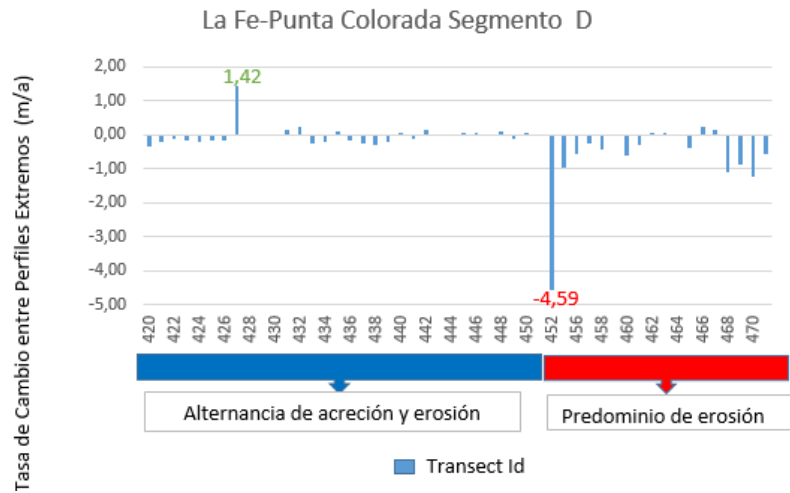


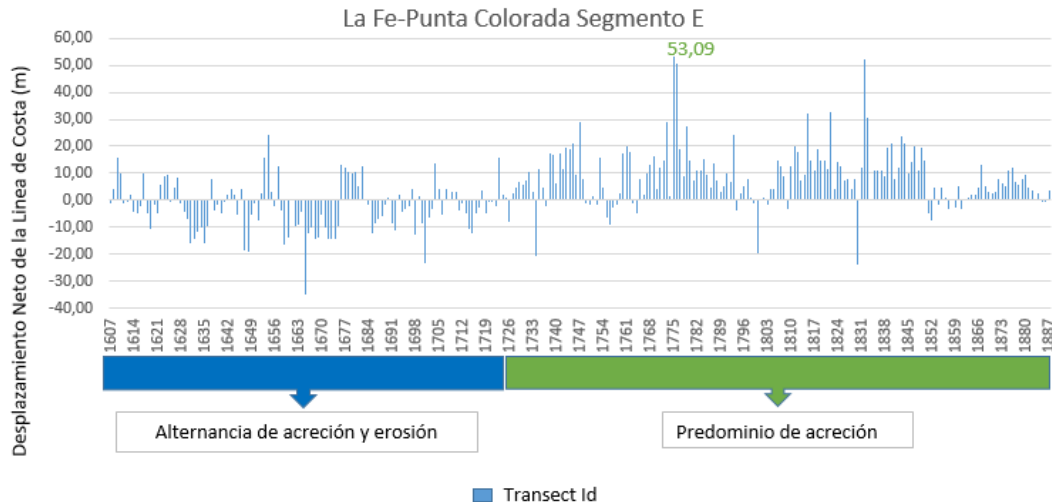
La Fe-Punta Colorada Segmento C



La Fe-Punta Colorada Segmento C







**FIGURA 7:** Tasa de cambio entre los perfiles extremos y el desplazamiento de la línea de costa

Los valores de NSM en La Fe–Punta Colorada oscilaron en un rango desde 62 m en sentido positivo (avance de la línea de costa hacia el mar o acreción) hasta 200,01 m en sentido negativo (retroceso hacia tierra o erosión). Es significativo que los máximos en ambos sentidos se hayan registrado en un mismo segmento, el D (Figura 7). En correspondencia con los valores anteriores de desplazamientos, sus tasas o EPR variaron de 1,42 m/año para la acreción a 4,59 m/año en la erosión, también en el segmento D (Figura 7).

La correlación entre las magnitudes de los dos parámetros confirman una mayor intensidad de la erosión, que no se manifiesta uniformemente a lo largo del litoral.

## INTERPRETACIÓN DE LA DINÁMICA COSTERA

La interpretación de la dinámica costera está basada en el análisis de varios indicadores como son: la topografía, la acción del oleaje sobre la costa, las corrientes marinas, las mareas, interacción del hombre y la alteración que esto produce en la naturaleza.

El área posee dos tipologías costeras: costa baja de manglar y costa de playa. Esto condiciona que esté afectada principalmente por la acción de las corrientes marinas y las mareas, la cual actúa principalmente sobre terrenos no consolidados. Las corrientes de mareas tienden a transportar sedimentos acarreados por la marea y otros por el drenaje normal de ríos y pantanos.

Estas corrientes, al incidir de manera directa con el tramo costero, pueden inducir a la sobre elevación del nivel del mar. Esta área posee pendientes que no exceden los 3 grados, un paisaje que se caracteriza por la presencia de manglares bordeando salientes y entrantes de tierra firme y el suelo arenoso y limoso que permite el desarrollo de manglares.

La alta resiliencia de los sistemas de manglar abre la posibilidad de que estos se mantengan estables al cambiar el nivel del mar (Menéndez y Guzmán, 2006, citado en Iturralde, 2015). No obstante, si existe un cambio brusco que no pueda ser balanceado por el crecimiento del mangle esto aumenta la erosión de los sedimentos por la incidencia de las corrientes de marea. En esta área se puede ver la incidencia directa de estos cambios.

Los asentamientos poblacionales en la cercanía de la costa tienen gran influencia y afectan de manera directa porque producen cambios significativos en la morfología de la costa.

## CONCLUSIONES

1. La utilización de fotografías aéreas de 1970 e imágenes satelitales de 2015 permitieron determinar cambios significativos en la posición de la línea de costa. Estas imágenes aeroespaciales se sometieron a diversos procesos que permitieron interpretar la información que brindan para una mejor gestión de datos. Para una mejor comprensión de los resultados se dividió el área en cinco segmentos a partir del análisis estadístico medido en cada transecto. En dependencia de los valores obtenidos se les asignaron 4 clases, indicadas por el color, en dependencia de la intensidad de los procesos: erosión alta, moderada, estabilidad y acreción moderada. Estos valores definen la incidencia de la erosión o la acreción en dependencia del segmento analizado.
2. Los resultados del procesamiento estadístico, empleando la herramienta del DSAS mediante el método del Desplazamiento Neto de la Línea de Costa (NSM), arrojaron que el máximo desplazamiento hacia el mar registrado ocurrió en el segmento D con 62 m evidenciando un fuerte proceso de acreción. Por otra parte, el máximo retroceso de la línea de costa en el área de estudio se da en el transecto 452 con unos -200,01 ubicado en el segmento D.
3. En cuanto a la Tasa de Cambio entre Perfiles Extremos (EPR) la mayor tasa de acreción registrada es de 1,42 m/año, coincidiendo con el máximo desplazamiento de la línea de costa hacia el mar ubicado en el segmento D. La tasa máxima de erosión es de -4,59 m/año ubicado en el segmento D.
4. La interpretación de la dinámica costera está basada en el análisis de varios indicadores como son: la topografía, la acción del oleaje sobre la costa, las corrientes marinas, las mareas, interacción del hombre y la alteración que produce en la naturaleza. Un cambio brusco que no pueda ser balanceado por el crecimiento del mangle aumenta la erosión de los sedimentos por la incidencia de las corrientes de marea.

## REFERENCIAS

- Archivo del Instituto de Geología y Paleontología. (2016): *Mapa Geológico de Cuba a escala 1: 100 000*. La Habana.
- Cabrera, M. y Batista, R. (2009): *Naturaleza geológica del territorio marino-costero de Cuba en el Cuaternario*. CNDIG. Instituto de Geología y Paleontología. CD ROM. La Habana. ISBN: 978-959-7117-17-9.
- Cabrera, M.; Orbera, L.; Núñez, A.; Pantaleón, G.; Núñez, K.; Triff, J.; Pérez, C. M.; Santos, M. R.; Chávez, M. E. y González, D. (2012): *Neotectónica y Ascenso del Nivel Medio del Mar*. Cent. Nac. Inf. Geol. y Publicimex. CD ROM. ISBN 978-959-711732-2.
- Cabrera, M., Denis, R.; Peñalver, L.; Triff, J.; Núñez, A.; Martín, D.; Batista, R.; Rodríguez, L.; Pantaleón, G.; García, D. (2013): *Caracterización geólogo-geomorfológica de las costas y archipiélagos comprendidos entre Guanahacabibes y la provincia Granma*. Archivo del Instituto de Geología y Paleontología. La Habana.
- Chavez, J. A., & Llorente, J. C. (2019): *Análisis multi-temporal de la evolución de la línea de costa en el sector norte de Cayo Jutía, Santa Lucía, Pinar del Río, entre los años 2005-2019*. Universidad de Pinar del Río.
- Crowell, M., Douglas, B. C., y Leatherman, S. P. (1997): On forecasting future U.S. shoreline positions: a test of algorithms. *Journal of Coastal Research*. (13) 4. 1245-1255.
- Curra, E. (2011): *Metodología para el análisis de la dinámica de costa a partir del PDI en Cayo Largo del Sur*. Facultad de Geografía. Universidad de La Habana.
- Curra, E. (2012): *El Procesamiento digital de imágenes y el análisis estadístico en la investigación de la dinámica de costas. Caso de estudio: Playas del Oeste en La Habana, Cuba*. Universidad de La Habana.

- Dolan, R.; Fenster, M. S.; y Holme, S. J. (1991): Temporal analysis of shoreline recession and accretion. *Journal of Coastal Research*. 7(3). 723-744.
- Iturralde, M.; Serrano, H. (Editores Científicos, 2015): *Peligros y vulnerabilidades de la zona marino-costera de Cuba: estado actual y perspectivas ante el cambio climático hasta el 2100*. Agencia de Medio Ambiente. CITMA. Editorial Academia.
- Juanes Martí, J. L. (1996): *La erosión de las playas de Cuba*. Alternativas para su control. Tesis doctoral. Facultad de Geografía. Universidad de la Habana.
- Juanes, J.; Rivas, L.; Morales, P. R.; Salazar, H.; Fernández, Y. N.; Chirino, A. y otros. (2015): PROYECTO 6. *Actualización y evaluación de la evolución de las playas para los años 2050 y 2100. (Informe inédito) MACROPROYECTO (PNAP): Escenarios de peligro y vulnerabilidad de la zona costera cubana, asociados al ascenso del nivel medio del mar*.
- Lorenzo, S. (2008): *Dinámica costera en el litoral sur de la Habana*. IV Simposio internacional sobre manejo integrado de playas y ecosistemas costeros. Varaplayas 2008.
- Kokot, R.; Codignotto, J. O. y Elissondo. M. (2004): Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*. 59 (3): 477-487.
- Méndez, M. et al., (2011): *Análisis preliminar de la vulnerabilidad de la costa de Andalucía a la potencial subida del nivel del mar asociado al cambio climático*. Consejería de Medio Ambiente de Santa Lucía en colaboración con la Universidad de Sevilla.
- Sosa, M.; Rivas, L., & Guerra, R. (2003). *Diagnóstico del estado actual de la playa del Club Habana*. Instituto de Oceanología, CITMA,. La Habana.

Como citar:

Garriga Francés, N.; Milá Doma, Y. C.; Denis Valle, R. A.; Triff Oquendo, J.; Núñez Labañino, A.; Peñalver Hernández, L. L.; Rodríguez Fernández, R. R. (2022): Análisis multitemporal en el tramo La Fe-Punta Colorada en el período 1970-2015. *Geoinformativa*. 15 (2) 36-53

Licencia:

Este artículo está protegido bajo una licencia Atribución-No Comercial-Compartir igual (CC BY-NC-SA) la cual permite compartir (copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato) y adaptar (remezclar, transformar y crear a partir del material), por lo que los autores, son libres de compartir su material en cualquier repositorio o sitio web.

