

# Cambios en los trazados de las líneas de costa y formación del *beachrock* en playa Najayo San Cristóbal, República Dominicana: Playa de Carlos Pinto.

**Ana Hilda Valera Arias**    *Estudiante, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)*

---

De acuerdo a los cambios observados en las líneas de costa de la playa de Najayo durante el periodo de estudio, comparados y analizados con imágenes satelitales de años anteriores, se determinó qué tal litoral se encuentra en un proceso de retrogradación casi todo el año. Siendo, este fenómeno más visible durante los meses junio-septiembre, ésto comparado con los demás, donde presentaron una ligera progradación desde octubre hasta abril de poco menos de 20 m. En tal sentido, se puede atribuir dichas observaciones, a los fenómenos naturales que afectan a la región (temporada ciclónica), motivo de que durante esa temporada los cambios fueron relevantes. Además, la Playa de Carlos Pinto presentó mayor variación en sus líneas y un perfil cóncavo. Posiblemente, por la dirección de los vientos (este-oeste) o por la corriente marina que se encarga de erosionar ese espacio. También, por encontrarse en su territorio la desembocadura del arroyo Agua Dulce, el cuál es de curso temporero y se abre paso con facilidad hacia el mar en tiempo de lluvia. En tanto que, sus sedimentos tienen medidas promediadas entre los 9 a 15 mm de largo y 8 a 13 mm de ancho. Por último, posee rocas que descienden hacia el mar, se cree que fueron originadas por la compactación de la arena con el carbonato de calcio.

*Keywords:* dinámica costera, *beachrock*, manglar, erosión, playa

---

## 1 Introducción

El mar constituye un elemento fundamental del conjunto de componentes de la superficie terrestre, capaz de generar cambios en las líneas de costas, sean estas en una isla o continente de acuerdo con (Kokot, Codignotto, & Elisondo, 2004). Para Suárez de Vivero (1999), el término costa puede aludir a la franja de tierra que bordea el mar o a la zona de contacto entre el medio marino y el medio terrestre. Teniendo en cuenta que la línea de costa puede variar en un instante, o con el paso de los años, ya sea por la dinámica litoral o por causa de fenómenos naturales, que pueden traer como posible consecuencia la erosión o regresión de la costa (J. Codignotto, 1997; Kokot, 2004).

Para Kokot (2004), la erosión costera es el resultado de un exceso de remoción de sedimentos respecto del aporte suministrado a un área determinada en un periodo específico. La misma abarca la emersión y sumersión de sedimentos en las orillas del mar o la playa, lo que mantiene en constante movimiento el límite exacto de la costa. Varios autores se han dedicado al análisis de línea de costa, usando como fuentes imágenes satelitales o fotografías áereas históricas. También se realizan observaciones y mediciones por un periodo de tiempo determinado que puedan dar respuestas a las causas de dicho cambio (Cervantes Guerra, Almaguer Carmenates, Orozco Melgar, Pierra Conde, & Gursky, 2009; Esquer, Carreon, & others, 2018; Hernández Santana, Ortiz Pérez, Méndez Linares, & Gama Campillo, 2008).

La costa como unidad geomorfológica se mantiene en constante estado de evolución. La importancia de conocer hacia dónde se desplaza más y qué forma ésta va adquiriendo, permite difer-

enciar el tipo de costa que, de acuerdo con J. Codignotto (1997), puede clasificarse como: costa en progradación, costa estacionaria y costa en retrogradación. Del mismo modo, el autor hace énfasis en la importancia de comprender los factores que inciden en este proceso y las causas que lo producen. Además de incluir posibles formaciones geoquímicas que se pueden producir en la zona producto de estos cambios, como es el caso de la roca de playa.

De acuerdo con Aliotta, Spagnuolo, & Farinati (2009), las rocas o *beachrock* son formaciones sedimentológicas comunes que evidencian un proceso erosivo del litoral, los cuales se dieron lugar en un ambiente geoquímico que enmarcó un periodo de evolución continua que pudo abarcar varias etapas del tiempo geológico. Es posible que durante ese proceso la arena de la playa compactara por medio de cemento carbonático y al pasar varias épocas posiblemente afloraron. En la isla de Santo Domingo las formaciones arrecifales o rocas de playas datan del Neógeno y el periodo cuaternario. Ejemplo de ella según Diaz de Neira (2007–2010), la Fm. Isabela del pleistoceno; formación carbonatada arrecifal, rica en corales de tallas variables. Aflora bajo la forma de diferentes relieves, formando arrecifes en escalera descendiendo hacia el mar (ver figura 1).

El litoral costero de la parte sur del país se caracteriza por pequeños acantilados, playas de origen aluvial y dunas extensas (Abreu, 1999). Además, mareas con oleajes extremos típico del mar caribe. No obstante, la ecología actúa como componente categórico en el microclima de una zona, resultado de la diversidad que ésta puede aportar. Por tal motivo, el interés de conocer el tipo de vegetación. Razón de que estos, sobre la arena son imprescindible para la conservación de los sedimentos, los cuales pueden desvanecerse a consecuencia de la erosión del viento y la lluvia (D'Croz, 1985).

De acuerdo con Cámara Artigas (1997), los litorales de la isla, se caracterizan por tener plantas propias de la familia Polygonaceae o Rhizophoraceae como la cocoloba\_uvífera (uva de playa) (ver figura 2) y el mangle rojo (ver figura 3). De igual modo la vegetación cercanas a aguas dulce o salada suele llamarse bosques de manglares, estos suelen encontrarse en algunas dunas costeras de la parte sur del país, principalmente en las riveras y desembocaduras de cuencas lacustre. Conforme Polanía & Nat (1998), estos tipos de bosques son asociaciones vegetales que prosperan en las costas tropicales y subtropicales del mundo. Pero en la isla de Santo Domingo existe una tipología diferente en dichos espacios costeros.

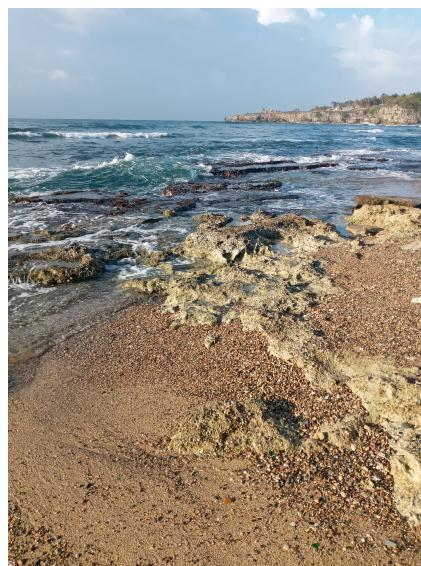


Figure 1: Afloramiento de rocas playa\_Najayo



Figure 2: Vegetación dunas de playa



Figure 3: Manglar

La playa de Najayo se encuentra ubicada en la sección del mismo nombre, perteneciente al municipio San Gregorio de Nigua, provincia San Cristóbal, al Sur de la República Dominicana. Fisiográficamente, se ubica en la llanura costera del Caribe, en las coordenadas aproximadas 18°17'40" latitud Norte y 70°06'02" longitud Oeste. De acuerdo al mapa geológico de la isla de Santo Domingo (Abad de los Santos, 2007–2010), se estima que la formación del relieve costero de Najayo data de la era Cenozoica periodo Cuaternario entre las épocas Eoceno-Mioceno, el mismo está compuesto por arena y gravas bioclásticas formando el cordón litoral, además de conglomerado, gravas, arenas de fondo de valle, calizas arrecifales, calcirudititas y calcarenitas (ver figura 4).

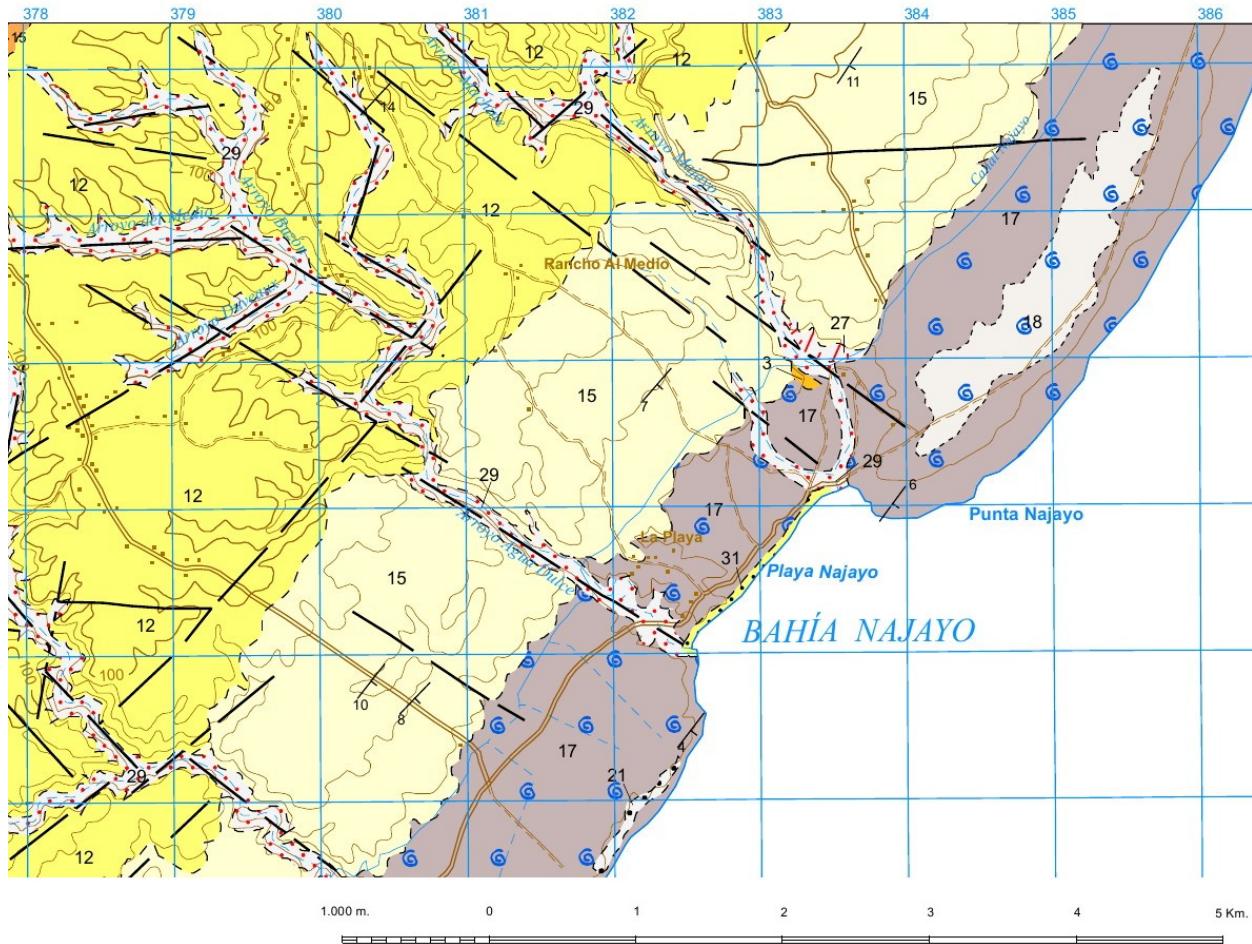


Figure 4: Mapa geológico escala 1:50,000 (hoja Nizao)

Este estudio tiene como objetivo contribuir al conocimiento de la dinámica y geomorfología litoral dominicana, utilizando como estudio de caso la playa de Najayo. En particular, este estudio plantea identificar cambios en el trazado de la línea de costa, en qué lugares y época del año comúnmente se producen y a qué factores se atribuyen. Igualmente, analizar la granulometría de los depósitos de playa, así como explorar su variabilidad y proponer factores explicativos. Además, determinar las causas que originaron el *beachrock* situado en el centro de la playa. Finalmente, examinar el perfil de playa mediante técnicas fotogramétricas y navegación por satélite. La

importancia del presente estudio consiste en que aporta nuevo conocimiento sobre la playa de Najayo y su dinámica, y porque tiene potencial para informar medidas de gestión de este importante recurso natural.

## 2 Metodología

Para alcanzar los objetivos se emplearon varias técnicas, entre las que se incluyen fotogrametría, navegación por satélite, teledetección, sistemas de información geográfica y estadística. Por consiguiente, cada técnica empleada generó una serie de resultados que permitieron el desarrollo de la investigación y la producción de informaciones.

Los cambios en el trazado de las líneas de costa se analizaron utilizando imágenes satelitales de Landsat 8 adquiridas entre los años 2013 y 2019. De cada escena se extrajo la línea de costa empleando el algoritmo CoastSat, el cual es un conjunto de herramientas escritas en Python, que permite al usuario obtener series de tiempo de la posición de la costa (Vos, Splinter, Leaman, & Ianturner, 2019).

Al delimitar las líneas de la costa, posteriormente se utilizó la aplicación (QGIS y otros, n.d.) donde se seleccionaron los trazados de mayor precisión teniendo como referencia la línea más antigua (2013), dentro de dicho entorno gráfico se digitalizaron 25 transectos perpendiculares a la dirección general del diseño. Finalmente, tanto los transectos como las líneas fueron analizadas en R utilizando el script RCoastSat (Batlle, 2020b; R Core Team, 2020), el cual produjo resultados gráficos que facilitaron la interpretación.

Asimismo, se colectaron siete muestras de sedimentos, que incluyeron tanto arenas como gravas, los cuáles fueron seleccionados en base a tres áreas con respecto al mar (canal, berma y duna de playa) e identificadas con un código de lugar (ver figura 5). Dichas muestras fueron depositadas en bolsas Whirl Pak de 23 cm L x 11.5 cm W, con 0.064 mm de grosor y 532 ml de capacidad. También, se tomaron las coordenadas de cada punto con el receptor GPS convencional del teléfono móvil y se midieron los clastos (en milímetros) presentes con una regla en dos ejes largo y ancho. Estos datos fueron llenados en un formulario electrónico para cada muestra, utilizando la aplicación ODK Collection (Singh, 2013) descargada en el teléfono. Además, se extrajo por medio de un martillo un fragmento del *beachrock* (ver figura 6) al cuál se le aplicó ácido clorhídrico para determinar si contenía carbonato. Finalmente, para tener datos recientes del perfil de la playa, se realizó un vuelo de dron y se tomaron fotografías de la zona.

Se tomaron 136 fotografías aéreas verticales con un dron, de las cuales 58 se adquirieron en la playa de Carlos Pinto (extremo sudoccidental) y 78 en la de Los Pescadores (extremo nororiental). Estas fotografías se posprocesaron utilizando OpenDroneMap, para generar modelos digitales de superficie (DSM, por sus siglas en inglés) y ortofotografías. Los DSM fueron empleados en la extracción de perfiles topográficos de la playa por medio de transectos utilizando el script de BeachProfile (Batlle, 2020a), y las ortofotografías se emplearon para evaluar el aspecto general de la playa (ver figura 7). El script BeachProfile genera perfiles de playa de forma dimensional con una misma o diferentes escalas, al igual que la concavidad que muestra cada una .

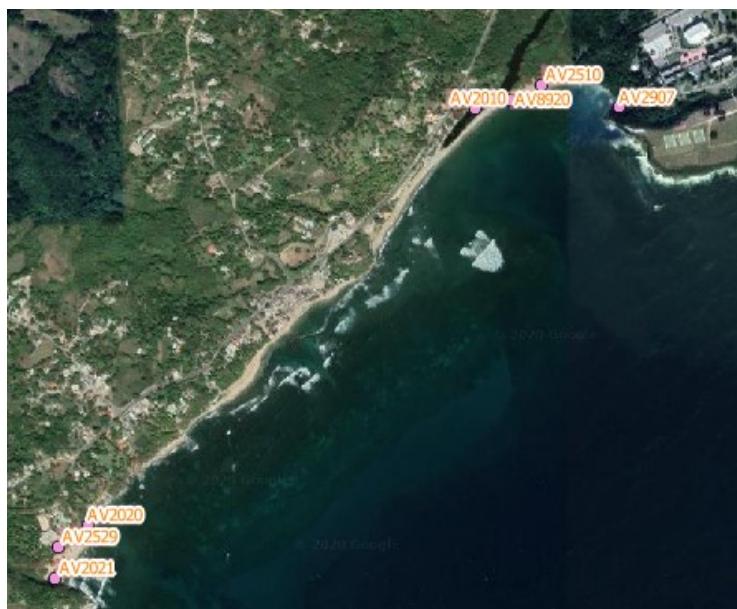


Figure 5: Localización de los puntos de colectas



Figure 6: Composición de la roca de playa

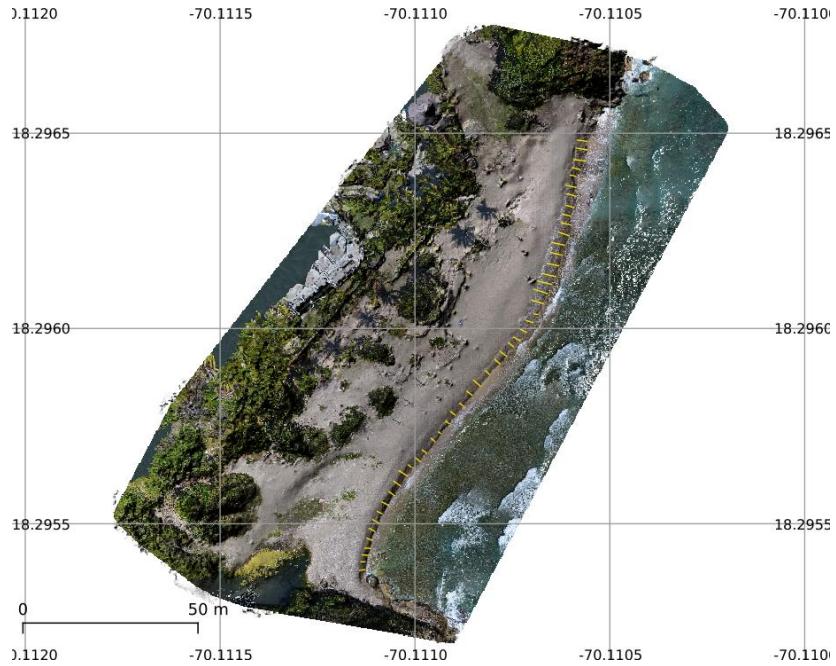


Figure 7: 48 transectos para la construcción del perfil de playa

### 3 Resultados

Los resultados generados se agrupan en tres subconjuntos: compilación de trazados en la líneas de costa, análisis granulométrico y las formaciones de rocas en el centro de la playa, además de la restitución fotogramétrica para la obtención de información tridimensional.

#### 3.1 Cambios de la líneas de costa

Los trazados de las líneas de costa y los 25 transectos permitieron reconstruir una serie de temporal de la dinámica del litoral de Najayo (ver figura 8). Estos transectos muestran un esquema del cambio de la costa por trimestre de cada año (ver figura 9). También se identificaron los sectores de la playa más susceptibles al cambio y las épocas del año de mayor actividad (ver figura 10). De manera global, los cambios más prominentes ocurrieron en el tercer cuatrimestre (septiembre-diciembre) de cada año, en los que comúnmente predominó la progradación en casi todos los años. Por el contrario, durante los meses de junio a agosto, se registró una dinámica predominante de retrogradación.

En cuanto al perfil de playa, las pendientes generadas de manera dimensional presentaron inclinaciones y a escalas diferentes en varios transectos, a medida en que avanzaba al extremo occidental (ver figura 11). Por consiguiente, el declive más bajo estuvo en los espacios del 1 hasta el 10 con medidas desde  $-6.3^{\circ}$  y  $-14.11^{\circ}$ , el alto desde el 41 al 48 con  $-11.78^{\circ}$  y  $-19.99^{\circ}$  aproximadamente (ver figura 12 y 13). En relación con el índice de concavidad, ésta mostró un perfil cóncavo con inclinaciones de poco más de  $-0.01^{\circ}$  y menos de  $-0.51^{\circ}$  (ver figura 14 y 15).

### 3.2 Análisis granulométrico

El tamaño de los sedimentos presentó variaciones en cada punto de muestreo (ver figura 16), donde se resumen los estadísticos y tamaños de muestra en cada una de las localidades de colecta (ver figura 17 y 18). La playa de los Pescadores registró los valores extremos, tanto de ancho como de largo de los clastos. Por otra parte, en las muestras de Carlos Pinto, los clastos fueron más largos en promedio que en la otra playa.

En los diagramas de caja y en los histogramas se observa que las muestras presentan sesgos hacia la derecha o positivo en ambas playas (ver figura 19 y 20). Adicionalmente, se identificó la distribución por cuartiles de las mediciones según playa (ver figura 21). En la playa los Pescadores el 25% más pequeño de los clastos alcanzó 10 mm de largo y 7 mm de ancho, la mediana (el valor que mide la muestra en dos partes iguales) fue de 13 mm y 10 mm para el largo y el ancho respectivamente, mientras que el tercer cuartil, es decir el 75% más pequeño de los clastos medidos tenía 15 mm o menos de largo y 12 mm de ancho. En tanto que, en Carlos Pinto la mediana fue de 15 mm y 9 mm de largo y ancho respectivamente y el primer cuartil de 13 mm de largo y 8 mm de largo aproximadamente.

### 3.3 Rocas de playa

Las rocas emergidas y submarinas en la playa de Carlos Pinto se ubican en el centro de la costa. Estas afloran someramente en pequeños bancos de la playa, excepto las que se encuentran cerca a los pequeños acantilados. Se extienden desde la superficie terrestre hacia el mar, principalmente desde la desembocadura de dos cañadas, ésta se define como cuerpo de agua de curso temporero que circula sobre la superficie y desemboca en otra masa de agua sea dulce o salada.

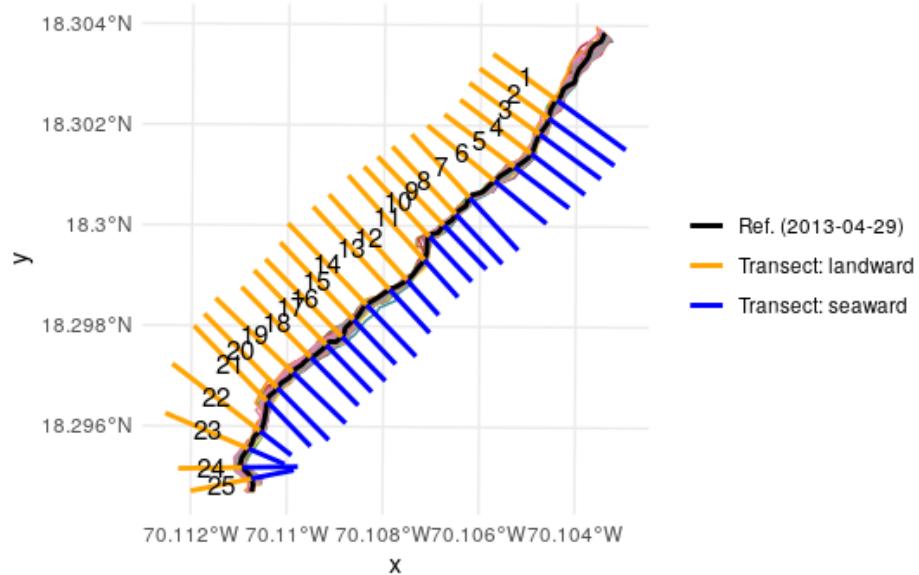


Figure 8: Líneas de costa desde 2013 a 2019 y transectos realizados

La línea de color negro representa el trazado de referencia, el cual fue extraído de la imagen satélital del año 2013. Los transectos de color amarillo representan la superficie terrestre en tanto que los de azul el mar.

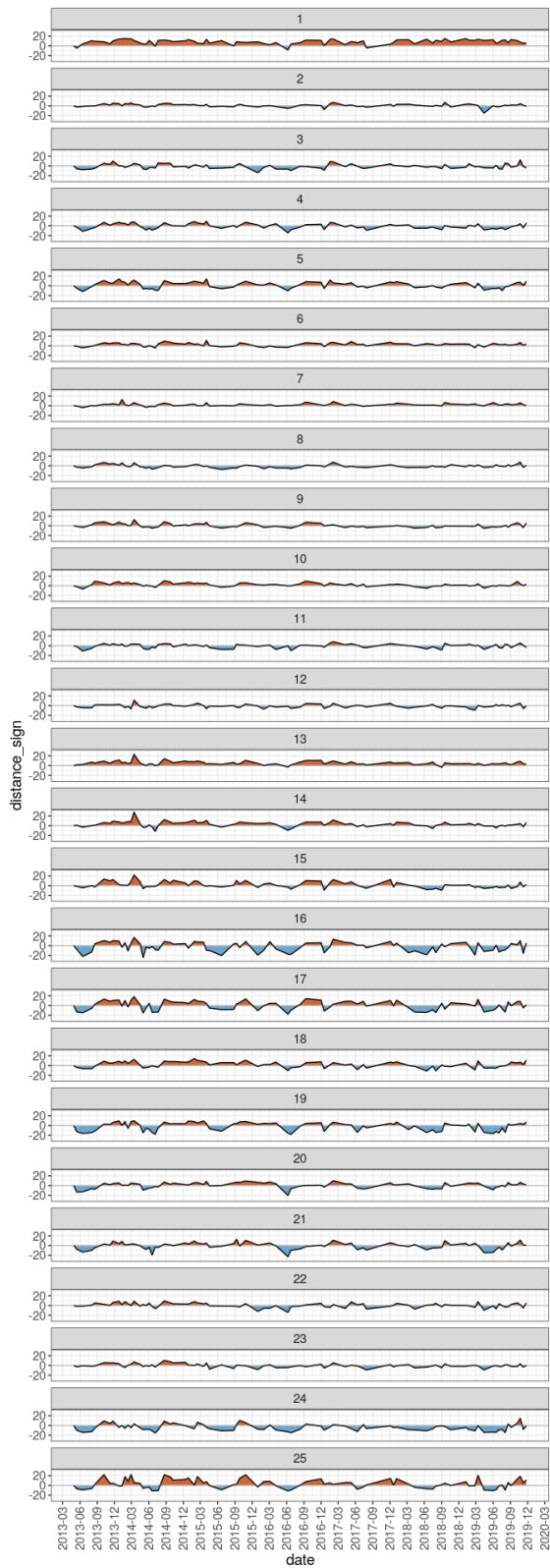


Figure 9: Transectos sobre las líneas costera de playa\_Najayo

Transectos	Fecha	Descripción/cambio observado
1,13,14 y 15	2013-2019	Las líneas de costa cambiaron sustancialmente. Hubo progradación de poco más de 20 m durante el periodo, excepto el mes de junio del 2016 en el cuál hubo retrogradación.
2,12,22 y 23	2013-2019	No se presentaron variaciones sustanciales en el trazado de la línea de costa.
3,4 y 24	2013-2019	Las líneas de costa cambiaron su trazado durante casi todos los años, el mar obtuvo una retrogradación menor a los 20 m, en especial en junio del 2016.
5	2013-2019	Se registró tanto retrogradación como progradación en el periodo, en ambos casos de menos de 20 m.
6-9	2013-2019	No hubo cambios
10 y 11	2013-2019	Los límites de costa variaron ligeramente tanto de parte del mar como de la superficie terrestre menos de 20 m.
16,17 y 19	2013-2019	Predomina la retrogradación igual o menor a los 20 m, excepto entre los meses de septiembre-junio (2013- 2014), en las cuales predominó la progradación.
18,20 y 21	2013-2019	Progradación desde el 2014 hasta junio del 2016 y retrogradación en los demás casos, con una magnitud de cambio igual o menor a los 20 m.
25	2013-2019	Exhibe varios cambios entre las líneas de costa, el mar prosperó hacia tierra en el mes de junio de todos los años, en tanto que la tierra agradió en el tiempo restante.

Figure 10: Resultados cambios en la líneas de costa

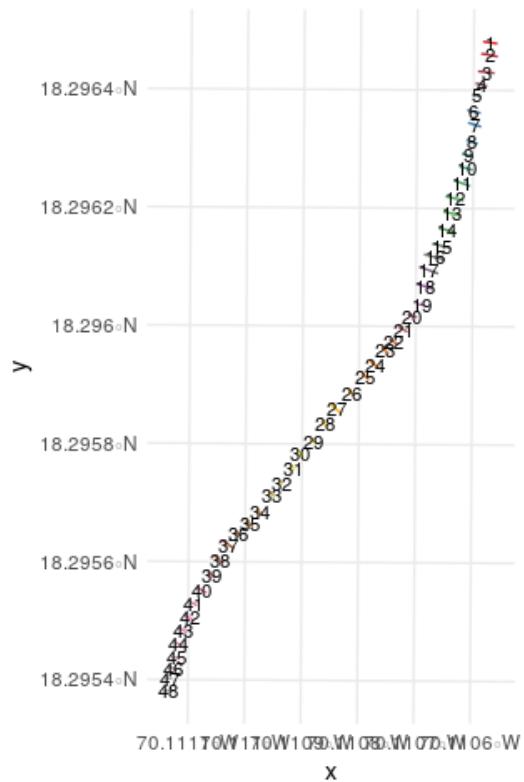


Figure 11: Inclinación de los transectos

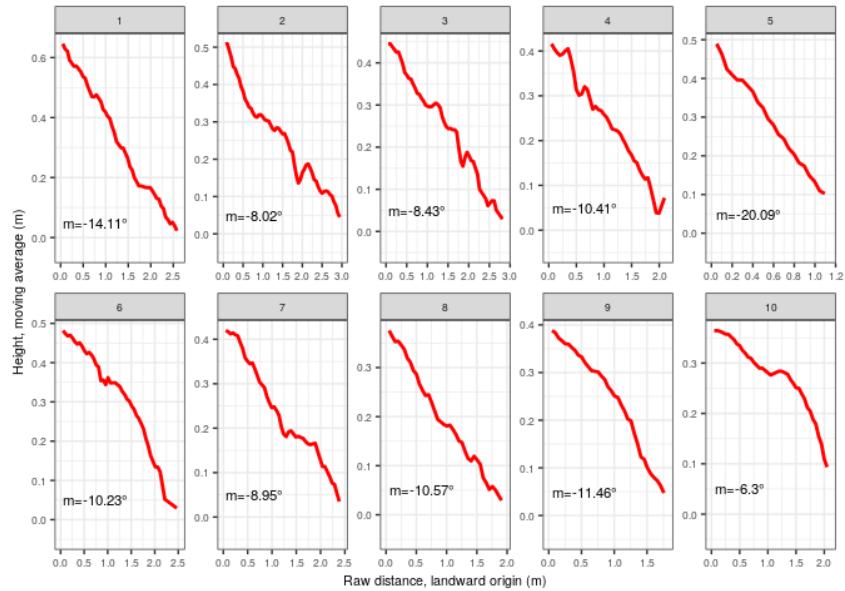


Figure 12: Pendiente alta de la playa

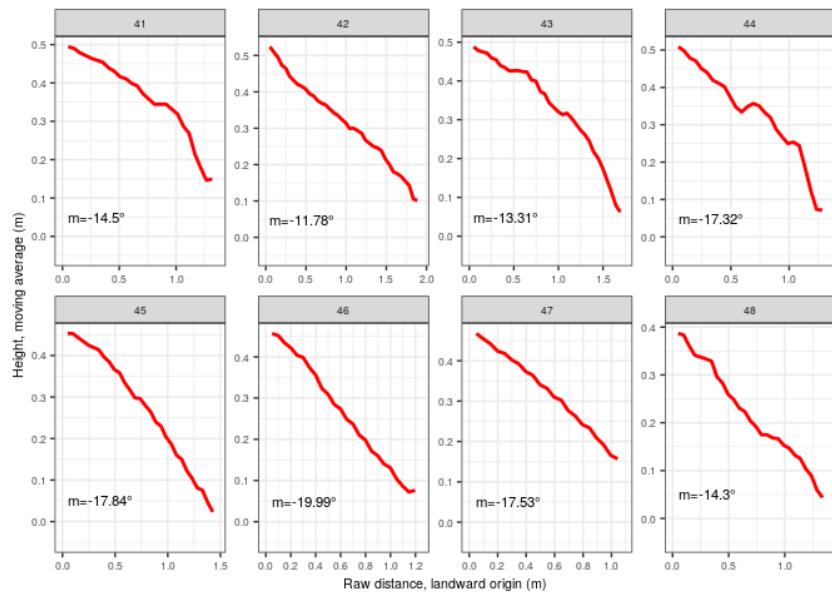


Figure 13: Pendiente baja de la playa

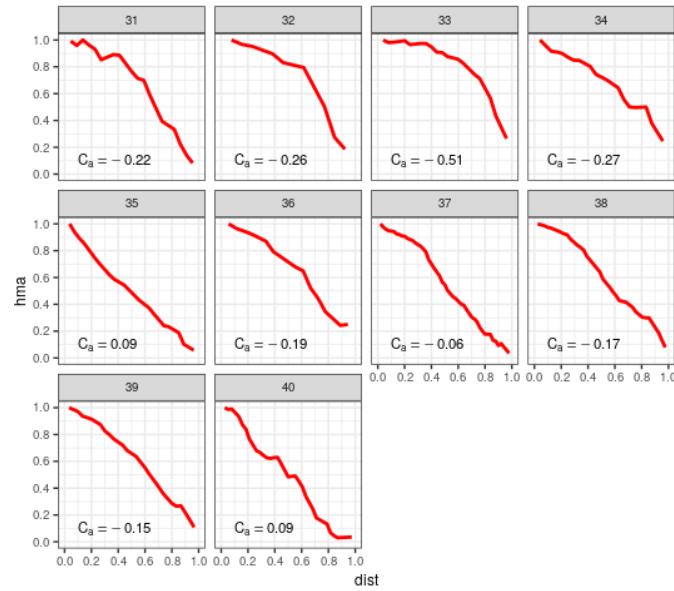


Figure 14: índice de concavidad

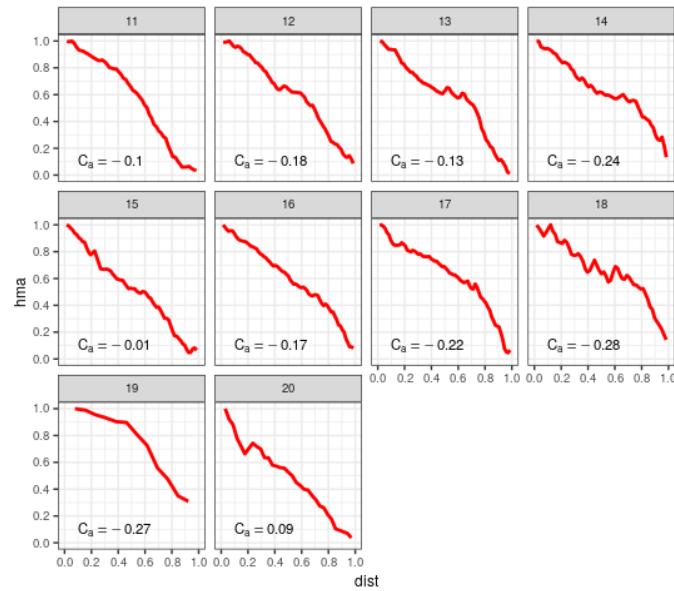


Figure 15: índice de concavidad

Código de la muestra	Descripción observada
AV2010	El 25% de los sedimentos midieron poco más de 20 mm de largo y ancho, exceptuando algunos valores que obtuvieron menos de 10 mm.
AV8920	El 75% de los clastos midieron entre 10 a 25 mm de largo y ancho, a excepción de algunos valores que tuvieron resultados extremos de 50 y 34 mm.
AV2510	El 100% del material medido tuvieron valores de 4-7 mm de ancho, excluyendo dos que midieron poco más de 20 mm. Mientras que, el 50% posee clastos con medidas de 6-9 mm de largo.
AV2907	El 75% de los clastos tienen medidas de 10 a 15 mm en sus dos ejes.
AV2020	El 25% de los sedimentos obtuvieron medidas de 8-10 mm de ancho y el 75% el 9-18 mm de largo, excepto por valores que quedaron por debajo y encima de los mismos.
AV2021	El 75% agrupan los clastos con medidas de 9-12 mm de ancho, mientras que, el 50% contiene de 10 a 15 mm de largo.

Figure 16: Análisis estadísticos de las muestras

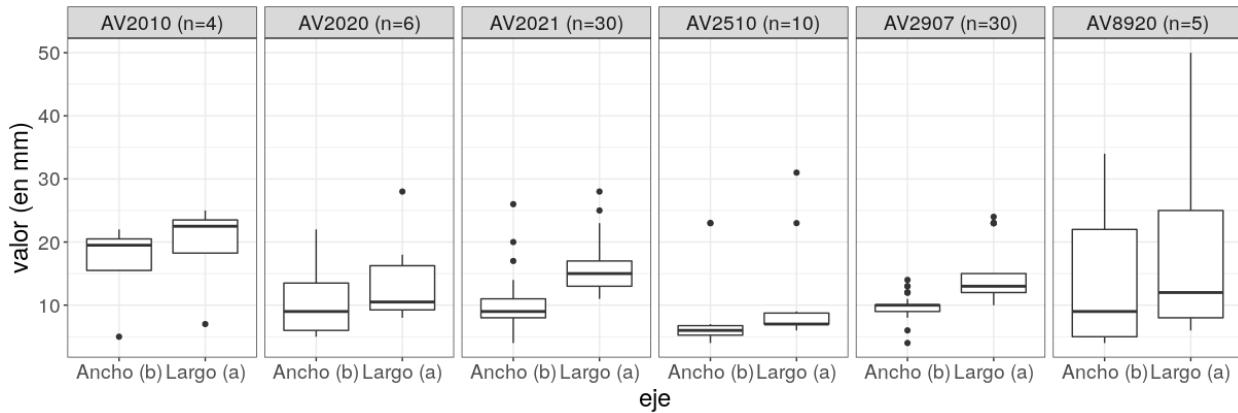


Figure 17: Diagramas de caja de las dimensiones 'largo' (a) y 'ancho' (b) de clastos colectados en las playas de Najayo

Lugar	Promedio		Valor min. (a)	Valor min. (b)	Valor máx. (a)	Valor máx. (b)
	(a)	(b)				
Playa los Pescadores	13.00	10.00	6.00	4.00	50.00	34.00
Playa Carlos Pinto	15.00	9.00	8.00	4.00	28.00	26.00

Figure 18: Estadísticos descriptivos básicos de las dimensiones 'largo' (a) y 'ancho' (b) de clastos colectados en las playas de Najayo

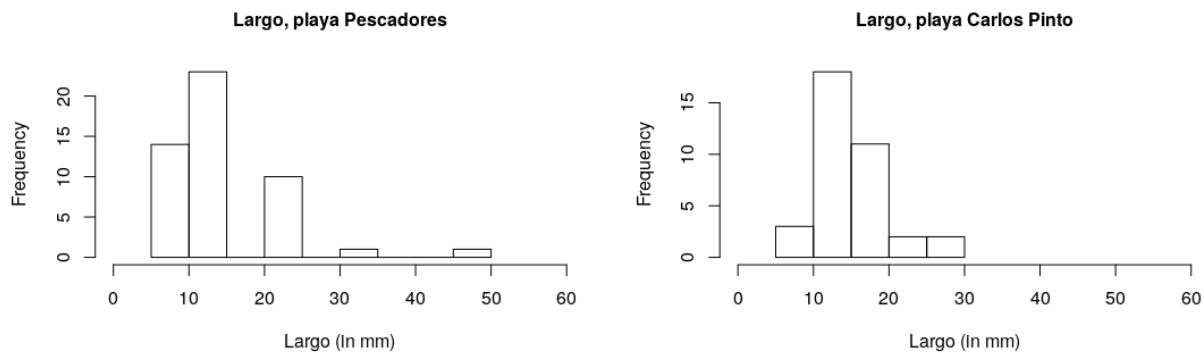


Figure 19: Histograma de la dimensión 'largo' de de clastos colectados en las playas de Najay

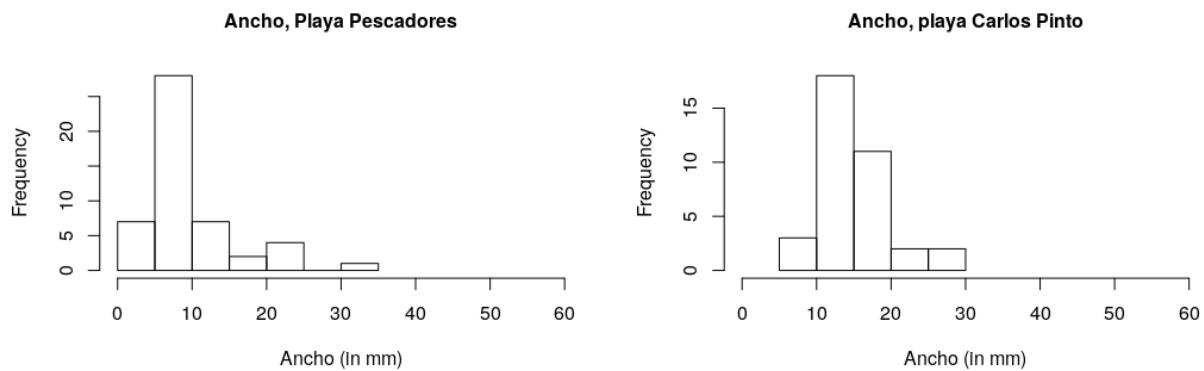


Figure 20: Histograma de la dimensión 'anchura' de los clasto

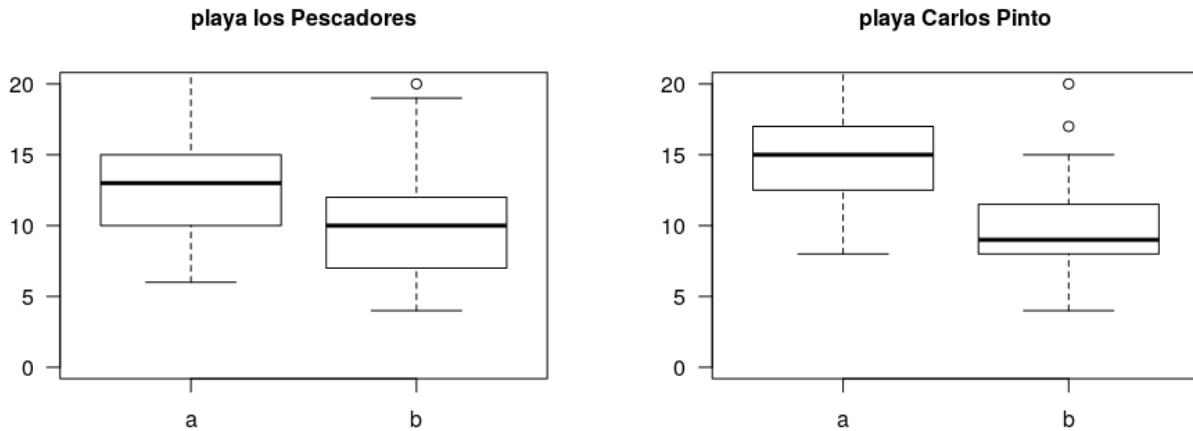


Figure 21: Diagramas de cajas de las dimensiones ‘largo’ (a) y ‘ancho’ (b) de clastos colectados en las playas de Najayo

#### 4 Discusión

Los cambios en la costa se les pueden atribuir a diferentes fenómenos que pueden dejar consecuencias de aspecto temporales o permanentemente en un espacio determinado. Por lo cual, es factible identificar las variaciones en los trazados de las líneas, los lugares vulnerables y en qué épocas de cada año se reflejaron. De igual modo, examinar la granulometría de la zona, el perfil que proyecta la playa, además de la formación de las rocas en áreas específicas y así encontrar factores explicativos a cada uno de estos hechos. De acuerdo con (Domínguez, Gracia, & Anfuso, 2004), los cambios costeros serán responsables por factores geomorfológicos y dinámicos de índole local, así como regional que darán variaciones de manera temporal afectando zonas, generado por períodos erosivos concentrados en el tiempo (días, semanas).

##### 4.1 Cambio en líneas de costa

Los cambios presentados en las líneas de costa y en épocas específicas, probablemente sean producto en su momento de fenómenos atmosféricos (tormentas/huracanes). De acuerdo con Domínguez et al. (2004), estos fenómenos originan fuertes oleajes que modifican la playa en un periodo determinado. Ésto, haciendo referencia de que el trimestre junio a septiembre de todos los años presentaron variaciones todos los trazados, donde predominó la retrogradación. Exceptuando, la temporada del 2016 que fue la que más cambios mostró superando los 20 m de distancia. Posiblemente, por el paso del huracán Mathews (categoría tres), el cuál se encontraba al suroeste de Santo Domingo de acuerdo a un periódico de circulación nacional. Además, esos cambios fueron relevantes en áreas específicas de la costa, por ejemplo, la Playa de Carlos Pinto fue más propensa en mostrar alteraciones. Quizás, por la dirección de los vientos y la corriente marina que van erosionando la morfología del litoral. Según Domínguez et al. (2004), el viento y el oleaje provocan concentración o disipan energía, los cuales determinarán mayor o menor erosión o incluso sedimentación.

Por otra parte, la playa presentó un perfil cóncavo donde la pendiente tomó altura a medida que se acercaba a la desembocadura del arroyo Agua Dulce al extremo occidental. Estas características se le puede atribuir a la erosión causada por el oleaje, al viento y la corriente marina que de acuerdo con (Lorenzo, Alonso, & Pagés, 2003), la deriva litoral es la causante de este proceso y él mismo puede ser diferente durante cada estación del año.

#### 4.2 *Análisis granulométrico*

Las variaciones en los tamaños presentados de los depósitos de sedimentos en la playa de Najayo probablemente sean inusuales. En el caso de la playa los Pescadores que posee los valores más extremos en cuanto a largo y ancho, se deba a la dinámica de transporte de sedimento existente en la zona. Puesto que, el arroyo Rolón mantiene su recorrido (de forma lenta) hacia el mar, sedimentando la costa constantemente. En relación con Carlos Pinto que obtuvo el promedio más largo y ancho, el cuál se le pude atribuir al flujo de material arrastrado por el arroyo Agua Dulce en su tiempo de caudal. De acuerdo con Kokot (2004) las aguas continentales son las principales fuentes de aportación sedimentaria en la costa y los mismos son originarios en periodos donde las condiciones climáticas eran diferentes de las actuales. De ahí, las diferencias en los clastos, además de el tamaño de la cuenca que en el caso de Agua Dulce es de menor dimensión que el Rolón. también, por fenómenos naturales, razón de que en ese tiempo el mar excede su límite y lanza escombro en toda la ensenada.

#### 4.3 Beachrock

Las rocas de playa se encuentran ubicadas en el espacio por el cuál cañadas vierten sus aguas al mar, extendiéndose hacia el centro de la costa. Posiblemente, éstas se formaron por la compactación de la arena con el carbonato de calcio, es factible que en éste proceso de fosilización el agua continental circulara de manera superficial por rocas calizas arrecifales. El *beachrock* presenta rocas alteradas de basaltos, fósiles y tonalidas las cuales probablemente emanaron del continente y eventualmente llevadas hasta ese lugar por la deriva continental, por la cañada que desemboca en el mar o por un arroyo/río que tal vez hoy ya no transita en el lugar.

### 5 Agradecimientos

Expresamos nuestro agradecimiento a la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), en especial a la escuela de geografía por su deseo de formar profesionales capaces de desarrollar habilidades críticas fomentada en la investigación. También, al profesor José Ramón Martínez Batlle por facilitar todas las herramientas de obtención de datos, por su siempre disposición, ayuda e insistir en la importancia de los estudios de investigación científica para la generación de conocimiento y desarrollo de los pueblos. Por último, a Carolaine Pérez Ureña por unirse a este tema y así generar información sobre el litoral a favor de la sección Playa Najayo la cuál es escasa.

## 6 Información de soporte

### 7 Script reproducible

#### 7.1 Packages

```
library(tidyverse)
library(purrr)
library(sf)
library(RColorBrewer)
```

#### 7.2 Read the functions

```
basegeofispath <- 'https://raw.githubusercontent.com/geofis/RCoastSat/master/R/'
scripts <- c('classify-transects.R', 'extract-points-distances.R',
           'interpolate.R', 'read-shorelines.R', 'read-transects.R')
invisible(purrr::map(paste0(basegeofispath, scripts), function(x) devtools::source_url(x)))

## SHA-1 hash of file is c5f094a166aafc99756ca04c86ac436dba34b942

## SHA-1 hash of file is 1625bf00e42b93784549e9c6c5599ae0aa813ed1

## SHA-1 hash of file is 51da8bcb0f875d3cd9ca72fa0a2e6a4435cacd06

## SHA-1 hash of file is 366345fab0081871b6aa75ff1cadcfe80768bde7

## SHA-1 hash of file is 2a2e9fca546c36437aed8394e6bc93cbad4775c8
```

#### 7.3 Import/plot transects and shorelines

```
shl <- rshl('data/najayo-18-shorelines.geojson') %>% mutate(
  date=as.Date(date)) #Shorelines

## Reading layer 'najayo-18-shorelines' from data source '/home/jr/bufferdeana/data/najayo-18-sh
## Simple feature collection with 80 features and 4 fields
## geometry type:  LINESTRING
## dimension:      XY
## bbox:            xmin: 382567.5 ymin: 2023148 xmax: 383401.9 ymax: 2024170
## projected CRS: WGS 84 / UTM zone 19N

refl <- shl %>% filter(date==min(date
)) #Reference shoreline
rawtrans <- rtrans('transectos_lineacosta.geojson') #Raw transects
```

```

## Reading layer 'transectos_lineacosta' from data source '/home/jr/bufferdeana/transectos_linea
## Simple feature collection with 25 features and 0 fields
## geometry type:  LINESTRING
## dimension:      XY
## bbox:            xmin: 382416.4 ymin: 2023149 xmax: 383430.4 ymax: 2024110
## projected CRS: WGS 84 / UTM zone 19N

trans <- transclas(tr = rawtrans, rl = refl
) #Transects classified by seaward/landward sections

## Warning: attribute variables are assumed to be spatially constant
## throughout all geometries

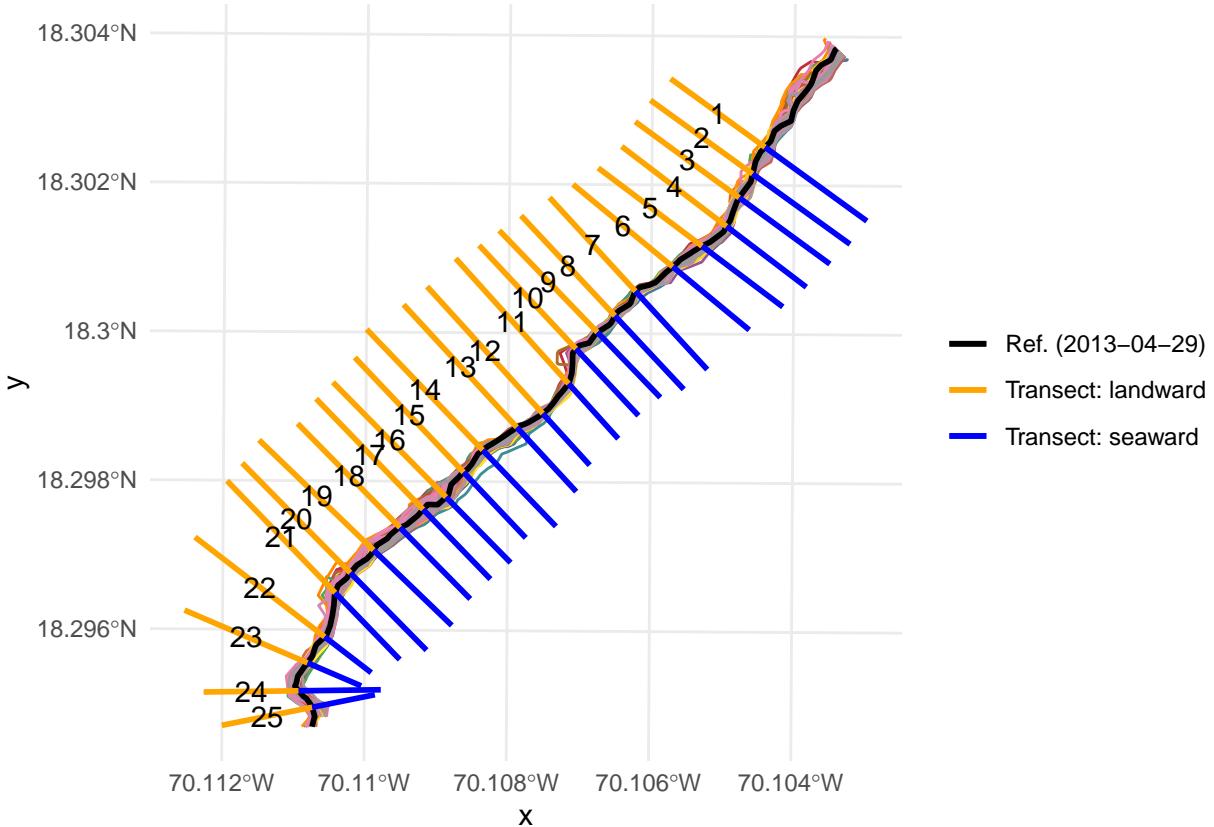
## Warning: attribute variables are assumed to be spatially constant
## throughout all geometries

## Warning in st_cast.sf(tmultiline, "LINESTRING"): repeating attributes for
## all sub-geometries for which they may not be constant

cols <- colorRampPalette(brewer.pal(9, 'Set1'))(nrow(shl))
ggplot() +
  geom_sf(data = shl %>% mutate(date = factor(date)),
          color = cols) +
  geom_sf(
    data = refl %>% mutate(linetype = paste0('Ref. (', date, ')')),
    aes(color=linetype), lwd = 1, show.legend =
    'line') +
  geom_sf(
    data = trans %>% mutate(sealand=paste0('Transect: ', sealand)),
    aes(color = sealand), show.legend = 'line', lwd = 1) +
  scale_color_manual(
    values = c('black', 'orange', 'blue')) +
  geom_sf_text(
    data = trans %>% filter(sealand=='landward') %>%
      st_centroid, aes(label = transect),
    size = 4) +
  theme_minimal() +
  theme(legend.title = element_blank())

## Warning in st_centroid.sf(.): st_centroid assumes attributes are constant
## over geometries of x

```



#### 7.4 Extract points at intersections and calculate distances

```
distl <- pointdist(sh = shl, re = refl, tr = trans, rtr = rawtrans)

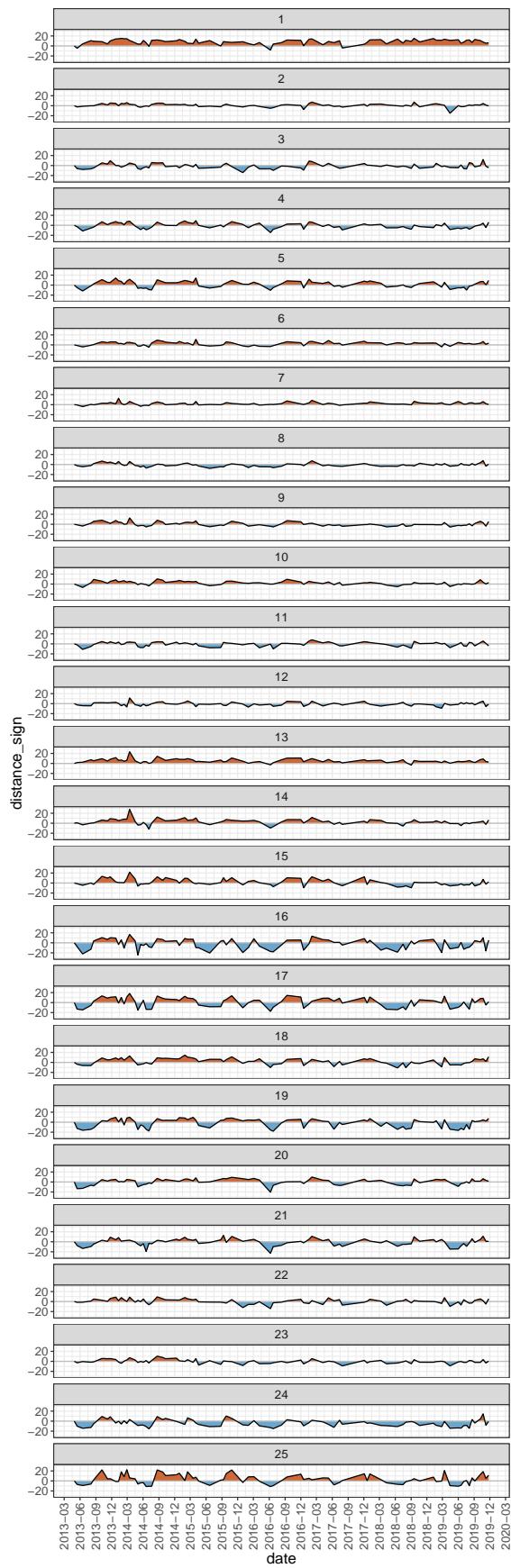
## Warning: attribute variables are assumed to be spatially constant
## throughout all geometries

## Warning: attribute variables are assumed to be spatially constant
## throughout all geometries
```

#### 7.5 Time-series of shoreline change for each transect

```
interdist <- map(distl, interpolate) %>% plyr::ldply()
distances <- plyr::ldply(distl)
distances %>%
  ggplot() + theme_bw() + aes(x = date, y = distance_sign) +
  geom_ribbon(data = interdist, aes(ymax = pmax(distance_sign,
                                                 0), ymin = 0), fill = "sienna3") +
  geom_ribbon(data = interdist,
              aes(ymax = pmin(distance_sign, 0), ymin = 0), fill = "skyblue3") +
```

```
geom_hline(yintercept = 0, color = 'grey') +
  geom_line(colour='black', lwd = 0.5) +
  scale_x_date(labels = scales::date_format("%Y-%m"),
               date_breaks = '3 months') +
  scale_y_continuous(limits = c(-30, 30)) +
  theme(axis.text.x = element_text(angle = 90, vjust = 0.5
                                    ), text = element_text(size = 14)) +
  facet_wrap(~transect, ncol = 1)
```



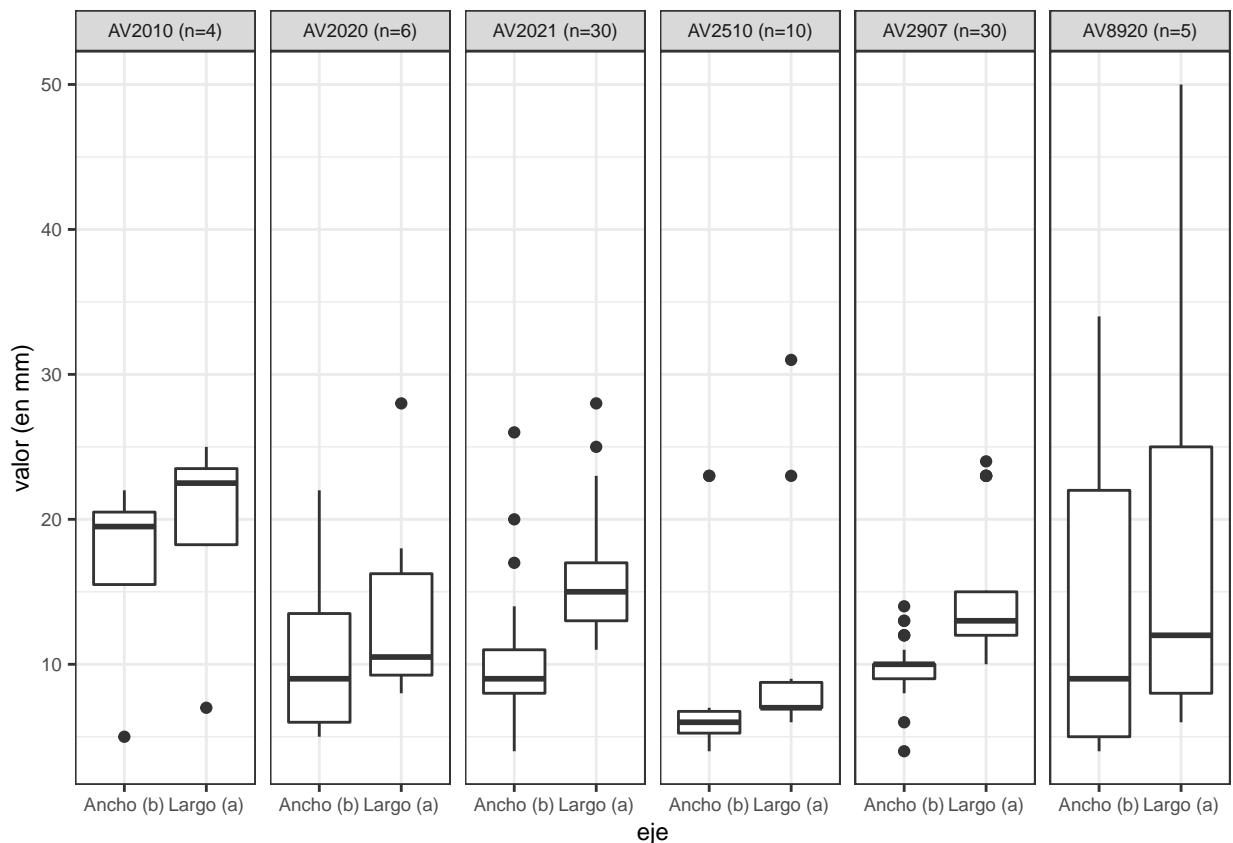
## 8 Análisis granulométrico

```
library(jsonlite)

## 
## Attaching package: 'jsonlite'

## The following object is masked from 'package:purrr':
## 
##     flatten

library(tidyverse)
df <- jsonlite::fromJSON('Cantometría_3_results.json', flatten = TRUE)
df %>% filter(!codigomuestra %in% c('C20190726M1', 'C20191028M1'))
    )) %>% unnest(clastos) %>%
select('Codigo de lugar'=codigomuestra, 'Largo (a)'=a,
       'Ancho (b)'=b) %>%
group_by('Codigo de lugar') %>%
mutate('Codigo de lugar n'=paste0('Codigo de lugar',
                                    ' (n=', length('Codigo de lugar'), ')')) %>%
ungroup() %>% select(-'Codigo de lugar',
                        ) %>% gather(eje,
                                     'valor (en mm)', -'Codigo de lugar n') %>%
ggplot() + aes(x = eje, y = 'valor (en mm)') + geom_boxplot() +
facet_grid(~'Codigo de lugar n') + theme_bw() +
theme(text = element_text(size = 9))
```



```

df2 <- df %>% filter(!codigomuestra %in% c('C20190726M1',
                                              'C20191028M1')) %>% unnest(clastos)

playa_pescadores <- droplevels(df2[df2$codigomuestra %in% c(
  "AV2010", "AV8920", "AV2907", "AV2510"), c("a", "b")])

playa_carlos_pinto <- droplevels(
  df2[df2$codigomuestra %in% c("AV2021", "AV2020"), c("a", "b")])

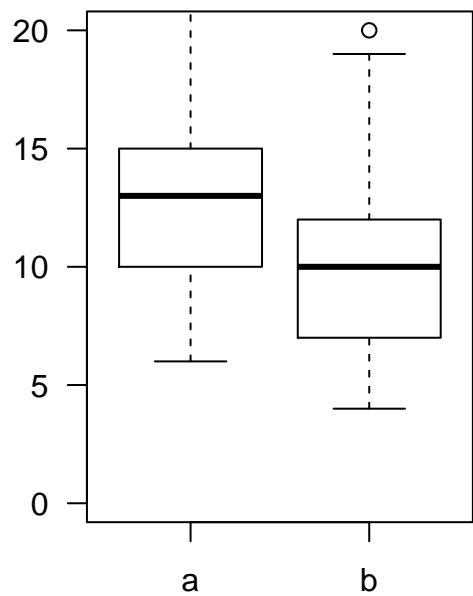
par(mfrow=c(1,2))

boxplot(playa_pescadores, las = 1, main = 'playa los Pescadores',
        cex.main = 1, ylim = c(0,20))

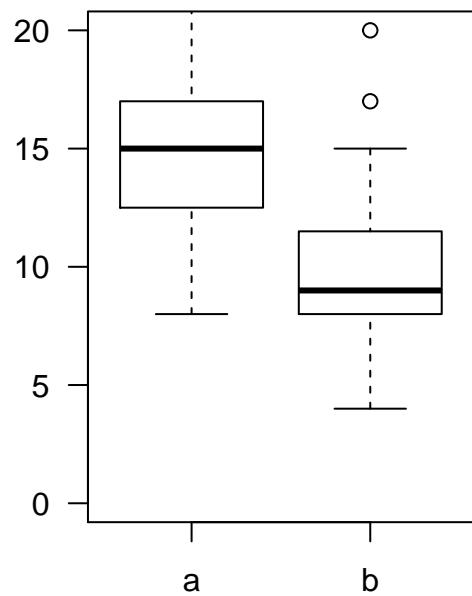
boxplot(playa_carlos_pinto, las = 1, main = 'playa Carlos Pinto',
        cex.main = 1, ylim = c(0,20))

```

**playa los Pescadores**



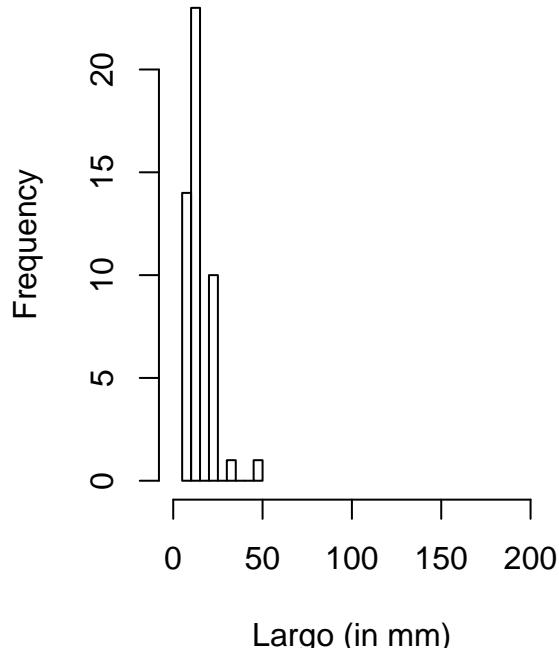
**playa Carlos Pinto**



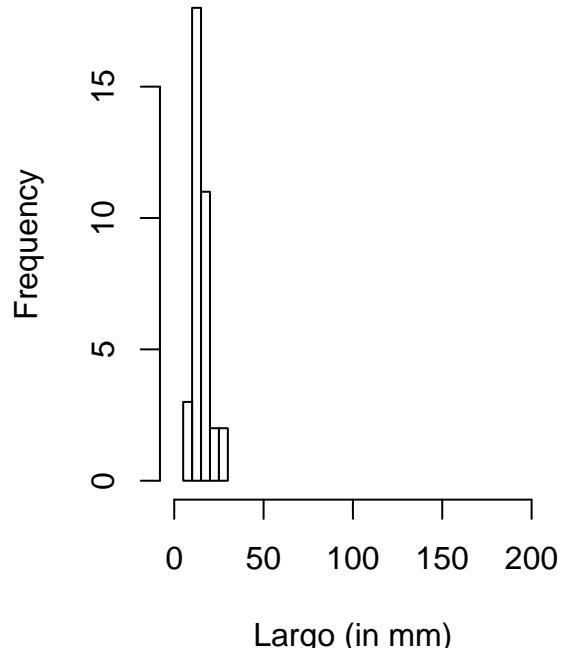
```
hist(playa_pescadores$a, xlim = c(0,200), main = 'Largo, playa Pescadores',
      xlab = 'Largo (in mm)', cex.main = 1)

hist(playa_carlos_pinto$a, xlim = c(0,200), main = 'Largo, playa Carlos Pinto',
      xlab = 'Largo (in mm)', cex.main = 1)
```

**Largo, playa Pescadores**



**Largo, playa Carlos Pinto**



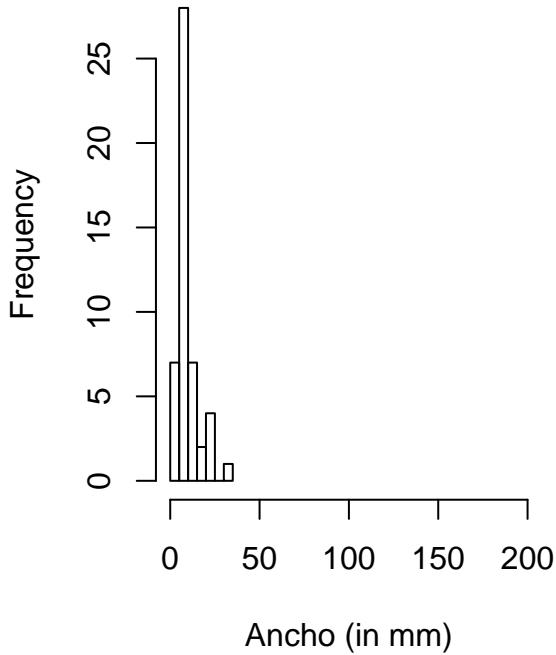
```

hist(playa_pescadores$b, xlim = c(0,200), main = 'Ancho, Playa pescadores',
      xlab = 'Ancho (in mm)', cex.main = 1)

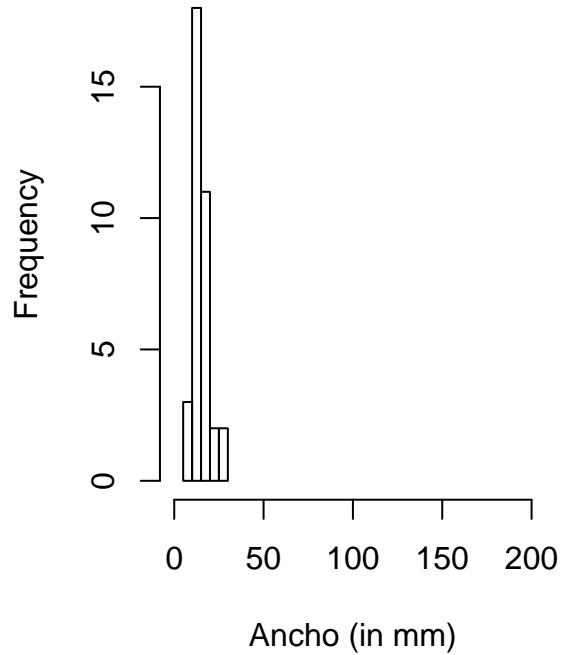
hist(playa_carlos_pinto$a, xlim = c(0,200), main = 'Ancho, playa Carlos Pinto',
      xlab = 'Ancho (in mm)', cex.main = 1)

```

**Ancho, Playa pescadores**



**Ancho, playa Carlos Pinto**



## Referencias

- Abad de los Santos, M. (. (2007–2010). *Mapa Geológico de la República Dominicana a escala 1:50.000 de la hoja n 6170-I (Nizao) y Memoria correspondiente*. Santo Domingo: Proyecto 1B de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional.
- Abreu, L. (1999). Impacto del turismo en el litoral de dominicana. *Revista Geográfica*, 167–182.
- Aliotta, S., Spagnuolo, J. O., & Farinati, E. A. (2009). Origen de una roca de playa en la región costera de bahía blanca, argentina. *Pesquisas Em Geociências*, 36(1), 107–116.
- Batlle, J. R. M. (2020a). Geofis/beachprofile: BeachProfile (Version v0.0.0.9000). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3938999>
- Batlle, J. R. M. (2020b). Geofis/rcoastsat: RCoastSat (Version v0.0.0.9000). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3937481>
- Cámara Artigas, R. (1997). *República dominicana: Dinámica del medio físico en la región caribe (geografía física, sabanas y litoral) aportación al conocimiento de la tropicalidad insular*.
- Cervantes Guerra, Y. M., Almaguer Carmenates, Y., Orozco Melgar, G., Pierra Conde, A., & Gursky, H. (2009). *Evidencia documental de los cambios geomorfológicos en cayo moa grande, moa, cuba*.
- Codignotto, J. (1997). *Geomorfología y dinámica costera*.
- Díaz de Neira, A. (2007–2010). *Mapa de recursos minerales de la Repú Dominicana, escala 1:100,000*. Santo Domingo: Proyecto 1B de Cartografía Geotemática de la República Dominicana. Programa SYSMIN. Servicio Geológico Nacional.
- Domínguez, L., Gracia, F., & Anfuso, G. (2004). Tasas de avance/retroceso de la línea de costa mediante morfometría fotogramétrica en el sector sanlúcar de barrameda-rota (provincia de cádiz). *Rev. Soc. Geol. España*, 17(1-2), 71–86.
- D'Croz, L. (1985). Manglares: Su importancia para la zona costera tropical. *Agonia de La Naturaleza*, 167–180.
- Esquer, M. Z., Carreon, T. E., & others. (2018). MODIFICACION de linea de costa. *Revista de Investigación Académica Sin Frontera: División de Ciencias Económicas Y Sociales*, (16).
- Hernández Santana, J. R., Ortiz Pérez, M. A., Méndez Linares, A. P., & Gama Campillo, L. (2008). Morfodinámica de la línea de costa del estado de tabasco, méxico: Tendencias desde la segunda mitad del siglo xx hasta el presente. *Investigaciones Geográficas*, (65), 7–21.
- Kokot, R. R. (2004). *Erosión en la costa patagónica por cambio climático*.
- Kokot, R. R., Codignotto, J. O., & Elissondo, M. (2004). *Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de río negro*.
- Lorenzo, F., Alonso, A., & Pagés, J. L. (2003). Evolución y erosión comparada de tres sistemas playa/flecha en las rías de ortigueira, o barqueiro y viveiro (galicia, españa). *Cuaternario Y Geomorfología*, 17(1-2), 75–89.
- Polanía, J., & Nat, R. (1998). Manejo de ecosistemas de manglar. *Memorias Del Curso Manejo de Ecosistemas de Manglar Y Arrecifes de Coral*. Bogotá, 153–168.
- QGIS y otros, E. de desarrollo de. (n.d.). QGIS sistema de información geográfica. proyecto de fundación geoespacial de código abierto. URL: <Http://Qgis.Osgeo.Org>.
- R Core Team. (2020). *R: A language and environment for statistical computing*. Retrieved from <https://www.R-project.org/>
- Singh, H. (2013). Mobile data collection using an android device. *IJCST*, 4(1), 200–202.
- Suárez de Vivero, J. L. (1999). Delimitación y definición del espacio litoral. *Jornadas Sobre El Litoral de Almería: Caracterización, Ordenación Y Gestión de Un Espacio Geográfico Celebradas En Almería, 20 a 24 de Mayo de 1997*. Pag: 13-23.
- Vos, K., Splinter, K., Leaman, C., & ianturner. (2019). Kvos/coastsat: CoastSat v1.0.1 (Version v1.0.1). <https://doi.org/10.5281/zenodo.3560436>