

Caracterización y análisis sedimentológico de Playa Salguero, suroccidente de Santa

Marta, Magdalena - Colombia

Manuela Esther De La Hoz Collazos

Trabajo de Grado Modalidad Práctica Empresarial

Para Optar al Título de Geóloga

Directora

Katherine Andrea León Palma

Geóloga Msc.

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicoquímicas

Escuela de Geología

Bucaramanga

2023

Dedicatoria

A mi mamá, Carolina Collazos, por ser mi ejemplo y mayor apoyo. Gracias por el amor y dedicación en cada una de mis metas. Sin ti nada de esto habría sido posible, siendo este logro más tuyo que mío.

A mi papá, Manuel De La Hoz, que siempre en la distancia estuvo apoyándome y alentándome a seguir con este sueño.

A mis hermanas, María Paz y Sara, por sacarme una sonrisa cada vez que veía el camino difícil.

A mi abuela, Delia Ospina, que siempre confío en mí.

A mi familia, en especial a Jaimes, por siempre creer en mí y ser mi apoyo cuando más lo necesité.

A Lulú, mi mascota, por acompañarme en mis noches de traspasado.

A mis mejores amigos, Juliana, Jose, Katherine, Camila y Sergio por ser mi compañía y apoyo constante en este trayecto.

Con amor para todos ustedes ¡Gracias!

Manuela Esther De La Hoz Collazos

Agradecimientos

A la Universidad Industrial de Santander y a la Escuela de Geología por otorgarme las herramientas y oportunidades para formarme como persona y profesional. Mi alma Mater.

Un agradecimiento especial al Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives de Andrés – Invemar en su programa de Geociencias Marinas y Costeras, encabezado por la coordinadora Constanza Ricaurte y el jefe de línea de Geología Marina y Costera, David Morales por brindarme la oportunidad de realizar mis prácticas con ellos.

A todo el equipo GEO por apoyarme siempre que lo necesite, especialmente a Jessy, Marco y Ana María por trabajar conmigo este proyecto.

A mi directora, Katherine Andrea León Palma por su compromiso y dedicación en el proyecto.

A mis papás y hermanas por ser mi apoyo más grande y confiar siempre en mí.

A mi familia y amigos que me acompañaron en mi paso por la universidad aportando a mi crecimiento profesional.

Tabla de Contenido

	Pág.
Introducción	10
1. Área de estudio.....	12
2. Planteamiento del problema y/o justificación	15
3. Objetivos	16
3.1 Objetivo general.....	16
3.2 Objetivos específicos.....	16
4. Materiales y métodos	17
5. Resultados	26
5.1 Distribución de Sedimentos	26
5.2 Gráficas bivariantes de dispersión de los parámetros de tamaño de grano	31
5.3 Escenarios de los ambientes de depositación de los sedimentos	33
5.4 Mineralogía	35
5.5 Calcimetría	37
5.6 Materia Orgánica.....	38
6. Discusión.....	39
7. Conclusiones	40
8. Recomendaciones.....	42
Referencias bibliográficas.....	43

Tabla de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1. Mapa de localización de la zona de estudio, delimitada por la zona sur, centro y norte de Playa Salguero.</i>	12
<i>Figura 2 – Mapa geológico del sector de playa Salguero.</i>	14
<i>Figura 3 – Mapa de localización de la zona de estudio delimitada por la zona sur, centro y norte de Playa Salguero.</i>	19
<i>Figura 4 – Fotos de Muestreo. a) Zona mesomareal de Playa Salguero, b) Desembocadura del río Gaira</i>	19
<i>Figura 5 – a) Muestra de sedimento, b) Tamizador laboratorio Invemar.</i>	20
<i>Figura 6 – Calcímetro de laboratorio Invemar.</i>	21
<i>Figura 7 – a) Balanza analítica de laboratorio Invemar, b) Muestras calcinadas.</i>	22
<i>Figura 8 – a) Estereoscópico binocular con cámara Monticam. b) Minerales y elementos biogénicos encontrados en las muestras.</i>	22
<i>Figura 9 – Estructura de base de datos alfanumérica.</i>	23
<i>Figura 10 – Estructura de base de datos Sig en el programa ArcGIS 10.5.</i>	24
<i>Figura 11 - Promedios de los parámetros texturales de los sedimentos de Playa Salguero: (a) tamaño medio de grano y (b) clasificación.</i>	27
<i>Figura 12 - Promedios de los parámetros texturales de los sedimentos de Playa Salguero: (a) asimetría y (b) curtosis.</i>	28
<i>Figura 13 - Mapas de la distribución de tamaño medio de grano (Mz) de sedimentos superficiales, en las diferentes épocas de muestreo de Playa Salguero.</i>	29
<i>Figura 14 - Gráficas bivariantes entre (a) media y clasificación, (b) clasificación y asimetría, y (c) asimetría y curtosis.</i>	32

<i>Figura 15 - Relación entre funciones discriminantes Y2 y Y3 mostrando los ambientes en Playa Salguero.</i>	<i>33</i>
<i>Figura 16 - Gráfica mineralógica porcentual de los meses de muestreo donde se observan que hay mayor porcentaje de cuarzo, seguido de máficos, micas, feldespatos y en menor proporción fragmentos líticos y elementos organogénicos, siendo estos pequeñas ramas y hojas.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 17 - Composición mineralógica de las muestras de sedimento de marzo 2023, donde se observan las diferentes composiciones de los puntos de muestreo. a) Punto de muestreo 1, aumento 1.75x. b) Punto de muestreo 7, aumento 1x. c) Punto de muestreo 15, aumento 2x. d) Punto de Muestra RG, aumento 3x.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 18 – Datos de Calcimetría de las muestras recolectadas en el mes de marzo del 2023 en la zona mesomareal del sector de playa Salguero.</i>	<i>38</i>
<i>Figura 19 – Contenido de materia orgánica de las muestras recolectadas en el mes de marzo de 2023 en la zona mesomareal del sector de playa Salguero.</i>	<i>39</i>

Lista de Tablas

	Pág.
<i>Tabla 1 – Rangos para la subclasificación de selección, asimetría y curtosis. Tomado de Sahu (1964)</i>	24
<i>Tabla 2 - Datos estadísticos de los muestreos en Playa Salguero tomados del software Gradistat para el análisis de los parámetros texturales y gráficas bivariantes. Donde Mz = tamaño medio de grano, $S\sigma$ = clasificación, Sk = Asimetría y K = Curtosis.</i>	30
<i>Tabla 3 - Valores de los ambientes estimados utilizando las funciones discriminantes, los cuales se utilizaron para caracterizar los ambientes de depositación de los sedimentos de Playa Salguero. Teniendo en cuenta que $Y2 < 65.365$ sugiere un depósito de playa, $Y2 > 65.365$ corresponde a un depósito de mar somero agitado. $Y3 < -7.419$ identifica un depósito fluvial (deltaico) y $Y3 > -7.419$ corresponde a un depósito marino somero.</i>	34

Resumen

Título: Caracterización y análisis sedimentológico de playa Salguero, suroccidente de Santa Marta, Magdalena – Colombia.*

Autor: Manuela Esther De La Hoz Collazos**

Palabras Clave: Geología Marina, Caracterización de sedimentos, Mesomareal, Ambientes de depositación.

Descripción: En este trabajo se presentan las características texturales, distribución espacial y los posibles entornos de deposición de 75 muestras de sedimentos recolectados a lo largo de la línea de costa en playa Salguero, ubicada al suroccidente de Santa Marta, Magdalena, Colombia. Se realizó un análisis del tamaño de grano para cada muestra recolectada, análisis de la distribución temporal y espacial, gráficas bivariantes y funciones discriminantes empleadas en la interpretación de mecanismos y ambientes de depositación. Las funciones discriminantes permitieron diferenciar entre: depósitos fluviales y marinos poco profundos (2) y depósitos fluviales influenciados por corrientes de turbidez (3). Los sedimentos superficiales de playa Salguero se diferenciaron de acuerdo al escenario de depositación en depósitos de sedimentos marinos someros y depósitos de sedimentos fluviales asociados al río Gaira. La variación espaciotemporal mostró que la concentración de sedimentos de tamaño medio se presentó en la zona sur cerca al cerro Punta La Gloria y en la zona centro, mientras que los sedimentos más finos se concentraron en la zona más cercana a la desembocadura del río Gaira. Además, se obtuvo por medio de la geología de la zona un posible acercamiento a la procedencia de los sedimentos, teniendo en cuenta los minerales presentes en cada una de las muestras y su porcentaje correspondiente.

* Trabajo de Grado

**Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Directora Katherine Andrea León Palma. Geólogo Msc.

Abstract

Title: Characterization and sedimentological analysis of Playa Salguero, southwest of Santa Marta, Magdalena - Colombia.*

Author: Manuela Esther De La Hoz Collazos.**

Keywords: Marine Geology, Sediment Characterization, Mesotidial, Deposition Environments.

Description: This paper presents the textural characteristics, spatial distribution and possible depositional environments of 75 sediment samples collected along the coastline of Salguero beach, located southwest of Santa Marta, Magdalena, Colombia. Grain size analysis was performed for each sample collected, as well as temporal and spatial distribution analysis, bivariate plots and discriminant functions used in the interpretation of depositional mechanisms and environments. The discriminant functions allowed us to differentiate between: fluvial and shallow marine deposits (2) and fluvial deposits influenced by turbidity currents (3). The surface sediments of Salguero beach were differentiated according to the depositional scenario into shallow marine sediment deposits and fluvial sediment deposits associated with the Gaira river. The spatiotemporal variation showed that the concentration of medium-sized sediments occurred in the southern zone near Punta La Gloria hill and in the central zone, while finer sediments were concentrated in the zone closest to the mouth of the Gaira river. In addition, a possible approach to the origin of the sediments was obtained through the geology of the area, taking into account the minerals present in each of the samples and their corresponding percentage.

* Degree work

** Facultad de Ingenierías Físicoquímicas. Escuela de Geología. Directora Katherine Andrea León Palma. Geólogo Msc.

Introducción

El estudio de las características de los sedimentos desempeña un papel fundamental en los procesos de evolución y dinámica de la zona litoral debido a que permite explicar las diversas relaciones existentes dentro del medio costero (Magaña et al., 2012). Además, la distribución espacial y temporal de los parámetros estadísticos del sedimento refleja la variabilidad del entorno ambiental en el que se deposita, lo cual proporciona información importante sobre los procesos que intervienen tanto naturales como inducidos (Magaña et al. 2006; Sahu, 1964). Estos procesos están estrechamente relacionados con la disponibilidad del material sedimentario y sus fuentes, lo que se refleja en la variabilidad espacial de las propiedades texturales y composicionales de los sedimentos (Magaña et al., 2006).

En diferentes contextos geográficos, se han utilizado técnicas estadísticas descriptivas y multivariantes para distinguir los ambientes de depósito en las zonas litorales en función de las características de sus sedimentos. Alsharhan y El-Sammak (2004) caracterizaron y determinaron las variaciones de los ambientes sedimentarios en la zona costera de los Emiratos Árabes Unidos, aplicando diferentes métodos de análisis de la distribución espacial y temporal de tamaño de grano del sedimento tales como el análisis de dispersión y funciones discriminantes propuestas por Sahu (1964) para la interpretación de ambientes y mecanismos de depósito. Ali et al. (1987) aplicaron el método de Sahu (1964) en un estudio de sedimentos de fondo provenientes de Ghardaga, Egipto, obteniendo un 70.6% de compatibilidad con los resultados. Magaña et al. (2006) realizaron una investigación sobre la distribución espacial y temporal del tamaño de grano de los sedimentos de Bahía Cullera, España, donde identificaron las áreas que tienden a tener mayor susceptibilidad a la contaminación asociada al tamaño fino. Rangel et al. (2019) realizó un estudio con los parámetros estadísticos de la distribución de tamaño de grano y diferenciación de ambientes sedimentarios en

la zona litoral del Caribe colombiano, usando métodos bivariantes, funciones discriminantes y agrupamientos, en un acercamiento a las variaciones en la distribución de los sedimentos y caracterización de ambientes dentro de una zona litoral adyacente al macizo montañoso Sierra Nevada de Santa Marta.

A partir de 2017 el Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito de Andrés (Invemar), mediante el Banco Nacional de Programas y Proyectos de Inversión (BPIN) ha realizado el monitoreo de erosión de Playa Salguero realizando mediciones a los cambios en la línea de costa junto con el análisis sedimentológico de la zona litoral y desembocadura del río Gaira.

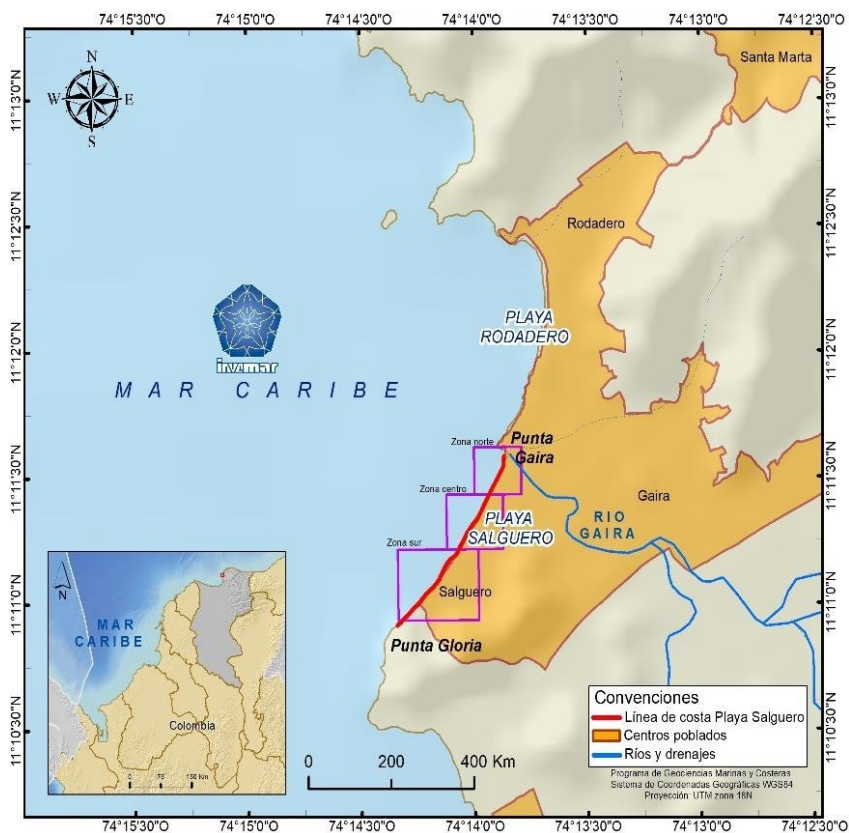
El presente estudio considera la distribución espacial de las principales características texturales (tamaño de grano, selección, curtosis y asimetría) de los sedimentos superficiales de playa Salguero, y utiliza esta información para: (i) analizar los ambientes y patrones de sedimentación dominantes, (ii) analizar las muestras de sedimento a partir de calcimetría, materia orgánica y mineralogía y, (iii) estimar la variabilidad de la distribución espacial de los sedimentos de playa Salguero a partir de gráficas bivariantes.

1. Área de estudio

Playa Salguero se encuentra localizada al suroccidente de la ciudad de Santa Marta, en el departamento de Magdalena, Colombia, entre las coordenadas X = 1.728.589; Y = 982.502 (11°10'-11°11'N; 74°13; -74°14'W); delimitado al norte por la desembocadura del río Gaira y al sur por el cerro Punta La Gloria (**Figura 1**)

Figura 1

Mapa de localización de la zona de estudio, delimitada por la zona sur, centro y norte de Playa Salguero.



La playa presenta una morfología baja y rectilínea, así como la construcción de edificios que han afectado el sistema de dunas costeras que separa la playa de la llanura costera, la cual cuenta con poca extensión y un abanico aluvial al NE de la playa; el cual se encuentra asociado al Río Gaira, el cual desemboca en una interfaz río-mar (Säenz-Reyes et al., 2017) generando pequeños cambios en la playa como la formación de dunas.

Geología Local

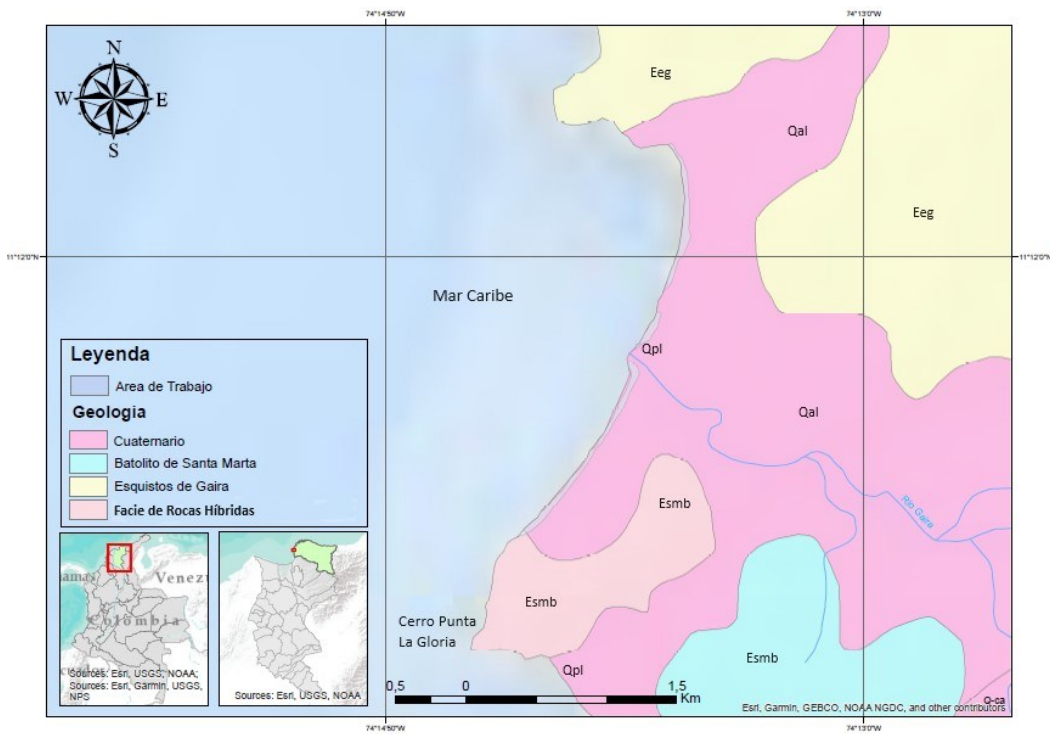
De acuerdo con Invemar, 2008 y Säenz-Reyes et al. (2017); la geología del área de estudio (**Figura 2**) está conformada por un depósito coluvial que ocurre en los alrededores de la Sierra Nevada de Santa Marta. Sus rocas más antiguas de acuerdo con Tschanz et al. (1969) son los Esquistos de Gaira de edad paleógena constituidos por esquistos anfibolíticos, cuarzofeldespáticos y anfibólicos, esquistos grafiticos, de grano fino, rocas ultramáficas. Los autores también reportan la presencia de biotita, anfíboles, cuarzo, feldespatos, clorita, moscovita y bauxita que afloran en los cerros vía Santa Marta – Gaira. También ocurre el Batolito de Santa Marta de edad paleógena cartografiado por Tschanz (1969) como cuarzodiorita. Sin embargo, Ingeominas (1996) establece un área de contacto entre dicho Batolito y los esquistos de Gaira, caracterizado por ser un sector de mezcla entre los esquistos y un cuerpo ígneo de composición granodiorítica. La facies de Rocas Híbridas paleógena está compuesta por cuarzodioritas contaminados por reacción con inclusiones de la roca encajante metamórfica y rocas metamórficas granitizadas metasomáticamente. Se encuentra una zona de enriquecimiento de minerales máficos y composicionalmente también se encuentran otros minerales como moscovita, anfíboles, cuarzos anhedrales, plagioclasa y feldespato potásico.

Se presenta un contacto entre la unidad Facies Rocas Híbridas y Batolito de Santa Marta, por el cual no se descarta que esta unidad sea un sector de metasomatismo y granitización entre el

batolito y los esquistos. Finalmente, en la zona se presentan depósitos cuaternarios como lo son los depósitos coluviales conformados por depósitos aluviales estratificados del principal drenaje de la zona como lo es el río Gaira y los depósitos de playa los cuales son depósitos de color gris oscuro, formados por arenas de playa de grano fino compuestos por cuarzo y minerales pesados.

Figura 2

Mapa geológico del sector de playa Salguero.



2. Planteamiento del problema y/o justificación

El proyecto BPIN Salguero es una iniciativa misional llevada a cabo por Invemar en colaboración con el Banco Nacional de Programas y Proyectos de Inversión (BPIN). Su objetivo principal es monitorear la erosión costera que afecta a playa Salguero, ubicada al suroccidente de la ciudad de Santa Marta, Colombia. Desde el año 2014, se ha llevado a cabo un seguimiento mensual de las condiciones morfodinámicas, sedimentológicas y climáticas, con el propósito de generar conocimiento y un mayor entendimiento de la dinámica estacional de la playa, la evolución del litoral en los últimos años y las tendencias de acumulación o remoción de material.

Por consiguiente, este proyecto tiene como finalidad apoyar el análisis sedimentológico de la cuenca del río Gaira y playa Salguero mediante muestreo en campo y análisis de laboratorio (Granulometría, mineralogía, materia orgánica y calcimetría). Adicionalmente, se utilizarán análisis estadísticos como distribución temporal y espacial, gráficas bivariantes y funciones discriminantes empleadas para la interpretación de mecanismos y ambientes de depositación. Con ello se podrá interpretar el origen de los sedimentos, los procesos de acreción y erosión de la playa y su área fuente.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Caracterizar granulométricamente las muestras de Playa Salguero tomadas en las diferentes campañas de muestreo del proyecto BPIN Salguero ejecutado por el Programa de Geociencias Marinas y Costeras del Invemar.

3.2 Objetivos específicos

Analizar y valorar los procesos sedimentológicos y ambientes de depositación a partir de los análisis granulométricos.

Apoyar el procesamiento y análisis de muestras de sedimento de Playa Salguero a través de calcimetría, materia orgánica y mineralogía.

Caracterizar los sedimentos de playa Salguero a partir de gráficas bivariantes con base al tamaño de grano.

4. Materiales y métodos

El desarrollo del trabajo se dividió en cuatro etapas, que integraron el trabajo de oficina, de campo y de laboratorio:

- **Fase 1: Estado del arte**

La caracterización de sedimentos y de los procesos, aplicada a una zona litoral, comienza con el conocimiento de su evolución y dinámica. Magaña et al. (2006) describen el tamaño de grano como la característica fundamental de las partículas que conforman los depósitos sedimentarios debido a que estos influyen directamente en su transporte y forma de acumulación. Al juntar los parámetros estadísticos como: la Media (Mz), Clasificación – Selección (σI), Asimetría – Skewness (Sk_1) y Kurtosis (KG) con el tamaño de grano se obtiene la base para diversos esquemas que permiten la clasificación de ambientes a partir de su origen, transporte y depositación (Rangel et al., 2019). Además, el análisis de los parámetros texturales ha servido para describir las propiedades sedimentarias de los ambientes costeros, analizar la evolución morfodinámica de las playas (Reed y Wells 2000, Rangel y Anfuso 2013).

De acuerdo con Ricaurte-Villota et al. (2018) playa Salguero está expuesta a una elevada amenaza debido a procesos erosivos. Además, uno de los fenómenos atmosféricos extremos como el fenómeno de EL Niño, que causó una prolongada sequía entre finales de 2014 y mediados de 2016 (NOAA, 2016) en la región Caribe; provocando que la comunidad realizará la construcción de estructuras sólidas como medidas de protección costera. Estas medidas han alterado progresivamente el equilibrio dinámico de la zona.

- **Fase 2: Recolección de muestras**

Con el fin de abarcar toda el área de Playa Salguero, se dividió en tres zonas para facilitar la descripción de los procesos allí presentes; donde se establecieron 16 puntos de muestreo ubicados en la zona mesomareal (**Figura 3**) comprendidos entre el cerro Punta La Gloria y la desembocadura del río Gaira.

Se ha realizado un muestreo anual de sedimentos durante los meses de mayo y noviembre desde el 2014 a través del proyecto BPIN e Invemar realizando la toma de muestras y el monitoreo a la zona de Rodadero – Playa Salguero y Bello Horizonte. Sin embargo, en el año 2021 se dividió el proyecto obteniendo un monitoreo para cada playa que continuó con el muestreo y análisis de cada zona. Esta fase ha permitido caracterizar y analizar el contenido sedimentológico de Playa Salguero por separado obteniendo los datos necesarios para este estudio.

Se tomaron los datos de los meses de mayo y noviembre del año 2021, mayo y noviembre 2022 y para este año, 2023, se realizó la recolección de muestras en el mes de marzo . En cada estación fueron recolectadas muestras de sedimento superficial (20 cm) de manera manual utilizando una pala de pasta pequeña y el muestreador Helley Smith para las muestras de sedimento en la desembocadura del río Gaira (**Figura 4**).

Figura 3

Mapa de localización de la zona de estudio delimitada por la zona sur, centro y norte de Playa Salguero.

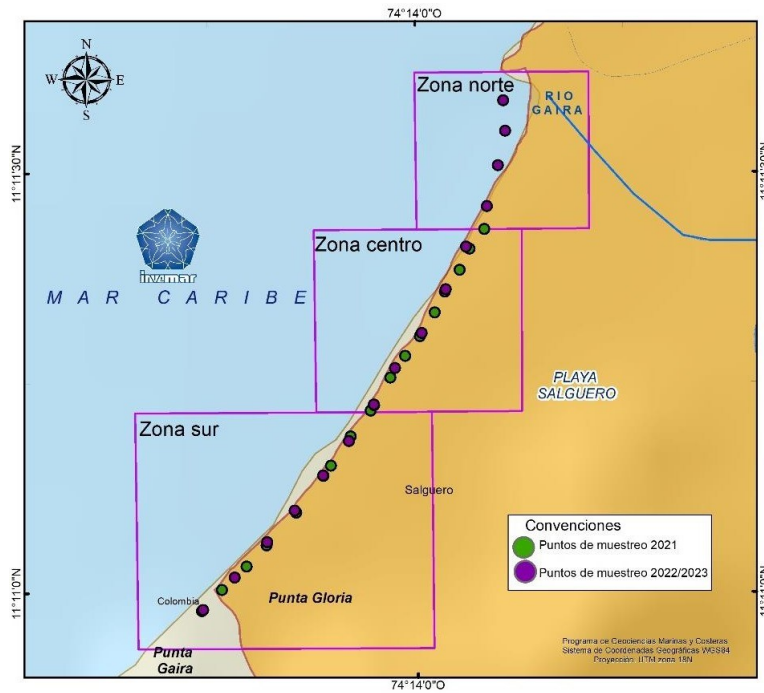


Figura 4

Fotos de Muestreo. a) Zona mesomareal de Playa Salguero, b) Desembocadura del río Gaira



- Fase 3: Técnicas de laboratorio

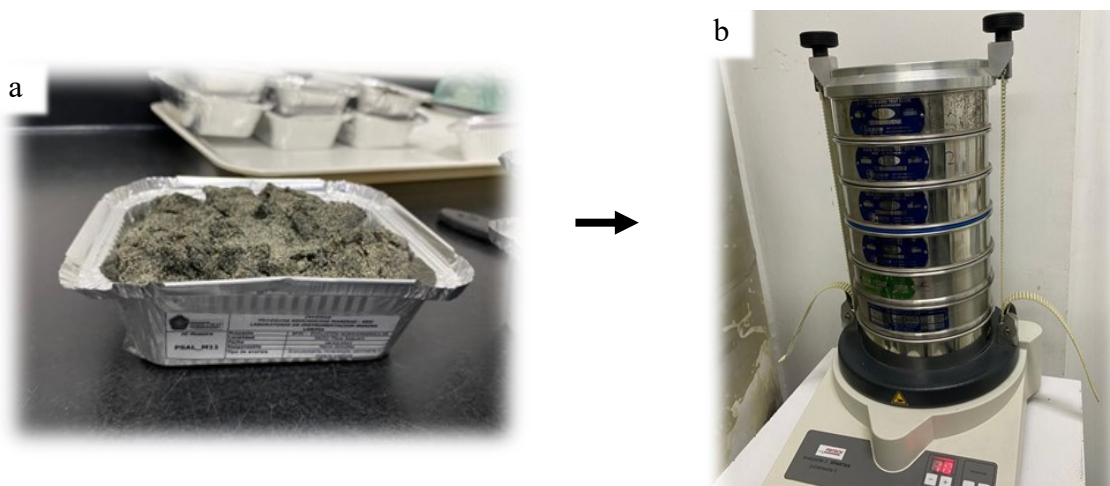
Una vez recolectadas las muestras, se aplicaron las técnicas de granulometría, calcimetría, materia orgánica y mineralogía en el laboratorio Labima del Invemar.

Granulometría: El análisis textural se realizó a partir del procedimiento de granulometría por tamices establecido por Labima (Invemar 2011). Primero, se realizó el secado de las muestras en el horno Binder durante dos días a 95°C. Una vez seco, y a temperatura ambiente, se homogeniza y se pesan 100g para incluirlos en el sistema de tamizado por 15 minutos. Este sistema está conformado por 6 tamices con diferente abertura de malla ordenados de manera decreciente sobre un agitador. (> 2.0mm, 1.0-2.0 mm, 0.5-1.0 mm 0.25-0.5 mm, 0.125-0.25 mm, 0.063-0.125 mm, < 0.063 mm) **(Figura 5).**

Al terminar el tamizaje, se registró el peso del sedimento depositado en cada tamiz y se procesó los datos obtenidos en el software Gradistat 4.0 (Blott & Pye., 2001) generando un análisis textural detallado, donde se incluyen los estadísticos como la media, el tipo de selección, el coeficiente de simetría y Curtosis (Folk & Ward.,1957).

Figura 5

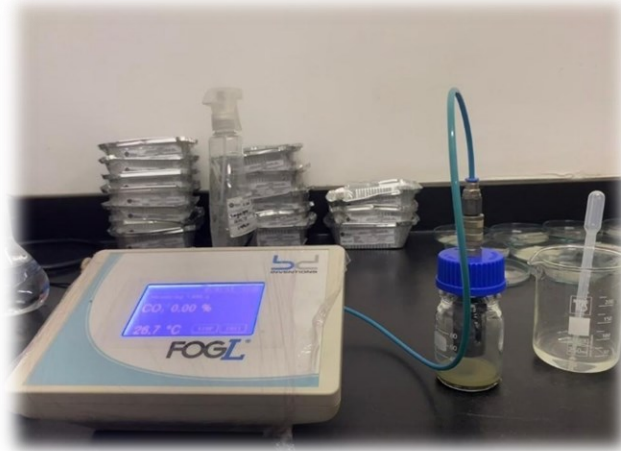
a) Muestra de sedimento, b) Tamizador laboratorio Invemar.



Calcimetría: Para obtener la proporción de carbonato de calcio de cada una de las muestras a estudiar, se procedió a homogeneizar y extraer entre 5 y 10 g de sedimento, dependiendo de la cantidad de carbonato visible de la misma. Una vez este es pesado en la balanza analítica, se secan las muestras nuevamente en el horno Binder a 105°C durante dos días para después ser maceradas con un mortero de porcelana y posteriormente colocadas en la botella del calcímetro digital Fogl y expuestas a ~2 ml de ácido clorhídrico en un sistema cerrado a presión y temperatura constante. Una vez ocurre la reacción, se calculó la cantidad de carbonato de calcio de acuerdo con el volumen de dióxido de carbono desprendido durante la reacción (**Figura 6**).

Figura 6

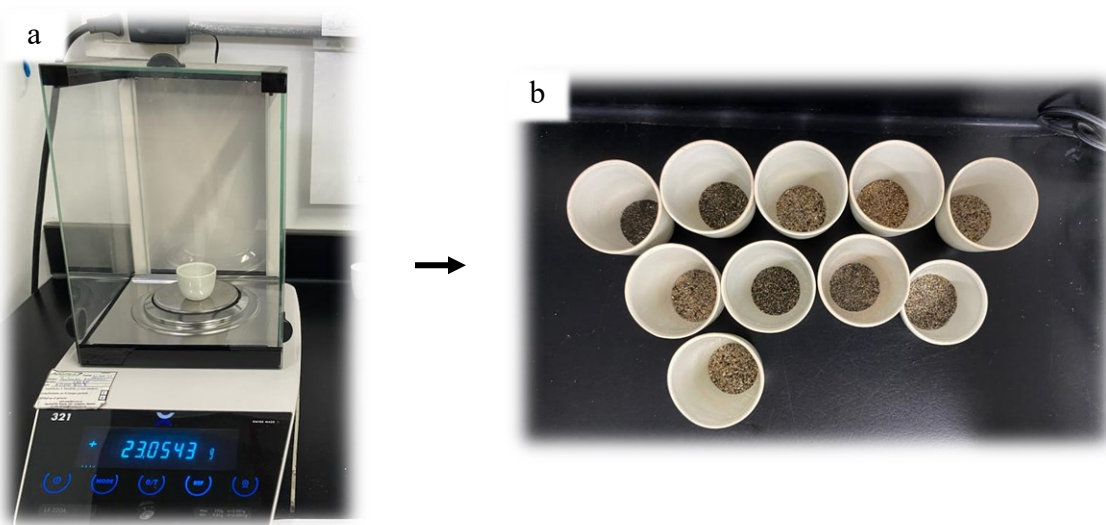
Calcímetro de laboratorio Invemar



Materia Orgánica. Determinar la cantidad de materia orgánica en los sedimentos representa un dato importante para determinar el nivel de preservación y las condiciones geológicas, marinas y atmosféricas del medio en el que fueron depositados. Este procedimiento se realizó a través del método de pérdida por ignición, en donde se buscó someter una fracción (2 mm) homogénea de 5 g aproximadamente a ~500°C en la mufla durante 8 -10 horas. Luego, se dejó reposar en el desecador para absorber la humedad y se pesaron los crisoles con la muestra calcinada para determinar, el porcentaje de materia orgánica (MO) presente en el sedimento (**Figura 7**).

Figura 7

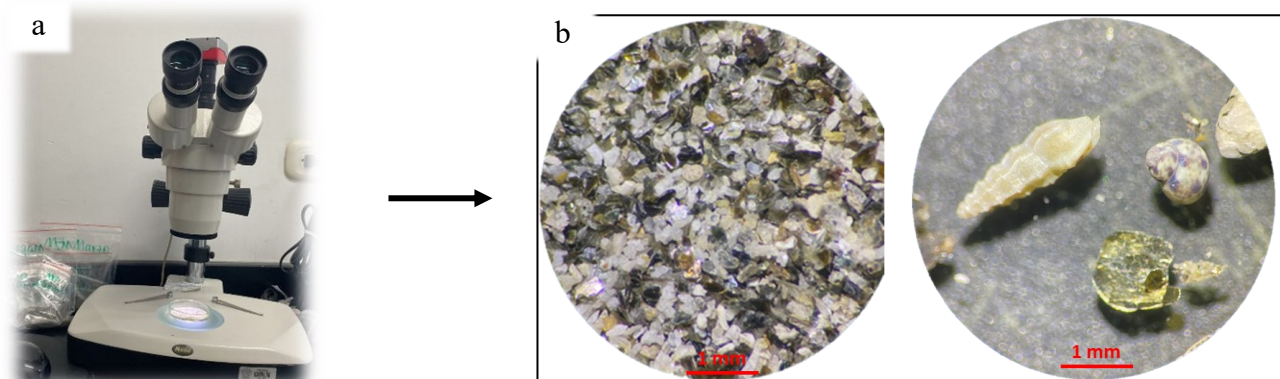
a) Balanza analítica de laboratorio Invemar, b) Muestras calcinadas.



Mineralogía: Este análisis se realizó usando el estereoscopio binocular con cámara Monticam a partir de la identificación de los diferentes tipos de minerales de acuerdo con la fracción granulométrica predominante, previamente seleccionada, como resultado a una estimación visual porcentual (**Figura 8**). Siendo una parte importante para identificar los ambientes sedimentarios y a su vez, reconstruir las condiciones y los procesos que intervinieron durante su origen, transporte y depositación.

Figura 8

a) Estereoscópico binocular con cámara Monticam. b) Minerales y elementos biogénicos encontrados en las muestras.



Creación de bases de Datos: Se realizó una base de datos alfanumérica (**Figura 9**) donde se organizaron los archivos del proyecto de acuerdo con los diferentes componentes que lo constituyen. Asimismo, en el programa ArcGIS (ArcMAP 10.5) se realizó una Geodatabase (**Figura 10**), donde se almacenaron todos los datos sig del proyecto BPIN Salguero en *features dataset* y carpetas ráster de acuerdo su componente. Se tuvo en cuenta un diferente *feature dataset* para las líneas de costa, perfiles de playa y estructuras de la zona, y se organizaron como archivos ráster los puntos de muestreo tomados directamente del gps y la batimetría.

Figura 9

Estructura de base de datos alfanumérica.

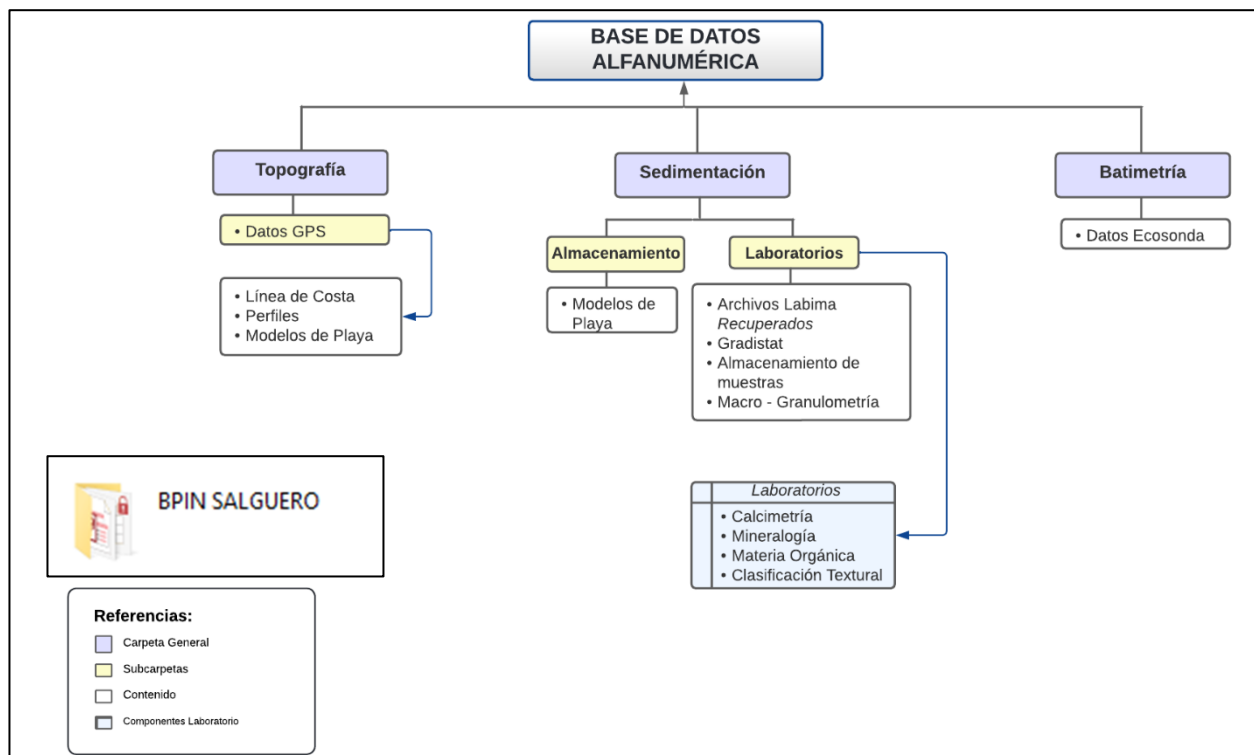
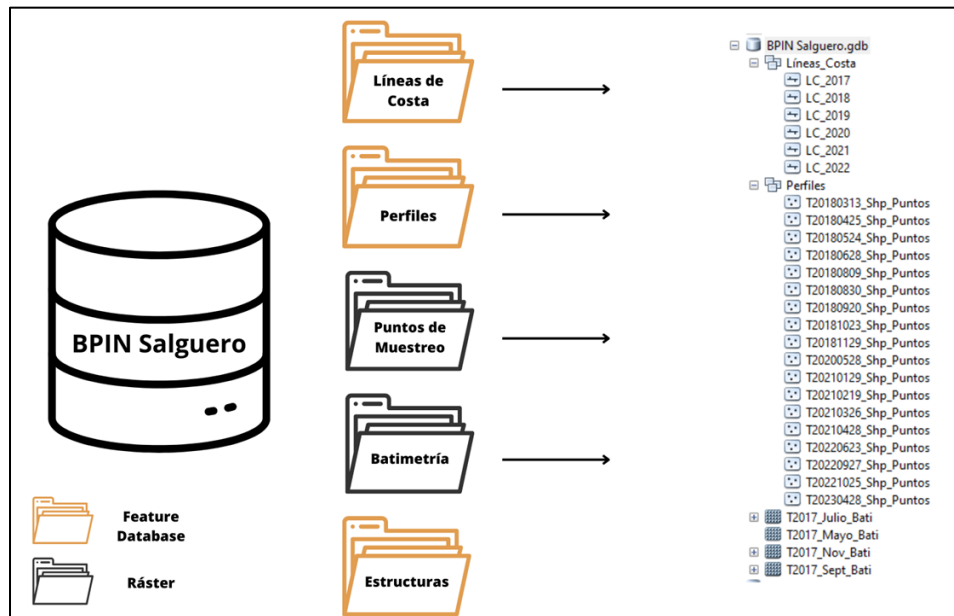


Figura 10

Estructura de base de datos sig en el programa ArcGIS 10.5.



Posteriormente a la organización y al análisis de los datos de tamaño de grano (Granulometría) de las 75 muestras recolectadas se realizó utilizando el programa Gradistat (Blott y Kenneth, 2001), el cual calcula, basándose en Folk y Ward (1957) y en el método de los momentos, las estadísticas de tamaño de grano (media, clasificación, asimetría y curtosis), teniendo en cuenta la clasificación de cada una de ellas (**Tabla 1**).

El total de las muestras se graficó en diagramas X-Y para observar su distribución y comportamiento a lo largo del estudio.

Tabla 1

Rangos para la subclasificación de selección, asimetría y curtosis. Tomado de Sahu (1964)

<i>Sorting (σ)</i>		<i>Skewness (Sk_j)</i>		<i>Kurtosis (K_G)</i>	
<i>Very well sorted</i>	< 0.35	<i>Very fine skewed</i>	+0.3 to +1.0	<i>Very platykurtic</i>	< 0.67
<i>Well sorted</i>	0.35 – 0.50	<i>Fine skewed</i>	+0.1 to +0.3	<i>Platykurtic</i>	0.67 – 0.90
<i>Moderately well sorted</i>	0.50 – 0.70	<i>Symmetrical</i>	+0.1 to -0.1	<i>Mesokurtic</i>	0.90 – 1.11
<i>Moderately sorted</i>	0.70 – 1.00	<i>Coarse skewed</i>	-0.1 to -0.3	<i>Leptokurtic</i>	1.11 – 1.50
<i>Poorly sorted</i>	1.00 – 2.00	<i>Very coarse skewed</i>	-0.3 to -1.0	<i>Very leptokurtic</i>	1.50 – 3.00
<i>Very poorly sorted</i>	2.00 – 4.00			<i>Extremely leptokurtic</i>	> 3.00
<i>Extremely poorly sorted</i>	> 4.00				

Para el estudio de la caracterización de sedimentos no se requirieron los datos obtenidos de los procedimientos de calcimetría y materia orgánica, toda vez que éste requiere únicamente granulometría, ya que son los aplicables al programa Gradistat (Blott y Kenneth., 2001), y la mineralogía debido a que son los datos que se utilizaron para el análisis en las gráficas bivariantes y de parámetros de tamaño de grano.

- Fase 4: Análisis de resultados

Funciones discriminantes a partir de los datos obtenidos: A los resultados obtenidos del análisis granulométrico, se les aplicó la función discriminante propuesta por Sahu (1964) con el objetivo de caracterizar el escenario de depósito de los diferentes puntos de muestreo. Los resultados de este análisis propuesto producen funciones discriminantes que pueden ser utilizadas para propósitos de clasificación de los ambientes de depósito. Por ejemplo, para distinguir entre los procesos eólicos y ambiente litoral (playa) (1), entre playa y ambiente marino agitado (2), entre ambiente marino somero y procesos fluviales (3), y entre ambiente fluvial (deltaico) y depósitos de turbidez (4).

Considerando las características del área de estudio que corresponden a un ambiente de playa, marino somero con aportes fluviales del Río Gaira y que en su morfología se encuentra la formación de un delta, se utilizarán las funciones discriminantes II y III.

Para discriminar un ambiente de playa y uno marino somero agitado (Y_2) se empleará la ecuación:

$$Y_2 = 15.6534 Mz + 65.709 S\sigma_{12} + 18.1071 Sk_1 + 18.5043 KG \quad (2)$$

Siendo que $Y_2 < 65.365$ sugiere un depósito de playa, y $Y_2 > 65.365$ sugiere un depósito de mar marino agitado. Donde Mz es el tamaño de grano medio, $S\sigma_{12}$ es la desviación estándar (clasificación), Sk_1 es la asimetría y KG es la curtosis.

Para discriminar un ambiente marino somero y uno fluvial ($Y3$), se empleará la ecuación:

$$Y3 = 0.2852 Mz - 8.7604 S_{\phi 12} - 4.8932 Sk1 + 0.0483 KG \quad (3)$$

Siendo que $Y3 < -7.419$ se identifica como depósito fluvial (deltaico), y $Y3 > -7.419$ sugiere un depósito de marino somero.

5. Resultados

5.1 Distribución de Sedimentos

La distribución de la media (Mz) del tamaño de grano de los sedimentos, en todas las estaciones y durante las diferentes épocas de muestreo (**Tabla 2, Figura 11a**) mostró que hay una tendencia entre arenas finas y arenas medias a gruesas. Sin embargo, se observa una variabilidad durante las épocas de mayo y noviembre de 2022 y marzo de 2023. Respecto a mayo y noviembre de 2021. En el caso de mayo y noviembre de 2021 es el mismo tamaño de grano en las dos épocas del año y este varía entre tamaño fino a medio. Mientras que en los meses de mayo y noviembre de 2022, tendencia de los sedimentos muestreados muestra una disminución el tamaño de grano medio a fino, por el contrario del mes de noviembre de 2022 en donde el tamaño de grano tiende a ir de fino a medio. Para el mes de marzo 2023 el tamaño de grano tiene una tendencia de grueso a medio.

Los valores de la clasificación del sedimento (**Figura 11b**) mostraron arenas con valores correspondientes a arenas bien clasificadas a moderadamente clasificadas en el punto de muestreo 1 y 8; de bien clasificada a moderadamente bien clasificado en el punto de muestreo 4; moderadamente bien clasificado en los puntos de muestreo 2 y 3; de

moderadamente bien clasificado a moderadamente clasificado en los puntos de muestreo 5,6,7,9,10,11,12,13 y 16; y moderadamente clasificado los puntos de muestreo 14 y 15.

En cuanto a los valores de asimetría (**Figura 12a**), la mayoría de las muestras tienen valores asimétricos con tendencia negativa (hacia los gruesos). Sin embargo, en los meses de mayo y noviembre de 2021 en las estaciones 1,2,3,4 y 5, y en el mes de mayo 2022 en la estación 5 se observan valores asimétricos con tendencia positiva (hacia los finos).

Los valores de curtosis (**Figura 12b**) mostraron que la mayoría de las muestras presentaron un rango amplio entre platicúrtica y leptocúrtica. En las estaciones 6 y 10, 5 y 15 se observa un estrecho rango entre platicúrtica y mesocúrtica y mesocúrtica y leptocúrtica, respectivamente. Y solamente en el punto de muestreo 14, se obtuvo una tendencia mesocúrtica.

Figura 11

Promedios de los parámetros texturales de los sedimentos de Playa Salguero: (a) tamaño medio de grano y (b) clasificación.

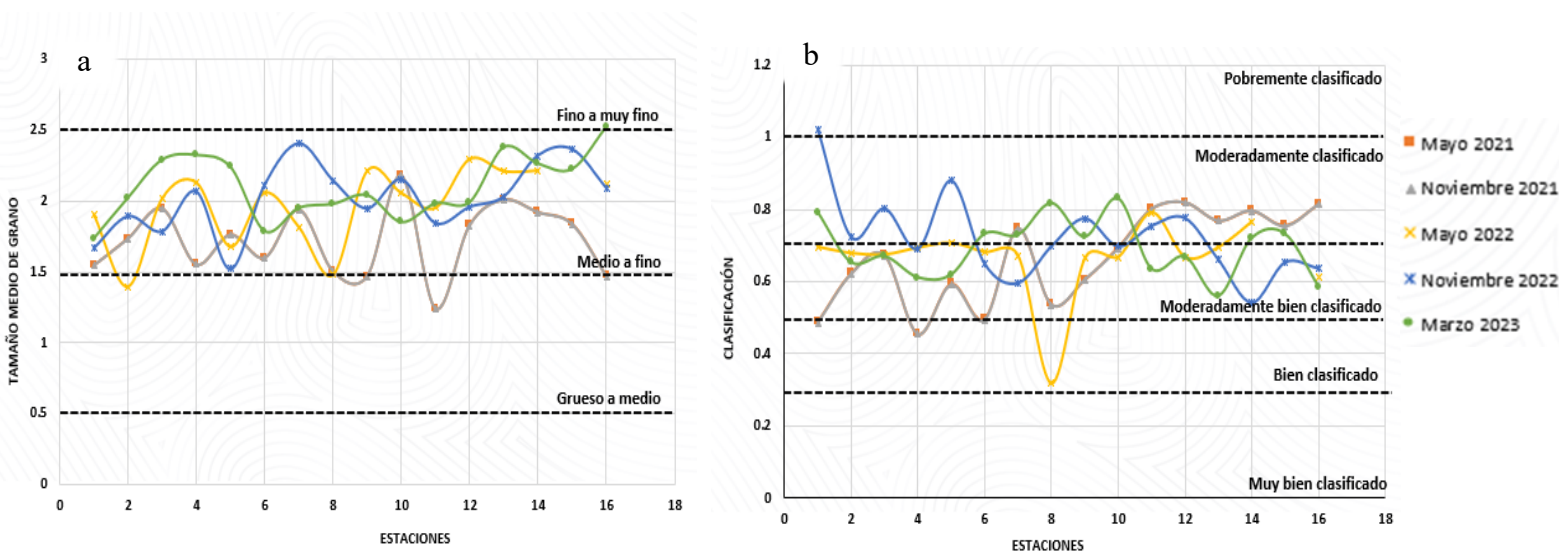
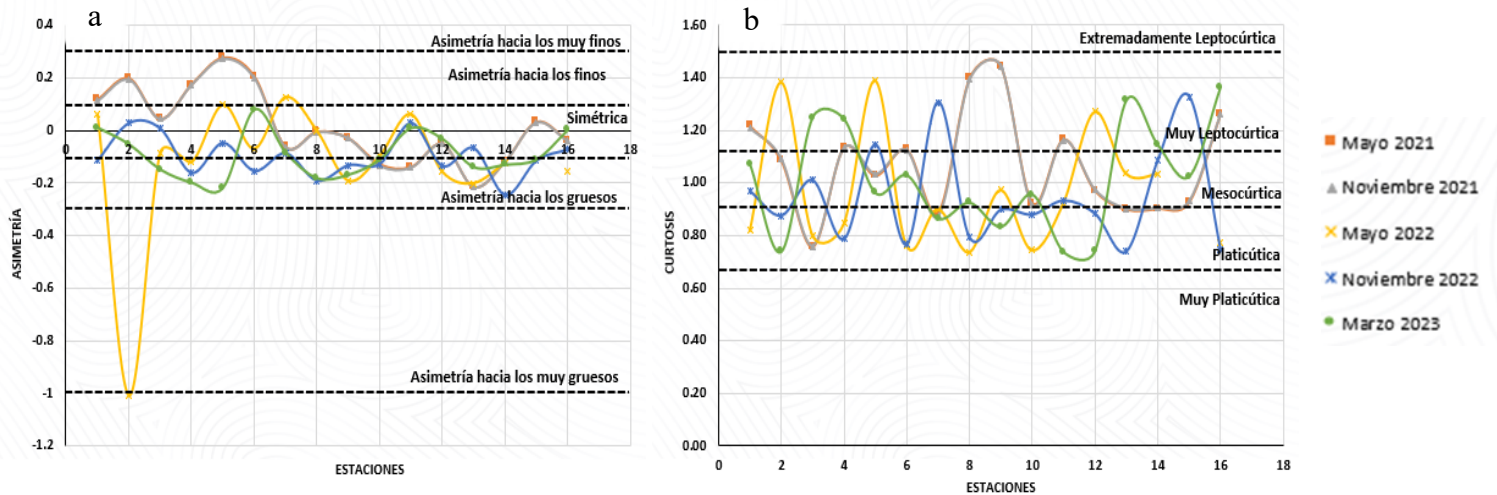


Figura 12

Promedios de los parámetros texturales de los sedimentos de Playa Salguero: (a) asimetría y (b) curtosis.



Con el objetivo de identificar que época de muestreo tenía mayor variabilidad del tamaño de grano, se obtuvieron mapas de contornos de la distribución del tamaño de grano por cada una de ellas, con los respectivos puntos de muestreo (**Figura 13**). En ellos se identificó que la concentración de las arenas finas y muy finas en los meses de mayo y diciembre de 2021 se localizó en la zona cercana a la desembocadura del río Gaira, el tamaño medio se distribuyó en la parte central y cercana al cerro Punta La Gloria, no se observa mayor cambio entre las dos épocas de muestreo. En los meses de mayo y diciembre de 2022 se localizó una mayor concentración de tamaños finos en la zona de desembocadura del río Gaira. Sin embargo, en el mes de mayo 2022 se tiene una distribución de tamaño de fino desde la desembocadura del río hasta de la zona central, donde posteriormente se observa un cambio de tamaño a sedimentos de tamaño medio. En noviembre 2022, se presenta un cambio de tamaño de grano donde cerca a la desembocadura del río Gaira se presenta un tamaño de grano fino aumentando a tamaños medios, hasta el cerro Punta La Gloria. En marzo 2023, se observan tamaños finos en la zona de desembocadura y tamaños medios a lo largo de la playa, principalmente en la zona central.

Figura 13

Mapas de la distribución de tamaño medio de grano (Mz) de sedimentos superficiales, en las diferentes épocas de muestreo de Playa Salguero.

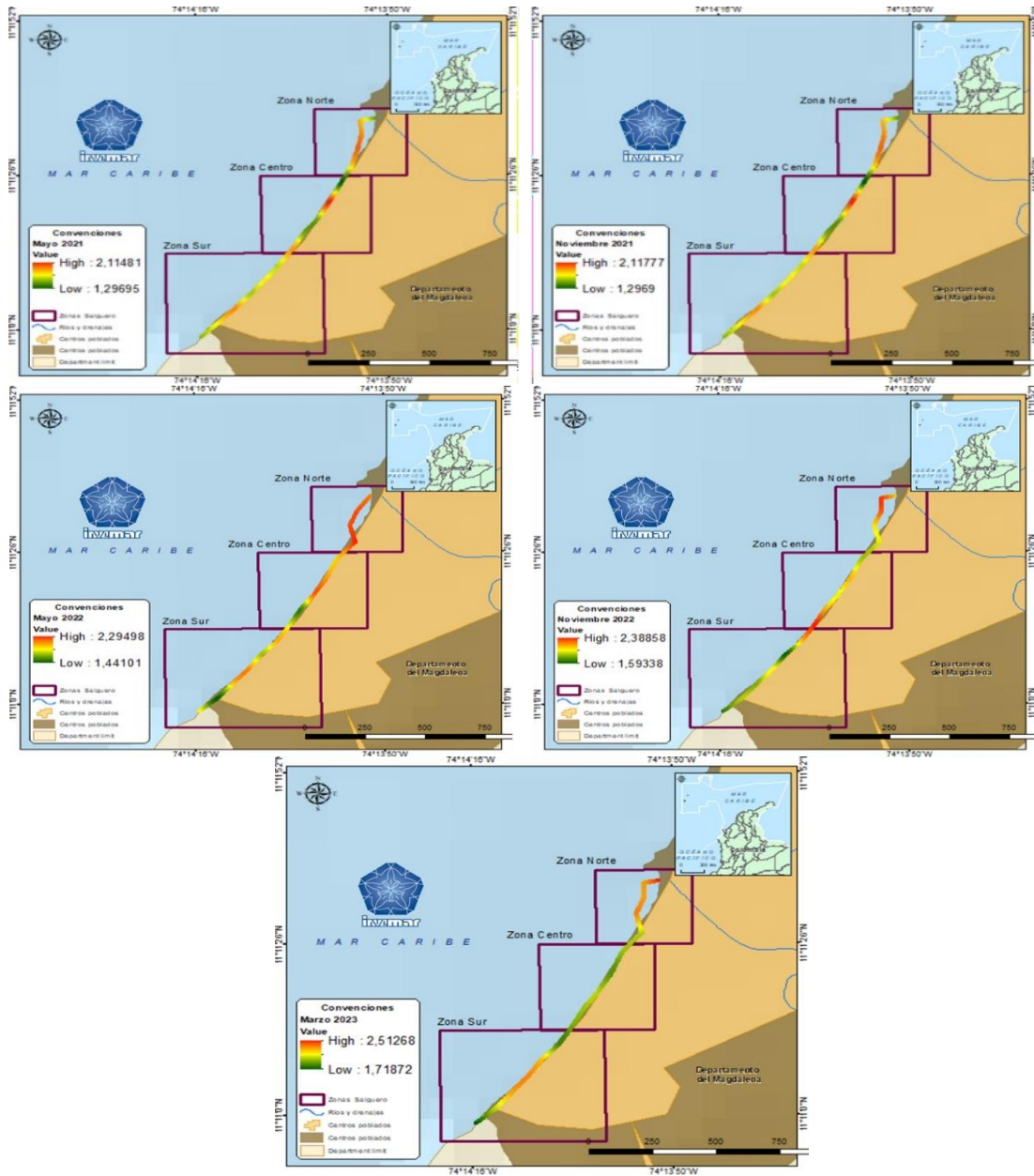


Tabla 2

Datos estadísticos de los muestreos en Playa Salguero tomados del software Gradistat para el análisis de los parámetros texturales y gráficas bivariantes. Donde Mz = tamaño medio de grano, S ϕ = clasificación, Sk = Asimetría y K = Curtosis.

		Estaciones															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16 - RG
		<i>Mayo 2021</i>															
Mz		1,545	1,736	1,947	1,553	1,764	1,601	1,94	1,504	1,47	2,179	1,241	1,831	2,01	1,921	1,839	1,472
S ϕ		0,488	0,623	0,673	0,455	0,594	0,497	0,747	0,537	0,605	0,695	0,801	0,82	0,769	0,796	0,756	0,814
Sk		0,118	0,198	0,044	0,175	0,276	0,205	-0,063	-0,004	-0,029	-0,128	-0,138	-0,05	-0,214	-0,117	0,033	-0,039
K		1,218	1,087	0,758	1,135	1,029	1,127	0,8871	1,398	1,445	0,924	1,166	0,971	0,9	0,903	0,928	1,263
		<i>Noviembre 2021</i>															
Mz		1,544	1,732	1,944	1,552	1,760	1,598	1,938	1,503	1,470	2,178	1,240	1,828	2,007	1,919	1,834	1,470
S ϕ		0,485	0,620	0,672	0,454	0,590	0,493	0,746	0,535	0,605	0,690	0,800	0,818	0,767	0,795	0,752	0,813
Sk		0,113	0,195	0,043	0,174	0,273	0,200	-0,064	-0,006	-0,030	-0,134	-0,141	-0,051	-0,215	-0,117	0,031	-0,040
K		1,209	1,092	0,759	1,133	1,034	1,123	0,872	1,393	1,444	0,914	1,162	0,972	0,901	0,904	0,930	1,263
		<i>Mayo 2022</i>															
Mz		1,906	1,398	2,019	2,131	1,679	2,059	1,817	1,481	2,213	2,057	1,953	2,297	2,211	2,215		2,120
S ϕ		0,695	0,678	0,674	0,693	0,706	0,681	0,67	0,318	0,665	0,668	0,79	0,667	0,695	0,766		0,613
Sk		0,061	-1,01	-0,085	-0,121	0,098	-0,07	0,127	0	-0,191	-0,098	0,062	-0,156	-0,201	-0,123		-0,157
K		0,82	1,383	0,802	0,846	1,39	0,763	0,902	0,738	0,974	0,746	0,922	1,271	1,037	1,036		0,771
		<i>Noviembre 2022</i>															
Mz		1,67	1,893	1,787	2,066	1,522	2,114	2,402	2,144	1,947	2,151	1,844	1,958	2,031	2,319	2,362	2,090
S ϕ		1,021	0,724	0,802	0,691	0,879	0,65	0,597	0,698	0,775	0,698	0,754	0,776	0,662	0,543	0,654	0,638
Sk		-0,115	0,028	0,007	-0,162	-0,048	-0,155	-0,087	-0,192	-0,133	-0,128	0,028	-0,136	-0,068	-0,247	-0,115	-0,073
K		0,969	0,876	1,01	0,787	1,145	0,767	1,307	0,793	0,898	0,88	0,933	0,883	0,741	1,087	1,328	0,745
		<i>Marzo 2023</i>															
Mz		1,735	2,021	2,289	2,322	2,238	1,787	1,95	1,978	2,04	1,85	1,982	1,991	2,377	2,262	2,224	2,521
S ϕ		0,791	0,652	0,669	0,61	0,618	0,731	0,728	0,816	0,723	0,829	0,634	0,668	0,559	0,719	0,731	0,585
Sk		0,01	-0,053	-0,149	-0,199	-0,218	0,078	-0,085	-0,182	-0,169	-0,111	0,008	-0,033	-0,14	-0,131	-0,111	0,001
K		1,073	0,739	1,247	1,242	0,962	1,029	0,865	0,925	0,834	0,956	0,738	0,743	1,313	1,144	1,025	1,364

5.2 Gráficas bivariantes de dispersión de los parámetros de tamaño de grano

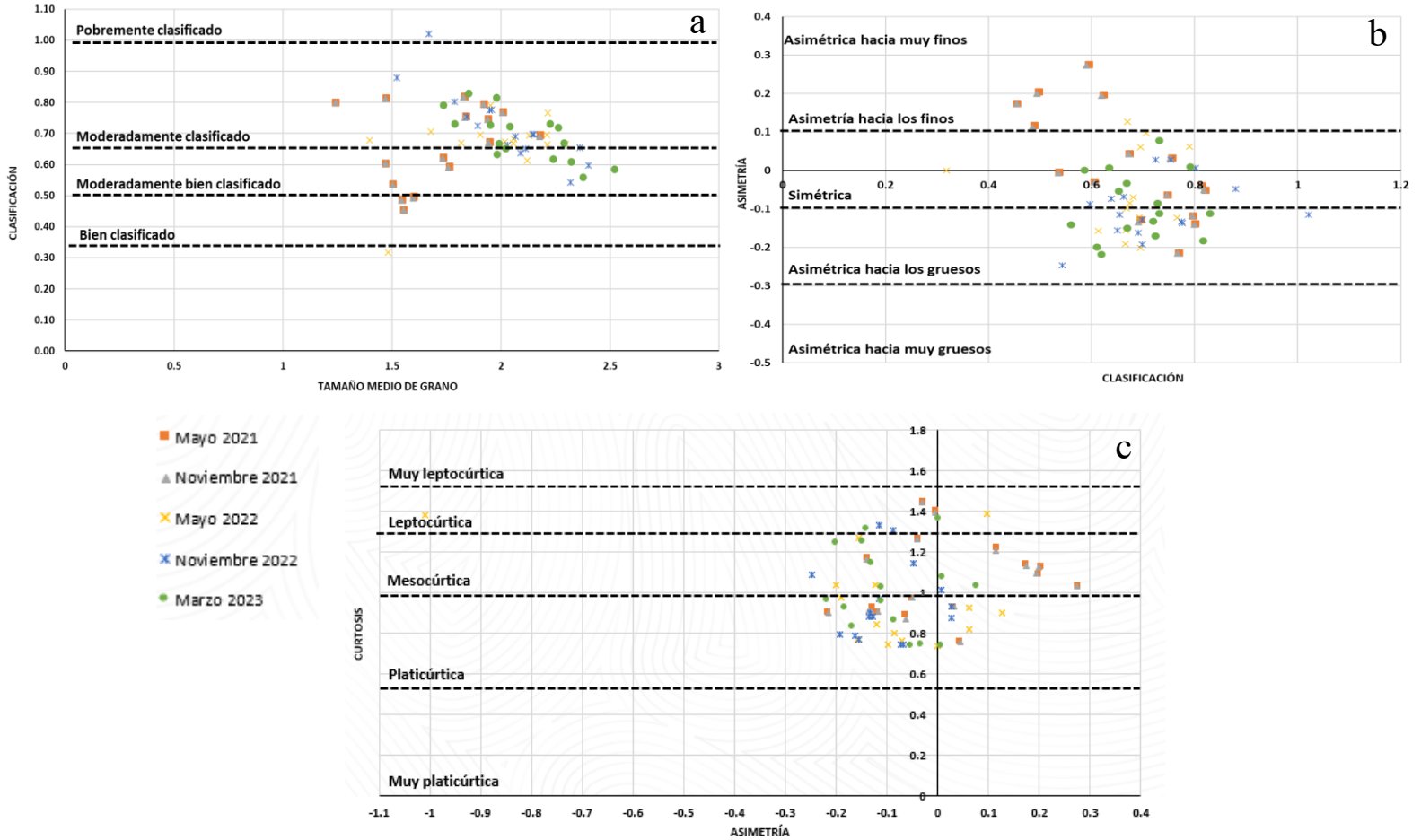
En la relación entre el tamaño de grano medio (Mz) y la clasificación ($S\phi$) de los sedimentos (**Figura 14a**) se observó que la mayoría de las muestras se encontraron en un rango de bien clasificado a moderadamente clasificado, con tamaños de grano entre arena fina y media durante las épocas de muestreo. Además, se puede observar que en el mes de noviembre de 2022 hay dos valores de muestras que tienen un rango de clasificación de moderada a pobremente clasificadas, con tamaño de grano medio.

La relación entre simetría (Sk) y clasificación ($S\phi$) (**Figura 14b**), presentó agrupamiento en dos grupos. Un primer grupo, con características simétricas a simétrica hacia los más gruesos, con clasificación moderadamente bien clasificado a moderadamente bien clasificado donde se encuentran la mayoría de las muestras en los meses de mayo, noviembre de 2021, mayo y noviembre de 2022 y marzo de 2023. Un segundo grupo de muestras de sedimentos asimétricos hacia la fracción fina moderadamente bien clasificados a bien clasificados, representado por el punto de muestreo 4, en mayo y noviembre de 2021. Se observaron algunas muestras separadas de estos dos grupos pertenecientes a los meses de mayo de 2021 y noviembre de 2022, con características de clasificación muy bien clasificado a moderadamente clasificado, y moderada a pobremente clasificado, respectivamente.

Con respecto a la relación simetría (Sk) y curtosis (k) (**Figura 14c**), se observó que la mayoría de los sedimentos presentaron un agrupamiento con tendencias hacia una asimetría positiva hacia los finos con curtosis platicúrtica a leptocúrtica, mientras que los sedimentos de los meses de mayo y noviembre de 2021 tienen una asimetría positiva hacia los finos con curtosis mesocúrtica a leptocúrtica.

Figura 14

Gráficas bivariantes entre (a) media y clasificación, (b) clasificación y asimetría, y (c) asimetría y curtosis.



5.3 Escenarios de los ambientes de depositación de los sedimentos

Los resultados del análisis de la función discriminante (**Tabla 3**) mostraron que los valores calculados de Y2 y Y3 indican que el 98% de las muestras corresponden a un ambiente sedimentario marino somero. Sin embargo, algunas de muestras de las épocas de muestreo corresponden a un ambiente fluvial agitado (deltáico), debido al flujo del río. Esto se puede observar en la gráfica de Y2 contra Y3 (**Figura 15**) en la que se identificaron cuatro campos de ambientes sedimentarios (Sahu 1964): marino somero/playa, marino somero/agitado, fluvial/playa y fluvial agitado.

Figura 15

Relación entre funciones discriminantes Y2 y Y3 mostrando los ambientes en Playa Salguero.

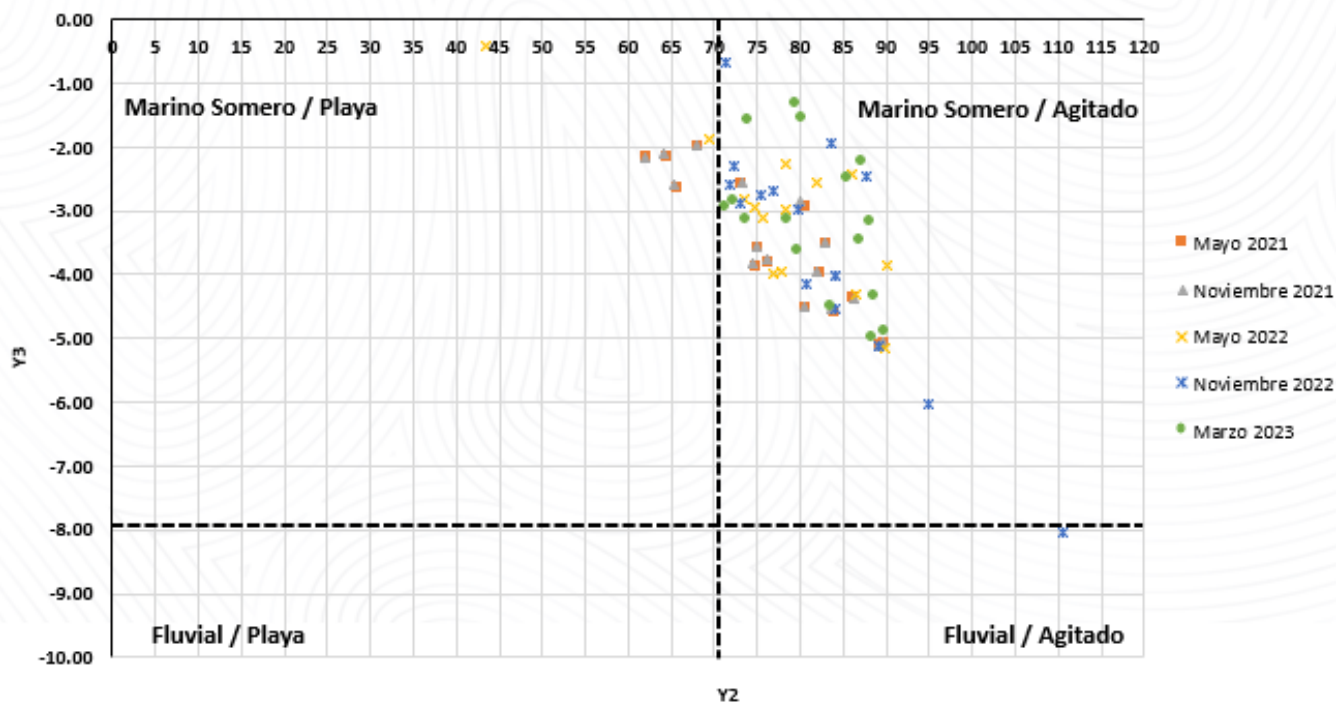


Tabla 3

Valores de los ambientes estimados utilizando las funciones discriminantes, los cuales se utilizaron para caracterizar los ambientes de depositación de los sedimentos de Playa Salguero. Teniendo en cuenta que $Y2 < 65.365$ sugiere un depósito de playa, $Y2 > 65.365$ corresponde a un depósito de mar somero agitado. $Y3 < -7.419$ identifica un depósito fluvial (deltaico) y $Y3 > -7.419$ corresponde a un depósito marino somero.

		Estaciones															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16 - RG
		<i>Mayo 2021</i>															
Y2		64,51	76,38	75,06	62,08	74,84	65,86	82,31	68,29	73,28	80,63	80,66	89,91	83,10	86,30	84,11	89,25
Y3		-2,16	-3,82	-3,59	-2,17	-3,89	-2,66	-3,98	-2,01	-2,58	-2,94	-4,54	-5,08	-3,52	-4,39	-4,60	-5,13
		<i>Noviembre 2021</i>															
Y2		64,05	76,08	74,91	61,99	74,49	65,41	81,86	68,04	73,24	79,90	80,39	89,66	82,89	86,19	83,67	89,04
Y3		-2,12	-3,77	-3,57	-2,16	-3,83	-2,60	-3,97	-1,99	-2,57	-2,85	-4,50	-5,05	-3,49	-4,37	-4,54	-5,11
		<i>Mayo 2022</i>															
Y2		77,85	59,39	74,76	78,38	86,53	75,55	76,93	43,48	78,26	73,55	89,76	85,88	81,90	90,17		69,31
Y3		-3,95	1,38	-2,95	-2,97	-4,30	-3,10	-3,99	-0,43	-2,26	-2,81	-5,17	-2,42	-2,57	-3,86		-1,88
		<i>Noviembre 2022</i>															
Y2		110,49	80,79	89,05	75,34	94,91	72,24	83,63	76,77	84,15	79,65	83,99	84,09	73,07	71,32	87,57	71,91
Y3		-8,05	-4,15	-5,11	-2,76	-6,04	-2,30	-1,95	-2,68	-4,01	-2,99	-4,55	-4,01	-2,89	-0,66	-2,45	-2,57
		<i>Marzo 2023</i>															
Y2		88,31	72,28	85,62	80,18	73,98	83,54	79,82	88,54	78,65	89,80	71,24	73,64	79,50	88,17	86,88	87,22
Y3		-4,98	-2,85	-2,48	-1,56	-1,59	-4,50	-3,63	-4,33	-3,13	-4,90	-2,96	-3,14	-1,31	-3,19	-3,45	-2,22

5.4 Mineralogía

Con el objetivo de obtener una posible procedencia de los sedimentos de playa Salguero, se realizó el análisis mineralógico de las muestras para las épocas de muestreo planteadas. La mayoría de las muestras son constituidas principalmente por arenas finas a medias con un porcentaje de minerales félsicos y minerales máficos, seguido de minerales secundarios como micas, minerales magnéticos, feldespatos y algunos fragmentos líticos **(Figura 16)**.

En las épocas de mayo y diciembre 2021, se obtuvieron que minerales principales como cuarzo y minerales máficos se encontraban en un 40% y 34%, epidota en un 9%, feldespatos en un 8%, micas en un 4% y fragmentos líticos en un 1%. Sin embargo, en la época de mayo y noviembre 2022, este porcentaje disminuyó teniendo la mayoría de las muestras un contenido de cuarzo y minerales máficos en un 20% y 15%, respectivamente, feldespatos 10%, micas 12%, fragmentos organogénicos 30% y óxidos de hierro y epidota en un 5%. En la época de marzo 2023, se observa que los sedimentos más cercanos al cerro PuntaLa Gloria contienen un mayor porcentaje de cuarzo y micas en un 30% y 22%, respectivamente, minerales máficos 20%, feldespatos 15%, fragmentos líticos 5% y minerales pesados en un 8%. En la zona centro y norte, cercana a la desembocadura del río, se obtuvo un mayor contenido de minerales como el cuarzo y máficos en un 20% y 25%, respectivamente, seguido por feldespatos 20%, micas 15%, minerales pesados 8%, fragmentos organogénicos 4% y minerales magnéticos en un 3%.

Los análisis de mineralogía para el mes de marzo de 2023 están constituidos en mayor proporción por arena fina a muy fina en la fracción de 0.125mm, en donde se indica una composición con alto contenido de micas, aproximadamente, un 30% y un 40% en minerales máficos y cuarzo, 17% en feldespatos y 15% en carbonatos en los puntos de muestreo más cercanos al río Gaira y en

el punto de muestreo del río Gaira. En la zona central se observó un alto contenido de minerales máficos y cuarzo con un 35%, 15% en micas, 10% en feldespatos y 15% en carbonatos. En la parte sur, en los puntos de muestreo más cercanos al cerro Punta La Gloria se pudo observar porcentajes con mayor proporción en minerales como cuarzo y máficos con un 35% y un 20% de minerales micas, 10% en feldespatos y 5% en carbonatos. No se observaron elementos biogénicos en las muestras. Sin embargo, en el punto de muestreo del río Gaira se observó una pequeña concha **(Figura 17d)**.

Figura 16

Gráfica mineralógica porcentual de los meses de muestreo donde se observan que hay mayor porcentaje de cuarzo, seguido de máficos, micas, feldespatos y en menor proporción fragmentos líticos y elementos organogénicos, siendo estos pequeñas ramas y hojas.

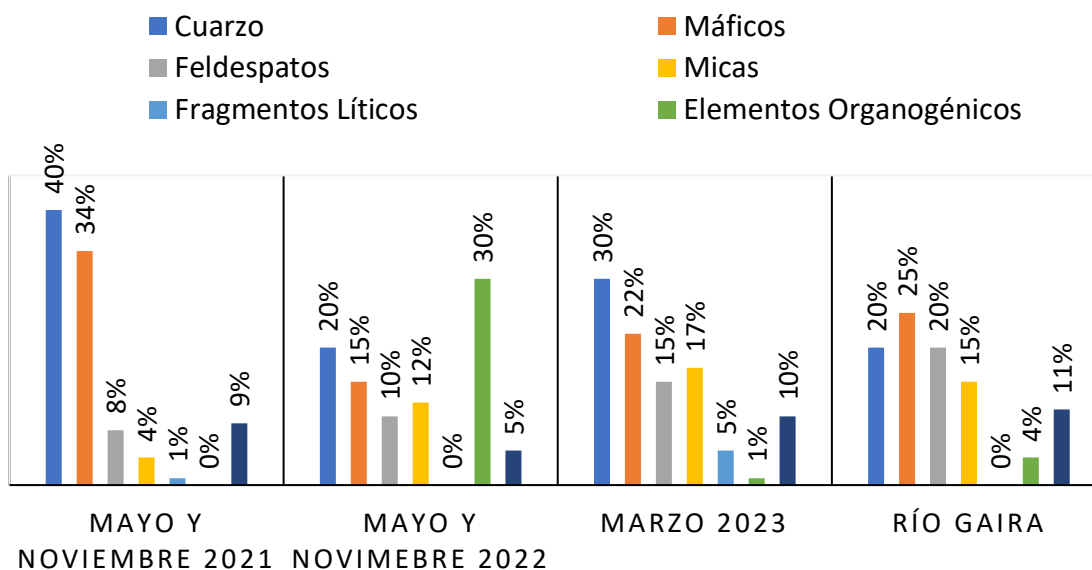
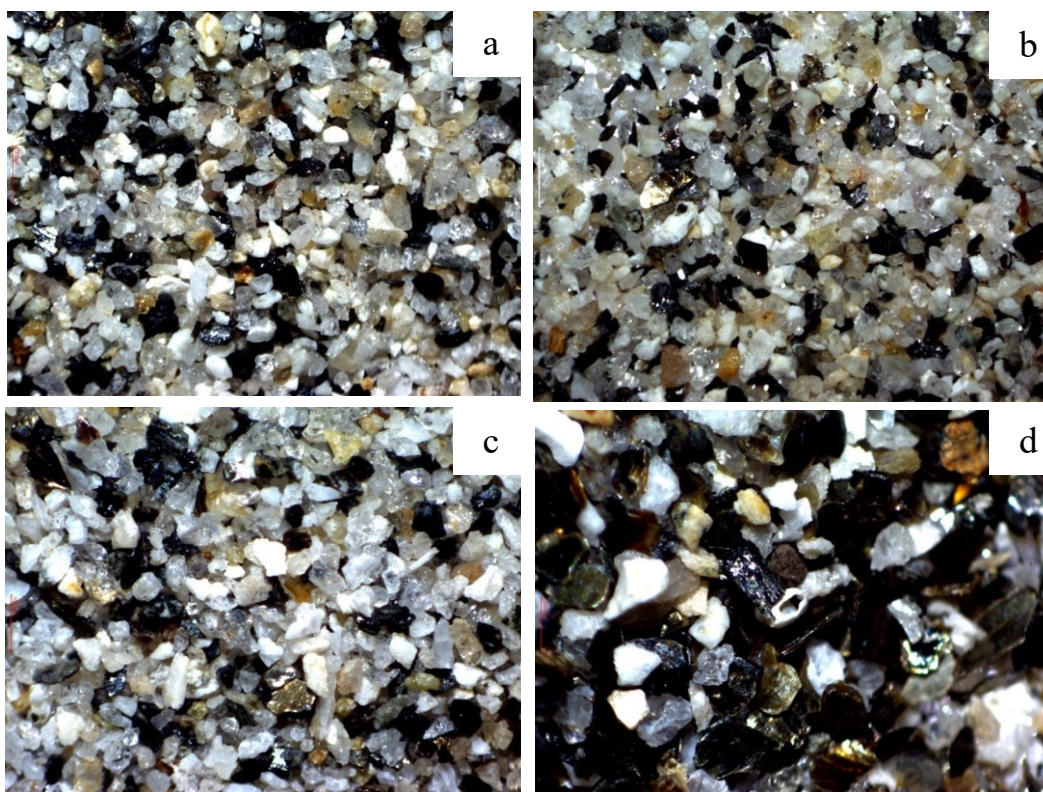


Figura 17

Composición mineralógica de las muestras de sedimento de marzo 2023, donde se observan las diferentes composiciones de los puntos de muestreo. a) Punto de muestreo 1, aumento 1.75x. b) Punto de muestreo 7, aumento 1x. c) Punto de muestreo 15, aumento 2x. d) Punto de Muestra RG, aumento 3x.

**5.5 Calcimetría**

De acuerdo con los resultados obtenidos de calcimetría de este año en el mes de marzo, los sedimentos colectados (16 muestras) sobre la zona mesomareal de Playa Salguero presentan una variación en la cantidad de carbonato de calcio (CaCO_3), con un pico máximo en el punto de muestreo 15 de 0.36%, seguido por el punto de muestreo 2 con 0.32%; el resto de las muestras no contienen carbonato de calcio (0.00%) (**Figura 18**).

Figura 18

Datos de Calcimetría de las muestras recolectadas en el mes de marzo del 2023 en la zona mesomareal del sector de playa Salguero.

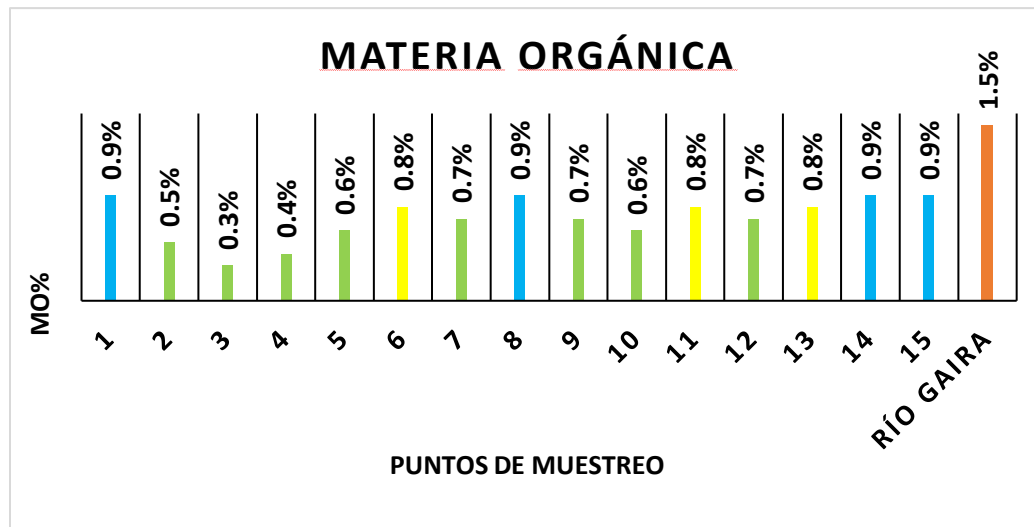


5.6 Materia Orgánica

Los resultados de contenido de materia orgánica (**Figura 19**) para las muestras del mes de marzo de este año, se presenta un mayor contenido de materia orgánica en el punto de muestreo del río Gaira con un porcentaje de 1.5%. En los puntos de muestreo 15, 14, 8 y 1, presentan un 0.9%, seguido de los puntos de muestreo 13, 11 y 6 con un 0.8% y finalmente los puntos de muestreo 2,3,4,5 y 10 con un porcentaje igual o menor al 0.7%.

Figura 19

Contenido de materia orgánica de las muestras recolectadas en el mes de marzo de 2023 en la zona mesomareal del sector de playa Salguero.



6. Discusión

Los resultados obtenidos en Playa Salguero presentan un predominio de los tamaños de grano fino a medio, con asimetría negativa, y bien clasificados a moderadamente clasificados en la mayoría de las estaciones y durante todas las épocas de muestreo. Sin embargo, en los meses de mayo y noviembre 2023, predominan las fracciones mediana a fina, con asimetrías hacia la fracción fina (positiva) y curtosis platicúrtica a mesocúrtica. El ambiente de depositación de la playa es marino/somero agitada y algo de depositación fluvial; reflejando algunas variaciones texturales en los sedimentos de playa relacionados con el sistema fluvial del río Gaira que desemboca en la playa. Lo anterior coincide con lo indicado por Rangel *et al.* (2019) donde para su estudio en la zona de la Sierra Nevada de Santa Marta, describe la presencia de tamaño de grano y una selección moderada.

Además, menciona que el ambiente de depositación de la zona de Rodadero- Playa Salguero es marino somero / agitada con poca depositación fluvial. La presencia del tamaño de grano medio

con asimetría positivas en los muestreos de mayo y noviembre 2021 puede ser atribuida a la influencia de las descargas del río Gaira durante la temporada de transición y lluvias respectivamente. Por lo general, la distribución del tamaño del grano de los sedimentos está relacionada con el nivel de energía del ambiente. Esto ha sido respaldado por numerosos estudios posteriores (Tucker, 1990), y existe una tendencia general a que, a medida que los valores de clasificación aumentan, el tamaño de grano también aumenta. Por lo tanto, los sedimentos de grano fino suelen tener una clasificación moderada a buena.

La variación espaciotemporal de los sedimentos superficiales de playa Salguero mostró una concentración de la fracción más fina en la zona cercana a la desembocadura del río, mientras que la fracción de arena media se concentró en la zona central a sur (Cerca al cerro Punta La Gloria) en todos los meses de muestreo. Según Griffiths (1967), la clasificación y el tamaño de grano de los sedimentos están influenciados por factores hidráulicos, y en todos los ambientes sedimentarios, la mejor clasificación se observan rangos de tamaños más finos a medios.

7. Conclusiones

Gracias a la caracterización de sedimentos realizados en Playa Salguero, podemos concluir que estos pueden ser diferenciados según su proceso de deposición en depósitos marino somero/agitado y fluvial agitado asociado al flujo del río Gaira.

Los sedimentos de tamaño medio se encuentran principalmente en la zona más cercana a la desembocadura del río, mientras que los sedimentos más finos se concentran en el área central y sur de la playa. Esta distribución de sedimentos finos se observa especialmente durante los periodos de escasez de lluvias y transición.

Mediante el análisis mineralógico aplicado a las muestras se observa que los sedimentos más cercanos a la desembocadura del río contienen un mayor porcentaje de minerales como cuarzo, moscovita y biotita, seguido de minerales máficos, feldespatos y minerales magnéticos, asimismo algunos minerales accesorios como epidota y óxidos.

En la zona cercana al cerro Punta La Gloria se observó que los sedimentos contenían un mayor porcentaje de cuarzo y minerales máficos y un menor porcentaje de micas, feldespatos y algunos minerales accesorios como epidota y óxidos; destacando una posible procedencia del sedimento desde el cerro Punta La Gloria, el cual se encuentra conformado por granodiorita y la cuenca del río Gaira donde afloran litologías de Esquistos anfibolíticos y cuarzdioritas.

A partir de los datos analizados se demuestra que los parámetros texturales del tamaño de grano de los sedimentos pueden utilizarse para distinguir un entorno sedimentario específico además de las características de los sedimentos, los cuales sirven para comprender las condiciones ambientales.

En cuanto a los resultados del procedimiento de calcimetría se puede concluir que el porcentaje de carbonato de calcio para las muestras recolectadas en playa salguero no presenta una variación significativa en el contenido, donde el máximo valor registrado no supera el 1%. En los puntos de muestreo 2 y 15 se obtuvieron los valores de 0.32% y 0.36%, respectivamente. En los demás puntos de muestreo el valor de la lectura del calcímetro fue igual al 0%. Se puede observar que el contenido de material calcáreo en el área de estudio no fue muy significativo, indicando que hay un mayor aporte terrígeno en los sedimentos analizados.

Por otro lado, el resultado obtenido al procedimiento de materia orgánica evidenció que el mayor contenido de materia orgánica se presenta en el punto de muestreo del río Gaira con un porcentaje de 1.5%. La cantidad de materia orgánica presente en los sedimentos recolectados es

escasa debido a que esta no supera el 1%. Las muestras 15 y 14 recolectadas en la zona norte contienen un porcentaje de 0.9% de materia orgánica conforme a la depositación de los sedimentos activos del río Gaira. Sin embargo, con este porcentaje también se observan muestras de la zona centro y sur como lo son los puntos de muestreo 8 (zona centro) y 1 (zona sur), el cual se puede relacionar con la deposición de material biológico por actividades antrópicas de comunidades locales y una posible influencia de corrientes marinas provenientes del cerro Punta La Gloria.

8. Recomendaciones

Se propone seguir avanzando en el estudio de la procedencia de los sedimentos en la zona de playa salguero, teniendo en cuenta el análisis mineralógico de las posibles fuentes de procedencia de los sedimentos como los son el Cerro Punta La Gloria y la cuenca del Río Gaira, observando sus litologías y la composición de minerales que lo conforman. Además, se plantea el uso de técnicas como el Fluorescencia de rayos X- FRX y Difracción de rayos X- DRX, que ayudarán a conocer con mayor detallada la composición química de la roca.

Mejorar la metodología de separación de minerales livianos y pesados, puesto que está brindará mayor precisión al análisis de procedencia de sedimentos y como se está comportando el transporte de influencia fluvial y eólico en la zona.

Desde la parte de oceanografía, se propone correlacionar los resultados sedimentológicos con parámetros oceanográficos como caudal, corriente y mareas para analizar cómo estos factores han afectado los sedimentos en la zonade Playa Salguero.

Referencias bibliográficas

- Andrade, C., Y. Thomas, S. Lonin, C. Parra, S. Kunesch, L. Menanteau, A. Andriau, C. Piñeros, S. Velasco. 2004. *Aspectos morfodinámicos de la bahía de Cartagena*. Boletín Científico CIOH, 22: 90-104.
- Hernandez, M. 1996. *Geología de las planchas 11 Santa Marta y 18 Ciénaga*. INGEOMINAS
- Magaña, L.A., C. Aranda, J.P. Sierra, E. Marti, E. Feran, J.L. Almada, M. Rodilla, J. Gonzáles del Río, A. Arcilla Sánchez. 2006. *Caracterización y Patrones de Distribución de los Sedimentos Superficiales en Bahía Culera, España*. *Ciencias Marinas* 32: 617-629.
- Muñoz, A., A. Soria, J. Canudo, A. Casas, A. Gil, M. Mata. 1997. *Caracterización estratigráfica y sedimentológica del Albiense marino del borde norte de la Sierra de Caneros: implicaciones paleogeográficas*. Cuadernos de Geología Ibérica 22: 139-163.
- Rangel, N., Ghisays, A. Torres, N. (2019). *Grain –size analy-sis and characterization of sedimentary environments of the sierra Nevada de Santa Marta (snsm) coastal zone, caribbean of colombia*. Revista ITTPA, 1(1), 13-19.
- Ricaurte-Villota, C., Coca-Domínguez, O., González, M.E., Bejarano-Espinosa, M., Morales, D.F., Correa-Rojas, C., Briceño-Zuluaga, F., Legarda, G.A. y Arteaga, M.E. 2018. *Amenaza y vulnerabilidad por erosión costera en Colombia: enfoque regional para la gestión del riesgo*. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras “José Benito Vives De Andrés” – INVEMAR–. Serie de Publicaciones Especiales de INVEMAR # 33. Santa Marta, Colombia. 268 p
- Ríos R., Felipe, & Cisternas V., Marco. (1998). Uso de parámetros sedimentológicos en el reconocimiento de ambientes hidrodinámicos en los canales y fiordos adyacentes a "Campos

- de Hielo Sur". *Investigaciones marinas*, 26, 21-30. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-71781998002600003>
- Säenz-Reyes, J.A., Ríos-Reyes, C.A. and Castellanos-Alarcón, O.M., *Itinerario geológico de la franja costera entre el Aeropuerto Internacional Simón Bolívar y la Bahía de Taganga, Provincia Geotectónica de Santa Marta*. *Boletín de Ciencias de la Tierra*, 42, pp. 5-24, Julio, 2017.
- Sahu, B.K., 1964. *Depositional mechanisms form the size analysis of clastic sediments*. *Journal of Sedimentary Petrology* 34: 73– 83.
- Tschanz, C., C.A. Jimeno, C. Vesga. 1969. *Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta area (Colombia)*. Ingeominas, Bogota.152 pp.
- Villanueva García, E. P. (2020). *Caracterización Textural y Composicional de Sedimentos en Suspensión en Bocas de Ceniza, Desembocadura del Río Magdalena, Costa Caribe de Colombia002E*