

## Caracterización morfosedimentaria del depósito tipo playa ubicado en San Francisquito, estado Miranda, Venezuela

Franklin Núñez Ravelo \* 

Diana Garrido Sansonetti † 

Rossany Calderón Castellanos Δ 

María Ugas Pérez ‡ 

### Resumen

El reconocimiento de la dinámica morfosedimentaria de los espacios costeros constituye un elemento de interés, a fin de comprender la acción de los agentes y procesos involucrados en la constitución del paisaje. De allí que la investigación planteó precisar los rasgos morfosedimentarios de playa San Francisquito, en el litoral mirandino venezolano. Se sustentó en tres fases investigativas: 1) campo: recolección de sedimentos superficiales cada 100 metros en las distintas posiciones del perfil de playa, y registro de parámetros morfodinámicos del oleaje; 2) laboratorio: análisis de las arenas en sus parámetros físicos (textura del material, parámetros de la distribución granulométrica) y químicos (contenido de  $\text{CaCO}_3$ , fracción de minerales pesados y livianos); y 3) oficina: análisis estadístico de los datos obtenidos. El depósito presenta una forma elongada, con arenas medias (berma) y gruesas (vaivén y la rompiente), moderadamente seleccionadas y con distribución leptocúrtica; mineralógicamente compuesto por el >80%  $\text{CaCO}_3$ , así como el 8% de fracción liviana, con cuarzo de bordes subangulares a subredondeados, y en promedio el 6% de minerales pesados. El oleaje presenta alturas de 28,83 cm y velocidad de 1,52 cm/s. Los bioclásticos provienen de la barrera arrecifal que flanquea el depósito, así como en el banco de La Tortuga, ubicado a unos 79 km al NE.

**Palabras claves:** geomorfología litoral, playa, rasgos morfosedimentarios, San Francisquito, sedimentación.

**Ideas destacadas:** artículo de investigación, mediante el cual se caracterizan los rasgos morfosedimentarios manifiestos en la configuración de la playa San Francisquito, ubicada en el litoral mirandino, en la fachada Caribe de Venezuela.



RECIBIDO: 19 DE NOVIEMBRE DE 2018. | EVALUADO: 3 DE ABRIL DE 2019. | ACEPTADO: 29 DE JULIO DE 2019.

### CÓMO CITAR ESTE ARTÍCULO

Núñez Ravelo, Franklin; Garrido Sansonetti, Diana; Calderón Castellanos, Rossany; Ugas Pérez, María. 2020. "Caracterización morfosedimentaria del depósito tipo playa ubicado en San Francisquito, estado Miranda, Venezuela." *Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía* 29 (1): 283-298. doi: 10.15446/rcdg.v29n1.76243.

\* Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Caracas - Venezuela. ✉ franklingeove@hotmail.com – ORCID: 0000-0001-5501-3085.

† Universidad Nacional Experimental Politécnica (UNEXPO) "Luis Caballero Mejías", Caracas - Venezuela. ✉ garridodiana88@gmail.com – ORCID: 0000-0002-1518-2949.

Δ Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Caracas - Venezuela. ✉ marietcalderon19@gmail.com – ORCID: 0000-0002-2795-0183.

‡ Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL), Caracas - Venezuela. ✉ mariaelenaugas\_88@hotmail.com – ORCID: 0000-0003-4798-8805.

## Morphosedimentary Characterization of the Beach-type Deposit Located in San Francisquito, State of Miranda, Venezuela

### Abstract

The study of the morphosedimentary dynamics of coastal spaces is important in order to understand the action of the agents and processes involved in the constitution of the landscape. The article presents the results of a research project aimed at describing the morphosedimentary features of the San Francisquito beach, on the coast of the state of Miranda in Venezuela. The project was divided into three research phases: 1) fieldwork: collection of superficial sediments every 100 meters along the beach and recording of morphodynamic wave parameters; 2) laboratory: analysis of the physical parameters of the sands (texture of the material, granulometric distribution parameters and their chemical parameters ( $\text{CaCO}_3$  content, fraction of heavy and light minerals)); and 3) desk work: statistical analysis of the data obtained. The deposit has an elongated shape, with medium (edge) and coarse (swash and breaker zones) sands, moderately selected and with a leptokurtic distribution. In terms of mineralogy, it is composed of  $>80\%$   $\text{CaCO}_3$  and 8% of light fractions of quartz with sub-angular to sub-rounded edges, and an average of 6% heavy minerals. Wave height is 28.83 cm and wave speed is 1.52 cm/s. Bioclasts come from a reef barrier flanking the deposit as well as from the La Tortuga bank, located 79 km to the NE.

**Keywords:** coastal geomorphology, beach, morphosedimentary features, sedimentation, San Francisquito.

**Main Ideas:** Research article that characterizes the morphosedimentary features present in the configuration of the San Francisquito beach, located on the coast of the State of Miranda on the Venezuelan Caribbean.

## Caracterização morfossedimentar do depósito tipo praia localizado em San Francisquito, estado Miranda, Venezuela

### Resumo

O reconhecimento da dinâmica morfossedimentar dos espaços litorâneos constitui um elemento de interesse, a fim de compreender a ação dos agentes e dos processos envolvidos na constituição da paisagem. A partir disso, esta pesquisa propõe precisar os traços morfossedimentares de praia San Francisquito, no litoral mirandino venezuelano. Esteve baseada em três fases investigativas: 1) campo: coleta de sedimentos superficiais cada 100 metros nas diferentes posições do perfil de praia e registro de parâmetros morfodinâmicos das ondas; 2) laboratório: análise das areias em seus parâmetros físicos (textura do material, parâmetros da distribuição granulométrica) e químicos (conteúdo de  $\text{CaCO}_3$ , fração de minerais pesados e leves); e 3) teórica: análise estatística dos dados obtidos. O depósito apresenta uma forma alargada, com areias médias (berma) e grossas (vai-e-vem e rebentação), moderadamente selecionadas e com distribuição leptocúrtica; mineralogicamente composta por  $>80\%$   $\text{CaCO}_3$  bem como 8% de fração leve com quartzo de bordas subangulares a subarredondadas, e em média 6% de minerais pesados. As ondas apresentam altura de 28,83 cm e velocidade de 1,52 cm/s. Os bioclásticos provêm da barreira de arrecife que ladeia o depósito, assim como no banco de La Tortuga, localizado a 79 km a nordeste.

**Palavras-chaves:** geomorfologia litorânea, praia, traços morfossedimentares, San Francisquito, sedimentação.

**Ideias destacadas:** artigo de pesquisa no qual são caracterizados os traços morfossedimentares manifestos na configuração da praia San Francisquito, localizada no litoral mirandino, na parte do Caribe da Venezuela.

## Introducción

Las playas son concebidas como uno de los recursos costeros de mayor valor para el crecimiento económico de los países en los que existen estos ambientes naturales. Su especial belleza escénica y su potencial para el desarrollo de múltiples actividades hacen de estas un espacio productivo y clave para las economías nacionales.

De acuerdo con Almazán, Palomino y García (2000), Bird (2008), Marcomini y López (2006), Martínez (1997), Pérez et ál. (2000) y Tarbuck y Lutgens (2005), estas zonas constituyen ambientes dinámicos. Su topografía, composición geológica, clima, la influencia de los movimientos del nivel del mar, entre otros condicionantes de orden físico-natural, generan grandes variaciones de un lugar a otro y entre periodos del año. No obstante, también es posible que una misma playa pueda sectorialmente presentar comportamientos morfodinámicos diferentes en la misma época. De allí que se reconozca que los procesos continentales y oceánicos convergen a lo largo de estas, creando paisajes que, con frecuencia, experimentan cambios rápidos de las variables que regulan el equilibrio del ecosistema costero.

En efecto, estas zonas suelen presentar desde su origen una importante variabilidad morfológica en periodos breves de tiempo (Dean 1977; Garaú 1984), lo cual es una consecuencia de las complejas interacciones que se producen entre elementos como el oleaje, la marea, los vientos y las corrientes, aunado a otros elementos tales como los rasgos batimétricos, el origen y el tamaño del sedimento, así como su disponibilidad (Bird 2000; Carranza et ál. 2015; Márquez, Campos y Castro 2010).

En relación con este último elemento, Gutiérrez Elorza (2008), refiere que el origen de los sedimentos de una playa es muy variado: fluvial, erosión de los acantilados, provenientes del fondo marino, eólicos, entre otros. A estos ocasionalmente se añaden los resultantes de las actividades antropogénicas.

Desde esta perspectiva, los estudios sedimentológicos y geomorfológicos enmarcados en el reconocimiento de los agentes y procesos intervinientes en la línea de costa, cobran gran relevancia, ya que contribuyen no solo con el conocimiento de la dinámica de estos espacios, sino que, además, proveen información base para su ordenamiento y gestión ambientalmente responsable.

Se reconoce que en la actualidad estos depósitos constituyen zonas para la ejecución de la intensa y creciente acción antropogénica, lo cual supone en parte una

amenaza para su equilibrio, dado que por su carácter sistémico y complejo, suelen ser sumamente frágiles. Lo anterior se da considerando que su dinamismo deriva de la interacción de los elementos marinos, terrestres, atmosféricos y antrópicos, los cuales determinan tanto sus características físicas, como las potencialidades y restricciones para su aprovechamiento.

En efecto, de acuerdo con Lara-Lara et ál. (2008) y Pannier (1986), estas zonas resultan estratégicas, ya que, en general, albergan una gran diversidad de actividades como la extracción de recursos, turismo, acciones para la seguridad nacional, entre otras. No obstante, suelen presentar conflictos de uso, apropiamiento de los recursos, así como impactos ambientales en el suelo, agua, entre otros elementos del paisaje. De allí que resulte necesario conocer las interrelaciones que se producen entre los elementos intervinientes en las zonas costeras, a fin de planificar su ocupación, así como la explotación de sus recursos, de manera tal que se puedan garantizar las posibilidades de un desarrollo ambientalmente sustentable (Díaz 1992).

Bajo esta premisa, la Propuesta del Plan de Ordenación del Territorio del Estado Bolivariano de Miranda (Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda - Ministerio del Poder Popular para el Ambiente, 2010) propicia la gestión adecuada de las zonas costeras. Para tal fin, establece que es necesario el análisis físico-natural de los espacios, con el propósito de identificar sus potencialidades y restricciones, los cuales conjuntamente con los resultados de análisis socioeconómicos servirán de base para, entre otros aspectos, jerarquizar prioridades que conlleven al aprovechamiento sostenible del litoral.

En este sentido, y considerando el contexto específico del área objeto de investigación, destacan los aportes de Maloney (1965), quien describe las características de esta costa, la cual ubica en el tramo que abarca desde Morón hasta Cumaná, expresando, en líneas generales, que esta zona presenta tramos en donde los rasgos estructurales, fallas o plegamientos controlan la evolución de la morfología costera; mientras que en otros la sedimentación y sus procesos asociados definen las características litorales. Al noreste de Cabo Codera, la costa es clasificada como de acantilados, debido a que se caracteriza por ser angosta, rocosa, rectilínea y con pequeños remanentes de terrazas marinas, mientras que al sureste se observa, más bien, una planicie marcada por playas de arenas, cordones litorales, lagunas y pantanos, por lo cual la clasifica como una costa lagunal.

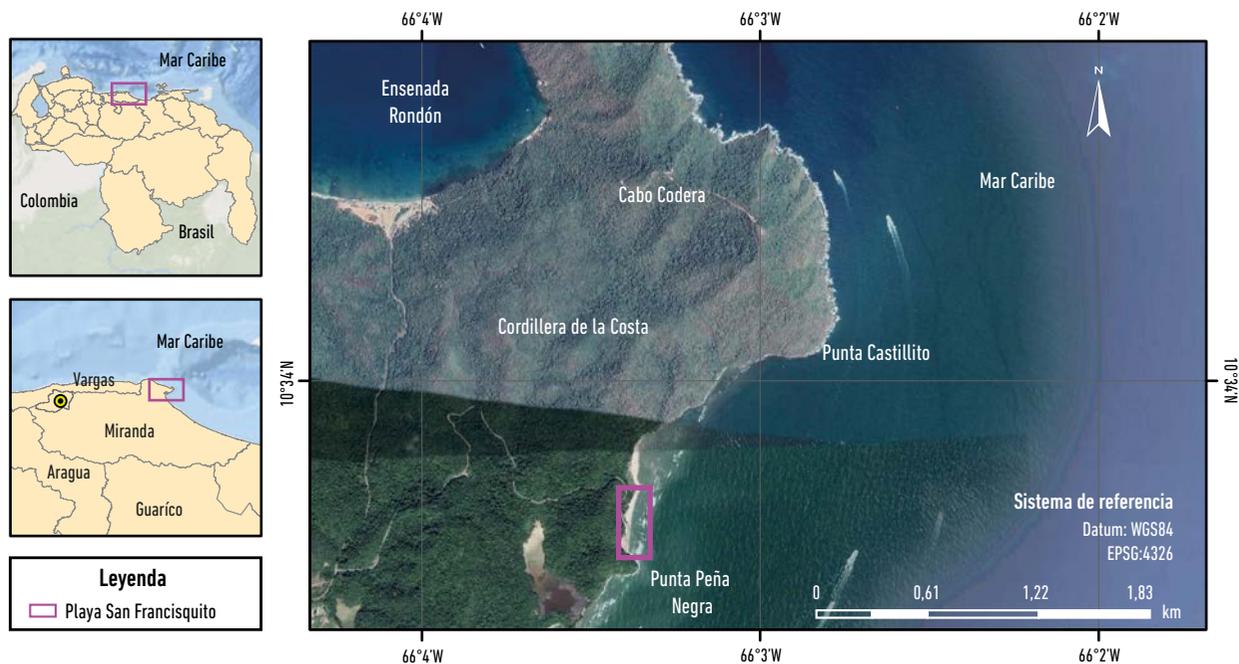
Suárez (1991), analizó el origen y los cambios inducidos por procesos naturales, así como el impacto de las acciones antropogénicas a lo largo de toda la costa continental del territorio venezolano. En este trabajo destaca la morfología de la costa asociada a los procesos erosivos y sedimentarios predominantes, así como la influencia de los factores terrígenos, indicando que deben establecerse los grados de vulnerabilidad de las costas con establecimientos humanos, ante la tendencia a la elevación del nivel del mar por la intensificación del efecto invernadero. Se distinguen, para el área objeto del presente estudio, dos zonas: la primera, en donde prevalece un relieve abrupto caracterizada por procesos erosivos, por lo que las zonas de acumulación son reducidas y están localizadas en pequeños valles y entrantes de la costa; y la segunda, ubicada entre Cabo Codera y Barcelona, con un relieve relativamente plano, en donde prevalece la sedimentación con desarrollo de largas playas arenosas y lagunas litorales en las que se pueden encontrar importantes comunidades de manglar.

En este orden de ideas, Lara de González, Suárez y Marcucci (1997), caracterizan el sector como una costa irregular, constituida por numerosos islotes, lagunas y pantanos con abundante vegetación de manglar. Las playas allí existentes son producto de la interrupción del transporte litoral de sedimentos, por parte del

saliente de la cordillera de la costa, el cual actúa como un abrigo montañoso que favorece el desarrollo de tales depósitos.

Núñez et ál. (2018) refieren, con base en un estudio más específico desarrollado en Playa Caimanes, ubicada al noroeste del área de estudio, que se trata de un depósito constituido por arenas gruesas en todo el perfil de playa. Mientras que hacia las zonas del vaivén y rompiente tienden a estar moderadamente seleccionadas, con una distribución asimétrica fina y leptocúrtica, presentando un perfil morfodinámico reflectivo, que indica que el oleaje en la actualidad toma partículas desde la barrera sumergida y las redistribuye hacia el interior del depósito.

En el caso específico de playa San Francisquito, esta se ubica en la región costera centro norte de Venezuela, al suroeste de Cabo Codera, en el municipio autónomo Luis Brión, dentro de la jurisdicción de la Parroquia Higueroate, en el estado bolivariano de Miranda. Geoastronómicamente se encuentra entre los  $10^{\circ} 33' 31''$  y  $10^{\circ} 33' 43''$  de latitud Norte, y entre los  $66^{\circ} 3' 26''$  y  $66^{\circ} 3' 20''$  de longitud Oeste. Geográficamente, limita al Norte con la vertiente sureste del Cabo Codera, con el saliente Punta Castillito, al Sur con Punta Peña Negra, al Este con el Mar Caribe y al Oeste con la vertiente terminal de cordillera de la Costa (Figura 1).



**Figura 1.** Mapa de localización del área de estudio en el contexto nacional, regional y local. Datos: imagen Landsat 8 composición RGB 432, noviembre de 2017.

Este tramo litoral, geomorfológicamente, es reconocido como una costa de sedimentación (Suárez 1991) o planicie costera (Pannier 1986), caracterizado por la presencia de una plataforma amplia, con suaves pendientes, que permite la formación de barras arenosas, lagunas costeras, importantes áreas de manglar y ambientes de playa bien desarrollados y formados por deposición sedimentaria marino-fluvial.

Al respecto, Lara de González, Suárez y Marcucci (1997), indican que el material involucrado en el transporte litoral de esta costa proviene, en gran proporción, de los ríos Curiepe, Capaya y Tuy, que desembocan hacia el Este del área de estudio. Dicho material es transportado por la deriva litoral, hacia el noroeste, en donde es interrumpido por un saliente montañoso de la Cordillera de la Costa denominado Cabo Codera, el cual actúa como abrigo topográfico y propicia la precipitación y acumulación de los sedimentos suspendidos en el agua, favoreciendo así la formación de importantes depósitos de playa.

Urbani (2002) identificó afloramientos de parte de la Asociación Metamórfica Ávila, correspondientes al Complejo San Julián (Precámbrico-Paleozoico), compuesto por esquistos y gneis, con una predominante mineralogía de cuarzo, plagioclasa, moscovita, clorita, biotita, epidota feldespato y granate. En este complejo, frecuentemente se nota una rápida gradación, desde una textura esquistosa, haciéndose la granulometría más gruesa hasta que pasa a rocas de carácter gnéisico.

Con base en los preceptos anteriormente referidos para el área objeto de estudio, se puede afirmar que la información que existe sobre los rasgos morfodinámicos y sedimentológicos del depósito de playa ubicado en San Francisquito es genérica, correspondiendo al sector en donde esta se circunscribe, sin especificidad sobre la fuente de origen del material, así como los agentes y procesos involucrados en su constitución.

Por lo que la presente investigación planteó como propósito el precisar los rasgos morfodinámicos y sedimentarios del depósito de playa de San Francisquito, a fin de aportar información geomorfológica base, que permita reconocer los agentes y procesos que han contribuido en su formación y evolución.

## Metodología

Atendiendo a su propósito, se planteó una investigación desde el paradigma cuantitativo, con un diseño de campo, multivariable y no experimental, en un nivel

explicativo, para lo cual se ejecutaron tres fases: campo, laboratorio y oficina.

## Fases y procedimientos de la investigación

### Fase de campo

Se realizaron dos visitas al área de estudio, la primera en octubre de 2014 y la segunda en julio de 2016, con el doble propósito de: a) coleccionar muestras de sedimentos superficiales y registrar los rasgos morfométricos del perfil de la playa; así como b) medir las condiciones morfodinámicas del oleaje para el sector.

Atendiendo a la longitud superficial del depósito de aproximadamente 400 m, se llevó a cabo un muestreo sistemático, que permitió coleccionar los sedimentos superficiales de manera longitudinal, en sentido SE-NW cada 100 m por posición topográfica. Esto permitió coleccionar cuatro muestras en la berma, cuatro en rompiente y cinco para la zona de vaivén, para un total de trece muestras. Estas fueron preservadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio, identificadas con datos correspondientes al punto de muestreo.

En cada punto de muestreo se procedió a registrar el ángulo de inclinación en la zona intermareal, así como las condiciones de altura, longitud y periodo del oleaje cada 6 horas, siguiendo el criterio propuesto por Tovar y Álvarez (2005).

La altura de la ola es definida por Monkhouse (1978) como la distancia desde la cresta al seno, por lo que para su determinación se utilizó una baliza de madera, para registrar la oscilación máxima (cresta) y mínima (valle) que generó el movimiento de las olas. Considerando la diferencia de esta oscilación, se determinó la altura del oleaje. La medición en cada punto se realizó por triplicado, considerando al promedio de las tres mediciones como la estimación de tal indicador para el punto de muestreo. Dichos valores fueron posteriormente comparados con la escala de Douglas (citada en Tovar y Álvarez 2005) para describir el estado del mar y del oleaje.

La longitud, fue asumida para efectos de la presente investigación como la distancia entre dos crestas sucesivas (Monkhouse 1978). En tal sentido, para su estimación se procedió a medir y registrar por triplicado en cada punto de muestreo la referida distancia y luego se determinó un promedio.

El periodo fue considerado como el tiempo que invierte la ola para recorrer una distancia equivalente a su longitud (Monkhouse 1978). Siendo así, para su estimación en campo se procedió a colocar un balón de

anime de 10 cm de diámetro, justo sobre la cresta de una ola y previa delimitación de la distancia a recorrer. Se verificó con apoyo de un cronómetro el tiempo que transcurrió durante el desplazamiento del balón entre ambos puntos del recorrido. El procedimiento se llevó a cabo por triplicado para posteriormente promediar los valores obtenidos.

#### Fase de laboratorio

Las muestras de sedimentos superficiales colectadas en campo fueron tratadas en laboratorio a fin de precisar las características físicas y químicas del material que constituye el depósito. En tal sentido, se consideró:

**a) Análisis granulométrico de las arenas.** Para lo cual se empleó el método de tamizado en seco (Köster y Leser 1976), pesando para cada punto de muestreo 50 g de material seco. Luego se procedió a batirlos durante 15 minutos en la tamizadora *Sievefester*, modelo SS-15, serial 4921 y 4922 Gison Company, INC. Posteriormente se pesó por separado cada fracción de sedimentos (1 mm, 500  $\mu$ m, 250  $\mu$ m, 125  $\mu$ m, 63  $\mu$ m y <63  $\mu$ m), tabulando los resultados del peso en gramos, para finalmente estimar la frecuencia acumulada —en adelante, FA—, frecuencia porcentual (%F) y frecuencia porcentual acumulada (%FA).

**b) Determinación del contenido de carbonato de calcio —en adelante, CaCO<sub>3</sub>—.** Se estimó a partir del método de digestión de carbonatos y con apoyo en el protocolo reportado por Twenhofel y Tyler (1941). Para conocer el contenido de carbonato se empleó la Ecuación 1.

#### Ecuación 1.

$$\text{CaCO}_3 = 5 \text{ gr} - \text{peso final}$$

Para representar el resultado en porcentaje se procedió mediante la Ecuación 2.

#### Ecuación 2.

$$\% \text{ CaCO}_3 = (\text{CaCO}_3 \times 100) / 5$$

**c) Determinación de la angulosidad del cuarzo.** Con base en el método morfoscópico, atendiendo al protocolo descrito por Roa y Berthois (1975) y con apoyo de una lupa estereoscópica modelo Leica Zoom 2000, se identificó la forma de los granos de cuarzo, a partir de una muestra de 100 partículas seleccionadas al azar por punto de muestreo.

**d) Fracción de minerales pesados.** Se empleó el método de separación al bromoformo, propuesto por Roa y Berthois (1975), quienes advierten que la sustancia tiene una densidad de 2,90; lo que permite separar por flotación la fracción ligera (cuarzo, feldespato y carbonato con densidades inferiores a los 2,77) de los minerales pesados —sin diferenciar mineralógicamente— que precipitan, quedando retenidos en el papel secante. En este procedimiento, se emplearon balones de separación (embudo Gibson) de 250 ml y se enrasó con bromoformo marca Merck y densidad 2,89.

#### Fase de oficina

En esta fase, permitió:

a) Construcción de las curvas granulométricas semilogarítmicas a partir de los datos obtenidos en el tamizado en seco de las partículas, asumiendo para su construcción los lineamientos referidos por Roa y Berthois (1975).

b) Estimación de parámetros texturales, para lo cual se programó una hoja de cálculo que permitió determinar la tendencia central, a fin de conocer el tamaño promedio de los granos, la dispersión o selección, la tendencia hacia la cola o asimetría y la concentración hacia los valores centrales de la distribución o curtosis.

c) Estimación de indicadores de la morfodinámica del oleaje, para lo cual se calcularon valores promedios referentes a las características del oleaje: altura, periodo y longitud del oleaje (Tovar y Álvarez 2005), así como el número Deam (Cuevas-Jiménez y Euán-Ávila 2010).

## Resultados

### Condiciones del oleaje incidente en el litoral

Las condiciones marinas del sector objeto de investigación reflejan que, en general, el oleaje incidente en el sector presenta una altura promedio de 25,83 cm, lo que la clasifica en el grado 2 de marejadilla, de acuerdo con la escala de Douglas (citada en Tovar y Álvarez 2005), y supone olas definidas y cortas con ruptura de crestas con aspecto vidrioso. Esto coincide con lo referido por Borges (2008), quien reseña que para este sector costero, al cual denomina entidad Miranda, el 49,82% del oleaje incidente registra alturas máximas de 90 cm, mientras que el 6,69% alcanza 150 cm, y apenas el 0,29% se ubica en 210 cm.

La velocidad promedio estimada fue de 1,52 cm/s y la longitud media de onda de 19,25 cm (Tabla 1). Es importante destacar que Méndez (2007) afirmó que en la mayor parte del Caribe, en el caso específico de las

velocidades de las corrientes de marea están entre 2 y 4 cm/s, mientras que Núñez et ál. (2018) reportaron para la costa de playa Caimanes, al noroeste de Cabo Codera una velocidad del oleaje de 8,5 cm/s.

La velocidad del oleaje en la zona, está influenciada por la barrera arrecifal que flanquea el depósito, la cual representa un obstáculo natural que frena la acción del oleaje proveniente del mar abierto, disminuyendo su velocidad y contribuyendo con la sedimentación hacia la zona continental (Figura 2).

El perfil de olas estimado es 1,31, que corresponde a olas trocoides inestables; es decir, la cresta se proyecta por encima del nivel medio del mar más de lo que descienden los senos por debajo de este mismo nivel, por lo que las partículas que oscilan en vertical necesitan un fondo marino de un orden igual al de su propia amplitud de oscilación (OMM 1998).

La condición inestable permite inferir la madurez de la ola, en este caso, se asume que esta se encuentra en su ciclo maduro, ya que posiblemente la velocidad del viento es igual o menor a la velocidad de propagación.

En cuanto al número Deam estimado para la zona, presenta valores típicos de playas intermedias (Tabla 1, Figura 3), lo que supone que la zona del rompiente está más o menos alejada de la orilla, pero sin entrar en alta mar. Ahora bien, se reconoce que, tal como refieren Vidal et ál. (1995), este estado del perfil morfodinámico presenta morfologías muy complejas.

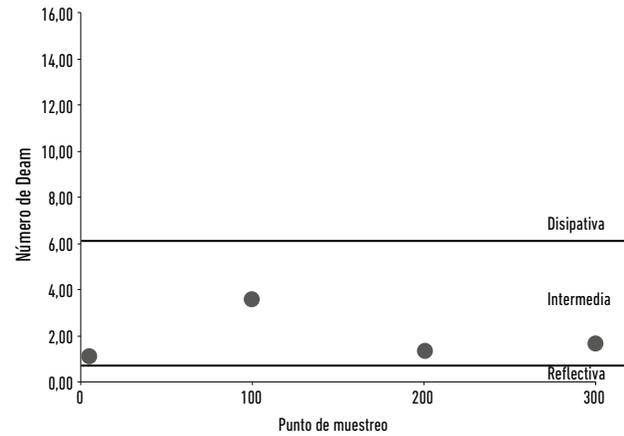


Figura 3. Comportamiento del número de Deam por punto de muestreo. Datos: trabajo en campo 2014 y 2016.

Tabla 1. Valores promedio de las condiciones del oleaje incidente en la playa San Francisquito

| Punto (m)       | Altura (cm)  | Longitud (cm) | Perfil (H/L) | Velocidad (cm/s) | Número de Deam ( $\Omega$ ) |
|-----------------|--------------|---------------|--------------|------------------|-----------------------------|
| 0               | 17,33        | 16,00         | 1,08         | 1,23             | 1,33                        |
| 100             | 38,33        | 23,33         | 1,64         | 2,00             | 3,29                        |
| 200             | 26,33        | 21,67         | 1,21         | 1,67             | 1,35                        |
| 300             | 21,33        | 16,00         | 1,33         | 1,20             | 1,52                        |
| <b>Promedio</b> | <b>25,83</b> | <b>19,25</b>  | <b>1,31</b>  | <b>1,52</b>      | <b>1,87</b>                 |



Figura 2. Playa San Francisquito.

Fotografías de Franklin Núñez, julio de 2016.

Nota: a) una vista de la berma desde el extremo noroeste del depósito, las flechas en el centro de la imagen, señalan la ubicación de la barrera arrecifal que obstaculiza la incidencia directa del oleaje en el sector; b) se muestra una vista de planta del sector, en donde se distingue a plenitud la barrera arrecifal; y c) parte del arrecife emergido hacia el extremo noroeste del depósito.

En general, las playas intermedias presentan diferentes estados en función de las condiciones del oleaje, la variabilidad total de estas playas es muy elevada, por lo que los rasgos morfosedimentarios del depósito pueden cambiar rápidamente en periodos de tiempo muy cortos.

**Morfometría del depósito**

La zona emergida presenta una extensión aproximada de 400 m a lo largo de la línea de costa, con un ancho promedio de berma de 6,02 m, que limita al Oeste con un microacantilado o frentes montañosos y hacia el Este con la presencia de una pequeña barrera arrecifal, siendo más desarrollada hacia el extremo Norte en donde alcanza poco más de 6 m, mientras que en el extremo Sur se registró una extensión de 5,9 m, para un área total de 0,2219 ha, clasificando por su forma como un depósito elongado (Tabla 2, Figura 4), con una pendiente promedio

de 5,40°, clasificando como un relieve suave de acuerdo con el criterio propuesto por Henao (1998).

**Tabla 2.** Características morfométricas de playa San Francisquito

| Punto de muestreo | Ancho de la berma (m) | Ancho del vaivén (m) | Ancho de la playa (berma + vaivén) (m) | Pendiente de la playa |
|-------------------|-----------------------|----------------------|--|-----------------------|
| 0 m (s)           | 5,90                  | 1,51                 | 7,41                                   | 0°                    |
| 100 m             | 5                     | 3                    | 8                                      | 6°                    |
| 200 m             | 7                     | 6                    | 13                                     | 7°                    |
| 300 m             | 6,18                  | 4,80                 | 10,98                                  | 7°                    |
| 400 m (N)         | -                     | 2,80                 | 2,80                                   | 7°                    |
| Promedio          | 6,02                  | 6,34 m               | 11,15 m                                | 5,4°                  |



**Figura 4.** Fisiografía del depósito de playa en San Francisquito. Fotografías de Franklin Núñez, julio de 2016.

*Nota:* nótese la forma elongada en los detalles las vistas: a) de planta, b) desde el extremo sureste, c) desde el extremo noreste. Hacia el extremo norte, d) la presencia de una pequeña laguna interna como consecuencia de la sedimentación favorecida por la barrera arrecifal emergida y e) exoesqueletos de univalvos (gasterópodos) sobre las arenas.

**Rasgos granulométricos**

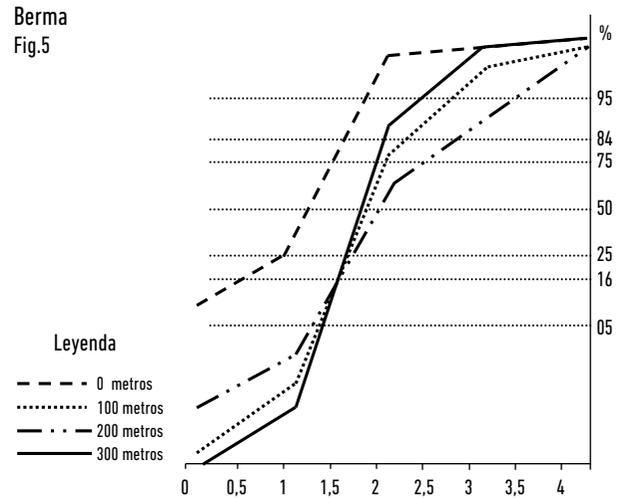
**Textura de los sedimentos**

Los sedimentos que constituyen la zona de la berma (Tabla 3), presenta una tendencia hacia la moda de las arenas medias (0,21 a 0,35 mm), mientras que en el resto del perfil de la playa los granos se ubican mayoritariamente hacia el tamaño de las arenas gruesas (0,059 a 1,19 mm).

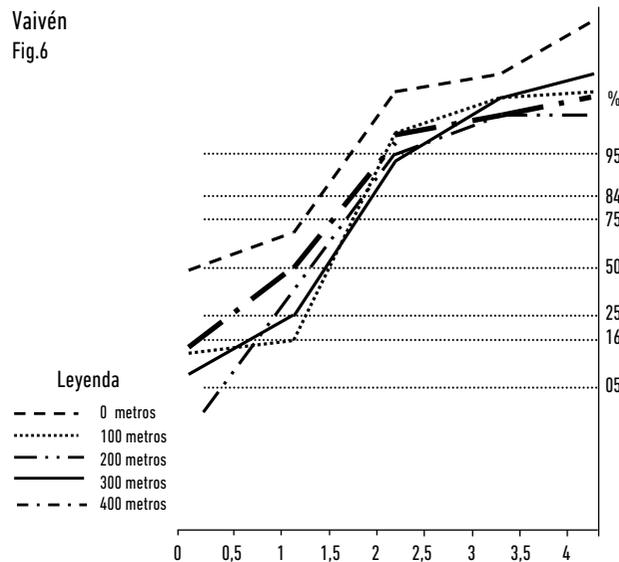
**Tabla 3.** Tendencia central en las muestras de sedimentos, por posiciones en el perfil de playa

| Posición                                  | Muestra n.º | Punto (m) | Mz (Ø)      | Escala cualitativa  |
|---|-------------|-----------|-------------|---------------------|
| Berma                                     | 01          | 0         | 1,07        | Arena gruesa        |
|   | 02          | 100       | 1,77        | Arena media         |
|   | 03          | 200       | 1,95        | Arena media         |
|   | 04          | 300       | 1,68        | Arena media         |
| Vaivén                                    | 05          | 0         | 0,42        | Arena gruesa        |
|   | 06          | 100       | 1,35        | Arena gruesa        |
|   | 07          | 200       | 1,22        | Arena gruesa        |
|   | 08          | 300       | 1,18        | Arena gruesa        |
|   | 09          | 400       | 0,83        | Arena gruesa        |
| Rompiente                                 | 10          | 0         | 0,17        | Arena muy gruesa    |
|   | 11          | 100       | 0,52        | Arena gruesa        |
|   | 12          | 200       | 1,60        | Arena gruesa        |
|   | 13          | 300       | 1,03        | Arena gruesa        |
| <b>Promedio para la zona de berma</b>     |             |           | <b>1,62</b> | <b>Arena media</b>  |
| <b>Promedio para la zona de vaivén</b>    |             |           | <b>1,00</b> | <b>Arena gruesa</b> |
| <b>Promedio para la zona de rompiente</b> |             |           | <b>0,83</b> | <b>Arena gruesa</b> |

En efecto, las curvas semilogarítmicas presentadas en la Figura 5 evidencian trazados largos y con pendientes uniformes e inclinadas en la zona central y, por lo general, suavizadas hacia los extremos, lo cual está asociado a depósitos heterométricos con dominancia de arenas medias; mientras que en las Figuras 6 y 7, correspondientes a las zonas de vaivén y rompiente respectivamente, las curvas se presentan igualmente extendidas y con mayor pendiente, lo que está relacionado a la preponderancia de las arenas gruesas, siendo típico de depósitos costeros (Köster y Leser 1976).



**Figura 5.** Curvas granulométricas semilogarítmicas correspondientes a las muestras 0 m, 100 m, 200 m y 300 m zona de la berma.



**Figura 6.** Curvas granulométricas semilogarítmicas correspondientes a las muestras 0 m, 100 m, 200 m, 300 m y 400 m zona del vaivén.

El “coeficiente de selección” indica que en todo el perfil de playa el material está moderadamente seleccionado (Tabla 4), lo cual está vinculado con las limitadas potencialidades que tiene el oleaje como principal agente de transporte para favorecer la escogencia exclusiva de una talla en particular, advirtiendo una selección relativa sin limitar la condición de heterogeneidad del depósito.

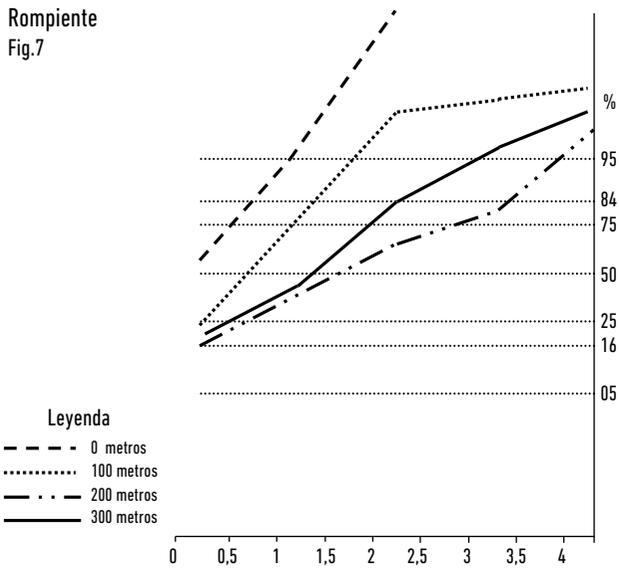


Figura 7. Curvas granulométricas semilogarítmicas correspondientes a las muestras 0 m, 100 m, 200 m y 300 m zona de la rompiente.

El “índice de asimetría” muestra diferencias por posición topográficas (Tabla 4) en el perfil de playa: en la berma ( $SK = -0,06$ ) y el vaivén ( $SK = -0,01$ ) la asimetría es cercana a la simetría, lo cual permite inferir que, en la distribución del material, la fracción gruesa resulta ligeramente más abundante que la fina; mientras que en la

rompiente arrojó un valor promedio de  $SK = -0,18$ , lo que indica una asimetría gruesa permitiendo suponer que en este sector el material grueso supera al material fino. El “coeficiente de Curtosis” advierte que en el perfil de playa la distribución es leptocúrtica (Tabla 4), con promedios de 1,5 en la berma, 1,04 para el vaivén, y 0,96 en rompiente.

**Angulosidad de los granos de cuarzo**

Presentan bordes subangulosos a subredondeados, en unas proporciones más o menos similares por posición topográfica (Figuras 8 y 9): en la berma en promedio el 42,86% de estas partículas se presentan angulosas, seguidas de 31,32% angulosos; estas fracciones suman el 74,18%, Mientras tanto, el resto del material se distribuye entre redondeado (24,44%) y muy redondeado (1,38%). En el vaivén la porción angulosa abarca el 55,20% del material, seguido por los granos subangulosos (33,85%) y redondeados (10,95%). En la rompiente las partículas angulosas representan el 52,63% del material, seguida por la fracción subangulosa con el 38,62%, mientras que las redondeadas representan el 8,75% de las partículas en el depósito.

Tal distribución de la forma de los cuarzos, supone que estos han sido pobremente rodados por el oleaje, al igual que la deriva litoral como principales agentes de la

Tabla 4. Selección, asimetría y curtosis en las muestras de sedimentos, por posiciones en el perfil de playa

| Posición                          | Muestra | Punto(m) | I (Ø)       | Selección       | SK (Ø)       | Asimetría | κ (Ø)       | Curtosis  |
|-----------------------------------|---------|----------|-------------|-----------------|--------------|-----------|-------------|-----------|
| Berma                             | 01      | 0        | 0,54        | Moderada        | -0,36        | FG        | 1,20        | lc        |
|                                   | 02      | 100      | 0,41        | Buena           | 0,08         | CS        | 1,69        | lc        |
|                                   | 03      | 200      | 0,73        | Moderada        | 0,11         | F         | 1,80        | lc        |
|                                   | 04      | 300      | 0,29        | Muy bien        | -0,09        | CS        | 1,41        | lc        |
|                                   | 05      | 0        | 0,51        | Moderada        | 0,84         | FF        | 0,59        | lc        |
|                                   | 06      | 100      | 0,36        | Buena           | -0,46        | FG        | 1,28        | lc        |
| Vaivén                            | 07      | 200      | 0,56        | Moderada        | -0,15        | G         | 1,20        | lc        |
|                                   | 08      | 300      | 0,64        | Moderada        | -0,24        | G         | 1,36        | lc        |
|                                   | 09      | 400      | 0,64        | Moderada        | -0,04        | CS        | 0,78        | lc        |
|                                   | 10      | 0        | 0,27        | Muy buena       | -0,35        | FG        | 1,56        | lc        |
|                                   | 11      | 100      | 0,50        | Moderada        | -0,29        | G         | 0,77        | lc        |
| Rompiente                         | 12      | 200      | 1,35        | Pobre           | -0,13        | G         | 0,70        | lc        |
|                                   | 13      | 300      | 0,95        | Moderada        | -0,12        | G         | 0,82        | lc        |
| <b>Promedio para la berma</b>     |         |          | <b>0,49</b> | <b>Moderada</b> | <b>-0,06</b> | <b>CS</b> | <b>1,52</b> | <b>lc</b> |
| <b>Promedio para el vaivén</b>    |         |          | <b>0,54</b> | <b>Moderada</b> | <b>-0,01</b> | <b>CS</b> | <b>1,04</b> | <b>lc</b> |
| <b>Promedio para el rompiente</b> |         |          | <b>0,77</b> | <b>Moderada</b> | <b>-0,18</b> | <b>G</b>  | <b>0,96</b> | <b>lc</b> |

Nota: FF = fuertemente fina; F = asimetría fina; CS = cercano a la asimetría; g = asimetría gruesa; FG = fuertemente gruesa (Boggs 2009). LC = leptocúrtica.

redistribución de los sedimentos en el tramo costero, de allí que se haya producido el desgaste leve de las aristas, por lo que se interpreta que el transporte del material ha sido relativamente corto, pudiendo estar vinculado a los afloramientos de esquistos referidos para el sector.

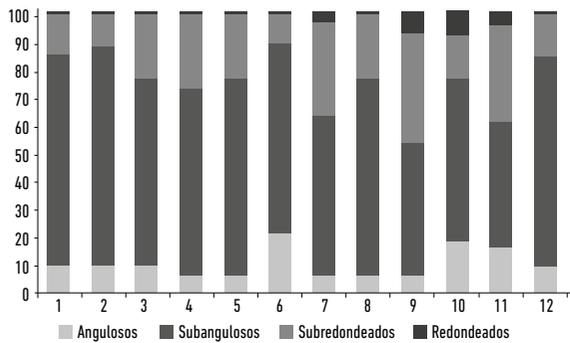


Figura 8. Distribución porcentual de la forma de los cuarzos por punto de muestreo en el perfil de playa.

**Composición mineralógica del depósito**

Los sedimentos presentan similitud mineralógica en los tres sectores del perfil de playa, dominado por partículas bioclásticas (Tabla 5), con un promedio de poco más del 80% de bioclastos. El resto del material lo constituye para la berma y el vaivén, una fracción liviana sin diferenciar (+8%) y minerales pesados (+6%); mientras que para el rompiente, la fracción pesada se corresponde con aproximadamente el 12% del material, y la liviana apenas representa en promedio el 6% del depósito.

Las arenas calcáreas, generalmente, están constituidas por acumulaciones de residuos esqueléticos y exoesqueléticos de plantas y animales marinos, entre estos las algas coralinas, los cocolitóforos, la foraminífera y los equinodermos. Las más comunes son las conchas o los residuos de microorganismos de foraminífera, generalmente de diámetro inferior a 1 mm (Sandoval 2012).

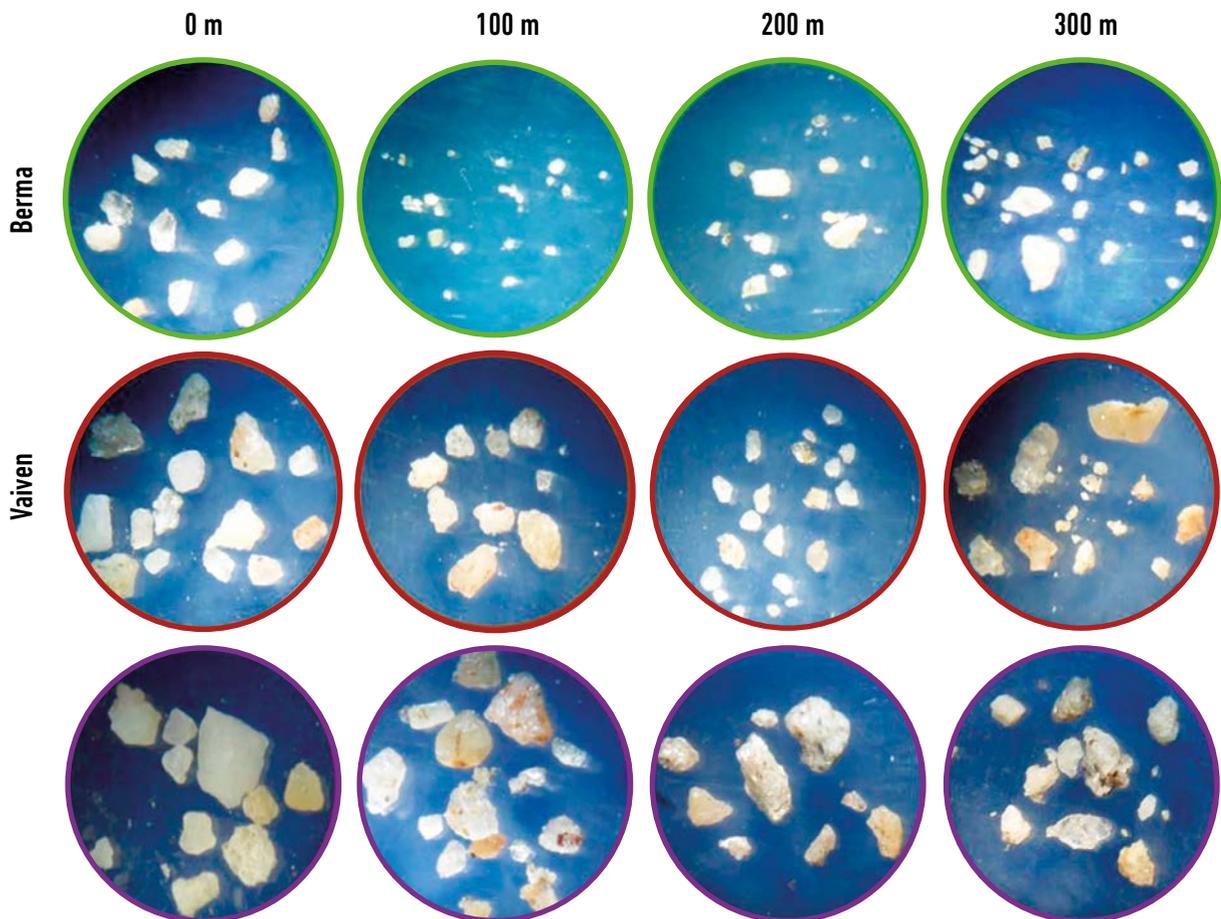


Figura 9. Micrografía de los cuarzos (x20).

Nota: a) predominancia de granos, generalmente de color blanco lechoso, con armazón tridimensional al microscopio, y sin rasgos de exfoliación ni caras cristalinas; b) en algunos casos, se presentan coloreados en tonos amarillos a pardos, que indican la presencia de elementos traza.

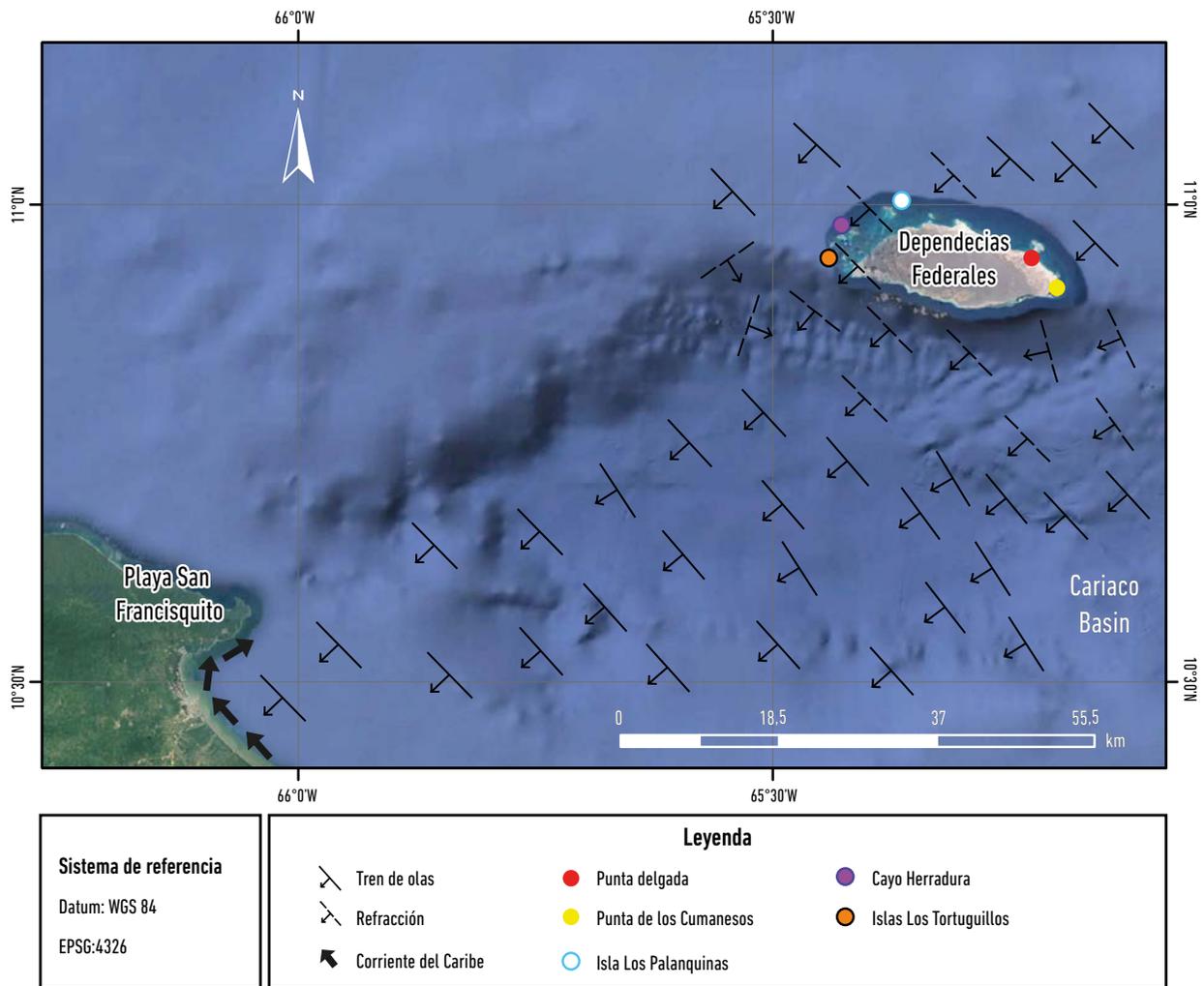
Tabla 5. Distribución mineralógica de las arenas en el perfil de playa

| Posición                  | Muestra | Punto(m) | CaCO <sub>3</sub> (%) | Minerales pesados (%) | Fracción liviana (%) |
|---------------------------|---------|----------|-----------------------|-----------------------|----------------------|
| Berma                     | 1       | 0        | 80                    | 11,68                 | 8,32                 |
|                           | 2       | 100      | 82,74                 | 5,16                  | 12,10                |
|                           | 3       | 200      | 84,72                 | 4,96                  | 10,32                |
|                           | 4       | 300      | 88,49                 | 3,97                  | 7,54                 |
| Vaivén                    | 5       | 0        | 78,37                 | 16,27                 | 5,36                 |
|                           | 6       | 100      | 84,86                 | 3,59                  | 11,55                |
|                           | 7       | 200      | 90,60                 | 5,60                  | 3,80                 |
|                           | 8       | 300      | 85,32                 | 5,75                  | 8,93                 |
|                           | 9       | 400      | 79,68                 | 8,96                  | 11,35                |
| Rompierte                 | 10      | 0        | 70,66                 | 24,95                 | 4,39                 |
|                           | 11      | 100      | 81,08                 | 8,96                  | 9,96                 |
|                           | 12      | 200      | 85,63                 | 10,98                 | 3,39                 |
|                           | 13      | 300      | 84,86                 | 6,97                  | 8,17                 |
| <b>Promedio berma</b>     |         |          | <b>83,99</b>          | <b>6,44</b>           | <b>9,57</b>          |
| <b>Promedio vaivén</b>    |         |          | <b>83,77</b>          | <b>8,03</b>           | <b>8,20</b>          |
| <b>Promedio rompierte</b> |         |          | <b>80,56</b>          | <b>12,97</b>          | <b>6,48</b>          |

El origen de la fracción de bioclásticos, posiblemente, se encuentra en la barrera arrecifal que corre paralela al borde costero, siendo esta la principal fuente de partículas como consecuencia de la acción abrasiva del oleaje. En efecto, hacia el sector de Carenero, ubicado hacia el suroeste de San Francisquito, se han identificado entre 8 y 15 especies de corales; las más comunes son *Siderastrea siderea* y *Siderastrea radians* (Conde y Carmona 2007).

Adicionalmente, Ardito y García (2009) han identificado en San Francisquito 47 especies de algas marinas, entre las que destacan las correspondientes a las familias *Ulvaceae*, *Cladophoraceae*, *Caulerpacae*, *Dictyotaceae*, *Rhodomelaceae*, *Gelidiaceae*, entre otras. Si bien resultan en menor abundancia que las reportadas para Puerto Francés en el mismo estudio, es posible que se deba a que San Francisquito es menos expuesta a mar abierto, por lo que el grado de exposición al oleaje es menor, lo que constituye una limitante para el crecimiento de las algas: se genera una menor circulación del agua que limita la absorción de nutrientes. En efecto, de acuerdo con Milliman y Droxler (1995), el carbonato de calcio generado por los corales, así como por las algas calcáreas, constituyen la mayor fuente de sedimentos en los mares y océanos.

Otra posible fuente de origen del material, se ubica en el banco de La Tortuga, del cual se separa por aproximadamente 79 km, en donde se han reportado (Maloney y Macsotay 1967; Méndez 2007; Del Mónaco et ál. 2010), especialmente al norte, sureste y suroeste de la isla, la existencia de numerosos arrecifes coralinos. El transporte de este material hasta la zona de acumulación obedece a la complejidad de procesos asociados al desplazamiento del oleaje: a) el tren de oleaje proveniente del noreste, tiene un primer contacto con la zona este de la isla, entre Punta Delgada y Punta de los Cumanesos, en el área de barlovento, justo allí se generan dos trenes de ondas opuestos (Armada de los Estados Unidos 1939); el primero recorre el norte de la isla hacia el oeste, tomando a su paso los fragmentos de exoesqueletos de corales ricos en CaCO<sub>3</sub> que se encuentran disponibles en este sector, mientras que el segundo gira hacia el sur de la isla, siguiendo hacia el suroeste y sur. b) El tren de oleaje que recorre el norte, al encontrarse con los obstáculos que representan las islas Palanquina, Cayo Herradura e Isla los Tortuguillos, se refracta, cambiando su curso hacia el sur, en donde se encuentra en sotavento, con el segundo tren de ondas, para tomar dirección NE-SE. Finalmente, c) el tren de olas cargado de partículas de CaCO<sub>3</sub> al entrar en contacto con la zona litoral, deja su



**Figura 10.** Origen y mecanismos de distribución de las partículas de CaCO<sub>3</sub> desde la Isla La Tortuga hasta el litoral de Playa San Francisquito.

Datos: imagen Landsat 8, composición RGB 432, junio de 2016.

carga a disposición de la corriente del Caribe con desplazamiento O-E (Méndez 2007); esta es la encargada de redistribuir las partículas a lo largo del litoral de San Francisquito, en donde son depositados (Figura 10).

En cuanto a la fracción de minerales pesados, es posible que la fuente de origen de este material esté en los regolitos provenientes de la meteorización de rocas ígneas y metamórficas que afloran en las zonas circunvecinas (PDVSA-Intevep 2011); son mezclados con los bioclásticos que constituyen el depósito, como una evidencia del transporte generado por la compleja red de la Cuenca del río Tuy, cuya desembocadura ubicada en el mar Caribe, al sur de Playa Francisquito, vierte su carga de sedimentos; estos quedan a disposición de la corriente del Caribe para la redistribuir a lo largo del tramo costero, en dirección E-NO.

La presencia de partículas de cuarzo en el depósito puede estar asociada a los procesos de meteorización y erosión a los que están sometidos los esquistos aflorantes.

### Conclusiones

El depósito de playa ubicado en San Francisquito presenta una extensión en su zona emergida de aproximadamente 400 m de longitud, con una anchura de 11 m aproximadamente entre la zona de la berma y el vaivén, mayormente desarrollada hacia el extremo norte, en forma elongada y pendientes suaves. Está constituido por arenas medias a gruesas, moderadamente seleccionadas, constituidas por el 80% al 83% de partículas bioclásticas, cuya fuente de origen posiblemente está ligada no solo a la barrera arrecifal que corre paralela al borde costero,

sino incluso, a los aportes desde la Isla la Tortuga, ubicada al frente NE del depósito.

En efecto, tal como lo plantean Del Monaco et ál. (2010), si bien en esta isla venezolana se han contabilizado aproximadamente 23 especies de corales, la mayoría de estos se encuentran muy fracturados, presentando una baja abundancia de corales vivos. Por lo que se puede inferir que los bioclastos, que de estos bancos arrecifales se desprenden, son transportados por el oleaje y redistribuidos por la corriente del Caribe hacia la zona continental, aportando material hacia el depósito de San Francisquito. No obstante, el tamaño de estos bioclastos permite suponer que su deposición es muy reciente, toda vez que como plantean Yeung y Carter (1989), las arenas calcáreas son frangibles y se sabe que experimentan una considerable reducción de volumen como resultado del “aplastamiento” cuando se somete a una tensión de compresión. Así, estas partículas no han tenido la exposición suficiente en el depósito para que su tamaño sea reducido a tallas más pequeñas como consecuencia de la trituración asociada, entre otros elementos a la acción antropogénica.

La fracción de aproximadamente el 6% de minerales pesados, posiblemente, tiene un origen alogénico diferenciado: asociado a los afloramientos de rocas metamórficas e ígneas en la cordillera de la Costa, llega hasta la posición actual, como una evidencia del transporte generado por la compleja red de la cuenca del río Tuy, y la redistribución que se produce a lo largo del tramo costero, por la acción de la corriente del Caribe.

La fracción de minerales livianos —entre estos, las partículas de cuarzo que constituyen el depósito—, posiblemente sea aportada producto de la meteorización de los promontorios de esquistos que están en contacto directo con el depósito. En efecto, como ya se refirió, Urbani (2002), identificó para el sector, afloramientos metamórficos correspondientes al Complejo San Julián de edad Precámbrico-Paleozoico, y señaló que está constituido por esquistos y gneis cuarzo-plagioclásico-micáceos, cuyas rocas se estiman “fueron afectadas por fases metamórficas de distintas condiciones” (Urbani et ál. 2015, 4). Estas rocas, altamente meteorizadas, aportan clastos al depósito, producto del transporte fluvial, que vierten sus aguas en las zonas próximas al borde costero, así como a la redistribución de este material por parte de la deriva litoral.

Este sector de la costa, por su perfil morfodinámico, clasifica como una playa intermedia, caracterizada por la incidencia de olas con alturas promedios de 25,83 cm y

una velocidad estimada de 1,52 cm/s. Esto indica el comportamiento tranquilo de las aguas próximas al borde costero en el sector, favoreciendo la sedimentación al dejar a disposición de la deriva litoral, la redistribución de las partículas.

A partir de los resultados obtenidos en esta investigación, se puede afirmar que este depósito, a diferencia de otros reportados para el sector, presenta en superficie una predominancia de bioclastos. Lo anterior permite afirmar que el aporte mayoritario del material que lo constituye, lejos de estar vinculados a los ríos y quebradas que vierten sus aguas al sur de este, está —como ya se ha referido— en los aportes marinos asociados a la corriente del Caribe y el oleaje incidente, responsables de su transporte y redistribución desde el arrecife barrera próximo al borde costero, así como los que se desarrollan en la Isla la Tortuga. Los resultados expuestos en la investigación, constituyen información base para el análisis y ordenación del territorio, ya que como síntesis paisajística, aportan parámetros para evaluar la sensibilidad de la zona en estudio, en relación con los diversos usos antrópicos.

## Referencias

- Almazán Gárate, José Luis, María del Carmen Palomino Monzón, y José Raúl García Montes. 2000. *Introducción a la dinámica de las formas costeras*. Consultado el 22 de enero de 2018. <http://www.almazan-ingenieros.es/data/archivo/Introduccion%20a%20la%20dinamica%20de%20las%20formas%20costeras.pdf>
- Ardito, Sonia, y Mayra García. 2009. “Estudio ficológico de las localidades de Puerto Francés y San Francisquito, Estado Miranda, Venezuela.” *Acta Botánica Venezolánica* 32 (1): 113-143.
- Armada de los Estados Unidos. 1939. *Carta náutica de la isla La Tortuga*. Escala 1:60.000.
- Bird, Eric. 2000. *Coastal Geomorphology: An Introduction*. Australia: Wiley and Sons. doi: 10.1002/gj.914.
- Boggs, Sam. 2009. *Petrology of Sedimentary Rocks*. Cambridge University Press: Cambridge
- Borges, Héctor. 2008. “Aprovechamiento de energía aportada por el oleaje cotidiano marítimo para la generación de energía eléctrica.” Trabajo Especial de Grado en Ingeniería Civil, Universidad Central de Venezuela, Caracas.
- Carranza, Arturo, Antonio Márquez, Citlalli Tapia, Leticia Rosales y Miguel Alatorre. 2015. “Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste.” *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*. 67 (2): 123-143.

- Conde, Jesús, y Carlos Carmona-Suárez. 2007. "Ecosistemas marino costeros." En *GeoVenezuela*, tomo II: *Medios físicos y recursos ambientales*, editado por Pedro Cunill Grau y otros, 862-883. Caracas: Fundación Empresas Polar.
- Cuevas-Jiménez, A., y J. Euán-Ávila. 2010. "Morfodinámica del perfil de playa con sedimentos carbonatados en la península de Yucatán." *Ciencias Marinas* 35 (3): 307-319.
- Dean, Robert. 1977. *Equilibrium Beach Profiles: US Atlantic and Gulf Coasts*. Technical Report no. 12. Delaware: University of Delaware.
- Del Mónaco, Carlos, Samuel Narciso, Frank Alfonso, Enrique Giménez, y Freddy Bustillos. 2010. "Evaluación de las comunidades de corales y peces de algunos arrecifes de la isla La Tortuga y cayos adyacentes, Venezuela." *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas* 44 (3): 355-378.
- Díaz Velázquez, Esmeya. 1992. "Gestión de costas en Venezuela." *Report of the Coastal Zone Management Subgroup Intergovernmental Panel on Climate Change: Global Climate Change and the Rising Challenge of the Sea*, Venezuela, 9 al 13 de mayo.
- Garaú Sagrista, Carlos. 1984. "La forma de una playa cuando existe una dirección claramente predominante del oleaje." *Revista de Obras Públicas* 131 (3221): 15-24.
- Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda - Ministerio del Poder Popular para el Ambiente. 2010. *Plan de ordenación del territorio del Estado Bolivariano de Miranda: diagnóstico actualizado y propuesta de uso*. Caracas: Gobernación del Estado Bolivariano de Miranda, Ministerio del Poder Popular para el Ambiente.
- Gutiérrez Elorza, Mateo. 2008. *Geomorfología*. España: Pearson Prentice Hall.
- Henaó, José. 1998. *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*. Bogotá: Universidad Santo Tomás.
- Köster, E., y H. Leser. 1976. *Trabajos prácticos de Geomorfología*. Valencia: E. U.
- Lara-Lara, José Rubén, José A. Arreola Lizárraga, Luis E. Calderón Aguilera, Víctor F. Camacho Ibar, Guadalupe de la Lanza Espino, Anamaria Escofet G., Martha I. Espejel Carbajal, Manuel Guzmán Arroyo, Lydia B. Ladah, Marín López Hernández, Enrique A. Meling López, Patricia Moreno Casasola Barceló, Héctor Reyes Bonilla, Eduardo Ríos Jara, y José Antonio Zertuche González. 2008. "Los ecosistemas costeros, insulares y epicontinentales." En *Capital natural de México*, vol. 1 *Conocimiento actual de la biodiversidad*, 109: 134. Conabio: México. Consultado el 22 de enero de 2018. [https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/Io4\\_Losecosistemas.pdf](https://www.biodiversidad.gob.mx/pais/pdf/CapNatMex/Vol%20I/Io4_Losecosistemas.pdf)
- Lara de González, Sara, Carlos Arturo Suárez Ruíz, y Ettore Marcucci. 1997. *Atlas morfodinámico costero de Venezuela*. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
- Maloney, Neill. 1965. "Geomorfología de la Costa Central de Venezuela." *Boletín Instituto Oceanográfico* 4 (2): 246-256.
- Maloney, Neill J., y Oliver Macsotay. 1967. "Geology of La Tortuga Island, Venezuela." *Boletín Informativo de la Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo* 10 (10): 267-279.
- Marcomini, Silvia C., y Rubén López. 2006. "Geomorfología costera y explotación de arena de playa en la provincia de Buenos Aires y sus consecuencias ambientales." *Revista Brasileira de Geomorfología* 7 (2): 61-71.
- Márquez, Antonio, Ricardo Campos, y Bianca Castro. 2010. "Sedimentología y morfología de la playa de anidación para tortugas marinas, El Carrizal, Coyúca de Benítez, Guerrero." *Hidrobiológica* 20 (2).
- Martínez Martínez, Jesús. 1997. *Procesos y efectos geodinámicos marino-costeros*. España: Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
- Méndez, José. 2007. "Costas, litorales del Caribe y del Atlántico, islas y archipiélagos. Las profundidades marinas." En *GeoVenezuela*, tomo II: *Medios físicos y recursos ambientales*, editado por Pedro Cunill Grau y otros, 184-237. Caracas: Fundación Empresas Polar.
- Milliman, John D., y André W. Droxler. 1995. "Calcium Carbonate Sedimentation in the Global Ocean: Linkages between the Neritic and Pelagic Environments." *Oceanography* 8 (3): 92-94.
- Monkhouse, Francis John. 1978. *Diccionario de términos geográficos*. Barcelona: Oikos Tau.
- Núñez Ravelo, Franklin, Rossany Calderón, Génesis Yépez, y Jesús Griman. 2018. "Dinámica morfosedimentaria de Playa Caimanes, estado Miranda, Venezuela." *Tiempo y Espacio* 70 (36): 287-306.
- OMM (Organización Meteorológica Mundial). 1998. *Guía para el análisis y pronóstico de las olas*. Ginebra: OMM.
- Pannier, F. 1986. "Las costas venezolanas: un reto y una oportunidad para la investigación, conservación y gestión ambiental." *Boletín de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales* XLVI: 142-144.
- Pérez, Alberti, Augusto, Ramón Blanco Chao, Manuela Costa-Casais, M. Vázquez, y Marcos Valcárcel-Díaz. 2000. "Dinámica y evolución de las costas rocosas." En *Geomorfología litoral: procesos activos*, editado por J. R. Andrés y F. J. Gracia, 175-185. España: Instituto Geominero de España-Universidad de Cádiz.
- PDVSA-INTEVEP (Petróleos de Venezuela - Instituto de Tecnología Venezolana para el Petróleo). 2011. *Código estratigráfico de Venezuela*. Caracas: PDVSA-INTEVEP.
- Roa, Pedro, y Leopoldo Berthois. 1975. *Manual de sedimentología*. Caracas: Sorocaima.

- Suárez R., Carlos. 1991. *Costas de Venezuela*. Colección Difusión n.º 4. Caracas: Universidad Pedagógica Experimental Libertador
- Sandoval Vallejo, Eimar Andrés. 2012. "Resistencia a licuación de arenas calcáreas." *Dyna* 79 (173): 32-40.
- Tarbut, Edward, y Frederick Lutgens. 2005. *Ciencias de la tierra: una introducción a la geología física*. 8ª ed. Madrid: Pearson Educación S. A.
- Tovar Lee, N., y S. Álvarez. 2005. *Manual de laboratorio de oceanografía física y química*. Consultado el 23 de agosto de 2018. <http://biblio.uabcs.mx/tesis/te1634.pdf>
- Twenhofel, W. H., y S. A. Tyler. 1941. *Methods of Study of Sediments*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Urbani, Franco. 2002. "Geología del estado Vargas y las unidades ígneo-metamórficas de la Cordillera de la Costa." *Memorias del III Coloquio sobre Microzonificación Sísmica y III Jornadas de Sismología Histórica*, colección Serie Técnica n.º 2, 236-240. Caracas: Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas.
- Urbani, Franco, Sebastián Grande, Alí Gómez, David Mendi, Walter Reátegui, y Marvin Baquero. 2015. "Descripción estratigráfica actualizada de algunas unidades geológicas de la región comprendida entre Carora y Cabo Codera, Venezuela." *Revista Venezolana de Ciencias de la Tierra*, no. 47, 1-19.
- Vidal, Cesar, Miguel Ángel Losada, Raúl Medina, e Íñigo Losada. 1995. "Modelos de morfodinámica de playas." *Revista Ingeniería del Agua* 2 (1): 55-74. doi: 10.4995/ia.1995.2665.
- Yeung, S. K., y J. P. Carter. 1989. "An Assessment of the Bearing Capacity of Calcareous and Silica Sands." *International Journal for Numerical and Analytical Methods in Geomechanics* 13 (1): 19-36. doi: 10.1002/nag.1610130104.

### Franklin Núñez Ravelo

Profesor en la especialidad de geografía e historia. Magíster en Geografía, mención Geografía Física. Doctor en Educación Ambiental. Investigador B del PEII (MPPCT) e investigador activo del Centro de Investigación Estudios del Medio Físico Venezolano (CiemeFive). Profesor asociado en dedicación exclusiva adscrito a la Cátedra de Geografía Física del Instituto Pedagógico de Caracas (IPC) en la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL). Jefe de la Cátedra de Geografía Física y del Departamento de Geografía e Historia. Coordinador de la línea de investigación estudios geomorfológicos de Venezuela.

### Diana Garrido Sansonetti

Profesora en la especialidad de ciencias de la Tierra. Magíster en Geografía, mención Geografía Física. Investigadora activa del Centro de Investigación Estudios del Medio Físico Venezolano (CiemeFive). Profesora asistente de tiempo completo adscrita al Departamento de Ingeniería Mecatrónica en el área de Ecología y Ambiente de la Unexpo.

### Rossany Calderón Castellanos

Profesora en la especialidad de geografía e historia. Investigadora activa del Centro de Investigación Estudios del Medio Físico Venezolano (CiemeFive). Profesora instructor de tiempo completo adscrita a la Cátedra de Geografía Física de la IPC-UPEL.

### María Ugas Pérez

Profesora en la especialidad de geografía e historia. Magíster en Geografía, mención Geografía Física. Doctorante en Educación Ambiental. Investigadora A del PEII (MPPCT). Investigadora activa del Centro de Investigación Estudios del Medio Físico Venezolano (CiemeFive). Profesora instructor de tiempo completo adscrita a la Cátedra de Geografía Física de la IPC-UPEL. Coordinadora del Programa de Maestría en Geografía, mención Geografía Física. Coordinadora de la Línea de investigación en estudios ecogeográficos de los Manglares en Venezuela.