

CARACTERIZACIÓN MORFODINÁMICA A CORTO PLAZO DE PLAYA PALMERAS, PARQUE NACIONAL NATURAL GORGONA, COLOMBIA

Ángela M. Gómez-García¹⁺, Juan G. Correa-Perez²⁺, Andrés Osorio³⁺, Gladys Bernal⁴⁺, Héctor González^{5,4}

⁺Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Grupo de Investigación OCEANICOS, Colombia

⁴Estación científica Henry von Prael, PNN Isla Gorgona. UAESPNN Territorial Suroccidente, Colombia

¹amgomezgar@unal.edu.co, ²jgcorreap@unal.edu.co, ³afosorioar@unal.edu.co, ⁴gbernal@unal.edu.co,

⁵hectorchiry03@gmail.com

RESUMEN:

Playa Palmeras, ubicada en el Parque Nacional Natural (PNN) isla Gorgona en el Pacífico colombiano, es un sistema costero complejo por su morfología y su clima marítimo en el que intervienen procesos hidrodinámicos como la difracción del oleaje por el islote Gorgonilla, la interacción no lineal de frentes de onda en el sector sur, y corrientes inducidas por la marea y por la rotura del oleaje que transportan gran cantidad de sedimentos en el contorno de la playa. Esta situación ha generado preocupación en entidades de conservación, debido a que Palmeras tiene una reconocida importancia para la conservación de algunas especies de tortugas como la Negra, la Golfina y la Carey que desovan en esta playa sin estrés antrópico. Para estudiar el comportamiento del sistema se tomaron cinco perfiles topográficos cada quince días iniciando en octubre de 2010, distribuidos cada 200 m a lo largo de los 1.2 kilómetros de extensión de la playa. Durante cuatro campañas de campo se instalaron equipos (ADCP Nortek Awac1000m) para medir altura de ola, periodo, corrientes y nivel del mar identificando eventos de corta duración que provocaron la erosión o acumulación de sedimentos en ciertas zonas de la playa.

A partir del análisis de la serie de oleaje de largo plazo a pie de playa (simulada con el SWAN), se obtuvo el régimen del oleaje, permitiendo modelar los casos más probables en el MOPLA (módulo de corto plazo del SMC), obteniendo las corrientes por rotura del oleaje en la playa, para distintos escenarios de marea. Estas modelaciones concuerdan con los patrones de transporte que se presentan en las mediciones de perfiles de playa.

También se obtuvo el volumen aproximado de sedimentos disponibles en la playa, a partir del Modelo Digital de Elevación (MDE) actualizado, que se comparó con los volúmenes calculados a partir de los perfiles de playa y el resultado muestra que Palmeras perdió 7.8% de los sedimentos disponibles desde octubre de 2010 hasta septiembre de 2011.

Finalmente se evaluó la respuesta de la playa a la variación del oleaje incidente con dos aproximaciones comúnmente utilizadas, la de Masselink y Short (1993) y la de Guza e Inman (1975) dando como resultado una playa netamente reflejante durante casi todo el año, con pequeños cambios en los extremos norte y sur durante los meses de febrero a abril (época seca), al pasar de un estado reflejante a uno intermedio con barra.

ABSTRACT:

Playa Palmeras, located in Gorgona island National Natural Park(NNP) in the Colombian Pacific Region, is a complex coastal system due to its morphology and wave climate which involve hydrodynamic processes as the wave diffraction by the Gorgonilla island, the not linear interaction

of wave fronts in the south, and tide and wave induced currents that carry large amounts of sediment in the beach contour. This situation has generated preoccupation in conservation organizations, because Palmeras has a recognized importance for some species of turtle's conservation as the Black turtle, the Olive Ridley turtle and Hawksbill turtle that nest at this beach without anthropogenic stress. To study the system behavior, five topographic profiles were taken every two weeks starting in October 2010, distributed every 200m along the 1.2 km of beach length. During four field campaigns hydrodynamic equipment were installed (Nortek ADCP Awac1000m) to measure wave height, period, currents and sea level, identifying short duration events that caused erosion or sediment accumulation in some beach areas.

The wave regime was obtained from long-term wave series analysis on the beach (simulated with SWAN model), allowing modeling the most probable scenarios in the MOPLA (short-term SMC model module), and obtaining wave breaking currents on the beach for different tide stages. The model results are consistent with transport patterns that occur in beach profiles measurements.

We also obtained the approximate volume of available beach sediment, from the updated Digital Elevation Model (DEM), which was compared with the calculated volumes from beach profiles, and the results show that Palmeras lost 7.8% of available sediment from October 2010 to September 2011.

Finally the beach response to the variation of incident waves was evaluated with two commonly used approaches, Masselink and Short (1993) and Guza and Inman (1975), resulting in a reflective beach for most of the year, with small changes in the north and south extremes during the months of February to April (dry season), when it pass from a reflective to an intermediate with bar state.

PALABRAS CLAVES: *Transporte de sedimentos, Morfodinámica de playas, Parque Nacional Natural Isla Gorgona.*

INTRODUCCIÓN

Una playa es la acumulación en la costa de sedimentos no consolidados, cuyos tamaños varían desde arena muy fina hasta cantos rodados, en los cuales puede presentarse material biológico (Bird, 2008). Estos sedimentos han sido depositados y transportados por olas y corrientes, lo que convierte a las playas en uno de los sistemas costeros más dinámicos (Davidson-Arnott, 2010). Las playas ocupan cerca del 40% de la línea de costa en el mundo y la gran mayoría están situadas en ambientes mesomareales y macromareales (Masselink & Hegge, 1995). Desde el punto de vista morfológico, el rango de marea interviene reduciendo la pendiente total de la playa, restringiendo la aparición de barras y aumentando las celdas de circulación cercanas a la costa durante condiciones de marea baja (Masselink & Short, 1993). Sin embargo, diversos estudios realizados demuestran que los procesos erosivos en estos sistemas son causados principalmente por el oleaje (Kench, Brander, Parnell, & McLean, 2006; Adriani & Walsh, 2007; Llanes, y otros, 2009) incluso en playas que son dominadas por la marea, pues como lo demostraron Dehouck, Dupuis, & Sénéchal (2009) existe un gradiente transversal a la costa de la magnitud de las corrientes por marea, siendo relativamente fuerte costa afuera pero insignificante sobre la playa.

Playa Palmeras, ubicada dentro del PNN Isla Gorgona, pertenece a un sistema mesomareal (4 m de rango de marea) según la clasificación de Davies (1964). El parque está entre 2°55'45" - 3°00'55"N y 78°09' - 78°14'30"W, a 30 km del continente (Figura 1), siendo el territorio insular más extenso (aproximadamente 13,2 km²) sobre la plataforma continental del Pacífico colombiano. Debido a su carácter insular, la presencia de asociaciones vegetales particulares y la alta diversidad biológica marina, la isla y un área alrededor de 610 km² fueron declaradas PNN en 1980, siendo esta la única área protegida en el Pacífico colombiano que está constituida principalmente por ambiente marino (Giraldo, Rodríguez-Rubio, & Zapata, 2008). La zona de estudio tiene influencia directa de la variación estacional de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), generando un patrón de lluvia unimodal con máximos en los meses de septiembre a octubre (época húmeda) y mínimos en

los meses de diciembre, enero y febrero (época seca) (Blanco, 2009). La posición de la ZCIT también afecta los patrones estacionales de vientos y por tanto las direcciones de propagación del oleaje, siendo del sur-sureste cuando la ZCIT se encuentra más al norte, lo que permite el ingreso de los alisios del sureste para generar oleaje. Por el contrario, cuando la ZCIT se encuentra más al sur, los alisios del noreste pueden ingresar por el Istmo de Panamá, generando oleaje que viaja desde el noroeste debido al recurvamiento de los vientos en el Pacífico colombiano (Kessler, 2006; Rodríguez-Rubio & Schneider, 2006).

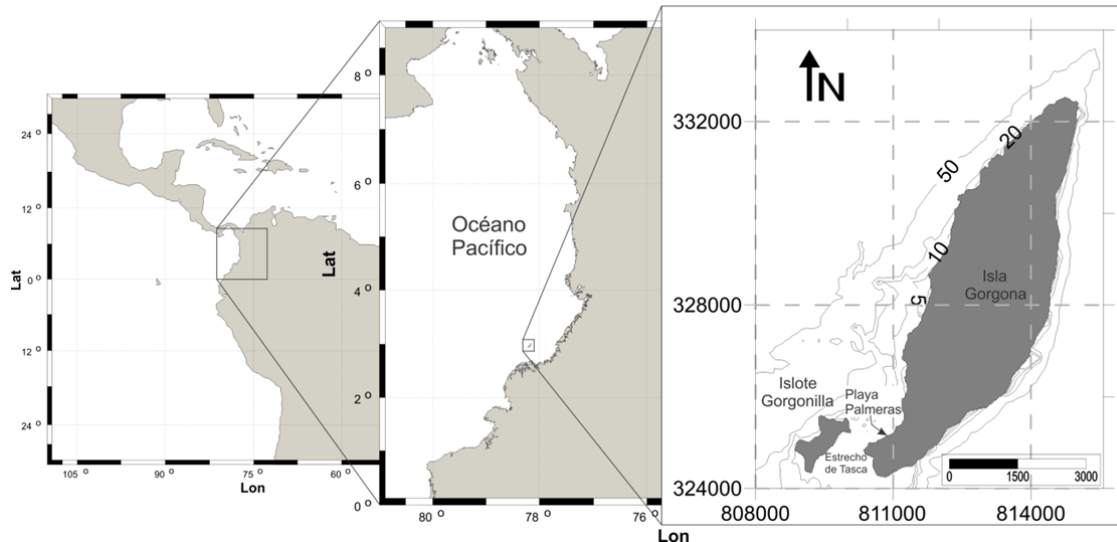


Figura 1.- Ubicación de playa Palmeras dentro del PNN Isla Gorgona, Pacifico Colombiano.

Desde el punto de vista morfodinámico, playa Palmeras (con 1.2 Km de largo) se ve afectada por la difracción que sufre el oleaje incidente en el islote Gorgonilla (Figura1) y por la disipación de la energía en el fondo marino rocoso, que modifica la forma en planta de la playa. Así, un cambio de concavidad en la parte central indicaría la coexistencia de dos sistemas, uno norte que recibe el oleaje desde el noroeste (principalmente por la difracción) dominante durante todo el año, y otro sur que interactúa con dos frentes de onda, uno sin difractar que ingresa por el estrecho de Tasca desde el sur y otro difractado que viaja en dirección norte-sur. Dadas las complejas condiciones hidrodinámicas, entre ellas la interacción no lineal de los frentes de onda, es difícil simular el transporte de sedimentos en el sector sur de playa Palmeras. En esta investigación se realiza la caracterización morfodinámica de playa Palmeras, a partir de perfiles de playa quincenales en relación con las condiciones hidrodinámicas de la zona.

METODOLOGÍA

Datos de campo

Se levantaron 5 perfiles distribuidos cada 200 m a lo largo de la playa, medidos cada 15 días entre octubre de 2010 y septiembre de 2011. Además se realizaron 4 campañas de campo con el fin de recolectar datos hidrodinámicos como marea, altura de ola, periodo y velocidad de corrientes (utilizando equipos Nortek ADCP Awac1000m), en octubre de 2010 y febrero, mayo y octubre de 2011. En la campaña de mayo de 2011 se levantó la topografía de detalle de la playa y la batimetría de las zonas costeras aledañas, obteniendo un Modelo Digital de Elevación (MDE) actualizado del sistema. Durante las campañas de campo de octubre de 2010 (época húmeda) y febrero de 2011 (época seca) se recolectaron muestras de sedimentos de la playa, sobre los 5 perfiles de control en las zonas seca, húmeda, de lavado y de rompiente, así como muestras de fondo de la zona costera cercana, separadas cada 200 m, para análisis granulométrico.

Cálculo de volúmenes de sedimentos

El volumen total se calculó a partir del MDE limitándolo en la parte inferior con una superficie completamente horizontal en la cota más baja que se midió.

El procedimiento utilizado para obtener los deltas de volúmenes entre un perfil y otro (diferencia en el tiempo) se ilustra en la Figura 2. Donde d_{h1} y d_{h2} son los diferenciales de altura entre dos fechas distintas para un d_x definido del perfil, teniendo como base de cálculo los perfiles del mes de enero de 2011 ($d_{h1,2} = \text{altura inicial (enero)} - \text{altura final}$). Por lo tanto cuando $d_{h1,2}$ es negativo se debe a un evento de acreción y cuando es positivo se refiere a erosión, pero para evitar confusiones los resultados se multiplicaron por -1 para que los valores negativos representaran erosión y los positivos acreción. El diferencial de área (d_a) de interés es calculado como el área de un trapecio. Para calcular los volúmenes de sedimentos el método supone que cada perfil es representativo de 100 m a su izquierda y 100 m a su derecha, por lo tanto cada diferencial de área es multiplicado por 200 m.

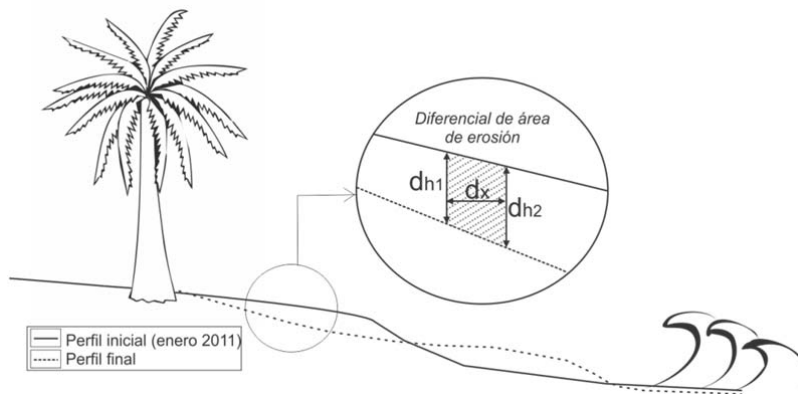


Figura 2.- Esquema de cálculo de diferencias de volúmenes entre perfiles de playa.

Modelación de corrientes por rotura del oleaje

Para modelar las corrientes por rotura del oleaje fue necesario simular una serie histórica de 19 años de altura de ola, periodo y dirección en aguas profundas, utilizando el modelo numérico SWAN (Simulating Waves Nearshore). A partir de la serie histórica se obtuvo el régimen del oleaje, permitiendo caracterizar los 14 casos de ocurrencia más probables y que representan de manera adecuada las dos épocas climáticas propias de la zona de estudio.

Todos los casos del régimen de oleaje se modelaron en el MOPLA, módulo de corto plazo del modelo SMC (GIOG, 2003) para obtener las corrientes por rotura del oleaje. Estas modelaciones fueron realizadas en marea media baja, media media y media alta, calculadas a partir de la serie de marea de 49 años de medición, en el municipio de Tumaco, ya que en la isla no se cuenta con mediciones extensas de nivel del mar, y la serie de Tumaco mostró un buen ajuste con las medidas en la zona de estudio durante las campañas de campo.

Las mallas utilizadas varían en función del ángulo de incidencia del oleaje, alcanzando una resolución máxima de 30 m en X y 20 m en Y.

Caracterización morfodinámica

La caracterización morfodinámica de una playa consiste en evaluar que tan lejos se encuentra esta del equilibrio, especialmente el perfil, por medio del análisis de estados morfodinámicos. En la literatura existen diversas aproximaciones para ello, entre las que se encuentran la de Masselink & Short (1993) y la de Guza & Inman (1975), que son utilizadas en este estudio. Los primeros autores presentan una teoría morfodinámica para clasificar las playas con carrera de marea superior a los 2m, relacionando el parámetro adimensional de caída del grano Ω (Ec. 1) en función de la altura de ola en rotura (H_b), el periodo pico de ola (T_p), y de la velocidad de caída del sedimento (w_s , que a su vez depende del diámetro medio del sedimento) con el Rango de Marea Relativo (RMR) producto de la carrera de marea en sicigia y la altura de ola en rotura (H_b) (Ec. 2). Así si $\Omega < 2$ se

dan condiciones reflejantes, $2 < \Omega < 5$ indican estados intermedios y $\Omega > 5$ para condiciones disipativas en la zona de rompiente.

$$\Omega = \frac{H_b}{w_s * T} \quad [1] \quad RMR = \frac{CM}{H_b} \quad [2]$$

Donde w_s se obtiene de las siguientes expresiones dependiendo del diámetro del sedimento:

$$w_s(m/s) = 1.1 * 10^6 * D^2; \quad D < 0.1 \text{ mm} \quad [3]$$

$$w_s(m/s) = 273 * D^{1.1}; \quad 0.1 < D < 1 \text{ mm} \quad [4]$$

$$w_s(m/s) = 4.36 * D^{0.5}; \quad D > 1 \text{ mm} \quad [5]$$

Esta formulación trata seis estados morfodinámicos, entre los que se encuentran dos estados en equilibrio que son el *disipativo* y el *reflejante* (Vidal, Medina, & Losada, 1995; GIOG, 2002). Los otros cuatro estados intermedios del comportamiento de una playa son difícilmente representables con un perfil, pues su forma tridimensional y su morfología están influenciadas por el sistema circulatorio que se establece en la playa. Por otro lado, el parámetro escalar de rompiente propuesto por Guza & Inman en 1975 (Ec. 6) y el parámetro de similaridad de surf propuesto por Battjes en 1974 (Ec. 7) ayudan a establecer el tipo de rotura del oleaje y el tipo de playa asociada.

$$\varepsilon = \frac{H_{inc} * \sigma^2}{2g * \tan^2(\beta)} \quad [6] \quad \xi = \frac{\tan(\beta)}{\sqrt{\frac{H_{inc}}{L_0}}} = \sqrt{\frac{\pi}{\varepsilon}} \quad [7]$$

Donde H_{inc} es la altura de oleaje incidente, σ es la frecuencia radial de oleaje, g la constante gravitacional, $\tan(\beta)$ es el gradiente del perfil de playa y L_0 ($gT^2/2\pi$) es la longitud de onda en aguas profundas. El resultado de esta relación de parámetros y las condiciones de rompiente del oleaje incidente se resume en la Tabla 1.

Tabla 1.- Clasificación de playas según Guza & Inman (1975) y parámetro de similaridad de surf (ξ).

Guza e Inman (1975)	Tipo de Playa	Battjes (1974)	Tipo de Rotura del Oleaje
$\varepsilon < 2,5$	Reflejante	$\xi > 2$	Colapso
$2,5 < \varepsilon < 30$	Intermedia	$0,4 < \xi < 2$	Voluta
$\varepsilon > 30$	Disipativa	$\xi < 0,4$	Descrestamiento

Ambas formulaciones fueron aplicadas a las mediciones quincenales de perfiles de playa, permitiendo analizar la variabilidad temporal del sistema en relación a los estados morfodinámicos que dependen directamente de las variables hidrodinámicas y sedimentológicas encontradas en la zona de estudio.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Tendencias de acreción y erosión

En la Figura 3 se muestra la variación temporal de la acumulación-erosión de los perfiles, desde el 17 de febrero hasta el 5 de mayo de 2011. Se notan principalmente dos eventos erosivos, el 8 de marzo para los perfiles 2 y 4 y el 24 de marzo para los perfiles 1, 3 y 5. Igualmente se evidencian algunas zonas de acreción sobre todo en las partes bajas de los perfiles, por ejemplo en el 3 para el 9 de marzo. Algunos registros sugieren poca variación como lo es el perfil 2, que permanece en un estado poco erosivo en comparación a él mismo en enero de 2011, mientras que el perfil 4 presenta más variabilidad temporal, tratando de acumular en la parte baja y erosionando la parte alta del perfil. Finalmente, se observa que el perfil 5 tiene tendencias a ser un receptor de sedimentos durante la mayor parte del año, a excepción de unos eventos de corta duración como el ocurrido el 24 de marzo.

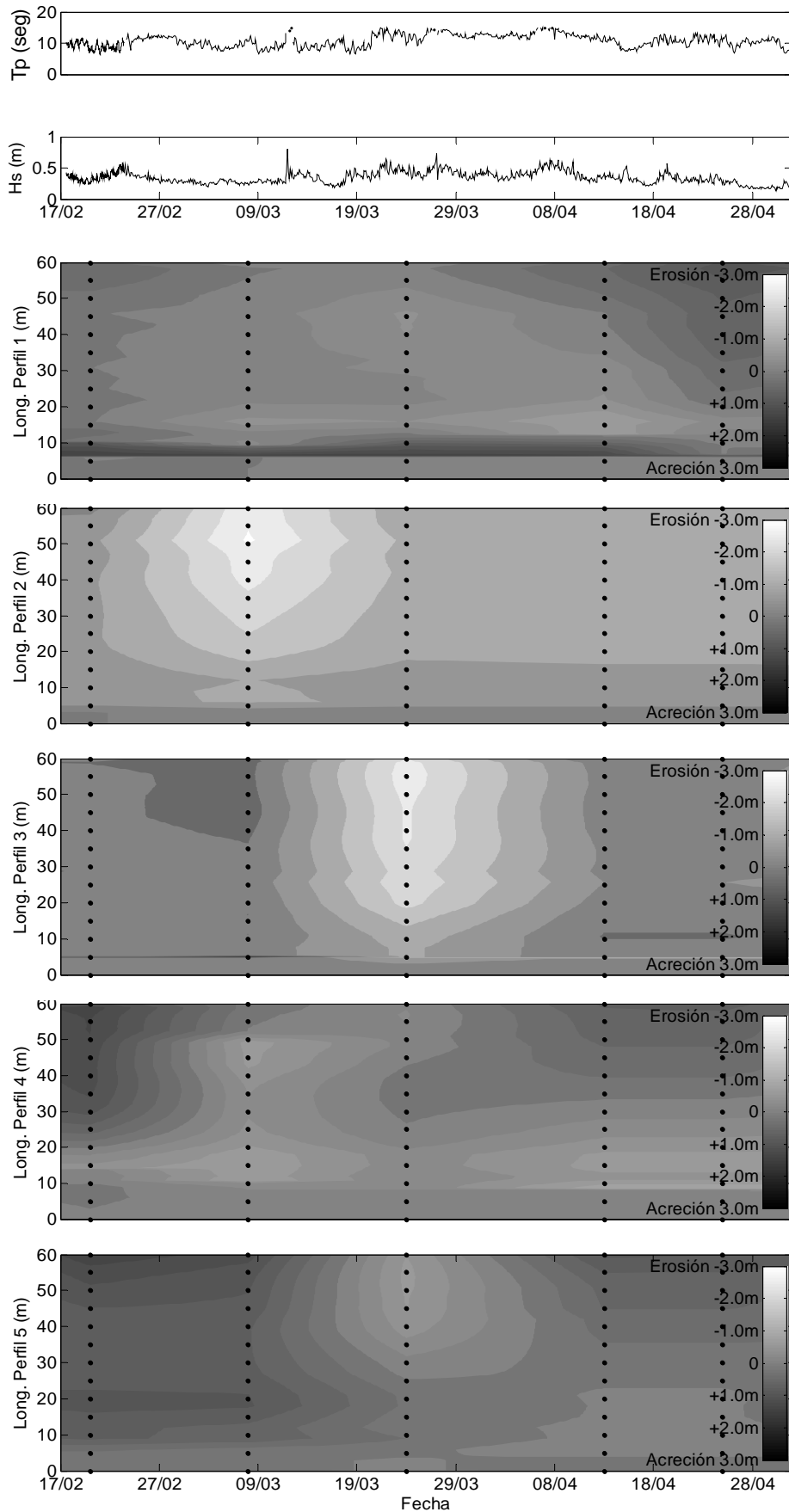


Figura 3.- Evolución temporal de los cinco perfiles, comparados con los mismos perfiles de enero 2011

Al observar todos los perfiles se nota una posible conexión continua entre ellos, debido a que la erosión presentada en los perfiles sucede de manera intercalada, es decir, mientras que el 8 de marzo ($H_s=0.3m, T_p=11seg$) se erosionan los perfiles 2 y 4, los perfiles 1,3 y 5 presentan acumulación de sedimentos. Caso contrario pasa el 24 del mismo mes ($H_s=0.6m, T_p=13seg$) los perfiles 3 y 5 se erosionan mientras que los perfiles 2 y 4 recuperan un poco del sedimento perdido 15 días antes. Esta comunicación lleva a pensar en la importancia de las corrientes longitudinales que se intensifican durante marea baja, y son debidas al gradiente de altura y al ángulo de incidencia del oleaje, que transportan de un perfil a otro una cantidad significativa de sedimentos. Esta hipótesis fue comprobada por las simulaciones de corrientes por rotura del oleaje realizadas en el MOPLA, con las condiciones hidrodinámicas obtenidas del análisis de probabilidades de la serie de oleaje de 19 años. En la Tabla 2 se muestran los casos cuyos sistemas de corrientes representan todas las condiciones posibles (sin ser necesariamente las más probables) y por ende, la dirección e intensidad del transporte de sedimentos y zonas de fuente y depositación en el sistema.

Tabla 2.- Características de los cuatro casos de corrientes por rotura del oleaje más representativos para las dos épocas climáticas del año. Corrientes simuladas en MOPLA.

Semestre	Dirección	Caso #	Prob. Semestral (%)	Hs (m)	Tp (s)
Primero Diciembre -Mayo	SW	2	37.5	0.5	12.0
	SW	3	21.4	0.7	13.2
Segundo Junio-Noviembre	SW	8	0.4	1.5	13.2
	WSW	13	2.0	0.8	12.8

En la Figura 4 se muestran los resultados de los 4 casos de corrientes más representativos para el transporte de sedimentos en el sistema estudiado. En la Figura 4.A aparece el caso más probable en todo el año, causando una posible pérdida de sedimento por la dirección de las corrientes hacia el estrecho de Tasca desde el sector sur. También son evidentes las corrientes longitudinales a lo largo de la playa que se encuentran casi en el centro del sistema. En la Figura 4.B se observan las celdas de circulación divergentes en el centro de la playa, que pueden ser las causantes de la comunicación directa entre un perfil y otro. En la Figura 4.C se observan de nuevo estas celdas aunque no tan definidas y la intensificación de corrientes hacia el islote Gorgonilla, donde se acumula gran cantidad de sedimento del sistema. Por último en la Figura 4.D se observan las corrientes longitudinales en dirección sur-norte, que pasan por el estrecho de Tasca y pueden depositar un poco de sedimento, permitiendo que se recupere la playa.

Balance de sedimentos estacional a partir de mediciones en corto plazo

Durante los meses de medición continua de perfiles topográficos, se pudo obtener un balance de sedimentos que permite conocer una estimación acerca de la pérdida o ganancia de volúmenes de arena en la playa (Figura 5), bajo la ciertas suposiciones de uniformidad en los 200 m que representa un perfil, es decir, no se tienen en cuenta los cambios morfológicos en la planta de la playa, como lo son *ripples* o cúspides.

Se calculó el volumen erosionado o de acumulación respecto a la primera medición del año, de donde se pudo caracterizar la zona sur de la playa (perfiles 1, 2, 3) como una zona erosiva, mientras que los perfiles del norte (4 y 5) muestran una constante acumulación de sedimentos durante la mayor parte del año, notándose un máximo de erosión en el perfil 3 y máxima acreción el perfil 5. Posterior a este análisis, se calculó la variación volumétrica total de la playa en varias escalas temporales, las cuales fueron comparadas con el volumen total de sedimentos disponible de $210043.71 m^3$, resultantes del cálculo con el MDE.

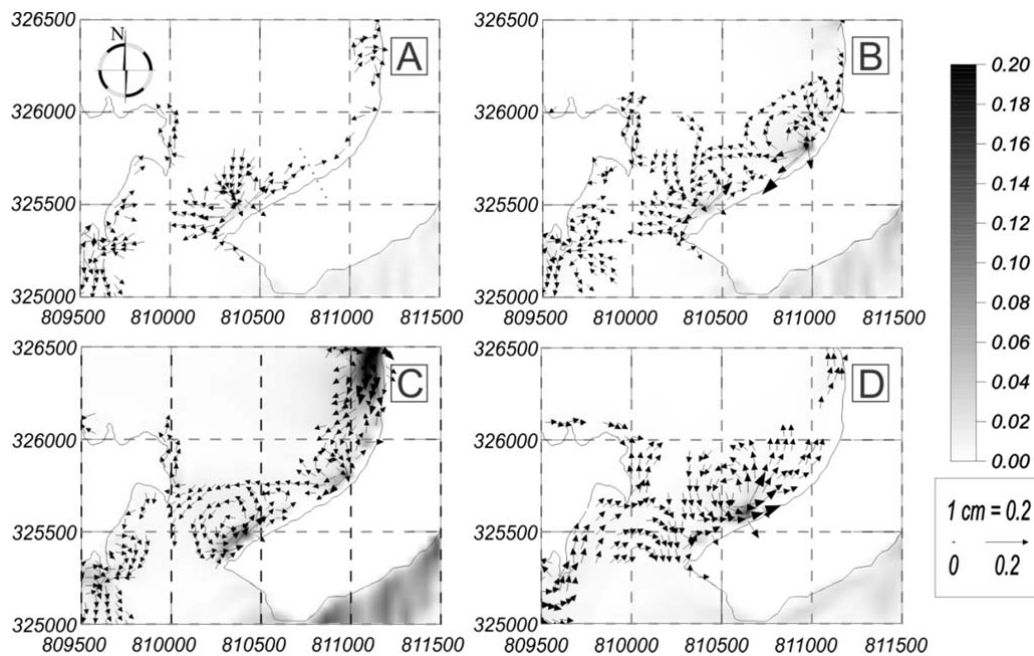


Figura 4.- Patrones de circulación de corrientes por rotura de oleaje cerca de playa Palmeras en marea baja. A) Caso 2 el más probable (37.5 %). B) Caso 3 con probabilidad de ocurrencia en el primer semestre de 21.4%. C) Caso 8 uno de los menos probables (0.4%) del segundo semestre. D) Caso 13 con 2.0% de probabilidad de ocurrencia en el segundo semestre del año (ver tabla 2).

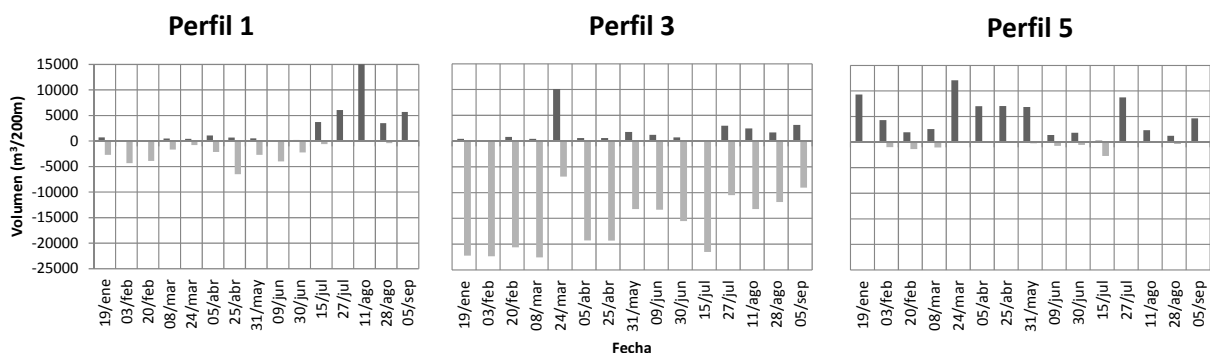


Figura 5.- Balance de sedimentos para las mediciones quincenales desde enero hasta septiembre de 2011 de los tres perfiles más representativos del sistema. Las barras positivas (oscuras) representan acumulación de sedimento, mientras que las negativas (claras) la erosión en cada sector de la playa.

En la Tabla 3 se aprecia la diferencia entre la acumulación y la erosión de la playa para cada escala temporal, obteniendo balances de sedimentos para periodos anuales, semestrales y trimestrales. El balance anual muestra que la playa perdió 16336.52 m^3 , que corresponden al 7.8 % del total disponible. El primer semestre del año, correspondiente a la época seca, donde las alturas de ola no son las mayores y aumenta el periodo del oleaje, muestra la mayor pérdida neta de sedimentos con un volumen de 23464.93 m^3 , así como la mayor erosión (40038.91 m^3), los cuales pueden estar asociados a redistribución de sedimentos en barras intermareales. Entre septiembre y noviembre el balance neto de sedimentos es positivo para la playa, donde ganó 2800.54 m^3 aproximadamente.

Tabla 3.- Balance de sedimentos en escalas temporales anual, semestral y trimestral a partir de perfiles de playa, suponiendo que un perfil representa 200 m de playa.

ESCALA		EROSIÓN (m3)	ACRECIÓN (m3)	BALANCE (m3)
Anual		-27276.40	10939.88	-16336.52
Semestral	Primer semestre	-33867.16	10402.23	-23464.93
	Segundo semestre	-19744.10	11554.33	-8189.77
Trimestral	DEF	-46111.15	6072.24	-40038.91
	MAM	-26520.76	12997.83	-13522.93
	JJA	-20961.63	10940.14	-10021.49
	SON	-12438.88	15239.42	2800.54

Caracterización morfodinámica de la playa

Se buscó la relación existente entre los perfiles medidos en playa Palmeras y las mediciones de clima marítimo. Este análisis se realizó con las teorías propuestas por Masselink & Short (1993), que considera el tipo de sedimento y la pendiente de cada perfil, así como el periodo pico y la altura de ola en rotura, estos dos últimos parámetros fueron extraídos como el promedio de varios criterios de rotura a partir del oleaje medido, los cuales están incluidos en el Tutor de Ingeniería Costera del SMC, dando resultados entre 1.70 m y 1.80 m en altura de ola en rotura. Además de esta metodología, también se implementó la propuesta por Guza & Inman (1974) para definir el tipo de playa y el tipo de rotura del oleaje incidente. Ambas metodologías arrojaron resultados contundentes (Tabla 4) describiendo a Palmeras como una playa netamente reflejante durante la mayor parte del año de estudio, con variaciones semestrales pequeñas, pues en la época seca, los perfiles extremos de la playa (perfiles 1 y 5) intentan cambiar a un estado intermedio con barra, respondiendo a un clima marítimo menos intenso. Otro argumento que ratifica los resultados es el diámetro del sedimento encontrado, pues para la época seca el tamaño medio fue 2.49 mm, mientras que en la época húmeda disminuye a 1.16 mm, sin embargo estos tamaños suelen estar relacionados a playas reflejantes.

Tabla 4.- Resultados de los métodos de caracterización de playa. MS_93: Masselink & Short 1993, GI_75: Guza & Inman 1974, PR: Playa Reflejante y PIB: Playa Intermedia con Barra.

Perfil	Fecha															
	20-feb		08-mar		24-mar		13-abr		25-abr		17-ago		18-ago		09-oct	
	MS_93	GI_75	MS_93	GI_75	MS_93	GI_75	MS_93	GI_75	MS_93	GI_75	MS_93	GI_75	MS_93	GI_75	MS_93	GI_75
1	PIB	PRS	PIB	PRS	PIB	PRS	PIB	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS
2	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS
3	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS
4	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS
5	PIB	PRS	PIB	PRS	PIB	PRS	PIB	PRS	PIB	PRS	PR	PRS	PR	PRS	PR	PRS

CONCLUSIONES

Las tendencias en el transporte de sedimentos de playa Palmeras pudieron ser entendidas a partir de las corrientes por rotura del oleaje, particularmente en marea baja, cuando estas se intensifican. De 14 casos del régimen de oleaje elegidos para modelar las corrientes por rotura, 4 casos representaron de manera adecuada las direcciones de transporte que se aprecian en las mediciones de perfiles de playa, donde son evidentes las conexiones entre perfiles, demostradas por las celdas de circulación y corrientes de retorno por la rotura del oleaje. Igualmente, se establece el sector sur de la playa como erosivo la mayor parte del tiempo, estos sedimentos se dirigen hacia el estrecho de Tasca (donde se pueden perder hasta aguas profundas por corrientes de marea), hacia la playa de Gorgonilla justo al frente de Palmeras, o se distribuyen en sentido sur-norte, alimentando a

Palmeras, especialmente en el sector norte, tal como lo muestran los resultados de las simulaciones en el MOPLA y las tendencias de erosión-acreción en los perfiles de playa.

Los volúmenes transportados durante el periodo de estudio demuestran que la playa ha perdido cerca del 7.8% del volumen total disponible, sin embargo, estos volúmenes fueron calculados con hipótesis como homogeneidad del sistema a lo largo de 200 m, que se consideran pueden ser representados por un perfil de playa, despreciando variaciones de geformas como cúspides de playa y cauces de quebradas intermitentes, que ocurren a lo largo de la zona de estudio.

Finalmente la caracterización morfodinámica de playa Palmeras indica que ésta se encuentra en estado reflejante durante la mayor parte del año, excepto los perfiles extremos norte y sur, que se presentan en estado intermedio con barra desde febrero hasta abril. Esta variación puede ser atribuida a cambios en el régimen del oleaje incidente, pues el ciclo anual muestra las menores alturas de ola en estos meses, justo cuando la playa cambia de estado morfodinámico.

AGRADECIMIENTOS

Al Fondo para la acción ambiental y la niñez y a Conservación Internacional por la financiación del proyecto “Estudio Hidrodinámico y Geomorfológico de Playa Palmeras, PNN Gorgona” al cual pertenece esta investigación. A los compañeros del grupo de investigación OCEANICOS de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, por su apoyo durante la realización de este proyecto. Finalmente a los funcionarios del PNN Isla Gorgona, especialmente a Luis Payán por su colaboración en la adquisición de datos de campo.

REFERENCIAS

- Adriani, G., & Walsh, N. (2007). Rocky coast geomorphology and erosional processes: A case study along the Murgia coastline South of Bari, Apulia-SE Italy. *Geomorphology*, 87, 224-238.
- Bird, E. (2008). *Coastal Geomorphology: An Introduction*. John Wiley & Sons.
- Blanco, J. (2009). The hydroclimatology of Gorgona island: seasonal and Enso-related patterns. *Actual biol*, 31, 111-121.
- Davidson-Arnott, R. (2010). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. New York: Cambridge University Press.
- Davies, J. L. (1964). A Morphogenic Approach to World Shorelines. 8.
- Dehouck, A., Dupuis, H., & Sénéchal, N. (2009). Pocket beach hydrodynamics: The example of four macrotidal beaches Brittany, France. *Marine Geology*, 266, 1-17.
- GIOC. (2000). *Documento Temático Procesos Litorales*. Santander: Ministerio de Ambiente y Universidad de Cantabria.
- GIOC. (2002). *Documento Temático: Regeneración de Playas*.
- GIOC. (2003). *Manual de Referencia Mopla, Modelo de Evolución en Planta de playa*. Santander.
- Giraldo, A., Rodríguez-Rubio, E., & Zapata, F. (2008). Condiciones oceanográficas en Isla Gorgona, Pacífico oriental tropical de Colombia. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 36, 121-128.
- Guza, R., & Inman, D. (1975). Edge Waves and Beach Cusps. *Journal of Geophysical Research*, 80(21), 2997-3012.
- Kench, P., Brander, R., Parnell, K., & McLean, R. (2006). Wave energy gradients across a Maldivian atoll: Implications for island geomorphology. *Geomorphology*, 81, 1-17.
- Kessler, W. (2006). The circulation of the eastern tropical Pacific: A review. *Progress In Oceanography*, 69, 181-217.
- Llanes, P., Herrera, R., Gómez, M., Muñoz, A., Acosta, J., Uchupi, E., y otros. (2009). Geological evolution of the volcanic island La Gomera, Canary Islands, from analysis of its geomorphology. *Marine Geology*, 264, 123-139.

- Masselink , G., & Short, A. (1993). Effect of Tide Range on Beach Morphodynamic and Morphology: A Conceptual Beach Model. *Journal of Coastal Research*.
- Masselink, & Hegge. (1995). Morphodynamics of meso-macrotidal beaches:examples from central Queensland, Australia. *Marine Geology*, 23.
- Rodríguez-Rubio, E., & Schneider, W. (2006). On the seasonal circulation within the Panama Bight derived from satellite observations of wind, altimetry and sea surface temperature. *Geophysical Research Letters*, 30(7).
- Vidal, C., Medina, R., & Losada, I. (1995). Modelos de Morfodinámica de Playas. En U. d. Cantabria, *Proyectos y Construcción de Playas Artificiales y Regeneración de Playas*.