

Caracterización morfodinámica y mecanismos de estructuración de la playa Monagre, Los Santos, Panamá.

Morphodynamic characterization and morphological structuring of Monagre beach, Los Santos, Panama

Maritzel Carrera Flores

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Escuela de Biología, Panamá.

maritzelc01@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-0356-0567>

Nelva Villarreal

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Escuela de Biología, Panamá.

nelva.villarreal@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-5091-9945>

Italo Goti

Universidad de Panamá, Centro Regional Universitario de Azuero, Escuela de Biología, Panamá.

italo.goti@up.ac.pa

<https://orcid.org/0000-0001-5702-5389>

Juan Antonio Gómez H.

Universidad de Panamá, Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Escuela de Biología, Panamá.

Juanay05@hotmail.com

<https://orcid.org/0000-0002-8548-3018>

Fecha de recepción: 29 de septiembre de 2025

Fecha de aceptación: 31 de octubre de 2025

DOI: <https://doi.org/10.48204/j.tecno.v28n1.a8955>

RESUMEN

Se determinó la característica morfodinámica y el tipo de ola de rompiente de la playa Monagre, Los Santos, Panamá, a través de la evaluación de variables oceanográficas (altura, período y amplitud de la ola de rompiente, ángulo de incidencia de la ola sobre la playa); morfológicas (pendiente, granulometría y amplitud de la playa) y meteorológicas (dirección y velocidad del viento), a través de visitas mensuales, el día de marea más baja de sicigia, entre marzo y agosto de 2021. La tangente de la pendiente varió de 0,0164 en el transepto M1, con amplitud de la playa de 88,66 m y 0,0130 en el transepto M2, con largo de 110,40 m. La granulometría se caracterizó por ser arena fina ($Mz = 2,23 \phi$). La playa se interpretó como disipativa, de acuerdo al Parámetro de escala de rompiente ($639,92 \pm 119,15$) y el Índice de similaridad de surf ($0,0018 \pm 0,0013$) y olas “spilling”,

según el Número de Iribarren ($0,1492 \pm 0,0865$) y el Parámetro de Galvin ($0,1749 \pm 0,166$), durante todo el período de estudio, además de la presencia de una sola barra transversal, según el Parámetro de barra ($26,01 \pm 27,15$). De acuerdo a lo obtenido se construyó un modelo de la interacción de las variables y el efecto mixto del oleaje y las mareas en la estructuración morfológica de la playa, aunado al impacto del viento.

PALABRAS CLAVE

Intermareal, playa arenosa, hidrodinámica costera, modelo morfológico, evolución costera

ABSTRACT

The morphodynamic characteristics and type of breaking wave at Monagre Beach, Los Santos, Panama, were determined through the evaluation of oceanographic variables (height, period and amplitude of the breaking wave, angle of incidence of the wave on the beach); morphological variables (slope, granulometry and width of the beach) and meteorological variables (wind direction and speed), through monthly visits, on the day of the lowest syzygy tide, between March and August 2021. The tangent of the slope varied from 0.0164 in transept M1, with a beach width of 88.66 m, and 0.0130 in transept M2, with a length of 110.40 m. The granulometry was characterized by being fine sand ($M_z = 2.23 \phi$). The beach was characterized by being dissipative type, according to the Break Scale Parameter (639.92 ± 1119.15) and the Surf Similarity Index (0.0018 ± 0.0013) and “spilling” type waves, according to the Iribarren Number (0.1492 ± 0.0865) and the Galvin Parameter (0.1749 ± 0.166), throughout the study period, in addition to the presence of a single transverse bar, according to the Bar Parameter (26.01 ± 27.15). According to the obtained data, a model was constructed of the interaction of the variables and the mixed effect of waves and tides on the morphological structuring of the beach, in addition to the impact of the wind, was built.

KEYWORDS

Intertidal, sandy beach, coastal hydrodynamic, morphologic model, coastal evolution.

INTRODUCCIÓN

La zona costera es una de las áreas más dinámicas del planeta, se registran constantes cambios en el espacio y tiempo (Muehe, 2021), que pueden darse a microescala y mesoescalas, principalmente por el efecto de mareas, el oleaje y el desbalance sedimentario (Pardo-Pascual et al., 2019). De acuerdo a Short & Jackson (2013), las interacciones que se producen en la playa, mediante procesos de asomeramiento, el quiebre de las olas y su expresión en el sustrato durante estos cambios constantes se reflejan en características morfodinámicas específicas.

La extensión y las características morfosedimentarias de las playas arenosas dependen básicamente de la variación de las mareas, la altura y el periodo de las olas, el tamaño del grano de sedimento transportado en el agua y de la forma de la playa (Short, 1999). De

acuerdo al grado de exposición de estos a los agentes hidrodinámicos los hacen variables, y experimentan diferentes niveles de energía del oleaje y, en consecuencia, distintas características morfológicas y sedimentarias (Oliveira et al., 2012).

En Panamá, algunos estudios realizados en el área de interés de la presente investigación, específicamente en las playas de El Rompió y Los Guayaberos, se destacan los efectos morfológicos, oceanográficos y morfodinámicos entre mayo y noviembre de 2011, en ambas playas (Valdés, 2013). La evaluación de las características morfodinámicas y la relación de las variables que intervienen en el comportamiento morfológico de la playa (González, 2013) y la dinámica de los procesos erosivos/acrecivos a mediano plazo entre los años 2011 al 2017 (Goti, 2017), son elementos que describen las geoformas de la playa.

Evaluar las características morfodinámicas de playas arenosas mediante la caracterización de los agentes que la modelan, facilitan la aplicación de estrategias de gestión costera y el estudio de los procesos de erosión y acreción que modifican la playa (Short & Jackson, 2013; Manso et al., 2003). Por tales razones el objetivo de la presente investigación es determinar las características morfodinámicas de la playa Monagre, Los Santos, Panamá, a través de variables oceanográficas, morfológicas y climáticas, deslindar la estructura que la define y el desarrollo de un modelo conceptual que la caracterice.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se desarrolló en la playa Monagre, Los Santos, Panamá, situada en el borde oriental de la península de Azuero, Golfo de Panamá, a $7^{\circ} 58' 41,59''$ N $80^{\circ} 20' 47,99''$ O, de carácter rectilínea, en la margen derecha de la desembocadura del río La Villa (Figura 1). Se establecieron dos perfiles, perpendiculares a la línea de la playa.

Las muestras se tomaron una vez al mes, en período de la marea más baja de sicigia en la mañana, entre marzo y agosto de 2021.

Figura 1.

Sitio de estudio, playa Monagre, Los Santos, Panamá



Se determinaron las variables ligadas a procesos morfodinámicos: altura de la ola de quiebre (H_b), con jalón graduado, período (T), con cronómetro, amplitud (L_b) con cinta graduada de fibra de vidrio, a partir de lo cual se calculó el peralte de la ola de rompiente (H_b/L_b), la energía (E) y la celeridad (c) de la ola. La dirección de la ola (Dir α) se definió con brújula lensática y el ángulo de incidencia de esta sobre la playa (α), con transportador, la velocidad del viento (U) con anemómetro Skywatch Eole y la dirección del viento (Dir U) con veleta. Se calculó la amplitud relativa de la marea de sicigia (RTR), según Masselink & Short (1993), además de los perfiles de la playa ($\tan \beta_1$ y $\tan \beta_2$), con distancia de 480 m entre transeptos, mediante el método de Emery (1961), con mediciones cada 2 m. Además, la presencia de barras transversales según el Parámetro de barra (B^*) (Short & Aagaard, 1993).

El análisis granulométrico se realizó mediante el método de tamizado en seco (Suguio, 1973), y los valores estadísticos se expresaron de acuerdo a las ecuaciones de Folk & Ward (1957), granulometría media (Mz), clasificación (σ_1), asimetría (S_{K1}) y curtosis (K_G).

Con los valores obtenidos se calcularon los índices morfodinámicos: Índice de similaridad de surf (ξ) (Battjes, 1974), número de Iribarren (ξ_b) (Iribarren & Nogales, 1949), parámetro de escala de rompiente (ε) (Guza & Inman, 1975) y el parámetro de Galvin (B) (Galvin, 1968), mediante las ecuaciones indicadas en la Tabla 1. Además, se determinó la salinidad del agua (Sal) con refractómetro óptico, modelo Exttec. Los análisis estadísticos se desarrollaron con los paquetes: PAST 4.0 y BioEstat 3.5.

Tabla 1.*Índices para la determinación de las características morfodinámicas de playas arenosas*

Índice	Ecuación y valor límite	Componentes y clasificación
Índice de similaridad de surf (ξ) (Battjes, 1974)	$\xi = \frac{\tan \beta}{\sqrt{\frac{2\pi H_i}{gT^2}}}$ $\xi < 0,5$	ξ = Índice de similaridad de Surf = $I_r = \xi_o$ $\tan \beta$ = Pendiente de la playa = m H_o = altura de la ola en profundidad L_o = Longitud de onda del oleaje en aguas profundas Olas “spilling”
Número de Iribarren (ξ_b) (Iribarren & Nogales, 1949)	$I_r = \frac{\tan \alpha}{\sqrt{H/L_o}}$ $< 0,2$	I_r = Número de Iribarren $\tan \alpha$ = pendiente de la playa H = altura de la ola de rompiente L_o = Amplitud de la ola profunda Olas “spilling”
Parámetro de escala de rompiente (ε) (Guza & Inman, 1975)	$\varepsilon = \frac{\sigma^2 H_b}{2g \tan^2 \beta}$ $\varepsilon > 20$	ε = Parámetro de escala de rompiente σ = Frecuencia de oleaje en radianes (1/s) H_b = Altura de la ola de rompiente g = Aceleración de la gravedad $\tan \beta$ = Pendiente de la playa Playa disipativa
Parámetro de Galvin (B) (Galvin, 1968)	$B = \frac{H_b}{g \cdot m \cdot T^2}$ $B > 0,068$	B = Parámetro de Galvin H_b = Altura de la ola de rompiente g = aceleración de la gravedad T = período de la ola $\tan \beta$ = Pendiente de la playa m = pendiente de la playa Olas “spilling”
Amplitud relativa de la marea (RTR)	$RTR = \frac{TR}{H_b}$ $RTR > 15$	RTR = Amplitud relativa de la marea TR = Amplitud promedio de marea en épocas de marea de sicigia = CM, carrera de marea H_b = Altura de la ola de rompiente Playa en transición dominada por la marea
Parámetro de barra Short & Aagaard (1993)	$B^* = \frac{X_s}{g \cdot T^2 \cdot \tan \beta}$ $B^* < 50$	B^* = Parámetro de barra X_s = alargamiento da zona de surf g = aceleración de La gravedad T = Período de la ola $\tan \beta$ = pendiente de la playa Barra única

RESULTADOS

Las variables que caracterizan la morfodinámica de la playa presentaron el siguiente promedio \pm d.s., la altura media de la ola, $0,18 \pm 0,0393$ m, período $3,15 \pm 0,4662$ s, amplitud de la ola $65,50 \pm 11,768$ m, velocidad del viento $8,52 \pm 4,9201$ m/s, energía de la ola $0,0408 \pm 0,017$ jouls/m², celeridad $1,65 \pm 0,4512$ m/s, peralte $0,0362 \pm 0,0094$, amplitud relativa de la marea $30,03 \pm 57,53$ (Tabla 2).

El ángulo de incidencia de la ola sobre la playa mostró una media angular \pm desviación angular de $2,6^\circ \pm 0,4359^\circ$, la dirección de la ola media fue de este-noreste, $79,18^\circ \pm 8,77^\circ$ y la dirección del viento, del norte, $337,86^\circ \pm 57,76^\circ$.

La pendiente de la playa $\tan \beta_1$, varió entre 0,0034 y 0,0312, con longitud del transepto, representado como amplitud de la playa (Y_b), que osciló entre 82 a 94 m, con promedio de $85,20 \pm 3,45$ m en el perfil M1 y de $135,0 \pm 11,49$ m en el M2 (Figura 2).

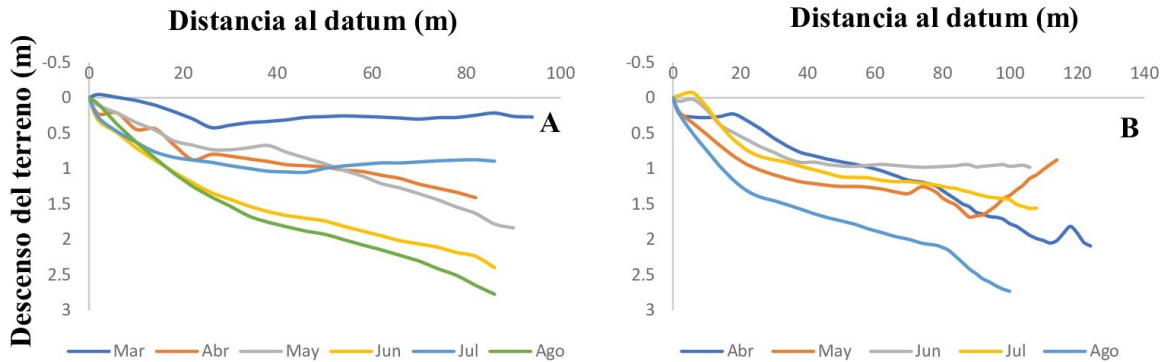
Tabla 2.

Estadística básica de las variables medidas y calculadas que definen la característica morfodinámica de la playa.

Variables	Unidad	\bar{x}	d.s.	Var.	Mín.	Máx.
H_b	m	0,18	0,0393	0,0015	0,13	0,22
T	s	3,15	0,4662	0,2173	2,69	3,74
L_b	m	5,10	11,768	1,3849	2,8	6,09
T °C	°C	32,17	1,472	2,1667	30	34
S o/oo	UPS	21,83	2,4014	5,7667	20	26
U	m/s	8,52	4,9201	24,2071	3,08	17,49
$\tan \beta_1$		0,0164	0,0103	0,0001	0,0034	0,0312
E	jouls/m ²	0,0408	0,017	0,0003	0,0229	0,0615
c	m/s	1,65	0,4512	0,2036	0,98	2,20
H_b/L_b		0,0362	0,0094	0,0001	0,023	0,048
RTR		30,03	57,533	33,101	23,74	37,69
ε		639,92	1119,15	1252500	47,09	2894,66
Y_b	m	88,67	48,442	23,4667	82	94
ξ		0,0018	0,0013	0	0,0003	0,0038
ξ_b		0,1492	0,0865	0,0075	0,0329	0,2583
B		0,1749	0,166	0,0275	0,04249	0,4945
B*		26,0170	27,1558	737,44	0	70,57

Figura 2.

Variación mensual de los perfiles de la playa Monagre, entre marzo y agosto de 2021. A. Perfil M1, β_1 , B. Perfil M2, β_2 .



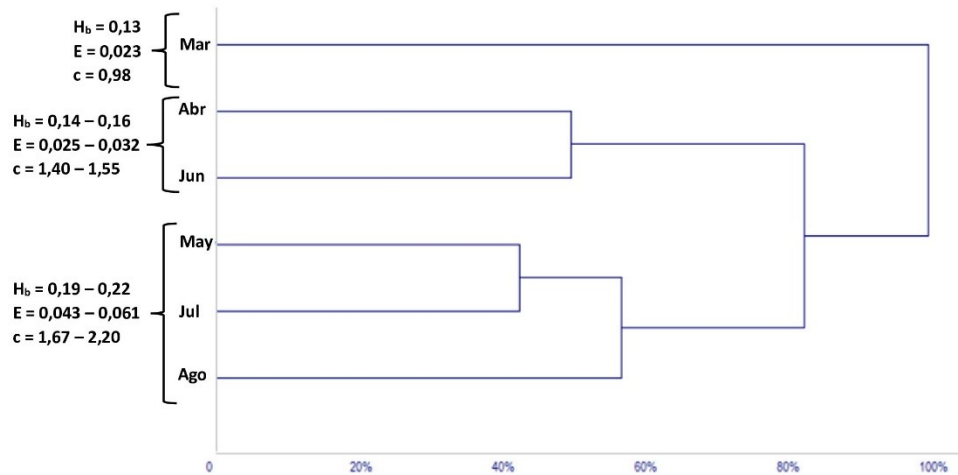
La granulometría media (M_z) promedio fue de $2,23 \pm 0,39 \phi$, correspondiente a arena fina, la clasificación (σ_1), $0,91 \pm 0,22$, a sedimento moderadamente seleccionado, asimetría (S_{KI}), de $0,23 \pm 0,19$ que correspondió a asimetría positiva y la curtosis (K_G) de $1,02 \pm 0,19$ que indica ser leptocúrtica.

Los índices morfodinámicos obtenidos fueron: Parámetro de escala de rompiente (ϵ), $639,92 \pm 1119,50$ con valores entre 47,09 y 2894,66, que caracterización a la playa como disipativa. El Índice de similaridad de surf (ξ), $0,0018 \pm 0,0013$, número de Iribarren (ξ_b), $0,1492 \pm 0,0865$ y el parámetro de Galvin (B) $0,1749 \pm 0,1660$, caracterizaron a las olas como tipo “spilling”, propio de playas morfodinámicamente disipativas (Cuadro 1). No se observó diferencias entre período seco y lluvioso, sin embargo, el dendrograma muestra similaridad temporal entre meses no continuos (Figura 3).

El parámetro de barra (Short & Aagaard, 1993) calculado presentó un promedio de $20,02 \pm 27,15$, lo que indico la presencia de solo una barra transversal en la playa.

Figura 3.

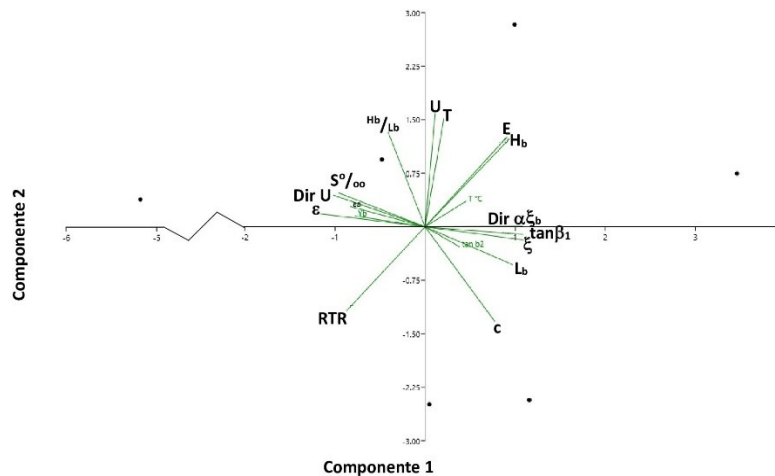
Dendrograma según método de Ward y distancia de Bray-Curtis, de similitud temporal de las características morfodinámicas de la playa Monagre de marzo a agosto de 2021.



Las principales variables que definen las características morfodinámicas de la playa fueron la dirección de la ola ($Dir \alpha$), la pendiente de la playa ($\tan \beta_1$), el número de Iribarren (ξ), la velocidad del viento (U) y el período de la ola (T), sin embargo, la caracterización de esta se describe a partir del resto de las variables destacadas en color negro de la figura 4, que se reflejan en el análisis de componentes principales (ACP) y que explican el 67 % de la variabilidad de este. Las variables de color verde de la figura no presentaron evidencia estadística que puedan influir sobre las características de la playa (Figura 4).

Figura 4.

Análisis de componentes principales de las variables de estudio en la playa Monagre



El Índice de similaridad de surf, la pendiente de la playa, la dirección de la ola, el número de Iribarren y la amplitud de la ola, explicaron directamente el componente 1, mientras que la salinidad, la dirección del viento y el parámetro de escala de rompiente, lo hicieron de manera inversa. La velocidad del viento, el período de la ola, el peralte, la energía, la altura de la ola, explicaron el componente 2 directa e inversamente por la amplitud relativa de la marea y la celeridad (Figura 4).

La altura de la ola se correlacionó con la energía de la ola ($r_s = 0,9856$ $p = 0,003$) y con la amplitud relativa de la marea ($r_s = 0,9276$ $p = 0,0077$), el período de la ola con la velocidad del viento ($r_s = 1,0$ $p < 0,0001$), el peralte se relacionó inversamente con la amplitud de la ola ($r_s = -0,9276$ $p = 0,0007$) con la celeridad ($r_s = -0,8986$ $p = 0,007$) y (Tabla 3).

Tabla 3.

Índice de correlación de Spearman y p-valor de la relación de las variables lineales

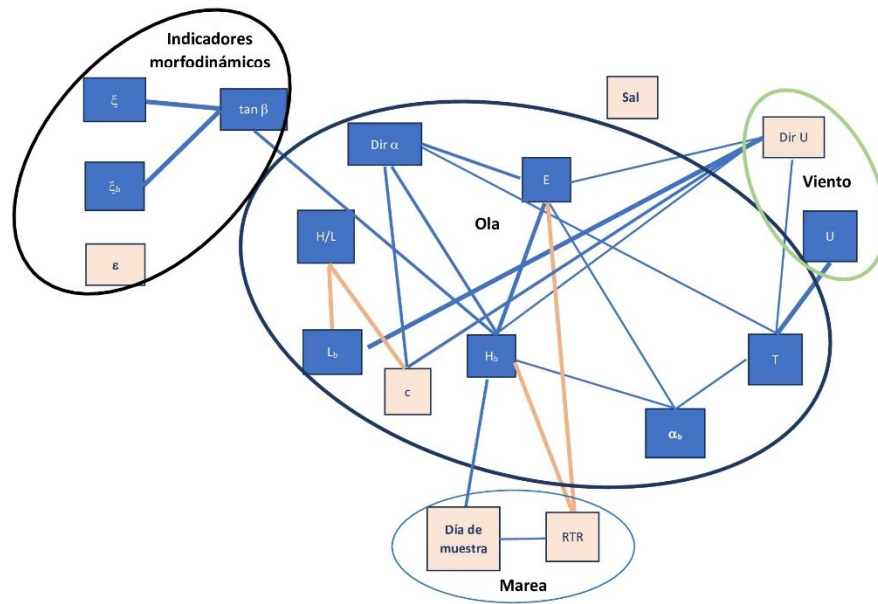
	E	RTR	L_b	c	U	ξ	ξ_b
H_b	$r = 0,9856$ $p = 0,003$	$r = -0,9276$ $p = 0,0077$					
RTR	$r = -0,9429$ $p = 0,0048$						
H/L			$r = -0,9276$ $p = 0,0077$	$r = -0,8986$ $P = 0,0077$			
T					$r = 1,0$ $p < 0,0001$		
$\tan \beta_1$						$r = 1,0$ $p < 0,0001$	$r = 1,0$ $p < 0,0001$

Se encontró correlación de la pendiente de la playa con los indicadores morfodinámicos: Índice de similaridad de surf y Número de Iribarren, ambos con $r_s = 1,00$ $p < 0,0001$.

A partir de las relaciones anteriores se desarrolló el modelo conceptual de variables que definen la morfodinámica disipativa y olas spilling de la playa Monagre. Este modelo caracterizó de dicha playa, agrupada en cuatro factores: ola, viento, marea e indicadores morfodinámicos. En color azul se plasmó los estancos que describen directamente las variables de los dos primeros componentes del ACP, y en rosado, las variables que los explican inversamente. Las líneas azules indican correlación directamente proporcional sobre las variables conectadas, mientras que las rosadas, las correlaciones inversas y finalmente, el grueso de las líneas señala la fuerza de la correlación (Figura 5).

Figura 5.

Modelo conceptual de variables que definen la característica disipativa de playa Monagre



DISCUSIÓN

La caracterización de la playa Monagre, de acuerdo a los índices obtenidos en la presente investigación la definen como morfodinámicamente disipativa, este tipo de ambiente explica que la energía de las olas incide, principalmente, en la zona de quiebre y posteriormente se disipa, a través de olas tipo “spilling”, en una planicie relativamente estable, en dirección a tierra firme (Sherman, 2018). Además, la morfodinámica señalada, caracteriza una zona poco profunda con olas de gran amplitud (Cornett, 2008). A partir de la rompiente, el viento transfiere empuje hacia el oleaje, que se disipa en dirección a la playa (Aagard et al., 2013), y la baja frecuencia de las olas disipadas, en la sección inferior, resuspende el sedimento transportándolos hacia la playa o hacia el mar, lo que produce barras transversales en esta última dirección (Aagard & Greenwood, 2008).

Las variables registradas en esta playa coinciden con lo planteado por Guza (1974), quien caracterizó originalmente este tipo disipativo e indica que la longitud de onda es de aproximadamente 6 m, valor próximo al encontrado en esta playa, además, Mohd Zaini et al. (2015) en Malasia, señalan que este tipo morfodinámico se caracteriza por perfil entre $0,64^\circ$ y $2,41^\circ$ y ancho de la playa entre 80 a 130 m, valores entre los cuales se encuadran los obtenidos en la presente investigación.

A pesar de que no se obtuvo diferencia temporal de las características medidas, como si se observa en la playa de Ajuruteua, Brasil (Alves & El Robrini, 2006), en Monagre se presenta similitud de períodos, basado en la característica de tres variables: altura de la ola de rompiente, energía y celeridad de esta. Valores altos de estas separan los meses de temporada lluviosa.

A diferencia de las playas de bolsillo que se caracterizan por presentar variaciones en la dinámica erosión/acreción periódica marcada de manera secuencial en el tiempo (Larpieta et al., 2022), en playas rectilíneas este proceso no es tan evidente. Esta característica se debe al efecto de la energía de las olas de rompiente sobre el movimiento de arena en la playa (Tarbuck & Lugens, 2005) debido al efecto de la masa de agua, que puede ser longitudinal o transversal a esta (Blanes Eckert, 2008).

Estudios realizados en las playas aledañas El Rompío y Los Guayaberos, Gonzalez (2013) observó un comportamiento semejante, con variaciones de perfil que no siguen el ritmo de las temporadas seca y lluviosa, tal como si se obtuvo en la península de Malasia, donde Rahim et al. (2016) señalan que es marcado el proceso de erosión que se da durante la temporada lluviosa, mientras la acreción en la seca, que resulta diferente en la zona de estudio donde el proceso se produce de manera continua, intercalada.

La característica granulométrica coincide con la reportada por Castillo (2013) en la playa contigua de El Rompío, cuyo valor de Mz fue de $2,26 \pm 0,22 \phi$. La variación del diámetro granulométrico y la clasificación del sedimento se asemeja lo reportado por Prodder et al. (2017), quienes indican que son el reflejo de la energía de las olas sobre el sustrato en este tipo morfodinámico de playa, lo cual se debe al arrastre de sedimento por los bores disipados en la zona de surf, que acumulan material en el área intermareal del litoral (Aagaard et al., 2013)

Anthony (1998) menciona que el indicador, parámetro de Dean, usado ampliamente para determinar la característica morfodinámica de las playas, se ajusta muy bien en ambientes micro y mesomareales, sin embargo, en el caso de que el área esté sometida a amplitudes de marea muy alta, o playas macromareales, este se aparta de la característica real en campo. En ese sentido Muehe (1998) desarrolla el parámetro Delta (Δ); además, Sherman (2018) señala que el Número de Iribarren (ξ_b) y el Parámetro de Escala de Rompiente (ξ), resultan ser más adecuados para la caracterización morfodinámica, en especial este último.

De acuerdo con la clasificación de Batjes (1974) el número de Iribarren indica ola tipo “spilling”, corroborado por el parámetro de escala de rompiente, que según Wrigth & Short (1984) caracteriza este tipo de ola, propio de playas disipativas (Guza & Inman, 1975).

El número de Iribarren describe la estabilidad de la ola frente a la pendiente de la playa, señala si la ola asciende o desciende sobre el intermareal o si se disipa la energía. Si bien, la construcción de la ecuación del número de Iribarren procede de la relación de este indicador con la pendiente de la playa, la altura de la ola que incide sobre la ruptura de esta (Grassa Garrido, 2018), la presente investigación solo indica relación con la pendiente de la playa, aun así, demuestra ser un buen clasificador de la condición morfodinámica de la playa Monagre.

Davis & Hayes (1984) describen la relación entre la amplitud de la marea y la altura de la ola de rompiente, Short (2016) establece formalmente esta correspondencia al fijar el indicador “amplitud relativa de la marea” (RTR) que ha sido utilizado, junto con el parámetro de Dean, para clasificar el tipo morfodinámico de las playas (McLachlan & Dorvlo, 2005).

La relación inversa de la altura de la ola y la amplitud de la marea es inherente a la fórmula que describe el RTR, esta relación fue insinuada originalmente por Davis & Hayes (1984) y consolidada finalmente por Short (2016), la cual ha servido para describir el tipo de mecanismo hidrodinámico que domina la playa, ya sea la marea o las olas; según Anthony & Orford (2002), las características de la playa son el producto del efecto de estos fenómenos. La propuesta de Masselink & Short (1993) sobre el indicador RTR, como efecto directo de la marea sobre el ambiente costero, puede no ser efectivo en casos que se tengan olas de poca altura, en playas macromareales (Levoy et al. 2000), que no es el caso de la playa Monagre, que, a pesar de presentar estas características, el indicador resultó una herramienta efectiva para catalogar la morfodinámica de la playa de estudio, basado en los valores calculados en el período de estudio.

Gómez et al. (2022) presentan valores de RTR de 7,41 en las playa contiguas de El Rompío y 9,18 en Los Guayaberos, Alves & El-Robrini (2006) mostraron un valor único de 4,79 en la playa Ajuruteua, situada en la región amazónica, Brasil, con características macromareales, De Oliveira et al. (2014) en esta misma playa obtuvieron valores entre 6,6 y 16, además encontraron que en temporada seca el dato obtenido es superior a 10, mientras que en la lluviosa es inferior a este, sin embargo, en la presente investigación no se observó variación estacional, de hecho en temporada lluviosa se obtuvo mayor variabilidad, que incluye los valores de la seca.

El indicador RTR obtenido sugiere playa dominada por la marea (Pereira et al., 2020), con tendencia a formar una planicie mareal (Masselink & Short, 1993), sin embargo, Levoy et al (2000) indican que el valor alto de RTR, más que indicar una planicie de marea está relacionado con playas macromareales, como se indicó anteriormente.

Con relación al evento que domina las características morfológicas y morfodinámicas de la zona costera, Anthony & Orford (2002) muestran que casi la totalidad de las playas están sometidas al efecto mixto de la incidencia de las mareas y la energía de las olas, con excepción de aquellas donde no hay olas, en las cuales domina la marea o aquellas en que las olas son tan fuertes que enmascaran la importancia de estas. Los datos encontrados en la presente investigación confirman esta afirmación, ya que se describe el efecto de la marea, no solo mediante el valor del RTR, si no también, la amplitud de la marea, reflejada en la relación con el día de colecta.

El ritmo mareal, a lo largo del año, sigue los patrones astronómicos del efecto gravitacional del sistema sol -tierra- luna y la rotación de los astros sobre las masas de agua en el planeta (Pugh & Woodworth, 2014), asociados al efecto morfodinámico sobre la playa, de acuerdo a las mareas semidiurnas que acompañan el ritmo lunar (Pereira et al., 2020), de esta manera la amplitud de la marea relativa refleja esta variación durante el transcurso del año y en especial durante el período de estudio.

La relación del viento con la energía, celeridad, altura y amplitud de la ola ha sido señalada por Zheng et al. (2020) como el forzamiento ola – viento, que afecta la formación de bancos en playas arenosas, a través de la deposición y resuspensión del sedimento transportado por la ola (Fagherazzi et al. (2007), que junto con las corrientes transversales y longitudinales que se producen en la playa inducen fuerzas hidrodinámicas que modelan la morfodinámica del sitio (Maan et al., 2018).

Aunado a lo anterior, todas las variables ligadas a la dinámica de las olas mostraron estar relacionadas e indicaron buen acople con las características de la playa Monagre, lo que sugiere que la morfodinámica de esta es el producto del efecto conjunto de las olas y la marea, además de la influencia del viento sobre la zona de estudio. La separación temporal de características específicas está estructurada por parámetros ligados al oleaje, como son la altura de la ola, la energía y la celeridad de esta y la influencia que ejerce la amplitud de la marea, claramente representado en el modelo conceptual desarrollado.

Power (2020) señala que la celeridad en la zona de surf se relaciona mejor con la profundidad debajo de la cresta de la ola, representada por el peralte, y no con la profundidad de la zona de rompiente; este comportamiento no se observa en la presente investigación, al correlacionarse las variables, ya que, según el modelo desarrollado, la celeridad depende de la dirección de la ola y del viento.

A pesar de la falta de equipo tecnológico para realizar la presente investigación, con los medios rudimentarios utilizados, se pudo desarrollar los análisis correspondientes para la caracterización de la playa Monagre. Hay que destacar, que el principal indicador

morfodinámico, Número de Dean (Ω^2), usado tradicionalmente en Australia (Write & Short, 1984) y en Europa (Castelle et al., 2020), no muestra ser funcional en América Latina, tal como es el caso de Brasil (Muehe, 1998; Klein & Menezes, 2001) y Panamá. La dificultad de poder hacer los análisis donde se resalta las relaciones angulares y direccionales, lo recomendable es utilizar estadística circular, sin embargo, tradicionalmente se utiliza, de manera equivocada, la estadística lineal.

CONCLUSIONES

El efecto de la marea, reflejado en el día de la toma de muestra, resulta ser un factor importante en la estructuración de los resultados de la altura, energía y celeridad de la ola para definir la temporalidad morfodinámica de la playa.

La playa Monagre, durante el período de estudio se caracteriza por ser morfodinámicamente disipativa, con olas “spilling”, de acuerdo a las variables evaluadas. Por otro lado, se evidencia el efecto mixto del oleaje y las mareas en la estructuración morfológica de la misma, aunado a la energía del viento, lo cual se refleja en el modelo conceptual propuesto, que evidencia la relación entre estos elementos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aagaard, T., & Greenwood, B. (2008). Oscillatory infragravity wave contribution to surf zone sediment transport—the role of advection. *Mar. Geol.*, 251, 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.margeo.2008.01.017>
- Aagaard, T. Greenwod, B. & Hughes, M. (2013). Sediment transport on dissipative, intermediate and reflective beaches. *Earth Sci. Rev.*, 124, 32–50. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2013.05.002>
- Alves, M.A.M. da S. & El-Robrini, M. (2006). Morphodynamics of a macrotidal beach: Ajutretua, Bragança North Brazil. *J. Coast. Res.*, 39, 949–951.
- Anthony, E.J. (1998). Sediment wave parametric characterization of beaches. *J. Coast. Res.*, 14, 347–352.
- Anthony, E.J. & Orford, J.D. (2002). Between wave-and-tide-dominated coast: the middle ground revisited. *J. Coast. Res.*, 36, 8–15.
- Battjes, J. A. (1974). “*Surf Similarity*.” Proceedings of 14th International Conference on Coastal Engineering, ASCE, Copenhagen, Denmark, June 24–28.

- Blanes Eckert, C. (2008). Caracterización granulométrica de las playas del litoral gerundense. Implicaciones para el transporte de sedimentos. Univ. Polit. Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2099.1/6036?locale-attribute=en>
- Castelle, B., & Harley, M.D. (2020). *Extreme events: impact and recovery*. In: *Sandy Beach 584 Morphodynamics*. Ed. Jackson, D.W.T. and Short, A.D., 533-556, Elsevier.
- Castillo, C.J. (2013). *Distribución espacial de los organismos de la playa El Rompío, corregimiento de Santa Ana, Provincia de Los Santos*. [Tesis de Licenciatura] Universidad de Panamá. 42 p.
- Cornett, A. (2008). *A global wave energy resource assessment*. In Proceedings of the 18th International Offshore and Polar Engineering Conference, Vancouver, BC, Canada, 6–11 July 2008; ISOPE-2008-TPC-579, pp. 1–9
- Davis, R.A. & Hayes, M.O. (1984). What is a wave-dominated coast? *Mar. Geol.*, 60, 313-329.
- De Oliveira, S.M., Pereira, L.C.C. & Vila-Concejo, A. (2014). Processos morfodinâmicos em uma praia de macromaré no litoral amazônico. *Quat. Environm. Geosc.*, 5(2), 126-136. <https://doi.org/10.5380/abequa.v5i2.36418>
- Emery, K.O. (1961). A simple method of measuring beach profiles. *Limnol. Oceanogr.*, 6(1), 90-93.
- Fagherazzi, S., Palermo, C., Rulli, M. C., Carniello, L. & Defina, A. (2007). Wind waves in shallow microtidal basins and the dynamic equilibrium of tidal flats. *J. Geoph. Res. Earth Surf.*, 112(2), 1–12. <https://doi.org/10.1029/2006JF000572>
- Folk, R.L. & Ward, W.C. (1957). Brazos river bar. A study in the significance of grain size parameter. *J. Sed. Petrol.*, 27(1), 3-26.
- Galvin, C.J. (1968). Breaker type classification on three Laboratory beaches. *J. Geoph. Res.*, 73:3651-3659.
- Gómez H, J.A., Marín, B. & Goti, I. (2022). Características morfodinámicas y procesos erosivos en dos playas arenosas de Panamá y su relación con el meiobentos. *Bol. Oceanogr. Univ. Oriente.*, 61(1), 79-102.

- González, J.L. (2013). *Evaluación de índices morfodinámicos de playas y su aplicación en El Rompío y Los Guayaberos, playas arenosas para la estación seca del año 2012*. [Tesis de Licenciatura] Universidad de Panamá.
- Goti, I. (2017). Morfodinámica de playa arenosa en período acrecivo, estudio a mediano plazo. *Visión Antataura*, 1(2):95-96.
- Grassa Garrido, J.M. (2018). La costa construida, el cambio de clima y el número de Iribarren. *Ingeniería Civil*, 191, 56-73.
- Guza, R.T. (1974). *Excitation of edge waves and their role in the formation of beach cusps*. Thesis University of California. 102 p.
- Guza, R. & Inman, D. (1975). Edge waves and beach cusps. *J. Geoph. Res.*, 80(21), 2997-3012.
- Iribarren, C.R. & Nogales, C. (1949). *Protection des ports*. Section II. Comm. 4. XVIIth Int. Nav. Congress, Lisbon, 31-80.
- Klein, A.H.F. & Menezes, J.T. (2001). Beach morphodynamics and profile sequence for a headland bay coast. *J. Coast. Res.*, 17(4), 812-835.
- Lapietra, I., Lisco, S., Capozzoli, L., De Giosa, F., Mastronuzzi, G., Mele, D., Milli, S., Romano, G., Sabatier, F., Scardino, G., & Moretti, M. (2022). Potential Beach Monitoring Based on Integrated Methods. *Journal of Marine Science and Engineering*, 10(12), 1949. <https://doi.org/10.3390/jmse10121949>
- Levoy, F., Anthony, E.J., Monfort, O. & Larssonneur, C. (2000). The morphodynamics of megatidal beaches in Normandy, France. *Mar. Geol.*, 171, 39-59. [https://doi.org/10.1016/S0025-3227\(00\)00110-9](https://doi.org/10.1016/S0025-3227(00)00110-9)
- Maan, D.C., van Prooijen, B.C., Zhu, Q., & Wang, Z.B. (2018). Morphodynamic feedback loops control stable fringing flats. *J.G.R: Earth Surf.*, 123, 2993–3012. <https://doi.org/10.1029/2018JF004659>
- Manso, V., Stalliviere, I. C. & Guerra, N. C. (2003). Morfologia e sedimentologia da plataforma continental interna entre as praias porto de Galinhas e Campos - litoral sul de Pernambuco, Brasil. *Pesquisas em Geociências*, 30(2), 17-25.

- Masselink, G. & Short, A.D. (1993). The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model. *J. Coast. Res.*, 9(3), 785-800.
- McLachlan, A. & Dorvlo, A. (2005). Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *J. Coast. Res.*, 21(4), 674–687. <https://doi.org/10.2112/03-0114.1>
- Muehe, D. (1998). Estado morfodinâmico praias no instante da observação: uma alternativa de identificação. *Rev. Bras. Oceanogr.*, 46(2), 157-169.
- Muehe, D. (2001). Critérios morfodinâmicos para o estabelecimento de limites da orla Costeira para fins de gerenciamento. *Rev. Bras. Geomorf.*, 2(1): 35-44. <https://doi.org/10.20502/rbg.v2i1.6>
- Mohd Zaini, M., M.Z., Saad, S., Hadi, M.S.A., Yunus, K. & Sapon, N. (2015). Beach-face morphodynamics of different morphological settings along Teluk Chempeda, to Kuala Pahang, Malaysia. *Jurnal Teknologi*, 77(25), 51-56.
- Pardo-Pascual, J.E., Roca Moya, R. & Segura-Beltrán, F. (2019). Análisis de la evolución de la línea de costa entre Alcossebre y Orpesa a partir de fotografía aérea. *Cuadernos de Geografía*, 102, 39-72. <https://doi.org/10.7203/CGUV.102.14511>
- Pereira, L., Concejo, A.V. & Trindade, W. (2020). *Tidal modulation*. In Jackson, S. & Short, A. (eds.). *Sandy Beach Morphodynamics*. 87-101. <https://doi.org/10.1016/C2018-0-02420-2>
- Power, H.E. (2020). *Breaking waves*. In Jackson, D.W.T & Short, A.D. *Sandy beach morphodynamics*. Elsevier. 103-130. <https://doi.org/10.1016/j.ajog.2020.08.113>
- Prodger, S., Russell, P. & Davidson, M. (2017). Grain-size distributions on high-energy sandy beaches and their relation to wave dissipation. *Sedimentology*, 64(5), 1289-1302. <https://doi.org/10.1111/sed.12353>
- Pugh, D., Woodworth, P. L., & Woodworth, P. (2014). *Sea-level science: understanding tides, surges, tsunamis and mean sea-level changes*. Cambridge University Press. 394 p. <https://doi.org/10.1080/00107514.2015.1005682>
- Oliveira, U.R., Parizotto, B.A., Horn Filho, N.O. & Bonetti, J. (2012). Setorização morfossedimentar das praias arenosas da ilha de Santa Catarina (SC) utilizando técnicas de análise estatística multivariada. *GRAVEL*, 10(1), 1-11.

- Rahim, N.S, Jamal, M.H., Waha b, AlK.A., Othman, I.K, Ismail, Z., Othman, N. & As'ar, R. (2016). Sandy beach profile evolution. *Malay. J. Civil Eng.*, 3: 301-336.
- Sherman, D. (2018). *Dissipative beaches*. In Finkl., C. & Makowski, C. (eds.). *Encyclopedia of Coastal Science. Encyclopedia of Earth Science Series*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48657-4_123-2
- Short, A.D. (1999). *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. John Wiley & Sons, Chichester. 379 p.
- Short, A.D. (2016). The coastal studies unit and development of the Australian beach models. In: Vila-Concejo, A.; McCarroll, R.J.; Kennedy, D.M. & Bruce, E. (eds.), *Proceedings of the 14th International Coastal Symposium (Sydney, Australia)*. *J. Coast. Res.*, Special Issue, 75, 1-7. <https://doi.org/10.2112/SI75-001.1>
- Short, A.D. & Aagaard, T. (1993). Single and multi-bar beach change models. *J. Coast. Res.*, 15, 141-157.
- Short, A.D. & Jackson, D.W.T. (2013). *Beach morphodynamics*. In Shroder, J.F. (ed.) *Treatise on Geomorphology*, Academic Press, 10, 106-129. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-374739-6-00275-X>
- Suguio, K. (1973). *Introdução à Sedimentologia*. Editora Blucher/USP. 317 p.
- Tarback, E.J. & Lutgens, F.K. (2010). *Ciencias de la tierra. Una introducción a la Geología Física*. 9ª Ed. Pearson Prentice Hall. 686 p
- Valdés, S.E. (2013). *Morfodinámica comparativa de las playas El Rompío y Los Guayaberos*. [Tesis de Licenciatura]. Universidad de Panamá.
- Wright, L.D.; Short, A.D. (1984). Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Mar. Geol.*, 56, 93–118
- Zheng, Z., Ma, X., Ma, Y. & Dong, G., (2020). Wave estimation within a port using a fully nonlinear Boussinesq wave model and artificial neural networks. *Ocean Engineering*, 216: 108073. <https://doi.org/10.1016/j.oceaneng.2020.108073>