

CARACTERÍSTICAS MORFODINÁMICAS Y PROCESOS EROSIVOS EN DOS PLAYAS ARENOSAS DE PANAMÁ Y SU RELACIÓN CON EL MEIOBENTOS

JUAN ANTONIO GÓMEZ H.¹, BAUMAR MARÍN[†] & ITALO GOTI²

¹ *Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y Tecnología, Universidad de Panamá.*
orcid: 0000-0002-9320-1674; juanay05@hotmail.com

² *Escuela de Biología, Centro Regional de Azuero, Universidad de Panamá.*
orcid: 0000-0001-5702-5389; italo.goti@up.ac.pa

RESUMEN: La abundancia y diversidad de la comunidad meiobentónica está supeditada a la dinámica de las olas, producto de la morfología de la zona intermareal. En las playas arenosas de El Rompío y Los Guayaberos, Panamá, separadas por un espigón, se determinó la morfodinámica y el meiobentos, colectado con un nucleador de pvc de 25,49 mm de diámetro, introducido 5 cm en el sedimento, entre agosto de 2019 y 2020, en visitas mensuales en marea baja de sicigia. Las muestras y sus repeticiones se tomaron en dos estaciones en el mesolitoral inferior e infralitoral, situadas en un transepto a 150 m de un espigón. El objetivo del estudio fue verificar el efecto de esta estructura en la morfodinámica y la disipación de la energía de las olas sobre el meiobentos. Se recolectaron 29 taxones en ambas playas y se observó diferencias de la diversidad entre estas. Con los datos morfodinámicos se calcularon los indicadores de erosión y se relacionaron con los organismos. En la playa El Rompío, de arena fina, con tendencia acreciva, solamente el índice de quiebre (γ_b) se relacionó con los nemátodos, mientras que, en Los Guayaberos, de arena media y tendencia erosiva, la relación del índice de quiebre (γ_b) fue con los oligoquetos y el factor de erosividad (E_r) con nemátodos. La presencia del espigón y el patrón de circulación definieron la energía de las olas sobre las dos playas, e incidieron sobre la morfodinámica y la granulometría que determinó la variación de la abundancia y diversidad del meiobentos.

Palabras clave: jerarquía, diversidad, indicadores de erosión, taxón, Azuero

ABSTRACT: The abundance and diversity of the meiobenthic community are subject to wave dynamics, a product of intertidal morphodynamics. In the sandy beaches of El Rompío and Los Guayaberos, Panama, separated by a jetty, the morphodynamics and meiobenthos were determined, collected with a 25.49 mm diameter PVC corer, inserted 5 cm into the sediment, between August 2019 and 2020, in monthly visits at low syzygy tide. The samples and their repetitions were taken at two stations in the lower mesolittoral and infralittoral, located in a transept 150 m from a breakwater. The objective of the study was to verify the effect of the jetty on the morphodynamics and the dissipation of wave energy on meiobenthos. 29 taxa were collected on both beaches and diversity differences between them were observed. With the morphodynamic data, the erosion indicators were calculated and related to the organisms. In El Rompío beach, with fine sand, with an accretive trend, only the rate of breakage (γ_b) was related to nematodes, while at Los Guayaberos, with medium sand and an erosional trend, the relationship between the rate of breakage (γ_b) was with oligochaetes and the erosion factor (E_r) with nematodes. The presence of the breakwater and the circulation pattern defined the energy of the waves on the two beaches and affected the morphodynamics and granulometry that determined the variation in the abundance and diversity of meiobenthos.

Keywords: hierarchy, diversity, erosion indicators, taxa, Azuero

INTRODUCCIÓN

Los procesos hidrodinámicos y las respuestas morfológicas de la zona costera son dirigidos por la morfodinámica de las playas arenosas, que garantizan las retroalimentaciones positivas y negativas, con el fin de mantener una relación de equilibrio a diversas escalas temporal y espacial. El sustrato arenoso permite suficiente porosidad para la retención de líquido intersticial, el cual se enriquece por la presencia de oxígeno disuelto y materia orgánica, cuyas concentraciones dependerán de las características morfodinámicas (POWER 2020).

Las playas disipativas, caracterizadas por arena fina, con baja permeabilidad retienen altos volúmenes de líquido intersticial, mientras que las intermedias, poseen alta proporción de arena media, permeabilidad elevada y poca retención de humedad (McLACHLAN & BROWN 2006). Los principales factores que definen estas características son la dinámica de las olas y las mareas, las cuales producen corrientes longitudinales y transversales litorales que redistribuyen el sedimento, desplazándose en el espacio y el tiempo de manera continua (BLANES ECKERT 2008), sin embargo, la presencia de estructuras naturales o artificiales sobre la costa, pueden alterar este patrón, como es el caso de los espigones, escolleras, paredones, rompeolas y otros (JIMÉNEZ-TERÁN *et al.* 2013; SHORT & JACKSON 2013).

En el caso particular de los espigones, estos son estructuras perpendiculares a la costa, que pueden ser de origen natural, e irrumpen la continuidad de playas arenosas (MARTÍNEZ & RIPOLL 1994) o construidos como medida de protección costera, para disminuir los procesos erosivos que bloquean el flujo de la corriente litoral que incide sobre la dinámica de las olas y el sedimento (JACKSON & SHORT 2020). Estas estructuras producen grandes alteraciones destructivas sobre las playas, a través de la corriente longitudinal que generan diferencias en ambos lados de la estructura, con acreción en el costado donde impacta la corriente, llamado ascendente y erosión en el otro contrario o descendente (McLACHLAN & BROWN 2006), además, inducen a la formación de corrientes de retorno (HANSON & LARSON 2004), la cual puede influenciar la dinámica y distribución de los organismos del meiobentos.

La meiofauna la constituyen invertebrados que viven enterrados en el sedimento, que no superan las 1 000 μm de tamaño y son retenidos con malla de 64 μm ; se desplazan verticalmente en el sedimento de acuerdo con las condiciones ambientales que se producen en la superficie del sustrato (COUL & CHANDLER 2001), el cual va a estar determinado por la disponibilidad de oxígeno y la concentración de materia orgánica (MOODLEY *et al.* 2000), condicionado por la energía de las olas (GHESKIERE *et al.* 2005), sobre el sustrato de la zona intermareal y la disipación de la energía definida por las características morfodinámicas de las playas arenosas (POWER 2020), que modelan la granulometría del fondo (PRODGER *et al.* 2017) y definen la abundancia y biomasa del meiobentos (RODRÍGUEZ *et al.* 2001).

En los estudios de meiobentos se analiza la abundancia y diversidad relacionada con sustratos energéticos: carbohidratos, lípidos y proteínas (COVAZZI *et al.* 2006), feopigmentos y clorofila (STEAD *et al.* 2011), granulometría, temperatura y salinidad del agua intersticial (PRIYALAKSHMI &

MENON 2014), oxígeno disuelto, relación C:N, potencial de oxi-reducción, carbono orgánico total, (SOTO *et al.* 2015), cantidad de agua intersticial y materia orgánica (EL-SEREHY *et al.* 2015). A pesar que este grupo de organismos vive protegido de variaciones ambientales externas (ARMONIES & REISE 2000), la relación de la meiofauna y el efecto de la hidrodinámica sobre las características físicas de las playas del pacífico panameño no ha sido investigada.

Pocos son los estudios sobre meiofauna en Panamá, sin embargo, existen algunos relacionados con la contaminación (ALVARADO & GOTI 2019; PINZÓN *et al.* 2019) y los procesos de erosión/acreción (GOTI & DE LA CRUZ 2018), por lo que esta investigación pretende estudiar la vinculación de variables que definen la disipación de la energía de las olas sobre el sustrato y su efecto en el meiobentos. Se estima que la presencia del espigón que separa ambas playas, afecta la morfodinámica de estas con consecuentes variaciones de las características granulométricas producidas por la dinámica de las olas que definirán la comunidad meiobentónica.

MATERIAL Y MÉTODOS

El área de interés para este estudio corresponde a dos playas ubicadas en Panamá: El Rompío (7° 58' 15" N y 80° 20' 30" O) y Los Guayaberos (7° 57' 36" N y 80° 20' 13" O), las cuales se caracterizan por ser arenosas, expuestas y separadas por un espigón (Fig. 1), además, ambas se encuentran sometidas a la influencia del aporte de sedimento proveniente de la desembocadura del Río La Villa, Los Santos. La playa El Rompío se define morfodinámicamente como intermedia, de arena

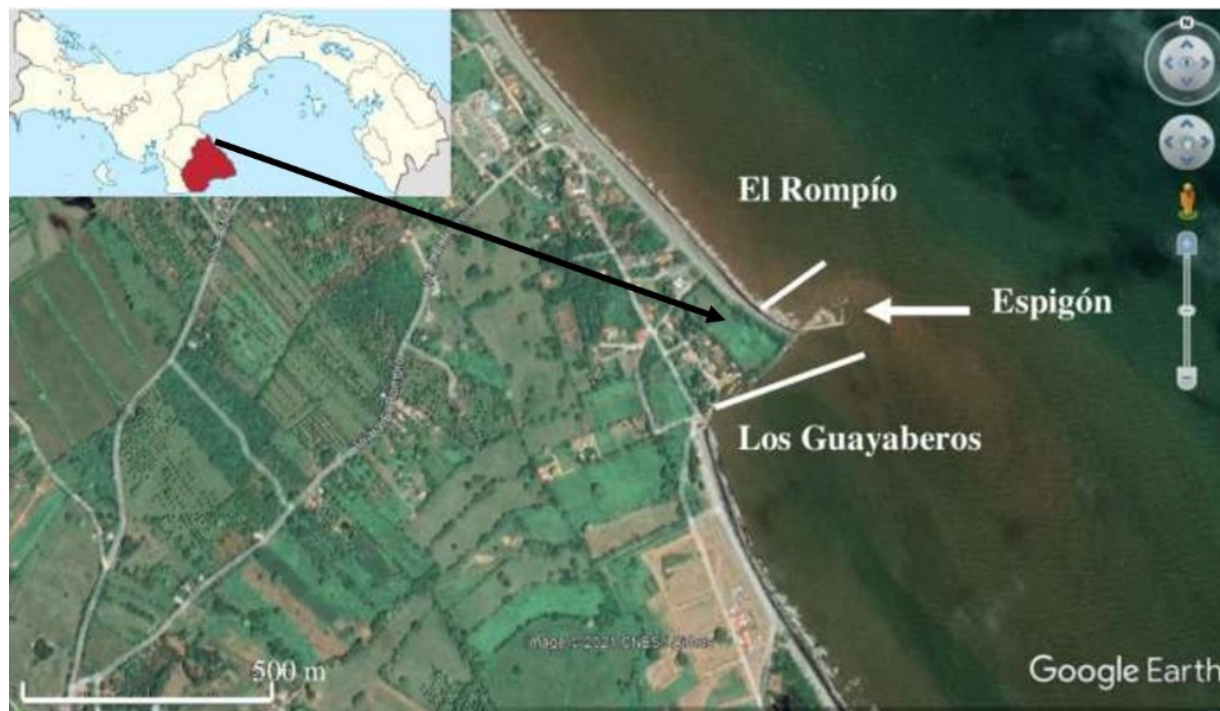


Fig. 1. Ubicación de las playas El Rompío y Los Guayaberos, Los Santos, Panamá.

Fuente: Google Earth, Imagen CNES/Airbus <https://www.nativatours.com/es/los-santos-3/>

media y en franca acreción (DE GRACIA 2014), mientras que Los Guayaberos posee característica disipativa, arena muy fina y está sometida a un proceso permanente de erosión (GONZÁLEZ 2013).

Se registraron las características del oleaje de rompiente, la morfodinámica y la granulometría, en dos transeptos a 150 m a cada lado del espigón, entre agosto de 2019 y agosto de 2020, en visitas mensuales, en los días de mayor amplitud de la marea baja de sicigia de luna llena. De acuerdo a la clasificación de DEL RÍO *et al.* (2013), ambas playas se consideran del tipo rectilínea, largas, regulares, con influencia de aporte de sedimento fluvial.

Las variables hidrodinámicas medidas, que incidieron sobre la morfodinámica de las playas fueron: la altura de ola de rompiente (H_b) calculada con un jalón graduado, el período (T) con un cronómetro y la amplitud (L) con una cinta métrica de fibra de vidrio; el ángulo de incidencia de la ola sobre la playa (α_b) con un transportador, la dirección de la ola (Dir) con una brújula lensática, además se determinó el perfil de la playa ($\tan \beta$) con el método de EMERY (1961).

Con los datos de las variables anteriores se calcularon los siguientes índices: la energía de la ola (E) (DYER 1986), la celeridad (C) en aguas poco profundas (de acuerdo a la teoría lineal del oleaje), el peralte (H_b/L), el índice de quiebre de la ola (γ_b) (HORIKAWA 1988) y la amplitud relativa de la marea (RTR) (MASSELINK & SHORT 1993). Además, se determinó la velocidad orbital máxima cerca del fondo (U_{max}) (SOULSBY & SMALLMAN 1986), la velocidad de retorno de infraexcavación (U_m) (SVENDSEN 1984) y el factor de erosividad (E_r) (BENAVENTE *et al.* 2000).

La granulometría del infralitoral y mesolitoral inferior se determinó con el método de tamizado en seco (SUGUIO 1973) para evaluar la granulometría media (M_z), clasificación (σ_i), asimetría (S_{kl}) y curtosis granulométrica (K_G), de acuerdo a las ecuaciones de FOLK & WARD (1957); la concentración de materia orgánica se calculó a través del método de calcinación de DABADIE *et al.* (2018) modificado, la muestra de 1 g se sometió a 500 °C por una hora, previa eliminación de la humedad en horno a 60°C por 24 h, hasta peso constante.

Durante el estudio de ambas playas, se establecieron dos estaciones de colecta, mesolitoral inferior e infralitoral, donde se recolectó el meiobentos con dos repeticiones para determinar la abundancia y densidad, de acuerdo a la metodología de VARGAS (1988), con un nucleador de pvc, de 29,45 mm de diámetro, introducido hasta 5 cm en el sedimento.

El material colectado se fijó con formalina al 5% y teñido con Rosa de Bengala, luego de 24 h fue tamizado a través de mallas de 1 000 μm y 64 μm , con agua corriente; los organismos retenidos en esta última se fijaron con alcohol al 95%. La identificación del meiobentos se realizó con la ayuda del libro de GIER (2009) y las guías de SCHMIDT-RHAESA (2020) y YOUSUF & HOSSEN (2020), con microscopio binocular Leica D500.

La variación de la abundancia del meiobentos entre meses se determinó mediante el análisis no paramétrico de Kruskal-Wallis, evaluada la normalidad previamente con la prueba de Lilliefors; las diferencias entre zonas y temporadas se realizaron a través del análisis U de Mann-Withney (STEEL & TORRIE 1985; GUISANDE-GONZÁLEZ *et al.* 2006).

La diversidad se determinó de acuerdo al índice de Shannon-Wiener (MAGURRAN 1998), y la diferencia entre estas con la prueba t de Hutcheson (HUTCHESON 1970), además se utilizó las curvas de rarefacción (GOTELLI & COLWELL 2001) y la rutina ANOSIM de acuerdo a CLARKE *et al.* (2014). Las variables morfodinámicas y granulométricas que inciden sobre las playas y las diferencias sedimentológicas entre estas se evaluaron mediante el análisis de componentes principales; se utilizó el análisis de correspondencia canónica para determinar las relaciones entre variables físicas (morfodinámicas y granulométricas) con los diversos taxones del meiobentos (REYMENT & SAVAZZI 1999; GREENACRE & PRIMICERIO 2013).

Los datos hidrodinámicos y morfodinámicos fueron analizados con los paquetes libres BioEstat 3.1 (AYRES *et al.* 2007) y PAST 4.0 (HAMMER *et al.* 2001), y la granulometría mediante el Sysgran (CAMARGO 2006).

RESULTADOS

En la playa El Rompío, las variables morfodinámicas destacadas fueron la altura de ola de rompiente, con promedio de $0,26 \text{ m} \pm 0,0811$, la energía de la ola, $0,0939 \text{ Joules/m}^2 \pm 0,0545$, celeridad $2,16 \text{ m/s} \pm 0,1882$, el perfil de la playa, $\tan \beta$ de $0,0286 \pm 0,0206$ (TABLA 1); a partir del resultado promedio de la corriente de retorno de infraexcavación (U_{max}) y la celeridad (C) se determinó la proporción entre estas dos variables, la cual produjo un valor promedio de $8,58 \pm 8,69\%$.

TABLA 1. Estadística descriptiva de las variables morfodinámicas de la playa El Rompío, agosto de 2019 a agosto de 2020.

Variable	Unidad	$\bar{x}$	D.S.	Máx	Mín
Hb	m	0,26	0,0811	0,38	0,15
T	s	4,99	2,5209	10,28	3,06
L	m	7,91	1,1072	9,70	6,65
z	m	0,48	0,0911	0,68	0,37
αb	°	17,56	16,47	47	5
Dir	°	69,3	33,62	165	30
E	Joules/m ²	0,0939	0,0545	0,1784	0,0297
C	m/s	2,161	0,1882	2,58	1,9
H_b/L_b		0,0347	0,0118	0,0530	0,0190
γ_b		0,5483	0,6780	0,8180	0,3170
RTR		7,4074	2,3703	11,4210	4,6680
$\tan \beta$		0,0286	0,0206	0,0627	0,0041
U_{max}		0,1871	0,1953	0,7404	0,0956
U_m		0,5905	0,1783	0,8692	0,3365
E_r		0,2371	0,1552	0,1510	0,0430

Las características morfodinámicas, explicadas por el primer componente del análisis de componentes principales (ACP), fueron la amplitud relativa de la marea (RTR) y el período de las olas (T), mientras que el segundo componente, la amplitud entre olas (L), estas variables contribuyeron con 89 % de la variabilidad de los datos (Fig. 2).

La granulometría media se caracterizó por ser arena fina, $M_z = 2,18 \pm 0,2001$, la clasificación media (σ_i), moderadamente seleccionada, $0,6865 \pm 0,0688$, la asimetría media (S_{kl}), aproximadamente simétrica, $-0,0093 \pm 0,1193$ y la curtosis media, (K_G) mesocúrtica, $0,9753 \pm 0,1724$. La concentración media de materia orgánica fue de $3,34 \% \pm 1,88$ y la temperatura del sedimento promedio fue de $29,62 \pm 2,03^\circ\text{C}$.

La sobreposición de los perfiles mensuales, mostró una playa acreciva/erosiva en la parte superior con respecto a la inferior, en la misma proporción se produjo el efecto erosivo/acrecivo, de manera intercalada, durante el período de estudio, con un punto de inflexión de quiebre medio de $21,2 \pm 12,38$ m, lo cual indicó mayor incidencia de corriente transversal sobre la playa. La variación máxima, promedio y mínimo mensual del perfil, durante el período de estudio se representa en la Figura 3.

La variabilidad granulométrica se destaca mediante el ACP, a través del componente 1, explicado por la concentración de materia orgánica del sedimento (M.O.) y el componente 2 por la granulometría media (M_z) y la curtosis granulométrica (K_G) (Fig. 4).

En esta playa se recolectaron 22 taxones, con densidad de $79,85 \text{ ind}/10 \text{ cm}^2$. Los taxones: Nematoda, Copepoda, Gnathostomulida, Isopoda, Oligochaeta y Ostracoda representaron el 91,79 % de la abundancia (Fig. 5).

El resto de los taxones, representó el 8,21 % de la abundancia (Fig. 6), entre los cuales se encontraron los grupos considerados como exclusivos, representados por *Leptosilonema sp.*, *Glochinema sp.*, peces góbidos y los Foraminifera de concha suave y dura, por encontrarse solamente en El Rompío.

No existe diferencia de la abundancia entre zonas infralitoral y mesolitoral ($U = 206$ $p = 0,7153$), ni de diversidad entre estas ($H' = 1,5768$, igual valor en ambas zonas). La rutina ANOSIM confirmó que no hay diferencia de diversidad entre zonas ($R = 0,06171$ $p = 0,988$, estrés = 0,0733). Tampoco se registró diferencias de densidad entre meses ($H = 13,69$ $p = 0,3204$), ni entre temporada seca y lluviosa ($U = 195,5$ $p = 0,9031$) (Fig. 7).

No existe diferencia de densidad del meiobentos entre períodos de erosión y acreción ($U = 172,50$ $p = 0,4570$), sin embargo, si hay diferencia de diversidad entre estos períodos, erosión, $H' = 1,84$ y acreción $H' = 1,43$ ($t_{\text{Hutcheson}} = -8,38$ $p = 8,63 \times 10^{-17}$). La curva de rarefacción mostró mayor diversidad en período acrecivo. (Fig. 8).

En la playa Los Guayaberos, las variables principales que caracterizaron la morfodinámica fueron: la altura de ola de rompiente, con promedio de $0,21 \text{ m} \pm 0,0610$, la energía de la ola,

$0,0590 \text{ Joules/m}^2 \pm 0,0319$, celeridad $2,16 \text{ m/s} \pm 0,2393$, el perfil de la playa, tan β de $0,0135 \pm 0,0091$ (TABLA 2). Tal como se determinó en la playa El Rompío, en esta playa la proporción de la corriente de retorno de infraexcavación (U_{max}) con respecto a la celeridad (C) produjo un valor promedio de $4,94 \pm 1,25\%$.

Las características morfodinámicas se explicaron a través del ACP, los dos primeros componentes representaron el 90 % de la variabilidad de los datos. El primero reflejó la amplitud relativa de la marea (RTR) y la amplitud de las olas (L), mientras que el segundo se explica por el período de las olas (T) y el factor de erosividad (E_r) (Fig. 9).

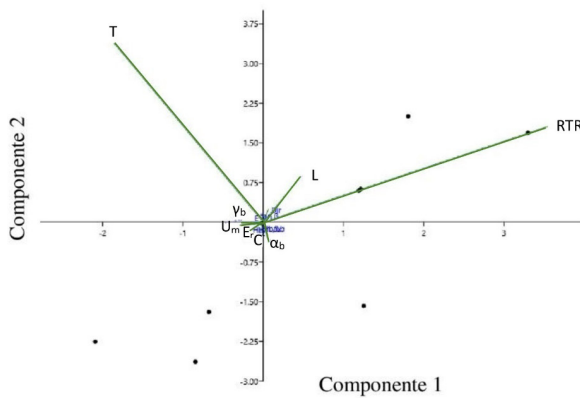


Fig. 2. Análisis de componentes principales de las variables morfodinámicas en la playa El Rompío. T = período de la ola, L = amplitud entre olas, RTR = amplitud relativa de la marea, γ_b = índice de quiebre de la ola, U_m = velocidad de infraexcavación, E_r = factor de erosividad, C = celeridad, α_b = ángulo de incidencia de la ola sobre la playa.

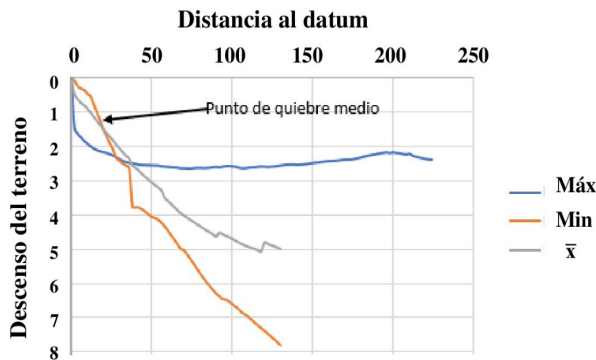


Fig. 3. Perfiles máximos, mínimo y promedio mensual durante el periodo de estudio en la Playa El Rompío.

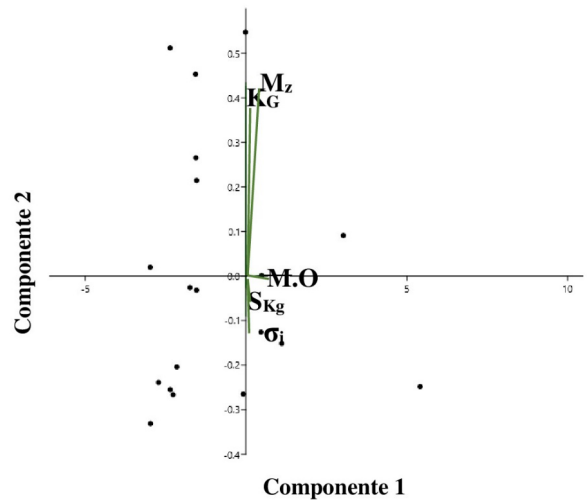


Fig. 4. Análisis de componentes principales de las características granulométricas de la playa El Rompío.

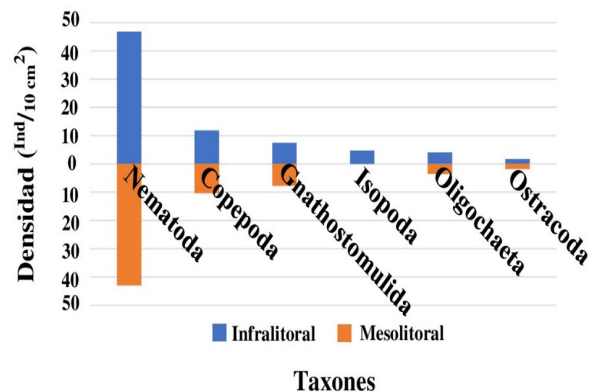


Fig. 5. Densidad de meiobentos ($\text{ind}/10 \text{ cm}^2$) de los taxones dominantes y abundantes en la playa El Rompío.

La sobreposición de los perfiles mensuales mostró una playa con predominio del proceso acrecivo, producto de corrientes longitudinales dominantes (Fig. 10), a pesar de que esta es tradicionalmente erosiva.

La granulometría media se caracterizó por ser arena media, $M_z = 1,98 \pm 0,3247$, la clasificación media (σ_i) fue moderadamente seleccionada, $0,8191 \pm 0,1256$, la asimetría media (S_{KI}), aproximadamente simétrica, $-0,0384 \pm 0,2326$ y la curtosis media, (K_G) leptocúrtica, $1,1671 \pm 0,3528$. La concentración media de la materia orgánica en el sedimento fue de $2,59 \% \pm 0,8354$ y la temperatura del sedimento promedio fue de $28,43 \pm 1,59 ^\circ\text{C}$.

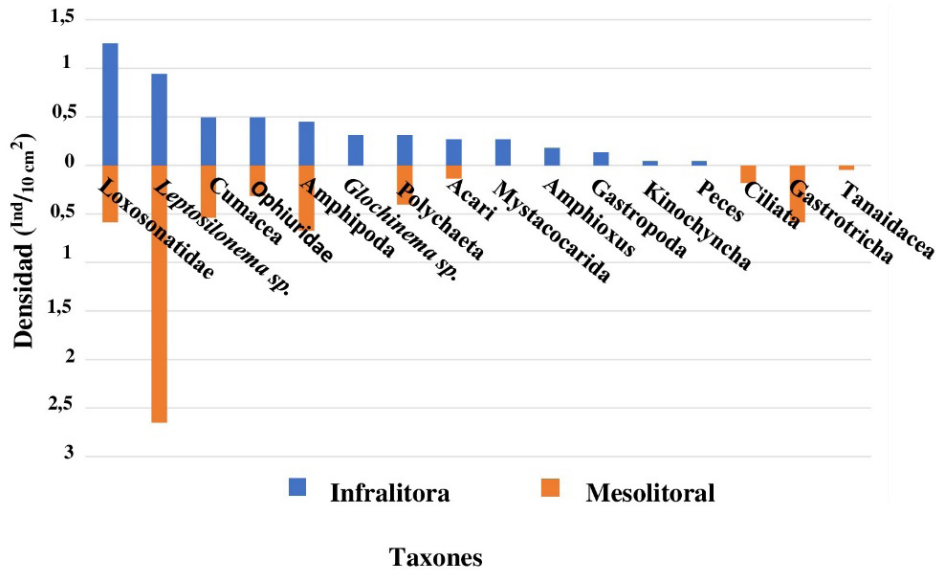


Fig. 6. Densidad de meiobentos ($\text{ind}/10 \text{ cm}^2$) de los taxones comunes y raros en la playa El Rompío.

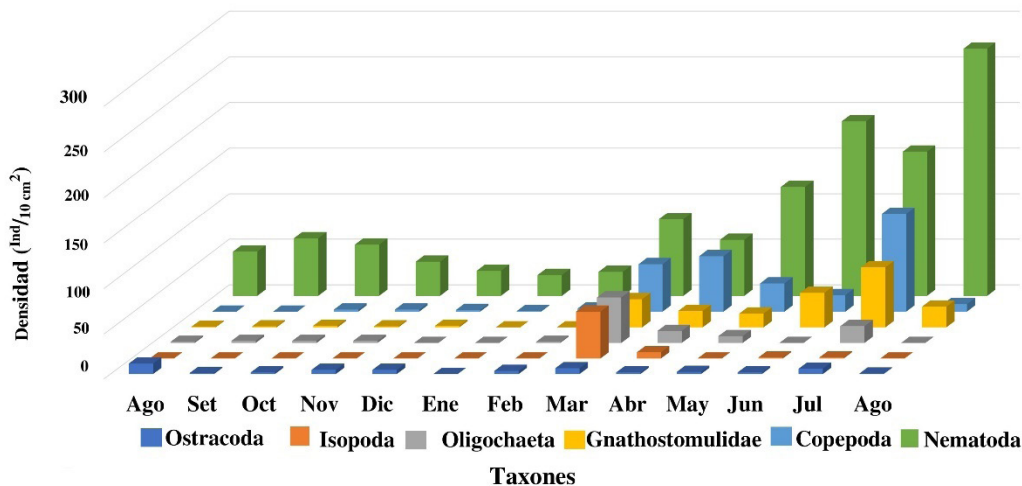


Fig. 7. Variación temporal de los taxones que representan el 90 % de la abundancia en la playa El Rompío.

TABLA 2. Estadística descriptiva de las variables morfodinámicas de la playa Los Guayaberos, agosto de 2019 a agosto de 2020.

Variable	Unidad	$\bar{x}$	D.S.	Máx	Mín
Hb	m	0,21	0,0610	0,30	0,11
T	s	4,34	1,8872	8,05	2,14
L	m	6,84	1,9070	9,27	4,47
z	m	0,50	0,0898	0,65	0,31
αb	°	27,96	27,03	80	5,5
Dir	°	58,36	19,54	85	30
E	Joules/m ²	0,0590	0,0319	0,1101	0,0148
C	m/s	2,16	0,2393	2,52	1,17
H_b/L_b		0,0331	0,0084	0,0465	0,0230
γ_b		0,3907	0,1489	0,5390	0,0447
RTR		9,1886	3,0105	16,1590	6,2290
$\tan \beta$		0,0135	0,0091	0,0303	0,00038
$U_{\max}$		0,1056	0,0268	0,1401	0,0469
U_m		0,4669	0,1060	0,5852	0,3054
E_r		0,2219	0,1631	0,5840	0,0155

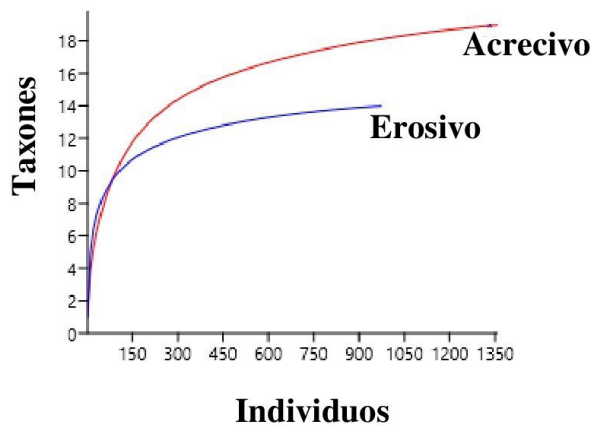


Fig. 8. Curvas de rarefacción del meiobentos en el período de acreción y erosión en la playa El Rompio.

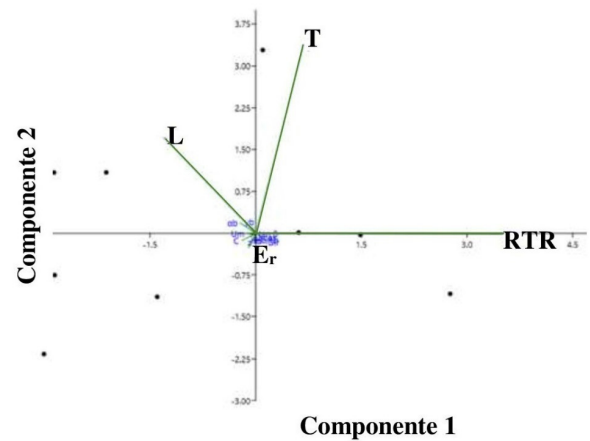


Fig. 9. Análisis de componentes principales de las variables morfodinámicas en la playa Los Guayaberos.

Las variables granulométricas, a través del ACP, resultaron en el componente 1, explicada por la materia orgánica del sedimento (M.O.) y la granulometría media (M_z), en el componente 2, la asimetría granulométrica (S_{KI}) como las variables que caracterizaron a la playa (Fig. 11).

Durante el estudio se colectaron 27 taxones, en esta playa, con una densidad de 412,88 ind.10 cm⁻², cinco taxones representaron el 91,40 % de la comunidad en la playa Los Guayaberos (Nematoda, Gnathostomulidae, Copepoda, Oligochaeta, Foraminífera de concha dura (Fig. 12).

El resto de los taxones, representó el 8,60 % de la abundancia (Fig. 13), entre los cuales se encontraron los grupos considerados como exclusivos representados por Foraminífera de concha suave, *Epsilonema sp*, Gasteropoda, Gastrotricha, Loriciphera, megalopa, Mystacocarida, Pelecipoda y Tanaidacea, por encontrarse solamente en Los Guayaberos.

No existe diferencia de la abundancia entre zonas infralitoral y mesolitoral ($U = 367$ $p = 0,4054$), ni de diversidad ($H' = 1,2389$, igual valor en ambas zonas), corroborado con la rutina ANOSIM la cual confirma que no hay diferencia de diversidad entre zonas ($R = 0,0544$ $p = 0,8577$, estrés = 0,05383).

No existe diferencia de abundancia entre meses ($H = 13,89$ $p = 0,1779$; Fig. 14), pero si entre la temporada seca y lluviosa ($U = 205$ $p = 0,0008$), con predominancia de los nemátodos.

No existe diferencia de densidad entre períodos de erosión y acreción ($U = 326,5$ $p = 0,1438$), sin embargo, si hay diferencia de diversidad entre estos períodos, erosión, $H' = 1,31$ y acreción $H' = 1,11$ ($t_{Hutcheson} = -6,54$ $p = 6,73 \times 10^{-11}$). La curva de rarefacción mostró mayor diversidad en el período de acreción (Fig. 15).

El estudio comparativo de las playas estudiadas mostró que las variables morfodinámicas que presentaron cierta diferencia entre estas, fueron el índice de quiebre (γ_b), la velocidad orbital de las olas cerca del fondo (U_{max}), la velocidad de retorno de infraexcavación (U_m) y el factor de erosividad (E_r) (Fig. 16).

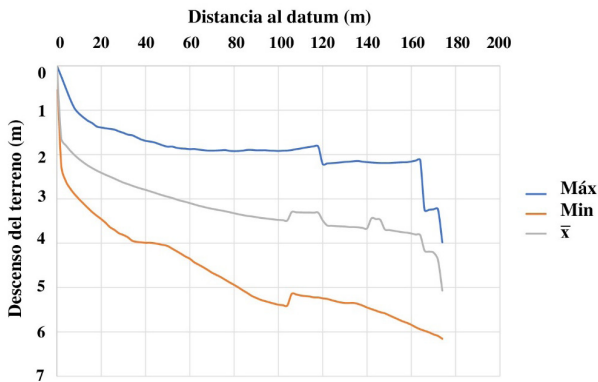


Fig. 10. Perfiles máximos, mínimo y promedio mensual durante el período de estudio en la Playa Los Guayaberos.

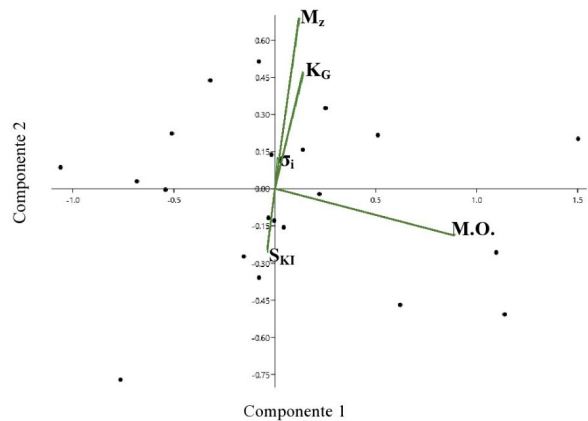


Fig. 11. Análisis de componentes principales de las características granulométricas de Los Guayaberos.

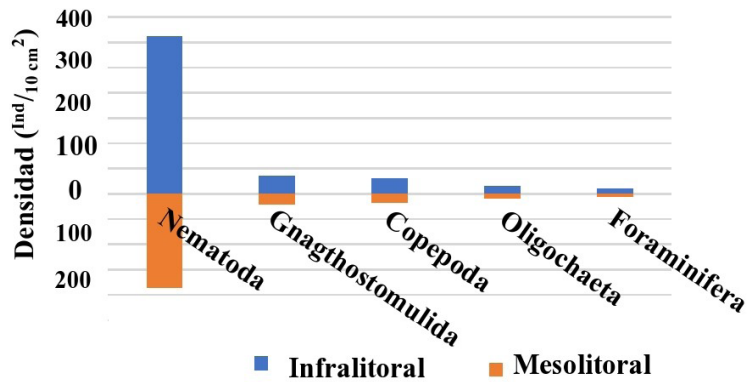


Fig. 12. Densidad de meiobentos (ind.10 cm⁻²) de los taxones dominantes y abundantes en la playa Los Guayaberos.

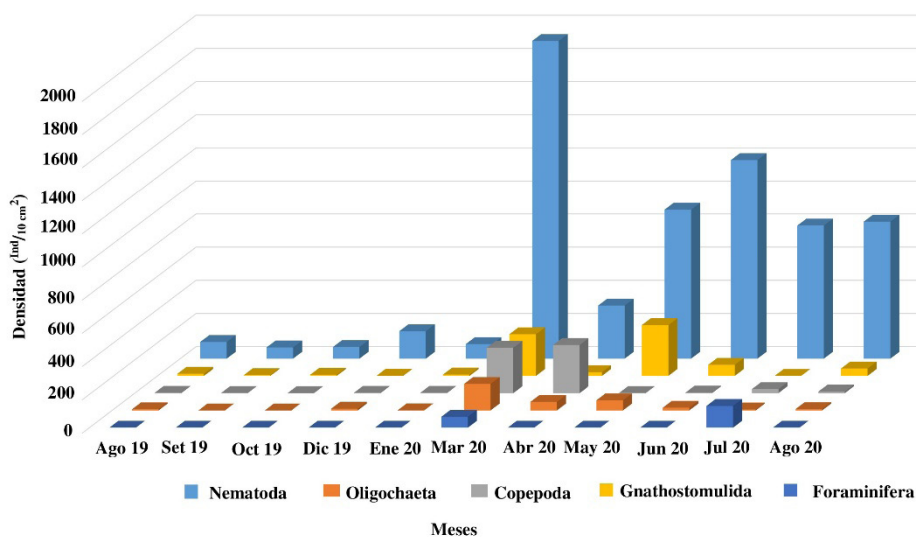


Fig. 13. Densidad de meiobentos (ind.10 cm⁻²) de los taxones comunes y raros en la playa Los Guayaberos.

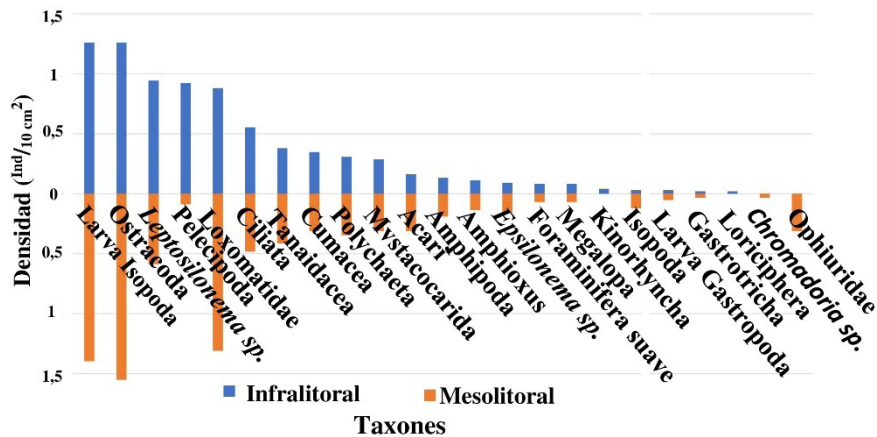


Fig. 14. Variación temporal de los taxones que representan el 90 % de la abundancia en la playa Los Guayaberos.

De acuerdo al análisis multidimensional no métrico de las características granulométricas de ambas playas, se observó separación entre estas, aunque algunos meses hubo traslape de la granulometría. Existe diferencia significativa de la granulometría media (M_z) entre playas ($U = 20,00$ $p = 0,0233$ (Fig. 17).

La diferencia de los distintos taxones del meiobentos de las playas resultó, según la rutina ANOSIM, con diferencia altamente significativa entre estas, con traslape de algunos grupos ($R = 0,2857$ $p < 0,0001$) y estrés de 0,0676 que indicó una buena representación de la similitud entre playas (Fig. 18). La curva de rarefacción muestra mayor diversidad en la playa Los Guayaberos.

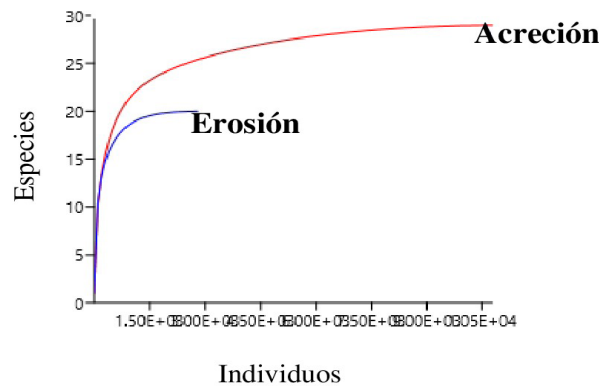


Fig. 15. Curva de rarefacción del meiobentos en el período de acreción y de erosión, en la playa Los Guayaberos.

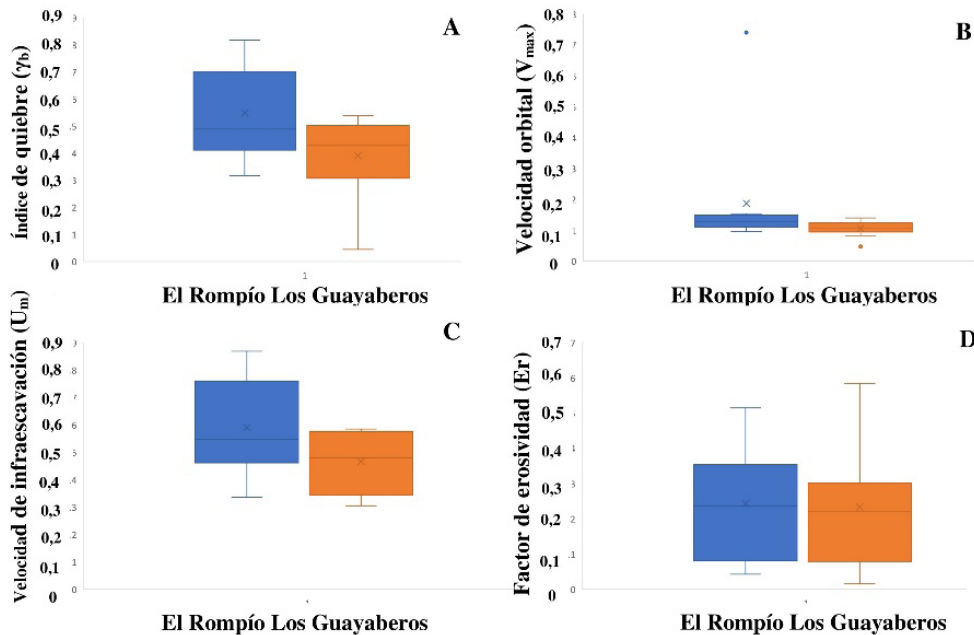


Fig. 16. Indicadores de erosión, A. índice de quiebre de la ola (γ_b), B. velocidad orbital cerca del fondo (U_{max}), C. velocidad de retorno de infraexcavación (U_m) y D. factor de erosividad (Er) de las playas El Rompío y Los Guayaberos.

En la playa El Rompío, con tendencia acreciva, los índices de erosividad como la velocidad de retorno de infraexcavación (U_{max}) y el factor de erosividad (E_r) mostraron relación con los Ophiuridae, aun cuando estos no fueron abundantes, mientras que el índice de quiebre (γ_b) se relacionó con los Nematoda (Fig. 19). En la playa Los Guayaberos, con tendencia erosiva, la velocidad de retorno de infraexcavación (U_{max}) y la velocidad orbital cerca del fondo (U_m) mostraron relación con los Ostracoda, taxón no abundante, el índice de quiebre (γ_b) con los Oligochaeta y el factor de erosividad (E_r) con los Nematoda (Fig. 20).

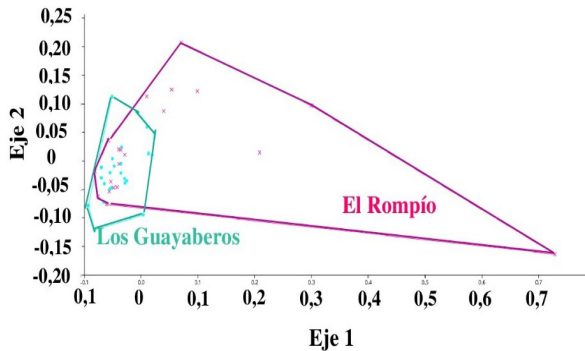


Fig. 17. Análisis multidimensional no métrico (nMDS) de la granulometría de ambas playas.

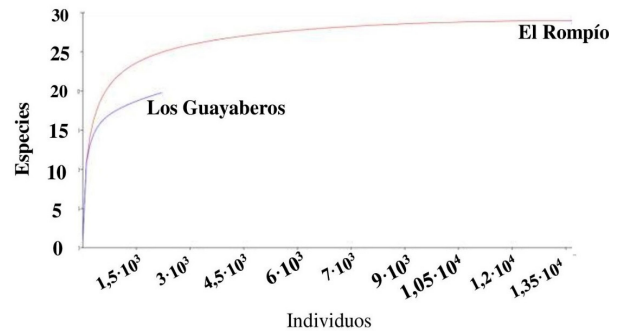


Fig. 18. Curva de rarefacción de la playa El Rompío (inferior) y Los Guayaberos (superior).

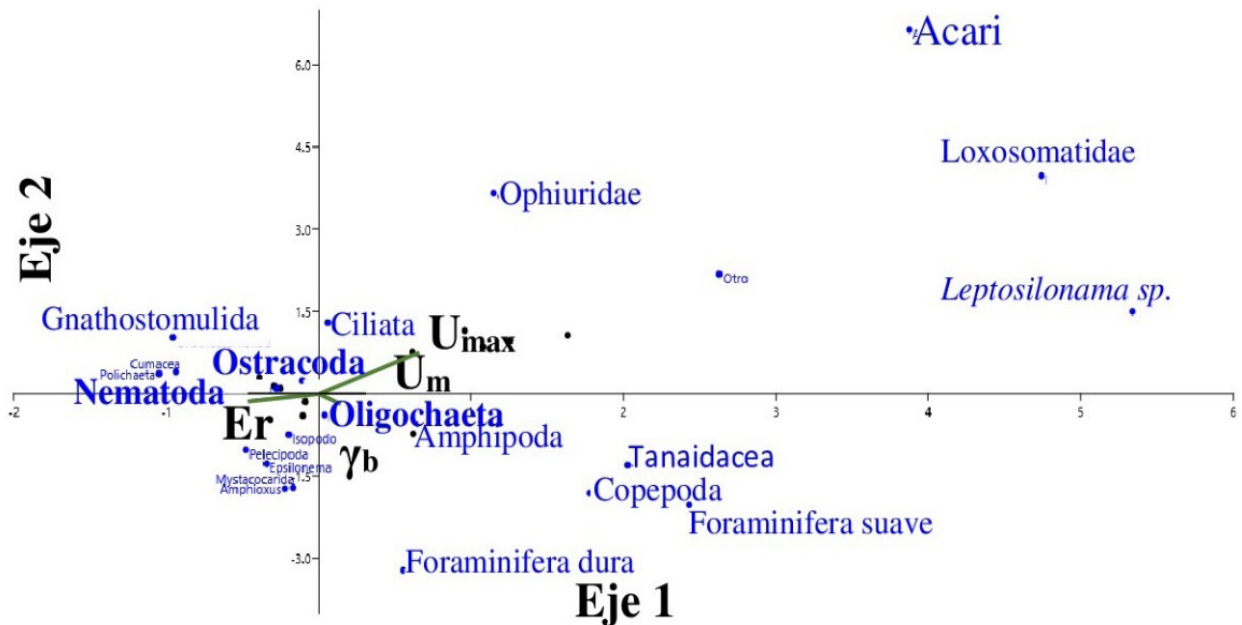


Fig. 20. Análisis de correspondencia canónica de las variables indicadoras de procesos erosivos y el meiobentos de la playa Los Guayaberos.

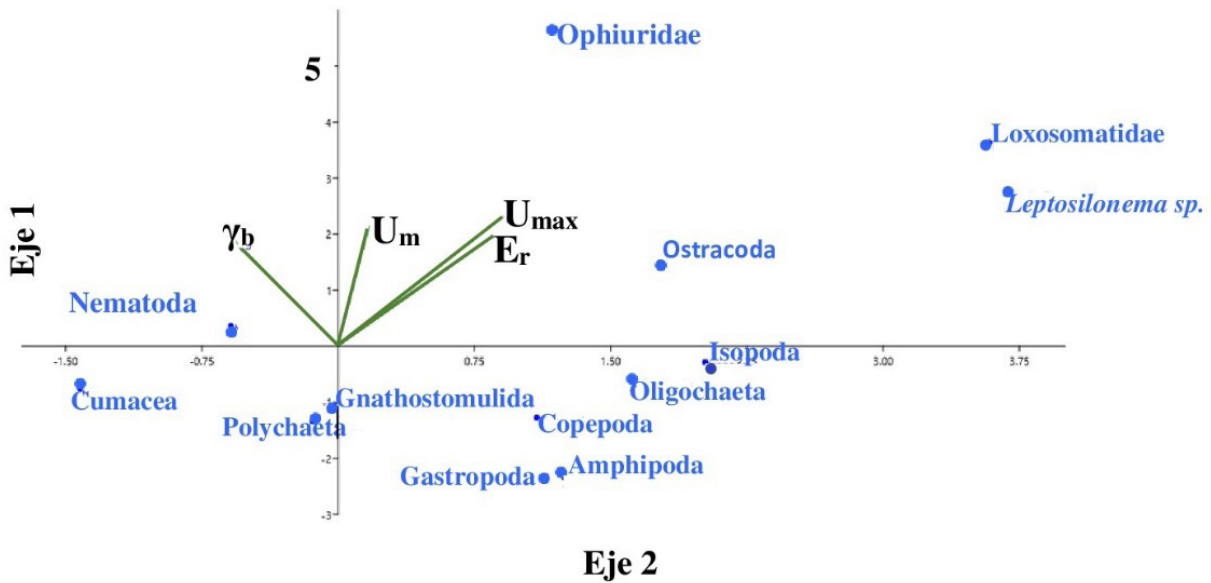


Fig. 19. Análisis de correspondencia canónica de las variables indicadoras de procesos erosivos y el meiobentos de la playa El Rompío.

DISCUSIÓN

Las características morfodinámicas de playas arenosas, a nivel global, han sido ampliamente estudiadas desde el punto de vista descriptivo (ANFUSO *et al.* 2003; SHORT & JACKSON 2013; BENAVENTE *et al.* 2015). En Panamá el tema no ha sido suficientemente abordado, solo se destaca el trabajo de GONZÁLEZ *et al.* (2012) quienes estudiaron el efecto del ascenso del nivel del mar sobre la progradación de la línea de marea en la playa María Chiquita, Colón y el de GOTI (2017) quien evalúa la morfodinámica de las playas en estudio, durante período acrecivo, en la zona cercana al espigón que las separa.

La edad del espigón, la altura de la marea y los microhábitats son factores decisivos que influyen sobre la comunidad en torno a la estructura (PINN *et al.* 2005). CHAPMAN & BULLERI (2003) afirman que estas facilitan el establecimiento de diversas especies que pueden alterar la composición de las comunidades cercanas al espigón. Los diversos componentes ecológicos en playas arenosas, en especial los organismos bentónicos, sufren el impacto que produce este tipo de obras como indican WALKER *et al.* (2008), por lo que se necesitan estudios para determinar el efecto que generan estas obras costeras sobre el meiobentos.

El estudio del meiobentos en ambientes intermareales de playas arenosas en otras latitudes ha sido significativo, lo cual ha dado como resultado el conocimiento de la importancia que tienen las variables como la concentración de la materia orgánica (NEIRA *et al.* 2001), la granulometría del sedimento (VÁSQUEZ-SUÁREZ *et al.* 2010), disponibilidad de alimento (MORENO *et al.* 2008) y la concentración de oxígeno disuelto en el sedimento (GIER 2009) las cuales definen la distribución y abundancia de estos organismos.

Según HEERY *et al.* (2017) la composición y abundancia de taxones bentónicos, en particular el meiobentos, dependen del efecto de la textura del sedimento que varía de acuerdo a la forma del espigón, configuración, características físicas y biológicas alrededor de estos, las cuales inciden sobre la pérdida de área, degradación ambiental, modificaciones físicas, cambios hidrodinámicos, aumento de materia orgánica y elementos contaminantes que afectan las interacciones biológicas. MINN *et al.* (2006) encontraron un aumento de la comunidad de meiobentos luego de la construcción de un espigón, principalmente de los taxones dominantes: Nematoda, Sarcomastigophora, Copepoda y Nauplii de Crustacea.

A pesar que GOMES & ROSA FILHO (2009) indican la importancia de la amplitud de la marea y la acción de las olas sobre la distribución del meiobentos, no hay registros de investigaciones en Panamá relacionadas con composición, abundancia, densidad y diversidad del meiobentos intermareal, tampoco con las características morfodinámicas ni la hidrodinámica intermareal y sobre todo, el efecto de variables que definen los procesos de erosión y acreción de la playa sobre estos organismos.

Las comunidades meiobentónicas de cada playa muestran claramente diferencias tanto entre las variables morfodinámicas y los indicadores relacionados con el proceso de erosión y acreción, como son el índice de quiebre, la velocidad orbital cerca del fondo, la velocidad de retorno de infraexcavación y el factor de erosividad, los cuales guardan relación con los organismos estudiados.

La altura de la ola con respecto a la profundidad en la zona de quiebre, definida por el índice de quiebre, ha resultado ser un mecanismo para estimar el área de la línea de rompiente, es decir en consecuencia, la distancia hacia la línea de agua o infralitoral (CAMENEN & LARSON 2007) lo cual según HORIKAWA (1988) está íntimamente relacionada con la altura de la ola de rompiente.

La velocidad orbital, el período de la ola y el transporte de masa cerca del fondo, inicia el movimiento del sedimento a ser transportado hacia la playa (VERGARA SÁNCHEZ 2003), sin embargo, esta produce corrientes oscilatorias de partículas con un aumento de la velocidad inicial generadora del movimiento (VARGAS CORNEJO 1993). DENNY (2006) ha mostrado la importancia de la hidrodinámica sobre la abundancia y diversidad marina, específicamente, en zonas de arrecife. El efecto de la velocidad orbital cerca del fondo sobre la distribución de macroinvertebrados en el sustrato es destacado por RATTRAY *et al.* (2015), sin embargo, se desconoce el efecto con relación al meiobentos.

La velocidad de retorno de infraexcavación, definida por AAGAARD *et al.* (2002) como el factor que mueve el sedimento superficial en la playa por el efecto del oleaje, incide sobre la erosión (ABEDIMAHZON *et al.* 2010) debido al arrastre de sedimento que produce hacia la zona de quiebre de las olas que genera la barra de rompiente, e inducido por las corrientes transversales sobre la playa (ANTONIADIS 2013). Este comportamiento es similar a las playas estudiadas, particularmente en El Rompío, durante todo el estudio.

La relación de la velocidad de retorno y la celeridad guarda el mismo comportamiento de lo planteado por el autor anteriormente señalado, quien indica que esta oscila entre 5 y 10 %, sin

embargo, el porcentaje encontrado en El Rompío refleja un mayor efecto de la energía que la reportada para Los Guayaberos.

La valoración del potencial erosivo de las ondas incidentes sobre la playa, propuesta por ANFUSO & BENAVENTE (2006), caracterizado por el factor de erosividad, resulta ser buen predictor en la presente investigación, principalmente en la playa Los Guayaberos, debido a la relativa estabilidad granulométrica a lo largo del estudio realizado durante 14 meses, lo que asegura obtener datos de diversas fases morfodinámicas de las playas a corto plazo, esto difiere al valor reportado por BENAVENTE *et al.* (2000) quienes indican las limitaciones del índice en playas con espigones, que resulta ser impreciso para hacer predicciones a largo plazo. Mientras que, en El Rompío, debido a la mayor energía del oleaje y cambios en el patrón de circulación por la presencia del espigón, disminuyen la importancia del factor de erosividad como buen indicador.

La morfología de las playas, modelada por el efecto de las corrientes longitudinales y transversales sobre el fondo incide sobre la morfodinámica (ANTONIADIS 2013), por lo que la predominancia de corrientes longitudinales en Los Guayaberos implica menor efecto dinámico sobre el sustrato, debido a que el sistema velocidad de retorno de infraexcavación-ola de rompiente, según BAKKER *et al.* (2014), es el principal mecanismo de disipación de energía de las olas, lo que promueve un microecosistema más estable para el desarrollo de comunidades meiobentónicas.

En el caso particular de la jerarquía de la abundancia de los taxones dominantes en ambas playas, coincide con lo reportado por URBAN-MALINGA (2013) debido a la amplia plasticidad con relación a las variables físicas, especialmente la concentración de materia orgánica y la variación granulométrica (KIHARA *et al.* 2011). Otros grupos de estos taxones registrados son característicos de zonas con baja concentración de oxígeno disuelto en el agua intersticial, tal como lo señala STERRER (2001). En el caso particular de los copépodos, frecuentes en playas sometidas al efecto hidrodinámico (COVAZZI *et al.* 2000) este facilita la selección de arena media y arena fina, para la distribución de estos organismos entre los espacios intersticiales.

Al respecto de los Foraminifera de concha dura y suave, los resultados demuestran lo contrario a lo presentado por MAGNO *et al.* (2012) quienes indican que la relación con distintos tamaños de fracciones de arena, depende del tipo de alimentación de las especies que allí conviven y definen la distribución de estos grupos.

En el caso de los Guayaberos, playa caracterizada por baja energía de las olas, arena fina y en proceso acrecivo se encontró mayor abundancia de Foraminifera de concha suave. En la playa El Rompío, de arena media, de elevada energía y altamente contaminada (PINZÓN *et al.* 2019), predominó los Foraminifera de concha dura, considerados indicadores de contaminación (SABATTINI *et al.* 2013), por lo que la abundancia de estos grupos se debe al efecto producido por la energía diferencial de las olas sobre el sustrato de cada playa y no por el alimento disponible para estos, como señala MAGNO *et al.* (2012).

Por otro lado, la dinámica del meiobentos con relación a su distribución cosmopolita y anfi-oceánica, contrastada con el sistema de vida sedentario y la ausencia de mecanismos de dispersión pelágica, paradoja propuesta por CERCA *et al.* (2018), plantea la constancia de los taxones, lo que difiere de este estudio, toda vez que la jerarquía de abundancia cambia de acuerdo a la playa estudiada, demostrada con las diferencias encontradas entre El Rompío y Los Guayaberos.

Los organismos reportados en la presente investigación difieren a lo encontrado por PINTO & DOS SANTOS (2006) en el canal de Santa Cruz, Recife, Brasil, quienes con 14 taxones obtuvieron Gastrotricha, Epsilonematidae y Ostracoda, considerados como más abundantes, en zona con granulometría semejante a la observada en el presente estudio. HUA *et al.* (2016) encontraron 18 taxones, en la costa China, con alta abundancia de Turbellaria y Polychaeta, el primero no reportado en estas playas, mientras que el segundo fue muy poco abundante.

BAIA & VENEKEY (2019) con 16 taxones, destacan la abundancia de Colembolla, nauplios, larvas de insectos y Rotifera, en Caixa D'Água, litoral del estado de Amazonas, Brasil, grupos que no se registraron en este estudio. ALNASHIRI (2021) con 10 taxones, obtuvo mayor abundancia de Ciliata, Nematoda, Oligochaeta, Copepoda y Foraminifera de concha dura, en el Mar Rojo, en zonas aledañas a manglares cubiertos de *Avicennia marina*, a diferencia de la presente investigación, donde los ciliados no fueron abundantes y la zona era desprovista de manglares.

Tanto en la playa El Rompío como en Los Guayaberos, el índice de quiebre afectó a los grupos dominantes y abundantes, sin embargo, los menos frecuentes fueron afectados por la velocidad de infraexcavación en El Rompío y la velocidad orbital cerca del fondo en Los Guayaberos. Por otro lado, los indicadores que ejercieron poca influencia sobre el meiobentos fueron la velocidad orbital cerca del fondo en El Rompío y la velocidad de infraexcavación en Los Guayaberos. Lo que demuestra la diferencia de la hidrodinámica y los procesos de erosión y acreción sobre el meiobentos de cada playa debido a la presencia del espigón.

CONCLUSIÓN

Los indicadores de erosividad resultan ser una buena herramienta para determinar la dinámica de los procesos costeros sobre las playas arenosas y el efecto sobre el meiobentos.

Las variables morfodinámicas resultaron ser parecidas entre las dos playas, sin embargo, El Rompío presentó características de efectos hidrodinámicos con mayor energía que en Los Guayaberos, debido a que presenta un perfil de mayor gradiente y granulometría más gruesa.

Los indicadores erosivos muestran relación con los taxones de mayor abundancia, sin embargo, los de menor abundancia fueron afectados distintamente por estos en cada playa.

Los taxones obtenidos corresponden a los propios de la zona intermareal de playa arenosa, sin embargo, la diversidad y la jerarquía de los principales grupos difiere de acuerdo a las características morfodinámicas y granulométricas de cada playa, debido a la presencia del espigón y al patrón de circulación.

REFERENCIAS

- AAGAARD, R., K. P. BLACK & B. GREENWOOD. 2002. Cross-shore suspended sediment transport in surf zone: a field-base parametrization. *Mar. Geol.* 185: 283-302
- ABEDIMAHZOON, N., H. MOLAABASI, M.A. LASTHEHNESHAI & M. BIRKLARYAN. 2010. Investigation of undertow in reflective beach using a GMDH-type neural network. *Turkish J. Eng. Envi. Sci.*, 34: 201-2013.
- ALNASHIRI, H.M. 2021. Zooplankton and meiobenthos diversity at the intertidal sandy shores of Jizan and Farasan coastal areas of Red Sea. *Saudi J. Biol. Sci.* 28(12): 7061-7067. doi: 10.1016/j.sjbs.2021.07.082.
- ALVARADO, E. & I. GOTI. 2019. Foraminíferos de concha suave de la zona intermareal de playas arenosas del sureste de Azuero, Panamá. *Visión Antataura*, 3(1):24-38. <https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/499/409>.
- ANFUSO, G. & J. BENAVENTE. 2006. Las playas entre Chipiona y Rota (Cádiz, SO de España): Aproximación a su clasificación y comportamiento morfodinámico. *Cienc. Mar.* 32(4): 605-616.
- ANFUSO, G., J.A. MARTÍNEZ, F. SÁNCHEZ, J. BENAVENTE, J. ANDRÉS & F. LÓPEZ-AGUAYO. 2003. Morfodinámica de barras litorales en playas mesomareales expuestas del SO de España. *Cienc. Mar.* 29: 35-50.
- ANTONIADIS, C. 2013. New empirical formulae of undertow velocity on mixed and gravel beach. *J. Coast. Develop.* 16(2): 158-186. <https://www.neliti.com/publications/95616/new-empirical-formulae-of-undertow-velocity-on-mixed-and-gravel-beaches>
- ARMONIES, W. & K. REISE. 2000. Faunal diversity across a sandy shore. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 196: 49-57.
- AYRES, M., M. AYRES JR, D. L. AYRES & A. A. S. SANTOS 2007. *BioEstat. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências biomédicas*. Instituto Mamiraua. 364 p. https://www.researchgate.net/publication/263608962_BIOESTAT_-_aplicacoes_estatisticas_nas_areas_das_Ciencias_Bio-Medicas.
- BAIA, E. & V. VENEKEY. 2019. Distribution patterns of meiofauna on a tropical macrotidal sandy beach, with special focus on nematodes (Caixa d'Água, Amazon Coast, Brazil. *Bras. J. Oceanogr.* 6: 1-18. doi: 10.1590/S1679-87592019023006701.
- BAKKER, A.T.M., M.F.S. TISSIER & B.G. RUESSINK. 2014. Shoreline dissipation of infragravitatory waves. *Cont. Shelf Res.*, 72: 73-82.
- BENAVENTE, J., F.J. GRACIA & F. LÓPEZ-AGUAYO. 2000. Modelo morfodinámico para playas expuestas de baja energía. Aplicación a la playa de Vista Hermosa, Bahía de Cádiz. *Rev. C. & G.* 13(3-4): 47-61.

- BENAVENTE, J., F.J. GRACIA, L. DEL RÍO, G. ANFUSO & A. RODRÍGUEZ-RAMÍREZ. 2015. Caracterización morfodinámica de las playas españolas del Golfo de Cádiz. *Bol. Geol. Minero*, 126(2-3): 409-426.
- BLANES ECKERT, C. 2008. *Caracterización granulométrica de las playas del litoral gerundense. Implicaciones para el transporte de sedimentos*. Trab. Grad. Lic. Universitat Politècnica de Catalunya. 355 pp.
- CAMARGO, M. G. 2006. Um sistema de código aberto para análises granulométricas de sedimento. *Rev. Bras. Geoc.* 36(2): 6371-378. doi: 10.25249/0375-7536 .2006362371378.
- CAMENEN, B. & M. LARSON. 2007. Predictive formulas for breaker depth index and breaker type. *J. Coast. Res.* 23(4): 1028-1041.
- CERCA, J., G. PURSCHKE & T.H. STRUCK. 2018. Marine connectivity dynamics: clarifying cosmopolitan distributions of marine interstitial invertebrates and the meiofauna paradox. *Mar. Biol.* 165(123): 1-21 doi: 10.1007/s00227-018-3383-2.
- CLARKE, K.R., R.N. GORLEY, P.J. SOMERFIELD & R.M. WARWICK. 2014. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. 3rd edition. PRIMER-Ltd: Plymouth, U.K. 255 p.
- CHAPMAN, M.G. & F. BULLERI. 2003. Intertidal seawalls – new features of landscape in intertidal environments. *Landsc. Urban Planning*, 62: 159-172
- COULL, B.C & G.T. CHANDLER. 2001. *Meiobenthos*. In Steel, J.H., Turekian, K.k. & Thorpe, S.A. (eds.). *Encyclopedia of ocean science*. Academic Press. 1705-1711. doi: 10.1006/rwos.2001.0212.
- COVAZZI, A., L. GAOZA, A. MONTELLA & C. MISIC. 2006. Benthic communities on a sandy Ligurian beach (NW Mediterranean). *Hidrobiologia*, 571: 383-394.
- COVAZZI, A., A. PUSCEDDU, N. DELLA CROCE & R. DANOVARO. 2000. Spatial and temporal changes in beach meiofaunal communities of the Ligurian Sea (NW Mediterranean). *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 35: 57-64.
- DABADIE, M., C. PÉREZ, M. ARTURI, J. GOYA & M. SANDOVAL. 2018. Calibración del método de pérdida de peso por ignición para la estimación del carbono orgánico en inceptisoles del NE de Entre Ríos. *Rev. Fac. Agronomía, La Plata*, 117:157-162.
- DE GRACIA, L. 2014. *Descripción general de la morfodinámica de las playas: Los Guayaberos y El Rompío*. Trab. Grad. Lic. Universidad de Panamá, 71 pp.
- DEL RÍO, L., F. J. GRACIA & J. BENAVENTE. 2013. Morphological and evolutionary classification of sandy beaches in Cadiz coast (SW Spain). *J. Coast. Res.* S.I.65: 2113-2118.

- DENNY, M.W. 2006. Ocean waves, nearshore ecology, and natural selection. *Aquat. Ecol.*, 40: 439-461.
- DYER, K.R. 1986. *Coastal and estuarine sediment dynamics*. John Wiley & Sons, Chichester, 342 p.
- EL-SEREHY, H.A., F.A. AL-MISNEH & K.A. AL-RAHSEID. 2015. Population fluctuation on vertical distribution of meiofauna in the Red Sea interstitial environment. *Saudi J. Biol. Sci.* 22: 459-465.
- EMERY, K.O. 1961. A simple method of measure beach profiles. *Limn. Oceanogr.*, 6: 90-93.
- FOLK, R. L. & W. C. WARD. 1957. A study in the significance of grain-size parameters. *J. Sed. Petrol.*, 27: 3-26. doi:10.1306/74D70646-2B21-11D7-8648000102C1865D.
- GHEKIERE, T., M. VINCK, B. URGAN-MALINGA, C. ROSSANO, F. SCAPINI & S. DEGRAER. 2005. Nematodes from wave-dominated Sandy beaches: diversity, zonation patterns and testing of the isocommunities concept. *Est. Coast. Shelf Sci.* 62: 365-375.
- GIER, O. 2009. *Meiobenthology. The microscopic motile fauna of aquatic sediment*. Springer. 527 p.
- GOMES, T. P. & J. S. ROSA FILHO. 2009. Composição e variabilidade espaço-temporal da meiofauna de uma praia arenosa na região amazônica (Ajuruteua, Pará). *Iheringia Ser. Zool.* 99(2): 210-216.
- GONZÁLEZ, J. L. 2013. *Evaluación de índices morfodinámicos de la playa y su aplicación en El Rompío y Los Guayaberos, playas arenosas, para la estación seca del año 2012*. Trab. Grad. Lic. Universidad de Panamá. 42 pp.
- GONZÁLEZ, L. M., L. D'CROZ & J. A. GÓMEZ. 2012. Vulnerabilidad de playas arenosas del Caribe de Panamá a la elevación en el nivel del mar. *Bol. Inst. Oceanogr. Venez.* 51(2): 111-121.
- GOTELLI, N. J. & R. K. COLWELL. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecol. Lett.* 4:379-391.
- GOTI, I. 2017. Morfodinámica de playa arenosa en período acrecivo, estudio a mediano plazo. *Visión Antataura*, 1(2): 95-96.
- GOTI, I. & A. DE LA CRUZ. 2018. Indicadores fecales y su relación con los flujos de los procesos de erosión y acreción: caso de las playas arenosas de El Rompío y Los Guayaberos, Azuero, Panamá. *Visión Antataura*, 2(1), 68-85. <https://www.revistas.up.ac.pa/index.php/antataura/article/view/180/155>.
- GREENACRE, M. & R. PRIMICERIO. 2013. *Multivariate analysis of ecological data*. Fundación BBVA, Bilbao. 331 p.
- GUISANDE GONZÁLEZ, C., BARREIRO FELPETO, A. MANEIRO ESTRIVIZ, I., RIVEIRO ALARCÓN, I., VERGARA CASTAÑO, A. R. & VAAMONDE LISTE, A. 2006. *Tratamiento de datos*. Ediciones Díaz de Santos, 356 p.

- HANSON, H. & M. LARSON. 2004. Implications of morphodynamic time scale for coastal protection. In Smith, J.M. (eds.). *Proceedings of the 30th International Coastal Engineering Conference*, ASCE. *Coast. Eng.*, 12620:2632.
- HAMMER, O., D. A. HARPER & P. D. RYAN. 2001. PAST: Palaeontologic statistics software package for education and data analysis. *Paleontologia Electronica* 4(1): 1-9. https://www.researchgate.net/publication/259640226_PAST_Paleontological_Statistics_Software_Package_for_Education_and_Data_Analysis.
- HEERY, E.C., M. J. BISHOP., L. P. CRITCHLEY, A. B. BUGNOT, L. AIROLDI, M. MAYER-PINTO, E.V. SHEEHAN, R. A. COLEMAN, L. H. L. LOKE, E. L. JOHNSTON, V. KOMYAKOVA, R.L. MORRIS, E. M. A. STRAIN, L. A. NAYLOR & K. A. DAFFORN, 2017. Identifying the consequences of ocean sprawl for sedimentary habitats. *J. Exp. Mar. Biol. And Ecol.*, 492: 31-48.
- HORIKAWA, K. 1988. *Nearshore dynamics and coastal processes, theory, measurement and predictive models*. Tokyo, Japan: University of Tokyo Press. 522 p.
- HUA, E., Z. ZHANG, H. ZHOU & M.U. FANGHONG. 2016. Meiofauna distribution in intertidal sandy beaches along China shoreline (18 – 40 °N). *J. Ocean Univ. China*, 15: 19-27. doi: 10.1007/s11802-016-2740-3.
- HUTCHESON, K. 1970. A test for comparing diversities based on the Shannon formula. *J. theor. Biol.*, 29: 151-154.
- JACKSON, D. & A. SHORT. 2020. Introduction to beach morphodynamic. In Jacson, D & A. Short (eds.). *Sandy beach morphodynamics*. Elsevier, 1-13.
- JIMÉNEZ TERÁN, J. M., A. ORTÍZ CEDANO, C. T. MÉNDEZ RAMÍREZ & J. G. NOLASCO TRUJILLO. 2013. *Manual de apuntes de la experiencia educativa de puertos y obras marítimas*. Universidad Veracruzana, Facultad de Ingeniería. 105 p. <https://www.uv.mx/ingenieriacivil/files/2013/09/Manual-de-la-EE-Puertos-yObras-Maritimas.pdf>
- KIHARA, R.C., C. E. ROCHA, R. M. SOUZA, A. C. AMARAL & A. M. ESTEVES. 2011. *Meiofauna de praia arenosa*. En: Amaral, A.C.Z. & S.A.H. Nallin (eds.). *Biodiversidade e ecossistemas bentônicos marinhos do litoral norte de São Paulo, sudeste do Brasil*. UNICAMP. 338-401.
- MAGNO, M.C., L. BERGAMIN, M.G. FINOLA, F. PIERFRANCESCHI, F. VENTI, & E. ROMANO. 2012. Correlation between textural characteristics of marine sediments and benthic foraminifera in highly anthropogenically-altered coastal areas. *Mar. Geol.*, 315/318: 143-161.
- MARTÍNEZ, J. & D.C. RIPOLL. 1994. Discusión de casos particulares de impactos físicos en playas arenosas por intervenciones del hombre en el litoral. Seminario sobre Territorio Litoral y su Ordenación. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, 143-160. <https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/752/1/4080.pdf>.

- MAGURRAN, A.E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton Univ. Press, New Jersey, 179 p.
- MASSELINK, G. & A.D. SHORT. 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *J. Coast. Res.* 9(3): 785-800. <https://journals.flvc.org/jcr/article/view/79047/76413>.
- McLACHLAN, A. & A. BROWN. 2006. *The ecology of sandy shores*. Academic Press, 373 p.
- MINN, W. G., D. S. KIM & J. H. LEE. 2006. Community structure and spatial variation of meiobenthos associated with an artificial structure. *J. Kor. Fish.* 39(Spec. Iss.): 223–230.
- MOODLEY, L., G. CHEN, C. HEIP & M. VINCX. 2000. Vertical distribution of meiofauna in sediments from contrasting sites in the Adriatic Sea: clues to the role of abiotic versus biotic control. *Ophelia*, 53(3): 203-212. https://www.researchgate.net/publication/254815344_Vertical_distribution_of_meiofauna_in_sediments_from_contrasting_sites_in_the_Adriatic_Sea_Clues_to_the_role_of_abiotic_versus_biotic_control.
- MORENO, M., L. VEZZULLI, V. MARÍN, P. LACONI, G. ALBERTELLI & M. FABIANO. 2008. The use of meiofauna diversity as an indicator of pollution in harbors. *ICES J. Mar. Sci.* 65, 1428–1435.
- NEIRA, C., J. SELLANES, A. SOTO, D. GUTIÉRREZ & V.A. GALLARDO. 2001. Meiofauna and sedimentary organic matter off Central Chile: response to changes caused by the 1997-1998 El Niño. *Oceanologica Acta*, 24(3): 313-328.
- PINN, E. H., K. MITCHELL & J. DOS CORKILL. 2005. The assemblages of groynes in relation to substratum age, aspect and microhabitat. *Est. Coastal Shelf Sci.* 62(2): 271-282.
- PINTO, T.K.O. & P.J.P. DOS SANTOS. 2006. Meiofauna community structure variability in a Brazilian tropical sandy beach. *Atlântica*, 28(2): 117-127.
- PINZÓN, A.Y., M.M. TREJOS, M. CARRERA, E.A. FRÍAS & I. GOTI. 2019. Meiobentos como indicador alternativo de contaminación de playas. *Rev. Inic. Cient.* 5(Vol. Esp. 1): 65-69. <https://revistas.utp.ac.pa/index.php/ric/article/view/2372/3236>.
- POWER, H. E. 2020. *Breaking waves*. In Jackson, D.W.T. & Short, A.D. (eds.) *Sandy beach morphodynamics*. Elsevier, 105-130.
- PRIYALAKSHMI, G. & N.R. MENON. 2014. Ecology of interstitial faunal assemblage from the beaches along the coast of Kerala, India. *Int. J. Oceanogr.* Article ID 284979 <https://downloads.hindawi.com/archive/2014/284979.pdf>.
- PRODGER, S., P. RUSSELL & M. DAVIDSON. 2017. Grain-size distributions on high-energy sandy beaches and their relation to wave dissipation. *Sedimentology*, 64(5), 1289–1302. https://pearl.plymouth.ac.uk/bitstream/handle/10026.1/8464/Prodger_et_al-2016-Sedimentology.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- RATTRAY, A., D. IERODIACONOU & T. WOMERSLEY. 2015. Wave exposure as a predictor of benthic habitat distribution on high energy temperate reefs. *Front. Mar. Sci.*, 2: 1-14. doi:10.3389/fmars.2015.00008.
- REYMENT, R. A. & E. SAVAZZI. 1999. *Aspects of multivariate statistical analysis in Geology*. Elsevier, 285 p.
- RODRÍGUEZ, J.G., J. LÓPEZ & E. JARAMILLO. 2001. Community structure of the intertidal meiofauna along a gradient of morphodynamic sandy beach types in southern Chile. *Rev. Chi. Hist. Nat.*, 74: 885-897. http://rchn.biologiachile.cl/pdfs/2001/4/Rodriguez_et_al_2001.pdf.
- SABATTINI, A., M. P. NARDELLI, C. MORIGI & A. NEGRI. 2013. Contribution of soft-shelled monothalamous taxa to foraminiferal assemblages in the Adriatic Sea. *Acta Protozool.* 52: 181-192.
- SCHMIDT-RHAESA, A. 2020. *Guide to the identification of marine meiofauna*. Verlag, 617 p.
- SHORT, A. D. & D. W. JACKSON. 2013. *Beach morphodynamics*. En Shroeder, J.F. (ed.) *Treatise in geomorphology*. A.P. 106-128.
- SOULSBY, R. L. & J. V. SMALLMAN. 1986. A direct method of calculating bottom orbital velocity under waves. *Hydr. Res.*, 29 p. <https://eprints.hrwallingford.com/112/1/SR76-method-calculating-orbital-velocity-waves.pdf>
- SOTO, E., W. CABALLERO & E. QUIROGA. 2015. Composition and vertical distribution of metazoan meiofauna assemblages on the continental shelf off central Chile. *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 43(5): 922-935.
- STEAD, R., A. SCHMIDT, S. PEREDA, M. ANZIETA, G. ASENSIO. & E. CLASING. 2011. Relación de la comunidad de meiofauna y bioquímica del sedimento en canales norpatagónicos. *Cienc. Tecnol. Mar.* 34(1-2): 49-68.
- STEEL, R.G.D. & J.H. TORRIE. 1985. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. McGrawHill, 622 pp.
- STERRER, W. 2001. Gnathostomulida (unsegmented marine worms). Bermuda. In: eLS John Wiley & Sons, Ltd: Chichester. 4 p. doi: 10.1002/9780470015902.a0001587.pub3.
- SUGUIO, K. 1973. *Introdução à Sedimentologia*. Editora USP/Blücher. 317 p.
- SVENDSEN, L.A. 1984. Mass flux and undertow in a surf zone. *Coast. Eng.* 8: 347-365.
- URBAN-MALINGA, B. 2013. Meiobenthos in marine coastal sediments. *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 388:59-78. doi: 10.1144/sp388.9.
- VARGAS CORNEJO, E. 1993. Fluidez de lechos marinos en la laguna y costa de Sontecomapan, Ver. Univ. Autónoma Metropolitana. 63 p.

- VARGAS, J.A. 1988. A survey of the meiofauna of an eastern tropical Pacific intertidal mud flat. *Rev. Biol. Trop.* 36, 541-544
- VÁSQUEZ-SUÁREZ, A., M. GONZÁLEZ, O. DÍAZ & I. LIÑERO ARANA. 2010. Variación temporal de la meiofauna en sedimentos del sistema lagunar Laguna de Raya, Estado de Nueva Esparta, Venezuela. *Interciencia*, 35(2): 144-150.
- VERGARA SÁNCHEZ, M. A. 2003. *Transporte de sedimento en bermas de tormenta por rebase del oleaje. Volumen I Aspectos teórico*. Trab. Grad. Lic. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de caminos, canales y puertos. 324 p.
- WALKER, S. J., T. A. SCHALCHER & L. M. C. THOMPSON. 2008. Habitat modification in a dynamic environment: The influence of a small artificial groyne on macrofaunal assemblages of a sandy beach. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 79(1):24 -34.
- YOUSUF, A.H.M, & I. HOSSEN. 2020. Identification of major taxa of meiobenthos in Hatiya coast of the Bay of Bengal: spatio-teporal abundance. *J. Oceanogr. Mar. Env. Syst.*, 4(1):1-13.

RECIBIDO: MARZO 2022

ACEPTADO: JUNIO 2022