



## DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS SUPERFICIALES EN PLAYAS MESOMAREALES ARENOSAS ENTRE PROMONTORIOS CON CARACTERÍSTICAS MORFODINÁMICAS DIFERENTES (ASTURIAS, ESPAÑA)

*Distribution of surficial bedforms in mesotidal embayed sand beaches with different morphodynamic characteristics (Asturias, Spain)*

Germán Flor y Germán Flor-Blanco

Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. c/ Jesús Arias de Velasco, s/n. 33005 Oviedo  
gflor@geol.uniovi.es; gfb@geol.uniovi.es

**Abstract:** Sand embayed mesotidal beaches develop large morphologies, such as berm and ridge/runnel, and a wide range of surficial sedimentary structures as a sand bottom response to the main hydrodynamic action. Factors such as grain size, the dynamics of the incident wave and seasonal or sequential cycles (storm and calm conditions) determine the morphodynamic characteristics of the sandy beach. The identification, typification and mapping, and interpretation of these morphologies in the backshore and foreshore, are useful in establishing the cyclical and/or seasonal variations and inducing sand sedimentary transport. In this study embayed beaches are included representing morphodynamic models from reflective (Poniente), dissipative and intermediate with low-tide terrace (San Lorenzo) to ultra-dissipative (San Pedro de Antromero) beaches in central Asturian coast (E of Peñas cape). In reflective beaches, the dynamic structures are poorly varied and even less biogenic, while in ultra-dissipative beaches those biogenic structures are more important. The structures are distributed according to parallel belts to low and high tide lines, but laterally are adapted to the variable energy conditions of these embayed beaches, according to the dominant waves.

**Key-words:** surficial bedforms, emerged, mesotidal, embayed, sand beaches, morphodynamic models, Asturias.

**Resumen:** Las playas arenosas mesomareales entre promontorios desarrollan morfologías de gran escala, como bermas y sistemas barra/surco, así como una amplia gama de estructuras sedimentarias superficiales, que representan la respuesta del lecho a la acción del sistema hidrodinámico dominante. Factores como el tamaño de grano, la dinámica del oleaje incidente y los ciclos estacionales o secuenciales (calma y tormenta) determinan las características morfodinámicas de las playas arenosas. La identificación, tipificación y cartografía, e interpretación de estas morfologías, son de gran utilidad en el establecimiento de las variaciones cíclicas y estacionales de las áreas supra e intermareal y de las respuestas dinamo-sedimentarias. Se incluyen en este trabajo las playas comprendidas entre promontorios de la costa central de Asturias (España), al E de cabo de Peñas, representativas de modelos desde la reflectiva de Poniente a disipativas, incluyendo la de tipo intermedio con terraza de bajamar de San Lorenzo y la ultradisipativa de San Pedro de Antromero. Las playas reflectivas o reflejantes, reproducen estructuras sedimentarias dinámicas poco variadas y escasas biogénicas, mientras que en las ultradisipativas son más numerosas las biogénicas. Las estructuras adoptan distribuciones según franjas paralelas a las líneas de bajamar y pleamar, pero lateralmente se adaptan a las condiciones energéticas variables de este tipo de playas apoyadas, según el oleaje dominante.

**Palabras clave:** estructuras sedimentarias, playas arenosas, mesomareales, modelos morfodinámicos, Asturias.

Flor, G. y Flor-Blanco, G. (2016): Distribución de estructuras sedimentarias superficiales en playas mesomareales arenosas entre promontorios con características morfodinámicas diferentes (Asturias, España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 29(2): 57-78.

Las playas arenosas exhiben una gran riqueza de formas de lecho superficiales, especialmente en la franja emergida, que son mucho más variadas y numerosas en las afectadas por mareas donde quedan expuestas superficies extensas durante las bajamares. Además, los procesos dinamo-sedimentarios (régimen de flujo) y biogénicos, propios de estos medios, operan a escalas muy diferentes como respuesta a los ciclos estacionales (tormenta/calma) relacionados con el clima marítimo de cada zona, así como a lo largo de cada ciclo mareal.

En la costa de Asturias, se han estudiado las características sedimentarias de un gran número de playas desde el punto de vista del contenido sedimentario, tanto arenoso (Flor, 1979) como de gravas (Martos de la Torre y Flor, 2004), de las variaciones estacionales de la morfología topográfica y batimétrica, con el objeto de establecer las relaciones entre la dinámica del oleaje y las corrientes inducidas (Flor y Flor-Blanco, 2009), las morfologías sedimentarias de mayor escala como bermas y sistemas de barra-surco (Álvarez Cabal, 2012; Vela Planas, 2012). Por otra parte, se ha prestado una menor atención a la tipificación y distribución de las formas de lecho de menor es-

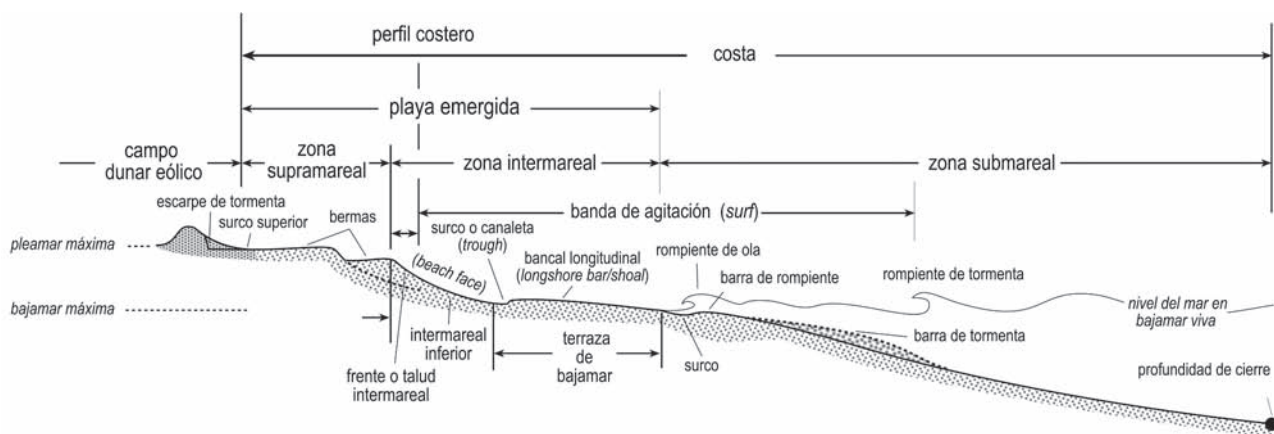
cala cuyo análisis e interpretación pueden aportar información de gran interés en la comprensión del régimen deposicional de estos medios de playa (Flor y Martínez Arpírez, 1984; Flor *et al.*, 1979).

En este trabajo se aborda el estudio de las estructuras sedimentarias superficiales características de tres playas de la costa central de Asturias, justo al E de la punta del cabo de Peñas (Fig. 1). La zona se encuentra en el mar Cantábrico, al N del paralelo de 43°N, y los meridianos 5° a 7°O, siendo el clima de tipo atlántico húmedo y templado, con precipitaciones en la costa inferiores al resto con una media anual de 1.000 mm (hasta los 200 m de altitud) y las temperaturas son suaves con una media anual de 13-14°C (Álvarez García *et al.*, 2009).

La costa asturiana es predominantemente rocosa y abrupta, con una orientación general O-E, con algunos tramos orientados de NO a SE en la franja centro-oriental. Desde el punto de vista geológico, los materiales que afloran en la costa son limolíticos, siliciclásticos y cuarcíticos y en el segmento oriental, también O-E, son predominantemente calcáreos. En todos los casos, se han formado playas reducidas, generalmente muy abrigadas, dentro de la



**Fig. 1.-** Situación de las playas estudiadas en la costa central de Asturias, dentro del costado oriental del cabo de Peñas en el ámbito de Europa suroccidental a lo largo del mar Cantábrico.



**Fig. 2.-** Perfil transversal de una playa arenosa intermedia con terraza de bajamar con las zonaciones dinámica y morfológica, incluyendo alguna de las estructuras más representativas con escalas diferentes y los procesos hidrodinámicos característicos, basado en Short (1999).

tipología de playas apoyadas o ancladas entre promontorios (*embayed beaches*). En éstas, el relleno sedimentario está controlado por la geometría de la ensenada (Short, 2010), desarrollando un modelo de transporte de sedimentos con una circulación celular (Short, 1996; Loureiro *et al.*, 2012) con la consiguiente estabilidad relativa a largo plazo, donde caben destacarse los eventos de rotación (Klein *et al.*, 2010; Harley *et al.*, 2011) por cambios de la orientación de los frentes de olas incidentes. Además, también debe tenerse en cuenta la oscilación de la playa, en lo que se refiere a los procesos de erosión y acreción en el conjunto de la ensenada (Gomez Castro, 2011).

La fluctuación mareal causa la migración oscilatoria por la carrera de la marea de los sectores de playa que soportan mayor grado de dinamismo, como es la zona de agitación (*surf*) donde actúan las corrientes de vaivén (*swash* y *backwash*) y también la franja de rompiente de ola. Es la responsable de la erosión del fondo sedimentario intermareal soportando la mayor intensidad hidrodinámica, al menos en condiciones de normalidad climática y oceanográfica.

Las formas de lecho resultantes, finalmente, son el resultado deposicional de un conjunto de factores que varían desde las características del sistema hidrodinámico, la textura del sedimento arenoso y la pendiente de la playa, la morfología local, profundidad de agua y dirección de flujo (De Boer *et al.*, 1989).

Las playas, como medios sedimentarios y dinámicos de transición, son una parte de la costa cuyo límite inferior sumergido está sometido a controversias (Friedman *et al.*, 1992) de modo que la profundidad máxima aceptada se define mediante la profundidad de cierre (*depth of closure*), que implica el límite del movimiento de los sedimentos (Santás y de la Peña, 2009). Dicho límite se determina mediante una fórmula analítica que considera diferentes parámetros de ola (Hallermeier, 1978; Birkemeier, 1985), y que también se puede establecer mediante la identificación de formas de lecho y cambios en la fauna bentónica (Hilton y Hesp, 1996). Por su parte, Inman y Adams (2005) establecen este límite en base a las distribuciones granulométricas y el desarrollo de estructuras sedimentarias de flujo debidas al oleaje y corrientes de fondo, como *ripples*,

fondos planos de alto flujo, antidunas, etc. Éstas constituyen una secuencia desde la orilla hacia mar adentro, teniendo en cuenta su carácter transicional, y de una manera más amplia y variada si se superpone el efecto mareal (Short, 1999). Mediante perfiles transversales es posible comprender mejor las realidades morfológicas y dinámicas, siendo las mareales, como las cantábricas, las que muestran una gran complejidad (Fig. 2).

El medio físico característico de las playas arenosas oceánicas se puede definir a partir de cuatro variables principales: tamaño de grano, clima marítimo (viento y oleaje), rango mareal y fisiografía de la costa y del fondo (Short, 1996). El tamaño de grano, además de estar relacionado con la pendiente, como una función de la exposición energética al oleaje incidente (Wiegel, 1964) también está controlado por el área o áreas fuentes del sedimento. Sobre esta base, las propuestas morfodinámicas de Wright y Short (1984), Masselink y Short (1993) y Short (2006) ofrecen una variabilidad suficiente para comprender los diferentes modelos de playas, según una serie de estadios en transición continua desde playas con mayor pendiente (granulometrías más groseras) de carácter reflectiva y playas tendidas (arenas finas) de tipo disipativo.

Un extremo de playas reflectivas (reflejantes) lo constituyen las rellenadas con gravas que, en esta costa asturiana, son numerosas y su formación se relaciona directamente por la ausencia de arena en tránsito longitudinal capaz de suministrar esta fracción y aportaciones directas desde los acantilados. Se caracterizan por desarrollar una gran variedad de estructuras de gran escala, entre las que destacan las bermas escalonadas, generalmente discontinuas, mantos y lóbulos de tormenta asimilables a *washover fans*, arcos de playa con y sin bahías arenosas, barras de gravas perpendiculares a la línea del agua, etc (Martos de la Torre y Flor, 2004).

Su desarrollo morfológico depende de factores muy variados, como la propia instalación de la acumulación sedimentaria en costas rocosas acantiladas y bajas, del suministro sedimentario, fundamentalmente de las descargas fluviales, que son mayoritariamente de cuarzo, del tamaño medio de grano y de las aportaciones de los restos

biogénicos del borde costero (bioclastos carbonatados). También son importantes el clima de oleaje, el transporte litoral paralelo a la costa, la orientación de la playa, la pendiente media de la plataforma continental interna, etc (Short, 2006; Scott *et al.*, 2011). Las playas entre promontorios permanecen relativamente aisladas entre sí en cuanto a la transferencia sedimentaria de unas a otras se refiere (Dehouck *et al.*, 2009).

El análisis de estas variables geoclimáticas y fisográficas constituyen una ayuda inestimable para interpretar los procesos deposicionales correspondientes a cada estadio morfo-dinámico representativo y los ciclos estacionales en playas.

En este trabajo, se estudian las estructuras sedimentarias superficiales de playas del área central de Asturias al SE del cabo de Peñas, representativas de los estadios reflectivo (playa artificial de Poniente en la ciudad de Gijón), disipativo e intermedio con terraza de bajamar, que atienden al ciclo temporal-calma, respectivamente (playa de San Lorenzo también en Gijón), y ultradisipativo de la de San Pedro de Antromero (Fig. 1). Además se incluyen las morfologías mayores de las zonas supramareal (berma superior) e intermareales de la terraza de bajamar: bermas mareales y sistema de barra/surco (Fig. 2) y las estructuras sedimentarias originadas por el agua en movimiento, tanto si se debe a procesos del rompiente de oleaje sobre el fondo como de las corrientes resultantes y del estacionamiento en pleamares y a la retirada de la lámina de agua hacia la bajamar. También las producidas por los organismos que forman parte de la infauna, como de aquéllos que proceden de los sustratos rocosos colindantes y se desplazan por la superficie arenosa.

Estas estructuras sedimentarias son la respuesta a la compleja actividad de los desplazamientos del agua y los movimientos sedimentarios en sentido transversal y longitudinal que, en el caso de playas arenosas, dependen en primera instancia de los oleajes incidentes y las corrientes inducidas, a las que se superpone el efecto de las mareas en cuanto a la posición del nivel del mar, afectando a la mayor parte de la franja emergida. En cambio, las estructuras sinsedimentarias superficiales en playas mareales, tanto de origen físico como orgánico, se mantienen durante plazos variables, dependiendo de los ciclos mareales referidas a las frecuencias (semidiarias) y los rangos o amplitudes, como las desarrolladas en la costa cantábrica. Pero también son reseñables las variaciones de las etapas calma/tormenta y estacionales con recurrencias sumamente irregulares.

Destacar que se incluyen sendas cartografías morfológicas para cada caso de los grupos de estructuras y se complementan con datos de las pendientes de los perfiles transversales representativos y de los parámetros granulométricos fundamentales: media, calibrado, asimetría y angulosidad.

### Agentes dinámicos

En la costa asturiana, los vientos más frecuentes e intensos proceden del SO, pero son los del NO y NE los que

tienen mayor incidencia en las playas, de forma particular para que se generen y desarrollen campos dunares asociados (Flor-Blanco *et al.*, 2015), mientras que componentes de vientos del NO y NE construyen dunas asociadas de poca magnitud en la playa de Poniente (Fig. 3A).

Respecto al régimen de oleaje, los medios de transición playeros están dominados por la dinámica de los oleajes incidentes que, en la plataforma continental interna al N de Gijón, dominan los procedentes del NO (Fig. 3B). Los periodos pico más importantes están comprendidos entre 8 y 12 segundos con porcentajes del 55% para olas con alturas significantes inferiores a 2 m (de calma), siendo los de onda corta y larga más o menos similares (Hellín Medina, 2009). Para un periodo de retorno de 50 años, las alturas de temporal, que se desarrollan en un abanico desde el NO al NNE, varían entre 7,9 m y 8,8 m para las dos boyas de Gijón (Sotillo, 2005).

Las mareas juegan un papel secundario, pero importante por cuanto su rango y periodo determinan la mayor o menor exposición del conjunto sedimentario a aquéllos. Pertenecen a la categoría de semidiarias y los rangos medios son mesomareales con fuertes variaciones de 0,20 m a 4,7 m para mareas astronómicas y meteorológicas, con máximas observadas de 5,24 m para el periodo 1996-2013 (REDMAR, 2014).

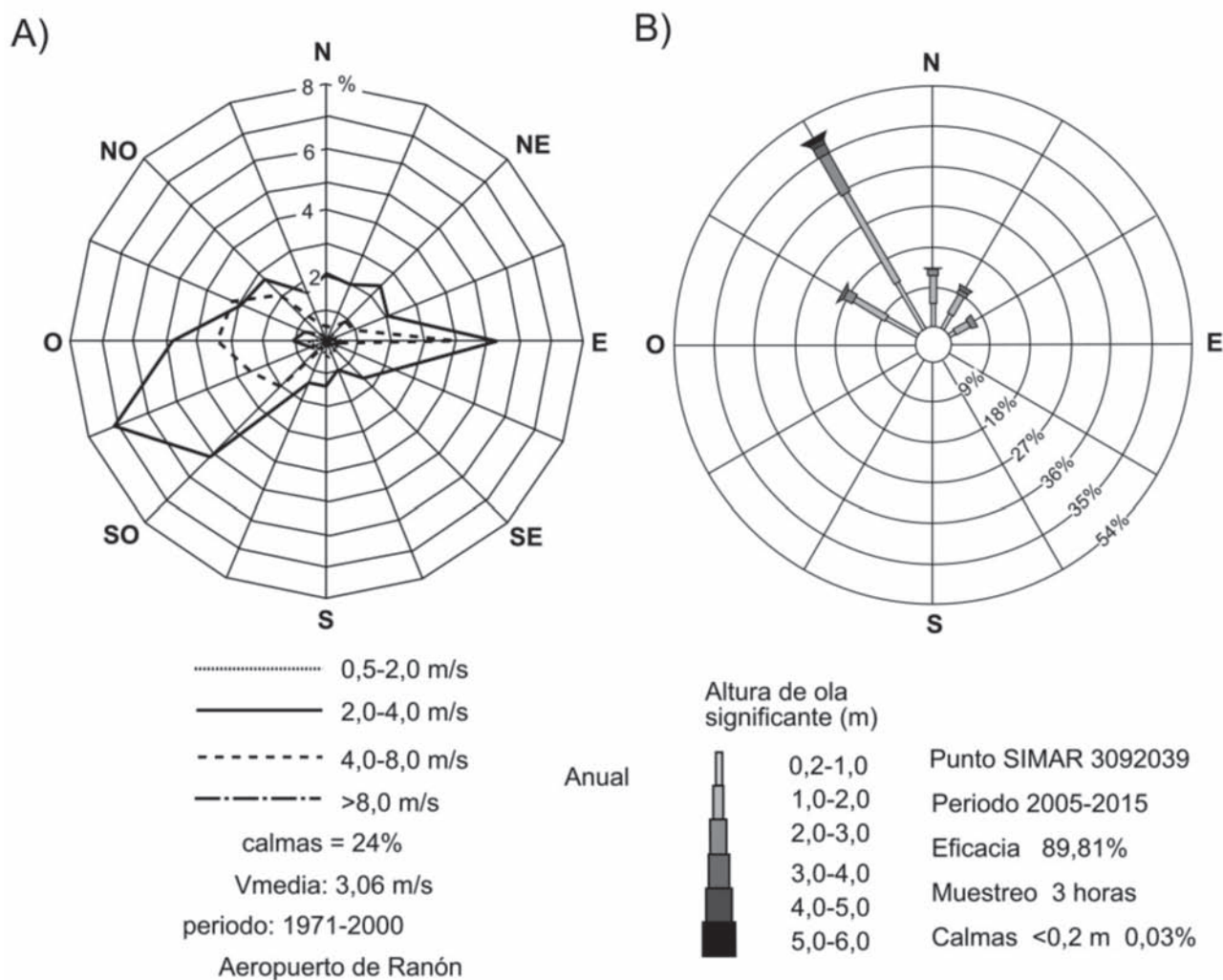
El factor mareal debe contemplarse bajo la perspectiva de su evolución en un semiciclo (pleamar a bajamar o bajamar a pleamar) con las variables del rango y la consiguiente extensión de la superficie descubierta. Cuando la playa intermareal emerge, se producen estacionamientos relativamente prologados del nivel del agua desde casi algo menos de una hora antes y después de la pleamar y de la bajamar, así como la mayor velocidad del ascenso y descenso del nivel durante el intervalo central.

### Metodología

Para este trabajo se ha realizado una recopilación detallada de las estructuras, tanto sedimentarias de origen físico como orgánicas, aprovechando varias campañas de campo en bajamares vivas, realizándose 3 perfiles transversales en Antromero y 7 en las restantes, más o menos equidistantes. Se ubican los perfiles y puntos de referencia mediante GPS Garmin, tomando los datos geométricos con escalas milimétricas a decimétricas con un flexómetro y las de mayores dimensiones deca- y hectométrica mediante un distanciómetro LEICA Disto D5. Se complementa cada muestreo con la toma de instantáneas representativas, aunque son numerosas las procedentes de los archivos de los autores. Las distribuciones cartográficas de las estructuras sedimentarias se han plasmado en planos a escala 1/5.000.

El reconocimiento de las estructuras sedimentarias superficiales y subsuperficiales se articula en torno a ciertas publicaciones que incluyen las desarrolladas actualmente en estuarios, playas y dunas, así como las internas en el registro estratigráfico (Pickard y High, 1973; Harms, 1979; Reineck y Singh, 1980; Allen, 1982; Howard y Frey, 1985; Lindholm, 1987; Frey y Howard, 1988; Collinson y Thompson, 1989; Dalrymple y Rhodes, 1995; Martinus y





**Fig. 3.- A)** Régimen anual de vientos, registrados en el aeropuerto de Asturias que se sitúa en la costa centro-occidental (Pinazo Ojer, 2010). **B)** Rosa del oleaje cuyos datos (desde 21-02-2005 hasta 14-07-2015) se obtuvieron mediante modelos numéricos en la estación SIMAR 3092039 situada al N de Gijón y al ENE de San Pedro de Antromero en las coordenadas: 5,67°O y 43,63°N (Puertos del Estado. <http://www.puertos.es/es-es/oceanografia/Paginas/portus.aspx>).

van der Berg, 2011). La gran complejidad de formas y acepciones son recogidas por Pettijhon y Potter (1964), como primer acercamiento para su comprensión, y Pettijhon *et al.* (1987) recopilaron un gran número de trabajos que incluyen buenos ejemplos de estructuras sedimentarias y trazas de organismos en sedimentos arenosos actuales de playas y estuarios. Para las formas de lecho, específicamente, existen diferentes clasificaciones y nomenclaturas, como las de Clifton (1976) y Allen (1982). El glosario de Pilkey *et al.* (2011) aporta descripciones detalladas de numerosas estructuras. Otras guías y manuales divulgativos más locales ilustran numerosas estructuras sedimentarias, incluyendo las de origen orgánico (Brustur, 1996; Pilkey *et al.*, 2004; Nombela, 2005; Hayes y Michel, 2008; Witherington y Witherington, 2011; Martin, 2013).

Se han propuesto clasificaciones de las estructuras sedimentarias más enfocadas a su aplicación a rocas sedimentarias, siguiendo preferentemente criterios descriptivos y genéticos, como detallan Conybeare y Crook (1982), que aportan un esquema descriptivo de gran utilidad.

## Resultados

### Formas de lecho sinsedimentarias

Las formas de lecho desarrolladas en estas playas asturianas corresponden a escalas dimensionales variables, desde las deca- y hectométrica para, en un nivel inferior, las que atienden a condicionantes energéticos primarios y, finalmente, a los procesos dinámicos que generan las estructuras menores.

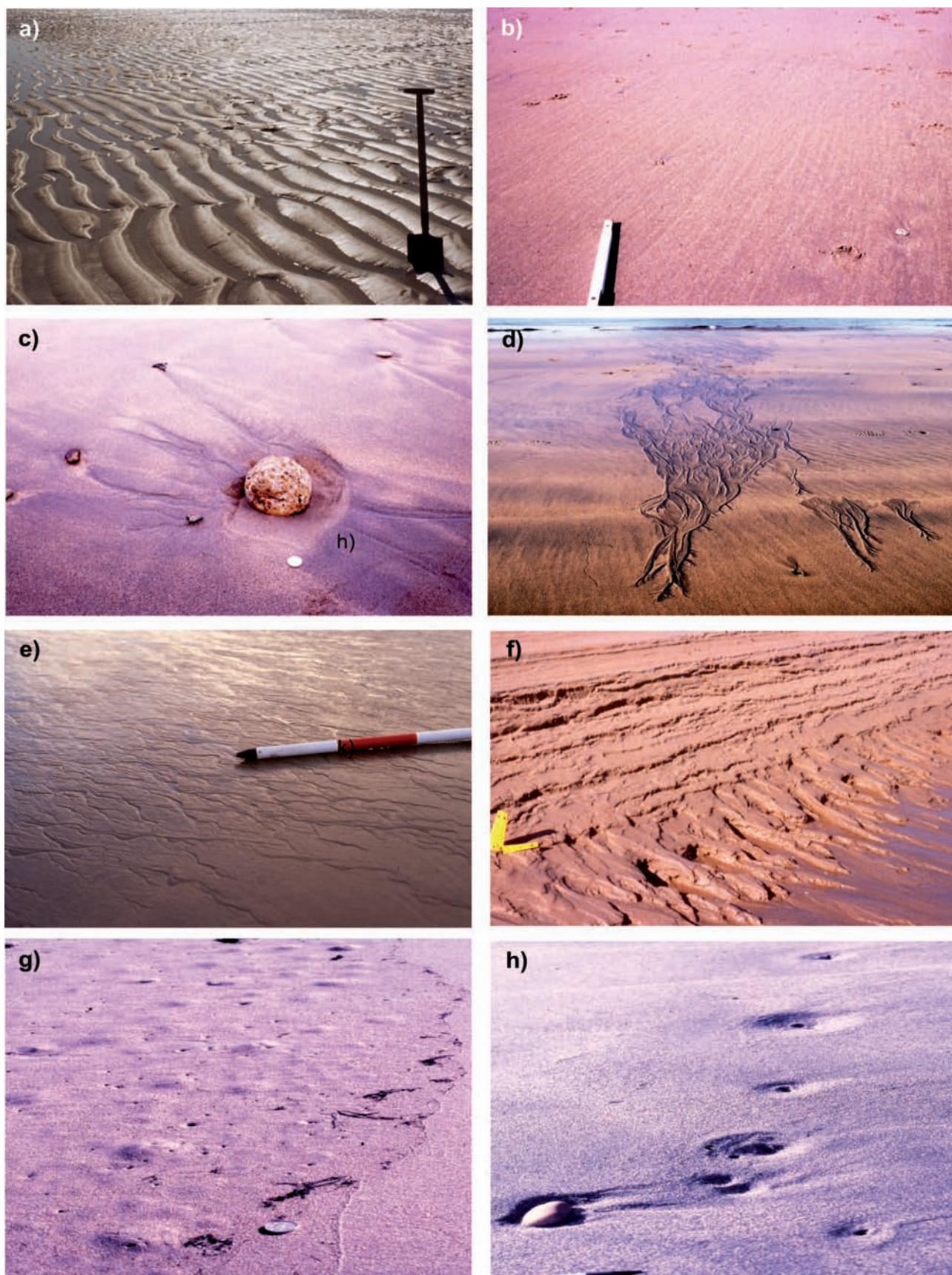
Las de mayor escala informan del estadio morfodinámico de la playa, fundamentalmente sistemas de barra/surco (Greenwood y Davidson-Arnott, 1975) (Fig. 4a), barra de batida de la playa alta-berma (Fig. 4b), las depresiones erosivas de las cabeceras de corrientes de resaca (Fig. 4c) y los arcos de playa, mucho más efímeros (Fig. 4d), con una mayor ocurrencia en la playa de Poniente.

Las estructuras debidas a corrientes unidireccionales forman un abanico amplio a escalas métrica y decimétrica, como son *megaripples* romboidales (Fig. 4e), ondas de arenas, depresiones de erosión (Fig. 4f) y antidunas (Fig. 4g)



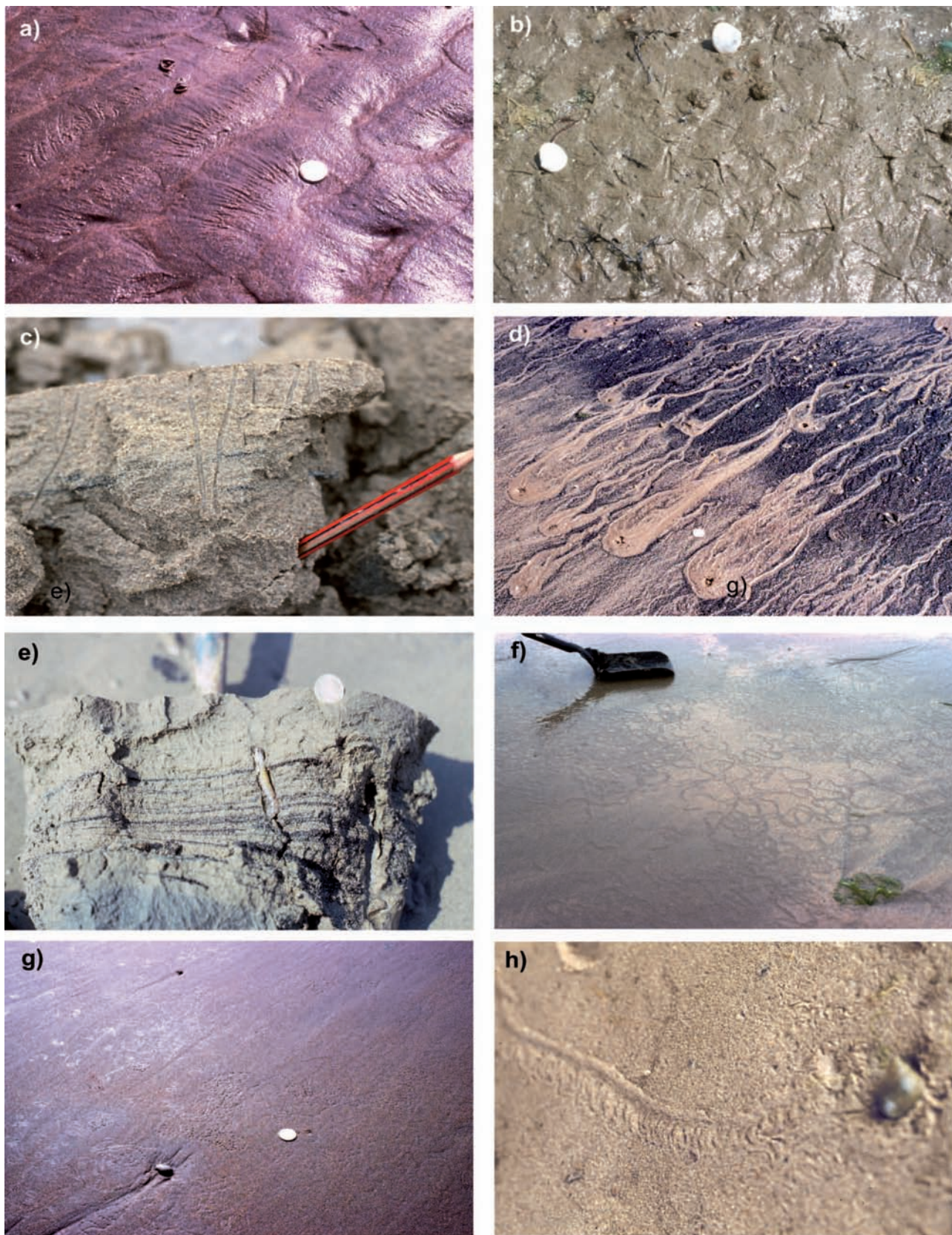
**Fig. 4.- a)** Conjunto de la barra/surco en el área occidental; **b)** Berma activa, encajada en la superior artificial, evidenciando marcas de vaivén (playa de Poniente); **c)** Depresión de la cabecera de una corriente de resaca en la playa de San Lorenzo; **d)** Arcos de playa en el área central de Poniente; **e)** *Megaripples* romboidales; **f)** Depresión erosiva (scour), que desarrolla marcas de arroyada en el sector de mayor pendiente; **g)** Grandes antidunas en San Pedro de Antromero; **h)** *Ripples* romboidales en San Lorenzo.





**Fig. 5.- a)** *Ripples* de corriente de crestas subrectilíneas, ligeramente retocadas por el reflujó; **b)** Alineaciones longitudinales de alto flujo; **c)** Marca horquillada por interposición de un canto acorazado en San Pedro de Antromero; **d)** Marca de desagüe de gran extensión sobre antidunas en San Lorenzo; **e)** Detalle del conjunto con drenaje trenzado; **f)** Marcas por incisión intensa en granulometrías arenosas groseras y marcas de descenso de agua en San Lorenzo sobre el desagüe del río Piles en la playa; **g)** Domos y agujeros y una línea de vaivén neta; **h)** Agujeros de expulsión de aire y marcas horquilladas de vaivén de reflujó en Poniente.





**Fig. 6.-** a) Restos de digestión de *Arenicola marina* juvenil sobre *ripples* de corriente con incisiones finas transversas de erosión por arroyada; b) Marcas estrelladas por sifones del bivalvo *Scrobicularia plana*; c) Sección de poliquetos filiformes donde se evidencian los *burrows* subverticales; d) Agujeros de calianásidos y marcas horquilladas de vaivén de retroceso y de arroyada sobre una superficie con abundante carbón procedente de la desembocadura del Nalón en San Pedro de Antromero; e) Sección de un tubo de calianásido (cono invertido en la parte superior) con un individuo sobre un sustrato arenoso finamente laminado, incluyendo pasadas de carbón; f) Trazas sinuosas de *Nassarius reticulatus* en Antromero; g) Trazas irregulares de poliquetos sobre alineaciones longitudinales en San Lorenzo; h) Traza de un ermitaño sobre una *Littorina* sp. que se desplaza hacia la derecha.



que son extraordinariamente estables en la playa de San Pedro de Antromero. Mucho más numerosas y variadas son las formas de lecho de escala centimétrica, dentro de las que destacan los *ripples*: romboidales (Fig. 4h), de crestas rectas (Fig. 5a), crecscénticas y linguoides, romboidales, de interferencia, etc, siendo escasos los debidos a oleaje. Las alineaciones paralelas de alto flujo (Fig. 5b) con un espaciamiento milimétrico pueden pasar a *ripples* romboidales. Las marcas horquilladas (*current crescent* o *horse-shoe*) por interposición de obstáculos pueden alcanzar longitudes decimétricas (Fig. 5c).

Las marcas de vaivén (*swash marks*) se desarrollan con ocasión de las pleamares a modo de cordones alargados convexos y trazas de anchuras milimétrica a centimétrica. En la banda de bajamar, también se desarrollan, pero son mucho más efímeros.

Los desagües durante las bajamares promueven la formación de una cierta variedad de marcas de arroyada (*rill marks*) (Čeppek y Reineck, 1970), cuya incisión (Fig. 5d, e) se incrementa cuanto mayor es el tamaño de grano (Fig. 5f); pueden derivar en la formación de microdeltas localizados cuando se remueven cantidades reducidas de arena en la base del frente intermareal que progradan y se apoyan sobre el surco interno de la terraza de bajamar. Las marcas de descenso del nivel de agua son incisiones paralelas en los bordes del surco de la barra/surco (Fig. 5f), detectadas frecuentemente en la desembocadura del río Piles en San Lorenzo (Gijón).

Al avanzar la lámina de agua de la pleamar sobre la arena seca del talud intermareal superior, desplaza el aire intersticial de la arena, dando lugar a formas menores, como agujeros (*pinholes*) y domos (Figs. 5g, h) y arenas cavernosas en los centímetros superficiales (Emery, 1945).

### Estructuras de origen orgánico

Se incluye la gran variedad de estructuras de bioturbación, producidas por los organismos de la infauna (*burrows*) y las marcas superficiales de la actividad *in situ* o de otros que utilizan los hábitats rocosos contiguos y se mueven por la superficie.

De acuerdo con los factores etológicos, Seilacher (1953) distingue grupos de estructuras e impresiones biogénicas aplicables a series fósiles (*lebensspuren*): morada, tipo *burrows*, galerías, etc (Fig. 6a, b, c, d, e), restos de comida (pellets y residuos fecales) y alimentación (Fig. 6a), impresiones de marcas (Fig. 6b) y de pisadas, arrastre o rastro (Fig. 6f, g, h). Son relativamente monótonas y escasas en playas expuestas, pero variadas y numerosas en las protegidas y de grano fino.

### Playas estudiadas

Las playas estudiadas tienen dimensiones, granulometrías y regímenes morfodinámicos muy contrastados, con la complejidad añadida de tratarse de playas entre promontorios, lo que permite la formación de estructuras sedimentarias como respuesta a dichas variables. Así, es posible establecer analogías y diferencias que, en este caso,

se ha extendido a la evolución de la playa artificial de Poniente durante unos 20 años (Fig. 7) y a las variaciones cíclicas calma-erosión de San Lorenzo (Fig. 8). Por su parte, la de San Pedro de Antromero muestra una cierta estabilidad (Fig. 9), en que las interacciones bióticas pueden desarrollar y estructurar la comunidad biótica (McLachland, 1988).

La modelización de la distribución de las estructuras sedimentarias superficiales atiende a las transiciones transversales (berma supramareal y franja intermareal), que son las dominantes, mientras que en playas entre promontorios es importante también la sectorización neta en sentido longitudinal por cuanto se establecen transiciones energéticas (áreas protegidas a más expuestas) y sedimentarias.

### Poniente

Se creó artificialmente en 1994 a partir de depósitos de arenas gruesas, conchíferos y de carácter relicto, dragados a una profundidad entre 10 y 15 m, en la plataforma sumergida de Candás (Asturias). Se enclava sobre un tramo portuario que, en el siglo XIX, fue una playa natural de grano fino (del Pando) frecuentada por la realeza. Tiene una longitud máxima de 818 m siguiendo la forma del arco y las anchuras varían de 50 m en los extremos a 75 m en el centro, adoptando en planta una geometría en concha, limitada por sendos diques (Fig. 7).

El relleno sedimentario ocupó un fondo rocoso, que aflora localmente en la mitad occidental inferior, con escasa ocupación de la banda sumergida. Se consiguió una amplia berma de unos 60.000 m<sup>2</sup> en su momento original, que ha sido retrocedida totalmente. En la amplia franja central, se mantiene la berma supramareal artificial a una cota de +6,0 m, que pierde progresivamente altura hacia los diques. Las arenas de la berma son de tamaño arena gruesa (0,12  $\phi$  = 0,92 mm) y hasta un 47,5% de bioclastos de tamaño medio, mientras que las de la banda de bajamar disminuyen paulatinamente hasta arenas finas con 3,00  $\phi$  (0,125 mm) y 3,25  $\phi$  (0,11 mm) y 30-35% de bioclastos (Flor *et al.*, 2008).

En esta playa reflectiva, dominan los frentes de ola refractados que inciden con una dirección del NNE, provocando una reflexión en la porción central y sombras energéticas en los costados, con mayor protección en el costado occidental, como se deduce de la existencia de una mayor proporción de estructuras orgánicas.

En los extremos supramareales se acumulan dunas eólicas (Fig. 7), debido a los excedentes arenosos deflacionados por el viento sobre la playa seca. Son dunas embrionarias en los costados oriental por vientos del NO (cordón dunar) y occidental por vientos intensos del NE, que forman mantos eólicos sobre el paseo marítimo y a veces dunas eco adosadas al límite inferior del paseo.

La sección entre las dunas embrionarias y la berma superior es drenada por sendos surcos estrechos (Fig. 7A). Sobre esta berma superior, se generan concentraciones laminares de material grosero (depósitos residuales), incluidos restos de conchas que se depositan bajo condiciones de vaivén durante pleamares vivas o desbordamientos laminares o lobulares con oleaje agitado.

Durante las pleamares vivas, se generaliza la construcción de una berma inferior con anchura y extensión lateral, menor que la superior artificial original (Fig. 4b) que, en ocasiones, es discontinua (Fig. 7B).

Desde la playa alta, a medida que el nivel del agua se desplaza hacia la línea de la bajamar, se produce un lavado de las fracciones finas y mejora el calibrado, disminuyendo hacia el intermareal inferior y lateralmente en las zonas de sombra, con una cierta deriva longitudinal O-E (Flor *et al.*, 2008).

El amplio segmento central de Poniente es el más expuesto al oleaje incidente. La franja occidental es de menor energía, como revela la relativamente intensa bioturbación por calianásidos y rastros de locomoción, y la mitad intermareal inferior se comporta como disipativa (Fig. 7). En este mismo sector, se estabiliza un sistema de barra/surco muy incipiente, pero persistente durante más de 15 años.

Desde el centro de la playa hacia el costado oriental se sedimentan arenas en lo que representa un área de recepción del lavado de finos por deriva playera, lo que determina la formación de grandes antidunas, muy escasas trazas de locomoción de poliquetos y una cierta colonización de infauna de calianásidos. Dicha colonización de la infauna de los fondos arenosos se ha ido materializando paulatinamente en la zona occidental, donde la agitación es menor y se incrementa desde el muestreo y cartografía iniciales a lo largo del periodo de 1998 a 2004 (Fig. 7).

#### San Lorenzo

La incidencia de los oleajes durante calmas determina la formación de una planta cóncava hacia el mar al refractarse los trenes desde el NO y NNE. La persistencia de la deriva de playa promueve la creación de la playa emergida en el costado oriental.

Tiene una longitud de 1.600 m aproximadamente y una anchura variable de menos de 200 m en el costado occidental a unos 325 m en la oriental (Fig. 8); los tamaños medios son de arenas medias con  $1,47 \phi$  (0,36 mm) en la supramareal, y finas con  $2,00 \phi$  (0,25 mm) en la intermareal y  $2,32 \phi$  (0,20 mm) en la submareal; son arenas bioclásticas: 44,5% en las zonas supra- e intermareal y 41,0% en la submareal (Flor, 1989).

El límite superior de la playa está limitado por un paseo marítimo, muy habitual en playas ciudadanas (Davies y FitzGerald, 2004). Por encima de las pleamares vivas, desarrolla una berma restringida en el área oriental que, durante las dilatadas etapas de calma, especialmente en verano, se deforma por pisoteo, pero los oleajes intensos permiten el rebase de la lámina de agua sobre la cresta y se forman las marcas de vaivén hacia tierra.

La franja más occidental está abrigada por el promontorio de Santa Catalina, pero al tratarse de un área con escasa sedimentación queda sometida a intensos procesos de reflexión de la ola; la reciente ampliación del dique del puerto del Musel (2011) ha prolongado algo más hacia el E dicha zona de sombra. Los segmentos intermareales central y oriental de San Lorenzo son los más amplios y expuestos a una mayor energía por los oleajes del NO. Además, el extremo oriental

recibe fracciones finas seleccionadas por el transporte de deriva de playa para construir la amplia berma superior mayor bajo condiciones de calma, que es morfo-dinámicamente una playa intermedia con terraza de bajamar (Fig. 8A), mientras que durante tormentas se reduce por erosión (Fig. 8B), correspondiendo a una playa disipativa. En esta playa, la desembocadura del río costero del Piles en la margen oriental, añade una dinámica adicional por las descargas en avenida que mantienen libre su entrada en la playa, pero también se comporta como un estuario reducido sobre cuyo tramo inferior se produce la intrusión de arenas desde la playa, bajo la forma de barras arenosas.

Contiene la mayor variedad de estructuras sedimentarias de origen físico, más aún en calmas, tanto de gran magnitud: sistema barra/surco y *megaripples* y ondas de arena y *megaripples* romboidales, como de pequeña escala. Hacia la bajamar, la mayor pendiente de la playa determina la aparición de *ripples* romboidales tenues, justo por debajo de la franja anterior. También se suceden trazas de organismos poliquetos, que tienen su hábitat en la franja intermareal y submareal somera, y se mueven por el intermareal durante la inundación de las pleamares, exceptuando la banda superior donde las condiciones son más energéticas (Fig. 8). Consecuentemente, concentra la mayor variedad y número de estructuras sedimentarias, comparada con las restantes.

En etapas de calma, la playa morfodinámicamente es intermedia con terraza de bajamar; construye una berma en su costado oriental, donde la desembocadura del río Piles juega un cierto papel erosivo, que supone un déficit de relleno sedimentario (Flor *et al.*, 1981; Flor y Martínez Arpírez, 1984). Además del mayor número de los conjuntos de barra/surco, son numerosos los *ripples* romboidales tenues y una gama variada de otros *ripples*, incluidas las ondas de arena, sobre los surcos o canales de desagüe. Las marcas de vaivén se extienden por toda la playa alta, pero son más marcados en la mitad occidental. Agujeros y domos en el pie intermareal de la cresta de la berma. Las marcas de arroyada, sin ser numerosas, están bien desarrolladas como formas de longitud métrica (Fig. 5d, e). Las alineaciones longitudinales están irregularmente repartidas (Fig. 5b) y las antidunas se concentran en el extremo occidental (Fig. 5d). Marcas en herradura y pistas de anélidos son frecuentes a lo largo y ancho de la playa intermareal (Fig. 6g).

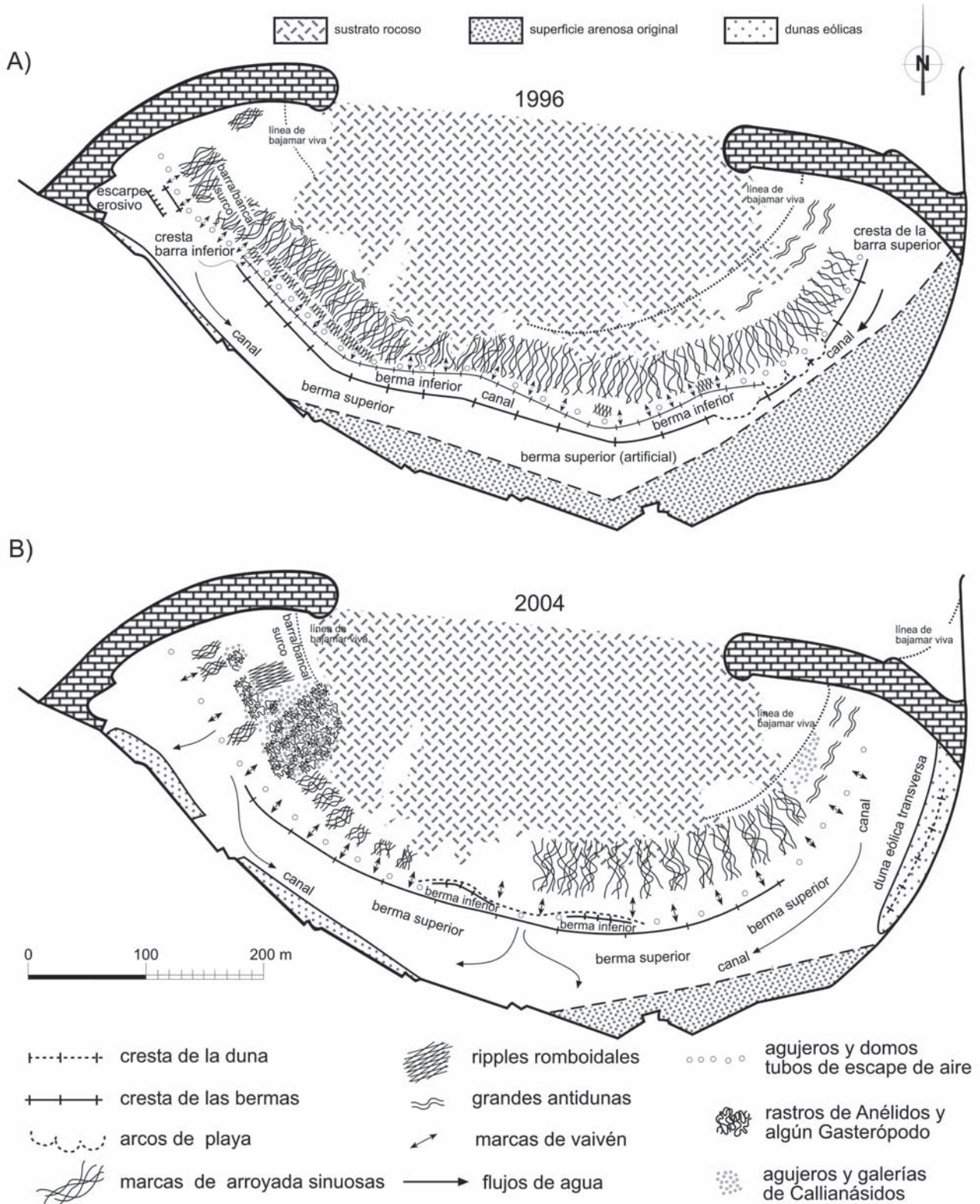
La cartografía realizada justo después de un temporal (Fig. 8B) ha configurado una playa disipativa sin apenas estructuras superficiales con un único sistema de barra/surco (Fig. 4a) de escasa entidad en el área occidental y numerosas superficies donde se desarrollan *ripples* romboidales tenues (Fig. 4h). Los desagües de la zona intermareal se suceden en la mitad oriental, donde la pendiente reducida permite la formación de regueros laminares que remobilizan bioclastos planos para concentrarlos en forma de cintas en los bordes. La coincidencia de temporales con lluvias intensas, incrementan el poder erosivo del río Piles y la aparición de *megaripples* romboidales (Fig. 4e) sobre la margen occidental del desagüe. También en la franja superior intermareal en el recorrido de la berma, que se redujo sustancialmente, se activan alineaciones paralelas



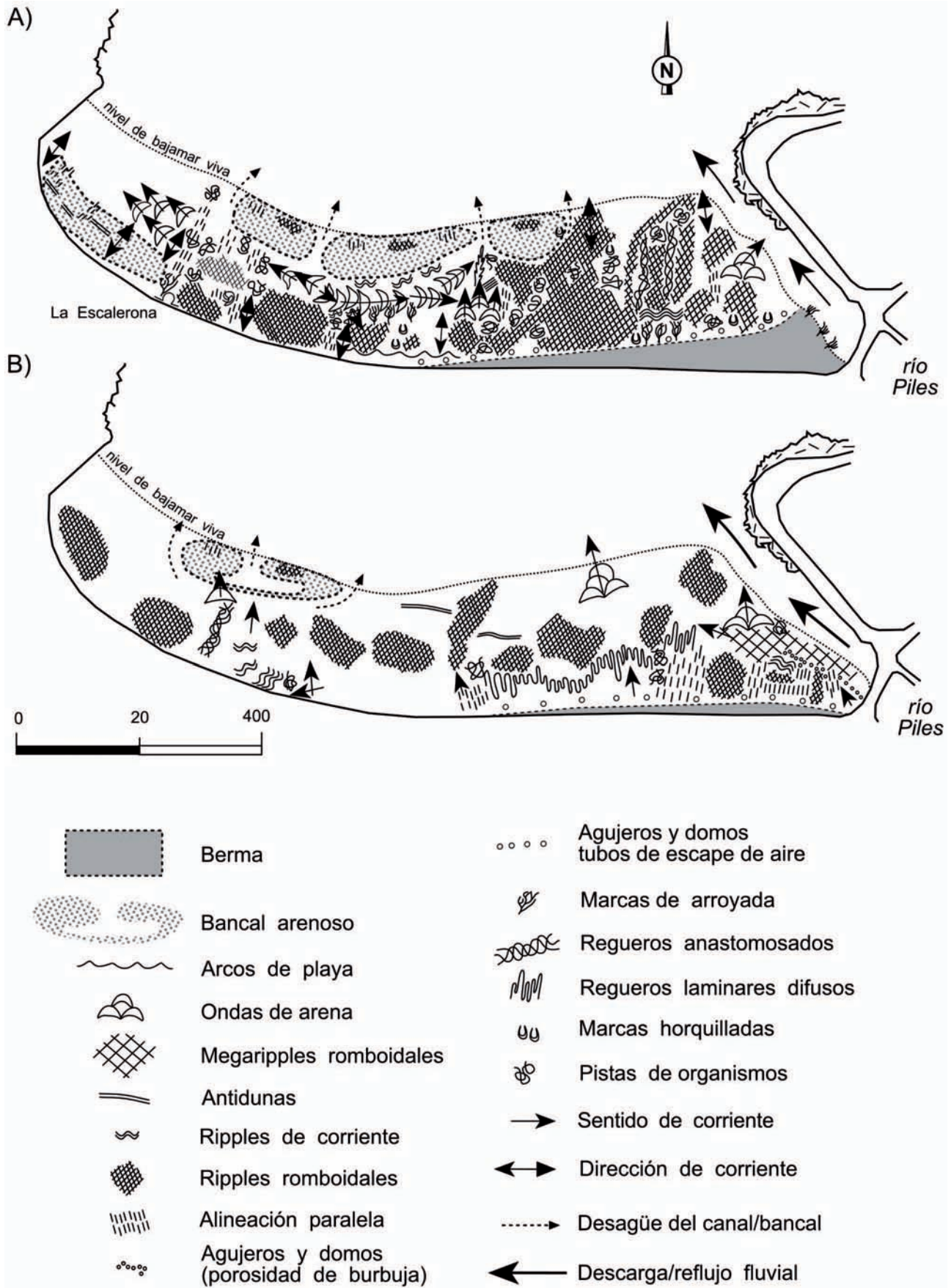
(Fig. 5b). Los ripples de corriente y trazas de locomoción de anélidos son muy escasas y prácticamente inexistentes las marcas horquilladas. Obviamente, la transición a condiciones de calma supone la reposición del perfil transversal propio del estado de equilibrio y la aparición de la gama variada de estructuras superficiales.

San Pedro de Antromero

El amplio conjunto de la playa de Antromero está escasamente rellenado por arenas finas en los dos tercios septentrionales. Hacia el extremo opuesto de la playa, se sustituye por una plataforma de abrasión relativamente



**Fig. 7.-** Formas de lecho superficiales y orgánicas presentes en la playa de Poniente (Gijón) durante las etapas de calma. **A)** Durante el año de 1996 en que tuvo lugar su construcción, y **B)** Durante 2004 (modificado de Flor *et al.*, 2008).



**Fig. 8.-** Estructuras sedimentarias superficiales, tanto de formas de lecho como orgánicas, presentes en la playa de San Lorenzo (Gijón) durante las etapas de calma, como intermedia con terraza de bajamar (A) y disipativa por tormenta (B) (modificado de Flor *et al.*, 1981).



amplia (*flysch*) y una franja estrecha de gravas en contacto con el acantilado (Fig. 9). Consecuentemente, la playa está muy abrigada en su costado septentrional para evolucionar, transicionalmente hacia el S, a una más expuesta y con menor relleno sedimentario. El borde superior arenoso está limitado por una superficie rocosa propia de la costa acantilada asturiana que es inundado durante las pleamares.

Toda la playa emergida es intermareal con una inclinación suave hacia el mar. Tiene una longitud total de 300 m y una anchura de 115 m. Es una playa ultradisipativa cuyo tamaño medio de grano es  $3,03 \phi$  (0,12 mm), propio de arena muy fina, mayor en la franja superior ( $2,64 \phi = 0,16$  mm) y mínimo en la inferior ( $3,42 \phi = 0,09$  mm); el promedio del componente carbonatado biogénico es de 16,76% (Flor *et al.*, 1979). La parte alta de la playa se pone en contacto con el pie de los acantilados, en fase de recesión en las últimas décadas, que la encorsetan impidiendo el desarrollo de la banda supramareal.

Algo menos de la mitad de su anchura está afectada por la construcción de antidunas amplias (Fig. 4g) donde se produce una gran densidad de estructuras de locomoción, principalmente debidas a gasterópodos (Fig. 6f, h) que tienen su hábitat en el borde rocoso (*Nassarius reticulatus*, principalmente, y algunas *Gibbula umbilicalis* y *Littorina littorea*), junto con tubos de poliquetos finos y otros aplanados en sección (Fig. 6c). Menos importantes son los rastros de carcínidos, limícolas y gaviotas, pero más numerosos los de talítridos durante el verano.

La mitad inferior intermareal está profusamente colonizada por agujeros con sección cónica invertida de talasínidos o calianásidos (Fig. 6d) con la trama correspondiente de galerías de *Callianassa subterranea* (Fig. 6e). Hacia la orilla de la bajamar una banda estrecha está muy perforada por anélidos filiformes (*Nephtys hombergii*, *N. cirrosa*, *N. hystrychys*, *Nerine cirratulus* y *Nereis diversicolor*). Se intercala una banda estrecha donde el erizo acorazonado *Echinocardium cordatum* tiene su hábitat. Justo en la línea de la bajamar, donde el sedimento es más fino y con gran cantidad de materia orgánica, se desarrolla el anélido *Arenicola marina* (Fig. 6a), así como algunos individuos de *Scrobicularia plana* (Fig. 6b).

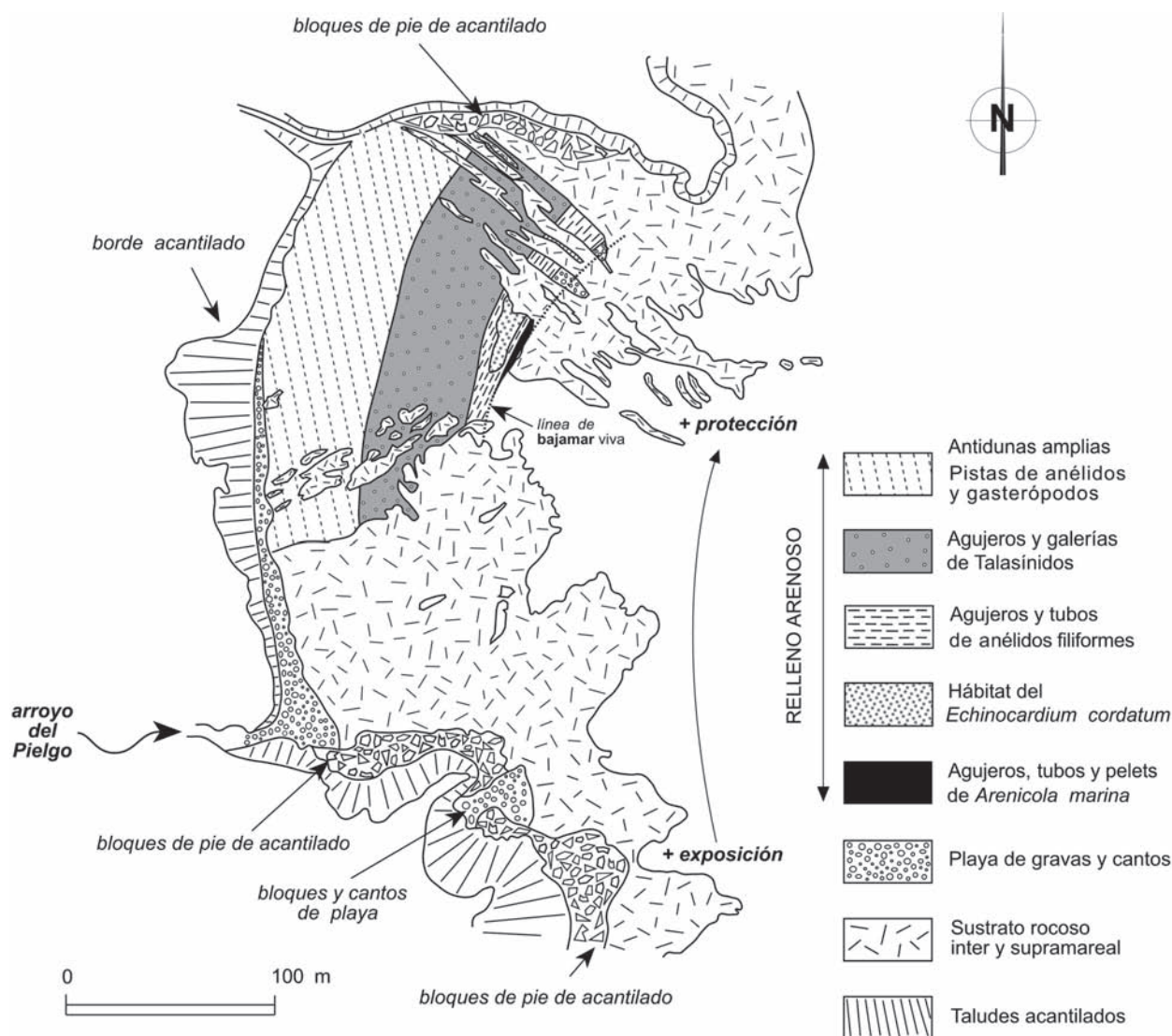


Fig. 9.- Estructuras sedimentarias superficiales, dominado las de origen orgánico, de la playa de San Pedro de Antromero (Concejo de Gozón) durante las etapas de calma (modificado de Flor *et al.*, 1979).

*Parámetros característicos de las playas*

Los perfiles de playa muestran pendientes decrecientes hacia la bajamar, siendo casi planos en la playa ultradisipativa, mientras que en la reflectiva adquieren la típica forma convexa (Finkl, 2014) con pendientes acusadas (Tabla I). Los tamaños de grano se corresponden, más o menos directamente, con las pendientes; no obstante, son numerosos los casos de un incremento en la franja de la bajamar, como en la playa de San Lorenzo para condiciones disipativas, excepto en el área occidental donde domina la sombra energética y el estadio intermedio en que solamente se cumple en el extremo oriental, debido a la acumulación de finos por deriva playera en la terraza de bajamar. En la playa de Poniente, disminuye paulatinamente en la intermareal inferior, excepto en la zona oriental, donde se acumulan los lavados de la mayor parte de la playa (Tabla I).

Los calibrados son mejores en la parte alta de la playa ultradisipativa y las tendencias apuntan a un empeoramiento en la inferior intermareal, tanto en ésta como en el estado disipativo y menos marcadamente en las playas intermedia con terraza de bajamar y reflectiva. Lateralmente, en la disipativa, mejora en el centro y empeora en los extremos e, inversamente, en el intermedio del área oriental al restablecerse la dinámica longitudinal. En el área central de la playa reflectiva, el calibrado es mejor debido a que representa la mayor energía y poder de selección del oleaje, empeorando más en el área de sombra, respecto a la oriental donde se acumulan las fracciones de la deriva dominante de playa (Tabla I).

Las asimetrías tienden, desde la parte alta a la inferior intermareal, desde curvas negativas a positivas en Antromero, áreas central y oriental en el estado disipativo de San Lorenzo y área oriental de la reflectiva, relacionadas con poblaciones arenosas que se cargan de fracciones del transporte de deriva. Las tendencias contrarias se relacionan con procesos de lavado, en este caso con una disminución del tamaño medio de grano desde los extremos occidental de ambos estados morfodinámicos de las playas de San Lorenzo y de la de Poniente (Tabla I).

Las curvas pasan de agudas a chatas desde la parte alta a la intermedia en casi todos los estados morfodinámicos, pero se resuelven en muy picudas en la franja intermareal, debido a la concentración de finos lavados por el vaivén desde la parte alta. En sentido longitudinal, son más agudas en el centro de la playa disipativa, pero en la intermedia se manifiesta una tendencia de curvas medias en el costado oriental a chatas en el occidental, mientras que en la reflectiva lo hace inversamente (Tabla I).

**Discusión**

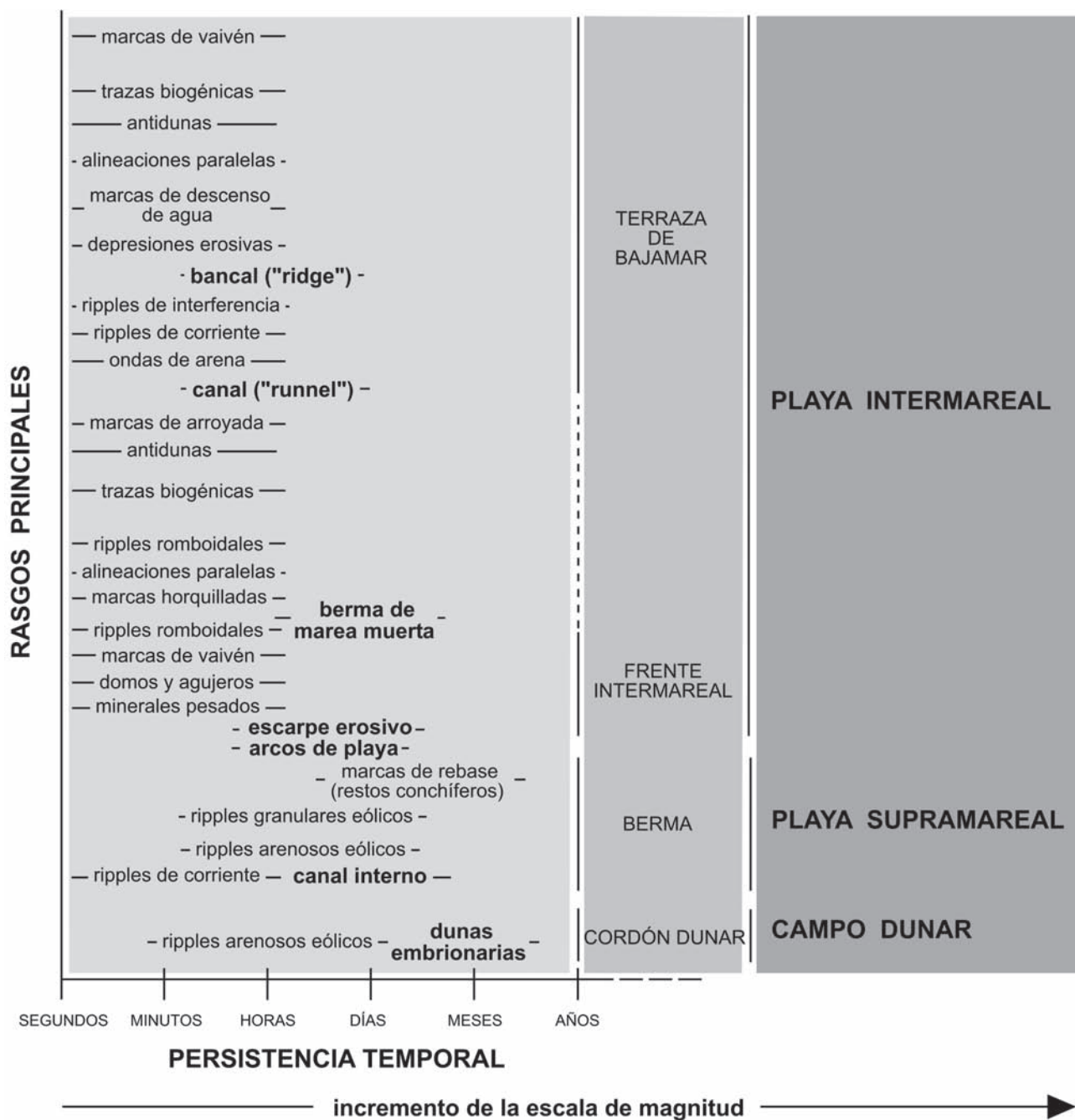
Los modelos de clasificación de playas se han centrado en la distribución morfológica, tipos/estados de playa que engloban las variables ambientales, como son el clima de oleaje, el régimen mareal y las características del sedimento playero, tanto para costas bajo los diferentes tipos de rango mareal, según el nivel energético y el control geológico (Scott *et al.*, 2011).

PLAYA		ESTADO MORFO-DINÁMICO	PENDIENTE (°)			TAMAÑO MEDIO (φ) Mz (mm)			CALIBRADO σ <sub>1</sub> (φ)			ASIMETRÍA Sk <sub>i</sub>			ANGULOSIDAD K <sub>G</sub>		
			S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I	S	M	I
PONIENTE	ORIENTAL	REFLECTIVO	30,5	14,5	12,0	2,72	2,03	2,31	0,78	1,15	1,39	-0,10	-0,03	+0,06	0,92	0,68	2,40
	CENTRAL		25,8	23,0	22,0	0,85	1,70	3,11	0,57	0,75	0,47	0,14	0,00	-0,25	1,11	0,76	1,27
	OCCIDENTAL		23,1	14,0	10,0	0,83	1,87	2,65	0,99	0,47	0,88	0,15	0,08	-0,43	1,45	1,05	2,45
SAN LORENZO	ORIENTAL	INTERMEDIO CON TERRAZA DE BAJAMAR	3,10	1,11	0,95	2,39	2,14	1,95	0,40	0,58	0,68	-0,03	-0,14	-0,16	0,98	0,95	0,93
	CENTRAL		2,32	1,51	1,06	1,88	2,11	2,33	0,72	0,68	0,73	-0,09	-0,20	-0,58	0,93	0,96	1,30
	OCCIDENTAL		2,47	2,13	1,16	1,85	2,11	2,33	0,77	0,68	0,68	-0,10	-0,25	-0,46	0,82	0,95	1,21
SAN LORENZO	ORIENTAL	DISIPATIVO	1,41	1,28	1,18	2,14	2,23	1,53	0,60	0,63	1,04	0,00	-0,28	-0,14	0,90	0,94	1,04
	CENTRAL		2,25	1,70	1,14	2,13	1,79	1,60	0,52	0,64	0,78	-0,22	-0,03	+0,02	1,27	0,97	0,90
	OCCIDENTAL		2,50	2,28	1,12	2,43	2,44	2,20	0,96	0,58	0,83	0,21	-0,20	-0,58	1,07	0,96	1,30
ANTROMERO		ULTRADISIPATIVO	2,01	1,50	0,95	2,63	3,13	3,42	0,35	0,61	0,55	-0,10	-0,03	+0,06	1,15	0,93	1,44

S = INTERMAREAL SUPERIOR      M = INTERMAREAL MEDIO      I = INTERMAREAL INFERIOR

**Tabla I.-** Características de las playas estudiadas en los tramos intermareales superior, medio e inferior para cada estado morfodinámico de las playas estudiadas. Se tienen en cuenta las pendientes en la zona intermareal, los tamaños medios de grano, calibrado, asimetrías y angulosidades.





**Fig. 10.-** Persistencia temporal de las principales estructuras sedimentarias superficiales en una playa emergida de carácter disipativo en sentido amplio, que contenga dunas eólicas asociadas, relacionándose con la escala de magnitud (basado parcialmente en Masselink y Kroon, 2004).

Se aplica el modelo morfodinámico de playas de Wright y Short (1984) para las dominadas por oleajes (Short, 1999) y los tipos modificados por las mareas con la inclusión de playas ultradisipativas "UD" de Short (2006). En este trabajo se caracterizan los 4 modos morfodinámicos (Tabla I) desarrollados: ultradisipativo (Antromero), disipativo e intermedio con terraza de bajamar (San Lorenzo) y reflectivo (Poniente). Se caracterizan mediante las variaciones de las pendientes en sección transversal, desde un perfil convexo representativo de la berma supramareal a una forma cóncava (perfil de equilibrio de playas) en la playa intermareal y los parámetros granulométricos principales que permiten

establecer las distribuciones y las diferencias en cada caso.

En trabajos sobre playas, han sido tenidas en cuenta las morfologías principales (mayor escala) de barras en posición emergida para caracterizar los tipos de playas, incluyendo las de carácter rítmico, como son los arcos de playas, con ondulaciones regulares entre 10 y 40 m, *megacusps* entre 100 y 500 m (Short, 2005), corrientes de resaca, bermas y canal superior, sistema de barra/surco como parte de la terraza de bajamar, incisiones por desarrollo de corrientes de resaca, escalón inter-submareal, etc. Se justifica por el hecho de contribuir mejor al conocimiento de los procesos morfológicos y dinámicos responsables de los

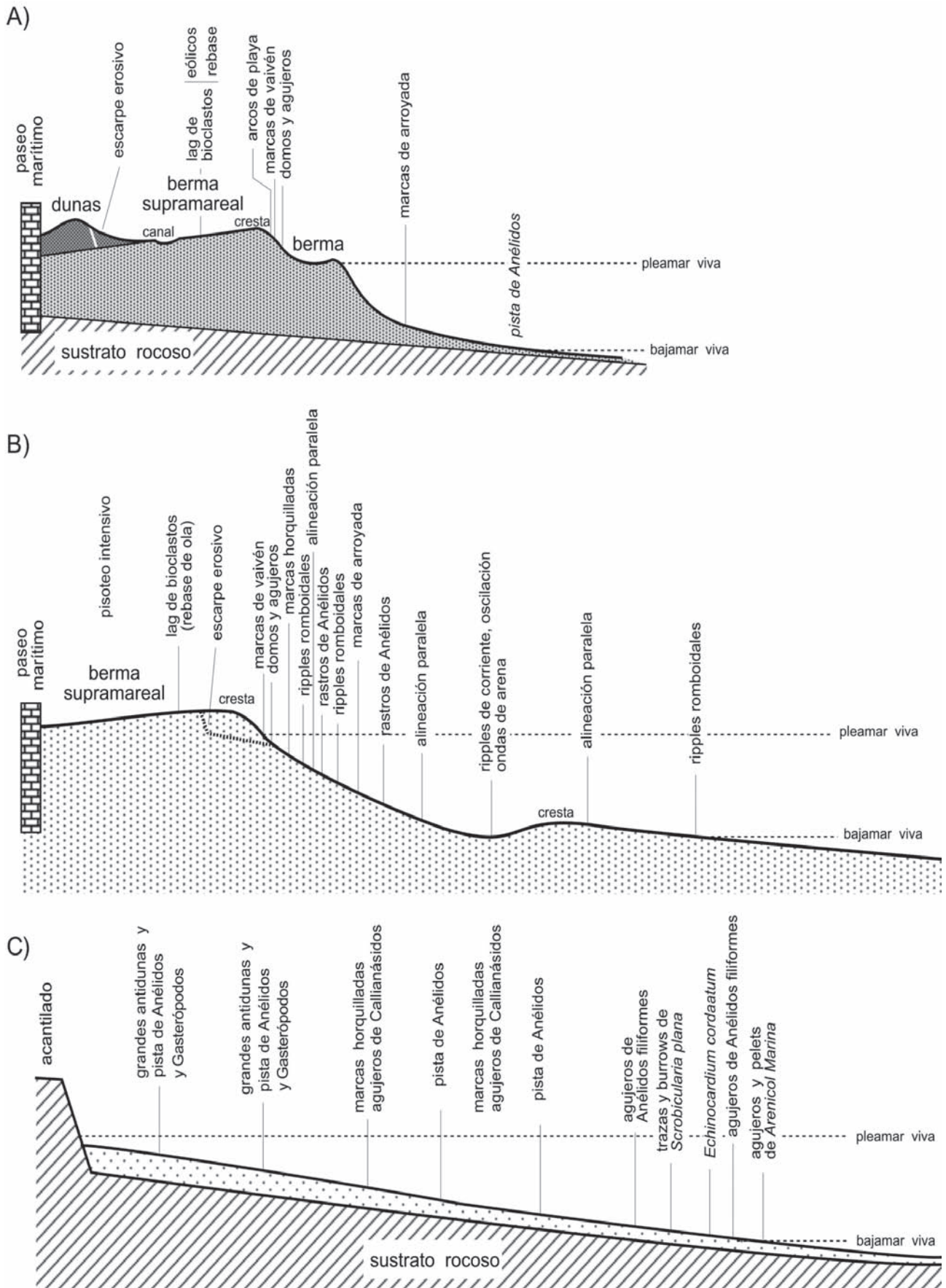


Fig. 11.- Modelo de distribución de las estructuras sedimentarias superficiales en sendos cortes transversales de los sectores emergidos en bajamar de la secuencia morfodinámica de playas disipativas a reflectivas, representadas por las playas de Poniente (A), San Lorenzo (B) y San Pedro de Antromero (C).



cambios del perfil de la playa (Masselink y Kroon, 2004). En este sentido, hay numerosas contribuciones para determinar los mecanismos del transporte costero (Fredsoe y Deigaard, 1993) y la dinámica de *ripples* y *megaripples* en la franja playera (Miles *et al.*, 2014).

En este trabajo, una vez tenidas en cuenta las estructuras mencionadas, se enfatizan las de menor escala que responden a diferentes procesos físicos dependientes, inicialmente con la inundación desde las pleamares hasta el estacionamiento durante las bajamares, así como la actividad biogénica característica dentro de la franja climática templada húmeda por cuanto existe una variación con la latitud (Hacking, 2007).

Se evidencia una persistencia menor de las estructuras que se generan y destruyen en un ciclo mareal (horas) en la franja intermareal de la playa, que forman el grupo de mayor número y diversidad (Fig. 10). Las generadas en el intermareal superior, como bermas de mareas muertas, pueden extenderse durante alguna semana, perdurando hasta antes de la siguiente pleamar viva. El conjunto supramareal con la berma más amplia persiste desde varias semanas a varios meses. El retoque eólico removiliza esta superficie, pudiendo desarrollarse *ripples* arenosos y granulares, colas de arena y depósitos residuales por deflación de las fracciones finas. La consolidación de una morfología dunar representaría el conjunto más perdurable, inicialmente como una duna embrionaria.

Las estructuras sinsedimentarias superficiales varían ampliamente en sus geometrías y dimensiones en entornos reducidos dentro de la zona intermareal. Se han descrito en playas emergidas y con un cierto detalle en las sumergidas (Clifton *et al.*, 1971; Einsele, 2000) para su aplicación a series fósiles, detallando las estratificaciones internas (Immenhauser, 2009). En la franja superior intermareal se forman marcas de vaivén, agujeros y domos de extrusión de aire y *ripples* romboidales. Sobre la franja de barra/surco, particularmente en la zona canalizada, se activan *ripples* de corriente de cresta recta, linguoides, crecécnicos y de interferencia de pequeña y media escala, marcas de arroyada, *ripples* romboidales, y marcas de descenso de agua en los costados de sotavento de megaformas. En la parte intermareal inferior, los *ripples* están cepillados en sus crestas y aparecen conjuntos irregulares de marcas horquilladas con *ripples* de corriente, incluidos con crestas dobles y marcas crecécnicas (Das, 2015). En la franja sumergida, son mucho más monótonas, entre los que destacan los *ripples* de oleaje y ondas de arena y, en muchas ocasiones superpuestos, así como un incremento de las biogénicas a medida que aumenta la profundidad (Martin, 2013), consecuencia de la pérdida de energía y la disminución del tamaño medio de grano, mar afuera.

Los controles fundamentales en el tipo, características, diversidad y número de organismos bioturbadores en la zona intermareal de playas arenosas, que intervienen son: tamaño de grano y consistencia sedimentaria, profundidad del agua, temperatura, salinidad, grado de oxigenación del agua, suministro de alimento, hábitats y método de factura de la traza por parte de cada organismos y tasa sedimentaria (Bridge y Demicco, 2008). También las características

de las mareas, oleajes, pendiente del talud intermareal y la latitud (McLachland y Dorvlo, 2005). Esta riqueza se incrementa lineal y exponencialmente en abundancia de acuerdo con los tipos morfodinámicos de playas, desde reflectivos a macromareales y ultradisipativos (Defeo *et al.*, 1992; MacLachlan, 1996; Defeo y McLachland, 2005). Precisamente, los extremos morfodinámicos de playas, con la consiguiente granulometría contrastada, controlan la colonización diferencial de la macrofauna (Nybakken, 1982).

La macrofauna más característica de playas arenosas está representada por numerosas *phyla*, pero son los crustáceos, moluscos y poliquetos de las zonas supra- e intermareal los dominantes (Brown y McLachland, 1990). Se han propuesto zonaciones, más aceptadas las tripartitas (McLachland *et al.*, 1996), y distribuciones de las estructuras de bioturbación, desde la playa emergida hasta el extremo submareal más profundo (Dörjes y Hertweck, 1975).

Las distribuciones de la fauna macrobentónica han sido objeto de numerosos estudios en playas arenosas actuales, mucho mayor que las restantes estructuras sedimentarias. Un primer condicionante en la tipología reside en la variable climática de la región costera; en este sentido, Dexter (1992) argumenta que, en general, las playas tropicales albergan faunas con una menor diversidad que las templadas, pero deben compararse con las del mismo tipo morfodinámico. También, se han establecido zonaciones faunísticas en playas arenosas que se consideran artificiales por cuanto se solapan zonas contiguas (Degraer *et al.*, 1999) y tampoco se ha incluido el factor de la variación longitudinal propio de playas entre promontorios.

En las costas cantábricas y gallegas, se estudiaron los contenido macrobentónicos de la zona intermareal sobre los 15 cm superficiales de algunas playas arenosas (Lastra *et al.*, 2006). Domina la comunidad de isópodos, anfípodos y poliquetos, incrementándose el número de especies hacia el O, donde se produce el ascenso de aguas costeras de Galicia (afloramiento). La densidad de individuos por metro cuadrado se incrementa al disminuir el tamaño medio de grano de la arena. Sobre otro conjunto de playas asturianas, cántabras y vascas, Rodil *et al.* (2006) encuentran que las mayores densidades y biomasa de la macrofauna aparecen en las franjas medias e inferiores de la playa intermareal, donde los crustáceos son el grupo principal y los moluscos son menos numerosos. En general, en la terraza de bajamar inferior y franja somera submareal de la playa de San Lorenzo, aparecen dispersos algunos bivalvos (*Donax semistriatus*, *Mactra stultorum*) y en la de Poniente (*Tellina incarnata*, *T. tenuis*, *Spisula solida*, *Venus striatula*, *V. casina*, *Mactra stultorum*, *Dosinia lupinus*).

En playas protegidas, los *ripples* simétricos de cresta plana son habituales sometidos a arroyadas muy finas en el costado de barlovento donde se desarrollan fondos con *Arenicola marina* escasa (Fig 6a). La variedad y frecuencia de la actividad orgánica es alta, tanto en la zona inter- como en la supramareal. La infauna de bivalvos (*Scrobicularia plana*), que aprovecha la parte media e inferior, produce una bioturbación relativamente intensa de tubos pares en arenas finas y muy finas con materia orgánica y numerosas marcas estrelladas en superficie (Fig. 6b). Aparecen es-

pecies de infauna de anélidos en las bandas inferiores de la playa donde el sedimento es más fino, colonizada por poli-quetos que practican tubos finos subverticales: *Nephtys hys-trychys*, *N. hombergii* y *N. cirrosa* (Fig. 6c), y *Arenicola marina*, *Diopatra napolitana* (anélido tubícola acorazado ocasional), *Nereis diversicolor*, etc. En la franja intermedia, *Callianasa subterranea* (Figs. 6d, e) y *Echinocardium cordatum*, y algunas especies de bivalvos, como *Mactra virginea* y *Donax vitatus*.

En las partes media y alta, proliferan los rastros de gasterópodos, preferentemente *Nassarius reticulatus*, *Littorina littorea* y *Gibbula umbilicalis* (Fig. 6f), anélidos poliquetos con trazas finas rectilíneas y más abundantes las sinuosas (Fig. 6g), y cangrejos, como el nadador *Polybius henslowii*, el ermitaño *Pagurus bernhardus* y *Diogenes pugilator* (Fig. 6h) y, muy ocasionalmente, *Pachyprusus marmoratus*.

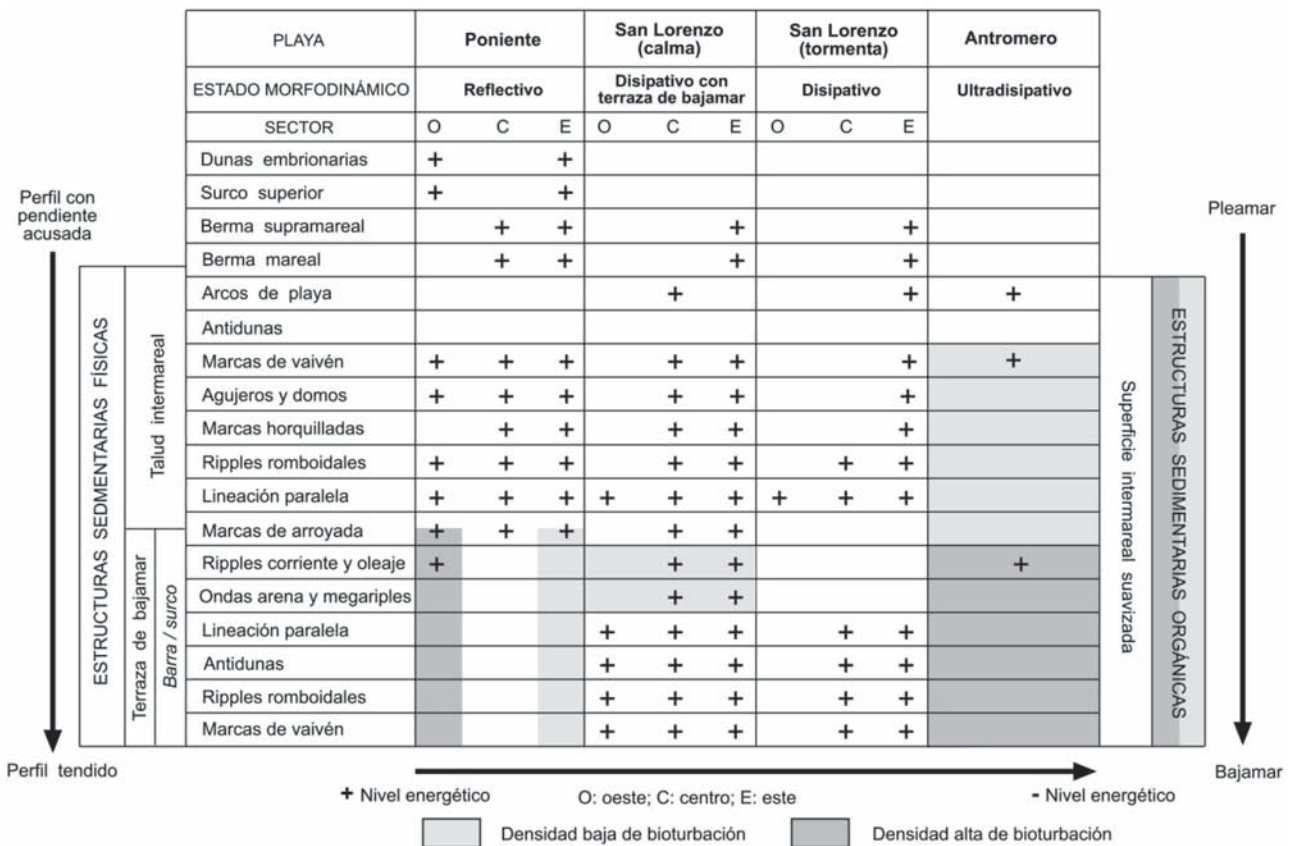
Las pisadas de organismos superiores son ocasional-mente muy abundantes cuando buscan su alimento en la in-fauna, como las aves (Swennen y van der Baan, 1959), representadas por el correlimos común (*Calidris alpina*) y tridáctilo (*Calidris alba*), zarapito (*Numenius arquata*) y gaviota patiamarilla (*Larus cachinnans*). Dejan también la impronta de sus picos sobre los agujeros inspeccionados donde extraen el cebo.

La distribución y abundancia de la fauna bentónica en áreas intermareales de playas arenosas apuntan a una

relación primaria con las condiciones energéticas (Defeo y McLachland, 2005), incrementándose la riqueza específica lineal y exponencialmente desde playas reflectivas a disipativas. Se han establecido correlaciones estrechas entre la riqueza específica y las variables antes apuntadas: pendiente de la playa intermareal, rango mareal y tamaño de las partículas arenosas, así como varios índices del estado de la playa (McLachlan y Dorvlo, 2005). Además de la divesidad específica, la abundancia en playas disipativas es baja en la zona de agitación, incrementándose hacia la playa sumergida (Janssen y Mulder, 2005). Los mayores niveles energéticos del oleaje se manifiestan en sedimentos más groseros en la franja de la pleamar que se disipan concentrándose los finos hacia las bajamares, de modo que algunas especies prefieren determinados tamaños de grano (Snelgrove y Butman, 1994).

Las estructuras sinsedimentarias superficiales en la playa reflectiva de Poniente están dominadas por las de carácter físico por su dinámica de reflexión del oleaje inci-dente, mientras que después de 20 años, incluso se instaló infauna de calianásidos en buena parte de la playa inter-mareal inferior, sometida a una menor exposición, y proli-feran las pistas de locomoción por anélidos (Figs. 7B y 11A) y gasterópodos. Éstas son más importantes en el cos-tado occidental (Tabla II).

La abundancia de estructuras físicas y biogénicas es menor en playas disipativas por erosión estacional y/o cí-



**Tabla II.-** Distribución de las estructuras características de las playas estudiadas para cada estado morfoodinámico, sectorizando longitudinalmente en tres áreas, desde mayor a menor grado de exposición al oleaje incidente: oeste, central y oriental. Las estructuras de origen orgánico se consideran en sentido amplio.



clica, dominando las laminaciones planares de alto flujo en la capa subsuperficial (Jago y Hardisty, 1984) por procesos de vaivén; se incrementan en las intermedias con terraza de bajamar, que exhiben la mayor variedad en la superficie intermareal, como ocurre en San Lorenzo (Figs. 8 y 11B; Tabla II).

En el caso de la playa ultradisipativa de San Pedro de Antromero, se reproducen antidunas amplias en la mitad intermareal superior, que corresponden al momento energético en que la marea se encuentra en su ciclo de desarrollo de mayores velocidades de corriente (media marea descendente) sobre las que se desarrolla una intensa actividad de locomoción por gasterópodos y anélidos; el resto de la playa está afectada por una intensa actividad bioturbadora, así como pistas de locomoción, cuyas especies dominantes se estratifican paralelamente con respecto a la línea de la bajamar (Figs. 9 y 11C; Tabla II).

## Conclusiones

Las playas arenosas mesomareales y semidiarias entre promontorios de Asturias desarrollan morfologías a escala decamétrica en las zonas supra- e intermareales: bermas y sistemas de barra/surco, así como estructuras sedimentarias superficiales de carácter más o menos efímero de origen físico, de magnitud métrica, como arcos de playa, ondas de arena y *megaripples*. Las de menor escala, que son mayoritarias, se generan por corrientes (gran variedad de ondas de arena y *ripples*), así como marcas e impresiones (vaivén, arroyada, etc) durante el intervalo hacia la bajamar. Los organismos que forman parte de la infauna, así como los que colonizan las zonas rocosas circundantes, dejan la impronta de su alimentación, digestión y locomoción.

Se distribuyen en franjas estrechas paralelas a la línea del agua con una cierta regularidad, tendencia que se modifica longitudinalmente por la sectorización de cada playa al adaptarse la incidencia oblicua del oleaje a los promontorios laterales. Las áreas protegidas desarrollan mayor cantidad y variedad de estructuras orgánicas, mientras que la mayor extensión de cada playa reproduce la gama más diversa de estructuras de lecho, arroyada, etc.

La playa de Poniente ha generado dunas eólicas embrionarias en los extremos, con mayor desarrollo en el oriental. Las distribuciones cartográficas de las formas mayores supramareales y de la zona intermareal tienden a agruparse en franjas paralelas al nivel del agua. Las bermas y sistemas de barra/surco son más persistentes en el tiempo. En las playas arenosas de Poniente y San Lorenzo, los arcos de playa se forman en pocas ocasiones, algo más en la primera. Algunas corrientes de resaca en San Lorenzo dejan depresiones de erosión de sus cabeceras, transversales a la alineación de la playa.

Líneas de vaivén y agujeros y domos de escape de aire se extienden en una anchura métrica en cada nivel de pleamar. Playa abajo, se suceden bandas algo más anchas de *ripples* romboidales y lineaciones paralelas. En la base del frente intermareal, se produce el desague intersticial del agua embebida previamente, formándose marcas de arroyada con amplio y frecuente desarrollo en Poniente. En los

canales o surcos del sistema de barra o bancal, se forman *ripples* de corriente variados, incluyendo de interferencia y crestas cepilladas, y ondas de arenas.

En Antromero, como playa ultradisipativa, las estructuras biogénicas se distribuyen también en franjas paralelas a la orilla y son mucho más numerosas comparativamente. En la mitad superior, dominan las pisadas de anélidos y gasterópodos, mientras que la mayor densidad de la infauna se desarrolla hacia la mitad intermareal inferior, donde dominan los crustáceos calianásidos. Se limitan a trazas de locomoción en San Lorenzo (mayor en condiciones de equilibrio: intermedia con terraza de bajamar) y Poniente, que buscan las zonas de sombra laterales, principalmente en la occidental, donde se instala la infauna de calianásidos y algún poliqueto *Arenicola marina*.

## Agradecimientos

Al Dr. Gutiérrez Mas, que ha revisado concienzudamente el original y propuesto numerosas ideas, así como al Dr. Borrego por las sugerencias que sin duda han contribuido a conseguir un original mucho más refinado.

## Bibliografía

- Allen, J.R.L. (1982): Sedimentary structures, their character and physical basis. *Developments in Sedimentology*, 30A: 593 p y 30B: 663 p. Elsevier. N.Y.
- Álvarez Cabal, A. (2012): Estudio de la variabilidad estacional de la playa arenosa de San Lorenzo (Gijón, Asturias). Master Oficial en Recurso Geológicos e Ingeniería Geológica, Departamento de Geología. Universidad de Oviedo, 95 p.
- Álvarez García, M.Á., de Castro Muñoz, M., Cruz Guerrero, R., Gómez Borrego, Á., Pérez Muñozuri, V. y Stoll, H. (2009): El Clima. En: *Evidencias y efectos potenciales del cambio climático en Asturias* (R. Anadón y N. Roqueñi, Coord.). Gobierno del Principado de Asturias, 30-65.
- Birkemeier, W.A. (1985): Field data on seaward limit of profile change. *Journal Waterway, Port, Coastal and Ocean Division*, III, 3, ASCE: 598-602.
- Boer, P.L. de, Oost, A.P. y Visser, M.J. (1989): The diurnal inequality of the tide as a parameter for recognizing tidal influences. *Journal Sedimentary Petrology*, 59: 912-921.
- Bridge, J. y Demicco, R. (2008): Biogenic and chemogenic depositional structures. En: *Earth surface processes, landforms and sediment*. Cambridge University Press, 311-351.
- Brown, A.C. y McLachland, A. (1990): *Ecology of sandy shores*. Elsevier, Amsterdam, 328 p.
- Brustur, T. (1996): Ephemeral traces of animal activity on the beach sand from Mamaia. *GEO-ECO-MARINA, RCGGM, Danube Delta. Black Sea System under Global Changes Impact*: 53-65. <http://www.geocomar.ro/website/publicatii/Nr.1-1996/7.pdf>
- Čepek, P. y Reineck, H.E. (1970): Form und entstehung von riesel marken im watt und strandbereich. *Senckenbergiana Maritima*, 2: 3-30.
- Clifton, H.E. (1976): Wave-formed sedimentary structures: A conceptual model. En: *Beach and nearshore sedimentation* (R.A. Davis, Jr. y R.L. Ethington, Eds). *SEPM, Special ++*, 24: 126-148.

- Clifton, H.E., Hunton, R.E. y Phillips, R.L. (1971): Depositional structures and processes in the non-barred high-energy nearshore. *Journal of Sedimentary Petrology*, 41: 651-670.
- Collinson, J.D. y Thompson, D.B. (1989): *Sedimentary structures* (2ª ed). Academic Division of Unwin Hyman Ltd, Winchester, 207 p.
- Conybeare, C.E.B. y Crook K.A.W. (1982): *Manual of sedimentary structures* (2ª ed). *Australian Bureau of Mineral Resources. Geology and Geophysics Bulletin* 102, 327 p.
- Dalrymple, R.W. y Rhodes, R.N. (1995): Estuarine dunes and bars. En: *Geomorphology and Sedimentology of Estuaries* (G.M.E. Perillo, Ed). *Developments in Sedimentology*, 53: 359-422. Elsevier.
- Das, G.K. (2015): Beach morphology. Estuarine morphodynamics on the Sunderbans. *Coastal Research Library*, 11: 79-80. Springer.
- Davies, R.A. y FitzGerald, D.M. (2004): *Beaches and coasts*. Malden, Massachusets. Blackwell, 419 p.
- De Boer, P.L., Oost, A.P. y Visser, M.J. (1989): The diurnal inequality of the tide as a parameter for recognizing tidal influences. *Journal of Sedimentary Petrology*, 59: 912-921.
- Defeo, O. y McLachland, A. (2005): Patterns, processes and regulatory mechanisms in sandy beach macrofauna: a multi-scale analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 295: 1-20.
- Defeo, O., Jaramillo, E., Lyonnet, A. (1992): Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna on the Atlantic coast of Uruguay. *Journal of Coastal Research*, 8: 830-839.
- Degraer, S., Mouton, I., de Neve, L., Vincx, M. (1999): Community structure and intertidal zonation of the macrobenthos on a macrotidal, ultra-dissipative sandy beach: summer-winter comparison. *Estuaries*, 22: 742-752.
- Dehouck, A., Dupuis, H. y Sénéchal, N. (2009): Pocket beach hydrodynamics: The example of four macrotidal beaches, Brittany, France. *Marine Geology*, 266: 1-17.
- Dexter, D.M. (1992): The sandy beach fauna of praia de Bruce, Bubaque, Guinea-Bissau. *Journal of Biogeography*, 19: 59-66.
- Dörjes, J. y Hertweck, G. (1975): Recent biocoenoses and ichno-coenoses in shallow-water marine environments. En: *The study of trace fossils* (R.W. Frey, Ed). N.Y., Springer, 459-491.
- Einsele, G. (2000): Coastal and shallow sea sediments (including carbonates). *Sedimentary basins, evolution, facies, and sediment budget* (2ª ed). Springer, 94-165.
- Emery, K.O. (1945): Entrapment of air in beach sand. *Journal of Sedimentary Petrology*, 15, 39-49.
- Finkl, Ch.W. (2014). Beaches. En: *Encyclopedia of Marine Geosciences* (J. Harff, M. Meschede, S. Pettersen y J. Thiede, Eds), DOI: 10.1007/978-007-6644-0\_139-1. Springer, 1-19.
- Flor, G. (1979): Depósitos arenosos de las playas de la región de cabo Peñas (Asturias): sedimentología y dinámica. Tesis Doctoral Universidad de Oviedo, 514 p.
- Flor, G. y Flor Blanco, G. (2009): Sedimentología de los depósitos arenosos superficiales de la playa de Vega (Conejo de Ribadesella, Asturias). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 22 (1-2): 105-121.
- Flor, G. y Martínez Arpírez, J.A. (1984): Estructuras sedimentarias superficiales en la playa de San Lorenzo (Gijón, Asturias). *Cuadernos del CRINAS*, 6: 5-19. <http://tematico.asturias.es/dgpsca/fich/Cuadernos%20del%20CRINAS%206.pdf>
- Flor, G., García-Ramos, J. C. y Valenzuela, M. (1979): Actividad biogénica en la playa actual de San Pedro de Antrómero (Asturias). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Geología)*, 77: 181-197.
- Flor, G., Flor-Blanco, G., y Escribano Balín, R. (2008): Características morfológicas y sedimentarias de la playa artificial de Poniente (Gijón-Asturias). Evolución 1995-2004. *Territoris*, 7: 145-156.
- Flor, G., Llera, E. Mª, Ortea, J.A. y Martínez Arpírez, J.A. (1981): Contribución al estudio de la playa de San Lorenzo (Gijón). *Cuadernos del CRINAS*, 1, 47 pp. <http://tematico.asturias.es/dgpsca/fich/CUADERNOS%20DEL%20CRINAS%202.pdf>
- Flor-Blanco, G., Rubio-Melendi, D., Flor, G., Fernández-Álvarez, J.P. (2016): Holocene evolution of the Xagó dune field (Asturias, NW Spain) reconstructed by means of morphological mapping and ground penetrating radar survey. *Geo-Marine Letters*, 36(1): 35-50
- Fredsoe, J. y Deigaard, R. (1993): *Mechanics of coastal sediment transport. Advanced Series on Ocean Engineering*. Vol. 3. World Scientific. London, 367 p.
- Frey, R.W. y Howard, J.D. (1988): Beaches and beach-related facies, Holocene barrier islands of Georgia. *Geological Magazine*, 125: 621-640.
- Friedman, G.M., Sanders, J.E. y Kopaska-Merkel, D.C. (1992): *Principles of sedimentary deposits*. MacMillan Publ., Co., USA, 717 p.
- Gomez Castro, C. (2011): *Morphological variability of embayed beaches along the Catalan coast*. MSc. Universitat Politècnica de Catalunya, 188 p. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Morphological\\_Variability\\_of\\_Embayed\\_Beaches\\_Alone\\_the\\_Catalan\\_Coast\\_Cinthy\\_Gomez.pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Morphological_Variability_of_Embayed_Beaches_Alone_the_Catalan_Coast_Cinthy_Gomez.pdf)
- Greenwood, B. y Davidson-Arnott, R.G.D. (1975): Marine bars and nearshore sedimentary processes, Kouchibougugac Bay, New Brunswick. En: *Nearshore Sediment Dynamics and Sedimentation* (J. Hails y A. Carr, Eds). Wiley, N.Y., 123-150.
- Hacking, N. (2007): Effects of physical state and latitude on sandy beach macrofauna of eastern and southern Australia. *Journal of Coastal Research*, 23(4): 899-910.
- Hallermeier, R.J. (1978): Uses for a calculated limit depth to beach erosion. *Proceeding Coastal Engineering Conference 16th*, Hamburg, Germany, 1493-1512.
- Harley, M.D., Turner, I.L., Short, A.D. y Ranasinghe, R. (2011): Assessment and integration of conventional, RTK-GPS and image-derived beach survey methods for daily to decadal coastal monitoring. *Coastal Engineering*, 58: 194-205.
- Harms, J.C. (1979): Primary sedimentary structures. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 7: 227-248.
- Hayes, M.O. y Michel, J. (2008): *A coast for all seasons: A naturalist's guide to the coast of South Carolina*. Pandion Books. Columbia, South Carolina, 286 p.
- Hellín Medina, J. (2009): *Análisis climatológico del Mar Cantábrico y su influencia en la navegación*. Proyecto Final (Diplomatura Navegación Marítima). Facultad de Náutica de Barcelona. Universidad Politècnica de Barcelona. [https://www.researchgate.net/publication/41559801\\_Analisis\\_climatologico\\_del\\_Mar\\_Cantabrico\\_y\\_su\\_influencia\\_en\\_la\\_navegacion](https://www.researchgate.net/publication/41559801_Analisis_climatologico_del_Mar_Cantabrico_y_su_influencia_en_la_navegacion)
- Hilton, M.J. y Hesp, P. (1996): Determining the limits of beach-nearshore sand systems and the impact of offshore coastal



- sand mining. *Journal of Coastal Research*, 12: 496-519.
- Howard, J.D. y Frey, R.W. (1985): Physical and biogenic aspects of backbarrier sedimentary sequences, Georgia Coast, U.S.A. *Marine Geology*, 63: 77-127.
- Immenhauser, A. (2009): Estimating palaeo-water depth from the physical rock record. *Earth-Science Reviews*, 96: 107-139.
- Inman, D.L. y Adams, P.N. (2005): *Bedforms and closure depth on equilibrium beaches*. Final Technical Report. Scripps Institution of Oceanography, La Jolla, Ca. Integrative Oceanography Division, 19 p.
- Jago, C.F. y Hardisty, J. (1984): Sedimentology and morphodynamics of a macrotidal beach, Pendine Sands, SW Wales. *Marine Geology*, 60: 123-154.
- Janssen, G. y Mulder, S. (2005): Zonation of macrofauna across sandy beaches and surf zones along the Dutch coast. *Oceanologia*, 47: 265-282.
- Klein, A.H.F., Ferreira, O., Dias, J.M.A., Tessler, M.G., Silveira, L.F., Benedet, L., de Menezes, J.T. y de Abreu, J.G.N. (2010): Morphodynamics of structurally controlled headland-bay beaches in southeastern Brazil: a review. *Coastal Engineering*, 57: 98-111.
- Lastra, M., de la Huz, R., Sánchez-Mata, A.G., Rodil, I.F., Aerts, K. Aerts, Beloso, S. y López, J. (2006): Ecology of exposed sandy beaches in northern Spain: Environmental factors controlling macrofauna communities. *Journal of Sea Research*, 55: 128-140.
- Lindholm, R.C. (1987): *A practical approach to Sedimentology*. Springer, 276 p.
- Loureiro, C., Ferreira, O. y Cooper, J.A.G. (2012): Geologically constrained morphological variability and boundary effects on embayed beaches. *Marine Geology*, 329: 1-15.
- Martin, A.J. (2013): *Life traces of the Georgia Coast: Revealing the unseen lives of plants and animals*. Indiana Univ. Press, Bloomington, Indiana, 692 p.
- Martinius, A.W. y Van den Berg, J.H. (2011): *Atlas of sedimentary structures in estuarine and tidally-influenced river deposits of the Rhine-Meuse-Scheldt system: Their application to the interpretation of analogous outcrop and subsurface depositional systems*. EAGE Pub. Houten, 298 p.
- Martos de la Torre, E. y Flor, G. (2004): Controles morfológicos y sedimentarios en relación con los ciclos estacionales en la playa de cantos de Aramar (Luanco, Asturias). En: (G. Benito y A. Díez Herrero, Eds). *VIII Reunión Nacional de Geomorfología*. Comunicaciones, V. I: 273-281.
- Masselink, G. y Kroon, A. (2004): Morphology and morphodynamics of sandy beaches. En: *Coastal Zones and Estuaries. Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS)*. Eolss Publishers, Oxford, UK, 23 p. (<http://www.eolss.net/sample-chapters/c09/e2-06-02-04.pdf>).
- Masselink, G. y Short, A.D. (1993): The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: A conceptual beach model. *Journal of Coastal Research*, 9: 785-800.
- McLachlan, A. (1988): Behavioural adaptations of sandy beach organisms: an ecological perspective. En: *Behavioral adaptation to intertidal life*. (G. Chelazzi y M. Vannini, Eds). Plenum Publ. Copr. Springer Science+Business, N.Y., 449-475.
- McLachlan, A. y Dorvlo, A. (2005): Global patterns in sandy beach macrobenthic communities. *Journal of Coastal Research*, 21: 674-687.
- McLachlan, A., de Ruyck, A., and Hacking, N. (1996): Community structure on sandy beaches: patterns of richness and zonation in relation to tide range and latitude. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 451-67.
- Miles, J., Thorpe, A., Russell, P. y Masselink, G. (2014): Observations of bedforms on a dissipative macrotidal beach. *Ocean Dynamics*, 64: 225-239.
- Nombela, M.Á. (2005): ¡Vamos a la playa! Dinámica sedimentaria en playas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 13 (2): 138-145.
- Nybakken, J. W. (1982): *Marine biology: an ecological approach*. Harper & Row, N.Y., 446 p.
- Pettijhon, F.J. y Potter, P.E. (1964): *Atlas and glossary of primary sedimentary structures*. N.Y. Springer-Verlag, 370 p.
- Pettijhon, F.J., Potter, P.E. y Siever, R. (1987): *Sand and Sandstone (2ª ed.)*. Springer-Verlag, 553pp.
- Pickard, M.D. y High, L.R. jr. (1973): Sedimentary structures of ephemeral streams. *Developments in Sedimentology*, 17, Elsevier, 223 p.
- Pilkey, O.H., Rice, T.M. y Neal, W.J. (2004): *How to read a north Carolina beach. Bubble holes, barking sands, and rippled runnels (Southern Gateways Guides)*. UNC Press, 162 p. y [http://www.amazon.com/How-Read-North-Carolina-Beach/dp/0807855103#reader\\_0807855103](http://www.amazon.com/How-Read-North-Carolina-Beach/dp/0807855103#reader_0807855103).
- Pilkey, O.H., Neal, W.J., Kelley, J.T. y Cooper, J.A.G. (2011): *The world's beaches. A global guide to the science of the shorelines*. University of California Press. Berkeley, CA, 283 p.
- Pinazo Ojer, J.M<sup>a</sup> (2010). *Condiciones climáticas exteriores de proyecto. Guía técnica. Ahorro y eficiencia energética en climatización 12*. IDAE. [http://asesoramentotecnico.coag.es/wp-content/uploads/2010/02/guia\\_12\\_condiciones\\_climaticas\\_v05.pdf](http://asesoramentotecnico.coag.es/wp-content/uploads/2010/02/guia_12_condiciones_climaticas_v05.pdf)
- REDMAR (2014): *Puerto de Gijón*. Puertos del Estado. Ministerio de Fomento. [http://calipso.puertos.es/BD/informes/globales/GLOB\\_2\\_3\\_3108.pdf](http://calipso.puertos.es/BD/informes/globales/GLOB_2_3_3108.pdf)
- Reineck, H.E. y Singh, I.B. (1980): *Depositional sedimentary environments, with reference to terrigenous clastics (2ª ed.)*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 551 p.
- Rodil, I.F., Lastra, M. y Sánchez-Mata, A.G. (2006): Community structure and intertidal zonation of the macroinfauna in intermediate sandy beaches in temperate latitudes: North coast of Spain. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 67: 267-279.
- Santás, J.C. y de la Peña, J.M. (2009): New requirements on beach design: limiting states condition. En: *Coastal Processes (C.A: Brebbia, G. Benassai y G.R. Rodriguez, Eds)*. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 126: 273-282. WIT Press.
- Scott, T., Masselink, G. y Russell, P. (2011): Morphodynamic characteristics and classification of beaches in England and Wales. *Marine Geology*, 286: 1-20.
- Seilacher, A. (1953): Studien zur palichnologie. 1. Über die methoden der Palichnologie. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*, 96: 421-452.
- Short, A.D. (1996): The role of wave height, period, slope, tide range and embaymentisation in beach classifications: A review. *Revista Chilena de Historia Natural*, 69: 589-604.
- Short, A.D. Ed. (1999): *Handbook of beach and shoreface morphodynamics*. John Wiley and Sons, Chichester, 379 p.
- Short, A.D. (2005): *Beaches of the Queensland coast: Cooktown to Coolangatta*. Sidney University Press, 360 p.
- Short, A.D. (2006): Australian beach systems - nature and distribution. *Journal of Coastal Research*, 22 (1): 11-27.
- Short, A.D. (2010): Role of geological inheritance in Australian beach morphodynamics. *Coastal Engineering*, 57: 92-97.

- Snelgrove, P.V.R. y Butman, C.A. (1994): Animal-sediment relationships revisited: causes versus effect. *Oceanography and Marine Biology. Annual Review*, 32: 111-177.
- Sotillo, M. (2005): Temporales en la costa cantábrica: correlación de alturas y periodos de olas. *Ingeniería Civil*, 140: 122-128.
- Swennen, C. y van der Baan, G. (1959): Tracking birds on tidal flats and beaches. *British Birds*, 52: 15-18.
- Vela Planas, M. (2012): *Variación estacional de la playa artificial de El Gayo (Luanco, Asturias)*. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. Master Oficial en Recurso Geológicos e Ingeniería Geológica, 84 p.
- Wiegel, R. L. (1964): *Oceanographical Engineering*. Prentice Hall, New Jersey, 532 p.
- Witherington, B y Witherington, D. (2011): *Living beaches of Georgia and the Carolinas, a beachcomber's guide*. Pineapple Press, Inc. Sarasota, Florida, 352 p.
- Wright, L.D. y Short, A.D. (1984): Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A synthesis. *Marine Geology*, 56: 93-118.

MANUSCRITO RECIBIDO EL 11-03-2016

RECIBIDA LA REVISIÓN EL 22-06-2016

ACEPTADO EL MANUSCRITO REVISADO EL 7-07-2016