

Dinámica costera y antropización en playas uruguayas. Un análisis integrado para su conservación

Gabriella M. Boretto^{1,2,*}, Sabrina Rouzaut^{1,2}, Marcela Cioccale¹,
Sandra Gordillo^{1,2} y Yanina Benitez¹

¹ Universidad Nacional de Córdoba, Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Córdoba, Argentina.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET), Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra, (CICTERRA), Av. Vélez Sársfield 1611, Edificio CICTERRA, 1° Piso of. 18, X5016CGA, Ciudad Universitaria, Córdoba, Argentina.

* gmboretto@yahoo.com.ar

RESUMEN

Los ambientes costeros están siendo afectados a escala global por una excesiva urbanización, crecimiento industrial y turismo, generando erosión, pérdida de biodiversidad y alteración del ecosistema; estas alteraciones constituyen potenciales riesgos con consecuencias negativas tanto ambientales como socioeconómicas. El sector litoral uruguayo, caracterizado por amplias playas de arenas separadas por promontorios rocosos, no es ajeno a esta problemática mundial. Considerando aspectos geomorfológicos, sedimentológicos y malacológicos se pretende comprender el impacto antrópico en la dinámica litoral y de esta manera contar con una base de datos que sirva para evaluar el manejo del recurso playa. Para ello se compararon siete playas del Departamento Maldonado, una de las cuales se encuentra en el ambiente estuarial mientras que las demás están sobre el margen atlántico, con distintos grados de antropización y urbanización. A través del análisis geomorfológico, haciendo uso de imágenes satelitales, modelos digitales de elevación, procesamiento y almacenamiento de datos en un sistema de información geográfico, se parametrizó cada subambiente costero (mesoplaya, supraplaya, duna y duna modificada) teniendo en cuenta área, ancho, pendiente y perfil transversal en cada sitio. El análisis granulométrico permitió caracterizar cada localidad y cada subambiente; mediante estadística se pudo establecer una relación entre el aumento de la desviación estándar y la antropización en la franja litoral. La composición faunística particularizó cada playa, además mediante el cálculo de distintos índices se identificaron los sitios con mayor diversidad y dominancia. Se determinó que la antropización en la franja costera mediante incipiente desarrollo urbanístico modifica el sector de dunas generando una reducción de todos los subambientes, exponiendo zonas más vulnerables a la erosión inducida. Se espera que este trabajo sea útil en la planificación del ambiente litoral e identificación de zonas críticas.

Palabras claves: dinámica costera; antropización; playas; granulometría; moluscos; Uruguay.

ABSTRACT

Coastal environments are being affected on a global scale by excessive urbanization, industrial growth and tourism, which are causing erosion,

loss of biodiversity and ecosystem alteration, constituting potential risks that entail negative environmental and socioeconomic consequences. In this sense, the Uruguayan coast, characterized by extensive sandy beaches separated by rocky promontories, is not excluded from to this global problem. Focusing on geomorphological, sedimentological and malacological aspects, we tackle the anthropic impact on littoral dynamics with the purpose of creating a database to evaluate different aspects related to the beach resource management. In this work, seven beaches from Maldonado Department were compared, one on which is on an estuarial environment while the others are on the Atlantic margin, and they all present different degrees of anthropization and urbanization. Each coastal zone (foreshore, backshore, dune and modified dune) was parameterized taking into account the area, width, slope and cross section through a geomorphological analysis, making use of satellite images, digital elevation models, and processing and storage of data in a geographic information system. The grain size analysis allowed the characterization of each site and coastal zone, and by statistics it was possible to establish a relationship between the increase of the standard deviation and the anthropization in the coastal strip. The faunal composition identified in the beaches and different index calculations showed the sites with the greatest diversity and dominance. The anthropization in the coastal strip is associated with incipient urban development, which modifies the dune sector generating a reduction of the coastal zones, exposing more vulnerable areas to littoral erosion. This results presented in this paper may contribute to a better management of the coastal environment and to identify critical zones.

Key words: coastal dynamics; anthropization; beaches; grain size; mollusks; Uruguay.

INTRODUCCIÓN

Las playas del margen atlántico uruguayo, ampliamente conocidas por su atractivo como destino turístico, se encuentran antropizadas y urbanizadas, lo que hace necesario un monitoreo periódico para evaluar los procesos erosivos y así prevenir efectos negativos, y poder conservarlas. Con un enfoque multidisciplinario, que aborda aspectos geomorfológicos, sedimentológicos y malacológicos, este trabajo brinda herramientas para planificar un adecuado manejo del recurso playa, como se describe a continuación.

El litoral marino

Las playas de Uruguay son ambientes dominados por el oleaje, pueden clasificarse genéricamente como “ambientes micromareales” en la costa oceánica y estuarial (Panario y Gutiérrez, 2006), y al no tener mayores efectos tectónicos resultan áreas interesantes para el estudio de la morfodinámica costera. La zona costera está conformada por un conjunto de sedimentos muy recientes, que integran principalmente las playas, cordones y flechas litorales, dunas, lagunas costeras, entre otras geoformas (Goso Aguilar y Muzio, 2006). Respecto a la presencia de moluscos, alrededor de 300 especies y subespecies de bivalvos, gasterópodos marinos y estuariales han sido registrados en esta costa (Scarabino, 2006; Scarabino *et al.*, 2006a, 2006b), desde la supraplaya hasta los 50 m de profundidad (Scarabino, 2006).

Antropización, urbanización y erosión

A lo largo de la costa se han establecido y desarrollado urbanizaciones cuyas economías locales están muy ligadas al turismo, por lo que el recurso “playa” es altamente apreciado. En consideración hay que destacar dos conceptos: (1) antropización que es la transformación del ambiente ejercida por el hombre, y (2) urbanización, que es la concentración de poblaciones mediante el desarrollo de infraestructura (Martínez-Dueñas, 2010; de Andrés *et al.*, 2018). La erosión de las playas, causada por procesos naturales, es agravada debido a las actividades humanas, siendo este un problema significativo que afecta las áreas costeras de todo el mundo (Short, 1999; Lindeboom, 2002; Defeo *et al.*, 2009; Carranza-Edwards, 2010; Silva *et al.*, 2014; Cuevas Jiménez *et al.*, 2016; García-Ayllón, 2018; Grigs y Patsch, 2018). El impacto de la erosión litoral constante afecta a las comunidades, hábitats faunísticos y a las urbanizaciones establecidas, generando importantes efectos con consecuencias ambientales y socioeconómicas (Carranza-Edwards, 2010; Cuevas Jiménez *et al.*, 2016).

Breves relatos históricos de la transformación del paisaje

La ciudad costera más desarrollada es Punta del Este, ubicada en la península de mismo nombre. El margen SO se encuentra en el sector terminal del ambiente estuarial (transición Río de La Plata – Océano Atlántico) y el margen NE es bañado por el Atlántico Sur (Figura 1). Su población permanente es de 12,423 habitantes, incrementándose a 450000 habitantes durante los meses estivos por la gran cantidad de afluencia turística. En esta localidad, fundada en el año 1829 como Villa Ituzaingó, se expandía un gran desierto con enormes médanos; para contener la avalancha de arena hacia el poblado se ideó la forestación de la región costera a través de plantaciones de pinos hacia finales del siglo XIX (Fischer y Pisani, 1998). La antropización generó un marca-

do cambio del paisaje, transformando el árido terreno en un extenso bosque. En 1907 el pueblo cambió su nombre por Punta del Este, y a partir de esa fecha hasta la actualidad el balneario ha crecido considerablemente en número de habitantes y de visitantes, consolidándose como un importante destino turístico internacional.

Vulnerabilidad del recurso “playa” y manejo costero

La dinámica costera ha sido afectada por la urbanización y forestación, una situación que ha generado una constante erosión inducida por la presión antrópica provocando efectos negativos como consecuencia de un desbalance en el equilibrio entre el sistema de dunas y la playa, es decir debido a un inapropiado uso del recurso “playa” y del ambiente litoral. Según Nayak (2000) el manejo costero exitoso requiere, entre otras cosas, la identificación de áreas vulnerables basada en la erosión y tendencias de desarrollo, lo cual puede realizarse a través de un análisis basado en un sistema de información geográfico (SIG) para posteriormente generar índices de vulnerabilidad.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo es interpretar el impacto antrópico en la dinámica litoral en un sector de la costa de Uruguay mediante un enfoque multidisciplinario, a través del análisis geomorfológico, sedimentológico y malacológico, que sirva de base para evaluar diferentes aspectos relacionados con el manejo del recurso “playa”.

CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio se encuentra en el sector costero del margen septentrional estuarial extendiéndose hacia el margen atlántico uruguayo en el Departamento Maldonado. Con base en diferentes niveles de urbanización se han seleccionado siete playas, considerando para su análisis la franja litoral comprendida entre la línea de costa y la ruta nacional N° 10. Estas localidades son, de sur a norte: (1) La Mansa, (2) Brava I, (3) Brava II (estas tres localidades dentro del ejido de Punta del Este), (4) El Chorro, (5) Manantiales, (6) Balneario Buenos Aires y (7) José Ignacio (La Brava) (Figura 1).

El clima en esta región costera es templado oceánico y los datos meteorológicos indican que las temperaturas medias son de 22 °C en verano (diciembre-marzo) y de 12 °C en invierno (junio-septiembre). Las precipitaciones alcanzan los 1020 mm/ anuales, siendo la estación fría la más húmeda (INUMET, 2017).

La morfología de las playas es mayoritariamente de arcos entre puntos duros o cabos proyectados hacia el mar y que pueden ser descriptos por la ecuación de espiral logarítmica de Bernoulli (Viana y Ramos, 1994). Los arcos de playa evolucionan en el espacio respondiendo a un

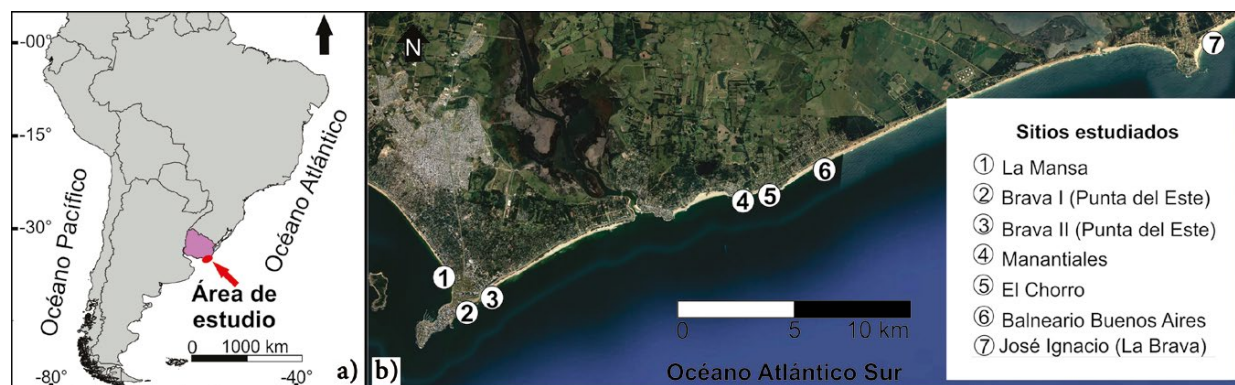


Figura 1. a) Localización del área de estudio. b) Localización de las playas seleccionadas para el estudio: (1) La Mansa, (2) Brava I, (3) Brava II, (4) El Chorro, (5) Manantiales, (6) Balneario Buenos Aires y (7) José Ignacio (La Brava).

modelo de disipativo a reflectivo en la dirección en que se despliega el espiral y la deriva litoral (Panario y Gutiérrez, 2006), obteniéndose una configuración que presenta en cada punta rocosa una playa “brava” ubicada al E y una “mansa” al O (Panario y Gutiérrez, 2006). En esta costa, donde la amplitud de la marea es pequeña, la principal fuente de energía que llega a las playas es del oleaje. El mismo está ligado al clima de olas en mar abierto y a las modificaciones de la corriente al atravesar la plataforma interna hasta llegar a la zona de rompiente (Gómez Pivel, 2006). A su vez, en la rompiente, el oleaje está subordinado a una serie de factores locales relacionados con la orientación, gradiente y morfología de la plataforma, por lo tanto, puede variar considerablemente en poco espacio (Short, 1999). Finalmente se menciona que la dirección SO de la deriva litoral en el área de estudio es gobernada por el ángulo de incidencia del mar de fondo, tanto en el estuario como en la costa atlántica (MTOP-PNUD-UNESCO, 1980; Panario y Gutiérrez, 2006).

Marco geológico-geomorfológico del área de estudio

La conformación geológica de la costa uruguaya, tanto aflorante como subaflorante, es ampliamente heterogénea. Goso Aguilar y Muzio (2006) describen la historia estratigráfica del área, cuyas rocas más antiguas pertenecen al basamento cristalino, de composición ígnea y metamórfica (bajo y alto grado) de edades proterozoicas a cámbricas. Este conjunto de rocas aflora en las puntas rocosas (cabos) y cerros de la región, siendo el sustrato sobre el cual se apoya otro conjunto diverso de sedimentos y rocas sedimentarias terciarias y los sedimentos modernos del Cuaternario (Ubilla *et al.*, 2004; Goso Aguilar y Muzio, 2006). Los depósitos cenozoicos representan la acción de procesos geológicos vinculados a cuencas de sedimentación marginales (que se encuentran en la actual plataforma continental) y que estuvieron controladas por las oscilaciones del nivel del mar de origen tectónico y climático (Ubilla *et al.*, 2004; Goso Aguilar y

Muzio, 2006). La geomorfología de la costa está más subordinada a la herencia geológica que a los procesos dinámicos actuales debido a la presencia de sustrato cristalino poco profundo y aflorante en muchos puntos (Gómez Pivel, 2006). El sustrato elevado es el responsable del ancho reducido en la planicie costera, que pudo desarrollarse mejor en los sitios donde ocurrieron procesos de subsidencia asociados a fallas tectónicas activadas durante el Terciario (Bossi y Montaña, 1999). Asimismo, las fallas determinaron la formación y localización de las lagunas costeras (Panario *et al.*, 1993).

Circulación de las masas de agua

La circulación de las masas de aguas en el área de estudio está fuertemente influenciada por la pluma de descarga del Río de La Plata (Figura 2) (Ciotti *et al.*, 1995; Acha *et al.*, 2003; Möller *et al.*, 2008; Piola *et al.*, 2008; Lantusch *et al.*, 2014; Nagai *et al.*, 2014; Pérez, 2014), ya que representa el principal contribuyente de agua con bajas concentraciones de salinidad y sedimentos hacia la región de plataforma continental adyacente. En consecuencia, el impacto antrópico sobre sus márgenes y cuenca de drenaje aporta, a su vez, contaminantes a esta región (Bisbal, 1995; Bonachea *et al.*, 2010; Pérez *et al.*, 2016). La circulación del Atlántico Sur en esta región está caracterizada por la colisión a nivel del talud de las corrientes marinas de Brasil (B) (altos valores de salinidad y temperatura, bajo nivel de nutrientes) y Malvinas (M) (patrón opuesto) (Piola *et al.*, 2008; Pérez, 2014). La confluencia subtropical B-M exhibe variaciones intranuales en su posición latitudinal, asociadas a cambios en la circulación atmosférica sobre la región (Bisbal, 1995). Durante el verano-otoño existe prevalencia de agua de plataforma subtropical en la plataforma continental uruguaya, mientras que en invierno-primavera domina el agua de plataforma subantártica (Ortega y Martínez, 2007). En resumen, a través de un gradiente costa-oceano existe influencia de aguas salobres hasta los 50 m

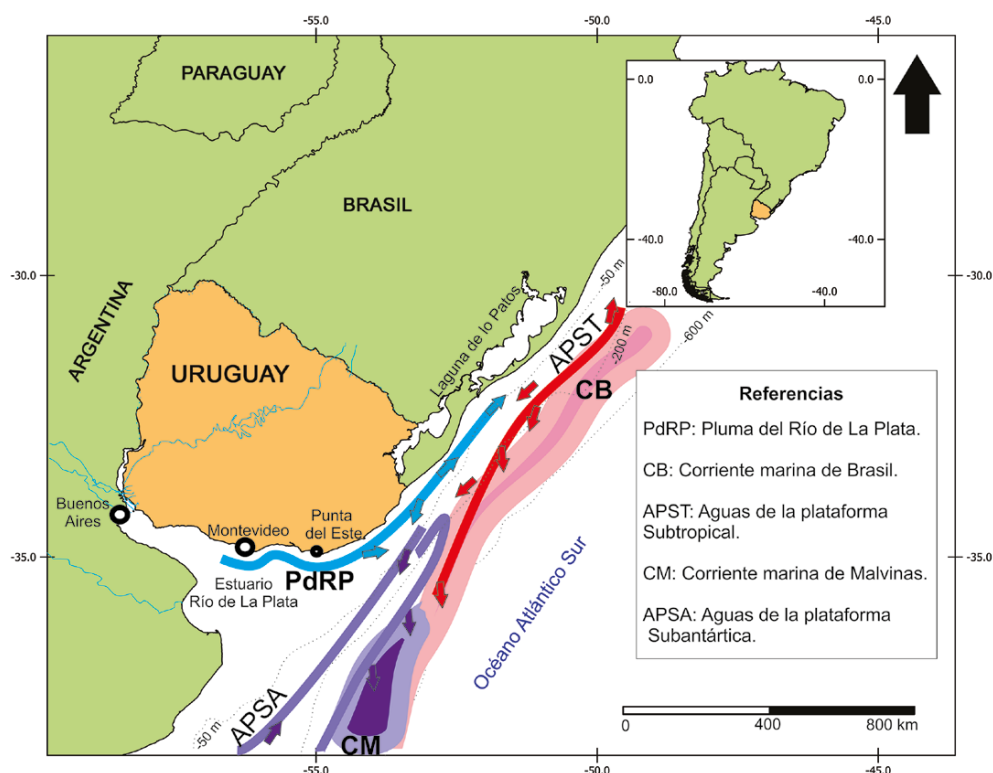


Figura 2. Circulación de las masas de agua frente a la costa de Uruguay. Modificado de Bender *et al.* (2013) y Pérez (2014). Abreviaturas, PdRP: pluma del Río de La Plata, CB: corriente marina de Brasil, APST: aguas de la plataforma subtropical, CM: corriente marina de Malvinas, APSA: aguas de la plataforma subantártica.

de profundidad, luego existe una interacción de aguas con contrastantes niveles de salinidad, nutrientes y temperatura, generando una región extremadamente heterogénea y dinámica (Ciotti *et al.*, 1995; Calliari *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2016).

MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis e interpretación de imágenes satelitales

Análisis geomorfológico

Este estudio se llevó a cabo haciendo uso de imágenes satelitales ESRI (ArcGis Imagery) de 1 m resolución y de Google Earth Pro de 1 m resolución, y modelo de elevación digital (DEM, por sus siglas en inglés) ALOS PALSAR de 12.5 m resolución y SRTM de 30 m de resolución. Se trabajó en sistema de referencia LatLong WGS84, considerando una escala de aproximadamente 1:500 para cada localidad, la cual se ajusta según la topografía en cada sitio. El mapeo digital de las unidades geomorfológicas se realizó mediante el programa ArcGis. Los perfiles de los sectores muestreados se generaron con el programa Global Mapper al igual que el DEM de pendientes del cual se obtuvieron los valores numéricos expresados en grado. El análisis geomorfológico se realizó siguiendo el criterio empleado por Marcomini y López (1997). En este trabajo se consideran los sub-ambientes: mesoplaya, supraplaya, berma y duna de la zonificación del perfil litoral propuesta por Carranza-Edwards y Caso-Chávez (1994). Cabe destacar que los términos mesoplaya y supraplaya son equivalentes a zona/playa frontal (“foreshore”) y zona/playa distal (“backshore”), respectivamente, empleados por Spalletti (1980) para la región costera rioplatense y argentina del Atlántico Sur, cuya terminología es utilizada localmente por diversos autores (Marcomini y López, 1997; Isla *et al.*, 1998; Merlotto *et al.*, 2017, entre otros).

Categorización de las playas con base en el desarrollo humano

Teniendo en cuenta que la franja litoral tiene como límites: hacia el mar la línea de costa y hacia el continente la ruta nacional N° 10, y sobre la base de las observaciones efectuadas en el sitio mediante las imágenes satelitales para evaluar el tipo de infraestructura desarrollada (edificaciones, entre otros aspectos asociados a la acción humana) se propone categorizar a estos ambientes costero-urbanos considerando:

(1) *Urbanización adyacente a la franja costera*. Alta: urbanización consolidada, calles asfaltadas, edificios en altura, densidad poblacional relativa alta. Moderada: urbanización con trazado de calles mayoritariamente sin asfaltar, casas residenciales y complejos turísticos, incipientes desarrollos inmobiliarios, densidad poblacional relativa baja. Baja: urbanización con trazado de calles sin pavimentar, casas bajas, densidad poblacional relativa baja.

(2) *Antropización dentro de la franja costera*. Alta: urbanización en zonas de dunas modificadas con trazado de calles, casas residenciales y complejos turísticos, desarrollo de infraestructura, senderos, fijación de médanos mediante forestación arbustiva. Moderada: desarrollo de infraestructura tales como pasarelas, muelle, desagües, construcciones recreativas y otras de maderas, senderos, fijación de médanos mediante forestación arbustiva. Baja: senderos y fijación de médanos mediante forestación arbustiva.

Análisis sedimentológico: granulometría y mineralogía

El muestro consistió en la obtención de 2 kg de sedimento superficial representativo de cada subambiente de playa, es decir del sector de mesoplaya, supraplaya, berma y duna. El proceso de recolección se realizó durante el periodo de estiaje 2017 según perfiles transversales a la línea de costa. La ubicación de éstos fue efectuada teniendo en

cuenta los distintos grados de urbanización de la costa a lo largo del Departamento Maldonado. Se analizaron un total de 140 muestras. En laboratorio se efectuó el tamizado de las muestras con tamices: ASTM números 10–18–35–60–120 y 230. Los resultados obtenidos del análisis mecánico se representaron gráficamente en escala de phi mediante histograma o gráfico de barras y el diagrama de frecuencia acumulada en papel probabilístico. A partir de estos últimos, y para cada caso, se interpretaron los mecanismos de transporte involucrados en la movilización de diferentes subpoblaciones (Visher, 1969), y se calcularon porcentajes relativos de cada subpoblación respecto a la muestra total, valorando los tamaños de los diferentes percentiles. Asimismo, se llevó a cabo el análisis estadístico que consistió en el cálculo de la moda, media y mediana como medidas de tendencia central y selección, y de asimetría y curtosis como medidas de desviación. Para ello se utilizaron los coeficientes estadísticos de Folk y Ward (1957).

La composición mineralógica de las arenas finas se determinó mediante análisis petrográfico por microscopía de polarización en preparados de grano suelto en eugenol, empleando un microscopio petrográfico Leitz HM-Pol con aumento 10X. La determinación y recuento de componentes y especies minerales se realizó según el método propuesto Karlsson y Ayala (2003). La finalidad de este análisis composicional fue determinar cambios entre las distintas localidades y realizar consideraciones respecto de las litologías de las áreas de procedencia.

Análisis malacológico

En el sector intermareal activo de la playa se realizó el muestreo de valvas de moluscos transportadas y acumuladas utilizando como muestreador una cuadrata de 1x1 m de manera azarosa, colocando luego el material en bolsas de 1500 cm³. En laboratorio se efectuó el tamizado y separación del material sedimentario y de las valvas. Los moluscos (bivalvos y gasterópodos) fueron identificados al menor nivel taxonómico posible en cada localidad, y se cuantificaron los especímenes. La ventaja de este tipo de análisis basado en los ensambles de valvas (“shell assemblages”; Kidwell, 2013) radica en que representan un promedio de los principales elementos de la malacofauna en un lapso de tiempo y no de un año o una estación como en el caso de un muestreo con especies vivas, y sin necesidad del sacrificio de los animales. Además, para hacer comparaciones entre los ensambles de moluscos (o monitoreos futuros) se calcularon diversos índices, entre ellos los índices de Shannon-Wiener (H), Dominancia (D), Equitabilidad (J) y de similitud (Simpson y Bray Curtis) mediante el programa PAST (Hammer *et al.*, 2005).

RESULTADOS

Análisis e interpretación de imágenes satelitales

Análisis geomorfológico

Para el análisis y comparación de la geomorfología en las siete playas se consideraron: las zonas de mesoplaya, supraplaya, las bermas (que se extienden a lo largo de la supraplaya), las zonas de dunas costeras, dunas modificadas, los cabos o promontorios, y en el sector del frente de playa (Carranza-Edwards y Caso-Chávez, 1994) se tuvieron en cuenta las zonas de lavado, de relavado y de rompiente. Las dunas modificadas están ligadas al sector de médanos, sin embargo, como la antropización ha modificado notablemente dicho sector emplazando diversas infraestructuras, se considera como unidad morfológica independiente. Se efectuó la geomorfometría de las unidades mapeadas (Figura 3, 4, 5) y los valores obtenidos se muestran en las Tablas 1, 2 y 3 (los mismos no se repiten en el texto para hacer hincapié en la descripción del paisaje costero y no redundar). Los parámetros cuantificables que se

analizaron son: longitud de la línea de costa, áreas, ancho y pendientes de la mesoplaya, supraplaya, dunas y dunas modificadas, altura, pendiente y distancia a la línea de costa (medida perpendicular) de bermas marcadas, y superficie de los promontorios. Los perfiles de las zonas muestreadas abarcan desde el límite de la zona de rompiente, considerando una altura de 0 m s.n.m., hasta el sector de la ruta costanera, que es la infraestructura que une las siete localidades, colindando con el sector de dunas modificadas (Figuras 6 y 7).

La Mansa ($34^{\circ}56'S$ $54^{\circ}56'O$). Esta playa se ubica en el sector transicional entre el estuario del Río de La Plata y el Atlántico Sur. Debido a su posición geográfica (Figura 1, 3) es un ambiente resguardado del oleaje (exceptuando eventos de tormenta) y donde el influjo de las mareas es bajo. El paisaje de este sector ha sido visiblemente modificado y adaptado para el turismo mediante distintas construcciones en altura, entre otras infraestructuras como espacios verdes, calles, estacionamientos. El subambiente de mesoplaya es el de menor desarrollo (Tabla 1 y 3), la zona de supraplaya es interrumpida por infraestructura y una berma no muy definida y de poca altura (Tabla 1) (Figura 3). El ancho de la zona de dunas es variable debido al grado de antropización (pasarelas de madera, miradores, bares) (Tabla 3) (Figura 3), y las dunas están muy estabilizadas por la vegetación. En el sector de dunas modificadas se ha instalado un estacionamiento, observándose canteros, construcciones varias y la ruta. La curva del perfil A-A1 transversal es suave y los límites entre los subambientes costeros son graduales (Figura 8).

La Brava I ($34^{\circ}57'S$ $54^{\circ}55'O$). Este sector corresponde al primer arco de playa que se extiende desde la península de Punta del Este hacia la región atlántica. Se ubica en una zona muy transitada, rodeada de edificaciones en altura y recibe gran afluencia turística (Figuras 4a, 5a, 5b, 5d). Esta playa está expuesta a la energía del oleaje marino; sin embargo, debido a su posición geográfica, la fuerza de las olas se disipa cuando éstas llegan a la costa. El sector de mesoplaya es muy amplio, observándose mayor superficie que en la zona de supraplaya (Tabla 1 y 3). En la supraplaya se reconocen una berma definida, y aparentemente más estable (Tabla 1), y otra de menor longitud que la anterior, más próxima a la mesoplaya (Figura 4a). El sector de dunas es extenso (Tabla 2 y 3) y está atravesado por senderos, pasarelas y otras construcciones,

evidenciándose en distintos tramos cómo la vegetación arbustiva forestada fija la arena para estabilizarla. Asimismo, en perfiles aflorantes de los médanos es factible identificar estratificación cruzada (Figura 5). En el área de dunas modificadas se emplaza un estacionamiento, canteros, edificaciones y la ruta. Se observa en el perfil transversal B-B1 (Figura 8b), la discriminación de los subsectores en función de sus formas y pendientes. En dirección ENE aflora un pequeño promontorio de roca cristalina (Tabla 2) (Figura 4a) que separa esta localidad de otro arco de playa ubicado al NE, al que denominamos Brava II.

La Brava II ($34^{\circ}56'S$ $54^{\circ}55'O$). Este sitio, con gran afluencia turística, está muy expuesto a la energía del oleaje debido a su posición geográfica. Una dominante corriente de resaca afecta marcadamente un tramo del sector y en consecuencia se genera una profundización en la pendiente que limita con la línea de costa (Figura 4b). En la mesoplaya se generan continuamente resaltos bruscos debido al oleaje, mientras que en la zona distal se distingue una berma continua (Tabla 1). Signos de antropización están presentes en el tramo supraplaya-duna, reconociéndose desagües y líneas de descargas pluviales (Figura 4b). Los médanos están estabilizados por vegetación, siendo posible observar estratificación laminar y entrecruzada (como en Brava I), y son atravesados por senderos y pasarelas. En la zona de dunas modificadas funciona un estacionamiento, hay canteros y la ruta No. 10, cuya infraestructura es cubierta diariamente por arena. El perfil esquemático C-C1 (Figura 8c) muestra cómo el pasaje entre los subambientes litorales es condicionado por la geomorfología, similar al observado en Brava I.

Manantiales ($34^{\circ}54'S$ $54^{\circ}49'O$). En esta localidad costera, que tiene una orientación ENE, se distinguen dos pequeños promontorios de roca dura muy erosionada y entre ellos se desarrollan tres arcos de playa (Figura 4c) (Tabla 2). El oleaje llega con fuerza a la mesoplaya generándose una pendiente profunda en el límite con la línea de costa. Entre la mesoplaya y supraplaya también se observa una marcada pendiente. Asimismo, la supraplaya se puede separar en dos tramos, un tramo SO en el cual el desarrollo de esta zonación es reducido (Tabla 1 y 3) (Figura 4c) y un tramo NE, donde la playa tiene mayor espesor y se discierne la berma (Tabla 1 y 3). El desarrollo diferencial también se reconoce en las dunas; hacia el sector SO tienen una escasa exposición mientras que incrementan su extensión areal hacia el NE, siendo muy estabilizadas

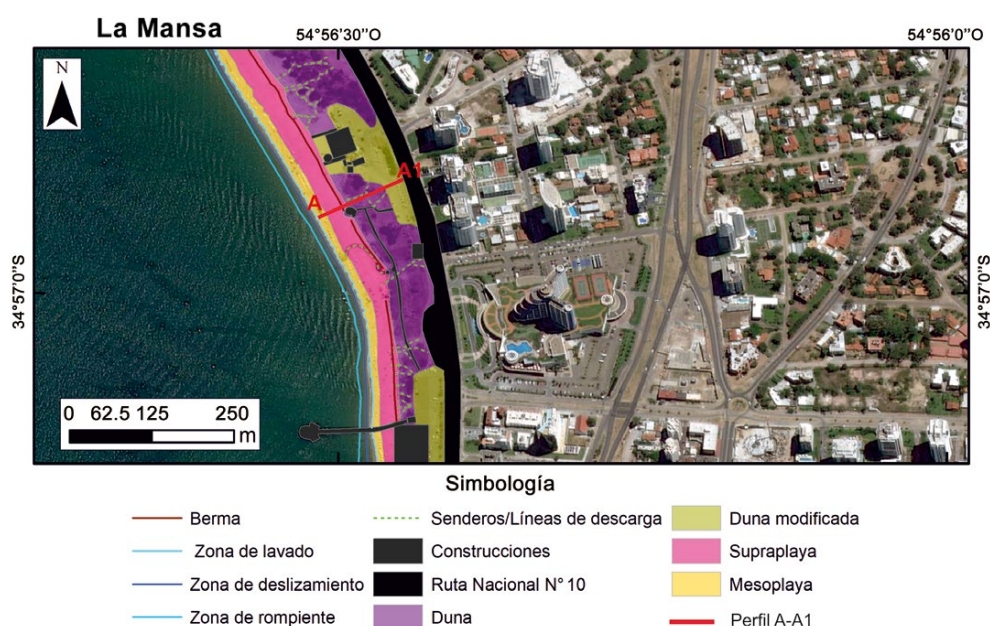


Figura 3. La Mansa, mapeo del sector costero. El perfil de playa A-A1 es el tramo muestreado y medido *in situ*.

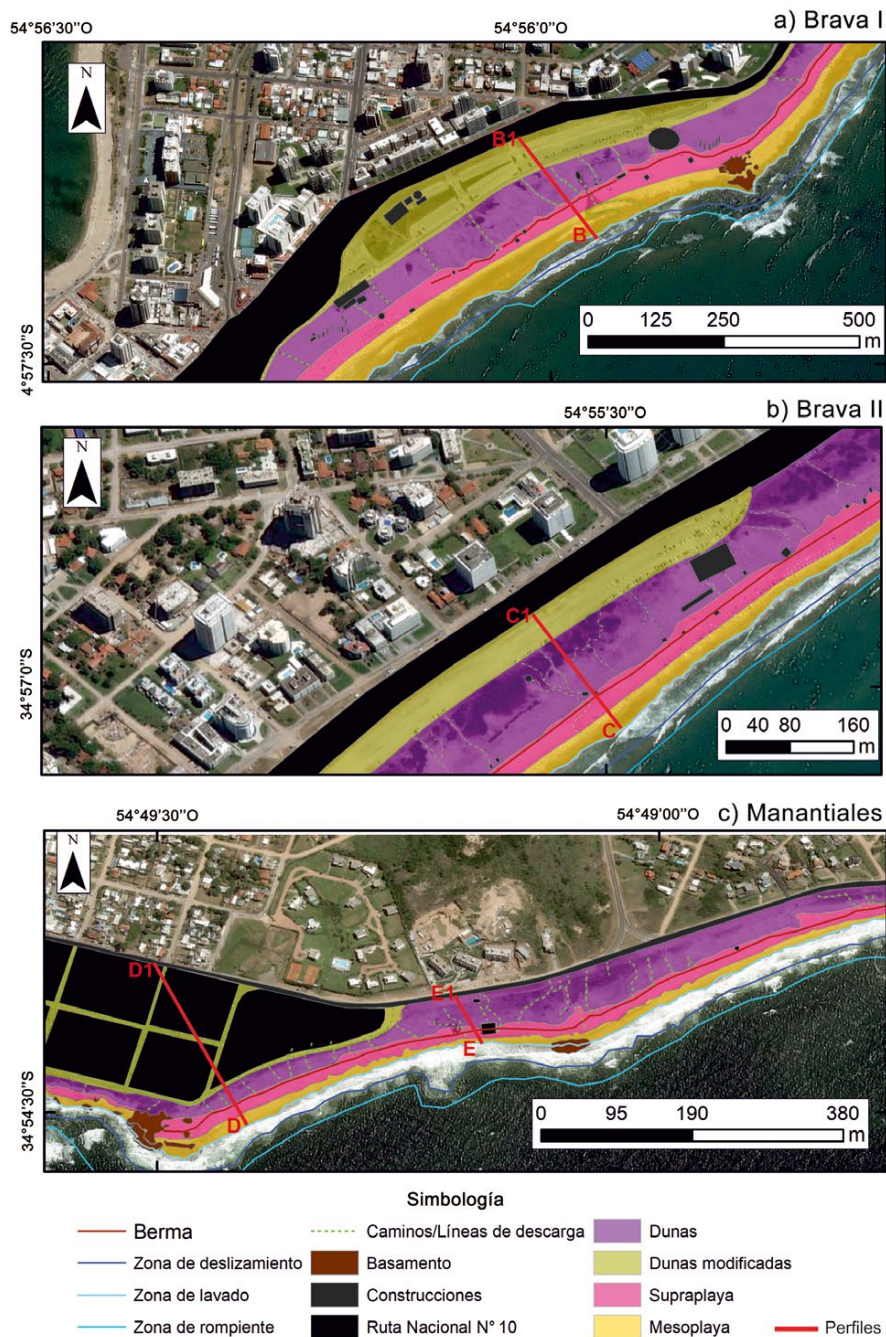


Figura 4. a) Brava I, b) Brava II y c) Manantiales, mapeo del sector costero. Los perfiles de playa B-B1 (a) y C-C1 (b) corresponden a Brava I y Brava II respectivamente, estos tramos han sido muestreados y medidos *in situ*. En la localidad de Manantiales (c) se diferencian dos zonas considerando el grado de urbanización adyacente a la costa, uno hacia el SO, representado por el perfil de playa D-D1, y el segundo hacia el NE, representado por el perfil E-E1.

por la vegetación (Figura 4c) (Tabla 2). La zona de dunas modificadas reviste un particular interés por el grado de antropización, ya que en la misma se han emplazado edificaciones que han producido una visible reducción de los subambientes litorales alterando la dinámica natural del sistema (Figura 4c). Este comportamiento se observa en el perfil D-D1 (Figura 8d), evidenciándose cómo la curva tiende a suavizarse. Diferente desarrollo de las subzonas costeras se registra en el sector NE, donde el límite del área costanera está dado por la ruta y no por urbanizaciones (Figuras 4c y 8e). Cada subsector es bien diferenciado en función de sus rasgos geomorfológicos; en la supraplaya hay desarrollo

de berma, mientras que en el sector de dunas modificadas se observa forestación arbustiva (perfil E-E1; Figura 8e).

El Chorro (34°54'S 54°48'O). En esta localidad se destacan tres cabos conformados por rocas del basamento cristalino que originan cuatro arcos de playa (Tabla 2) (Figura 6a). Donde aflora el basamento no hay desarrollo de playa, siendo los acantilados las formas que caracterizan estas salientes. El oleaje es de alta energía, lo que produce una pendiente abrupta entre la zona de frente de playa y la línea de costa. La franja litoral tiene un comportamiento similar al observado en Manantiales debido a la urbanización en el sector de médanos, diferenciándose dos

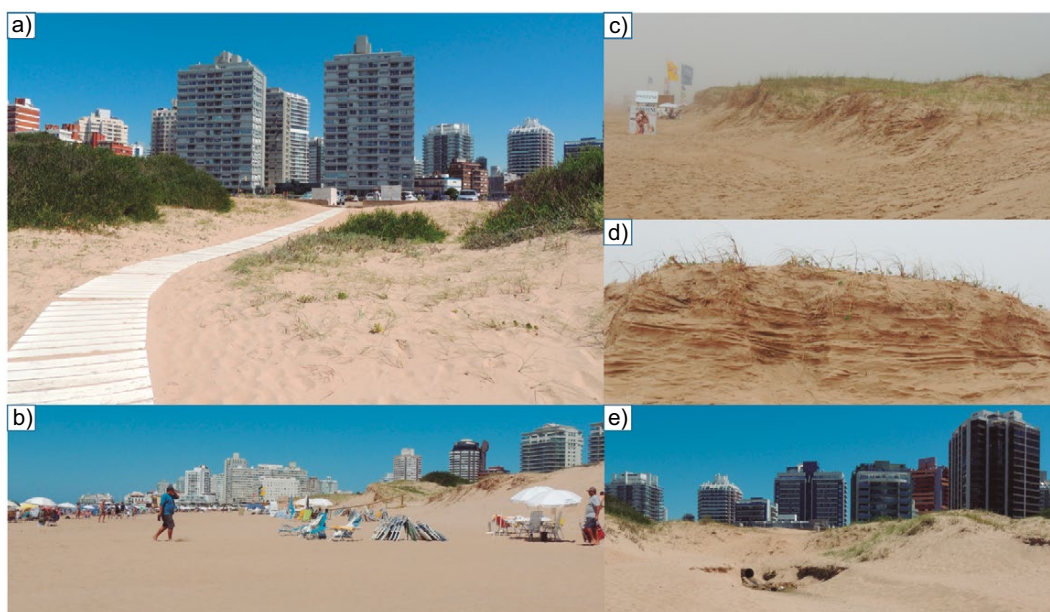


Figura 5. Franja costera en la localidad Brava I. a) Sector de dunas, se observa forestada mediante vegetación arbustiva y una pasarela la atraviesa. b) Supraplaya, con estructuras de maderas emplazadas. c) y d) Estratificación cruzada en dunas. e) Desagüe y cañería de descarga en sector de dunas y supraplaya.

tramos: (1) hacia el SO donde los subambientes mantienen un determinado ancho y superficies, se registra desarrollo de bermas en la playa distal y no se evidencia urbanización en la zona de dunas (Tabla 1 y 3) (Figura 6a); (2) tramo hacia el NE, donde las edificaciones en el sector de médanos (a una distancia promedio de 50 m de la línea de costa) han generado una fijación forzada de las arenas, y en consecuencia una reducción en el ancho y superficie de los subambientes litorales (Tabla 2) (Figura 6a). En esta localidad la densidad de población es muy baja; sin embargo, la infraestructura afecta la zonación natural de la costa. Dos perfiles esquemáticos permiten visualizar diferencias ejercidas por la presión antrópica. El perfil esquemático F-F1 (Figura 9a) corresponde al tramo SO, en el cual la curva destaca y discrimina cada subzona con su forma y superficie, mientras que en el corte G-G1 (Figura 9b), tramo NE, se observa una curva muy suavizada, y no se registra desarrollo de berma, y las mesoplaya y supraplaya han sido reducidas y la zona de duna modificadas predomina en el sector.

Balneario Buenos Aires ($34^{\circ}53'S$ $54^{\circ}47'O$). En este sector de la costa no se observan interrupciones generadas por accidentes geográficos, ni litológicos, ni tampoco se evidencia una marcada antropización. La fuerte energía del oleaje genera una pendiente entre la línea de costa

y mesoplaya. La supraplaya tiene una amplia extensión. En ella se distinguen dos bermas, una próxima al límite con las dunas, cuyo resalto topográfico se mantiene en todo el tramo, y otra berma más baja y hacia el sector medio de la supraplaya, que se extiende de manera discontinua (Tabla 1 y 3; Figura 6b), ya que un camino secundario para llegar al mar la intercepta (Figura 6b). Las dunas costeras presentan una extensa distribución (Tabla 2), observándose estabilizadas mediante vegetación arbustiva, y estando además atravesadas por senderos, sin presencia de infraestructura. En esta playa no se diferencia la zona de dunas modificadas como en las otras localidades. La urbanización comienza a unos 270 m de distancia a la línea de costa, y las construcciones son bajas y aisladas, siendo la concurrencia turística no masiva. El perfil esquemático H-H1 (Figura 9c) separa cada subsector litoral en función de su morfología, pendiente y superficie, aunque cabe destacar una tendencia al incremento de la pendiente general del terreno.

José Ignacio (La Brava) ($34^{\circ}50'S$ $54^{\circ}37'O$). Por su orientación, este tramo costero ubicado al oeste de la península José Ignacio, constituida por basamento cristalino, está expuesto a la fuerte energía del oleaje (zona muy ventosa), generándose una pendiente entre la línea de costa y la mesoplaya. En la zona de lavado se observa una peculiaridad y es

Tabla 1. Parámetros geomorfológicos de los sitios estudiados para línea de costa, mesoplaya, supraplaya y berma. Abreviaturas, Bal. Bs. As.: Balneario Buenos Aires, SD: sin dato.

Localidad	Línea de costa	Mesoplaya		Supraplaya		Berma			
	Longitud (m)	Área (m ²)	Pendiente (°)	Área (m ²)	Pendiente (°)	Distancia a la costa (m)	Longitud (m)	Altura (m s.n.m.)	Pendiente (°)
La Mansa	672	7912	1	18465	1–1.5	37	550	1.5	1
Brava I	1061	44424	1.5	31409	SD	60	880	3	1.5
Brava II	800	15377	2.2.5	23256	SD	45	900	2	2.5–3
Manantiales	1650	21898	2.5–3	32137	1.5	41	1250	2	2.5
El Chorro	1430	18749	2.5–3	25660	1.5	41	600	4	1.5–2
Bal. Bs. As.	910	15698	1.5–2	28881	1	53	850	3	1.5–2
José Ignacio	780	12721	1–1.5	15353	1	55	760	1.5	1–1.5

Tabla 2. Parámetros geomorfológicos de los sitios estudiados para duna, duna modificada y basamento. Abreviaturas, Bal. Bs. As.: Balneario Buenos Aires, SD: sin dato.

Localidad	Dunas		Dunas modificadas		Basamento	
	Área (m ²)	Pendiente (°)	Área (m ²)	Pendiente (°)	Promon- torios	Área (m ²)
La Mansa	27758	2	14279	2.5	–	–
Brava I	61014	SD	48677	2	1	1906
Brava II	72641	2.5	26094	2.5	–	–
Manantiales	59278	2.5–3	99244	3–3.5	2	4497
El Chorro	27375	2	109357	2.5	3	5010
Bal. Bs. As.	177612	1.5	SD	SD	–	–
José Ignacio	153393	1.5	381240	2	–	–

que el sedimento que predomina en este sector es arena mediana; sin embargo, en los tramos donde se acumulan las valvas de moluscos el sedimento es de tamaño grava fina (ver sección de resultados “Análisis sedimentológico: granulometría y mineralogía”; Tabla 4) distinguiéndose esta diferencia granulométrica *in situ* (Figura 7). La supraplaya es amplia (Tabla 3), observándose dos niveles de bermas, uno temporal que tiene menor distancia a la línea de costa y otro más estable de mayor altura (Tabla 1) (Figura 6c). El campo de dunas es vasto y los médanos presentan movilidad natural, distinguiéndose distintas formas, por ejemplo del tipo estrella. La zona de dunas modificadas es estabilizada por la vegetación y es afectada por el desarrollo urbanístico. La extensión del ambiente costero en esta localidad, considerando como límite la ruta, es el mayor respecto las anteriores (Tablas 1 y 3). En el perfil esquemático I-II (Figura 9d) se reconocen los diferentes subambientes con rasgos propios; sin embargo, la curva tiende a suavizarse. La urbanización cumple un rol importante en el sector.

Categorización de las playas estudiadas con base a la acción humana

Las localidades estudiadas se clasifican según el grado de impacto urbano/antrópico de la siguiente manera:

Urbanización adyacente a la franja costera. (1) Alta: La Mansa, Brava I, Brava II. (2) Moderada: Manantiales, El Chorro, Balneario Buenos Aires. (3) Baja: José Ignacio.

Antropización dentro de la franja costera. (1) Alta: Manantiales, El Chorro, José Ignacio. (2) Moderada: La Mansa, Brava I, Brava II. (3) Baja: Balneario Buenos Aires.

Análisis sedimentológico: granulometría y mineralogía

Los resultados sedimentológicos obtenidos de los subambientes mesoplaya, supraplaya, berma y dunas costeras de cada playa se resumen en la Tabla 4. Del análisis granulométrico realizado en las diferentes playas estudiadas se determinó que están integradas por arenas medianas (desde 1 phi hasta 2 phi) a finas (desde 2 phi hasta 3 phi) constituyendo

el 75.85 % de todas las playas; le siguen en orden de magnitud las arenas muy gruesas (desde -1 phi hasta 0 phi) con el 13.79 % y el resto se encuentra en las arenas gruesas y gravas finas cuyo porcentaje apenas llega al 10 % del total muestreado. En cuanto a las poblaciones, la distribución bimodal constituye el 55.17 % de los sectores estudiados y le sigue en orden de importancia la distribución polimodal con el 41.37 % y por último hay un único caso de población unimodal y éste constituye el 3.45 %. La moda principal se encuentra desde 1 phi hasta 2 phi en un 41.73 % y entre 2 y 3 phi en un 34.48 %. Las muestras son leptocúrticas en un 55.17 % y platicúrticas el 44.82 %. La media corresponde a arena fina (desde 2 phi hasta 3 phi) en un 48.27 % de las muestras analizadas, a arena mediana (desde 1 phi hasta 2 phi) en un 27.58 %, en arena muy gruesa (desde -1 phi hasta 0 phi) el 17.24 %. El 17.24 % de las muestras son simétricas, el 34.48 % tiene asimetría positiva y el 48.27 % tiene asimetría negativa. Las playas muestran variaciones entre los diferentes sectores, situación esperable por las diferentes condiciones energéticas. Se graficó para cada sector la curva de frecuencia en escala probabilística según Visher (1969) donde se observan características propias de cada subambiente. Los sectores frontales presentan dos poblaciones: una correspondiente a los valores 0–3 phi, con truncamientos internos que corresponden a los cambios de intensidad del oleaje según el tiempo o mezcla de materiales de distintas áreas de aporte (Visher, 1969), y otra población en suspensión para los diámetros comprendidos entre 3 y 4 phi, cuyos valores no superan el 10 % de la totalidad de la muestra. Este patrón se repite en los sectores supraplaya, berma y dunas de las siete playas estudiadas. En el caso particular del sedimento que acompaña los ensambles de moluscos del balneario José Ignacio, predomina la tracción de los materiales desde -1 phi hasta 3 phi y está relacionada al contenido de fragmentos de valvas de las muestras que a partir de ese tamaño acentúan las características de este tipo de transporte.

En cuanto a la caracterización mineralógica se observaron predominantemente granos de cuarzo puro y con inclusiones, fragmentos líticos, plagioclasa, muscovita, feldespato potásico y agregados de limo y arcilla en los sectores estudiados, mineralogía que refleja un aporte del basamento cristalino para el desarrollo de las playas (Tabla 5).

Análisis malacológico: composición faunística en las localidades

Los moluscos que caracterizan cada playa se encuentran en el sector de mesoplaya del subambiente costero. La composición faunística, abundancia relativa y parámetros ecológicos de cada una de las siete localidades se resume en la Tabla 6. Los valores del índice de Shannon-Wiener calculados indican que las playas con mayor diversidad son las de José Ignacio (1.54), La Mansa (1.31), Brava I (1.29) y Balneario Buenos Aires (1.02) (Tabla 6) y la mayor riqueza de especies la tiene Brava I, seguida por José Ignacio, La Mansa y Brava II. La playa con el índice de mayor dominancia es Brava II, siendo la especie más abundante *Macra isabelleana*, y en segundo lugar le sigue El Chorro con *Mytilus edulis*. El índice de equitabilidad es mayor para José Ignacio (0.67), Balneario Buenos Aires (0.63) y La Mansa (0.60).

Tabla 3. Ancho de los sectores costeros. Abreviaturas, Mín: valor mínimo, Máx: valor máximo, Med: valor promedio, Bal. Bs. As.: Balneario Buenos Aires.

Localidad	Ancho(m)	Mesoplaya			Supraplaya			Dunas			Dunas modificadas		
		Mín.	Máx.	Med..	Mín.	Máx.	Med..	Mín.	Máx.	Med..	Mín.	Máx.	Med.
La Mansa		7.87	12.78	11.3	10.9	41	27.3	25.8	111.7	69.5	9.24	75.7	39.8
Brava I		12	35.9	24	14.3	47.3	31.78	43.3	78.8	61.6	52.9	136.4	95.6
Brava II		8.4	26.7	17.4	22.3	30.5	26.5	77.1	82.7	80.35	45.5	135	82
Manantiales		8.9	37.9	18.8	7	36.2	22.6	19.6	63.7	33.8	8	233	74.2
El Chorro		13.9	41	20	3.6	41	16	17.2	45.5	32.7	4	200	63.7
Bal. Bs. As.		15.5	24.7	21.8	36	48.1	42.7	133.8	174.7	158	–	–	–
José Ignacio		12.3	18.2	15.8	34	46	41.9	106	317	254.6	274.9	673	474

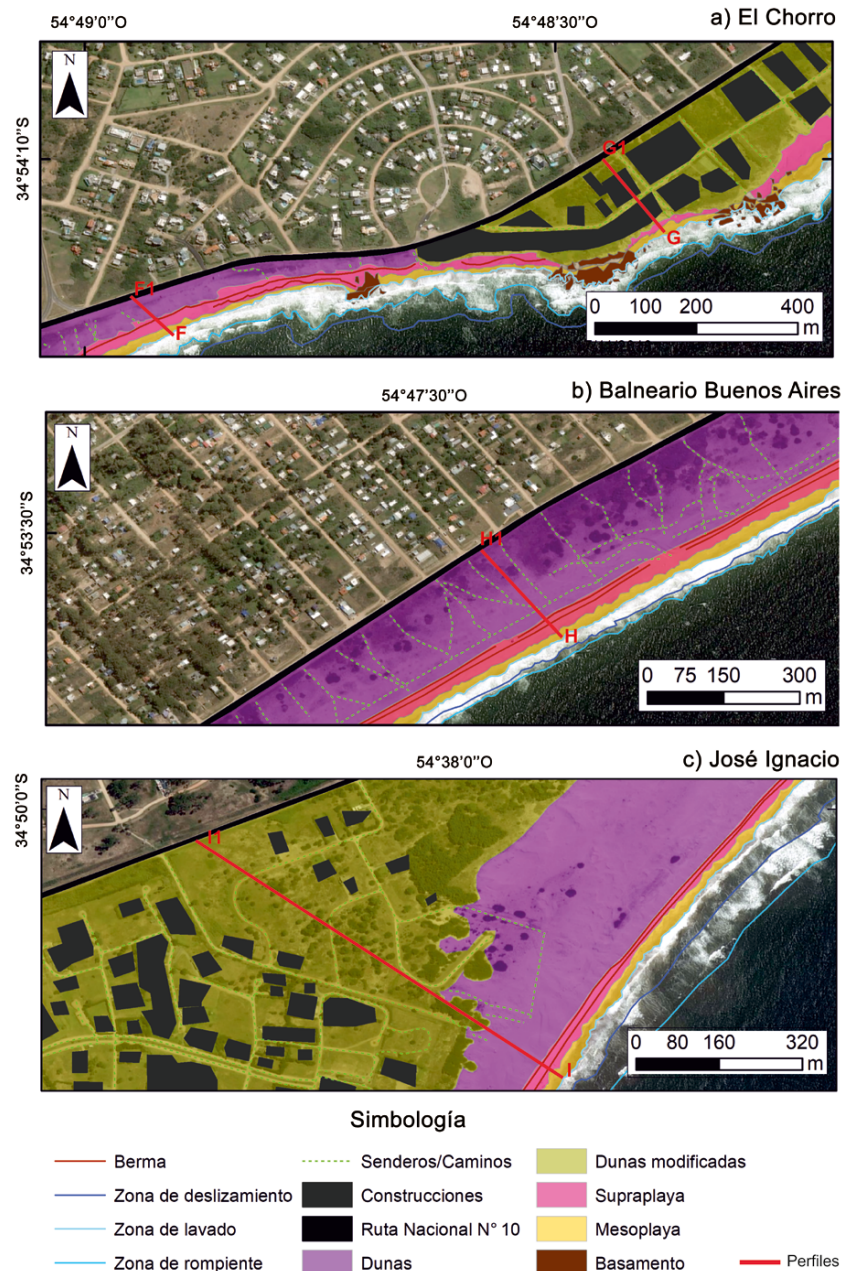


Figura 6. a) El Chorro, b) Balneario Buenos Aires y c) José Ignacio, mapeo del sector costero. En la localidad de El Chorro (a) se diferencian dos zonas considerando el grado de urbanización adyacente a la costa, uno hacia el SO, representado por el perfil de playa F-F1, y el segundo hacia el NE, representado por el perfil G-G1. Los perfiles de playa H-H1 (b) y I-I1 (c) corresponden a Balneario Buenos Aires y José Ignacio respectivamente, estos tramos han sido muestreados y medidos *in situ*.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados obtenidos en este trabajo, con aportes geomorfológicos, sedimentológicos (texturales, mineralógicos) y malacológicos, constituyen un punto de partida para evaluar diferentes aspectos relacionados con el manejo del recurso playa. Sobre la base de los estudios realizados se evidencia cómo en las siete playas estudiadas la antropización ejerce presión en el ambiente costero influyendo en su dinámica litoral, la estabilización o fijación de los médanos mediante vegetación y el avance urbanístico en los sitios seleccionados genera una reducción de la franja litoral, y consecuentemente una modificación en el perfil de zonación limitando el desarrollo de la supraplaya, berma

y dunas principalmente, además de condicionar la movilidad natural de la arena. La Tabla 7 integra los aspectos más destacados analizados, señalando su interrelación al igual que los perfiles esquemáticos efectuados en las zonas muestreadas (Figuras 8 y 9). En consecuencia, los sitios que se agrupan dentro de la categoría (2) Alta, es decir franjas costeras que están siendo antropizadas *in situ* y urbanizadas recientemente serían en esta evaluación los más vulnerables a la erosión inducida (Tabla 7).

Tanto en Manantiales como en El Chorro es notable la reducción de los subambientes litorales debido a edificaciones. Cabe destacar que la localidad de José Ignacio tiene la mayor superficie costera relativa en comparación con las demás localidades, y esta situación mitigaría

en parte la vulnerabilidad. Asimismo, la granulometría de las playas catalogadas como (2) Alta tiende a ser de gruesa a mediana, en especial en El Chorro y Manantiales. En este sentido, Marcomini y López (1997) determinaron que en playas erosivas (ligadas a factores naturales y antrópicos) de Villa Gesell (costa atlántica argentina) al disminuir la selección del medio de transporte (tormentas) se eliminan las fracciones finas incrementándose los sedimentos gruesos. El déficit de saturación en el medio de transporte de sedimentos finos en playas sometidas a la erosión inducida es producido por una disminución en el aporte eólico asociado a la eliminación de la duna costera (Marcomini y López, 1997). A su vez, las localidades de Manantiales y El Chorro se agrupan en la categoría (1) Moderada, mientras que José Ignacio pertenece a la categoría (1) Baja, lo que resalta que la urbanización adyacente a la franja costera no estaría ejerciendo la misma presión antrópica que *in situ*, ya que el desarrollo de infraestructura (calles, casas, complejos turísticos) sería el causante de la reducción de zona de dunas y supraplaya. La localidad Balneario Buenos Aires está categorizada como (1) Moderada y (2) Baja y no registra el sector de dunas modificadas y aparentemente sería la playa menos antropizada. Sin embargo, la urbanización adyacente, con densidad poblacional relativa reducida, ha ejercido una presión en el sector evidenciándose en la fijación de los médanos, en el perfil que muestra una tendencia general de su pendiente a profundizarse y en la granulometría de muy gruesa a mediana. Las playas que se extienden dentro del ejido urbano de Punta del Este (La Mansa, Brava I y II), clasificadas urbanísticamente como (1) Alta, son las más expuestas al flujo turístico y a la urbanización, destacando que la antropización en el sector data de finales del siglo XIX, cuando se dio comienzo a la estabilización de las dunas mediante la plantación de pinos (Fischer y Pisani, 1998; Risso, 2007). No obstante, al respetarse un ancho en la franja costera y al no desarrollarse importantes edificaciones dentro de la misma, se categorizan (2) Moderada (Tabla 7). La dinámica litoral se ha estabilizado en el tiempo, debido en gran parte a la dominancia de sedimentos finos a medianos. Por otro lado, es notable resaltar qué si

bien La Mansa, Brava I y II pertenecen a la misma clasificación, entre estas playas se reconocen diferencias intrínsecas. La Mansa, ubicada en un entorno estuarial, debido a su posición geográfica (SO) y dependiendo de las condiciones climáticas y la circulación de las aguas está más resguardada del oleaje. Las diferencias entre Brava I y Brava II se reflejan en su orientación geográfica sobre el margen atlántico, donde un promontorio las divide y esto influencia en la dirección del oleaje hacia la costa. Brava I está más resguardada del oleaje clasificándose como playa disipativa (Panario y Gutiérrez, 2006), en cambio Brava II conformaría una playa reflectiva (Panario y Gutiérrez, 2006), donde la corriente deriva, el influjo de las olas y la energía litoral son más altos.

En general, las localidades costeras atlánticas uruguayas se distinguen a partir de: tramos separados por cabos de rocas cristalina, incidencia de la dirección de la deriva, incidencia de las crecientes fluviales, morfología y dinámica (Panario y Gutiérrez, 2006). Autores como Panario y Gutiérrez (2006), Goso Aguilar *et al.* (2011), Gómez-Erache (2011), Álvez y Goso (2014) enfatizan que los problemas causados por la presión antrópica derivan de la forestación de dunas, urbanizaciones densificadas y mal concebidas, obras de infraestructura incorrectamente diseñadas o emplazadas, extracción de arena para la construcción e invasión de macrófitas. Estas situaciones problemáticas originan trastornos y pérdidas en el recurso litoral: ecosistemas, playas, arenas, cantidad y calidad del agua, entre otros (Goso Aguilar y Mesa, 2009; Goso Aguilar *et al.*, 2010, 2011). Cambios en la dinámica costera inducidos por la acción del hombre se han reconocido en otras localidades costeras del Atlántico sur como en la costa argentina bonaerense (Marcomini y López, 1997; Isla *et al.*, 1998, 2018; Bértola *et al.*, 2013; Fernández *et al.*, 2017; Merlotto *et al.*, 2017; entre otros), además de considerarse causas naturales. Los factores antrópicos que se asocian a los problemas de erosión en playas principalmente turísticas son: la fijación de médanos con forestación, construcción de infraestructuras como escolleras y drenajes, urbanizaciones, entre otras acciones (Marcomini y López, 1997; Isla *et al.*, 1998, 2018; Marcomini *et al.*,



Figura 7. Franja costera en la localidad José Ignacio. a) Mesoplaya, se observa como el sedimento preponderante es arena mediana, mientras que hay un sector definido de color más blanquecino, asociado a restos fracturados de valvas de moluscos, cuya granulometría es de mayor tamaño. b) Detalle de la granulometría asociada a los ensambles de moluscos. c) Supraplaya, se observa el desarrollo de urbanización y dunas estabilizadas.

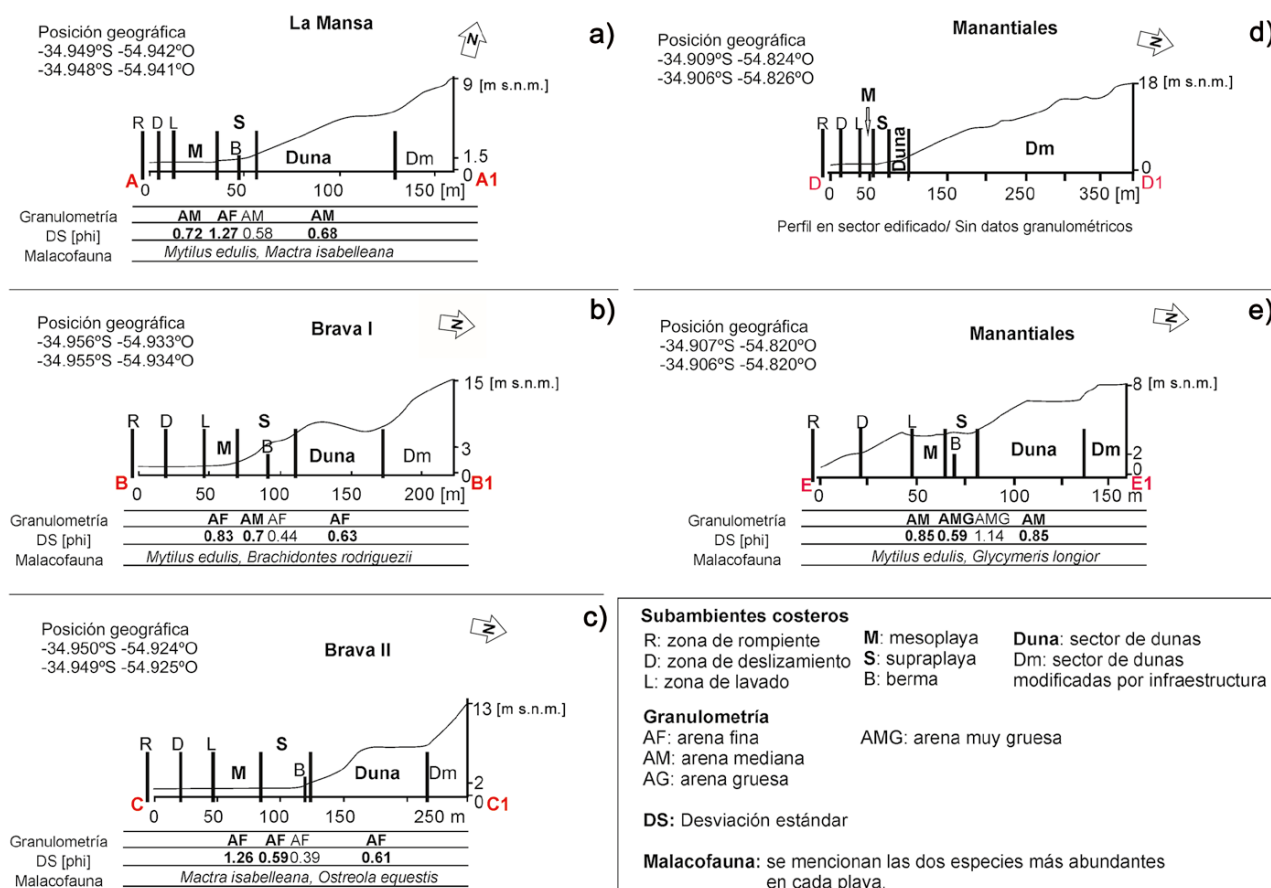


Figura 8. Perfiles esquemáticos de las transectas de muestreo y mediciones en las localidades La Mansa (a), Brava I (b), Brava II (c), Manantiales (d, e). En la localidad de Manantiales se diferencian dos sectores considerando el grado de urbanización adyacente a la costa, uno hacia el SO, representado por el perfil de playa D-D1, cuya curva es suave y el subsector de dunas modificadas es el dominante, y el segundo hacia el NE, representado por el perfil E-E1, cuya curva permite distinguir la zonación litoral y se observa en este sector bajo grado de antropización respecto el primero.

2007; Bértola *et al.*, 2013; López y Marcomini, 2011; López *et al.*, 2016), generándose un desbalance en la movilidad natural del sedimento que provoca un retroceso de la costa y zonas más vulnerables a la erosión (Bértola *et al.*, 2013). A nivel mundial, en las regiones litorales se relevan y monitorean datos para el estudio de la vulnerabilidad a la erosión, la cual es inversamente proporcional al ancho de la playa (Mwakumanya *et al.*, 2009; Carranza-Edwards, 2010; Carranza-Edwards *et al.*, 2015; Cuevas Jiménez *et al.*, 2016), y se pueden establecer zonas potencialmente más expuestas a la erosión inducida, ya que el recurso playa está sumamente amenazado por la presión antrópica que conlleva cambios ambientales y consecuencias socioeconómicas (Finkl, 2004; Cendrero *et al.*, 2005; Martínez *et al.*, 2006; Martínez-Dueñas, 2010; Panareda Clopés y Boccio Serrano, 2008; López y Marcomini, 2011; Torruco Gómez *et al.*, 2013; Carranza-Edwards, 2010; Carranza-Edwards *et al.*, 2015; Cuevas Jiménez *et al.*, 2016; Buosi *et al.*, 2017; Ciccarelli *et al.*, 2017; Martínez *et al.*, 2017; de Andrés *et al.*, 2018; García-Ayllón, 2018; Griggs y Patsch, 2018; entre otros). Considerando lo expuesto, el análisis geomorfológico cumple un rol decisivo para interpretar la relación entre la dinámica costera y la presión antrópica, y así solucionar riesgos en escala temporal y espacial, por lo que es plausible proponer estrategias de gestión que contemplen el equilibrio entre el sistema litoral natural, el ecosistema, el recurso playa y las comunidades urbanas. Técnicas de teledetección, como imágenes satélites, modelos de elevación digital y fotografías aéreas son imprescindibles para el estudio del litoral y su caracterización, ya que proporcionan una base de información geomor-

fología y geomorfométrica que puede procesarse a través de SIG para generar distintos índices de evaluación (Finkl, 2004; Carranza-Edwards, 2010; Carranza-Edwards *et al.*, 2015; Cuevas Jiménez *et al.*, 2016).

En este contexto, los análisis granulométricos y malacológicos efectuados complementan al análisis geomorfológico caracterizando minuciosamente cada una de las siete localidades y aportando a la base de datos información relevante para monitorear en el tiempo cambios en estos aspectos que puedan estar ligados a la antropización, cuestiones ambientales, ecológicas, entre otras causas. Panario y Gutierrez (2006) indican que la dirección de la deriva (SO a lo largo de la costa del Departamento Maldonado) asociada al ángulo del tren de olas (*swell*) cumple un rol fundamental que condiciona el comportamiento de la dinámica litoral. La granulometría es condicionada por la energía del transporte que tiende a acumular sedimentos en las puntas rocosas donde intercepta la deriva modificando el ángulo de incidencia del tren de olas (0° a 90°), y se alcanza un equilibrio cuando, por el proceso de acreción litoral, el ángulo de incidencia llega casi paralelo a la costa (0°), formando una playa de granulometría gruesa (Panario y Gutierrez, 2006). Además, la existencia de bimodalidad en la distribución de tamaños granulométricos es atribuible a diferentes fuentes de aporte de sedimentos (Panario y Gutierrez, 2006). En concordancia, nuestros resultados indican una amplia distribución de tamaños y abundancia en la bimodalidad granulométrica (55 %), de las playas estudiadas, siendo el ángulo del tren de olas el factor que condiciona la evolución de las playas disipativas a reflectivas (Panario y Gutiérrez, 2006). En

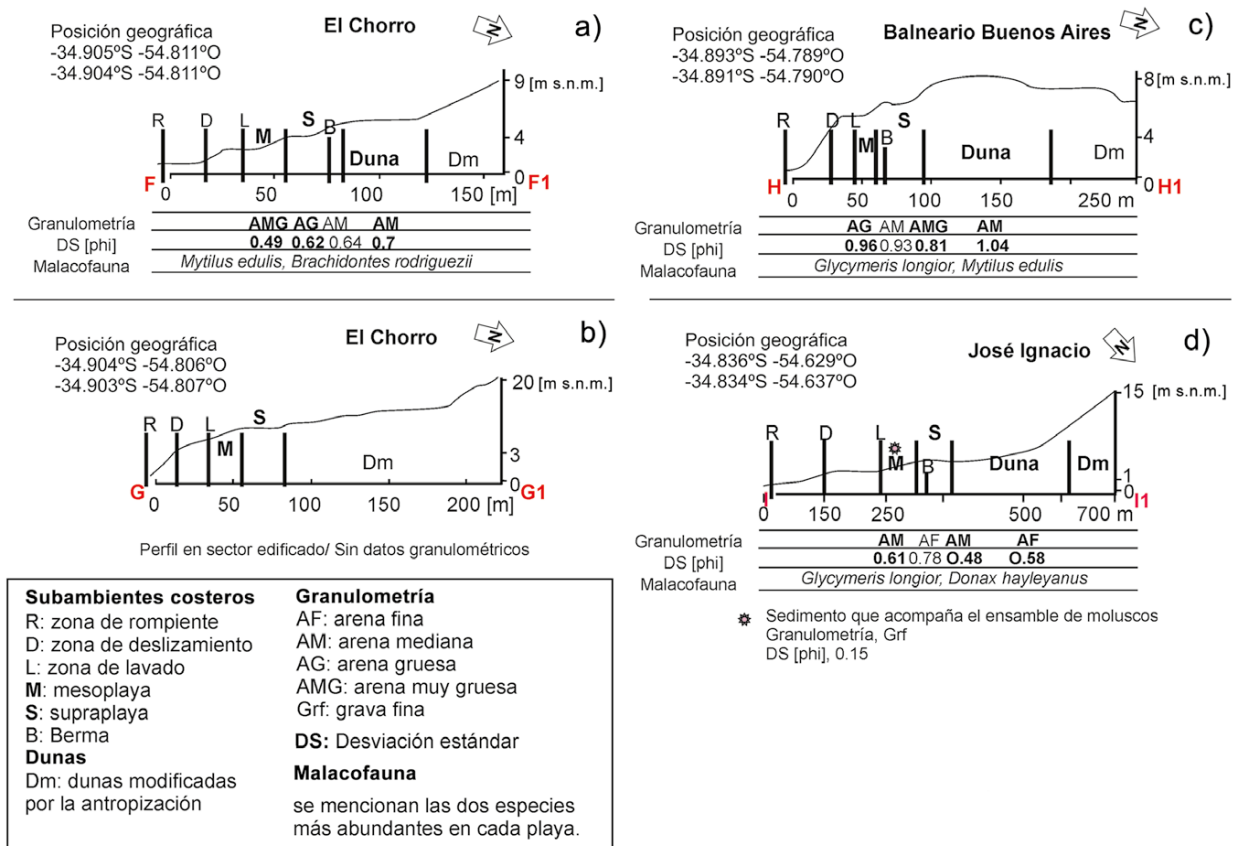


Figura 9. Perfiles esquemáticos de las transectas de muestreo en las localidades El Chorro (a, b), Balneario Buenos Aires (c) y José Ignacio (d). En la localidad de El Chorro se diferencian dos sectores considerando el grado de urbanización adyacente a la costa, uno hacia el SO, representado por el perfil de playa F-F1, cuya curva permite distinguir la zonación litoral, observándose bajo grado de antropización y edificación, y el segundo hacia el NE, representado por el perfil G-G1, cuya curva es suave y distinguiéndose el subsector de dunas modificadas como el dominante.

tanto, la polimodalidad en la granulometría (41.37 %) se atribuiría a la antropización en la zona costera, relacionada con la fijación de las dunas mediante forestación arbustiva, desarrollo de infraestructura y afluencia turística. Para la costa bonaerense, Marcomini y López (1997) lograron establecer la relación entre los parámetros granulométricos, geomorfológicos, grado de urbanización y su relación con la erosión. Como se ha ya mencionado, las playas uruguayas muestran variaciones entre los diferentes sectores, situación esperable por las diferentes condiciones energéticas. En los sectores de mesoplaya presentan dos poblaciones: una correspondiente a los cambios de intensidad del oleaje según el tiempo o mezcla de materiales de distintas áreas de aporte (Visher, 1969), y otra población en suspensión. Este patrón bipartito se repite en todas las subzonas analizadas, observándose poblaciones con menor selección textural, lo que implica valores altos de la desviación estándar (DS), por ejemplo en las bermas y dunas de las playas afectadas por antropización *in situ*, es decir, clasificadas como (2) Alta (DS_{berma} 1.14, 0.64, 0.78, en Manantiales, El Chorro y José Ignacio, respectivamente), seguidas por las playas de Balneario Buenos Aires (DS_{berma} 0.93), incrementándose la proporción de sedimentos gruesos sobre los finos. Asimismo, la granulometría distingue de manera independiente los subambientes costeros en cada localidad. Se resalta que la polimodalidad en la mesoplaya y la bimodalidad en los demás subsectores es recurrente en los sitios que están dentro del ejido de Punta del Este (La Mansa, Brava I y II), aunque los tamaños texturales son diferentes, al igual que los demás parámetros estadísticos analizados (Tabla 4).

Como ya se ha mencionado, la malacofauna de cada playa ha sido identificada con el fin de caracterizar los sitios estudiados, evaluar la abundancia relativa de las especies y diversos parámetros ecológicos y así aportar a la base de datos de cada localidad. Estos datos son importantes de monitorear ya que cambios en la composición faunística podrían indicar variaciones ambientales que se suceden por diversas causas, como cambio climático, presión antrópica, condiciones ecológicas, entre otras. Clavijo *et al.* (2005) y Scarabino *et al.* (2006a, 2006b) realizaron una recopilación de datos faunísticos (distribución, taxonomía y conservación) de la malacofauna en ambientes marinos y estuarinos costeros bentónicos uruguayos (0–50 m). Tener conocimiento de la malacofauna autóctona es fundamental para resolver inconvenientes ligados al empobrecimiento faunístico por contaminación, o invasiones biológicas que transforman la diversidad de los ambientes litorales acarreado situaciones ecológicas adversas (Darrigan y Arcaria, 2011; Muñoz-Lechuga *et al.*, 2018). En este sentido, por ejemplo, en las costas argentinas atlánticas y rioplatenses se ha detectado contaminación con tributol-estaño (TBT) en sedimentos y aguas, cuyos efectos indeseables se asocian a malformaciones en caracoles marinos que provocan problemas ecosistémicos (Bigatti *et al.*, 2011). La presión antrópica sobre la malacofauna también es un riesgo que repercute en cambios ecológicos, la implementación de áreas protegidas y el enfoque ecosistémico en pesquerías, por lo que el manejo adecuado del agua de lastre y de productos químicos deben ser considerados para la conservación de la fauna costera (Scarabino *et al.*, 2006a, 2006b; Muñoz-Lechuga *et al.*, 2018).

Tabla 4. Resultados del análisis sedimentológico de las siete playas estudiadas. Abreviaciones, Bal. Bs. As.: Balneario Buenos Aires, DS: desviación estándar, AMF: arena muy fina (4 phi), AF: arena fina (3 phi), AM: arena mediana (2 phi), AG: arena gruesa (1 phi), AMG: arena muy gruesa (0 phi), Grf: grava fina (-1 phi).

Localidad	Sector	Moda	Tipo	Media (phi)	Mediana (phi)	Asimetría	Curtosis	DS (phi)
La Mansa	Mesoplaya	AM	polimodal	1.77	1.7	0.13	0.78	0.72
	Supraplaya	AF	bimodal	2.06	2.1	0.093	0.82	1.27
	Berma	AM	bimodal	1.83	1.8	0.13	1.7	0.58
	Duna	AM	bimodal	1.93	1.9	0.083	0.74	0.68
Brava I	Mesoplaya	AF	polimodal	1.9	2	-0.21	2.7	0.83
	Supraplaya	AM	bimodal	0.92	2.7	0.049	0.94	0.7
	Berma	AF	bimodal	2.43	2.5	0.24	1.31	0.44
	Duna	AF	bimodal	2	2	0.026	0.78	0.63
Brava II	Mesoplaya	AF	polimodal	1.57	2.1	-0.57	0.89	1.26
	Supraplaya	AF	bimodal	2.13	2.2	0.12	0.86	0.59
	Berma	AF	bimodal	2.47	2.5	-0.21	1.15	0.39
	Duna	AF	bimodal	2.2	2.3	-0.021	0.86	0.61
Manantiales	Mesoplaya	AF	polimodal	1.36	1.4	0.38	1.79	0.85
	Supraplaya	AMG	polimodal	-0.1	-0.2	-0.24	0.86	0.59
	Berma	AMG	polimodal	0.56	-0.2	0.28	-3.48	1.14
	Duna	AM	polimodal	8.03	1.5	-0.14	1.23	0.85
El Chorro	Mesoplaya	AMG	bimodal	-0.43	-0.1	0.46	0.41	0.49
	Supraplaya	AG	bimodal	0.13	0.2	-0.13	0.57	0.62
	Berma	AM	polimodal	1.53	1.5	0.5	1.41	0.64
	Duna	AM	polimodal	1.6	1.5	0.21	1.46	0.71
Bal. Bs. As.	Mesoplaya	AG	polimodal	0.43	0.5	0.063	0.85	0.96
	Supraplaya	AMG	polimodal	0.16	0.1	0.19	0.85	0.81
	Berma	AM	unimodal	1.17	1.5	-0.43	1.31	0.93
	Duna	AM	bimodal	1.4	1.5	-0.18	1.35	1.04
José Ignacio	Mesoplaya	AM	bimodal	1.83	1.8	0.11	0.86	0.61
	Sedimento junto a ensambles de moluscos	Gr	bimodal	-0.1	0	1	-1.22	0.15
	Supraplaya	AM	bimodal		1.5	0.26	1.42	0.48
	Berma	AF	polimodal	2.2	2.2	0.06	0.85	0.78
	Duna	AF	bimodal	2.23	2.3	0.21	1.18	0.68

Consideraciones finales

En relación con todo lo expuesto se concluye que la antropización condiciona la dinámica litoral en la costa uruguaya evidenciándose esta situación de manera contundente a través del análisis multienfoque que se ha llevado adelante en las siete playas seleccionadas. La urbanización en el sector costero restringe la dinámica de la arena incrementando la vulnerabilidad a la erosión, limitando y reduciendo el “recurso playa”. En este trabajo se ha generado gran cantidad de datos que están disponibles y que sirven de base para un adecuado manejo del sector costero.

Asimismo, se considera que el análisis geomorfológico permitió establecer las distintas categorías, parametrizando cada subambiente costero (mesoplaya, supraplaya, duna y duna modificada), considerando superficie, ancho, pendiente y perfil transversal en cada sitio. Su rol es decisivo para evaluar cambios producidos por la antropización, haciendo uso de imágenes satelitales, modelos de elevación digital y SIG para procesar y almacenar datos.

El ancho de la franja costera es inversamente proporcional a la vulnerabilidad de la erosión inducida. Preservar este sector con baja presión antrópica sería una medida saludable para conservar el recurso playa, como se evidencia en las playas urbanas La Mansa, Brava I y II, que se encuentran en un sector totalmente urbanizado y consolidado hace más de un siglo, pero que ha logrado una cierta estabilidad en su dinámica litoral. En cambio, la antropización en las playas con menor urbanización y baja densidad poblacional, como Manantiales, El Chorro, José Ignacio y Balneario Buenos Aires, pero que están

siendo explotadas dentro de la franja costera por complejos turísticos, desarrollos inmobiliarios y casas residenciales, modifica el paisaje litoral disminuyendo los subambientes costeros, generando zonas más vulnerables por erosión inducida.

Los análisis texturales, mineralógicos y malacológicos complementan el marco geomorfológico caracterizando cada lugar. Los cambios granulométricos sustentan a la determinación de zonas más vulnerables. En estas playas las granulometrías gruesas-muy gruesas a medianas estarían anticipando un efecto antrópico asociado. El aumento de la desviación estándar, indica mala selección de los tamaños texturales lo que implica la pérdida de finos, tornando más vulnerable la estabilidad de las geoformas, tales como dunas y bermas; esta situación se observa en Manantiales, El Chorro y José Ignacio. La asociación mineralógica indica que el área de aporte es el basamento cristalino compuesto por rocas ígneas y metamórficas que afloran en los cabos o promontorios.

La malacofauna de cada playa aporta datos que podrán ser evaluados y monitoreados periódicamente para detectar modificaciones en el tiempo que pudieran estar principalmente relacionados con la acción humana, alertando sobre las modificaciones en los ecosistemas de la región.

El ecosistema litoral constituye un recurso susceptible de la actividad humana, los resultados ponen de manifiesto que un uso inadecuado y no planificado del territorio impacta sobre el recurso “playa” aumentando su vulnerabilidad a la erosión costera que repercutiría en cuestiones ambientales, ecológicas y socioeconómicas.

Tabla 5. Análisis mineralógico de las siete playas estudiadas. Abreviaturas, Bal. Bs. As.: Balneario Buenos Aires, Frag.: fragmentos.

Localidad	Cuarzo (%)	Cuarzo + inclusiones (%)	Plagioclasa (%)	Frag. líticos (%)	Muscovita (%)	Feldespatos (%)	Agregados (limo + arcilla) (%)
La Mansa	47.19	1.49	3.76	2.34	4.1	25.41	15.8
Brava I	54.72		4.88	2.25		8.11	28.75
Brava II	45.96	2	12.4	3.56	3.97	21.5	11.03
Manantiales	51.63	3.1	8.34	3.1	4.7	18.4	10.6
El Chorro	43.76	4.10	5.8	10.1	10.3	21.5	3.96
Bal. Bs. As.	59.64	3.56	2.95	7.46		21.8	4.1
José Ignacio	24.4	2.63	6.28	32.5	16.53	13.43	4.36

Tabla 6. Composición faunística de las siete playas estudiadas. Abreviaturas, LM: La Mansa, B I: Brava I, B II: Brava II, Man.: Manantiales, ECh: El Chorro, Bal. Bs. As.: Balneario Buenos Aires, JI: José Ignacio.

Especie	LM	B I	B II	Man.	ECh	Bal. Bs. As.	J I
<i>Mytilus edulis</i> Linnaeus, 1758	57	338	3	386	830	10	21
<i>Brachidontes rodriguezii</i> (d'Orbigny, 1842)	0	37	1	23	58	0	6
<i>Glycymeris longior</i> (G.B. Soerby I, 1833)	13	4	1	27	19	32	91
<i>Noetia bisulcata</i> (Lamarck, 1819)	0	3	0	1	0	0	0
Ostreidae	1	0	0	4	0	0	7
<i>Ostreola equestis</i> (Say, 1834)	0	12	5	0	0	0	0
<i>Plicatula gibbosa</i> Lamarck, 1801	2	9	0	0	0	0	0
<i>Diplodonta vilardeboena</i> (d'Orbigny, 1845)	3	0	0	0	0	0	0
<i>Donax hayleyanus</i> Philippi, 1847	0	15	2	0	0	0	67
<i>Tagelus plebeius</i> (Lightfoot, 1786)	0	4	0	0	0	1	0
<i>Mactra isabelleana</i> d'Orbigny, 1846	15	606	398	24	0	4	9
<i>Raeta plicatella</i> (Lamarck, 1818)	0	0	0	0	0	0	4
<i>Mesodesma mactroides</i> Deshayes, 1854	1	0	1	0	0	0	0
<i>Anomalocardia brasiliensis</i> (Gmelin, 1791)	0	28	0	0	0	0	0
<i>Pitar rostratus</i> (Koch en Philippi, 1844)	3	13	0	0	0	0	1
<i>Amiantis purpurata</i> (Lamarck, 1818)	0	4	0	0	0	0	0
<i>Transenpitar americana</i> (Doello-Jurado, 1951)	0	1	4	0	0	0	0
<i>Lottia subrugosa</i> (d'Orbigny, 1846)	0	2	1	0	0	0	0
<i>Diodora patagonica</i> (d'Orbigny, 1839)	0	7	0	0	0	0	1
<i>Tegula patagonica</i> (d'Orbigny, 1835)	0	1	0	0	0	0	0
<i>Crepidula</i> spp	1	10	0	6	1	2	7
<i>Hanetia haneti</i> (Petit de la Saussaye, 1856)	0	1	0	0	0	0	0
<i>Siphonaria lessona</i> (Blainville, 1824)	0	2	0	0	0	0	0
Riqueza de Especies (S)	9	19	9	7	4	5	10
Total de individuos (N)	96	1097	416	471	908	49	214
Índice de Shannon-Wiener (H)	1.31	1.29	0.26	0.74	0.35	1.02	1.54
Índice de Dominancia (D)	0.4	0.4	0.92	0.68	0.84	0.48	0.29
Índice de Equitabilidad (J)	0.6	0.44	0.12	0.38	0.25	0.63	0.67

Tabla 7. Integración de los análisis efectuados en las siete playas y su relación con la presión antrópica. Abreviaturas, A: Alto, M: Moderado, B: Bajo, DS: desviación estándar.

Localidad	Urbanización adyacente a la franja costera			Antropización dentro de la franja costera			Geomorfología		Sedimentología		Malacología
	A	M	B	A	M	B	Valores promedio en franja costera y playa distal		DS (phi) Berma	DS (phi) Duna	Especie dominante
La Mansa	X				X		147.9	27.3	0.58	0.68	<i>Mytilus edulis</i>
Brava I	X				X		212.9	31.8	0.44	0.63	<i>Mactra isabelleana</i>
Brava II	X				X		206.3	26.5	0.39	0.61	<i>Mactra isabelleana</i>
Manantiales		X		X			149.4	22.6	1.14	0.85	<i>Mytilus edulis</i>
El Chorro		X		X			132.4	16	0.64	0.71	<i>Mytilus edulis</i>
Bal. Bs. As.		X				X	222.5	42.7	0.93	1.04	<i>Glycymeris longior</i>
José Ignacio			X	X			185.8	41.9	0.78	0.68	<i>Glycymeris longior</i>

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado gracias al financiamiento del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y a la Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Universidad Nacional de Córdoba. Agradecemos especialmente a los revisores de esta manuscrito, Dr. Arturo Carranza-Edwards y Dra. Blanca Prado Pano por sus comentarios y sugerencias para mejorar la calidad de este trabajo.

REFERENCIAS

- Acha, E., Mianzan, H., Iribarne, O., Gagliardini, D., Lasta, C., Daleo, P., 2003, The role of the Río de la Plata bottom salinity front in accumulating debris: *Marine Pollution Bulletin*, 46, 197-202.
- Álviz, C., Goso, C., 2014, Sedimentación dunar y vulnerabilidad a la erosión en la costa atlántica uruguaya, *en* Goso (ed.), *En nuevas miradas a la problemática de los ambientes costeros*: Montevideo, Uruguay, DIRAC, 101-129.
- Bender, V., Hanebuth, T.J., Chiessi, C., 2013, Holocene shifts of the Subtropical Shelf Front off southeastern South America controlled by high and low latitude atmospheric forcings: *Paleoceanography*, 28, 1-10.
- Bértola, G.R., Merlotto, A., Cortizo, L., Isla, F.I., 2013, Playas de bolsillo en Mar chiquita provincia de Buenos Aires: *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70(2), 267-278.
- Bigatti, G., Averbuj, A., Primost, M., Cledón, M., Zabala, S., Teso, S., Cumplido, M., Penchaszadeh, P., 2011, Contaminación costera en la Argentina: compuestos órgano-estañosos (tbt) y malformaciones sexuales (imposex) en caracoles marinos, *en* López R., Marcomini, S. (eds.), *Problemáticas de los ambientes costeros sur de Brasil, Uruguay y Argentina*: Buenos Aires, Argentina, Ed. Croquis, 161-178.
- Bisbal, G.A., 1995, The southeast South American shelf large marine ecosystem: Evolution and components: *Marine Policy*, 19, 21-38.
- Bonachea, J., Bruschi V.M., Hurtado, M.A., Forte, L.M., da Silva, R., Etcheverry, M., Cavallotto, J.L., Dantas, M.F., Pejon, O.J., Zuquette, L.Z., Bezerra, M.A.O., Remondo, J., Rivas, V., Gómez-Arozamena, J., Fernández, G., Cendrero, A., 2010, Natural and human forcing in recent geomorphic change: case studies in the Rio de la Plata basin: *Science of the Total Environment*, 408, 2674-2695, doi:10.1016/J.SCITOTENV.2010.03.00.
- Bossi, J., Montaña, J., 1999, Dinámica de las barras costeras de las lagunas de Garzón y Rocha, *en* Hernández, J. (coordinador), *Seminario: Costa Atlántica. Estado actual del conocimiento y estrategia de investigación sobre la dinámica de la costa y sus barras lagunares* (Rocha, marzo de 1997): Rocha, Uruguay, PROBIDES, Serie Documentos de Trabajo, 21, 59-84.
- Buosi, C., Tecchiato, S., Pusceddu, N., Frongia, P., Ibba, A., De Muro, S., 2017, Geomorphology and sedimentology of Porto Pino, SW Sardinia, western Mediterranean: *Journal of Maps*, 13(2), 470-485.
- Calliari, D., Brugnoli, E., Ferrari, G., Vizziano, D., 2009, Phytoplankton distribution and production along a wide environmental gradient in the South-West Atlantic off Uruguay: *Hydrobiologia*, 620, 47-61. DOI 10.1007/s10750-008-9614-7.
- Carranza-Edwards, A., 2010, Causas y consecuencias de la erosión en las playas, *en* Yañez-Arancibia (ed.), *Impacto del cambio climático sobre la zona costera*: México, Instituto de Ecología, A.C. (INECOL), Texas Sea Grant Program, Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT), 36-50, <www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/638/causas.pdf>.
- Carranza-Edwards, A., Caso Chávez, M., 1994, Zonificación del perfil de playa: *Geo-UNAM*, 2 (2), 26-32.
- Carranza-Edwards, A., Márquez-García, A.Z., Tapia-Gonzalez, C.I., Rosales-Hoz, L., Alatorre-Mendieta, M.Á., 2015, Cambios morfológicos y sedimentológicos en playas del sur del Golfo de México y del Caribe noroeste: *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 67(1), 21-43.
- Cendrero-Uceda, A., Sánchez-Arcilla, A., Zazo-Cardeña, C., 2005, Impactos sobre zonas costeras, *en* Moreno-Rodríguez, J.M. (coord.), *Evaluación preliminar de los impactos en España por efecto del cambio climático*: Madrid, España, Ministerio de Medio Ambiente, 469-524.
- Ciccarelli, D., Pinna, M. S., Alquini, F., Cogoni, D., Ruocco, M., Bacchetta, G., Fenu, G., 2017, Development of a coastal dune vulnerability index for Mediterranean ecosystems: A useful tool for coastal managers?: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 187, 84-95.
- Ciotti, A.M., Odebrecht, C., Fillmann, G., Moller, O.O., 1995, Freshwater outflow and Subtropical Convergence influence on phytoplankton biomass on the southern Brazilian continental shelf: *Continental Shelf Research*, 15(14), 1737-1756.
- Clavijo, C., Scarabino, F., Rojas, A., Martínez, S., 2005, Lista sistemática de los moluscos marinos y estuarinos del Cuaternario de Uruguay: *Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay*, 9(88), 381-411.
- Cuevas Jiménez, A., Euán Ávila, J.I., Villatoro Lacouture, M.M., Silva Casarín, R., 2016, Classification of beach erosion vulnerability on the Yucatan coast: *Coastal Management*, 44(4), 333-349.
- Darrigan, G., Arcaria, N., 2011, Las invasiones biológicas en la costa argentina y en la Cuenca del Plata, *en* López R., Marcomini, S. (eds.), *Problemáticas de los ambientes costeros sur de Brasil, Uruguay y Argentina*: Buenos Aires, Argentina, Ed. Croquis, 179-192.
- Defeo, O., McLachlan, A., Schoeman, D.S., Schlacher, T.A., Dugan, J., Jones, A., Lastra, M., Scapini, F., 2009, Threats to sandy beach ecosystems: A review: *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81, 1-12.
- De Andrés, M., Barragan, J.M., Scherer, M., 2018, Urban centres and coastal zones definition: We area should we manage?: *Land Use Policy*, 71, 121-128.
- Fernández, J.M., Bértola, G.R., Campo, A.M., 2017, Aplicación del Índice de Vulnerabilidad Costera (CVI) a los barrios costeros del partido de Mar Chiquita, Buenos Aires, Argentina: *Geoaacta*, 42(1), 13-23.
- Finkl, C.W., 2004, Coastal classification: Systematic approaches to consider in the development of a comprehensive scheme: *Journal of Coastal Research*, 20(1), 166-213.
- Fischer, D., Pisani, S., 1998, *Al Este de la historia*: Montevideo, Uruguay, Ed. Santillana, Vol. I, 218 pp.
- Folk, R.L., Ward, O.C., 1957, Brazos River bar: a study of the significance of grain size parameters: *Journal of Sedimentary Petrology*, 37, 514-521.
- García-Ayllón, S., 2018, GIS assessment of mass tourism anthropization in sensitive coastal environments, application to a case study in the Mar Menor area: *Sustainability*, 2071-1050, 10(5).
- Griggs, G.B., Patsch, K., 2018, Natural changes and human impacts on the sand budgets and beach widths of the Zuma and Santa Monica littoral cells, *Southern California: Shore & Beach*, 86(1), 14 pp.
- Gómez-Erache, M., 2011, Un cambio en el modelo de gestión de la zona costera uruguaya: el programa ecoplata, *en* López R., Marcomini, S. (eds.), *Problemáticas de los ambientes costeros sur de Brasil, Uruguay y Argentina*: Buenos Aires, Argentina, Ed. Croquis, 95-105.
- Gómez Pivel, M.A., 2006, Geomorfología y procesos erosivos en la costa atlántica uruguaya, *en* Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*: Montevideo, Vida Silvestre Uruguay, 35-44.
- Goso Aguilar, C., Mesa, V., 2009, Mapas de riesgo geológico en la costa uruguaya: Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), Dirección Nacional de Medio Ambiente (DINAMA), Proyecto URU/07/G32 Implementación de medidas pilotos de adaptación al cambio climático en áreas costeras del Uruguay, Reporte Inédito.
- Goso Aguilar, C., Muzio, R., 2006, Geología de la costa uruguaya y sus recursos minerales asociados, *en* Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (eds.), *Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya*: Montevideo, Vida Silvestre Uruguay, 9-20 pp.
- Goso Aguilar, C., Mesa, V., Álvarez, M.C., 2010, Mapa en la vulnerabilidad de la erosión en la costa platense uruguaya, *en* Actas VI Congreso Uruguayo de Geología: Montevideo, Uruguay, Sociedad Uruguaya de Geología, CD ROM.
- Goso Aguilar, C., Mesa, V., Álvarez, M.C., 2011, Sinopsis geológico-ambiental de la costa platense y atlántica de Uruguay, *en* López R., Marcomini, S. (eds.), *Problemáticas de los ambientes costeros sur de Brasil, Uruguay y Argentina*: Buenos Aires, Argentina, Ed. Croquis, 59-78.
- Hammer, Ø., Harper, D.A.T., Ryan, P.D., 2005, *PAST-PALaeontological Statistics*: disponible en <http://folk.uio.no/ohammer/past>.
- INUMET (Instituto Nacional Uruguayo de Meteorología), 2018, *Clima*: Instituto Nacional Uruguayo de Meteorología, <https://www.inumet.gub.uy>.
- Isla, F., Bértola, G., Farenga, M.O., Serra, S., Cortizo, L., 1998, Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos: *AAS Revista*, 5(1), 41-51.

- Isla, F.I., Cortizo, L., Merlotto, A., Bértola, G., Albisetti, M.P., Finocchietti, C., 2018, Erosion in Buenos Aires province: Coastal-management policy revisited: *Ocean & Coastal Management*, 156, 107-116.
- Karlsson, A., Ayala, R., 2003, Tipificación mineralógica de tefras asociadas a diferentes sedimentos cuaternarios (resumen), en *II Congreso de Cuaternario y Geomorfología: Tucumán, Argentina*, Instituto de Geociencia y Medio Ambiente (INGEMA), 111-119.
- Kidwell, S.M., 2013. Time-averaging and fidelity of modern death assemblages: building a taphonomic foundation for conservation palaeobiology: *Palaeontology*, 56(3), 487-522.
- Lantzsch, H., Hanebuth, T.J.J., Chiessi, C.M., Schwenk, T., Violante, R., 2014, A high-supply sedimentary system controlled by strong hydrodynamic conditions (the continental margin off the Plata Estuary during the late Quaternary: *Quaternary Research*, 81, 339-354.
- Lindeboom, H.J., 2002. Changes in coastal zone ecosystems, en *Climate development and history of the North Atlantic realm*: Berlin, Heidelberg, Springer, 447-455.
- López, R.A., Marcomini, S.C., 2011, Problemática de los Ambientes Costeros, Sur de Brasil, Uruguay y Argentina: Buenos Aires, Argentina, Ed. Croquis, 211 pp.
- López, R.A., Marcomini, S., Buniconro, M.P., 2016, Morfodinámica de las dunas costeras del Cabo San Antonio, provincia de Buenos Aires, Argentina: *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, 23, 111-125.
- Marcomini, S., López, R.A., 1997, Influencia de la urbanización en la dinámica costera, *Villa Gesell, Provincia de Buenos Aires, Argentina: AAS Revista*, 4(2), 79-96.
- Marcomini, S., López, R.A., Spinoglio, A., 2007, Uso de la morfología costera como geoindicador de susceptibilidad a la erosión en costas cohesivas, *Necochea, Buenos Aires: Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 62(3), 396-404.
- Martínez, M.L., Gallego-Fernández, J.B., García-Franco, J.G., Moctezuma, C., Jiménez, C.D., 2006, Assessment of coastal dune vulnerability to natural and anthropogenic disturbances along the Gulf of Mexico: *Environmental Conservation*, 33(2), 109-117.
- Martínez, M.L., Silva, R., Lithgow, D., Mendoza, E., Flores, P., Martínez, R., Cruz, C., 2017, Human impact on coastal resilience along the coast of Veracruz, Mexico: *Journal of Coastal Research*, 77(sp1), 143-153.
- Martínez-Dueñas, W.A., 2010, INRA - Índice integrado relativo de antropización: propuesta técnica-conceptual y aplicación: *Rev. Intrópica*, 5, 37-46.
- Merlotto, A., Bértola, G.R., Isla, F.I., 2017, Riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires, Argentina: *Revista Universitaria de Geografía*, 26(2), 37-72.
- Möller Jr., O.O., Piola, A.R., Freitas, A.C., Campos, E., 2008, The effects of river discharge and seasonal winds on the shelf off southeastern South America: *Continental Shelf Research*, 28, 1603-1624.
- MTOP-PNUD-UNESCO, 1980, Conservación y mejora de playas: URU 73.007. 593 pp4 apéndices: Montevideo, Uruguay, Ministerio de Transporte y Obras Públicas, Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), UNESCO, 597 pp.
- Muñoz-Lechuga, R., Gutiérrez-Martínez, M., Sanz-Fernández, V., Gómez-Cabeza, A., Cabrera-Castro, R., 2018, Infralitoral-sublitoral (submerged zone) macroinfauna community structure of high-impact, medium-impact and non-impact beaches on the Gulf of Cádiz coast (SW Spain). Evaluation of anthropogenic alterations: Nourishments, human impact and urbanization: *Marine Environmental Research*, 133, 85-98.
- Mwakumanya, A.M., Munyao T.M., Uakuwun, E.K., 2009, Beach width analyses in beach erosion hazard assessment and management at Bamburi beach, Mombasa, Kenya: *Journal of Geography*, 2(12), 299-309.
- Nayak, S., 2000, Critical issues in coastal zone management and the role of remote sensing, en *Sudarshana, R., Mitra, D., Mishra, A.K., (eds.), Subtle Issues in Coastal Management: Dehradun, India, Indian Institute of Remote Sensing*, 77-98.
- Nagai, R.H., Ferreira, P.A.L., Mulkherjee, S., Martins, V.M., Figueira, R.C.L., Sousa, S.H.M., Mahiques, M.M., 2014, Hydrodynamic controls on the distribution of surface sediments from the southeast South American continental shelf between 23°S and 38°S: *Continental Shelf Research*, 89, 51-60, doi:10.1016/j.csr.2013.09.016.
- Ortega L., Martínez A., 2007, Multiannual and seasonal variability of water masses and fronts over the Uruguayan shelf: *Journal of Coastal Research*, 23(3), 618-629.
- Panareda Clopés, J., Boccio Serrano, M., 2008, Efectos de la dinámica litoral inducidos por la actividad humana en áreas urbanizadas: el caso del Maresme (Barcelona): *Territoris, Universitat de les Illes Balears*, 7, 55-68.
- Panario, D., Gutierrez, O., 2006, Dinámica y fuentes de sedimentos de las playas uruguayas, en *Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (eds.), Bases para la conservación y el manejo de la costa uruguaya: Montevideo, Vida Silvestre Uruguay*, 21-34.
- Panario, D., Piñeiro, G., de Álava, D., Fernández, G., 1993, Dinámica sedimentaria y geomorfológica de dunas y playas en Cabo Polonio, Rocha: Montevideo, Uruguay, Universidad de la República, Unidad de Ciencias de la Epigénesis, Facultad de Ciencias, 57 pp.
- Pérez, L., 2014, Estudio paleoceanográfico de la plataforma continental interna uruguaya: Montevideo, Uruguay Universidad de la Republica, Facultad de Ciencias, Sección Oceanología, Tesis de Maestría en Geociencias, 158 pp.
- Pérez, L., García Rodríguez, F., Hanebuth, T.J.J., 2016, Variability in terrigenous sediment supply offshore of the Río de la Plata (Uruguay) recording the continental climatic history over the past 1200 years: *Climate of the Past*, 12, 623-634, <https://doi.org/10.5194/cp-12-623-2016>.
- Piola, A. R., Moller, O.O., Guerrero, R.A., Campos, E.J.D., 2008, Variability of the subtropical shelf front off eastern South America: Winter 2003 and summer 2004: *Continental Shelf Research*, 28, 1639-1648.
- Risso, J.I., 2007, Historia de Punta del Este: Ed. Sudamericana, 392 pp.
- Scarabino, F., 2006, Faunística y taxonomía de invertebrados bentónicos marinos y estuarinos de la costa uruguaya., en *Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (eds), Bases para la conservación de la costa uruguaya: Montevideo, Vida Silvestre Uruguay*, 113-142.
- Scarabino, F., Zaffaroni, J.C., Carranza, A., Clavijo, C., Nin, M., 2006a, Gasterópodos marinos y estuarinos de la costa uruguaya: faunística, distribución, taxonomía y conservación, en *Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (eds.) Bases para la conservación de la costa uruguaya: Montevideo, Vida Silvestre Uruguay*, 143-156.
- Scarabino, F., Zaffaroni, J.C., Carranza, A., Clavijo, C., Nin, M., 2006b, Bivalvos marinos y estuarinos de la costa uruguaya: faunística, distribución, taxonomía y conservación, en *Menafrá, R., Rodríguez-Gallego, L., Scarabino, F., Conde, D. (eds.), Bases para la conservación de la costa uruguaya: Montevideo, Vida Silvestre Uruguay*, 157-170.
- Spalletti, L.A., 1980, Paleoambientes sedimentarios en secuencias silicoclásticas: *Asociación Geológica Argentina, Serie B Didáctica y Complementaria*, 175 pp.
- Silva, R., Martínez, M.L., Hesp P.A., Catalan, P., Osorio A.F., Martell, R., Fossati, M., Miot da Silva, Graziela, Mariño-Tapia, Ismael, Pereira Pedro, Cienguegos R., Klein A., Govaere G., 2014, Present and future challenges of coastal erosion in Latin America: *Journal of Coastal Research, Special Issue 71 Coastal Erosion and Management along Developing Coasts*, 1-16.
- Short, A.D., 1999, Wave-Dominated Beaches, en *Short (ed.), Handbook of beach and shoreface morphodynamics*: London, John Wiley & Sons, 173-203.
- Torruco Gómez, D., González Solís, M.A., Torruco González, A.D., 2013, Las playas de Quintana Roo: sus riesgos y vulnerabilidad: *El Periplo Sustentable*, 24.
- Ubilla, M., 2004, La Formación Fray Bentos (Oligoceno Tardío) y los mamíferos más antiguos de Uruguay, en *Veroslavsky, G., Ubilla, M., Martínez, S. (eds.), Cuencas Sedimentarias de Uruguay-Cenozoico: Montevideo, DIRAC-Facultad de Ciencias, Universidad de la República*, 83-104 pp.
- Viana, N., Ramos, G., 1994, Acercamientos en la determinación del espiral logarítmico en una pequeña playa de La Floresta: *Facultad de Ciencias, Universidad de la República, Trabajo monográfico del Curso de geomorfología*, inédito 20 pp.
- Visher, G.S., 1969, Grain size distribution and depositional processes: *Journal of Sedimentology and Petrology*, 39, 1074-1106.

Manuscrito recibido: abril 28, 2018

Manuscrito corregido recibido: agosto 9, 2018

Manuscrito aceptado: agosto 14, 2018