

<https://doi.org/10.23854/07199562.2021571esp.Merlotto55>

VARIACIONES MORFOLÓGICAS Y SEDIMENTARIAS DE PLAYAS DEL MUNICIPIO DE GENERAL ALVARADO, BUENOS AIRES, ARGENTINA.

MORPHOLOGICAL AND SEDIMENTARY VARIATIONS OF BEACHES OF GENERAL ALVARADO MUNICIPALITY, BUENOS AIRES, ARGENTINA.

Sra. Merlotto, A¹. y Sr. Bértola, G.R¹.

RESUMEN

Las playas son consideradas un sistema natural frágil y complejo y para lograr el diseño e implementación de medidas de manejo costero acorde con las características y prioridades de cada playa, es imprescindible el conocimiento de la morfodinámica de cada una de ellas. En el presente trabajo, mediante perfiles topográficos y muestreos sedimentarios estacionales, se evaluó el comportamiento de playas localizadas en Mar del Sur y Miramar, municipio de General Alvarado. En general el ancho de playa se ha incrementado en todas las playas medidas, salvo en el sur del área estudiada que se mantuvo igual. Al Sur, se evidencia un proceso erosivo que disminuye hacia el Norte del área de estudio. A pesar de ser las de Miramar las playas más urbanizadas, se encuentran en equilibrio o en franco crecimiento. Se observaron, además, importantes cambios debido a ciclos estacionales verano/invierno y la recuperación de las playas luego de períodos post-tormenta. En cuanto a la composición granulométrica de los sedimentos de las playas, predominan las arenas medianas en Miramar y más finas hacia el sur del área de estudio. Frente a la ausencia de estudios similares en el área de estudio, los resultados de este trabajo constituyen un importante aporte que contribuirá en la elaboración de un plan de manejo costero.

Palabras clave: Playas. Erosión. Morfodinámica. Manejo costero.

ABSTRACT

Beaches are considered a fragile and complex natural environment. To achieve the design of a coastal management, measures according to the characteristics and priorities of each beach, it is essential to know each particular beach morphodynamics. In the present study, volumetric and sedimentary variations of beaches located in Mar del Sur and Miramar, coastal towns of the municipality of General Alvarado, were evaluated through topographic profiles and seasonal sedimentary samplings. In general, beach width has increased in all the measured beaches, except in the south of the studied area, where it remained stable. In the south, there is evidence of an erosive process that decreases towards the north of the study area. Despite being the most urbanized, the beaches of Miramar are in equilibrium or in evident progradation. In addition, important changes were observed due to summer/winter seasonal cycles, as well as the recovery of beaches after post-storm periods. Regarding the granulometric composition of beaches, medium-sized sands predominate in Miramar while fine sands are present towards the south of the study area. Because of the absence of similar studies in the area, these results constitute an important contribution for the elaboration of a coastal management programme for the municipality.

Key words: Beaches. Erosion. Morphodynamics. Coastal management.

¹ Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMYC-UNMDP-CONICET) e Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (IGCYC-UNMdP-CIC) Mar del Plata, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La morfología de las playas de arena depende principalmente de las condiciones del oleaje y del intercambio de sedimentos entre la berma y la barra litoral. Los vientos y las mareas terminan de incidir en sus características, que originan elementos morfológicos y texturales íntimamente relacionados con la dinámica del ambiente. Gran parte de las playas de la provincia de Buenos Aires se desarrolla al pie de acantilados activos. Estos conforman una pared rocosa, escarpada y de altura variable, que suele estar en continuo retroceso por la acción del mar. A veces sobre ellos se desarrolla una cadena de médanos costeros: las barreras medanosas Oriental y Austral (Isla et al., 2001). En gran parte de estas costas dominan los problemas de migración de dunas que pueden obstruir los arroyos o sepultar zonas forestadas. El médano frontal es el más cercano a la playa y su altura depende de las condiciones climáticas y de oleaje locales. Debido a la continua interacción e intercambio de materiales entre la playa propiamente dicha y el acantilado o médano frontal, éstos son considerados como parte de la playa (Merlotto et al., 2013).

En las últimas décadas, se ha podido constatar que la costa de Buenos Aires, principalmente en su sector sudeste, ha tenido una significativa erosión de sus playas debido, entre otros, a las características físicas de su plataforma y a la configuración y composición litológica del litoral (Fiore et al., 2009; Codignotto et al., 2012; Isla et al., 2018). A estas características naturales se adiciona el episódico impacto de olas de tormentas provenientes del cuadrante Sur. Las tormentas, acompañadas generalmente de fuertes vientos y ondas de tormenta positivas, han sido identificadas como uno de los principales factores naturales que ocasionan procesos erosivos (Schnack et al., 1998; Fiore et al., 2009; Merlotto y Bértola, 2009; Merlotto et al., 2013). Además, luego de cada episodio se ha observado el deterioro y destrucción de infraestructura balnearia y residencial en numerosas ciudades de la provincia de Buenos Aires (Pousa et al., 2007;

Merlotto y Bértola, 2009; Codignotto et al., 2012; Merlotto et al., 2013).

El proceso de urbanización acontecido desde 1960, favoreció el surgimiento de numerosos centros urbanos a lo largo de la costa de la provincia, alterando y degradando los ambientes costeros. Asimismo, las defensas costeras implementadas para revertir el proceso erosivo, en muchos casos, no lograron interrumpirlo y brindan sólo una protección localizada en las playas donde se instalan. Muchas veces bloquean la deriva y así han incrementando la erosión, que se generaliza y extienden deriva abajo (Merlotto et al., 2009 y 2014; Isla et al., 2018). El objetivo del presente trabajo fue evaluar el comportamiento morfológico y sedimentario de playas del partido de General Alvarado, cuyos centros urbanos costeros más importantes son Miramar y Mar del Sur (Figura 1). Mediante la realización de perfiles de playa, se analizaron la magnitud y velocidad de los cambios morfológicos, al tiempo que se analizaron las variaciones texturales de distintas zonas de la playa. Con características geomorfológicas diferentes y con diversos grados de urbanización e intervención antrópica, se seleccionaron dos playas en Mar del Sur (Chalets y Coco Loco), una al sur de Miramar (Frontera Sur) y dos en el casco urbano de Miramar (Monolito y HR). Las playas de Mar del Sur se desarrollan sobre acantilados activos bajos de hasta 6 m de altura y se encuentran medianamente urbanizadas, mientras que las de Miramar presentan construcciones balnearias y defensas costeras.

ZONA DE ESTUDIO

En el municipio de General Alvarado se localizan cinco centros urbanos y, con 47 km de costa, tres de ellos son costeros: Miramar (la ciudad cabecera, 6 km de costa), Mar del Sur (3 km) y Centinela del Mar (1 km). El presente estudio realizó el monitoreo morfológico y sedimentario de cinco playas localizadas en Miramar y Mar del Sur: Chalets y Coco Loco en Mar del Sur, Frontera Sur hacia el Norte y en Miramar, Monolito y HR (Figura 1).

El partido es atravesado por tres arroyos principales que desaguan en el mar: El Durazno (en Miramar), La Carolina y La Tigra (en Mar del Sur). Los mismos son poco caudalosos y tienen sus nacientes en el sistema de Tandilia, en el

centro de la provincia. El perfil Coco Loco (Figuras 1 y 2) está emplazado entre estos dos últimos arroyos, área que, por su colmatación con sedimentos arenosos holocenos, ha generado un campo de médanos relativamente reducido. Luego



Figura 1. Área de estudio y playas analizadas. Fuente: elaboración propia en base a imágenes Google Earth®.

de las tormentas y por un aumento de energía, aumentan los caudales de ambos arroyos y generan aéreas de inundación, erosión hídrica y fuertes cambios en la morfología de la playa. Hacia el Sur, se desarrollan acantilados activos de no más de 6 m y articulados con plataformas de erosión constituidas por loess y conglomerados parcialmente entoscados. La erosión diferencial queda expuesta en varios puntos de las pequeñas playas de bolsillo. En este ambiente se localiza Chalets (Figuras 1 y 2).

Hacia el Norte, entre Miramar y Mar del Sur, se desarrollan playas originadas por el retrabajo de barreras medanosas y por el gran campo de dunas móviles allí existentes. En 1923 se creó el Vivero Dunícola Florentino Ameghino e inmediatamente comenzó a ser forestado. Esta acción llevó con el tiempo, a la fijación de las dunas y, por lo tanto, a la obstrucción de transporte eólico de arena y a la falta de

sedimentos en las playas de la ciudad de Miramar. Frente al vivero se localiza la playa Frontera Sur (Figuras 1 y 2).

La ciudad de Miramar comenzó su crecimiento en la década de 1950, proceso acompañado de un intenso uso de áridos para la construcción. Como consecuencia, diez años después el área comenzó a experimentar fuertes cambios en el paisaje. Esto ocasionó que a partir de 1972 se empezara la construcción de una serie de espigones en el centro de la urbanización para evitar el deterioro de la playa, así como dos muros paralelos (1976) en la desembocadura del arroyo El Durazno. En la década de 1980 continuó la construcción de obras de defensa (escollerados) al norte del nombrado arroyo y la remodelación de las obras de defensa del sector centro de la ciudad (Lagrange, 1993). La playa Monolito se localiza en el centro más urbanizado de la ciudad y la playa HR se encuentra al norte del arroyo El

Durazno (Figuras 1 y 2). Constituyen playas de bolsillo labradas entre escolleras.

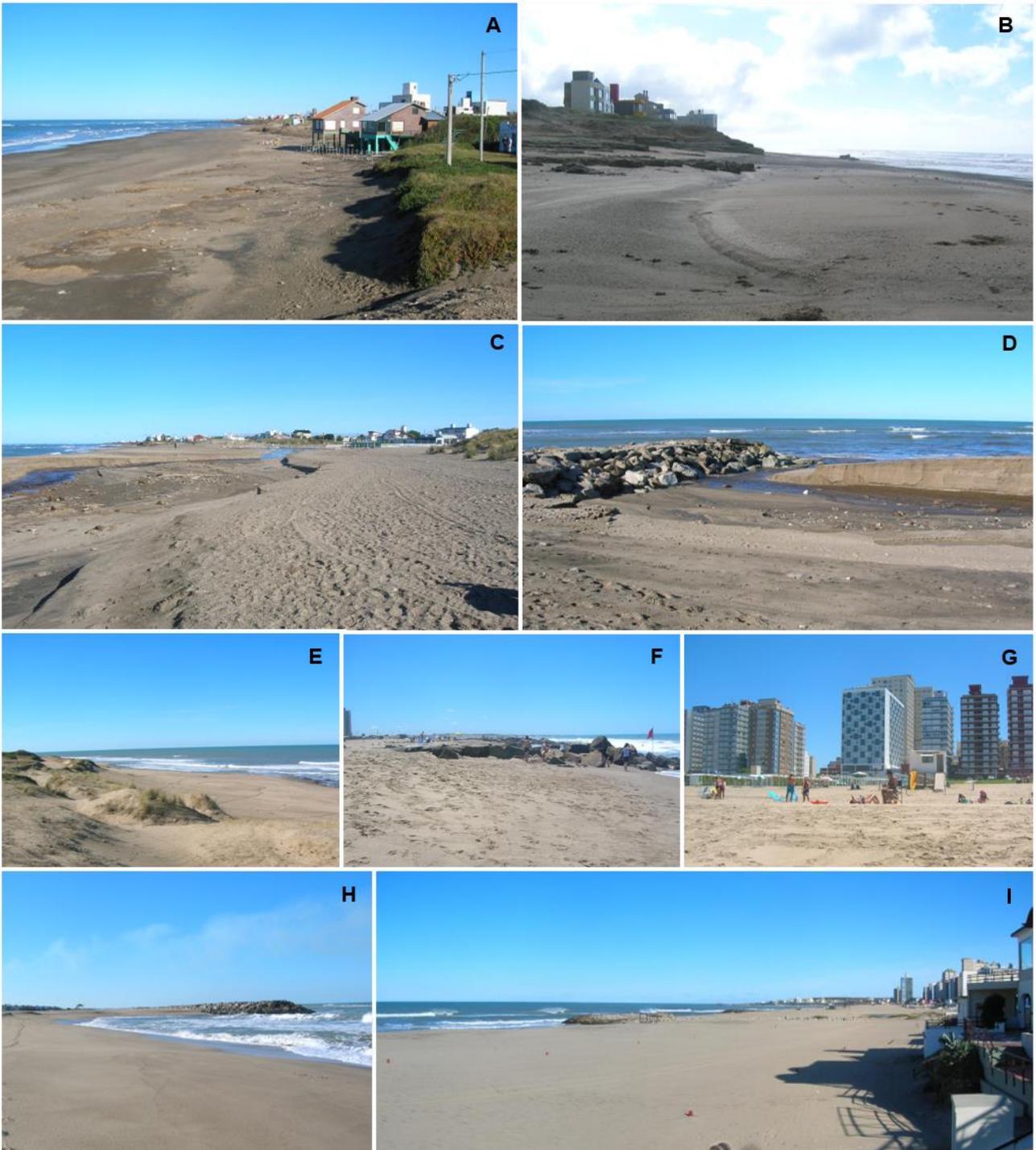


Figura 2. A) Playa Chalets vista desde el Norte. B) Playa Chalets vista desde el Sur. C) Playa Coco Loco vista desde el Norte. Puede apreciarse el arroyo atravesando la playa y D) la desembocadura al lado del espigón. E) Playa Frontera Sur vista desde el Sur. F) Playa Monolito vista desde al Norte donde se aprecia el campo de espigones. G) Playa Monolito vista desde la orilla. H) Playa frontal de HR vista desde el Sur. I) Playa HR vista desde el Norte. Fuente: archivo personal del os autores.

La costa del partido General Alvarado presenta una orientación SW-NE, en coincidencia con la dirección predominante de la deriva litoral (Perillo et al., 2005). La marea es semidiurna, con una amplitud media de 0,98 m (SHN, 2020). La altura de ola media significativa al sur del área de estudio en la localidad costera de Necochea, es de 1,12 m (máxima significativa diaria 4,5 m) y el período medio significativo medio es 7,5 s (máximo significativo diario de 12,3 s) (Merlotto et al., 2010). Aquellas olas ubicadas entre espigones reducen significativamente las alturas de sus rompientes por fenómenos de refracción y difracción. Las tormentas más fuertes provienen del S y serían las responsables de una deriva litoral hacia el N, de 500.000 m³/año (Verón y Bértola, 2014). En la ciudad de Necochea, el estudio de vientos predominantes indica que en la zona provienen del N y NW con una velocidad media de 17,8 km/h, aunque los más fuertes (23,1 km/h) son del SW y rotando al SE (Merlotto y Piccolo, 2009).

En cuanto a la evolución de la línea de costa, Isla et al. (2018) estimaron un proceso erosivo con un ritmo de retroceso de 0,7 a 1 m/año en los sectores más perjudicados. Un estudio de la playa infralitoral (Isla, 2003) estimó que la playa sumergida frente al área de estudio no posee acumulaciones de arena de relevancia. Las plataformas de abrasión sobre las cuales se desarrollan las playas del sur del área de estudio, se continúan hacia el fondo marino como un relieve irregular con escalones que superan los 1,5 m. En Mar del Sur, a partir del año 1980, la extracción de áridos para la construcción (luego prohibida a partir de 1997) generó la pérdida de un 50% del ancho de las playas (Camino et al., 2011). Este proceso favoreció el afloramiento del sustrato rocoso de antiguos acantilados de loess que actualmente se observan en las playas. Las perturbaciones en la playa por las esporádicas crecidas de sus arroyos, implicó que entre las décadas de 1990 y 2000 se construyeran espigones de contención, primero en la desembocadura de La Carolina y posteriormente en la de La Tigra.

MÉTODOS

Las cinco playas estudiadas poseen diferentes características geomorfológicas y diversos grados de urbanización e intervención antrópica: en Mar del Sur las playas Chalets y Coco Loco y en Miramar, Frontera Sur, Monolito y HR (Figuras 1 y

2). Se realizaron 21 trabajos de campo estacionales durante 5 años, desde el 25/03/13 al 10/07/2018. Durante los mismos se confeccionaron perfiles de playa perpendiculares a la línea de costa mediante un teodolito NIKON NT2A. Se tomaron cotas cada 5 m, desde puntos georreferenciados en la playa distal (o el médano) hasta una cota de 0,5 m por debajo del nivel de bajar.

Para obtener el volumen de arena de cada perfil de playa, se calculó el área bajo la curva desde el punto fijo hasta el nivel base (definido por la última cota). A ese valor de superficie, se le agregó una tercera medida (para obtener de ese modo, el dato en metros cúbicos) que en este caso fue de 5 m a ambos lados de la traza del perfil, medida arbitraria pero válida según estudios anteriores (Bértola, 2001; Merlotto et al., 2014; entre otros). Las transectas tuvieron en general, diferentes longitudes entre relevamientos, por lo que en la evaluación, se tomó en cuenta la longitud del perfil más corto. De este modo se obtuvieron los volúmenes sedimentarios de cada perfil, el balance sedimentario estacional y el total para el periodo estudiado. Se identificó especialmente la conformación de crestas de bermas de tormentas o de dorsales intermareales. Se calcularon las pendientes generales de las playas y las de la playa frontal o cara de playa (expresadas como porcentajes).

Durante los trabajos de campo se tomaron muestras de sedimentos obtenidas a 3 cm de profundidad de la playa distal, frontal y el médano (sólo Frontera Sur). Las muestras fueron procesadas en laboratorio, secadas y tamizadas cada 0,5 intervalo phi y los parámetros estadísticos fueron obtenidos mediante el software Gradistat® (Blott y Pye, 2001).

RESULTADOS

La playa Chalets (38°21'04,31"S-57°59'47"W) (Figuras 2A y B) está emplazada junto a acantilados de loess entoscados que han sido rebajados para pasar las calles, por lo que eventualmente se forman canales de drenaje pluviales que cortan la playa perpendicularmente. Esto favoreció la pérdida de casi 1 m del nivel de arena en la cabecera del perfil entre los años 2013 y 2018 (Figura 3A). En este sector de Mar del Sur, se construyeron viviendas sobre el acantilado frente a la playa y el perfil se localiza al pie de

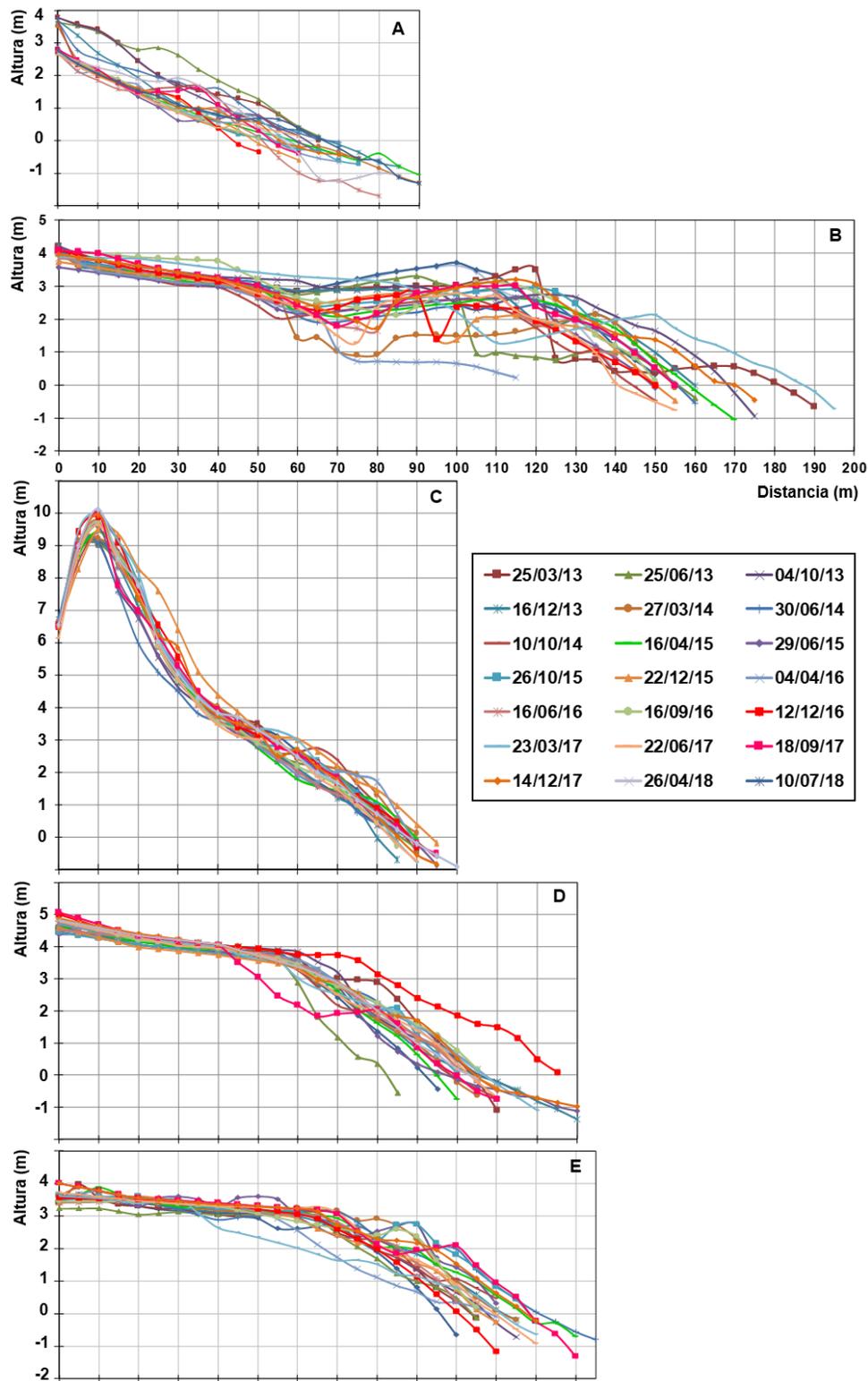


Figura 3. Perfiles de playa. A) Chalets. B) Coco Loco. C) Frontera Sur. D) Monolito. E) HR. Fuente: Elaboración propia.

viviendas que se encuentran sobre la playa. El ancho de playa es aproximadamente de 70 m (con desvío de +/-20 m), de los cuales los primeros 50 m fueron los que tuvieron mayor variabilidad topográfica. La pendiente de la playa generalmente fue mayor en la playa frontal (y con mayores cambios en los sucesivos relevamientos) que en el total del perfil. Los valores (Tabla 1) arrojaron una media de 5,1% en la pendiente general de la playa (máximo 6,1% y mínimo 4,1%) y una media de 5,9% en la pendiente de playa frontal (máximo 10,3% y mínimo 2,2%). En relación a los balances (Tabla 1), desde los primeros relevamientos y hasta el año 2018, las

variaciones fueron muy marcadas (Figura 4), para luego amortiguarse. En general se aprecia una pérdida de arena de casi 520 m³ en 5 años de mediciones. A fines del año 1997 se construyó junto al arroyo La playa Coco Loco (38°20'50,38"S-57°59'16,69"W) (Figuras 2C y D) es una playa con buen desarrollo de bermas de tormenta que ocupa una ensenada compuesta por afloramientos de La Tigra en su margen norte, un espigón para evitar la erosión recurrente de la playa y encauzar la salida de las aguas. Pero al ser demasiado corto y permeable, no cumplió su objetivo. Por ello, los balances sedimentarios

Parámetro	Playa				
	Chalets	Coco Loco	Frontera Sur	Monolito	HR
Balance sedimentario (m³)	-517,5	-194,2	-53,5	-6,3	1001,5
Pendiente total (%)	5,1	2,7	12,3	4,8	3,4
Pendiente frontal (%)	5,9	8,5	10,6	8,6	9,1
Ancho de playa (m)	70,0	157,1	90,2	109,8	115

Tabla 1. Balance sedimentario, pendientes y ancho de las playas estudiadas entre 2013 y 2018. Elaboración propia.

Playa y sector	Parámetros granulométricos		
	Media (Phi)	Selección	Asimetría
Chalets-Distal	2	0,99	-0,25
Chalets-Frontal	1,2	1,02	-0,56
Coco Loco-Distal	1,1	1,33	-0,37
Coco Loco-Frontal	1,3	1,01	-0,09
Frontera Sur-Distal	0,8	0,05	-0,05
Frontera Sur-Frontal	0,4	0,73	-0,12
Frontera Sur-Médano	1	0,49	-0,15
Monolito-Distal	1	0,94	0,06
Monolito-Frontal	1,1	0,87	-0,08
HR-Distal	1,5	0,64	0,03
HR-Frontal	1,4	0,68	0,04

Tabla 2. Parámetros granulométricos de las playas estudiadas. Elaboración propia.

de este perfil de playa, al estar ubicado a 130 m al norte de dicho espigón, están sesgados por el efecto del arroyo.

La playa Coco Loco ($38^{\circ}20'50,38''S-57^{\circ}59'16,69''W$) (Figuras 2C y D) es una playa con buen desarrollo de bermas de tormenta que ocupa una ensenada compuesta por afloramientos de limos entoscados bajos, cubiertos por médanos y cuya expresión morfológica holocena fue conformada por los arroyos La Carolina y La Tigra. El ancho de la playa es en promedio de 157 m (con desvío de ± 45 m), de los cuales entre los 50 y 130 m fueron los que tuvieron mayor variabilidad topográfica, coincidente con las divagaciones del arroyo La Tigra. En cuanto a las pendientes de playa (Tabla 1) los valores arrojaron una media de 2,7% en la pendiente general (máximo 4,5% y mínimo 2,1%) y de 8,5% en la pendiente de la playa frontal (máximo 13% y mínimo 2,9%). En relación a los balances, las variaciones más importantes se verificaron en los años 2014 y 2017 (Figura 4). Se aprecia una pérdida de arena de casi 195 m^3 en los 5 años de mediciones.

El perfil Frontera Sur ($38^{\circ}17'53,12''S-57^{\circ}51'30,86''W$) (Figura 2E) se encuentra ubicado entre las localidades de Miramar y Mar del Sur, frente al paraje del Vivero F. Ameghino y separada del mismo por el camino costero. Es una zona con grandes médanos bajo los cuales están los acantilados actualmente inactivos. El ancho de la playa es aproximadamente de 90,2 m (con desvío de ± 8 m), de los cuales la zona del médano (desde 0 a 30 m) y desde los 60 a 70 m fueron los que tuvieron mayor variabilidad topográfica. La pendiente, a diferencia de las demás playas, siempre fue mayor en el total del perfil que en la playa frontal (Tabla 1) debido a la presencia del médano al inicio del perfil. Los valores arrojaron una media de 12,3% en la pendiente general de la playa (máximo 13,5% y mínimo 11%) y una media de 10,2% en la pendiente de la cara de playa (máximo 15,6% y mínimo 4,9%). En relación a los balances, se registró una pérdida de arena de casi $53,5 \text{ m}^3$ en los 5 años de mediciones. Las variaciones más importantes se verificaron entre los años 2014 y 2017.

El perfil de playa Monolito ($38^{\circ}16'31,33''S-57^{\circ}49'56,02''W$) (Figuras 2F y G) se encuentra ubicado en el sector más urbanizado de la localidad de Miramar. Es una playa entre

espigones rectos de piedra partida construidos a partir de 1972. El ancho de la playa tiene aproximadamente 110 m (con desvío de ± 23 m). Entre los 60 y 100 m se registró la mayor variabilidad topográfica y especialmente en 4 relevamientos (Figura 3D). Anualmente, entre octubre y febrero se hacen nivelaciones del terreno para la instalación de carpas pertenecientes al balneario. La pendiente de la playa siempre fue mayor en la cara de playa que en el total del perfil. Los valores arrojaron una media de 4,8% en la pendiente general de la playa (máximo 6% y mínimo 3,9%) y una media de 8,6% en la pendiente de playa frontal (máximo 13,8% y mínimo 2,6%). Con respecto a los balances sedimentarios, las variaciones más importantes se verificaron en los años 2013 y 2017 (Figura 3D). En general se aprecia una muy leve pérdida de arena (de $6,3 \text{ m}^3$ en los 5 años de mediciones), por lo tanto, se observa que su comportamiento, dentro de las oscilaciones propias de cualquier playa, es el de una playa en equilibrio.

La playa HR ($38^{\circ}16'06,18''S-57^{\circ}49'23,24''W$) (Figuras 2 H e I) está ubicada en las afueras del casco urbano de Miramar, frente a un balneario que instala carpas en la temporada estival. La playa se localiza al norte de la desembocadura del Arroyo El Durazno y su comportamiento fluvial nunca ha modificado la morfología de la playa por estar separado por un espigón (Figura 1). La playa está emplazada entre espigones en "T" (creados en 1978) y a los pies de acantilados con loess entoscados muy afectados por la actividad humana, ya que todos los topes del mismo poseen construcciones balnearias e instalaciones de esparcimiento (cocheras, piletas). Las mayores variaciones topográficas se han dado en los primeros 10 m del perfil y también entre los 80 y 100 m. El ancho de la playa tiene aproximadamente 115 m (con desvío de ± 20 m). Los valores de las pendientes de playa arrojaron una media de 3,4% en la pendiente total de la playa (máximo 4,3% y mínimo 2,9%) y una media de 9,1% en la pendiente de la cara de playa (máximo 14,5% y mínimo 2,9%). Los balances sedimentarios registraron las variaciones más importantes se verificaron en los años 2016 y 2018. Se aprecia una ganancia de arena de 1001 m^3 en los 5 años de mediciones, dentro de escasos períodos erosivos (Figura 4).

En cuanto a la composición granulométrica de los sedimentos de las playas del área de estudio, se evaluaron muestras de la playa distal, frontal y cuando del médano, en Frontera Sur (Tabla 2). De los muestreos realizados, se obtuvieron granulometrías arenosas de finas a gruesas. Las más gruesas se ubicaron sólo en Frontera Sur (en los tres ambientes muestreados) y en la playa distal de Monolito, en tanto que las más finas en la playa distal de Chalets. La selección en general fue moderada, con buena y muy buena en la playa distal y médano de Frontera Sur y pobres en Coco Loco (distal y frontal) y Chalets (frontal). La asimetría fue casi en su totalidad simétrica, con algunos muy negativos en la playa distal de Chalets y frontal de Coco Loco y negativos en distal de chalets y frontal y médano de Frontera Sur.

El monitoreo realizado a lo largo de 5 años en las playas del área de estudio ha arrojado que los balances sedimentarios muestran un proceso erosivo en las playas de Mar del Sur mientras que hacia el Norte disminuye y, en Miramar, las playas son estables o en crecimiento. En general los anchos de playa se han incrementado en todas las playas medidas, salvo en el sur del área estudiada que se mantuvo sin cambios importantes. Las pendientes totales de playa son suaves a medias a excepción de Frontera Sur debido a la presencia del médano. Las playas presentan una playa frontal con mayor pendiente que la total, siendo fuerte en todas menos en Chalets, debido al emplazamiento de la plataforma de abrasión en la base del perfil.

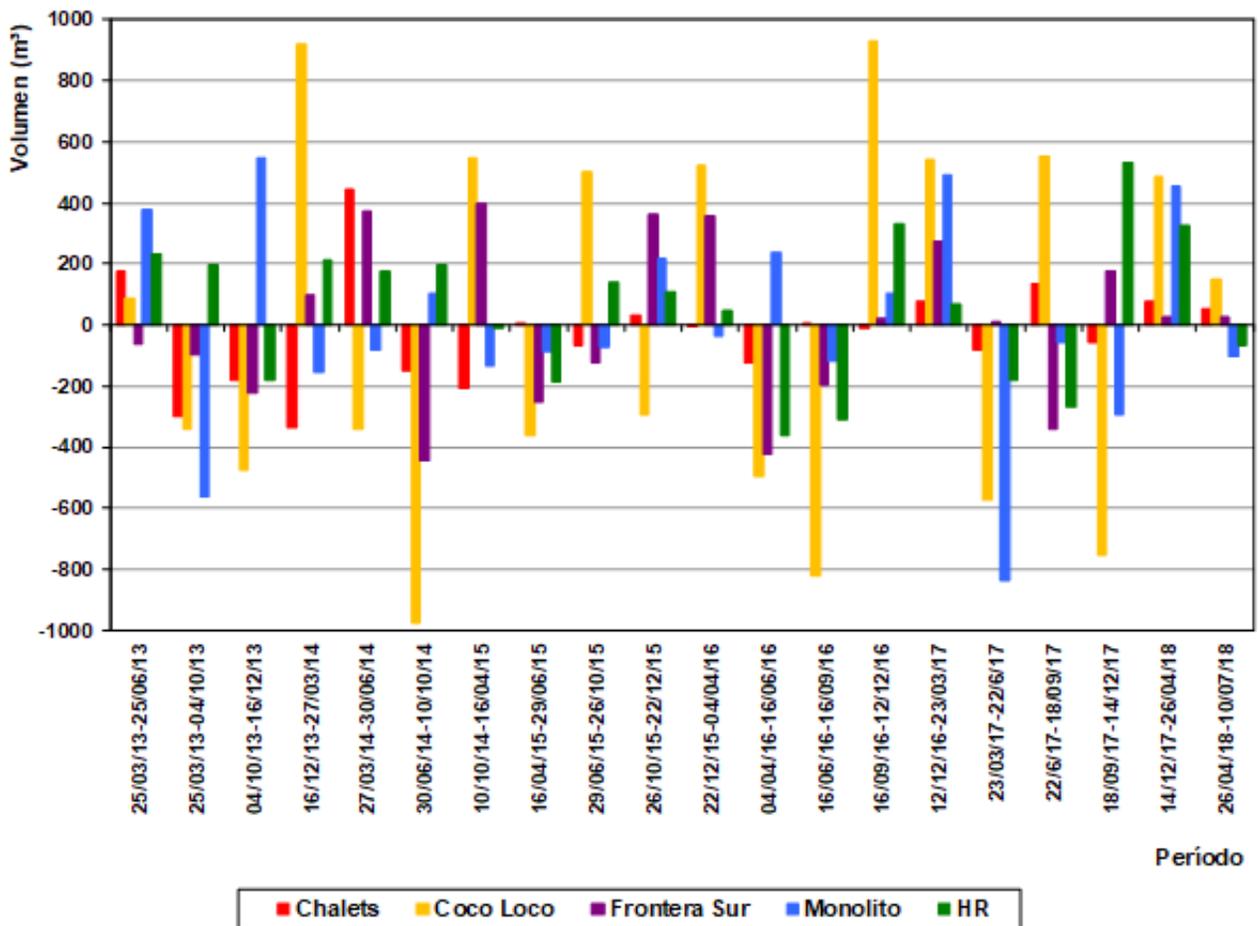


Figura 4. Variaciones de volúmenes de sedimentos (m³) entre períodos en las playas estudiadas. Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A lo largo del área de estudio, las playas presentaron diferentes comportamientos en cuanto a sus variaciones sedimentarias y similitudes en otros aspectos. El ancho de playa, a excepción de Chalets en la que se mantuvo constante, presentó un aumento de su extensión en los 5 años estudiados en todas las playas.

Las pendientes de playa total son suaves a moderadas (tabla 1) a excepción de Frontera Sur debido a la presencia del médano. Las playas presentan una cara de playa con mayor pendiente que la total, siendo fuerte en todas menos en Chalets, debido al emplazamiento de la plataforma de abrasión en la base del perfil. En cuanto a las granulometrías de los sedimentos, en este estudio se observó que predominan las arenas medianas en Miramar y más finas hacia el sur del área de estudio. Sin embargo, Isla et al. (1997) encontraron que las playas de Mar del Sur estaban compuestas por arenas más gruesas por constituir el retrabajo de viejas playas de grava, mientras que las de Miramar estaban conformadas por arenas finas. Del mismo modo, Isla et al. (2001) encontraron arenas medianas en el campo de médanos que se extiende entre Mar del Sur y Miramar, en contraste con Frontera Sur que en la actualidad resultaron gruesas.

En cuanto a los balances sedimentarios las playas presentan en general, períodos erosivos en otoño e invierno y períodos acumulativos en primavera y verano, en los cuales se recuperan de la pérdida de sedimentos (Figura 4). La variabilidad estacional en estos perfiles fue significativa. Hay desarrollo de bermas y dorsales durante primavera, verano y otoño, pero perfiles con significativa pendiente durante el invierno. Por lo tanto, se han podido apreciar los ciclos estacionales invierno/verano ya que, a fines del verano, las playas recobran la arena perdida en el invierno. Hacia el sur del área de estudio, Merlotto et al. (2013) hallaron que, en playas de Necochea y Quequén, los ciclos estacionales fueron erosivos en invierno y primavera y acumulativos en otoño y pocas veces en verano. Si bien en general concuerdan con los de Mar del Sur y Miramar, no siempre todas las playas estudiadas se comportaron del mismo modo. Chalets tiene mayormente períodos erosivos y HR acumulativos, pero los ciclos estacionales

observados se manifiestan de manera clásica (Masselink y Hughes, 2003).

Las variaciones volumétricas muestran un proceso erosivo en las playas de Mar del Sur, siendo Chalets la más afectada. Coco Loco, a pesar de manifestar fuertes períodos erosivos, también presenta períodos acumulativos, por lo tanto, el proceso erosivo es mucho menor que hacia el Sur. Sus cambios están ligados al movimiento de la desembocadura del arroyo y a su caudal. Hacia el Norte, Frontera Sur es la playa más natural y por ello la de menor intervención antrópica. Sin embargo, presenta un proceso erosivo y, aunque de escasa magnitud, puede considerarse que la playa se recupera rápidamente de los períodos negativos.

En la ciudad de Miramar, las playas presentan estabilidad o crecimiento. Por lo general, los espigones interrumpen la dinámica entre la playa y sus bermas, generando playas intermedias a disipativas. Asimismo, el grado de interrupción de la deriva litoral depende del espaciamiento entre espigones y de su longitud. Por ejemplo, en Monolito no parecen interrumpirla ya que son afuncionales por su corta longitud, ya que están actualmente situados en la playa frontal. Esto no ocurre en HR, donde los espigones están más espaciados y la playa crece, evidenciando una interrupción parcial de la deriva litoral. Sin embargo, otros autores encontraron que los perfiles de playa con mayor variabilidad fueron los próximos a estructuras antrópicas (Hill et al., 2004; Anfuso et al., 2006). En el área de estudio, estos perfiles presentaron variabilidad, pero con una tendencia positiva en sus balances. El espaciamiento ideal entre estas estructuras es de 2 a 3 veces su longitud (CERC, 2002). Esto no se ha cumplido para Miramar ya que el distanciamiento es 1,5 veces el largo de los espigones (en algunos sectores el largo de los espigones supera al espaciamiento entre ellos). Estas obras duras logran acumular arena en los sectores distales, pero causan erosión en los sectores submareales debido a un aumento en la energía de las corrientes rip o de retorno (corrientes hacia el mar) e incremento de las pendientes de playa frontal.

La construcción de las obras de defensa se efectuó en las décadas de 1980 y 1990 para

favorecer el crecimiento de las playas en estos sectores, los cuales sufrían procesos erosivos y, aparentemente, han funcionado para mantener su estabilidad. Sin embargo, sería necesario realizar un monitoreo de las playas situadas al norte del campo de espigones, ya que probablemente deben haber visto disminuida su alimentación por parte de la deriva litoral, ya que los sedimentos quedan retenidos en Miramar. Este proceso se ha observado en otras ciudades de la provincia. Al Sur del área de estudio, las escolleras del puerto de Quequén han modificado notablemente la dinámica costera de la zona, ocasionando balances sedimentarios negativos en las playas de Quequén y positivos en las situadas deriva arriba, en Necochea (Merlotto et al., 2013). Del mismo modo, al norte del área de estudio, el emplazamiento de las escolleras del puerto de Mar del Plata modificó el balance sedimentario regional (Merlotto y Bértola, 2009). Mientras que al sur de las mismas las playas presentan acreción, hacia el Norte disminuyó el aporte de sedimentos por deriva litoral favoreciendo procesos erosivos apreciables hasta 40 km, en el partido de Mar Chiquita.

A partir del presente trabajo se evaluó el comportamiento de las playas de Miramar y Mar del Sur. Se han podido discriminar áreas con distintas tendencias, áreas erosivas y acumulativas, lo cual favorecerá el desarrollo de medidas de actuación acordes a las necesidades de cada sector. La protección de la costa no puede ser considerada como una responsabilidad individual y por ello, si bien existen soluciones locales, no funcionan a escala regional, por lo tanto, la defensa de las costas debe ser un esfuerzo cooperativo entre todos los municipios costeros. De ello depende la reducción del fenómeno erosivo y el adecuado funcionamiento de un plan de manejo costero.

REFERENCIAS

- ANFUSO, G., BELLO, E., BENAVENTE, J., NACHITE, D. y MACIAS, A., "Características morfológicas y variabilidad volumétrica de las playas del litoral entre Ceuta y Cabo Negro (Marruecos)". *Ciencias Marinas*, vol. 32, 2006, no. 3, p. 579-588.
- BÉRTOLA, G.R.. "21 years of morphological modifications in an urbanized beach (Playa Grande, Mar del Plata, Argentina)". *Thalassas*, vol. 17, no. 2, 2001, p. 21-36.
- BLOTT, S.J. y PYE, K. "Gradstat: A grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments". *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 26, no. 11, 2001, p. 1237-1248.
- CAMINO, M., LÓPEZ DE ARMENTIA, A. y DEL RÍO, J.L. "Análisis de las variaciones en la función amenidad de ambientes costeros por efecto de la minería de áridos y la urbanización. Caso de estudio: Mar del Sud, provincia de Buenos Aires". *Párrafos Geográficos*, vol. 10, no. 2, 2011, p. 130-145.
- CODIGNOTTO, J.O., DRAGANI, W.C.; MARTIN, P.B., SIMIONATO, C.G., MEDINA, R.A. y ALONSO, G. "Wind-wave climate change and increasing erosion in the outer Río de la Plata, Argentina". *Continental Shelf Research*, vol. 38, 2012, p. 110-116.
- CERC (Coastal Engineering Research Center), 2002. Shore Protection Manual. Coastal and Hydraulics Laboratory. U.S. Army Engineer Research and Development Center. Washington DC, U.S. Government Printing Office, 2500 p.
- FIORE, M.M.E., D'ONOFRIO, EE., POUSA, J.L., SCHNACK, E.J. y BÉRTOLA, G.R. "Storm surges and coastal impacts at Mar del Plata, Argentina". *Continental Shelf Research*, vol. 29, no. 14, 2009, p. 1643-1649.
- HILL, H.W., KELLEY, J.T., BELKNAO, D.F. y DICKSON, S.M. "The effects of storms and storm-generated currents on sand beaches in Southern Maine, USA". *Marine Geology*, vol. 210, no. 1-4, 2004, p. 149-168.
- ISLA, F.I. "Disponibilidad de arena para el refulado de las playas de Miramar y Chapadmalal, Argentina". *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, vol. 58, no.3, 2003, p. 311-320.
- ISLA, F.I., FARENGA, M.O., CORTIZO, L.C., BÉRTOLA, G.R. y SERRA, S.B. "Dinámica morfosedimentaria de playas de arena y grava de la Barrera Austral: Mar del Sud, Arenas Verdes y Costa Bonita". *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, vol. 4, no. 1, 1997, p. 15-24.

- ISLA, F.I., CORTIZO, L.C y TURNO ORELLANO, H.A. "Dinámica y evolución de las barreras medanosas, provincia de Buenos Aires, Argentina". *Revista Brasileira de Geomorfología*, vol. 2, no. 1, 2001, p. 73-83.
- ISLA, F.I., CORTIZO, L., MERLOTTO, A., BÉRTOLA, G., PONTRELLI ALBISETTI, M. y FINOCCHIETTI, C. "Erosion in Buenos Aires province: Coastal-management policy revisited". *Ocean & Coastal Management*, vol. 156, 2018, p. 107-116.
- LAGRANGE, A., 1993. Mar, playas y puerto. Una visión diferente. Mar del Plata: Fundación Bolsa de Comercio, 556 p.
- MASSELINK, G. y HUGHES, M.G., 2003. Introduction to Coastal Processes and Geomorphology. London: Oxford University Press Inc., 354pp.
- MERLOTTO, A. y BÉRTOLA, G.R. "Coastline evolution at Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina". *Ciencias Marinas*, vol. 35, no. 3, 2009, p. 271-286.
- MERLOTTO, A. y PICCOLO, M.C. "Tendencia climática de Necochea-Quequén (1956-2006), Argentina". *Investigaciones Geográficas*, vol. 50, 2009, p. 143-167.
- MERLOTTO, A., BÉRTOLA, G.R. y PICCOLO, M.C. "Características del oleaje y vientos del sector costero del partido de Necochea, Buenos Aires, Argentina". *Revista Geográfica*, vol. 147, 2010, p. 113-131.
- MERLOTTO, A., BÉRTOLA, G.R. y PICCOLO, M.C. "Seasonal morphodynamic classification of beaches in Necochea municipality, Buenos Aires Province, Argentina". *Ciencias Marinas*, vol. 39, no. 4, 2013, p. 331-347.
- MERLOTTO, A., BÉRTOLA, G.R., ISLA, F.I., CORTIZO, L.C y PICCOLO, M.C. "Short and medium-term coastal evolution of Necochea Municipality, Buenos Aires province, Argentina". *Environmental Earth Sciences*, vol. 71, no. 3, 2014, p. 1213-1225.
- PERILLO, G.M.E., PÉREZ, D.E., PICCOLO, M.C., PALMA, E.D. y CUADRADO, D.G. "Geomorphologic and physical characteristics of a human impacted estuary: Quequén Grande River Estuary, Argentina". *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, vol. 62, no. 1-2, 2005, p. 301-312.
- POUSA, J., TOSI, L., KRUSE, E., GUARAGLIA, D., BONARDI, M., MAZZOLDI, A., RIZZETTO, F. y SCHNACK, E. "Coastal processes and environmental hazards: the Buenos Aires (Argentina) and Venetian (Italy) littorals". *Environmental Geology*, vol. 51, no. 8, 2007, p. 1307-1316.
- SCHNACK, E.J., POUSA, J.L. e ISLA, F.I.. "Erosive processes on the sandy coastline of Argentina. Vechtaer Studien zur" *Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft*, vol. 20, 1998, p. 133-136.
- VERÓN, M. y BÉRTOLA, G.R. "Aplicación del método de flujo de energía en el litoral de la provincia de Buenos Aires, Argentina". *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis*, vol. 21, no. 1, 2014, p. 17-23.