

# DINÁMICA LITORAL DE LA COSTA DE TRES ARROYOS Y SAN CAYETANO, BUENOS AIRES

Germán R. BÉRTOLA<sup>1,3</sup>, Luis C. CORTIZO<sup>2,3</sup> y Federico I. ISLA<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup> CONICET.

<sup>2</sup> CIC.

<sup>3</sup> Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario. Universidad Nacional de Mar del Plata, C.C. 722 (7600) Mar del Plata.  
E-mail: gbertola@mdp.edu.ar - fisla@mdp.edu.ar

## RESUMEN

La erosión costera de la provincia de Buenos Aires es originada por lo general a causas naturales, aunque algunas veces obedecen a causas antrópicas. En los partidos de San Cayetano y Tres Arroyos los problemas costeros se limitan a las villas balnearias -y sus playas-, en áreas turísticas con desarrollo incipiente. La fijación de médanos (Balneario San Cayetano) o la excesiva forestación (Claromecó, Reta y Orense) han provocado grandes acumulaciones de arena sobre viejos acantilados, el bloqueo de algunas desembocaduras de arroyos y la desactivación de rampas de dunas (desde las playas a los topes de los acantilados). A través de caracterizaciones morfológicas y sedimentológicas se ha logrado discriminar los sitios de mayor impacto. Debido a la fijación por pastos naturales, los médanos transversales han tomado diseños parabólicos. Esto no ha impedido que algunos sectores como en el Balneario San Cayetano o Dunamar en Claromecó, los problemas de fijación de dunas persistan. Las playas de Tres Arroyos son las más extensas de la región y particularmente las de Claromecó, son las que experimentaron mayor variabilidad. Los mayores cambios de la línea de ribera se ubicaron en las desembocaduras de los arroyos, como en Quequén Salado y Claromecó, y en el tramo entre el arroyo Cristiano Muerto y el Balneario San Cayetano, con variaciones de +6 a -6 m/año. Comparando las granulometrías muestreadas con 45 años de diferencia, se reconoce que las arenas de ambos municipios no han cambiado sustancialmente. Los perfiles permitieron reconocer períodos erosivos (-3.900 m<sup>3</sup>) y acumulativos (6.300 m<sup>3</sup>).

Palabras clave: *Dinámica, Sedimentos, Playas, Médanos, Buenos Aires.*

**ABSTRACT:** *Coastal littoral dynamics of Tres Arroyos and San Cayetano, Buenos Aires.* Coastal erosion of Buenos Aires Province is originated in general by natural causes, but sometimes is produced by antropic causes. In San Cayetano y Tres Arroyos counties, coastal problems are concentrated in touristic villages and their beaches. Dunes fixation in Balneario San Cayetano or their afforestation in Claromecó, Reta and Orense, have provoked significant sand accumulation on top of former cliffs, the obstruction of some small inlets and the dissactivation of dune ramps (from beaches to the top of the cliffs). By the mean of morphologic and sedimentologic characterizations the worse impact sites were identified. Due to grass colonisation, transverse dunes have changed into parabolic profiles. However, dune fixation problems remain in Balneario San Cayetano and Dunamar in Claromecó. Tres Arroyos beaches are the most extended of this coastline, and particularly in Claromecó present more sand variability. At the inlets of the Quequén Salado and Claromecó creeks, and the interval between the Cristiano Muerto creek and Balneario San Cayetano, the greater variations of the coastline were surveyed. Comparing grain-size samplings spanned 45 years between them, no significant beach changes in the sand were recognised.

Keywords: *Dynamics, Sediments, Beaches, dunes, Buenos Aires.*

## INTRODUCCIÓN

La erosión costera se encuentra generalizada en la provincia de Buenos Aires. Algunos ritmos de erosión pueden probarse por causas naturales pero otros obedecen a causas antrópicas. En los partidos de San Cayetano y Tres Arroyos la migración de dunas ha provocado acumulaciones de médanos sobre viejos acantilados y el bloqueo de algunas des-

embocaduras de arroyos. La incipiente erosión es inducida por la desactivación de rampas de dunas, donde el intercambio de arena entre la playa y el médano se ha roto por efecto de las forestaciones. Algunas soluciones implementadas para evitar la erosión y el bloqueo de las desembocaduras, se limitaron a la fijación de los médanos vivos como en Balneario San Cayetano, o a la excesiva forestación como en Claromecó, Reta y Orense. En

estos casos los problemas se circunscriben a la mala administración de villas balnearias y sus playas en áreas turísticas, incipientemente desarrolladas.

El presente trabajo tiene por objetivo realizar una caracterización de los problemas nombrados mediante la descripción morfológica y sedimentológica de las playas y médanos litorales de ambos municipios, actualmente con un impacto antrópico incipiente. Los conocimientos que

se espera alcanzar comprenden los procesos de evaluación de sus playas y efectos de la alteración de la morfología mediana. Se monitorearon los procesos de deterioro de estas playas y los cambios morfo-sedimentológicos inducidos por la actividad humana.

## CARACTERÍSTICAS DEL ÁREA

El área objeto de este estudio está emplazada en la denominada Barrera Austral (Bértola y Cortizo 2005) (Figura 1), conformada por amplias playas de arena acompañadas por médanos costeros de variados anchos, en algunos tramos con acantilados, afloramientos rocosos y playas de bolsillo. Los arroyos conforman pequeños estuarios de planicie costera (Tapia 1937) como son los de Zabala, Claromecó, Cristiano Muerto y Quequén Salado, que drenan la Pampa Interserrana con una pendiente media de 1,11 m/Km. La llanura tiene su origen en la acumulación de sedimentos sobre bloques hundidos a diferentes profundidades, que se evidencia por un relieve superficial ondulado, inclinada hacia el sudeste, que termina formando acantilados como en Chapadmalal y Monte Hermoso, y playas arenosas en coincidencia con las desembocaduras de arroyos tales como San Cayetano, Miramar y Claromecó. El relleno sedimentario del Cuaternario y Terciario se observa a través de los acantilados marinos que descubren sedimentos del Plioceno y Pleistoceno que corresponden a diferentes ambientes continentales y marinos (Frenguelli 1928, Cortizo e Isla 2007).

Las oscilaciones del nivel del mar han afectado esta porción de costa. La transgresión del Pleistoceno Superior (Belgranense de Frenguelli 1928) está registrada en la costa de Claromecó (Isla *et al.* 1996 y 2000). La transgresión holocénica ha dejado depósitos de relleno en los cauces de los estuarios que inundó como el Quequén Salado (Farinati y Zavala 1995) y Claromecó (Hassan *et al.* 2004).

En los 103 km de costa, de orientación

Oeste-Sudoeste a Este-Noreste (25,3 km del partido de San Cayetano y 78,1 km del partido de Tres Arroyos), se ha podido verificar la presencia de playas que en ciertos lugares llegan a los 200 m de ancho, interrumpidas por acantilados, muchas veces con plataformas de abrasión en su base. Hacia la parte continental, se extienden médanos libres, semifijos y fijos. Es común la presencia de cuerpos de agua lénticos entre los médanos, con escasa descarga al mar que han sido canalizados recientemente.

En general la disposición de las curvas de nivel es paralela a la costa. Por debajo de la cota de 50 m, la pendiente regional oscila entre 1,5 y 2 m/km. Ambos partidos están surcados por cuencas de recorrido principal Norte-Sur, que desembocan en el Océano Atlántico. La red de drenaje está controlada por la pendiente regional y formada por cauces subparalelos entre sí y perpendiculares a la actual línea de costa. Tiene una densidad de drenaje baja, contando con algunos cauces de régimen temporario. Prácticamente todos los cauces pueden considerarse alóctonos, pues los principales aportes provienen de las precipitaciones en las laderas sur del sistema de Tandilia y de la vertiente norte del sistema de Ventania.

Son cursos de aguas oligohalinas y de diseño de drenaje dendrítico, conformado por arroyos y ríos de diseño subparalelo en su tramo final. También se encuentran acumulaciones medanosas bien desarrolladas que constituyen un obstáculo para el desagüe de algunos ríos cerca de su desembocadura. Muchos de los arroyos han sido endicados por médanos que se desplazan de oeste a este a lo largo de la playa, con el resultado de que las desembocaduras se desvían hacia el este. En este proceso se han formado lagunas paralelas a la costa en el curso inferior de los arroyos, muchas de ellas sin salida al mar, excepto aquellas que han sido canalizadas para facilitar el drenaje.

El clima para San Cayetano y Tres Arroyos (NOAA 2005) es del tipo templado oceánico, con temperatura media anual de 15,1°C y un promedio anual de preci-

pitaciones es de 770 mm (Dirección Provincial de Energía 2001), correspondiente al tipo subhúmedo-seco (C1). Los vientos arrojan valores máximos de 16,5 m/s desde el sur (N 173°). Las mediciones de viento en las playas fueron 1,4 veces mayor que las medidas en la ciudad de Tres Arroyos.

Este sector de costa tiene un régimen mesomareal. El mareógrafo más cercano en Puerto Quequén presenta rangos micromareales de entre 1,78 y 1,01 m. Una cota de pleamar con sobreelevación meteorológica de 2,7 m está estimada para una recurrencia de 50 años. Con relación a las olas y corrientes litorales -zona de Claromecó-, la costa recibe olas provenientes de los cuadrantes sur y sudeste de largo período y del nordeste de período corto (Serman S.A. 2004). Hay una importante corriente costera paralela a la playa y se producen fuertes rompientes cuando el viento sopla del sur y oeste. Si bien históricamente se han podido observar hasta cinco líneas de rompientes la última de las cuales puede tener hasta 5 m de altura (Serman S.A. 2004), son comunes sólo dos líneas de rompiente. Costa afuera, entre los faros Quequén y Claromecó, hay irregularidades en las profundidades hasta en una zona distante 15 km de la costa

En la zona de estudio, que prácticamente está implantada sobre médanos litorales y sobre la playa misma, el agua de lluvia es rápidamente absorbida por las dunas. Constituyen así, grandes reservorios de agua, con una napa freática poco profunda que muchas veces aparece entre las depresiones intermedanosas, dando lugar a charcas o bañados más o menos duraderos, de acuerdo a la cantidad de precipitación; inclusive hay concentrados de sal (Figura 2).

Desde el punto de vista fitogeográfico la zona corresponde al distrito austral de la provincia pampeana (Cabrera 1971). En ambos municipios costeros se han realizado importantes forestaciones realizadas a partir de la década del '20 por organizaciones gubernamentales como el Ministerio de Asuntos Agrarios o el Insti-

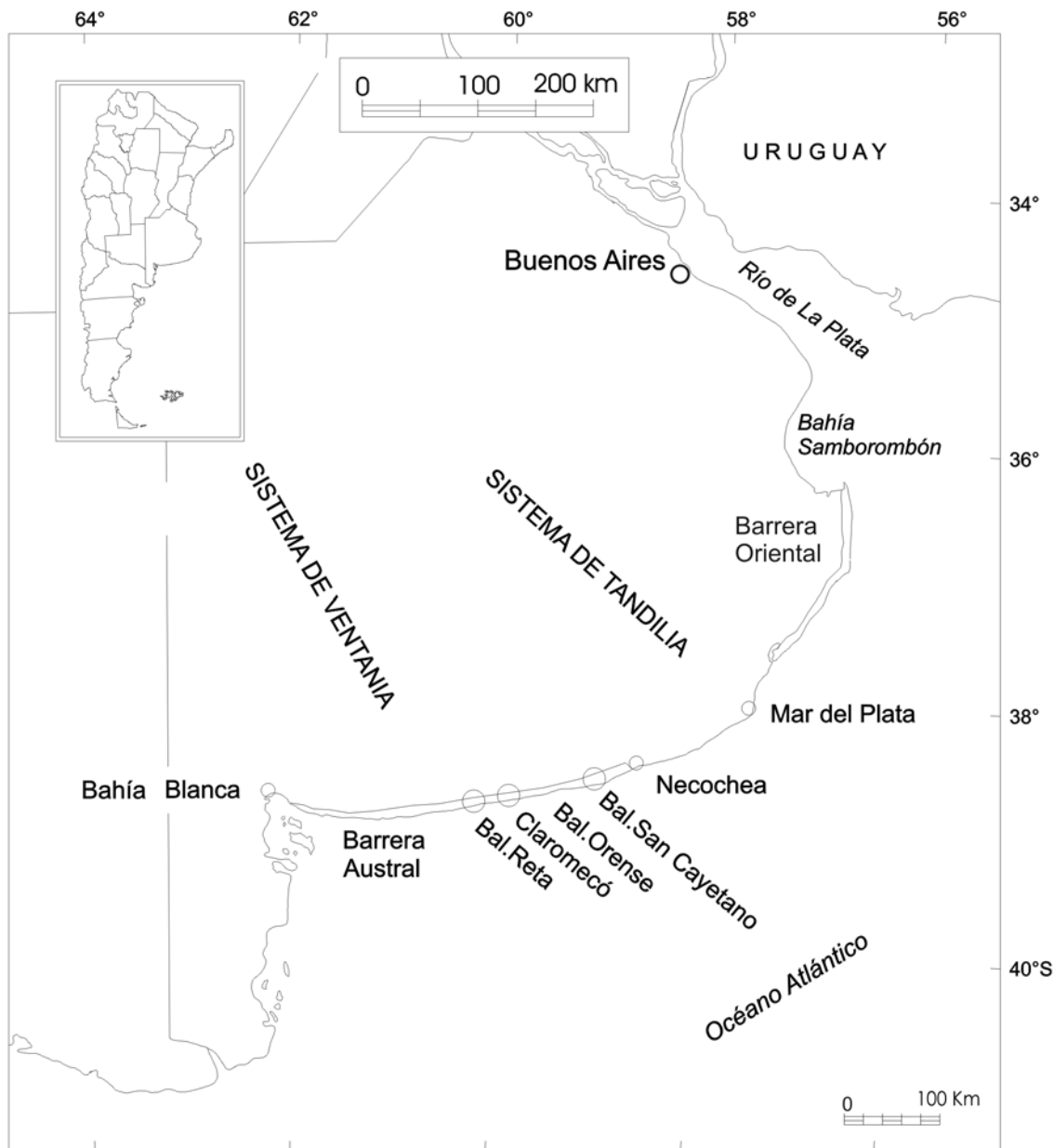


Figura 1: Mapa de ubicación.

tuto Forestal Nacional. Actualmente y aprovechando facilidades impositivas, los particulares dueños de los campos costeros también han practicado forestaciones. En Claromecó se implementó el Vivero y Estación Dúnicola San Francisco de Bellocq de casi 2.200 has aunque sólo 700 están forestadas. Hay montes de mezcla de especies como *Pinus* sp. (con predominio de *Pinus pinaster* y *Pinus radiata*) y *Eucalyptus* sp. (Turno Orellano 1998). En el límite entre los partidos de San Cayetano y Necochea, se ubica la Reserva Provincial Natural de Uso Múltiple Arro-

yo Zabala que comprende la zona mediana a ambos márgenes de la desembocadura del arroyo Zabala, las playas, el área intermareal y las aguas marítimas hasta 2 km, con una superficie de 2.000 has.

## MÉTODOS

### Distribución de geoformas y variación de la línea de costa

Dada la rapidez con que están ocurriendo cambios morfológicos en la costa, se considera importante describir las geoformas así como sus interrelaciones sedi-

mentarias al momento de la concepción de este trabajo. La interpretación geomorfológica del sector costero se efectuó sobre la base de imágenes LANDSAT TM de 1999 y 2003, videos aéreos de 2005 y fotografías aéreas de 1984, posteriormente supervisadas en el campo con GPS, pudiendo hacer una división en ambientes continentales y mixtos/ marinos (sensu Fairbridge y Bougeois 1978). Entre el 18 y 19 de diciembre del 2004 se realizó un recorrido por ambos partidos con marcación de GPS (error  $\pm 5$  m) del pie de médano. Este material fue compa-



**Figura 2:** Acumulaciones salinas en depresiones intermedanasas. (Tres Arroyos, 38°50'20"S-59°53'46"W).

rado con cartas digitalizadas y georreferenciadas de IGM a escala 1: 50.000 de 1967 y a fotografías aéreas a escala 1: 20.000 de 1984. La línea de costa representa en un mapa el rasgo físico donde el agua y la tierra se encuentran, pero debido a la variabilidad natural de las playas arenosas es difícil definirla. Si bien hay varios puntos de vista, para evitar errores se empleó la línea de pic de médano o acantilado, considerada buen indicador de los cambios a largo plazo (Isla *et al.* 1998, Marcomini y López 1999, Merlotto y Bértola 2008). Al emplear fotografías aéreas para determinar la línea de costa, se ha tenido en cuenta su precisión, pero también los errores potenciales asociados a las mismas y a los procedimientos de medición, como la distorsión radial debido al relieve, distorsiones por inclinación del eje óptico de la cámara y errores de interpretación y medición (Merlotto y Bértola 2008).

#### Perfiles, balances y pendientes

Se relevaron las playas cada dos meses (Cuadro 1) mediante perfiles topográficos transversales desde un punto fijo

(Punto Estación) hasta una cota de -0,5 m. Se tomaron cotas cada 5 m mediante teodolito Nikkon. El Punto Estación está ubicado generalmente en el espaldón y referido según ángulos y distancias a puntos de referencia inalterables ubicados sobre las construcciones balnearias (Figura 4).

Se calcularon las diferencias volumétricas entre perfiles de los diferentes relevamientos siempre considerando la longitud del perfil menor, según métodos convencionales (Bértola 2001). Las mediciones se realizaron en bajamares. Como muchos de los balnearios sufren movimientos de arena ejecutados por los concesionarios, y estos movimientos de arena alteran los balances sedimentarios y la morfología, estos casos fueron analizados independientemente.

Para obtener la pendiente local en cada perfil, se empleó la diferencia entre la cota mayor y la menor, dividido por la longitud del perfil, obteniéndose un valor de pendiente que integra la playa distal y la frontal. Por otro lado se obtuvo el valor de pendiente de la playa frontal, según la diferencia de cota entre la cresta de ber-

ma de mareas y el último punto medido.

#### Sedimentología

Se realizó un muestreo sistemático cada 4 km a lo largo de ambos partidos (18-19 noviembre de 2004) para comparar las arenas entre sí y con las muestreadas en la misma zona en 1959 (Teruggi 1959, Cuadro 1 y Figs. 6, 7 y 8). Las escalas de ambos trabajos se llevaron mediante relación de tamices normados (Tyler a ASTM) a valores equivalentes, para posteriormente evaluarlos según los parámetros de Folk y Ward (1957).

Se obtuvieron muestras superficiales de no más de 3 cm de profundidad, de sedimentos de la playa distal y playa frontal. Cuando estaban bien representados, también se muestrearon los médanos. Previo secado, las muestras se cuartearon hasta un peso de 50 g. Esta cantidad se tamizó durante 15 minutos en una tamizadora Ro-tap cada 0,5 unidades phi. Los granos separados por tamizado se pesaron en balanza analítica. La serie de tamices utilizada fue la ASTM, seleccionada para que coincidiera con la escala de Wentworth. Posteriormente se obtuvie-

**CUADRO 1:** Morfometría de los perfiles analizados.

Playa	Ubicación	Coordenadas Estación	Fecha relevamiento	Longitud (m)			Altura del médano (m)	Barra y canal	Berma de tormentas	Pendientes (%)		Balance (m3)
				Médano	P. Distal	P. Frontal				Total	Frontal	
Balneario San Cayetano	Parador	38°45'10,5"S 59°25'44,7"W	11/02/2004	100	155	35	4,0	P	SI	2,07	0,69	
			22/10/2004	115	130	30	2,0	G	SI	1,84	3,72	5043,25
			18/12/2004	110	148	37	3,0	P	NO	1,94	6,15	2606,86
			18/03/2005	110	135	20	3,0	G	NO	1,92	10,03	1239,80
			11/06/2005	95	125	25	3,5	P	NO	2,11	4,35	-3954,20
Balneario Orense	Frente al Museo Hurta- do y junto al Bal. Thipaco	38°48'30,72"S 59°44'4,56"W	23/10/2004	31	59	15	3,2	-	NO	4,90	2,85	
			18/12/2004	29	59	15	3,0	P	NO	4,96	5,25	-2716,52
			19/03/2005	34	56	64	2,0	-	NO	3,52	1,90	-2011,01
			11/06/2005	37	44	9	2,8	-	NO	5,42	2,91	1615,60
Claromecó Este	Balneario Cazadores	38°51'34,3"S 60°03'48,9"W	23/10/2004	30 *	40	10	-	-	NO	6,97	4,17	
			19/12/2004	28 *	77	16	-	P	SI	5,50	2,81	-2152,60
			19/03/2005	35 *	56	16	-	-	NO	5,69	2,94	6305,71
			11/06/2005	35 *	74	6	-	-	NO	5,90	4,91	1400,00
			23/10/2004	38	84	13	4,0	-	SI	5,51	2,03	
Claromecó Centro histórico	Entre 1 <sup>er</sup> y 2 <sup>o</sup> chalet	38°51'36,1"S 60°04'16,8"W	18/12/2004	39	83	27	3,0	G	SI	5,35	3,88	-3190,00
			19/03/2005	39	83	19	3,0	-	NO	5,41	2,05	1999,00
			11/06/2005	39	80	17	2,0	P	NO	5,50	2,26	-3010,00
Claromecó Oeste	Balneario Barlovento	38°51'40,9"S 60°05'6,6"W	23/10/2004	41	57	11	3,3	-	SI	4,41	2,21	
			19/12/2004	36	74	20	3,0	G	NO	4,52	4,73	-1183,00
			19/03/2005	37	88	25	3,1	P	NO	3,90	3,35	4685,20
			11/06/2005	35	87	13	3,0	-	SI	4,34	4,50	-155,00
Balneario Reta	Calle Claveles y la costa	38°54'4,32"S 60°20'13,14"W	23/10/2004	49	50	9	5,0	-	NO	5,58	3,70	
			19/12/2004	52	33	13	4,0	G	NO	6,97	10,36	-3003,60
			19/03/2005	55	75	36	5,0	P	SI	4,95	2,44	255,20
			11/06/2005	52	89	24	5,0	-	NO	4,60	2,09	1006,00

Referencias: P: Pequeña, -: Inexistente, G: Grande \*: Acumulaciones de tosca y arena muy antropizada

ron los parámetros estadísticos (Folk y Ward 1957).

## RESULTADOS

### Geomorfología

La zona costera al sudoeste de la ciudad de Necochea (Fig. 3) presenta acantilados con alturas variables de entre 6 y 10 m, pero que por largos trechos tienen alturas de 1 m; algunas veces sepultados por médanos colgados. El límite de los partidos de Necochea y San Cayetano, se caracteriza por médanos vegetados pertenecientes a la reserva natural de uso múltiple Arroyo Zabala, y médanos libres que alcanzan los 25 m de altura. El arroyo Zabala desemboca en el mar en forma de una pequeña cascada de aproximadamente 3 m, tras atravesar un extenso campo de médanos. Hacia los lados la altura del acantilado aumenta, alcanzando unos 7 m (generalmente cubiertos por médanos). En el Balneario San Cayetano hay playas bajas, con salientes o cabos rocosos con

su correspondiente plataforma de abrasión. Hacia el oeste, los médanos comienzan a ser de mayor altura. En el Balneario Orense la playa es de corta extensión y posee un acantilado (zona del Mirador Médano 40) que es tapado por médanos abundantemente forestados. Más al oeste existe un sector dominado por médanos vivos de hasta 40 m de altura. En la zona de Arroyo Claromecó la playa es de poca extensión. Hacia el interior, los médanos alcanzan gran desarrollo y altitud (más de 15 m). Hacia el oeste, se desarrolla una importante forestación de casi 500 has (Dunamar), donde se han fijado los médanos con la consiguiente interrupción del transporte de arena subaérea hacia el casco urbano. Unos 6 km al oeste del Faro Claromecó, el fondo marino presenta bancos de loess y toscas, algunos de los cuales son visibles en bajamar (p. ej. el Caracolero o el monolito a Christian). Sobre la playa continúan afloramientos rocosos y plataformas de abrasión que interrumpen extensas playas de

arena, que pueden extenderse hasta 450 m, o reducirse a sólo 180 m, como en el casco urbano de Reta. Desde Claromecó a Reta la playa sumergida presenta barras y canales que facilitan la navegación, e inclusive canales oblicuos a la playa (entre 30° a 45°), los que son aprovechados por las lanchas de pesca para acercarse a la costa. Son móviles y en este caso, generados por la acción del oleaje proveniente del sudeste en un régimen mesomareal (Fig. 5). Reta está separada de su frente marítimo por una franja de médanos fijados parcialmente con tamariscos de 200 m de ancho por casi 30 m de altura, cadena medanosa que se extiende casi 10 km hacia ambos lados del pueblo. Finalmente en el límite del partido de Tres Arroyos y General Dorrego, se ubica el estuario del río Quequén Salado en cuya boca se desarrolla una planicie de arena con sobrelavados de tormenta, desarrollo de espigas y barras hacia el oeste. Este ambiente abarca unos 6 km de largo de costa.

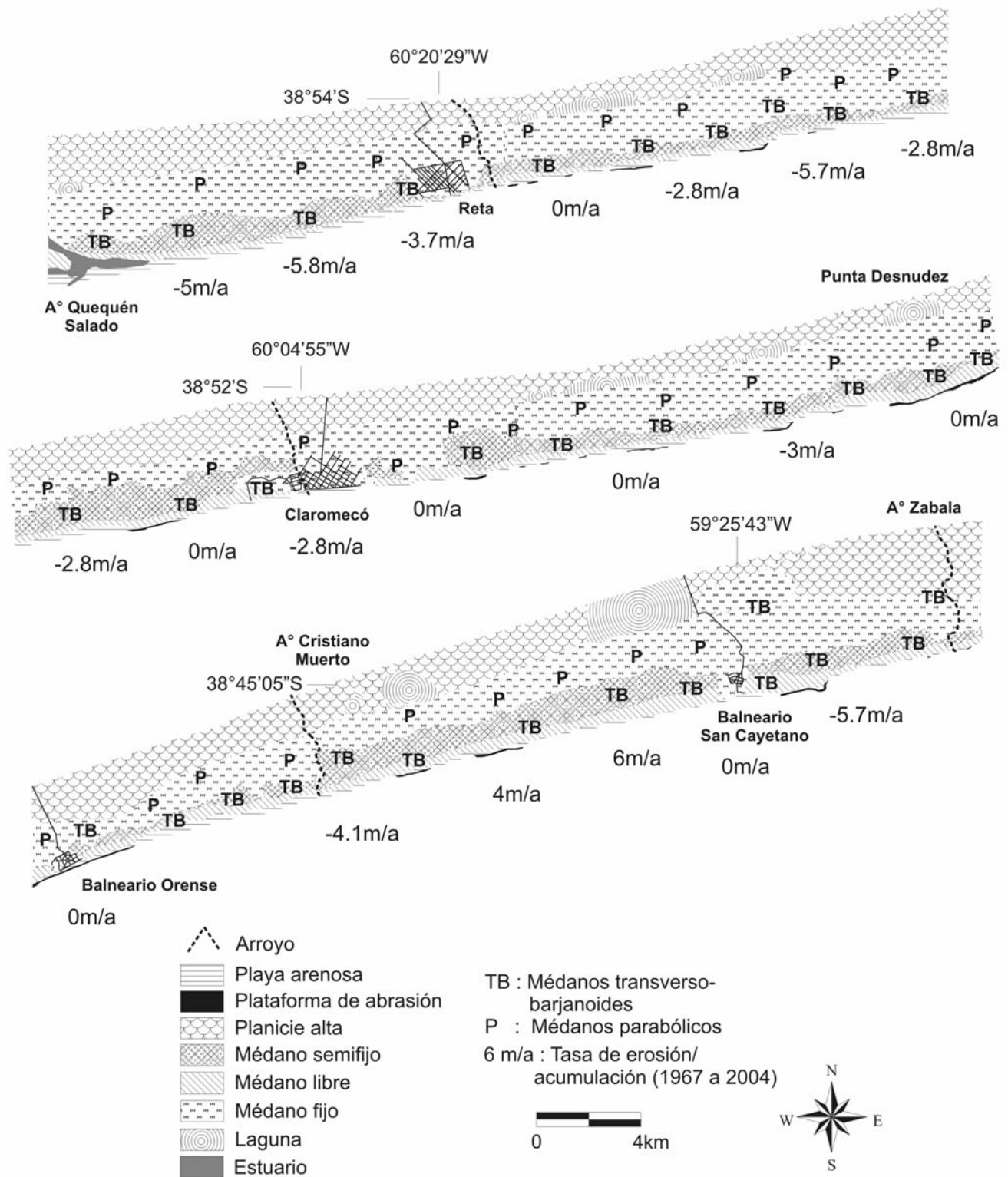


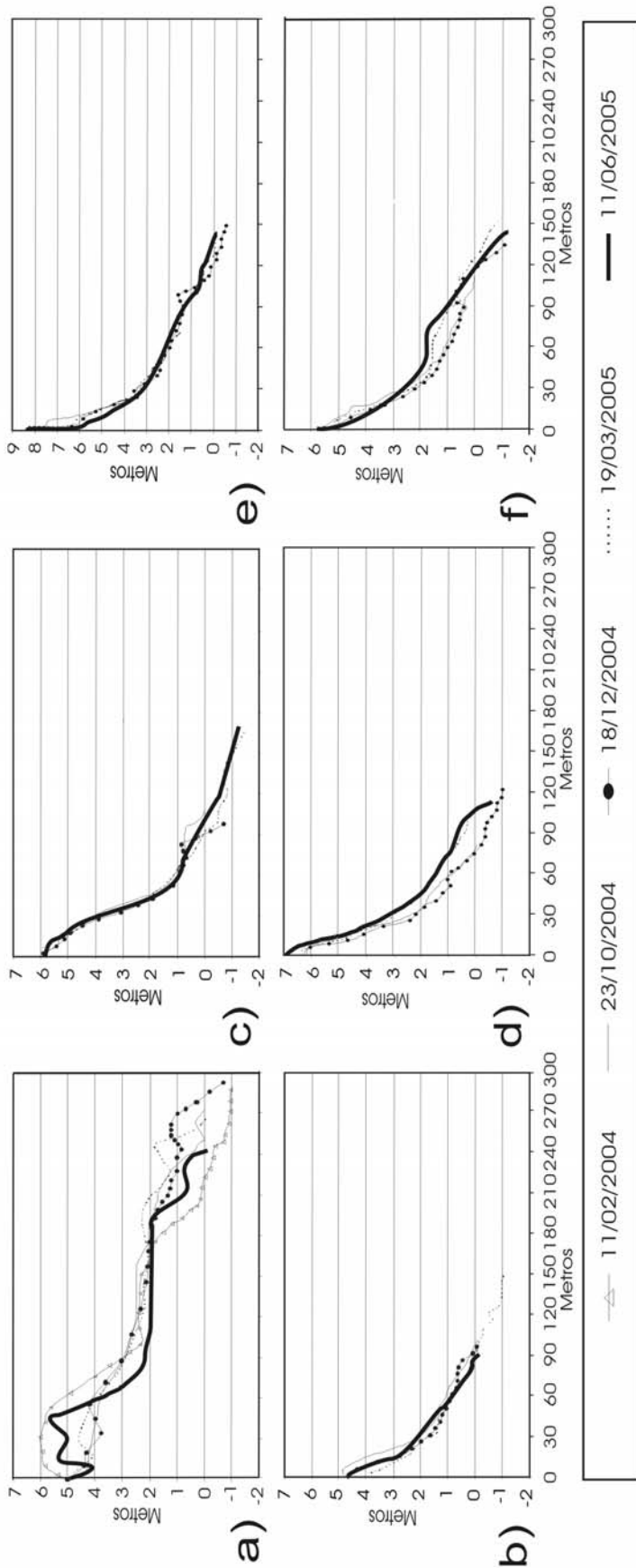
Figura 3: Mapa geomorfológico del área costera.

Las modificaciones más sustanciales ocurren en los ambientes mixtos/marinos, pudiéndose identificar dos grupos de ge-

oformas relacionadas a diferentes agentes: eólicas y ácuas (Bértola y Cortizo 2005).

**Geomorfos eólicas**

Las geomorfos asociadas al viento dan lugar a los médanos litorales y se pueden



**Figura 4:** Perfiles topográficos: a) Perfiles del Balneario San Cayetano (San Cayetano); b) Perfiles del Balneario Orense (Tres Arroyos); c) Perfiles de Balneario Reta (Tres Arroyos); d) Perfiles de Claromecó Este -Balneario Cazadores- (Tres Arroyos); e) Perfiles de Claromecó Centro - El Reloj - (Tres Arroyos) y f) Perfiles de Claromecó -Balneario Barlovento- (Tres Arroyos).

agrupar en función del grado de actividad en:

*Médanos libres:* este campo alcanza cotas entre 10 y 20 m y ocupan una faja transversal a la costa de hasta 1.500 m. La morfología de estos médanos consiste en formas transversales de aspecto barjanoides y orientación predominante Norte/Sur (con variaciones noreste-sudoeste). Los mismos mantienen un espaciado de entre 200 a 400 m, con pendientes de barlovento entre 8 y 12°. En el sector próximo a la línea de pleamares predominan las formas aisladas y hacia el interior se observan cadenas barjanoides.

La suma vectorial de frecuencias y velocidades de los vientos locales indica un predominio de la dirección Norte y Noroeste (Cortizo e Isla 2007). Sin embargo los vientos más fuertes provienen del Sur y Sudoeste lo que explicaría las formas descriptas.

*Médanos semifijos:* Médanos cubiertos parcialmente por una vegetación típica de comunidades herbáceas naturales que se suceden según el grado de colonización. Predomina en la zona de trabajo *Panicum racemosum*, *Poa lanuginosa*, *Panicum* sp. y *Spartina* sp. (Cabrera 1941). Se pudo constatar la presencia de sombras de arena originados por la vegetación arraigada en el médano. El rol de la vegetación se pone de manifiesto al ir fijando el médano y ocasionando una modificación en su morfología, observándose uniones y transiciones a barjanas con modificación en la orientación de las crestas. Se reconoció un área de ocupación de estas formas de unos 600 m de ancho en promedio.

*Médanos fijos:* Comprende las áreas de bosques artificiales y los sectores interiores del campo de médanos ocupados por vegetación natural de pasturas asentadas sobre antiguos médanos libres. En este caso se favorece la pedogénesis (generalmente Entisoles), provocando importantes cambios en el suelo. Estas forestaciones (*Pinus* sp., *Acacia longifolia* y *Eucalyptus* sp.) actúan como una barrera eólica, produciendo cambios morfológicos en sectores similares de la Barrera Austral (Isla et al. 1998, López y Marcomini 2000). Se

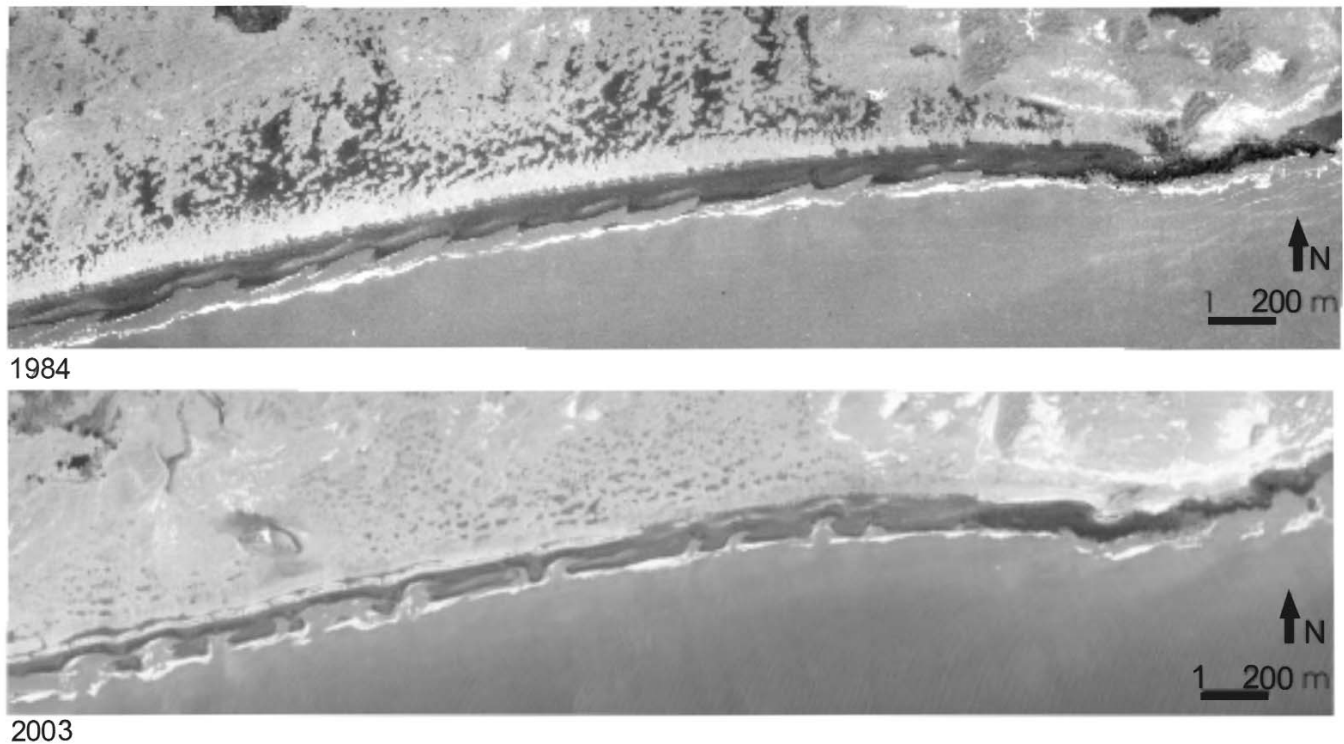


Figura 5: Barras y canales intermareales oblicuos a la costa. Años 1984 y 2003.

han identificado formas parabólicas simples y compuestas con una distancia entre brazos de 100 - 200 m, las cuales son producto de la degradación de antiguas formas barjanoides y de un aumento en las condiciones de humedad del suelo lo cual ha favorecido el anclaje y estabilización del médano. En los sectores aledaños al Balneario Reta y Orense se identificaron plantaciones artificiales de *Mesembryanthemum* y *Tamarix* como vegetación fijadora del médano frontal. Dado el grado de estabilidad hacia el interior del campo de médanos, se reconocieron formas en montículos y hoyos en voladura (*blowouts*).

#### Geoformas marinas

Entre las geoformas marinas se pueden citar las siguientes:

*Acantilados*: Poseen alturas de hasta 4 m y están compuestos por material loésico muy entoscado. En donde los arroyos desembocan en el mar, los valles han erosionado estas barrancas y hay rampas medianosas en crecimiento.

*Acantilados parcialmente cubiertos por médanos*

(*dunas colgadas*): Esta configuración responde a un activo proceso eólico actual que predomina sobre la hidrodinámica marina (Isla *et al.* 1996). En este caso existe un menor aporte eólico del sector continental y de la playa.

*Plataformas de abrasión*: Estas geoformas se encuentran por trechos cortos de hasta 120 m de ancho, que quedan emergidas durante las bajamareas. Constituyen afloramientos de tosca del Ensenadense, resistentes al oleaje.

*Playas*: Sobre la playa distal puede haber bermas atribuidas a tormentas excepcionales o a la acción de mareas. Las playas son del tipo intermedias a disipativas (estadio 3 a 5 de Short y Wright 1984). Poseen anchos de hasta 160 m. Se pudo constatar la presencia de sombras de arena, cúspides de playa de forma triangular en planta y longitudes de onda de 12 m, y corrientes de retorno de 8 m de ancho espaciadas por 110 m. Estas corrientes de retorno suelen estar limitadas por barras intermareales oblicuas a la costa (Fig. 5), similares a las descritas en la costa de Oregon (Hunter *et al.* 1979), denomina-

das cusps o bar-type *sand waves* (Greenwood y Davidson-Arnott 1979),

#### Variaciones en la línea de costa

Los resultados de la comparación de fotografías aéreas de los años 1967 y 1984, videos aéreos del 2005 y el posicionamiento realizado mediante GPS por la costa, arrojaron que las zonas de mayor variación (de -6 a +6 m/año) fueron al este del Arroyo Quequén Salado, al Oeste de Claromecó y en el tramo comprendido entre el Arroyo Cristiano Muerto y el Oeste del Balneario San Cayetano (véase Fig. 3). Las zonas en donde predominan las playas de bolsillo, las plataformas de abrasión y los médanos colgados sobre pequeños acantilados, posee una línea de costa en equilibrio.

#### Perfiles, balances y pendientes

En los perfiles transversales de la playa se han encontrado los subambientes de espaldón, playa distal y playa frontal (con *swash* y *surf*), aunque no siempre conjuntamente. A veces se percibió una gran continuidad lateral de bermas de marea,

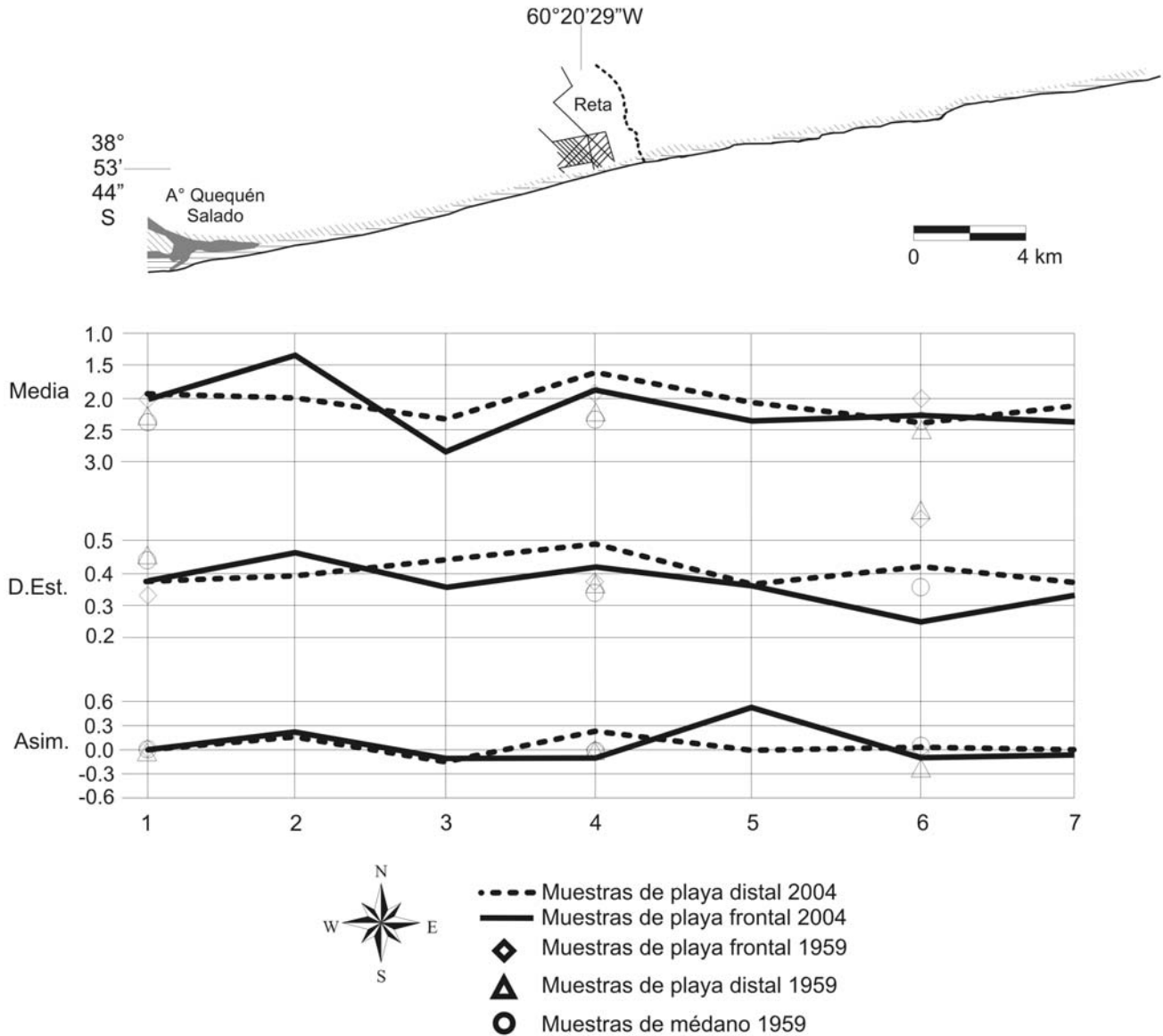


Figura 6: Parámetros sedimentológicos y variaciones de la línea de costa del sector Arroyo Quequén Salado - Claromecú.

representadas como un angosto cordón de baja altura, paralelo a la línea del agua con pendientes más pronunciadas del lado del mar (2 a 6°). En algunos lugares, como en Claromecú, puede haber dos crestas de berma contiguas, una superior de tormenta, y una inferior de mareas. Puede observarse una depresión dentro de la playa distal donde se acumula agua de lluvias o de mar en altas mareas, que al evaporarse deja un depósito superficial de sales marinas y conforman una marisma de poca extensión areal (Fig. 2). El origen de estas crestas de berma se atribuye a tormentas excepcionales o a la ac-

ción de la marea. Las tormentas fuertes pueden destruir las bermas, que a veces reinician su formación, inclusive con mar calmo.

**Perfiles analizados**

*Balneario San Cayetano:* Cerca del Balneario (Fig. 4a y Cuadro 1), el médano se socava naturalmente por la presencia de la construcción y las corrientes de viento de mayor energía que limpia de arena la base de la estructura.

Durante los relevamientos, el médano frontal frente al Balneario sufrió una importante modificación por acción antró-

pica ya que fue llevado con topadora hasta la playa distal, tardando casi un año en recuperar su posición en la playa, si bien no su altura inicial. El pie de médano y el espaldón no han variado mayormente durante las mediciones. También se observó un buen ejemplo de migración de la dupla barra/canal hacia el continente (Fig. 4a), estructuras relacionadas a la recuperación de la playa luego de un temporal. Lamentablemente no se pudo analizar la velocidad de recuperación de la playa, ya que se desconoce si existió una o más sudestadas durante el año de relevamiento.

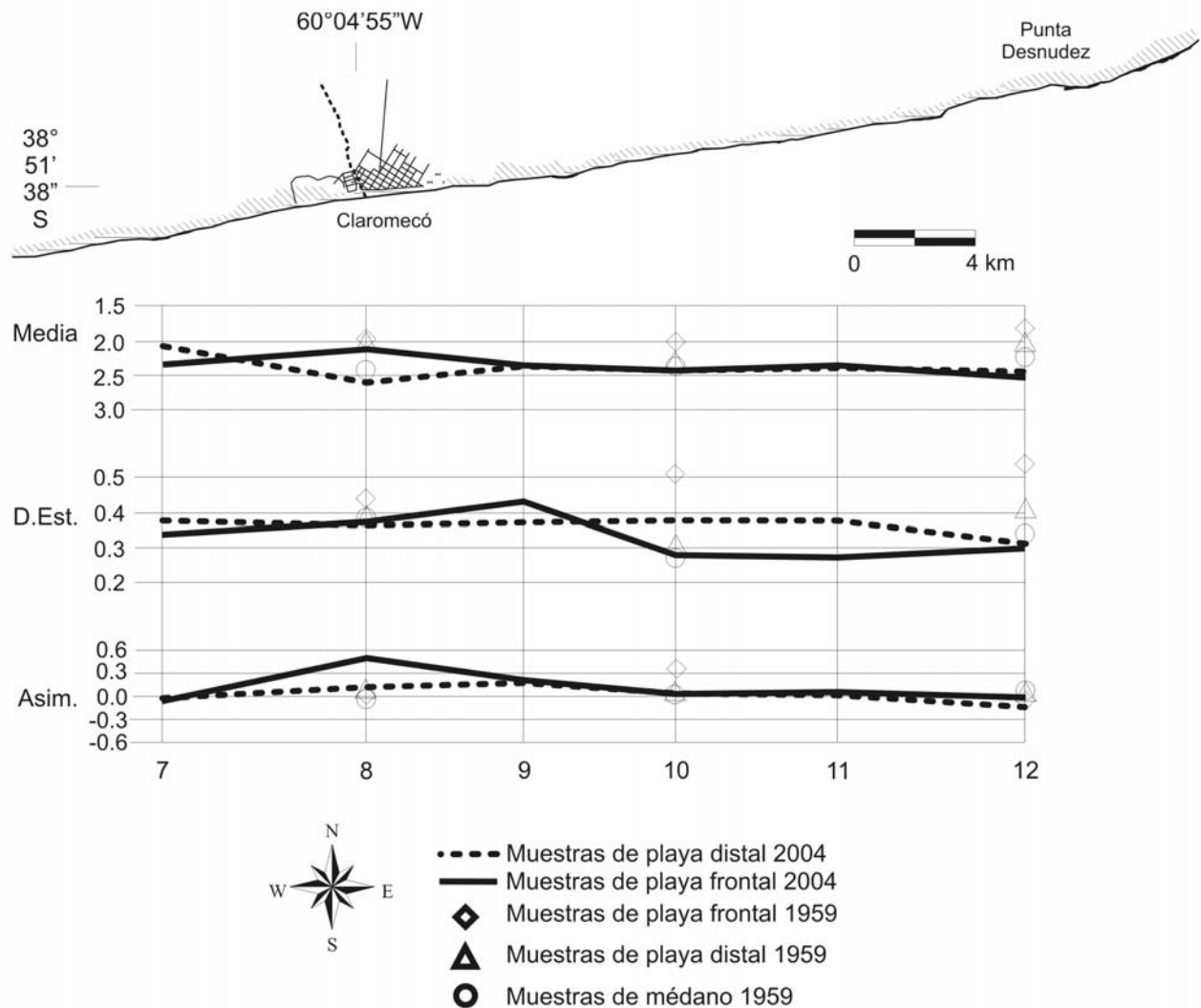


Figura 7: Parámetros sedimentológicos y variaciones de la línea de costa del sector Claromecó - Punta Desnudez.

En relación con el volumen de arena movida, ha existido una acumulación en toda la playa del orden de  $1.233 \text{ m}^3$ . El balance fue positivo en los primeros relevamientos y erosivo en el último. Las pendientes totales del perfil permanecieron constantes, en tanto que la de playa frontal que fue incrementándose desde el primer relevamiento, disminuyó drásticamente en el último (Cuadro 1).

**Balneario Orense:** Estas playas poseen una importante escarpa de erosión entre la avenida costanera y el mar (Fig. 4b y Cuadro 1). Si bien en la zona urbanizada se ha eliminado los médanos costeros (que sí aparecen a los lados del pueblo), se aprecia en la parte más alta de la playa distal la formación de un pequeño méda-

no frontal a los pies de la avenida costanera. La playa frontal termina en una plataforma de abrasión de limos entoscados. El médano se fue retrayendo desde el primer relevamiento, con la consiguiente retracción del espaldón. Esto ocurrió probablemente por transporte eólico hacia el continente, ya que la playa distal y frontal no ha sufrido modificaciones, excepto algunos cambios en su nivel, formación de barras y pequeñas barrancas formadas por canales pluviales (Fig. 4b). En relación con el volumen de arena movida, ha existido una erosión generalizada en toda la playa de  $-3.111 \text{ m}^3$ . El balance, que era erosivo en los primeros relevamientos, arrojó acumulación en el último. Las pendientes totales del perfil perma-

necieron constantes, comportamiento similar a los arrojados por la de playa frontal. Esta última siempre fue menor de la pendiente total (Cuadro 1).

**Claromecó Este:** Aquí no hay médanos costeros ya que la zona posee un alisado de tosca para la circulación automotor (Balneario Cazadores, Fig. 4d y Cuadro 1). El agua que se acumula sobre ella fluye superficialmente, desaguando en el mar y originando profundas cárcavas.

La playa distal sufrió una gran variabilidad entre las cuatro mediciones. Lo mismo ocurrió en la frontal, aunque no de forma tan evidente. En los dos primeros relevamientos el nivel topográfico fue más o menos homogéneo, pero a partir del 19/03/05, existió un notable incre-

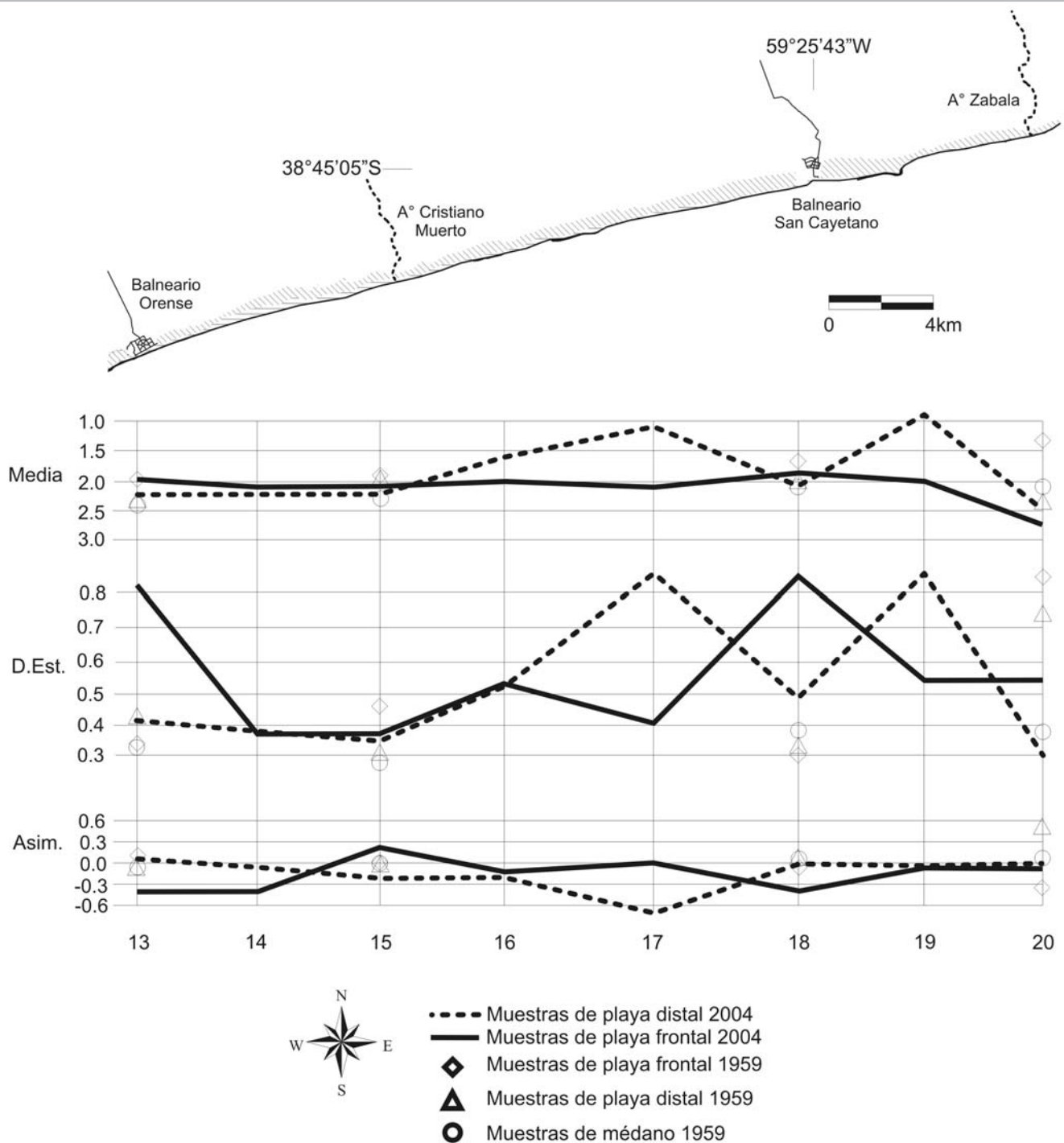


Figura 8: Parámetros sedimentológicos y variaciones de la línea de costa del sector Orense - Arroyo Zabala.

mento de toda la playa en general, debido a los movimientos de arena realizado por la municipalidad a fines del 2004 y principios del 2005, donde se hicieron acarreo de arena del médano a la playa distal en las playas del centro de Claromecó. En relación con el volumen de arena mo-

vida, ha existido una acumulación neta de 5.552 m<sup>3</sup>. El balance, que fue negativo en los primeros relevamientos, arrojó acumulación durante todo el 2005. Las pendientes totales del perfil permanecieron constantes, así como la de playa frontal, aunque ésta siempre fue menor (Cuadro 1). Claromecó Centro: Hay una importante acu-

mulación de arena acarreada por los vientos predominantes oblicuos a la costa (El Reloj, Fig. 4e y Cuadro 1), formando un médano pegado al paredón costanero; la arena se acumula junto a él y lo sobrepasa, depositándose sobre la avenida y hasta unas tres cuerdas costa adentro en el casco urbano. Junto al pie del médano,

hay una cañería de descarga pluvial que genera una cárcava que ocasiona que el ancho del médano permanezca constante. Es la playa más modificada por la mano del hombre de Claromecó, no sólo por el pluvial nombrado, sino también por los movimientos de arena a fines del 2004 y abril del 2005. Pese a ello, su perfil fue bastante estable.

En relación con el volumen de arena movida ha existido una erosión de  $-4.200 \text{ m}^3$ , balance asociado a las extracciones de arena. Las pendientes totales del perfil permanecieron constantes, en tanto que la de playa frontal -que fue menor- sufrió mayores modificaciones (Cuadro 1).

**Claromecó Oeste:** Esta playa en el Balneario Barlovento (Fig. 4f y Cuadro 1) posee un médano parcialmente disturbado en sus primeros 15 m por la instalación de juegos infantiles, estructuras que quedan fijas todo el año.

El médano modificó su altura durante el año medido, no así su base que se mantuvo a 37 m de la Avenida Costanera. La playa distal tuvo importantes cambios, con un aumento de su nivel topográfico en el último relevamiento, inducida por las actividades de nivelaciones del Balneario Barlovento.

En relación con el volumen de arena movida, ha existido una acumulación del orden de  $3.347 \text{ m}^3$ . El balance fue negativo inicialmente, para pasar a acumulativo. Las pendientes totales del perfil permanecieron constantes, en tanto que las de playa frontal fueron más variables (Cuadro 1).

**Balneario Reta:** Esta playa posee un gran médano frontal de más de 6 m de altura parcialmente fijado por vegetación y entoscado en su cima para estacionamiento de los balnearios (Fig. 4c y Cuadro 1). Su ancho es de más de 150 m.

De noviembre a diciembre del 2004 hubo recuperación del perfil de playa por efecto de tormentas, con la adición de una barra a la costa. Desde principios del 2005 el médano aumentó su tamaño, migrando hacia la playa distal, de relativa estabilidad.

En relación con el volumen, ha existido

una erosión neta de  $-1.742 \text{ m}^3$ . El balance, que fue erosivo en los primeros relevamientos, arrojó acumulación en los últimos, preferentemente por el incremento del tamaño del médano. Las pendientes totales del perfil permanecieron constantes, en tanto que la de playa frontal tuvo un importante incremento durante diciembre del 2004 (Cuadro 1).

### Sedimentología

En el muestreo sistemático de las playas se procuró comparar con los datos de Teruggi (1959) que obtuvo muestras de la playa frontal, distal y el médano litoral por cada estación y cada 10 km, en un perfil normal a la costa (Figs. 6, 7 y 8).

Teruggi (1959) observó una disminución del tamaño medio de las arenas desde el borde del agua hacia los médanos costeros, disminución que en buena parte es resultado de la acción selectiva del viento. El promedio de la media fue de 2,19 Phi. El desvío estándar siempre dio valores inferiores a la unidad, con un promedio de 0,45 Phi. No hubo gran correspondencia entre los parámetros estadísticos de muestras de playa y médano, lo que debe atribuirse a un emparentamiento genético. El hecho de que la correspondencia no haya sido mayor, se debe a que los distintos depósitos no son realmente sincrónicos, ni se han acumulado por la acción de idénticos agentes. Además, pequeñas variaciones diarias u horarias de las olas o vientos, son suficientes para producir los escasos cambios granulométricos registrados. Preferentemente el arroyo Zabala registró valores de parámetros diferentes al resto.

Durante el muestreo del 2004 se recolectaron de 20 estaciones, un total de 60 muestras. Se observó que la media poseía un promedio de 2,11 Phi ( $D=0,48$ ), el desvío estándar arrojó valores parecidos en la playa (0,47 con  $D=0,33$ ) y que se apartaban en el médano (0,28 Phi y  $D=0,04$ ) y la asimetría fue parecida en las tres zonas, y menores a cero.

Parámetros estadísticos a lo largo de la costa

**Muestras de la playa frontal:** En general la

granulometría es uniforme, con picos finos al oeste de Reta. El desvío estándar muestra una buena selección, tornándose moderada al este de Orense y la asimetría es muy variable pasando de muy positiva al oeste a muy negativa al este (Figs. 6, 7 y 8).

**Muestras de playa distal:** La media tiene un comportamiento similar a los descriptos para playa frontal. Se reconocen zonas de perturbación al oeste de Reta y al este del arroyo Cristiano Muerto, donde los sedimentos son más gruesos que en la playa frontal, posiblemente por mezcla de poblaciones. Los valores de desvío estándar poseen picos pobremente seleccionados hacia el este del arroyo Cristiano Muerto. La asimetría no posee demasiadas variaciones, aunque hay un pico muy negativo en la muestra 17 (Figs. 6, 7 y 8).

### Parámetros estadísticos a lo largo del tiempo

Comparativamente los valores promedio indican que las arenas (en general) de ambos municipios no han cambiado sustancialmente a lo largo de los 45 años; son muy similares en todos sus parámetros, aunque ahora son un poco más finas, sobre todo en el tramo desde la muestra 5 al arroyo Cristiano Muerto (muestra 15); en tanto que al oeste y este de esas zonas, son similares. El desvío estándar tuvo similar comportamiento, aunque la selección ha mejorado entre la muestra 7 y Punta Desnudez, tornándose de moderada a buena. Actualmente la asimetría posee mayor variabilidad (Figs. 6, 7 y 8).

## DISCUSIÓN

En la provincia de Buenos Aires las costas están sometidas a presiones antrópicas debidas a asentamientos urbanos, industriales, explotación de recursos y actividad turística. En los últimos años se ha venido desarrollando una idea más integradora para enfrentar el problema de la conservación y restauración de costas.

Si bien la erosión y acumulación son procesos comunes a lo largo de nuestras costas, donde su configuración sufre importantes modificaciones con pronunciados

cambios en el perfil de playa y, a veces, un marcado retroceso de la línea de costa, las playas objeto de este estudio aún poseen características prístinas. Localizados sectores de la costa de estos municipios (un 4 % del municipio de San Cayetano y un 6 % para el de Tres Arroyos) tienen actividades urbanas que modifican su dinámica, con la consiguiente respuesta del perfil de playa. Pero corresponde realizar una separación entre las modificaciones naturales y las inducidas, ya que si bien ambas modifican al balance sedimentario, lo hacen de distintos modos:

### Factores naturales

#### *Ciclos estacionales y sudestadas*

En la bibliografía especializada (Hunter *et al.* 1979, Schnack *et al.* 1983, Short y Wright 1984, Isla *et al.* 1998, Bértola 2001 y 2006, entre otros) se ha observado que no siempre se cumple que los períodos otoño/primavera sean erosivos y los de primavera/otoño sean de recuperación. Marcomini y López (1997), Marcomini (2002) y Bértola (2006) observaron en algunas playas bonaerenses, que los ciclos erosivos desde 1993 a la actualidad corresponden con mayor frecuencia al verano, mientras que los acumulativos al invierno.

Los ciclos que mayormente afectan estas playas bonaerenses no son tanto los estacionales, sino los períodos afectados por tormentas seguidos por recuperación de la playa. Es decir, los ciclos de tormenta son más importantes en los balances sedimentarios que los ciclos estacionales y se incrementan cuando se superponen tormentas seguidas. En el hemisferio norte los ciclos erosivos corresponden al invierno ya que hay mayor recurrencia de los *surge storms* en esas épocas. Isla *et al.* (2001) destacan el poder erosivo de tormentas combinadas en lapsos cortos. La efectividad de una tormenta viene determinada por su intensidad (velocidad del viento, alcance y duración), altura de la marea al momento de la tormenta, recurrencia entre dos tormentas sucesivas, y la orientación de la costa respecto a la dirección de la tormenta.

Con respecto al ascenso del nivel del mar asociado a tormentas, vale la pena remarcar que éste responde a fenómenos esporádicos y en general a situaciones de alta energía proveniente del cuadrante Sur. En estas condiciones, Fairbridge y Bourgeois (1978), Schnack *et al.* (1983) y Bértola (2006), consideran que la elevación del nivel del mar supone un "efecto Brun", que se complementa con un adicional de energía aportado por las olas, resultando en definitiva una acción altamente destructiva. Si bien estas situaciones tienen una cierta recurrencia, no poseen una regularidad en el tiempo. Schnack *et al.* (1983) agregan que "el efecto erosivo de este tipo de elevación del nivel marino se siente con mayor evidencia en las acumulaciones de playa, aunque su recurrencia en presencia de una menor cubierta sedimentaria afecta a los acantilados".

#### *Movimiento de médanos por el viento*

En la barrera austral los médanos se mueven paralelos a la costa, pero originalmente debió haber una abundancia de arena litoral que permitió la formación de médanos in situ y su transporte hacia el interior. Los médanos del partido de San Cayetano se mueven de oeste a este, pero los elevados contenidos de conchillas sugieren que los aportes provienen del sur. En Claromecó las arenas son acarreadas por los vientos predominantes oblicuos a la costa y forman un médano pegado a la avenida costanera que lo sobrepasa en altura.

### Factores antrópicos

#### *Estabilización de médanos:*

Los médanos litorales tienen un continuo intercambio de arena con la playa emergida y sumergida. Su forestación causa irremediablemente erosión costera: la playa continúa proveyendo arena, pero ésta no regresa desde los médanos fijados al sistema litoral. Entonces los médanos crecen en altura o migran hacia el interior, generándose angostamiento de la playa activa, aumento de pendientes y generación de blowouts, procesos que han sido descriptos en Villa Gesell, Miramar

y Mar del Plata (Marcomini y López 1997, Isla *et al.* 1998, Isla 2003, Bértola y Cortizo 2005, Bértola 2001 y 2006).

En los partidos de Tres Arroyos y San Cayetano la fuente de alimentación de las playas proviene de la deriva litoral de oeste a este y por el retrabajo de médanos costeros. Las forestaciones inducen cambios en las características morfológicas dado que los médanos aumentan y las playas se reducen. El sistema de médanos transversales ubicados al oeste de Claromecó restringía el cauce del arroyo homónimo. Esta fijación originó el loteo de Dunamar, sin contemplar que esos médanos eran los que proveían de arena a las playas del balneario. De este modo se inició un problema de desestabilización de las condiciones naturales.

Previo a toda fijación de médanos se debe decidir si se pretende aumentar su altura o minimizar el transporte eólico. En el Balneario San Cayetano y Reta aunque se ha logrado disminuir la amenaza de los médanos que invadían los pueblos, el problema no está totalmente solucionado. Si bien se ha logrado fijar los médanos "céntricos" el transporte de arena sigue, pero alimentado por médanos vivos al oeste de los balnearios.

#### *Construcciones sobre los médanos frontales:*

En todas las playas turísticas con infraestructura balnearia, hay alteraciones inducidas por los concesionarios para ofrecer comodidad a sus clientes -como canchas de paddle y tenis, instalación de bares sobre la playa, juegos infantiles, estacionamientos y vías de acceso-. Esto conduce muchas veces a la eliminación sistemática de médanos, el corte en los acantilados o la impermeabilización de médanos litorales -con el consiguiente problema hidráulico-. Se ha observado que en los balnearios construidos sobre pilotes, el médano no se acumula ni obstruye los accesos. Estos problemas indujeron nuevos estilos de construcción de balnearios en Villa Gesell y el Partido de la Costa con construcciones de madera, sobre pilotes y desarmables.

#### *Pluviales:*

Además de la acción energética del oleaje,

otro efecto causado por las tormentas sobre la playa es el drenaje de los excesos hídricos por las calles que drenan hacia el mar causando canales y escarpas en la playa. Las municipalidades deberían procurar minimizar estos efectos erosivos causados por las lluvias, mediante pozos blancos con bombeo de los excedentes hídricos, como ocurre en San Bernardo del Tuyú.

#### *Extracción y movimientos de arena:*

Los cambios inducidos por el movimiento de arena que afectan la playa distal y a veces la frontal, se han podido comprobar en Claromecó Centro y Este. Generalmente se produce un acarreo mecánico de arena desde el médano a la playa distal y a veces hasta la frontal. Esta actividad provoca el enrasado de ambos bermas tanto de tormenta o de marea, que pueden generar, diferencias de hasta 3 m de cota como en Balneario San Cayetano y Claro-mecó.

## CONCLUSIONES

Las características de las costas de San Cayetano están signadas por acantilados bajos con médanos colgados y escasos desarrollos de playas arenosas relacionadas a campos de dunas. Tres Arroyos posee mayor desarrollo de playas arenosas.

Si bien ninguno de los partidos objeto de estudio posee en la actualidad serios problemas costeros, la erosión registrada está relacionada principalmente con la fijación de médanos. Tal es el caso del médano "El Rebelde" en San Cayetano, que ha crecido significativamente en altura pero no ha logrado dominar el excesivo transporte de arena hacia el Balneario; o la fijación de Dunamar en Tres Arroyos, que ha disminuido los aportes de arena a las playas de Claromecó. La arena en tránsito que no es regresada al mar, los pluviales con evacuación directa a la playa, la forestación indiscriminada, la construcción de obras de ingeniería y la nombrada fijación de médanos, podrían ser causante de futuros impactos en el ambiente de playa-médano.

La comparación entre los valores prome-

dio de los coeficientes estadísticos de las muestras de playa y médano de la zona en los últimos 45 años, indican que las arenas de ambos municipios no han cambiado sustancialmente; sólo se aprecia una leve disminución del tamaño de grano.

Los perfiles permitieron reconocer variabilidad en las playas mesomareales, con períodos erosivos ( $-4.200 \text{ m}^3$ ) y otros acumulativos ( $5.552 \text{ m}^3$ ). Las playas del Balneario Claromecó fueron las más afectadas topográficamente por los ciclos invierno/verano y las sudestadas que las otras playas analizadas. Esto se atribuye a una mayor presencia antrópica en la zona. La fijación de médanos que se está llevando a cabo en la zona, ha originado que los antiguos campos de médanos transversales cambien a morfologías parabólicas. Esta estrategia no debe limitarse a médanos determinados, ya que se debe disminuir la magnitud del caudal sedimentario en tránsito cuidando mantener las fuentes de alimentación de las playas o su dinámica sedimentaria (médano-playa-bancos submareales).

Desde 1967 al 2004 los rangos de avance de la línea de ribera fueron máximos al oeste del Balneario San Cayetano, en tanto que los máximos retrocesos se observaron al este del arroyo Quequén Salado y al oeste de la ciudad de Claromecó.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Sergio Scardapane y Osvaldo Zotes (San Cayetano) y Alejandro Rossi (Tres Arroyos) por su desinteresada colaboración. A la Sra. Susana Serra por los análisis granulométricos. La Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires (CIC), en convenio con las municipalidades de San Cayetano y Tres Arroyos financiaron las tareas de campo y gabinete.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Bértola, G. 2001. 21 years of morphological modifications in an urbanized beach (Playa Grande, Mar del Plata), Argentina. *Revista Thalassas* 17(2): 21-36.

Bértola, G. 2006. Morfodinámica de playas del sudeste de la provincia de Buenos Aires (1983 a 2004). *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología (Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis)* 13(1): 31-57.

Bértola, G. y Cortizo, L. 2005. Transporte de arena en médanos litorales activos y colgados del sudeste de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 60(1): 174-184.

Cabrera, A. 1941. Las comunidades vegetales de las dunas costaneras de la Provincia de Buenos Aires. *Publicaciones Técnicas del Ministerio de Obras Públicas de la Provincia de Buenos Aires, Dirección de Agricultura y Ganadería Industrial* 1(2): 1-44.

Cabrera, A. 1971. Fitogeografía de la República Argentina. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica* 19(1-2): 1-42, Buenos Aires.

Cortizo, L. e Isla, F. 2007. Evolución y dinámica de la barrera medanosa de San Cayetano y Tres Arroyos, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(1): 3-12.

Dirección Provincial de Energía 2001. Medición de Vientos en San Cayetano. Ministerio de Vivienda y Servicios Públicos, Municipalidad de San Cayetano, (informe inédito), 70 p., San Cayetano.

Fairbridge, R. y Bourgeois, J. 1978. The Encyclopedia of Sedimentology. En Hutchinson Ross Publishing (eds.) *Encyclopedia of Earth Sciences* 6, 900 p., Dowden.

Farinati, E. y Zavala, C. 1995. Análisis tafonómico de moluscos y análisis de facies en la serie holocena del río Quequén Salado, Provincia de Buenos Aires, Argentina. 6° Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía, Actas: 117-122, Trelew.

Folk, R. y Ward, W. 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentology and Petrology* 27(1): 3-26.

Frenguelli, J. 1928. Observaciones geológicas en la región costanera sur de la Provincia de Buenos Aires. Universidad Nacional del Litoral, Facultad de Ciencias de la Educación, Anales 2, 145 p., Santa Fe.

Greenwood, B. y Davidson-Arnott, R. 1979. Sedimentation and equilibrium in wave-formed bars: a review and case study. *Canadian Journal of Earth Sciences* 16(2): 312-332.

Hassan, G., Espinosa, M. e Isla, F. 2004. Análisis

- paleoambiental de una secuencia del Holoceno tardío del arroyo Claromecó (Provincia de Buenos Aires, Argentina) basado en diatomeas. *Ameghiniana* 41(2): 161-170.
- Hunter, R., Clifton, H. y Phillips, R. 1979. Depositional processes, sedimentary structures and predicted vertical sequences in barred nearshore systems, Southern Oregon coast. *Journal of Sedimentary Petrology* 49(3): 711-726.
- Isla, F. 2003. Disponibilidad de arena para el refulado de las playas de Miramar y Chapadmalal, Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 58(3): 311-320.
- Isla, F., Cortizo, L. y Schnack, E. 1996. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern Barrier of Buenos Aires. *Quaternary Science Reviews* 15(8-9): 833-841.
- Isla, F., Bértola, G., Farenga, M., Serra, S. y Cortizo, L. 1998. Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 5(1): 41-51.
- Isla, F., Rutter, N., Schnack, E. y Zárate, M. 2000. La transgresión Belgranense en Buenos Aires. Una revisión a cien años de su definición. *Revista Cuaternario y Ciencias Ambientales, Asociación Geológica Argentina* 1: 3-14.
- Isla, F., Cortizo, L. y Turno Orellano, H. 2001. Dinámica y evolución de las barreras medanosas, Provincia de Buenos Aires, Argentina. *União da Geomorfologia Brasileira, Revista Brasileira de Geomorfologia* 2(1): 73-83, Río de Janeiro.
- López, R. y Marcomini, S. 2000. Geomorfología y ordenamiento territorial del sector costero comprendido entre la ciudad de Miramar y el Arroyo Nutria Mansa, partido de General Alvarado. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 55(3): 251-264.
- Marcomini, S. y López, R. 1997. Influencia de la urbanización en la dinámica costera, Villa Gesell, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 4(2): 79-96.
- Marcomini, S. y López, R. 1999. Alteración de la dinámica costera por efecto de la explotación de arena de playa, partidos de General Alvarado y Lobería, provincia de Buenos Aires. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 6(1-2): 1-18.
- NOAA 2005. Web de clima mundial. <http://lwf.ncdc.noaa.gov>
- Schnack, E., Alvarez, J. y Cionchi, J. 1983. El carácter erosivo de la línea de costa entre Mar Chiquita y Miramar, Provincia de Buenos Aires. *Simposio de Oscilaciones del Nivel del Mar durante el último hem ciclo deglacial en la Argentina, Actas: 118-130, Mar del Plata.*
- Serman S.A., Consultores 2004. Proyecto Claromecó: Puerto náutico deportivo y de pesca artesanal. Provincia de Buenos Aires, Municipalidad de Tres Arroyos. Fundación ACCE, Documento de Proyecto (inédito), 50 p., Tres Arroyos.
- Short, A. y Wright, L. 1984. Morphodynamics of high energy beaches: an Australian perspective. En Thom, B. G. (ed.) *Coastal geomorphology in Australia*, Academic Press, 3: 43-68.
- Tapia, A. 1937. Las cavernas de Ojo de Agua y Las Hachas. *Historia geológica de la región de La Brava en relación con la existencia del hombre prehistórico. Dirección de Minería y Geología, Boletín* 43, 12 p, Buenos Aires.
- Teruggi, M. 1959. Las arenas de la costa de la Provincia de Buenos Aires entre cabo San Antonio y Bahía Blanca, LEMIT (Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica), Serie 2(77): 1-40, La Plata.
- Turno Orellano, H. 1998. Monitoreo de las forestaciones de la barrera medanosa austral (tramo Miramar-Claromecó) utilizando técnicas de teledetección. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, (inédita), 42 p., Mar del Plata.

Recibido: 4 de noviembre, 2008

Aceptado: 2 de junio, 2009