

# REQUERIMIENTOS Y DISPONIBILIDAD DE ARENAS PARA LA DEFENSA DE LAS PLAYAS DE NECOCHEA Y LOBERÍA

Federico ISLA <sup>1</sup>, Germán BÉRTOLA <sup>1,2</sup>, Alejandra MERLOTTO <sup>2</sup>, Ángel FERRANTE <sup>1</sup> y Luis CORTIZO <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata. Email: fisla@mdp.edu.ar

<sup>2</sup> CONICET

<sup>3</sup> Comisión de Investigaciones Científicas de la Provincia de Buenos Aires

## RESUMEN

La costa de Lobería y Necochea se caracteriza por acantilados y playas de escaso desarrollo. La desembocadura del río Quequén Grande alteraba la línea de costa. La construcción de las escolleras del puerto de Quequén indujo una gran acumulación de arena en el sector de Necochea, y un crítico proceso erosivo de los acantilados y en las playas del este. El ancho de las playas se reduce de 300 m en el oeste a sólo 40-60 m hacia el este. Considerando la escasez generalizada de arena, las playas del este son las que tienen mayor variabilidad sedimentaria. Las mayores variaciones en los balances de arena fueron originadas por actividades humanas. Las olas provenientes del E, SE y S proyectan mayor energía en este sector oriental. Por otro lado, los sectores infralitorales de estas playas tienen poca disponibilidad de arena. La mayor abundancia de arena fina ha sido reconocida hacia el balneario Necochea. El río Quequén Grande tiene un significativo efecto sobre la dinámica del estuario durante las crecidas originadas por eventos ENSO, aunque la sedimentación está dominada por aportes de limo.

Palabras clave: *Puerto Quequén, Erosión, Acción antrópica, Protección, Playas.*

**ABSTRACT:** *Requirements and availability of sand for the protection of Necochea and Lobería beaches.* The coast of Lobería and Necochea is characterized by cliffs and narrow beaches. The inlet of the Quequén Grande river used to alter the coastline. The construction of jetties related to the Quequén Harbour induced huge accumulations of sand towards Necochea, and a critical erosive process of cliff and beach to the east. Beach width reduces from 300 m at the west to 40-60 m to the east. Considering regional sand scarcity, the eastern beaches are characterized by more sand variability. Greater variations in the sand balance were assigned to human activity. Waves coming from the E, SE and S deliver more energy along this eastern sector. On the other hand, submerged zones of these beaches have less availability of sand. Greater availability of fine sand was recognized towards Necochea. The Quequén Grande river has much effect on the estuarine dynamics during ENSO-triggered floods, although sedimentation is dominated by silt supply.

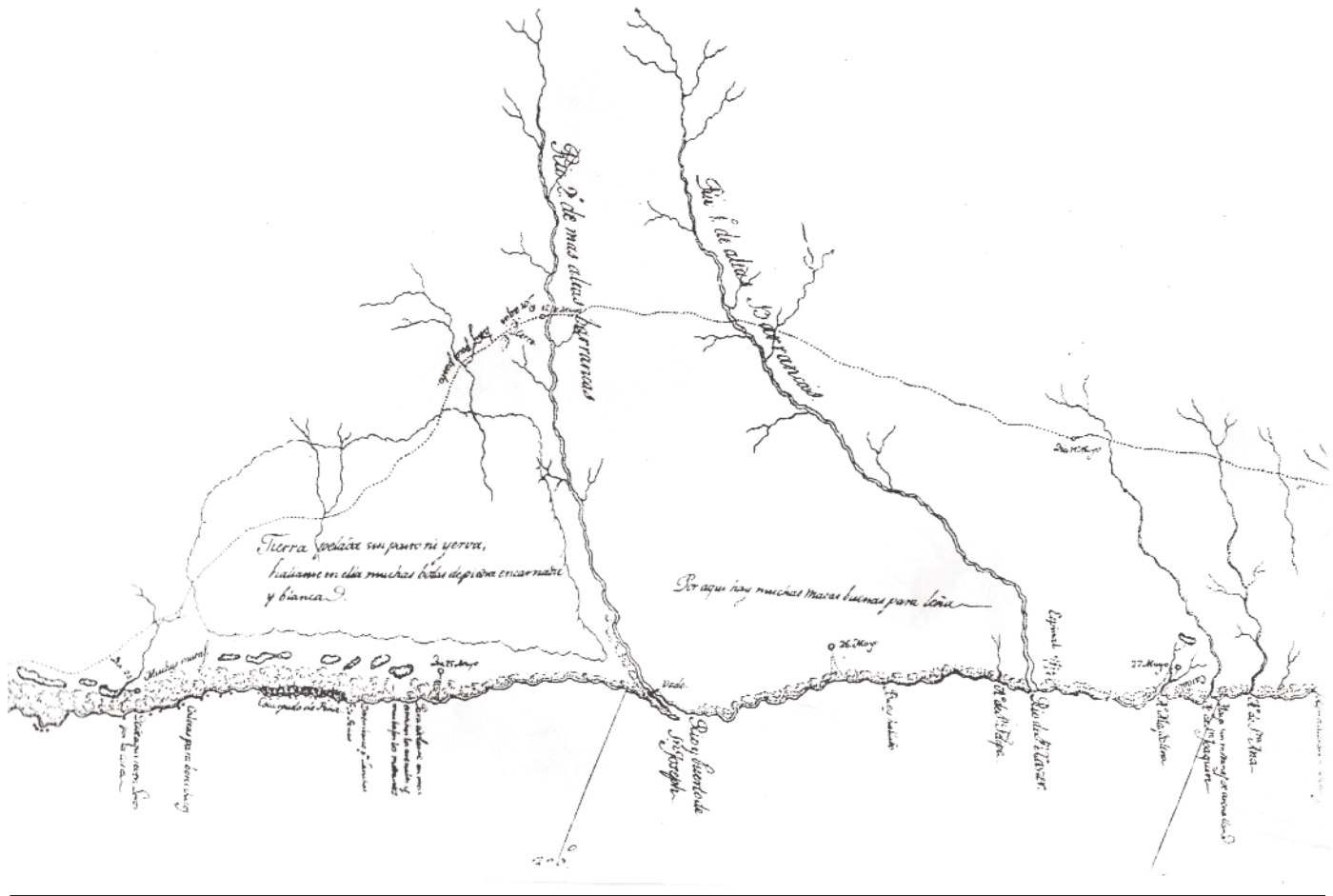
Keywords: *Quequén Port, Erosion, Anthropic activity, Protection, Beaches.*

## INTRODUCCIÓN

La zona del estuario del río Quequén Grande está sujeta a variaciones morfológicas y sedimentológicas significativas derivadas de las intervenciones humanas por actividades urbanas, portuarias y turísticas. La primera descripción de la zona la debemos al jesuita José Cardiel (1748) que nos refiere la aptitud de suelos, las mareas y el clima, con condiciones de asentamiento de puerto mejores que las de Buenos Aires. Este primer bosquejo cartográfico (Fig. 1) da idea del dominio de la deriva litoral de oeste a este, y responsable de la desembocadura curvada hacia el este (*Sn. Joseph*). Esta primera des-

cripción nos refiere además la presencia de acantilados verticales al oeste de la desembocadura del Quequén Grande, la presencia de lagunas en el interior (lagunas saladas de San Cayetano) y que el río podía ser cruzado por un vado donde la profundidad era de apenas 4 pies (aproximadamente 1,2 m). Como consecuencia de la urbanización costera a principios del siglo XX, el principal problema de los 60 fue la abundancia de arena eólica ("voladora") que entorpecía las actividades en la zona balnearia de Necochea (*Franzius Institut für Grund und Wasserbau der Technische Hochschule Hannover*, 1963). Ya en esos años se conocía el alcance del agua de mar dentro del estuario a través de medi-

ciones de salinidad ejecutadas el 29 de agosto de 1967 (Boltovskoy y Boltovskoy 1968) y sus efectos en la distribución de foraminíferos bentónicos (Wright 1971). Las variaciones temporales de los parámetros físicos dentro del estuario (salinidad, temperatura, oxígeno disuelto) son significativas como consecuencia de lluvias en la cuenca (De Franceso e Isla 2003). Por otro lado, se destaca el rol de un desnivel sumergido de 8 m (de 4 a 12 m de profundidad) en las cabeceras del sector portuario del estuario (Perillo *et al.* 2005). El estuario está colonizado por comunidades bentónicas infaunales, dominadas por nematodos y poliquetos del género *Capitella*, que pueden ser impac-



**Figura 1:** Mapa original de la costa de acuerdo a José Cardiel. El bosquejo de 1748 confirma que la costa era arenosa excepto los acantilados verticales relacionados a las lagunas extendidas a lo largo de la costa de San Cayetano.

tadas por la depositación episódica de fangos (Godoy 2008). Las playas arenosas de Necochea fueron caracterizadas granulométrica y mineralógicamente por Teruggi (1959) y Spalletti y Mazzoni (1979). Posteriormente, se describieron estas playas en relación con sus formas y características sedimentarias en virtud de la abundancia de gravas en las playas de Arenas Verdes y Costa Bonita (Isla *et al.* 1997, Bértola 2006). La presencia de dunas colgadas o rampas eólicas en el espaldón puede dar idea del balance sedimentario entre las playas y los acantilados, aunque estas relaciones pueden variar entre verano e invierno, o con relación a eventos episódicos (Isla *et al.* 1996, Codignotto y Kokot 2005, Marcomini y López 2005, Marcomini *et al.* 2007). Los problemas de falta de calado en el puerto de Quequén dieron lugar a recurrentes dragados. Los mayores inconvenientes se centraban en su inutilidad en

horarios nocturnos, e inoperabilidad bajo determinadas condiciones oceánicas para buques de más de 75 m de eslora (Muller 1980). La transferencia de arena desde Necochea a Bahía de los Vientos ha sido contemplada desde 1993 (Isla *et al.* 1993). Finalmente se optó por ejecutar la prolongación de la escollera oeste que se llevó a cabo durante el año 2005 (Fig. 2). Las consecuencias de esta prolongación se supone que importarán un aumento de la erosión por obstrucción de la deriva litoral. El presente trabajo analiza los cambios morfológicos de las playas de la zona desarrollados antes, durante y posteriormente a la prolongación de la escollera, y de un relevamiento de la playa infralitoral ejecutado con sonar de barrido lateral con el objeto de evaluar las áreas de eventual extracción de arenas de la playa sub-

marina. El propósito final del trabajo es establecer las condiciones previas y posteriores a los impactos causados por la prolongación de esta escollera oeste finalizada en el año 2007, y prospectar zonas de aporte para repoblamiento de playas.

**Características generales de la costa y estuario**

Esta costa ubicada en 38° 30' latitud S y 58° 40' longitud O, posee una orientación N70°E y mareas semidiurnas mixtas, con una amplitud de marea máxima de 1,78 m (promedio de 1,02 m). Los vientos más frecuentes son del norte a 10 km/h, en tanto que los más intensos son los del sur y sudeste. La temperatura media en el año es de 14 °C y la precipitación de 916 mm. Con relación a la velocidad de las corrientes litorales, imperan las que se dirigen hacia el oeste a 0,4 m/s, aunque la deriva litoral es hacia el este con máximos



Figura 2: Comparación entre imágenes satelitales de 1999 y 2005. Las calles están separadas 100 m.

de 1.300.000 m<sup>3</sup>/año (Framiñan 1990). La altura de ola de rompiente es de 1,33 m y el período de 8 seg. La pendiente entre la playa distal y la playa exterior es de 1:5. La erosión costera ha sido evaluada en 0,5 a 0,8 m/año (Cortizo e Isla 2000, Doorn *et al.* 2005). Este sector de la plataforma tiene una pendiente uniforme donde se destaca solamente un banco alineado a la costa, a aproximadamente 40 m de profundidad, y extendido entre Claromecó y Necochea (carta del SHN H 210). Las arenas de este sector menos profundo de la plataforma varían entre muy gruesas a finas-muy finas (Mouzo *et al.* 1974), con mayores valores de carbonato de calcio en el banco mencionado. Limos y fondos rocosos se limitan a zonas muy costeras entre Claromecó y Necochea (Mouzo *et al.* 1974).

La cuenca del río Quequén Grande es asimétrica ya que recibe afluentes por su ribera izquierda. El río aumenta el caudal preferentemente durante los meses de verano (Teruggi *et al.* 2005); su variación fluctúa entre mínimos mensuales de 6 y máximos de 167 m<sup>3</sup>/s. De acuerdo a muestreos de carga sedimentaria medidos en la prima-

vera de 2002, el río transportaba 2,4 toneladas/día como carga de fondo y 0,24 g/l como carga en suspensión. Aplicando diferentes fórmulas de transporte de carga, el río Quequén Grande sería 3 a 5 órdenes de magnitud deficiente en sedimento para ser transportado por el fondo (Teruggi *et al.* 2005). Por otro lado, el estuario ha sido objeto de mediciones de corrientes, temperatura y salinidad que han permitido simular su dinámica estuarial utilizando el programa POM (*Princeton Ocean Model*; Perillo *et al.* 2005). Debido a la conjunción de actividades dentro del estuario, ha sido repetidamente analizado en relación a procesos de contaminación (Lopez Gappa *et al.* 1990, Polizzi 2006).

La morfología de esta costa está limitada por escasez de arena generalizada. Las playas asociadas a acantilados activos son angostas, generalmente carecen de bermas estables y están limitadas por plataformas de abrasión rocosas en los sectores submareales. Los acantilados que existen en la zona están conformados por loess pampeano. Las playas de Lobería están compuestas por una mezcla de sedimentos arenosos y gravosos donde no

siempre existe correspondencia entre formas y texturas, ya que pueden estar mezclados los procesos de transporte como sobrelavados de gravas con arenas finas eólicas. También se reconocen otros procesos, como el sobrelavado de dorsales (*overtopping*), acorazamientos y construcción de rampas de lavado por efectos de tormentas (Isla *et al.* 1997). Más al oeste, y relacionados a las desembocaduras de arroyos, hay problemas de migración de médanos que llegan a obstruir las desembocaduras o a sepultar zonas forestadas. También existen en el oeste del partido de Necochea zonas de acumulación entre salientes rocosas que conforman playas de bolsillo (Balneario Los Angeles).

## MÉTODOS

### Estadística y refracción de olas

Se procesaron los datos del olígrafo (Interocean S4) del Puerto Quequén según mediciones cada 20 minutos, y ubicado unos 400 m al SSE de la escollera más larga del puerto. Se establecieron series mensuales desde julio de 2006 a junio de 2007 con información de dirección de

proveniencia de olas y altura de olas significativas. Se procesaron todos los datos dejando de lado los períodos sin información por problemas técnicos del olígrafo. Los resultados se graficaron conjuntamente (dirección y altura) en una escala logarítmica con el objeto de relacionar cambios rápidos y rotaciones lentas. Se ejecutaron corridas del programa REFRAC de la Universidad del Norte de Gales (Eliott 1990) para una grilla ubicada entre 37°55' y 39°39' latitud S, y 62°12' y 57° longitud O. La batimetría se basó en la carta H210 del Servicio de Hidrografía Naval con profundidades máximas de 110 m. Se efectuaron corridas desde los cuadrantes SO, S, SE y E con olas de corto período (8 s) y de largo período (12 s).

**Relevamientos de playas**

Las tareas de campo comprendieron la ejecución bimestral de relevamientos topográficos en las playas. Cada relevamiento consistió en la realización de perfiles transversales a la línea de costa referidos a un punto fijo (o punto estación) y hasta una cota de -0,5 m. Se tomaron cotas equidistantemente (5 m) con un teodolito. El punto estación, ubicado en todos los relevamientos de una misma playa en el mismo lugar geográfico (generalmente en el espaldón), está referido según ángulos y distancias, a puntos de referencia inalterables ubicados sobre las construcciones balnearias. El ancho de la playa o longitud de sus perfiles es la distancia desde el punto estación hasta el último punto de bajar.

Los períodos relevados se extendieron más de 10 años (Cuadro 1) distribuidos en lapsos durante los años 90 (1994-1997), principios del siglo XXI (2001-2004) y con posterioridad a la prolongación de la escollera (2006-2007). Como muchos de los balnearios sufren movimientos de arena ejecutados por los concesionarios, se evitaron los trabajos de diciembre a enero. Se calcularon las diferencias volumétricas entre perfiles de diferentes relevamientos, considerando la longitud del perfil menor, según métodos convencionales y ya publicados (Isla *et al.* 1997, Bértola

**CUADRO 1:** Balances sedimentarios de las playas en estudio entre 1994 y 2007.

	Médano Blanco	Necochea	Bahía de los vientos	Costa Bonita	Arenas Verdes
3/8/94 - 5/4/94				11.100	-14.405
7/11/94 - 3/8/94				-3165	6195
21/3/95 - 7/11/94				-802	-9745
30/5/96 - 21/3/95				1470	7732
20/11/96 - 30/5/96				13.878	-752
13/3/97 - 20/11/96				-1615	-4282
25/9/01 - 13/3/97				-9458	-5406
20/12/01 - 25/9/01				1262	6989
7/5/02 - 20/12/01				-4847	-1342
2/10/02 - 7/5/02		-13.565		4131	1101
6/5/03 - 2/10/02		8570		-1518	
5/11/03 - 6/5/03		-2545		-3141	
2/4/04 - 5/11/03		8872		3366	6322
30/7/04 - 2/4/04		7609		-528	-4621
28/2/06 - 30/7/04		-27.260		1409	
26/5/06 - 28/2/06	491	-405	2225	783	
5/7/06 - 26/5/06	-349	585	2923	-350	
30/8/06 - 5/7/06	85	-2990	-3710	1018	
27/11/06 - 30/08/06	264	-3550	-1974	-368	
24/04/07 - 27/11/06	568	18.915	1286	-770	
3/07/07 - 24/04/07	3478	-12.900	-875	908	
21/09/07 - 3/07/07	-1634		-845	-851	
7/12/07 - 21/09/07	-250		1865	-5633	

2006). De la superposición de los sectores relevados, se obtuvieron perfiles de erosión/depositación, y de la comparación entre el último y el primero se determinaron los desplazamientos netos del material, estimándose así sentido y volumen de transporte. También se analizaron las pendientes entre puntos del perfil de la playa para detallar los cambios más significativos, y así distinguir desplazamientos de crestas de berma, dorsales y barras. 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 promedio de la pendiente, y que integra los sectores subaéreos (playa distal y frontal). Por otro lado, se obtuvo el valor de la pendiente de la playa frontal, midiendo la diferencia de cota entre el último punto medido y la berma de mareas, dividido por la distancia entre ellos. Este sector es el de mayor variabilidad en relación a los efectos del oleaje.

**Mapeo y muestreo de la playa infralitoral**

Para el mapeo de las formas del fondo se

utilizó un sonar de barrido lateral (Fig. 3) marca Klein (422S) con transductor (modelo 350A) y un registrador EPC (mod. 1898). Se trabajó con un ancho de barrido (*range*) de 150 m a cada lado del pescado (*fish*). Para el muestreo de muestras superficiales de fondo se contó con una draga tipo Snapper. El 5 de julio de 2006 se realizó un relevamiento de la playa infralitoral desde Necochea hasta Arenas Verdes (Lobería) con el objeto de mapear la distribución de arena así como sus características granulométricas. Las olas significativas fluctuaron entre 1 y 1,1 m. Para la prospección de barrido lateral se empleó el Guardacostas Río Paraguay de la Prefectura Naval Argentina. Para la ubicación de los distintos bancos de arena y su relación entre la profundidad en que se encuentran y el estado de marea, se utilizaron los datos de la marea real, del mareógrafo ubicado en puerto Quequén (38°35'S y 58°42'O).

Durante los trabajos se contó con datos de marea medidos en el olígrafo (Inter-Ocean S4 AWI) ubicado a 400 m al SO del antiguo morro de la escollera sur del Puerto de Quequén en profundidades de



**Figura 3:** Equipo de sonar lateral y muestreador Snapper sobre la borda de la lancha.

12 m. El relevamiento fue ejecutado el 5 de julio de 2006 con la marea subiendo desde un mínimo de 0,4 m (sobre el *datum*) a las 08,00, a una pleamar de 1,5 m registrada a las 14 horas. Durante el registro con sonar lateral la temperatura del agua aumentó de 12,6 a 13°C para luego descender en horas de la tarde. En las calmas, tanto de pleamar como de bajamar, hubo disminuciones de la temperatura del agua, seguramente inducidas por aguas más frías provenientes del río (Fig. 4a).

## RESULTADOS

### Estadística y refracción de olas

Se ha logrado una estadística anual de altura de olas significativas para el período julio de 2006 a junio de 2007. Las olas mayores ocurrieron entre mayo y septiembre (Fig. 4b).

Los registros del olígrafo de Necochea indicaron cambios bruscos en los que las olas comenzaban a provenir del S y SO, y rotaciones graduales en los que las olas prevenían predominantemente del SE.

Respecto a los resultados de refracción, las olas de menor período (8 s) no tuvieron mayor importancia en la concentración de ortogonales mientras que las olas de mayor período (12 s) indujeron mayor concentración de energía. Si bien las olas del SO provocan concentración de ortogonales, sus efectos no resultaron muy

significativos sobre la Barrera Medanosas Austral (Fig. 5). Las olas del cuadrante S tienen concentraciones de ortogonales muy distanciadas que se hacen más regulares hacia Miramar y Mar del Plata. Las olas del sudeste se concentran mayormente hacia el sector particular de Necochea. Las olas del este prácticamente no tienen efecto en la Barrera Medanosas Austral actuando principalmente en el litoral marplatense (Fig. 5).

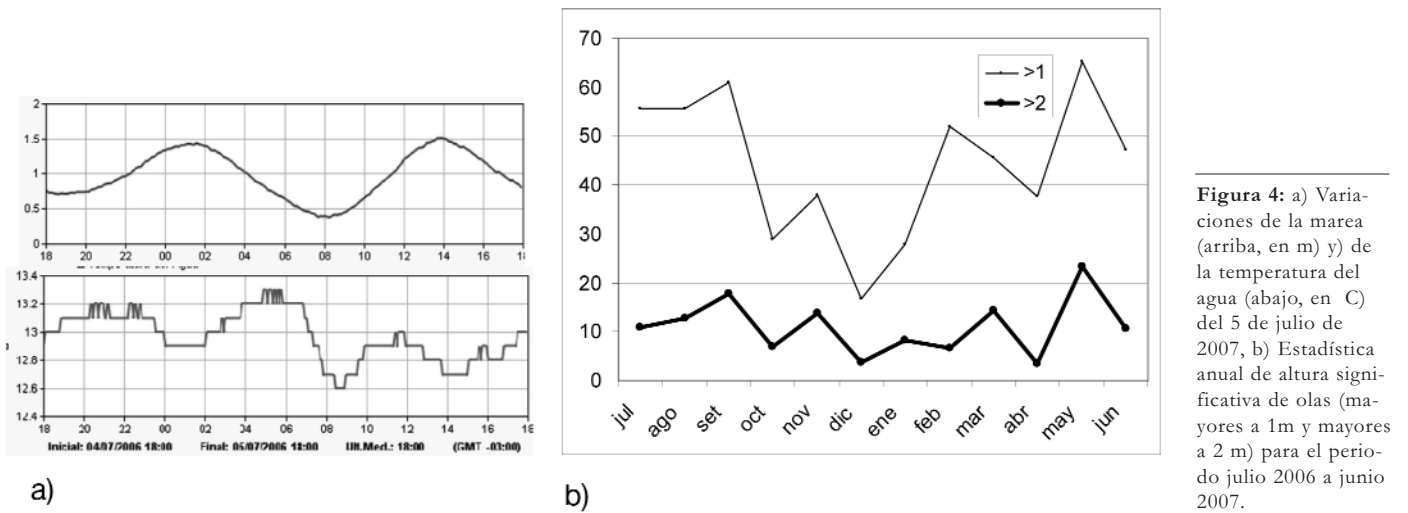
### Variaciones morfológicas de las playas

Se resumen aquí resultados ya publicados (Isla *et al.* 1997, Bértola 2006) con los muestreos realizados durante los años 2006 y 2007. Las playas de Arenas Verdes (Lobería), Costa Bonita (Balneario Dunas), Bahía de los Vientos, y Necochea (calle 75 y Balneario Médano Blanco), fueron analizadas para evaluar los cambios que existían en ellas antes, durante y después de las ampliaciones portuarias.

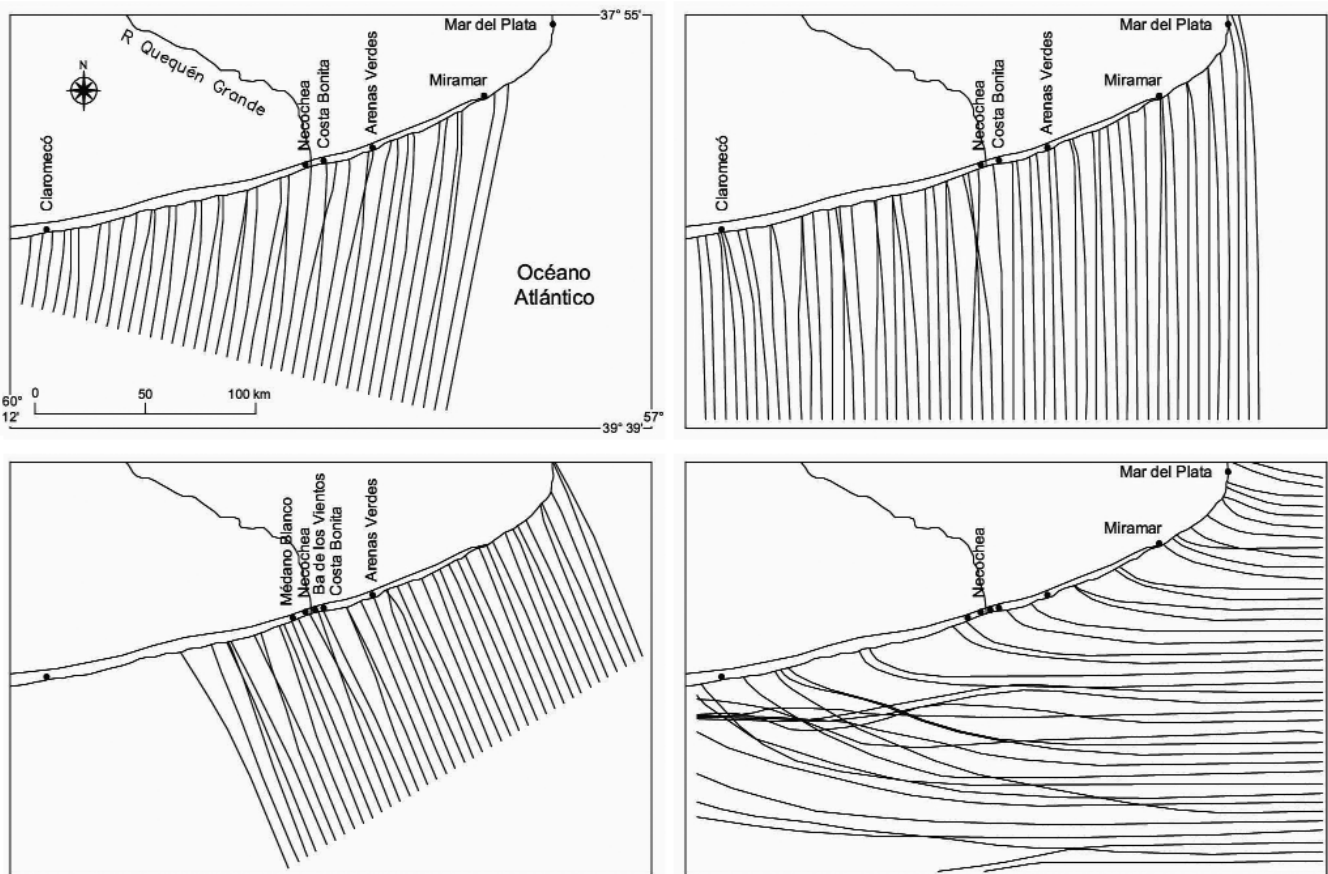
*Balneario Arenas Verdes* (38°32'53,6"S; 58°33' 7,1"O): Posee acantilados bajos de hasta un metro cubiertos por médanos litorales y una plataforma de abrasión de limos entoscados, donde la playa se comporta como una rampa de lavado. Hay acumulaciones de grava fina en toda su extensión (supra y submareal). Los mayores cambios morfológicos se dieron entre los 20 y 50 m del espaldón. La playa pre-

sentó una marcada variabilidad con volúmenes transportados del orden de los 22.000 m<sup>3</sup>. De 1994 a 1997 hubo una marcada erosión en toda la playa (Fig. 6 a), con un período acumulativo puntual en 1995 (7.732 m<sup>3</sup>). Con posterioridad a 1997 la tendencia siguió siendo erosiva, pero con dos episodios de importante acumulación durante 2001 y 2003 de 6000 m<sup>3</sup> cada uno. Estacionalmente el verano y el otoño son erosivos.

*Costa Bonita (Balneario Las Dunas; 38°33' 47,8" S; 58°37'41,6 O)*: Esta playa se emplazaba hasta noviembre de 1996, entre plataformas de abrasión y médanos fijados por vegetación. Con posterioridad a esa fecha, el médano fue eliminado para realizar la traza de la avenida costanera, empleando ese material para el relleno de la playa, y registrándose consecuentemente un saldo acumulativo de unos 13.000 m<sup>3</sup>. Los tres espigones construidos entre 1957 y 1969, actualmente están destruidos y no cumplen ninguna función. Los perfiles se ejecutaron hasta la plataforma de abrasión de limos entoscados. El berma, que sufría cambios significativos, se estabilizó a partir del año 2001 con un lento y progresivo proceso de erosión (Fig. 6 b), con intervalos de recuperación tanto en 2002 como en 2003. A partir del 2004 la dinámica pareció disminuir significativamente (Cuadro 1). La máxima variabilidad se registró entre los 10 y 40 m del comienzo de los perfiles, que fueron erosivos. Estacionalmente la primavera es erosiva y el invierno acumulativo. Como ya se mencionó, esta playa ha sido muy disturbada, y por lo tanto algunos balances pueden estar sesgados por movimientos de arena en la playa distal (1996). A principios del 2006 se construyó un médano frontal artificial, con el fin de evitar la deflación de arena hacia la avenida costanera. Actualmente, esta acumulación fue parcialmente fijada con "uña de gato". Las pendientes hasta el 2003 rondaban el 6%, con significativas variaciones entre mediciones. A partir de 2003 se estabilizó y los relevamientos recientes tienden a la disminución de la pendiente, tanto de toda la playa como de



**Figura 4:** a) Variaciones de la marea (arriba, en m) y de la temperatura del agua (abajo, en C) del 5 de julio de 2007, b) Estadística anual de altura significativa de olas (mayores a 1m y mayores a 2 m) para el periodo julio 2006 a junio 2007.

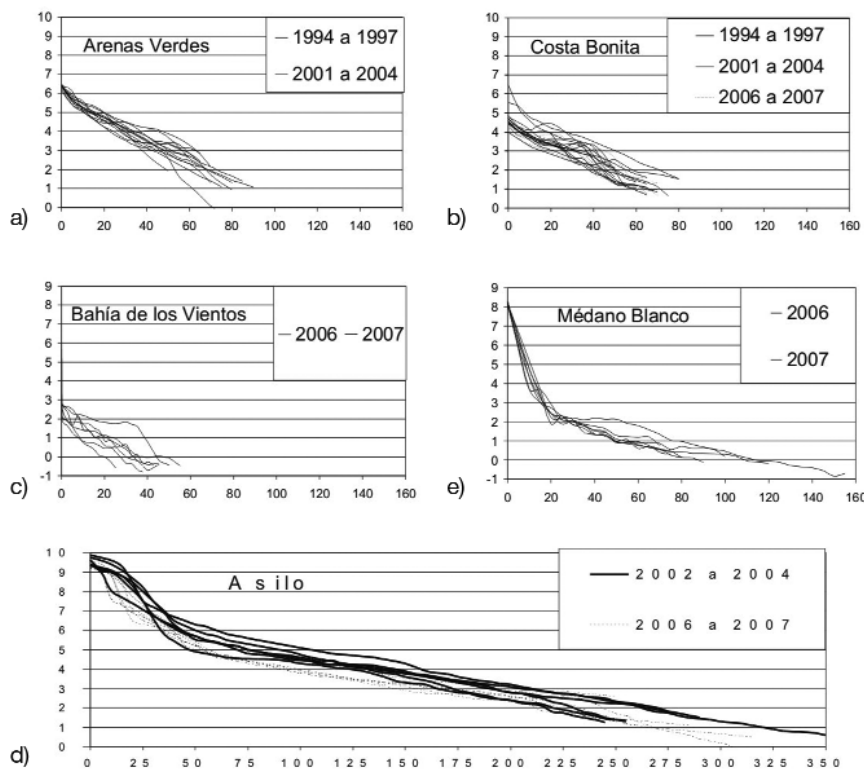


**Figura 5:** Mapas de refracción para olas provenientes del SO, S, SE y E para olas de 12 segundos.

la frontal.  
*Bahía de los Vientos* (Calle 55; 38°34'14, 3"S; 58°40'07,8"O): Esta angosta playa posee en sus cabeceras acantilados de hasta 5 m cubiertos por una angosta hilera de médanos litorales en proceso de degradación. El berma fue aumentando su cota

desde el primer relevamiento (2006) adquiriendo la playa características más reflectivas. Los mayores cambios morfológicos estuvieron a los 10 m del comienzo del perfil. El ancho de la playa promedio se mantuvo constante (30 m). Esta playa ha tenido importantes variaciones de vo-

lumen en el 2006, con acumulaciones de unos 5000 m<sup>3</sup> durante el primer semestre, a una erosión de una cantidad aproximada en el segundo semestre (Cuadro 1). Las modificaciones de volúmenes de arena de esta angosta playa ocurren a expensas de aumentos y descensos del nivel to-



**Figura 6:** Variaciones morfológicas de las playas según diferentes períodos de medición. a) Arenas Verdes, b) Costa Bonita (Balneario Las Dunas), c) Bahía de los Vientos, d) Necochea (calle 75) y e) Balneario Médano Blanco.

pográfico del berma (Fig. 6 c), ya que no se han registrado variaciones sustanciales en la línea de ribera. Es evidente el importante cambio en su perfil luego del temporal del 25 de junio del 2006, donde se formó una escarpa de erosión que aumentó la pendiente de la playa frontal de 5 a 14%.

*Necochea* (calle 75; 38°34'54,9"S; 58°43'22,8"O): Esta playa es la más extensa del partido de Necochea. Presenta médanos litorales, muchos de ellos fijados por acumulaciones de tosca y vegetación, principalmente en los sectores utilizados para estacionamiento y construcciones balnearias, donde ocurrieron los mayores cambios morfológicos. La playa presentó una marcada variabilidad en su extensión (Fig. 6 d), con volúmenes transportados que exceden los 2.000 m<sup>3</sup> de arena. Desde 2002 hasta el 2004 hubo acumulación; posteriormente la tendencia fue erosiva (Cuadro 1). De todos modos la playa distal y la frontal no tienen modificaciones

sustanciales ya que hay un sostenido y lento aumento del área de berma. Los cambios más drásticos se han dado cerca del médano, espaldón y pié de médano ya que a pocos metros del perfil hay un desagüe pluvial y una bajada de vehículos a la playa. Las pendientes son las menores de las playas medidas y no han sufrido cambios mayores desde el inicio de los relevamientos sistemáticos.

*Balneario Médano Blanco* (Calle Pino del Japón; 38°35'55,4"S; 58°46'57,0"O): Esta playa posee acantilados de hasta 8 m cubiertos por médanos litorales colgados poco antropizados y en algunos sitios aflora una plataforma de abrasión de limos entoscados. Los mayores cambios morfológicos se dieron entre los 20 y 40 m. La playa presentó muy poca variabilidad en el período monitoreado (2006-2007; Fig. 6 e), con desvíos que no superaron los 3.500 m<sup>3</sup> de arena transportada durante los relevamientos. De febrero a julio de 2006 hubo una leve acumulación

en toda la playa, con un posterior período erosivo que llevó al perfil a su estado anterior. De todos modos el balance es positivo, con 2.900 m<sup>3</sup> de arena acumulada. Las pendientes y la línea de ribera se han mantenido constantes.

### Evaluación regional

Las anchas playas al oeste del estuario de unos 150 m se hacen angostas deriva debajo de la trampa de arena inducida por las escolleras; la playa de Bahía de los Vientos es significativamente angosta (sólo 40 m de ancho) y la de Costa Bonita algo más ancha (60 m; Fig. 6). En general hay poca variabilidad en la longitud de los perfiles de estas playas. La playa de Arenas Verdes tuvo una erosión sostenida durante este período (14.746 m<sup>3</sup>) con mayor pérdida hacia los perfiles del este, disminuyendo hacia el oeste. Las mayores variaciones en los balances se dieron en Costa Bonita. En ambas playas hubo ciclos estacionales de erosión y acumulación. En relación con las pendientes, se aprecia un aumento de su valor de este a oeste. Con relación a la pendiente de la playa frontal, se ha incrementado a través del tiempo y todas las playas han tenido importantes variaciones. Estas variaciones morfológicas drásticas, como las documentadas en Costa Bonita, surgen de decisiones administrativas que muchas veces no tienen explicaciones que se compadezcan con la dinámica litoral. La angosta playa relevada en Bahía de los Vientos tuvo cambios muy significativos en su morfología como en su pendiente. La playa más estable resultó ser la del Asilo de Necochea (calle 75); sus cambios son debidos principalmente a acciones antrópicas: estacionamientos y pluviales cambian el perfil del médano. Durante los 19 meses en que fue monitoreada, la playa de Médano Blanco resultó muy estable.

### Mapeo y muestreo de la playa infralitoral

Los registros de sonar indicaron la presencia de un fondo de arena fina con sal-

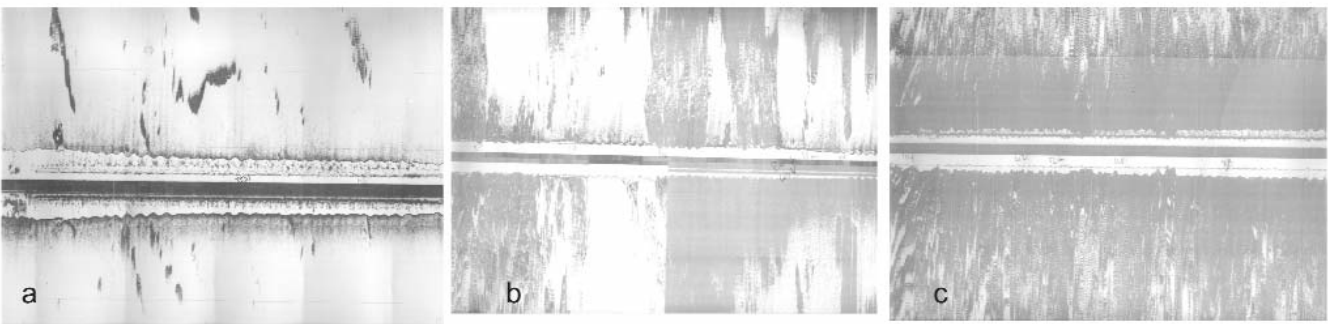
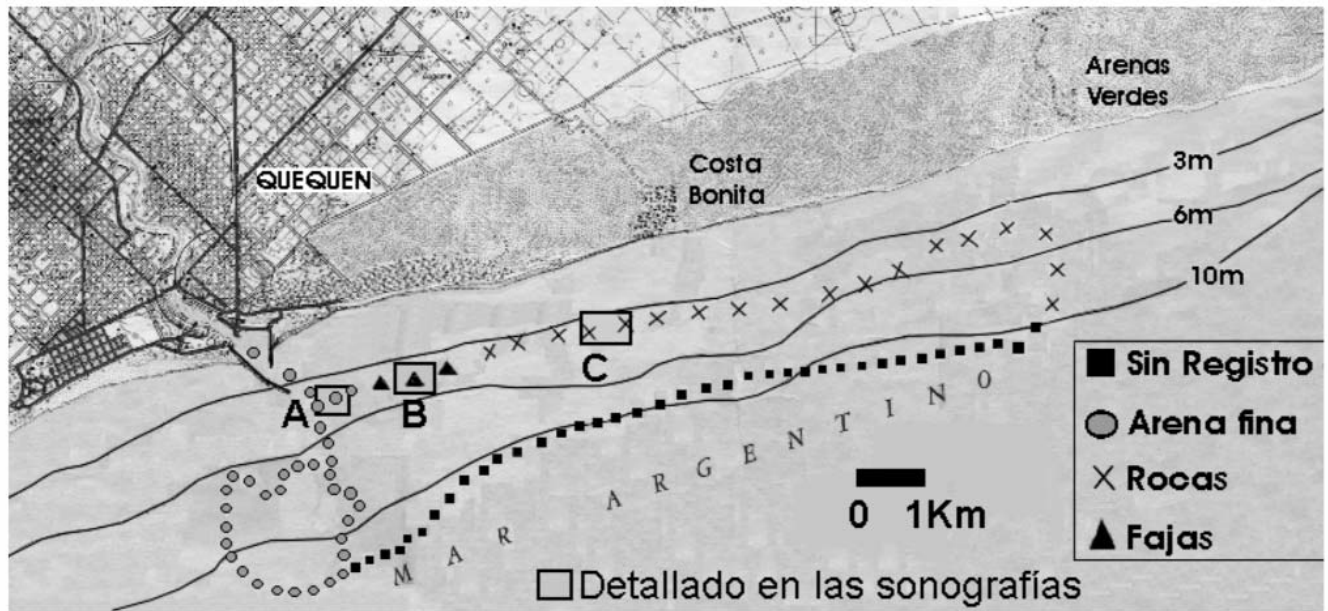


Figura 7: Distribución de las formas de fondo de acuerdo a los sonogramas registrados. a) Frente al puerto. b) Quequén, c) Costa Bonita.

tuarios afloramientos rocosos en las cercanías del acceso al puerto (Fig. 7 a). Las ondas de arena fina tenían 1 m con saltauarios afloramientos rocosos. Algo más al este, frente a Quequén, se ubicaron fajas de arena (*sand ribbons*) anchos que se hacen más angostos a medida que disminuye la disponibilidad de arena (Fig. 7 b). Estas fajas de arena, a mayor profundidad, se intercalan con fondos rocosos de topografía irregular, y con fajas de material más grueso (arena gruesa y conchillas) conformando óndulas. Aún más hacia el este, frente a Costa Bonita y Arenas Verdes, el fondo es rocoso con desniveles de hasta 3 m, con fajas de arena gruesa y con óndulas sobreimpuestas (Fig. 7 c). La muestra de fondo obtenida frente a Bahía de los Vientos resultó una arena fina (2,62 unidades phi) de moderada selección. La arena muestreada en las cer-

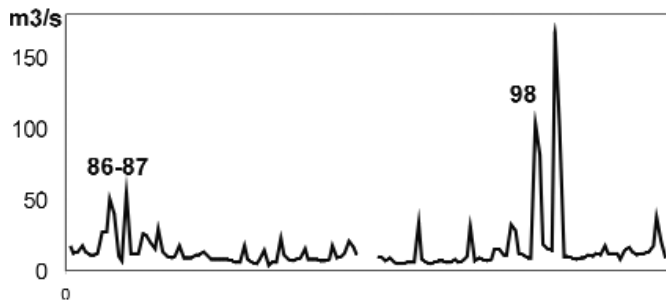
cañas de las escolleras también fue arena fina (2,57 unidades phi) de buena selección. En el sector del antepuerto donde se produjo un volcado de trigo (entrada al puerto Quequén) durante los primeros meses de 2006, la arena muestreada fue un poco más fina (2,92 unidades phi) de moderada selección. No se observó acumulación de trigo alguna a pesar de que estos depósitos son comunes en el interior del puerto. No obstante los muestreos y mapeos aquí consignados, no debe dejarse de tener en cuenta la sedimentación inducida por las grandes crecidas del río Quequén Grande. Durante relevamientos ejecutados en ocasión de las crecidas de abril de 2007 se pudo corroborar la depositación de fango en sectores internos del estuario. Estas crecidas, de todos modos, no han tenido la excepcionalidad de las regis-

tradas en los años 1986-1987 y en 1998 (Fig. 8) que indujeron la caída de un puente muy importante. En este sentido, el estuario del Quequén Grande está dominado por las crecidas coincidentes con estos eventos ENSO (*El Niño-Southern Oscillation*).

### DISCUSIÓN

De acuerdo a los modelos morfodinámicos propuestos (Short 1992), las playas de Necochea se ajustan a perfiles reflectivos del regimen micromareal con dominio de tormentas, y por lo tanto similares a las de Holanda aunque sin la abundancia de arena que permita barras múltiples. Una de las características de esta costa es la presencia de acantilados por debajo de acumulaciones eólicas (*cliff top dunes*) que pueden descubrirse durante el invierno y





**Figura 8:** Caudales medios mensuales ( $\text{m}^3/\text{s}$ ) del río Quequén Grande (registros interrumpidos entre 1992 y 1995) donde se resaltan las crecidas de 1986-1987 y 1998 (gentileza Daniel Martínez).



a)



b)

**Figura 9:** Quequén (Este) y Bahía de los vientos en 1970 (fotografía) y 2004 (imagen Aster); a) Durante 1970 rampas de flujo eran operativas en el límite de ambas localidades al tiempo que Bahía de los Vientos mantenía angostas acumulaciones de playa. Se explotaban arenas de los médanos más alejados de la costa (tope de la figura); b) En el año 2004, las rampas se han desactivado, los médanos han sido fijados (colonizados por gramíneas o forestados) y la erosión se ha acentuado al este de Bahía de los Vientos.

con rampas de dunas que trepan estos acantilados cuando la arena se hace más abundante (Isla *et al.* 1996, Marcomini *et al.* 2007). Durante años, hubo extracción de arena de estos médanos emplazados sobre acantilados (véase fig. 9 a). Si bien estas dunas rampantes sobre acantilados fueron descritas y mapeadas en 1993 en el sector del Parque Lillo (Isla *et al.* 1993), también pueden reconocerse en fotografías aéreas de 1970 entre los loteos de Quequén y Bahía de los Vientos (Fig. 9). La fijación natural y artificial (forestación) de estos médanos ha disminuido la disponibilidad de arena transportada como médanos parabólicos y por lo tanto ha disminuido las fuentes de aprovisionamiento de algunas playas (Fig. 9), como se ha estimado también en los partidos vecinos de San Cayetano y Tres Arroyos (Cortizo e Isla 2007).

Originalmente, los estuarios se discriminan según estén dominados por olas o por mareas. El estuario del río Quequén Grande ha sido definido como un estuario micromareal, emplazado en una planicie costera, parcialmente mezclada con circulación según dos capas bien definidas y con condiciones reductoras en el fondo (Perillo *et al.* 2005). Para la costa de Sudáfrica Cooper (1993) introdujo el concepto de estuarios "dominados por el río" donde las crecidas anuales controlan la morfología y distribución de sedimento en el estuario. El río Quequén Grande puede ser significativamente afectado por crecidas, pero estas crecidas de envergadura no ocurren anualmente sino que lo hacen durante años ENSO. El estuario ha sido fuertemente impactado durante las crecidas de 1986-87 y 1998 (Fig. 8). Esto ha sido registrado dentro del puerto de Quequén por acumulaciones de limo que ahogan las comunidades infaunales (Godoy Montes en preparación) que vuelven a recuperarse cuando se restablecen las condiciones mareales. Es decir que, si bien el río al recorrer la planicie de limo es deficiente en sedimento como carga de fondo (Teruggi *et al.* 2005), las crecidas excepcionales originan un significativo transporte de sedimento en sus-

pensión hacia el estuario. Además, estos aportes episódicos de limos pueden explicar su acumulación junto a afloramientos rocosos en la plataforma menos profunda entre Necochea y Claromecó (Mouzo *et al.* 1974). Condiciones similares se han muestreado en las zonas estauriales de la Laguna dos Patos, una laguna costera dominada por eventos ENSO, donde los sedimentos fangosos dominan y escasean las arenas de origen marino (Antiqueira y Calliari 2005).

## CONCLUSIONES

- De la refracción de olas ejecutada en el sector, la mayor concentración de energía de olas de largo período no se dan en Necochea, sino en el litoral de Mar del Plata y Miramar principalmente para las olas provenientes del S, SE y E. Las olas mayores ocurrieron entre mayo y setiembre.
- Las playas ya tenían balance erosivo durante los años 90, pero ha aumentado en los últimos años. La mayor variabilidad de volúmenes se registró en las playas del este (Arenas Verdes y Costa Bonita) disminuyendo hacia el oeste. Estos perfiles de playa que se replantean desde hace más de 14 años, servirán para discriminar con cierta precisión los impactos atribuibles a causas naturales de las originadas por la prolongación de la escollera de puerto.
- Bahía de los Vientos es el sector de erosión más crítico donde la playa es más angosta y con gran variabilidad de formas y pendientes.
- La disponibilidad de arena en la playa sumergida entre Arenas Verdes y Bahía de los Vientos es escasa. Por el contrario, abunda arena fina hacia el oeste del estuario.
- Los efectos inducidos por el río Quequén Grande no son significativos en condiciones normales pero pueden darse aportes muy significativos de limo durante crecidas excepcionales.

## AGRADECIMIENTOS

Los trabajos han sido financiados a tra-

vés del convenio oportunamente suscripto entre la Municipalidad de Necochea y la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Mar del Plata, y un PIP CONICET otorgado al Dr. D. Martínez. La Prefectura de Necochea (Guardacostas Río Pilcomayo; Cap. G. Vallejos) una vez más brindó su apoyo para desarrollar mapeos y muestreos de la playa infralitoral. Las muestras de sedimento fueron analizadas por S. Serra. Los doctores Codignotto y Marcomini enriquecieron el manuscrito original con sus comentarios.

## TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Antiqueira, J.A.F. y Calliari, L.J. 2005. Características sedimentares da desembocadura de la Laguna dos Patos. *Gravel* 3: 39-46.

Bértola, G. 2006. Morfodinámica de playas del sudeste de la Provincia de Buenos Aires (1983-2004). *Latin American Journal of Sedimentology and Basin Analysis* 13(1): 65-87.

Boltovskoy, E. y Boltovskoy, A. 1968. Foraminíferos y tecamebas de la parte inferior del río Quequén Grande, Provincia de Buenos Aires. *Revista Museo de Ciencias Naturales, Hidrobiología* 2(4): 127-164.

Cardiel, J. 1748. Diario del viaje y misión al Río de los Sauces. En Vignati, M.A., 1956. Viajeros, obras y documentos para el estudio del hombre americano. Casa Coni, 172 p., Buenos Aires.

Codignotto, J.O. y Kokot, R.R. 2005. Geomorfología del sector litoral de la Provincia de Buenos Aires. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 643-650.

Cooper, J.A.G. 1993. Sedimentation in a river dominated estuary. *Sedimentology* 40: 979-1017.

Cortizo, L.C. e Isla, F.I. 2000. Land-cover change and cliff retreat along the coasts of Necochea and Lobería, Argentina. *Memorias, 9° Simposio Latinoamericano de Teledetección*, Universidad Nacional de Luján-SELPER, 525-533, Cataratas del Iguazú.

Cortizo, L.C. e Isla, F.I. 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.

De Francesco, C.G. e Isla, F.I. 2003. Distribution and abundance of hydrobiid snails in a mixed estuary and a coastal lagoon, Argentina. *Estuarine Research Federation, Estuaries* 26(3): 790-797.

Doorn, J.H., Waischenker, R.S. y Trstán, P.M. 2005. Análisis de la erosión costera de Necochea-Quequén. Informe técnico, Convenio Municipalidad de Necochea-Universidad Nacional del Centro-Comisión de Investigaciones Científicas, 25 p., Tandil.

Elliott, A. 1990. Wave refraction in shallow water. *Coastal and Estuarine Studies UCES*, Rept. U90/7, University College of North Wales, Marine Sciences Lab, 40 p. Gwynedd.

Framiñan, M. 1990. Transporte de sedimentos en Pinamar, Provincia de Buenos Aires. 2° Jornadas de Oceanografía Física y 16° Reunión de Geofísicos y Geodestas 15 p., Bahía Blanca.

Franzius Institut fur Grund und Wasserbau der Technische Hochschule Hannover 1963. Puerto Quequén. Informe final, 4 tomos, Licitación pública 6322, Administración Nacional de Puertos, Buenos Aires.

Godoy, C.E. 2008. La macroinfauna submareal de fondos blandos del estuario del río de Quequén Grande, Argentina. Tesis de Grado, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, inédita, 18 p., Mar del Plata.

Isla, F.I., Teruggi, L.B. y Farenga, M.O. 1993. Evaluación de los médanos vecinos al Parque Lillo y de las arenas de Bahía de los Vientos, Partido de Necochea. Informe inédito Municipalidad de Necochea, 8 p.

Isla, F.I., Cortizo, L.C. y Schnack, E.J. 1996. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the Southern Barrier of Buenos Aires. *Quaternary Science Reviews* 15(8-9): 833-841.

Isla, F.I., Farenga, M.O., Cortizo, L.C., Bértola, G.R. y Serra, S.B. 1997. Dinámica morfosedimentaria de playas de arena y grava: Mar del Sur, Arenas Verdes y Costa Bonita. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología* 4(1): 15-24.

López Gappa J.J., Tablado A. y Magaldi N.H. 1990. Influence of sewage pollution on a rocky intertidal community dominated by the Mytilid. *Marine Ecology Progress series* 63: 163-175.

Marcomini, S. C. y López, R. A., 2005. Morfodinámica costera entre Punta Florida y Costa Bonita, Provincia de Buenos Aires. 16° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 553-558.

Marcomini, S.C., López, R.A. y Spinoglio, A.

2007. Uso de la morfología costera como geoindicador de la susceptibilidad a la erosión en costas cohesivas, Necochea, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 62(3): 396-404.
- Mouzo, F.H., Garza, M.L., Izquierdo, J.F. y Zibecchi, R.O. 1974. Contribución al conocimiento del substrato en un sector de la Plataforma Continental Argentina entre Mar del Plata y Bahía Blanca. *Contribución Científica* 12, IADO, 19 p., Bahía Blanca.
- Muller, S.M. 1980. Análisis de Puerto Quequén. Municipalidad de Necochea, octubre 1980, 39 p. Necochea.
- Perillo, G.M.E., Pérez, D.E., Piccolo, C.M., Palma, E.D., Cuadrado, D.G. 2005. Geomorphologic and physical characteristics of a human impacted estuary: Quequén Grande River Estuary, Argentina. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 62: 301-312.
- Polizzi P.S. 2006. Calidad bacteriológica de aguas recreacionales. Quequén. Provincia de Buenos Aires. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata, inédita, 41 p., Mar del Plata.
- Short, A.D. 1992. Beach systems of the central Netherlands coast: processes, morphology and structural impacts in a storm driven multi-bar system. *Marine Geology* 107: 103-137.
- Spalletti, L. y Mazzoni, M. 1979. Caracteres granulométricos de arenas de playa frontal, playa distal y médano del litoral bonaerense. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 34(1): 12-30.
- Teruggi, L.B., Martínez, G.A., Billi, P. y Preciso, E. 2005. Geomorphic units and sediment transport in a very low relief basin: Río Quequén Grande, Argentina. En *Geomorphologic processes and human impacts in river basins. Proceedings International Conference, IAHS Publication 299*: 154-160.
- Teruggi, M. 1959. Las arenas de la costa de la Provincia de Buenos Aires entre Cabo San Andrés y Bahía Blanca. *Revista del LEMIT* 2(77): 1-37.
- Wright, R. 1971. Miliolidae (foraminíferos) recientes del estuario del río Quequén Grande (Provincia de Buenos Aires). *Revista Museo de Ciencias Naturales, Hidrobiología* 2(7): 225-237.

Recibido: 21 de noviembre, 2008

Aceptado: 22 de septiembre, 2009