

## ***Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo San Jorge, Chubut***

Federico I. ISLA<sup>1</sup>, Nerina IANTANOS<sup>2</sup> y Enrique ESTRADA<sup>2</sup>

1. Centro de Geología de Costas (CONICET-UNMDP), c.c. 722, 7600 Mar del Plata, E-mail: fisla@mdp.edu.ar
2. Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco, Km 4, Comodoro Rivadavia.

**Resumen.** El Golfo San Jorge tiene una forma semicircular abierta a las olas del Atlántico, con diferencias en la orientación de sus playas y por lo tanto en el efecto de los vientos dominantes del oeste. Su régimen macromareal semidiurno lo hace ideal para analizar modelos morfodinámicos de playas. La costa es de acantilados de variada altitud conformados en sedimentitas marinas del Terciario superior (Formación Patagonia) y playas fósiles cuaternarias. En una rápida descripción morfológica de las playas del golfo, se pueden distinguir de grava y arena, de considerable pendiente en los sectores intermareales más altos (10%), y playas de muy baja pendiente (1,5%) compuestas casi exclusivamente por arena fina. En el presente trabajo se caracterizaron morfológica y granulométricamente las playas de Caleta Córdova (CC) y de El Límite Chubut - Santa Cruz (Ch-SC) como representantes de los extremos reflectivo y disipativo, respectivamente. Las diferencias reconocidas no obedecen a cuestiones dinámicas sino principalmente a factores heredados (morfolología y disponibilidad de aportes). La playa de CC es originada por la erosión de acantilados. La playa Ch-SC está en una zona baja y es mantenida por aportes eólicos del oeste (*blowouts*) y por el reciclado de acumulaciones medianosas de arena fina. Debido a que ambas playas poseen normalmente rompientes de ola de sólo 0,2 m durante la bajamar, se concluye que las diferencias morfodinámicas obedecen exclusivamente a la disponibilidad de sedimento (tamaño de grano y volumen) que es distribuido en el perfil de la playa. Se destaca en estas playas de arena fina (playas de La Herradura y Alsina) la necesidad de mantener sus aportes sedimentarios del oeste de modo de no inducir balances erosivos involuntarios.

**Palabras clave:** Playas, Morfodinámica, Golfo San Jorge.

**Keywords:** Beaches, Morphodynamics, Golfo San Jorge.

### **EXTENDED ABSTRACT**

*Reflective and dissipative macrotidal beaches of San Jorge Gulf, Chubut.*

The morphodynamics of macrotidal beaches is not well known. The tide controls the action of waves, and the swash, backwash and surf are very important processes only at shallow water. Bedforms occur in relation to these shallow-water processes and to grain-size variations.

The San Jorge Gulf has a semicircular shape open to waves entering from the Atlantic, with differences in beach orientations and therefore in the significant effects of the dominant westerly winds. The macrotidal semidiurnal regime makes it ideal to test models about beach morphodynamics. The coast is constituted by cliffs carved into Upper Tertiary marine sediments (Patagonia Formation)

and gravel beach-ridge systems belonging to Quaternary highstands. Open-coast beaches (Camarones, Cabo Blanco) are composed of gravel, while towards the headlands of the gulf there are beaches composed dominantly by sand. Pocket beaches along the coastline between Rada Tilly and Playa Alsina are characterised by an eolian supply of fine sand. In regard to the morphology of these beaches, it should be distinguished between beaches composed of gravel and sand with steep intertidal slopes (>10%), and sandy beaches of very gentle slopes (<2%). Both extremes, reflective and dissipative beaches, were characterised in morphology and grain-size distribution, and were considered represented by Caleta Córdova (CC, Chubut) and El Límite (EL, Chubut-Santa Cruz), respectively. The differences do not obey directly to dynamic causes, but to inherited factors: bathymetry (that induce wave-refraction patterns and sediment sources). The

CC beach originated by the erosion of cliffs. The EL beach is on a low-lying coast, supported by aeolian sources from the west, and the recycling of fine sand foredunes. As both beaches have wave heights at breakers of only 0,2 m during low tide, it is here concluded that their morphodynamics differ exclusively by the sediment availability (grain size and volume) that control the spatial and temporal distribution of wave energy along the beach profile, and the

refraction pattern of waves coming from the Atlantic. Waves incoming from the ENE, E and ESE concentrate at the southwestern coast of the gulf due to a submerged platform located at its southeastern portion. Only waves from the SE converge at the northern coast of the gulf. It is stressed here that at the fine-sand beaches (El Límite, Herradura, Alsina) sediment input rates should be preserved in order to avoid negative budgets.

## INTRODUCCIÓN

Las playas oceánicas han sido clasificadas en reflectivas, intermedias y disipativas en función de la altura (Hb) y período (T) de las olas al momento de la rompiente y la granulometría a través de la velocidad de decantación de los clastos (Ws, Short, 1979, 1991). Este modelo formulado para playas micromareales fue extrapolado para regímenes meso y macromareales de granulometría unimodal e incorporando el efecto del rango de mareas en función de la altura de ola de rompiente (Wright *et al.*, 1982; Masselink y Short, 1993; Masselink y Hegge, 1995). Los modelos resultantes no pueden ser aplicados a playas macromareales bimodales (arena y grava) donde los fenómenos de segregación de granulometrías inducen un comportamiento reflectivo en pleamar y disipativo en bajamar (Isla y Bujalesky, 1995, 2000).

Algunas playas del oeste del Golfo San Jorge son macromareales y compuestas esencialmente por arena. Dada su configuración semicircular en el Golfo San Jorge se pueden analizar playas con diferente orientación, desde las que se ubican hacia el sur, hacia el este y hacia el norte (Fig. 1). En general, las playas externas al golfo como en Camarones (Isla, 1992) o en el Cabo Blanco (y hasta Puerto Deseado, datos sin publicar) son de alta pendiente y compuestas exclusivamente de grava. A pesar de tener regímenes de marea y olas medias esencialmente similares, las playas ubicadas inmediatamente al norte de Comodoro Rivadavia son reflectivas ubicándose al pie de acantilados, mientras que las del sur tienen rasgos disipativos ubicándose entre salientes rocosas (playas de bolsillo). Estas últimas, como por ejemplo la playa de Rada Tilly, sufren fenómenos erosivos inducidos por tormentas y por la falta de previsión en la ocupación de la costa (Codignotto y del Valle, 1995). Desde Caleta del Fondo hacia el sur existen playas de alta pendiente, muy expuestas y con amplias restingas (Schnack *et al.*, 1996).

En el presente trabajo se comparan las condi-

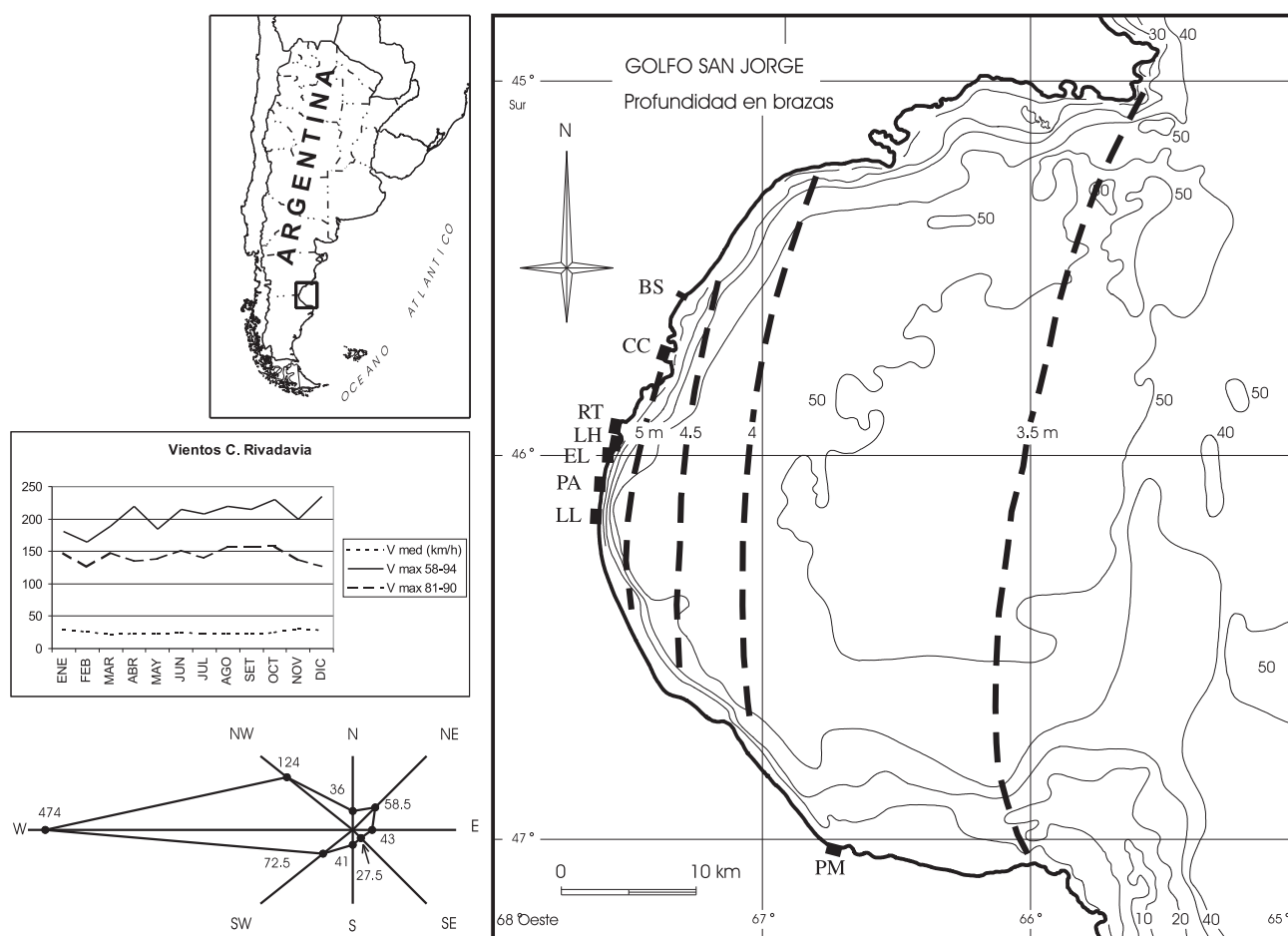
ciones morfodinámicas de dos playas: Caleta Córdova (45° 43' 30"S, 67° 22' 20"W) como ejemplo de las playas reflectivas al norte de Comodoro Rivadavia, y la playa de El Límite (Chubut - Santa Cruz; 46° 00' S, 67° 35' 25"W) como ejemplo de las playas disipativas al sur de la mencionada ciudad (Fig. 1). En esta comparación se han analizado también efectos morfológicos heredados que condicionan los efectos de las olas y la disponibilidad de aportes sedimentarios. En la discusión hemos considerado la variabilidad estacional de perfiles de playa ejecutados en la playa de Rada Tilly entre 1995 y 1996 que permanecían inéditos y de otras playas de la región.

## CLIMA, GEOLOGÍA Y GEOMORFOLOGÍA

El Golfo San Jorge posee un clima árido a semiárido con precipitaciones anuales de escasos 244 mm (estadísticas entre 1941 y 1990), que se habrían duplicado entre 1961 y 1980 y disminuido en la década 1981-1990 (Kokot *et al.* 1996). Otoño e invierno son las estaciones más lluviosas. La temperatura media anual es de 12,7 °C. Los vientos promedio superan los 20 km/h siendo más fuertes durante el fin de la primavera y principios del verano (noviembre a enero). Los vientos predominantes son del oeste (43%) con velocidades medias de 41 km/h, y ráfagas que superan fácilmente los 100 km/h. Durante el lapso 1958-1994 estas velocidades superaron los 200 km/h (del O y ONO) siendo más importantes estas ráfagas durante la primavera. Entre 1981 y 1990 estos efectos máximos promedio se redujeron significativamente por debajo de los 150 km/h (Fig. 1), demostrando los efectos del desarrollo urbano-canópeo en la estación Comodoro Rivadavia. De los vientos provenientes de cuadrantes dominados por el mar se destacan los del NE (5,6%) que soplan con una velocidad promedio de 22 km/h (Schnack *et al.*, 1996).

Las mareas semidiurnas en el Puerto de Comodoro Rivadavia son macromareales con rangos de

## Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo de San Jorge



**Figura 1.** Ubicación de las playas y batimetría del Golfo San Jorge (en brazas). Los vientos son dominantes del oeste y más fuertes durante la primavera (estación Comodoro Rivadavia). En los últimos años se ha notado una disminución en las velocidades máximas. En la rosa de vientos se consigna la frecuencia de vientos de cada cuadrante en 1000 observaciones. BS: Bahía Solano, CC: Caleta Córdova, RT: Rada Tilly, EL: El Límite, PA: Playa Alsina, LL: La Lobería y PM: Puerto Mazarredo.

**Figure 1.** Location of beaches and bathymetry of the San Jorge Gulf (in fathoms). Winds are dominant from the west, and stronger during the Spring (Comodoro Rivadavia meteorologica station). In the last years, maximum wind velocities reduced. The inset express the frequency of each wind direction in 1000 data. BS: Bahía Solano, CC: Caleta Córdova, RT: Rada Tilly, EL: El Límite, PA: Playa Alsina, LL: La Lobería and PM: Puerto Mazarredo.

sicigias medias de 4,94 m y de cuadraturas de 3,30 m (datos del Servicio de Hidrografía Naval, 2000). Los acantilados están conformados por bancos subhorizontales de arcillas verdes, areniscas amarillentas, cineritas arcillosas y bancos fosilíferos con *Ostreas*. Todos estos niveles componen el Complejo Patagoniano (Feruglio 1950), reconociendo tanto los niveles inferiores (Juliense o Formación San Julián), o los niveles superiores (Patagoniense, Formación Patagonia o Formación Chenque, Bellosi, 1990).

Las variaciones del nivel del mar durante el Cuaternario afectaron esta costa dejando sistemas

de cordones de playas (Codignotto *et al.*, 1988) durante los interglaciales correspondientes a los estadios isotópicos del oxígeno 1, 5 y 7 (Schellmann, 1998).

La configuración costera reconoce cabos y bahías condicionados por fallas de rumbo O-E y diferente magnitud de rechazo (Feruglio, 1950).

## MÉTODOS

Se realizaron perfiles de playa con teodolito. Al mismo tiempo se tomaron muestras de sedimen-

tos de playa. Los sitios de inicio de los perfiles fueron posicionados con GPS Garmin (Fig. 1). Las playas relevadas y muestreadas se han consignado de norte a sur en la Tabla 1.

En laboratorio las muestras fueron tamizadas con un intervalo de 0,5 unidades phi. Los parámetros estadísticos fueron obtenidos por los métodos gráficos sugeridos por Folk y Ward (1957).

Con el objeto de analizar el comportamiento de las dos playas sujetas a estudio, se realizaron simulaciones de refracción de olas. Se utilizaron algoritmos basados en el método de Newton y la ley de Snell (Elliott, 1990). Se utilizó una grilla x, y de 79 x 73, donde cada punto equivale a 2' x 2' de la carta 59 del Golfo San Jorge (Servicio de Hidrografía Naval) con profundidades expresadas en brazas. Las ortogonales (filetes de flujo o dirección de propagación) se simularon con un período de ola de 10 seg desde los cuadrantes ENE, E, ESE y SE.

## RESULTADOS

### Morfología y sedimentología de playas

Las playas del Golfo San Jorge presentan características particulares en cuanto a la disponibilidad de sedimento. Se han reconocido playas compuestas casi exclusivamente por grava (Bahía Solano), otras están compuestas exclusivamente por arena (El Límite, Alsina, La Herradura, Rada Tilly), y otras por arena y grava (Caleta Córdova, La Lobería,

Mazarredo). Las playas de arena fina tienen anchos de más de 300 m y pendientes intermareales entre 1 y 2%. En cambio, las playas de grava y arena no exceden los 60 m en su sector intermareal y sus pendientes superan el 10% (Tabla 1).

En este contexto hemos preferido analizar los extremos reflectivo (Caleta Córdova) y disipativo (El Límite) que se encuentran bastante próximos, en las cabeceras (extremo oeste) del golfo. Ambas playas fueron relevadas el 9 de diciembre de 1999. La playa de Caleta Córdova tenía un largo de 60 m (medidos en la escala horizontal) y una pendiente de 10%. El inicio del perfil se ubicó al pie de un acantilado de 2 m. La altura de olas durante esa bajamar era de 0,20 m. El perfil de playa se realizó en un sector no afectado por la escollera de la Punta Alta. Mientras que el berma estaba compuesto exclusivamente por gravas, en la pendiente intermareal se muestreó una arena muy gruesa sabulítica. Al pie de la playa intermareal dominaban las gravas sabulíticas (Fig. 2).

En la playa sumergida de Caleta Córdova se obtuvieron *vibracorings* hasta los 36 m de profundidad (Schnack *et al.*, 1996). Arenas limosas grises con un espesor variable de 0,4-2,0 m se superponían sobre arcillas claras que se corresponden con los afloramientos de la Formación Patagonia, aflorantes en las plataformas de abrasión vecinas (Schnack *et al.*, 1996)

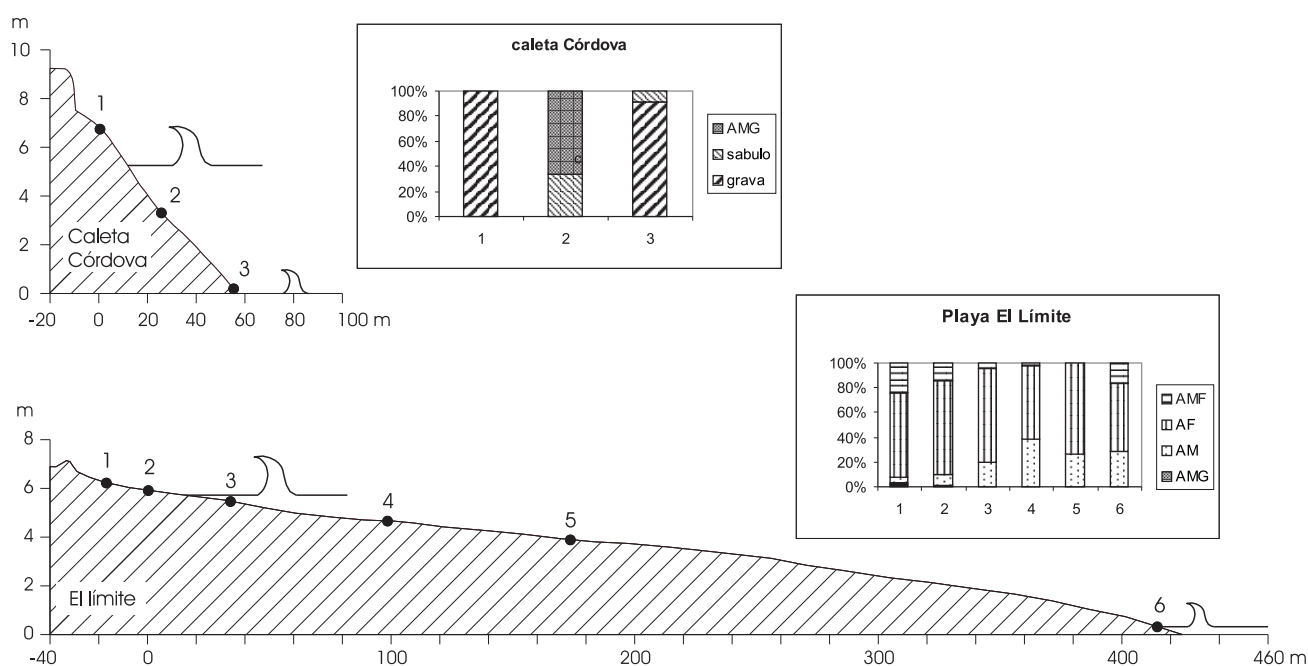
El perfil de la playa de El Límite se ejecutó en un sector próximo a la saliente sur (Punta Delgada). Este sector había sido afectado recientemente por

Playa	Latitud	Longitud	Ancho max. (m)	Pendiente Intermareal (%)	Granulometría Supra e intermareal
Bahía Solano	45° 38' 42" S	45° 38' 42" S	47	10,17	Grava y arena gruesa
Caleta Córdova	45° 43' 50" S	67° 22' 33" W	60	11,5	Grava y arena muy gruesa
Rada Tilly	45° 56' 30" S	67° 32' 40" W	280	1,07	Arena fina
La Herradura	45° 58' 50" S	67° 35' 07" W	420	1,42	Arena fina
El Límite	46° 00' 12" S	46° 00' 12" S	320	1,8	Arena fina
Playa Alsina	46° 03' 37" S	67° 37' 59" W	423	1,34	Arena fina
La Lobería	46° 06' 50" S	67° 37' 42" W	49	12,46	Grava y arena media
Pto. Mazarredo	47° 01' 46" S	66° 40' 13" W	41	13,37	Grava y arena gruesa

Tabla 1. Datos morfológicos y granulométricos de playas del Golfo San Jorge.

Table 1. Morphologic and grain-size data from beaches of the San Jorge Gulf.

## Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo de San Jorge



**Figura 2.** Perfiles de las playas de Caleta Córdova y El límite y porcentuales de las fracciones granulométricas a lo largo del perfil. AMG: arena muy gruesa, AM: arena media, AF: arena fina, AMF: arena muy fina.

**Figure 2.** Beach profiles of Caleta Córdova and El Límite, indicating the percentages of the grain-size fractions along the profile. AMG: very coarse sand, AM: medium sand, AF: fine sand, AMF: very fine sand.

un pequeño aluvión que había depositado un abanico de arena fina en los primeros 40 m del perfil. Hacia los sectores supramareales existían pequeñas dunas litorales (*foredunes*) de 1 m de altura. El sector de playa relevado tuvo una extensión de más de 400 m y una pendiente de 1,5%. Todo el perfil estaba dominado por arenas finas, con menor participación de arenas medias y muy finas. Las arenas medias eran más importantes en los sectores más bajos de la playa, mientras que las arenas muy finas dominaban en los sectores supramareales (abanico del zanjón formado recientemente) y submareales (muestra 6 de la Fig. 2). Durante los muestreos se comprobaron los efectos de los vientos del oeste en el aporte de arena fina, con acumulaciones transicionales en los médanos litorales (áreas de reserva y aporte directo a la playa). Las alturas de ola medidas en la bajamar fueron de 0,25 m.

### Refracción de olas

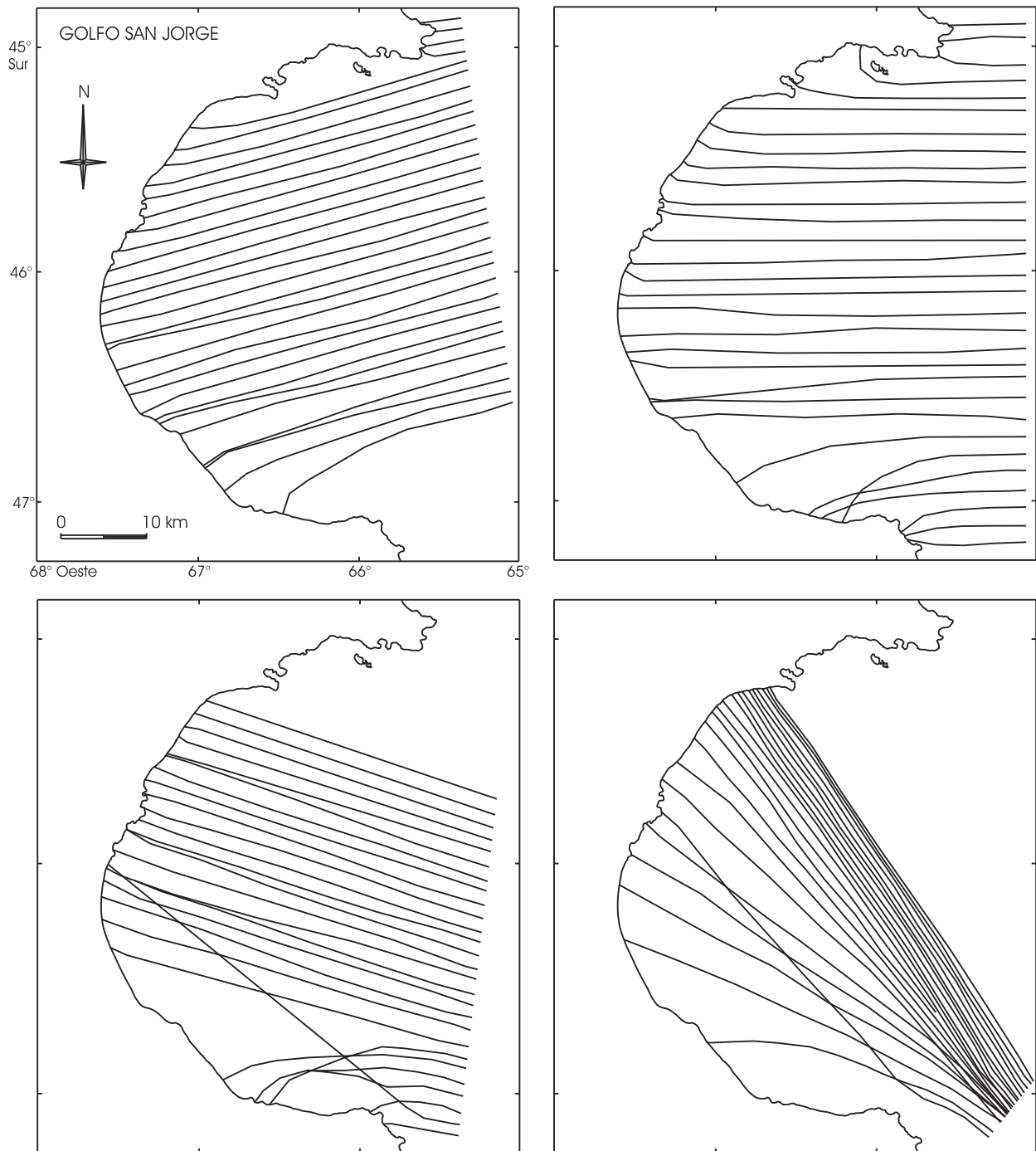
Las simulaciones de la refracción de las olas provenientes del ENE (Fig. 3a) no indican mayores efectos en las playas consideradas, pero evidencian convergencia de ortogonales en la costa SO

del golfo (Bahía Lángara). Las olas que penetran el golfo con rumbo E convergen en Bahía Lángara, Puerto Mazarredo, Cabo Blanco y Cabo Dos Bahías (Fig. 3b). Las olas del ESE convergen en Caleta Córdova, y en los cabos que protegen la playa de El Límite, Puerto Mazarredo y Cabo Blanco (Fig. 3c). Las olas del SE divergen en la costa sur del golfo y se concentran hacia el norte de Comodoro Rivadavia (Fig. 3d).

### Morfodinámica de playas

De acuerdo a la clasificación de Masselink y Short (1993), la playa de Caleta Córdova es reflectiva condicionada por su composición de arena muy gruesa y grava que le da una pendiente de 10%. Las playas al norte de Comodoro Rivadavia como las que se ubican al sur de Playa Alsina son reflectivas por una disponibilidad de gravas heredada del retrabajo de playas fósiles holocenas. Este retrabajo se manifiesta por acantilados compuestos por playas elevadas (La Lobería) o por el retrabajo de planicies de playas holocenas (Bahía Solano; Codignotto *et al.*, 1990).

En cambio las playas de bolsillo al sur de



**Figura 3.** Refracción de olas en el Golfo San Jorge. Las olas del ESE y SE se concentran en Caleta Córdova. Estas mismas direcciones originan divergencia de ortogonales en la playa de El Límite como consecuencia del banco ubicado al sur de la entrada al Golfo (ver mapa batimétrico de la Fig. 1). La resolución de la figura obedece a la matriz requerida y a la resolución de ploteo del programa MERWAVE.

**Figure 3.** Wave refraction within the San Jorge Gulf. Waves coming from the ESE and SE converge in Caleta Córdova. Same wave orthogonals diverge at El Límite beach due to the platform located at the south of the gulf's entrance (see the bathymetric map of Fig. 1). The spatial resolution of the figure depends on the size of the matrix and the output resolution of the program MERWAVE.

Comodoro Rivadavia (Rada Tilly, playas Herradura, El Límite, Alsina) reciben aportes de arena fina

del oeste que les permiten pendientes inferiores al 2%.



## DISCUSIÓN

La dinámica de las playas macromareales es poco conocida (Wright *et al.*, 1982; Carter, 1988). No obstante, algunas características son particulares;

a) la marea condiciona la acción de las olas, y por lo tanto demoraría el transporte de sedimento y de formas,

b) las olas se hacen más importantes durante la pleamar, y disminuyen en bajamar,

c) las corrientes de marea, excepto en algunos casos durante la bajamar, tienen más importancia que las corrientes litorales (Masselink y Hegge, 1995), y

d) los procesos de lavado y resaca (*surf*) son muy importantes a escasas profundidades, aunque normalmente no son tenidos en cuenta en los modelos que integran los efectos de macromareas (Voulgaris *et al.*, 1998).

Sin embargo, existen ejemplos donde esto no se cumple. Las playas mesomareales de alta pendiente (11%) del sur de Portugal no registran cambios significativos en la altura de la ola durante la variación de la marea (las olas responden a cambios en la energía de los vientos). En estas playas el transporte de sedimento es importante a pesar de la relativamente baja energía de las olas (0,34-0,37 m; Ciavola *et al.*, 1997).

En las playas macromareales de Cornwall, Inglaterra, las formas de pequeña escala son dominantes cuando no hay rompiente; en condiciones de rompiente dominan las formas de gran escala. Entonces los modelos predictivos de formas de fondo fallan al pronosticar las dimensiones de las óndulas, porque están influenciadas por el comportamiento azaroso de los grupos de olas (Osborne y Vincent, 1993).

La concentración de material en suspensión también pueden variar con la marea. En las playas macromareales de East Yorkshire, la mayor concentración de sedimento en suspensión ocurre durante las bajamares, aproximadamente dos horas luego de la pleamar (Davidson *et al.*, 1993).

Los perfiles de playa ejecutados en Rada Tilly (45° 56' S, 67° 29' W), Playa Herradura (45° 58' 50" S, 67° 35' 05" W) y Alsina (46° 03' 30" S, 67° 37' 59" W) no difieren mayormente en la morfodinámica de la de El Límite, superando los 300 m de extensión en la zona intermareal.

Los trece perfiles realizados entre 1995 y 1996 (los meses de abril, mayo, junio, julio, agosto, octubre y diciembre) en la playa de Rada Tilly no evi-

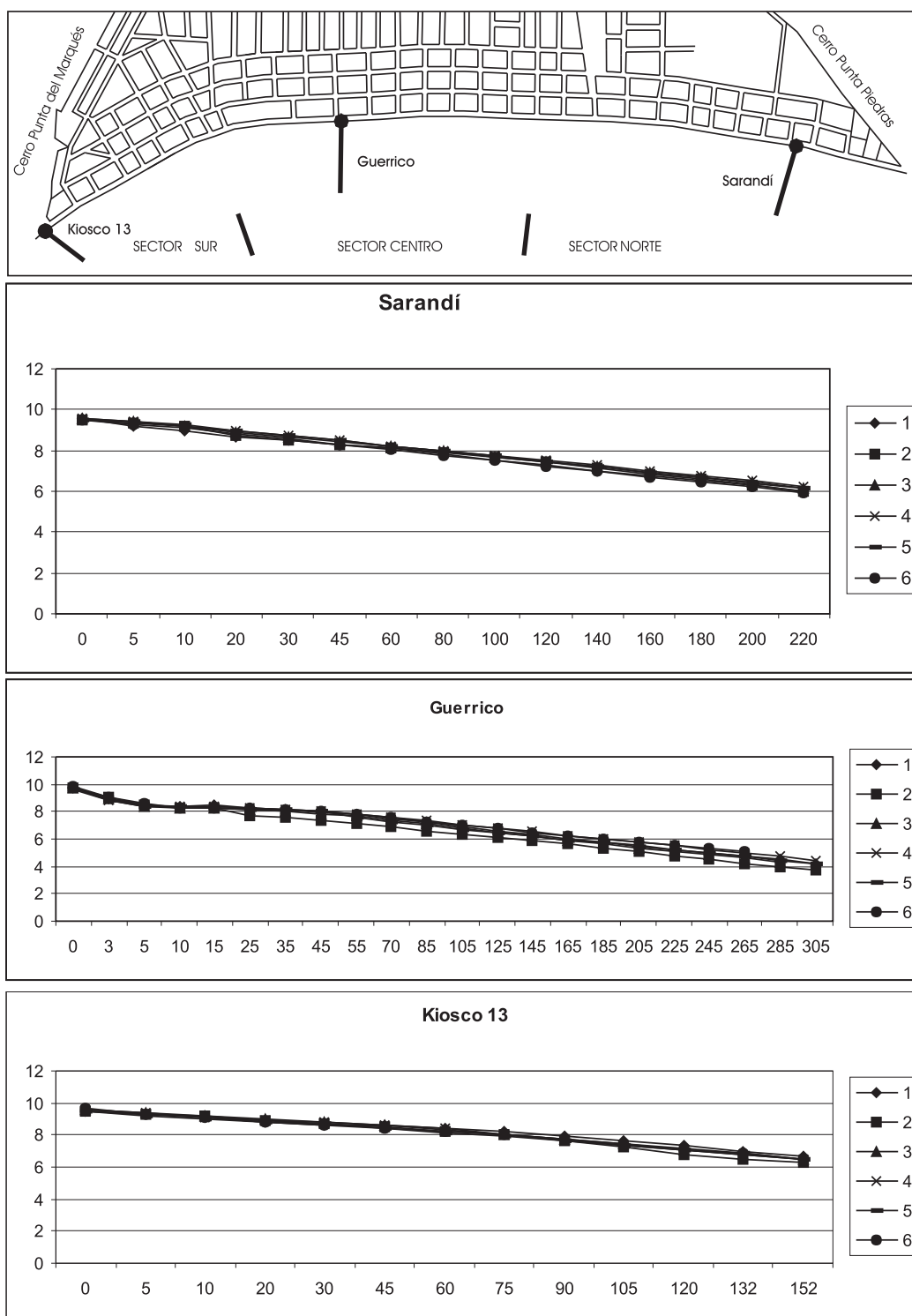
denciaron grandes cambios morfológicos (Fig. 4). Las playas de los sectores norte y sur poseyeron una pendiente tendida y uniforme. En cambio, en el sector central (perfil Guerrico) se reconoce una barra intermareal muy estable. Los problemas de erosión de esta playa obedecerían a la ocupación de sectores por delante de los bermas de tormenta y a la explotación de bloques de la punta norte (Punta Piedras) que originó efectos erosivos de olas provenientes del NE (Codignotto y del Valle, 1995).

Las playas analizadas evidencian que si bien el Golfo San Jorge está rodeado de playa fósiles de grava en casi toda su extensión (Codignotto *et al.*, 1988), la composición de algunas playas es arenosa. Las fuentes arenosas provendrían de procesos eólicos que retrabajan depósitos de la meseta. Estos corredores eólicos orientados de oeste a este poseen dunas transversales que bajan por los valles entre Rada Tilly y El Límite, y habrían alimentado las playas de bolsillo arenosas. Comparando ambientes mareales de Irlanda y Canadá, se destacan los efectos de la disponibilidad de arenas de dunas y gravas basales, y los procesos de selección, en la costa irlandesa (Taylor *et al.*, 1986). En las playas macromareales de Cantabria (España), las variaciones espaciales y temporales del tamaño de grano están relacionadas a cambios morfológicos en el perfil de la playa. Por lo tanto, los modelos que no tengan en cuenta estos procesos de selección en el transporte de sedimento no serán efectivos en predecir el perfil de la playa (Medina *et al.*, 1994).

Si tenemos en cuenta que deben preservarse los procesos eólicos que estarían aportando las arenas desde el oeste, debe cuidarse de no alterar esta fuente. Los problemas de erosión costera provocados por alteración de un aporte eólico son conocidos en nuestro país en Miramar, Villa Gesell (Isla, 1997), Puerto Madryn y están muy bien documentados en todo el mundo (Mc Lachlan *et al.*, 1994). Pequeñas modificaciones en la batimetría, en los sectores de aporte de sedimento por erosión costera o modificaciones antrópicas pueden ser causantes de cambios significativos en la morfología de estas playas macromareales (King, 1978).

## CONCLUSIONES

1. La costa de Caleta Córdova es erosiva y su playa es reflectiva y de arena gruesa. La playa del Límite (paralelo 46) es de bolsillo, con rasgos de acumulación en los sectores distales (médanos) y morfodinámica disipativa (arena fina).



**Figura 4.** Perfiles de playa levantados por el grupo de Geología de la Universidad de la Patagonia San Juan Bosco en Rada Tilly (ver Fig. 1). Los perfiles fueron normales a la costa (arriba). Los perfiles de la calle Sarandí (220 m) representan el sector norte, los de Guerrico el sector central (300 m), y los del Kiosco 13 corresponden al sector sur (150 m). Todas las escalas en m. Los perfiles de 1 a 6 fueron relevados en abril, mayo, julio, agosto, octubre y diciembre de 1995.

**Figure 4.** Beach profiles surveyed by the Geology group of the Universidad de la Patagonia San Juan Bosco in Rada Tilly (see Fig. 1). The orientation of the profiles are normal to the shoreline (top). The profiles along the Sarandí street (220 m) represent the northern sector of the beach, those along the Guerrico street (300 m) belong to the central sector, and Kiosco 13 (150 m) the southern sector of Rada Tilly. All the scales are in meters. The profiles 1 to 6 were surveyed in April, May, July, August, October and December, 1995.



## *Playas reflectivas y disipativas macromareales del Golfo de San Jorge*

2. Caracteres heredados, como el retrabajo de gravas de playas fósiles (Bahía Solano, La Lobería) o el transporte de arena por efecto del viento, condicionan la morfología de las playas, siendo la dinámica una variable secundaria.

3. Los diagramas de refracción de olas del Golfo San Jorge explican la concentración de energía en Caleta Córdova (inducida por plataformas sumergidas en el sur).

4. Toda alteración, ocupación o uso de las playas arenosas al sur de Comodoro Rivadavia deben tener en cuenta las fuentes de aportes de arena eólica fina desde el oeste.

**Agradecimientos.** Los autores quieren agradecer la posibilidad de publicar los perfiles inéditos levantados por Sciutto, Césari y Casal entre 1995 y 1996 en la playa de Rada Tilly. Las muestras fueron analizadas por S. Serra. Los diagramas de refracción fueron ejecutados por L. Cortizo y G. Bértola. M. Farenga hizo las figuras. El financiamiento de las campañas fue aportado por un subsidio de la Fundación Antorchas. Tres árbitros que no se dieron a conocer realizaron sugerencias.

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Belosi, G., 1990. Formación Chenque, registro de la transgresión patagónica en la Cuenca del Golfo San Jorge, *XI Congreso Geológico Argentino*, Actas II, 57-60.
- Carter, R. W. G., 1988. Coastal environments. *London Academic Press*, 617 pp.
- Ciavola, P., Taborda, R., Ferreira, O. y J. Alverinho Dias, 1997. Field measurements of longshore sand transport and control processes on a steep meso-tidal beach in Portugal. *Journal of Coastal Research* 13(4): 1119-1129.
- Codignotto, J.O., O. Cesari y C.A. Beres, 1990. Morfoevolución secuencial evolutiva holocena en Bahía Solano, Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 45(3-4): 205-212.
- Codignotto, J. O y M.C. del Valle, 1995. Evaluación cualitativa de los factores de riesgo geológico en Rada Tilly, Chubut. *Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería IX*, Actas: 64-77.
- Codignotto, J.O., Marcomini, S.C. y S. M. Santillana, 1988. Terrazas marinas entre Puerto Deseado y Bahía Bustamante, Santa Cruz – Chubut. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 43(1): 43-50.
- Davidson, M.A., Russell, P.E., Huntley, D.A. y J. Hardisty, 1993. Tidal asymmetry in suspended sand transport on a macrotidal intermediate beach. *Marine Geology* 110: 333-353.
- Elliott, A. J., 1990. Wave refraction in shallow water. *UCES Rept. U90-7, Unit for coastal and Estuarine studies*, University College of North Wales. Gwynedd, 28 pp.
- Feruglio, E. 1950. Descripción Geológica de la Patagonia. Tomo III. *Dirección General de Yacimientos Petrolíferos Fiscales*. Buenos Aires. 432 pp.
- Folk, R. y W. Ward, 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology* 27(1): 3-26.
- Isla, F. I., 1992. Overpassing and armouring phenomena on gravel beaches. *Marine Geology* 110: 369-376.
- Isla, F. I., 1997. Procesos de canibalización de la barrera medianosa entre Faro Querandí y Mar Chiquita, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 52(4): 539-548.
- Isla, F. I. y G. G. Bujalesky, 1995. Tendencias evolutivas y disponibilidad de sedimento en la interpretación de formas costeras: Casos de estudio de la costa argentina. *AAS Revista* 1-2: 75-89.
- Isla, F. I. y G. G. Bujalesky, 2000. Grain-size variations along macrotidal bimodal beaches. *II Congreso Latinoamericano de Sedimentología y VIII Reunión Argentina de Sedimentología*. Actas: XX-XX. Mar del Plata.
- King, C. A. M., 1978. Changes on the foreshore and the spit between 1972 and 1978 near Gibraltar Point, Lincolnshire. *The East Midland Geographer* 7(2): 73-82.
- Kokot, R.R., M. C. del Valle y J. O. Codignotto, 1996. Aspectos ambientales y riesgo geológico costero en zonas urbanas del Golfo San Jorge. *Asociación Argentina de Geología Aplicada a la Ingeniería*, Actas X: 169-186.
- Masselink, G. y B. Hegge, 1995. Morphodynamics of meso- and macrotidal beaches: examples from central Queensland, Australia. *Marine Geology* 129: 1-23.
- Masselink, G. y A. D. Short, 1993. The effect of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual beach model. *Journal of Coastal Research* 9(3): 785-800.
- McLachlan, A., W.K. Illenberger, J.R. Burkinshaw y M. E. R. Burns, 1994. Management implications of tampering with littoral sand sources. *Coastal hazards*, Special Issue, *Journal of Coastal Research* 12: 51-59.
- Medina, R., M. A. Losada, I. J. Losada y C. Vidal, 1994. Temporal and spatial relationship between sediment grain size and beach profile. *Marine Geology* 118: 195-206.
- Osborne, P.D. y Ch. E. Vincent, 1993. Dynamics of large and small scale bedforms on a macrotidal shoreface under shoaling and breaking waves. *Marine Geology* 115: 207-226.
- Schellmann, G., 1998. Coastal development in Southern South America (Patagonia and Chile) since the Younger Middle Pleistocene. Sea-level changes and neotectonics. En: Kelletat, D. H. (Ed.) *German Geographical Coastal Research. The last decade*. Tubingen, 289-304.
- Schellmann, G., 1998. Jungkanozoische Landschaftsgeschichte Patagoniens (Argentinien). *Essener Geographische Arbeiten*, Essen, 29, 216 pp.
- Schnack, E. J., C.M. Montero, F.H. Mouzo, H. Roque, A. Scalise, F.I. Isla, M.M. Martínez y J. Williams, 1996. Estudio de impacto ambiental por la instalación de una nueva boya, cañería submarina y elementos conexos en Caleta Córdova, Provincia del Chubut. Informe inédito *ARCAN Ventures SA*, Buenos Aires, 55 pp.
- Short, A. D., 1979. Three-dimensional beach stage model. *Journal of Geology* 87: 553-571.
- Short, A.D., 1991. Macro-meso tidal beach morphodynamics.

**Federico I. ISLA, Nerina IANTANOS y Enrique ESTRADA**

An overview. *Journal of Coastal Research* 7(2): 417-436.

Taylor, R.B., R.W.G. Carter, D.L. Forbesy J. D. Orford, 1986. Beach sedimentation in Ireland: contrasts and similarities with Atlantic Canada. *Current Research, Geological Survey of Canada*, paper 86-1A: 55-63.

Voulgaris, G., D. Simmonds, D. Michel, H. Howa, M.B. Collins y D. A. Huntley, 1998. Measuring and modelling sediment transport on a macrotidal ridge and runnel beach: an intercomparison. *Journal of Coastal Research* 14(1): 315-330.

Wright, L.D., P. Nielsen, A.D. Short y M. O. Green, 1982, Morphodynamics of a macrotidal beach. *Marine Geology* 50: 97-128.

**Federico I. ISLA**  
**Centro de Geología de Costas**  
**Universidad Nacional de Mar del Plata**  
**(CONICET-UNMDP)**  
**C.C. 722**  
**7600 Mar del Plata**  
**Buenos Aires**  
**Argentina**  
**E-mail: fisola@mdp.edu.ar**

**Nerina IANTANOS**  
**Enrique ESTRADA**  
**Universidad Nacional de la Patagonia**  
**San Juan Bosco**  
**Km 4**  
**9000 Comodoro Rivadavia**  
**Chubut**  
**Argentina**  
**E-mail: iantanos@unpata.edu.ar**  
**eestrada@unpata.edu.ar**

**Recibido:** 27 de octubre de 2000.

**Aceptado:** 2 de octubre de 2002.