

## MORFODINAMICA DE PLAYAS DEL SUDESTE DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES (1983 A 2004)

*Germán R. BERTOLA*

CONICET y Centro de Geología de Costas y del Cuaternario Universidad Nacional de Mar del Plata  
C.C. 722 - Correo Central (7600) Mar del Plata E-mail: gbertola@mdp.edu.ar

**Resumen:** En las costas del sudeste de Buenos Aires hay dos relieves geomorfológicos de importancia, las playas arenosas bajas con grandes campos de médanos, y las playas de bolsillo ubicadas entre acantilados de loess u ortocuarcitas. Al Norte y Sur de la ciudad de Mar del Plata, hay extensos campos de médanos que conforman la Barrera Oriental y Austral. La conformación de estas costas es relativamente moderna ya que se han formado con posterioridad a la fluctuación holocena del nivel del mar.

El objetivo del presente estudio se centró en analizar los cambios morfológicos naturales y artificiales de las playas de los partidos de Pinamar, Villa Gesell, Mar Chiquita, General Pueyrredón, General Alvarado, Lobería y Necochea, mediante la descripción y discusión de resultados obtenidos en relevamientos de playa realizados desde 1983 al 2004, con especial énfasis en la dinámica sedimentaria de sus playas y las características físicas naturales o introducidas por el hombre, como por ejemplo construcción de obras de defensa o movimiento de arenas.

Los relevamientos se ejecutaron en playas con diferente orientación, dinámica, cantidad y calidad de sedimento, así como distinto grado de alteración producido por las actividades humanas. Los perfiles permitieron analizar la magnitud y velocidad de los cambios morfológicos, al tiempo que se estudiaron las variaciones texturales de las distintas zonas de la playa, reconociendo su variabilidad y la significación estadística de la misma.

El trabajo se basó en la comparación de relevamientos planialtimétricos de las playas según métodos convencionales, en la evaluación de las características físicas de las olas que llegan a ellas para alcanzar una clasificación morfodinámica basada en las ecuaciones del número de Dean, parámetro W, el número de Battjes y el parámetro de Guza e Inman. Las texturas se analizaron de muestreos superficiales de sedimentos de la playa distal y de playa frontal mediante los parámetros de Folk y Ward. También fueron evaluadas las pendientes de las playas.

En la discusión se evaluó la morfodinámica de playas, sus texturas, la respuesta de las playas mixtas de arena/grava, los ciclos estacionales, tormentas sudestadas y eventos El Niño, así como el efecto de las dorsales de arena (sand ridges) y la refracción. También se evalúa la actividad antrópica, con la construcción de espigones, el relleno artificial, las construcciones sobre la playa, los pluviales, la fijación de médanos y las actividades extractivas.

Las conclusiones sostienen la idea de cuatro procesos que interactúan en las modificaciones morfodinámicas de las playas analizadas como son los ciclos estacionales invierno/verano, los ciclos episódicos ligados a períodos tormentosos y de inundaciones, los efectos antrópicos, y la presencia de bancos arenosos submareales que modifican el ángulo de incidencia de las olas produciendo efectos locales.

**Palabras clave:** Playas - morfología - dinámica - Buenos Aires

## EXTENDED ABSTRACT

*Morphodynamics of beaches  
of the southeast of Buenos Aires  
(1983 at 2004)*

Along the coast of the Southeastern Buenos Aires Province (Fig. 1), there are two important geomorphologic relieves: low sandy beaches with dune fields, and pocket beaches located between loessic or quarcitic cliffs. To the North and South of Mar del Plata City, extensive dune fields conform the Eastern and Southern barriers. These dune fields are very modern, since they have been formed as consequence of a Holocene sea-level fluctuation (Schnack *et al.*, 1982; Violante and Parker 1993; Isla, 1997).

The objective of the study was to analyse the natural and artificial morphological changes of the beaches of Pinamar, Villa Gesell, Mar Chiquita, General Pueyrredón, General Alvarado, Lobería and Necochea counties, and the description and discussion of results obtained from 1983 to 2004. Special emphasis was made to the sedimentary dynamics of these beaches and the changes induced by man-made structures (groynes fields) and sand mining.

The beaches have different orientation, dynamics, grain size, as well as different human alteration degree. The work was based on the comparison of beach profiles according to conventional methods (Fox and Davis, 1978; Isla, 1992; Isla *et al.*, 1994; Bértola, 2001), the evaluation of the morphological classification based on Dean's number (Dean, 1973), Omega parameter (Masselink and Short, 1993), Battje's number (Short, 1996), and the parameter of Guza and Inman (1975). Surface grain sizes were analysed using the parameters of Folk and Ward (1957) and evaluating beach slope changes.

#### North Area

**Morphology:** These are oceanic beaches, with average width of 72 m., The berm remains stabilised or it is in setback. Berm width increases at the touristic area in Mar de las Pampas. Villa Gesell beaches (Spa Los Históricos) suffered significant variations. In the pristine areas, there is presence of dunes after the backshore, although many of them are forested.

**Balance:** In this area, there are no structures or estuaries that could affect the littoral drift. The Pinamar-Cariló sector has recorded an important accumulation (27,580

m<sup>3</sup>) diminishing toward the North of the urban area. The beach of Villa Gesell has also registered accumulation (18,200 m<sup>3</sup>), except in certain areas of the centre of the urban area, where erosion existed. Toward the South of Mar de las Pampas, the trend is depositional again.

**Grain sizes:** The sediments of the backshore have increased their size up to 1994 and begin stable since 2000. In the foreshore, the mean ( $\phi$ ) has a reduction tendency. It diminished from 1994 to 1996 where it stops then increases very slowly. In some samples of Mar de las Pampas and Mar Azul, bioclastic composition dominates that would indicate a source of contribution from the South that coincides with old places of extraction of sands for construction. In addition, to the South of Villa Gesell, the erosion of dunes exhumes old beach crests or non-operative overwash composed by sand with shells and gravels (Isla, 1998).

**Slopes:** Slope increases from South to North, with anomalous values in the centre of Pinamar. Temporarily, the general slopes increase their value in the time since 1998.

#### Central Area

**Morphology:** General Pueyrredón beaches change from North to South in: a) beaches among closed groynes, b) artificially refilled beaches, c) oceanic open beaches, and d) beaches at the foot of cliffs; in Miramar there are also beaches among groynes, but these with more spacing to each other (e). Beaches between groynes characterise La Perla area, with average widths of 64 m. Beach fills were conducted from Playa Popular to Playa Grande, their widths are of 107 m. The oceanic beaches extending from Mar del Plata Harbour to the Punta Mogotes Lighthouse and have 102 m. Beaches at the foot of cliffs (Costa Hermosa to Los Acantilados) are narrow, about 60 m. Those beaches between groynes from Chapadmalal to Miramar are 75 m. The beaches oriented to the Southeast have higher dynamics (Alfar, Chapadmalal and Miramar) with volumetric variations of the order of several thousands of cubic meters. Some have anthropic action that modifies totally and in a few days their morphology, for what we should absorb of the seasonal effects of erosion in winter and accumulation in the analysis of the results in spring. To the end of winter, beaches recover.

**Balance:** The beaches of General Pueyrredón and Miramar are mixed and complex. There are pocket beaches, and beaches with abrasion plains; there is an important component of constructions of coastal defences.

Mar del Plata beaches recorded an erosive trend (-2.266 m<sup>3</sup>) excluding the refilled volumes of 1998. This demonstrates the natural eroded tendency in the beaches without artificial feeding. Toward the North of the urban area of Mar del Plata there is accumulation, in their Central section there is erosion and toward the South of the urbanisation (Punta Mogotes Lighthouse) there is accumulation again. To the South -cliff areas-, erosion dominates. As expected, the highest variability was recorded at the refilled beaches, but there are significant dynamics at other of them (Acevedo, Spa Camping El Faro and Los Acantilados). General Alvarado beaches registered an important accumulation of 28.000 m<sup>3</sup> of sand, of which 20% belongs to the urban coastline of Miramar (Spa HR).

**Grain sizes:** In these beaches, the sediments have gone increasing the mean from 1998. The beaches increased the size of their sands toward the North, with fine grains in the refilled beaches and for the effect of tombolo in Los Pinos Beach (Alfar). In some samples of Chapadmalal, coarse grains of basaltic and andesitic composition have been detected in the bottom of the backshore, and pebbles of loess in the top of the backshore. This would indicate a particular dynamics that accumulates rolling stones transported by coastal drift from the South, the first one presumably of patagonic pebbles and of eroded material of the cliff bordering, in the second.

**Slopes:** Beach slopes decrease from North to South, with abrupt peaks in the centre of the urban areas of Mar del Plata. The extreme values in the slopes were observed in the resort places from the downtown. Temporarily, the variations in the slopes were very important; in general a tendency was appreciated to increase the slope of the general beach along the time (except in beaches like Alfonsina, Las Dunas and Los Acantilados).

### **South Area**

**Morphology:** The beaches of this area are open and with Loess cliffs. From Miramar to Mar del Sur beach widths extend to 79 m, and from Mar del Sur to Necochea they are narrower (68 m). Touristic activities diminish southwards. The beaches with more dynamics are those that possess groynes, cliffs and abrasion plains, as long as the beach open of Cruz del Moro has had smaller volumetric variations. Some beaches have suffered anthropic action (Costa Bonita or Cruz del Moro) that modified their morphology.

**Balance:** They are heterogeneous beaches, with cliffs

and engineering works in Mar del Sur and Costa Bonita, and open beaches in Cruz del Moro and Arenas Verdes. It begins to be important the action of the streams that in certain cases obstruct the longshore drift or they are plugged by effect of the same one. In General Alvarado accumulation is appreciated toward the North and South of the urban area of Miramar, with an important accumulation in Mar del Sur. Lobería presents erosion in its entire coast (-14.746 m<sup>3</sup>) with more loss in its Eastern sector. Costa Bonita beaches have more dynamics and Cruz del Moro suffer less variability. In both municipalities, erosion cycles and accumulation were observed along the year in correspondence to seasonal variations.

**Grain sizes:** In the beaches of this area, an increase of the value of the mean is appreciated from 1995. In the backshore, grain size diminishes toward the South and in the foreshore, increase toward the South.

**Slopes:** Slopes increase from North to South. With relationship to the foreshore, the slopes are had increasing through the time and all the beaches have had important variations equally.

In the discussion, morphodynamics and grain sizes were evaluated, considering specially the dynamics of beaches composed of sand and gravel. The human impact was evaluated in relation to groin construction, nourishment works, buildings at the beach, dune afforestation and sand mining.

The conclusions sustain the idea of four interaction processes: 1) seasonal cycles, 2) storms and flood effects, 3) human impact, 4) presence of sand ridges that modify the angle of incidence of the waves producing local effects. The refilled beaches have passed of being reflective to dissipative; as it has only modified slopes and grain size (but not climate of waves), there is still erosive.

Erosive beaches have higher slopes (more than 4%). The increase of the slope toward the North indicates more narrow beaches with smaller areas of dry sand. Southeastern beaches are therefore more vulnerable to storm effects. The differential refraction of the waves in the Southeast, generates the continuous energy concentration in certain places of the coast (for example the cliffs in Mar del Plata). Induced for sand ridges there is convergence -erosion- and divergence -sedimentation- of orthogonal separated by few kilometres of distance. The protection of the coast cannot be considered as an individual responsibility, and for it, although local solutions exist, they don't work to regional

scale; therefore, the coastal defence should be a cooperative effort among all the coastal municipalities.

## INTRODUCCION

En una caracterización de las costas del sudeste de la provincia de Buenos Aires se pueden nombrar dos geomorfologías de importancia: playas bajas arenosas con grandes campos de médanos, y playas de bolsillo ubicadas entre acantilados de loess u ortocuarcitas (Fig. 1). Al Norte y Sur de Mar del Plata, hay extensas playas arenosas que conforman lo que se denomina Barrera Oriental y Austral, respectivamente (Schnack *et al.*, 1983). En tanto que la ciudad está sobre las estribaciones del Sistema de Tandilia, con afloramientos de ortocuarcitas (Ordovícico) sobre las que se asientan en discordancia erosiva Loess Pampeano y sedimentos eólicos. La conformación de las costas bonaerenses es relativamente moderna, ya que se han formado con posterioridad a la fluctuación holocena del nivel del mar (Schnack *et al.*, 1982; Violante y Parker, 1992; Isla, 1997).

El objetivo del presente estudio se centró en analizar los cambios morfológicos naturales y artificiales de las playas de los partidos de Pinamar, Villa Gesell, Mar Chiquita, General Pueyrredón, General Alvarado, Lobería y Necochea, mediante la descripción y discusión de resultados obtenidos en relevamientos de playa realizados desde 1983 a la actualidad, con especial énfasis en la dinámica sedimentaria de sus playas y las características físicas naturales o introducidas por el hombre, como por ejemplo construcción de obras de defensa o movimiento de arenas. Estos trabajos son fundamentales para proponer alternativas de manejo costero o para prever alteraciones de la dinámica litoral.

Los relevamientos se ejecutaron en playas con diferente orientación, dinámica, cantidad y calidad de sedimento, así como distinto grado de alteración producido por las actividades humanas. Los perfiles permitieron analizar la magnitud y velocidad de los cambios morfológicos, al tiempo que se estudiaron las variaciones texturales de las distintas zonas de la playa, reconociendo su variabilidad y la significación estadística de esta variabilidad. De la comparación de las mediciones surgió la acción de efectos naturales (tormentas, ciclos verano-invierno, eventos El Niño) y efectos antrópicos (obras de defensa costera, movimientos de arena inducidos por los balnearios, pluviales sobre la costa), estos últimos muchas veces realizados poco antes de la época estival.

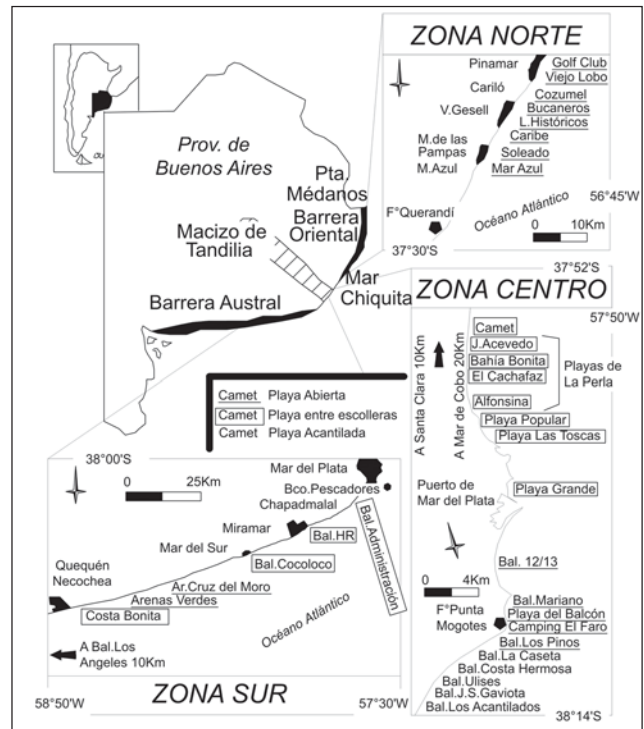


Figura 1: Mapa de ubicación de las playas analizadas.  
Figure 1: Location map.

## ANTECEDENTES

Las playas arenosas bonaerenses fueron caracterizadas granulométrica y mineralógicamente por Teruggi (1959) y Spalletti y Mazzoni (1979), que reconocieron variaciones texturales entre los médanos y la playa frontal, y a lo largo de la costa. Entre las variaciones texturales observaron un incremento en el tamaño de grano y del desvío estándar hacia el mar. Ciertas anomalías texturales de carácter local fueron explicadas posteriormente por efectos de canibalización de playas fósiles (Isla, 1997). Longitudinalmente, todos los ambientes tenían arenas semejantes, con una disminución de sus diámetros de Sur a Norte y un aumento en su selección. En cuanto a la mineralogía, los cambios regionales eran más notables, sobre todo en lo referente a minerales pesados (Spalletti y Mazzoni, 1979).

Schnack *et al.* (1982) y Fasano *et al.* (1982) realizaron análisis evolutivos y estratigráficos de la región al Norte de Mar Chiquita, encontrando una sucesión de espigas que hacia el Sur cerraron una gran bahía, y la colmaron hasta dejar actualmente una laguna costera. Violante y Parker (1992) describieron detalladamente la estratigrafía de la zona entre Villa Gesell y el Faro Querandí. Su

análisis evolutivo idealiza un paleocabo en Villa Gesell causante de una antigua divergencia de las corrientes litorales hacia el Sur y hacia el Norte, actualmente desaparecidas.

Con relación al transporte de arenas por acción del oleaje, Kokot (1997) observó para Punta Médanos, que durante los últimos 6.000 años existió (sólo con estabilidad hidrodinámica y climática) una componente neta de olas desde el Sur y Sudeste, lo que representaría movimientos hacia el Norte y Noreste a lo largo de la playa (Spalletti y Mazzoni, 1979). Por otro lado, y empleando perfiles de playa y muestreos en áreas próximas al presente estudio, Marcomini y López (1997) percibieron importantes variaciones en la dinámica de las bermas y en las características texturales de sus sedimentos (Fig. 1).

Con relación al proyecto de puerto de aguas profundas de Punta Médanos, Peña y Lanfredi (1988) y Lanfredi *et al.* (1992) realizaron estudios de alturas, períodos y potencia de olas, corrientes litorales y perfiles de playa, importantes parámetros para cualquier obra de ingeniería en la costa. Basándose en observaciones visuales y datos de olígrafo, se evaluó el transporte de sedimentos hacia el Norte que puede variar entre 400.000 y 700.000 m<sup>3</sup>/año (Framiñan, 1990). Sobre las costas de Pinamar, Caviglia *et al.* (1992) realizaron un estudio de altura y períodos de olas y corrientes costeras. Isla (1997) y Bértola *et al.* (1999) evaluaron las variaciones morfológicas de las playas vecinas de Villa Gesell y Pinamar. Mediante una metodología similar a la aquí empleada, observaron concordancia en cuanto a la presencia de alteraciones antrópicas (extracciones y movimientos de arena), con abruptos cambios naturales en el volumen y perfil de las playas, así como la manifiesta alteración de los perfiles por acción de las tormentas. Estudios de modelos matemáticos realizados por el Ministerio de Transporte, Obras Públicas y Obras Sanitarias del Gobierno de los Países Bajos (1997) calcularon que el transporte litoral entre Mar del Plata y la localidad de Santa Clara es de 150.000 a 200.000 m<sup>3</sup>/año, de Santa Clara a Mar Chiquita se reduce a 0 y 25.000 m<sup>3</sup>/año. Las tormentas, que ocasionan olas de más de 1,5 m de altura, usualmente causan escarpas de berma y segregaciones de minerales pesados en casi todas las playas del sudeste bonaerense (Del Río y Schnack, 1985).

## CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA REGION

Las principales características de las regiones, separa-

das por zonas, se resumen en la figura 2. Otras propiedades a tener en cuenta de las zonas son las siguientes:

**Zona Norte -Pinamar, Villa Gesell y Mar Chiquita- (Fig. 1):** Entre Mar Chiquita y Punta Médanos se extiende un campo de dorsales de arena submareales o "sand ridges" conformados por arenas finas, con una orientación de 20° a 45° con respecto a la costa, y conectados a ella en su sección septentrional. La distancia entre crestas no supera los 4 km con alturas de 5 a 7 m; poseen longitudes de 9 a 30 km y los surcos son de 2 a 2,5 km de anchura. La pendiente de sus flancos es de aproximadamente 0,0034°. Su dinámica registra en la zona de Punta Médanos, movimientos hacia el Norte y este del orden de 22 cm/km<sup>2</sup>. Se forman por flujos helicoidales independientes, cuya arena provendría del excedente en el transporte por deriva litoral y del aporte eólico (Parker *et al.*, 1978).

Isla *et al.* (1996) realizaron una caracterización morfológica de los espaldones de esta zona, observando que en la región de Villa Gesell se ubica entre médanos en erosión hacia el Sur (Mar Chiquita) y médanos subalimentados hacia el Norte (Pinamar). En el sector Sur de la Barrera Oriental son abundantes los médanos transversales, aunque la bipolaridad en la frecuencia de los vientos origina la conformación estacional de médanos transversales de cresta invertida (Cortizo e Isla, 2000). La disposición de estos médanos, transversales a la línea de costa, ha disimulado los procesos de erosión de formas medanosas y acumulación en las depresiones intermedanosas. Los fenómenos de colmatación de estas depresiones por fenómenos de sobrelavado han originado problemas de drenaje, más intensos en ocasión de tormentas torrenciales de verano.

**Zona Centro -General Pueyrredón y General Alvarado- (Fig. 1):** La onda de marea se propaga de Sur a Norte a una velocidad de 0,13 m/s, dependiendo en gran medida de los vientos. La zona está conformada por playas de bolsillo entre cabos rocosos o entre espigones. Ambos accidentes generan fenómenos de refracción y difracción que reducen significativamente las alturas de rompiente en la playa. Las playas son, en su mayoría, de arena fina aunque las playas de Miramar son más gruesas por constituir el retrabajo de viejas playas de grava (Isla *et al.*, 1997). Únicamente en el partido de General Pueyrredón (específicamente desde las playas de La Perla hasta el Faro) hay acantilados de ortocuarzitas.

**Zona Sur -Lobería y Necochea- (Fig. 1):** La morfología

	Zona Norte	Zona Centro	Zona Sur
<b>Partidos</b>	Pinamar, Villa Gesell y Mar Chiquita	Gral. Pueyrredón y Gral Alvarado	Lobería y Necochea
<b>Orientación</b>	39°N	0°N a 70°N (al N y S del Faro MdP resp.)	70°N
<b>Mareas (1)</b>	mixta semidiurna	mixta semidiurna	Mixta semidiurna
<b>Amplitud de marea máxima y promedio (1)</b>	1,30 m (0,69 m)	1,70 m (0,79 m)	1,78 m (1,02 m)
<b>Vientos + frecuentes (2)</b>	N (12 km/h)	O, NO y N (16 km/h)	N (10 km/h)
<b>Vientos + intensos (2)</b>	SE, S y SO	S y SE	S y SE
<b>T° y precipitación (2)</b>	14°C – 895 mm	14°C – 900 mm	14°C - 916 mm
<b>Velocidad de las corrientes litorales (3)</b>	De SO a NE a 0,30 a 0,50 m/s	De SO a NE a 0,26 m/s (MdP) y hacia el SE y S a 0,26 m/s (Miramar)	De E a O a 0,4 m/s.
<b>Altura de ola rompiente (4)</b>	0,3 a 2,85 m (1,08 m de media)	0,91 m (2,30 m de máxima)	1,33 m
<b>Poder de ola (5)</b>	4,2 Kw/m	4,3 Kw/m	7,4 kw/m
<b>Período (5)</b>	8,7 s a 10 s	9,5 s	8 s
<b>Pendiente Playa Distal a Playa Exterior</b>	01:10	01:05	01:05
<b>Deriva litoral (6)</b>	Al N, de 250.000 a 700.000 m <sup>3</sup> /año	Al N, de 170.000 a 800.000 m <sup>3</sup> /año	Al N, máximos de 1.350.000 m <sup>3</sup> /año.
<b>Referencias</b>			
(1) Servicio de Hidrografía Naval (2003) (2) Servicio Meteorológico Nacional (2003) (3) Servicio de Hidrografía Naval (2000) (4) Caviglia <i>et al.</i> (1992) y Caviglia (1993) (5) Lanfredi <i>et al.</i> (1992) (6) Framiñan (1990) y Caviglia <i>et al.</i> (1992)			

**Figura 2:** Principales características físicas de cada zona de estudio, en relación con la playa y las condiciones oceanográficas de sus cercanías.

**Figure 2:** Physical characteristics of study area, in connection with the beach and the oceanographical conditions of their proximities.

de estas playas está influenciada principalmente por su espaldón (López y Marcomini, 1998). Las playas asociadas a acantilados activos son angostas, generalmente carecen de bermas estables y están asociadas a plataformas de abrasión. 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 "overtopping" o sobrelavado de dorsales, acorazamientos y construcción de rampas de lavado por efectos de tormentas (Isla *et al.*, 1996). Más al Sur, hay problemas de migración de médanos que

llegan a obstruir los arroyos o a sepultar zonas forestadas. Los acantilados que existen en la zona están conformados por loess pampeano, son erosivos, aunque existen localizadas zonas de acumulación en las desembocaduras de estuarios y en ciertas playas de bolsillo.

## METODOLOGIA

Las tareas de campo consistieron en la ejecución cuatrimestral de relevamientos topográficos en las playas. Cada relevamiento consistió en la realización de tres perfiles transversales a la línea de costa referidos a un punto fijo (Punto Estación) y hasta una cota de -0,5 m (medido con la mira graduada), con un espaciamiento

de 100 m entre perfiles. Se tomaron cotas equidistantemente (5 m) con un teodolito autorreductor, por lo que se empleó en el cálculo distancias reducidas al plano. 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 bajamar.

### Morfodinámica de Playas

La clasificación morfodinámica de las playas generalmente se basa en tres ecuaciones que definen sus tipos: el número de Dean -W- (Wright y Short, 1984; Masselink y Short, 1993), el número de Battjes -Epb- (Short, 1996), y en el parámetro de Guza e Inman -ssf- (Guza e Inman, 1975). Para su determinación, se obtuvo en cada playa la altura de ola en rompiente (m), período de la ola (seg), velocidad de decantación de las partículas en el agua (m/seg) y pendiente de la playa (CERC, 1977). La Tabla 1 indica los valores límite para clasificar los tipos de playa y rompiente.

### Balances Sedimentarios

Se calcularon las diferencias volumétricas entre perfiles de diferentes relevamientos, considerando la longitud del perfil menor, según métodos convencionales (Fox y Davis, 1978; Isla, 1992; Isla *et al.*, 1994; Bértola, 2001). Los balances sedimentarios son exclusivamente para los límites en que se tomaron los desniveles. Las mediciones se realizaron en bajamares de sicigias. De la superposición de lo relevado, se obtuvieron perfiles de erosión-depositación, y de la comparación entre el último y el primero se determinaron los

desplazamientos netos del material (sentido y volumen de transporte). La medición de la variabilidad de los perfiles individuales se realizó como la diferencia entre el valor mayor y el menor, y llevando el mínimo a la unidad.

El efecto de las tormentas se analizó a través de fotografías y reconocimientos de campo con posterioridad a estos eventos, procurándose establecer estos cambios episódicos y las recuperaciones posteriores. Como muchos de los balnearios sufren movimientos de arena ejecutados por los concesionarios, se evitaron los relevamientos a principios del verano (diciembre a enero); estos movimientos alteran los balances sedimentarios y la morfología, por lo que fueron analizados independientemente con el especial objetivo de reconocer la incidencia de los efectos nombrados. Asimismo fueron analizadas independientemente las variaciones producidas por los rellenos (refulados) de 1998 realizados por la Provincia de Buenos Aires mediante dragas mar afuera y palas mecánicas sobre las playas.

### Texturas

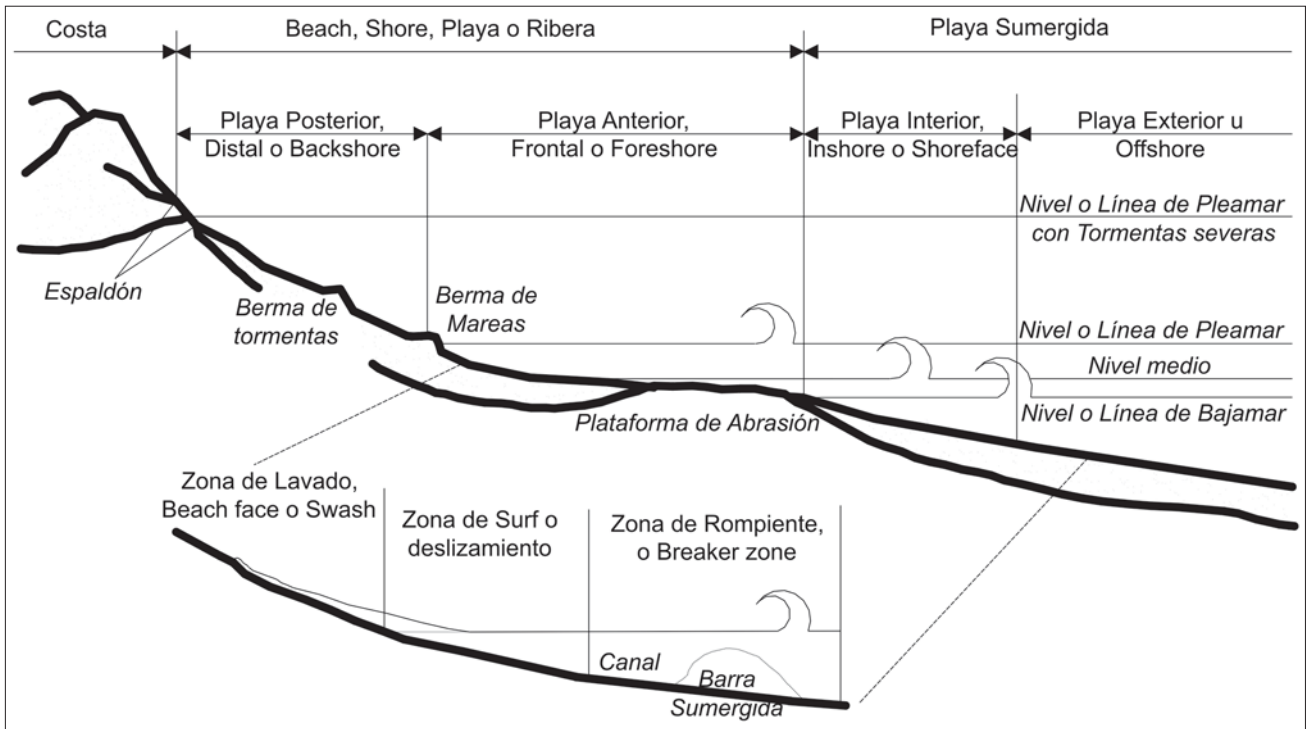
De cada Perfil Central, se obtuvieron muestras superficiales (no más de 3 cm de profundidad) de sedimentos de la playa distal y de playa frontal. A veces se muestrearon las crestas de berma cuando era evidente su morfología, o luego de tormentas. Estos subambientes (Fig. 3) fueron elegidos por lo siguiente (Isla, 1992):

- **Playa Distal:** el muestreo de esta zona da idea del efecto de los aportes eólicos en la playa, así como del alcance que tienen los sobrelavados. Es común que existan bermas de tormentas.
- **Berma de mareas:** normalmente posee acumulaciones de minerales pesados y del material que se recupera por procesos de sobrelavado.

Rompiente	Derrame	Volteo	Colapso + Surgente
Battjes (1974)	Epb < 0,4	0,4 < Epb < 2	2 < Epb
Tipos de playa	Reflectivas	Intermedias	Disipativas
Wright y Short (1984)	$\Omega < 1$	1 < $\Omega < 6$	$\Omega > 6$
Masselink y Short (1993)	$\Omega < 2$	2 < $\Omega < 5$	$\Omega > 5$
Guza e Inman (1975)	ssf < 2,5	2,5 < ssf < 20	20 < ssf < 200

Tabla 1: Valores límite de clasificación de tipos de playa y rompiente.

Table 1: Limit value of classification of beach types and break.



**Figura 3:** Denominación de los sectores en una playa idealizada.  
**Figure 3:** Areas of an idealized beach.

• **Playa frontal superior de lavado:** la granulometría de esta zona es la que guarda mayor relación con la energía de las olas, controlando la pendiente del frente de playa.

En laboratorio, los sedimentos fueron tamizados cada 0,5 F y comparados sus parámetros estadísticos (Folk y Ward, 1957). Los modelos seleccionados para las caracterizaciones morfodinámicas de las playas son exclusivos para playas micromareales donde dominan los perfiles disipativos (Short, 1978 y 1979; Short y Wright, 1984; Short y Aagaard, 1993).

**Pendientes de playas**

Los mapas topográficos no permiten describir detalladamente cambios significativos en las pendientes de las playas, por ello se recurrió a los perfiles que son de mayor utilidad para distinguir crestas de berma, dorsales y barras, o inclusive reconocer morfología de la playa. 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 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.

Estos datos fueron empleados para obtener el número de Dean (Dean, 1973) y el coeficiente RTR = rango de mareas relativo (Masselink y Short, 1993). Se usó en los cálculos la densidad promedio del agua de mar para Mar del Plata de 1.030 kg/m<sup>3</sup> (en relación con su temperatura), y de 2,65 ton/m<sup>3</sup> de densidad promedio de la arena.

**RESULTADOS**

Se resumen aquí resultados ya publicados con nuevas playas y nuevos resultados de playas ya analizadas (Tablas 2, 3 y 4):

**Zona Norte (Pinamar - Villa Gesell)  
 Morfología y balances de playas**

**Balneario Pinamar Golf Club.** Se aprecia una disminución de la berma durante mayo de 1998, episodio que se repite en julio de 1999, diciembre del 2000 y marzo del 2003. La zona con mayores variaciones en



las geoformas está ubicada entre los 35 y 60 m desde el comienzo de los perfiles. Hasta mediados de 1996 existía erosión que rondaba los  $-5.000 \text{ m}^3$ , posteriormente se revirtieron los valores a acumulación, que llegaron a extremos de  $9.000 \text{ m}^3$ , pero con importantes y aislados episodios erosivos durante otoño de 1998, otoño de 1999 y primavera del mismo año. Estacionalmente otoño es erosivo y verano e invierno son acumulativos. El perfil del Norte fue el que tuvo las mayores variabilidades (11%) y el más estable fue el perfil Central.

**Balneario Viejo Lobo.** La berma aumentó su área a fines de 1996 para volver a su antigua posición en los subsiguientes relevamientos. La zona entre los 15 y los 55 m del comienzo de los perfiles fue la que tuvo mayor variabilidad. En el 2004 el ancho de la playa promedio era de 74 m. Esta playa ha tenido importantes variaciones de volumen en otoño de 1996 (acumulación de más de  $14.000 \text{ m}^3$ ) y en el verano 1996/97 (con una erosión de más de  $-12.000 \text{ m}^3$ ). Estacionalmente primavera/verano son erosivos, en tanto que el otoño es acumulativo. El perfil con mayores variaciones fue el Central, con un 30 % más de arena movida que el Norte, que tuvo la menor variación.

**Balneario Cozumel.** La berma fue aumentando desde el primer relevamiento, con un pequeño pulso de retroceso en 1996. El perfil del Sur posee una elevada estabilidad en su porción distal ya que parte de él comienza sobre un médano. Sus perfiles presentaron poca variabilidad, especialmente en el sector de playa frontal (intermareal) que resultó muy estable, la zona más cambiante se observó entre los 35 y los 65 m del inicio de los perfiles. Entre los años 1995 y 1998 las modificaciones en el volumen fueron menores a después de 1999. Estacionalmente otoño es erosivo, en tanto que el verano es acumulativo. Las mayores variaciones se dieron en el perfil Central y Norte con un 25% más de arena movida que el perfil Sur.

**Balneario Bucaneros.** Se observó una berma estable, con su máxima expansión en julio de 1994. Las máximas variaciones se observaron entre los 15 y los 40 m del inicio de los perfiles. En el 2004 el balneario fue demolido por finalizar la concesión. Excepto por dos importantes episodios acumulativos en otoño de 1994 y en primavera/verano de 1995/96, el resto de los relevamientos siempre fueron erosivos particularmente en invierno. El perfil Sur fue el que tuvo mayores variaciones (186%), en tanto que el Central fue el más estable.

**Balneario Los Históricos.** Su berma fue la que tuvo los mayores cambios de los perfiles relevados en la zona Norte. Las mayores variaciones se observaron entre los 30 y 60 m del comienzo de los perfiles. El perfil Central está a 20 m de un aliviador pluvial (construido a fines de 1998); aún así, tanto éste, como el perfil Sur son 17% mayores que el Norte. Se ha observado que durante otoño hay acumulación (1994, 1995, 1997 y 2001), y en primavera y verano hay erosión. El perfil Sur es el que sufrió mayor variación de los realizados.

**Balneario Caribe.** La berma fue disminuyendo desde el primer relevamiento, con un pulso de recuperación durante fines de 1996 para luego continuar con su tendencia en retroceso. Las mayores variaciones se dieron entre los 25 y los 60 m del comienzo de los perfiles. El perfil Norte está a poco más de 20 m de un aliviador pluvial. En los sucesivos relevamientos se han observado notables variaciones de más de  $25.000 \text{ m}^3$  de arena movida. Durante el verano hay erosión y en otoño e invierno hay recuperación del perfil de playa. El perfil Norte es el que ha tenido mayores variaciones, con un 51% más que el estable perfil Central.

**Balneario Soleado.** Dentro de leves variaciones, se observa una continua reducción de la berma. Durante diciembre del 2000 ha habido formación de médanos en la playa distal. Las mayores variaciones se dieron entre los 35 y los 65 m del mismo. El perfil Sur es un 17% mayor que el Norte. Durante 1994, fines de 1995 y principios de 1996 la playa estaba en franca erosión, excepto en primavera/verano 1994/95 y fines de 1996 que hubo episodios acumulativos, pero no alcanzó para suplir la arena que se perdió. Estacionalmente verano/otoño son erosivos, en tanto que invierno/primavera son acumulativos. Los perfiles Sur (66%) y Central (38%) tuvieron una importante variabilidad con respecto al más estable perfil Norte.

**Balneario Mar Azul.** Los perfiles poseen una longitud promedio de 80 m, si bien la playa distal, antropizada por el balneario, llega a un ancho de 180 m. El análisis de los perfiles arroja que la berma fue disminuyendo hasta un mínimo en marzo de 1996, para luego recuperarse. Han existido acumulaciones medanosas en el tope del perfil durante septiembre del 2002. Las áreas con marcados cambios ocurren entre los 50 y los 80 m del comienzo de los perfiles. Los mayores desvíos de la media entre acumulación y erosión se dieron desde 1998 al presente. Generalmente la primavera es una

estación erosiva. Los mayores cambios del volumen de arenas se registraron en el perfil Central (14 %), en tanto que el Norte fue el más estable.

**Morfología Regional.** Estas son playas abiertas, con un ancho promedio de 72 m (Cozumel, Los Históricos, Caribe y Soleado), con máximos en Lobo de Mar y Mar Azul y mínimos en el Balneario del Golf y Bucaneros. En general las bermas, tanto de marea como las de tormenta, permanecen estabilizadas en las playas del Sur de Pinamar y Norte de Villa Gesell, en tanto que en la del Golf Club está en franco retroceso, lo mismo que en el Balneario Caribe y Mar Azul. Sólo hay migración hacia el mar en el Balneario Soleado. El Balneario Los Históricos si bien tiene estabilizadas sus bermas, ha sufrido las mayores variabilidades de las playas medidas en esta zona. Los mayores cambios morfológicos ocurrieron aproximadamente a 45 m del comienzo de los perfiles, y hay poca variación en la longitud de los tres perfiles medidos de cada playa. En las zonas prístinas hay presencia de médanos tras la playa distal, aunque muchos de ellos están forestados.

**Balance Regional.** Las playas relevadas para esta zona son playas abiertas, sin obras de arte de magnitud ni ríos que desemboquen en el mar que impidan la deriva litoral de arena. En el Partido de Pinamar se ha registrado una importante acumulación según los balances de arena de sus playas, con un valor de 27.580 m<sup>3</sup> durante los años de relevamiento. La tendencia decrece hacia el Norte del casco urbano; en la localidad de Cariló han existido las mayores acumulaciones del partido. En todo el Municipio de Villa Gesell también se ha registrado una acumulación que supera los 18.200 m<sup>3</sup> de arena. Si bien en todos los lugares medidos del casco urbano existió un balance neto erosivo, en el centro (Los Históricos) ha existido una importante acumulación (más de 33.000 m<sup>3</sup>). Hacia el Sur de Mar de las Pampas la tendencia se torna nuevamente depositacional. Las mayores variaciones en los balances se dieron en Los Históricos y Caribe, en tanto que Bucaneros y Soleado fueron los que tuvieron menor variabilidad. En ambos partidos se observaron ciclos de erosión y acumulación a lo largo del año en correspondencia a variaciones estacionales, aunque muchas veces no coinciden en cada playa.

### Texturas Regionales

Los sedimentos de la playa distal han aumentado

su tamaño granulométrico hasta 1994, para estabilizarse a partir de esa fecha. El desvío estándar, si bien tiene tendencia a aumentar, sufrió un descenso hasta 1997 y luego subió abruptamente. La asimetría disminuyó su valor hasta 1996 y luego subió a un máximo para comenzar a descender nuevamente.

En relación con la playa frontal, el valor de la media (Phi) disminuyó de un máximo en 1994 a un mínimo durante 1996, para luego ir repuntando muy lentamente; su tendencia es decreciente. El valor del desvío estándar ha tenido oscilaciones, con un mínimo en 1996 y un máximo en 1998; hay una leve tendencia a aumentar su valor. La asimetría ha ido descendiendo en el tiempo, hasta 1998 y luego hay una leve alza en 1999.

De los muestreos realizados se observó que para la playa distal se incrementa el tamaño de las arenas hacia el Sur. Esto es así hasta 1998, donde si bien la tendencia es similar, hay importantes valores mínimos en el Balneario Cozumel (de arenas más finas) para aumentar hacia el Norte y Sur. El desvío estándar, si bien con variaciones locales, presenta una tendencia a aumentar su valor hacia el Sur. En la playa frontal las arenas muestreadas aumentan su tamaño hacia el Sur. A partir de 1997 y 1998 hay un máximo en Los Históricos (1997) y en Cozumel (1998), y desciende hacia el Norte y Sur, tendencia espacial que se invierte por completo durante 1999, con un mínimo en Cozumel y aumento del tamaño de grano a ambos lados. Su desvío estándar posee una tendencia a aumentar hacia el Sur con valores que se apartan de dicha tendencia en Los Históricos (1994 y 1997) y Cozumel (1998 y 1999). En algunas muestras de las playas del Sur (Mar de las Pampas y Mar Azul) se han detectado granulometrías psefiticas que son exclusivamente biogénicas (conchillas de bivalvos) esto indicaría una fuente de aporte de los mismos desde el Sur que coincide con antiguos sitios de extracción de áridos. Además, al Sur de Villa Gesell, la erosión de acumulaciones medianosas en la playa descubre viejas crestas de playa o sobrelavados no operativos compuestas por arena con conchillas y gravas.

### Pendientes Regionales

Espacialmente, se aprecia un incremento de las pendientes de Sur a Norte, pero sólo hasta el casco urbano de Pinamar, donde se revierten los valores con mínimos en el centro de la ciudad. De allí, continua la tendencia de aumento hacia el Norte. En relación con la pendiente de la playa frontal, las tendencias son similares a las de las pendientes generales (si bien son mayores en un

Referencias: 1 = aumento @ = Playas refuladas 0 = equilibrio DSTD = Desvío estándar -1 = disminución Asim = Asimetría D50 = Valor de Media Granulométrica	Características Geomorfológicas											
	D50 de la Playa Distal			D50 de la Playa Frontal			Pendiente General			Pendiente de la Playa Frontal		
	Phi	DSTD	Asim	Phi	DSTD	Asim	%	DSTD	Tendencia	%	DSTD	Tendencia
Balneario Golf Club (Pinamar) 37°05'55.5"S-50°3.9'56.8"W	1,56	0,91	-0,28	1,56	0,78	0,05	3,99	0,64	0	5,98	1,79	1
Balneario Viejo Lobo (Pinamar) 37°07'0.65"S-51°28.7'56.8"W	2,21	0,44	-0,07	2,15	0,41	-0,08	3,31	0,30	-1	4,15	1,69	-1
Balneario Cozumel/Carló (Pinamar) 37°10'43.6"S-56°53'8.51"W	1,82	0,72	-0,27	1,86	0,71	-0,30	4,79	0,74	1	6,10	2,10	1
Balneario Bucaneros/Calle 303 y la costa (Villa Gesell) 37°15'13.2"S-56°57'37.6"W	1,70	0,64	-0,12	0,40	0,81	-0,01	5,68	1,05	1	6,94	2,09	-1
Balneario Los Históricos/Calle 107 y la costa (Villa Gesell) 37°15'38.1"S-56°58'2.1"W	1,44	0,93	-0,18	0,90	0,72	-0,01	4,61	1,16	1	7,03	3,56	1
Balneario Caribe/Calle 137 y la costa (Villa Gesell) 37°17'6.4"S-56°59'14.1"W	1,48	0,86	-0,25	1,02	0,78	0,02	4,51	0,42	1	5,82	1,96	-1
Balneario Soleado/Mar de las Pampas (Villa Gesell) 37°19'48.1"S-57°01'9.9"W	0,15	1,07	-0,10	-0,03	0,75	-0,09	4,66	0,37	0	5,23	1,58	-1
Balneario Mar Azul (Villa Gesell) 37°20'35.5"S-57°01'40.7"W	1,00	1,23	-0,11	1,06	0,75	-0,13	3,15	0,88	-1	5,70	2,24	1
Playas de Camet (G.Pueyrredón) 37°56'45.28"S-57°32'1.28"W	1,02	0,88	-0,05	0,84	0,72	-0,03	5,31	0,42	-1	3,60	1,32	1
Balneario J.Acevedo (G.Pueyrredón) 37°58'5.11"S-57°32'26.03"W	1,03	0,95	-0,05	0,75	0,80	-0,02	10,40	1,46	0	11,65	2,33	1
Balneario Bahía Bonita/Strobel y la costa (G.Pueyrredón) 37°58'48.04"S-57°32'34.54"W	1,27	0,78	-0,13	0,37	0,85	0,05	5,25	0,66	1	8,14	1,41	1
Balneario El Cachafaz/Santa Cruz y la costa (G.Pueyrredón) 37°59'2.63"S-57°32'36.41"W	0,96	0,78	-0,17	1,03	0,88	-0,17	6,28	1,14	1	4,07	1,67	1
Balneario Alfonsina/Córdoba y la costa (G.Pueyrredón) 37°59'42.69"S-57°32'35.35"W	1,20	1,00	-0,55	0,65	0,70	-0,02	4,85	0,83	-1	6,95	1,83	0
Playa Popular - Luro y la costa (Gral. Pueyrredón) 38°00'5.11"S-57°32'26.71"W @	2,03	1,30	-0,62	2,53	0,30	-0,27	3,29	0,84	1	4,89	2,42	1
Balneario Las Toscas (G.Pueyrredón) 38°00'29.85"S-57°32'6.6"W @	2,11	0,89	-0,25	0,93	0,33	0,14	5,21	0,86	-1	7,20	2,59	-1
Playa Grande (G.Pueyrredón) 38°01'41.42"S-57°31'52.56"W @	2,15	0,64	-0,19	2,21	0,35	-0,07	4,95	2,62	1	6,70	3,17	-1
Balneario 12/13 de Punta Mogotes/ex Aruba (G.Pueyrredón) 38°04'5.89"S-57°32'32.17"W	2,00	0,51	0,00	0,93	0,40	0,00	2,86	0,53	1	3,04	0,92	1
Balneario Mariano/M.de Hoz 4550 (G.Pueyrredón) 38°05'1.9"S-57°32'16.79"W	1,96	0,52	0,02	0,84	0,45	0,00	6,76	1,18	0	6,69	2,25	1
Playas del Balcón (G.Pueyrredón) 38°05'46.91"S-57°32'32.1"W	1,96	0,56	0,08	0,84	0,50	-0,20	3,26	1,17	-1	4,46	2,14	1
Balneario Camping El Faro (G.Pueyrredón) 38°06'2.51"S-57°33'0.33"W	1,82	0,60	-0,03	0,84	0,60	-0,40	1,25	0,28	0	2,16	0,48	1
Balneario Los Pinos/Barrío Alfar (G.Pueyrredón) 38°06'9.24"S-57°33'18.85"W	1,89	0,65	0,03	1,83	0,56	-0,01	3,90	0,87	1	4,54	2,06	1
Balneario La Caseta (G.Pueyrredón) 38°06'31.32"S-57°34'20.59"W	1,20	0,70	-0,05	0,81	0,60	0,00	4,44	1,28	1	4,79	1,28	-1
Balneario Costa Hermosa (G.Pueyrredón) 38°06'16.76"S-57°33'47.64"W	1,40	0,78	-0,06	0,84	0,66	-0,05	3,86	0,27	0	3,96	1,08	-1
Balneario Ulises/Barrío San Patricio (G.Pueyrredón) 38°06'50.57"S-57°35'2.62"W	1,10	0,75	0,30	0,84	0,70	-0,03	3,94	0,49	1	3,71	1,08	1
Balneario JS Gaviota/Barrío San Carlos (G.Pueyrredón) 38°06'55.4"S-57°35'10.05"W	1,26	0,87	-0,04	0,84	0,71	0,00	4,44	1,55	-1	5,03	2,55	-1
Balneario Los Acantilados/Ruta 11 km 6 (G.Pueyrredón) 38°07'16.76"S-57°35'36.9"W	1,00	0,80	-0,40	0,78	0,80	0,00	4,98	1,31	1	4,67	2,94	-1
Balneario Administración/Chapadmalal (G.Pueyrredón) 38°12'40.8"S-57°41'57.9"W	1,28	1,00	0,09	1,22	0,87	-0,33	4,59	0,38	0	6,06	1,10	1
Balneario HR (G.Alvarado) 38°16'12.1"S-57°49'21.7"W	2,37	0,32	-0,06	1,80	0,46	0,00	3,67	0,56	1	4,02	2,04	-1
Balneario Cocoloco/Mar del Sud (G.Alvarado) 38°20'47.5"S-57°59'16.3"W	1,02	1,15	-0,15	1,51	0,97	-0,21	3,76	0,72	-1	5,13	1,59	1
Arenera en Cruz del Moro (Lobería) 38°30'00"S-58°20'42"W	1,26	0,81	-0,03	0,84	1,04	-0,06	3,78	0,58	1	4,61	1,32	-1
Balneario Arenas Verdes (Lobería) 38°32'00"S-58°27'08"W	2,00	0,80	-0,04	0,76	0,88	-0,10	6,39	1,03	1	6,22	1,41	0
Balneario Las Dunas/Costa Bonita (Necochea) 38°33'49.3"S-58°37'44"W	1,17	0,81	0,10	1,73	0,59	-0,08	5,86	0,90	0	5,56	1,26	1

Tabla 2: Características geomorfológicas de las playas relevadas (granulometría y pendientes).

Table 2: Geomorphologic characteristics of the measured beaches (grain size and slopes).

1%), también con un aumento hacia el Norte y las anomalías en el centro de Pinamar. Los valores mayores de pendientes estuvieron en los balnearios de Villa Gesell, en tanto que las playas más tendidas fueron las prístinas de Cariló, Mar de las Pampas y Mar Azul. Temporalmente, las pendientes generales aumentan su gradiente a lo largo del tiempo o, a lo sumo, permanecen constantes. En cambio, las pendientes de la playa frontal disminuyen en el tiempo (excepto en Pinamar Golf Club y Los Históricos, que permanecen constantes y Cozumel que aumenta). En los años 1995, 1996, 1997 y 2002 hubo abruptos cambios en las pendientes de todas las playas; en los demás períodos los cambios fueron graduales. Se observa concordancia entre las granulometrías gruesas y las mayores pendientes de la playa frontal.

### **Zona Centro (Mar del Plata - Miramar)** **Morfología y balances de playas**

**Playas de Camet (Isla, 1992).** Esta playa está emplazada entre espigones en "T" (creados en 1978) y posee forma semicircular en planta, por lo que los perfiles Norte y Sur son casi 30% más largos que el Central. En general los tres perfiles son estables, con variaciones mínimas al inicio y a distancias entre 15 y 30 m de su comienzo. La berma que durante los primeros relevamientos fue estable, aumentó desde noviembre de 1984. Los meses de primavera fueron acumulativos. Excepto por dos episodios levemente erosivos en invierno de 1983 y otoño de 1984, en general ha existido acumulación. El perfil Central fue el que tuvo mayor variabilidad de los tres (47%), seguido por el Sur (35%).

**Playa Joaquín Acevedo.** Esta playa está emplazada entre espigones en "T" (creados en 1986) y tiene una superficie rectangular. Presenta pendientes abruptas. Su perfil Central es un 60% más largo que el Norte debido a la presencia de las escolleras. La berma ha permanecido estable a lo largo de los relevamientos y el área con mayor variabilidad está emplazada entre los 30 y 55 m. Los mayores cambios morfológicos ocurrieron hasta septiembre de 1988. Se perciben pequeñas variaciones con relación a los volúmenes de arena hasta fines de 1984/1988, donde hay un importante episodio acumulativo de 12.248 m<sup>3</sup>. Luego se mantienen las pequeñas variaciones hasta el otoño/invierno de 1992, con otro pulso acumulativo. Estacionalmente otoño es erosivo, en tanto que el invierno es acumulativo. Los perfiles Norte (225%) y Sur (144%) han tenido impor-

tales variaciones con respecto al Central.

**Playa Bahía Bonita.** Emplazada entre espigones (creados en 1986) y con forma rectangular en planta, su perfil Norte está a 7 m de un espigón en "T" y es un 36% mayor que el Sur que está emplazado a 7 m de un espigón recto con desagüe pluvial en su extremo. En el período estival hay alisado artificial de la playa en su sector Norte para instalar carpas. Las bermas han permanecido estables a lo largo del tiempo con un área mínima en diciembre del 2000 y abril del 2002. Las mayores variaciones morfológicas ocurrieron entre los 45 y 65 m. Los desvíos de la media -en cuanto a volumen- no superaron los 6.000 m<sup>3</sup>. Existió una continua y lenta acumulación, con períodos erosivos en el verano 1998/99 y 2001/02. El verano generalmente se comporta como un período erosivo, en tanto que el otoño es de recuperación. El perfil Norte fue el que tuvo mayor variabilidad en sus balances (71%), por sobre el Central (22%) y el Sur más estable.

**Playa El Cachafaz.** Esta playa está emplazada entre espigones en "T" (creados en 1986), lo que causa que los perfiles Sur y Norte sean mayores que el Central. Con forma rectangular en planta, las mayores variaciones morfológicas ocurren en los perfiles Sur y Central, mientras que el perfil más cercano al espigón del Norte es el más estable. Hasta noviembre de 1984 las bermas tuvieron una importante variabilidad (entre los 20 y 70 m), estabilizándose a partir de esa fecha. Durante los primeros relevamientos los balances fueron positivos, con valores de más de 2.500 m<sup>3</sup>, y luego de otoño de 1991 comenzaron a ser predominantemente erosivos, con más de -2.200 m<sup>3</sup>. Estacionalmente otoño es erosivo, en tanto que la primavera es acumulativa. El perfil con mayor variabilidad volumétrica fue el Sur con más de un 234 % por sobre el estable Central.

**Balneario Alfonsina.** Esta playa está emplazada entre espigones el "T" (construidos entre 1930 y 1936, y refaccionados en 1997), por lo que los perfiles Sur y Norte son unos 45% mayores que el Central; posee forma de medialuna en planta. La berma ha tenido importantes cambios entre 1988 y 1991. Las mayores variabilidades ocurrieron entre los 40 y 70 m del comienzo de los perfiles. Hasta 1991 sufrió una constante erosión que se incrementó con el tiempo, pero desde 1997 ha alcanzado estabilidad dinámica, ya que el área efectiva ha permanecido estabilizada. El perfil Norte fue el que tuvo mayor variabilidad en sus balances (331%), seguido

por el Central (24%).

**Playa Popular.** Esta playa está ubicada entre espigones, a 7 m de uno recto el Sur (construido en 1932) y a 60 m de uno en "T" el Norte (construido en 1935 y reacondicionado en 1998). A su vez, el perfil Norte está a 10 m de un muelle ("De Pescadores") emplazado sobre pilotes (construido en 1928). La playa fue rellenada artificialmente en septiembre de 1998, modificando abruptamente su perfil de equilibrio. Durante los primeros relevamientos las bermas estaban en equilibrio, situación que se vio modificada a partir del refulado, donde luego de una migración hacia el mar de 150 m, comenzó a retroceder nuevamente a razón de 17 m/año. A partir de esa obra de ingeniería existe constantemente una escarpa de erosión ubicada a los pies de la playa distal, así como formación de acumulaciones medanosas de pequeña altura al comienzo de los perfiles. Antes del relleno, la tendencia era a disminuir su área efectiva de 1,19 has., posteriormente la playa llegó a tener 5,5 has., pero la erosión continuó hasta la actualidad, llegando a 2,6 has. Las variaciones en los perfiles fueron cíclicas, generalmente con períodos erosivos durante el invierno, en tanto que durante primavera/verano es de recuperación. El perfil Sur fue el que tuvo mayor variabilidad (58%) con respecto al Sur, más estable.

**Playa Balneario Las Toscas.** Esta playa está emplazada entre espigones, recto en su sección Norte y de pedraplén curvado en su sector Sur (construidos en 1932 y refaccionado el Sur en 1998). Hasta noviembre de 1991 poseía un ancho de 37 m que se incrementó a 114 m luego del relleno. Por su ubicación, el perfil Norte está a 35 m del espigón y su longitud es el doble que el perfil Sur. La berma no tenía variaciones importantes en los relevamientos previos al refulado. El comportamiento fue similar a las playas Popular y Grande. Para el 2003 la playa poseía 77 m de ancho, de los cuales los primeros 56 m pertenecían a la playa distal y hay formación de escarpas de erosión. Inicialmente la tendencia era a mantener su área efectiva de 0,8 has., luego de esta obra, donde se incrementó el área a 3,2 has., la tendencia se volvió erosiva llegando en la actualidad a existir 1,42 has. En general los períodos de invierno/primavera son erosivos. El perfil Sur fue el de mayor variabilidad por sobre el Central más estable.

**Playa Grande.** Emplazada entre el Puerto de Mar del Plata (escollera Norte, creada en 1919) y la saliente rocosa

de Cabo Corrientes, también recibió arena de relleno por lo que puede estudiarse un antes y un después del mismo. Durante los primeros relevamientos la berma estaba en equilibrio, situación que se vio modificada a partir del refulado, donde la playa fue extendida unos 220 m hacia el mar. En los meses siguientes, la erosión de la playa fue muy intensa (70 m/año) disminuyendo a 23 m/año para fines de 1999. La superficie útil de playa varió de 4 has. en 1984, 13,6 has. a fines de 1998, 10,3 has. para el 2000 (Bértola, 2001) y 9,9 has. en el 2003. Antes del refulado la playa había alcanzado un equilibrio dinámico, tendencia que cambió a erosiva posteriormente. Desde esta obra de ingeniería, ha existido continuamente una escarpa de erosión elaborada a los pies de la playa distal de hasta 1 m de altura. En 1998 también se construyó a 60 m del perfil Norte, un nuevo espigón de pedraplén de casi 200 m de longitud (Espigón del INIDEP). Originándose a expensas de la arena que se pierde de Playa Grande y del fenómeno de deriva inversa que hay en el sector (Cortelezzi *et al.*, 1973), se ha formado una nueva playa -Waymea- con forma triangular en planta, apoyada sobre el nombrado espigón y el frente rocoso, y abierta al noreste (Bértola, 2001). Las variaciones en los perfiles fueron leves y cíclicas, con una primavera erosiva y un invierno acumulativo. El perfil Norte fue el que tuvo mayor variabilidad con un 44% por sobre el Sur (10%) y el Central.

**Balneario Aruba (12/13 de Punta Mogotes) (Isla, 1992).** Esta playa está emplazada en una gran bahía de 4 km de arco al Sur del Puerto de Mar del Plata. Los perfiles poseen una longitud promedio de 96 m, si bien la playa distal, antropizada por instalación de carpas, llega a los 250 m. La berma era estable con un pequeño episodio de aumento a principios de 1984, generando erosión de su cresta de berma con diferente respuesta en cada perfil, y acumulación en sectores submareales. Las mayores variabilidades se dieron entre los 25 y 80 m del comienzo de los perfiles. La tendencia era a disminuir su área efectiva por lo que la Dirección de Hidráulica realizó en 1998 una escollera de piedras de 40 m en el balneario 10 (a 200 m al Sur de Aruba). En general todos los períodos fueron erosivos excepto el verano 1983/1984, que se comportó como acumulativo. Para el 2004 hay estabilidad en sus balances. El perfil Central fue el que sufrió mayores cambios (97%), seguido por el Norte (16%).

**Balneario Mariano (Isla, 1992).** Estas playas están situadas entre cabos rocosos, en una bahía de 1,4 km de

arco. Sobre el cabo del Sur está emplazado el Faro de Punta Mogotes. El perfil Norte, ubicado a 30 m de afloramientos de ortocarcitas (Punta Canteras) es un 20% mayor que el Sur. La berma fue disminuyendo hasta noviembre de 1983, y luego de un período de estabilización, aumentó en 1984. Las mayores variabilidades se dieron entre los 40 y 75 m del comienzo de los perfiles. Esta playa alcanzó, durante los años de relevamiento su equilibrio dinámico, sin cambiar su área efectiva. El período verano/otoño fue preferentemente acumulativo (aunque en poco volumen) en tanto que el invierno/primavera fue erosivo. Durante invierno/primavera de 1984 existió un importante episodio erosivo, con más de -12.000 m<sup>3</sup>. El perfil Norte fue el de mayor variabilidad, con 247% por sobre el Central (68%) y el Sur.

**Playas del Balcón (Farenga et al., 1993).** Esta playa está emplazada entre el Arroyo Corrientes al Sur y en un cabo rocoso (Punta Mogotes) al Norte. Posee sus perfiles Sur y Central de mayor longitud que el Norte, a 20 m del cabo. Las mayores variaciones morfológicas ocurrieron entre los 20 y 75 m. Excepto por un período levemente erosivo durante primavera/verano de 1988/89, los perfiles siempre fueron acumulativos. El perfil Sur fue el que tuvo mayor variabilidad en sus balances (69%) por sobre el Norte y el más estable Central. Esta playa está ubicada frente al Banco Pescadores que genera una protección a las sudestadas.

**Balneario Camping El Faro (Farenga et al., 1993).** Esta playa está emplazada inmediatamente al Norte del Arroyo Corrientes. Dos mil metros mar afuera hay afloramientos de ortocarcitas que se comportan como un tómbolo (Banco Pescadores), resguardando esta playa de las sudestadas e induciendo procesos de acumulación. Hasta mayo de 1989 la berma aumentó su área, para luego disminuir hasta el último relevamiento. Las mayores variaciones se dieron entre los 65 y 105 m. Excepto en el verano 1987/88, las variaciones en los perfiles fueron poco notables. Los meses de verano son acumulativos. El Sur fue el de mayor variabilidad en sus balances (22%) por sobre los dos restantes más estables.

**Balneario Los Pinos (Barrio Alfar).** Esta playa está ubicada 1.500 m al Sur del Arroyo Corrientes y a 4.000 m del frente acantilado. Hasta julio de 1999, la berma era estable, pero luego de ese año la magnitud de las variaciones se acentúa. Los mayores cambios ocurrieron

entre los 25 y 65 m donde se reconocieron zonas de erosión y acumulación producto de migraciones de médanos y/o erosión de bermas. Hasta el relevamiento de 1998, los perfiles tenían una pendiente cóncava, que luego se hace convexa hasta la actualidad. La tendencia es a disminuir su área efectiva debida principalmente a los periódicos desplazamientos de arena en la playa distal mediante topadora que realizan los concesionarios. El análisis de la variabilidad arroja que es mayor en el perfil Norte (44%) que en los restantes.

**Balneario La Caseta (Farenga et al., 1993).** Este balneario está instalado 3 km al Norte del inicio del frente acantilado; posee una importante variabilidad morfológica. El perfil Norte es hasta un 35% mayor que el Sur, ya que éste se encuentra más influenciado por los acantilados y plataformas de abrasión. La berma fue disminuyendo, con una leve recuperación durante mayo de 1989, para luego continuar con su tendencia al retroceso. Las mayores variaciones se dieron entre los 25 y los 55 m del comienzo de los perfiles. El invierno es el período de mayor erosión en tanto que el verano es acumulativo. El perfil Norte tuvo las mayores variabilidades en sus balances (97%) en tanto que los restantes son estables.

**Balneario Costa Hermosa (Farenga et al., 1993).** Está ubicado a los pies de los acantilados y gran parte de ella se asienta sobre las plataformas de abrasión. El perfil Norte presentaba mayores variabilidades y era un 30% mayor que los restantes. Las mayores variaciones se dieron entre los 30 y los 60 m del comienzo de los perfiles, en la playa frontal y submareal. El otoño es el período donde imperó la erosión. Excepto durante fines de 1988 y principios de 1989, todos los relevamientos arrojaron pérdida de arena. El perfil Norte tuvo una importante variabilidad (305%) y el perfil Central fue el más estable.

**Balneario Ulises (Barrio San Patricio) (Farenga et al., 1993).** Este balneario está ubicado en zona de acantilados. Las mayores variaciones se dieron entre los 25 y los 60 m y todos los perfiles presentaron una pendiente cóncava. En el corto período relevado los primeros registros mostraron erosión, en tanto que los últimos mostraron acumulación. El perfil del Sur fue el que tuvo mayor variabilidad (277%), seguido por el Central (29%).

**Balneario J.S. Gaviota (Barrio San Carlos) (Farenga et al., 1993).** Ubicado en zona acantilada, los perfiles

terminan en una plataforma de abrasión de limos entoscados. Excepto por el primer relevamiento, con una pendiente marcadamente convexa, los demás presentaron pendiente cóncava. La berma fue disminuyendo desde el primer relevamiento, con un pulso de recuperación durante mayo de 1989 para luego continuar con su tendencia al retroceso. Las mayores variaciones se dieron entre los 25 y los 60 m del comienzo de los perfiles. Las tendencias pasaron de ser erosivas a ser acumulativas hasta los años 1989/1990, para luego hacerse fuertemente erosivas. Los perfiles Sur y Central tuvieron alta variabilidad en sus balances (más del 80%).

**Balneario Los Acantilados (Farenga *et al.*, 1993).** Ubicada en la zona de acantilados, el perfil Central estaba junto a la escalera de acceso a la playa protegida por pedraplenes por lo que tuvo mayor desarrollo que los restantes. La berma fue disminuyendo con pulsos de recuperación durante abril de 1988 y mayo de 1989. Las mayores variaciones se dieron entre los 15 y los 60 m del comienzo de los perfiles. Para el 2004 los pedraplenes habían desaparecido. El análisis de los perfiles indican una ritmicidad en los episodios, con otoños erosivos y primavera/verano acumulativos. El perfil Sur fue el que tuvo mayor variabilidad (13%), seguido por el Norte (8%).

**Balneario Administración (Barrio Chapadmalal).** Esta playa está ubicada entre el Arroyo Chapadmalal al Norte, y un espigón recto con pedraplenes al Sur. El perfil Norte es un 50% mayor que el Sur. La berma disminuía su área hasta marzo del 2001, para recuperarse hasta la actualidad. Esta etapa, topográficamente regresiva, se evidenció con una eliminación de bermas y dorsales y un retroceso de la línea de ribera del orden de los 20 m. Las mayores variabilidades se dieron entre los 80 y 50 m. En general el otoño es un período de recuperación del perfil de playa, con balances acumulativos, en tanto que los primavera/verano son erosivos. Las variaciones en la acumulación se han ido incrementado desde 1998, para reducirse a partir del 2002. El perfil Norte tuvo mayor variabilidad (57%), seguido por el Sur (19%).

**Balneario HR (Miramar).** Esta playa está emplazada entre espigones en "T" (creados en 1978) y posee forma rectangular en planta. Las mayores variabilidades se dieron entre los 15 y los 50 m desde el comienzo de los perfiles. El perfil Sur, ubicado a 90 m de uno de los espigones y a 250 m de la desembocadura del Arroyo El Durazno, es ligeramente mayor que los restantes.

El Norte está a 80 m del otro espigón en "T". A lo largo de los años la variabilidad erosión/acumulación ha sido grande, aunque desde el 2002 se ha ido amortiguando. Otoño es la estación erosiva en tanto que durante la primavera/verano hay acumulación y recuperación del perfil de playa. El perfil Sur es el que ha sufrido las mayores variaciones (74%), seguido por el Central (44%); el perfil Norte se ha mantenido estable.

**Morfología Regional.** Las playas ubicadas en los centros urbanos, registran resultados sesgados según una componente estacional, relacionados a los meses anteriores a aquellos de uso intensivo por los turistas, con importantes volúmenes de arena movida desde el espaldón a la playa distal superior y alisado de la playa distal inferior, con la consiguiente eliminación de sus bermas. En el partido de General Pueyrredón las playas se pueden dividir de Norte a Sur y con relación a su morfología, en a) playas entre espigones cerrados, b) playas antropizadas por refulado o relleno, c) playas abiertas, y d) playas acantiladas; en el Partido de Gral. Alvarado también hay playas entre espigones pero éstos con mayor espaciamiento entre sí. Las primeras, desde Camet hasta Alfonsina (playas de La Perla) poseen un ancho promedio (desde la construcción balnearia hasta el mar) de 64 m; las refuladas (Playa Popular a Grande) de 107 m; las playas abiertas (desde el Sur del puerto hasta el Faro) de 102 m; las playas acantiladas (desde Costa Hermosa hasta Barrio San Carlos) de 60 m y las playas entre espigones espaciados (desde Chapadmalal hasta Miramar) de 75 m. Estos datos pueden ser integrados como áreas de uso turístico (ya que se tiene datos de longitud de perfiles y separación de los mismos), donde se aprecia un incremento de dicha área de Norte a Sur, con zonas anómalas entre Playa Popular y Playas del Balcón, por causas del relleno en las primeras y del tómbolo del Banco de Pescadores en las segundas. Generalmente las playas orientadas al Sudeste son las que tienen mayor dinámica (como las del Sur del Faro: Alfar, Chapadmalal y Miramar) con variaciones volumétricas del orden de varios miles de metros cúbicos. Entre los perfiles se aprecia una importante variabilidad en relación con sus longitudes a lo largo de los años de relevamiento, indicando una compleja dinámica sobre todo en las playas entre espigones. Algunas tienen acción antrópica que modifica totalmente y en pocos días, su morfología, por lo que en el análisis de los resultados debemos abstraernos de los efectos estacionales de erosión en invierno y acumulación en verano. Sólo se puede vislumbrar que al finalizar el invierno, las playas

manifiestan una recuperación de los procesos erosivos.

**Balance Regional.** Las playas de ambos partidos costeros son playas mixtas y complejas, es decir, hay playas de bolsillo, hay playas sobre planicies de abrasión acantilada y hay una importante componente de construcciones de defensas costeras. En el Partido de General Pueyrredón se puede registrar una tendencia erosiva de  $-2.266 \text{ m}^3$  si se excluye las refuladas. Esto demuestra la leve tendencia erosiva natural en las playas sin alimentación artificial. Hacia el Norte del casco urbano de Mar del Plata hay acumulación, en su sección Central hay erosión y hacia el Sur de la urbanización (zona del Faro) hay acumulación nuevamente. Al Sur del Faro, costa enteramente acantilada hay erosión nuevamente. En todo el Partido de General Alvarado se ha registrado una importante acumulación que supera los  $28.000 \text{ m}^3$  de arena, de los cuales un 20% pertenece al Balneario HR. Como es de esperar, las mayores variabilidades se aprecian en las tres playas refuladas, pero si las obviamos, veremos picos de variabilidad en la Playa Acevedo, Balneario Camping el Faro y Playa Los Acantilados.

### Texturas Regionales

En estas playas los sedimentos del sector distal han ido aumentando el valor de su media desde 1998 al 2003, con su máximo alcanzado durante 1999; el desvío estándar ha permanecido constante a lo largo de los años. La asimetría disminuye su valor a simetrías muy negativas. Con relación a la playa frontal, el valor de la media se comporta igual que la distal. Su desvío estándar ha ido incrementándose desde 1998 y la asimetría ha ido descendiendo en el tiempo, hasta 1999 para repuntar durante el 2003, pero siempre con valores negativos en casi todas las playas.

De los muestreos realizados se observó que la playa distal incrementa el tamaño de sus arenas hacia el Norte, con valores finos en las playas refuladas y en la playa Los Pinos (Alfar), esta última al reparo de las sudestadas por el tómbolo del banco Pescadores. Esto también puede verse con las arenas de la playa frontal, con la misma tendencia de aumento del grano hacia el Norte y los mismos valores anómalos en las playas refuladas. También hay notables variaciones de la asimetría tanto en la playa distal como en la playa frontal, con una transición de negativa (o muy negativa) a positiva hacia el Sur. En algunas muestras de las playas de Chapadmalal se han detectado granulometrías psefiticas, de composición basáltica y andesítica en la playa dis-

tal inferior y de tosca y loess en la superior. Esto indicaría una dinámica particular que acumula psefitas transportadas por deriva litoral desde el Sur, para el primer caso presumiblemente de rodados patagónicos y de material erosionado de los acantilados aledaños, en el segundo.

### Pendientes Regionales

Se aprecia una disminución de las pendientes de Norte al Sur con abruptos cambios en el centro del casco urbano de Mar del Plata que se amortiguan al Sur de las Playas del Balcón. Las tendencias de las pendientes de la playa frontal son similares a las pendientes generales, con una disminución de su valor hacia el Sur y cambios abruptos en el centro de la ciudad. Los valores extremos de pendientes se dieron en los balnearios céntricos. Tanto los valores de máximo y mínima de pendientes generales así como de playa frontal tienden a disminuir desde el Norte hacia el Sur.

Temporalmente, las variaciones en pendientes generales y de playa frontal fueron muy importantes; por lo general se apreció una tendencia a incrementar la pendiente de la playa general a lo largo del tiempo, excepto en playas como Alfonsina, Las Dunas y Los Acantilados. En cuanto a las pendientes de la playa frontal ha existido una tendencia marcada a aumentar su valor en las playas abiertas, disminuirla en las playas acantiladas y ser más variables en el casco urbano y playas refuladas. En los años 1983, 1990 y 1991 hubo abruptos cambios en las pendientes de casi todas las playas; en los demás períodos los cambios fueron graduales (si exceptuamos los relevamientos de fines de 1998, época del refulado).

### Zona Sur (Mar del Sur - Necochea)

#### Morfología y Balances de Playas

**Balneario Cocoloco (Mar del Sur).** Esta playa posee un buen desarrollo de bermas de tormenta. Dada su conformación el perfil Norte comienza a pocos metros de un médano y termina sobre afloramientos de limos entoscados por lo que es un 40% mayor que el Sur; éste está ubicado a poco más de 5 m de la desembocadura del Arroyo La Tigra, por lo que los balances estuvieron sesgados por el efecto de este arroyo. A fines de 1997 se construyó junto a él, un espigón para evitar la erosión. Se comprueba un lento disminución del área de berma hasta 1996 y posteriormente hay un sostenido aumento de la misma, con un episodio fuerte-



Referencias: 1 = aumento 0 = equilibrio -1 = disminución S:C:N = Sur, Centro y Norte	@ = Playas refuladas DSTD = Desvío estándar	Valores Morfométricos						
		Ancho (promedio)		Área efectiva (promedio)		Balace Neto	Área movida en el año (promedio)	Rango de variación
		metros	DSTD	Hectáreas	Tendencia	m3	m3	S:C:N
Balneario Golf Club (Pinamar) 37°D'5'55.5"S-50°3'9'56.8"W		64,81	25	1,94	-1	3087	367	111
Balneario Mejo Lobo (Pinamar) 37°D'7'0.65"S-51°28.7'56.8"W		83,89	27	2,52	0	4050	2206	111
Balneario Cozumel/Carió (Pinamar) 37°D'43.6"S-56°53'8.51"W		71,83	27	2,16	-1	20443	-213	111
Balneario Bucaneros/Calle 303 y la costa (Mlla Gesell) 37°D'5'13.2"S-56°57'37.6"W		63,33	22	1,90	0	-6146	65	312
Balneario Los Históricos/Calle 107 y la costa (Mlla Gesell) 37°D'5'38.1"S-56°58'2.1"W		71,46	40	2,14	-1	33431	-354	111
Balneario Caribe/Calle 137 y la costa (Mlla Gesell) 37°D'7'6.4"S-56°59'14.1"W		71,11	15	2,13	1	-18046	191	112
Balneario Soleado/Mar de las Pampas (Mlla Gesell) 37°D'9'48.1"S-57°D'1'9.9"W		72,78	30	2,18	1	-4429	47	211
Balneario Mar Azul (Mlla Gesell) 37°D'35.5"S-57°D'1'40.7"W		80,72	37	4,82	0	13474	-143	111
Playas de Camet (G.Pueymedón) 37°56'45.28"S-57°32'1.28"W		67,78	17	0,81	-1	5164	4115	111
Balneario J.Acevedo (G.Pueymedón) 37°58'5.11"S-57°32'26.03"W		41,11	35	1,08	-1	5540	554	213
Balneario Bahía Bonita/Strobel y la costa (G.Pueymedón) 37°58'48.04"S-57°32'34.54"W		69,27	27	1,38	1	2880	465	112
Balneario El Cachafaz/Santa Cruz y la costa (G.Pueymedón) 37°59'2.63"S-57°32'36.41"W		62,98	30	1,23	-1	2686	268	313
Balneario Alfonsina/Córdoba y la costa (G.Pueymedón) 37°59'42.69"S-57°32'35.35"W		80,00	40	1,20	0	-6958	-2197	114
Playa Popular - Luro y la costa (Gral. Pueymedón) 38°D'5.11"S-57°32'26.71"W	@	115,06	107	2,59	-1	-71 @	-3	211
Balneario Las Toscas (G.Pueymedón) 38°D'29.85"S-57°32'6.6"W	@	86,00	40	1,42	-1	38163 @	4971	111
Playa Grande (G.Pueymedón) 38°D'1'41.42"S-57°31'52.56"W	@	121,36	80	3,64	-1	-8172 @	-397	111
Balneario 12/13 de Punta Mogotes/ex Aruba (G.Pueymedón) 38°D'4'5.89"S-57°32'32.17"W		96,67	40	2,90	0	-7858	-6262	121
Balneario Mariano/M.de Hoz 4550 (G.Pueymedón) 38°D'5'1.9"S-57°32'16.79"W		82,22	42	1,73	0	-16361	-13039	123
Playas del Balcón (G.Pueymedón) 38°D'5'46.91"S-57°32'32.1"W		138,00	40	4,14	0	16015	6192	211
Balneario Camping El Faro (G.Pueymedón) 38°D'6'2.51"S-57°33'0.33"W		85,42	37	2,56	0	13175	4388	111
Balneario Los Pinos/Barrio Alfar (G.Pueymedón) 38°D'6'9.24"S-57°33'18.85"W		72,88	25	1,53	-1	15207	738	111
Balneario La Caseta (G.Pueymedón) 38°D'6'31.32"S-57°34'20.59"W		64,00	25	1,92	-1	-11100	-3697	112
Balneario Costa Hermosa (G.Pueymedón) 38°D'6'16.76"S-57°33'47.64"W		53,75	25	1,61	0	-3278	-1267	214
Balneario Ulises/Barrio San Patricio (G.Pueymedón) 38°D'6'50.57"S-57°35'2.62"W		65,00	27	1,95	-1	-5220	-1738	311
Balneario JS Gaviota/Barrio San Carlos (G.Pueymedón) 38°D'6'55.4"S-57°35'10.05"W		51,67	20	1,55	1	-8082	-2620	221
Balneario Los Acantilados/Ruta 11 km 6 (G.Pueymedón) 38°D'7'16.76"S-57°35'36.9"W		67,67	35	2,03	-1	-1925	-624	111
Balneario Administración/Chapadmalal (G.Pueymedón) 38°D'2'40.8"S-57°41'57.9"W		80,42	35	2,41	1	-2143	-338	112
Balneario HR (G.Avarado) 38°D'6'12.1"S-57°49'21.7"W		80,00	35	1,73	1	5482	865	211
Balneario Cocoloco/Mar del Sud (G.Avarado) 38°D'0'47.5"S-57°59'16.3"W		88,60	40	2,26	0	23261	2426	123
Arenera en Cruz del Moro (Lobería) 38°D'0'00"S-58°20'42"W		73,89	17	2,22	-1	-8278	-5524	113
Balneario Arenas Verdes (Lobería) 38°D'2'00"S-58°27'08"W		71,60	22	2,12	0	-5336	-538	211
Balneario Las Dunas/Costa Bonita (Necochea) 38°D'3'49.3"S-58°37'44"W		58,59	25	1,76	0	-1133	-114	111

Tabla 3: Características morfométricas de las playas relevadas (ancho, áreas y balances).

Table 3: Morphometric characteristics of the measured beaches (width, area and balance).

mente recesivo en abril de 2002. Las mayores variabilidades se dieron entre los 20 y los 65 m del comienzo de los perfiles. En general los perfiles de verano fueron erosivos, y acumulativos los de invierno. El perfil Norte (199%) tuvo más variación que el Central (107%) y que el Sur, este último con muy poca variación a lo largo de los años relevados.

**Arenera Cruz del Moro.** Esta playa es prácticamente virgen en relación con emprendimientos turísticos y tránsito vehicular o peatonal. La empresa arenera que le da el nombre al sitio, se ubica unos 2.000 m tierra adentro y obtiene áridos de terrenos colindantes del imponente campo de médanos vegetados (y parcialmente forestados) de la zona. La berma ha sufrido una leve disminución desde el primer relevamiento. Las mayores variaciones morfológicas están situadas entre los 18 y 60 m. El perfil Norte (160%) ha sido el que tuvo la mayor variación volumétrica por sobre los otros dos.

**Balneario Arenas Verdes.** Estas playas poseen acantilados bajos de hasta 1 m cubiertos por médanos litorales y una plataforma de abrasión de limos entoscados, donde la playa se ubica como una rampa de lavado. Hay acumulaciones de grava fina en los sectores sub, inter y supramareales. Los mayores cambios morfológicos se dieron entre los 20 y 50 m. Las variaciones en los perfiles fueron marcadas, con desvíos de más de 22.000 m<sup>3</sup> de arena movida durante los relevamientos. Desde el primer relevamiento hasta 1997 hubo una marcada erosión en toda la playa, con un período acumulativo puntual en 1995 (7.732 m<sup>3</sup>). Posteriormente a 1997 la tendencia siguió siendo erosiva, pero con dos episodios de importante acumulación durante 2001 y 2003. Estacionalmente el verano/otoño es erosivo. El perfil Sur fue el que tuvo mayor variabilidad en sus balances (81%).

**Balneario Complejo Las Dunas (Costa Bonita).** Esta playa se emplazaba entre plataformas de abrasión y médanos fijados por vegetación hasta noviembre de 1996. Posteriormente el médano fue eliminado para realizar la traza de la avenida costanera, por ello se registró un período acumulativo de más de 9.000 m<sup>3</sup> debido a los trabajos de relleno de playas con arena obtenida del médano litoral. El perfil Central está emplazado a no más de 5 m de un espigón y los tres perfiles concluyen en el mar sobre la plataforma de limos entoscados. La berma aumentaba su área hasta noviembre de 1996 y posteriormente a esa fecha, comenzó una

lenta disminución que aún continúa, excepto un pulso de recuperación durante octubre del 2002. Las máximas variabilidades se dan entre los 10 y 40 m del comienzo de los perfiles. En general durante toda la época de estudio hubo acumulación, excepto por cuatro períodos (1994, 1997, 2003 y 2004) que fueron fuertemente erosivos. Estacionalmente primavera es erosiva e invierno acumulativo. El perfil Central fue el que tuvo mayor variabilidad de los tres perfiles (42%), y el Norte fue el más estable.

**Morfología Regional.** En general se aprecia poca variabilidad en la longitud de los perfiles de una misma playa. Las playas del partido de General Alvarado son playas entre espigones espaciados y las de Lobería son playas abiertas y con acantilados de Loess entoscados. Las primeras (desde Miramar a Mar del Sur) de 79 m y las segundas de Mar del Sur a Lobería, con un ancho promedio de 68 m. Las áreas operativas disminuyen hacia el Sur. Las playas con mayor dinámica son aquellas que poseen espigones y/o acantilados y plataformas de abrasión, en tanto que la playa abierta de Cruz del Moro ha tenido menores variaciones volumétricas. Algunas playas han sufrido acción antrópica (Costa Bonita o Cruz del Moro) que modificó la morfología de la playa.

**Balance Regional.** A escala regional son playas heterogéneas, con acantilados y obras de ingeniería en las playas de Mar del Sur y Costa Bonita, y playas abiertas en Cruz del Moro y Arenas Verdes. Comienza a notarse la presencia de los arroyos que, con sus nacientes en el sudoeste de Tandilia, terminan en el mar (con dirección NNO-SSE) y en ciertos casos impiden la deriva litoral de arena o bien se obturan por efecto de la misma. En el Partido de General Alvarado se aprecia acumulación hacia el Norte y Sur del casco urbano de Miramar, con una acumulación importante en Mar del Sur. El Partido de Lobería presenta erosión en toda su costa (-14.746 m<sup>3</sup>) con mayor pérdida en su sector Norte y amortiguándose hacia el Sur. Las mayores variaciones en los balances se dieron en Costa Bonita, en tanto que en la Arenera Cruz del Moro fueron los que tuvieron menor variabilidad. En ambos partidos se observaron ciclos de erosión y acumulación a lo largo del año en correspondencia a variaciones estacionales.

### Texturas Regionales

Temporalmente se aprecia un aumento del valor de

la media desde los muestreos de 1995 hasta los del 2003, en tanto que el desvío estándar ha ido disminuyendo su valor con el tiempo y la asimetría ha pasado de negativa a positiva. La playa frontal ha tenido un comportamiento de la media similar a la de la playa distal y no han existido cambios en el desvío estándar ni la asimetría.

Espacialmente, en la playa distal el tamaño de sus arenas disminuye hacia el Sur; el desvío estándar es constante regionalmente y la asimetría pasa de negativa en el Norte a positiva en el Sur. En relación con la playa frontal, las arenas muestreadas aumentan su tamaño hacia el Sur en tanto que el desvío estándar lo hace hacia el Norte.

### Pendientes Regionales

En relación con las pendientes, se aprecia un aumento de su valor de Norte a Sur. Las playas del Norte poseen promedios de pendiente generales de menor valor que los de la playa frontal, situación que se revierte al Sur de la Arenera Cruz del Moro, donde los porcentajes de pendiente son menores en la playa frontal.

Temporalmente las pendientes poseen un comportamiento similar según la playa que se mida. Durante 1994, 1997 y 2001 han existido mayores pendientes en Costa Bonita y en el resto de los años las mayores pendientes han sido las de Arenas Verdes. En Arenera Cruz del Moro las variaciones han sido menores que en el resto de las playas relevadas, con las mayores variaciones en Arenas Verdes. Con relación a la playa frontal, las pendientes se han incrementando a través del tiempo y todas las playas han tenido importantes variaciones por igual.

## DISCUSION

### Morfodinámica de Playas

El método empleado hasta el presente para analizar los balances sedimentarios ha demostrado su valor a la hora de caracterizar morfológicamente una playa. Se han dado casos en que una playa de perfil corto y reflectivo reportaba saldos aparentemente erosivos en los sectores supralitorales debido a procesos de erosión de su berma, aunque con abundante acumulación en los sectores sublitorales. También se analizaron las áreas que pueden ser empleadas para uso recreativo, relacionándolas con retrocesos de la línea de ribera.

Generalmente las playas de bolsillo o entre espigones

tienen movimientos hidrodinámicos en celdas con marcada diferencia entre perfiles de una misma playa, e inclusive con transporte neto de sedimentos en sentido contrario a lo esperado (Bértola y Pastorino, 1998) para las costas bonaerenses (p. ej. Playa Grande). Hubo períodos donde en relativamente poca distancia existió importantes variaciones en las pendientes, de tal modo que en no más de 200 m, coexisten perfiles intermedios y reflectivos, todo ello con una altura de ola similar, generados por circulación compartimentalizada.

Las variaciones en la línea de costa para Villa Gesell fueron analizadas por Marcomini y López (1997), que mediante la comparación de fotografías aéreas de 1967 y 1981 obtuvieron ritmos de erosión de hasta 2,35 m/año. Isla et al. (1997; 1998) empleando fotografías de 1957, 1967 y 1981 de la misma zona, observaron una erosión a pulsos -no constante en el tiempo- e inclusive que los mayores retrocesos de la línea de costa se dan hacia el Sur, afectando principalmente a Mar de las Pampas. Esta erosión fue explicada por fenómenos de canibalización de la barrera original (Isla, 1997; Isla et al., 1998).

La zona al Sur de Mar del Plata presenta importantes variaciones atribuidas al cambio en la dirección de la costa y al material sobre las que se asientan (ortocuarzitas o loess entoscado). En pocos kilómetros se pasa de playas entre cabos rocosos a campos de dunas y al tómbolo del Banco de Pescadores (Balnearios Las Dunas y del Balcón); más al Sur hay depósitos eólicos de poco espesor en el tope de acantilados de loess (Los Acantilados, San Carlos y San Patricio). Originalmente existían más cordones medanosos que desaparecieron en los '70 por tormentas (Barrio Alfar) o por desmontes de dunas. Frente al Banco Pescadores hay importantes acumulaciones de material, que inclusive forman dunas, pero desde allí hacia el Sur, los volúmenes de arena de las playas disminuyen significativamente ya que todas terminan sobre plataformas de abrasión de limos entoscados.

Schnack et al. (1983) refieren una tasa de erosión costera de 1 a 6 m/año para los acantilados al Norte del casco urbano de Mar del Plata, y 0,2 a 5 m/año para la zona acantilada del Sur. Lo atribuyen a una erosión debido a fluctuaciones del nivel del mar asociados a tormentas, e indirectamente, a la acción humana.

En relación a los valores de rompiente sugerido por Battjes (1974) (Tablas 1 y 4) se aprecia que en toda la costa bonaerense estudiada, las rompientes son del tipo de Volteo -o hundimiento- con casos aislados del tipo de Derrame. Las primeras asociadas a la formación de

barras y canales, pierden la mayor parte de su energía mientras van arribando a la zona de deslizamiento (Fig. 3); posteriormente pueden reconstruirse pero ya con energía menor. Las olas de Derrame, también asociadas a barras y canales, se dan en playas de poca pendiente. El agua regresa al mar en forma de resaca cuya velocidad es pequeña comparada con las corrientes de retorno; aquí casi toda la energía de la ola se pierde en la zona de rompiente.

En relación con los tipos de playa según Wright y Short (1984), los valores arrojan una preponderancia de playas intermedias, con sólo 3 que se clasifican como disipativas, dos de ellas generadas artificialmente por refulado y otra (Aruba) también artificialmente, pero por la creación del puerto de Mar del Plata. Masselink y Short (1993), ajustan los parámetros agregándole el efecto de las mareas (RTR) y las características de los sedimentos y con ellos se aprecian una mayor discriminación de las playas intermedias: las que eran disipativas lo siguen siendo, pero algunas intermedias se ajustan al tipo reflectivas como ocurre en la zona urbanizada de Villa Gesell, y una playa entre espigones de Mar del Plata. El parámetro de Guza e Inman (1975) no aporta mayores cambios, pero el de Short (1996) hace una división interna entre las playas intermedias más detallado que los autores anteriormente nombrados (Fig. 4 y Tablas 1 y 4). Se aprecia una semejanza morfológica entre las playas fuertemente urbanizadas de los partidos de Pinamar y Villa Gesell y las playas entre espigones de Mar del Plata. También ocurre entre las playas acantiladas y las abiertas, con características morfológicas similares, en tanto que las disipativas son exclusivamente las refuladas o alteradas por antropía. Short también describe las relaciones existentes entre la característica de ola y la morfología de las playas: observa, por ejemplo que cuando aumenta su altura, los tipos de playa pasan de reflectivo a disipativo; cuando el período de ola aumenta, se pasa de playas reflectivas a disipativas y cuando aumenta el tamaño del sedimento, se pasa de disipativas a reflectivas.

**Texturas y Playas Mixtas  
Arena/Grava**

Se ha observado una relación directa entre las pendientes de la playa frontal y el tamaño de grano en los sectores intermareales (Isla, 1992). Del mismo modo, existe cierta correlación entre la pendiente de la playa frontal y el desvío estándar, aunque con mayor disper-

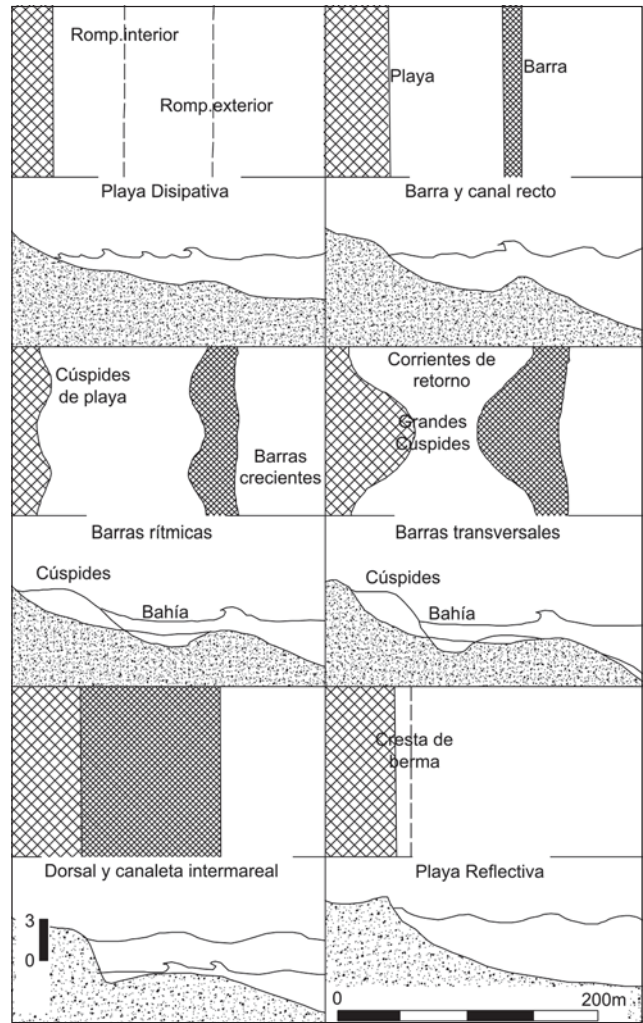


Figura 4: Modelos teóricos de playa analizados por Wright y Short (1984).

Figure 4: Empiric models of beach (Wright and Short, 1984).

sión de datos. Algunas de estas playas han tenido variaciones granulométricas muy significativas e inducidas por la construcción de obras de defensa (Playas El Cachafaz, Acevedo, Bahía Bonita y Alfonsina), por trabajos de relleno artificial (Playa Popular, Las Toscas, Varese y Grande) o por la interrupción de extracciones de arena (Playa Alfar).

Hay playas (p.ej. en Chapadmalal) donde hay depósitos de arenas y gravas en la playa distal, originando formas de rampas de lavado. Según Isla *et al.* (1997) estos sedimentos están indicando una forma de transporte de procesos sindepositacionales de sobrepaso y eliminación de finos. También se observa este fenómeno en las crestas de cúspides de playa, muy comunes en estas playas. Según McLean y Kirk (1968), las playas

Referencias:	Valores derivados		Valores de Morfodinámica				
	Omega	RTR=(MSS/Hb) (m)	Battjes (1974) -Rompiertes-	Wright y Short (1984)	Masselink y Short (1995)	Guza y Inman (1975)	Short (1996)
RTR = Rango de mareas relativo (Masselink y Short, 1993) MSS = Rango medio de la marea Hb = Altura de ola en rompiente @ = Playas reñuladas							
Balneario Golf Club (Pinamar)	2,95	1,16	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario Viejo Lobo (Pinamar)	4,79	1,16	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario Cozumel/Cariló (Pinamar)	3,71	1,17	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Transversales y Corrientes de Retorno
Balneario Bucaneros/Calle 303 y la costa (Villa Gesell)	1,25	1,17	Volteo	Intermedia	Reflectiva	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario Los Históricos/Calle 107 y la costa (Villa Gesell)	1,87	1,18	Volteo	Intermedia	Reflectiva	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario Caribe/Calle 137 y la costa (Villa Gesell)	2,04	1,18	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario Soleado/Mar de las Pampas (Villa Gesell)	4,22	1,19	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario Mar Azul (Villa Gesell)	2,05	1,19	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Playas de Camet (G.Pueyrredón)	4,35	1,08	Derrame	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario J.Acevedo (G.Pueyrredón)	2,46	1,08	Volteo	Intermedia	Intermedia	Intermedia	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario Bahía Bonita/Strobel y la costa (G.Pueyrredón)	1,25	1,08	Volteo	Intermedia	Reflectiva	Intermedia	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario El Cachafaz/Santa Cruz y la costa (G.Pueyrredón)	2,08	1,08	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario Alfonsina/Córdoba y la costa (G.Pueyrredón)	4,35	1,09	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Playa Popular - Luro y la costa (Gral. Pueyrredón) @	6,53	1,09	Volteo	Disipativa	Disipativa	Disipativa	Disipativa
Balneario Las Toscas (G.Pueyrredón) @	15,80	1,10	Volteo	Disipativa	Disipativa	Disipativa	Disipativa
Playa Grande (G.Pueyrredón) @	4,98	1,10	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario 12/13 de Punta Mogotes & x Aruba (G.Pueyrredón)	15,80	1,11	Derrame	Disipativa	Disipativa	Disipativa	Disipativa
Balneario Mariano/M.de Hoz 4650 (G.Pueyrredón)	4,35	1,11	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Playas del Balcón (G.Pueyrredón)	4,35	1,12	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario Camping El Faro (G.Pueyrredón)	4,35	1,12	Derrame	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario Los Pinos/Barrio Alfár (G.Pueyrredón)	3,82	1,13	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Transversales y Corrientes de Retorno
Balneario La Caseta (G.Pueyrredón)	3,60	1,14	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Transversales y Corrientes de Retorno
Balneario Costa Hermosa (G.Pueyrredón)	4,35	1,13	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario Ulises/Barrio San Patricio (G.Pueyrredón)	4,35	1,15	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario JS Gaviota/Barrio San Carlos (G.Pueyrredón)	4,35	1,17	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Rítmicas
Balneario Los Acantilados/Ruta 11 km 6 (G.Pueyrredón)	3,00	1,16	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Transversales y Corrientes de Retorno
Balneario Administración/Chapadmalal (G.Pueyrredón)	2,39	1,21	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario HR (G.Avarado)	3,73	1,25	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Transversales y Corrientes de Retorno
Balneario Cocoloco/Mar del Sud (G.Avarado)	3,56	1,26	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Barras Transversales y Corrientes de Retorno
Arenera en Cruz del Moro (Lobeña)	5,26	1,14	Derrame	Intermedia	Disipativa	Disipativa	Barra y Canal recto
Balneario Arenas Verdes (Lobeña)	2,35	1,15	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal
Balneario Las Dunas/Costa Bonita (Necochea)	2,17	1,16	Volteo	Intermedia	Intermedia	Disipativa	Dorsal y Canaleta internareal

**Tabla 4:** Características morfodinámicas de las playas relevadas y valores derivados; se exponen los coeficientes de Battjes (1974), Wright y Short (1984), Musselink y Short (1995), Guza e Inman (1975) y Short (1996).

**Table 4:** Dynamics characteristics of the beaches and value derived: coefficients of Battjes (1974), Wright and Short (1984), Musselink and Short (1995), Guza and Inman (1975) and Short (1996).

de arena y grava no guardan la relación entre el tamaño de grano y sus pendientes, que sí se observa en las playas unimodales. Estos autores afirman que lo que condiciona a estas pendientes es principalmente las relaciones entre ambos tamaños (selección). Para las granulometrías aun mayores, ya interviene la geometricidad del clasto.

### Ciclos estacionales, sudestadas y eventos El Niño

Si bien no se cumple en todas las zonas, los períodos Otoño/Invierno e Invierno/Primavera son mayormente erosivos, mientras que Verano/Otoño es época de recuperación de la playa; el período Primavera/Verano no registró tendencias netas dominantes. Esto implica que la influencia de los ciclos estacionales en los balances sedimentarios son menos importantes que los períodos afectados por tormentas -con su posterior finalización relacionada a los procesos de recuperación de la playa, estos últimos se incrementan cuando se superponen tormentas seguidas.

Las tormentas registradas durante las mediciones, no necesariamente han venido acompañando un fenómeno del Niño, pero se aprecia un aumento de frecuencia de las mismas en concordancia con dicho fenómeno (Schnack, 2000). Durante los 20 años de mediciones, se registraron varias tormentas sudestadas (1982, 1983, 1993, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000 y 2003), que modificaron en un corto lapso la ubicación de la berma de tormenta y la de marea y cambiando en pocas horas el perfil de la playa.

Al Norte de Mar Chiquita los efectos localizados de las sudestadas son atribuidos a la refracción de los bancos alineados. Isla (1994; 1995) sugiere que para Pinar estas tormentas pueden modificar los fondos a profundidades mayores de 8 m dependiendo del evento. También observó que los efectos de tormentas combinadas en lapsos cortos son más efectivos que grandes tormentas aisladas, ya que la primera tormenta tiene un efecto desestabilizador sobre el fondo, y sin que medie el lapso suficiente para acomodarse el perfil de la playa submarina, la segunda tormenta tiene garantizados mayores efectos erosivos, efecto también observado por Lee *et al.* (1998). La efectividad de una tormenta viene determinada por su tamaño e intensidad (velocidad y alcance del viento), su duración, altura de la marea al momento de la tormenta, el lapso de tiempo entre 2 tormentas sucesivas, y la orientación de la costa según la dirección de la tormenta.

### Dorsales y refracción

A lo largo de la costa analizada, la batimetría sufre un brusco cambio en el paralelo 38°. Para el Norte, las isobatas están espaciadas equidistantemente entre sí, son paralelas a costa y el relieve mar afuera poseen una pendiente de 0,109 %. Al Sur de esa latitud, hasta los 20 m de profundidad responden a las características de la zona Norte, pero a partir de los 30 m se disponen oblicuas a la línea de costa y el relieve tiene una pendiente de 0,218 %. Esto induce a notables cambios en la dirección de las crestas de ola.

Pero el rango más notable en la zona Norte es la presencia de dorsales arenosas que actúan sustancialmente sobre las olas de largo período, modificando el ángulo de incidencia sobre las playas. Esto produce efectos locales y marcadas asimetrías en planta de las playas, asimetría que es eliminada en muchas de ellas durante el emparejamiento de la arena por topadoras en la primavera. Estos efectos de la refracción explican las variaciones en la dinámica de las playas a lo largo de la costa y su variación temporal de Sur a Norte. Este fenómeno fue observado por Isla *et al.* (1998) y por Duane *et al.* (1972) y Kraft *et al.* (1976) en las costas de los Estados Unidos. En relación con la deriva litoral de arenas, los vientos de incidencia Norte, Nordeste y Este originan transporte hacia el Sur en bajos volúmenes, en tanto que los vientos del cuadrante Sudeste y Sur generan al Norte del paralelo 38° una deriva hacia el Norte, pero no al Sur del nombrado paralelo.

### Antropía

Las causas de alteración en las condiciones naturales de las playas analizadas son muchas y muy variadas, pero sobre la base de los resultados obtenidos, pueden ser resumidas en las siguientes:

**Espigones.** Los primeros espigones y defensas costeras en Mar del Plata se realizaron sin tener una idea aproximada de los impactos que su construcción generaba en el sistema litoral. Con el tiempo se fue considerando este hecho, ya que se observó que hacia el Norte (localidades de Santa Clara y Mar Chiquita) la erosión se acentuaba. Los manuales del CERC (1966; 1977) y CETN (1990) consideran, sobre la base de estudios de espigones a escala mundial, que los mismos interrumpen la dinámica entre las playas y las barras submareales, aumentan la pendiente en la playa frontal y generan corrientes de retorno que socavan la playa

sumergida. Muchas veces la suma de varios espigones cortos produce mayor movilidad del sedimento que la presencia de uno de gran longitud. Logran acumular arena en la playa distal pero a costa de erosionar los sectores de playa submareal debido a un aumento en la energía de las corrientes de retorno, además de aumentar la pendiente de la playa. Los balances de las playas entre espigones indican que poseen una dinámica menor, es decir el intercambio acumulación/erosión es menor que las playas abiertas. Esto se ha podido comprobar en las playas de La Perla.

**Refulado.** Hasta la actualidad, el método más utilizado para la protección costera era el uso de estructuras rígidas, pero las investigaciones demostraron que la mejor protección es la que se realiza con materiales semejantes a los naturales (Bruun, 1972; Leonard et al., 1990; Dutch Ministry of Publics Works, 1989) es decir repoblar con arena cuando lo que falta es ese material. De este modo se consigue que en la playa continúen los procesos naturales. Las playas con esta solución (Playas Popular, Bristol, Las Toscas, Varese y Playa Grande) tuvieron una importante disminución de su pendiente, una reducción de la granulometría, buena selección y una distribución simétrica. También han sufrido un drástico cambio de sus características morfodinámicas, ya que de poseer perfiles de tipo reflectivo a intermedio y un balance estable cambian, luego del refulado, a poseer características disipativas, pero con un perfil erosivo. Estos cambios indican que estas playas actualmente no están en equilibrio dinámico con las olas que inciden sobre ellas, por lo que la tendencia erosiva es una respuesta esperable (y observable) para el futuro de las mismas ya que hay una natural tendencia al restablecimiento de sus antiguas morfologías. Comparando los perfiles pre y post refulado, se reconocen que los procesos antropogénicos de alteración en estas playas superaron con creces las variaciones morfodinámicas originadas por procesos naturales. Esto se ha podido comprobar en las playas Popular, Las Toscas y Playa Grande.

**Construcciones sobre la playa.** En todas las playas turísticas con infraestructura balnearia hay alteraciones inducidas por los concesionarios. Generalmente se produce un acarreo mecánico de arena desde la playa distal (inclusive del médano) hacia la playa frontal. Esta actividad propia de la primavera provoca el enrasado de ambas bermas (de tormenta o de mareas). En algunas playas existen diferencias de hasta 1 metro en las cotas,

variaciones cuyos orígenes hay que atribuirlos a efectos eólicos, sobrelavados y alteraciones antrópicas. En algunos casos, como la playa de Mar Azul, fue difícil establecer las condiciones de borde de los perfiles, ya que el espaldón natural es sistemáticamente enrasado y su zona distal ha sufrido alteraciones de morfología provocadas por los concesionarios de balnearios. A veces se explotan médanos cercanos para compensar la falta de arena; las zonas de préstamo pueden sufrir entonces erosión por causas no naturales. Esto se ha podido comprobar en las playas Viejo Lobo, Cozumel, Mar Azul, Bahía Bonita, HR y Costa Bonita.

**Pluviales.** El efecto de las tormentas sobre la playa genera canalización de agua de lluvia por las calles transversales a la costa y hacia el mar. En Villa Gesell, las calles recorren los intermédanos hoy asfaltados o consolidados. Las lluvias se encauzan por estas calles provocando canales y escarpas en la playa, por lo que en 1998/99 la Municipalidad construyó disipadores de la escorrentía para minimizar los efectos erosivos causados por las lluvias. También los pluviales pueden descargar directamente sobre los acantilados, produciendo una erosión vertical significativa en las paredes, facilitando el derrumbe del material y contribuyendo al retroceso de la línea de costa. Estos fenómenos se ha podido comprobar en playas como Viejo Lobo, Los Históricos, Caribe, Camet, playas desde el Faro a Chapadmalal, HR, Bahía Bonita y Costa Bonita.

**Fijación de médanos.** Otro problema es la estabilización de médanos costeros. Isla et al. (1998) analizaron este impacto que causó un angostamiento de la playa activa y un aumento del perfil de la playa, inclusive con la generación de sopladeros (blowouts) que provoca que la arena se mueva hacia el interior y aumenten los problemas de retroceso costero. Inclusive cita los trabajos realizados en Dinamarca donde se llevan a cabo deforestaciones adrede para ser "recuperadas" como áreas naturales (Jensen, 1997). Se observó que la fuente de alimentación de las playas de los partidos de Villa Gesell y Pinamar proviene de la deriva litoral del Sur y por la arena de los médanos costeros. Al sufrir forestación, hay un cambio en las características morfológicas, desde dunas transversales (en 1957) a parabólicas (en 1981), producido por disminución de la disponibilidad de arena a ser transportada. Esta disminución en los aportes ha afectado las playas inmediatamente al Sur que se transformaron en única fuente de aporte desde el sistema litoral hacia la barrera. Esto se ha podi-

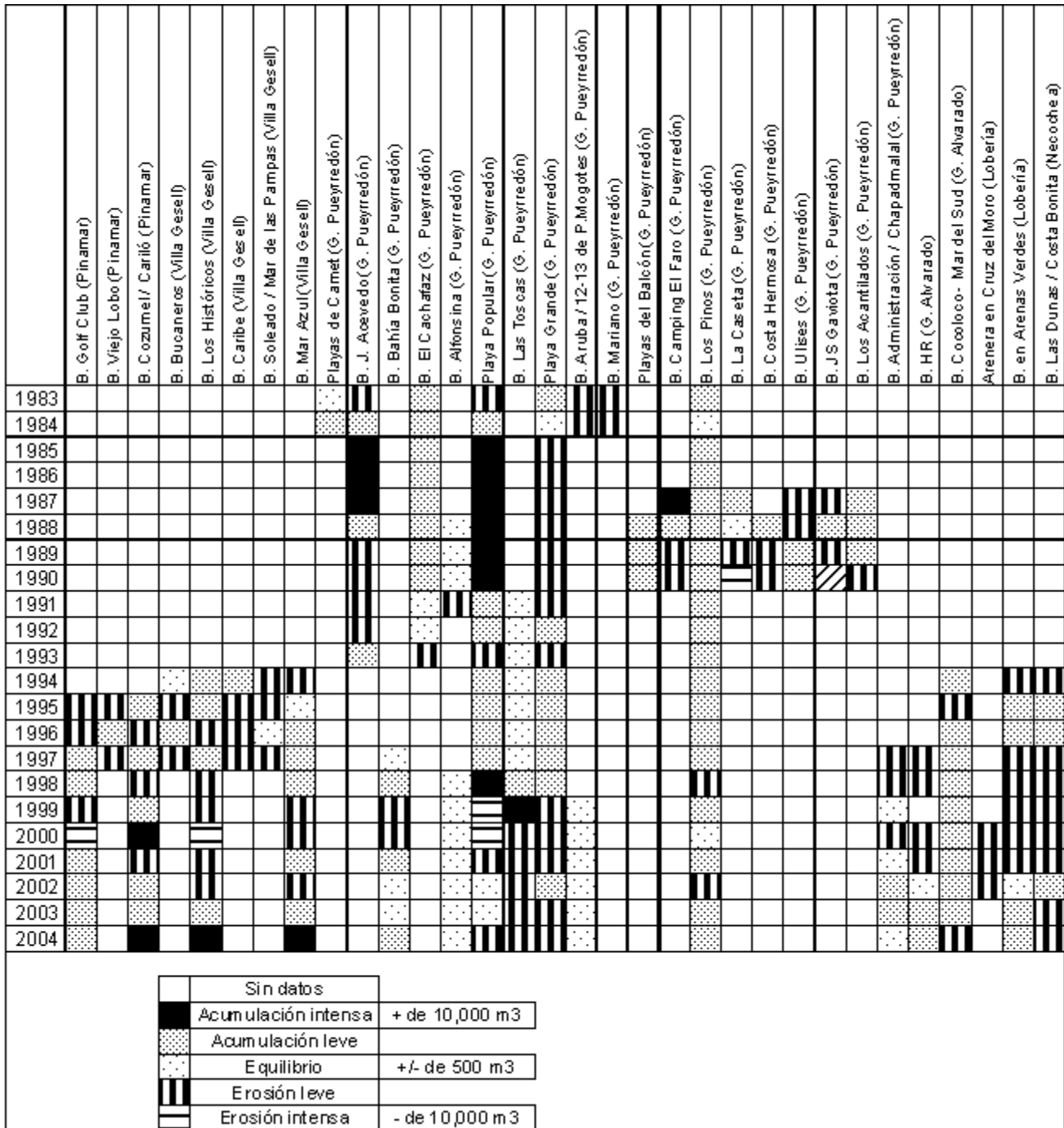


Tabla 5: Balances sedimentarios de las playas relevadas.

Table 5: Sedimentary balances of the raised beaches.

do comprobar en las playas Soleado y Mar Azul.

**Actividad Extractiva.** Muchas veces la erosión se ve incrementada por la extracción desproporcionada, que inclusive perdura a lo largo del tiempo una vez terminada dicha extracción, como lo afirman Marcomini y

López (1999); inclusive los citados autores encuentran una "onda de erosión" que se desplaza hacia el Norte, afectando zonas que están a varios kilómetros del área extractiva. Estos cambios por la extracción sobre la playa que afectan la playa distal y muchas veces la frontal, se han podido comprobar en las playas Alfar, Cruz del Moro,



Arenas Verdes y Costa Bonita. Actualmente hay una arenera privada que obtiene su material de la playa distal junto a la escollera Sur del Puerto de Mar del Plata.

## CONCLUSIONES

1. Hay cuatro procesos que interactúan en la modificación morfodinámica de las playas analizadas:

- Ciclos estacionales invierno/verano (durante fines del verano se recupera la arena perdida en el invierno),

- Ciclos episódicos ligados a períodos tormentosos y de inundaciones,

- Efectos antrópicos -ya sea en forma directa o indirecta-, como cambios inducidos en el perfil de la playa por movimiento de arenas por balnearios, refulado, impermeabilizaciones de costaneras, desagües pluviales a la playa o al frente del acantilado. Se aprecia que los procesos antropogénicos de alteración de playas superan a las variaciones morfodinámicas originadas por procesos naturales,

- La presencia de bancos arenosos submareales que modifican el ángulo de incidencia de las olas produciendo efectos locales.

2. Las playas refuladas han pasado de ser reflectivas a disipativas. Como sólo se ha modificado pendientes y granulometría (pero no el clima de olas), existe aún una importante erosión.

3. Las playas con erosión poseen pendientes generales que superan el 4%, mientras que las playas con acumulación tienen pendientes menores.

4. El aumento de la pendiente regional hacia el Norte indica playas más angostas y con menor disponibilidad de arena. Esto origina una mayor vulnerabilidad a las tormentas del Sur.

5. La refracción de olas del sudeste bonaerense explica la concentración casi continua de energía en determinados sitios de la costa (como los acantilados Marplatenses). Inclusive hay acumulación y divergencia de ortogonales separados por pocos kilómetros de distancia (inducida por los bancos sumergidos).

6. La protección de la costa no puede ser considerada como una responsabilidad individual, y por ello, si bien existen soluciones locales, no funcionan a escala regional, por lo tanto la defensa costera debe ser un esfuerzo cooperativo entre todos los municipios costeros.

## Agradecimientos

El autor agradece a los que realizaron los trabajos de campo desde que fue fundado el Centro de Geología

de Costas y del Cuaternario (1979) por el Dr. E. Schnack, por su impecable base de datos sobre perfiles, muestras sedimentológicas y fotografías de las playas bonaerenses. Al Lic. Luis Cortizo y Marcelo Farenga por la colaboración en los relevamientos desde 1990 a la actualidad, a la Téc. Susana Serra por los trabajos de laboratorio, y especialmente al Dr. F. Isla por su apoyo económico, de logística y su insistencia para que estos datos salgan a la luz. Agradezco especialmente a los Dres. Codignotto, Violante y Perillo por las importantes sugerencias aportadas para mejorar el manuscrito.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Battjes, J.**, 1974. Surf Similarity. Proceedings of the 14th Coastal Engineering Conference, ASCE: 466-480, Copenhagen.
- Bértola, G.**, 2001. 21 years of morphological modifications in an urbanized beach (Playa Grande, Mar del Plata), Argentina. *Thalassas* 17(2):21-36.
- Bértola, G.** y **S. Pastorino**, 1998. Experiencias de trampas de sedimento en las playas de Pinamar. Actas de las V Jornadas Geológicas y Geofísicas Bonaerenses:155-164, Mar del Plata.
- Bértola, G., Farenga, M., Cortizo, L. y F. Isla**, 1999. Dinámica morfológica de las playas de Villa Gesell (1994-1996), Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 54:23-35.
- Bruun, P.**, 1972. The history and phylosophy of coastal protection. Proceedings of the 13th Coastal Engineering Conference:33-74, Vancouver.
- Caviglia, F.**, 1993. Estudio de las corrientes a lo largo de la costa de Pinamar, Argentina. *Revista Pesquisas* 20:141-145.
- Caviglia, F., Pousa, J. y N. Lanfredi**, 1992. Transporte de sedimentos: una alternativa de cálculo. *Memorias del II Congreso de Ciencias de la Tierra*:413-422, Chile.
- CERC** (U.S. Army Coastal Engineering Research Center), 1966. Shore Protection, Planning and Design. Technical Report N°4, 3rd edition, Vicksburg, Mississippi. 700 pp.
- CERC** (U.S. Army Coastal Engineering Research Center), 1977. Shore Protection Manual (Third ed. -1984-), U.S. Government Printing Office, Vol. 1 a 4. 2000 pp. Washington DC, USA.
- CETN** (U.S. Army Coastal Engineering Technical Notes), 1990. Prediction of Eroded vs. Accreted beaches. Technical Report N° II-2 (9/90). 7 pp.
- Cortelezzi, C., Cazenueve, H., Levin, M. y F. Mouzo**, 1973. Estudio del movimiento de sedimentos en la zona del Puerto de Mar del Plata, mediante en uso de radioisótopos. *Revista del LEMIT, Serie II*, N°174:11-31.
- Cortizo, L. y F. Isla**, 2000. Land cover change and cliff retreat along the coasts of Necochea and Lobería, Argentina. IX Simposio Latinoamericano e Percepción Remota. Actas. 5 pp, Misiones.
- Dean, R.**, 1973. Heuristic models of sand transport in the surf zone. Proceeding of the Conference on Engineering Dynamics in the Surf Zone:208-214, Sydney, Australia.
- Del Río, J. y E. Schnack**, 1985. Efectos de tormenta en la depositación selectiva de minerales pesados en playas. *Revista de la Asociación Argentina de Mineralogía, Petrología y Sedimentología* 16:27-33.
- Duane, D., Field, M., Meisburger, E., Swift, D. y S. Williams**, 1972. Linear shoals on the Atlantic Inner Continental Shelf, Florida to Long Island. En: Swift D., Duane, D. y Pilkey, O. (Eds.). *Shelf*

- Sediment Transport: Process and Pattern 447-499, Stroudsburg.
- Dutch Ministry of Public Works**, 1989. Technisch Rapport N° 12. Strandhoofden en paalrijen, evaluatie werking. 60 pp, Amsterdam.
- Farenga, M., Adamini, R. y F. Isla**, 1993. Evaluación de playas de intensa extracción de arena: Ensenada Mogotes, Mar del Plata, Argentina, 1987-1990. *Thalassas* 10: 41-47.
- Fasano, J., Hernandez, M., Isla, F. y E. Schnack**, 1982. Aspectos evolutivos y ambientales de la laguna Mar Chiquita (Provincia de Buenos Aires). *Oceanologica Acta Número Especial*:285-292.
- Folk, R. y W. Ward**, 1957. Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentology and Petrology* 27(1): 3-26.
- Fox, W. y R. Davis Jr**, 1978. Seasonal variation in beach erosion and sedimentation on the Oregon coast. *Royal Society of American Bulletin* 89:1541-1549.
- Framiñan, M.**, 1987. Deriva litoral en la costa bonaerense. Informe final CONICET. 52 pp. (inédito).
- Framiñan, M.**, 1990. Transporte de sedimentos en Pinamar, Provincia de Buenos Aires. II Jornadas de Oceanografía Física y XVI Reunión Científica de Geofísica y Geodesia de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas, 15 pp, Bahía Blanca.
- Guza, R. y D. Inman**, 1975. Edge waves and beach cusps. *Journal of Geophysical Research* 80(21):2997-3012.
- Isla, F.**, 1992. Balance sedimentario y estacionalidad en 8 playas de Mar del Plata. *Thalassas* 11:11-21.
- Isla, F.**, 1994. Evaluación del deterioro de playas causado por el temporal del 24 de junio de 1994. Honorable Concejo Deliberante, Municipalidad de Pinamar, Mar del Plata, 18 pp. (inédito).
- Isla, F.**, 1995. Efectos de tormentas sudestadas en el litoral bonaerense durante 1993, Argentina. IV COLACMAR:111, Mar del Plata.
- Isla, F.**, 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., Witkin, G., Bertola, G., y M. Farenga**, 1994. Variaciones morfológicas decenales (1983-1993) de las playas de Mar del Plata. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 49(3/4):359-364.
- Isla, F., Cortizo, L. y E. Schnack**, 1996. Pleistocene and Holocene beaches and estuaries along the South Barrier of Buenos Aires, Argentina. *Quaternary Sciences Review* 15 :833-841.
- Isla, F., Farenga, M., Cortizo, L., Bertola, G. y S. Serra**, 1997. Dinámica morfosedimentaria de playas de arena y grava: Mar del Sur, Arenas Verdes y Costa Bonita. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 4(1):15-24.
- Isla, F., Bertola, G., Farenga, M., Serra, S. y L. Cortizo**, 1998. Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 5(1):41-51.
- Jensen, E.**, 1997. The Danish experience in recreation and planning in and around coastal dunes. In: *Coastal Dunes: Recreation and Planning*. Drees (ed.). 62 pp. EUCC, Leiden.
- Kokot, R.**, 1997. Littoral drift, evolution and management in Punta Médanos, Argentina. *Journal of Coastal Research* 13(1):192-197.
- Kraft, J., Allen, E., Belknap, D., John, C. y E. Maurmeyer**, 1976. Delaware's changing shoreline. Technical Report 1, Delaware Coastal Zone Program, 319 pp. Dover, Delaware.
- Lanfredi, N., Pousa, J., Mazio, C. y W. Dragani**, 1992. Wave-power potential along the coast of the Province of Buenos Aires, Argentina. *Energy* 17(11):997-1006.
- Lee, G., Nichols, R. J. y W. Birkemeier**, 1998. Storm-driven variability of the beach-nearshore profile at Duck, North Carolina. *Marine Geology* 148:163-177.
- Leonard, L., Dixon, K. y O. Pilkey**, 1990. A comparison of beach replenishment on the U.S. Atlantic, Pacific and Gulf coast. *Journal of Coastal Research* SI 6:127-140.
- López, R. y S. Marcomini**, 1998. Manejo costero asociado a la erosión de playas en la Provincia de Buenos Aires. X Congreso Latinoamericano de Geología:373-377.
- Marcomini, S. y R. López**, 1997. Influencia de la urbanización en la dinámica costera, Villa Gesell, Provincia de Buenos Aires, República Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 4(2):79-96.
- Marcomini, S. y R. López**, 1999. Alteración de la dinámica costanera por efecto de la explotación de arena de playa, Partido de General Alvarado, Provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 6(1/2):1-18.
- Masselink, G. y A. Short**, 1993. The effects of tide range on beach morphodynamics and morphology: a conceptual model. *Journal of Coastal Research* 9(3):785-800.
- McLean, R. y R. Kirk**, 1968. Relationship between grain size, size sorting and foreshore slope on mixed sand-shingle beaches. *New Zealand Journal of Geology and Geophysics* 12:138-155.
- Ministerio de Transporte, Obras Públicas y Obras Sanitarias del Gobierno de los Países Bajos**, 1997. Estudio del Puerto y la costa de Mar del Plata. Informe Interno de la Municipalidad de General Pueyrredón. 142 pp. (inédito).
- Parker, G., Perillo, G. y R. Violante**, 1978. Características geológicas de los bancos alineados (Linear Shoals), frente a Punta Médanos Provincia de Buenos Aires. *Acta Oceanographica Argentina* 2(1): 11-50.
- Peña, H. y N. Lanfredi**, 1988. Beach profile analysis by empiric orthogonal functions. *Journal of Coastal Research* 4(3): 457-463.
- Schnack, E.**, 2000. El Niño en el Plata. *Revista Museo* 3(14):57-60.
- Schnack, E., Fasano, J. y F. Isla**, 1982. The evolution of Mar Chiquita Lagoon coast, Buenos Aires Province, Argentina. Holocene sea level fluctuations: magnitude and causes. Colquhoun (ed.):143-155, South Carolina, USA.
- Schnack, E., Alvarez, J. y J. Cionchi**, 1983. El carácter erosivo de la línea de costa entre Mar Chiquita y Miramar, Provincia de Buenos Aires. UNMDP (ed.). *Oscilaciones del nivel del mar durante el último hemicycle deglacial en la Argentina*. Actas:118-129.
- Servicio de Hidrografía Naval**, 2000. Derrotero Argentino, Parte II: Costa Atlántica. Publicación H-202. 9na. Edición. 535 pp.
- Servicio de Hidrografía Naval**, 2003. Tablas de Marea. Publicación H-610. 350 pp.
- Servicio Meteorológico Nacional**, 2003. Estadísticas Climatológicas 91-00. Serie B, N°6, Fuerzas Armadas Argentinas. 148 pp.
- Short, A.**, 1978. Wave power and beach-stage: A global model. *Proceedings of the 16th Coastal Engineering Conference*:1145-1162, ASCE, Hamburg.
- Short, A.**, 1979. Three dimensional beach-stage model. *Journal of Geology* 87:553-571.
- Short, A.**, 1996. The role of wave height, period, slope, tide range and embayment situation in beach classifications: a review. *Revista Chilena de Historia Natural* 69:589-604.
- Short, A. y L. Wright**, 1984. Morphodynamics of high energy beaches: an Australian perspective. *Coastal Geomorphology in Australia*. Thom, B. (ed.) Academic Press Australia: 43-68.
- Short, A. y T. Aagaard**, 1993. Single and Multi-bar beach Change models. *Journal of Coastal Research*, SI 15:141-157.
- Spalletti, L. y M. Mazzoni**, 1979. Caracteres granulométricos de arenas de playa frontal, playa distal y médano del litoral bonaerense.

rense. Revista de la Asociación Geológica Argentina 34(1):12-30.

**Teruggi, M.**, 1959. Las arenas de la costa de la Provincia de Buenos Aires entre Cabo San Antonio y Bahía Blanca. Revista del LEMIT 2(77):1-37.

**Violante, R. y G. Parker**, 1992. Estratigrafía y rasgos evolutivos del

Pleistoceno medio a superior - Holoceno en la llanura costera de la región de Faro Querandí (Provincia de Buenos Aires). Revista de la Asociación Geológica Argentina 47(2):215-228.

**Wright, L. y A. Short**, 1984. Morphodynamic variability of surf zones and beaches: A Synthesis. Marine Geology 56:93-118.