

OLAS, TORMENTAS Y PLAYAS



Las playas son acumulaciones de sedimentos (arenas y rodados) de carácter transitorio y modeladas fundamentalmente por la acción del oleaje marino. Han sido utilizadas como lugares de esparcimiento a través de los tiempos y en torno a ellas se han creado facilidades para atender las demandas de su población estacional y permanente.

ENRIQUE J. SCHNACK (*)

JORGE L. POUSA (**)

FEDERICO I. ISLA (***)

La creciente ocupación de la franja litoral y las múltiples actividades conexas han originado problemas en el mantenimiento de las playas. La urbanización y obras de ingeniería costera, incluyendo los puertos, han modificado el curso de los procesos naturales de acumulación y erosión, gene-

rando necesidades adicionales de intervención a través de obras de defensa. En muchos lugares se utilizan arenas litorales para la construcción. Todas estas intervenciones contribuyen a la erosión costera, visiblemente reflejada en retrocesos de la línea de costa y en la desaparición o disminución de la superficie de playa disponible. La calidad estética también se ha visto afectada por las numerosas construcciones.

Las ondas de tormenta, que son fenómenos de carácter episódico, ejercen un notorio efecto destructivo en las playas; mientras que en aquellos sectores no intervenidos es común la restauración de la morfología durante los periodos de calma, esta condición no se cumple en sitios donde la intervención humana es significativa. De este modo, la erosión suele adquirir caracteres progresivos. Más del 80% de las costas arenosas del mundo están afectadas por procesos erosivos. Las playas del litoral atlántico bonaerense, en particular aquellas de mayor desarrollo turístico y urbano, no escapan a esta condición. Cabe destacar la necesidad de adoptar criterios modernos e integrados para el manejo de la zona costera.

Introducción

Las olas se producen por la acción del viento al soplar sobre la interfase entre la atmósfera y el mar y constituyen el ejemplo más conspicuo de ondas oceánicas de superficie. La existencia de esta relación entre el viento y las olas ya fue observada por Aristóteles (384-322 a. de J.C.), y desde entonces ha sido objeto de permanentes estudios.

Una ola transfiere una perturbación de una parte a otra del agua sin un movimiento sustancial neto del agua en sí misma. Lo que realmente transporta la ola es energía. A primera vista, el efecto de las olas sobre una pequeña boya sugiere que las partículas de agua se mueven hacia arriba y hacia abajo, pero una inspección más cuidadosa revela que si el agua tiene una profundidad adecuada, la boya describe una trayectoria aproximadamente circular en un plano vertical paralelo a la dirección del movimiento ondulatorio. Las partículas son desplazadas de su posición de equilibrio por una fuerza deformadora y luego retornan a ella por la acción de una fuerza recuperadora. También pueden existir ondas en la interfase entre dos masas de agua de diferente densidad en el interior del océano, y puesto que esa interfase es también una superficie, tales ondas son ondas de superficie en sentido estricto, pero los oceanógrafos se refieren a ellas como ondas internas.

Además del viento, las ondas de superficie pueden ser causadas por fuerzas externas que perturben al fluido. Dos de esas fuerzas externas son la actividad volcánico-sísmica submarina, que produce los temibles tsunamis, y la atracción gravitacional lunisolar, responsable de las mareas. Estas últimas son también una forma de movimiento ondulatorio. Las ondas oceánicas provocadas por fuerzas periódicas,

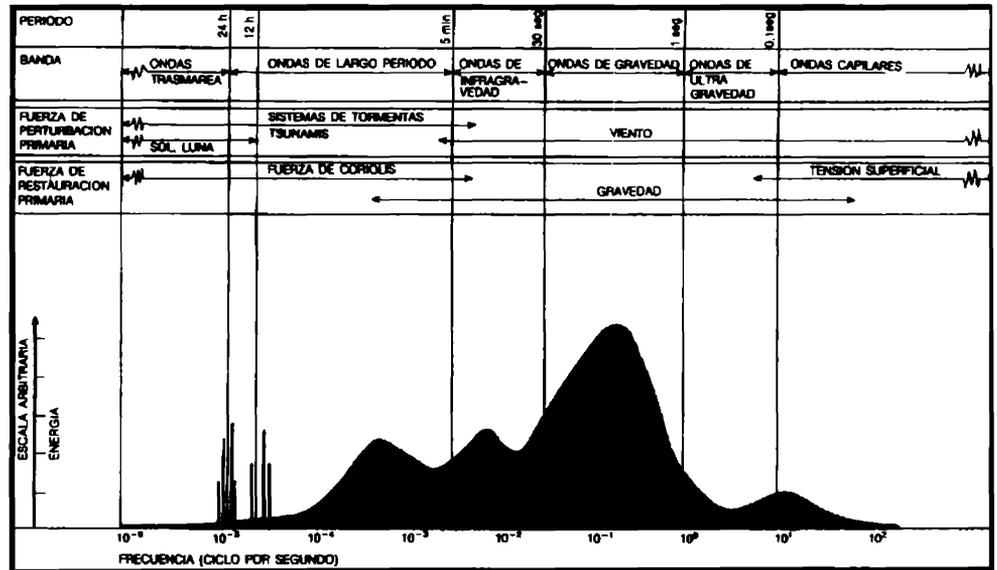


Fig. 1. Distribución aproximada de la energía de las ondas oceánicas de superficie.

como las mareas, tienen períodos coincidentes con los de las fuerzas causativas, pero la mayoría de las ondas restantes resultan de perturbaciones no periódicas.

Las partículas de agua son desplazadas de sus posiciones de equilibrio y para regresar a ellas requieren una fuerza recuperadora, que en el caso de las olas habituales es la gravedad. Las ondas de superficie pueden ser clasificadas de diversas maneras, por ejemplo, por su período o por su frecuencia. La figura 1 muestra el espectro de las ondas oceánicas de superficie y la distribución típica de energía (proporcional a las áreas bajo la curva) dentro de cada banda, así como las fuerzas primarias causativas y recuperadoras¹.



Fig. 2. Refracción de olas en las playas del sector céntrico de Mar del Plata.

Las olas en aguas poco profundas

Al aproximarse a la costa las olas comienzan a "sentir el fondo", su velocidad y longitud de onda disminuyen y las crestas se acercan entre sí. Cuando las olas llegan perpendicularmente a una playa rectilínea, las crestas se disponen paralelas a la playa. En cambio, si arriban a la costa formando un cierto ángulo con ella, o bien si la playa no es rectilínea, las olas se curvarán tratando de alinearse con las isobatas. Este curvamiento de las olas se conoce como refracción y es producido porque la porción de la cresta más cercana a la costa posee una velocidad menor que la de la porción que aún está en aguas más profundas. La

refracción provoca cambios en la altura de la ola y en su dirección en aguas someras (Fig. 2).

Como consecuencia de la aproximación oblicua de las olas a una costa rectilínea se establece una corriente litoral (paralela a la costa) en la región próxima a ésta, en la misma dirección del tren de olas y cuya velocidad media suele ser del orden de los 0,3 m/s. Las corrientes litorales se desarrollan mejor en presencia de costas

rectilíneas y constituyen una forma importante de mover sedimentos a lo

largo de playas de pendiente suave. En playas empinadas el transporte por lavado y retrolavado (perpendicular a la costa) es más importante que el producido por la corriente litoral. Cuando una ola rompe oblicuamente, el lavado empuja los sedimentos pendiente arriba formando un cierto ángulo con la costa. Sin embargo, el retrolavado arrastra los sedimentos pendiente abajo y en ángulo recto con la costa, de modo que sucesivas olas mueven el sedimento a lo largo de la costa en zigzag (Fig. 3).

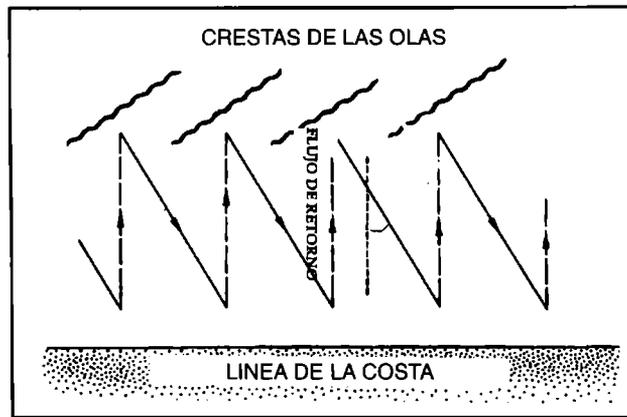


Fig. 3. Movimiento en zigzag de los sedimentos a lo largo de una playa inclinada por los efectos del lavado y retrolavado.

Ondas de tormenta y otros fenómenos catastróficos

El esquema regular de la marea astronómica es modificado, en mayor o menor medida, por factores meteorológicos irregulares que actúan sobre la superficie del mar. Las denominadas "ondas de tormenta" son el resultado de fuertes vientos que apilan las aguas sobre la costa, provocando inundaciones, pérdida de vidas, ingentes daños materiales y severa erosión costera, en especial cuando se combinan con la pleamar. Además del viento, la baja presión atmosférica en el centro de la tormenta ciclónica eleva aún más el nivel de las aguas (efecto de barómetro invertido). Para un sistema ciclónico estacionario y en equilibrio, una caída de presión de 3 kPa (≈ 30 mbar) puede elevar el nivel del mar en 0,3 m, pero la respuesta real puede ser mayor o menor que esa cantidad, según sea la topografía del fondo y la velocidad con que se mueva el centro de la tormenta. Por otra parte, en las planicies costeras bajas, una elevación del nivel medio del mar del orden del metro o superior puede ocasionar efectos erosivos posteriores como consecuencia del potente oleaje asociado con la tormenta. Quizás el ejemplo más doloroso de una onda de tormenta lo constituya la tragedia de Bangladesh del 12 de noviembre de 1970, cuando vientos de más de 200

km/h elevaron las aguas en alrededor de 9 m causando enormes inundaciones y la muerte de centenares de miles de personas. Cien años atrás el poeta bengalí Rabindranath Tagore (1861-1941) reflexionaba en *Sea-Waves* acerca de esta "furia brutal de la naturaleza", como él mismo calificó a la acción devastadora de los ciclones en la bahía de Bengala².

Otros fenómenos catastróficos incluyen a los "tsunamis" (Fig. 4). Este término es la transliteración de un vocablo japonés que significa "ola de puerto" (diferente del ascenso y descenso de la marea) y que se utiliza comúnmente para

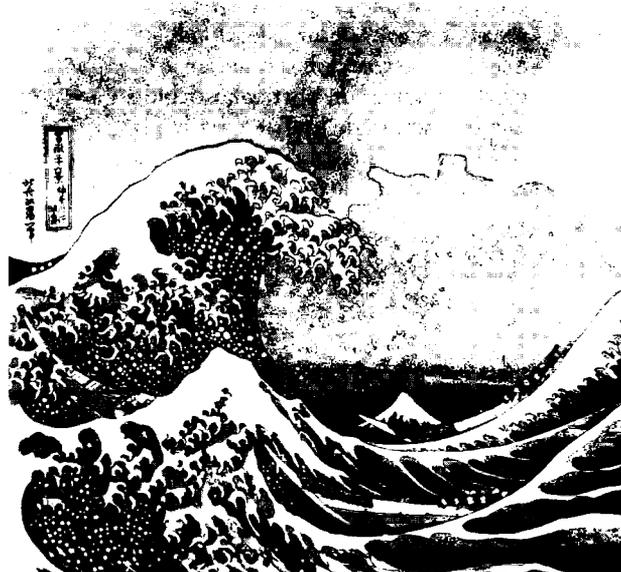


Fig. 4. Reproducción de la "gran ola" (tsunami) de Kanagawa, Japón (Colección Howard Mansfield, Museo Metropolitano de Arte, New York).

referirse a olas de gran longitud provocadas por actividad sísmica submarina; también se los designa como "maremotos". El viejo término "onda de marea" es incorrecto y no debe ser usado porque el mecanismo generador de los tsunamis es muy diferente al de las mareas. No toda actividad sísmica genera tsunamis, sino sólo aquella que involucra una

componente significativa perpendicular al fondo. A veces los tsunamis se generan por otras causas, como avalanchas o actividad volcánica submarinas. En mar abierto los tsunamis se comportan como cualquier otra ola de superficie, pero debido a su longitud (del orden de los 200 km) son esencialmente olas en aguas someras y por lo tanto su velocidad depende de la profundidad. En pleno océano, un tsunami puede superar los 700 km/h, casi la velocidad de crucero de un jet comercial, pero su altura es tan sólo del orden de un metro y carece de importancia para los barcos situados allí. Los tsunamis pueden ser refractados, reflejados o difractados por la presencia de islas o por la propia topografía submarina. A medida que se acercan a la costa, su velocidad disminuye y se empujan por efectos de bajo, convergencia y resonancia hasta alcanzar alturas de varios metros por encima del nivel medio del mar. En los registros mareográficos los tsunamis aparecen como oscilaciones cuasi periódicas superpuestas a la marea normal.

Dos casos pueden ilustrar los tremendos efectos de los tsunamis. El 27 de agosto de 1883 la isla volcánica de Krakatoa, en el estrecho de Sunda, entre Java y Sumatra, explotó y virtualmente desapareció provocando un tsunami que ahogó a 36.000 personas y que fue detectado hasta en regiones tan alejadas del punto crítico como Tierra del Fuego y las islas Georgias del Sur³.

En este siglo, el famoso terremoto de Chile del 22 de mayo de 1960 produjo uno de los mayores tsunamis de los tiempos actuales, cuyas consecuencias se hicieron sentir hasta en Japón, a 20.000 km del epicentro.

Las ondas de tormenta. Impactos en las playas

En un sentido amplio, la playa es una acumulación transitoria de sedimentos no consolidados (arenas, rodados) que se extiende desde algún rasgo morfológico distintivo en la porción terrestre de la costa (acantilado, pie de médano) hasta aquella profundidad donde las olas ya no ejercen una acción significativa sobre el fondo. Desde el punto de vista del bañista ocasional, en cambio, el límite exterior de la playa estaría situado en la línea de las bajamares medias. Es en este escenario donde se manifiestan con mayor dramatismo las ondas de tormenta y otros fenómenos destructivos.

Las ondas de tormenta que se desarrollan a lo largo de la costa argentina son de carácter extratropical. Aunque persistentes ondas de tormenta de alta energía se originan sobre el propio frente costero de la provincia de Buenos Aires, muchas de ellas provienen de la región austral de la plataforma continental argentina y llegan hasta el Río de la Plata después de recorrer cientos de kilómetros. Uno de los impactos más visibles de las ondas de tormenta en el litoral atlántico bonaerense es la erosión de sus playas. Los impactos más severos se registran en áreas desarrolladas, por lo que puede concluirse que las

Parece probable que una violenta explosión en la isla de Thera, en el Mar Egeo, en 1400 a. de J.C., haya originado un tsunami que arrasó la isla de Creta y destruyó la civilización minoica. Este mismo tsunami habría convertido brevemente a la península de Bardawil, al este de Port Said, en un puente de tierra. Un tal tsunami podría haber ayudado a Moisés a conducir a su pueblo fuera de Egipto y, muy poco después, la onda siguiente podría haber ahogado a la caballería del Faraón⁴.

tormentas constituyen fenómenos naturales recurrentes que en condiciones prístinas ejercen una acción temporaria sobre el sustrato, es decir, la playa recupera su perfil anterior al episodio. Es común que la alternancia de situaciones de calma y tormenta genere perfiles estacionales típicos de playa, reconocidos comúnmente como "de calma" y "de tormenta" (Fig. 5). Los procesos erosivos se tornan progresivos en las áreas de mayor desarrollo, donde existen construcciones costeras y urbanizaciones, en particular debido a la extracción de arenas para la industria de la construcción.

En cuanto a los impactos

costeros, varios investigadores se han ocupado de estudiar los procesos que afectan a la franja litoral desde el punto de vista de la erosión en playas agravada por la acción antropogénica, especialmente en la provincia de Buenos Aires. En Mar Chiquita, por ejemplo, se ha determinado un retroceso costero superior a los 5 m/año entre 1960 y 1975⁵. Otros estudios señalan procesos erosivos severos en Pinamar. Por su parte, en el Municipio de la Costa se ha detectado una fuerte erosión en las playas y en los cordones medanosos. La costa marplatense ha sufrido a través de varias décadas un proceso erosivo que se ha traducido, especialmente después de la construcción del puerto (1914-1919), en la degradación de las playas situadas hacia el norte (en el sentido de la deriva litoral) y que ha creado la necesidad de adoptar medidas de protección costera, tales como espigones y muros, entre otras alternativas "duras". Los impactos de las tormentas en las playas pueden ser simulados numéricamente⁶. Estos métodos pueden ser muy útiles para la formulación de programas de mantenimiento de playas.

Algunos casos típicos

Distintas tormentas han afectado a las playas del litoral atlántico bonaerense. En general, se las reconoce como "sudestadas". Las localidades que se mencionan están indicadas en la figura 6. Entre algunas de ellas, puede notarse la erosión producida en algún momento de la década de los años 50 en Monte Hermoso (Fig. 7). En marzo de 1987 se produjeron efectos destructivos sobre los balnearios Alfar y Mar Chiquita. La tormenta de

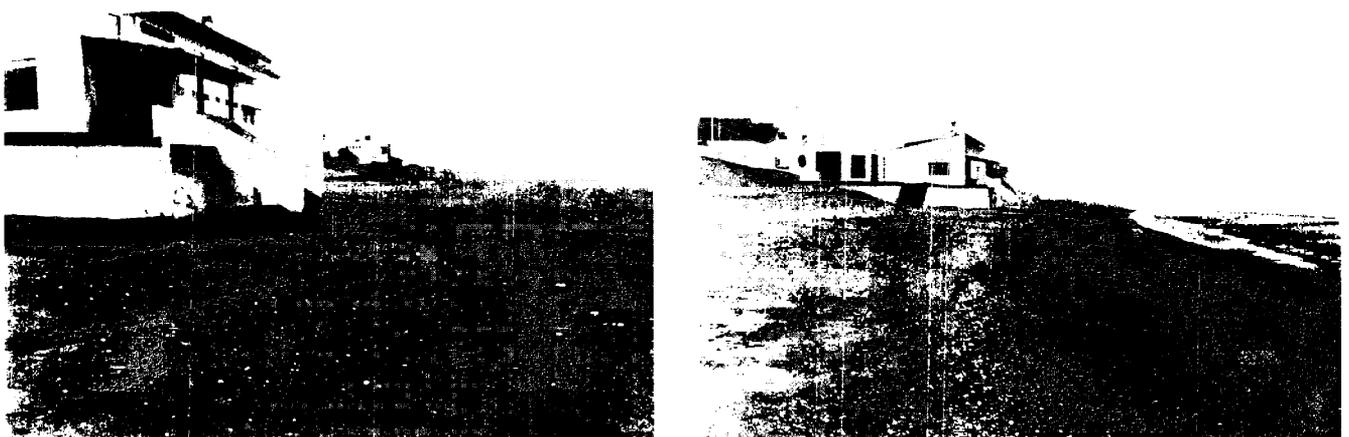


Fig. 5. Morfología de calma (izquierda) y tormenta (derecha) para una playa del litoral arenoso bonaerense. Nótese la mayor acumulación de sedimentos y la morfología más suave en el perfil de calma.

febrero de 1995 causó severos impactos en el Municipio de la Costa, tal como ocurrió en Mar del Tuyú, con destrucción de construcciones. El 8 de junio de 1993 las ondas de tormenta causaron erosión de playas y destrucción de inmuebles en Pinamar (Fig. 8). El 24 de junio de 1994 otra tormenta afectó, entre otros sitios, a la localidad de Pinamar, ocasionando severos daños (Fig. 9).

Las olas gigantes de Mar del Plata

Un caso de indudable interés lo constituye la serie de tres olas "gigantes" que afectara el sector céntrico de Mar del Plata el 21 de enero de 1954. Sobre este fenómeno, cuyo origen no se ha establecido aún, la crónica periodística (LA CAPITAL, 22 de enero de 1954) expresaba, entre otros comentarios: "Un oleaje de extraordinaria altura y violencia sorprendió ayer a los millares de bañistas que se hallaban en las playas... Eran aproximadamente las 11, cuando ocurrió el fenómeno marítimo. El cielo se había cubierto en ese momento, y amenazaba lluvia. El calor era intenso sin embargo. El oleaje no presentaba características de mar proceloso. Por el contrario: el flujo y reflujo del mar correspondía a la serenidad panorámica que presentaba el mar (sic). Pero de pronto, una ola gigante, a la que sucedieron de inmediato otras dos, produjo en las playas, especialmente en la Bristol, escenas de verdadero terror". En un recuadro agrega: "Un hecho similar ocurrió en 1945. En efecto, por esta misma fecha las personas que se hallaban en la escollera Norte se vieron sorprendidas por cuatro olas inmensas que causaron pánico, dejando un considerable saldo de heridos". Finalmente, al pie de la fotografía del lugar tomada después del episodio (no reproducida aquí por

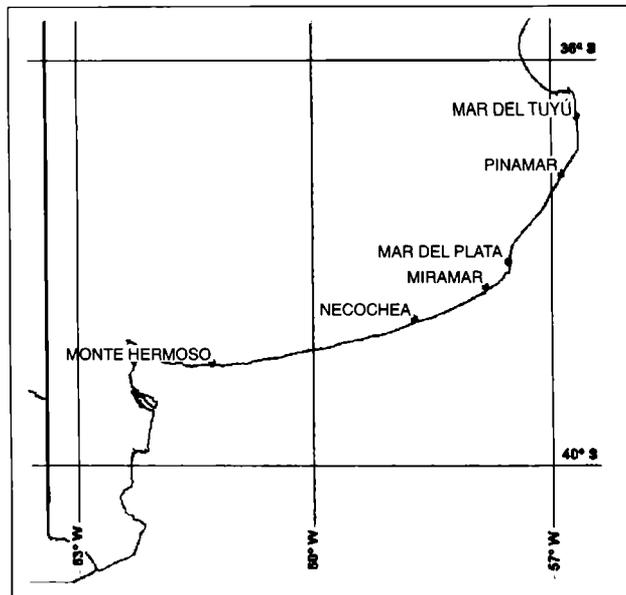


Fig. 6. Ubicación de las principales localidades costeras de la provincia de Buenos Aires.



Fig. 7. Erosión al pie del frente medianoso en la localidad de Monte Hermoso, como consecuencia de una tormenta ocurrida en la década del '50 (fotografía cedida por un lugareño a E. Schnack).



Fig. 8. Erosión de la playa y destrucción de inmuebles en Pinamar durante la tormenta del 8 de junio de 1993.

su deficiente calidad), expresa: "Poco después de ocurrido el maremoto que puso en las playas una nota inusitada, el mar recobró extraordinaria placidez". La recurrencia de estas situaciones no es bien conocida y presenta un desafío para la investigación de los fenómenos episódicos que pueden afectar a las costas.

Vulnerabilidad de la costa y alternativas de manejo

Considerando que los fenómenos de carácter episódico afectan con mayor severidad a las zonas más pobladas, un análisis de la vulnerabilidad debe basarse en los factores naturales (nivel del mar, tormentas, otros agentes) y antrópicos (población, urbanización, turismo). Tales fenómenos son considerados como catástrofes o desastres porque afectan a las obras y vidas humanas. Esto conlleva la valoración de los impactos social-económicos, la cuantificación de daños en superficie perdida, infraestructura y costos en general, incluyendo perjuicios directos a la población.

En consecuencia, el manejo de las costas arenosas no debe basarse solamente en criterios de protección. Cualquier método de defensa, exitoso y razonablemente económico, ha de permitir minimizar los efectos destructivos naturales sin afectar el balance sedimentario y la calidad estética de las playas. Los espigones, por ejemplo, interrumpen la deriva litoral favoreciendo la acumulación puntual en las playas pero provocando erosión hacia los sectores situados en el sentido de la deriva litoral. La opción más recomendable y

de mayor vigencia actual en el mundo es el repoblamiento artificial de las playas, ocasionalmente combinado con alternativas "duras". La idea básica consiste en extraer arena del lecho submarino y depositarla en la zona de playa, ya sea en la rompiente o bien en su porción expuesta. El relleno artificial de playas es una práctica común en países desarrollados, tales como los Estados Unidos, Alemania, Holanda, Francia, Dinamarca, Australia, y en países en vías de desarrollo, como Brasil, en especial en aquellas playas cuya manutención es económicamente rentable, a veces como defensa natural de edificios o avenidas costaneras. En la Argentina no se han aplicado aún estos procedimientos, a pesar de haber sido sugeridos^{7,8}.

Se desprende, entonces, la conveniencia de adoptar el concepto de "manejo costero" como criterio superador de los tradicionales procedimientos de "protección costera", habitualmente limitados a las soluciones estructurales y realizados por lo general sin estudios de base o de impacto ambiental.



Fig. 9. Erosión y destrucción de inmuebles en playas de Pinamar durante la tormenta del 24 de junio de 1994.

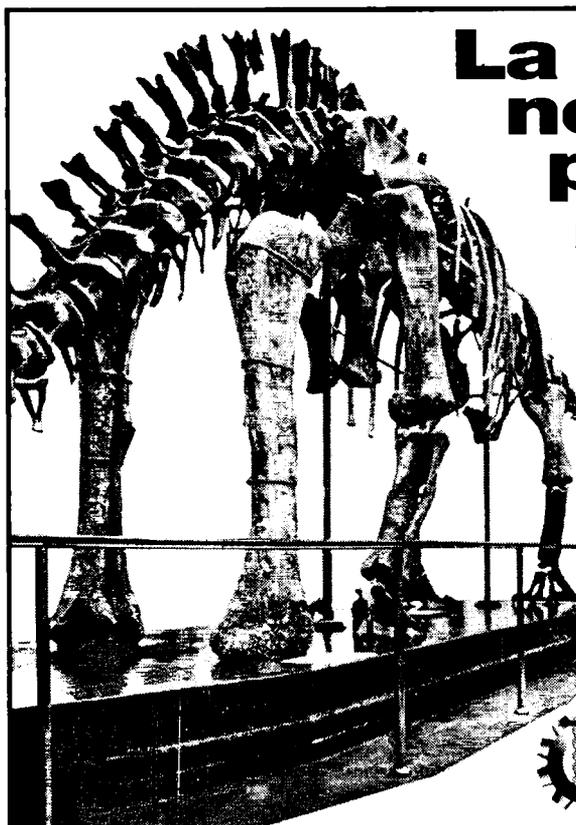
* Laboratorio de Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP - CIC.

** Laboratorio de Oceanografía Costera, Facultad de Ciencias Naturales y Museo UNLP - CONICET.

*** Centro de Geología y Costas, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales UNMdP - CONICET.

Referencias

1. Kinsman, B. 1965. Wind Waves. Prentice-Hall Inc., New Jersey.
2. Walsh, J. and W. Stewart. 1991. Wind of Doom. TIME international 137 N° 19: 6-8.
3. Pugh, D. J. 1987. Tides, Surges and Mean Sea-Level. J. Wiley & Sons Ltd., Chichester.
4. Lear, J. 1966. The volcano that shaped the Western World. Saturday Review of Literature, Nov. 5: 57-66.
5. Schnack, E. J. 1985. Argentina. In: The World's Coastlines. Van Nostrand-Reinhold Co., New York, pp. 69-78.
6. Caviglia, F. J. and J. L. Pousa. 1996. Beach profile response simulation to storms on the Argentine coast. Shore & Beach 64 (2): 11-15.
7. Schnack, E. J. 1982. La explotación de arenas y la erosión costera. LA CAPITAL, 26 de octubre de 1982, Mar del Plata, p. 4.
8. Isla, F. I. and E. J. Schnack. 1984. Repoblamiento artificial de playas. Sus posibilidades de aplicación en la costa marplatense, Provincia de Buenos Aires. En: Actas IX Congr. Geol. Argent. 6: 202-217.



La Bolsa no es sólo para exclusivos.

La competitividad requiere de nuevas estrategias. La apertura del capital, la emisión de obligaciones negociables y las posibilidades que brindan todos los instrumentos que diariamente cotizan en la Bolsa de Comercio de La Plata son las herramientas adecuadas para convertirse en el motor del crecimiento económico para las empresas de la región, canalizando los ahorros de la comunidad, para financiar el desarrollo con bases sólidas y transparentes.

Participar en el mercado de capitales le permitirá a su empresa obtener las siguientes ventajas:

- Financiamiento a bajo costo de sus emprendimientos.
- Mejoramiento de condiciones para obtener créditos.
- Disponer de información sobre comercio y mercados exteriores.

La Bolsa no es sólo para los grandes.
Asesórese hoy mismo. Su empresa también puede beneficiarse participando del mercado de capitales. **Lo esperamos.**

Bolsa de Comercio de La Plata

Calle 48 N° 515 - 1900 La Plata, Buenos Aires, Argentina
Tels./Fax (021) 21-7202 y Líneas Rotativas
E-Mail: bclp@netverk.com.ar
<http://www/instituciones/bolsa>