



Los ambientes costeros han sido modificados como consecuencia de la ocupación antrópica ocasionando, principalmente, problemas de erosión costera. A ello se le suma la influencia que tiene la variabilidad climática que afecta, con mayor énfasis, a los ambientes costeros. Entre estas influencias, el aumento del nivel medio del mar es uno de los principales. La disponibilidad de datos geomorfológicos, oceanográficos, y meteorológicos son relevantes para la comprensión de las interacciones que involucran estos procesos. Las soluciones a estas problemáticas requieren de un conocimiento de su dinámica natural que permitan mitigar sus efectos.

Este manual cumple con una premisa fundamental: ayudar a los miembros de las comunidades costeras a participar activamente en la recopilación de datos para ser protectores de su ambiente. Este es también uno de los objetivos del proyecto financiado por la Comunidad Económica Europea (CEE), dentro del 7° Programa Marco, denominado "Gestión de los recursos ambientales basados en la acción comunitaria en América Latina" (COMET-LA). El Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), la Universidad Nacional del Sur y la Fundación Aquamarina conforman el grupo argentino del proyecto COMET-LA, denominado COMET-Argentina.

M. Luján Bustos
M. Andrea Huamantínco Cisneros
Gerardo M.E. Perillo
M. Cintia Piccolo

Métodos sencillos para la medición de perfiles de playa y observaciones costeras



M. Luján Bustos
M. Andrea Huamantínco Cisneros
Gerardo M.E. Perillo
M. Cintia Piccolo

**MÉTODOS SENCILLOS
PARA LA MEDICIÓN
DE PERFILES DE PLAYA
Y OBSERVACIONES
COSTERAS**



Métodos sencillos para la medición de perfiles de playa y observaciones costeras / M. Luján Bustos ... [et.al.]. - 1a ed. - Bahía Blanca : Editorial de la Universidad Nacional del Sur. Ediuns, 2013. 55 p. ; 21x15 cm.

ISBN 978-987-1907-37-3

1. Geografía Argentina. I. Bustos, M. Luján
CDD 910.82

Fecha de catalogación: 31/05/2013



**Editorial de la Universidad
Nacional del Sur**
ediuns@uns.edu.ar
www.ediuns.uns.edu.ar



**Red de Editoriales
de Universidades nacionales**

LIBRO UNIVERSITARIO ARGENTINO

No se permite la reproducción parcial o total, el alquiler, la transmisión o la transformación de este libro, en cualquier forma o por cualquier medio, sea electrónico o mecánico, mediante fotocopias, digitalización u otros métodos, sin el permiso previo y escrito del editor. Su infracción está penada por las leyes 11.723 y 25.446.

Diagramación interior y de tapa: Fabian Luzi

Queda hecho el depósito que establece la ley 11.723
Bahía Blanca, Argentina, junio de 2013
©2013 Universidad Nacional del Sur

Métodos sencillos para la medición de perfiles de playa y observaciones costeras

M. Luján Bustos^{1,2}, M. Andrea Huamantincó Cisneros^{1,2}
Gerardo M.E. Perillo^{1,2,3} y M. Cintia Piccolo^{1,2,3}

¹ Proyecto: Gestión de los recursos ambientales basados en la acción comunitaria en América Latina (COMET-LA)
cometargentina@gmail.com

Instituto Argentino de Oceanografía

² CONICET-UNS

Florida 7500

B8000FWB Bahía Blanca – Buenos Aires – Argentina

mlbustos@criba.edu.ar – mandreahc@criba.edu.ar

³ Departamento de Geología

Universidad Nacional del Sur

San Juan 670

8000 Bahía Blanca – Buenos Aires – Argentina

gmepерillo@criba.edu.ar

⁴ Departamento de Geografía y Turismo

Universidad Nacional del Sur

12 de Octubre y San Juan

8000 Bahía Blanca – Buenos Aires – Argentina

ofpiccolo@criba.edu.ar



ÍNDICE

PRÓLOGO	7
1. INTRODUCCIÓN	9
2. ELEMENTOS DE LA DINÁMICA COSTERA	10
2.1. Definición de costa	10
2.2. Características de la costa	11
2.3. Mareas	13
2.4. Olas	18
2.5. Playas	20
3. MEDICIONES PARA EL MONITOREO DE LA PLAYA	25
3.1. Elección del día de medición	25
3.1.1. Las tablas de mareas	25
3.1.2. Condiciones meteorológicas	27
3.1.3. Frecuencia de las mediciones	27
3.2. Lugar de medición	28
3.3. Observador	28
3.4. Medición de perfiles de playa	28
3.4.1. Método de Emery	29
3.4.2. Representación gráfica del perfil	34
4. MEDICIONES OCEANOGRÁFICAS	38
4.1. Elección del día de medición	38
4.2. Frecuencia de medición	38
4.3. Lugar de medición	39

4.4. Observador	39
4.5. Olas	39
4.5.1. Altura de la rompiente de la ola	41
4.5.2. Período de las olas	42
4.5.3. Número y tipo de rompientes	42
4.5.4. Ángulo	43
4.5.5. Ancho de la zona de deslizamiento	43
4.5.6. Ancho de la zona de lavado	43
4.5.7. Corrientes litorales	43
4.5.7.1. Distancia de la corriente litoral	45
4.5.7.2. Velocidad de la corriente litoral	46
4.5.7.3. Dirección de la corriente litoral	46
4.5.7.4. Corrientes de retorno	48
5. MEDICIONES METEOROLÓGICAS	48
5.1. Dirección del viento	48
5.2. Velocidad del viento	49
6. CONCLUSIONES	49
7. GLOSARIO	51
8. REFERENCIAS	55

PRÓLOGO

Los ambientes costeros han sido modificados como consecuencia de la ocupación antrópica ocasionando, principalmente, problemas de erosión costera. A ello se le suma la influencia que tiene la variabilidad climática que afecta, con mayor énfasis, a los ambientes costeros. Entre estas influencias, el aumento del nivel medio del mar es uno de los principales. La disponibilidad de datos geomorfológicos, oceanográficos y meteorológicos son relevantes para la comprensión de las interacciones que involucran estos procesos. Las soluciones a estas problemáticas requieren de un conocimiento de su dinámica natural que permitan mitigar sus efectos.

Este manual cumple con una premisa fundamental: ayudar a los miembros de las comunidades costeras a participar activamente en la recopilación de datos para ser protectores de su ambiente. Este es también uno de los objetivos del proyecto financiado por la Comunidad Económica Europea (CEE), dentro del 7º Programa Marco, denominado “Gestión de los recursos ambientales basados en la acción comunitaria en América Latina” (COMET-LA) bajo la coordinación general de la Dra. María del Mar Delgado de la Universidad de Córdoba (España). El Instituto Argentino de Oceanografía (IADO), la Universidad Nacional del Sur y la Fundación Aquamarina conforman el grupo argentino del proyecto COMET-LA, denominado COMET-Argentina.

Por tanto, los autores agradecen a la CEE por el apoyo financiero para la publicación y distribución del presente trabajo. Así como también, a los miembros de las diferentes comunidades costeras de la provincia de Buenos Aires, dado que, a partir del interés en conocer más acerca de sus playas, se organizaron cursos de entrenamiento que, en gran medida, han permitido testear la validez del manual.

Asimismo, los autores extienden su agradecimiento a los revisores que aseguran la calidad de la información presentada y a la EdiUNS por el apoyo brindado en todas las etapas de edición.

Bahía Blanca, marzo de 2013

M. Luján Bustos
M. Andrea Huamantínco Cisneros
Gerardo M. E. Perillo
M. Cintia Piccolo

1. INTRODUCCIÓN

El conocimiento de las características y dinámica del ambiente costero favorece la planificación de las actividades realizadas por el hombre. Por lo que es necesario que se considere el establecimiento de una base de datos estadísticos continuos de las condiciones oceanográficas y morfológicas de los sitios costeros. Esta información será la que permita desarrollar un marco legislativo que regule los futuros emprendimientos costeros. Una regulación deficiente y la falta de controles generan problemas como erosión costera, disminución de la biodiversidad, daños en infraestructura, entre otros.

Cuando se carece de instrumental para la observación permanente de un ambiente costero, es necesario recurrir a mediciones simples. Por ello, los datos oceanográficos y morfológicos de la playa deben ser obtenidos mediante un plan de observaciones continuo realizado por personas responsables y capacitadas. Los métodos de obtención de datos en las zonas costeras deben ser sencillos, eficaces y de bajo costo operativo para realizarlos en forma continua por largos períodos de tiempo. Este manual contribuye a ese objetivo: explicar técnicas sencillas para el monitoreo de la zona costera y poder así contribuir al conocimiento de su dinámica.

Para el monitoreo de la geomorfología de la playa se recurrió al método propuesto por Emery (1961) mediante la modificación presentada por Spagnolo *et al.* (1992). En el caso de las observaciones oceanográficas se utilizaron las metodologías desarrolladas en el *Programa de Observaciones Costeras* (POC) de Perillo y Piccolo (1987). Los métodos aquí presentados se basan en observaciones visuales y/o instrumental simple, de bajo costo y fácil manejo que permiten obtener un registro de datos continuo y con un nivel de error aceptable.

En su mayoría se trata de técnicas de observación visual de carácter subjetivo cuyo margen de error disminuye a medida que aumenta la serie de mediciones. Es importante el entrenamiento y control periódico del trabajo del observador. Por lo tanto, el objetivo de este manual es presentar un conjunto de herramientas teóricas y metodológicas sencillas de monitoreo costero que permitan capacitar a futuros observadores en el seguimiento de la evolución y dinámica geomorfológica y oceanográfica de diferentes costas.

2. ELEMENTOS DE LA DINÁMICA COSTERA

2.1. Definición de costa

Se denomina *costa* a la zona de contacto entre el mar y el continente, cuya delimitación suele ser imprecisa. La definición de Codignotto (1987) señala a la costa como una franja de tierra de ancho variable que se extiende desde la línea de costa tierra adentro hasta el primer cambio importante en los rasgos morfogenéticos del terreno. El término *costa* incluye la región continental que se extiende hasta los acantilados costeros, campos de médanos y estuarios (Komar, 1998). Para llegar a un término más específico, se toma como límite hasta donde existe influencia marina significativa (Perillo y Codignotto, 1989).

Según Komar (1976), la *playa* (Fig. 1) es la acumulación de sedimento no consolidado (arena, guijarros, cantos rodados, entre otros) que se extiende desde la línea media de bajamar hasta algún cambio fisiográfico importante como un acantilado, un campo de médanos o un punto con vegetación permanente. El autor señala que esta definición es insuficiente ya que requiere un término más amplio que incluya no solo la parte aérea de la playa sino también la sumergida. La importancia de esta última radica en que en ella ocurren los procesos que son responsables de la formación de la playa. De esta manera, se señala el término *litoral* como representativo de todo el ambiente. El término *costa* es más abarcativo ya que se extiende a la zona continental al incluir, por ejemplo, acantilados, algunas terrazas marinas y campos de médanos; el límite hacia el mar es indefinido.



Figura 1. Playa de la localidad de Monte Hermoso (Argentina). Foto: MAHC.

2.2. Características de la costa

La forma de la costa se encuentra afectada por diferentes procesos. Según Masselink y Hughes (2003), “la morfodinámica costera se entiende como el mutuo ajuste de la topografía y la dinámica de fluidos que implica el transporte de sedimentos”. Por ello, es necesario el conocimiento de los procesos que controlan esta morfología, entre los que se destacan los siguientes factores ambientales: a) *geología*, b) *sedimentos* y c) *procesos dinámicos* (Masselink y Hughes, 2003).

- a. *Geología*. Determinada por el estado inicial de la costa, incluye la geología local y regional y el estado morfológico preexistente. Por ejemplo, la configuración de la línea de costa. (que controlará los procesos de transformación de olas) y la litología (que, en especial en costas rocosas, controlará la tasa de erosión o el desarrollo de acantilados).
- b. *Sedimentos*. Este factor, esencial en la evolución costera, depende de la naturaleza y disponibilidad del material no consolidado. El origen de los sedimentos puede ser marino, fluvial, terrestre o biológico. Los materiales que los componen varían de lugar en lugar, especialmente en el tamaño de la partícula. La disponibilidad del material depende de la localización y cantidad de sedimentos que posee la fuente de los mismos y de los procesos del transporte de sedimento entre la fuente y el área de la costa.
- d. *Procesos dinámicos*. Incluye todos los procesos que proveen energía al sistema costero. Las fuentes de energía pueden ser: 1) *atmosféricas*, como vientos costeros, temperatura, precipitación; 2) *terrestres*, como los flujos de ríos; y 3) *marinas*, que incluyen olas, corrientes y mareas.

En el sistema costero estos procesos se interrelacionan y, a su vez, son controlados por condiciones ambientales que operan fuera de los límites del sistema mencionado. El transporte de sedimentos proporciona el mecanismo de unión entre los procesos y la morfología (Masselink y Hughes, 2003). De esta forma, por ejemplo, en condiciones de tiempo calmo, las olas de largo período

transportan la arena hacia la playa, dando como resultado una playa de acreción. Por el contrario, en eventos extremos (tormentas) se producen olas de corto período y en proporción altas que, en un tiempo relativamente corto, generan grandes cambios en la playa. Así, los sedimentos son transportados hacia el mar resultando una playa erosionada.

Dentro de los procesos dinámicos, las fuentes de energía de mayor importancia para las tareas de medición presentadas en este manual, son las mareas y olas. Estos procesos marinos se pueden incluir dentro del marco de la teoría de ondas. La figura 2 presenta los principales tipos de ondas observables en el océano, las fuerzas que las generan, aquellas que las restablecen y la energía relativa que cada una lleva asociada. Entre ellas se destacan como principales fuentes de energía a las mareas y a las olas.

Por *fuerzas generadoras* se entiende a aquellas, como el caso del viento o la atracción gravitatoria del Sol y la Luna, que producen un desplazamiento del agua desde su posición de reposo. Este desplazamiento indica el nivel de energía que es transferido al fluido por el factor generador. Por su parte, las *fuerzas restitutivas* son aquellas que tratan de hacer volver al fluido a su estado de equilibrio inicial.

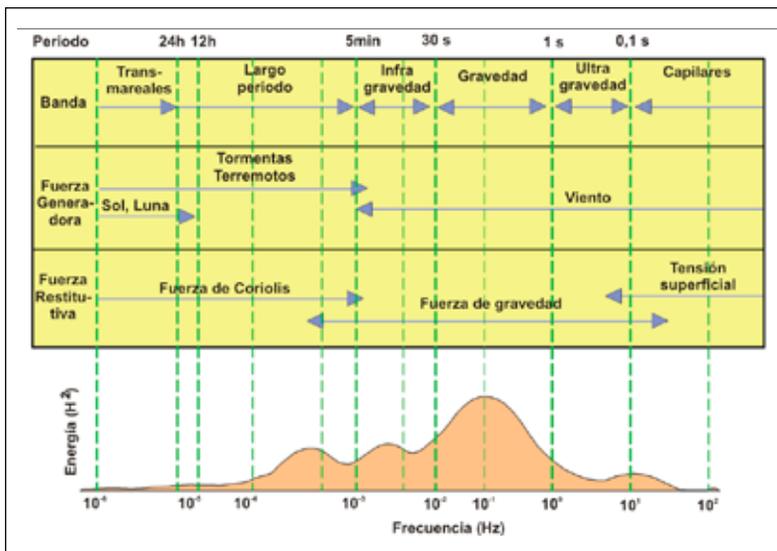


Figura 2. Representación de la energía de las olas en el océano (Modificado de Kinsman, 1984).

2.3. Mareas

Las *mareas* son ondas producidas principalmente por las fuerzas gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol. En las grandes masas oceánicas los efectos son más sensibles que sobre los continentes, donde la amplitud de marea solo alcanza unos pocos centímetros (Strahler y Strahler, 2000).

Se denomina *pleamar* al máximo nivel alcanzado por el agua en cada marea creciente y *bajamar* al mínimo nivel del agua en marea bajante. Asimismo, las líneas medias de pleamar o bajamar corresponden al nivel medio de todas las pleamares y bajamares, respectivamente, medidas por un período superior a diez años. En el caso de flujos reversibles, el momento en que la corriente de marea cambia de dirección (de pleamar a bajamar y viceversa) se denomina *estoa* y se caracteriza por una velocidad igual a cero o muy cercana a ello.

La Luna y el Sol controlan la hora de las bajamares y pleamares. El Sol se encuentra a mayor distancia de la Tierra pero por su mayor tamaño modifica el grado de ascenso y descenso del nivel del mar en diferentes épocas del año. La Luna, si bien es más pequeña, se encuentra más cerca de la Tierra. A causa de estas atracciones se producen las *mareas de sicigia* y *de cuadratura*. Las *mareas de sicigia* se producen dos veces al mes (cada 14 días) durante las fases de la Luna llena y nueva, es decir, cuando el Sol, la Luna y la Tierra se encuentran alineados en conjunción o en oposición (Fig. 3). Se representa por las pleamares de mayor altura y las bajamares más bajas. Dos veces al año, en los equinoccios de otoño y primavera, cuando el Sol y la Luna se encuentran sobre el Ecuador, estas mareas obtienen los valores máximos de las sicigias (Fig. 4). Las *mareas de cuadratura* se originan en las fases lunares de cuadratura, es decir, cuarto menguante y cuarto creciente. La fuerza de atracción solar contrarresta la fuerza lunar originando mareas de poca oscilación (Fig. 3).

A su vez, la magnitud de las mareas también depende de la rotación de la Luna alrededor de la Tierra. Por ello, se pueden diferenciar dos tipos de mareas: *de perigeo* y *de apogeo*. Las *mareas de perigeo* se producen cuando la Luna se encuentra en el perigeo de su órbita, la posición más cercana a la Tierra. La fuerza productora de mareas es superior a la fuerza media y genera este tipo de mareas. El intervalo de tiempo entre dos perigeos sucesivos es de

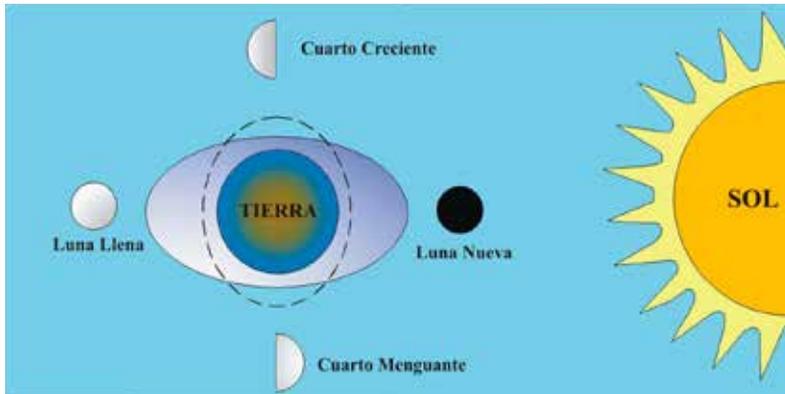


Figura 3. Fase de la Luna en conjunción (Luna nueva), en oposición (Luna llena) y en cuadratura (Luna en cuarto creciente y menguante).

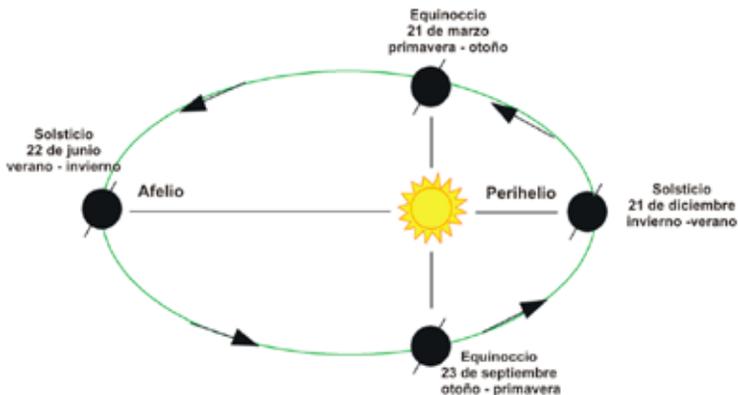


Figura 4. Posiciones de la Tierra en su órbita alrededor del Sol.

27,5 días. Las *mareas de apogeo* se originan cuando la Luna se encuentra a mayor distancia de la Tierra, es decir que en el apogeo, las mareas son inferiores a la media.

Así, las mayores mareas se producen al coincidir mareas de sicigia de oposición con mareas de perigeo. Del mismo modo, al coincidir mareas de cuadratura con mareas de apogeo, la oscilación del nivel del mar es muy pequeña.

La Tierra en su movimiento de rotación sobre sí misma tarda 24 horas. En cambio, la Luna tarda en dar una vuelta alrededor

de la Tierra 27 días, 7 horas y 43 minutos; que es el tiempo en el que se producen las cuatro fases lunares: nueva, cuarto creciente, llena y cuarto menguante (Fig. 5).

Según la zona geográfica y sus características, se pueden observar diferentes frecuencias de las pleamares y las bajamares. Se definen entonces tres tipos de mareas: *semidiurnas*, *diurnas* y *mixtas*.

- a) *Mareas semidiurnas*: Se generan cuando en el transcurso de un día lunar (24 h 50 min) se producen dos pleamares y dos bajamares de igual altura. Es decir que, cada 6 h 13 min, se produce una pleamar o una bajamar.
- b) *Mareas diurnas*: Tienen lugar cuando, en el transcurso del día lunar, se producen una pleamar y una bajamar cada 12 h 25 min. Este tipo de mareas es normal en las latitudes bajas.
- c) *Mareas mixtas*: Se originan cuando, durante un día lunar, se generan dos pleamares y una bajamar o dos bajamares y una pleamar. En este caso, las pleamares y bajamares consecutivas son de diferente altura.

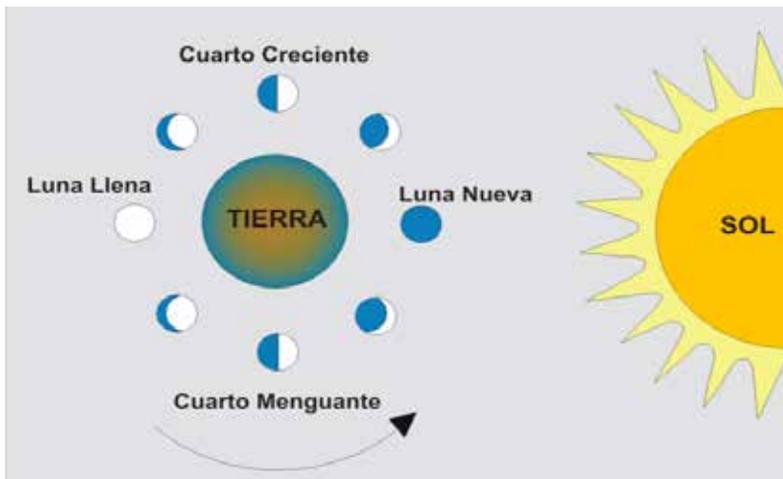


Figura 5. Fases de la Luna en su órbita alrededor de la Tierra.

Por otra parte, se encuentra la clasificación según el rango de marea que presente la costa. Este concepto que se refiere a la altura del agua entre pleamares y bajamares medias sucesivas. El rango depende de la pendiente y del ancho de la plataforma continental, la ubicación y forma de los continentes y la presencia de amplias zonas de bahías. De esta manera, la distribución de los rangos de marea se vincula principalmente con la configuración costera. Así podemos encontrar zonas rangos *macromareales*, *mesomareales* y *micromareales*.

- a) *Rangos macromareales*: Se caracterizan por rangos de marea que superan los 4 m y son comúnmente observados en mares semicerrados y en las cabeceras de los estuarios.
- b) *Rangos micromareales*: Poseen rangos inferiores a los 2 m y se presentan principalmente a lo largo de costas de mares abiertos y en mares casi por completo cerrados (por ejemplo, los mares Mediterráneo, Negro y Rojo).
- c) *Rangos mesomareales*: Alcanzan alturas de entre 2 y 4 m (Komar, 1998; Masselink y Hughes, 2003).

No obstante, actualmente se estudia la posibilidad de agregar un cuarto tipo de rangos, ya que las condiciones macromareales solo incluirán el rango de 4 a 6 m, mientras que las mayores a 6 m se denominarán *hipermareales*.

En la Argentina, se identifican los tres tipos originales de rangos de marea (Fig. 6). La provincia de Buenos Aires se caracteriza por rangos micromareales desde el Norte hasta la desembocadura del río Quequén Grande y mesomareales hacia el Sur. En los golfos norpatagónicos (San Matías, San José y Nuevo) como así también al sur de Puerto Deseado, las mareas son macromareales. El máximo se alcanza en bahía San Sebastián con 12 m, una de las más altas del mundo.

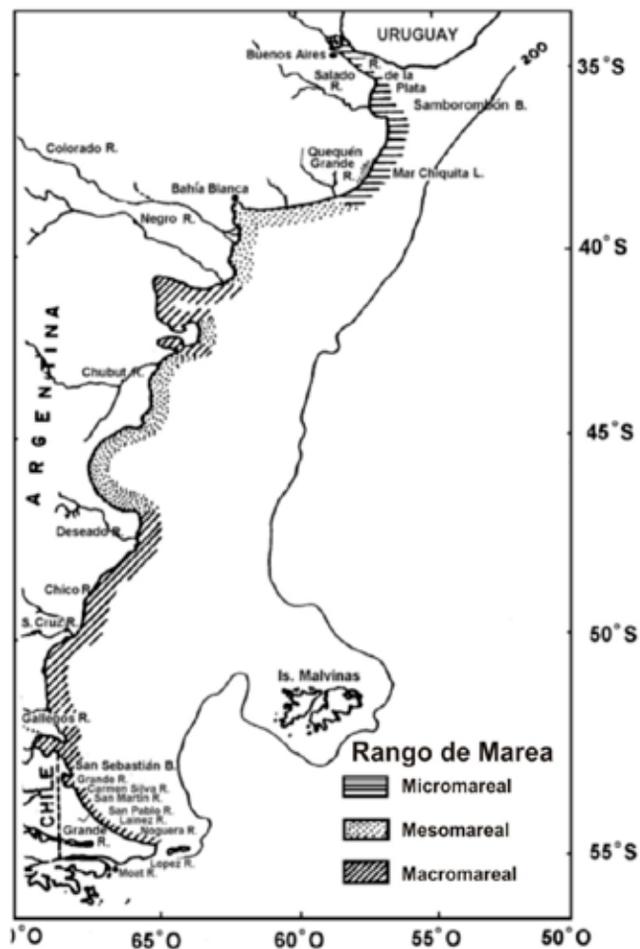


Figura 6. Distribución de los rangos de marea en la costa Argentina. (Piccolo y Perillo, 1997).

2.4. Olas

Las *olas* son ondas superficiales originadas por el viento en mar abierto donde adquieren sus características básicas (*período*, *altura*, *dirección*, etc.). Estas son perturbaciones en la interfase agua-aire que se trasladan desde el *área de generación* hasta la *zona de rompiente* en la costa. En su trayecto hacia la costa sufren modificaciones y, en algunos casos, desaparecen. Los elementos que constituyen una ola (Fig. 7) son la *cresta*, que es el punto más elevado de una ola, y el *seno*, que es su punto más bajo. A partir de estos elementos se pueden calcular algunas de sus características como su *altura*, que es la distancia vertical entre la cresta y el seno (Perillo y Piccolo, 1987). También la *longitud de onda*, que es la distancia entre dos crestas o dos senos consecutivos y el *período de la ola*, que es el tiempo que tardan en pasar por un punto fijo dos crestas o dos senos consecutivos (Perillo y Piccolo, 1987). Otro dato característico es la *frecuencia de la ola* que se refiere a la repetición del paso de las olas. Es decir, el número de olas por unidad de tiempo (Komar, 1998).

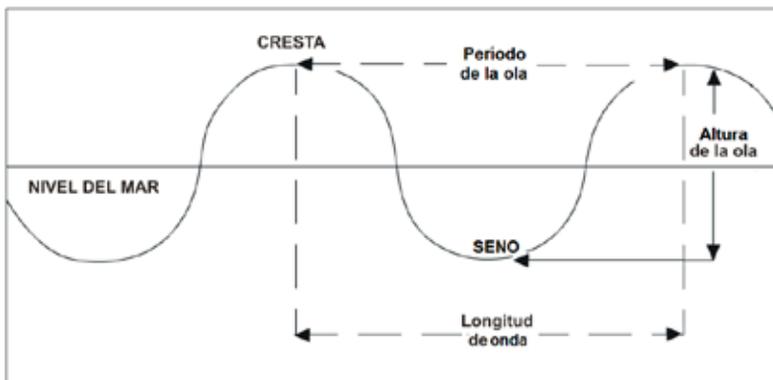


Figura 7. Elementos constitutivos de las olas.

Diversos factores influyen en el modo en que una ola rompe en la costa. Entre ellos se destacan la altura y período de la ola y la pendiente de la playa. Las *rompientes* se clasifican en cuatro tipos: *de derrame*, *de volteo*, *de surgente* y *de colapso* (Fig. 8).

- a) *Rompiente de derrame:* Se produce cuando al romper la ola se observa la formación de espuma en su parte supe-

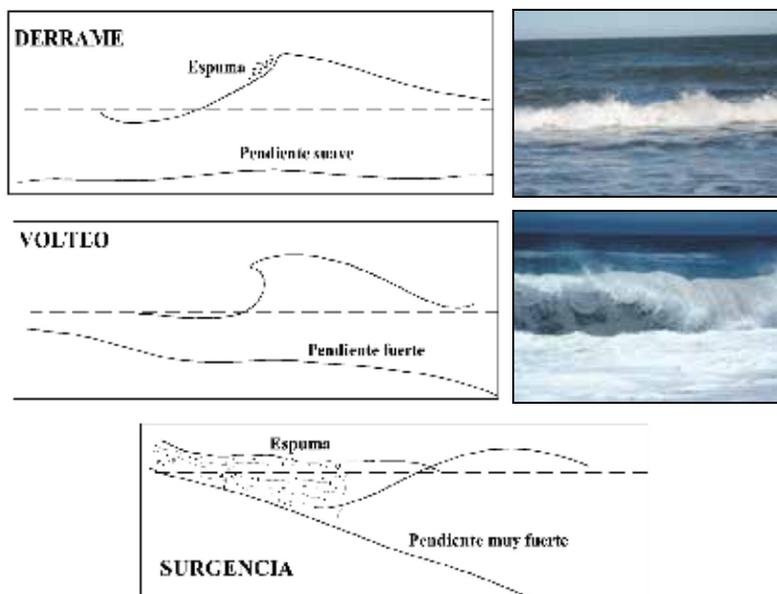


Figura 8. Tipos de rompientes de olas.

rior. Es característica de playas con escasa pendiente. Este tipo de rompientes se produce sobre una distancia larga y en su recorrido va perdiendo altura.

- b) *Rompiente de volteo:* Su cresta forma una especie de “rulo” al volcar sobre sí misma; es la más conocida (Perillo y Piccolo, 1987). Esta rompiente es típica de playas con pendientes un tanto pronunciadas, muy buscadas para la práctica de *surf*.
- c) *Rompiente de surgente:* Se forma cuando su cresta es similar a la de volteo al colocarse de manera vertical, pero su base surge para provocar la caída de la cresta y un lavado ascendente con escasa formación de espuma. La playa donde se produce este tipo de rompiente es empinada.
- d) *Rompiente de colapso:* Se ubica entre las rompientes de volteo y de surgente. La rompiente se produce en la parte media del frente de la ola, similar a una ola de volteo.

Tanto las rompientes de surgente como de colapso son muy difíciles de discernir de las rompientes de volteo, mientras que el estudio de las últimas es por ahora solamente de laboratorio, si bien se han observado en playas.

2.5. Playas

En un sentido amplio, se define a la *playa* como una acumulación de sedimento no consolidado (arena, grava, entre otros) que se extiende desde la línea de bajamar de sicigias hasta algún cambio fisiográfico (acantilados, líneas de médanos, vegetación permanente). Sin embargo, se debe tener en cuenta que la playa tiene un componente importante debajo del mar donde se suelen producir los cambios más significativos y que influyen en cómo se modifica la playa que normalmente vemos. Los segmentos en que se pueden dividir las playas reciben denominaciones diferentes según sus características hidrodinámicas y morfológicas. De esta forma, se definen diferentes subambientes que componen la zona costera y el perfil de playa (Fig. 9).

Según su *morfología* se dividen en: *playa distal*, *playa frontal*, *playa exterior* y *frente de costa*. Mientras que según sus características *hidrodinámicas* se identifican: *zona de lavado*, *zona de deslizamiento*, *zona de rompiente* y *zona de transformación*. Es necesario aclarar que el esquema de la figura 9 representa todos los

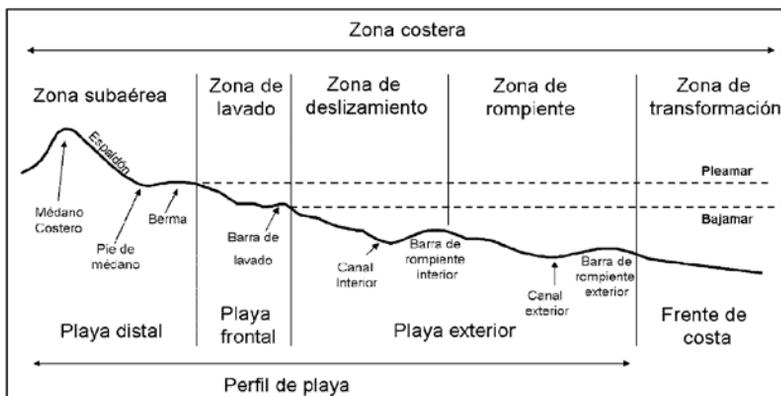


Figura 9. Croquis de los subambientes costeros y del perfil de playa. Modificado de Perillo (2003) y Komar (1976).



Figura 10. Geoformas destacadas en la playa de Pehuén Co (Argentina). Foto: MLB.

elementos que puede haber en una playa. Ello no implica que en un momento dado algunos de estos elementos no estén presentes u otros estén repetidos a lo largo del perfil.

a) *Playa distal o posterior (backshore)*: Es la zona que en el perfil de playa se extiende desde el médano frontal hasta la cresta de la berma, que coincide con el máximo alcance de las mareas normales. Este sector de la playa permanece descubierto por el mar la mayor parte del tiempo y solo es cubierto por el mismo en eventos de mareas extraordinarias o de tormentas. Es por ello que se denomina *zona subaérea* (Komar, 1998).

Los *médanos* son formaciones comunes en ambientes costeros dominados por olas (Fig. 11). Para su formación es necesaria una amplia disponibilidad de arena y un clima de vientos fuertes (Masselink y Hughes, 2003). Frente a eventos meteorológicos extremos, la importancia de la presencia de los médanos ha sido reconocida en varios estudios (Birkemeier, 1979; Leatherman, 1979; Hill *et al.*, 2004). Los médanos cumplen tres roles significativos: 1) funcionan como reservorios de arena, 2) disipan la energía de las olas y 3) conforman una barrera frente a la acción de las olas de tormenta y el lavado que se produce (Leatherman, 1979; Masselink y Hughes, 2003). De esta manera, ante la acción de una fuerte tormenta, si una playa presenta un sistema de médanos desarrollado, la energía de las olas se disipará, erosionará el médano y evitará la ocurrencia de una inundación costera. La arena que ha sido erosionada del sistema mencionado es transportada hacia la costa para, en un futuro, retornar a la playa durante condiciones de buen tiempo. A medida que el sedimento regresa a la playa, los procesos eólicos contribuyen a la regeneración del médano (Masselink y Hughes, 2003). Esta dinámica no se observa en aquellos sectores



Figura 11. Foto del médano y pie de médano en la playa de Villa Gesell (Argentina). Foto: MAHC.

donde el sistema de médanos ha sido reemplazado por edificaciones producto de la urbanización; allí la erosión es más visible y evidencia una lenta recuperación luego de las tormentas.

Dentro de la playa distal, además del médano, se identifica el *espaldón* y el *pie de médano* (Fig. 11). El *espaldón* es la pendiente del médano aunque algunos autores lo definen también como el punto de quiebre del médano con respecto al terreno circundante. Esta última acepción es, en realidad, lo que se denomina pie de médano. En algunos lugares de la costa no existen médanos, ya sea porque no se formaron, o bien fueron eliminados por el desarrollo urbanístico. En el caso de una costa acantilada, el frente del acantilado actúa como espaldón.

b) *Playa frontal (foreshore)*: Se extiende desde la parte más alta del alcance de la marea normal, que coincide con la cresta de berma, hasta la línea de bajamar. Así, esta zona está dominada por la variación diaria de la marea (zona intermareal), por ello en la división hidrodinámica de la costa se la denomina *zona de lavado (swash zone)*. Se denomina *berma* a la acumulación de sedimentos en forma de barra (Fig. 12), es decir, de estructura lineal y paralela a la playa. Esta se genera normalmente en playas donde se encuentran tendencias a la acumulación de sedimentos. La berma puede o no encontrarse en una playa y, en ocasiones, puede haber más de una (esto indica los diferentes niveles alcanzados por el mar). Es un depósito natural de arena que provoca la reflexión del oleaje antes de que llegue al pie de médano. Es normal que, luego de tormentas o de trenes de olas altas y de corto período, como un mecanismo de defensa natural, la berma se erosione hasta desaparecer y se acumule arena por debajo del nivel medio del agua formando una barra de rompiente en el perfil de playa (Valdecantos, 1990). Las



Figura 12. Presencia de berma en la playa del balneario Pehuén Co (Argentina). Foto: MLB.

mencionadas barras se denominan *barras de lavado* por observarse normalmente en la zona de lavado de las mareas y están precedida por canales (Fig.13).

c) *Playa exterior (offshore)*: Se encuentra permanentemente sumergida. Se extiende desde la base de la línea de bajamar media hasta la zona de rompientes de las olas. Este sector del perfil se puede dividir en dos zonas: la *zona de deslizamiento (surf zone)* y la *zona de rompiente (breaker zone)*. En la primera dominan las *corrientes litorales y de deriva*, que se encauzan por canales paralelos a la costa. Ambas corrientes generan grandes movimientos de partículas de sedimento hacia un lateral de la playa. El sentido del movimiento que impongan será consecuencia directa de la dirección de los trenes de olas predominantes, es decir, del viento que los generó (Fig. 14). En la zona de rompiente las formas predominantes son las barras. Ambas zonas (de deslizamiento y de rompiente) comparten las corrientes de retorno que suelen ser perpendiculares a la costa y



Figura 13. Vista de la barra de lavado y un canal en la playa del balneario Pehuén Co (Argentina). Foto: MLB.

se extienden desde el límite de las corrientes litorales hasta superar la línea de rompiente (Fig. 15). Se forman periódicamente a lo largo de la playa y se generan con grandes velocidades, lo que representa un riesgo para los bañistas. Más allá de la rompiente se ingresa a la zona de transformación, de aguas más profundas, denominada *frente de costa* (*shoreface*) (Komar, 1998).



Figura 14. Generación de la dirección y trayectoria del desplazamiento de partículas en la corriente de deriva.

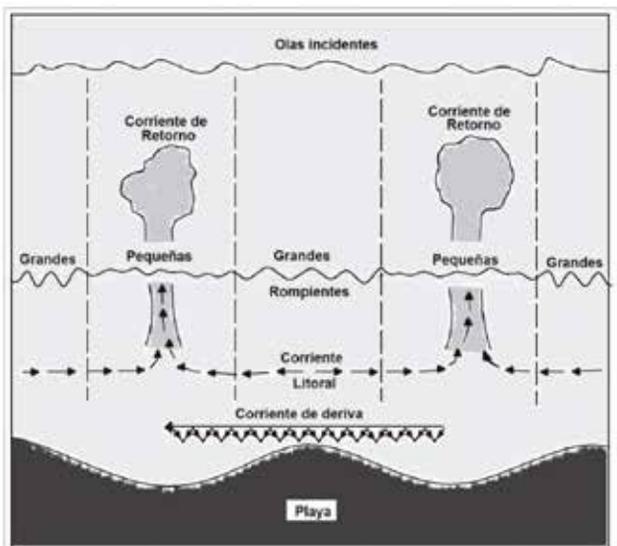


Figura 15. Croquis modificado de Perillo y Codignotto (1989) de los procesos dinámicos de la playa.

3. MEDICIONES PARA EL MONITOREO DE LA PLAYA

Luego de una breve descripción de los principales procesos que ocurren en la playa, se presentan las distintas etapas de los métodos de medición para realizar su monitoreo continuo. Estas mediciones constantes permitirán evidenciar los cambios morfológicos de una playa.

3.1. Elección del día de medición

El día de medición debe planificarse mensual, semanal y diariamente. La planificación mensual estará indicada por las condiciones de marea y la semanal por las condiciones meteorológicas, mientras que la diaria será un conjunto de ambas condiciones. Además de estos dos factores se deberá tener en cuenta la disponibilidad horaria del observador, los materiales necesarios para la medición y el personal de apoyo que se necesite para realizar algunas de las mediciones (Fig. 16).

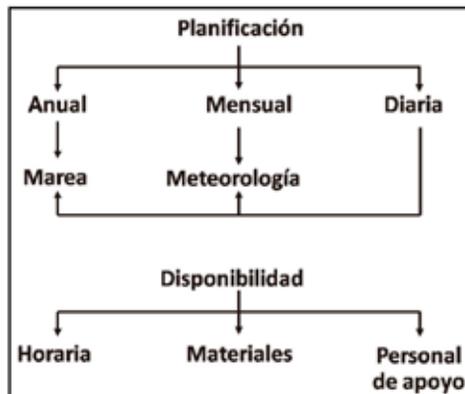


Figura 16. Esquema de planificación para la realización de mediciones en playas.

3.1.1. Las tablas de mareas

Para la tarea de medición de los perfiles de playa es necesario contar con la mayor superficie posible de playa descubierta por el mar.

Por ello, el mejor momento son los minutos más cercanos a la hora de bajar. A su vez, es preferible elegir los días de mareas de sicigia, las cuales se producen dos veces al mes y evitar los días de mareas de cuadratura. Una vez al mes ocurren las mareas de perigeo, cuando la Luna se encuentra más cerca de la Tierra, que ayudan a disminuir aún más el nivel del agua en bajar.

Para poder planificar las fechas de mediciones en la playa es necesario contar con una tabla de mareas. En la Argentina, el Servicio de Hidrografía Nacional realiza un pronóstico anual de mareas para casi todos los puertos argentinos. Estas tablas son publicadas en formato impreso y también son de libre acceso en su página de Internet (www.hidro.gov.ar).

Las tablas de marea poseen información del lugar del pronóstico, fecha, hora y altura de marea, tal como se indica en la figura 17. El observador puede identificar el momento de pleamar o bajar. Naturalmente la altura en metros será mayor en pleamar. En la figura 19, se muestra un ejemplo del 1 de agosto de 2012. Ese día, las pleamares ocurrieron a las 03:33 y 15:52 h con alturas de 2,92 y 3,48m, respectivamente. De la misma forma, las bajamares (valores menores) se originaron a las 10:05 y 22:54 h con alturas de 1,16 y 0,56m, respectivamente. En los días presentados en la figura 17 se deberá elegir la bajar del lunes 6 de agosto que ocurrirá a las

Agosto 2012						Mes y año
DIA	HORA	ALT	DIA	HORA	ALT	
	h min	m		h min	m	
1	0333	2,92	4	0055	0,46	Día de la semana
MI	1005	1,16	S	0645	2,94	
	1552	3,48		1317	0,90	
	2254	0,56		1837	3,37	
2	0441	2,90	5	0152	0,41	Hora
V	1116	1,11	D	0734	2,07	
	1648	3,46		1408	0,80	
	2359	0,51		1931	3,35	
3	0547	2,90	6	0239	0,36	Altura de bajar en metros
V	1220	1,01	L	0817	3,13	Altura de pleamar en metros
	1742	3,42		1456	0,70	
				2025	3,36	

Figura 17. Lectura de una tabla de mareas del Servicio de Hidrografía Nacional (www.hidro.gov.ar).

14:56 h con una altura de 0,70 m. Si bien hay bajamares de menor altura, por ejemplo, la del mismo día pronosticada a las 02:39 h (0,36 m), no es conveniente porque el método de medición de este manual requiere de luz diurna para visualizar la línea de horizonte.

3.1.2. Condiciones meteorológicas

Las condiciones meteorológicas deben considerarse al momento de planificar una salida de campo debido a que estados de mal tiempo o determinadas condiciones sinópticas interfieren en la toma de mediciones. Por ejemplo, es necesario evitar días de vientos fuertes del mar hacia la costa, ya que impiden el descenso del mar al momento de producirse la bajamar. Se deben descartar también días de niebla o con eventos de fuertes olas o tormentas debido a que la línea del horizonte no es visible (Fig. 18).



Figura 18. Condiciones de bruma que ocasiona que no se pueda observar el horizonte en el balneario de Villa Gesell (Argentina). Foto: MLB.

3.1.3. Frecuencia de las mediciones

Las observaciones visuales de olas deben realizarse con un máximo ideal de dos veces por día. Por caso, una medición a las 09:00 h y otra a las 15:00 h, con tolerancia de ± 1 h. De no ser posible, se puede realizar una medición diaria, semanal, mensual o hasta estacional en las horas más próximas a la bajamar. Al aumentar la distancia temporal de las mediciones se incrementará la pérdida de información. Si las mediciones son semanales o mensuales es necesario tener

en cuenta la factibilidad de mediciones anteriores y posteriores a la ocurrencia de eventos extremos, como olas de gran tamaño, vientos fuertes, tormentas, etc. Un observador entrenado puede efectuar un perfil de playa de 100 m de longitud en ± 10 minutos.

En el caso del perfil de playa, las mediciones se deben hacer al menos una vez al mes, durante la bajamar de sicigia de perigeo. Dado el grado de modificaciones que suele ocurrir durante una tormenta, en la medida de lo posible, siempre es conveniente realizar un perfil en la bajamar luego de que la tormenta haya concluido.

3.2. Lugar de medición

Se seleccionará un lugar de la playa de acuerdo al objetivo de la medición. En general, se inicia desde la zona del médano definiendo un punto fijo por medio de un mojón estable y permanente en el tiempo. A cada lugar de medición de perfiles de playa se le debe asignar un código de no más de cuatro dígitos, el cual puede ser alfanumérico. Se suele comenzar con una letra que indica el nombre de la playa y otra con la ubicación del punto cardinal donde se encuentra. Al final del código se pueden agregar números que representen la zona y el perfil (ejemplo, ZRE1: Zona de Reserva al Este perfil 1).

3.3. Observador

Cada observador debe poseer un número de código propio y único en aquellos sitios donde se turne más de una persona. Ese código debe anotarse en todas las planillas utilizadas e ingresarse en el archivo de datos. Esto es necesario para delimitar y reducir los errores, derivados de mediciones de índole subjetivo como las aquí presentadas.

3.4. Medición de perfiles de playa

El método de medición de los perfiles de playa es un desafío para el observador, quien debe tener en cuenta, entre otros, los siguientes factores: extensión y accesibilidad a la playa, disponibilidad de

fondos para la compra de equipos, distancia al lugar de medición. Existen numerosos métodos que permiten la medición de los perfiles, desde los muy sofisticados y precisos a los más sencillos y subjetivos. Aquí se presenta una adaptación del método de Emery (1961) realizado por Spagnolo *et al.* (1992), dada su difusión mundial, por su economía, fácil aprendizaje y obtención de un nivel de error aceptable.

3.4.1. Método de Emery modificado

Este método permite percibir el comportamiento de la playa en función del tiempo. Los materiales que requiere son de muy bajo costo, livianos, fáciles de transportar a sitios distantes y permiten mediciones rápidas. Los perfiles deben ser perpendiculares a la costa. Comenzarán sobre el médano (de no existir médano o estar modificado por edificaciones se iniciará sobre el pie del mismo) y finalizarán un metro por debajo de la línea de agua en momentos de bajamar.

Materiales para la medición: dos reglas graduadas de 1,5 m, cinta métrica, planilla de registro, lapiceras, botas de agua.

Procedimiento:

a) *Identificar el lugar que se desea relevar.* Según cuál sea el objetivo del monitoreo de la playa se deberán identificar los lugares donde se realizarán los perfiles. Los puntos deben ser de fácil acceso. Se ubicará un mojón que marque el inicio del perfil. El mismo debe ser de un material resistente (caños de PVC, galvanizados, de cemento) que sobresalga alrededor de 1 m por encima de la superficie. Es necesario que estos mojones resistan la acción del viento y las olas y permanezcan firmes con el paso del tiempo. Como medida secundaria es preferible contar con alguna referencia permanente en el lugar en caso de pérdida del mojón (postes de alumbrado y/o alumbrado, viviendas, cercas, etc.). También resulta conveniente, si se dispone de un GPS (*Global Positioning System*), indicar las coordenadas geográficas del mojón. Relacionar la parte más alta del mojón con algún punto que defina su altura con respecto al cero topográfico. Ello permitiría que las mediciones que se realicen en este perfil puedan ser correlacionadas espacialmente con mediciones efectuadas

en otros perfiles. De otro modo, los datos serán solo relativos al mojón propiamente dicho.

b) *Ingreso de datos iniciales*: El primer paso será tomar la altura de la parte descubierta del mojón mediante la cinta métrica. Este dato se ingresará en la planilla junto a la fecha, los datos de la hora de inicio del perfil y hora de bajamar (Fig. 19).

c) *Primera medición*: Siempre el primer punto de cada perfil comienza en el mojón colocado previamente. El observador manipulará la regla A y será el responsable de tomar las mediciones. El asistente de medición tomará la regla B y será responsable de la alineación y perpendicularidad del perfil en cada punto. Se ubicará la regla A a un 1 cm del mojón, con la graduación del 0 hacia arriba y la de 1,5 m hacia abajo y la regla B a 1,5 m de la regla A en sentido hacia el mar como se indica en la figura 20.

El observador en la regla A deberá alinear su vista con la punta de la regla B y el horizonte (línea de unión entre el mar y el cielo). Una vez alineados prolongará esa línea imaginaria hasta su regla (regla A) y anotará en la planilla el valor donde se interceptan la línea y la regla (Fig. 21). Se debe asegurar que ambas reglas se encuentren perfectamente verticales y paralelas entre sí. Pequeñas inclinaciones de las reglas pueden significar un mayor error en la medición. Una versión más avanzada de estas reglas puede incluir un nivel de burbuja que ayudará al operador a asegurar la verticalidad de la regla.

En la planilla (Fig. 19) se registrará en la primera columna el punto de medición, en este caso 1 (primera medición). En la columna 2 el valor de desnivel de la regla A, es decir el valor de la intersección de la línea imaginaria con la regla A. En el caso de la figura 21, sería 47 cm y en la columna 3 la distancia horizontal en cm entre la regla A y la B. Referido a la primera medición será 150 cm.

d) *Segunda y siguientes mediciones con terreno en descenso*: A partir de la segunda medición y las consecutivas, se colocará la regla A en la posición de la regla B y esta será desplazada hacia el agua una distancia razonable para marcar alguna geoforma de la playa en ese sector. La distancia entre las reglas se medirá mediante la cinta métrica y variará entre 10 y 600 cm dependiendo de las geoformas de la playa. Es decir, a mayor variabilidad de geoformas menor distancia entre las mediciones. El procedimiento de medición es igual al detallado en el *punto c*: se traza la línea imaginaria que une la línea de horizonte del mar, el extremo superior de la regla B y

Nombre del perfil:			Fecha:		
Coordenadas: Latitud:			Longitud:		
Observador (Cod.):			Hora Bajamar:		
Hi (Hora inicio perfil):			Hf (Hora finalización perfil):		
Puntos	Altura (cm)	Distancia (cm)	Puntos	Altura (cm)	Distancia (cm)
1			31		
2			32		
3			33		
4			34		
5			35		
6			36		
7			37		
8			38		
9			39		
10			40		
11			41		
12			42		
13			43		
14			44		
15			45		
16			46		
17			47		
18			48		
19			49		
20			50		
21			51		
22			52		
23			53		
24			54		
25			55		
26			56		
27			57		
28			58		
29			59		
30			60		
Observaciones:					
Altura mojón:					

Figura 19. Modelo de planilla para medición de perfiles de playa.

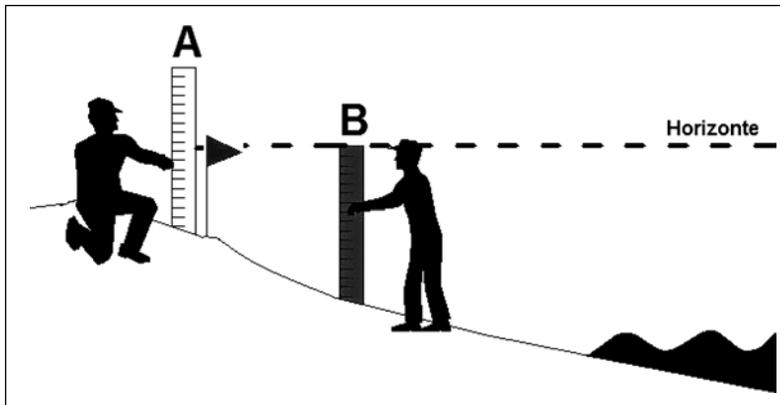


Figura 20. Primera medición del perfil de playa con reglas Emary.

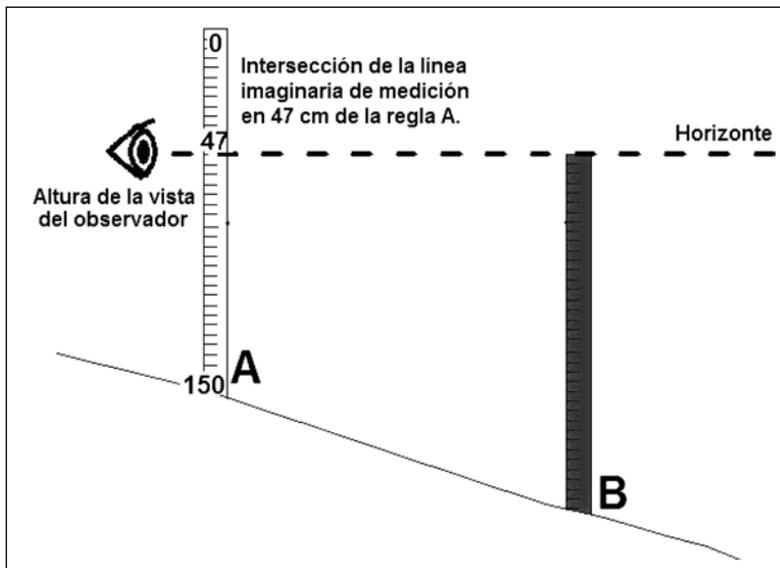


Figura 21. Línea imaginaria que se debe trazar para realizar las mediciones del perfil.

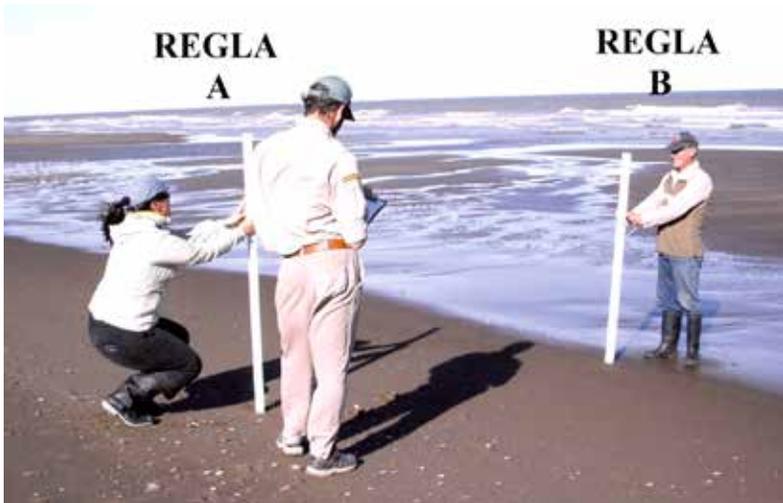


Figura 22. Ejemplo de medición de perfiles de playa con el método adaptado de Emery.

la intersección con la regla A (Fig. 22). Se anotará en la planilla cada uno de los sitios registrados con sus valores de desnivel y distancia horizontal correspondientes. Luego se repite el procedimiento hasta al menos 1 m por debajo del nivel del agua.

e) *Mediciones con terreno en ascenso*: En el caso de terreno en ascenso, se trazará la línea imaginaria alineando el horizonte con el extremo superior de la regla A y se medirá la intersección en la escala de la regla B (Figs. 23 y 24). Este tipo de medición se indicará en la planilla con un signo negativo delante del número de desnivel. En el ejemplo de la figura 19, en la columna 2 de la planilla, se registrará el valor medido en la regla B con un signo negativo, es decir, -25 cm (Fig. 25). El resto de los valores se indicarán como en todas las mediciones.

f) *Datos complementarios*: Como se mencionó, en la planilla se registran por columna los datos medidos con las reglas: punto de medición, distancia horizontal y desnivel. Asimismo, antes de iniciar la medición del perfil se ingresan la fecha, altura del mojón, hora de bajamar, hora de inicio y hora de finalización de cada perfil. Además se anotarán las características visuales del sedimento en cuanto al cambio de tamaño (granulometría) o color del grano. También se puede incorporar otro tipo de información complementaria de interés para el relevamiento como presencia o ausencias de bermas, canales, barras, afloramientos, resaca de tormentas, clastos, huellas de vehículos, influencia urbana, etc.

Nombre del perfil: A1W			Fecha: 23-11-2012		
Coordenadas: Latitud: 38°51'35.53"S			Longitud: 60° 4'17.32"W		
Observador (Cod.): L1			Hora Bajamar: 10:40 h		
Hi (Hora inicio perfil): 10:45 h			Hf (Hora finalización perfil): 11:00 h		
Puntos	Altura (cm)	Distancia (cm)	Puntos	Altura (cm)	Distancia (cm)
1	-1	53	31	41	600
2	-48	150	32	40	600
3	18	150	33	41	600
4	40	150	34		
5	42	150	35		
6	38	150	36		
7	42	150	37		
8	45	150	38		
9	33	150	39		
10	40	150	40		
11	-4	150	41		
12	-5	150	42		
13	-8	150	43		
14	-1	150	44		
15	15	300	45		
16	4	300	46		
17	12	300	47		
18	15	300	48		
19	16	600	49		
20	17	600	50		
21	12	600	51		
22	25	600	52		
23	16	600	53		
24	11	600	54		
25	-5	600	55		
26	-7	600	56		
27	-2	600	57		
28	21	600	58		
29	53	600	59		
30	55	600	60		

Observaciones:

Altura mojón: 1 m	Pto 27 huellas vehiculares
Pto 12 Canal cercano a boca de desagüe	Pto 28 arena mojada
Pto 13 huellas vehiculares	Pto 29 arena mojada
Pto 21 resaca	Pto 32 pelo de agua
Pto 22 huellas vehiculares	

Figura 25. Ejemplo de datos de perfiles de playa con ascenso y descenso del terreno.

a las aquí descritas, en este manual se presenta la utilización de una planilla de cálculo de acceso libre denominada *Microsoft Excel Web App*. El mismo permite efectuar diversos gráficos de acuerdo a las necesidades del operador. En este caso solo se utilizarán los gráficos de líneas.

Los datos obtenidos en la medición deben estar ordenados en columnas destinadas a altura y distancia. Luego se seleccionará el tipo de gráfico a realizar y, en el caso de los perfiles de playa, el gráfico de dispersión y en su interior la opción “*Dispersión con líneas suavizadas*” (Fig. 26). Al graficar por primera vez solo estará activada la opción “*Crear nuevo gráfico*”. Si se desean incluir más datos, tomando como base el gráfico inicial, debe tildarse la opción “*Agregar a gráfico existente*”.

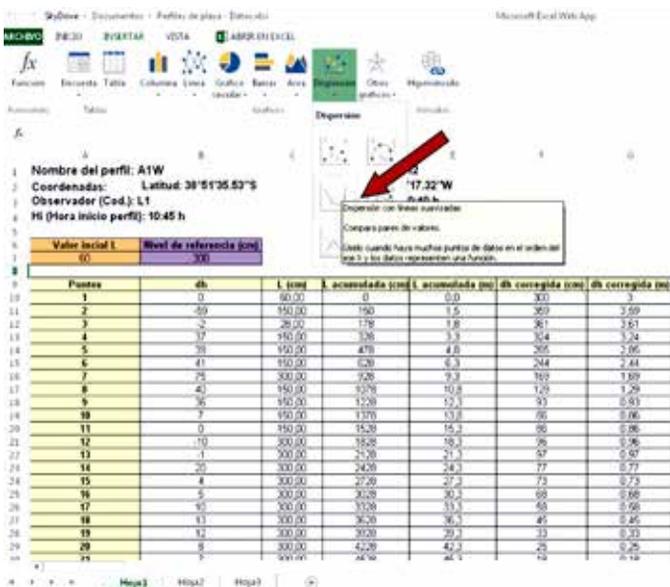


Figura 26. Selección del tipo de gráfico.

Luego se seleccionarán las columnas que contienen los valores de distancia y altura para los ejes x e y, respectivamente (Fig. 27). Por último, con el gráfico del perfil realizado se aplicarán los cambios que sean necesarios para su presentación (Fig. 28).

Puntos	alt	l. (cm)	acumulada (cm)	acumulada (m)	alt corregida (cm)	alt corregida (m)
1	0	0	0	0,0	0	0
2	-69	190,00	190	1,9	-359	-3,59
3	-2	200,00	390	3,9	-361	-3,61
4	37	190,00	580	5,8	-324	-3,24
5	30	190,00	770	7,7	-286	-2,86
6	41	190,00	960	9,6	-244	-2,44
7	75	300,00	1260	12,6	-189	-1,89
8	40	190,00	1450	14,5	-156	-1,56
9	36	190,00	1640	16,4	-119	-1,19
10	7	190,00	1830	18,3	-86	-0,86
11	0	190,00	2020	20,2	-56	-0,56
12	-10	300,00	2320	23,2	-26	-0,26
13	-1	300,00	2620	26,2	7	0,07
14	30	300,00	2920	29,2	35	0,35
15	4	300,00	3220	32,2	3	0,03
16	5	300,00	3520	35,2	0	0
17	-10	300,00	3820	38,2	-26	-0,26
18	13	300,00	4120	41,2	-13	-0,13
19	12	300,00	4420	44,2	-1	-0,01
20	8	300,00	4720	47,2	26	0,26
21	7	300,00	5020	50,2	35	0,35
22	10	300,00	5320	53,2	44	0,44
23	8	300,00	5620	56,2	35	0,35
24	7	300,00	5920	59,2	26	0,26
25	7	300,00	6220	62,2	-14	-0,14
26	10	300,00	6520	65,2	-24	-0,24
27	8	300,00	6820	68,2	-32	-0,32
28	10	300,00	7120	71,2	-42	-0,42

Figura 27. Selección de las columnas de altura y distancia para graficar.

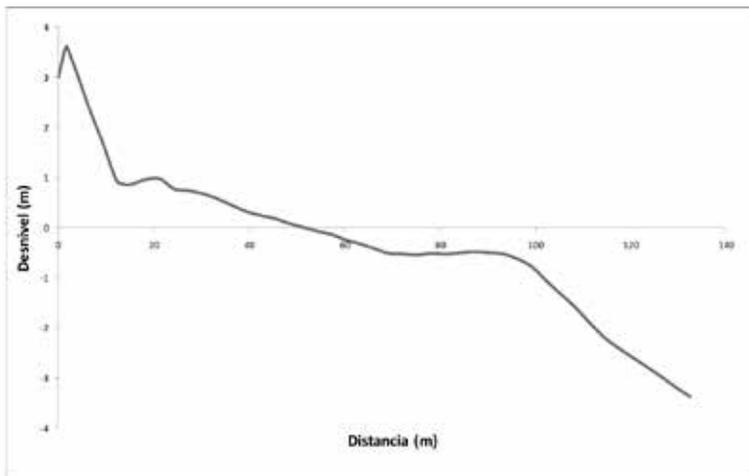


Figura 28. Gráfico final del perfil de playa.

Resulta interesante conservar en el mismo archivo de hoja de cálculo los datos de cada perfil colocando un par de columnas (distancia, altura) para cada fecha. Ello permitirá de forma sencilla agregar un nuevo perfil al gráfico anterior para poder observar cuáles son los cambios que van ocurriendo en la playa a lo largo del tiempo. Como el sistema permite elegir cuáles son los perfiles que se pueden vislumbrar, se pueden comparar fácilmente. Por ejemplo, un perfil realizado antes con otro posterior a una tormenta. No obstante, es una política sabia hacer una copia de resguardo externa (CD, DVD, memoria USB, etc.) para evitar la pérdida de la información.

4. MEDICIONES OCEANOGRÁFICAS

Para el cálculo de los parámetros oceanográficos en una costa se pueden aplicar diferentes metodologías. En este manual se presentan las propuestas en el *Programa de Observaciones Costeras* (POC) (Perillo y Piccolo, 1987). El POC es la modificación de otro similar: *Littoral Environmental Observations* (LEO), desarrollado en los Estados Unidos por el *Coastal Engineering Research Center* (CERC). Ambos efectúan observaciones, principalmente visuales, de las condiciones de olas, mareas, corrientes litorales y características morfológicas y sedimentológicas.

4.1. Elección del día de medición

Para realizar las mediciones oceanográficas no es necesario efectuar una planificación anual o mensual, solo basta con determinar un horario en el día. Las condiciones meteorológicas no influyen en tal elección.

4.2. Frecuencia de medición

Las observaciones pueden realizarse de acuerdo a la disponibilidad horaria del observador, idealmente a las 9 y 15 hs con una tolerancia de 1 h. A su vez, es recomendable realizar estas mediciones antes o después de los perfiles de playa para tener un panorama del tipo de olas y corrientes.

4.3. Lugar de medición

Al igual que en las mediciones de playa, se debe seleccionar un lugar de acuerdo al objetivo de la medición y que preferentemente coincida con algunos de los perfiles registrados. Cada medición debe mantener en el tiempo el sitio de observación de datos.

4.4. Observador

Debido al carácter subjetivo de la medición se recomienda que sea la misma persona la que efectúe el registro. De esta manera, se disminuye, con el tiempo, el error de medición. Solo se necesita del observador sin personal de apoyo. Los observadores entrenados pueden ejecutar todas las mediciones oceanográficas en aproximadamente 20 minutos. Como se señaló, en las mediciones de playa, el observador debe poseer un código identificador en caso de que exista un cambio de observador. Este código se ingresará en todas las planillas de registro.

4.5. Olas

La medición de las características de las olas del lugar son los primeros datos a ser considerados. Para ello se debe tener en cuenta el número de trenes de olas que se aproximan a la costa. Es necesario considerar la diferencia en el ángulo de aproximación y tomar los trenes de olas de mayor frecuencia. Si se identifica más de un tren de olas se deberán seleccionar aquellos que sean de mayor altura o período.

Materiales para la medición: Planilla de registro (Fig. 29), lapiceras, cronómetro y transportador.

DIA		HORA		OBSERVADOR	
LUGAR					
TIPO DE ROMPIENTE					
ALTURA OLAS en cm					
1		1		1	
2		2		2	
3		3		3	
4		4		4	
5		5		5	
6		6		6	
7		7		7	
8		8		8	
9		9		9	
10		10		10	
11		11		11	
12		12		12	
13		13		13	
14		14		14	
15		15		15	
16		16		16	
17		17		17	
18		18		18	
19		19		19	
20		20		20	
21		21		21	
22		22		22	
23		23		23	
24		24		24	
25		25		25	
26		26		26	
27		27		27	
28		28		28	
29		29		29	
30		30		30	
PERIODO	Tiempo en 11 crestas		ANCHO DE LA ZONA DE LAVADO		
1			metros		
2			OBSERVACIONES		
3			Viento: Cobertura de nubes: Otros:		
CORRIENTE	Velocidad	Dirección			
Metros					
Metros					
Metros					
ANGULO TREN OLAS					
>					
>					
>					

Figura 29. Ejemplo de planilla de medición de diferentes características de olas y corrientes.

4.5.1. Altura de rompiente de la ola

El parámetro es definido como “la distancia vertical entre la cresta y el seno anterior” (Perillo y Piccolo, 1987). El primer paso para efectuar esta medición es alinear la altura del ojo del observador a la altura de la cresta de la ola. Luego se estima la altura de las olas más grandes que rompen a mayor distancia posible de la costa. Se mide la altura un instante antes de que la ola rompa (Fig. 30). Se realizan tres series de treinta olas de las cuales se seleccionan las diez olas de mayor altura de cada serie y se calcula su promedio (Fig. 31). Luego se promedian los tres promedios obtenidos de las series.

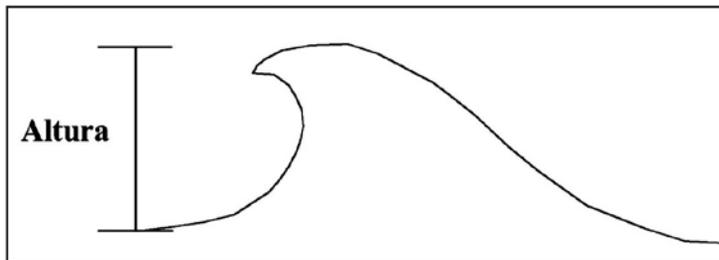


Figura 30. Croquis de la altura de ola (Perillo y Piccolo, 1987).

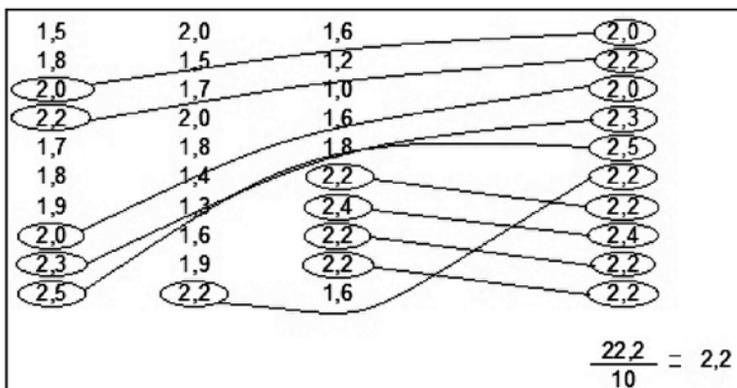


Figura 31. Promedio de altura de olas (Perillo y Piccolo, 1987).

4.5.2. Período de las olas

El *período de las olas* se define como “el tiempo que tendrán dos elementos similares sucesivos de la ola (dos crestas o dos senos) en pasar por un punto fijo” (Perillo y Piccolo, 1987). Se considera a la cresta de la ola por ser la más sencilla de identificar. De esta manera, se toma el tiempo en segundos del transcurso de once crestas sucesivas por un punto definido previamente por el observador. Este debe ubicarse en un sitio a muy poca distancia de la rompiente. Se efectúan tres mediciones y se calcula el promedio de los registros. Si no es posible diferenciar los distintos trenes de olas (Fig. 32), se tomarán en cuenta todas las crestas, aunque estas sean de diferentes tamaños.



Figura 32. Trenes de olas en el balneario Pehuén Co. Foto: MLB

4.5.3. Número y tipo de rompientes

Por las características de las olas y la playa, por ejemplo, presencia de canales y barras paralelas a la costa, luego de romper, la ola se “regenera” para volver a romper un número variable de veces. Por este motivo, es necesario determinar cuántas rompientes se producen hasta que la ola se transforma en una lámina y se desplaza hacia la playa (lavado ascendente). La metodología para el número de rompientes se basa en seguir varias olas típicas y contar directamente las veces que estas rompen. La determinación del tipo de rompiente se deriva de la observación directa a base de las características de la ola al momento de romper (Fig. 8).

4.5.4. Ángulo

El término **ángulo** se refiere al “ángulo que forma la cresta de la ola cuando rompe contra la costa” (Perillo y Piccolo, 1987: 8). Para determinar el valor de este ángulo, el observador traza en la playa una línea paralela a la costa y, colocándose en un extremo de la misma, trata de ubicar aquellas crestas cuya continuación imaginaria pasaría por dicho extremo. Con vértice en el punto de intersección y observando una de esas crestas traza un segmento de la línea imaginaria. Finalmente, con un transportador (Fig. 33), apoyado sobre el vértice del ángulo, se efectúa la medición (Fig. 34).

4.5.5. Ancho de la zona de deslizamiento

El *ancho de la zona de desplazamiento* es la zona delimitada por la primera rompiente y el lugar alcanzado por el agua antes del lavado ascendente (Fig. 9); se determina estimando la distancia en metros entre ambos extremos (Fig. 35).

4.5.6. Ancho de la zona de lavado

El *ancho de la zona de lavado* es la zona cubierta y descubierta por las olas en la playa. Normalmente se observa un ascenso del agua hasta alcanzar una posición máxima y luego el agua retrocede hasta llegar a la zona de deslizamiento. Es común que el frente del lavado ascendente esté marcado por una línea de espuma. La idea es estimar la distancia en metros entre ambos extremos (Fig. 36).

4.5.7. Corrientes litorales

Las *corrientes litorales* son aquellas que se generan por la acción de las olas. Existen dos tipos visibles en una playa: *paralelas* y *de retorno* (Fig. 15).

Materiales para la medición: Planilla de registro, lapiceras, cronómetro y elemento flotador (por ejemplo, una pequeña tabla de madera o algún tipo de sustancia colorante no tóxica, como la Rodamina B).

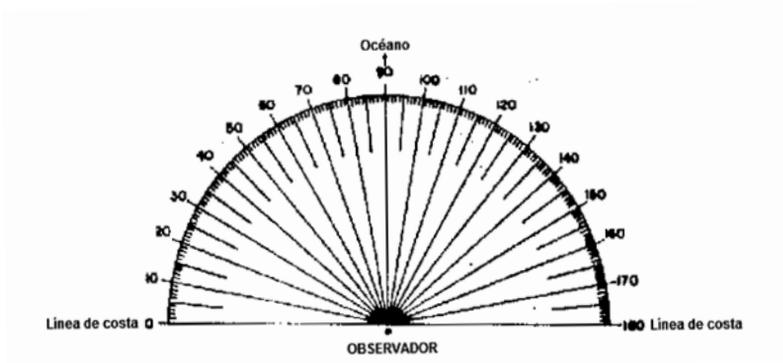


Figura 33. Transportador utilizado para la medición del ángulo con el cual las olas rompen en las playas (Perillo y Piccolo, 1987).

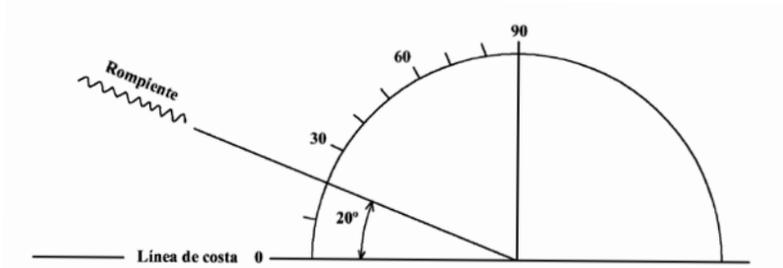


Figura 34. Croquis del procedimiento para obtener el ángulo de las rompientes (Perillo y Piccolo, 1987).



Figura 35. Ancho de la zona de deslizamiento (línea con flechas) en el balneario de Monte Hermoso (Argentina). Foto: MAHC.



Figura 36. Ancho de la zona de lavado (línea con flechas) en el balneario de Ostende (Argentina). Foto: MLB.

4.5.7.1. Distancia de la corriente litoral

El elemento flotador debe ser arrojado dentro de la zona de deslizamiento, es decir, entre las zonas de rompiente y de lavado (Fig. 37). Debido a que las máximas velocidades se encuentran en el sector medio de la zona. El observador debe estimar la distancia en metros desde el límite del lavado ascendente hasta donde se encuentre el flotador.

4.5.7.2. Velocidad de la corriente litoral

El observador realizará una marca en la playa en el momento en que se ubique el flotador en el punto mencionado anteriormente y se comience a tomar el tiempo con la ayuda de un cronómetro. El flotador será seguido por el observador durante un minuto. Al finalizar deberá realizar otra marca indicando la posición del objeto en ese instante. Finalmente se registra la distancia en metros entre ambas marcas (Fig. 37). El proceso deberá repetirse tres veces para obtener un buen valor estadístico (promedio). Por otro lado, el flotador debe estar siempre en el agua. Si las olas lo llevan a la playa, la medición debe repetirse.



Figura 37. Sector donde debe ubicarse el elemento flotador (flecha roja) y la marca que debe realizarse en la playa (línea punteada verde) para efectuar las mediciones de la corriente litoral (velocidad). También se indica la distancia (flecha punteada azul) desde la zona superior de lavado ascendente hasta la corriente litoral. Foto: MAHC.

4.5.7.3. Dirección de la corriente litoral

El observador debe ubicarse mirando hacia el mar y de esta manera indicará el sentido del desplazamiento paralelo a la costa del flotador (por ejemplo, izquierda o derecha). De observarse un movimiento perpendicular hacia el mar o que el punto final del flotador sea igual al inicial, se señalará como “sin dirección”.

4.5.7.4. Corrientes de retorno

Las *corrientes de retorno* se identifican fácilmente en condiciones de agua costera que es relativamente clara. Debido al sedimento en suspensión que arrastran, estas corrientes se observan como bandas marrones perpendiculares a la costa (Fig. 38). En ocasiones, se distinguen en la misma rompiente (Perillo y Piccolo, 1987). El objetivo es medir la distancia entre cada una de ellas (Fig. 39).



Figura 38. Foto de una corriente de retorno. Foto: GMEP.

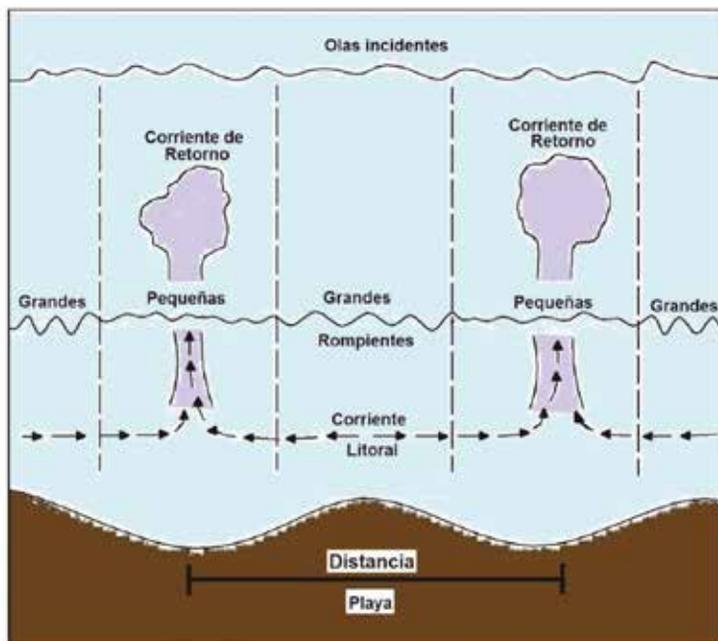


Figura 39. Diagrama de la distancia considerada entre dos corrientes de retorno (modificado de Perillo y Piccolo, 1987).

5. MEDICIONES METEOROLÓGICAS

Dentro de los elementos meteorológicos que afectan a una playa, el viento se considera el de mayor importancia. Este puede ocasionar erosión y/o sedimentación generando el movimiento de médanos vivos (Fig. 40). Asimismo, existe una relación directa entre la velocidad del viento local y la altura de las olas en una costa (Allen, 1981). Por lo tanto, es importante determinar su dirección y velocidad en el día de medición de los datos geomorfológicos y oceanográficos.



Figura 40. Ejemplo del transporte de sedimento por acción del viento en la cresta de un médano (Médano 100 en la bahía de Arcachon, Francia). Foto: GMEP.

5.1. Dirección del viento

La *dirección del viento* se refiere a la dirección desde donde sopla el viento. Se registrará la que predomine durante el tiempo que duran todas las mediciones.

5.2. Velocidad del viento

Si se dispone de una estación meteorológica cercana a la línea de costa o un anemómetro de mano, este dato se registrará directamente en la planilla con su unidad correspondiente (m/s o km/h). De no poseer alguno de estos instrumentos se puede estimar la velocidad mediante la escala de Beaufort (Fig. 41), de fácil manejo y que se aplica mediante la observación directa.

Número de Beaufort	Velocidad del viento (km/h)	Nudos (millas náuticas/h)	Denominación	Aspecto del mar	Efectos en tierra
0	0 a 1	< 1	Calma	Despejado	Calma, el humo asciende verticalmente
1	2 a 5	1 a 3	Ventolina	Pequeñas olas, pero sin espuma	El humo indica la dirección del viento
2	6 a 11	4 a 6	Flojito (Brisa muy débil)	Crestas de apariencia vítreas, sin romper	Se mueven las hojas de los árboles, empiezan a moverse los molinos
3	12 a 19	7 a 10	Flojo (Brisa Ligera)	Pequeñas olas, crestas rompientes	Se agitan las hojas, ondulan las banderas
4	20 a 28	11 a 16	Bonancible (Brisa moderada)	Borreguillos numerosos, olas cada vez más largas	Se levanta polvo y papeles, se agitan las copas de los árboles
5	29 a 38	17 a 21	Fresquito (Brisa fresca)	Olas medianas y alargadas, borreguillos muy abundantes	Pequeños movimientos de los árboles, superficie de los lagos ondulada
6	39 a 49	22 a 27	Fresco (Brisa fuerte)	Comienzan a formarse olas grandes, crestas rompientes, espuma	Se mueven las ramas de los árboles, dificultad para mantener abierto el paraguas
7	50 a 61	28 a 33	Frescachón (Viento fuerte)	Mar gruesa, con espuma arastrada en dirección del viento	Se mueven los árboles grandes, dificultad para andar contra el viento
8	62 a 74	34 a 40	Temporal (Viento duro)	Grandes olas rompientes, franjas de espuma	Se quebran las copas de los árboles, circulación de personas dificultosa
9	75 a 88	41 a 47	Temporal fuerte (Muy duro)	Olas muy grandes, rompientes, Visibilidad mermada	Daños en árboles, imposible andar contra el viento
10	89 a 102	48 a 55	Temporal duro (Temporal)	Olas muy gruesas con crestas empenachadas. Superficie del mar blanca.	Árboles arrancados, daños en la estructura de las construcciones
11	103 a 117	56 a 63	Temporal muy duro (Borrasca)	Olas excepcionalmente grandes, mar completamente blanca, visibilidad muy reducida	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles
12	+ 118	+64	Temporal huracanado (Huracán)	Olas excepcionalmente grandes, mar blanca, visibilidad nula	Estragos abundantes en construcciones, tejados y árboles y lluvias.

Figura 41. Escala de Beaufort

CONCLUSIONES

La complejidad de los ambientes costeros, debido a las interacciones mar-continente-atmósfera que allí se producen, requiere un estudio profundo que permita conocer su dinámica. La resumida información teórica aquí presentada contribuye a la comprensión del espacio costero a través de sus conceptos más destacados: las mareas, las olas y la ocurrencia de diferentes fenómenos atmosféricos que intervienen en el modelado de la playa. Esta última representa zonas con características específicas que varían en diferentes escalas temporales (minutos, días, semanas, meses, estaciones y años) o frente a eventos meteorológicos extremos, como las tormentas.

Si bien existen métodos más precisos y sofisticados a la hora de efectuar mediciones en la playa, los conceptos indicados aquí son orientadores e introductorios; se trata de métodos económicos y sencillos en su aplicación, al alcance de quien requiera conocer las características de nuestras costas.

Las tareas de gestión y planificación encontrarán, en las bases de datos costeros continuas, la herramienta necesaria para la organización del espacio. Las autoridades gubernamentales deben garantizar un marco legal de protección ambiental costera que se fundamente, enriquezca y actualice con la adquisición de datos oceanográficos, meteorológicos y geomorfológicos. La comunidad puede participar de manera activa al efectuar las sencillas mediciones presentadas. Este tipo de colaboración genera un fuerte sentimiento de pertenencia al espacio que habita, así como una conciencia ambiental que favorece la sustentabilidad de ese espacio natural.

Se debe recordar también que la fortaleza de los métodos descritos radica en la continuidad de las mediciones en el tiempo. Ello requiere de un compromiso de la o las personas que toman a su cargo este emprendimiento. Lo más importante es entender que justamente estos aspectos son los conceptos básicos que comprenden la idea de monitoreo.

GLOSARIO

Altura de la ola. Distancia vertical entre la cresta y el seno.

Amplitud de marea: La mitad de la diferencia en altura entre una pleamar y una bajamar consecutiva.

Ángulo de la rompiente: Ángulo que forma el tren de olas con la línea de costa al momento de romper.

Bajamar: Mínimo nivel alcanzado por una marea en bajante.

Barra: Acumulación de sedimentos en forma lineal y paralela a la costa.

Barra de lavado: Acumulación de sedimentos en forma lineal y paralela a la costa en la zona de lavado. Normalmente queda descubierta durante la bajamar.

Berma: Acumulación de sedimento de playa en forma lineal, paralela a la línea de agua y de fuerte pendiente causado por el oleaje. Normalmente situada cercana a la línea de pleamares medias.

Canal: Depresión alargada y estrecha que puede ser paralela a la costa cercana a la línea media de bajamar. También existen canales que cortan en forma perpendicular u oblicua a la barra de lavado y/o barras de rompiente.

Corriente: Movimiento horizontal del agua inducido por olas, mareas y/o viento.

Corriente de retorno: Corriente perpendicular a la costa que se extiende desde la zona de lavado hasta pasada la zona de rompientes.

Corriente litoral: Paralela a la costa, se genera en la zona de deslizamiento, como consecuencia directa de la incidencia de las olas.

Costa: Se extiende hacia el continente hasta que exista un efecto significativo de la acción marina y el límite hacia el mar es hasta el frente de costa.

Cresta: Es el punto más elevado de una ola antes de romper.

Deriva litoral: Sistema del transporte de sedimentos en la zona costera, fundamentalmente a lo largo de la zona de lavado.

Escala de Beaufort: Relación numérica de 0 a 12 que sirve para estimar la velocidad del viento mediante diversos elementos observables en el mar y la costa.

Espaldón: Cara frontal del médano costero o de un acantilado.

Estoa: Momento en que la corriente cambia de dirección y su

velocidad es nula. Esto ocurre cuando las corrientes de marea son reversibles.

Frecuencia de la ola: Número de olas por unidad de tiempo.

Hipermareal: El rango de marea supera los 6 m.

Línea de horizonte: Línea de unión del mar y el cielo para la visual del observador desde la playa.

Longitud de onda: Distancia horizontal entre dos crestas o dos senos consecutivos de una onda.

Macromareal: El rango de marea supera los 4 m.

Marea: Ascenso y descenso alternado de la superficie del agua en los océanos.

Marea de cuadratura: Se originan en las fases lunares de cuadratura (cuarto menguante y cuarto creciente). Las mareas son de poca oscilación, es decir el rango de marea es bajo.

Marea de sicigias: Se producen durante las fases de Luna Llena y Nueva. Se representa por las pleamares de mayor altura y las bajamares más bajas.

Mareas diurnas: En el transcurso de un día lunar se producen una pleamar y una bajamar.

Mareas mixtas: Durante un día lunar se generan dos pleamares y una bajamar o dos bajamares y una pleamar. Las pleamares y bajamares sucesivas son de diferente altura

Mareas semidiurnas: En el transcurso de un día lunar se producen dos pleamares y dos bajamares, y las sucesivas tienen alturas similares.

Médano: Acumulación de arena por transporte eólico.

Médano frontal: Médano que forma la primera línea de médanos en una playa.

Mesomareal: El rango de marea alcanza alturas entre los 2 y 4 m.

Micromareal: El rango de marea es inferior a los 2 m.

Ola: Oscilación vertical del agua

Perfil de playa: Herramienta para cuantificar el estado y cambios en playas arenosas. Se basa en la medición de la playa (desnivel y distancia) en forma perpendicular a la costa y se puede realizar mediante diferentes métodos.

Período de la ola: Tiempo que tardan en pasar dos crestas o dos senos consecutivos por un punto dado.

Pie de médano: Ángulo formado entre el médano y el terreno circundante

Playa: Acumulación de sedimentos no consolidados (arena, grava,

etc.) que se extiende desde la línea media de bajamar hacia la costa hasta donde haya un cambio fisiográfico notorio.

Pleamar: Nivel máximo alcanzado por una marea creciente.

Rango de marea: Diferencia en altura entre una pleamar y una bajamar sucesiva

Rompiente de colapso: Se ubica entre las rompientes de volteo y surgente. Solo se ha observado en laboratorios o muy raramente en playas naturales.

Rompiente de derrame: Forma espuma en la cresta de la ola al momento de romper.

Rompiente de surgente: Su base surge para provocar la caída de la cresta y un lavado ascendente con escasa formación de espuma.

Rompiente de volteo: Su cresta forma una especie de “rulo” al volcar sobre sí misma.

Seno: Es el punto más bajo de una ola.

Tablas de mareas: Publicación anual que entrega las predicciones diarias de marea.

REFERENCIAS

- Allen, J.R., 1981. Beach erosion as function of variations in the sediment budget. Sandy Hook, New Jersey. *Earth Surface Processes and Landforms*, 6: 139-150.
- Codignotto, J. O., 1987. Cuaternario marino entre Tierra del Fuego y Buenos Aires. *Asociación Geológica Argentina*, 42 (1-2): 208-212.
- Emery K. O., 1961. A simple method of Measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, 6 (1): 90-93.
- Hill, H.W., J.T. Kelley, D.F. Belknap, y S.M. Dickson, 2004. The effects of storms and storm-generated currents on sand beaches in Southern Maine, USA. *Marine Geology* 210(1-4):149-168.
- Kinsman, B., 1984. Wind Waves, Their Generation and Propagation on the Ocean Surface. Dover Publications, New York.
- Komar, P. D., 1998. Beach processes and sedimentation. Prentice Hall, New Jersey. pp. 547.
- Leatherman, S.P., 1979. Beach and dune interactions during storm conditions. *Q. Jl Engng Geol.* 12:281-290.
- Masselink, G. y M. Hughes, 2003. Introduction to coastal processes and geomorphology. Hodder Arnold, London, pp. 354.
- Perillo, G.M.E. y Codignotto, J.O., 1989. Ambientes costeros. En: Bossi, G.E. (ed.):1° Simposio de Ambientes y Modelos Sedimentarios, *Boletín Sedimentológico* 4:137-159.
- Perillo, G.M.E y Piccolo, M.C., 1987. Programa de Observaciones Costeras (POC). Contribución Técnica N° 4. Instituto Argentino de Oceanografía, Bahía Blanca. pp. 17.
- Spagnolo, J.O.; Schillizzi, R.A., and Gelos, E.M., 1992. Adaptación del método de Emery a perfiles de playa de gran extensión. *Atlántica*, 14: 59-64.
- Strahler, A. N. y Strahler, A. H., 2000. Geografía física. Ed. Omega, Barcelona, pp. 550.
- Valdecantos, V.N., 1990. La variabilidad de los perfiles de playa. Perfiles de verano e invierno. Análisis histórico (primera parte). *Revista de Obras públicas*, 23-29.

Se terminó de imprimir en el mes de junio de 2013
en la Editorial de la Universidad Nacional del Sur
Avenida Alem 925, Bahía Blanca
Se imprimieron 300 ejemplares.

