

# Las costas: variabilidad, procesos naturales y acción humana

**ENRIQUE JORGE SCHNACK**

Doctor en Ciencias Naturales, Orientación Geología y especialista en Geología de Costas y del Cuaternario, Universidad Nacional de La Plata (UNLP). Profesor en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Mar del Plata y en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM), UNLP. Responsable argentino por la UNLP del proyecto de la Unión Europea sobre el “Análisis comparativo a escala continental de la vulnerabilidad costera” y presidente de la Asociación Argentina de Cuaternario y Geomorfología (2009-2012). Investigador Honorario de la Comisión de Investigaciones Científicas (CIC) de la provincia de Buenos Aires. Fue becario del Consejo Británico, Universidad de Reading (Reino Unido, 1968-1969) y del Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Universidad de Stanford (Estados Unidos, 1969-1971). Director fundador del Centro de Geología de Costas y del Cuaternario de Mar del Plata. Trabajó en el Laboratorio de Entrenamiento Multidisciplinario para la Investigación Tecnológica (LEMIT); en el Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (convenio entre la CIC y la Universidad Nacional de Mar del Plata) y en el Laboratorio de Oceanografía Costera, FCNyM, UNLP. Profesor visitante distinguido por la P. S. Warren Society, Universidad de Alberta (Canadá, 1988); investigador visitante en el Climate Institute del Lamont-Doherty Earth Observatory, Universidad de Columbia (Estados Unidos, 1989) y conferencista invitado en ámbitos académicos del país y del exterior. Autor de numerosas publicaciones y contribuciones en revistas nacionales e internacionales, y en acciones de transferencia al sector público relacionadas con los procesos y el manejo de áreas litorales.

Los sistemas costeros representan uno de los ambientes más frágiles y cambiantes de todos los sistemas de la superficie terrestre. Representan la interfase entre los continentes y los océanos o mares.

La definición de la costa puede ser distinta, en función del punto de vista con que se la tipifica. Si nos atenemos a los procesos actuales, los límites espaciales de la zona costera pueden definirse como aquellos en donde los procesos continentales y marinos son mutuamente influyentes. En una escala geológica, la costa adquiere un sentido más amplio, ya que puede abarcar los ámbitos generados por las grandes oscilaciones del nivel del mar, las más comunes generadas por los cambios en la excentricidad de la órbita terrestre (“Ciclos de Milankovitch”), con una frecuencia de 94.000 años. Estas oscilaciones fueron mayores a los 100 metros verticales durante el período Cuaternario (últimos 2,6 millones de años), por lo que las plataformas continentales pueden ser consideradas como zonas costeras, al haber sido expuestas a varios ciclos de ascenso y descenso del nivel del mar (glaciaciones-deglaciaciones).

En las costas actuales o en su *hinterland* reside un 60% de la población mundial. Desde el punto de vista geomorfológico, las costas están representadas por sistemas arenosos (duna-playa), frentes de acantilados, estuarios, deltas y llanuras intermareales, entre otras formas de distintas escalas. Mientras que las playas son el ámbito por excelencia de recreación humana, otros ambientes constituyen ámbitos de cría y reproducción de especies de valor carismático y comercial o centros urbanos, industriales y portuarios.

La ocupación humana de las zonas costeras y, en particular, aquellas de interés turístico y recreativo, ha tenido un crecimiento exponencial en los últimos 150 años. La expansión más notable de actividades y el incremento de su intensidad, asociados al desarrollo del turismo masivo, tuvieron su manifestación después de la II Guerra Mundial, debido a las nuevas condiciones económicas y a la distribución de los beneficios en diferentes niveles sociales, incluyendo la mayor disponibilidad general de tiempo libre.<sup>1</sup> Esta expansión, que se produjo principalmente en el continente europeo y en las Américas, tuvo su manifestación en la Argentina, en lo que se denominó “turismo social”, que posibilitó el acceso a los beneficios del turismo a las clases medias y bajas.

Como consecuencia de este desarrollo se generaron múltiples necesidades de infraestructura y servicios, y las localidades costeras, con pocas excepciones, se fueron conformando sin una adecuada organización o planificación, en el marco de lo que actualmente denominamos “gestión integrada de la zona costera”.<sup>2</sup>

Existe una abundante experiencia mundial en materia de costas arenosas, similares a las existentes en el litoral bonaerense. Gran parte de ellas sufren procesos erosivos, usualmente asociados a la acción humana, aunque en algunos casos se manifiestan procesos de acumulación. El sistema costero de este tipo funciona en términos de “balance de sedimentos”, es decir, de ganancias y pérdidas. Cuando estas están compensadas, la playa mantiene su conformación, pero cuando se produce una disminución de las fuentes de alimentación la costa sufre erosión (Figura 1). Por ejemplo, cuando las dunas son afectadas por la urbanización, extracción, nivelado y actividades recreativas, el límite con la playa sufre procesos erosivos por déficit de arenas y las playas se exponen a la acción destructiva de las ondas de tormenta. El sistema duna-playa es, entonces, un espacio frágil que requiere medidas de control y conservación.

<sup>1</sup> Nordstrom, K. F. (2000). *Beaches and Dunes of Developed Coasts*. Cambridge: Cambridge University Press.

<sup>2</sup> Masselink, G. y Hughes, M. G. (2003). *Introduction to Coastal Processes and Geomorphology*. London: Arnold.

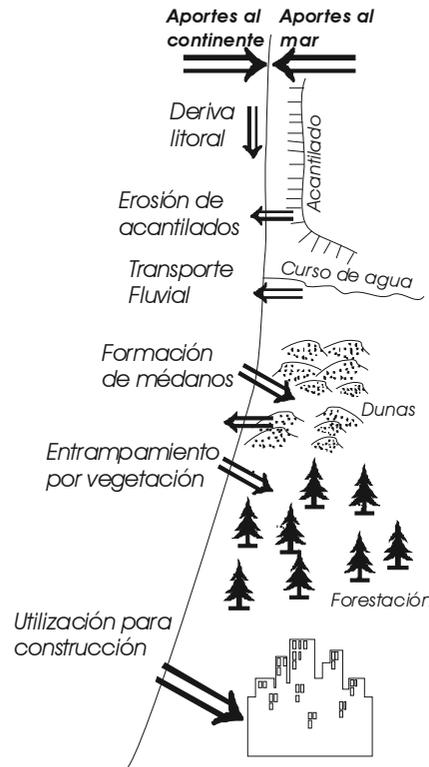


Figura 1. Representación esquemática del balance de sedimentos (ganancias y pérdidas) en un sistema litoral

El análisis de la variabilidad del litoral y de las tendencias de erosión-acreción es fundamental no solo para el conocimiento científico, sino también para la ingeniería y el manejo de la zona costera. Es, además, de gran relevancia desde el punto de vista legal, aspecto en el cual se define el concepto y la aplicación de la “línea de ribera” (intersección de la superficie acuática y terrestre).

## LOS AGENTES FORZANTES

Sobre los diferentes ambientes y, por ende, sobre las diferentes geoformas y tipos de sustrato, la constante acción del oleaje (originado por el viento) y de las corrientes litorales, asociadas a la permanente influencia de las mareas, causan la conformación de diferentes morfologías, acrecentándose estos efectos por las tormentas,

las que incrementan el nivel de las mareas (por encima o por debajo de los niveles astronómicos predecibles, que se observan en las Tablas de Marea) y la energía del oleaje, aumentando sustancialmente el poder erosivo, manifestándose este tanto en el retroceso de la línea de costa como en la modificación del perfil de la playa. En este sentido, uno de los cambios en el corto plazo y más marcado se da por los efectos de las tormentas, volviendo en la mayoría de los casos en el mediano plazo y por la acción de los procesos normales a las condiciones previas.

Puede decirse que las modificaciones más notables en la costa se deben a fenómenos que llamamos “epi-sódicos” (ondas de tormenta, tsunamis, ENSO) y que causan efectos destructivos, a veces permanentes o crónicos (retroceso de la línea de costa) sobre sistemas debilitados por la intervención humana o por la repetición de los procesos extremos.

## Ondas de tormenta

Las ondas de tormenta consisten en una elevación y apilamiento de las aguas sobre el nivel normal (astronómico) resultante de la tensión del viento y la reducción de la presión atmosférica. Sus consecuencias sobre los sistemas costeros pueden ser más severas cuando se manifiestan en las pleamares. Consisten en elevaciones (o depresiones) anómalas con respecto al nivel establecido por las variables astronómicas, que son predecibles. Según su frecuencia e intensidad, suelen provocar severos daños en los sistemas costeros, tanto en el medio natural como en las propiedades e instalaciones.

Las ondas de tormenta son, fundamentalmente de dos tipos. Las *tropicales* se generan en las latitudes bajas, aproximadamente entre los 5° y 25°, mientras que las extratropicales se producen a mayores latitudes, entre 25° y 60°. Las primeras son comunes en el Océano Índico, en la costa sudeste de EE.UU. y en el Caribe. Generalmente son de pequeña extensión, con fuertes gradientes de presión que, en el caso de los huracanes, pueden alcanzar velocidades superiores a los 240 km/h. Se denominan huracanes en el Atlántico norte, Pacífico nororiental y occidental; ciclones en el Mar de Arabia, la Bahía de Bengala y el Océano Índico sudoccidental, baguios en las Filipinas y willy-willies en Australia.

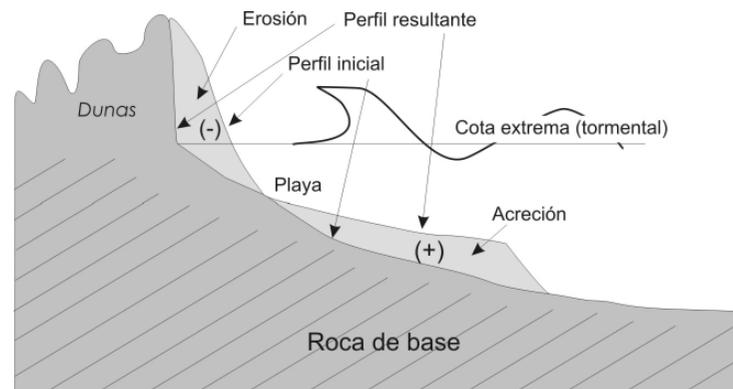
Las *extratropicales* son típicas del Mar del Norte, la costa noreste de EE.UU. y Canadá, y en el Océano Atlántico sudoccidental. En la Argentina estas ondas de tormenta se conocen genéricamente como “sudestadas”, que producen inundación en zonas deprimidas (Figura 2).





*Figura 2. Sudestada del 21 de marzo de 2001. Ondas de tormenta sobre el muro costero y el camino en Punta Lara, Provincia de Buenos Aires (El Día, La Plata)*

Las ondas de tormenta que afectan a la costa (positivas) conllevan un incremento en el nivel del agua y un adicional aporte energético de las olas y producen erosión en las costas arenosas, alterando el perfil de la playa y el balance de sedimentos. Bajo condición naturales, se presenta un “perfil de calma” y otro “de tormenta”, es decir que el sistema tiende a recuperarse. (Figuras 1 y 3). En regiones en las que estas situaciones corresponden a variables estacionales, estos perfiles se definen como “de verano” y “de invierno”.



*Figura 3. Perfiles idealizados de la playa pre-“calma” y post-tormenta.*

Estas tormentas, que se generan a centenas o miles de kilómetros en el Atlántico sudoccidental, suelen generar procesos erosivos y destrucción a lo largo de extensos sectores del litoral argentino, llegando sus efectos hasta el sur de Brasil. Algunos ejemplos de la Argentina se ilustran en las Figuras 4, 5 y 6.



Figura 4. Efectos de la sudestada de fines de diciembre de 2003 sobre el frente costero de Villa Gesell (Buenos Aires)

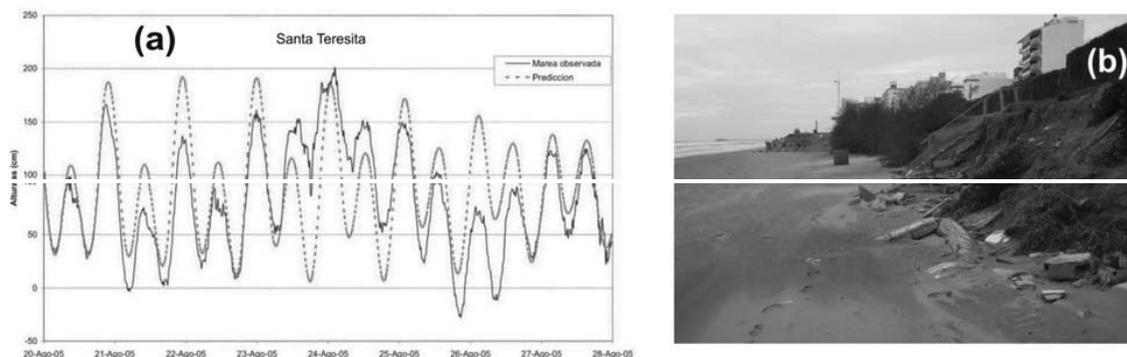


Figura 5. La onda de tormenta de fines de agosto de 2005. (a) Gráfico de niveles del mar observados y predichos; (b) impacto en la playa de Santa Teresita

En las últimas décadas se ha producido un incremento en la frecuencia e intensidad de las ondas de tormenta que afectan la costa argentina y sus efectos parecen ser mayores porque van acompañadas por el incremento del nivel del mar (v.2.4). Los fenómenos erosivos son comunes en todas las regiones del mundo. En la Argentina se manifiestan principalmente en las localidades balnearias del litoral bonaerense, donde se conjuga la acción de las olas asociadas a tormentas con la ocupación e intervención humanas, generando sistemas debilitados y conduciendo a una erosión crónica.



*Figura 6. Destrucción del frente medanoso costero en el norte de Las Toninas (Buenos Aires). Se pueden observar los pilotes que habían sido emplazados para contener un relleno de arena con propósitos de defensa ante la erosión*

Durante el período 22 y 23 de julio de 2009 se produjo una particular situación tormentosa generada en el Atlántico Sur, provocando efectos erosivos a lo largo de vastos sectores de la costa argentina, por lo menos desde Playa Unión (Chubut) hasta Mar del Plata. Un ejemplo de tales efectos puede observarse en la Figura 7.



*Figura 7. Sector del Balneario Las Grutas (Río Negro) mostrando el efecto de una tormenta severa de extensión regional (26 de julio, izquierda) y la recuperación de la playa tres meses después (20 de octubre de 2009, derecha)*

## Tsunamis

Si bien los tsunamis no son precisamente relacionados con los procesos de cambio climático, tienen importantes efectos en las zonas costeras. El término “tsunami” es una transliteración de una palabra japonesa que significa “ola de puerto”. La mayoría se origina por desplazamientos del fondo oceánico causados por fenómenos sísmicos; otros son generados por deslizamientos submarinos o por erupciones volcánicas. También pueden producirse por desprendimiento de glaciares y por los extremadamente raros impactos de asteroides o meteoritos en el océano.

Cuando un tsunami se genera por un sismo en una zona de subducción puede alcanzar la costa más cercana en pocos minutos.

Como las ondas de los tsunamis viajan largas distancias, y se propagan radialmente, sus efectos pueden sentirse en áreas costeras distantes dentro de la cuenca (e.g. el Pacífico), o pueden propagarse a través de los océanos (tsunamis “transoceánicos”).

La llegada de una onda de tsunami es usualmente precedida por un marcado retiro de las aguas costeras luego de una elevación suave, apenas perceptible del agua. Esta subida es la primera onda de un tren de tsunami mientras que el retiro es la depresión entre el primer y el segundo tren de olas. El número de olas de un tren de tsunami es variable y sus picos están generalmente espaciados entre 15 y 20 minutos. En algunos casos ellos pueden cubrir un período de alrededor de 24 horas, por lo que se superponen a un ciclo normal de mareas.

Los tsunamis pueden producirse prácticamente en todo el océano mundial, pero las zonas que bordean el Océano Pacífico son particularmente vulnerables debido a la naturaleza del fondo y de sus márgenes, con gran actividad tectónica (fracturas activas) y sus numerosos volcanes, por lo cual se lo conoce como el “Anillo de Fuego”. También son zonas tsunamigénicas la Placa Intra-Americana (Caribe), el Océano Índico, el Atlántico Norte y el Mar Mediterráneo, con ejemplos conocidos en la historia y también en el registro geológico, reconocibles en capas de sedimentos o bloques rocosos depositados por tsunamis. En regiones como el Caribe, donde también se manifiestan huracanes, el origen de bloques rocosos se encuentra en discusión (Figura 8).





Figura 8. Bloque coralígeno atribuido a un tsunami sobre una plataforma arrecifal antigua, Isla de Bonaire (Antillas Holandesas, Caribe)

Entre los numerosos ejemplos históricos se destacan, entre otros, el tsunami que ocurrió en ca. 1640 a. C., asociado a un evento volcánico en Santorini, en el Mediterráneo, al que se le atribuyó la desaparición de la civilización minoica, aunque es probable que ello haya sido una combinación de diferentes factores. Estudios realizados sobre las evidencias del tsunami sugieren alturas de entre 5 y 8 metros.

Otro caso es el terremoto submarino que sucedió en 1755 en el Océano Atlántico Norte, entre las placas africana e ibérica, que causó la destrucción de Lisboa. El tsunami impactó sobre las costas de Inglaterra y alcanzó la región de Escandinavia. Sus aguas penetraron en la catedral de Cádiz. La tragedia de Lisboa motivó a Jean-Marie Arouet (Voltaire) a escribir poemas alusivos y en su novela *El Cándido*, una de las primeras desgracias de sus protagonistas se manifiestan en Lisboa, sobre cuyos efectos, incluyendo el tsunami, se expresa el autor: “Y el mar se revolvió furioso en el puerto”.

Si bien la mayoría de los tsunamis afecta a los países costeros del Océano Pacífico, pueden citarse algunos casos en el Océano Índico. Una de las manifestaciones más destructivas fue causada por la explosión del volcán Krakatoa el 27 de agosto de 1883. La explosión arrojó 18 km<sup>3</sup> de cenizas y rocas que afectaron el clima global (filtro solar) y también originó un tsunami devastador que se propagó a una velocidad de más de 600 km/h y alcanzó alturas de más de 35 metros en la costa causando la muerte de más de 36.000 personas y destruyó alrededor de 300 villas en Indonesia. La onda produjo efectos destructivos en el puerto de Calcutta (India), destruyó instalaciones portuarias en Perth (Australia) y llegó a afectar otras regiones distantes, incluyendo las Georgias del Sur, en este caso detectada por una expedición alemana catorce horas después de la explosión. Después de cruzar el Índico, las ondas fueron detectadas, aunque atenuadas, en el Canal de la Mancha.

El gran naturalista Charles Darwin fue testigo del terremoto y tsunami que afectó, entre otras, las localidades de Valdivia, Concepción y Talcahuano el 20 de febrero de 1835:

Los almacenes en Talcahuano habían sido derribados y sobre la playa se encontraban grandes bolsas de algodón, yerba y otras mercaderías valiosas. Durante mi caminata observé numerosos fragmentos de rocas que, por los restos marinos adheridos sugerían que habían yacido recientemente en el fondo del mar y habían sido empujados hacia la playa; uno de ellos tenía seis pies de longitud, tres de ancho y dos de espesor... Poco después del terremoto, se vio una gran ola a una distancia de tres o cuatro millas, aproximándose en el medio de la bahía con un suave diseño; pero a lo largo de la playa destruyó viviendas y árboles a medida que avanzaba con fuerza irresistible. En la cabecera de la bahía rompió en una feroz línea de ondas blancas que se elevaron hasta una altura de 23 pies por encima de la línea de las más altas mareas.

El 22 de mayo de 1960, un sismo en la costa sur de Chile originó un tsunami con efectos destructivos en costas lejanas del Océano Pacífico. Solo en Chile se produjeron más de 900 víctimas fatales.

Entre los más recientes, el de Sumatra (26 de diciembre de 2004), destruyó numerosas ciudades y villas en Indonesia y también afectó a varios países costeros del Océano Índico. En Indonesia, y desde Tailandia hasta Tanzania, hubo unas 300.000 víctimas.

En febrero de 2010 un terremoto de gran intensidad, con epicentro en la zona submarina a pocos kilómetros de la costa, al norte de Concepción, provocó un tsunami que devastó varias ciudades y poblados costeros en el sector central-sur de Chile, causando daños en el puerto de Talcahuano. Se reportaron casi 600 víctimas. Se emitieron alertas en 53 países y la onda causó daños menores en San Diego (California) y en la región de Tohoku (Japón), donde el impacto sobre las pesquerías fue estimado en USD 60 millones).

El 11 de marzo de 2011 un sismo de magnitud 9, con epicentro cercano a la costa oriental de Honshu (Japón), generó un tsunami que, junto con el terremoto, causó la devastación de vastas regiones, alcanzando alturas máximas de 10 metros (Figura 9).



*Figura 9. La zona costera de Natori (noreste de Japón) donde puede observarse la entrada de la onda de tsunami del 11 de marzo de 2011 (fuente: Reuters)*

## ENSO

El fenómeno ENSO, conocido como la “Oscilación Austral El Niño” es una fluctuación de la temperatura superficial del mar en el Pacífico tropical, cerca de la costa sudamericana. El Niño corresponde a una anomalía cálida mientras que La Niña representa una anomalía fría de la temperatura. Es un ciclo que tiene una recurrencia de entre dos y siete años. Se trata del fenómeno más intenso y predecible que influye en el clima del planeta con alcance global y causa importantes impactos en los procesos físicos, geológicos, biológicos y químicos de los océanos y la atmósfera, como así también en los ecosistemas terrestres. El ciclo causa, además, significativos impactos socioeconómicos a escala planetaria.

La fase cálida (El Niño) produce cambios en los patrones de precipitación y origina sequías en Australia, Indonesia y otras áreas, mientras que otras, como la cuenca del río Paraná en Sudamérica, sufren inundaciones. También se registra una anomalía positiva del nivel del mar que, sumada a otros factores como el oleaje causan erosión de sectores costeros, tal como ocurrió durante El Niño 1982-1983 en California y en Esmeraldas (Ecuador), situación que se registró en 1997-1998 en la costa ecuatoriana y colombiana. En esta ocasión, en

la isla de barrera El Choncho, en la costa occidental colombiana se produjo un rápido retroceso de la playa, la apertura de una boca de mareas y la inundación de pequeñas poblaciones con la destrucción de estructuras costeras. Existen algunas menciones sobre los efectos en la morfodinámica de las dunas costeras de la costa noreste de Brasil. Los efectos de la teleconexión en playas del sur de Brasil y de la Argentina han sido sugeridos, pero las señales pueden estar superpuestas con otros procesos de la interacción océano-atmósfera propios del Océano Atlántico sudoccidental, dando lugar a incertidumbres para su correlación.

### Los cambios del nivel del mar

Estas variaciones revelan tendencias históricas y geológicas y por ello no las consideramos, como los factores anteriores, como episódicos.

Los cambios del nivel del mar han ejercido una fuerte influencia en la evolución de las costas y en la historia de la humanidad. En una escala de tiempo geológico, las variaciones de los niveles oceánicos han dejado un registro ampliamente distribuido en la forma de depósitos sedimentarios. Durante la mayor parte del Fanerozoico –543-33 millones de años (Ma)– prevalecieron las condiciones de “planeta de invernadero”, con niveles del mar considerablemente más altos que los actuales, hasta + 250 m. En los últimos 100 Ma, los cambios del nivel del mar reflejan la evolución climática global desde tiempos de casquetes polares antárticos efímeros (100 a 33 Ma) hasta el establecimiento de grandes casquetes primariamente en Antártida (33-2,5 Ma) y un planeta con grandes casquetes en la Antártida y en el Hemisferio Norte (2,5 Ma-presente). Es decir, desde hace unos 33 Ma el mundo es un “planeta frío” (“*ice house*”), con niveles del mar con tendencia descendente, aunque con fluctuaciones de amplitudes máximas de 200 metros.

Durante el período Cuaternario (últimos 2,6 millones de años) el nivel del mar fluctuó con una variación vertical del orden de los 100 metros, en respuesta a los ciclos glaciales/deglaciales, alcanzando niveles máximos en los últimos. El descenso del nivel del mar durante la Última Glaciación, que alcanzó unos 120 metros hace unos 18.000 años, permitió la emergencia del estrecho de Bering y la migración humana y de otras especies desde Eurasia hacia América.

La Antártida y Groenlandia contienen suficiente hielo para elevar el nivel del mar mundial unos 70 metros. Aunque los registros mareográficos centenarios indican que el nivel medio del mar aumentó entre 1 y 2 mm/año durante el siglo pasado, nuevos aportes de la altimetría satelital señalan un incremento de 3 mm/año a partir de 1992<sup>3</sup>, lo que indica una aceleración reciente de la elevación del nivel medio del mar. Durante el último siglo el nivel del mar ascendió globalmente ~ 1-2 mm/año, de los cuales la expansión térmica del océano contribuyó solamente 0,5± 0.2 mm, debiéndose la mayor parte a la adición de agua al océano (cambio eustático) debido al derretimiento de hielo terrestre. Se han planteado diferentes escenarios relativos a las concentraciones de

---

<sup>3</sup> Meier, M. F., Dyurgerov, M. B., Rick, U. K., O'Neill, S., Pfeffer, W. T., Anderson, R. S., Anderson, S. P. y Glazovsky, A. F. (2007). “Glaciers dominate eustatic sea-level rise in the 21<sup>st</sup> century”. *Science*, 317, 1064-1067.

gases de invernadero. A partir de ellos y teniendo en cuenta las incertidumbres de los modelos, la pérdida de la masa de hielo de Groenlandia más las contribuciones por expansión térmica y un colapso parcial del casquete antártico occidental contribuiría durante el presente milenio a un incremento del nivel del mar de 1m/siglo.<sup>4</sup> Sin embargo, otros modelos muestran que Groenlandia es el mayor contribuyente al aumento del nivel del mar, mientras que la Antártida estaría casi balanceada.<sup>5</sup>

La desintegración de los glaciares constituye una causa sustancial en la aceleración del nivel del mar global. La pérdida de hielo representa virtualmente todo el aumento del nivel del mar no atribuible al calentamiento del océano. El incremento de los gases de invernadero y el calentamiento global resultante plantean escenarios inquietantes ante una futura aceleración del aumento del nivel del mar. El informe preparado por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático indica que la temperatura media sobre la superficie terrestre, promediada globalmente, ha aumentado en 0,6°C (con un error de 0,2°C) durante el siglo xx. Las proyecciones sugieren que la temperatura en superficie aumentará entre 1,4°C y 5,8°C durante el siglo xxi, y el aumento del nivel medio del mar, también promediado globalmente, se hallará entre 0,09 y 0,88 metros para el mismo período, con un valor medio de ca. 0,50 metros, previéndose importantes efectos (inundación y erosión) en las áreas costeras bajas del planeta.<sup>6</sup>

En la Argentina, los registros mareográficos más confiables y extensos muestran una tendencia histórica de incremento del nivel del mar de entre 1,6 mm/a (Buenos Aires) y 1,4 mm/año (Mar del Plata), coincidente con la tendencia global (Figuras 10 y 11).

---

<sup>4</sup>Nicholls, R. J. y Lowe, J. A. (2004). "Benefits of mitigation of climate change for coastal areas". *Global Environmental Change*, (pp. 229-244), 14.

<sup>5</sup>Alley, R. B., Clark, P. U., Huybrechts, P. y Joughin, I. (2005). "Ice-sheet and sea-level changes". *Science*, (pp. 456-460), 310.

<sup>6</sup>Nicholls, R. J., Wong, P. P., Burkett, V. R., Codignotto, J. O., Hay, J. E., McLean, R. F., Ragoonaden, S. y Woodroffe, C. D. (2007). "Coastal systems and low-lying areas". En Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J. y Hanson, C. E. *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, (pp. 315-356). Cambridge: Cambridge University Press.

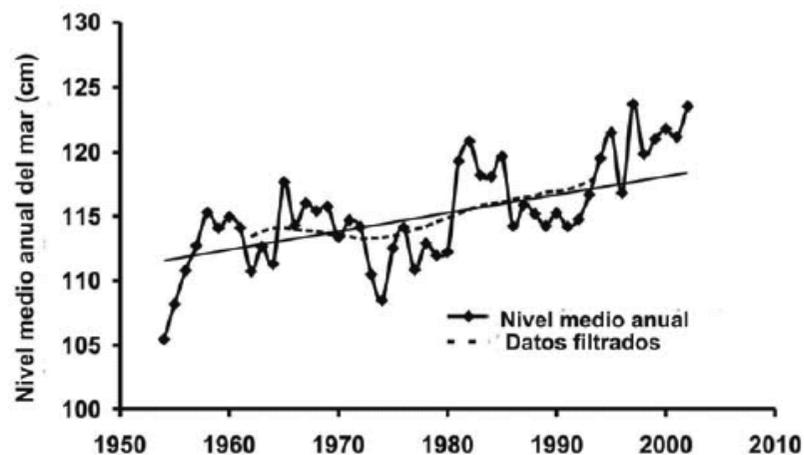


Figura 10. Regresión lineal calculada a partir de datos filtrados de niveles medios absolutos anuales en Mar del Plata, período 1954-2002, indicando un incremento de  $1,4 \pm 0,01$  mm/año

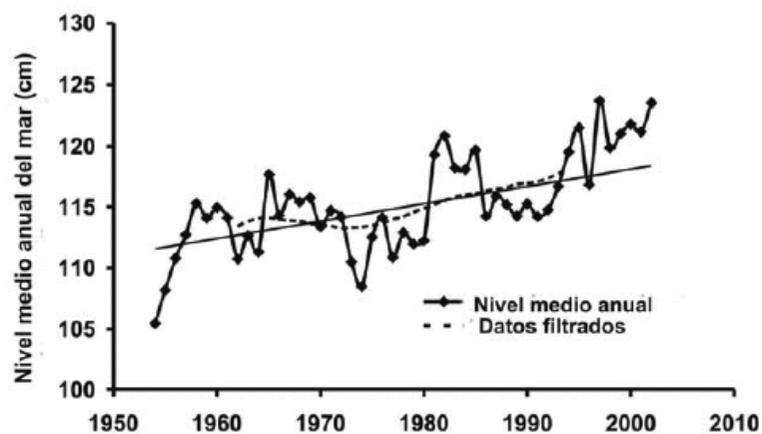


Figura 11. Regresión lineal (línea sólida recta) calculada de datos filtrados (trazo punteado) de los niveles medios anuales en Buenos Aires (trazo sólido curvo), período 1905-2003, mostrando un incremento de  $1,68 \pm 0,05$  mm/año

## CONSIDERACIONES FINALES

Las áreas costeras son sistemas frágiles y se verán severamente afectadas por las tendencias señaladas, en caso de confirmarse los pronósticos. Se estima que actualmente reside en ellas, incluyendo su *hinterland*, un 60% de la población mundial. Entre los efectos esperados pueden citarse el incremento de la erosión de las playas, la inundación de zonas bajas, la restricción o desaparición de humedales y acuíferos costeros, el aumento de la frecuencia e intensidad de procesos episódicos (e.g. ondas de tormenta, ENSO) que provocarán impactos de variada magnitud sobre los ecosistemas y el hombre. Actualmente se encuentran en desarrollo distintas iniciativas tendientes a formular estrategias de adaptación y respuesta ante los escenarios de cambio global. Pese a los diferentes escenarios e incertidumbres sobre los efectos del aumento del nivel del mar atribuidos a causas indirectas vinculadas con la acción humana (“efecto invernadero”), en opinión de este autor la principal contribución al deterioro de los sistemas costeros es la acción directa (urbanización, ocupación permanente u ocasional, obras de ingeniería, contaminación) que requieren procedimientos de “gestión costera integrada”, es decir, con un enfoque integrado de los aspectos naturales y socioeconómicos.