

14

Tormentas severas: ¿Cuán vulnerables son las costas del sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina)?

María Cintia Piccolo^{1,2}, Alejandra Merlotto¹, M. Lujan Bustos^{1,2},
M. Andrea Huamantínco Cisneros^{1,2} y Mónica C. García³

¹CONSEJO NACIONAL DE INVESTIGACIONES CIENTÍFICAS Y TÉCNICAS, ARGENTINA

²UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SUR, ARGENTINA

³UNIVERSIDAD NACIONAL DE MAR DEL PLATA, ARGENTINA

e-mail: ofpiccol@criba.edu.ar

RESUMEN

La zona costera del sur de la provincia de Buenos Aires, Argentina, está caracterizada por la presencia de localidades donde las principales actividades son el turismo de sol y playa. Las tormentas severas con vientos fuertes constituyen los principales eventos climáticos que dañan estas costas. El objetivo de este capítulo es describir la erosión que se produce en las costas del sur de la provincia de Buenos Aires originada por tormentas severas. El número y la intensidad de estas tempestades varía de década en década como consecuencia de la variabilidad climática. Se describen los cambios en los perfiles de playa y la vulnerabilidad de la costa a la erosión en las playas de Pehuen Co, Monte Hermoso y Necochea-Quequén. La pérdida del sedimento y la destrucción de las infraestructuras fueron los mayores impactos encontrados.

Palabras clave: erosión costera, variabilidad climática, Argentina.

Piccolo, M.C., A. Merlotto, M. Lujan Bustos, M.A. Huamantínco Cisneros, y M.C. García, 2017. Tormentas severas: ¿Cuán vulnerables son las costas del sur de la provincia de Buenos Aires (Argentina)? p. 283-296. En: Botello A.V., S.Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas Galaviz (eds.). Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático. UJAT, UNAM, UAC. 476 p.

ABSTRACT

The coastal area of southern Buenos Aires province, Argentina, is characterized by the presence of coastal communities in that mainly make a living with sun-and-beach tourism. Severe storms with strong winds represent the main climatic events that damage the coastline. The objective of this chapter is to describe the erosion that is produced along the coasts of southern Buenos Aires province, caused by these storms, whose quantity and intensity differ from one decade to the next as a consequence of climate variability. Changes in beach profiles, in addition to how vulnerable the coastline is to erosion at Pehuen Co, Monte Hermoso and Necochea-Quequén beaches are described. The loss of sediment and the destruction of infrastructure were the greatest impacts found.

Key words: Coastal erosion, climatic variability, Argentina.

INTRODUCCIÓN

La variabilidad climática en un sentido amplio indica los cambios del clima a través de un período corto de tiempo. De acuerdo con la Organización Meteorológica Mundial la variabilidad climática se refiere a los cambios que ocurren dentro de períodos cortos de tiempo, en un mes, una estación, un año o una década considerando también los eventos extremos (figura 1). Se consideran eventos extremos las olas de calor, de frío, períodos extensos de nieblas, sequías, inundaciones, etc. (Stephenson, 2008).

En América Latina los estudios de variabilidad climática están muy relacionados con el fenómeno El Niño Oscilación Sur (ENSO) que es una variabilidad interanual. Naturalmente las costas son vulnerables a esta variabilidad climática y para cada tipo de zona en particular se debe estudiar el estrés climático y sus efectos e impactos (tabla 1). En las zonas costeras argentinas los estudios de variabilidad y cambio climático se basan principalmente en el ascenso del nivel del mar y los problemas de erosión

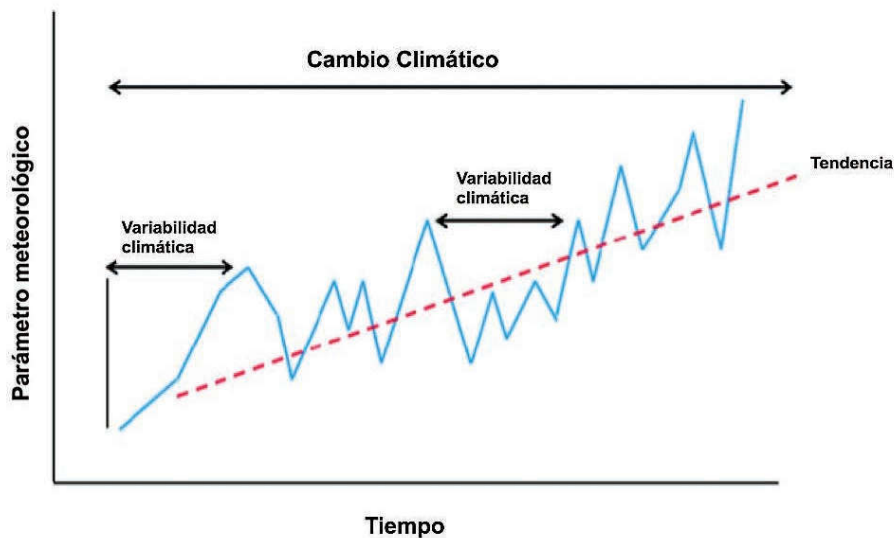


Figura 1. Esquema indicando la diferencia entre cambio climático y variabilidad climática (Modificado de Baigun *et al.*, 2014).

Tabla 1. Efectos de los diferentes eventos climáticos en las zonas costeras.

Eventos climáticos	Efectos sobre las zonas costeras	Potenciales impactos
Aumento de eventos meteorológicos externos.	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión costera debido a vientos intensos. - Cambio en la salinidad del agua por aumento de la evaporación. - Cambio en la calidad del agua subterránea. 	<ul style="list-style-type: none"> - Turismo y economía. - Cambios en planes de manejo costero. - Impacto en la salud debido a la calidad del agua. - Destrucción de infraestructura costera.
Fluctuaciones en la climatología de las olas.	<ul style="list-style-type: none"> - Variaciones en la deriva litoral que ocasionan erosión de las zonas costeras. 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión costera. - Pérdida de infraestructura costera.
Aumento en la frecuencia e intensidad de las tormentas.	<ul style="list-style-type: none"> - Incremento de la altura de las olas. - Erosión costera. 	<ul style="list-style-type: none"> - Erosión costera. - Pérdida de infraestructura costera.
Acidificación del agua marina.	<ul style="list-style-type: none"> - Destrucción de los arrecifes de coral. 	<ul style="list-style-type: none"> - Turismo y economía.

y retroceso de la línea costera, por ser los que más afectan a las poblaciones de estas localidades (Perillo, 1997; Codignotto, 1997; Kokot, 2004; López y Marcomini, 2004; Diez *et al.*, 2007). La zona costera del sur de la provincia de Buenos Aires no es la excepción, se han realizado numerosos estudios que aportan conocimientos sobre niveles de erosión en las playas o cambios

en la línea de ribera y los agentes meteorológicos que los generaron (*e.g.* García, 2009; Bustos, 2012; Huamantínco Cisneros, 2012; Merlotto *et al.*, 2016). De los eventos meteorológicos que se describen en la tabla 1, sin lugar a dudas las tormentas son los principales fenómenos a estudiar para conocer la vulnerabilidad del sistema costero.

OBJETIVO

El objetivo del presente capítulo es analizar los efectos de las tormentas en las costas del sudoeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina. En esta zona se localizan numerosos destinos turísticos. Se estudiaron dos localidades: Pehuen Co (38° 59' 51" S, 61° 33' 16" W), Monte Hermoso (38° 59' 33" S; 61° 15' 55" W) y el conglomerado urbano Necochea-Quequén (38° 33' 00" S; 58° 44' 00" W). La principal actividad de estos sitios están asociadas a la modalidad del turismo de sol y playa, así como también, la

visita a los lugares donde el científico inglés Charles Darwin descubrió fósiles que dieron lugar a su teoría de la evolución (Pehuen Co y Monte Hermoso). Los habitantes de esta zona están preocupados por conservar las zonas costeras dado los problemas de erosión que están sufriendo por el aumento de tormentas y vientos de gran intensidad. La economía de estas localidades depende del turismo y existen planes incompletos de manejo costero de estos sitios que han sido escasamente implementados.

METODOLOGÍA

Se analizan las estadísticas del número de tormentas que afectan un sector de las costas del sur bonaerense durante el período 1970-2007 (García, 2009). Se presentan ejemplos de tormentas severas que ocasionaron grandes erosiones de las playas de Pehuen Co, Monte Hermoso y Necochea-Quequén (Bertola *et al.*, 2007; Bustos *et al.*, 2009 y 2011; ; Merlotto *et al.*, 2013; Huamantín Cisneros *et al.*, 2014). Para la identificación de las tormentas se utilizaron los datos de estaciones meteorológicas ubicadas en cada localidad (<http://emac.iado-conicet.gov.ar/>) y se analizaron las cartas sinópticas del tiempo atmosférico de superficie y altura del Ministerio de Cien-

cia y Tecnología de Brasil (www.cptec.inpe.br) y del Servicio Meteorológico Nacional Argentino (www.smn.gov.ar). Este último organismo también proporcionó la información de olas. Los cambios geomorfológicos de las playas de las diferentes localidades fueron estudiados mediante perfiles de playa antes y después de ocurrido cada evento de tormenta. Los perfiles se realizaron en sentido perpendicular a la playa en base a una versión modificada del método propuesto por Emery (1961) (Bustos *et al.*, 2013). Se presentan las diferencias volumétricas de los perfiles en las diferentes playas y los mapas de vulnerabilidad a la erosión costera.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación se describen someramente los impactos de algunas tormentas intensas en la zona de estudio y sus consecuencias en el espacio costero.

Pehuen Co

Pehuen Co es una villa balnearia, con 681 habitantes permanentes según el Instituto Nacional de Estadística y de Censo de Argentina (INDEC, 2010). Los vecinos se dedican a la pesca artesanal y a las actividades vinculadas con el turismo. La costa es baja y arenosa con un ancho promedio de playa de 143 m, enmarcada por una línea de médanos de aproximadamente 6 km de ancho medio. En los sectores más alejados de la costa, los médanos son de menor altura y se encuentran cubiertos de vegetación. En proximidad de la costa son más altos, algunos vegetados y alcanzan alturas de más de

20 m. Pehuen Co no posee infraestructura balnearia sobre la costa y en el sector este se encuentra una reserva paleontológica muy importante.

Un ejemplo de las tormentas que azotan las playas de Pehuen Co ocurrió el 26 de julio de 2007 y se caracterizó por vientos fuertes del suroeste con velocidades de 63 km/h que originaron olas de gran altura coincidentes con un estado de pleamar (Bustos *et al.*, 2009). Se originaron olas que llegaron a las zonas más altas de la playa alcanzando los médanos costeros y las construcciones aledañas. Aunque fue un fenómeno de corta duración (22 horas), un sistema de baja presión (993 hPa) se desplazó a gran velocidad sobre el océano, tuvo un gran poder erosivo en las playas. Este sistema generó trenes de olas de hasta 7 m de altura que viajaron por la plataforma continental, con

dirección sudoeste-noreste, hasta impactar en la costa del sudoeste bonaerense. Las olas en la playa, alcanzaron alturas de 3 m erosionando gran parte de los sedimentos en la mayoría de los sectores analizados provocando una seria destrucción de la misma (Bustos *et al.*, 2009). En un lapso muy corto se modificó el perfil la playa (figura 2) y disminuyó significativamente su nivel. Los sectores Oeste y Centro del balneario fueron los más afectados (se perdieron 115.7 m³ de arena/m de ancho de playa). En estos perfiles desapareció la berma y se considera que el material se acumuló principalmente en la zona submareal. En el sector Este la situación fue similar pero las típicas bermas no desaparecieron completamente. Este último sector se encuentra más protegido al embate de las olas provenientes del sudoeste (Bustos *et al.*, 2009).

Bustos *et al.* (2011) estudiaron la vulnerabilidad de Pehuen Co a la erosión costera en condiciones de vientos mayores a 40 km/h. Para ello utilizaron datos de velocidad y dirección de viento con un intervalo de muestreo de 5 minutos durante los meses de junio 2007 a diciembre 2009. En los 29 meses analizados se registraron 91 eventos donde el 57% de ellos fue del cuadrante oeste, el 37% del este y sólo un 6% de la

dirección sur. Se observaron zonas con diversos grados de vulnerabilidad a la erosión y cambios en la geomorfología de algunas zonas respecto a otras. En base al registro de eventos, sus efectos sobre el uso y características de la costa se realizó un mapa de vulnerabilidad de las diferentes zonas que se presenta en la figura 3.

Monte Hermoso

La playa de la localidad de Monte Hermoso tiene un ancho aproximado de 260 m y su perfil característico está compuesto por barras, canales y médanos frontales. Su costa posee una dirección este-oeste, como la de Pehuen Co (figura 4). El uso intensivo del espacio litoral permitió la evolución de balneario a centro turístico. La ciudad cuenta con 6 351 habitantes según el INDEC (2010). El municipio está abocado a la protección de sus playas, dado que la ciudad depende económicamente del turismo y la pesca artesanal. Las tormentas invernales constituyen un problema ya que dificultan el mantenimiento de la infraestructura del balneario. Un ejemplo lo constituye las dos últimas semanas del mes de julio de 2009 que se caracterizaron por el pasaje de numerosos sistemas ciclónicos, siendo los más importantes los pasajes frontales de los

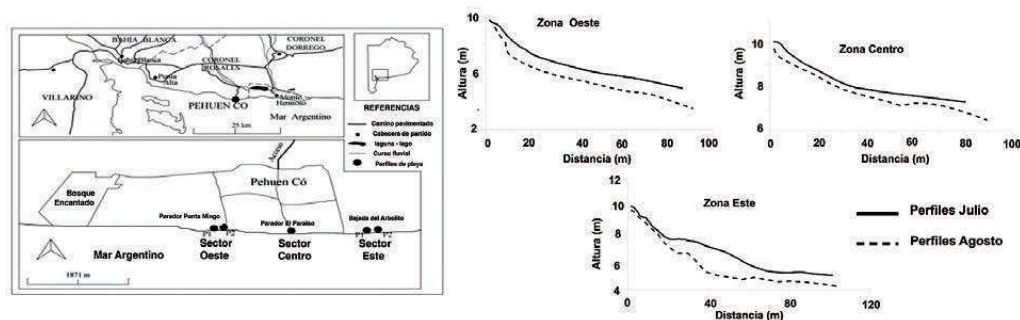


Figura 2. Variación de los perfiles de playa en diferentes sectores de la playa del balneario Pehuen Co antes (julio) y después (agosto) del evento del 26 de julio de 2007 (Modificado de Bustos *et al.*, 2009).

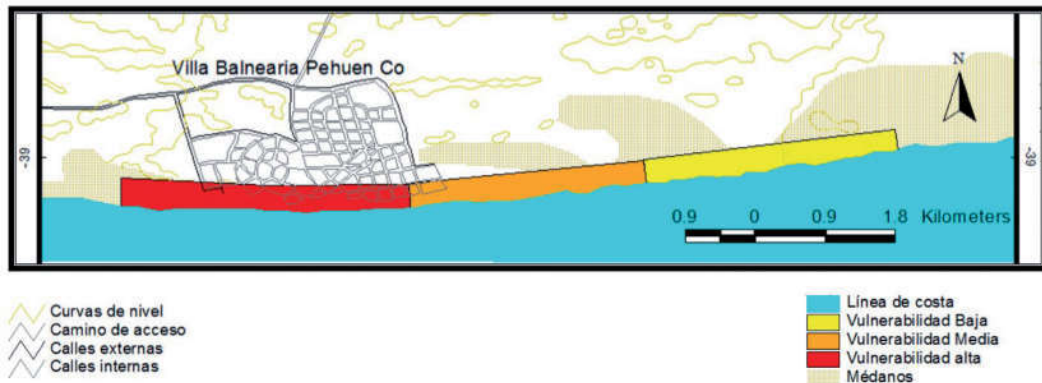


Figura 3. Mapa de vulnerabilidad de la zona costera de la villa bañera de Pehuén Co a la erosión costera (Bustos *et al.*, 2011).

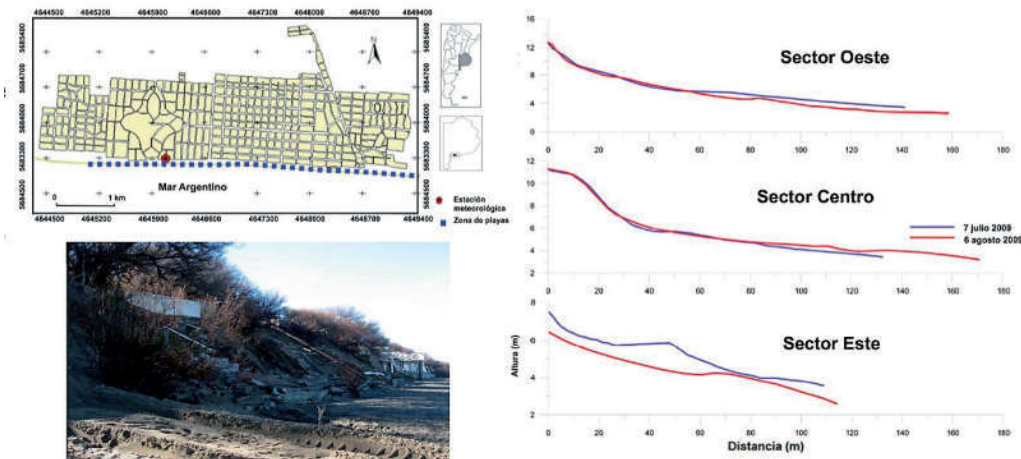


Figura 4. Localización de la localidad turística de Monte Hermoso. Perfiles de playa realizados en la zona oeste, centro y este, antes (7 de julio 2009) y después (6 de agosto 2009) del pasaje de los centros ciclónicos de las últimas semanas del mes de julio 2009 (Modificado de Huamantínco Cisneros *et al.*, 2011).

días 21, 22 y 25 de julio (Huamantínco Cisneros *et al.*, 2011). Los sistemas originaron vientos fuertes entre 40 y 65 km/h con direcciones del so-ss-o-so y escasa precipitación (20 mm). El pasaje de los centros ciclónicos generó trenes de olas con altura entre 2 y 3,6 m y dirección predominante del sector sso. Los perfiles de playa realizados en las zonas Oeste, Centro y Este de Monte Hermoso indicaron una dismi-

nución del sedimento de 72.3 y 79 m³/m de ancho de playa (Huamantínco Cisneros *et al.*, 2011). Una berma muy marcada con presencia de canales incipientes y una barra de lavado se observaron en julio, antes del pasaje de tormentas. Luego del paso de esta tempestad la berma desapareció y solo se distinguió el crecimiento de la barra de lavado y la formación de canales (figura 4). Los afloramientos quedaron al descubierto

en el tramo final y se observaron restos de resaca y conchillas. Las defensas de las viviendas ubicadas en las zonas costeras fueron completamente destruidas.

Otro ejemplo lo constituye la sudestada del 17 al 20 de junio del 2008, con vientos de los cuadrantes SE-SSE y velocidades de hasta 50 km/h acompañado de escasas precipitaciones (5.8mm). Esta tormenta generó en Monte Hermoso una erosión de 68.6 m³/m de ancho de playa. La sudestada afectó también al balneario Pehuén Co donde se perdieron 35.4 m³/m de ancho de playa y se agravó el estado de un amplio sector del camino costanero con su posterior clausura para el tránsito vehicular (Huamantincó Cisneros *et al.*, 2014).

No todas las tormentas afectan de la misma forma las costas de ambas localidades. Por ejemplo, la tormenta del 22 y el 25 de julio del año 2009, tuvo una duración similar a la del año 2008 con 20 mm de precipitación, vientos del SO y ráfagas máximas de 17.6 m/s. Se erosionaron 67.7 y 2.4 m³/m de ancho de playa en Monte Hermoso y Pehuén Co, respectivamente (figura 4). En Monte Hermoso se produjo además la destrucción de viviendas. En Pehuén Co la pérdida de sedimento no fue significativa pero se generó una escarpa de 1.2 m a lo largo de la playa en la zona del pie de médano. Otro ejemplo es la sudestada ocurrida en el año 2010, entre el 23 y el 30 de mayo, la cual se caracterizó por vientos de los cuadrantes S-SE, con ráfagas de 108 km/h y 11.5 mm de lluvias. Los efectos erosivos fueron más notorios en Pehuén Co donde el perfil perdió 34.1 m³/m de ancho de playa en tanto que en Monte Hermoso la pérdida fue de solo 4.5 m³/m. Luego de las tormentas la forma resultante en todos los perfiles fue cóncava. En general, el pie del médano se erosionó, la berma

desapareció y se formaron barras incipientes cerca de la zona de lavado (Huamantincó Cisneros *et al.*, 2014). Si las tempestades están caracterizadas por gran precipitación se forman cárcavas sobre los médanos y la presencia de las construcciones costeras acelera el deterioro de las playas. A esto se le debe sumar que, especialmente en el caso de Monte Hermoso, prácticamente todo el desagüe de las lluvias se hace a través de calles perpendiculares a la playa, por lo que la misma se ve profundamente cortada por canales. Cabe destacar que estos eventos meteorológicos ocurren en forma simultánea en Pehuén Co y Monte Hermoso, dada la escasa distancia entre los dos sitios.

Necochea- Quequén

El conglomerado urbano compuesto por las localidades de Necochea y Quequén está separado por el río Quequén Grande, en cuya desembocadura en el océano Atlántico se encuentra el puerto de Quequén, con la presencia de un importante rompeolas que mejora las condiciones de entrada al puerto. Ambos sitios están caracterizados por playas visitadas por muchos turistas, aunque las actividades turísticas están más desarrolladas en Necochea. Según el INDEC (2010) los habitantes suman 109 536. Las tormentas generan numerosos destrozos en las zonas costeras de esta localidad. Un ejemplo lo constituye el vendaval que se desarrolló entre el 22 y 25 de junio del año 2006 que afectó significativamente a la playa Bahía de los Vientos localizada en la costa de Quequén (Bértola *et al.*, 2007). Los vientos con velocidades superiores a 50 km/h provenientes de direcciones variables ocasionaron frentes de olas que variaron de dirección e intensidad con un importante predominio de la dirección SO. Las olas alcanzaron alturas de hasta 8 m. Los

perfiles de playa se muestran en la figura 5. Se formó una escarpa de erosión que aumentó la pendiente de la playa frontal de 5 a 14 %. Numerosos casos como el de esta tormenta han sido documentados en las zonas costeras (Melotto *et al.*, 2013), por lo tanto, luego de conocer y medir los cambios geomorfológicos de la costa, se necesitan complementar los estudios con los diferentes índices de vulnerabilidad que se encuentran en la literatura (Collin y Melloul, 2014)

La distribución espacial del índice de peligrosidad, vulnerabilidad y riesgo en el conglomerado urbano Necochea-Quequén fue estudiado por Merlotto *et al.* (2016). En Quequén se encontraron zonas con peligrosidad de baja a muy alta, mientras que en Necochea el peligro es de muy bajo a moderado (figura 6). El índice de peligrosidad presenta los mayores valores al este del Puerto Quequén y frente a Bahía de los Vientos. Hacia el oeste, el frente coste-

ro de la ciudad correspondiente al Parque M. Lillo presenta un índice de peligrosidad moderado a muy bajo. En Quequén se observaron sectores con tasas de retroceso de la línea de costa y acantilados sin presencia de médanos, los cuales constituyen una geomorfología más vulnerable a la erosión. El índice de vulnerabilidad social ha presentado categorías de muy baja a baja/moderada en la ciudad de Quequén y de baja a moderada en Necochea. El área de estudio en general presenta un riesgo de erosión costera de muy bajo a alto. En Necochea, el frente urbanizado tiene un riesgo muy bajo mientras que hacia el este, la ciudad de Quequén posee un riesgo alto y moderado (Merlotto *et al.*, 2016). Con esta información se incrementa significativamente el conocimiento del funcionamiento del ambiente costero pudiendo ser utilizado en el desarrollo de planes de manejo costero en estas costas.

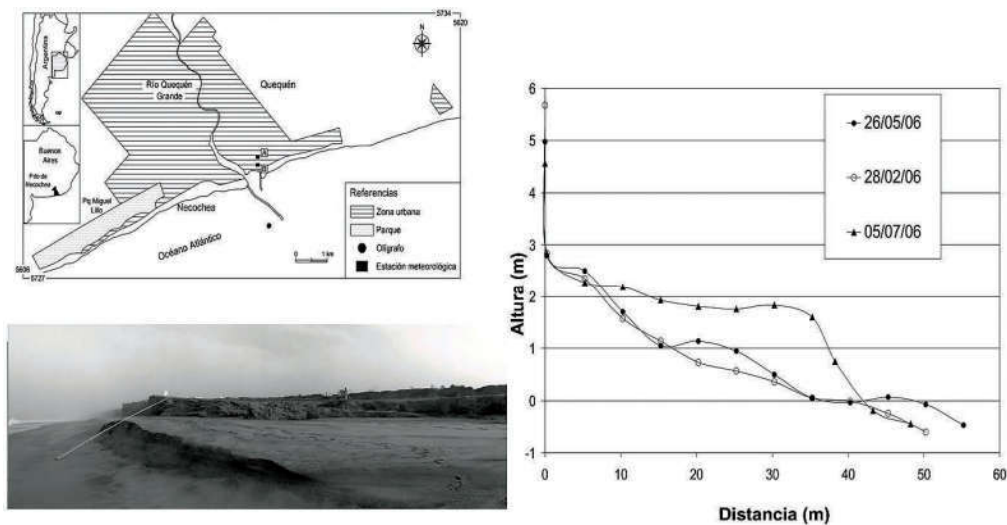


Figura 5. Localización del conglomerado Necochea-Quequén y de la playa bahía de los Vientos. Perfiles de playa de la tormenta del 25 de junio de 2006 (Modificado de Bertola *et al.*, 2007).

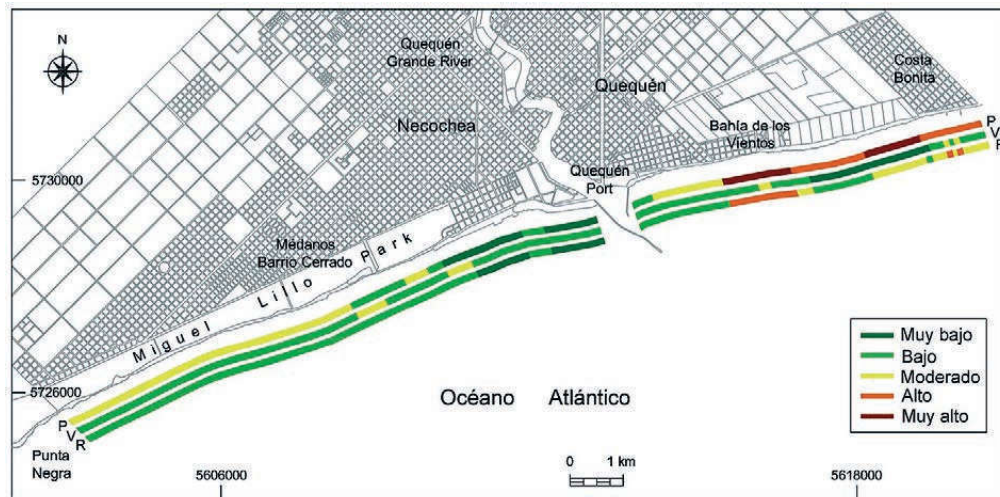


Figura 6. Distribución de la Peligrosidad (P), Vulnerabilidad (V) y Riesgo (R) en el conglomerado urbano Necochea-Quequén (Modificado de Merlotto *et al.*, 2016).

Variación decádica del número de tormentas

Las principales tormentas severas que azotan el sudoeste bonaerense se caracterizan por vientos del sudoeste o del sudeste/este. Estas últimas se denominan “sudestadas” y son tormentas que permanecen varios días en la zona, generalmente acompañadas de precipitación. Se ha observado que en los últimos cuarenta años ha variado el número de tormentas y la frecuencia mensual de las mismas. En la figura 7 se muestra la frecuencia mensual de las sudestadas en Necochea-Quequén en el período 1971-2007 (García, 2009) considerando un umbral de velocidad del viento de 75 km/h. El número de sudestadas y los meses en los que ocurren no son similares en las diferentes décadas. El 38.1% de las sudestadas encontradas fueron clasificadas como muy fuertes, ya que sus vientos superaron el umbral de 75 km/h, mientras que una de cada cinco, sobrepasó los 100 km/h. En todos los casos se acompañaron de precipitaciones generalizadas y en una de cada cuatro

sudestadas la precipitación superó los 100 mm (García, 2009). El período 1991-2000 fue el que presentó el mayor número de sudestadas principalmente en invierno y primavera. Febrero fue el único mes en esa década en el cual no se registraron este tipo de tormentas. El período más reciente 2001-2007 también presenta numerosas sudestadas.

En la figura 8 se presenta el número de tormentas y eventos severos (García, 2009). Las tormentas severas son más frecuentes en los meses cálidos y su frecuencia aumentó significativamente en el período 2001-2007. Los resultados de estos estudios indican claramente que hay que desarrollar planes de protección o de mitigación de las costas ante el aumento de la frecuencia e intensidad de las tormentas. En la tabla 2 se presenta un resumen de las principales consecuencias de las sudestadas y tormentas severas en esa zona realizado por García (2011). Cabe destacar que las estadísticas no difieren de las que se observan en las localidades de Pehuen Co y Monte Hermoso.

Vulnerabilidad de las Zonas Costeras de Latinoamérica al Cambio Climático

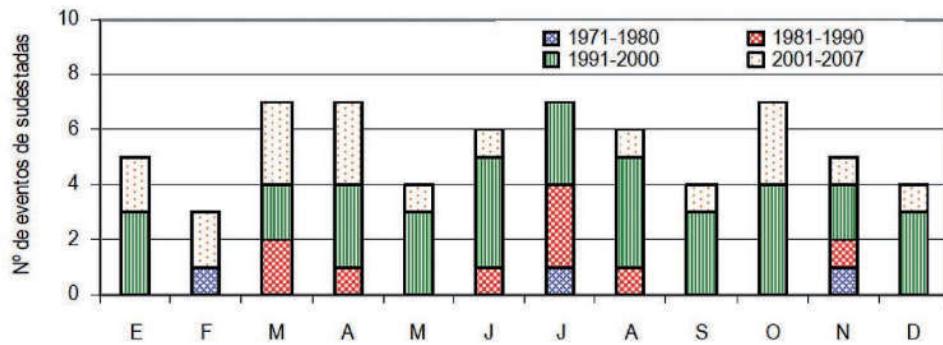


Figura 7. Frecuencia mensual decádica de sudestadas en Necochea-Quequen (García, 2009).

Tabla 2. Efectos de las sudestadas en Necochea-Quequen (García, 2011).

Daños físicos-naturales muy graves (F-1)	Danos físicos-naturales menos graves (F-2)	Daños socio-económicos muy graves (S-1)	Daños socio-económicos menos graves (S-1)
Deterioro en acantilados y playas que afectan paseos costeros, obras marítimas y accesos por incremento de energía del oleaje.	Incremento del oleaje por tormenta produce deterioro de equipamiento y mobiliario en playas y paseos.	Pérdida de vidas y/o bienes personales.	Acumulación de desechos en playas y otros sectores de la costa.
Perjuicios materiales por efectos del viento en construcciones residenciales y comerciales en áreas próximas a la costa.	Inundación de playa y/o elementos de la primera línea costera.	Hundimiento o encallamiento de embarcaciones pesqueras y/o de carga.	Anegamiento de caminos o calles costeras por incremento del nivel del mar y del oleaje por el viento.
Pérdida importante de arenas en playas, bermas y médanos costeros.	Derrumbe u otros procesos de remoción en masa en acantilados.	Puertos cerrados, flotas pesqueras en recintos portuarios o regreso anticipado de las mismas.	Percepción negativa del turista.
Dificultad para desagüe de arroyos y ríos del área en el mar, desbordes fluviales.	Averías en defensas costeras y/o conductos pluviales por remoción del sustrato.	Actividad turística en playas perjudicada por el deterioro del recurso, la infraestructura o el equipamiento.	Cortes de energía eléctrica, de suministro de agua o telefonía.
	Deterioro de la vegetación arbórea en zonas costeras.	Inundaciones y anegamientos urbanos. Evacuación de personas.	Caída de postes, carteles, semáforos, muros, etc.
		Voladura de techos y caída de mampostería en viviendas.	Dificultad para circular por la ciudad por anegamiento.
			Suspensión de clases y/o actividades.

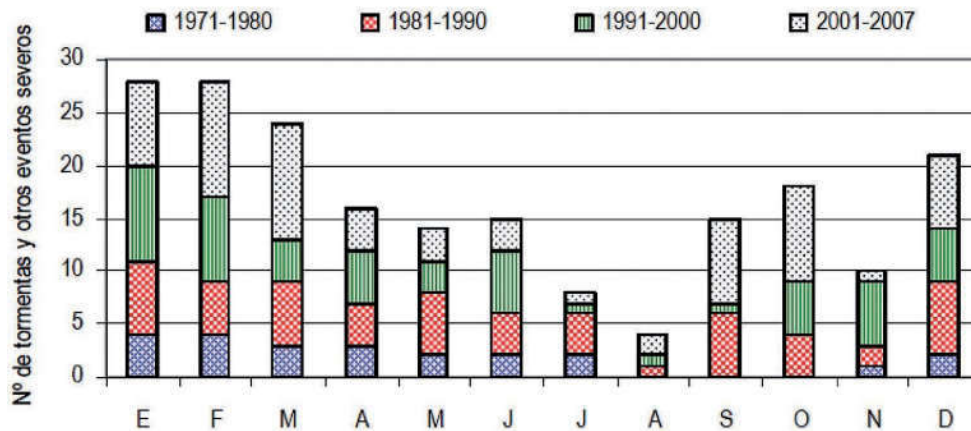


Figura 8. Número de tormentas y eventos severos en Necochea-Quequen (García, 2009).

CONCLUSIÓN

La variabilidad climática es un proceso que debemos estudiar para cada zona costera en particular y se debe identificar cual es el evento climático que más afecta nuestras costas y luego desarrollar e implementar planes de manejo costero integral. El viento y las tormentas son poderosos agentes naturales modificadores de los espacios costeros y son los que en mayor medida intensifican los procesos de erosión observados en las últimas décadas en los diversos sectores costeros de la costa sur de la provincia de Buenos Aires. En los sitios estudiados no se han implementado planes de manejo integrales a pesar de que se han realizado numerosos estudios. Estas investigaciones deben ser dirigidas a prevenir y controlar la degradación del medio ambiente marino y costero, así como a la recuperación de impactos ocasionados por la variabilidad climática y las actividades antrópicas.

Los resultados, similares a los encontrados en otras regiones del mundo, indican que se debe implementar un plan de de-

fensa contra la erosión costera que incluye, entre otras medidas: no alterar la configuración natural del ambiente costero; prohibir la apertura de nuevas bajadas a la playa y la construcción de infraestructuras permanentes sobre médanos (*e.g.* paradores comerciales) además de mantener y controlar la prohibición del tránsito vehicular en la playa y sobre médanos frontales. Las tormentas deben ser estudiadas de manera continua en lo que respecta a su generación, evolución, frecuencia, intensidad y efectos sobre el espacio para lograr la planificación de los usos y las actividades humanas y mitigación de sus impactos sobre las costas. En aquellos sectores en los que el daño es muy profundo se propone proteger mediante métodos blandos las zonas más erosionadas y con presencia de acantilados; conservar, construir y restaurar médanos naturales y artificiales; entre otros. La planificación de los ambientes costeros requiere el estudio de eventos físico-meteorológicos que impacten en estos.

LITERATURA CITADA

- Bértola, G.R., M.C. Piccolo, y A. Merlotto, 2007. Efecto de la tormenta del 25 de junio del 2006 en la playa de Bahía de los vientos, Argentina. P. 77-82. En: En: Cazzaniga N. y Vaquero M. del C. (Ed.). Ambiente natural, campo y ciudad: estrategias de uso y conservación en el Sudoeste bonaerense. EDIUNS.
- Bustos, M. L., 2012. Estudio integrado ambiental del balneario Pehuen Co. Tesis de doctorado, Departamento de Geografía y turismo, Universidad Nacional del Sur, 231 p.
- Bustos, M.L., M.C. Piccolo, y G.M.E. Perillo, 2009. Cambios en la geomorfología de la playa de Pehuen Co debido a la tormenta del 26 de julio de 2007. p. 87-102. En: M. del C. Vaquero, y Pascale, J.C. (eds). El Territorio, las Actividades Económicas y la Problemática Ambiental del Sudoeste Bonaerense. Actas de las V Jornadas Interdisciplinarias del Sudoeste bonaerense. EDIUNS.
- Bustos, M. L., M.C. Piccolo, y G. M. E. Perillo, 2011. Efectos geomorfológicos de fuertes vientos sobre playas. El caso de la playa de Pehuen Co, Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 37: 121-142.
- Bustos, M.L., M.A. Huamantincó Cisneros, M.A., G.M.E. Perillo, y M.C. Piccolo, 2013. Métodos sencillos para la medición de perfiles de playa y observaciones costeras EDIUNS, Bahía Blanca, 55 p
- Codignotto, J., 1997. Geomorfología y dinámica costera. P. 89-155. En: El Mar argentino y sus recursos pesqueros. INIDEP, tomo 1.
- Collin, M. L., y A.J. Melloul, 2014. Empirical assessment of coastal environmental vulnerability to sea level rise. *Journal of Environmental Protection*, 5: 1197-1219.
- Diez, P.G., G.M.E. Perillo, y M.C. Piccolo, 2007. Vulnerability to sea level rise on the coast of the Buenos Aires Province. *Journal of Coastal Research*, 23: 119-126.
- Emery, K., 1961. A simple method of measuring beach profiles. *Limnology and Oceanography*, 6:90-93.
- García, M. C., 2009. El clima urbano costero de la zona atlántica comprendida entre 37° 40' - 38° 50' S y 57° y 59° W. Tesis Coctoral, Universidad Nacional del Sur, Argentina, 230 p. (<http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/1982>)
- García, M. C., 2011. Escenario de riesgo climático por sudestadas y tormentas en Mar del Plata y Necochea-Quequén, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities research medium, Uberlândia*, 2 (2): 286-304.
- Huamantincó Cisneros, M. A., 2012. Efecto de la variabilidad climática del balneario Monte Hermoso sobre su geomorfología costera y el confort climático. Tesis doctoral. Departamento de Geografía y Turismo. Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina. 249 p.
- Huamantincó Cisneros, M. A., C. F. Forneron, M.C. Piccolo, y G. M. E. Perillo, 2011. Análisis de tormentas en dos ambientes acuáticos durante el invierno de 2009 (Partido de Monte Hermoso, Argentina). *Revista Geográfica*, 149: 9-22.
- Huamantincó Cisneros, M. A., M. L. Bustos, M.C. Piccolo, y G. M. E. Perillo, 2014. Impacto des severas tormentas invernales en Monte Hermoso y Pehuen Co (Argentina). XXVII Reunión Científica de la Asociación Argentina de Geofísicos y Geodestas. (<http://www.aagg.org.ar/>)
- INDEC, 2010. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <http://www.indec.gov.ar>
- Kokot, R. R., 2004. Erosión en la costa por cambio climático. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59: 715-726.
- López, R.A. y S.C. Marcomini, 2004. Análisis de los riesgos ambientales por antropogénesis y su valoración frente a los futuros cambios climáticos en el área metropolitana

- na de la ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59, 3: 416-422.
- Merlotto, A., G.R. Bértola, y M.C. Piccolo, 2013. Seasonal morphodynamic classification of Necochea municipal beaches, Buenos Aires Province, Argentina. *Ciencias Marinas*, 39(4): 331-347.
- Merlotto, A., G. R. Bertola, y M. C. Piccolo, 2016. Hazard, vulnerability and coastal erosion risk assessment in Necochea Municipality, Buenos Aires Province, Argentina. *J. Coastal Conservation. Planning and Management*, 20, 351-362
- Perillo, G.M.E. (editor), 1997. Evaluación de la vulnerabilidad de la costa argentina al ascenso del nivel del mar. PNUD/SECYT ARG/95/G/31 62 p.
- Stephenson, D. B., 2008. Definition, diagnosis, and origin of extreme weather and climate events. P. 11-23. In: H. F. Diaz and R. J. Murnane (eds.). *Climate Extremes and Society*. Cambridge University Press.

