



Revista Universitaria de Geografía  
ISSN: 0326-8373  
ceditorialdgyt@uns.edu.ar  
Universidad Nacional del Sur  
Argentina

Merlotto, Alejandra; Bértola, Germán Ricardo; Isla, Federico Ignacio  
Riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires, Argentina  
Revista Universitaria de Geografía, vol. 26, núm. 2, 2017, pp. 37-72  
Universidad Nacional del Sur  
Bahía Blanca, Argentina

Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=383254667003>

- Cómo citar el artículo
- Número completo
- Más información del artículo
- Página de la revista en [redalyc.org](http://redalyc.org)

# **Riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires, Argentina**

Alejandra Merlotto\*  
Germán Ricardo Bértola\*\*  
Federico Ignacio Isla\*\*\*

## **Resumen**

La complejidad creciente de la relación sociedad-naturaleza sumada a las estimaciones sobre el cambio climático y sus efectos sobre el oleaje y tormentas costeras, han tornado imprescindibles los estudios relacionados con los fenómenos costeros debido a que las áreas litorales y la población residente en ellas son especialmente vulnerables. Mediante indicadores que permitieron evaluar las características de la amenaza (geomorfología, pendiente de playa, tasas de erosión, etc.) y de la población (cantidad, condición sanitaria, nivel educativo, etc.) expuesta a la erosión costera, se construyeron los índices de peligrosidad y vulnerabilidad que conforman el riesgo a la erosión costera en la provincia de Buenos Aires. El mapa de zonificación del riesgo obtenido evidenció áreas con peligrosidad de muy baja a alta, vulnerabilidad de muy baja a moderada y un riesgo predominantemente bajo con pequeños sectores de riesgo moderado. Los resultados revelan que la evaluación del riesgo constituye una herramienta práctica y adecuada para el diseño de estrategias de mitigación y prevención de la erosión costera, acordes con las particularidades de cada sector.

**Palabras clave:** Riesgo, Peligrosidad, Vulnerabilidad, Erosión costera, Buenos Aires.

---

\* Investigadora del CONICET. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-CONICET). Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMdP-CIC). Mar del Plata. amerlott@mdp.edu.ar

\*\* Investigador del CONICET. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-CONICET). Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMdP-CIC). Mar del Plata. gbertola@mdp.edu.ar

\*\*\* Investigador del CONICET. Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras (IIMyC-CONICET). Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (UNMdP-CIC). Mar del Plata. fisla@mdp.edu.ar

## **Coastal erosion risk in Buenos Aires Province, Argentina**

### **Abstract**

The increasing complexity of nature-society relationship together with the estimates of climatic change and its effects on waves and coastal storms have asserted the importance of coastal phenomenon studies due to the particular vulnerability of both littoral areas and their population. Indices of the two components of risk, hazard and vulnerability, were constructed to assess coastal erosion risk in Buenos Aires Province. Based on different indicators, the indices allowed assessing the hazard characteristics (geomorphology, beach slope, erosion rates, etc.) and the population exposed to coastal erosion (quantity, sanitary condition, education level, etc.). The resulting zoning risk map outlined from very low to high hazard areas, and very low to moderate vulnerability. Coastal erosion risk is overall low in the study area although there are small sectors of moderate risk. The results reveal that risk assessment may develop practical and adequate tools for designing prevention and coastal erosion mitigation strategies according to the features of each sector.

**Key words:** Risk, Hazard, Vulnerability, Coastal erosion, Buenos Aires.

## Introducción

La complejidad creciente de las relaciones sociedad-naturaleza, debida a la constante expansión de los centros urbanos y la acumulación de efectos nocivos sobre el ambiente, han agravado los efectos de los fenómenos naturales en ciertas áreas y sus consecuencias sobre la población residente en ellas. Los cambios en el ambiente costero asociados al cambio climático, tornan imprescindibles los estudios de riesgo ya que estas áreas son especialmente vulnerables (Wu *et al.*, 2002; Dolan y Walker, 2006; Frazier *et al.*, 2010). En este contexto, la elaboración de políticas de planificación urbana y planes de manejo costero constituyen un objetivo prioritario.

La evaluación del riesgo a fenómenos naturales se presenta como una herramienta asociada al manejo costero, destinada a identificar áreas susceptibles de padecer problemas ambientales particulares que necesitan especial atención. Dichas áreas surgen a partir de la elaboración de mapas de riesgo, cuya interpretación incrementa las posibilidades de reducirlo al permitir la implementación de medidas de prevención y/o mitigaciones diferenciales de acuerdo con las necesidades de cada área (Cutter *et al.*, 2003; Birkmann, 2007). Asimismo, constituyen una herramienta para promover espacios de intercambio institucional e interdisciplinario al facilitar la participación de los actores sociales en el proceso de gestión del riesgo. Los estudios sobre riesgo en áreas costeras están relacionados principalmente con el cambio climático, con temporales de oleaje y ondas de tormenta o inundaciones, con el ascenso del nivel mar y con la erosión (Cutter, 1996; Wu *et al.*, 2002; Cutter *et al.*, 2003; Boruff *et al.*, 2005; Hegde y Reju, 2007; Del Río y Gracia, 2009; Frazier *et al.*, 2010; Mahendra *et al.*, 2011).

El marco conceptual del riesgo surgió a partir de la reunión de la Organización de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRO) y de la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), en la cual se unificaron nociones y conceptos sobre el mismo (UNDRO, 1979). Se propuso la siguiente ecuación para su evaluación:

$$R_t = E \cdot R_s = E \cdot H \cdot V$$

donde  $R_t$  es el riesgo total,  $E$  los elementos en riesgo,  $R_s$  el riesgo específico,  $H$  la peligrosidad ( $P$ ) (*hazard* en inglés) y  $V$  la vulnerabilidad.

Cardona (1993) propuso incluir los elementos en riesgo en el concepto de vulnerabilidad dado que un elemento es vulnerable solo si está expuesto. Modificó la ecuación original y planteó la siguiente expresión:

$$R = H \times V$$

Por lo tanto, el riesgo estará conformado por dos componentes, la peligrosidad y la vulnerabilidad y es definido como la pérdida o daño esperado a partir de la probabilidad de ocurrencia de eventos de origen natural o humano peligrosos (la amenaza o el peligro) y de la vulnerabilidad de los elementos expuestos en un determinado sitio (la vulnerabilidad), en un período de tiempo dado. La amenaza o peligrosidad está representada por un peligro latente asociada a un fenómeno físico de origen natural o tecnológico, externo al sujeto, que puede presentarse en un sitio y en un tiempo de exposición determinados y producir efectos adversos sobre bienes materiales y personas. La vulnerabilidad como parte del riesgo ha cobrado gran importancia en los últimos años especialmente en las ciencias que estudian el ambiente y en relación con la sustentabilidad (Cutter *et al.*, 2003). En la actualidad la vulnerabilidad es considerada clave para comprender el riesgo en forma integral y gestionarlo (Hegde y Reju, 2007) y es definida como las características de una persona o grupo sobre la base de su capacidad para anticipar, sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de una amenaza natural (Blaikie *et al.*, 1996).

Las evaluaciones del riesgo analizan sus dos componentes, la peligrosidad y la vulnerabilidad. Por un lado, se estudian las características físicas y particularidades de la amenaza o peligro y por otro, las de la población e infraestructura expuesta al mismo (Cutter, 1996; Boruff *et al.*, 2005; Birkmann, 2007; Del Río y Gracia, 2009). De la combinación de ambos se determina el riesgo del área frente a un determinado evento y al cartografiar la distribución espacial del riesgo, se obtiene el escenario del riesgo (Cardona, 1993). El método más utilizado para la evaluación del riesgo consiste en la elaboración de un índice cuantitativo de peligrosidad y uno de vulnerabilidad compuestos por indicadores (Wu *et al.*, 2002; Boruff *et al.*, 2005; Birkmann, 2007; Hegde y Reju, 2007; Szlafsztein and Sterr, 2007; Del Río y Gracia, 2009; Furlan *et al.*, 2011; Martins *et al.*, 2012). Los indicadores deben ser representativos de las características físicas y socioeconómicas del área a estudiar y de cada unidad de análisis y no deben ser demasiado numerosos ya que, si están relacionados, pueden reflejar procesos similares (interacciones). El análisis y la evaluación de los riesgos costeros constituyen una tarea muy compleja debido al número de factores y naturales y socioeconómicos que interactúan en el ambiente costero (Del Río y Gracia, 2009).

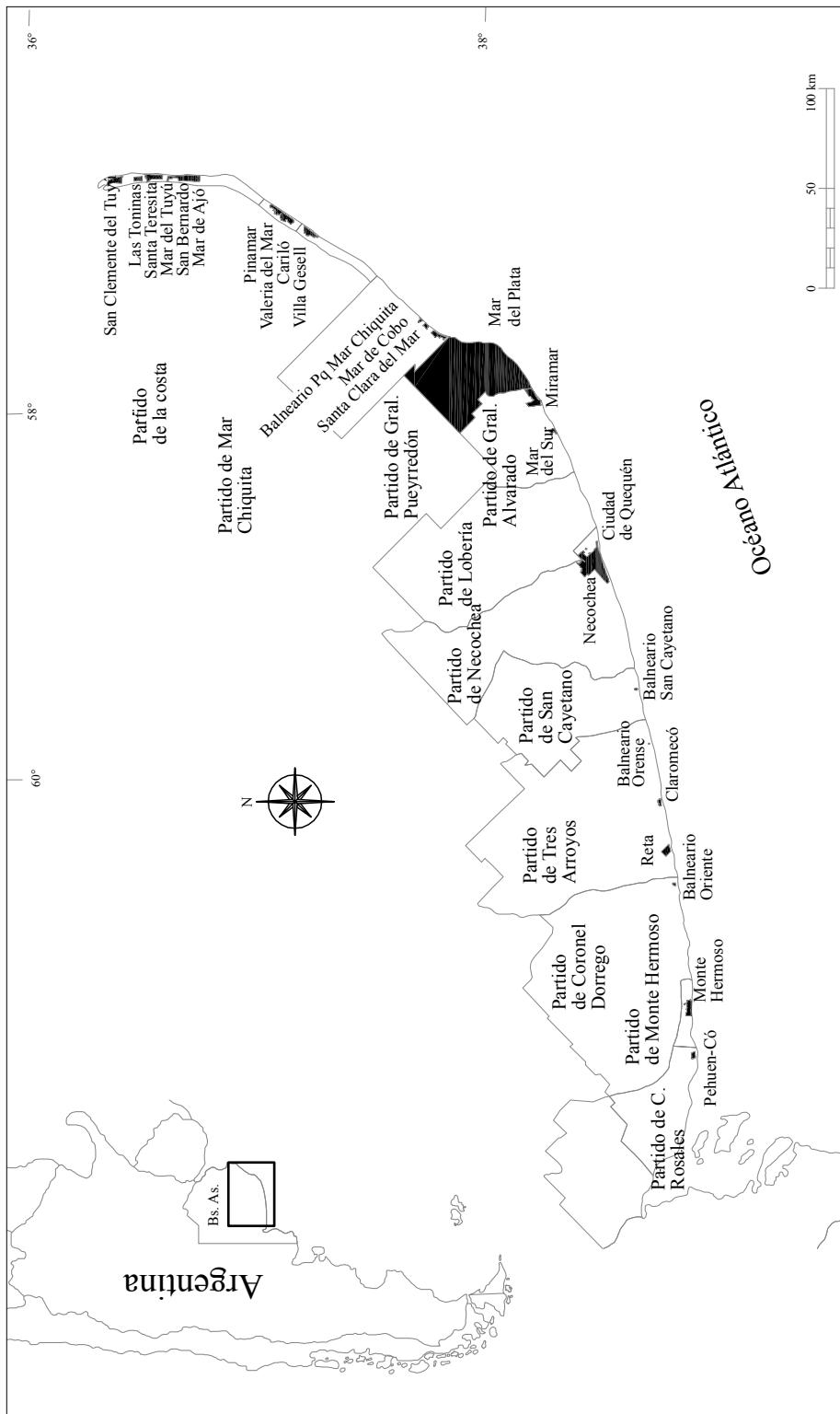
El área de estudio del presente trabajo está conformada por los partidos costeros de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1), desde el partido de La Costa hasta el partido de Coronel Rosales. El área se asienta sobre la llanura pampeana. La costa es diversa con playas que responden a diferentes regímenes mareales y oleaje, con una composición granulométrica que varía desde playas arenosas al norte y oeste a playas de grava en el sur y sectores donde no se desarrollan playas arenosas y predominan los acantilados y plataformas de abrasión. Los municipios presentan importantes diferencias en cuanto a cantidad de población y actividades económicas, las cuales están relacionadas con su historia y con el rol que ha tenido el litoral en el proceso de conformación del territorio nacional. Debido

a la variabilidad tanto ambiental como socioeconómica, el área de estudio es afectada por numerosos problemas ambientales, entre ellos la erosión costera. Las actividades antrópicas como la construcción de defensas costeras, el crecimiento urbano sobre los campos de médanos con la consecuente fijación de los mismos, la extracción de arena y la explotación de acuíferos sin un apropiado manejo de los recursos naturales han agravado el proceso de erosión costera, como fenómeno natural, en ciertos sectores y lo han inducido en otros, que naturalmente constitúan sectores de acumulación.

La erosión costera constituye un problema ambiental significativo que ha afectado numerosos centros urbanos de la provincia de Buenos Aires desde su fundación y posterior expansión urbana (Isla *et al.*, 1998; Marcomini y López, 1999; Isla *et al.*, 2001a; Bértola *et al.*, 2009; Merlotto y Bértola, 2009; Merlotto *et al.*, 2014). Inmediatamente al norte del área de estudio en la bahía de Samborombón, el incremento del retroceso de los acantilados ha sido vinculado con el incremento de la frecuencia y altura de olas provenientes del este y sudeste (Kokot, 2010; Codignotto *et al.*, 2012) así como al incremento en la frecuencia, duración y altura de las ondas de tormenta positivas (D'Onofrio *et al.*, 2008). Dragani *et al.* (2010) hallaron cambios similares en el régimen de oleaje que afecta a toda la provincia de Buenos Aires. En este contexto, resulta de gran importancia conocer las consecuencias de estos cambios sobre las playas y la vulnerabilidad de la población residente en las áreas costeras. Sin embargo, el estudio de la erosión costera desde la perspectiva del riesgo es escaso y reciente en la Argentina, principalmente en la provincia de Buenos Aires (Merlotto *et al.*, 2016). Los primeros estudios en nuestro país constituyen aproximaciones a evaluaciones de riesgo (Kokot y Otero, 1999; Monti, 1999; López y Marcomini, 2004) o evalúan una amenaza como el aumento del nivel del mar (Kokot *et al.*, 2004; Diez *et al.*, 2007) o la vulnerabilidad de un centro urbano o sector (Natenzon, 2007). Estudios más recientes analizan la gestión del riesgo costero, la conformación o construcción del riesgo en localidades de la provincia de Chubut y diversos aspectos de la vulnerabilidad (Monti, 2012; 2013; Ferrari y Monti, 2015). El objetivo de este trabajo fue evaluar el riesgo de erosión costera de la provincia de Buenos Aires (partido de La Costa al partido de Coronel Rosales). Se seleccionaron indicadores para evaluar la peligrosidad y la vulnerabilidad y se realizó la zonificación del riesgo y sus componentes con el fin de contribuir en la formulación de estrategias de un plan de manejo costero.

## Área de estudio

El área de estudio del presente trabajo está conformada por los partidos costeros de la provincia de Buenos Aires (Fig. 1), desde el partido de La Costa hasta el partido de Coronel Rosales. El área se asienta sobre la llanura pampeana. Hacia el este se desarrolla la pampa deprimida. Es un área baja en la cual debido al escaso



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio. Fuente: elaborado por Merlotto, Bértola e Isla.

drenaje y a la presencia de los médanos costeros que conforman la barrera medanosa Oriental, se presentan lagunas y bañados y se generan inundaciones. Hacia el sur se desarrolla la pampa interserrana con la presencia de los sistemas de Tandilia y Ventania, en los cuales afloran rocas marinas y continentales terciarias cubiertas por sedimentos cuaternarios (Kokot y Otero, 1999). En las vertientes meridionales de las sierras nacen numerosos cauces fluviales que desembocan en el mar. Sin embargo, la barrera medanosa Austral puede obstruir, en ocasiones de lluvias intensas, el desagüe de ciertos arroyos dando lugar a lagunas paralelas a la costa. Las rocas de los sistemas serranos afloran en el extremo sudeste del área de estudio, donde se asienta la ciudad más populosa del área de estudio, Mar del Plata, con 624.388 habitantes en el año 2010 (INDEC, 2015). La barrera medanosa Austral se emplazó en el sector costero sobre antiguos acantilados labrados en sedimentos cuaternarios (Isla *et al.*, 2001b), mientras que la barrera medanosa Oriental se superpuso sobre lagunas costeras y marismas. Ambas barreras medanosas se conformaron debido a la abundante disponibilidad de arenas en relación con el máximo nivel del mar alcanzado durante el Holoceno (Isla *et al.*, 2001b).

La orientación de la costa es NE-SO en el este y ENE-OSO en el sur. La ciudad de Mar del Plata constituye un punto de inflexión ya que a partir de ella cambia la orientación de la costa. La provincia de Buenos Aires presenta una gran diversidad de playas debido principalmente a los regímenes mareales y de oleaje que se manifiestan y a su composición granulométrica. Hacia el este se desarrollan playas micromareales y en el sur, al oeste de Necochea, mesomareales (Bértola, 2006). Se desarrollan playas medanosas abiertas y playas de bolsillo, protegidas en ocasiones por defensas costeras y compuestas por arenas finas, medias o gruesas con o sin presencia de gravas. Además, hay sectores donde predominan los acantilados, no se desarrollan playas y existen plataformas de abrasión. El clima de la región es templado. Las precipitaciones son de 900 mm en Mar del Plata y disminuyen hacia el oeste. Los vientos que predominan en la barrera Austral provienen del sector O y ONO. En cambio, en la barrera Oriental hay una tendencia del SO al NE (Isla *et al.*, 2001b).

Los partidos y las ciudades que conforman el área de estudio presentan importantes diferencias en su cantidad de población y en las actividades económicas predominantes. Estas actividades están relacionadas con la fundación y evolución de cada partido y con el rol que ha tenido el litoral en el proceso de conformación del territorio nacional. Las ciudades más pobladas (Mar del Plata y Necochea) poseen actividades variadas (portuarias, pesqueras y turísticas) mientras que las más pequeñas se han perfilado como receptoras de turismo o proveedoras de servicios rurales. Algunas ciudades surgieron como enclaves militares en las campañas del desierto, a partir de las cuales el gobierno nacional fue incorporando tierras a la provincia y fundando partidos. Sin embargo, durante el siglo XIX no se fundaron ciudades ni pueblos costeros ya que la atención estaba centrada en el interior. Con el auge del modelo agroexportador en la segunda mitad de dicho siglo, surgieron

algunas pocas ciudades costeras con función saladeril y portuaria (Mar del Plata, Necochea, Quequén), mientras que las ciudades continentales se multiplicaron. En el siglo XX, la actividad turística comenzó a liderar el proceso de conformación del espacio litoral a partir de la crisis del modelo agroexportador en la década de 1930, principalmente en el este bonaerense, donde surgieron pueblos y ciudades con fines turísticos (partido de La Costa, Pinamar, Villa Gesell). Los pueblos costeros de los partidos del sudoeste de la provincia de Buenos Aires constituyen pequeñas aglomeraciones turísticas fundadas en el siglo XX, aunque de menor jerarquía y afluencia de turistas que los del este bonaerense. La historia económica del área ha generado significativos procesos de fragmentación del espacio y desigualdades sociales debido a la mayor o menor inserción de las economías municipales al modelo económico prevaleciente en cada momento histórico. Dichos procesos se manifiestan en el comportamiento demográfico y en el bienestar de la población.

## **Método de trabajo**

La evaluación del riesgo de erosión costera se basó en la combinación de la peligrosidad y la vulnerabilidad. Para cada componente se desarrolló un índice compuesto por indicadores considerados determinantes para analizar las particularidades de la amenaza y de las características sociales y económicas de la sociedad expuesta a la misma, así. No se atribuyeron pesos a los indicadores que componen los índices. Se estimó que todos los indicadores poseen la misma importancia dentro de cada índice y en su contribución al riesgo y por ello fueron procesados equitativamente, como ha sido sugerido en por diversos autores (Cutter *et al.*, 2000; Boruff *et al.*, 2005; Merlotto *et al.*, 2016). Finalmente, los resultados se representaron en un mapa de riesgo.

El índice de peligrosidad está compuesto por nueve indicadores: geomorfología costera, ancho de playa, pendiente de playa frontal, granulometría de los sedimentos de playa frontal, amplitud máxima de marea, altura media de ola en rompiente, tipo de rompiente, orientación de la costa frente a Sudostadas y tasa de erosión o acreción (Tabla I). El índice de vulnerabilidad abarca once variables que involucran aspectos demográficos, educativos, sanitarios, de salud, económicos, productivos, laborales y de exposición de la población. Estas variables fueron agrupadas en tres indicadores: demográfico, condiciones de vida y trabajo y consumo.

Cada indicador fue clasificado en cinco categorías valoradas del 1 al 5, establecidas cuantitativamente cuando fue posible. Para las categorías que no fueron cuantificadas se realizó una descripción cualitativa (Tabla I). Los índices de peligrosidad y vulnerabilidad fueron obtenidos a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Índice} = (i_1 + i_2 + i_3 + i_n) / n$$

donde  $i$  corresponde al indicador y  $n$  al número de indicadores estudiados. Para obtener el valor del índice se establecieron intervalos equivalentes asignados a una escala del 1 al 5, de muy baja a muy alta peligrosidad o vulnerabilidad: 1: muy baja peligrosidad o vulnerabilidad, 2: baja peligrosidad o vulnerabilidad, 3: moderada peligrosidad o vulnerabilidad, 4: alta peligrosidad o vulnerabilidad y 5: muy alta peligrosidad o vulnerabilidad.

Finalmente, los resultados de los índices obtenidos y del riesgo fueron cartografiados mediante un programa de diseño cartográfico. La distribución espacial del riesgo de erosión costera fue obtenida de la superposición de los índices de peligrosidad y vulnerabilidad. El valor del riesgo fue derivado de la expresión:

$$\text{Riesgo} = \text{Índice de peligrosidad} \times \text{Índice de vulnerabilidad}$$

El resultado fue clasificado en las cinco categorías establecidas desde muy bajo a muy alto riesgo. Los nueve indicadores seleccionados para conformar la peligrosidad se presentan en la tabla I.

**Geomorfología costera.** Las características geomorfológicas permiten apreciar la evolución y los cambios en el paisaje y su posible degradación a partir de erosión, inundaciones y diversas condiciones energéticas. Para construir el indicador, la vulnerabilidad a la erosión de las geoformas fue especialmente considerada. La mayor peligrosidad la presentan los acantilados activos con plataformas de abrasión con o sin desarrollo de playa de arena, mientras que la menor peligrosidad la poseen las playas de arena con médanos vivos (Tabla I). La morfología costera fue determinada a partir de relevamientos efectuados durante trabajos de campo realizados desde hace más de 20 años, cuyos resultados fueron publicados en diversos trabajos (Isla *et al.*, 1997; Bértola *et al.*, 1999; Isla *et al.*, 2001a; Bértola, 2006, Bértola y Merlotto, 2010). Además, se emplearon cartas topográficas (Instituto Geográfico Nacional), fotografías áreas de 1967 (escala 1: 20.000, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), 1984 (escala 1:20.000, Dirección de Geodesia de la Provincia de Buenos Aires) e imágenes satelitales *Quickbird* del año 2004 (*Google Earth®*: 2,5 m de resolución espacial).

**Ancho de playa.** Los datos fueron extraídos de publicaciones que recopilan trabajos de campo (Isla *et al.*, 1997; Bértola *et al.*, 1999; Caló *et al.*, 2000; Isla *et al.*, 2001a; Caló *et al.*, 2005; Bértola, 2006, Bértola *et al.*, 2013, Merlotto *et al.*, 2014). En los trabajos de campo realizados, se midió la distancia reducida al plano desde el pie de médano (o pie de acantilado) hasta la bajamar durante las mareas de sicigia. El ancho, junto a otras características de la playa, puede influir en el grado en que la playa es afectada por el oleaje y por ello sufrir diferentes grados de erosión durante las tormentas. Para determinar las categorías, se consideró desde una costa sin playa o con una playa muy escasa y cada categoría se incrementa en 30 m, ya que las playas que sobrepasan los 120 m de ancho son escasas en la provincia de Buenos Aires (Tabla I).

| Indicador                                             | Peligrosidad                      | Muy bajo (1)                                                  | Bajo (2)                                               | Moderado (3)                                                    | Alto (4)                                                                   | Muy alto (5) |
|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| Geomorfología costera                                 | Playas de arena con médanos vivos | Playas de arena con acantilados bajos y cubiertos por médanos | Playas de arena con acantilados altos y rampas activas | Acantilados con médanos colgados con escaso desarrollo de playa | Acantilados activos con plataformas de abrasión y con o sin playa de arena |              |
| Ancho de playa (m)                                    | > 121                             | 91 a 120                                                      | 61 a 90                                                | 31 a 60                                                         | 0 a 30                                                                     |              |
| Pendiente de la playa frontal (%)                     | < 3                               | 3,1 a 5                                                       | 5,1 a 7                                                | 7,1 a 9                                                         | > 9,1                                                                      |              |
| Granulometría de los sedimentos de playa frontal (mm) | < 0,15                            | 0,16 a 0,25                                                   | 0,26 a 0,5                                             | 0,51 a 1                                                        | > 1,1                                                                      |              |
| Amplitud máxima de marea (m)                          | < 1,5                             | 1,5 a 2                                                       | 2 a 2,5                                                | 2,5 a 3                                                         | 3 a 4                                                                      |              |
| Altura media de ola en rompiente (m)                  | < 0,7                             | 0,71 a 0,9                                                    | 0,91 a 1,1                                             | 1,11 a 1,3                                                      | > 1,3                                                                      |              |
| Tipo de rompiente                                     | D                                 | D + V                                                         | V                                                      | V + S                                                           | S                                                                          |              |
| Orientación de la costa frente a Sudestadas           | > 50°                             | 51° a 60°                                                     | 61° a 70°                                              | 71° a 80°                                                       | 81° a 90°                                                                  |              |
| Tasa de erosión o acreción (m/año)                    | Acumulación hasta -0,1            | -0,11 a -0,4                                                  | -0,41 a -0,7                                           | -0,7 a -1                                                       | > -1,01                                                                    |              |

**Tabla I.** Indicadores y categorías del índice de peligrosidad de la erosión costera.

Fuente: elaborado por Merlotto, Bértola e Isla.

**Pendiente de playa frontal.** La pendiente es otra de las características de la playa que influye en el grado en que las olas la afectan. La pendiente de playa frontal es la relación entre el desnivel existente entre la cresta de la berma de playa (máxima altura a la que llegan las pleamaras) y las bajamaras y la distancia horizontal entre ambos puntos. Puede expresarse en porcentaje o en grados y se clasifica en función de su intensidad, desde pendientes suaves a muy abruptas (IGM, 1976). De acuerdo con las pendientes observadas en las playas bonaerenses se efectuó la clasificación del indicador (Tabla I). Los datos fueron compilados durante trabajos de campo cuyos resultados se han publicado en numerosas publicaciones (Isla *et al.*, 1997; Bértola *et al.*, 1999; Isla *et al.*, 2001a; Bértola, 2006, Bértola *et al.*, 2013, Merlotto *et al.*, 2014). También fueron extraídos de trabajos realizados en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires (Caló *et al.*, 2000; 2005).

**Granulometría de los sedimentos de playa frontal.** La granulometría de las playas depende del tipo de sedimento disponible para su alimentación, de los procesos de transporte que operan a escala local y regional y de la pendiente general de la playa exterior (Komar, 1976). Las variaciones en los sedimentos reflejan cambios en estos factores, los cuales pueden afectar la calidad de la playa y generar procesos de erosión o de acreción. Los datos del área de estudio fueron obtenidos de las publicaciones efectuadas (Spalletti y Mazzoni, 1979; Isla *et al.*, 1997; Bértola *et al.*, 1999; Caló *et al.*, 2000; Isla *et al.*, 2001a; Caló *et al.*, 2005; Bértola, 2006, Merlotto y Bértola, 2012; Bértola *et al.*, 2013), las cuales consideraron muestras de playa frontal procesadas en laboratorio para obtener los parámetros estadísticos de Folk y Ward (1957). Las categorías del indicador (Tabla I) se elaboraron sobre la base de la escala de tamaño medio de grano de Udden y Wentworth propuesta en 1914 y 1922.

**Amplitud máxima de marea.** Los datos de amplitud máxima de marea fueron extraídos de las Tablas de Marea del Servicio de Hidrografía Naval. La amplitud de marea es la diferencia entre el máximo (pleamar) y mínimo (bajamar) nivel que alcanzan las aguas. Las mareas se pueden clasificar en micromareales (amplitud  $< 2$  m), mesomareales ( $2 \leq$  amplitud  $\leq 4$ ) y macromareales (amplitud  $> 4$  m) (Komar, 1976). A mayor amplitud de la marea, más elevado es el nivel que las olas alcanzan la playa, el médano y/o el acantilado, produciéndose una mayor erosión en los mismos.

**Altura media de ola en rompiente.** Las olas constituyen la principal fuente de energía en la zona costera. Parte de la energía es reflejada sobre la costa y regresa al océano y la mayoría es transformada generando corrientes costeras y transporte de sedimentos. Las olas son las responsables de la erosión y de la formación de playas y geoformas acumulativas (Komar, 1976). Los datos fueron extraídos de Lanfredi *et al.* (1992), Caló *et al.* (2005), Bértola (2006), Fiore *et al.* (2009) y Merlotto *et al.* (2010). En relación con estos valores se establecieron las categorías del indicador, desde menos de 0,7 m a más de 1,3 m de altura media de ola en rompiente (Tabla I).

**Tipo de rompiente.** Al alcanzar la playa, las olas entran en aguas poco profundas, se vuelven inestables, rompen y liberan su energía. Se han reconocido tres tipos principales de rompiente dependiendo de condiciones como el oleaje incidente y la pendiente de la costa (Komar, 1976). En la rompiente en derrame (D o *spilling*), la ola rompe a una distancia considerable, gradualmente y en aguas someras. En la rompiente de volteo (V o *plunging*) la ola se vuelve vertical, vuelca y rompe violentamente hacia delante como una masa intacta de agua. En la rompiente de surgencia (S o *surging*) la ola se empina como si fuera a romper, pero la base de la ola se levanta y la cresta colapsa y desaparece. En una playa, sin embargo, se manifiesta un continuo de rompientes que va gradualmente de un tipo a otro, dependiendo de las alturas individuales de las olas y de su interacción con otras olas y el fondo del mar. Por lo tanto, las categorías del indicador combinan los diversos tipos de rompiente (Tabla I). Los datos fueron extraídos de Lanfredi *et al.* (1992), Bértola (2006), Fiore *et al.* (2009) y Merlotto *et al.* (2013).

**Orientación de la costa frente a Sudestadas.** Las tormentas, especialmente las Sudestadas, constituyen un importante agente erosivo con diversos grados de impacto en la costa del área de estudio (Pousa *et al.*, 2007; Fiore *et al.*, 2009; Merlotto *et al.*, 2013) y, además, se estima que sus efectos podrían incrementarse en el futuro (D'Onofrio *et al.*, 2008; Codignotto *et al.*, 2012). A mayor perpendicularidad de la costa frente a las tormentas, mayor es el efecto esperado de las mismas sobre las playas y, por lo tanto, mayor la peligrosidad de la erosión costera. Las cinco categorías de este indicador fueron elaboradas de acuerdo a la orientación de la costa frente a las Sudestadas a partir de las cartas náuticas H-114, H-210 y H-211 (Tabla I).

**Tasa de erosión o acreción.** Mediante avances y retrocesos de la línea de costa, este indicador representa la dinámica y evolución histórica del proceso erosivo. A partir de fotografías aéreas tomadas en distintos años, diversos autores estimaron las tasas de erosión o acreción para distintas localidades de la provincia de Buenos Aires. Los información y datos fueron extraídos de Isla *et al.* (1998), Bértola *et al.* (1999), Marcomini y López (1999), Isla *et al.* (2001a), Bértola *et al.* (2009), Merlotto y Bértola (2009), Isla y Cortizo (2014); Merlotto *et al.* (2014). Para establecer las categorías del indicador se consideró que, si la línea de costa permaneció estable o avanzó, el indicador es muy bajo. Por el otro lado, si la línea de costa retrocedió, la categoría del indicador es baja, moderada, alta o muy alta según el valor de la tasa registrada (Tabla I). Las tasas de retroceso de la línea de costa varían de -0,3 m/año a más de -1,3 m/año.

El índice de vulnerabilidad fue elaborado sobre la base del método propuesto por Natenzon (2007). El índice está conformado por tres indicadores: indicador demográfico, indicador condiciones de vida e indicador trabajo y consumo. Los mismos están compuestos por once variables que abarcan aspectos demográficos, educativos, sanitarios, de salud, económicos, productivos y laborales y de

exposición de la población. Los datos fueron obtenidos del Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda del año 2001 (INDEC, 2005), los cuales se encuentran disponibles a nivel de radio censal para las localidades mayores a 2.000 habitantes. Para las localidades menores, se utilizó la información disponible a mayor escala (nivel fracción censal).

Los datos fueron transformados en números índice, teniendo en cuenta que los valores de cada variable indiquen que, a mayor valor de la variable, mayor vulnerabilidad. Para las variables cuyo incremento implica peor situación relativa, la ecuación es la siguiente:

$$v_i = (a - \text{mínimo}) / (\text{mínimo} - \text{máximo})$$

Para las variables cuyo incremento implica mejor situación relativa, se utilizó la fórmula:

$$v_i = 1 - [(a - \text{mínimo}) / (\text{mínimo} - \text{máximo})]$$

donde  $v_i$  representa el valor estandarizado de la variable y  $a$  el valor numérico de la variable. El mínimo y máximo son los valores extremos del rango de valores adquiridos por la variable.

De acuerdo con la estandarización de datos efectuada, los índices adquieren valores entre 0 y 1, correspondiendo mayor valor a mayor vulnerabilidad. A partir del valor mínimo y máximo adquirido por cada variable, se establecieron intervalos equivalentes a los cuales se les asignaron categorías del 1 al 5. El valor de cada indicador se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Indicador} = V_1 + V_2 + \dots + V_n / n$$

donde  $V$  es la variable y  $n$  es el número de variables que componen cada indicador. El procesamiento de los datos y el mapeo de los resultados fueron efectuados utilizando el software gvSIG.

Los indicadores y variables que componen el índice de vulnerabilidad son:

**Dimensión demográfica.** Permite conocer la cantidad de personas que demandará tanto prevención como atención frente a la amenaza. Las variables que componen el indicador son: cantidad de población, índice de dependencia potencial de menores e índice de dependencia potencial de mayores. Las tasas de dependencia permiten conocer el número de personas, por un lado, jóvenes (0-14 años) y por otro, ancianos (más de 65 años), que pueden requerir instalaciones más complejas y ayuda para su evacuación.

**Dimensión condiciones de vida.** Permite detectar el porcentaje de viviendas y hogares con menores y mayores deficiencias en cuanto a su situación habitacional, nivel educativo, condición sanitaria y cobertura de salud. Las variables seleccionadas son:

- Hogares con Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI): considera los hogares que presentan al menos uno de los siguientes indicadores de privación: hacinamiento (más de tres personas por cuarto), vivienda (habitan una vivienda de tipo inconveniente: pieza de inquilinato, de hotel o de pensión, casilla, local no construido para habitación o vivienda móvil y excluye casa, departamento y rancho), condiciones sanitarias (no tienen ningún tipo de retrete), asistencia escolar (tienen al menos un niño en edad escolar, de 6 a 12 años, que no asiste a la escuela) y capacidad de subsistencia (tienen cuatro o más personas por miembro ocupado, cuyo jefe no haya completado el tercer grado de escolaridad primaria) (INDEC, 2005).
- Índice de Privación Material de los Hogares: incluye los hogares en situación de privación material en cuanto a dos dimensiones: patrimonial y de recursos corrientes. La primera se mide a través de condiciones habitacionales y considera los hogares que habitan en una vivienda con pisos o techos de materiales insuficientes o que carecen de inodoro con descarga de agua. La dimensión de recursos corrientes se mide a través del indicador de capacidad económica, mediante el cual se determina si los hogares pueden adquirir los bienes y servicios básicos para la subsistencia (INDEC, 2005).
- Población sin obra social: considera la población sin cobertura de obra social (asociada a la afiliación obligatoria de los trabajadores con relación de dependencia) y/o de un plan de salud privado o mutual (adhesión voluntaria y pago del servicio por parte del beneficiario en su totalidad). Excluye los servicios de emergencias médicas (INDEC, 2005).
- Jefe de hogar con bajo nivel educativo: incluye los hogares cuyos jefes nunca asistieron a un sistema de educación formal y con primaria incompleta.

**Dimensión trabajo y consumo.** A partir de la estabilidad laboral y del nivel de consumo de los hogares, este indicador permite dar cuenta de la situación económica actual de los hogares y de su capacidad de recuperarse frente a la pérdida de bienes materiales y vivienda. Las variables seleccionadas son:

- Tasa de desempleo: comprende la población de 14 años o más que se encuentra ocupada. Es decir, que durante por lo menos una hora en la semana anterior a la fecha de referencia del censo desarrolló cualquier actividad (paga o no) que generó bienes o servicios para el mercado. Incluye a quienes realizaron tareas regulares de ayuda en la actividad de un familiar, reciban o no una remuneración por ello y a quienes se hallaron en uso de licencia por cualquier motivo. Se excluye de la actividad económica los trabajos voluntarios o comunitarios que no son retribuidos (INDEC, 2005).

- Población sin cobertura previsional: considera la situación de las personas ocupadas en cuanto a su cobertura previsional. El descuento jubilatorio se refiere a las retenciones que el empleador realiza a sus trabajadores, dirigidas a pagar los aportes jubilatorios establecidos legalmente y el aporte jubilatorio refiere al pago previsional que es realizado total y directamente por el trabajador.
- Hogares sin PC: excluye los hogares con tenencia de una computadora.
- Hogares sin teléfono celular: excluye los hogares con tenencia por parte de alguno de sus miembros de un teléfono móvil desde el que se pueden efectuar y recibir llamadas.

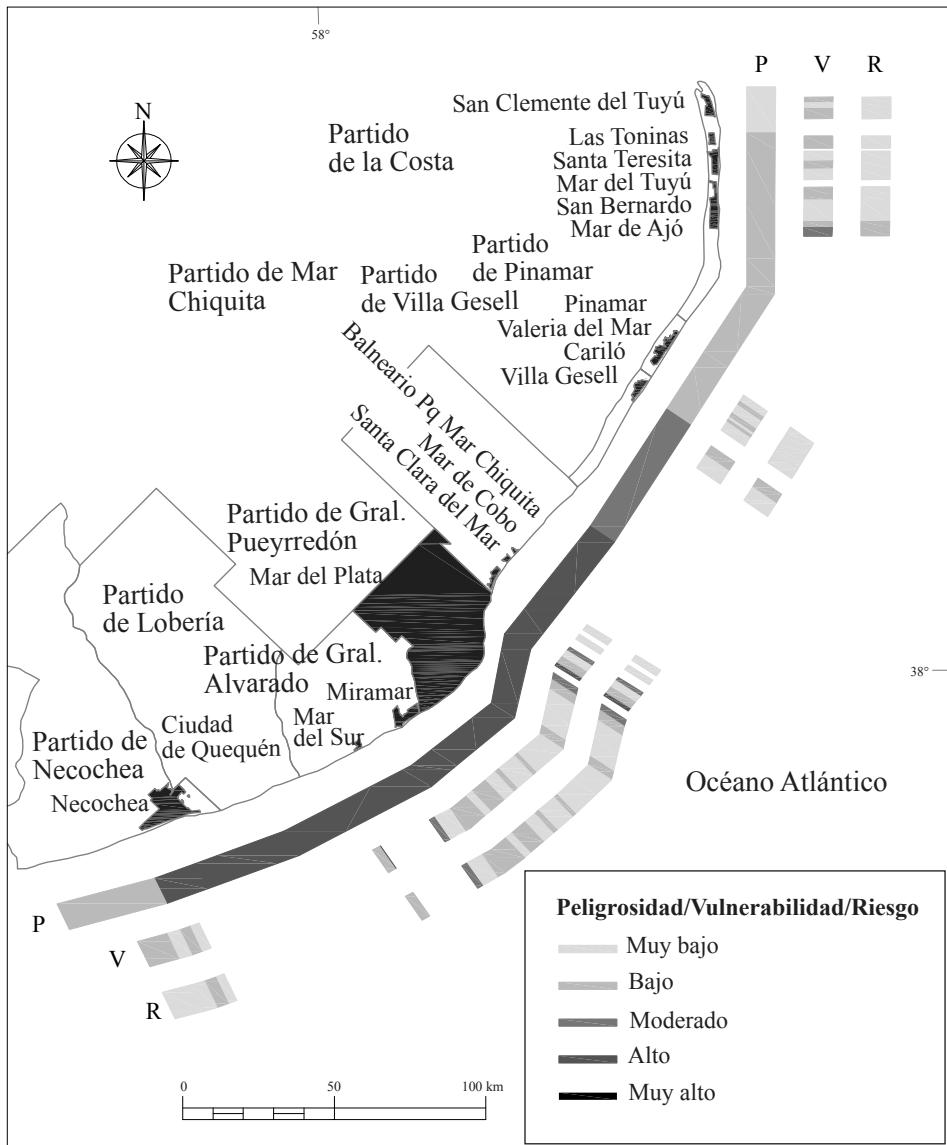
## Resultados

### Peligrosidad

La peligrosidad de la erosión costera varía de muy baja a alta en la provincia de Buenos Aires (Figs. 2 y 3). Principalmente el tipo de geoforma costera predominante y la orientación de la costa frente a las Sudestadas, han sido los indicadores determinantes (Tabla II).

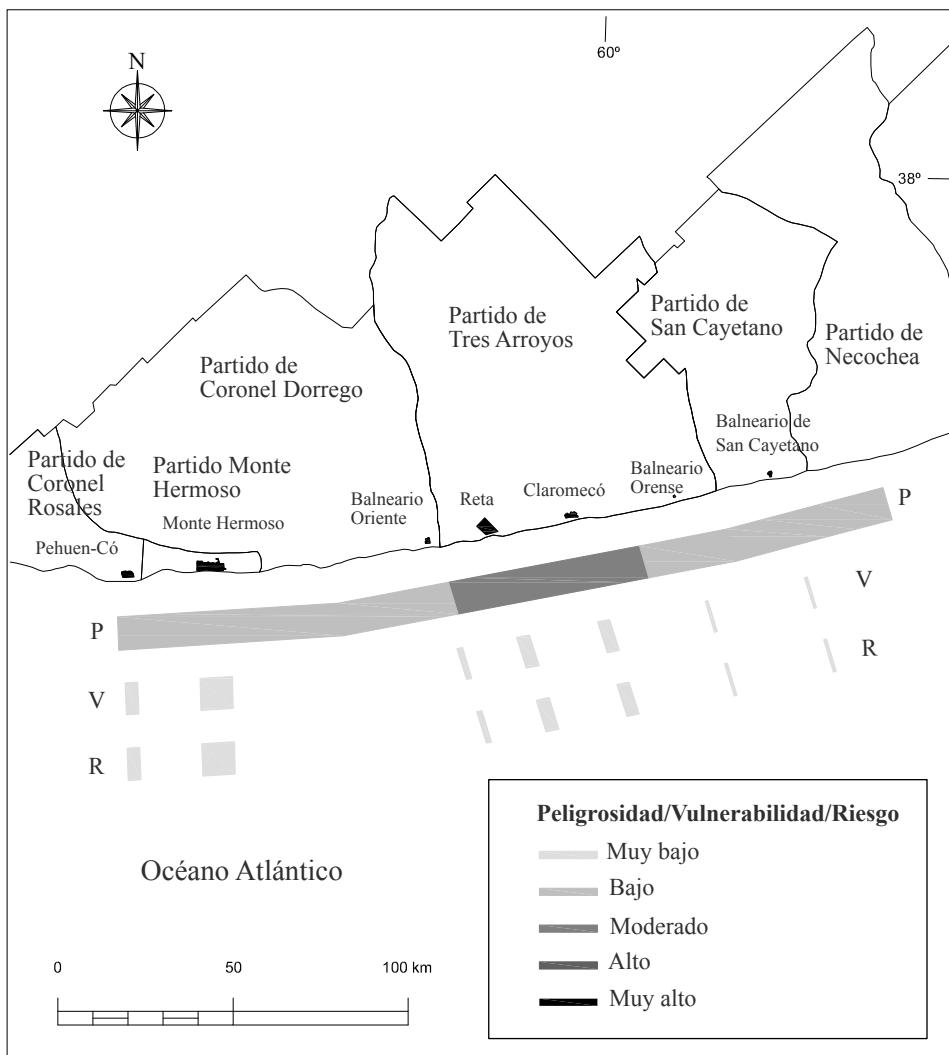
En cuanto al tipo de geoforma predominante, en el sudeste de la provincia en los partidos de Mar Chiquita, General Pueyrredón y este de Necochea, se desarrollan acantilados activos de variadas alturas, con desarrollo de pequeñas playas arenosas o plataformas de abrasión con o sin playa. En ciertos sectores se encuentran médanos colgados (Isla *et al.*, 2001b; Merlotto y Bértola, 2009; Bértola y Merlotto, 2010). Hacia el norte y sur sobre las barreras medianas Oriental y Austral, las geoformas costeras predominantes son las playas de arena con médanos vivos y con acantilados bajos cubiertos de arena. Estas geoformas son menos vulnerables a la erosión ya que las playas suelen ser más anchas, con arenas finas a medias y poseen mayores defensas naturales contra las tormentas. Sin embargo, sus características pueden variar de acuerdo a la influencia de las actividades humanas sobre las mismas.

El ancho de playa es variable y está asociado a la geoforma costera predominante, aunque depende del grado de urbanización de la costa. En el sudeste de la provincia, las playas son naturalmente menos extensas debido a la presencia de acantilados, mientras que en el resto de la provincia donde predominan las costas medianas son más anchas. Sin embargo, en el partido de La Costa y Villa Gesell, a pesar de ser zonas con extensas playas y campos de médanos, las playas se han tornado angostas debido a la intensa urbanización y desarrollo de actividades humanas relacionadas con el turismo de sol y playa incrementadas desde 1970 (Fig. 4 A). En Quequén, la presencia de las escolleras de abrigo de Puerto Quequén ha ocasionado una merma en el aporte de arena por deriva litoral en playas acantiladas, evidenciando la presencia de playa solo durante la marea baja (Fig. 4 B). En el caso opuesto, en el frente urbanizado de Necochea, el emplazamiento de las



**Figura 2.** Peligrosidad (P), vulnerabilidad (V) y riesgo (R) de erosión costera del sector este y sudeste del área de estudio.

Fuente: elaborado por Merlotto, Bértola e Isla.



**Figura 3.** Peligrosidad (P), vulnerabilidad (V) y riesgo (R) de erosión costera del sector sur del área de estudio.

Fuente: elaborado por Merlotto, Bértola e Isla.

| Partido             | Localidad                               | Geo-formas costeras | Ancho de playa | Pen-diente de playa frontal | Granulometría de los sedimentos de playa frontal | Amplitud máxima de marea | Altura media de ola en rompiente | Tipo de rompiente | Orientación de la costa frente a Sudestadas | Tasas de erosión o acreción | Indicadores  |  |
|---------------------|-----------------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------|----------------------------------|-------------------|---------------------------------------------|-----------------------------|--------------|--|
|                     |                                         |                     |                |                             |                                                  |                          |                                  |                   |                                             |                             | Peligrosidad |  |
|                     | San Clemente del Tuyú                   | 1                   | 1              | 1                           | 2                                                | 2                        | 2                                | 2                 | 1                                           | 1                           | 1            |  |
|                     | Santa Teresita                          | 1                   | 5              | 2                           | 2                                                | 2                        | 2                                | 2                 | 1                                           | 5                           | 2            |  |
| Partido de La Costa | Mar de Ajó                              | 1                   | 5              | 2                           | 1                                                | 1                        | 1                                | 2                 | 1                                           | 4                           | 2            |  |
|                     | Mar del Tuyú                            | 1                   | 5              | 2                           | 1                                                | 1                        | 1                                | 2                 | 1                                           | 4                           | 2            |  |
|                     | Punta Médanos                           | 1                   | 1              | 1                           | 3                                                | 2                        | 4                                | 3                 | 1                                           | 1                           | 1            |  |
| Pinamar             | Pinamar                                 | 1                   | 2              | 1                           | 3                                                | 2                        | 2                                | 3                 | 4                                           | 4                           | 2            |  |
| Villa Gesell        | Villa Gesell                            | 1                   | 4              | 5                           | 3                                                | 2                        | 2                                | 3                 | 4                                           | 4                           | 3            |  |
|                     | Mar Chiquita Norte                      | 2                   | 3              | 2                           | 2                                                | 2                        | 2                                | 2                 | 4                                           | 3                           | 2            |  |
| Mar Chiquita        | Mar Chiquita, Mar de Cobo y Santa Clara | 3                   | 4              | 3                           | 3                                                | 2                        | 2                                | 2                 | 4                                           | 5                           | 4            |  |

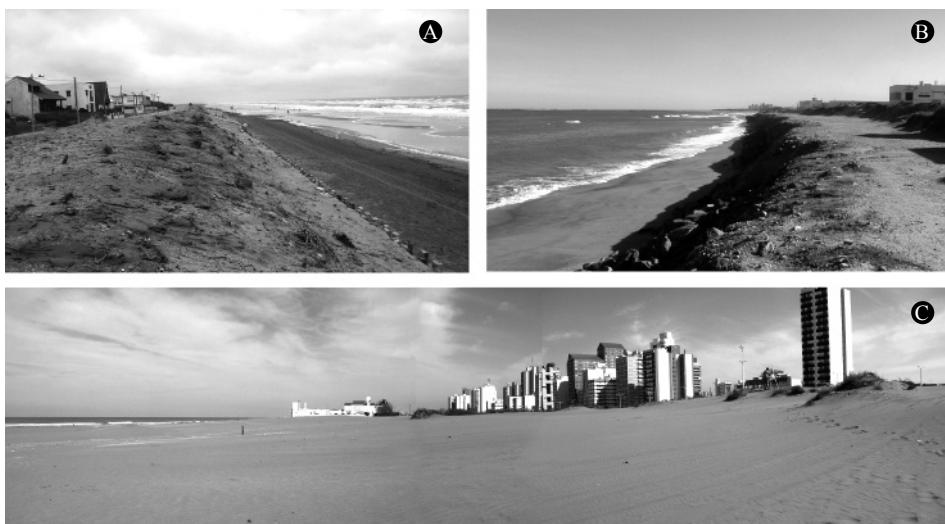
|                  |                       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|------------------|-----------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gral. Pueyrredón | Mar del Plata         | 3 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 5 | 4 |
| Gral. Alvarado   | Miramar y Mar del Sur | 4 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 4 | 5 | 4 | 4 |
| Lobería          | Arenas Verdes         | 2 | 1 | 1 | 5 | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| Necochea         | Ciudad de Quequén     | 5 | 5 | 4 | 5 | 2 | 4 | 3 | 3 | 3 | 4 |
| San Cayetano     | Necochea              | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 1 | 3 | 1 | 2 |
| Tres Arroyos     | Bal. San Cayetano     | 2 | 1 | 1 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Dorego           | Bal. Orense           | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| Monte Hermoso    | Claromecó y Reta      | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 3 | 3 |
| Coronel Rosales  | Bal. Oriente          | 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 4 | 2 | 2 | 1 | 2 |
|                  | Monte Hermoso         | 2 | 2 | 3 | 2 | 4 | 4 | 2 | 1 | 3 | 2 |
|                  | Pehuen-Có             | 1 | 1 | 2 | 2 | 4 | 4 | 1 | 1 | 3 | 2 |

**Tabla II.** Valores de la peligrosidad de la erosión costera y sus indicadores en la provincia de Buenos Aires.

Fuente: elaborado por Merlotto, Bértola e Isla.

escolleras ha favorecido la ampliación de las playas (Fig. 4 C) que, además, eran naturalmente más anchas. En este sector la playa posee en promedio unos 280 m de ancho (Merlotto *et al.*, 2014).

La pendiente de playa y la granulometría de los sedimentos de playa frontal suelen estar relacionadas y, en general, al aumentar el tamaño medio de grano se incrementa la pendiente (Komar, 1976). Sin embargo, esta relación es afectada por numerosos factores como el grado de intervención humana en la costa o la disponibilidad de sedimentos. La pendiente de playa es variable a lo largo de la provincia. Los menores valores los presentan las playas del este bonaerense, a excepción de Villa Gesell y las playas del sur, Necochea, San Cayetano y Pehuen-Có (Tabla II). Estas playas poseen los sedimentos de granulometrías más pequeñas con arenas finas a medianas. Las mayores pendientes se manifiestan en las playas de Villa Gesell, del sudeste bonaerense y del sur. Las arenas más gruesas corresponden a las playas desde Punta Médanos a la ciudad de Quequén. En dicha ciudad y en Arenas Verdes, las playas están constituidas por arenas gruesas o muy gruesas y gravas (Isla *et al.*, 1997; Merlotto y Bértola, 2012), por ello les corresponde la mayor granulometría.



**Figura 4.** A) Médano costero artificial creado con el fin de favorecer el crecimiento de la playa en Las Toninas (partido de La Costa) (26-02-08). B) Pedraplenes de rocas protegen el acantilado en la angosta playa de Bahía de los Vientos (28-04-09). C) Extensas playas se desarrollan en el frente urbanizado de Necochea (30-08-06). Fuente: archivo personal de Merlotto, Bértola e Isla.

La amplitud máxima de marea y la altura de ola en rompiente, aumentan desde el norte hacia el sudoeste de la provincia. Desde Necochea hacia el oeste, la configuración de la costa y su orientación influyen en la distribución de dichos

indicadores. En el este, la altura de olas varía de 0,7 m al norte a 1,15 m en Punta Médanos, debido a la presencia de bancos de arena submareales (Parker *et al.*, 1978). El tipo de rompiente predominante depende de las condiciones de oleaje y de la pendiente de la playa. En general, predominan las rompientes en derrame y voltee y en los sectores donde se incrementa la pendiente o la altura de ola, predomina la rompiente de voltee o la de voltee y colapso. Esta categoría se registra en el sudeste de la provincia, en la zona de acantilados (Tabla II).

La orientación de la costa frente a Sudestadas es otro de los indicadores cuya distribución se refleja en la peligrosidad. Desde Pinamar hasta Necochea se registran las categorías más altas, con valores medios a muy altos. Este sector es el más afectado por las principales tormentas que afectan a las costas bonaerenses (Tabla II). Las Sudestadas ocasionan importantes ondas de tormenta, las cuales en coincidencia con la marea alta ocasionan un fuerte impacto en la playa con intensos efectos erosivos en períodos muy cortos de tiempo. Las tormentas y específicamente las Sudestadas, han sido identificadas como uno de los principales factores naturales de erosión en playas del este y sudeste bonaerense (Schnack *et al.*, 1998; Isla *et al.*, 2001a; Bértola, 2006; Fiore *et al.*, 2009; Merlotto y Bértola, 2009; Merlotto *et al.*, 2013). Las mismas han causado el deterioro y destrucción de infraestructura balnearia, así como cambios bruscos en la geomorfología costera favoreciendo el retroceso de la línea de costa en numerosos centros urbanos del este y sudeste bonaerense (Fig. 5).

Las tasas de erosión o acreción son mayormente de medias a muy altas. En el partido de La Costa se registra acumulación en las playas del extremo norte y, hacia el sur, las tasas de erosión son muy altas o altas. Se mantienen elevadas hasta la ciudad de Necochea donde se observan tasas muy bajas (Tabla II). En Mar Chiquita, así como en sectores del sur de Mar del Plata, se registran sectores con un intenso retroceso de la línea de costa, con tasas de erosión de 5,16 m/año (Merlotto y Bértola, 2009). En el partido de Necochea, la presencia de las escolleras de Puerto Quequén favorecen la retención de sedimentos al sur de las mismas, ocasionando avance de la línea de costa frente a la ciudad de Necochea y retroceso frente a Quequén (Merlotto *et al.*, 2014). Hacia el oeste, las tasas de erosión o acreción están relacionadas con el grado de desarrollo de los centros urbanos. Los balnearios de menor desarrollo como San Cayetano, Orense y Oriente presentan tasas muy bajas de erosión o estabilidad, mientras los más desarrollados presentan tasas de erosión medias (Bértola *et al.*, 2009).

La distribución espacial de la peligrosidad de la erosión costera refleja áreas con diferentes niveles a lo largo de la costa. La mayor peligrosidad se manifiesta en el sudeste de la provincia con valores altos y disminuye hacia el norte y hacia el oeste (Figs. 2 y 3).



**Figura 5.** Destrucción de parte del paseo costanero e infraestructura en A) Las Toninas, B) Santa Teresita y C) Mar del Tuyú, luego de un intenso temporal (27-02-08). Remoción en masa y retroceso del acantilado en D) Balneario Mar Chiquita (22-09-09) y E) Bahía de los Vientos (18-03-08), luego de períodos de fuerte oleaje. F) Un intenso temporal con elevada onda de tormenta en Necochea alcanzó el pie de médano en playas extensas con la consecuente destrucción de infraestructura balnearia (22-07-09). Fuente: Archivo personal de Merlotto, Bértola e Isla.

Se distinguen dos sectores: por un lado, el extremo norte con una peligrosidad muy baja, en el cual todos los indicadores presentaron los menores valores y por otro lado, el partido de Villa Gesell con una peligrosidad media. La ciudad de Villa Gesell con 31.730 habitantes (INDEC, 2015) constituye uno de los centros urbanos más desarrollados del este bonaerense. Esta característica ha incrementado los valores de ciertos indicadores asemejándolos a los de las ciudades con mayor peligrosidad natural como Mar Chiquita o Miramar o a los valores de las ciudades de mayor tamaño y, por consiguiente, con mayor intervención antrópica en la costa como Mar del Plata.

## Vulnerabilidad

El índice de vulnerabilidad resultante presenta en la franja costera del área de estudio categorías de muy baja a moderada vulnerabilidad socioeconómica de la sociedad expuesta al peligro de erosión costera (Tabla III). Solo se registró un pequeño sector en el partido de Mar Chiquita con vulnerabilidad alta (Fig. 2).

La dimensión demográfica, la cual contempla la edad y la cantidad de personas que podrían ser afectadas por la amenaza, ha resultado muy baja en la gran mayoría de los radios del área de estudio. Esto se debe al contraste de ocupación de los hogares entre los sectores costeros y el interior de las ciudades. En las localidades estudiadas, el frente costero urbanizado suele estar deshabitado en su mayor parte, debido a que los propietarios de muchas viviendas y departamentos residen en otras ciudades y utilizan las propiedades en forma recreacional en época estival.

La dimensión condiciones de vida contempla indicadores que dan cuenta de las deficiencias de los hogares en cuanto a la situación habitacional, nivel educativo, condición sanitaria y cobertura de salud. En general, los sectores costeros presentan la mejor situación considerando las necesidades básicas habitacionales como la provisión de servicios. Asimismo, al ser los terrenos y viviendas costeros los de mayor valor monetario, son ocupados por sectores de población de ingresos medios y altos. Por lo tanto, la dimensión condiciones de vida presenta valores muy bajos y bajos en casi todos los partidos estudiados. Solo en dos sectores se presentaron valores medios o altos.

La dimensión trabajo y consumo permite dar cuenta de la situación económica de los hogares y de su capacidad de recuperarse frente a la pérdida de bienes materiales y vivienda. Esta dimensión presenta valores de bajos a altos, con solo un sector con muy alto valor localizado en el partido de Mar Chiquita. Los partidos con mayores deficiencias en cuanto a empleo y consumo son Mar Chiquita, General Alvarado y el norte de General Pueyrredón.

En los partidos de La Costa, Pinamar y Villa Gesell (Tabla III), todos los balnearios presentan una vulnerabilidad muy baja y baja. Solo presenta una vulnerabilidad moderada el sector sur de Mar de Ajó en el partido de La Costa (Fig. 2).

En el partido de Mar Chiquita (Tabla III), los balnearios Parque Mar Chiquita y Mar de Cobo presentan una vulnerabilidad muy baja (Fig. 2). La vulnerabilidad se incrementa en Santa Clara del Mar hasta un valor alto. El partido de General Pueyrredón registra vulnerabilidades muy baja, baja y moderada. El sector con vulnerabilidad moderada está localizado próximo al norte del partido, mientras que en el resto de la franja costera alternan las otras categorías mencionadas (Fig. 2).

| Partido      | Sector                  | Dimensión demográfica | Dimensión condiciones de vida | Dimensión trabajo y consumo | Vulnerabilidad |
|--------------|-------------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
| de la Costa  | San Clemente del Tuyú 1 | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|              | 2                       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|              | 3                       | 2                     | 1                             | 3                           | 2              |
|              | 4                       | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|              | Las Toninas             | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|              | Santa Teresita 1        | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|              | 2                       | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|              | Mar del Tuyú 1          | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|              | 2                       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|              | Mar de Ajó 1            | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|              | 2                       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|              | 3                       | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|              | 4                       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|              | 5                       | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|              | 6                       | 2                     | 3                             | 4                           | 3              |
| Pinamar      | Pinamar 1               | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|              | 2                       | 1                     | 1                             | 4                           | 2              |
|              | 3                       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|              | 4                       | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|              | 5                       | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|              | 6                       | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|              | 7                       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
| Villa Gesell | Villa Gesell 1          | 2                     | 2                             | 3                           | 2              |
|              | 2                       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
| Mar Chiquita | Mar Chiquita            | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|              | Mar de Cobo             | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|              | Santa Clara 1           | 1                     | 2                             | 5                           | 3              |
|              | 2 a 4                   | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|              | 5                       | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|              | 6                       | 1                     | 1                             | 4                           | 2              |
|              | 7                       | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|              | 8                       | 2                     | 5                             | 4                           | 4              |

**Tabla III.** Valores de la vulnerabilidad y sus indicadores en el sector este de la provincia de Buenos Aires. Fuente: elaborado por Merlotto, Bértola e Isla.

| Partido                 | Sector           | Dimensión demográfica | Dimensión condiciones de vida | Dimensión trabajo y consumo | Vulnerabilidad |
|-------------------------|------------------|-----------------------|-------------------------------|-----------------------------|----------------|
| <b>Gral. Pueyrredón</b> | Mar del Plata 1  | 4                     | 2                             | 4                           | 3              |
|                         | 2 y 3            | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|                         | Tapera-puerto 4  | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|                         | Mogotes          | 1                     | 3                             | 3                           | 2              |
|                         | 1                | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|                         | 2                | 1                     | 1                             | 4                           | 2              |
|                         | 3                | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|                         | 4                | 2                     | 1                             | 2                           | 1              |
|                         | 5                | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|                         | 6                | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|                         | 7                | 2                     | 2                             | 3                           | 2              |
| <b>Gral. Alvarado</b>   | 8 y 9            | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|                         | 10               | 1                     | 2                             | 2                           | 1              |
|                         | 11               | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|                         | Miramar 1        | 1                     | 2                             | 4                           | 2              |
|                         | 2                | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|                         | 3 y 4            | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|                         | 5                | 2                     | 2                             | 4                           | 3              |
|                         | Mar del Sur      | 1                     | 1                             | 4                           | 2              |
|                         | Quequén 1        | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|                         | 2 y 3            | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
| <b>Necochea</b>         | 4                | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|                         | Puerto           | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
|                         | Necochea 1       | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|                         | 2                | 2                     | 2                             | 3                           | 2              |
|                         | 3                | 1                     | 2                             | 3                           | 2              |
| <b>San Cayetano</b>     | San Cayetano     | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
| <b>Tres Arroyos</b>     | Balneario Orense | 2                     | 1                             | 2                           | 1              |
|                         | Claromecó        | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|                         | Reta             | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
| <b>Coronel Dorrego</b>  | Bal. Oriente     | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
| <b>Monte Hermoso</b>    | Monte Hermoso 1  | 2                     | 1                             | 3                           | 2              |
|                         | 2 y 3            | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
|                         | 4 y 5            | 1                     | 1                             | 2                           | 1              |
|                         | 6 a 8            | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |
| <b>Coronel Rosales</b>  | Pehuen-Có        | 1                     | 1                             | 3                           | 1              |

**Tabla IV.** Valores de la vulnerabilidad y sus indicadores en el sector sur y sudeste de la provincia de Buenos Aires. Fuente: elaborado por Merlotto, Bértola e Isla.

En el partido de General Alvarado (Tabla IV), la ciudad de Miramar también registra vulnerabilidades de muy baja a moderada. La vulnerabilidad del balneario Mar del Sur es baja. Estos tres partidos (Mar Chiquita, General Pueyrredón y General Alvarado) registran la mayor vulnerabilidad del área de estudio.

En el partido de Necochea (Tabla IV), las ciudades de Necochea y Quequén presentan vulnerabilidades muy baja y baja (Fig. 2). El sector de vulnerabilidad baja se extiende en mayor medida en Necochea.

En el sudoeste de la provincia de Buenos Aires las localidades costeras (Fig. 3), a excepción de Monte Hermoso, constituyen pequeños balnearios de hasta 2.000 habitantes. Todos presentan una vulnerabilidad muy baja, a excepción de un sector en Monte Hermoso con vulnerabilidad baja (Tabla IV).

En resumen, en la franja costera de la provincia de Buenos Aires predomina una vulnerabilidad de muy baja a baja, con pequeños sectores con una vulnerabilidad moderada. En general, los sectores socioeconómicos más favorecidos de la población son los que se localizan y habitan sobre el frente marítimo. Esto se refleja en la vulnerabilidad hallada dado que la misma depende de las características sociales, económicas, educativas y culturales de la población expuesta al fenómeno erosivo.

### **Riesgo de erosión costera**

La evaluación de la peligrosidad y la vulnerabilidad ha dado como resultado un riesgo de erosión costera para la provincia de Buenos Aires predominantemente muy bajo, con un solo sector de riesgo alto, pequeños sectores con riesgo moderado y de forma más extendida que estos últimos, se encuentran sectores con riesgo bajo (Figs. 2 y 3). En el partido de La Costa predomina el riesgo muy bajo y presenta un sector al sur en la localidad de Mar de Ajó, con riesgo bajo. Hacia el sur, mientras que en las localidades del partido de Pinamar predomina el riesgo muy bajo, en Villa Gesell se registró un sector con riesgo bajo (Fig. 2).

El sudeste de la provincia de Buenos Aires es el sector que presenta los mayores niveles de riesgo de erosión costera (Fig. 2) determinados principalmente por la alta peligrosidad. Predomina el riesgo bajo con pequeños sectores con riesgo moderado en Santa Clara del Mar (Mar Chiquita), único partido con un pequeño sector con riesgo alto. Un riesgo similar se observa en el extremo norte del partido de General Pueyrredón y en Miramar. Hacia el sur, Mar del Sur presenta un riesgo bajo.

En el partido de Necochea, la ciudad de Quequén presenta un sector con riesgo bajo. El resto de la franja urbana presenta un riesgo muy bajo (Fig. 2). Al considerar la ciudad de Quequén, se observa que una peligrosidad alta combinada con una vulnerabilidad muy baja desarrolla un riesgo muy bajo.

En el sudoeste de la provincia de Buenos Aires las localidades costeras presentan un riesgo muy bajo (Fig. 3). En este sector, una peligrosidad moderada y baja hacia el oeste y una vulnerabilidad muy baja conforman el escenario del riesgo.

## Discusión

En la provincia de Buenos Aires los diferentes niveles de riesgo de erosión costera se han definido principalmente por la variabilidad en la peligrosidad del fenómeno, ya que la vulnerabilidad es predominantemente baja o muy baja. Desde el partido de Villa Gesell hacia el sur hasta Quequén, las características naturales de la costa como su orientación con respecto a las Sudestadas, la presencia de acantilados con playas angostas y el incremento en la granulometría de los sedimentos y en la pendiente, resultan en una peligrosidad más elevada que en los partidos costeros del norte. No obstante, la peligrosidad elevada desde Mar Chiquita hasta la ciudad de Quequén no se ha reflejado en un riesgo alto debido a que predomina una vulnerabilidad baja o muy baja. Solo los escasos sectores con vulnerabilidad moderada presentaron un riesgo mayor. Los casos más destacables se manifiestan en las localidades de Mar Chiquita, Mar del Sur y Quequén.

El Balneario Parque Mar Chiquita ha experimentado entre los años 1949 y 2007 un retroceso de la línea de costa de 299 m, descendiendo de una tasa de erosión anual de 17,71 a 1,41 m/año (Merlotto y Bértola, 2009). Dicho proceso tuvo importantes consecuencias socioeconómicas como pérdida de gran cantidad lotes y viviendas (Merlotto y Bértola, 2008) y en la actualidad, numerosas viviendas están situadas próximas a la línea de pie de acantilado o sobre la playa (Figs. 6 A y B). Por consiguiente, el riesgo sería aún más elevado que el hallado en el presente manuscrito si consideráramos la vulnerabilidad física de los elementos expuestos al peligro. En ocasiones, los propietarios han tenido que construir defensas costeras con sus propios medios (Fig. 6 A). Como forma de prevención, el gobierno municipal ha prohibido mediante ordenanza la construcción de viviendas en la manzana más próxima al mar. Sin embargo, en el presente trabajo el riesgo obtenido ha sido bajo. Ello se debe a que la localidad presenta bajos valores en las variables que conforman las dimensiones demográfica y condiciones de vida de la vulnerabilidad. En el año 2003, solo el 12,5 % de las manzanas del pueblo se hallaban urbanizadas en más del 75 % (Merlotto y Bértola, 2008).

En la localidad de Mar del Sur en el sur del partido de General Alvarado, Hernández (2008) estimó que el riesgo de erosión costera es una construcción del capitalismo turístico balneario. Es decir que el riesgo se ha incrementado como un producto de la lógica del mercado que ocupa espacios naturales frágiles en pos del mayor beneficio económico. En dicho balneario, la comercialización de propiedades y la construcción de viviendas sobre los acantilados costeros ha sido permitida por las autoridades (Figs. 6 C y D).



**Figura 6.** A) Vivienda en el Balneario Mar Chiquita sobre la playa alcanzada por la marea. B) Viviendas en el Balneario Mar Chiquita situadas al borde del acantilado, cuyo pie se halla protegido con pedraplenes (09-07-15). En Mar del Sur, viviendas sobre acantilados (C) (29-06-15), sobre la playa (D) (30-06-14) y en construcción (E) (25-03-13) finalizada en 2014. F) Departamentos próximos al pie de acantilado en Bahía de los Vientos (Necochea) durante un temporal (22-07-09). Deterioro de infraestructura luego de temporal (27-02-08) en Las Toninas (G) y Mar del Tuyú (H). Fuente: Archivo personal de Merlotto, Bértola e Isla.

A pesar del incesante proceso erosivo y la ausencia de medidas de prevención y protección continúan construyéndose viviendas (Fig. 6 E) en áreas de muy alta peligrosidad, incrementándose el riesgo por vulnerabilidad de la sociedad expuesta.

La ciudad de Quequén presenta una situación similar a la de Mar Chiquita en los barrios Bahía de los Vientos y Costa Bonita. Entre 1967 y 2004 se registró un retroceso de la línea de costa de 18,6 a 14 m a una tasa media anual de 0,5 m (Merlotto *et al.*, 2014). Debido a que el proceso erosivo continúa y no se ha estabilizado, el área presenta una peligrosidad alta la cual, junto a una vulnerabilidad muy baja, constituye un riesgo bajo. La municipalidad de Necochea ha permitido durante los años 2006 y 2007 la construcción de diversos emprendimientos inmobiliarios en Quequén, uno de ellos próximo a la línea de pie de acantilado en Bahía de los Vientos (Fig. 6 F). Posteriormente, se realizaron obras de defensa frente a las nuevas edificaciones. Se considera que los emprendimientos ejecutados evidencian que la especulación inmobiliaria con una racionalidad empresarial de maximización de los beneficios económicos se ha privilegiado sobre la posibilidad de reducir el riesgo de erosión costera. Asimismo, la aprobación y construcción de las obras denotan una falta de planificación y ausencia de desarrollo e implementación de normas tendientes a alcanzar un manejo costero sostenible a largo plazo.

Por último, con respecto a la peligrosidad, hay ciertas localidades que presentaron bajos valores, aunque durante los trabajos de campo se observaron sectores que presentan una fuerte erosión. En el partido de La Costa la peligrosidad es mayormente baja aunque algunos indicadores presentan valores muy altos. Por ejemplo, en las localidades de Las Toninas, Santa Teresita y Mar del Tuyú, las playas presentan características propias de playas acumulativas como la granulometría fina de los sedimentos o una pendiente suave, con una menor incidencia de las principales tormentas que en el sudeste de la provincia. Los indicadores con altos valores (ancho de playa, tasa de erosión) reflejan una fuerte influencia de las actividades antrópicas como la ocupación de los médanos o la extracción minera de arena. Como se ha mencionado, en el partido de La Costa es recurrente la destrucción de accesos, pasarelas y balnearios por temporales y debido al escurrimiento de las precipitaciones. Las pasarelas construidas sobre pilares respetando la morfología de los médanos se han mantenido, mientras que algunas de material han ido colapsando bajo el impacto de sucesivas tormentas. Asimismo, el escurrimiento de las precipitaciones favorecido por las calles perpendiculares a la costa, además de deteriorar la infraestructura de calles y el sistema de drenaje (Figs. 6 G y H), arrastra la arena hacia el mar ocasionando pérdida del volumen de sedimentos y cárcavas en la playa. Estos sectores presentan un alto riesgo para la infraestructura balnearia y la población residente en dichas áreas.

Con respecto a los resultados de la vulnerabilidad, contrastar los indicadores de la vulnerabilidad entre todos los partidos costeros de la provincia ha evidenciado

disparidades socioeconómicas entre los mismos. Se considera que en una evaluación con una escala de trabajo a nivel municipal por ejemplo, con mayor detalle y cantidad de variables, diversos sectores podrían presentar una vulnerabilidad más elevada, lo cual resultaría en un riesgo más alto.

Para la costa de la provincia de Buenos Aires existen previsiones como una mayor recurrencia de tormentas Sudestadas (Fiore *et al.*, 2009) e incremento de la erosión costera debido a cambios en el régimen del oleaje y de las ondas de tormenta positivas (D'Onofrio *et al.*, 2008; Dragani *et al.*, 2010; Kokot, 2010; Codignotto *et al.*, 2012) que causarían incrementos futuros de la peligrosidad. Asimismo, el crecimiento de la población y el deterioro de las condiciones socioeconómicas de la sociedad se reflejarían en un incremento en la vulnerabilidad y, en definitiva, en el riesgo de erosión costera.

## Conclusiones

El mapa de riesgo obtenido para la provincia de Buenos Aires ha permitido la identificación de áreas con diversos grados de riesgo derivados de la desigual manifestación en el espacio de la peligrosidad y de la vulnerabilidad. Estos resultados determinaron sectores en los cuales debe reducirse el riesgo y favorecer el diseño y la implementación de medidas y estrategias de prevención y/o mitigación diferencial de acuerdo con las necesidades de cada área.

La evaluación del riesgo y sus componentes deben ser siempre acompañados por trabajos de campo ya que pequeños sectores con problemáticas puntuales pueden no detectarse en un estudio a pequeña escala o en un análisis cuantitativo de la peligrosidad y la vulnerabilidad. Es por ello que se torna necesario realizar análisis sectoriales de mayor detalle, con un mayor nivel de análisis para poder captar adecuadamente la variabilidad espacial de los indicadores en el área estudiada.

La evaluación del riesgo constituye una herramienta práctica y adecuada para la elaboración de un plan de manejo costero integral así como para mejorar la calidad de vida de los habitantes. Áreas con alta peligrosidad de erosión costera, presentan baja vulnerabilidad resultando en un riesgo bajo principalmente debido a la escasa población residente. Se considera que, aunque la población afectada sea poco numerosa debido a la temporalidad de la residencia, puede enfrentar importantes problemas y pérdidas económicas en sus propiedades. Debido a ello en futuros trabajos deberían incorporarse otro tipo de indicadores que consideren aspectos como el nivel de autonomía que posee la comunidad estudiada para la toma de las decisiones, el nivel de organización existente, el nivel de intervención y actuación de las instituciones estatales y no estatales en la problemática costera. Dicha tarea requeriría un gran esfuerzo por parte de las autoridades y organismos de investigación debido a las dificultades que acarrea la adquisición de información y datos poblacionales.

## Referencias

- Bértola, G.R. (2006). Morfodinámica de playas del Sudeste de la provincia de Buenos Aires (1983 a 2004). *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 13, (1), 31-57.
- Bértola, G.R. y Merlotto, A. (2010). Los médanos de Lobería y Necochea. En: F.I. Isla & C. Lasta (Comp.), *Manual de Manejo de Barreras Medanosas para la provincia de Buenos Aires* (pp. 129-160). Mar del Plata: EUDEM.
- Bértola, G.R., Farenga, M., Cortizo, L. & Isla, F.I. (1999). Dinámica morfológica de las playas de Villa Gesell (1994-1996), provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 54 (1), 23-35.
- Bértola, G.R., Cortizo, L. & Isla, F.I. (2009). Dinámica litoral de la costa de Tres Arroyos y San Cayetano, Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 64 (4), 657-671.
- Bértola, G.R., Merlotto, Cortizo, L. & Isla, F.I. (2013). Playas de bolsillo en Mar Chiquita provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70 (2), 267-278.
- Birkmann, J. (2007). Risk and vulnerability indicators at different scales: Applicability, usefulness and policy implications. *Environmental Hazards*, 7 (1), 20-31. doi: 10.1016/j.envhaz.2007.04.002
- Blaikie, P., Cannon, T., David, I. & Wisner, B. (1996). *Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres*. Ciudad de Panamá: Red de estudios sociales en Prevención de desastres en América Latina, 290 pp.
- Boruff, B.J., Emrich, C. & Cutter, S.L. (2005). Erosion hazard vulnerability of US coastal counties. *Journal of Coastal Research*, 21 (5), 932-942. doi: 10.2112/04-0172.1
- Caló, J.E., Fernández, E., Marcos, A., Aldacour, H. & Varela, P. (2000). Comparación del efecto de dos tormentas en la ciudad de Monte Hermoso, Argentina". *Geoacta*, 25, 40-48.
- Caló, J.E., Fernández, E., Marcos, A. & Aldacour, H. (2005). Observaciones litorales ambientales de olas, corrientes y vientos de la playa de Monte Hermoso entre 1996 y 1999. *Geoacta*, 30, 27-38.
- Cardona, O.D. (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo. Elementos para el ordenamiento y la planeación del desarrollo. En: A. Maskrey

(Comp.) *Los desastres no son naturales* 45-65. Ciudad de Panamá: Red de estudios sociales en Prevención de desastres en América Latina.

Codignotto, J.O., Dragani, W.C., Martín, P.B., Simionato, C.G., Medina R.A. & Alonso, G. (2012). Wind-wave climate change and increasing erosion in the outer Río de la Plata, Argentina. *Continental Shelf Research*, 38, 110-116. doi: 10.1016/j.csr.2012.03.013.

Cutter, S.L. (1996). Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20 (4), 529-539.

Cutter, S.L., Boruff, B.J. & Shirley, W.L. (2003). Indicators of social vulnerability to environmental hazards. *Social Science Quarterly*, 84 (2), 242-261.

Del Río, L. & Gracia, F.J. (2009). Erosion risk assessment of active coastal cliffs in temperate environments. *Geomorphology*, 112 (1-2), 82-95. doi: 10.1016/j.geomorph.2009.05.009

Diez, P.G., Perillo, G.M.E. y Piccolo, M.C. (2007). Vulnerability to Sea-Level Rise on the Coast of the Buenos Aires Province. *Journal of Coastal Research*, 23 (1), 119-126. doi: 10.2112/04-0205.1

Dolan, A.H. & Walker, I.J. (2006). Understanding vulnerability of coastal communities to climate change related risks. *Journal of Coastal Research*, Special Issue (39), 1317-1324.

D'onofrio, E., Fiore, M. y Pousa, J. (2008). Changes in the Regime of Storm Surges at Buenos Aires, Argentina. *Journal of Coastal Research*, 24 (1A), 260-265. doi: 10.2112/05-0588.1

Dragani, W.C., Martín, P.B., Simionato, C.G. & Campos, M.I. (2010). Are wind wave heights increasing in south-eastern South American continental shelf between 32°S and 40°S ?. *Continental Shelf Research*, 30 (5), 481-490. doi: 10.1016/j.csr.2010.01.002

Ferrari, M.P. y Monti, A. (2015). *Configuración social del riesgo de erosión y transformación urbana en el eje costero Playa Unión-Playa Magagna (Chubut, Argentina)*. En: J. Viand, J.y Briones, F. (Comp.). Riesgos al Sur. Diversidad de riesgos de desastres en Argentina (257-271). San Martín: Imago Mundi Editores.

Fiore, M., D'onofrio E., Pousa, J., Schnack, E. & Bértola, G.R. (2009). Storm surges and coastal impacts at Mar del Plata, Argentina. *Continental Shelf Research*, 29 (14), 1643-1649. doi: 10.1016/j.csr.2009.05.004.

Folk, R.L. & Ward, W. (1957). Brazos River bar: a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27 (1), 3-26.

Frazier, T.G., Wood, N., Yarnal, B. & Bauer, D.H. (2010). Influence of potential sea level rise on societal vulnerability to hurricane storm-surge hazards, Sarasota County, Florida. *Applied Geography*, 30 (4), 490-505. doi: 10.1016/j.apgeog.2010.05.005

Furlan, A., Bonotto, D.M. & Gumiere, S.J. (2011). Development of environmental and natural vulnerability maps for Brazilian coastal at São Sebastião in São Paulo State. *Environmental Earth Science*, 64 (3), 659-669.

Hegde, A.V. & Reju, V.R. (2007). Development of coastal vulnerability index for Mangalore coast, India. *Journal of Coastal Research*, 23 (5), 1106-1111. doi: 10.2112/04-0259.1

Hernández, F.M. (2008). La construcción de una comunidad vulnerable al riesgo a partir de la lógica capitalista en el litoral marítimo bonaerense. El caso de Rocas Negras en el Partido de General Alvarado, Provincia de Buenos Aires. *Párrafos Geográficos*, 7, 71-102.

IGM. (1976). *Lectura de cartografía*. Buenos Aires: Instituto Geográfico Militar, 134 pp.

INDEC. (2005). Base Usuarios 2001. Base de Datos Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2001 (REDAUTAM+SP). Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC).

INDEC. (2015). Resultados del Censo 2010. Buenos Aires: Instituto Nacional de Estadística y Censos (INDEC). Recuperado del sitio de Internet del INDEC. [www.censo2010.indec.gov.ar/index\\_cuadros.asp](http://www.censo2010.indec.gov.ar/index_cuadros.asp)

Isla, F.I. & Cortizo, L.C. (2014). Sediment input from fluvial sources and cliff erosion to the continental shelf of Argentina. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 4, 541-552.

Isla, F.I., Farenga, M., Cortizo, L.C., Bértola, G.R. & Serra, S. (1997). Dinámica morfo-sedimentológica de playas de arena y grava de la Barrera Austral: Mar del Sur, Arenas Verdes y Costa Bonita. *Revista Asociación Argentina de Sedimentología*. La Plata: 4, (1), 15-24.

Isla, F.I., Bértola, G.R., Farenga, M.O., Serra, S.B. & Cortizo, L.C. (1998). Villa Gesell: un desequilibrio sedimentario inducido por fijaciones de médanos. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*, 5 (1), 41-51.

Isla, F.I., Bértola, G.R., Farenga, M.O. & Cortizo, L.C. (2001a). Morfodinámica y balance sedimentario de playas del partido de Pinamar (1995-1999), provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 56 (2), 150-160.

Isla, F.I., Cortizo, L.C. & Turno Orellano, H.A. (2001b). Dinámica y evolución de las barreras medanosas, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Revista Brasileira de Geomorfología*, 2 (1), 73-83.

Kokot, R.R. (2010). Espigas indicadoras de proveniencia de olas en la costa Argentina. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 67 (1), 19-26.

Kokot, R.R. & Otero, M. (1999). Factores ambientales y de riesgo geológico en el área costera de Puerto Quequén, provincia de Buenos Aires. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 13, 87-100.

Kokot, R.R., Codignotto, J.O. & Elisondo, M. (2004). Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar en la costa de la provincia de Río Negro. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (3), 477-487.

Komar, P.D. (1976). Beach processes and sedimentation. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.

Lanfredi, N.W., Pousa, J.L., Mazio, C.A. & Dragani, W.C. (1992). Wave-power potential along the coast of the province of Buenos Aires, Argentina. *Energy*, 17 (11), 997-1006.

López, R.A. & Marcomini, S.C. (2004). Análisis de los riesgos ambientales por antropogénesis y su valoración frente a los futuros cambios climáticos en el área metropolitana de la ciudad de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 59 (3), 416-422.

Mahendra, R.S., Mohanty, P.C., Bisoyi, H., Kumar, T.S. & Nayak, S. (2011). Assessment and management of coastal multi-hazard vulnerability along the Cuddalore-Villupuram, east coast of India using geospatial techniques. *Ocean & Coastal Management*, 54 (4), 302-311. doi: 10.1016/j.ocecoaman.2010.12.008

Marcomini, S.C. & López, R.A. (1999). Alteración de la dinámica costera por efecto de la explotación de arena de playa, partidos de General Alvarado y Lobería, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología*. La Plata: vol. 6 n° 1-2, pp. 1-18.

Martins, V.N., Pires, R. & Cabral, P. (2012). Modelling of coastal vulnerability in the stretch between the beaches of Porto de Mós and Falésia, Algarve (Portugal). *Journal of Coastal Conservation*, 16 (4), 503-510.

- Merlotto, A. & Bértola, G.R. (2008). Evolución urbana y su influencia en la erosión costera en el balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Papeles de Geografía*, 47-48, 143-158.
- Merlotto, A. & Bértola, G.R. (2009). Coastline evolution at Balneario Parque Mar Chiquita, Argentina. *Ciencias Marinas*, 35 (3), 271-286.
- Merlotto, A. & Bértola, G.R. (2012). Variaciones espaciales y temporales de los sedimentos de playas del Partido de Necochea, provincia de Buenos Aires. *Revista de Geografía*, 16, 3-11.
- Merlotto, A., Bértola, G.R. & Piccolo, M.C. (2010). Características del oleaje y vientos del sector costero del partido de Necochea, Buenos Aires, Argentina. *Revista Geográfica*, 147, 113-131.
- Merlotto, A., Bértola, G.R. & Piccolo, M.C. (2013). Seasonal morphodynamic classification of beaches in Necochea municipality, Buenos Aires Province, Argentina. *Ciencias Marinas*, 39 (4), 331-347.
- Merlotto, A., Bértola, G.R., Isla, F.I., Cortizo, L.C. & Piccolo, M.C. (2014). Short and medium-term coastal evolution of Necochea Municipality, Buenos Aires province, Argentina. *Environmental Earth Science*, 71 (3), 1213-1225.
- Merlotto, A., Bértola, G.R. & Piccolo, M.C. (2016). Hazard, vulnerability and coastal erosion risk assessment in Necochea Municipality, Buenos Aires Province, Argentina. *Journal of Coastal Conservation*, 20 (5) 351-362.
- Monti, A.J.A. (1999). Evaluación geoambiental preliminar de riesgo costero en Playa Magagna, Chubut. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 13, 125-136.
- Monti, A. (2012). Geografía de los riesgos aplicada a espacios litorales: miradas sobre pequeñas comunidades costeras patagónicas. En: A. Monti, G. Alcarraz y M. P. Ferrari (Coord.). *Miradas geográficas de la Patagonia: encuentros con la investigación y la docencia* (85-102). Trelew: EDUPA-IGEOPAT.
- Monti, A. (2013). Gestión de Riesgo y Complejidad en el litoral urbanizado de Puerto Madryn. *Revista Estudios Ambientales*, I, 29-44.
- Natenzon, C.E. (2007). La vulnerabilidad social como dimensión del riesgo. Análisis de la zona costera del Río de la Plata. En: M.V Fernández Caso (Ed.) *Geografía y territorios en Transformación. Nuevos Temas Para Pensar La Enseñanza*, (85-111). Buenos Aires: NOVEDUC.

Parker, G., Perillo, G.M.E. y Violante, R. (1978). Características geológicas de los bancos alineados (linear shoals), frente a Punta Médanos Provincia de Buenos Aires. *Acta Oceanográfica Argentina*, 2, 11-50.

Schnack, E.J., Pousa, J.L. & Isla, F.I. (1998). Erosive processes on the sandy coastline of Argentina. *Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft*, 20, 133-136.

Spalletti, L. & Mazzoni, M. (1979). Caracteres granulométricos de arenas de playa frontal, playa distal y médano del litoral bonaerense. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 34 (1), 12-30.

Szlafsztein, C. & Sterr, H. (2007). A GIS-based vulnerability assessment of coastal natural hazards, state of Pará, Brazil. *Journal of Coastal Conservation*, 11 (1), 53-66.

UNDRO. (1979). Natural Disasters and Vulnerability Analysis. Ginebra: United Nations, 49 pp.

Wu, S., Yarnal, B. & Fisher, A. (2002). Vulnerability of coastal communities to sea-level rise: a case study of Cape May County, New Jersey, USA. *Climate Research*, 22 (3), 255-270. doi: 10.3354/cr022255

Fecha de recepción: 10 de junio de 2016

Fecha de aceptación: 16 de diciembre de 2016

© 2017 por los autores; licencia otorgada a la Revista Universitaria de Geografía. Este artículo es de acceso abierto y distribuido bajo los términos y condiciones de una licencia Atribución-NoComercial 2.5 Argentina de Creative Commons. Para ver una copia de esta licencia, visite [http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/deed.es\\_AR](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.5/ar/deed.es_AR)