

## APLICACIÓN DEL ÍNDICE DE VULNERABILIDAD COSTERA (CVI) A LOS BARRIOS COSTEROS DEL PARTIDO DE MAR CHIQUITA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

## IMPLEMENTATION OF THE COASTAL VULNERABILITY INDEX (CVI) TO COASTAL DISTRICTS OF MAR CHIQUITA, BUENOS AIRES, ARGENTINA

Juan M. Fernández<sup>1,2</sup>, Germán R. Bértola<sup>1,2</sup>, Alicia M. Campo<sup>1,3</sup>

<sup>1</sup>CONICET (Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas)

<sup>2</sup>IIMyC (Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras) e Instituto de Geología de Costas y del Cuaternario (Universidad Nacional de Mar del Plata)

<sup>3</sup>Dpto. de Geografía y Turismo (Universidad Nacional del Sur)  
E-Mail: fernandezjuanmf@gmail.com

### RESUMEN

Una de las herramientas más utilizadas para evidenciar la susceptibilidad de un determinado espacio ante un fenómeno y la capacidad de adaptarse al mismo, es el Índice de Vulnerabilidad Costera. El aumento del nivel del mar induce cambios en las áreas costeras, que en conjunto con otras variables climáticas, geológicas y oceanográficas hace evidente la necesidad de cuantificar dichos cambios. La zona costera del partido de Mar Chiquita (Buenos Aires, Argentina), presenta playas cuya geomorfología y nivel de antropización es variada. Es por ello que sus niveles de susceptibilidad también son variados respecto a diferentes eventos. De sur a norte, incluye los barrios costeros de Playa Dorada, Santa Elena, Santa Clara del Mar, Camet Norte, La Caleta, Mar de Cobo y Balneario Parque Mar Chiquita. Es uno de los sectores de la provincia de Buenos Aires más afectados por los procesos de erosión costera. Este fenómeno es originado principalmente por Sudestadas y por la incesante modificación del paisaje ribereño, causada por la urbanización y las obras de defensa costera. Planificar los niveles de susceptibilidad del espacio costero aumenta el margen de maniobrabilidad ante eventos no planificados. El presente trabajo se enfocó en determinar el Índice de Vulnerabilidad Costera para las playas urbanizadas del partido de Mar Chiquita, mediante el empleo de fotografías aéreas, imágenes satelitales, información bibliográfica y salidas al campo, con el fin de determinar aquellos espacios en los cuales la gestión municipal debe concentrar sus esfuerzos. Los valores de CVI (Índice de Vulnerabilidad Costera) para el área de estudio, arrojaron el valor más alto de vulnerabilidad para el barrio La Caleta, con un valor de CVI de 25,98 y el más bajo para Santa Clara del Mar, con un valor de CVI de 2,45.

**Palabras clave:** vulnerabilidad costera, playas urbanizadas, gestión municipal, partido de Mar Chiquita.

### ABSTRACT

One of the most used tools to demonstrate the susceptibility of space to a phenomenon and the ability to adapt is the Coastal Vulnerability Index. The sea level rise causes changes in coastal areas together with other climatic, biological and oceanographic variables makes clear the need to quantify these changes. Mar Chiquita beaches' geomorphology and anthropization are diverse. Therefore, its susceptibility levels are also distinct respect to different events. From south to north, this area includes the following coastal areas: Playa Dorada, Santa Elena, Santa Clara del Mar, Camet Norte, La Caleta, Mar de Cobo and Balneario Parque Mar Chiquita. This section is one of the most affected areas by erosion in the Buenos Aires Province. Erosion here is caused mainly by Sudestadas and constant changes in the coastal

landscape resulting from urbanization and the coastal defense work. Planning the susceptibility levels of coastal areas increases the margin of maneuverability to unplanned events. This study was focused on determining the Coastal Vulnerability Index for the urbanized Mar Chiquita beaches by using aerial photographs, satellite images, bibliographic information and field trips to determinate those areas in which the municipal government should concentrate its efforts. The CVI values for the study area, resulted in the highest value for La Caleta with a CVI value of 25.98 and the lowest for Santa Clara del Mar with a CVI value of 2.45.

**Key words:** coastal vulnerability, urbanized beaches, municipal management, Mar Chiquita area.

## INTRODUCCIÓN

El sector litoral de la provincia de Buenos Aires está caracterizado por diferentes ámbitos geomórficos que dependen de un conjunto de variables, no solamente relacionados con los procesos actuales, sino también con su historia evolutiva. La litología, las variaciones del nivel del mar y más recientemente las actividades humanas, le imprimen particularidades específicas. El conjunto de estos factores determinan la variabilidad de las playas (Schnack et al., 2007).

El partido de Mar Chiquita (Fig. 1) cuenta con 67 km de playas, de los cuales un 16 % está urbanizado y por lo tanto fue analizado en este trabajo. Ese sector presenta diferentes morfologías y dinámicas, la topografía es muy variada, con playas extensas y médanos en la zona norte, y más corta y acantilada a medida que se avanza hacia el sur. Comprende playas de bolsillo entre cabos rocosos con escasos sectores de acumulación en Playa Dorada y Santa Elena; playas de escasos metros generadas entre defensas costeras en Mar de Cobo y Parque Mar Chiquita y playas entre espigones y cabos rocosos en Santa Clara del Mar, Camet Norte y La Caleta. Esos 11 km (que constituyen el 16% de la longitud total de playas del partido) corresponden a playas aprovechables para el uso como recurso turístico, principalmente por su morfología y por la disposición de las defensas costeras a lo largo de la costa. Esta situación, en sinergia con los procesos erosivos que tienen lugar en el paisaje costero, traen consigo un resultado que requiere de la máxima atención por parte del municipio encargado de la gestión de las playas, ya que es uno de los sectores de la provincia de Buenos Aires más afectado por los procesos de erosión costera. Dichos procesos son originados principalmente por las Sudestadas y por la incesante modificación del paisaje ribereño causada por la urbanización y las obras de defensa costera mal planificadas (Bértola et al., 2013).

El conocimiento de la vulnerabilidad de un sector, la cual tiene como variables determinantes la geomorfología actual, la antropización y los procesos que hacen a la evolución de la línea de costa, entre otros, permitirá planificar la capacidad máxima soportable y definir una ordenación ambiental del territorio más eficiente, contribuyendo a la minimización de los impactos asociados. Para lograr esto, se ha determinado como objetivo calcular el CVI (Índice de Vulnerabilidad Costera; CVI, por su sigla en inglés *Coastal Vulnerability Index*) para las playas urbanizadas del partido de Mar Chiquita, el cual permite, a partir de una serie de variables, determinar a qué sector de un tramo de costa (aproximadamente de 19 km de largo), prestar especial atención, al momento de planificar una gestión integrada de la zona costera.

### Estado del arte

Debido a los distintos enfoques por los cuales se le atribuyen diferentes acepciones a los términos empleados en el índice CVI, se procederá a conceptualizar cada uno de ellos. Términos como vulnerabilidad, riesgo y peligro suelen utilizarse de formas diferentes según la escala de análisis y variables que el autor contemple dentro de los mismos. En relación con ello, UNESCO (1979) define los conceptos asociándolos a un posible impacto generado por un suceso desastroso. Entiende por Riesgo como "el número de pérdidas humanas, heridos, daños a las propiedades y efectos sobre la actividad económica debido a la ocurrencia de un desastre". Amenaza, peligro o peligrosidad: "es la probabilidad de ocurrencia de un suceso potencialmente desastroso durante cierto período de tiempo en un sitio dado". Vulnerabilidad: "es el grado de pérdida de un elemento o grupo de elementos bajo riesgo,

resultado de la probable ocurrencia de un suceso desastroso, expresada en una escala desde cero o sin daño a uno o pérdida total”.



**Figura 1.** Área de estudio y playas urbanizadas del partido de Mar Chiquita.  
**Figure 1.** Study area and urbanized Mar Chiquita beaches.

Wilches-Chaux (1989), inclina el término vulnerabilidad hacia la capacidad de una comunidad de absorber el cambio, mediante un “autoajuste”. Específicamente define por Riesgo como “cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno”; Amenaza o Peligro sería la “probabilidad de que ocurra un riesgo frente al cual una comunidad es vulnerable”, y Vulnerabilidad como la “incapacidad de una comunidad para absorber, mediante el autoajuste, los efectos de un determinado cambio en su medio ambiente, o sea, su inflexibilidad o incapacidad para adaptarse a ese cambio”.

En el presente trabajo se adoptará una definición más vinculada a la temática y que provee conceptos con una visión integral del ambiente y que facilita su adaptación a diversos escenarios, basándose fundamentalmente en las definiciones y conceptos del IPCC (2014). Se considera Vulnerabilidad como una variedad de conceptos y elementos que incluyen la sensibilidad o susceptibilidad al daño y la falta de capacidad de respuesta y adaptación, o sea una propensión o predisposición a ser afectado negativamente. El Peligro se define como el acaecimiento potencial de un suceso o tendencia físico de origen natural o humano, o un impacto físico, que puede causar pérdidas de vidas, lesiones u otros efectos negativos sobre la salud, así como daños y pérdidas en propiedades, infraestructuras, medios de subsistencia, prestaciones de servicios, ecosistemas y recursos ambientales. Finalmente, el Riesgo sería el potencial de consecuencias en que algo de valor está en peligro con un desenlace incierto, reconociendo la diversidad de valores. A menudo el riesgo se representa como la probabilidad de acaecimiento de sucesos o tendencias peligrosos, multiplicada por los impactos en caso de que ocurran tales sucesos o tendencias (IPCC, 2014).

El IPCC plantea además que el término “vulnerabilidad” puede referirse al sistema vulnerable como tal (p.ej. las islas bajas o las ciudades costeras), al impacto en ese sistema (p.ej. la inundación de las ciudades costeras y de las tierras destinadas a la agricultura), o al mecanismo que provoca estos impactos (p.ej. la desintegración del manto de hielo de la Antártida occidental). Teniendo en cuenta una serie de criterios como la magnitud, periodicidad, persistencia/reversibilidad, potencial de adaptación, aspectos de la distribución, probabilidad e importancia de los impactos, algunas de estas vulnerabilidades podrían identificarse como fundamentales. Los impactos claves y las vulnerabilidades resultantes, se pueden encontrar en muchos sistemas sociales, económicos, biológicos y geofísicos. La identificación de las posibles vulnerabilidades tiene como objetivo, servir de guía para los que tienen la capacidad de tomar decisiones a la hora de identificar los niveles y ritmos de cambio climático que pueden estar asociados a la interferencia antropogénica.

## MÉTODOS

La fuente de información para la determinación del CVI fueron las fotografías aéreas a escala 1:10.000 de los años 1955 (Servicio de Hidrografía Naval-División Fotogramétrica-Armada Argentina), 1967 (Laboratorio de Ensayo de Materiales-Sección Geología) y 1987 (Geodesia) e imágenes satelitales Digital Globe de los años 2003 y 2009 e imágenes SPOT de los años 2011 y 2013, provenientes de Google Earth®, además de información bibliográfica y salidas al campo.

El cálculo del índice de vulnerabilidad se efectuó siguiendo el criterio de Gornitz et al. (1991) adoptando modificaciones realizadas por Kokot et al. (2004), Codignotto (2005) y con aportes propios de los autores, que se presenta, en la ec. (1). Es una de las metodologías más utilizadas al presente como aproximación al cálculo de la vulnerabilidad en costas y cuyo resultado es un valor numérico que se obtiene a través de cálculos matemáticos, que combinan un número definido de variables (en este caso son ocho: geomorfología, pendiente, tasas de erosión costera, altura del oleaje significativo, cambios del nivel relativo del mar, rango mareal medio, litología y nivel de antropización). Luego de la puntuación de las variables con valores de uno a cinco, se procede al cálculo de los percentiles 25, 50 y 75 con el objeto de categorizar los valores obtenidos (Tabla 5). El objetivo es la obtención de un índice que refleje la real vulnerabilidad y que esta no sea valorada con exageración por un inadecuado balance de las variables involucradas (Kokot et al., 2004). El desarrollo matemático que conlleva al valor numérico del índice se desarrolla a continuación:

$$CVI = \frac{\sqrt{G \times P \times R \times E \times V \times M \times N \times L}}{8} \quad (1)$$

Donde: *G*: geomorfología, *P*: pendiente de playa frontal, *R*: rango mareal, *E*: evolución de la línea de costa, *V*: variación del nivel del mar, *M*: máxima altura de ola, *N*: nivel de antropización, *L*: litología.

Se aplicó dicha ecuación a cada una de las siete playas analizadas, con el objeto de comparar y determinar los sectores costeros más vulnerables en relación con las variables planteadas. El rango de valores de las variables está clasificado en la Tabla 1. Una vez categorizada cada variable dentro del rango de valores, se le asignó un valor numérico (de 1 a 5, donde 1 corresponde a muy baja vulnerabilidad y 5 a muy alta). Luego se procedió a aplicar la ec. 1 para concluir en el CVI de la playa en cuestión.

| Variable                               | Rango de valores                                      |  |                                      |  |   |
|--|---|--|--------------------------------------|--|---|
|  | Muy baja  | Baja                                   | Media                                | Alta   | Muy alta  |
|  | 1   | 2                                      | 3                                    | 4  | 5   |
| Geomorfología                          | Acantilados altos (+ 4 m)                             | Acantilados medios y bajos (- 4 m)     | Barreras, deltas, espigas y tómbolos | Playa y playa sobre plataforma litoral                   | Planicies de marea y marismas                                 |
| Pendiente de playa frontal (%)         | Mayor o igual a 8                                     | Entre 4 y 8                            | Entre 2 y 4                          | Entre 1 y 2  | Entre 0 y 1   |
| Rango mareal (m)                       | Menor a 0,5   | Entre 0,5 y 1,9                        | Entre 2 y 4                          | Entre 4,1 y 6  | Mayor a 6   |
| Evolución de la línea de costa (m/año) | Mayor o igual a 0,1                                   | 0                                      | Entre -0,1 y -0,5                    | Entre -0,6 y -1  | Menor a -1  |
| Variación del nivel del mar (mm/año)   | Menor a -1  | Entre -1 y 0                           | Entre 0,1 y 2                        | Entre 2,1 y 4  | Mayor a 4   |
| Máxima altura de ola (m)               | Entre 0 y 2,9   | Entre 3 y 4,9                          | Entre 5 y 5,9                        | Entre 6 y 6,9  | Mayor a 6,9   |
| Nivel de antropización (adimensional)  | Puertos, espigones, rompeolas, rellenos duros         | Forestación de dunas, rellenos blandos | Costa natural, muelles sobre pilotes | Deforestación, extracción de áridos, edificios en altura | Destrucción y deforestación de dunas, drenaje urbano en playa |
| Litología                              | Roca volcánica, plutónica y metamórfica de alto grado | Roca metamórfica de bajo grado         | Mayoría de rocas sedimentarias       | Roca sedimentaria poco consolidada                       | Roca sedimentaria inconsolidada                               |

**Tabla 1.** Variables consideradas para el cálculo del Índice de Vulnerabilidad Costera (CVI) y su rango de valores según los autores y modificado de Gornitz (1990), Kokot et al. (2004) y Codignotto (2005).

**Table 1.** Variables considered for the calculation of Coastal Vulnerability Index (CVI) and its range of values according to the authors and modified Gornitz (1990), Kokot et al. (2004) and Codignotto (2005).

Para determinar los valores de las variables para cada playa, se realizaron diferentes actividades conducentes a su identificación:

Para la geomorfología, litología y nivel de antropización se efectuaron salidas de campo, se analizaron fotografías aéreas e imágenes satelitales y se elaboró un archivo fotográfico. A partir de allí se identificaron las diferentes geoformas, los sedimentos que las componen y las obras, presentes en cada playa, realizadas por el hombre. Para la pendiente de la playa frontal, se emplearon los valores obtenidos mediante datos de perfiles de playa bimestrales llevados a cabo entre 2010 y 2016. El rango mareal se obtuvo a partir de mediciones realizadas por el Servicio de Hidrografía Naval (SHN) para el Puerto de Mar del Plata, para el período de enero, febrero y marzo de 2016, y la carta argentina H-251. La evolución de la línea de costa se obtuvo de perfiles ejecutados por Fernández et al. (2014), mediante fotografías aéreas e imágenes satelitales. Finalmente, la variación del nivel del mar se calculó a partir de datos de Lanfredi et al. (1988), al igual que la máxima altura de ola (Lanfredi et al. 1992).

Por último, es necesario destacar que el divisor de la ecuación no es arbitrario. Es un valor que responde al número de variables contempladas en el cálculo.

Una vez recopilada la información necesaria, se procedió a categorizar cada variable para cada playa, según se aprecia en la Tabla 2.

| Variable                       | Barrios costeros   |                    |                   |                   |                |                |                |
|--------------------------------|--------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------|----------------|----------------|
|                                | Playa Dorada       | Santa Elena        | Santa Clara       | Camet Norte       | La Caleta      | Mar de Cobo    | Mar Chiquita   |
| Geomorfología                  | Acantilados medios | Acantilados medios | Acantilados bajos | Acantilados bajos | Playa          | Playa          | Playa          |
| Pendiente de playa frontal     | 7,5                | 12,9               | 8                 | 4,1               | 3,4            | 5              | 3,6            |
| Rango mareal                   | 0,83               | 0,83               | 0,83              | 0,83              | 0,83           | 0,83           | 0,83           |
| Evolución de la línea de costa | -0,84              | -0,44              | 0,16              | -1,17             | -1,47          | -1,44          | -2,5           |
| Variación del nivel del mar    | 1,6                | 1,6                | 1,6               | 1,6               | 1,6            | 1,6            | 1,6            |
| Máxima altura de ola           | 2,3                | 2,3                | 2,3               | 2,3               | 2,3            | 2,3            | 2,3            |
| Nivel de antropización         | Espigones          | Espigones          | Espigones         | Costa natural     | Costa natural  | Espigones      | Espigones      |
| Litología                      | Poco consolidados  | Poco consolidados  | Poco consolidados | Poco consolidados | Inconsolidados | Inconsolidados | Inconsolidados |

**Tabla 2.** Categorización de cada variable según la información recopilada.  
**Table 2.** Categorization of each variable according to the information gathered.

Luego se procedió a asignarle un valor numérico a dicha categorización (Tabla 3) donde los valores asignados tienen relación con la escala de vulnerabilidad de la Tabla 1.

| Variable | Barrios costeros |             |             |             |           |             |              |
|----------|------------------|-------------|-------------|-------------|-----------|-------------|--------------|
|          | Playa Dorada     | Santa Elena | Santa Clara | Camet Norte | La Caleta | Mar de Cobo | Mar Chiquita |
| G        | 2                | 2           | 2           | 2           | 4         | 4           | 4            |
| P        | 2                | 1           | 1           | 2           | 3         | 2           | 3            |
| R        | 2                | 2           | 2           | 2           | 2         | 2           | 2            |
| E        | 4                | 3           | 1           | 5           | 5         | 5           | 5            |
| V        | 3                | 3           | 3           | 3           | 3         | 3           | 3            |
| M        | 1                | 1           | 1           | 1           | 1         | 1           | 1            |
| N        | 1                | 1           | 1           | 3           | 3         | 1           | 1            |
| L        | 4                | 4           | 4           | 4           | 5         | 5           | 5            |

**Tabla 3.** Valores numéricos de cada variable. G: geomorfología, P: pendiente playa frontal, R: rango mareal, E: evolución de la línea de costa, V: variación del nivel del mar, M: máxima altura de ola, N: nivel de antropización, L: litología.

**Table 3.** Numerical values for each variable. G: geomorphology, P: foreshore slope, R: tidal range, Y: evolution of the coastline, V: variation in sea level, M: maximum wave height, N: anthropization level, L: lithology.

Finalmente se procedió al cálculo de CVI con los valores numéricos (Tabla 4). En la segunda columna, se aprecian los valores obtenidos para cada playa y en la tercera columna está el producto de dichos valores según la ecuación de CVI. En la cuarta columna el cociente y por último, en la quinta, se aplica la raíz cuadrada a los valores de la cuarta columna, para el cálculo del índice buscado.

| Playa        | Valores         | Producto | Cociente | Raíz  |
|--------------|-----------------|----------|----------|-------|
| Playa Dorada | 2-2-2-4-3-1-1-4 | 384      | 48       | 6,93  |
| Santa Elena  | 2-1-2-3-3-1-1-4 | 144      | 18       | 4,24  |
| Santa Clara  | 2-1-2-1-3-1-1-4 | 48       | 6        | 2,45  |
| Camet Norte  | 2-2-2-5-3-1-3-4 | 1440     | 180      | 13,42 |
| La Caleta    | 4-3-2-5-3-1-3-5 | 5400     | 675      | 25,98 |
| Mar de Cobo  | 4-2-2-5-3-1-1-5 | 1200     | 150      | 12,25 |
| Mar Chiquita | 4-3-2-5-3-1-1-5 | 1800     | 225      | 15    |

**Tabla 4.** Resultados de la ecuación.

**Table 4.** Results of the equation.

| Percentiles | 0                   | 25 (Q1) | 50 (QM)              | 75 (Q3)             | 100                     |
|-------------|---------------------|---------|----------------------|---------------------|-------------------------|
|             | 2,45                | 5,59    | 12,25                | 14,21               | 25,98                   |
|             | Vulnerabilidad baja |         | Vulnerabilidad media | Vulnerabilidad alta | Vulnerabilidad muy alta |

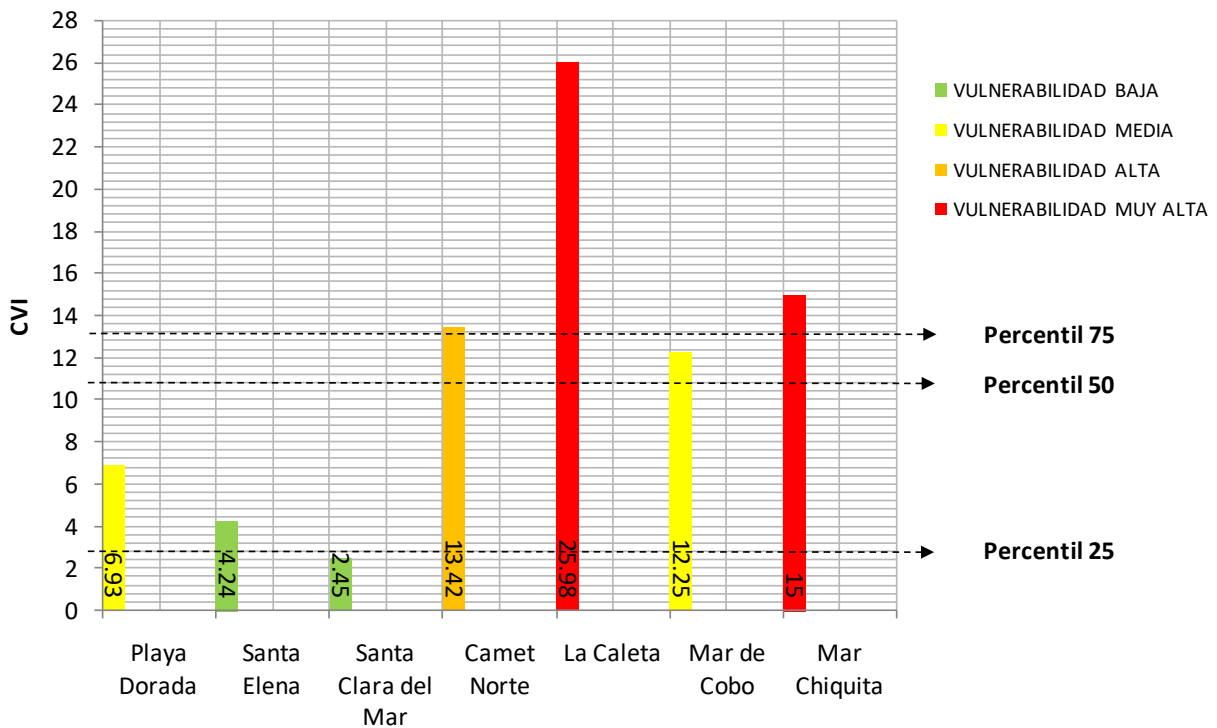
**Tabla 5.** Cálculo de los percentiles 25, 50 y 75.

**Table 5.** Calculation of percentiles 25, 50 and 75.

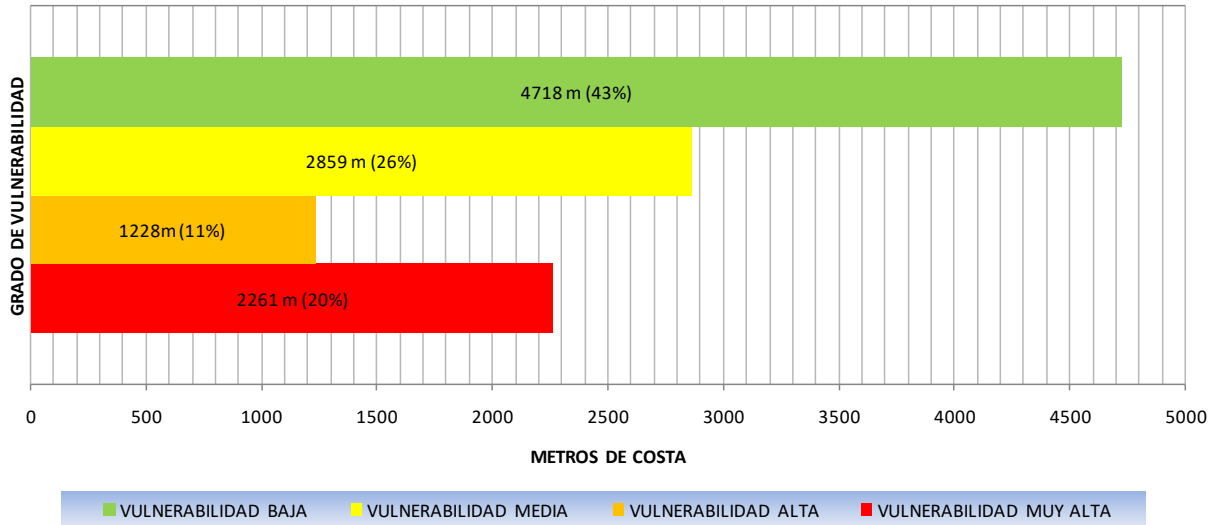
## RESULTADOS

El rango de valores que en este caso incluye el CVI varía desde 2,45 a 25,98. El valor medio fue 11,47, la mediana 12,25 y la desviación estándar 7,98. Los resultados se dividieron en categorías de baja, moderada, alta y muy alta vulnerabilidad. Los valores por debajo de 5,59 se asignan a una categoría de

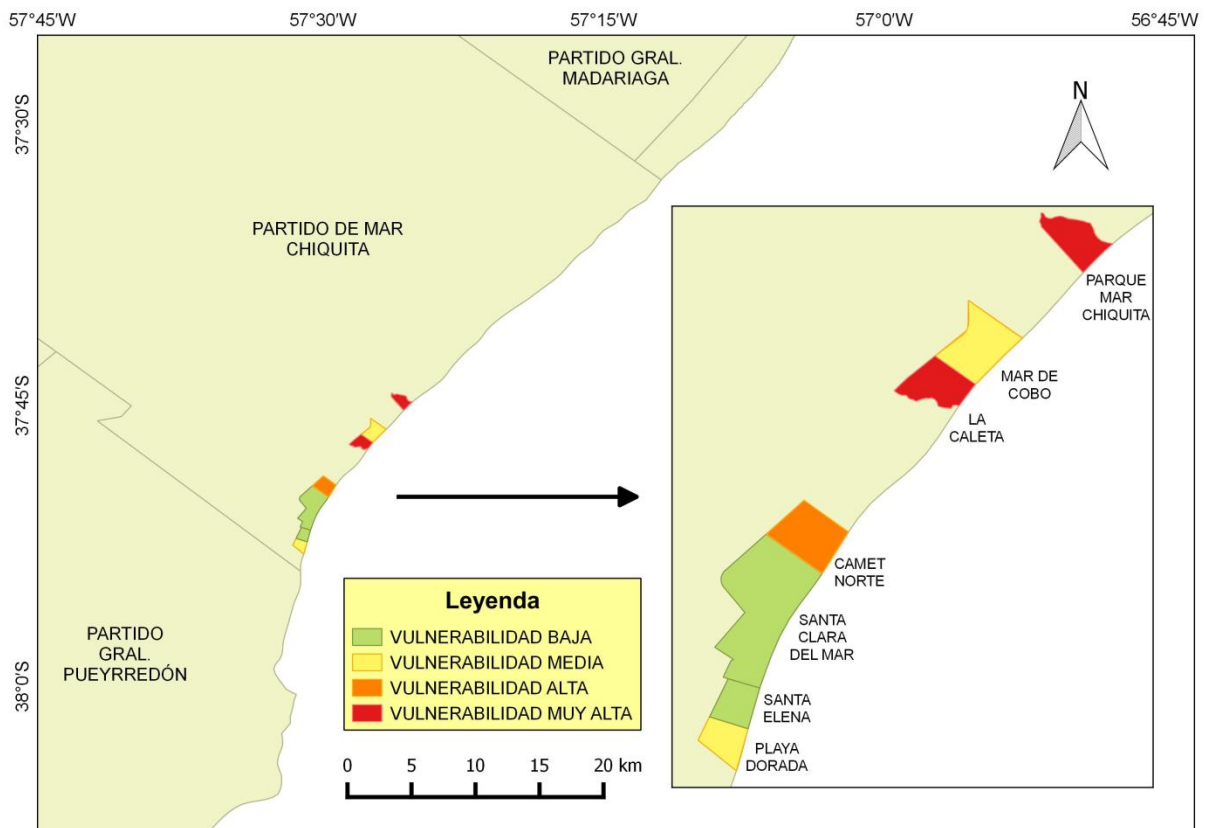
vulnerabilidad baja. Entre 5,59 y 12,25 se consideran de vulnerabilidad moderada. Entre 12,25 y 14,21 se acepta una vulnerabilidad alta y los valores mayores a 14,21 se clasifican como áreas de vulnerabilidad muy alta. Los valores del CVI para el área de estudio (Fig. 2), presentaron el valor más alto de vulnerabilidad para el barrio La Caleta (LC) con un valor de CVI de 25,98 y el más bajo para Santa Clara del Mar (SC) con un valor de CVI de 2,45. Los valores intermedios fueron 6,93 para Playa Dorada (PD), 4,24 para Santa Elena (SE), 13,42 para Camet Norte (CN), 12,25 para Mar de Cobo (MC) y finalmente 15 para el balneario Parque Mar Chiquita. El cálculo de los percentiles arrojó valores de 5,59 para el percentil 25, 12,25 para el percentil 50 y 14,21 correspondiente al percentil 75. Longitudinalmente, el 43 % de la costa estudiada responde a un grado de vulnerabilidad baja (Fig. 3), lo que se traduce a unos 4.718 m. Los diferentes valores de vulnerabilidad asociados a cada playa quedan representados geográficamente en la Fig. 4.



**Figura 2.** Valores del CVI para los barrios costeros del partido de Mar Chiquita.  
**Figure 2.** CVI values for coastal districts of Mar Chiquita.



**Figura 3.** Longitud de costa según cada grado de vulnerabilidad.  
**Figure 3.** Coastline length according to each degree of vulnerability.



**Figura 4.** Mapa de vulnerabilidad.  
**Figure 4.** Vulnerability map.

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Si bien los valores obtenidos estuvieron basados en variables previamente analizadas por diversos autores como Gornitz (1991, 1994), Hammar-Klose y Thieler (2001), Kokot et al. (2004) y Codignotto (2005), a los fines del presente trabajo se considera que en tramos de costa cortos (a nivel partido) como este caso, determinadas variables (variación del nivel del mar, rango mareal) no son tan relevantes dado que no presentan variaciones sino en escalas menores. Esta situación se presenta, dado los intervalos utilizados para clasificar las variables -también adoptados por Kokot et al. (2004) y Codignotto (2005)- y el espacio al que se circunscribe el análisis, que pretende sectorizar los barrios costeros del partido. Es decir, los valores de ambas variables si sufren modificaciones, pero dados los argumentos antes mencionados, pierden relevancia por el hecho de que dichas modificaciones son mínimas en términos de escala, quedan circunscriptas al mismo intervalo o rango de valores y no modifican el resultado final. Lo mismo sucede con la variable máxima altura de ola, pero en éste caso la variable no se modifica porque la resolución de los datos se circunscribe al olígrafo que se encuentra ubicado en la ciudad de Mar del Plata. Esto se debe a que no existen datos con el detalle pretendido en el análisis y por ello la menor relevancia. Cabe aclarar, que la variable igualmente juega un papel fundamental dado que determina la puntuación y el intervalo en el cual quedará la variable, pero con la salvedad de que el dato tiene el error de precisión determinado por la lejanía de la fuente de esos datos de olas. Otros autores como Diez et al. (2007) y Kokot et al. (2004), acuden a promedios o interpolaciones, para aumentar el nivel de detalle y obtener un dato más preciso.

Otra cuestión está relacionada con la cantidad de variables a tener en cuenta en la ecuación. Gornitz (1991, 1994) contempla de siete a trece variables, ya que se trata de una zona con frecuencia de huracanes por lo cual incluyó variables a tal efecto. Kokot et al. (2004) tienen en cuenta en su trabajo para la costa de la provincia de Río Negro siete variables y Codignotto (2005) consideró ocho variables, incluyendo el nivel de antropización como una variable adimensional. Se puede considerar un sin número de variables para construir una base de datos lo más detallada posible. En este trabajo la cantidad de variables propuestas fueron ocho.

Se consideró el término pendiente en coincidencia con Hammar-Klose y Thieler (2001), donde hace referencia a la pendiente costera, con la modificación de que aquí se utiliza solo la parte frontal de la playa, que a criterio de los autores es la que ejerce mayor influencia en la dinámica costera. Autores anteriores como Gornitz (1991) utilizan para esta variable el relieve, Gornitz et al. (1994) utiliza el término elevación y Kokot et al. (2004) y Codignotto (2005) utilizan el término altitud.

La causa principal de los valores de vulnerabilidad altos obtenidos en los barrios costeros de La Caleta y Camet Norte se fundamenta en no poseer defensas costeras, sumado a ello y como consecuencia de la dinámica sedimentaria actual, las costas son erosivas con ritmos de retroceso de 1,47 y 1,17 m/año respectivamente (Fernández et al., 2014).

Las zonas de vulnerabilidad baja corresponden a Santa Elena y Santa Clara del Mar. Son áreas cuyo factor común radica en el hecho de poseer los valores más bajos de retroceso de la línea de costa. Esto se debe a que ambos barrios poseen defensas costeras e influyen la dinámica de la totalidad de su costa, en forma de *seawall* en el caso de Santa Elena (para detener la embestida de las olas sobre el acantilado) y perpendiculares a la línea de costa con leve inclinación hacia el sur en Santa Clara del Mar (con el objeto de acumular arena).

Las zonas de vulnerabilidad media hacen referencia a Playa Dorada y Mar de Cobo, que son áreas donde también ejercen su influencia las defensas costeras, pero no ocupan la totalidad del tramo costero correspondiente a cada barrio.

La zona de vulnerabilidad alta apunta específicamente al barrio costero de Camet Norte, cuya particularidad yace en no poseer defensas costeras de ningún tipo, combinado con acantilados bajos, una pendiente de playa frontal también baja y una tasa alta de erosión.

Las áreas de vulnerabilidad muy alta se circunscriben a los barrios costeros de La Caleta y Parque Mar Chiquita. Estos lugares tienen las tasas de erosión más altas del partido, con la diferencia que La Caleta posee su costa prácticamente en estado natural y Parque Mar Chiquita posee una costa totalmente antropizada.

**Agradecimientos.** Este trabajo fue desarrollado en el marco del proyecto “Evolución de estuarios y playas de Buenos Aires y Río Negro durante el Cuaternario” otorgado por la Universidad Nacional de Mar del Plata EXA 724/15 (OCA N° 722/04). Agradecemos a los Lic. Verón y Bedmar por la asistencia en los trabajos de campo.

## REFERENCIAS

- Bértola, G.R., A. Merlotto, L. Cortizo, F.I. Isla, (2013). Playas de bolsillo en Mar Chiquita, provincia de Buenos Aires. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 70(2): 267-278.
- Codignotto, J.O., (2005). Vulnerabilidad al ascenso del nivel del mar y cambio climático en la costa argentina. *Revista de Geología Aplicada a la Ingeniería y al Ambiente*, 21: 25-28.
- Diez, P.G., G.M.E. Perillo, M.C. Piccolo, (2007). Vulnerability to sea-level rise on the coast of the Buenos Aires Province. *Journal of Coastal Research*, 23(1): 119-126.
- Fernández, J.M., M.J. Verón, G.R. Bértola, (2014). Transporte litoral desedimentos y evolución de la línea de costa del Partido de Mar Chiquita, Pcia. de Buenos Aires. XIV Reunión Argentina de Sedimentología – RAS. Puerto Madryn, Argentina, 1 al 5 de septiembre de 2014.
- Gornitz, V., (1991). Global coastal hazards from future sea level rise. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology (Global and Planetary Change Section)*, 89: 379-398.
- Gornitz, V., R. Daniels, T. White, K. Birdwell, (1994). The Development of a Coastal Risk Assessment Database: Vulnerability to Sea-Level Rise in the U.S. Southeast. *Journal of Coastal Research*, Special Issue No. 12: 327-338.
- Hammar-Klose, E.S., E.R. Thieler, (2001). Coastal vulnerability to sea-level rise, a preliminary database for the U.S. Atlantic, Pacific, and Gulf of Mexico coasts. U.S. Geological Survey, Digital Data Series DDS-68, 1 CD, Online.
- Kokot, R., J. Codignotto, M. Elissondo, (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.
- Lanfredi, N.W., E.E. D’Onofrio, C.A. Mazio, (1988). Variations of the mean sea level in the southwest Atlantic Ocean. *Continental Shelf Research*, 8(11): 1211-1220.
- Lanfredi, N.W., J.L. Pousa, C.A. Mazio, W.C. Dragani, (1992). Wave-power potential along the coast of the province of Buenos Aires, Argentina. *Energy*, 17(11): 997-1006.
- Ojeda Zújar, J., J. I., Álvarez Francoso, D. Martín Cajaraville, P. Fraile Jurado, (2009). El uso de las TIG para el cálculo del índice de vulnerabilidad costera (CVI) ante una potencial subida del nivel del mar en la costa andaluza (España). *GeoFocus*, 9: 83-100.
- Schnack J., Schmidt R., Richter J. (2007). Enhanced magnetocaloric effect in frustrated magnetic molecules with icosahedral symmetry. *Physical Review B*. 76(5): 054413-1/7
- Servicio de Hidrografía Naval (SHN) [en línea]. Buenos Aires: Oficina Hidrográfica Nacional [15 de marzo de 2016]. Disponible desde Internet: <[http://www.hidro.gov.ar/oceanografia/tmareas/form\\_tmareas.asp](http://www.hidro.gov.ar/oceanografia/tmareas/form_tmareas.asp)>.
- UNESCO/UNEP/FAO, (1979). Tropical grazing long ecosystems: A State of Knowledge Report. Paris: Natural Resources Research Series.
- Wilches-Chaux, G. (1989). La vulnerabilidad Global. Publicado en *Desastres, ecologismo y formación profesional*. Cáp. II, SENA, Colombia.

Recibido: Agosto, 2017

Aceptado: Febrero, 2018