




## Aplicación de indicadores ambientales para la planificación del uso del suelo en una zona costera de Buenos Aires, Argentina

### Application of environmental indicators for land use planning in a coastal area of

### Buenos Aires, Argentina

Mónica Laura Salvioli<sup>1\*</sup> ; Verónica Guerrero-Borges<sup>1</sup> ; Marcos Cipponeri<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ingeniería, Unidad de Investigación Desarrollo Extensión y Transferencia (UIDET) Gestión Ambiental. La Plata - Buenos Aires, Argentina; email: msalvioli@ing.unlp.edu.ar; vgborges@gmail.com; mcipponeri@ing.unlp.edu.ar.

\*autor de correspondencia: msalvioli@ing.unlp.edu.ar

**Cómo citar:** Salvioli, M.L.; Guerrero-Borges, V.; Cipponeri, M. 2022. Aplicación de indicadores ambientales para la planificación del uso del suelo en una zona costera de Buenos Aires, Argentina. Rev. U.D.C.A Act. & Div. Cient. 25(Supl.1):e2134. <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.nSupl.1.2022.2134>

Artículo de acceso abierto publicado por Revista U.D.C.A Actualidad & Divulgación Científica, bajo una Licencia Creative Commons CC BY-NC 4.0

Publicación oficial de la Universidad de Ciencias Aplicadas y Ambientales U.D.C.A, Institución de Educación Superior Acreditada de Alta Calidad por el Ministerio de Educación Nacional.

**Recibido:** noviembre 1 de 2021

**Aceptado:** marzo 19 de 2022

**Editado por:** Felix Ignacio Contreras

## RESUMEN

El objetivo de este trabajo fue aplicar indicadores e índices ambientales en una zona costera localizada en el noreste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). El área de estudio se ubica en el sector de la planicie costera del Río de la Plata, correspondiente al partido de Ensenada. La misma es un área con alto valor para la biodiversidad regional y brinda numerosos servicios ecosistémicos. Además, está expuesta de manera recurrente a inundaciones y anegamientos, los cuales, determinan fuertes condicionantes para el uso del suelo. Se identificaron y seleccionaron indicadores que aportan información sobre características estructurales y funcionales del medio natural, respecto de su fragilidad frente a intervenciones, a partir de los criterios: vulnerabilidad natural, valor patrimonial y condicionamientos naturales frente a intervenciones antrópicas; estos indicadores fueron integrados para obtener un Índice de Fragilidad Natural Territorial (IFNT). Se generaron mapas temáticos de índices parciales y un mapa final correspondiente al IFNT, mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG). Los resultados obtenidos establecen que el 15,1 % de la superficie del partido presenta una fragilidad natural entre muy alta (2,1 %) y alta (13 %) y un 20,2 %, con valores medios, asociados a ambientes de escasa pendiente del centro, W y E-SE del territorio, así como al sector más próximo a la ribera rioplatense, donde se asientan áreas urbanas. Se observó tendencia de crecimiento urbano

avanzando sobre sectores identificados con fragilidad entre muy alta y media. Este índice se considera una herramienta útil para la planificación territorial sostenible.

Palabras clave: Indicadores; Planificación territorial; Fragilidad natural; Usos del suelo.

## ABSTRACT

The objective of this paper was to apply environmental indicators and indexes in a coastal area located in the northeastern province of Buenos Aires (Argentina). The study area is located in the sector of the coastal plain of the Río de la Plata corresponding to the Ensenada district. It is an area of high regional biodiversity value and provides numerous ecosystem services. In addition, it is exposed to frequent flood events and waterlogged soils, which determines strong conditioning factors for land use. In this paper, the application of environmental indicators and indexes developed ad hoc is presented in order to assist in the sustainable land use planning of the territory. Indicators were identified and selected to provide information on structural and functional characteristics of the natural environment regarding its fragility in front of anthropic interventions. These indicators were made following these selection criteria: natural vulnerability, patrimonial value and natural conditioning to anthropic interventions. These indicators were

integrated to obtain a Natural Territorial Fragility Index (NTFI). Thematic maps of intermediate indexes were generated, as well as a final map corresponding to the NTFI, integrated in a GIS. The results obtained from the NTFI calculation establish that 15,1 % of the area of the district presents a natural fragility with values very high (2,1 %) and high (13 %) and 20,2 % medium value. In the center, W and E-SE of the territory, as well as in the sector closest to the rioplatense riverbank, the NTFI presents very high to medium values mainly associated with low slope environments. Urban areas are developed in this location. There is an urban growth trend advancing on sectors identified with very high to moderate fragility. This index is considered a useful tool for sustainable territorial planning.

Keywords: Indicators; Territorial planning; Natural fragility; Land use.

## INTRODUCCIÓN

El proceso de planificación del uso del suelo requiere analizar las características estructurales y funcionales del medio natural de base de modo de maximizar los usos del suelo, en función de la potencialidad ambiental del territorio; asimismo, permite minimizar la generación de impactos negativos resultantes de intervenciones antrópicas. En este sentido, los índices e indicadores ambientales se consideran instrumentos de diagnóstico de gran utilidad, en la toma de decisiones sobre el territorio.

Existen antecedentes a escala internacional y nacional, que proponen criterios e indicadores enfocados en el ordenamiento de los usos del suelo. Algunos aportes internacionales relevantes se pueden consultar en Weil *et al.* (2020), Marull (2005) y Palacio-Prieto *et al.* (2004).

En Argentina, Nacif & Suvires (2013) y Cabral *et al.* (2002) han propuesto indicadores e índices para valorar la sustentabilidad de zonas urbano-rurales y evaluar modificaciones territoriales por intervenciones antrópicas, entre otros. El noreste de la provincia de Buenos Aires, en la margen sur del estuario del Río de la Plata (Argentina), manifiesta conflictos ambientales, vinculados al uso del suelo. Esta zona corresponde a la planicie costera del Río de la Plata (Fucks *et al.* 2017), área vulnerable, que contribuye a la biodiversidad regional y de servicios ecosistémicos, encontrándose expuesta, de manera recurrente, a episodios de inundaciones y de anegamientos por precipitaciones pluviales y mareas meteorológicas del Río de la Plata (Cabral *et al.* 2016), que determinan fuertes condicionantes para su desarrollo urbano, productivo y recreativo. El clima de la zona es de tipo templado-húmedo, con precipitaciones medias anuales de 1.079 mm/año, humedad relativa de 77 % y temperatura media de 15 °C. Se han registrado precipitaciones máximas diarias que superan los 120 mm en la Estación La Plata Aero del Servicio Meteorológico Nacional. Vale mencionar la tormenta del 2 de abril de 2013, con 392 mm, registrados en 24 h, en la Estación Meteorológica Automática, Observatorio perteneciente a la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la Universidad Nacional de La Plata.

Presenta un mosaico complejo y heterogéneo de comunidades naturales más o menos disturbadas que, en conjunto, constituyen un sistema de humedal costero y que concentran un área de diversidad biológica importante para la provincia de Buenos Aires (Passarelli *et al.* 2014). Las comunidades naturales típicas de esta zona son: juncal costero, césped o pradera ribereña, matorral ribereño, saucedal ribereño, pajonal, ceibal, selva marginal, pajonal de paja brava y espadaña, bosquesillos de tala y pastizales.

La situación ambiental compleja y delicada de esta zona puede mejorar, a partir del uso de indicadores, que permitan evaluar la fragilidad natural territorial frente a intervenciones antrópicas. Estos índices, si bien pueden marcar conflictos ambientales de difícil reversibilidad son útiles para no agravarlos; asimismo, permiten reducir o limitar futuros conflictos asociados al uso del suelo en la zona.

En este sentido, el objetivo de este trabajo fue aplicar indicadores e índices ambientales en una zona costera localizada en el noreste de la provincia de Buenos Aires (Argentina). El área de estudio se ubica en el sector de la planicie costera del Río de la Plata, correspondiente al partido de Ensenada (Figura 1), jurisdicción que presenta parte de su superficie modificada por urbanización, actividades industriales y portuarias. Cuenta, además, con extensas áreas rurales donde domina la actividad ganadera intensiva, así como áreas incluidas en el sistema provincial de áreas naturales protegidas; presenta, también, una red vial de importante desarrollo. Se analizó la fragilidad del medio natural ante intervenciones antrópicas, vinculadas fundamentalmente con desarrollos urbanísticos. En este trabajo, se ha definido la fragilidad natural, como las condiciones de sensibilidad y de limitaciones del ambiente natural a las intervenciones antrópicas, en función de las características intrínsecas de los ecosistemas y de su estado de conservación.

El Índice de Fragilidad Natural Territorial (IFNT), diseñado para esta zona, consistió en una adaptación del índice desarrollado por Marull (2005), el cual, cuantifica e incorpora los fenómenos ambientales como un factor más en la matriz de elementos, siendo básicamente una metodología paramétrica de apoyo para la planificación del territorio.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Análisis de antecedentes y de imágenes satelitales: Se recopiló y se analizó información antecedente proveniente de diversas fuentes y de imágenes satelitales. Los antecedentes brindaron información sobre características climáticas, geomorfológicas, edáficas, hidrológicas y biológicas del área de estudio. Se trabajó con seis imágenes del satélite Sentinel 2A y 2B, de la Agencia Espacial Europea, con una resolución de 10 metros en el espectro visible y disponibles para descarga de manera gratuita, de la plataforma Copernicus Open Access IHub (<https://www.copernicus.eu/en/copernicus-services/land>).

Caracterización biofísica del área de estudio: Con base en el análisis de antecedentes y de relevamientos de campo, se desarrolló una

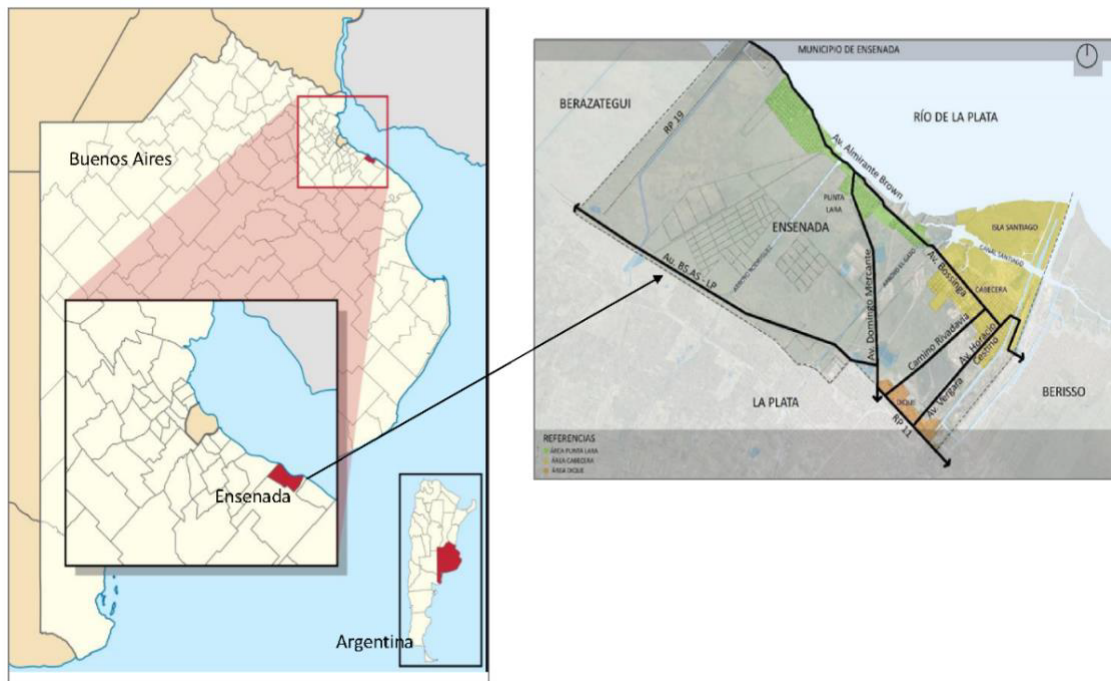


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio.

caracterización sobre componentes físicos y biológicos del medio natural, con la finalidad de definir los indicadores a utilizar en el desarrollo del índice propuesto. El trabajo de campo permitió confirmar o completar la información antecedente analizada y consistió en un relevamiento visual. Cada sitio fue georreferenciado y fotografiado, registrándose para cada punto relevado el tipo de cobertura y el uso del suelo, así como la fisonomía vegetal y la característica de las comunidades naturales presentes. Estos relevamientos fueron utilizados como sitios de muestreo y de entrenamiento para la obtención del mapa de coberturas y usos del suelo, resultado de la interpretación digital de imágenes satelitales, utilizando técnicas multivariadas de clasificación supervisada y no supervisada.

Identificación y caracterización de unidades ambientales homogéneas: Mediante la interpretación de imágenes satelitales, relevamientos de campo y el procesamiento de datos (antecedentes y generados *ad hoc*), a través de un sistema de información geográfica, se definieron y delimitaron, para el partido de Ensenada, unidades ambientales homogéneas (UAH), que comparten características respecto del tipo de cobertura del suelo y de su geomorfología. Estas unidades, se utilizaron como base para el desarrollo y aplicación de índices e indicadores ambientales. Se procesaron dos imágenes satelitales del Satélite Sentinel 2A de diferentes fechas, 18/10/2019 y 12/09/2015, para la elaboración del mapa de coberturas del suelo, que fueron clasificadas siguiendo dos métodos: no supervisado, primero y supervisado, después, para el ajuste de las clases que representarían menor variabilidad en la respuesta espectral. Dado que la interpretación generó un mapa dependiente de las condiciones temporales de las imágenes, se llevó a cabo

una reinterpretación de cada cobertura en función de la unidad geomorfológica analizada. La clasificación, se basó en un proceso iterativo y de reinterpretación. Como primer resultado, se obtuvo en gabinete un mapa preliminar que fue validado o reinterpretado, a través del trabajo de campo.

Desarrollo del Índice de Fragilidad Natural Territorial (IFNT): El diseño del IFNT incluyó las siguientes etapas de desarrollo:

a. Selección de Indicadores: Se seleccionaron indicadores que aportarían información sobre diferentes características del medio natural respecto de la fragilidad frente a intervenciones, a partir de la determinación y análisis de los siguientes criterios:

a.1 Vulnerabilidad natural frente a perturbaciones: Refiere a la capacidad de recuperarse frente a intervenciones (resiliencia), a la presencia de limitantes naturales que condicionan desarrollo vegetal, al estado de conservación de las comunidades vegetales y a la vulnerabilidad del agua superficial y subterránea respecto de potenciales fuentes contaminantes. Se diferenció, según vulnerabilidad de la vegetación y de la calidad del agua.

Vulnerabilidad de la vegetación: Refiere a la capacidad de las comunidades vegetales para recuperarse después de una alteración, resultante de la concurrencia de factores intrínsecos de cada comunidad vegetal y ambientales y que comprenden las estrategias de vida de las especies, las particularidades ecológicas de los hábitats y los condicionantes generales del territorio (Terradas, 2001). Incluyó los siguientes indicadores:

- **Complejidad estructural:** Refiere a la complejidad en la distribución espacial vertical o estratificación de la vegetación. A mayor cantidad de estratos y estructura leñosa, mayor complejidad y, por lo tanto, mayor vulnerabilidad. La velocidad de cicatrización de los ecosistemas se incrementa cuanto mayor es la complejidad estructural vertical en el espacio. A menor velocidad de cicatrización, mayor vulnerabilidad.
- **Estado de conservación:** Refiere al nivel de intervención y de degradación antrópica de ambientes naturales. Se estableció a partir del análisis de la cobertura vegetal, presencia de obras de infraestructura, entre otros. A mayor degradación, menor vulnerabilidad.
- **Existencia de factores limitantes para el crecimiento:** Corresponde a condiciones naturales que se consideran fundamentales para la presencia de comunidades naturales. Las modificaciones o eliminación de los factores limitantes elevan la vulnerabilidad de la vegetación. Se consideró el componente hídrico.

**Vulnerabilidad de la calidad hídrica:** Refleja la vulnerabilidad intrínseca de las aguas superficiales y subterráneas continentales, respecto a su calidad por potencial contaminación, en relación con desarrollos urbanísticos o cambios en los usos del suelo. Incluyó los siguientes indicadores:

- **Vulnerabilidad de las aguas superficiales:** Se analizaron las distancias a cuerpos lénticos y lóticos naturales o artificiales.
- **Vulnerabilidad de las aguas subterráneas:** Se analizó el grado de exposición de la napa freática, en función de su profundidad y de la permeabilidad del sustrato.

**a.2 Valor del patrimonio natural:** Corresponde al valor biológico, ecológico y de servicios ecosistémicos. Incluyó los siguientes indicadores:

- **Biodiversidad:** Corresponde a la diversidad de especies presentes. Se vinculó con el estadio sucesional, es decir, los ambientes más cercanos al clímax presentan una biodiversidad mayor que las que corresponden a etapas serales. A mayor diversidad biológica, mayor valor natural y mayor vulnerabilidad.
- **Servicios Ecosistémicos:** Refiere a la condición de los ambientes respecto de servicios ecosistémicos característicos de humedales costeros (Kandus *et al.* 2011). Se consideraron:

-Regulación hídrica: Servicio ecosistémico de amortiguación hídrica ante eventos de precipitaciones intensas o de protección costera contra tormentas, amortiguación de crecidas y estabilización de línea de costa de ribera del Río de la Plata.

-Recreación y educación ambiental: Servicio ecosistémico cultural que ofrecen las áreas naturales protegidas.

**a.3 Condicionamientos naturales a intervenciones:** Refiere a características del medio natural que pueden representar una amenaza o condicionamiento al desarrollo urbano. Incluyó los siguientes indicadores:

- **Inundabilidad/Anegamiento:** Considera las consecuencias que producen dos amenazas diferentes: las precipitaciones que generan inundación/anegamiento localizados y desbordes de ríos y arroyos; y las sudestadas, combinación de mareas astronómicas y meteorológicas del Río de la Plata. Para el análisis, debido a precipitaciones, se analizaron dos imágenes satelitales del satélite Sentinel de fechas octubre 2018 y 2019 (de excesos hídricos), para observar presencia de agua en superficie y vegetación, con alto contenido de humedad en suelo. Una vez clasificada la imagen y aisladas las áreas con diferente nivel de anegamiento, se sumó el área de la llanura aluvional del mapa geomorfológico (Cabral *et al.* 2016), zona de influencia de crecidas del Río de la Plata.
- **Afectación de estructuras civiles:** Potencial afectación de estructuras edilicias por características de suelo con presencia de arcillas expansivas, que podrían producir deslizamientos y agrietamientos.

Una vez seleccionados los indicadores, se agruparon en índices parciales en función del tipo de información suministrada, respondiendo a los criterios de selección mencionados, según se resume en el cuadro 1.

**b. Desarrollo de escala de indicadores:** Con la finalidad de asignar valores al territorio analizado respecto de cada uno de los indicadores establecidos, se elaboraron escalas numéricas y conceptuales en un rango 1 – 5. En esta escala, el mayor valor corresponde a la situación más desfavorable para el desarrollo o intervención, respecto de la condición de cada indicador. En el cuadro 1, se presenta un ejemplo de escala para el indicador vulnerabilidad de aguas subterráneas.

**c. Agregación de indicadores e índices parciales – Ponderación:** Esta última etapa consistió en la ponderación de indicadores, según su importancia relativa y en la integración de estos, mediante funciones matemáticas sencillas, para obtener el IFNT. No se encontraron valores diferenciales de importancia relativa entre los índices parciales. En éstos, se priorizaron los indicadores vinculados al componente hídrico.

La integración, se realizó según se indica a continuación:

$$IP = \sum_i^n Q_i * w_i$$

Donde:

Ip: es el valor de cada Índice Parcial (IVN, IVPN, ICN) integrantes del IFNT

Qi: es el valor de cada indicador i (escala 1 – 5)

wi: es el peso dado al indicador i

Cuadro 1. Componentes del Índice De Fragilidad Natural Territorial IFNT.

ÍNDICE GLOBAL	ÍNDICES PARCIALES	INDICADORES																			
<b>Fragilidad Natural Territorial (IFNT)</b>	<b>Vulnerabilidad Natural (IVN)</b>	Subíndice Vulnerabilidad Vegetación	Complejidad estructural																		
			Estado de conservación																		
			Existencia de factores limitantes para el crecimiento																		
		Subíndice Vulnerabilidad Calidad Hídrica	Vulnerabilidad de aguas superficiales																		
			Vulnerabilidad de aguas subterráneas																		
		<b>Valor Patrimonio Natural (IVPN)</b>	Biodiversidad																		
	Subíndice Servicios Ecosistémicos		Regulación hídrica																		
			Cultural. Recreación, Educación ambiental																		
	<b>Condicionamientos Naturales A Intervenciones (ICN)</b>	Inundabilidad/Anegamiento																			
		Afectación de estructuras civiles																			
Ejemplo de escala de indicadores Indicador Vulnerabilidad Agua Subterránea		<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">VALOR</th> <th>CARACTERÍSTICA</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Muy baja</td> <td>Más de 4 m profundidad</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Baja</td> <td>Entre 3 – 4 m profundidad</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Moderada</td> <td>Entre 2 - 3 m profundidad</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Mala</td> <td>Muy cerca de superficie (entre 1 – 2 m)</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Muy mala</td> <td>Nivel freático aflorante o menos de 1 m</td> </tr> </tbody> </table>		VALOR		CARACTERÍSTICA	1	Muy baja	Más de 4 m profundidad	2	Baja	Entre 3 – 4 m profundidad	3	Moderada	Entre 2 - 3 m profundidad	4	Mala	Muy cerca de superficie (entre 1 – 2 m)	5	Muy mala	Nivel freático aflorante o menos de 1 m
VALOR		CARACTERÍSTICA																			
1	Muy baja	Más de 4 m profundidad																			
2	Baja	Entre 3 – 4 m profundidad																			
3	Moderada	Entre 2 - 3 m profundidad																			
4	Mala	Muy cerca de superficie (entre 1 – 2 m)																			
5	Muy mala	Nivel freático aflorante o menos de 1 m																			

Para el caso de presencia de Subíndices (en el IVN y el IVPN):

$$IP = \sum_i^n Si$$

$$i = \sum_i^n Qi * wi$$

Donde:

Si: es el valor de cada Subíndice (vulnerabilidad vegetal, vulnerabilidad de la calidad hídrica)

La agregación final permitió obtener el IFNT:

$$IFNT = \sum_i^n IP$$

Desarrollo de mapas temáticos diagnósticos: Mediante la implementación de un sistema de información geográfica, se procedió a elaborar mapas temáticos, que permitieron visualizar espacialmente las características naturales definidas, para establecer la fragilidad natural del territorio frente a intervenciones antrópicas. En este sentido, se desarrollaron mapas de índices parciales y del IFNT. La escala de valoración numérica (entre 1 – 5) es la misma que se aplicó para los indicadores.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron tres mapas temáticos, que representaron, espacialmente, los valores asignados a los índices parciales desarrollados para el partido de Ensenada.

En la figura 2, se presentan los resultados de la aplicación del Índice de Vulnerabilidad Natural. Las áreas más vulnerables (muy alta (5) y alta (4) vulnerabilidad) ocupan el 19,55 % de la superficie del partido y se asocian a la ribera rioplatense, donde se desarrollan las comunidades naturales selva marginal, matorral, saucedal, ceibal, entre otras, fundamentalmente, en el noroeste y noreste del partido; así como a las proximidades de canales y a sectores deprimidos del área de bañados del sudeste y centro del territorio. Las condiciones más favorables (baja (2) y muy baja (1) vulnerabilidad), ocupan en 54,67 % de la superficie del territorio y se presentan en sectores próximos a la autopista Buenos Aires - La Plata, en terrenos más elevados y planos donde se asienta la mayor parte de las áreas urbanas y en sectores menos deprimidos, alejados de cuerpos de agua y dominados por pastizal.

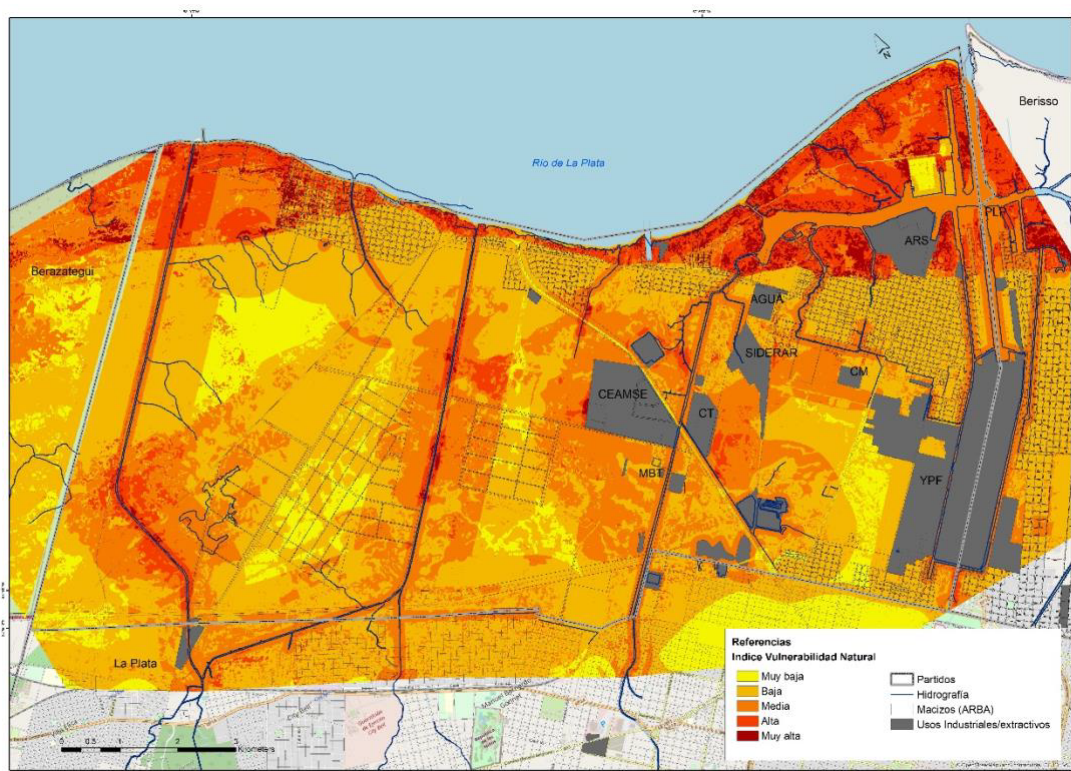


Figura 2. Mapa de Índice de Vulnerabilidad Natural del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

Los resultados de la aplicación del Índice de Valor Patrimonio Natural, se presentan en la figura 3, donde se aprecia que las áreas con condición más desfavorable ocupan el 10,6 % de la superficie del partido y corresponden a la ribera rioplatense, donde se desarrollan las comunidades naturales selva marginal, matorral, saucedal, ceibal, pajonal, entre otras; así como a áreas deprimidas del centro y sudeste del territorio, sectores rurales y áreas naturales protegidas del oeste del partido. Las mejores condiciones, se ubican en sectores próximos a la autopista Buenos Aires – La Plata; en las zonas más altas y de escasa pendiente en donde se localiza la mayor parte de las áreas urbanas consolidadas del partido y en las proximidades del límite con el partido de La Plata, ocupando el 71,28 % de la superficie total del área de estudio.

En la figura 4, se representan espacialmente los condicionamientos a intervenciones producto del análisis de anegamiento/inundabilidad y presencia de arcillas expansivas en el suelo. Las condiciones más desfavorables se manifiestan en las áreas bajas e inundables del centro, oeste y este del partido, así como en áreas expuestas a las mareas meteorológicas del Río de la Plata, que representan el 17,6 % de la superficie del territorio. Las condiciones más favorables ocupan un 37 % de la superficie del partido y se presentan en los ambientes más elevados y planos del partido, donde se asientan áreas urbanas y en las proximidades de la autopista y el límite con el partido de La Plata, también urbanizado.

Por último, la figura 5 corresponde a la representación espacial del Índice de Fragilidad Natural Territorial del partido de Ensenada,

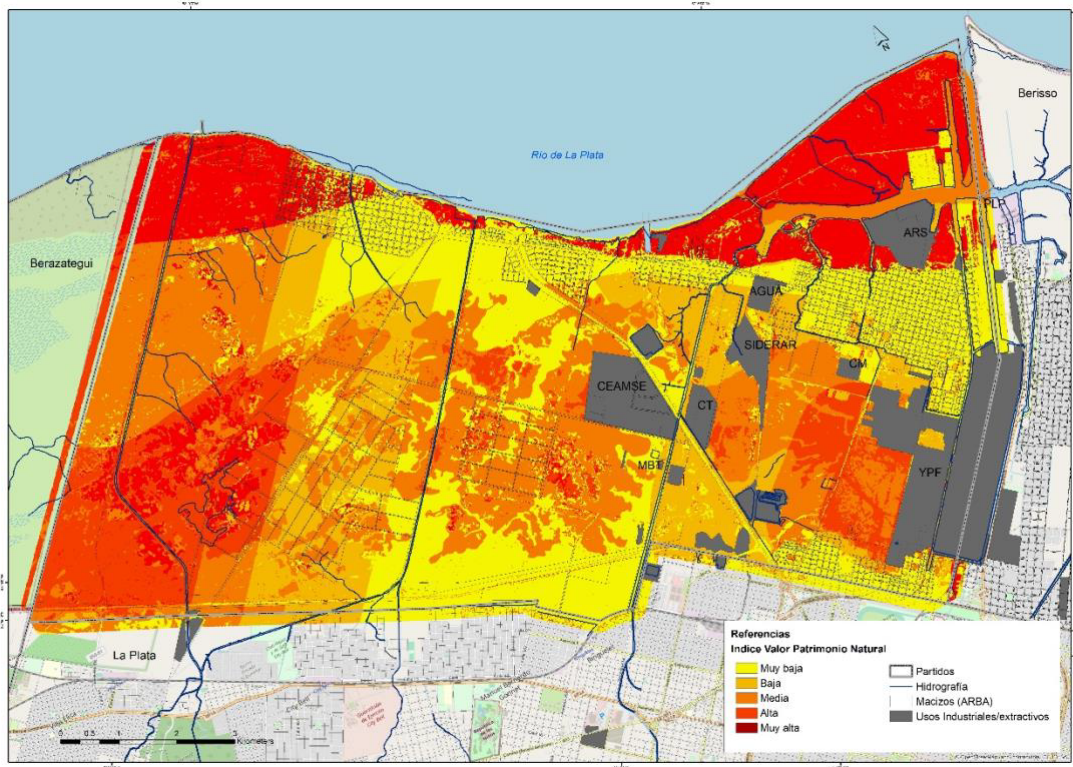


Figura 3. Mapa de Índice de Valor Patrimonio Natural del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

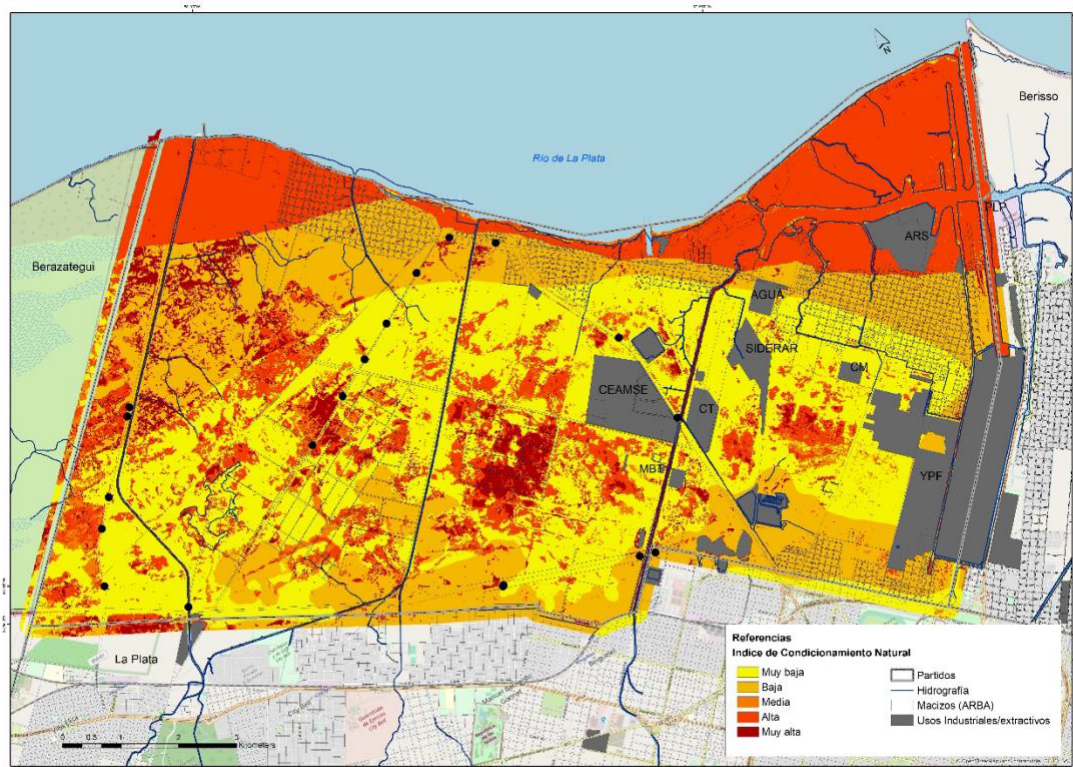


Figura 4. Mapa de Índice de Condicionamientos Naturales del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

resultante de la integración de los tres índices parciales desarrollados precedentemente. Este mapa final permite visualizar que el 35,3 % de la superficie del partido de Ensenada presenta fragilidad natural, con valores muy altos (2,1 %) y altos (10,04 %) y medios (20,2 %), asociados a los ambientes más bajos, planos y deprimidos, que ocupan el centro, oeste y este-sudeste del territorio; así como al sector más próximo a la ribera del Río de la Plata del norte, noreste y noroeste del partido, expuesto a inundaciones periódicas por efecto de las mareas meteorológicas del Río de la Plata, donde existe urbanización.

Estas condiciones se presentan dispersas en otras áreas del partido, como aquellas linderas a cursos superficiales, muchos, de los cuales, atraviesan áreas pobladas. Las condiciones con menor fragilidad natural representan el 33,7 % de la superficie del partido y se presentan, por un lado, en parte de las áreas urbanas desarrolladas sobre los terrenos más elevados del norte y este del partido y alejadas de cursos de agua; así como en pequeñas superficies dispersas de terrenos bajos, planos, alejados de cursos de agua y con cobertura de pastizales, del centro, oeste y sur del territorio. Se destaca que algunos

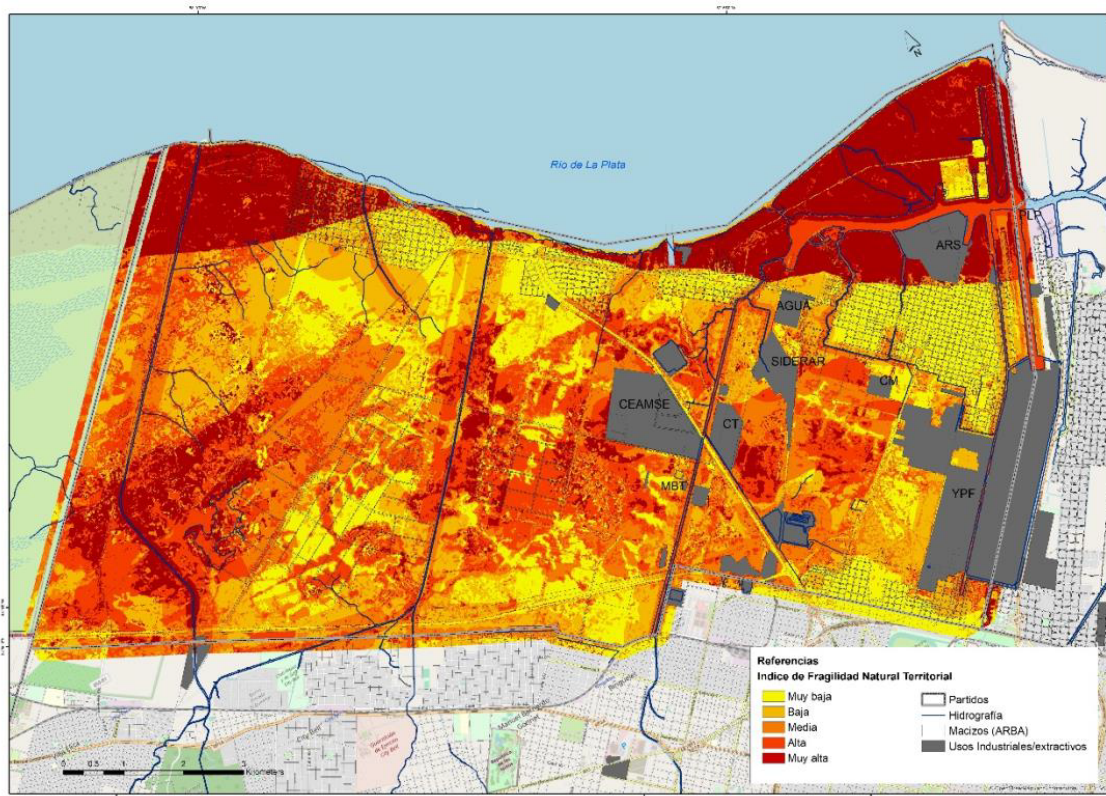


Figura 5. Mapa de Índice de Fragilidad Natural Territorial del partido de Ensenada, Buenos Aires, Argentina.

barrios consolidados del partido de Ensenada se localizan en áreas con muy alta y alta fragilidad natural. Asimismo, se observa que la tendencia de crecimiento urbano en la localidad de Ensenada estaría avanzando sobre sectores identificados con valores de fragilidad natural, entre muy alta y moderada. Se observan parcelas que estarían indicando potencial cambio del uso del suelo de rural a urbano en áreas críticas respecto de la fragilidad natural.

La aplicación del IFNT, se considera innovador respecto del ordenamiento territorial en la zona de estudio, así como en todo el litoral o planicie costera rioplatense. Los antecedentes analizados permiten establecer que las intervenciones en la zona carecen de este tipo de análisis. Entre los antecedentes relevados para una jurisdicción vecina al área de estudio, Cabral *et al.* (2002) proponen indicadores que analizan el grado de afectación territorial por el uso del territorio, sobre la base exclusivamente de aspectos del medio físico natural. Respecto de antecedentes internacionales analizados, la metodología aplicada en este trabajo concuerda con la desarrollada

por Marull (2005), con adaptaciones atribuidas fundamentalmente al ambiente natural de base y al tipo de información que ha estado disponible.

Los resultados obtenidos permiten concluir que el IFNT se puede aplicar como un instrumento de apoyo en la toma de decisiones sobre el uso del territorio en la zona de estudio. El diagnóstico obtenido brinda información sobre las áreas donde el medio natural presenta limitaciones, así como condiciones más favorables para la intervención antrópica, de modo de no agravar la situación ambiental de base. Asimismo, el mapeo de los índices parciales aporta información particular del territorio. Este índice ha sido diseñado *ad hoc*, a partir de información del medio natural considerada pertinente por el grupo evaluador y de datos disponibles en la información antecedente analizada para este trabajo.

Por otra parte, se destaca que, como todo índice, es una aproximación de la realidad y que admite ajustes en función de



aportes y actualización de información; por lo tanto, su utilización se debe realizar bajo esta premisa.

**Conflictos de intereses:** El manuscrito fue preparado y revisado con la participación de todos los autores, quienes declaramos que no existe ningún conflicto de intereses que ponga en riesgo la validez de los resultados presentados. **Financiación:** Este estudio fue realizado a través de un Convenio entre la Universidad Nacional de la Plata y Urbanización Las Hermanas SA, institución que aportó los fondos para su desarrollo. En este marco, se hace un especial agradecimiento a Dante López, Claudio Grasso y Rubén Corbani, quienes actuaron como interlocutores en el mencionado convenio. También, se agradece a la Municipalidad de Ensenada, quien a través de Cecilia Cladis colaboró con el aporte de información e intercambio de ideas.

## REFERENCIAS

1. CABRAL, M.; HURTADO, M.; GIMÉNEZ, J.E.; SÁNCHEZ, C.; MUNTZ, D.; DA SILVA, M. 2002. Índices de afectación territorial en la planificación estratégica del partido de La Plata, provincia de Buenos Aires, Argentina. V jornadas geológicas y Geofísicas Bonaerenses. 20p.
2. CABRAL, M.; MUNTZ, D.; GIANI, E.; HURTADO, M.; DA SILVA M.; BOFF, L.; PALMA, J.C. 2016. Efectos del cambio climático en las condiciones ambientales de un sector costero del Río de La Plata. Capítulo 1. Informe final PIO CONICET-UNLP (2014-2016): Las inundaciones en La Plata, Berisso y Ensenada. Análisis de riesgos y estrategias de intervención. Hacia la construcción de un observatorio ambiental (Argentina).
3. FUCKS, E.E.; D'AMICO, G.M.; PISANO, M.F.; NUCCELLI, G. 2017. Evolución geomorfológica de la región del Gran La Plata y su relación con eventos catastróficos. Revista de la Asociación Geológica Argentina. 74(2):141-154.
4. KANDUS, P.; QUINTANA, D.; MINOTTI, P.G.; ODDI, J.P.; BAIGÚN, C.; GONZÁLEZ TRILLA, G.; CEBALLOS, D. 2011. Ecosistemas de humedal y una perspectiva hidromórfica como marco para la valoración ecológica de sus bienes y servicios. En: Laterra, P.; Jobbagy, E.G.; Paruelo, J.M. (eds). Valoración de servicios ecosistémicos: conceptos, herramientas y aplicaciones para el ordenamiento territorial. Ed. INTA (Argentina). p.265-283.
5. MARULL, J. 2005. Metodologías paramétricas para la evaluación ambiental estratégica. Ecosistemas. 14(2):97-108.
6. NACIF, N.E.; SUVIRE, G.M. 2013. Propuesta de indicadores de sostenibilidad en el Valle de Zonda, provincia de San Juan, Argentina. Proyección. 15:4-20.
7. PALACIO-PRIETO, J.L.; SÁNCHEZ-SALAZAR, M.T.; CASADO IZQUIERDO, J.M.; PROPIN FREJOMIL, E.; DELGADO CAMPOS, J.; VELÁZQUEZ MONTES, A.; CHIAS BECERRIL, L.; ORTIZ ÁLVAREZ, M.I.; GONZÁLEZ SÁNCHEZ, J.; NEGRETE FERNÁNDEZ, G.; GABRIEL MORALES, J.; MÁRQUEZ HUITZIL, R.; NIEDA MANZANO, T.; JIMÉNEZ ROSENBERG, R.; MUÑOZ LÓPEZ, E.; OCAÑA NAVA, D.; JUÁREZ AGUIRRE, E.; ANZALDO GÓMEZ, C.; HERNÁNDEZ ESQUIVEL, J.C.; VALDERRAMA CAMPOS, K.; RODRÍGUEZ CARRANZA, J.; CAMPOS CAMPUZANO, J.M.; VERA LLAMAS CRUZ, H.; CAMACHO RAMÍREZ, C.G. 2004. Indicadores para la caracterización y el ordenamiento del territorio. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales; Instituto Nacional de Ecología; Universidad Nacional Autónoma de México; Instituto de Geografía; Secretaría de Desarrollo Social. 161p.
8. PASSARELLI, L.M.; ROLLERI, C.H.; CICIARELLI, M. DE LAS M.; DEDOMENICI, A.C.; GONZÁLEZ, G. 2014. Flora vascular de humedales permanentes y transitorios bonaerenses (Buenos Aires, Argentina). Botanica Complutensis. 38:139-154. [https://doi.org/10.5209/rev\\_BOCM.2014.v38.45782](https://doi.org/10.5209/rev_BOCM.2014.v38.45782)
9. TERRADAS, J. 2001. Ecología de la vegetación: de la ecofisiología de las plantas a la dinámica de comunidades y paisajes. Ed. Omega (Barcelona, España). 703p.
10. WEIL, C.; WOLNY, S.; MANDLE, L.; VOGL, A.L. 2020. Índice integral de servicios hidrológicos. Agua y gestión del paisaje en las subcuencas del ámbito trinacional. En: Guevara Nogales, M.; Torres Cabrera, M.; Vogl, A. (eds). Proyecto de resiliencia y ordenamiento territorial del agua y servicios ecosistémicos en la Amazonía de Perú, Bolivia y Brasil. Proyecto PROAgua - Centro de Innovación Científica Amazónica, Natural Capital Project - Stanford University (USA). p.28-38. <https://doi.org/10.25740/mx682ny6097>