



DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DEL RIESGO DE TORMENTAS SEVERAS EN MAR DEL PLATA

*Paula Beatriz Martin^{1,2}
Elisabet Cintia Vargas^{1,3}
Elvira Eleonora Gentile¹
Ignacio Agustin Gatti⁴
Barbara Elizabeth Prario⁵
Mariana Gasparotto^{1,3}
Leandro Guido Patane¹
Lucia Salamone¹*

(Manuscrito recibido el 17 de abril de 2025, en versión final 25 de agosto de 2025)

Para citar este documento

Martin, P. B., Vargas, E. C., Gentile, E. E., Gatti, I.A. Prario, B.E., Gasparotto, M., Patane, L.G. & Salomone, L. (2025). Distribución espacial del riesgo de tormentas severas en Mar del Plata. *Boletín geográfico*, 47, 1-25. <https://id.caicyt.gov.ar/ark:/s2313903x/pklo84vau>

Resumen

Este estudio realiza un análisis integral de las tormentas severas en la ciudad de Mar del Plata, centrándose en sus características y consecuencias a nivel local. El enfoque se basa en una evaluación del riesgo, entendida como la combinación de tres dimensiones: peligrosidad, vulnerabilidad y exposición.

Para representar la peligrosidad, se elaboró un mapa de impactos de tormentas a escala barrial, considerando la frecuencia y severidad de estos eventos. La vulnerabilidad fue analizada mediante el cálculo y la representación cartográfica del Índice de Vulnerabilidad Social ante Desastres (IVSD), que incorpora variables socioeconómicas que reflejan la capacidad de respuesta de la población. En cuanto a

¹ Universidad de Buenos Aires. Facultad de Filosofía y Letras. Instituto de Geografía “Romualdo Ardissonne”. Programa de Investigaciones en Recursos Naturales y Ambiente (PIRNA). CABA, Puan 480. Emails: martinpaulabeatriz@gmail.com, elviragentile@gmail.com, leandropatane2@gmail.com, luciasalamone12@gmail.com.

² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET).

³ Universidad Nacional de Tres de Febrero (UNTREF). Saenz Peña, Mosconi 2736.

⁴ Euro-Mediterranean Center on Climate Change (CMCC), 73100 Lecce, Italy.⁵ Venice Ca' Foscari University, Italy. ignacio.a.gatti@gmail.com.

⁵ Servicio de Hidrografía Naval. Ministerio de Defensa. CABA, Avenida Montes de Oca 2184. barbaraprario@gmail.com

la exposición, se utilizó la base de datos de asentamientos de Copernicus con proyección al año 2025, lo que permitió estimar la densidad poblacional en celdas de 100 metros, aportando una alta resolución espacial al análisis.

La combinación de estos tres mapas permitió construir uno de riesgo por barrio, en el que se identificaron distintas zonas de la ciudad con niveles de riesgo diferenciados. Los resultados muestran que los sectores con riesgo alto se ubican tanto en barrios costeros como no costeros de la conurbación marplatense, siendo estos últimos los más afectados. Por otro lado, los barrios con riesgo muy alto se concentran principalmente en la periferia del Suroeste de la ciudad y hacia el interior del partido, evidenciando una correlación con las condiciones de vulnerabilidad social.

Este trabajo contribuye a la planificación territorial y la gestión del riesgo, brindando una herramienta cartográfica de utilidad para la toma de decisiones en materia de prevención y mitigación de desastres asociados a tormentas severas.

Palabras clave: Índice de vulnerabilidad social, exposición, peligrosidad, riesgo

SPATIAL DISTRIBUTION OF SEVERE STORM RISK IN MAR DEL PLATA

This study presents a comprehensive analysis of severe storms in the city of Mar del Plata, focusing on their characteristics and local impacts. The approach is based on a risk assessment framework, understood as the combination of three dimensions: hazard, vulnerability, and exposure.

To represent hazard, a storm impact map at the neighborhood scale was developed, taking into account the frequency and severity of the events. Vulnerability was analyzed through the calculation and cartographic representation of the Social Vulnerability to Disasters Index (SVDI), which incorporates socioeconomic variables reflecting the population's response capacity. Exposure was assessed using the Copernicus Global Human Settlement Layer database projected to 2025, which enabled the estimation of population density at a 100-meter resolution, enhancing the spatial accuracy of the analysis.

The combination of these three components resulted in a risk map by neighborhood, identifying areas of the city with differentiated levels of risk. The results show that high-risk sectors are located in both coastal and inland neighborhoods of the Mar del Plata conurbation, with the latter being the most affected. Neighborhoods with very high risk are mainly concentrated in the southwestern periphery of the city and in the interior of the municipality, revealing a strong correlation with conditions of social vulnerability.

This study contributes to territorial planning and risk management by providing a cartographic tool useful for informed decision-making in disaster prevention and mitigation related to severe storms.

Keywords

Social vulnerability index, exposure, hazard, risk

Introducción

Las tormentas severas en zonas costeras constituyen fenómenos meteorológicos de alto impacto, cuyas consecuencias adversas afectan de manera significativa tanto a las sociedades como a los ecosistemas naturales. La creciente frecuencia e intensidad de estos eventos extremos ha sido ampliamente asociada al cambio climático global, el cual, a través del aumento de las temperaturas oceánicas y la modificación de los patrones de circulación atmosférica, incrementa la probabilidad de ocurrencia de eventos de carácter severo (García, 2011; IPCC, 2021). Entre los efectos más relevantes se destacan las inundaciones costeras, las interrupciones en los sistemas de energía y transporte, así como los procesos de erosión del litoral, los cuales alteran el funcionamiento cotidiano de las comunidades, comprometen la integridad de infraestructuras críticas y aceleran el deterioro de recursos naturales estratégicos. Estos fenómenos meteorológicos extremos poseen el potencial de desencadenar alteraciones en la dinámica social, pudiendo derivar en situaciones de desastre o catástrofe, en función de la magnitud del evento y la capacidad de respuesta de las comunidades expuestas.

En Argentina, en la región costera de la provincia de Buenos Aires, las tormentas severas se asocian con ciclones extratropicales (Possia, Cerne, & Campetella 2003) y con vientos del sureste o sudestadas, los cuales pueden durar varios días, elevando el nivel del agua y causando diferencias significativas entre la marea astronómica y los niveles observados (Fiore, D'Onofrio, Pousa, Schnack, & Bértola, 2009). La ciudad de Mar del Plata en particular está expuesta a procesos de ciclogénesis explosiva, sudestadas y temporales de viento que ocasionan daños e interrumpen las actividades cotidianas de sus habitantes.

El presente estudio propone analizar de manera integral las características de las tormentas severas en la región de Mar del Plata y sus consecuencias, tomando el marco teórico de Natenzon (1995) que propone trabajar de manera analítica sobre las dimensiones del riesgo social: *peligrosidad, vulnerabilidad, exposición e incertidumbre*. En este contexto, definimos a la peligrosidad como el potencial peligroso de las tormentas. Sus posibles impactos se verán intensificados por la vulnerabilidad preexistente en la población local, que se manifiesta en múltiples dimensiones: ambientales (ocupación de áreas de riesgo), sociales (educación, precariedad habitacional, entre otras), económicas (informalidad laboral), institucionales (limitaciones en la gestión del riesgo) y culturales (percepción del riesgo y capacidades adaptativas) (González, 2009; Natenzon & Ríos, 2015). Estas son características previas a la ocurrencia de tormentas que hacen que la sociedad sea más susceptible a sufrir daños.

Los impactos de las tormentas severas afectan a personas, bienes, infraestructura y actividades productivas, y suelen registrarse en medios de comunicación locales y nacionales, lo que permite su utilización en estudios de impacto (Gatti, 2015). Por lo tanto, el análisis de estos eventos requiere considerar la vulnerabilidad social, entendida como la predisposición a ser afectado por la adversidad, y vinculada a factores socioeconómicos y ambientales (Shitangsu, 2013; Rufat, Tate, Burton, & Maroof., 2015). Diversos estudios han abordado la vulnerabilidad desde perspectivas

ambientales y socioeconómicas (Celemin, 2012; Cabral & Zulaica, 2015), laborales (Labrunée & Gallo, 2005) y territoriales, con especial énfasis en áreas periurbanas (Zulaica & Celemin, 2008; Zulaica & Ferraro, 2010). No obstante, aún no se ha establecido una relación directa entre esta vulnerabilidad y los efectos específicos de las tormentas severas. Como en otros casos, estos eventos tienden a impactar con mayor intensidad a los sectores más vulnerables de la sociedad, acentuando desigualdades preexistentes y dificultando los procesos de recuperación (Bates, 1982; Levine, Esnard, & Sapat, 2007).

El concepto de exposición se refiere a la localización geográfica de las personas, infraestructuras, servicios y recursos que podrían verse afectados por un evento extremo (Natenzon & Ríos, 2015). La exposición, en este sentido, no constituye una condición estática, sino que es resultado de la interacción entre la peligrosidad del evento, la ocupación del territorio y los patrones de uso del suelo, condicionados por dinámicas socioeconómicas y decisiones político-institucionales. Como señala González (2009), la exposición puede ser entendida como un primer nivel de aproximación al riesgo, al permitir identificar qué elementos se encuentran en situación de vulnerabilidad y en qué lugares específicos. De esta manera, se delinear nuevos escenarios de riesgo climático, en los cuales la planificación territorial, la gestión del riesgo y la adaptación al cambio climático se constituyen en ejes centrales para la sostenibilidad de los asentamientos costeros. El concepto de incertidumbre, atraviesa a las otras tres componentes y alude a lo no cuantificable o no conocido en todas las otras dimensiones. La interacción entre todas las componentes del riesgo lo constituye como un proceso social que se construye históricamente. Este trabajo se concentra fundamentalmente en las tres primeras.

La dimensión de la peligrosidad se representó en un mapa de impactos de tormentas a escala barrial. Para analizar la vulnerabilidad se calculó y mapeó el Índice de Vulnerabilidad Social ante Desastres (IVSD). La exposición fue representada utilizando la base de datos de asentamientos de Copernicus con proyección 2025 para mostrar la cantidad de población cada 100 metros. Finalmente, la combinación de los tres mapas dio como resultado un mapa de riesgo por barrio.

La presente investigación, además de adoptar un enfoque integral del riesgo, incorpora dimensiones sociales, económicas y ambientales, en línea con los marcos conceptuales contemporáneos propuestos por organismos como el Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres (UNDRR, 2015). Esta perspectiva holística es de utilidad para identificar la peligrosidad asociadas a eventos meteorológicos extremos en la región, y también contribuir a la formulación de estrategias de gestión del riesgo fundamentadas, que articulen conocimientos científicos, saberes locales y políticas públicas orientadas a la resiliencia territorial.

Área de estudio

El presente estudio se llevó a cabo en el departamento de General Pueyrredón, ubicado en la costa sudeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Figura 1). La ciudad principal, Mar del Plata (38°S, 57°33'O), cuenta con una población de 682.605 habitantes según el Censo Nacional de 2022 (INDEC, 2022). Reconocida como el

principal centro turístico de la provincia, Mar del Plata experimenta un notable incremento poblacional durante la temporada estival, con aumentos superiores al 50 % debido a la afluencia turística. En el resto del año, este incremento oscila entre un 20 % y un 25 % (García & Veneziano, 2014).

El clima de la región se clasifica como templado con influencia oceánica o régimen marítimo subtropical, presentando una temperatura media anual de 14,1 °C y una precipitación promedio anual de 943,6 mm. Las precipitaciones se distribuyen estacionalmente, alcanzando sus valores máximos entre finales de primavera y principios de otoño (octubre-abril) (Grondona, 2017). La interacción de masas de aire de origen tropical, continental, polar y marítimo genera una elevada variabilidad climática, manifestada en frecuentes y rápidos cambios en las condiciones meteorológicas (Martos, 1998).

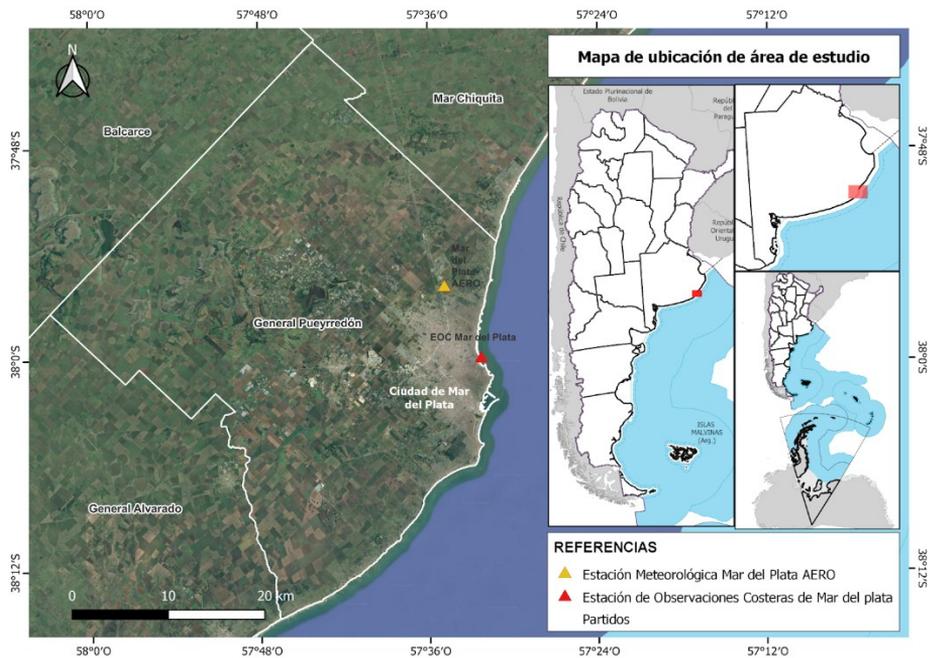


Figura 1. Ubicación de área de Estudio. Elaboración propia.

El mayor porcentaje de eventos de peligrosidad en el partido de General Pueyrredon corresponde a tormentas severas, seguido por incendios e inundaciones (DESIVENTAR 2025). Mar de Plata está geográficamente predispuesta a experimentar fenómenos climáticos extremos con mayor intensidad relativa en comparación con otras localidades de la costa bonaerense, dada su ubicación en el extremo sudeste de la provincia y en la región terminal del sistema de Tandilia. Esta

condición subraya la necesidad de generar productos de análisis integral de la gestión de riesgo y de la adaptación climática dentro las políticas públicas de la región.

Metodología

Análisis integral de riesgo ante tormentas severas

Para abordar el estudio de riesgo por tormentas severas en el partido de General Pueyrredón se trabajó con el marco teórico propuesto por Natenzon (1995) que propone cuatro dimensiones: la peligrosidad, la exposición, la vulnerabilidad y la incertidumbre. Las primeras tres dimensiones se trabajaron principalmente con técnicas que ofrece la geomática y la estadística mientras que la última se considerará en futuras investigaciones. En la Tabla 1 se resumen las tres dimensiones analizadas, las fuentes y los resultados.

Análisis	Datos	Fuentes	Resultado
Peligrosidad	Base de datos de tormentas severas incluyendo oleaje, vientos y situaciones sinópticas de los eventos. Total de impactos por barrio.	Búsqueda de reportes en medios periodísticos gráficos y disponible en la Web, en base a metodología desarrollada por Gatti et al. (2022)	Mapa de barrios con total de impactos. Se distinguen 5 categorías: muy alto, alto, medio, bajo y muy bajo.
Exposición	Total de población asentada en el partido.	Base de datos de asentamientos de Copernicus con proyección 2025 (GHSL - Global Human Settlement Layer).	Mapa raster de cantidad de población cada 100 metros categorizados en quintiles: muy alto, alto, medio, bajo, muy bajo.
Vulnerabilidad	Indicadores demográficos, económicos, habitacionales y de salud.	Datos del último Censo de INDEC 2022.	Mapeo y generación de un Índice de Vulnerabilidad Social ante Desastres por radio censal.

Tabla 1. Dimensiones para la determinación del riesgo ante tormentas severas para el partido de General Pueyrredón. Elaboración propia.

En el diagrama de flujo de la Figura 2 se resumen las fuentes, métodos y resultados obtenidos, cuyo objetivo final refiere a la realización de un mapeo de

riesgo, con la combinación entre los productos intermedios de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición.

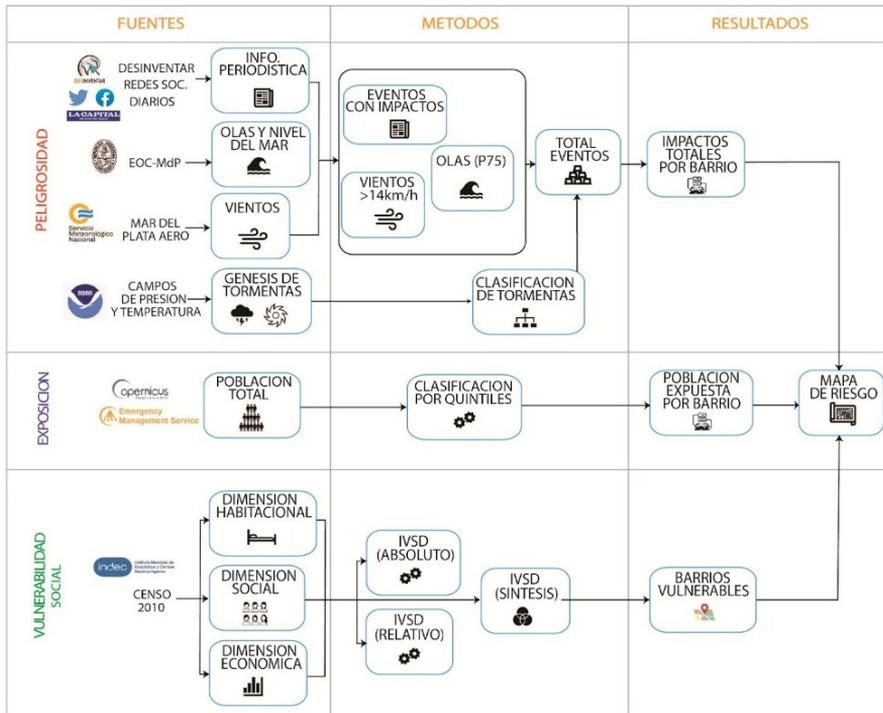


Figura 2. Diagrama de flujo de la metodología. Elaboración propia.

Peligrosidad: clasificación de tormentas y registro de impactos a escala barrial

Para estudiar la peligrosidad de los eventos hidrometeorológicos en la costa, se utilizaron datos diarios de altura de ola (H), período (P) y dirección (D) observados en la Estación de Observaciones Costeras (EOC-MdP), ubicada en las coordenadas -38° 00' 02"; -57° 32' 18" (Figura 1). Definimos H como la diferencia de altitud entre una cresta y un valle de una ola. Además, se analizaron registros de velocidad del viento (U) y dirección (W) provenientes de la estación meteorológica Mar del Plata AERO (-37° 55' 48"; -57° 34' 48"). El periodo de estudio comprendió desde enero de 2013 hasta abril de 2024. La evaluación de la peligrosidad asociada a eventos hidrometeorológicos severos se realizó a escala barrial, considerando tres dimensiones clave desarrolladas en Gatti et al. (2022):

1. **Registro de impactos observados:** Se analizaron datos provenientes de medios de comunicación nacionales y locales, redes sociales, programas

radiales y televisivos, con el objetivo de identificar impactos documentados tales como interrupciones en el suministro eléctrico, anegamientos, caída de árboles, voladuras de techos, daños por granizo y suspensión de actividades escolares. Este enfoque permitió reconstruir el impacto de tormentas severas que obtuvieron relevancia mediática. Los eventos contabilizados se clasificaron en función de la cantidad total de impactos por barrio, identificando un rango que abarcó desde menos de seis impactos hasta más de 30 en el período estudiado. La categorización de los niveles de impacto se realizó mediante la técnica de cortes naturales, estableciendo cinco categorías: *muy bajo*, *bajo*, *medio*, *alto* y *muy alto*.

2. **Ocurrencia de tormentas severas:** Estas se definieron mediante la presencia de olas significativas, caracterizadas por alturas superiores al percentil 75 (P75), utilizando un umbral de altura de ola $H \geq 1$ m.
3. **Eventos de viento significativo:** Se consideraron episodios en los que la velocidad del viento alcanzó valores superiores a $U \geq 14$ km/h (valor medio), adoptando este valor como umbral promedio.

Durante el período analizado, comprendido entre enero 2013 y abril de 2024, se registraron un total de 59 eventos significativos. Para cada evento hidrometeorológico seleccionado, se llevó a cabo un análisis sinóptico utilizando mapas de los campos medios de presión atmosférica a nivel del mar generados con la herramienta online Daily Mean Composites del *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), Physical Sciences Laboratory. Los parámetros considerados incluyeron: presión a nivel del mar, espesor entre los niveles de 500 y 1000 hPa, altura geopotencial a 500 y 100 hPa, y temperatura a 850 hPa.

Siguiendo la metodología propuesta por Gatti et al. (2022), las tormentas fueron clasificadas en tres categorías según su génesis:

1. **Tormentas Tipo 1:** Asociadas a la actividad frontal en proximidad de la ciudad de Mar del Plata.
2. **Tormentas Tipo 2:** Relacionadas con centros de baja presión superficial que se desarrollan o intensifican sobre la región de estudio.
3. **Tormentas Tipo 3:** Correspondientes a tormentas severas vinculadas con actividad ciclónica localizada sobre la ciudad o en su área costera.

Exposición: densidad de la población en el partido de General Pueyrredón

Para determinar la exposición se trabajó con datos de población extraídos del programa espacial Copernicus, financiado por la Comisión Europea. El programa publica desde 2017 la Capa de Asentamientos Humanos a nivel global (GHSL - Global Human Settlement Layer) que fue desarrollada por el Joint Research Centre (JRC) para identificar asentamientos humanos mediante información censal e información satelital. Se trata de una herramienta abierta y gratuita para evaluar la presencia humana en el planeta, basándose en una política de acceso libre y abierto a datos y métodos. Esta información se distribuye en formato ráster. La distribución de

la población residencial está expresada en grillas de pixel, como el número de personas por celda. Se utilizaron para este trabajo un conjunto de datos con celdas a 100 metros de resolución espacial con proyección poblacional a 2025.

Se recortó la capa de población con los límites del partido Gral. Pueyrredón. Se clasifica esa capa en cinco clases determinadas en quintiles, desde la categoría 1 donde el primer quintil clasifica las unidades espaciales (100 m²) que poseen menos cantidad de habitantes. Para este caso diremos que es menor densidad también, hasta la categoría 5 donde cada píxel representa la mayor cantidad de personas en esa unidad espacial, es decir mayor densidad de población. Utilizando el reclasificador de tablas de QGIS, se tomaron los rangos calculados por cada categoría y se reclasificó el ráster en cinco valores del 1 al 5.

Vulnerabilidad Social: índice de vulnerabilidad social ante desastres

Para realizar este análisis se utiliza el índice de vulnerabilidad social desarrollado en Natenzon & Saettone Passe (2015), llamado Índice de Vulnerabilidad Social ante Desastres (IVSD). El mismo está compuesto por 10 indicadores de naturaleza demográfica, económica y habitacional, obtenidos del Censo Nacional de Población y Vivienda del año 2022, publicada dentro del portal REDATAM (<https://redatam.indec.gob.ar>) del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INDEC). En la Tabla 2, se detallan las tres dimensiones consideradas en el índice y las variables e indicadores que las definen. El indicador de salud se calcula a partir de fuentes externas al censo.

DIMENSIONES	VARIABLES	INDICADORES	DEFINICIÓN
Condiciones Sociales	Educación	1. Analfabetismo	Número de personas que no asistieron a la escuela a partir de los 10 años.
	Demografía	2. Población de 0-14 años	Número de personas entre 0 y 14 años
		3. Población de 65 años y más	Número de personas de 65 años o más
	Salud	4. Salud	Distancia óptima a centro de salud, en un radio de 2,5 km
Condiciones Habitacionales	Vivienda	5.Hacinamiento crítico	Tres o más personas en habitación de la misma vivienda
	Servicios básicos	6. Falta de acceso a red pública de agua potable	Número de hogares sin acceso a red de agua potable
		7. Falta de acceso a desagües cloacales	Número de hogares sin acceso a red de agua potable
Condiciones Económicas	Trabajo	8. Desocupados	Número de personas entre 14 y 65 en condición de desocupación
	Educación	9.Educación incompleta de Jefes de Hogar	Número de personas sin secundario completo
	Familia	10.Hogares sin cónyuge.	Número de hogares con un solo cónyuge a cargo

Tabla 2. Indicadores utilizados en el IVSD. Modificado de Natenzon & Saetonne Passe (2015).

A continuación, se detalla la unidad de análisis utilizada para cada indicador:

- **Analfabetismo:** Se relaciona con las capacidades para comprender consignas, estrategias y propuestas en situaciones de prevención, atención y respuesta ante peligrosidades.
- **Población de 0-14 años:** Es un grupo con mayor dependencia de cuidados respecto de otros grupos etarios, por lo que una mayor dependencia potencial, será indicativa de una mayor vulnerabilidad.
- **Población de 65 años o más:** Es un grupo con mayor dependencia de cuidados respecto de otros grupos etarios, por lo que una mayor dependencia potencial, será indicativa de una mayor vulnerabilidad.
- **Salud:** Cantidad de centros de salud a una distancia de 2,5 km respecto del centro del radio censal. La heterogénea distribución espacial de la oferta de los centros de salud genera una accesibilidad diferenciada por parte de la población. El acceso a centros de salud en forma gratuita se ve condicionada por la distancia en que se encuentra el establecimiento de su domicilio, particularmente para la población que depende de transporte público o que sólo se desplaza a pie.
- **Hacinamiento crítico:** Se cuentan hogares con más de 3 personas por cuarto sobre el total de hogares reportados en el radio censal. Da cuenta, en forma indirecta del capital habitacional del que se dispone en condiciones normales como parte para enfrentar la catástrofe.
- **Falta de acceso a red pública de agua potable:** Se cuentan hogares sin red pública de agua sobre el total de hogares reportados en el radio censal. Dan cuenta de condiciones mínimas de salubridad necesarias ante un evento catastrófico.
- **Falta de acceso a desagües cloacales:** Se cuentan hogares sin desagüe cloacal sobre el total de hogares reportados en el radio censal. Nuevamente dan cuenta de condiciones mínimas de salubridad necesarias ante un evento catastrófico.
- **Desocupados:** Se cuentan Hogares cuyo jefe posee secundario completo sobre el total de hogares en el radio censal. Se relaciona directamente entre nivel educativo y calidad del empleo del jefe del hogar, que incide directamente en la reproducción de condiciones preexistentes de su familia a futuro.
- **Educación incompleta de Jefes de Hogar:** Se cuentan Hogares cuyo jefe posee secundario completo sobre el total de hogares en el radio censal. Se relaciona directamente entre nivel educativo y calidad del empleo del jefe del hogar, que incide directamente en la reproducción de condiciones preexistentes de su familia a futuro.
- **Hogares sin cónyuge:** Se cuentan Hogares monoparentales sobre el total de hogares en el radio censal. La presencia de un sólo adulto responsable de la obtención de recursos económicos y de la organización familiar pone en desventaja a este tipo de familias para la vida cotidiana, más en condiciones

extraordinarias de catástrofes. Se procesaron los valores absolutos y relativos de cada indicador, obteniendo un IVSD de valores absolutos y un IVSD de valores relativos. Finalmente, del cruce de ambos índices se obtuvo un IVSD Síntesis final.

Cálculo de indicadores absolutos y relativos

La unidad mínima de análisis para esta dimensión del riesgo fue el radio censal, que es la unidad operativa territorial que define el INDEC para cada operativo censal con límites geográficos y una determinada cantidad de unidades de viviendas. Con fines estadísticos, el radio se clasifica en urbano, rural o mixto. Se seleccionaron todos los radios censales que se encontraron dentro del Partido de General Pueyrredón. Se contabilizaron un total de 1084 radios censales en el área de estudio y para cada uno se procesaron los valores absolutos y relativos de los 9 indicadores del INDEC mencionados.

Para calcular los valores absolutos de cada indicador se contabiliza el total de hogares, o personas que poseen tal condición. Por ejemplo, para el indicador “Falta de acceso a desagües cloacales” se tomó el valor arrojado en REDATAM que es la cantidad de hogares sin desagüe cloacal para reportar el valor absoluto por radio censal.

Para los valores relativos se hizo el cálculo del cociente del valor arrojado sobre la totalidad de hogares o personas en ese radio censal. Por ejemplo, en este caso se dividió total de hogares sin desagüe cloacal sobre totalidad de hogares del radio censal, obteniendo así el valor relativo del indicador para cada radio censal (Fórmula 1):

$$\text{Cloacas (X)} = ((\text{Hogares sin acceso a desagües cloacales}) / (\text{Total de hogares})) \times 100 \text{ (1)}.$$

Para el cálculo del indicador de acceso a instalaciones de sanidad se utilizaron datos que no provienen de INDEC, sino que se generó una capa de información geográfica de establecimientos de salud en el área de estudio. Los datos fueron extraídos del sitio Web Gobierno de la Provincia de Buenos Aires (Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, 2024).

Mediante un algoritmo del software QGIS se calculó el centroide de cada radio y superponiendo la capa de Establecimiento de salud del partido General Pueyrredón, se contabilizó la cantidad de establecimientos a una distancia euclidiana de 2,5 kilómetros. Este indicador se relaciona con el tiempo que una persona tardaría en dirigirse a pie en una situación de emergencia al centro de salud más cercano, con un recorrido máximo de media hora. Este indicador sólo se trabajó en términos absolutos.

Cálculo de IVSD para valores absolutos

El valor calculado para cada indicador en valores absolutos se los categorizó en cinco partes, utilizando el método de quintiles propuesto por el PIRNA en el software QGIS (Natenzon & Saetonne Pasee, 2015), según el cual, el 20 % de los radios

identificados dentro del primer quintil, es decir, los radios con *muy baja* vulnerabilidad para este indicador, se representan como categoría 1, el último grupo serán los radios con *muy alta* vulnerabilidad para ese indicador, asignándole dentro de la categoría 5. A los radios censales con categoría 1 (muy bajo) se les asignó el valor 1, al grupo de radios censales con categoría 2 (bajo) se les asignó el valor 2, hasta llegar a los radios de la categoría 5 (muy alto), que se les asignó el valor numérico 5. De esta manera el IVSD para valores absolutos para cada radio será la sumatoria de los valores asignados para cada uno de los 10 indicadores. De esta manera, el radio con la vulnerabilidad social más baja tendrá valor 10 (en el caso extremo que se asuma que todos los indicadores poseen el valor de la categoría más baja) y la vulnerabilidad más alta posible tendrá el valor 50 (asumiendo que los 10 indicadores posean valor 5 debido a que responden a la categoría más alta).

Cálculo de IVSD para valores relativos

Para el cálculo del IVSD para valores relativos, los valores de estos indicadores se categorizan nuevamente en 5 clases utilizando el método de cortes naturales propuesto por el PIRNA en el software QGIS (Natenzon & Saettone Passe, 2015). A cada clase arrojada se le asignó una categoría desde 1, correspondiente a radios con *muy baja vulnerabilidad* relativa para ese indicador, hasta llegar a la categoría 5, que son radios corresponden a *muy alta vulnerabilidad*. Como se hizo con el índice absoluto, las radios con categoría 1, se le asignó valor 1, hasta llegar a la categoría 5, que se le asigna el valor 5. Cabe aclarar que el cálculo de los valores relativos se hace sólo sobre los 9 indicadores de INDEC, no se realiza sobre el indicador de Salud que sólo posee valores de cantidad absoluta de establecimientos sanitarios. El IVSD se consolidó como la sumatoria de los valores asignados en función de la categoría a la que pertenece cada radio censal en cada indicador. El resultado contempla radios con la vulnerabilidad social más baja, que tendrán valores desde 9 (en el caso extremo que se asuma que todos los indicadores poseen el valor de la categoría más baja) y la vulnerabilidad más alta posible tendrá el valor 45 (asumiendo que los 9 indicadores posean valor 5 debido a que responden a la categoría más alta).

IVSD Síntesis

El IVSD Síntesis se calculó a partir de los resultados obtenidos en los índices absolutos y relativos. Esta combinación se realiza debido a que, si un radio censal que se encuentre en la categoría 4 para un indicador en valor relativo y 2 para un valor absoluto significa que una gran proporción de la población de ese radio posee alta vulnerabilidad, pero en términos absolutos ese radio pertenece al segundo quintil de radios con baja vulnerabilidad (Tabla 3). Por lo que en este caso se procedería a la suma del valor del indicador absoluto y relativo dando como resultado el indicador final.

		IVSD Valores absolutos				
		MUY BAJO	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
IVSD Valores relativos	MB	1+1=2	1+2=3	1+3=4	4+1=5	5+1=6
	B	1+2=3	2+2=4	3+2=5	4+2=6	5+2=7
	M	1+3=4	2+3=5	3+3=6	4+3=7	5+3=8
	A	1+4=5	2+4=6	3+4=7	4+4=8	5+4=9
	MA	1+5=6	2+5=7	3+5=8	4+5=9	5+5=10

Tabla 3. Combinación síntesis de valores de vulnerabilidad social *absolutos* y *relativos*. Adaptado de Herrero, Natenzon, & Miño M. (2018).

En este IVSD síntesis las categorías también son cinco, desde los valores más altos cuando se combinan las categorías más altas de los dos IVSD, presentando así el peor escenario de vulnerabilidad social; los valores medios presentan combinación de los 5 cortes tanto relativos como absolutos; los valores bajos combinan solamente valores bajos entre los dos índices, presentando escenarios de radios con vulnerabilidad baja.

Determinación del riesgo

El análisis del riesgo surge de la combinación de los mapas de peligrosidad (impactos), vulnerabilidad síntesis y exposición. Para este análisis, Riesgo (R) responde a la siguiente función, donde Riesgo es función de cada una de esas tres variables:

$$R = f(\text{Peligrosidad, Vulnerabilidad, Exposición})$$

Siguiendo la línea de análisis propuesta, el análisis del Riesgo se traduce en la siguiente fórmula (Gatti, 2020):

$$R = \text{Peligrosidad} + \text{IVSD} + \text{Exposición}$$

Para ello los tres mapas resultantes se estandarizaron con valores de 1 a 5, con la finalidad de generar una superposición temática que dé cuenta de las áreas con mayor riesgo a sufrir desastres a zonas de menor riesgo.

El mapa de exposición se trabajó exclusivamente en formato ráster, debido a que la GHSL distribuye la información de población en ese formato. En consecuencia, se procedió a rasterizar los mapas resultantes de vulnerabilidad e impactos utilizando una unidad de análisis de 100 metros, ya que es la unidad de desagregación utilizada,

permitiendo un análisis pormenorizado del comportamiento del riesgo en todo el partido.

Mediante la Calculadora Ráster del software QGIS se sumaron los tres mapas rasterizados, es decir, cada mapa representativo de una dimensión del riesgo, donde cada píxel (de 100 metros) posee un valor que va del 1 a 5, según estandarización empleada. Como resultado de esta suma se obtuvo un mapa de Riesgo Final con valores entre 3 (muy bajo posible) y el mayor fue 15 (muy alto riesgo). El valor mínimo corresponde al caso en que el valor de la celda sea igual a 1 en las 3 capas, es decir, muy baja peligrosidad, muy baja vulnerabilidad y muy baja exposición, dando como resultado un píxel con valor de riesgo muy bajo. El escenario extremo opuesto son aquellas celdas donde las tres capas indiquen 5, es decir la más alta vulnerabilidad, la más alta peligrosidad y la más alta exposición, cuya celda marca 15. Entre estos dos casos se sitúan todos los escenarios posibles.

Resultados y discusión

Tormentas severas y mapa de impactos por barrio

De un total de 59 eventos de tormenta analizados, 9 (15,3 %) corresponden al tipo número 1 (actividad de frente), 13 (22 %) al tipo número 2 (centros de bajas presiones superficiales) y 37 (62,7 %) al tipo número 3 (actividad ciclónica). Es importante aclarar que, de los 59 eventos, se registraron 57 valores de altura de ola observados en la EOC, presentan direcciones de olas correspondientes al cuarto cuadrante, siendo en su mayoría ESE y SE (38,6 % y 36,9 %, respectivamente). Del total de eventos analizados, el 49,2 % (29 eventos) están asociados al percentil 95 (P95), definido por una H igual a 1,70 m. Además, el 78,3 % de los eventos correspondientes a este percentil están vinculados con actividad ciclónica, la cual se asocia al tercer tipo de tormenta. Este patrón coincide con lo observado por Gatti et al. (2022), donde también se identificó una fuerte asociación entre los eventos de oleaje más extremos y la presencia de sistemas ciclónicos en la región.

En la Figura 3 se presentan los impactos totales por barrio correspondientes a las 59 tormentas severas acontecidas entre enero de 2013 y abril de 2024. La distribución de los impactos es heterogénea, con una mayor concentración en los barrios ubicados a menos de 1 a 3 km de la línea de costa. No obstante, también se identificaron impactos significativos en barrios más alejados, como Parque Hermoso (a 8 km), especialmente en relación con inundaciones y cortes de energía eléctrica. El viento, debido a su intensidad, ha generado caídas de árboles y voladuras de techos, afectando principalmente a barrios costeros como Chapadmalal, Colinas de Peralta Ramos, Del Puerto, Punta Mogotes, Área del Centro, Alfár y Bosque Peralta Ramos y alejados de la costa como Parque Hermoso y Parque Palermo (Canal 26, 2020). Resultados similares fueron hallados por Sancho-García, Guillén, Gracia, Rodríguez-Gómez & Rubio-Nicolás (2021) en la costa mediterránea española, donde el análisis integrado de eventos e impactos permitió evidenciar patrones espaciales de afectación diferenciada.

En este sentido, la peligrosidad no se manifestó únicamente como resultado de la distribución espacial de la intensidad de los eventos hidrometeorológicos, sino que también se expresó a través de los impactos generados por las tormentas en un territorio caracterizado por una vulnerabilidad desigual frente a dichos eventos (Hague, Murphy, Jones, & Taylor, 2020).

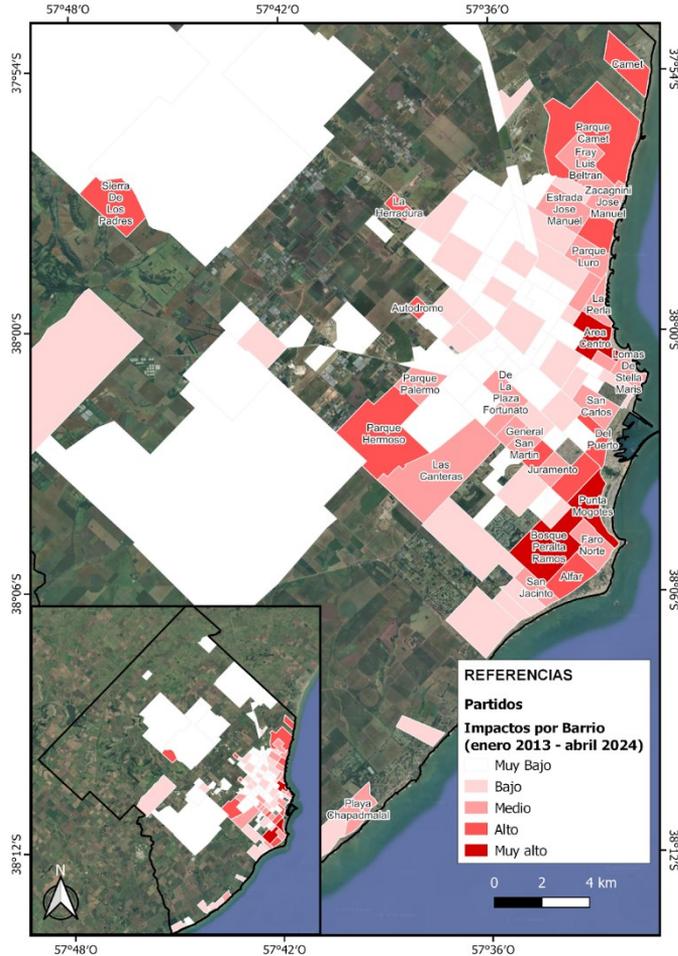


Figura 3. Mapa del total de impactos acontecidos en el período de estudio. Fuente: Elaboración propia a partir de relevamiento a partir de información periodística.

Exposición: mapa de densidad de población

La Figura 4 representa la distribución de población en el partido de General Pueyrredón, específicamente la densidad de población, basada en quintiles. Se observan valores de densidad más altos en el centro y microcentro del partido, en

barrios costeros como La Perla, Lomas de Stella Maris y San Carlos. Los barrios no costeros pero cercanos al centro con más población son Nueva Pompeya, San Juan, Don Bosco, Plaza Peralta Ramos, Don José, Primera Junta y Villa Lourdes. Los barrios con densidad media se encuentran fuera del centro hacia los corredores viales que se dirigen hacia el Norte y Suroeste del partido. Los barrios de la periferia del partido que presentan menos densidad y dispersión de la población se encuentran principalmente hacia el Centro, Oeste y Sur del Partido de General Pueyrredón. Este mapa será combinado con los de peligrosidad y vulnerabilidad para obtener el mapa de riesgo final para el Partido de General Pueyrredón.

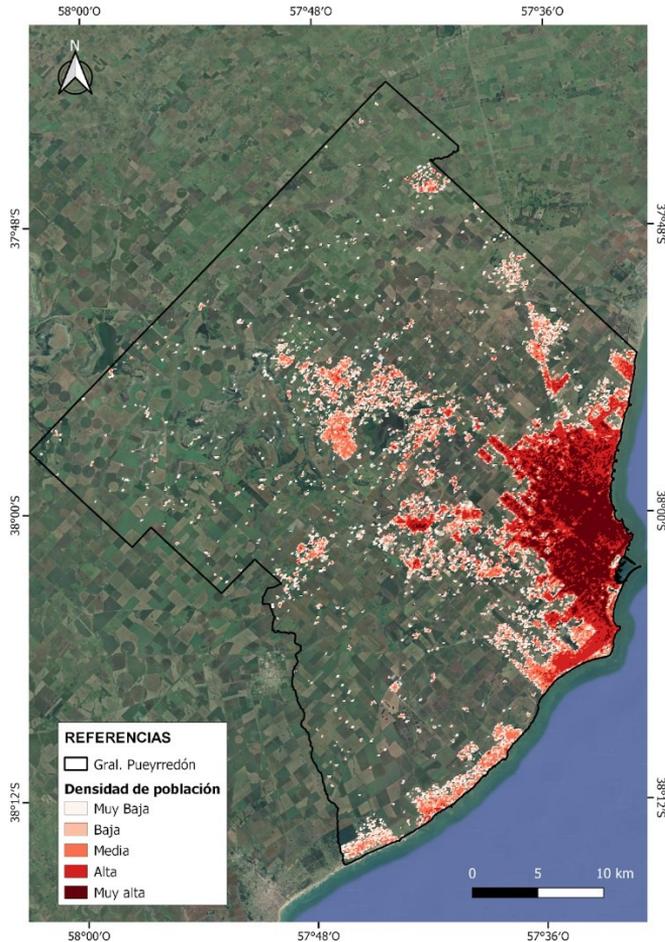


Figura 4. Mapa de Densidad de población para el partido de Gral. Pueyrredón. Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de asentamientos de Copernicus con proyección 2025 (GHSL - Global Human Settlement Layer).

Distribución de la Vulnerabilidad Social

Luego del cálculo de los IVSD absolutos, relativos y de síntesis por radio censal, se graficó la distribución de la IVSD síntesis de todos los radios censales del Partido de General Pueyrredón (Figura 5).

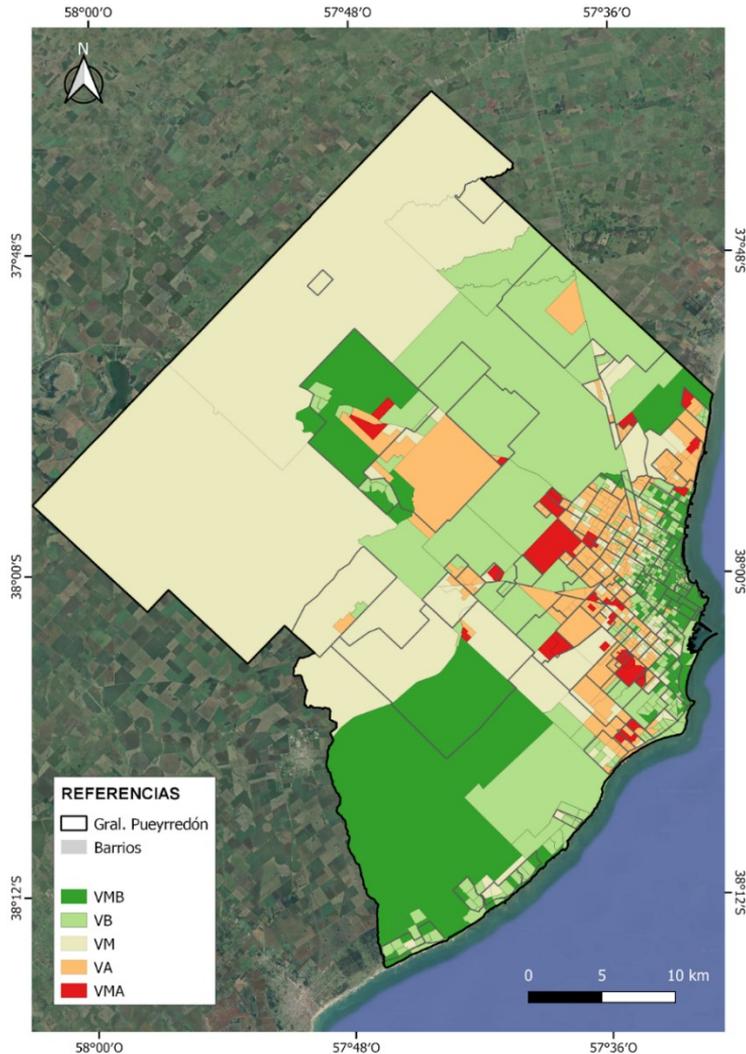


Figura 5. Radios censales con el IVSD Síntesis. VMB = Vulnerabilidad muy baja; VB = Vulnerabilidad baja; VM = Vulnerabilidad media; VA = Vulnerabilidad alta; VMA = Vulnerabilidad muy alta. Fuente: Elaboración propia a partir de base de datos de censo 2022 (INDEC).

Se observa que los barrios con índices de Vulnerabilidad más altos son San Patricio, Playa Serrana, San Jacinto, Santa Celina, Nuevo Golf, Parque Independencia, Parque Hermoso y Valle Hermoso, Las Canteras, General Pueyrredón, De la Plaza Fortunato, Bosque Grande, De las Heras Juan Gregorio, La Herradura, El Colmenar, Jorge Newbery, Caribe, Belisario Roldán, José Manuel Zacagnini, Camet, Dos de Abril, San Paula, y la Gloria de la Peregrina. Estos barrios se localizan mayoritariamente en la periferia sur, sudoeste y noroeste del partido. Muchos de ellos comparten características estructurales como déficit en servicios básicos, viviendas precarias y alta vulnerabilidad socioeconómica.

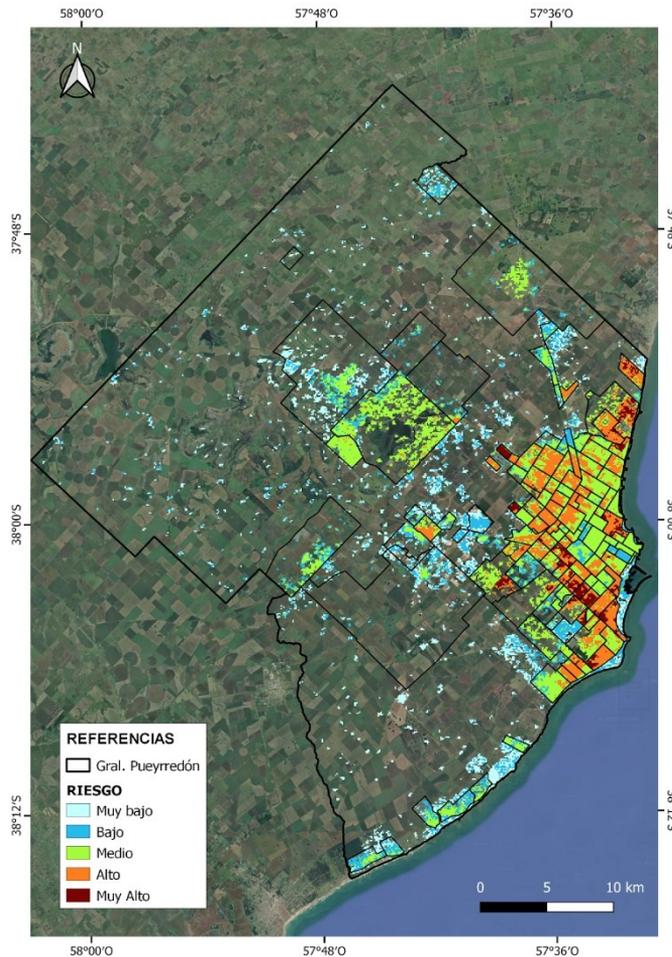


Figura 6. Mapa de riesgo final para el partido de Gral. Pueyrredón. Fuente: Elaboración propia a partir de las dimensiones del riesgo analizadas.

Mapa de Riesgo: integración de mapas de peligrosidad, vulnerabilidad y exposición.

Para obtener el mapa de riesgo (Figura 6) se combinaron los mapas de exposición por densidad de población, el mapa de peligrosidad por barrios impactados y el mapa de vulnerabilidad social ante desastres por radio censal para todo el partido. Esta integración permitió identificar zonas con diferentes niveles de riesgo ante tormentas severas.

El análisis evidencia que los barrios con riesgo **muy alto** no se localizan exclusivamente en la franja costera, sino que se concentran principalmente en zonas no costeras cercanas al macrocentro, como Juramento, Cerrito Sur, General San Martín, El Martillo y Fortunato de la Plaza (La Capital, 2021). También se destacan con riesgo muy alto algunos barrios del interior del partido como La Herradura, Autódromo y Parque Hermoso. Esta distribución coincide con hallazgos previos que señalaron altos niveles de riesgo en zonas periféricas urbanas, como los estudios de Calvo & Viand (2016); Daga, Zulaica, & Vázquez (2015) o Molpeceres, Loyza, Zulaica, Calderon, & Mujica (2023). Inclusive, existen correspondencias con trabajos que utilizaron índices de naturaleza similar, como el Índice de Calidad de Vida Ambiental de Celemín (2007).

En cuanto a los barrios costeros, presentan en su mayoría riesgo **alto**, destacándose áreas como el Centro, Del Puerto, Punta Mogotes, Parque Camet, José Manuel Zagnini, Alfar, La Serena y San Patricio. Es importante resaltar que la mayoría de los barrios ubicados hacia el noroeste del aglomerado de Mar del Plata presentan valores de riesgo alto, principalmente los barrios Los Andes, Regional, Las Lilas, Sarmiento, Nueve de Julio, Libertad, López de Gomara, Bernardino Rivadavia y Jorge Newbery.

Por su parte, los barrios no costeros que conforman la conurbación de Mar del Plata exhiben una concentración de riesgo muy alto, especialmente en el sudoeste de la ciudad y hacia el interior del partido. Esta configuración territorial revela una **inequidad estructural** en la distribución del riesgo, que no responde únicamente a la intensidad de los eventos hidrometeorológicos, sino a la conjunción de múltiples factores sociales, económicos y ambientales.

Esta configuración desigual refuerza la necesidad de abordar la gestión del riesgo desde una perspectiva territorial y socialmente sensible, priorizando la implementación de políticas públicas orientadas a fortalecer las capacidades locales en los sectores más expuestos y vulnerables (Chasco, 2020). La focalización de estrategias de prevención y mitigación en estas áreas permitirá avanzar hacia una mayor equidad territorial frente a las tormentas severas, donde se ha detectado un deterioro progresivo en las condiciones de vida de la población (Celemín 2012).

La clasificación de las tormentas, en función de sus características sinópticas, permitió identificar patrones espaciales de vulnerabilidad y exposición, lo cual resulta valioso para orientar estrategias de planificación y mitigación de riesgos en áreas urbanas (Lane et al., 2013; UNDRR, 2017).

Los eventos extremos asociados a condiciones sinópticas específicas generan impactos significativos en la región de estudio, los cuales deben ser considerados en

los procesos de planificación urbana. Los resultados obtenidos a partir de la clasificación de las tormentas proporcionan una base para la identificación de patrones espaciales de vulnerabilidad y exposición, útiles para la planificación y mitigación de riesgos en contextos urbanos (Lane et al. 2013, UNDRR, 2017). Los eventos extremos no impactan de manera homogénea, y su peligrosidad se expresa con mayor intensidad en aquellos territorios donde convergen altas condiciones de exposición y vulnerabilidad. Por lo tanto, la integración de los tres mapas (peligrosidad, vulnerabilidad y exposición) confirma que el riesgo es un producto social y territorial, que debe ser abordado desde políticas públicas multiescalares y multisectoriales (Hague et al., 2020).

Conclusiones y trabajo futuro

Los resultados del análisis muestran que los barrios con mayor cantidad de impactos registrados en la ciudad de Mar del Plata son el Centro, Punta Mogotes y Bosque Peralta Ramos, seguidos por Colinas de Peralta Ramos, Puerto, Alfar, Cerrito Sur y Parque Hermoso. Sin embargo, es importante señalar las limitaciones metodológicas en cuanto a la construcción de la peligrosidad. Dado que los impactos fueron relevados principalmente a partir de fuentes periodísticas digitales, se da una tendencia a visibilizar con mayor frecuencia los daños ocurridos en zonas céntricas y costeras, por su relevancia económica, turística e histórica. Esto implica un probable subregistro de eventos en barrios periféricos o rurales, cuya cobertura mediática es escasa o nula. No obstante, la mayor cantidad de daños también es proporcional a la densidad de población y densidad constructiva, analizada en la exposición. El mapa resultante muestra claramente mayor densidad de población en el centro costero y conurbación del aglomerado de Mar del Plata.

La distribución espacial de la vulnerabilidad social en el aglomerado de Mar del Plata evidencia profundas desigualdades territoriales. Mientras que los valores más bajos se concentran en el centro de la ciudad, los más altos se ubican hacia la periferia, especialmente en las zonas oeste, suroeste y sur del partido. Estas áreas presentan condiciones estructurales de mayor fragilidad social y menor capacidad de respuesta frente a eventos extremos. En este contexto, la consideración de las tres dimensiones de análisis de riesgo permitirá determinar donde es necesario focalizar las principales políticas de gestión orientadas a la prevención de impactos por tormentas extremas. En los barrios costeros como el Centro, El Puerto, Punta Mogotes y Alfar se identificaron áreas con riesgo alto, aunque el riesgo muy alto se presenta solo en sectores acotados. En contraste, los barrios periféricos como Juramento, Cerrito Sur y Parque Hermoso presentan niveles de riesgo muy alto en casi la totalidad de su territorio.

En este marco, resulta fundamental avanzar hacia un relevamiento más exhaustivo y sistemático de la información sobre los impactos asociados a los desastres, priorizando la generación de datos precisos y actualizados a escala local. Para ello, es clave fortalecer el rol de las autoridades en la recopilación, procesamiento y análisis de dicha información. La sistematización de estos datos no solo contribuirá a reducir los niveles de incertidumbre, sino que también permitirá producir

conocimiento basado en evidencia, indispensable para optimizar la planificación territorial, el ordenamiento del suelo y la implementación de estrategias más efectivas de prevención, alerta y respuesta ante emergencias.

En futuros trabajos se abordará el estudio de la vulnerabilidad institucional en sus distintas dimensiones, con el objetivo de comprender y caracterizar su papel en cada una de las etapas de la gestión del riesgo de desastres. Esta línea de investigación permitirá identificar tanto fortalezas como debilidades en los marcos normativos, administrativos y operativos, aportando insumos clave para el diseño de estrategias más eficaces orientadas a la reducción del riesgo y al fortalecimiento de la resiliencia frente a eventos adversos.

Agradecimientos

Proyecto del Programa de Apoyo a la Investigación de la Facultad de Filosofía y Letras. Universidad de Buenos Aires. FILOCyT FC 19- 044. Título: “Riesgo por tormentas severas en Mar del Plata. Caracterización de peligrosidades hidrometeorológicas y vulnerabilidades socio- institucionales (2013-2021).

Bibliografía

- Bates, F. L. (1982). *Recovery, change and development: A longitudinal study of the Guatemalan earthquake*. Athens, GA: Department of Sociology.
- Cabral, C., & Zulaica, L. (2015). Análisis de la vulnerabilidad socioambiental en áreas del periurbano de Mar del Plata (Argentina) expuestas a agroquímicos. *Multiciencias*, 15(2), 172–180.
- Calvo, A., & Viand, J. (2016). Vulnerabilidad social e institucional: el caso de la inundación del 2003 en la ciudad de Santa Fé. En Natenzon, C., & Ríos, D. *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos (pp 115-140)*. Ediciones Imago Mundi.
- Canal 26. (2020, 6 de febrero). *Video: tras temporal en Mar del Plata, “inundado nada” en plena calle*. Recuperado de: <https://www.canal26.com/general/2020/02/06/video-tras-temporal-en-mar-del-plata-inundado-nada-en-plena-calle/>
- Celemín, J. P. (2007). El estudio de la calidad de vida ambiental: definiciones conceptuales, elaboración de índices y su aplicación en la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Hologramática*, 1(7), 71-98.
- Celemín, J. (2012). Asociación espacial entre fragmentación socioeconómica y ambiental en la ciudad de Mar del Plata, Argentina. *Revista Latinoamericana de Estudios Urbanos Rurales EURE*, 13(113), 33–51.
- Chasco, J. (2020). Adaptación al cambio climático y reducción de riesgos de desastres. Análisis exploratorio de políticas públicas en Argentina.
- Daga, D., Zulaica, M. L., & Vázquez, P. (2015). Evaluación de la vulnerabilidad socio-ambiental del periurbano de Mar del Plata. *Estudios Socioterritoriales*, 18, 45-59.

- DESIVENTAR (2025). *DesInventar Sendai: Disaster loss data for Sustainable Development Goals and Sendai Framework Monitoring System*. United Nations Disaster Risk Reduction. <https://www.desinventar.net/index.html>
- Fiore, M., D'Onofrio, E., Pousa, P., Schnack, E., & Bértola, G. (2009). Storm surges and coastal impacts at Mar del Plata, Argentina. *Continental Shelf Research*, 29(14), 1643–1649.
- García, M. (2011). Escenario de riesgo climático por sudestadas y tormentas en Mar del Plata y Necochea-Quequén, provincia de Buenos Aires, Argentina. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium*, 2(2), 286–304.
- García, M., & Veneziano, M. (2014). Comportamiento temporal y tendencias climáticas en la ciudad de Mar del Plata, período 1971–2010. En *Actas del Congreso Internacional de Geografía. 75° Semana de Geografía* (pp. 77–93).
- Gatti, I. (2015). *Precipitaciones, sudestadas y su relación con el riesgo de inundación. Entre la gestión del riesgo y adaptación al cambio climático. Caso del barrio de Belgrano, Ciudad de Buenos Aires. Período 1981–2012* (Tesis de Licenciatura en Geografía). Facultad de Filosofía y Letras, UBA.
- Gatti, I. (2020). *Disaster risk assessment for urban areas: A GIS flood risk analysis for Luján City (Argentina)* (Master's thesis). The University of Tokyo.
- Gatti, I., Martín, P., Vargas, E., Gasparotto, M., Prario, B., Gentile, E., & Patané, L. (2022). An assessment of severe storms, their impacts and social vulnerability in coastal areas: A study case of General Pueyrredón, Argentina. En *Applied Geomorphology and Contemporary Issues* (Cap. 29). Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-3-031-04532-5_29.
- Gobierno de la Provincia de Buenos Aires. (2024). *Datos Abiertos PBA / Dataset: Establecimientos de salud*. <https://catalogo.datos.gba.gob.ar/dataset/establecimientos-salud>
- González, S. (2009). *Ciudad visible vs. ciudad invisible. Gestión urbana y manejo de las inundaciones en la baja cuenca del arroyo Maldonado* (Tesis de doctorado). Facultad de Filosofía y Letras, UBA.
- Grondona, S. (2017). El clima de Mar del Plata de los últimos 40 años. En A. Merlotto et al. (Eds.), *Proyecto WATERCLIMA LAC 2015–2017: Compilación de informes técnicos producidos en el Área Piloto Mar del Plata* (pp. 73–75). Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Hague, B. S., Murphy, B. F., Jones, D. A., & Taylor, A. J. (2020). Developing impact-based thresholds for coastal inundation from tide gauge observations. *Journal of Southern Hemisphere Earth Systems Science*, 69(1), 252–272.
- Herrero, A., Natenzon, C. y Miño M. (2018). Vulnerabilidad social, amenazas y riesgos frente al cambio climático en el Aglomerado Gran Buenos Aires. Publicación disponible en: <https://www.cippec.org/wp-content/uploads/2018/10/DT-172-CDS-Vulnerabilidad-social-amenazas-y-riesgos-frente-al-cambio-clim%C3%A1tico-Herrero-Natenzon-Mi%C3%B1o-septiembre-2018.pdf>

- INDEC. (2022). *Censos Nacionales de Población y Vivienda*. Ministerio de Economía, Buenos Aires.
- IPCC. (2021). Summary for policymakers. En *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero, Eds., pp. 1–34). IPCC. <https://doi.org/10.59327/IPCC/AR6-9789291691647.00>.
- Labrunée, M., & Gallo, M. (2005). Vulnerabilidad social: el camino hacia la exclusión. En M. E. Lanari (Ed.), *Trabajo decente: Diagnóstico y aportes para la medición del mercado laboral local. Mar del Plata 1996–2002* (pp. 133–154).
- La Capital. (16 de febrero de 2021). Temporal: cayeron 100 milímetros de agua y hay 30 evacuados en Mar del Plata. *La Capital de Mar del Plata*. Recuperado de <https://www.lacapitalmdp.com/temporal-cayeron-100-milimetros-de-agua-y-hay-30-evacuados-en-mar-del-plata/>
- Lane, K., Charles-Guzman, K., Wheeler, K., Abid, Z., Graber, N., & Matte, T. (2013). Health effects of coastal storms and flooding in urban areas: a review and vulnerability assessment. *Journal of environmental and public health*, 2013(1), 913064.
- Levine, J. N., Esnard, A.-M., & Sapat, A. (2007). Population displacement and housing dilemmas due to catastrophic disasters. *Journal of Planning Literature*, 22(1), 3–15.
- Molpeceres, M. C., Loyza, M. B., Zulaica, M. L., Calderon, G., & Mujica, C. M. (2023). Vulnerabilidad socioambiental, agroquímicos e impactos en la salud en el corredor costero y periurbano sur de Mar del Plata (Buenos Aires, Argentina). *Revista internacional de contaminación ambiental*, 39, 11–24. <https://doi.org/10.20937/RICA.54289>.
- Martos, P. (1998). Características climáticas en el Río. Evaluación de impacto ambiental. Segunda etapa. *Estación Depuradora de Efluentes Cloacales de Mar del Plata*. Universidad Nacional de Mar del Plata.
- Natenzon, C. (1995). *Catástrofes naturales, riesgo e incertidumbre* (Serie de documentos e informes de investigación, 197). FLACSO.
- Natenzon, C., & Ríos, D. (2015). *Riesgos, catástrofes y vulnerabilidades. Aportes desde la geografía y otras ciencias sociales para casos argentinos*. Ediciones Imago Mundi.
- Natenzon, C. , & Saettone Passe, J. (2015). Vulnerabilidad social, amenaza y riesgo frente al cambio climático. En *Tercera Comunicación Nacional de la República Argentina a la Convención Marco de Naciones Unidas sobre el Cambio Climático*.
- NOAA. Physical Sciences Laboratory. "Daily Composites." National Oceanic and Atmospheric Administration. Acceso [15-01-2025]. <https://psl.noaa.gov/data/composites/day/>.
- Possia, N., Cerne, S., & Campetella, C. (2003). A diagnostic analysis of the Río de la Plata Superstorm, May 2000. *Meteorological Applications*, 10(1), 1–13.
- Rufat, S., Tate, E., Burton, C., & Maroof, A. (2015). Social vulnerability to floods: Review of case studies and implications for measurement. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 14(4), 470–486.

- Sancho-García, A., Guillén, J., Gracia, V., Rodríguez-Gómez, A. C., & Rubio-Nicolás, B. (2021). The use of news information published in newspapers to estimate the impact of coastal storms at a regional scale. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9(5), 497.
- Shitangsu, P. (2013). Vulnerability concepts and its applications in various fields: A review on geographical perspective. *Journal of Life and Earth Science*, 8, 63–81.
- UNDRR. (2015). *Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres 2015–2030*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres.
- UNDRR. (2017). *Glosario de la UNDRR: Terminología sobre Reducción del Riesgo de Desastres*. Oficina de las Naciones Unidas para la Reducción del Riesgo de Desastres. Naciones Unidas.
- Zulaica, L., & Celemin, J. (2008). Análisis territorial de las condiciones de habitabilidad en el periurbano de la ciudad de Mar del Plata (Argentina), a partir de la construcción de un índice y de la aplicación de métodos de asociación espacial. *Revista de Geografía Norte Grande*, 41, 129–146.
- Zulaica, L., & Ferraro, R. (2010). Vulnerabilidad socioambiental y dimensiones de la sustentabilidad en el sector periurbano marplatense. *Estudios Socioterritoriales: Revista de Geografía*, 8, 197–219.