

ARTÍCULO

EVENTO DE BOW-ECHO Y SUS EFECTOS SOBRE LA CIUDAD DE BAHÍA BLANCA

*Bow-echo event and its effects on the city of Bahia Blanca*Lambrecht, Y. * ¹ , Picone, N. ² , Zapperi, P. ¹  & Gil, V. ¹ 

RESUMEN: Los eventos extremos de origen meteorológico son uno de los principales desafíos que presentan las ciudades en la actualidad. Adquieren gran relevancia debido a que actúan como potenciales peligros a la infraestructura, los servicios urbanos y la población. En un contexto de cambio climático comprender los eventos extremos es fundamental para reducir su impacto en las áreas urbanas. El objetivo del trabajo es analizar el evento de bow-echo ocurrido en Argentina el 16 de diciembre de 2023, verificar su carácter extremo y definir su impacto en Bahía Blanca.

PALABRA CLAVES: evento bow-echo, eventos meteorológicos extremos, daños directos, Sentinel, Bahía Blanca.

ABSTRACT: Extreme weather events are one of the main challenges facing cities today. They acquire great relevance because they act as potential hazards to infrastructure, urban services and the population. In a context of climate change, understanding extreme events is essential to reduce their impact on urban areas. This paper aims to analyze the bow-shock event that occurred in Argentina on December 16, 2023 as well as its impact on Bahía Blanca city.

KEYWORDS: Bow-echo event, extreme weather events, direct damages Sentinel, Bahía Blanca.

1 Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur/ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET).

2 Instituto de Geografía, Historia y Ciencias Sociales (IGEHCS) - CONICET/UNCPBA. Centro de Investigaciones Geográficas, Facultad de Ciencias Humanas, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires.

* Autor de correspondencia. Yamila Lambrecht. E-mail: yamila.lambrecht@uns.edu.ar

Como citar este artículo: Lambrecht, Y., Picone, N., Zapperi, P. & Gil, V. (2024). Evento de bow-echo y sus efectos sobre la ciudad de Bahía Blanca. *Revista FACENA* 34(2),138-157. Doi: <https://doi.org/10.30972/fac.3427790>

Recibido/Received: 16/03/2024. Revisión: 18/03/2024. Aceptado/Accepted: 30/07/2024.

Editor asociado: Félix Ignacio Contreras.

Publicado en línea: 15/11/2024. ISSN 1851-507X en línea.

INTRODUCCIÓN

Actualmente las ciudades del mundo concentran el 55 % de la población, mientras se espera que para el 2050 este porcentaje llegue al 70 % (Naciones Unidas, 2018). Las áreas urbanas ocupan sólo el 3 % de la superficie total de la Tierra, pero son las responsables por el 78% del consumo de la energía mundial y producen más del 80 % de las emisiones de gases de efecto invernadero (United Nation Habitat, 2020). En este contexto, dichos espacios se transforman en áreas de especial interés por ser áreas vulnerables a los efectos del cambio climático, pero a la vez por ser ámbitos donde se pueden implementar políticas para reducir el impacto de las sociedades sobre el ambiente. Con respecto al primer aspecto, uno de los mayores obstáculos que presentan las ciudades actualmente es cómo afrontar los eventos extremos de origen meteorológico y climático. Dichos eventos actúan como potencialmente peligrosos a la infraestructura, los servicios urbanos y la población.

Se denomina bow-echo a las estructuras convectivas en forma de arco cuya manifestación más severa se evidencia en el denominado “derecho”, una tormenta de viento generalizada inducida por convección que producen múltiples ráfagas de viento muy intensas (Johns & Hirt, 1987; Torres Brizuela *et al.*, 2011). La comprensión de este fenómeno y su vinculación con vientos dañinos se basa en estudios observacionales y numéricos. Al respecto Schenkman y Xue (2016) realizaron una exhaustiva investigación concluyendo que existe un desacuerdo sustancial respecto a los procesos responsables de la génesis de estos mesovórtices. El término fue introducido por primera vez por Fujita (1978, 1979) mediante un estudio de imágenes de radar. Como resultado Fujita desarrolló un modelo conceptual que describe el ciclo de vida y las características del bow-echo. Años más tarde, Weisman (1993) simuló numéricamente la evolución temporal de un bow-echo aportando una mejor comprensión física del modelo conceptual de Fujita

(Torres Brizuela *et al.*, 2011). Los sistemas convectivos productores de derechos y su entorno atmosférico han sido ampliamente documentados en Norteamérica y en menor proporción en Europa (Lima de Figueiredo *et al.*, 2019). En Sudamérica, particularmente en el extremo sur de Brasil, Lima de Figueiredo y otros (2019) describen la evolución de dos tormentas asociadas a bow-echoes en 2013 y 2014. En Argentina se han documentado escasos estudios sobre este fenómeno. Particularmente, se destaca el aporte Torres Brizuela y otros (2011) sobre las condiciones sinópticas y de mesoescala del evento ocurrido en 2008 en la provincia de Buenos Aires mediante información de datos observacionales, radares meteorológicos, imágenes satelitales GOES 12 y análisis operativos del National Center for Environmental Prediction (NCEP). Otro evento destacable fue el ocurrido en 2012 cuando un bow-echo atravesó el Área Metropolitana de Buenos Aires (AMBA) y afectó el oeste y sur de Gran Buenos Aires produciendo gran devastación (SMN, 2012). Por otra parte, Piscitelli (2019) realizó una base de datos sobre bow-echoes ocurridos entre 2009 y 2018 en la región comprendida por el radar de Paraná, Argentina.

El estudio de fenómenos meteorológicos que producen daños sobre las sociedades resulta relevante debido a los perjuicios socioeconómicos que ocasionan (Lavia, 2023). Debido a la amenaza asociada a vientos potencialmente dañinos que pueden durar varias horas, el derecho es uno de los fenómenos meteorológicos que requiere un alto nivel de conocimiento de la situación, no solo por parte de los meteorólogos, sino también del público en general (Ashley y Mote 2005). Particularmente el evento ocurrido en Bahía Blanca el 16 de diciembre de 2023 posee especial interés científico dada la magnitud de los daños en el área urbana y su población. En este marco, el objetivo del presente trabajo es analizar el evento identificado como bow-echo ocurrido en Bahía Blanca (República Argentina) el 16 de diciembre de 2023 y su impacto en el área urbana.

Área de estudio

Bahía Blanca (38° 44' S; 62° 16' O) se encuentra localizada en el suroeste de la provincia de Buenos Aires, Argentina (Fig. 1) y posee una población de 336.574 habitantes (INDEC, 2023). Conforman el aglomerado urbano-portuario de mayor relevancia económica de la región suroeste de la provincia de Buenos Aires. En Bahía Blanca el viento es uno de los elementos climáticos que más afecta a la población dado que está presente durante la mayor parte del año (Volonté *et al.*, 2012). Los vientos son moderados y predominan desde el sector noroeste y oeste, con una velocidad media de 20 km/h (Campo *et al.*, 2017). Respecto a la precipitación, la media anual es de 644,9 mm, presentando los valores máximos en verano (Ferrelli, 2016). Por otra parte, la localidad se encuentra inserta en la llanura pampeana y en la zona se representan dos ecorregiones: el Espinal y la Pampa, aunque también se incorporan algunos representantes del Monte, lo que da lugar a un área ecotonal (Sanhueza *et al.*, 2016). El paisaje vegetal natural fue, en su mayoría, transformado y reemplazado por especies exóticas (Duval *et al.*, 2022). La localidad posee una totalidad de 191 espacios verdes que incluyen plazoletas, plazas y parques que ocupan una superficie de 3,21 km² (Duval y Ramos, 2023).

Dada su ubicación geográfica y el movimiento de las masas de aire de distinto origen y características, la ciudad presenta un clima de transición (Campo *et al.*, 2004). La región se encuentra bajo la influencia en invierno del Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur que aporta temperaturas frías o frescas debido a su procedencia austral y con baja humedad relativa dada su trayectoria continental (Capelli de Steffens *et al.*, 2005). Por otra parte, en verano el área de estudio recibe mayor frecuencia de vientos del sector norte debido a la circulación de gran escala (Sistema del Anticiclón del Atlántico Sur) que se acrecienta por la circulación de la Baja térmica del Noroeste (Scian, 2010). Dentro de estas características es importante destacar que Bahía Blanca se encuentra expuesta a riesgos de origen meteorológico como precipitaciones intensas, temporales de viento, olas

de calor, entre otros. Los antecedentes son diversos, desde olas de calor de extensa duración como la ocurrida desde el 23 de enero al 1 de febrero de 2024 con una temperatura máxima de 40,6°C, precipitaciones de 150,3 mm entre el 23 y 25 de marzo de 2022 o incluso el paso de un tornado que atravesó la ciudad el 14 de febrero de 1982, con ráfagas de 160 km/h (SMN, 2024a; En menos de 48 horas llovió más que en todo el resto del año, 2022; Campo *et al.*, 2004).

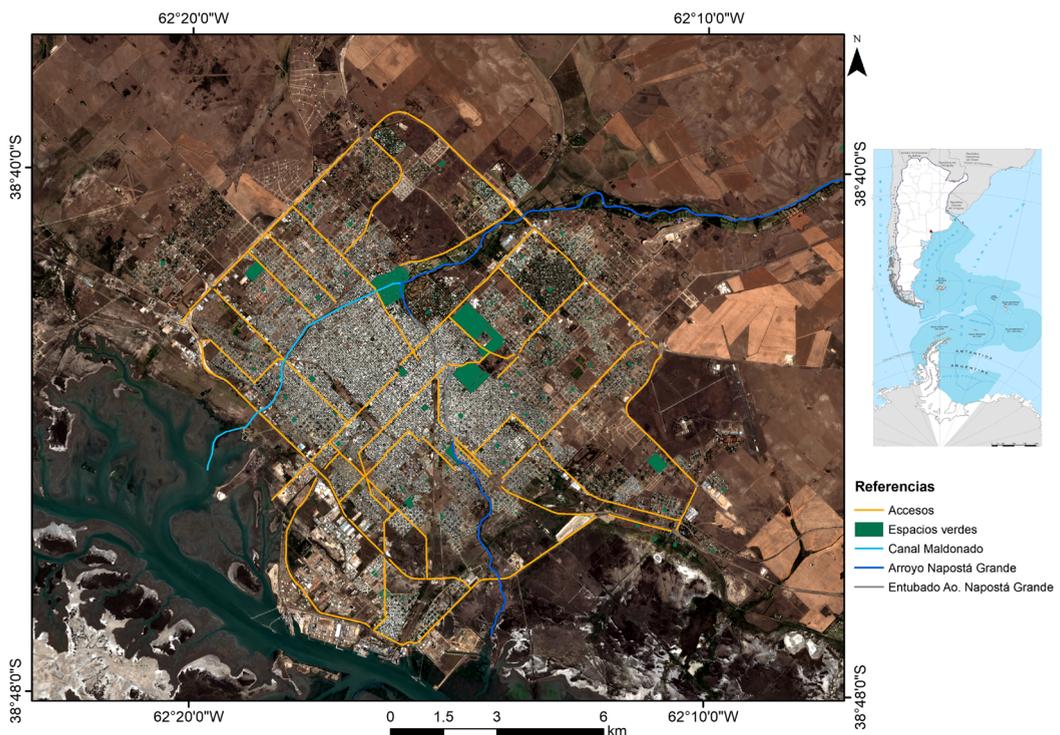


Fig. 1. Área de estudio. Fuente: elaboración propia sobre la base de IGN.

METODOLOGÍA Y MÉTODOS

En el presente trabajo se analizaron en primer lugar, datos diarios y horarios de velocidad y dirección del viento y precipitación para la estación meteorológica Bahía Blanca Aero, provistos a demanda por el SMN. Luego, se definieron los eventos extremos a partir de un enfoque estadístico aplicando percentil mensual 95 y 99 para diciembre a los datos de viento máximo diario (km/h) y precipitación diaria no nula (mm

en 24 horas) en el período 1961-2022, por ser el período disponible con información confiable para estas variables. Se considera evento extremo aquel día cuya variable supere el percentil 99 para el período 1961-2022. Estos umbrales son los que forman parte de la toma de decisión del SMN para emitir los niveles de alerta naranja y rojo ante la ocurrencia de fenómenos de tiempo que pudieran generar situaciones de riesgo (Saucedo *et al.*, 2021). Para el caso del viento, se establece alerta amarilla cuando se supera el umbral de 65 km/h de viento y 80 km/h para ráfagas; 90 km/h de viento y 110 km/h de ráfagas para alerta naranja y 110 km/h de viento y 140 km/h para ráfagas en el caso de alerta roja (Saucedo *et al.*, 2023).

El origen y evolución del evento se estableció mediante un análisis de la situación sinóptica. Para ello, se utilizaron como insumo las imágenes de radar y las cartas del tiempo del SMN y de la Dirección Meteorológica de Chile. Para el estudio de los impactos sobre el espacio urbano y la población se identificaron las principales afectaciones. En primer lugar, se realizaron recorridas de campo para documentar los daños a la infraestructura urbana mediante registro fotográfico. Luego, se relevaron y analizaron fuentes periodísticas locales entre la fecha del evento y la actualidad para identificar impactos. También se aplicaron entrevistas a especialistas en psicología para conocer los efectos en la salud mental de la población a mediano plazo. Por último, se realizó un análisis visual de detección de cambios con imágenes satelitales Sentinel-2 (fechas 07/12/2023 y 17/12/2023; cobertura de nubes menor al 1 %; combinación: B11, B8A y B4) en la plataforma SentinelHub (<https://www.sentinel-hub.com/>) y en ArcGIS. Por último, se clasificaron en categorías de daños a partir de la propuesta de Jongman *et al.* (2012), quienes ordenan a los daños en cuatro tipos: tangibles directos (por ejemplo, daños físicos debidos al contacto con el agua), tangibles indirectos (por ejemplo, pérdida de producción e ingresos), intangibles directos (por ejemplo, pérdida de vidas) e intangibles indirectos (por ejemplo, traumatismos).

RESULTADOS

Comportamiento de las variables meteorológicas consideradas: viento y precipitación

Los resultados indican que, durante el evento, el viento fue de dirección oeste y su mayor intensidad se registró a las 19:48 horas del día 16 con ráfagas de 155 km/h sin embargo, cabe destacar que el viento persistió por encima de los 100 km/h entre 20 y 30 minutos conforme lo indican los datos observados en la estación meteorológica Bahía Blanca Aero, emplazada en el Aeropuerto de la localidad mencionada (SMN, 2024b). De forma categórica es posible mencionar que en este caso el viento alcanzó el máximo grado de la escala del SMN, correspondiente a la categoría de temporal huracanado equivalente a más de 118 km/h (SMN, 2018). No obstante, el caso analizado podría quedar excluido de dicha categoría al tratarse de vientos por tormenta pues el SMN aclara previamente que esta escala de vientos deja de aplicarse en las condiciones mencionadas.

Respecto a la precipitación, el total registrado fue de 60 mm. En este trabajo se aplicaron los percentiles mensuales 95 y 99 a las variables de precipitación y viento máximo diario. Para el caso de la precipitación, el percentil 95 fue de 34 mm mientras que el percentil 99 fue de 62,5 mm. Por lo tanto, el evento del 16 de diciembre se considera un día muy húmedo (percentil 95) pero no extremo (percentil 99). En cuanto al viento, el percentil 95 fue de 96 km/h mientras que el percentil 99 fue de 122,2 km/h. A partir de la metodología aplicada se concluye que el evento objeto de análisis representó un evento extremo de viento dado que la variable supera el percentil 99 asociado a extremos.

Situación sinóptica durante el día 16 de diciembre 2024

Una vez identificado el evento como extremo y analizado los datos diarios y horarios se estableció la situación meteorológica que

dio origen a partir de las cartas del tiempo y de imágenes de radar del Servicio Meteorológico Nacional y de la Dirección Meteorológica de Chile. La situación meteorológica estuvo caracterizada por la presencia de un sistema convectivo (Fig. 2a y 2b) a lo largo de un frente frío que generó tormentas y fuertes ráfagas de viento que afectaron a la localidad de Bahía Blanca el 16 de diciembre, Olavarría y el AMBA el día posterior (SMN, 2024b). A las 12 UTC del sábado 16, es decir, 09:00 Hora Oficial Argentina (HOA) (Fig. 2a) se desplazaron estrechos corredores de humedad en el sector delantero del frente frío que avanzaba sobre la República de Chile hacia el Este. En horas de la tarde, precisamente entre las 21 UTC y 00 UTC (18:00 y 21:00 HOA) (Fig. 2b y 2c) el área de estudio estuvo influenciada por la presencia de un sistema frontal frío en superficie que generó tormentas e intensas ráfagas de viento, como se mencionó con anterioridad. En el AMBA durante la madrugada del día 17 de diciembre se evidenció el paso de la tormenta, conservando las características de bow-echo (SMN, 2024b). Asimismo, se registraron ráfagas de viento con valores máximos entre 105 km/h y 142 km/h según la zona (SMN, 2024b). Por otra parte, en las imágenes de radar (Fig. 3) se observa la estructura de la tormenta de distribución horizontal arqueada (bow-echo), coincidiendo con el análisis realizado con las cartas del tiempo (Corfidi *et al.*, 2022; SMN, 2024b). Este sistema de tormenta se manifiesta con ráfagas de viento intensas y destructivas, conocidas como derecho (Johns & Hirt, 1987; Torres Brizuela *et al.*, 2011; SMN, 2024b). En tonalidades rojo y violeta se reconocen potenciales precipitaciones intensas entre las 18.41 y 19:08 HOA que se dirigen hacia el Este. Por último, a las 09 UTC del día 17 de diciembre (06:00 HOA) se observa el avance del frente frío sobre la República Oriental del Uruguay y un frente ocluido al sur de la provincia de Buenos Aires (Fig. 2d).

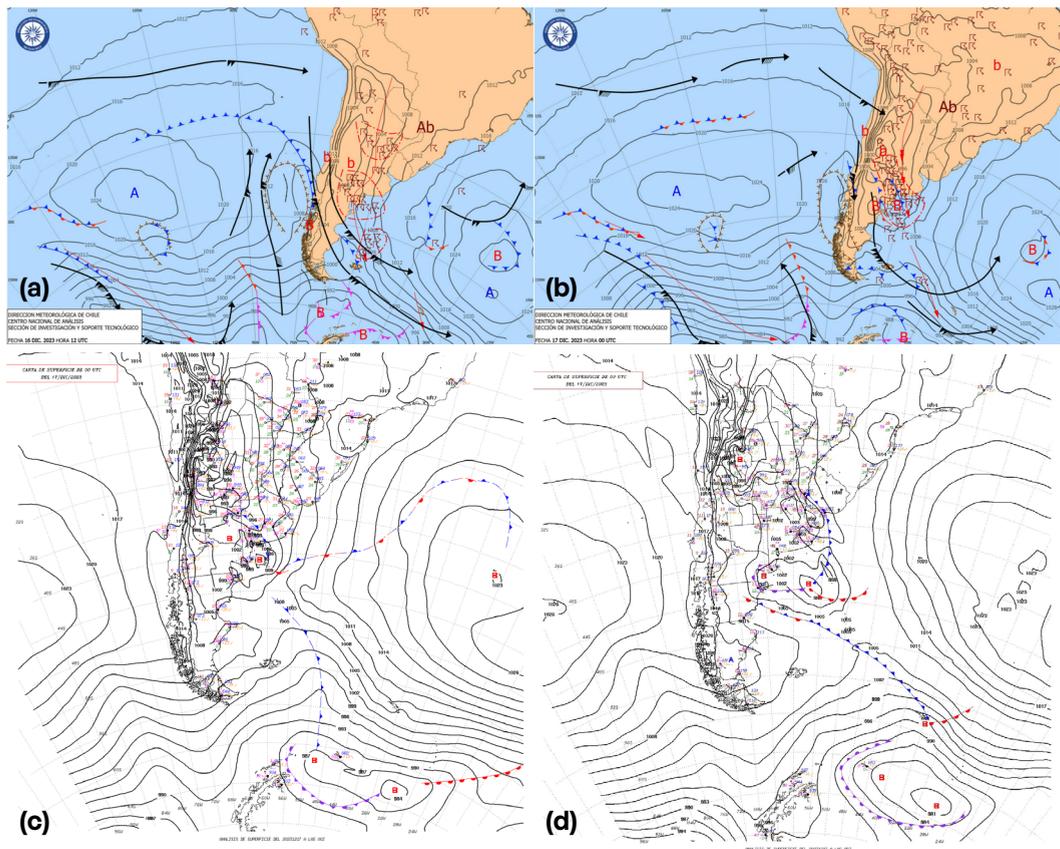


Fig. 2. Cartas del tiempo del 16 de diciembre a las 12 UTC= 9 HOA (a), 17 de diciembre a las 00 UTC= 21 (HOA) (b y c) y a las 09 UTC=6 (HOA) (d). Fuente: Dirección Meteorológica de Chile (a y b) y Servicio Meteorológico Nacional (c y d).

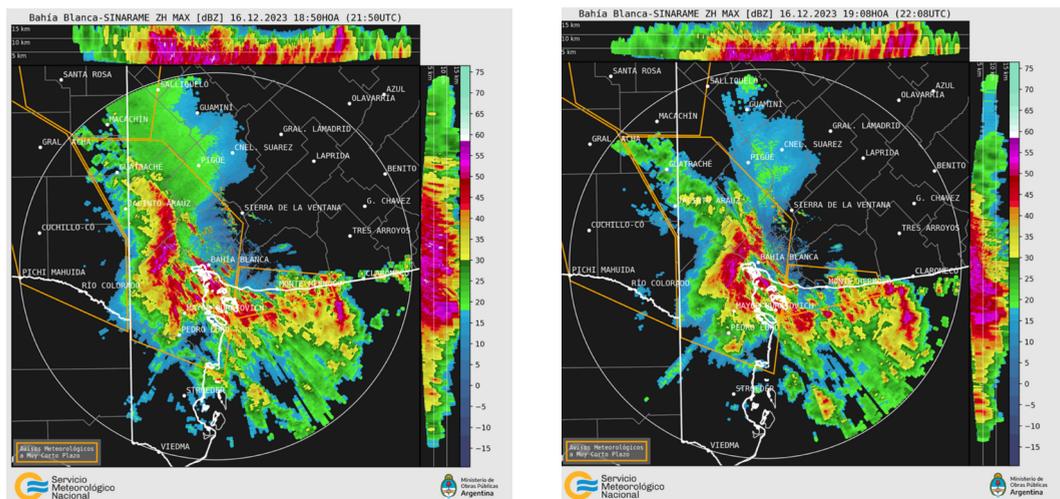


Fig. 3. Imágenes de radar del 16 de diciembre de 2023 a las 18:50 HOA y 19:08 HOA. Fuente: Servicio Meteorológico Nacional.

Daños y efectos sobre la ciudad

Del análisis de las publicaciones en las redes sociales de los medios periodísticos de la ciudad y las recorridas de campo, casi de forma simultánea al evento, se identificaron como principales daños directos tangibles caída árboles, voladura de techos y derrumbe de construcciones en un número de ocurrencia altamente mayor a temporales y tormentas ocurridas con anterioridad (Fig. 4). Una mención específica merece la caída de árboles que se contabilizaría en 14.000 ejemplares (Rueda, 2024). A su vez, en el caso de las viviendas precarias las destrucciones no fueron parciales, sino totales.



Fig. 4. Daños tangibles observados en el área urbana. Fuente: Natasha Picone (2023) (a y b), La Nueva (c, d, e y f).

En cuanto a los servicios, el tendido eléctrico se vio dañado por los cortes de cables y la caída de postes, así como también de líneas de alta y media tensión, lo que provocó que la ciudad en su totalidad quede desprovista del suministro de energía eléctrica por varias semanas. El suministro de agua potable también se interrumpió y en gran parte de la ciudad su restablecimiento demoró más de una semana, principalmente en los sectores más vulnerables ("Sin agua ni luz. ¡Ayuda!": comienzan a trabajar en uno de los sectores más complicados de la ciudad, 2023). En cuanto a los daños sobre la población, se registraron personas heridas y también fallecidas. Las fuentes oficiales informaron 13 decesos si bien por la magnitud del evento existe la inquietud acerca de que este número haya sido mayor (Se confirma la muerte de 13 personas en el club Bahiense del Norte, 2023; Muñoz, 2024). No obstante, es un hecho inédito para la ciudad el número oficial de fallecimientos durante un evento climático extremo. También puede considerarse como algo extraordinario el registro de daños directos intangibles relacionados con el estrés postraumático de la población que sufrió daños en sus viviendas o heridas. De la consulta realizada a especialistas en psicología se identificó que el carácter intempestivo de estos eventos se traduce en una sintomatología similar a la de un estrés postraumático. En este sentido, los profesionales de la salud mental atendieron casos de distorsión en el sueño, episodios de angustia, reacciones fisiológicas relacionadas con el evento, principalmente.

Para realizar un análisis general de las áreas más afectadas por la caída de vegetación se utilizó la detección de cambios a partir de imágenes satelitales. En ella se observó que el efecto del sistema convectivo y las consecuentes ráfagas de viento sobre la vegetación fue particularmente detectable en grandes áreas verdes de la ciudad como por ejemplo el parque El Pinar (1), el barrio Palihue (2) y la Plaza Almirante Brown (3), entre otros (Fig. 5).

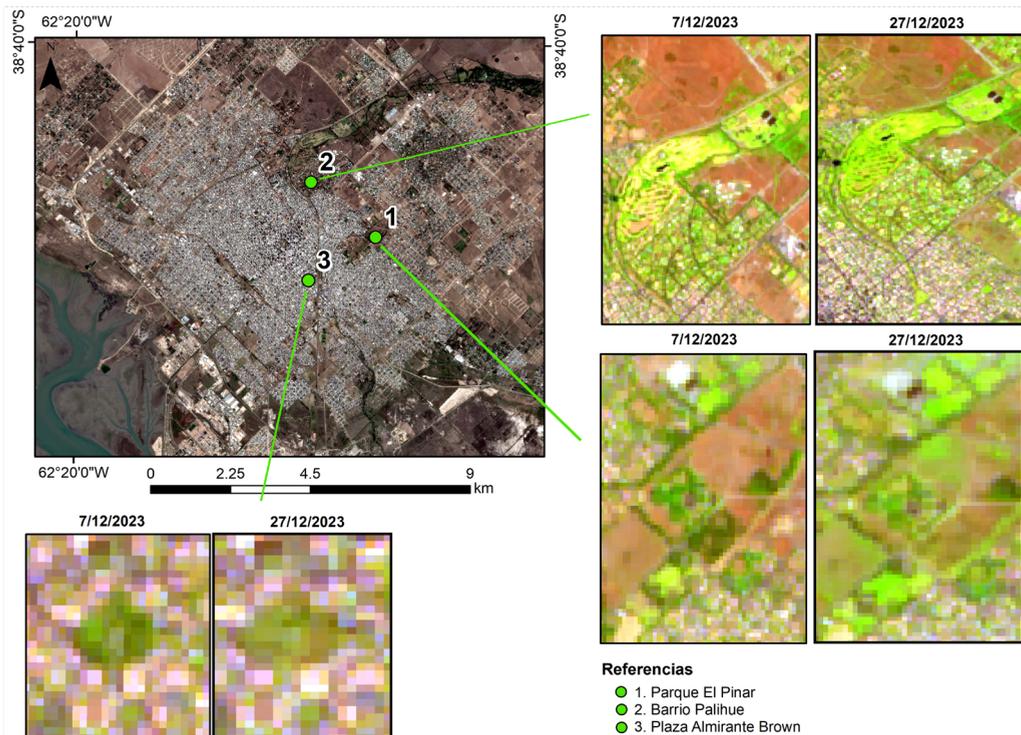


Fig. 5. Detección de cambios en la vegetación a partir de imágenes satelitales.

Por otro lado, no se observó un patrón distintivo de destrucción, sino que toda la ciudad fue afectada. De esta manera se evidencia que no se trató de un tornado sino de un “derecho” dado que un tornado produce daños localizados con una extensión horizontal de aproximadamente de 250 m mientras que, con un derecho el daño es generalizado (Campo *et al.*, 2004; Cordifi *et al.*, 2022).

Discusión

Conforme a lo analizado en el presente trabajo y de acuerdo a lo afirmado por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2024a) el evento del 16 de diciembre de 2023 se caracterizó por la presencia de un sistema convectivo de tormentas distribuida horizontalmente en forma de arco de tipo bow-echo que afectó severamente a la ciudad de Bahía Blanca. Respecto a la situación sinóptica, estuvo caracterizada por el avance de

un frente frío y una importante acumulación de humedad asociada a un sistema de baja presión en superficie. Por lo expuesto, se evidencia que las condiciones sinópticas observadas en este trabajo son similares a las halladas por Lima de Figueiredo y otros (2019) en Brasil y por Torres Brizuela y otros (2019) para el norte la provincia de Buenos Aires, Argentina durante el evento de precipitación del 20 de octubre de 2023.

El daño registrado en la localidad de análisis se corresponde con los observados en el medio-oeste de Estados Unidos en 2003 (Wheatley *et al.*, 2006) y en el sur de Brasil en los eventos ocurridos en mayo del 2013 y octubre del 2014 (Lima de Figueiredo *et al.*, 2019). Entre los daños causados por viento pueden mencionarse la caída de árboles, daños a líneas eléctricas, daños estructurales a la propiedad y la eliminación parcial o total de tejados.

Los derechos y tornados se encuentran asociados a bow-echoes. Dado su potencial destructivo resulta de gran interés su monitoreo y estudio. En Argentina, el SMN emite alerta para precipitación y viento de manera independiente. Se establece alerta amarilla cuando en el área de estudio se supera el umbral de 65 km/h de viento y 80 km/h para ráfagas; naranja cuando el viento es de 90 km/h de viento y 110 km/h de ráfagas y roja con 110 km/h de viento y 140 km/h para ráfagas (Saucedo *et al.*, 2023). Respecto a lluvias o tormentas, los umbrales para alerta amarilla, naranja y roja son 40, 70 y 175 mm respectivamente (Saucedo *et al.*, 2023). En cambio, en Estados Unidos, donde los bow-echoes son más frecuentes, el Servicio Meteorológico Nacional NOAA emite advertencias de tormenta severa en caso de que se cumpla al menos una de las siguientes condiciones: ráfagas de viento de al menos 93.3 km/h aproximadamente (58 mph), tornado o granizo de al menos 1" de diámetro (National Weather Service, 2024). A su vez, consideran tormenta severa significativa cuando las ráfagas de viento superan los 120.7 km/h (75 mph), el granizo es de 2" o más de diámetro o se prevén condiciones de tornado de categoría igual o superior a EF-2 (National Weather Service, 2024).

Para el evento analizado en este trabajo, el SMN emitió una alerta naranja de viento al cual se le otorgó una escasa relevancia por parte

de la población. Asimismo, un aspecto a destacar para dar cuenta de la magnitud del evento es que la alerta emitida por el SMN se corresponde con ráfagas de 110 km/h mientras que el evento registró ráfagas de hasta 155 km/h, cuyo valor supera el umbral del alerta roja. Una advertencia de esta categoría implica ya el dictado de instrucciones oficiales para guiar el accionar de la población ante la expectativa de fenómenos meteorológicos excepcionales con potencial de provocar emergencias o desastres.

El conocimiento de eventos adversos en términos de frecuencia, intensidad e impacto territorial brindan información confiable para la toma de decisiones (Lavia, 2023). De esta manera, estos eventos poseen potencial para actuar con una función catalizadora, que promueva la ejecución de medidas preexistentes o la reformulación del marco normativo (Sultana, Johnson y Thompson, 2008). Tal es el caso de la ciudad de Santa Fe (Argentina) que fue testigo de inundaciones en 2003 y 2007 que tuvieron un impacto notable por el grado de afectación del territorio, el volumen de los daños y las pérdidas ocasionadas a la población y sus sistemas (Gobierno de la Ciudad de Santa Fe, 2017). Como resultado se incorporó la Gestión del Riesgo de Desastre como política central del plan de desarrollo y se implementaron acciones orientadas a la elaboración de un plan de contingencias y protocolos de actuación, un sistema de alerta temprana, planes de evacuación y capacitación en emergencias, programas de educación y concientización de la población, entre otras medidas (Gobierno de la Ciudad de Santa Fe, 2017). En el área de estudio, se llevan a cabo actualmente tareas de recuperación las cuales se espera que incluyan además medidas de adaptación y preparación ante la posible ocurrencia de eventos similares al analizado en este trabajo.

CONCLUSIONES

En este trabajo se presenta un ejemplo de evento extremo que no reconoce antecedentes similares en Bahía Blanca y dada su severidad produjo notables impactos en el espacio urbano y población. La utilización

complementaria de diversas fuentes de información potenció el análisis integral, lo cual se considera de suma importancia al momento de tomar decisiones con rapidez, que es lo que se requiere para la gestión de este tipo de eventos.

A partir del análisis de la prensa escrita fue posible vislumbrar la escasa importancia que se le otorgó a la alerta emitida por la entidad meteorológica oficial, el Servicio Meteorológico Nacional. En este sentido se advierte la necesidad de trabajar sobre aspectos de concientización de la población como también en la prevención, para reducir los posibles efectos adversos de este tipo de fenómenos. La severidad del evento expuso la necesidad de profundizar el conocimiento sobre las consecuencias de su manifestación y más aún en el actual contexto de cambio climático.

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo se desarrolló en el marco del PGI Geografía Física aplicada al estudio de la interacción sociedad-naturaleza. Problemáticas ambientales a diferentes escalas témporo-espaciales (24/G092), financiado por la Secretaría General de Ciencia y Tecnología (SGCyT), Universidad Nacional del Sur. Yamila Lambrecht es estudiante del Doctorado en Ciencias Aplicadas Mención Ambiente y Salud (DCAAS, UNICEN, Argentina).

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Yamila Lambrecht: Curación de datos, Conceptualizaciones, Análisis formal, Investigación, Metodología, Recursos, Software, Visualización, Escritura-borrador original.

Natasha Picone: Conceptualizaciones, Análisis formal, Investigación, Metodología, Recursos, Software, Supervisión, Visualización, Escritura, revisión y edición.

Paula Zapperi: Conceptualizaciones, Investigación, Metodología, Recursos, Supervisión, Escritura, revisión y edición.

Verónica Gil: Conceptualizaciones, Adquisición de financiación, Administración del proyecto, Supervisión.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los autores no poseen conflictos de interés

REFERENCIAS

- Ashley, W. S., & Mote, T. L. (2005). Derecho hazards in the United States. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 86(11), 1577-1592
- Campo, A. M., Capelli de Steffens, A. M. y Diez, P. G. (2004). *El clima del suroeste bonaerense*. Universidad Nacional del Sur, Departamento de Geografía y Turismo.
- Campo, A. M., Fernández, M. E. y Gentili, J. O. (2017). Variabilidad temporal del PM10 en Bahía Blanca (Argentina) y su relación con variables climáticas. *Cuadernos Geográficos*, 56:3, 6-25. <https://revistaseug.ugr.es/index.php/cuadgeo/article/view/5084/5844>
- Capelli de Steffens, A. M., Piccolo, M. C. y Campo de Ferreras, A. M. (2005). *El clima urbano de Bahía Blanca*. Editorial Dunken.
- Corfidi, S. F., Evans, J. S. & Johns, R. H. 2022. *Derechos facts page. About Derechos*. Part of the NOAA-NWS-NCEP Storm Prediction Center web site. Recuperado el 28 de febrero de 2024 de <https://www.spc.noaa.gov/misc/AbtDerechos/derechofacts.htm#bowecho>
- Duval, V. S., Benedetti, G. y Baudis, K. (2022). Confort térmico producido por la vegetación arbórea en el macrocentro de Bahía Blanca (Argentina). *Ecología Austral*, 32:2, 502-515. <http://hdl.handle.net/11336/221624>
- Duval, V. S. y Ramos, M. B. (2023). Expansión urbana y espacios verdes en Bahía Blanca (Argentina). *Proyección. Estudios Geográficos y De Ordenamiento Territorial*, 17:33, 96-119. <https://doi.org/10.48162/rev.55.038>

En menos de 48 horas llovió más que en todo el resto del año (2022). La Nueva. <https://www.lanueva.com/nota/2022-3-25-9-3-0-en-menos-de-48-horas-llovio-mas-que-en-todo-el-resto-del-ano>

Ferrelli, F. (2016). *Análisis del clima local y micro-local de la ciudad de Bahía Blanca*. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, Tesis doctoral, 267 p. <http://repositoriodigital.uns.edu.ar/handle/123456789/2698>

Fujita, T. T. (1978). *Manual of downburst identification for project NIMROD* (No. NASA-CR-156953). Satellite and Mesometeorology Res. Pap. 156, Dept. of Geophysical Science, University of Chicago (1978)

Fujita, T. T. (1979). *Objectives, operation, and results of Project NIMROD*. In Preprints, 11th Conf. on Severe Local Storms, Kansas City, MO, 1979 (pp. 259-266). American Meteorological Society.

Gobierno de la Ciudad de Santa Fe. (2017). *Santa Fe Resiliente*. Recuperado el 29 de mayo de 2024 de https://resilientcitiesnetwork.org/downloadable_resources/Network/Santa-Fe-Resilience-Strategy-Spanish.pdf

INDEC. (2023). *Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas 2022: resultados definitivos: indicadores demográficos, por sexo y edad*. 1a ed. https://www.indec.gob.ar/ftp/cuadros/poblacion/censo2022_indicadores_demograficos.pdf

Jongman, B. et al. (2012). Comparative flood damage model assessment: Towards a European approach. *Natural Hazards and Earth System Science*, 12:12, 3733-3752. <https://doi.org/https://doi.org/10.5194/nhess-12-3733-2012>

Johns, R. H., & Hirt, W. D. (1987). Derechos: Widespread convectively induced windstorms. *Weather and Forecasting*, 2(1), 32-49. [https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1987\)002%3C0032:DWCIW%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1987)002%3C0032:DWCIW%3E2.0.CO;2)

- Lavia, N. C. (2023). Eventos meteorológicos severos y sus impactos en la planta turística de la ciudad de Puerto Madryn a partir del análisis de la prensa digital (2010-2021). *Párrafos Geográficos*, 22: 1, 133-149. Recuperado el 20 de mayo de 2024 de <http://portal.amelica.org/ameli/journal/739/7393991009/>
- Lima de Figueiredo, E., de Lima Nascimento, E., & Ilha de Oliveira, M. (2019). Analysis of two derecho events in Southern Brazil. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 131, 1171-1190. <https://doi.org/10.1007/s00703-018-0654-x>
- Merz, B., Kreibich, H., Schwarze, R., & Thielen, A. (2010). Review article "Assessment of economic flood damage". *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 10:8, 1697-1724. <https://doi.org/10.5194/nhess-10-1697-2010>
- Muñoz, M. 2024. *¿De dónde surgieron los falsos rumores sobre más víctimas por el temporal?*. La Nueva. <https://www.lanueva.com/nota/2024-1-20-5-0-36-de-donde-surgieron-los-falsos-rumores-sobre-mas-victimas-por-el-temporal>
- Nacionales Unidas. (2018). *Las ciudades seguirán creciendo, sobre todo en los países en desarrollo*. Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. <https://www.un.org/es/desa/2018-world-urbanization-prospects>
- National Weather Service. (2024). *Comprensión de las categorías del pronóstico de tormentas severas*. Storm Prediction Center, National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction. <https://www.spc.noaa.gov/>
- Piscitelli, F. (2019). *Detección de sistemas severos de mesoescala y descripción de entornos asociados*. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad Nacional de Buenos Aires, Tesis de Licenciatura, 101 p. https://www.researchgate.net/publication/350799747_Universidad_de_Buenos_Aires_Deteccion_de_sistemas_severos_de_mesoescala_y_descripcion_de_entornos_asociados

- Rueda, G. D. (2024). *El temporal y los árboles: ¿por qué es más importante planificar que plantar?*. La Nueva. <https://www.lanueva.com/nota/2024-1-7-5-0-22-el-temporal-y-los-arboles-por-que-es-mas-importante-planificar-que-plantar>
- Sanhueza, C., Germain, P., Zapperi, G., Cuevas, Y., Damiani, M., Piovan, M. J., Tizón, R. & Loydi, A. (2016). *Plantas nativas de Bahía Blanca y alrededores: descubriendo su historia, belleza y magia*. 2da. Edición. Tellus.
- Saucedo, M., Campetella C., Cejas A., Cerrudo C. y Amorin I., Stella J. L. (2021). *Definición de umbrales meteorológicos para el nuevo sistema de alertas del SMN*. <http://hdl.handle.net/20.500.12160/1723>
- Saucedo, M., Cejas, A., Chasco, J., Moreno, D., de Diego, M. y Fernández, C. (2023). *Sistema de Alerta Temprana: umbrales para los alertas*. <http://hdl.handle.net/20.500.12160/2592>
- Scian, B. (2010). *Clima - Bahía Blanca y Sudoeste Bonaerense*. En J. Paoloni (Ed.), *Ambiente y Recursos Naturales del Partido de Bahía Blanca*. Clima, Geomorfología, Suelos y Aguas. pp. 27-83. EdiUNS: Bahía Blanca.
- Se confirma la muerte de 13 personas en el club Bahiense del Norte* (2023) La Nueva. <https://www.lanueva.com/nota/2023-12-16-21-30-0-se-confirman-victimas-fatales-en-bahiense-del-norte>
- Schenkman, A. D., & Xue, M. (2016). Bow-echo mesovortices: A review. *Atmospheric Research*, 170, 1-13. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2015.11.003>
- SMN. (2012). *Informe de la Tormenta ocurrida el 4 de abril de 2012 en la Provincia de Buenos Aires*. Departamento de Hidrometeorología del Servicio Meteorológico Nacional. <https://repositorio.smn.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12160/2061/0004HM2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- SMN. (2018). *¿Cómo clasificamos la intensidad del viento?*. <https://www.smn.gob.ar/noticias/%C2%BFc%C3%B3mo-clasificamos-la-intensidad-del-viento>

- SMN. (2024a). *Informe especial N°4 por ola de calor/altas temperaturas temporada 2023-2024*. https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/informe_oladecalor_21ene_al_12feb_2024.pdf
- SMN. (2024b). *Informe de evento meteorológico 16 - 17 de Diciembre de 2023*. <https://www.smn.gob.ar/sites/default/files/Informe%20meteorologico%2016-17%20diciembre%202023.pdf>
- Torres Brizuela, M., Vidal, R., García Skabar, Y., Nicolini, M., & Vidal, L. (2011). *Análisis del entorno sinóptico asociado con eventos de Bow-Echo en la Provincia de Buenos Aires*. *Meteorologica*, 36(1), 3-17.
- United Nation Habitat. (2020). *Annual report 2020*. Nairobi, Kenya. https://unhabitat.org/sites/default/files/2021/06/roaf_annual_report_2020.pdf
- Volonté, A., Gil, V., Gentili, J. O. y Campo, A. M. (2012). *Análisis del comportamiento del viento en el sector norte del periurbano de Bahía Blanca, Argentina*. *Revista Geográfica*, 83-103. <http://www.jstor.org/stable/43558006>
- Weisman, M. L. (1993). The genesis of severe, long-lived bow echoes. *Journal of the atmospheric sciences*, 50(4), 645-670. [https://doi.org/10.1175/1520-0469\(1993\)050%3C0645:TGOSLL%3E2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0469(1993)050%3C0645:TGOSLL%3E2.0.CO;2)