

ARTÍCULO

CIENCIA CIUDADANA PARA EL MONITOREO METEOROLÓGICO DE LA COSTA DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, REPÚBLICA ARGENTINA

Citizen Science for Meteorological Monitoring of the Coast of the Province of Buenos Aires, Argentina

Bustos, M. L.^{1 2 3} , Ferrelli, F.^{1 2 4}  & Piccolo, M. C.^{1 2 5} 

RESUMEN: La ciencia ciudadana es una eficaz herramienta que permite monitorear y comprender los fenómenos ambientales. En este contexto, el objetivo de este trabajo fue analizar la metodología y el desarrollo de la primera red de monitoreo meteorológico urbano en la provincia de Buenos Aires, República Argentina, a través de la ciencia ciudadana. El proceso consistió en 3 fases: la capacitación de los voluntarios, la instalación de instrumental y recolección de datos, y la validación de datos y comunicación de los resultados. La red de monitoreo se distribuyó en 23 localidades costeras e incluye 84 pluviómetros manuales y 16 dispositivos con sensores de temperatura y humedad diseñados para analizar condiciones micro-locales generadas por el desarrollo urbano. Además, se instalaron 15 estaciones meteorológicas para validar estos datos medidos por los ciudadanos. La comunicación de resultados fue a través de una página web con información y datos meteorológicos de acceso público, gratuitos y en tiempo real. La información recopilada se utilizará para construir una base de datos que analice los efectos de eventos meteorológicos a nivel micro-local, local y regional,

¹ Instituto Argentino de Oceanografía (IADO, CONICET/UNS), Camino La Carrindanga Km 7 E1, Bahía Blanca B8000CPB, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

² Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur, 12 de octubre 1098 Cuarto Piso, Bahía Blanca B8000CTX, Provincia de Buenos Aires, República Argentina.

³ Autor de correspondencia. Correo electrónico: lujan.bustos@uns.edu.ar

⁴ Correo electrónico: federicoferrelli@gmail.com

⁵ Correo electrónico: ofpiccol@criba.edu.ar

Como citar este artículo: Bustos, M. L., Ferrelli, F. & Piccolo, M. C. (2023). Ciencia ciudadana para el monitoreo meteorológico de la costa de la provincia de Buenos Aires, República Argentina. Revista FACENA 33, 58-75. Doi: <https://doi.org/10.30972/fac.3317370>

Recibido/Received: 05/09/2023. Revisión: 20/09/2023. Aceptado/Accepted: 14/12/2023.

Editor asociado: Félix Ignacio Contreras .

Publicado en línea: 07/03/2024. ISSN 1851-507X en línea.

respaldando la toma de decisiones en la planificación urbana y aumentando la conciencia pública sobre la variabilidad climática local.

PALABRAS CLAVE: Monitoreo participativo, investigación participativa, eventos meteorológicos, microclima, urbanizaciones costeras.

ABSTRACT: Citizen science is an effective tool that enables monitoring and understanding of environmental phenomena. Within this context, the objective of this work was to analyze the methodology and development of the first urban meteorological monitoring network in the Buenos Aires province, Argentina, through citizen science. The process consisted of three phases: volunteer training, installation of equipment for data collection, and data validation and result communication. The monitoring network was distributed across 23 coastal localities and comprised 84 manual rain gauges and 16 devices equipped with temperature and humidity sensors designed to analyze micro-local conditions generated by urban development. Additionally, 15 weather stations were installed to validate data collected by citizens. The results were communicated through a website providing both information and real-time, freely accessible public meteorological data. The gathered information will be used to build a database that examines the effects of meteorological events at micro-local, local, and regional levels, supporting decision-making in urban planning and raising public awareness about local climate variability.

KEY WORDS: Participatory monitoring, participatory research, meteorological events, microclimate, coastal urbanizations.

INTRODUCCIÓN

La ciencia ciudadana, una metodología en constante crecimiento, ha demostrado ser un pilar fundamental en la investigación científica contemporánea al involucrar a ciudadanos comunes en la recopilación y generación de conocimiento científico. Bonney *et al.* (2009) definen a la ciencia ciudadana como una colaboración entre científicos y personas de la sociedad para llevar a cabo proyectos de investigación. Esta colaboración permite a personas no académicas contribuir a la recolección de datos y al análisis de fenómenos naturales enriqueciendo la comprensión colectiva de variables ambientales, climáticas y biológicas (Earp y Liconti, 2020). La ciencia ciudadana no solo permite el acceso a la ciencia, sino que también promueve una comprensión más profunda de la naturaleza al incorporar una variedad de perspectivas y experiencias (Kullenberg *et al.*, 2016).

La importancia de la ciencia ciudadana radica en su capacidad para abordar preguntas de investigación a gran escala que, de otro modo, serían difíciles de resolver solo por los científicos (Cooper *et al.*, 2012). En un mundo donde los desafíos ambientales y climáticos son cada vez más urgentes, la ciencia ciudadana se convierte en una herramienta poderosa para monitorear y comprender estos fenómenos. Como destacan Gacutan *et al.* (2023), esta ciencia no solo amplía la base de datos científicos, sino que también fomenta la alfabetización científica y la conciencia pública sobre cuestiones ambientales. Además, involucra a la comunidad en la toma de decisiones informadas lo que puede llevar a la implementación de políticas más efectivas y sostenibles.

Como argumentan Fraisl *et al.* (2022), la ciencia ciudadana brinda una oportunidad única para involucrar a la comunidad en la recopilación de datos ambientales, enriquecer el acervo de datos científicos y promover una conciencia pública más profunda de los asuntos medioambientales y climáticos, lo que es esencial en la toma de decisiones basadas en la evidencia (Bonney *et al.*, 2016). Esta iniciativa no solo llenará un vacío en la información meteorológica urbana, sino que empoderará a los ciudadanos para que se conviertan en actores activos en la gestión de eventos meteorológicos y en la formulación de estrategias de adaptación (Haklay *et al.*, 2015; Domingo-Marimon *et al.*, 2022).

En la provincia de Buenos Aires (Argentina), se identifica una carencia significativa en lo que respecta al monitoreo meteorológico urbano. Según Garna *et al.* (2023), la ausencia de redes de monitoreo meteorológico en zonas urbanas ha resultado en una falta de información precisa sobre eventos climáticos extremos, lo que a su vez limita la capacidad de anticipación y respuesta a situaciones de emergencia. La importancia de establecer una red de monitoreo meteorológico urbano se ha subrayado en la literatura científica con ejemplos como el trabajo de López-Moreno *et al.* (2011) que destacan la necesidad de comprender y mitigar los impactos del cambio climático en áreas urbanas y periurbanas. En el

marco del proyecto Ciudadanos por el Ambiente Costero (CiuPAC) se ha trabajado desde la ciencia ciudadana para formar una red de monitoreo ambiental costero que incluya datos meteorológicos. En esta línea, el objetivo de este trabajo fue analizar la metodología y el desarrollo en la aplicación de la primera red de monitoreo meteorológico urbano en la provincia de Buenos Aires, a través de la participación ciudadana. Esta red de monitoreo abordará la carencia de información climática en áreas urbanas y fomentará la participación de la comunidad en la investigación y la gestión del ambiente.

Área de estudio

En esta investigación se incluyeron 23 localidades a lo largo de la costa de la provincia de Buenos Aires, República Argentina (Fig. 1), que se extiende por 1500 km a lo largo del litoral atlántico. Se caracteriza por una combinación de paisajes que van desde playas extensas y médanos hasta acantilados y áreas urbanizadas de muy diversas características. Algunas urbanizaciones son extensas y con alta densidad poblacional, grandes complejos residenciales, hoteles y centros turísticos como es el caso de Mar del Plata o Villa Gesell. Otras son pequeños núcleos urbanos caracterizados por una baja densidad de población y una escasa presencia de construcciones masivas. Estos enclaves más pequeños suelen albergar comunidades reducidas con una infraestructura más modesta y un entorno que conserva en mayor medida sus características naturales, incluyendo espacios verdes y una menor intervención en el paisaje como es el caso de Mar del Sud o Claromecó. Además, existen zonas urbanas con una planificación más orientada hacia la preservación del entorno natural. Estas áreas pueden presentar un mayor arbolado, espacios verdes bien conservados, diseño urbano más amigable con la naturaleza y una menor presencia de estructuras de hormigón como por ejemplo Mar de las Pampas o Cariló.

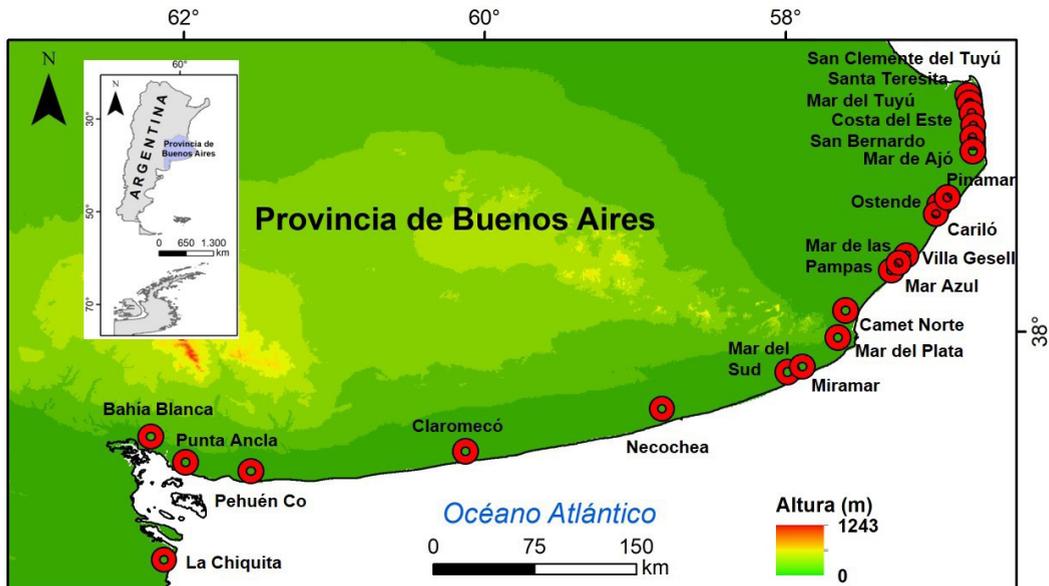


Fig. 1. Localización de las 23 localidades que forman parte de la red de monitoreo meteorológico del proyecto Ciudadanos por el Ambiente Costero (CiuPAC), provincia de Buenos Aires, Argentina.

METODOLOGÍA

La metodología implementada se fundamentó en una parte de la experiencia del proyecto de investigación denominado Ciudadanos por el Ambiente Costero (CiuPAC) donde participaron investigadores del Instituto Argentino de Oceanografía y la Universidad Nacional del Sur y una organización social que involucra diferentes agrupaciones ambientalistas de la provincia de Buenos Aires denominada Asamblea Regional en Defensa del Ambiente Costero (AREDAC). Este es un proyecto co-creado de ciencia ciudadana. Su enfoque no solo permite que los ciudadanos participen en diversas etapas del proceso de investigación, incluyendo el diseño, análisis de datos y divulgación de resultados, sino que también implica una colaboración estrecha y activa entre ambas partes (Fraisl *et al.*, 2022). Los ciudadanos aportan sus percepciones y conocimientos para abordar preguntas e inquietudes específicas relacionadas con la investigación uniendo esfuerzos con los científicos para explorar temas de interés común (Shirk *et al.*, 2012; Senabre Hidalgo *et al.*, 2021).

Se definieron tres etapas para llevar a cabo la red de monitoreo meteorológico: la capacitación de los voluntarios; el establecimiento de la red de monitoreo y comienzo de mediciones; y finalmente la validación de los datos y comunicación de resultados.

Fase 1: colaboración con organizaciones ambientales y talleres de capacitación

Una vez realizado el vínculo con AREDAC (Bustos y Ferrelli, 2022) se procedió a realizar talleres de capacitación teórico-práctico para los voluntarios de las organizaciones ambientalistas y público en general. Esta estrategia se basó en el enfoque de la ciencia ciudadana que busca involucrar a la comunidad en la recopilación de datos científicos (Cooper *et al.*, 2012). En los talleres se impartieron nociones sobre tiempo, clima, variaciones y eventos meteorológicos para la comprensión del monitoreo meteorológico. Se les explicó en detalle cómo determinar de forma perceptiva eventos de temperatura (calor y frío) y eventos de tormenta (viento y/o precipitación). También a utilizar y leer una tabla de Beaufort para determinar la velocidad del viento tanto en el mar como en los núcleos urbanos. Los instrumentales de medición fueron pluviómetros, microestaciones y estaciones meteorológicas. Se capacitó a cada persona que los recibió en su colocación, mantenimiento y toma de datos.

Fase 2: establecimiento de la red de monitoreo y comienzo de las mediciones

En esta etapa se les dio el espacio a los participantes de los talleres, guiados por los investigadores, para que diseñen la distribución del instrumental indicando posibles lugares para su instalación. Resuelta la etapa de capacitación de uso del instrumental y su distribución, comenzaron las mediciones y envío de datos a los investigadores.

Cada ciudadano que tuvo un pluviómetro debió registrar sus observaciones a la medianoche para determinar la cantidad de precipitación por día. Cada primero de mes enviaron los datos

recolectados (Fig. 2) a la persona de contacto de su localidad y esta los envió a los científicos para su análisis.

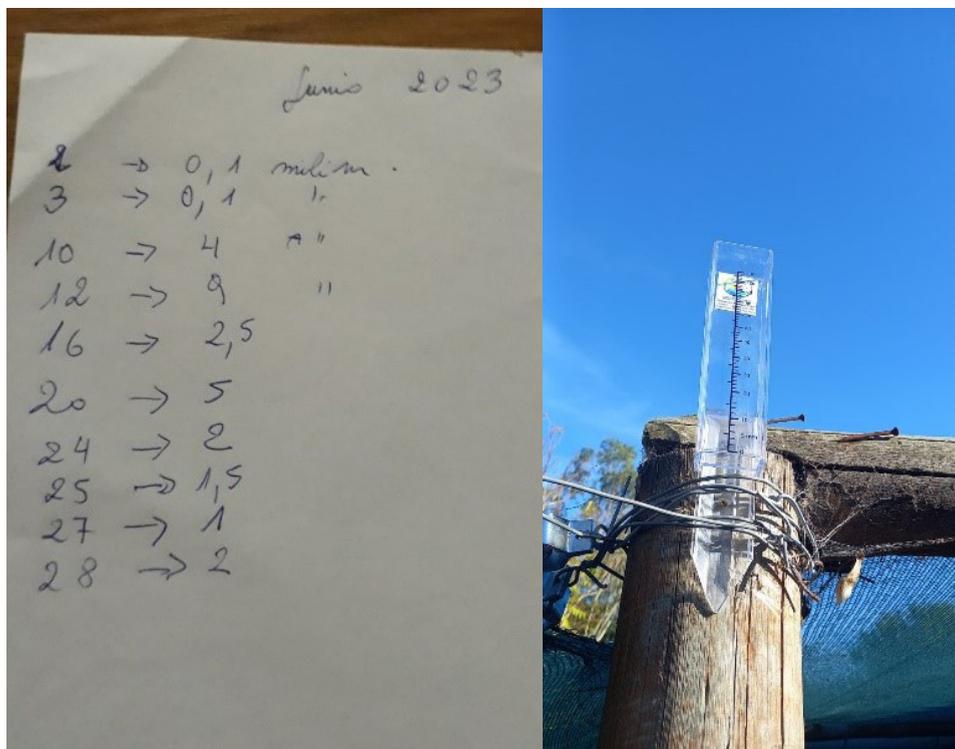


Fig. 2. Ejemplo de registros de precipitaciones de los participantes de la red de monitoreo meteorológico. A la izquierda datos mensuales enviados a la persona de contacto de Claromecó y a la derecha pluviómetro instalado en el partido de Villa Gesell.

Las microestaciones meteorológicas fueron construidas por personal del Instituto Argentino de Oceanografía (IADO) para el proyecto CiuPAC exclusivamente con el objetivo de que pudieran ser manipuladas por personas con una mínima capacitación. Estas miden temperatura y humedad del aire y las personas que las tenían en sus domicilios solo debían recargar sus baterías. El equipo cuenta con una luz interactiva que indica el estado de las baterías y además cuenta con un sistema de almacenamiento que favorece el guardado de la información, por lo que la tarea de los colaboradores locales es sencilla pero crucial para la recolección de esta información. Se colocaron 16 microestaciones en 3 localidades (Pehuén Co, Necochea y

Pinamar) las cuales estarán 12 meses y serán trasladadas a otras ciudades.

Fase 3: validación de datos y comunicación de resultados

La validación de datos es esencial en la ciencia ciudadana para garantizar la fiabilidad de los resultados (Haklay *et al.*, 2015). Para asegurar la calidad de los datos recopilados los investigadores instalaron 15 estaciones meteorológicas que monitorean el índice de radiación ultravioleta, la presión atmosférica, la velocidad y dirección del viento, la precipitación, la temperatura del aire y la humedad relativa cada cinco minutos. Para ello, se tuvieron en cuenta los siguientes criterios: i) un lugar expuesto al sol dado que la estación tiene un panel solar por el que adquiere energía para funcionar y pilas en el caso de días nublados, ii) la estación meteorológica se orientó apuntando al norte magnético de manera de no alterar las direcciones del viento, iii) se instalaron a menos de 2,5 m de altura para favorecer la medición de eventos como heladas y brisas marinas dado que para estos eventos la altura es un factor clave, iv) se ubicaron sobre edificios que no tuvieran ninguna (o la menor) interrupción del viento y v) se instalaron en donde la red de internet tuvo una intensidad mayor a 2,4 Hz dado que eso favorece una correcta transmisión de la información. En general, las estaciones meteorológicas cumplieron los estándares básicos para su instalación y funcionamiento.

Los datos son transmitidos de forma online a través de la plataforma Ecowitt Weather (<http://Ecowitt.net>) y descargados a un servidor cada 15 días. En las localidades muy cercanas se instaló una sola estación como, por ejemplo, en el partido de la Costa. En este municipio se colocaron tres estaciones, una en cada extremo y otra en el centro de este. Las personas que tienen en su casa una estación meteorológica también fueron capacitadas para su mantenimiento.

Además, para permitir y garantizar el acceso a la información de toda la comunidad, se plantearon, junto a los participantes de AREDAC, diferentes estrategias de comunicación. Ellos eligieron las redes sociales Facebook e Instagram para difundir las novedades del proyecto. Asimismo, y con el fin de comunicar los resultados, los miembros de AREDAC y los investigadores coincidieron en que la mejor estrategia de comunicación con

la comunidad en general es a través de una página web. Para ello se creó un sitio donde se da acceso a toda la población a los datos del proyecto CiuPAC (<http://ciupac.iado-conicet.gob.ar>). En ella se incluyó información variada como artículos científicos publicados sobre el proyecto, así como datos de interés como, por ejemplo, los datos en vivo de las estaciones meteorológicas (Fig. 4). También tutoriales de cómo instalar y registrar precipitaciones con el pluviómetro manual o cómo hacer el mantenimiento a las microestaciones y estaciones meteorológicas.

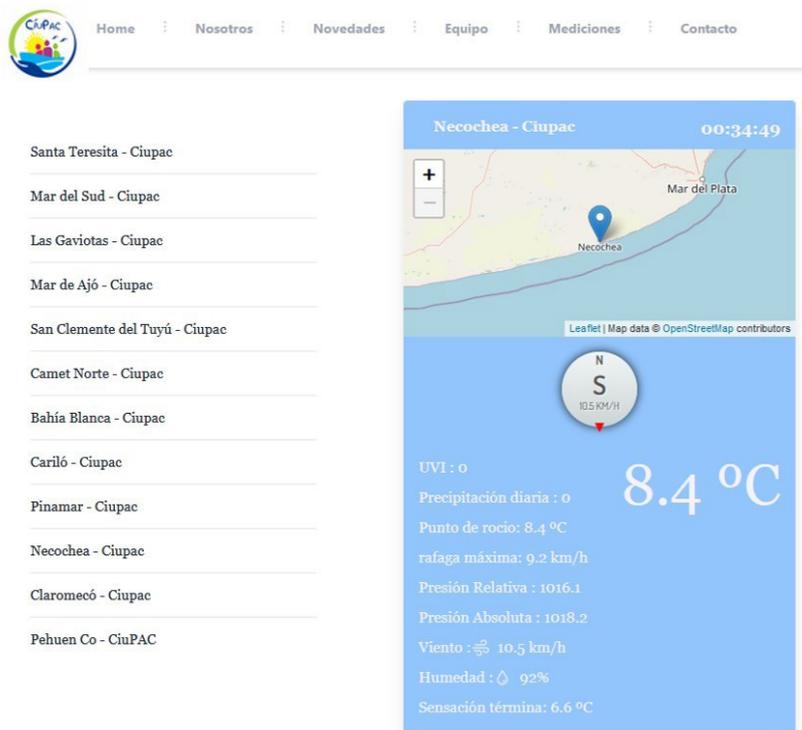


Fig. 4. Datos en vivo de la estación meteorológica de Necochea en la página web del proyecto CiuPAC (<http://ciupac.iado-conicet.gob.ar>)

En esta página se incluyeron formularios para que cualquier ciudadano de alguna de las localidades involucradas en la red de monitoreo pueda completar en caso de percibir un evento de temperatura extremo o alguna tormenta. De esta forma pueden registrar no solo como percibió la intensidad del evento sino también las repercusiones que tuvo en cuestiones de salud de la población o daños en infraestructura o arbolado, entre otros.

RESULTADOS

En búsqueda de fusionar la participación ciudadana con la recolección sistemática de datos se comenzó el armado y funcionamiento de la red de medición meteorológica en el contexto del proyecto CiuPAC. En esta sección, se buscó exponer el impacto significativo de la participación comunitaria en la construcción de una red de monitoreo meteorológico dinámica y enriquecedora a partir de la metodología descrita anteriormente.

a) Fase 1: colaboración con organizaciones ambientales y talleres de capacitación

Se dictaron 8 talleres teórico-práctico para 52 participantes de AREDAC en 23 localidades sobre la importancia de las mediciones y otras temáticas relacionadas. Posteriormente a estos primeros talleres se dictaron otros más focalizados a la lectura, descarga y mantenimiento del instrumental. En estos se capacitó a 117 personas de las localidades participantes en el uso de instrumental (pluviómetros, microestaciones y estaciones meteorológicas). Estos ciudadanos no pertenecían a las agrupaciones de AREDAC pero querían participar en las mediciones y de alguna u otra forma estaban conectados con los miembros de AREDAC (amigos, familiares, etc.).

Al finalizar los talleres se les pidió a los participantes que estipulen donde colocarían cada instrumental en un mapa de cada localidad. Se les explicó que debían estar equidistantes y las condiciones ambientales y de sitio que debían cumplir para su instalación. Los participantes trazaron los lugares a partir de sus propias casas y de amigos, familiares, etc. Finalmente, se solicitó un voluntario por localidad para ejercer el rol de persona de contacto. Su función fue la de recolectar los datos de todo el instrumental de su población cada 15 días y enviarlo a los investigadores para su análisis. Como resultado de los talleres se logró el contacto y la confianza de las comunidades locales y con ello el compromiso de varias personas para manejar el instrumental ofrecido.

b) Fase 2: establecimiento de la red de monitoreo

Se distribuyeron 80 pluviómetros manuales para medir precipitación

en 18 localidades (a excepción de localidades muy pequeñas o que ya contaban con estación meteorológica). Se contó con el aporte de cuatro participantes con pluviómetros propios para incorporarlos al proyecto. En total se dispuso de 84 pluviómetros.

Las personas de contacto de cada localidad diseñaron mapas a través de la aplicación de Google Earth con la ubicación de las estaciones, microestaciones y pluviómetros. Con esto lograron plasmar su red y tener una mejor visualización de sus ubicaciones. En la Figura 3 se observa el mapa que realizaron para las localidades de Villa Gesell, Mar de las Pampas y Mar Azul con la distribución de los pluviómetros y la estación meteorológica ubicada en Las Gaviotas. Sumado a ello, se distinguen los nombres de cada sitio que es una red de personas que se conocen entre sí.



Figura 3. Distribución de pluviómetros y estación meteorológica en las localidades de Villa Gesell, Mar de las Pampas y Mar Azul. Fuente: Imagen diseñada por los integrantes de la ACVG en base a una imagen de Google Earth®.

c) Fase 3: validación de datos y comunicación de resultados

El fácil acceso a los datos y resultados por parte de los ciudadanos a través de esta página web generó la aceptación y el compromiso de más participantes. Entre situaciones anecdóticas, en tres localidades se

acercaron a los investigadores un club de radioaficionados de Necochea, una persona que vivía en un campo y otra en la localidad de Claromecó y dejaron a disponibilidad del proyecto los datos registrados por sus estaciones meteorológicas particulares, las cuales están registrando información de los últimos cinco años aproximadamente. Esto demostró que una comunicación bidireccional entre investigadores y ciudadanos fue fundamental no sólo para obtener datos sino también para comunicarlos y que la población interesada pueda comprender lo que sucede en su entorno y se comprometa activamente en la toma de decisiones a futuro.

DISCUSIÓN

La implementación de la red de monitoreo meteorológico urbano en la provincia de Buenos Aires a través de la ciencia ciudadana, ha demostrado tener un enfoque exitoso y valioso para comprender y gestionar las condiciones climáticas locales. Desde el inicio, la colaboración estrecha con organizaciones ambientales, como AREDAC, y la realización de talleres de capacitación han establecido las bases para la participación activa de la comunidad. En un estudio reciente, Garna *et al.* (2023) exploraron la creación de un método para generar series de datos meteorológicos mediante la combinación de información proveniente de diversas fuentes. Sus hallazgos son similares a los obtenidos en este estudio, dado que se afirma que aunque los datos aportados por ciudadanos pueden presentar una calidad inferior en comparación con los de una estación meteorológica convencional, la significativa densidad de estos datos y la colaboración colectiva en la recopilación emergen como aspectos especialmente valiosos que merecen consideración en investigaciones futuras. En sintonía con esta perspectiva, el proyecto CiuPAC ha llevado a cabo la capacitación de más de cien personas en el manejo de instrumental meteorológico, que incluye pluviómetros, microestaciones y estaciones meteorológicas. Este esfuerzo ha culminado en el establecimiento de una red robusta de ciudadanos comprometidos y capacitados, quienes desempeñan un papel fundamental en el relevamiento de datos meteorológicos (Rotman *et al.*, 2012; Naqshbandi *et al.*, 2023).

El enfoque de diversificación de datos (precipitación, temperatura, humedad) no solo proporciona una visión completa de las condiciones meteorológicas locales, sino que también promueve la participación activa de la comunidad en la recolección diaria de datos (Shirk *et al.*, 2012). Un proyecto de ciencia ciudadana que demuestra el potencial de esta diversificación y del trabajo con voluntarios de la sociedad se desarrolla desde 1996 en Estados Unidos y Canadá. Este es conocido por sus siglas en inglés como CoCoRaHS (Community Collaborative Rain, Hail and Snow) (<https://www.cocorahs.org>). En este, se miden principalmente precipitaciones y heladas y cuenta con el apoyo de la Fundación Nacional de Ciencias y el Servicio Meteorológico Nacional, entre otras organizaciones norteamericanas que validan sus datos y contribución (Reges *et al.*, 2016).

La contribución del proyecto CiuPAC va más allá de la recolección de información. La creación de una base de datos que analiza los efectos de eventos meteorológicos a niveles micro-locales, locales y regionales es un recurso valioso tanto para la investigación científica como para la toma de decisiones en la gestión urbana (Kullenberg *et al.*, 2016). La comunicación bidireccional efectiva entre investigadores y ciudadanos, facilitada por la página web del proyecto, no solo fomenta la comprensión pública de los resultados, sino que también motiva a más participantes a contribuir activamente y compartir sus propios datos meteorológicos (Njue *et al.*, 2019; Walker *et al.*, 2020).

Este proyecto ejemplifica cómo la ciencia ciudadana puede ser una herramienta educativa poderosa y un catalizador para la participación comunitaria en la investigación y gestión ambiental. Al empoderar a los ciudadanos locales para que se conviertan en actores activos en la comprensión y mitigación de los impactos climáticos, se promueve una visión sostenible y colaborativa hacia la gestión del entorno local (Conrad y Hilchey, 2011; Follet y Strezov, 2015; Njue *et al.*, 2019). La intersección entre la ciencia ciudadana y la gestión ambiental, como se evidencia en este proyecto, representa un modelo inspirador y efectivo para abordar los desafíos climáticos a nivel comunitario.

CONCLUSIONES

La implementación de este tipo de actividades contribuye a que la sociedad se involucre, se eduque y adquiera conocimientos sobre la variabilidad climática de su localidad. La información recopilada por los ciudadanos a través de este instrumental y sus informes será utilizada para construir una base de datos que permita analizar los efectos de diferentes eventos meteorológicos a nivel micro-local, local y regional y dar apoyo a los tomadores de decisiones en el diseño de planes de manejo urbano.

Este documento describe un protocolo de la puesta en marcha de un proyecto co-creado de ciencia ciudadana con el fin de mejorar la participación ciudadana y la calidad de información obtenida, al proporcionar instrucciones y herramientas simples y claras. Este protocolo se puede aplicar a cualquier región, bioma o hábitat y se puede ajustar de acuerdo con los integrantes, objetivos o cambios en los eventos.

A medida que la ciencia ciudadana aumenta la alfabetización científica y la comprensión pública de las cuestiones climáticas contribuye a formar un público más informado y consciente. En este contexto, el estudio que se propone no solo llena una laguna en la información climática urbana, sino que también fomenta una colaboración valiosa entre ciudadanos y científicos profesionales en la búsqueda de soluciones a los desafíos climáticos y ambientales que enfrenta la comunidad local. La creación de una red de monitoreo meteorológico urbano en la provincia de Buenos Aires no solo aborda esta necesidad apremiante, sino que también representa una contribución valiosa a la ciencia ciudadana y a la gestión ambiental local.

CONFLICTOS DE INTERESES

Los/las autores/as declaran que no tienen intereses financieros ni relaciones personales conocidas que pudieran haber influido en el trabajo presentado en este artículo.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a todas las personas que se han integrado a esta red de monitoreo y dedican su tiempo para que este proyecto cumpla sus objetivos. El presente estudio fue financiado a través del proyecto A15 “Ciencia ciudadana para el monitoreo ambiental de la costa de la provincia de Buenos Aires” (difundido como CiuPAC), se agradece por su subvención al MINCyT en el marco del Programa “Investigación, Desarrollo e Innovación en Ciencias del Mar”. También agradecemos a las instituciones y organización contraparte del proyecto: la Universidad Nacional del Sur, el Instituto Argentino de Oceanografía (UNS/CONICET) y AREDAC.

CONTRIBUCIONES DE LOS AUTORES

Elaboración del manuscrito, recopilación, análisis e interpretación de datos y dirección del proyecto que dio lugar a la investigación: María Luján Bustos y Federico Ferrelli. Contribución en el análisis de datos, supervisión y edición del manuscrito: María Cintia Piccolo.

REFERENCIAS

- Bonney, R. et al. 2009. Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience*, 59(11): 977-984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Bonney, R., Phillips, T.B., Ballard, H.L., y Enck, J.W. 2016. Can citizen science enhance public understanding of science? *Public understanding of science*, 25(1): 2-16. <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- Bustos, M.L., y Ferrelli, F. 2022. Caracterización ambiental de Mar Azul y Mar de las Pampas (Buenos Aires, Argentina) a través de ciencia ciudadana. *Geográfica digital*, 19(38): 25-35. <https://doi.org/10.30972/geo.19385981>
- Conrad, C. C., y Hilchey, K. G. 2011. A Review of Citizen Science and Community-Based Environmental Monitoring: Issues and Opportunities. *Environmental Monitoring and Assessment*, 176(1–4): 273–291. <https://doi.org/10.1007/s10661-010-1582-5>

- Cooper, C.B., Dickinson, J., Phillips, T., y Bonney, R. 2012. Citizen Science as a Tool for Conservation in Residential Ecosystems. *Ecology and Society*, 17(4): 11. <https://www.jstor.org/stable/26267884>
- Domingo-Marimon, C. et al. 2022. Aligning citizen science and remote sensing phenology observations to characterize climate change impact on vegetation. *Environmental Research Letters*, 17(8): 085007. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8499>
- Earp, H.S. y Liconti, A. 2020. Science for the future: the use of citizen science in marine research and conservation. *YOUMARES 9-The Oceans: Our Research, Our Future: Proceedings of the 2018 Conference for Young Marine Researcher in Oldenburg, Germany* (pp. 1-19). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-20389-4_1
- Follett, R. y Strezov, V. 2015. An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. *PLOS ONE*, 10(11): e0143687 <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687>
- Fraisl, D. et al. 2022. Citizen science in environmental and ecological sciences. *Nature Reviews Methods Primers*, 2(1): 64 <https://doi.org/10.1038/s43586-022-00144-4>
- Gacutan, J., Oliver, J.L., Tait, H., Praphotjanaporn, T., y Milligan, B.M. 2023. Exploring how citizen science projects measuring beach plastic debris can support UN Sustainable Development Goals. *Citizen Science: Theory and Practice*, 8(1). <https://doi.org/10.5334/cstp.563>
- Garna, R. K., Easton, Z. M., Faulkner, J. W., Collick, A. S., y Fuka, D. R. 2023. Employing higher density lower reliability weather data from the Global Historical Climatology Network monitors to generate serially complete weather data for watershed modelling. *Hydrological Processes*, 37(11): e15013. <https://doi.org/10.1002/hyp.15013>
- Haklay, M., Basiouka, S., Antoniou, V., y Ather, A. 2015. How Many Volunteers Does It Take to Map an Area Well? The Validity of Linus' Law to Volunteered Geographic Information. *Cartographic Journal*, 52(4): 336-341. <https://doi.org/10.1179/000870410X12911304958827>

- Kullenberg, C., Kasperowski, D., y Kasperowski, D. 2016. What Is Citizen Science? A Scientometric Meta-Analysis. *PLoS ONE*, 11(1): e0147152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152>
- López-Moreno, J.I., Vicente-Serrano, S.M., y Morán-Tejeda, E. 2011. Impact of climate variability and land use changes on urban development: A case study in the Spanish Pyrenees. *Climatic Change*, 105(3-4): 399-416. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.09.031>
- Naqshbandi, K. Z., Jeon, Y. H., y Ahmadpour, N. 2023. Exploring Volunteer Motivation, Identity and Meaning-Making in Digital Science-Based Research Volunteering. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 39(20): 4090-4111. <https://doi.org/10.1080/10447318.2022.2109246>
- Njue, N., et al. 2019. Citizen science in hydrological monitoring and ecosystem services management: State of the art and future prospects. *Science of the Total Environment*, 693: 133531. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.337>
- Reges, H.W., Doesken, N. Turner, J. Newman, N. Bergantino, A. y Schwalbe, Z. 2016. COCORAHs: The evolution and accomplishments of a volunteer rain gauge network. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, vol 97: 1831-1846. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-14-00213.1>
- Rotman, D., Preece, J., Hammock, J., Procita, K., Hansen, D., Parr, C., y Lewis, D. 2012. Dynamic Changes in Motivation in Collaborative Citizen-Science Projects. En: *Proceedings of the ACM 2012 Conference on Computer Supported Cooperative Work*, febrero 2012: 217–226. <https://doi.org/10.1145/2145204.2145238>
- Senabre Hidalgo, E., Perelló, J., Becker, F., Bonhoure, I., Legris, M., y Cigarini, A. 2021. Participation and co-creation in citizen science. Chapter 11. En: Vohland K. et al. (Eds). 2021. *The Science of Citizen Science*. pp: 199-218. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58278-4>
- Shirk, J.L. et al. 2012. Public Participation in Scientific Research: A Framework for Deliberate Design. *Ecology and Society*, 17(2): 29. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-04705-170229>

Walker, D. W., Smigaj, M., & Tani, M. (2020). The benefits and negative impacts of citizen science applications to water as experienced by participants and communities. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 8(1), e1488. <https://doi.org/10.1002/wat2.1488>