

**LA CIENCIA CIUDADANA COMO HERRAMIENTA PARA EL ANÁLISIS DE LA
VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE LAS PRECIPITACIONES**

**CITIZEN SCIENCE AS A TOOL FOR THE ANALYSIS OF THE SPATIO-TEMPORAL
VARIABILITY OF PRECIPITATION**

Ilda Entraigas ⁽¹⁾, Carlos Vicente Bongiorno ⁽²⁾ y Georgina Cazenave ⁽³⁾

⁽¹⁾ Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo J. Usunoff”, Azul, Argentina.

e-mail: ilda@ihlla.org.ar. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5730-4337>

⁽²⁾ Facultad de Agronomía, Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires, Azul, Argentina.

e-mail: cvb@azul.faa.unicen.edu.ar. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1815-4660>

⁽³⁾ Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo J. Usunoff”, Azul, Argentina.

Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Azul, Argentina.

e-mail: cazenave@ihlla.org.ar. ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-5008-3290>

RESUMEN

En una región como la Pampa Deprimida, en la que los ciclos de inundaciones y sequías son características intrínsecas del sistema, y donde la escasez de redes pluviométricas es evidente, la ciencia ciudadana se convierte en una herramienta viable para contrarrestar la carencia de información y dar soporte a la toma de decisiones, especialmente en el contexto de los recursos hídricos. En particular en el partido de Azul, son escasos los registros históricos de precipitaciones a pesar de ser un territorio abocado fuertemente a la producción agropecuaria y haber sufrido reiteradas inundaciones. Esta situación motivó la convocatoria a pobladores de la zona rural a conformar un grupo en el que se compartan los registros pluviométricos mediante una aplicación de mensajería instantánea para teléfonos inteligentes. El objetivo del presente artículo es describir las estrategias creadas para el trabajo conjunto en el marco del mencionado grupo, y analizar los resultados obtenidos hasta el momento en esta práctica de monitoreo ciudadano. La realización de esta experiencia ha conducido a los ciudadanos participantes al desarrollo de nuevas habilidades y destrezas, y a los académicos intervinientes a la concepción de la investigación como un proceso de co-creación con la comunidad.

Palabras clave: Ciencia Ciudadana, Precipitaciones, Ecorregión Pampa, Hidrología, Red pluviométrica.

ABSTRACT

In a region such as the Flooding Pampa, where flood and drought cycles are intrinsic characteristics of the system, and where the scarcity of pluviometric networks is evident, citizen science becomes a viable tool to alleviate the lack of information and support decision-making, especially in the context of water resources. Particularly in the district of Azul, historical records of rainfall are scarce despite being a territory heavily devoted to agricultural production and having suffered many floods. This situation motivated the call to rural area residents to form a group in which rainfall records are shared through an instant messaging application for smartphones. The objective of this article is to describe the strategies created for joint work within the framework of the aforementioned group, and to analyze the results obtained so far in this practice of citizen monitoring. This experience has led participating citizens to develop new skills and abilities, and has led participating academics to conceive research as a process of co-creation with the community.

Keywords: Citizen Science, Precipitation, Pampas Ecoregion, Hydrology, Pluviometric Network

INTRODUCCIÓN

La participación pública en proyectos de investigación es un ámbito emergente en los países latinoamericanos, y se vincula con la denominada ciencia ciudadana (Jacques-Aviñó et al., 2020). Definida de manera amplia, la ciencia ciudadana se caracteriza por el desarrollo de proyectos de investigación que involucran a participantes que no tienen (al menos en principio) una formación científica relevante al proyecto (Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina, 2018). Específicamente en las últimas tres décadas, esta creciente participación de la sociedad civil en la recolección, verificación, análisis, intercambio y difusión de datos con fines científicos se realiza utilizando tecnologías de información y comunicación, en particular tecnologías móviles (Finkelievich y Fischnaller, 2014). Estas tecnologías potencian las posibilidades para recolectar datos, difundir información, y transmitir los intereses y preocupaciones de las comunidades a los científicos y tomadores de decisiones en tiempo real. Ciertamente, una de las principales motivaciones para implementar un proyecto de ciencia ciudadana es recopilar datos en escalas espaciales y temporales que, de la manera tradicional, sería difícil (y quizás hasta imposible) para los científicos. De allí surge la utilidad de estos desafíos cuando lo que se pretende es documentar patrones a gran escala o consecuencias a largo plazo (Cooper et al., 2014).

La participación ciudadana contribuye de diversas formas a acercar la ciencia y la tecnología a las necesidades sociales, así como a fortalecer el ejercicio de la ciudadanía (Invernizzi, 2005). Una de las formas en que los proyectos de ciencia ciudadana colaboran en este sentido es proporcionando marcos, herramientas y metodologías que permitan a las comunidades recopilar información y analizarla con el fin de estimular y enriquecer la toma de decisiones (Finkelievich y Fischnaller, 2014). Al mismo tiempo, la participación ciudadana ayuda a encaminar el desarrollo científico y tecnológico en direcciones consideradas relevantes por la sociedad y no solo por la comunidad científica (Invernizzi, 2005). Tal cual lo plantean Asorey et al. (2017), la sociedad estará mejor preparada para hacerle frente a sus problemas en la medida en que las personas asuman un papel protagónico y se empoderen a través de las herramientas y de los conocimientos sobre los fenómenos que las rodean. La ciencia ciudadana sugiere un proceso de co-generación, con un posible descentramiento del papel central y clave del proceso

científico en el proceso de producción de conocimiento (Buytaert et al., 2014). De allí que se la considere una estrategia útil, innovadora y viable, pero que exige un cambio de paradigma jerárquico (Pons-Vigués et al., 2019). Involucrar a la ciudadanía en alguna de las instancias de una investigación conlleva a proveerle de un mayor control sobre las decisiones y acciones que le afectan y, al mismo tiempo, mejora la relevancia, diseminación e impacto de esa investigación (Needleman, 2014).

La participación ciudadana en la ciencia es un concepto transversal que ha emergido de y a través de muchas disciplinas (Buytaert et al., 2014). Existen numerosos proyectos científicos basados en la recopilación de datos de forma consciente y voluntaria por parte de ciudadanos que contemplan observaciones climatológicas (Sparrow et al., 2021), sismológicas (Finazzi, 2020), astronómicas (Marchis et al., 2021), biológicas (Wallace et al., 2019), ecológicas (Dickinson et al., 2012), médicas (Berenguera et al., 2017), de mitigación de riesgos (Bouriel y Trink, 2016), y el desarrollo de redes de sistemas de información geográfica (Mee y Duncan, 2015), por citar algunos ejemplos.

La ciencia hidrológica provee el marco conceptual y metodológico que sustenta la toma de decisiones sobre los recursos hídricos y es la base para evaluar los riesgos debido a excesos y déficits, como las inundaciones y sequías (Buytaert et al., 2014). Sin embargo, este campo disciplinar se caracteriza por la escasez de datos tanto en el dominio espacial como temporal (Hannah et al., 2011), lo que contrasta con la heterogeneidad y complejidad de los procesos de gestión y gobernanza del agua (Buytaert et al., 2014). Aun así, la hidrología no es un campo frecuente para el uso de la ciencia ciudadana porque muchas mediciones son tecnológicamente exigentes (Paul et al., 2017) y costosas, aunque hay varios buenos ejemplos, como los relacionados con la medición de las precipitaciones (Malakar, 2014), niveles freáticos (Little et al., 2016), caudales (Rosser et al., 2017), y calidad del agua (Minkman, 2015), por citar algunos de ellos. Al mismo tiempo, debido a la naturaleza variable del ciclo del agua, el análisis de datos hidrológicos requiere de series temporales largas y de sitios de registros dispuestos adecuadamente en el territorio. Esta condición conlleva a que la práctica hidrométrica clásica se restrinja al entorno profesional y a redes de estaciones oficiales (Herschy, 2009). Sin embargo, tal cual lo plantean Paul et al. (2017), investigaciones recientes han demostrado que el monitoreo ciudadano puede proporcionar datos confiables para llenar vacíos

en series de datos hidrológicos (Walker et al., 2016; Starkey et al., 2017), ya que la Hidrología sigue siendo aún una ciencia con muy pocos datos (Ballesteros-Cánovas et al., 2015).

La regularidad, intensidad y frecuencia de las precipitaciones son factores fundamentales para comprender la dinámica de los recursos hídricos, principalmente en áreas de llanura (Aliaga et al., 2016). La variabilidad espacio-temporal de las precipitaciones afecta a la capacidad de infiltración de los suelos, la disponibilidad de nutrientes y carbono, la productividad primaria de los ecosistemas (Yan et al., 2014), y la morfometría de los cuerpos de agua (Brendel et al., 2021), entre otras cuestiones. En la Ecorregión Pampa, en particular, la alternancia de períodos de sequía e inundaciones trae aparejadas importantes consecuencias económicas y sociales, ya que afecta la disponibilidad de los recursos hídricos y, por ende, impacta sobre la productividad de los sistemas agropecuarios y otras actividades humanas (Taboada et al., 2009). Tal cual lo planteado por Aliaga et al. (2016) la variabilidad de las precipitaciones en esta región es muy elevada, y su conocimiento es fundamental para la gestión territorial, ya que el estudio del régimen pluviométrico ayuda a la planificación de los calendarios agrícolas y a la gestión del territorio.

OBJETIVO

En el partido de Azul, ubicado en el centro de la Ecorregión Pampa, son escasos los registros históricos de precipitaciones a pesar de ser un territorio abocado fuertemente a la producción agropecuaria y que, además, ha sufrido reiteradas inundaciones. Esta situación es uno de los aspectos que motivaron la convocatoria a pobladores de la zona rural del partido a conformar un grupo en el que se compartan los registros pluviométricos mediante una aplicación de mensajería instantánea para teléfonos inteligentes. El objetivo del presente artículo es describir las estrategias creadas para el trabajo conjunto en el marco del mencionado grupo, y analizar los resultados obtenidos hasta el momento en esta práctica de monitoreo ciudadano.

METODOLOGÍA

De acuerdo a la clasificación propuesta por Shirk et al. (2012) basada en las características de la relación establecida entre el equipo de investigadores con los

procesos participativos, este proyecto es del tipo contributivo, es decir, el diseño del proyecto fue elaborado por investigadores y la participación pública es a través de la recopilación de datos. La población participa en la observación de un fenómeno (la precipitación) recogiendo información (volumen de agua caída).

El grupo comenzó sus actividades en el mes de febrero del año 2021 con 15 integrantes, y en la actualidad ya suman 242, de los cuales aproximadamente el 85% son miembros relacionados estrechamente con el ámbito rural (propietarios, arrendatarios o encargados de establecimientos agropecuarios), y los restantes son profesionales ligados a la investigación científica, la docencia, o la gestión. Algunos integrantes miden la lluvia y comunican el dato al grupo (miembros informantes), mientras que otros no realizan mediciones, pero utilizan los registros del grupo para distintos fines (miembros adherentes).

Los registros se informan a las 9:00, teniendo en cuenta que corresponden al total de lluvia caída en las últimas 24 horas. El administrador del grupo vuelca dichos registros en la base de datos adjudicándolos al día inmediatamente anterior. Cada miembro informante provee la ubicación geográfica del pluviómetro al que hace referencia, y el cuartel del partido en el que se encuentra (éste último detalle es de fundamental importancia ya que, en general, los pobladores rurales se ubican fácilmente en el espacio geográfico con dicha información).

El administrador del grupo, por su parte, además de tener a su cargo el diseño y llenado de la matriz de datos, durante el proceso de recolección de los registros realiza el control de calidad de los mismos a fin de descartar posibles datos erróneos. Mediante una inspección visual con criterio de experto, identifica los valores de precipitación anómalos (por comparación con los datos de sitios vecinos), los cuales son eliminados de la base de datos. Una vez finalizada dicha tarea, el administrador confecciona el mapa de precipitación correspondiente al evento mediante la interpolación de los valores reportados utilizando el método de Redes Irregulares Trianguladas, el cual genera una red de triángulos interconectados donde cada uno de ellos representa, en este caso, una zona homogénea de precipitación. Esta tarea se lleva a cabo con QGIS, que es un Sistema de Información Geográfica de software libre y de código abierto.

Además de los mapas de cada evento, el administrador también elabora aquellos

correspondientes a la precipitación acumulada en cada mes, y también para cada año calendario. Los mapas y las tablas asociadas se comparten con el grupo, y son útiles para detectar patrones y tendencias en la distribución espacial y temporal de las lluvias. Aparte de estos productos genuinos elaborados a partir de los registros propios, también se comparte información referida a las alertas proporcionadas por el Servicio Meteorológico Nacional, cambios significativos en la presión atmosférica, fotografías de anegamientos de caminos, daños en cultivos por granizos o heladas, y toda otra información que esté relacionada estrictamente a cuestiones climáticas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Actualmente la red conformada por los miembros informantes del grupo cuenta con 130 pluviómetros distribuidos en el partido de Azul y zonas aledañas (Figura 1). De dicha red también forman parte estaciones que pertenecen al Instituto de Hidrología de Llanuras “Dr. Eduardo Jorge Usunoff”, la Facultad de Agronomía (Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires), el Servicio Meteorológico Nacional (estación Azul-Aero), y la Municipalidad de Azul.

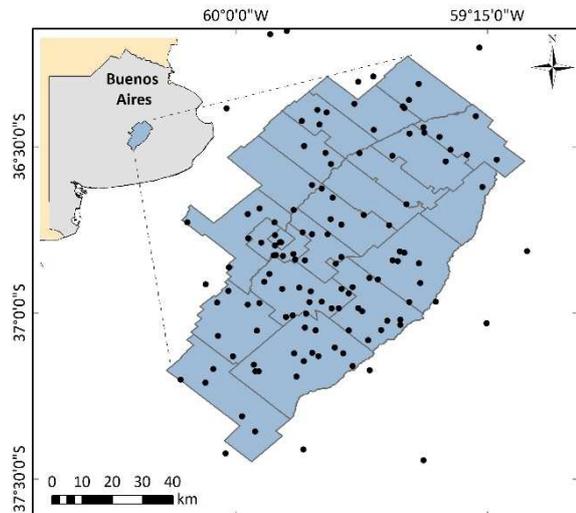


Figura 1. Ubicación de los pluviómetros que constituyen la red (las divisiones internas del partido de Azul corresponden a los límites entre cuarteles).

Los diseños de los pluviómetros utilizados por los miembros informantes son muy variados. La gran mayoría son manuales, generalmente de plástico, tanto de boca circular como rectangular, mientras que otros son de metal (de boca circular), y algunos pocos son automáticos (Figura 2).



Figura 2. Muestra de los diferentes diseños de pluviómetros utilizados por los miembros informantes.

En promedio, se han reportado 98 eventos por año, la mayoría de los cuales corresponden a lluvias primavera-estivales (en correspondencia con la distribución estacional de las precipitaciones en la región). En general, los miembros informantes tienden a ser más participativos en aquellos eventos de mayor pluviometría, en contraposición a lo que sucede con lluvias de muy poca magnitud. De todas maneras, es notable la manera en la que el grupo ha ido fortaleciendo su compromiso con la medición y la comunicación de sus registros. Esto se evidencia, por ejemplo, al comparar la participación de los miembros informantes durante los últimos 2 años: durante el año 2022, en promedio, solo el 39% de ellos comunicó regularmente sus registros, mientras que durante el año 2023 dicha participación se elevó al 59%. Dicha cuestión influyó positivamente en la elaboración de los mapas que representan la variabilidad espacial de las precipitaciones, ya que la mayoría de los correspondientes a los eventos ocurridos durante el año 2023 fueron confeccionados a partir de los registros de 90 pluviómetros (Figura 3).

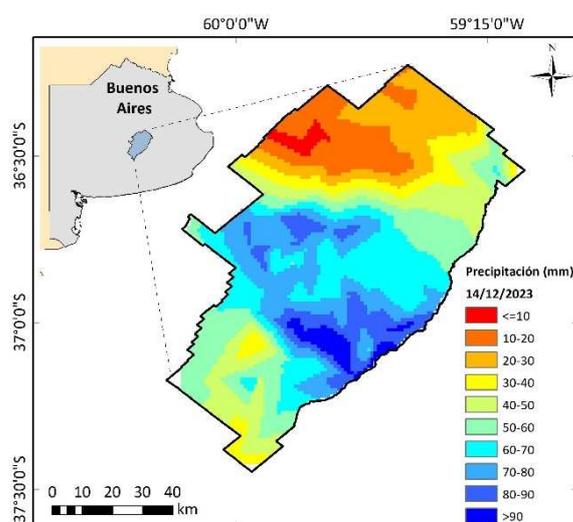


Figura 3. Ejemplo de mapa de distribución de precipitación elaborado a partir de los registros.

En cuanto a la utilidad que le asignan los integrantes del grupo tanto a los registros puntuales de precipitación como a los productos generados (mapas y base de datos), prevalece aquella relacionada con las tareas agrícolas, especialmente para realizar estimaciones de fechas de siembra, de cosecha, de fertilización, y de aplicación de fitosanitarios, como así también para llevar a cabo tareas de monitoreo de cultivos. Asimismo, la información es utilizada para evaluar las posibilidades de tránsito de los caminos vecinales a fin de valorar las condiciones de

accesibilidad de los pobladores rurales a un determinado sitio. También los registros son utilizados por ciertos miembros adherentes para cuantificar los días de lluvia y así justificar retrasos en la ejecución de obras civiles, mientras que algunos integrantes recurren a los datos recolectados por el grupo para su inclusión en la aplicación de modelos hidrológicos y meteorológicos.

Otro aspecto a destacar, es aquel asociado a la posibilidad que brinda esta actividad (especialmente mediante los mapas) con respecto a la visualización de manera rápida y gráfica de lo que ocurre a escala regional. Esto permite la comparación entre sitios, como así también la identificación de patrones espaciales de los eventos. Los integrantes, además, comparten estos productos con otras personas (vecinos, colegas, clientes), lo cual evidencia el valor que le adjudican a la información elaborada, y esto contribuye a afianzar la actividad y fomentar el compromiso de los miembros informantes en los reportes de sus registros. Esto es particularmente de gran utilidad debido a que los ciudadanos ya no esperan que la información sea anunciada en los noticieros de radio o televisión (como se hacía hace no mucho tiempo atrás), sino que acceden a las redes sociales en busca de los detalles acerca de la magnitud y la distribución de cada evento pluviométrico. Ciertamente, los productos de precipitación satelital, por ejemplo, están disponibles en escalas de tiempo intradiarias, pero implican grandes incertidumbres e imprecisiones en la diferencia punto-área con respecto a los pluviómetros a nivel de superficie (Manz et al., 2017) y, además, no siempre son accesibles y sencillos de interpretar para el común de la ciudadanía. Esta utilidad a su vez se acrecienta al momento que los integrantes comparten fotografías que documentan el impacto de lluvias, heladas o granizadas sobre caminos, cultivos o edificaciones, lo cual funciona a manera de alerta para sus vecinos, o simplemente para compartir experiencias y recibir solidaridad.

CONCLUSIONES

En una región como la Pampa Deprimida, en la que los ciclos de inundaciones y sequías son características intrínsecas del sistema, y donde la escasez de redes pluviométricas es evidente, este proyecto demuestra que la ciencia ciudadana es una herramienta viable para contrarrestar la carencia de información y dar soporte a la toma de decisiones, especialmente en el contexto de los recursos hídricos.

También comprueba que fuera de la comunidad científica hay otras personas entusiastas, muy interesadas por los temas y los desafíos de ciertos proyectos de investigación que se llevan a cabo en la región. De acuerdo con López Cerezo (2005), este tipo de iniciativas son muy beneficiosas ya que la ciudadanía, al sentirse involucrada, recibe el mejor estímulo para el aprendizaje y la participación, a la vez que mejora su percepción ante las iniciativas públicas relacionadas con la ciencia.

Tal cual lo plantean Jiménez Rolland y Gensollen (2022), la ciencia no dispone de una única metodología generalizada, y la participación ciudadana claramente aporta una manera de investigar que no compromete la calidad epistémica de los resultados de la práctica científica. La participación en esta experiencia de los ciudadanos del partido de Azul (la mayoría de ellos pobladores rurales) los lleva a desarrollar nuevas habilidades y destrezas, promover el pensamiento crítico y convertirse en artífices de la construcción del conocimiento, mientras que a los académicos participantes los estimula a concebir a la investigación como un proceso de co-creación con la comunidad, lo que implica aspirar a una ciencia más inclusiva, participativa y democrática.

AGRADECIMIENTOS

A todos los integrantes del grupo “Lluvias del partido de Azul” por su permanente colaboración en la obtención de los datos, el registro de fotografías, la devolución de consultas, etc. A la Lic. Fernanda Dávila por la elaboración de las Figuras 1 y 2.

REFERENCIAS

Academias Nacionales de Ciencias, Ingeniería y Medicina (2018). *Learning Through Citizen Science: Enhancing Opportunities by Design*. Dibner, K. A. y Pabdy, R. (Eds.). Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/25183>

Aliaga, V. S., Ferrelli, F., Alberdi Algañaraz, E. D., Bohn, V. Y. y Piccolo, M. C. (2016). Distribución y variabilidad de la precipitación en la Región Pampeana, Argentina. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 42(1), pp. 261-280. <http://dx.doi.org/10.18172/cig.2867>

Asorey, H., Núñez, L. A., Peña-Rodríguez, J., Salgado-Meza, P., Sierra-Porlta, D. y Suárez-Durán, M.

(2017). *Proyecto RACIMO: desarrollo de una propuesta en torno a uso de las TIC, e-ciencia ciudadana, cambio climático y ciencia de datos*. Congreso RedCLARA, Encuentro Latinoamericano de e-Ciencia, San José, Costa Rica. <https://documentas.redclara.net/bitstream/10786/1310/1/Proyecto%20RACIMO.pdf>

Ballesteros-Cánovas, J. A., Stoffel, M., St George, S. y Hirschboeck, K. (2015). A review of flood records from tree rings. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 39(6), pp. 794-816. <https://doi.org/10.1177/0309133315608758>

Berenguera, A., Pons-Vigués, M., Moreno-Peral, P., March, S., Ripoll, J., Rubio-Valera, M., Pombo-Ramos, H., Asensio-Martínez, A., Bolaños-Gallardo, E., Martínez-Carazo, C., Maderuelo-Fernández, J. A., Martínez-Andrés, M. y Pujol-Ribera, E. (2017). Beyond the consultation room: Proposals to approach health promotion in primary care according to health-care users, key community informants and primary care centre workers. *Health Expectations*, 20(5), pp. 896-910. <https://doi.org/10.1111/hex.12530>

Bouriel, S. y Trink, R. (2016). *NPL951 – VISTAR II – strengthening resilience of communities and institutions from the impacts of natural disasters in far- and mid-western region of Nepal*. CARE-AT Consortium Intermediate Report.

Brendel, A. S., Ferrelli, F., Piccolo, M. C. y Perillo, G. M. E. (2021). Efectos de la variabilidad pluviométrica sobre la morfometría de los recursos hídricos de una cuenca hidrográfica de la región pampeana, Argentina. *Revista Geográfica Venezolana*, 62(1), pp. 92-106. <http://www.saber.ula.ve/handle/123456789/47521>

Buytaert, W., Zulkafli, Z., Grainger, S., Acosta, L., Alemie, T. C., Bastiaensen, J., De Bièvre, B., Bhusal, J., Clark, J., Dewulf, A., Foggin, M., Hannah, D. M., Hergarten, C., Isaeva, A., Karpouzoglou, T., Pandeya, B., Paudel, D., Sharma, K., Steenhuis, T., Tilahun, S., Van Hecken, G. y Zhumanova, M. (2014). Citizen science in hydrology and water resources: opportunities for knowledge generation, ecosystem service management, and sustainable development. *Frontiers in Earth Science*, 2(26), pp. 1-21. <https://doi.org/10.3389/feart.2014.00026>

Cooper, C. B., Shirk, J. y Zuckerman, B. (2014). The Invisible Prevalence of Citizen Science in Global Research: Migratory Birds and Climate Change. *PLoS ONE*, 9(9), e106508. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0106508>

Dickinson, J., Shirk, J. L., Bonter, D. N., Bonney, R., Crain, R.L., Martin, J., Phillips, T. y Purcel, K.

- (2012). The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(6), pp. 291-297. <https://doi.org/10.1890/110236>
- Finazzi, F. (2020). Fulfilling the information need after an earthquake: statistical modelling of citizen science seismic reports for predicting earthquake parameters in near realtime. *Journal of the Royal Statistical Society Series A: Statistics in Society*, 183(3), pp. 857-882. <https://doi.org/10.1111/rssa.12577>
- Finkelievich, S. y Fischnaller, C. (2014). Ciencia ciudadana en la Sociedad de la Información: nuevas tendencias a nivel mundial. *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 9(27), 11-31. <https://www.redalyc.org/pdf/924/92431880001.pdf>
- Hannah, D. M., Demuth, S., van Lanen, H. A. J., Looser, U., Prudhomme, C., Rees, G., Stahl, K. y Tallaksen, L. M. (2011). Large-scale river flow archives: importance, current status and future needs. *Hydrological Processes*, 25(7), pp. 1191-1200. <https://doi.org/10.1002/hyp.7794>
- Herschy, R. W. (2009). *Streamflow Measurements*. Taylor & Francis, London and New York, 536 p. <https://doi.org/10.1201/9781482265880>
- Invernizzi, N. (2005). Participación ciudadana en ciencia y tecnología: algunas reflexiones sobre el papel de la universidad pública. *Alteridades*, 15(29), 37-44. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa, DF, México. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=74702904>
- Jacques-Aviñón, C., Pons-Vigués, M., Mcghie, J. E., Rodríguez-Giralt, I., Medina-Perucha, L., Mahtani-Chugani, V., Pujol-Ribera, E. y Berenguera Ossó, A. (2020). Participación pública en los proyectos de investigación: formas de crear conocimiento colectivo en salud. *Gaceta Sanitaria*, 34(2), 200-203. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2019.08.010>
- Jiménez Rolland, M. y Gensollen, M. (2022). Ciencia ciudadana: pluralidad científica y pensamiento crítico. *CIENCIA ergo-sum*, 29(2). <http://doi.org/10.30878/ces.v29n2a6>
- Little, K. E., Hayashi, M. y Liang, S. (2016). Community-based groundwater monitoring network using a citizen science approach. *Groundwater*, 54(3), pp. 317-324. <https://doi.org/10.1111/gwat.12336>
- López Cerezo, J. A. (2005). Participación ciudadana y cultura científica. *Arbor*, 181(715), pp. 351-362. <https://doi.org/10.3989/arbor.2005.i715.417>
- Malakar, Y. (2014). Community-based rainfall observation for landslide monitoring in western Nepal. En: Sassa, K., Canuti, P. y Yin, Y. (Eds.), *Landslide Science for a Safer Geoenvironment*, Vol. 2, 757-763. Springer. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-05050-8_117
- Manz, B., Páez-Bimos, S., Horna, N., Buytaert, W., Ochoa-Tocachi, B., Lavado-Casimiro, W. y Willems, B. (2017). Comparative Ground Validation of IMERG and TMPA at Variable Spatio-temporal Scales in the Tropical Andes. *Journal of Hydrometeorology*, 18(9), 2469-2489. <https://doi.org/10.1175/JHM-D-16-0277.1>
- Marchis, F., Esposito, T., Blaclair, G., Asencio, J., Klavans, V., Peluso, D. O., Megowan-Romanowicz, C., Pennypacker, C. y Carter, B. (2021). Citizen Science and Scientific Results from the World's Largest Network of Backyard Astronomers. *Authorea*. <https://doi.org/10.1002/essoar.10508938.1>
- Mee, K. y Duncan, M. J. (2015). Increasing resilience to natural hazards through crowd-sourcing in St. Vincent and the Grenadines. *British Geological Survey Open Report*, OR/15/32, 54 p. <https://nora.nerc.ac.uk/id/eprint/511949/1/OR15032.pdf>
- Minkman, E. (2015) *Citizen science in water quality monitoring. Developing guidelines for Dutch water authorities for contributory mobile crowd sensing*. Tesis de Maestría, Delft University of Technology. <https://resolver.tudelft.nl/uuid:3850a8ec-d6aa-4f7d-a3ae-2f48f53cc148>
- Needleman, I. (2014). Involving the public in research. *British Dental Journal*, 217, 421-424. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.2014.906>
- Paul, J. D., Buytaert, W., Allen, S., Ballesteros-Cánovas, J. A., Bhusal, J., Cieslik, K., Clark, J., Dugar, S., Hannah, D. M., Stoffel, M., Dewulf, A., Dhital, M. R., Liu, W., Nayaval, J. L., Neupane, B., Schiller, A., Smith, P. J. y Supper, R. (2017). Citizen science for hydrological risk reduction and resilience building. *WIREs Water*, e1262. <https://doi.org/10.1002/wat2.1262>
- Pons-Vigués, M., Pujol-Ribera, E., Berenguera, A., Violán, C. y Mahtani-Chugani, V. (2019). La participación ciudadana en la investigación desde la perspectiva de investigadores de atención primaria. *Gaceta Sanitaria*, 33(6), 536-546. <https://doi.org/10.1016/j.gaceta.2018.05.011>
- Rosser, J. F., Leibovici, D. G. y Jackson, M. J. (2017). Rapid flood inundation mapping using social media, remote sensing, and topographic data. *Natural Hazards*, 87, pp. 103-120. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2755-0>
- Shirk, J., Ballard, H., Wilderman, C., Phillips, T., Wiggins, A., Jordan, R., McCallie, E., Minarchek, M., Lewenstein, B., Krasny, M. y Bonney, R. (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>

- Sparrow, S., Bowery, A., Carver, G. D., Köhler, M. O., Ollinaho, P., Pappenberger, F., Wallom, D. y Weisheimer, A. (2021). OpenIFS@home version 1: a citizen science project for ensemble weather and climate forecasting. *Geoscientific Model Development*, 14(6), pp. 3473–3486. <https://doi.org/10.5194/gmd-14-3473-2021>
- Starkey, E., Parkin, G., Birkinshaw, S., Large, A., Quinn, P. y Gibson, C. (2017). Demonstrating the value of community-based ('citizen science') observations for catchment modelling and characterisation. *Journal of Hydrology*, 548, 801–817. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2017.03.019>
- Taboada, M. A., Damiano, F. y Lavado, R. S. (2009). *Inundaciones en la Región Pampeana. Consecuencias sobre los suelos. Alteraciones de la fertilidad de los suelos: el halomorfismo, la acidez, el hidromorfismo y las inundaciones*. EFA-INTA. https://www.conicet.gov.ar/new_scp/detalle.php?keywords=&id=12521&inst=yes&capitulos=yes&etalles=yes&capit_id=714927
- Walker, D., Forsythe, N., Parkin, G. y Gowing, J. (2016). Filling the observational void: scientific value and quantitative validation of hydrometeorological data from a community-based monitoring programme. *Journal of Hydrology*, 538, 713–725. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2016.04.062>
- Wallace, R., Flores-Turdera, C., Garitano-Zavala, A., Gómez, M. I., Jurado, C., Maldonado, C., Molina, C., Salinas, E. y Torrico, O. (2019). Reto Ciudad Naturaleza y NaturaLista: Una oportunidad fantástica para la implementación de la ciencia ciudadana. *Ecología en Bolivia*, 54(2), 67-71. http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1605-25282019000200001&lng=es&tlng=es
- Yan, L., Chen, S., Xia, J. y Lou, Y. (2014). Precipitation regime shift enhanced the rain pulse effect on soil respiration in a semi-arid steppe. *PLoS ONE*, 9(8). e104217. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0104217>

Tipo de Publicación: ARTÍCULO.

Trabajo recibido el 11/10/2024, aprobado para su publicación el 29/10/2024 y publicado el 11/11/2024.

COMO CITAR

Entraigas, I., Bongiorno, C. V. y Cazenave, G. (2024). La ciencia ciudadana como herramienta para el análisis de la variabilidad espacio-temporal de las precipitaciones. *Cuadernos del CURIHAM, Edición Especial (2024): 40 Años del IHLLA*. e04. <https://doi.org/10.35305/curiham.ed24.e04>

ROLES DE AUTORÍA

IE elaboró la concepción de la idea del artículo y redactó la primera versión. CVB realizó la recopilación de datos y su análisis. IE y CVB realizaron el proceso de investigación, el diseño del estudio y la interpretación de los datos. IE, CVB y GC completaron en conjunto la preparación y redacción del trabajo, aprobaron la versión para ser publicada y son capaces de responder respecto a todos los aspectos del manuscrito.

LICENCIA

Este es un artículo de acceso abierto bajo licencia: Creative Commons Atribución -No Comercial -Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/deed.es>)



Este trabajo se enmarca dentro de la EDICIÓN ESPECIAL (2024): 40 años del Instituto de Hidrología de Llanuras "Dr. Eduardo Jorge Usunoff" (IHLLA), de la revista Cuadernos del CURIHAM