

Programa de participación ciudadana para el relevamiento de impactos por eventos meteorológicos extremos en Córdoba, Argentina

Arena Lucía E.¹ (a), Pons Diego H.(b,c) , Giobellina Beatriz (b,g) Osiecki Tomás G.(a), Silva Alejandro I.(a), Andres Lighezzolo (d); Narmona, Luis (h); Arrascaeta, Ana (b); Garello, Adriana (b); Eandi, Mariana (e); Dezzotti, Luciana (e); Butinof, Mariana (e); Bustos, Daniela (e); Romero Asís, Melisa (e); Aparicio, Lourdes (e); Viale, Victoria (b); Quinteros, Mario(b,g); Occhionero, Federico (f) ;Cortes, Luciano (f); Bisio,Cali (f)

lucia.arena@unc.edu.ar

palabras claves

ciencia ciudadana y abierta, mesas agroclimáticas, aplicación para móviles, eventos meteorológicos extremos, eventos de salud ambiental

RESUMEN

Córdoba, Argentina es una región del planeta, especificada por tormentas severas con gran desarrollo vertical, vientos intensos, descargas eléctricas, granizo de gran tamaño y abundante, y lluvias torrenciales, ocasionando en algunos casos, inundaciones rápidas y repentinas. La caracterización de los impactos por granizo resulta dificultosa sin datos en terreno. El enfoque de la participación ciudadana en el relevamiento de información espacial de eventos extremos, mediante aplicaciones móviles y redes sociales, ha mostrado ser de utilidad para su caracterización y monitoreo. En este sentido, desde 2018, se ha desarrollado el programa COSECHEROS, inicialmente de granizos Córdoba que hoy es de Eventos Meteorológicos Extremos, que tiene la finalidad de relevar estos fenómenos extremos en un trabajo colaborativo entre los ciudadanos voluntarios y los investigadores. Para la implementación del programa en zonas rurales, el programa se articula con iniciativas en territorio, destinadas a integrar esfuerzos entre organismos de ciencia y técnica, técnicos agropecuarios, productores y tomadores de decisiones locales, en Mesas Agro-climáticas y Ambientales (MACA). En este marco, se realizaron diferentes actividades de formación tales como talleres y conferencias, con participación interinstitucional, multi e interdisciplinar (biólogo, arquitecto, médico, nutricionistas, estudiantes, asociación de productoras/es y gobiernos locales). En el presente trabajo se describirán las actividades realizadas con el fin de divulgar el programa y los resultados de su implementación en la MACA de Río Segundo y Pilar, en el caso de dos eventos meteorológicos extremos de granizo; uno de ellos, en el que el relevamiento de campo se realizó en forma absolutamente manual y tradicional y sólo se registraron los datos meteorológicos y de sensores remotos desde el programa y su aplicación y un segundo evento (un año después- abril de 2022) en el que los datos fueron registrados en la APP y cotejados con el trabajo de campo.

INTRODUCCIÓN

La provincia de Córdoba está enclavada en una región del planeta en la cual se producen tormentas severas de gran magnitud, que se desarrollan fundamentalmente en la tarde noche en la época estival (Vidal, 2014) En la figura 1 se presentan diferentes componentes de una tormenta severa y su distribución en la región centro-norte de Argentina. Estas tormentas se caracterizan por nubes convectivas de importante desarrollo vertical, muchas veces superan

¹ (a) Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación; (b) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria; (c) Instituto de Altos Estudios Espaciales Mario Gulich;(d) CONAE; (e)Grupo Epidemiología ambiental del Cáncer y otras Enfermedades Crónicas, FCMUNC; (f) Ministerio de Agricultura y Ganadería de Córdoba; (g)Observatorio de Agricultura Urbana y Periurbana y Agroecología, (h) Secretaría de Agricultura familiar, campesina e indígena

la tropopausa lo que es un indicador de la severidad de las mismas. Producen descargas eléctricas de las más intensas del planeta (Borque et al , 2020, Medina et al 2021), vientos fuertes que, en muchos casos, se convierten en tornados (Altinger et al, 1982), copiosa lluvia, con sus consecuentes inundaciones que, en el caso de las zonas serranas de la provincia, son repentinas y rápidas y finalmente granizo (Mezher et al, 2012, Arena y Crespo, 2019, Arena 2019b) En particular, respecto de estos hidrometeoros se producen granizadas con frecuencia desde octubre hasta marzo con tamaños que pueden superar los llamados gigantes (de 5 cm o más) como es el caso de los estudiados en 1988 y 2018 (Levi et al 1989, Levi et al 1991, Arena, 2019a) o el récord sudamericano de 2018 de casi 18 cm de máxima longitud el Coloso Victoria caído en Villa Carlos Paz (Arena, 2020)

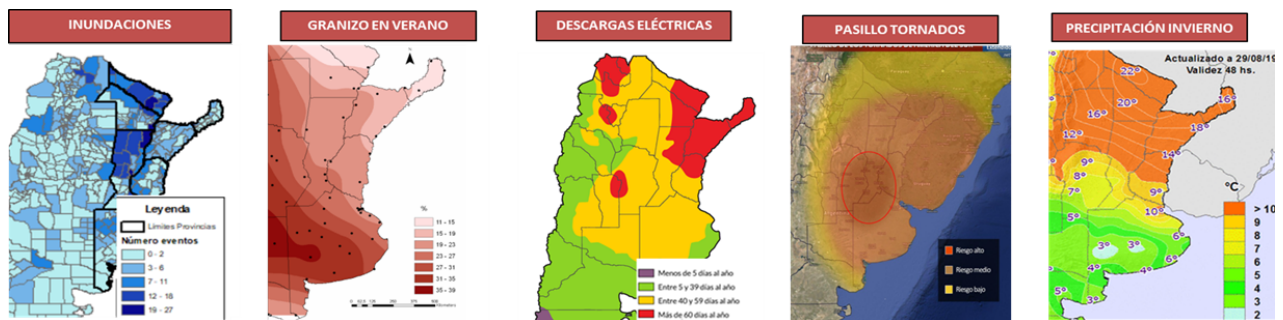


Figura 1. Diferentes variables indicadoras de una tormenta severa en la región centro norte de Argentina (referencias SMN; Aktinger et al, 1982)

El estudio de estas tormentas severas es esencial para mejorar los pronósticos meteorológicos, los programas requieren de datos de los grandes instrumentos de detección remota como radares, satélites y, fundamentalmente, de los obtenidos de las estaciones meteorológicas. Los datos “de campo” obtenidos por las estaciones son cotejados con solvencia con los de los grandes instrumentos para el caso de lluvia, vientos, descargas eléctricas e inundaciones, pero para los eventos de granizo que son tan rápidos y aleatorios, las probabilidades de contar con datos de campo son muy bajas, salvo por los provistos por los vecinos.

Asimismo, la información recogida durante el ciclo productivo en instancias de monitoreo, alerta temprana y respuesta a eventos meteorológicos extremos (EME) es esencial para la toma de decisiones que favorezcan la reducción de vulnerabilidades y riesgos, y promuevan la adaptación de productores hortícolas a los cambios climáticos (Alvar-Beltrán, et al., 2021) (FAO, 2021). Los datos estadísticos de pérdidas y afectados orientan las políticas públicas de financiamiento y planificación, fundamentalmente cuando se considera un contexto de la variabilidad climática demandante de estrategias y acciones de adaptación al cambio climático.

Para determinar el impacto de cada EME es necesario contar con datos precisos de la localización espacio-temporal del evento. Asimismo, existen conflictos por prácticas agrícolas, derivadas del control de plagas (Chang, et al., 2011), las aspersiones afectan cultivos próximos y zonas habitadas (Chaim et al , 2004) a partir de un fenómeno denominado *deriva*, definida como el movimiento de las partículas pulverizadas de plaguicidas y vapores fuera del blanco, provocando menor posibilidad de control y posible daño a la vegetación susceptible, vida silvestre y a las personas (Etiennot y Piazza, 2010). Esta recolección de datos, esencial para el monitoreo y evaluación de eventos meteorológicos extremos y plagas, puede concretarse en forma efectiva y eficiente con los aportes de los damnificados y de colaboradores voluntarios que se encuentren en el lugar en el momento en que se produce el EME (Haworth y Bruce, 2015; Harrison et al., 2020) así como la deriva de agroquímicos.

Por ello se desarrolla un programa de ciencia ciudadana y abierta que tuvo en sus orígenes como objetivo “*posibilitar* la geolocalización temporal de las granizadas y *recolectar* y *caracterizar* cristalográficamente los granizos, a lo largo del territorio provincial con la finalidad de *correlacionar* estos datos de granizos con los instrumentos de detección remota y *mejorar los modelos* de tormentas severas”. Hoy este programa incluye otros fenómenos meteorológicos extremos y de salud ambiental que son importantes para los ciudadanos comunes de la provincia y muy especialmente para los productores agrícolas de la región alimentaria de Córdoba.

En los próximos apartados se describen los programas de ciencia ciudadana desarrollados y los resultados obtenidos

PRIMER PROGRAMA DE CIENCIA CIUDADANA DE RECUPERACIÓN DE DATOS

En el 2018 se implementa el programa “Cosecheros de granizos Córdoba” que tiene como objetivo registrar información sobre la geolocalización-temporal de los granizos caídos y recolectar muestras de granizos para estudiarlos en el laboratorio. Este es un programa de ciencia ciudadana en el cual se realiza “la recopilación y análisis sistemático de datos, el desarrollo de la tecnología, las pruebas de los fenómenos naturales, y la difusión de estas actividades por los investigadores sobre una base principalmente vocacional (ciencia ciudadana, 2018)” El programa se desarrolló con aportes del Ministerio de Ciencia y Tecnología de la Provincia de Córdoba (MINCYT) y la Facultad de Matemática, Astronomía, Física y Computación de la Universidad Nacional de Córdoba (FAMAF-UNC) “Cosecheros de granizo Córdoba” se basó en tres líneas de acción, una educativo-divulgativa, una de extensión y una de investigación básica. La información de las granizadas y los granizos se obtuvieron a partir de un trabajo extensionista conjunto realizado entre las instituciones intervinientes que implementaron becas de extensión y perfeccionamiento para estudiantes. Se organizaron actividades de divulgación del programa en instituciones educativas de toda la provincia en las que se explicaba la importancia del programa y se realizaban prácticas de la recuperación de los datos utilizando una “regla granicera” diseñada a tal fin (ver figura 2) Los datos eran subidos por los ciudadanos a una aplicación para móviles (android) “cosecheros de Granizo Córdoba” o bien enviados por correo electrónico tal como se muestra en la “regla granicera”. Como guía para el usuario se confeccionó un video <https://www.youtube.com/watch?v=aVRhjzWLIfw> que fue realizado por estudiantes voluntarios de la UNC en el marco del programa “Compromiso Social Estudiantil (CSE, ver referencia)”

Los resultados de este programa, que funcionó 2018-2019 han sido alentadores y dieron como resultados una tesis de maestría (Crespo, 2020), trabajo de publicación (Bernal Ayala et al, 2022, Arena et al 2021) y la escala del programa a otros eventos meteorológicos, con un sentido de ciencia abierta y redirigido además a ciudadanos con intereses agropecuarios.



Figura 2. Regla granicera en detalle (notar que al dorso incluye información de cómo conservar los granizos) y colada junto a una granizada (que permite determinar la cantidad de granizo caído por unidad de superficie) y junto al granizo coloso Victoria (como indicadora del tamaño del mismo)

PLATAFORMA DE CIENCIA CIUDADANA Y ABIERTA COSECHEROS DE EVENTOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS (EME) Y DE SALUD AMBIENTAL (ESA)

En esta segunda etapa se sostuvieron los conceptos de programa de ciencia ciudadana, haciendo énfasis en una devolución al ciudadano de información de interés, así como en el registro abierto de los datos. Para ello se diseñó una nueva aplicación para móvil, que incluye los nuevos EME y ESA así como información útil para el ciudadano como mapas en los que se pueden observar los eventos publicados y enlaces a información de interés en el tema.

Se sumaron más instituciones que avalan el programa y se consolidó un equipo de trabajo multidisciplinario que trabaja sobre la incorporación de EME como heladas, sequía, granizo, vientos, lluvia y deriva. Estos eventos meteorológicos son los considerados de interés no sólo por los investigadores sino por los productores agropecuarios, en particular los frutihorticultores, que participan de las mesas agro-climáticas (MACA) de los proyectos que sustentan este programa de “COSECHEROS”. Una explicación sintética del programa puede verse en <https://www.youtube.com/watch?v=yw10IZfRUvc>

Hoy “COSECHEROS” se desarrolla en el marco de diversos programas como Argentina sin hambre: Sistema de Alerta Temprana y Red de Centinelas Ambientales (SAT y RedCA) de la Región Alimentaria de Córdoba (RAC)” y el de la Agencia de Desarrollo Económico de la ciudad de Córdoba (ADEC) dirigidos por B. Giobellina, otro del INTA bajo la dirección de D.Pons y el proyecto de Calibración del RAM1 de SECYT-UNC dirigido por el Ing. Ricardo Ingaramo. Además, se cuenta con apoyo del OHMC, la CONAE y la FAMAF para el desarrollo de diferentes partes del producto final COSECHEROS, como la vinculación con TERRAMA2 (a cargo de investigadores de la CONAE), el sistema de DESCARGAS ELÉCTRICAS (desarrollado por A. Lighezzolo del OHMC) o las APP COSECHEROS y el REGISTRO DE TWITTERS que se desarrolló el año pasado, en parte en la FAMAF como un servicio realizado desde el centro de transferencia ITEFA dirigido por la Dra. L. Arena. Finalmente, COSECHEROS EME es considerado de interés por el GIRSAR (Programa de gestión integral de los riesgos en el sistema agroindustrial rural), los proyectos PE I064 Prevención y Evaluación de la Emergencia y Desastre Agropecuario (INTA), la Oficina de Riesgo Agropecuario (ORA), el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y la Oficina de Emergencias Agropecuarias (OMEGA)

La garantía del concepto de datos abiertos está en el registro de los mismos que está resguardado en la FAMAF-UNC y el concepto de “devolución de la información al ciudadano” está conceptualizado en la misma aplicación que incluye mapas con las “cosechas” de los EME y ESA y los enlaces a los videos instructivos y en un corto plazo a información educativa.

RESULTADOS

A modo de ejemplo, en la primera parte se describen algunas de las herramientas diseñadas para el relevamiento de impactos en la app COSECHEROS. En una segunda parte, se informan los resultados del programa implementado durante una granizada ocurrida en Abril de 2021, en Pilar. Además, en Abril de 2022, se registró una granizada en la localidad vecina, Río Segundo, relevándose mediante COSECHEROS, gran cantidad de información que aún se está procesando; sin embargo, los datos recolectados permitieron, en ambas situaciones, a los productores realizar gestiones provechosas antes las autoridades gubernamentales para paliar las pérdidas de sus cultivos.

Herramientas tecnológicas para el relevamiento de impactos

Dentro del marco del programa se desarrollaron herramientas tecnológicas con el objetivo de relevar los impactos de los eventos extremos sobre la producción hortícola e infraestructura. Se implementó la aplicación para teléfonos móviles en sistema android, denominada COSECHEROS, que permitirá recolectar, procesar y comunicar información sobre la ocurrencia e impacto de eventos meteorológicos extremos, mediante la participación activa y colaborativa de productores (EME), ciudadanos/as e investigadores. De igual manera, para los daños a la salud de las personas y cultivos ocasionados por la deriva de agroquímicos. Esta aplicación permitirá la construcción de bases de datos y cartografía en forma automática y en tiempo real, registrando la ocurrencia y el impacto de EME, aportando a la planificación estratégica, acelerando los tiempos de respuesta temprana y mitigación por parte de los organismos de gestión de emergencias. También ayudará al desarrollo, verificación y calibración de herramientas satelitales y radares, para el monitoreo de EME. La identificación de áreas de mayor frecuencia e impacto sobre producciones agropecuarias

permitirá el desarrollo de estrategias de dispersión del riesgo, como seguros agrícolas (ICCA, 2012; MAGyP, 2019; FAO, 2018).

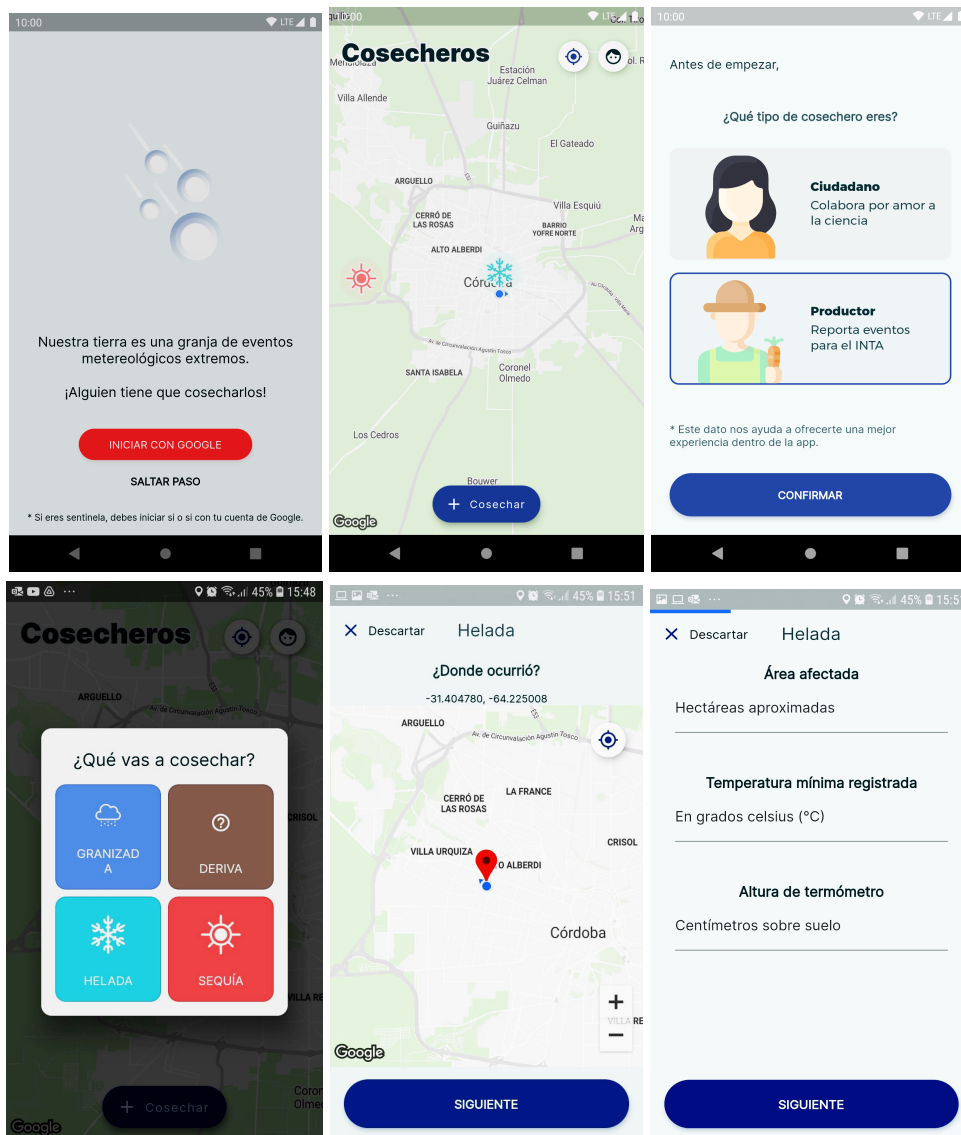


Figura 3. Pantallas de inicio, acceso según tipo de usuario y relevamiento de eventos (ej. heladas sobre cultivos) de COSECHEROS.

Por otra parte, con el objetivo de complementar la información provista activamente por los usuarios de COSECHEROS, se desarrolló una herramienta de minería de datos capaz de recolectar publicaciones en Twitter sobre tormentas severas y otros eventos meteorológicos extremos, presentando en este caso los registros de caída de granizo. Esta herramienta tiene la potencialidad de generar alertas de corto plazo. El usuario/a mediante esta aplicación, puede tener acceso a la información extraída desde Twitter de una manera simple y gráfica. El funcionamiento básico de la aplicación consiste en realizar una búsqueda con una palabra clave y geocódigo, y detectar tuits que contengan información geográfica del evento, por ejemplo, relacionado a caída de granizo. Posteriormente, se extrae la información necesaria para ser cartografiada y visualizada por el usuario. Los datos recolectados quedarán en una base de datos de Firebase, al igual que la cosecha de eventos. De esta forma, los datos son útiles para realizar diferentes estudios como, por ejemplo, los relacionados a la acción preventiva que permite reducir los daños sobre la producción agropecuaria.

La metodología desarrollada para el relevamiento de un EME se aplicó a dos tormentas graniceras producidas en la provincia de Córdoba-Argentina 25 y 30 de enero del 2021. En general, las tormentas convectivas severas producen lluvias torrenciales, vientos intensos, granizos y descargas eléctricas. En el caso de las tormentas estudiadas, que fueron productoras de granizo, es posible correlacionar las zonas donde se producen los granizos con las regiones en que la tasa de descargas eléctricas es alta (Borque, et al., 2021; Lighezzolo et al., 2021)

Para validar la metodología de registros de tuits de cada granizada, se mapean los tuits de una tormenta y se comparan con la distribución espacial de actividad eléctrica de la tormenta correspondiente. Los datos de descargas eléctricas fueron obtenidos del sensor GLM del satélite GOES-16. Se registraron los valores acumulados de descargas eléctricas con diferentes umbrales correspondientes a 10, 20 y 50 descargas por minuto (Lighezzolo et al., 2021)).

Tanto las imágenes satelitales como los tuits, se registraron a lo largo del día. En los mapas de las figuras 4 y 5 pueden observarse superpuestas las localidades donde se registraron tuits de caída de granizo y una tasa de descargas eléctricas con umbral de 10, 20 y/o 50 descargas por minuto para las dos tormentas estudiadas de enero de 2021.

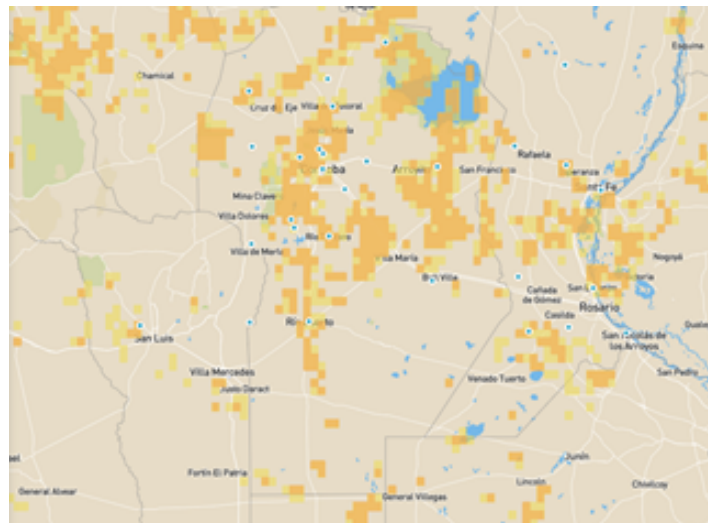


Figura 4. Relevamiento de actividad eléctrica según umbral de descargas y tuits registrados durante las tormentas de 25/01/2021, sobre Córdoba, Argentina. Tuits en círculos celestes. Umbrales de descargas: amarillo 10 flashes/ minuto y naranja de 20 flashes/ minuto .

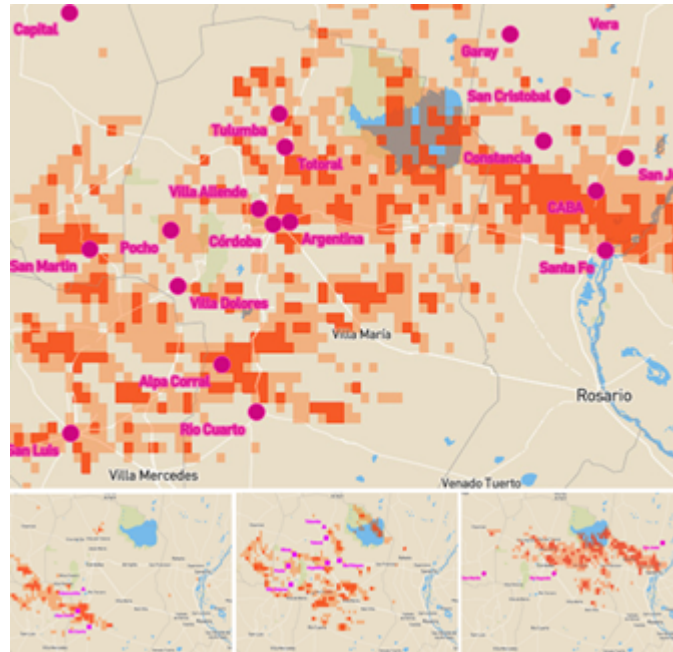
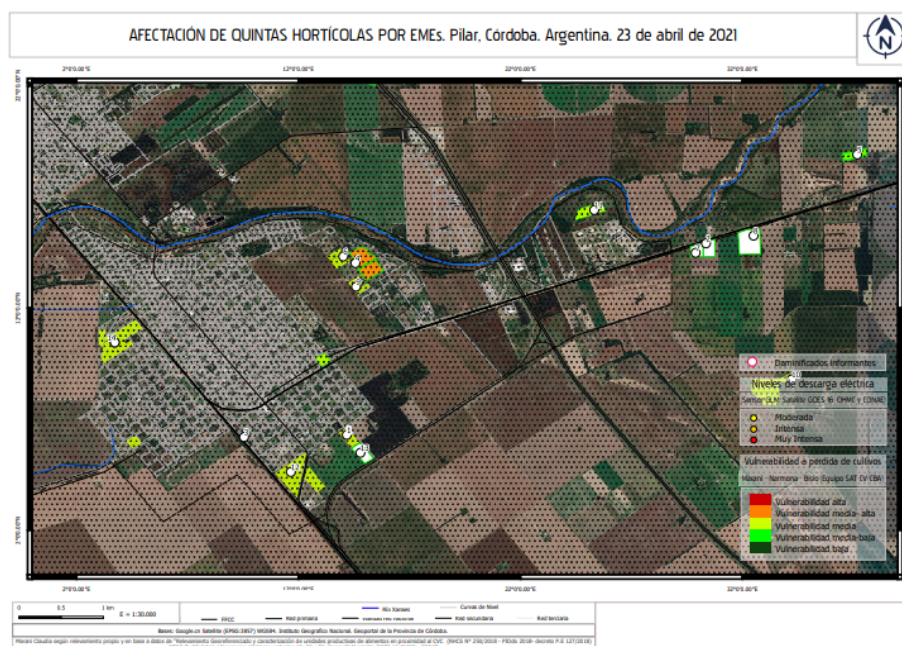


Figura 5. Secuencia de actividad eléctrica según dos umbrales de descargas registrados durante la tormenta del 30/01/2021 en Córdoba, Argentina. Abajo: secuencia de ambas variables (descargas y tuits) según intervalos horarios de (izquierda a derecha) 0-2 am, 2-4 am y 4-6 am. En fucsia tuits relevados. Umbrales de descargas eléctricas: en naranja claro 20 flashes/ minuto y naranja oscuro 50 flashes/ minuto.

Una granizada relevada en el marco del programa Cosecheros

Los resultados del relevamiento de datos, realizado en forma manual en 2021, se sintetizan en el siguiente párrafo extraído del informe de INTA. 27 abril 2021 “El presente informe tiene como objetivo informar a las autoridades nacionales pertinentes y a la comunidad en general sobre la estimación de: áreas hortícolas afectadas por el Evento Meteorológico Extremo granizo) en la localidad de Pilar el viernes veintitrés (23) de abril corriente año; número de quintas comprendidas en dichas áreas; pérdidas de cultivos según condiciones particulares de las unidades productivas (niveles de vulnerabilidad) e intensidad de las tormentas. Se espera que esta información pueda ser de utilidad para apoyar a los productores damnificados de acuerdo a su grado de afección.” En este caso, las unidades productivas (quinta diversificada) pudieron ser clasificadas con nivel de daño alto- medio, alto y alto a extremo con nombre de damnificados (informantes) mediante su testimonio por medio de fotografías, audios, escritos, ubicación GPS. (ver figura 6)



	Coordenadas GPS	Nivel de daño estimado	Código de la quinta	Hectáreas declaradas	Zona	Daminificado/a	inscripto a RENSPA	inscripto a RENAF
1	31°41'24.4"S+6°51'57.8"W	Alto a Extremo	184	4	Pilar Sur		SI	NO
2	31°39'57.0"S+6°49'13.9"W	Alto a Extremo	--	3	Este de Pilar (fuera de radio)		SI	NO

Figura 6. Mapa de la afectación de quintas por la granizada del 23 de Abril de 2021 y ejemplo de la tabla de registros de datos

Además, se pudieron correlacionar los datos satelitales de la tormenta con las descargas eléctricas (figura 7). Se observa el evento según temperatura de topes nubosos, mostrando una progresión de la tormenta en el centro de Argentina, puntualmente sobre la zona de quintas declaradas damnificadas, entre las 17.30 a las 19.00. La tormenta avanza en sentido oeste -este y adquiere las temperaturas más extremas bajo cero (-40°C)

Un año después de esta tormenta granicera tardía de 2021, entre el 20 y 21 de Abril de 2022, se registró una tormenta de granizo, afectando a la localidad de Río Segundo. En este caso, ciudadanos y productores participaron del programa más intensamente y se registraron gran cantidad de datos que aún se están procesando. Un primer resultado puede verse en la figura 8 en la que se presentan superpuestos los datos de tuitos y las descargas eléctricas producidas durante la tormenta.

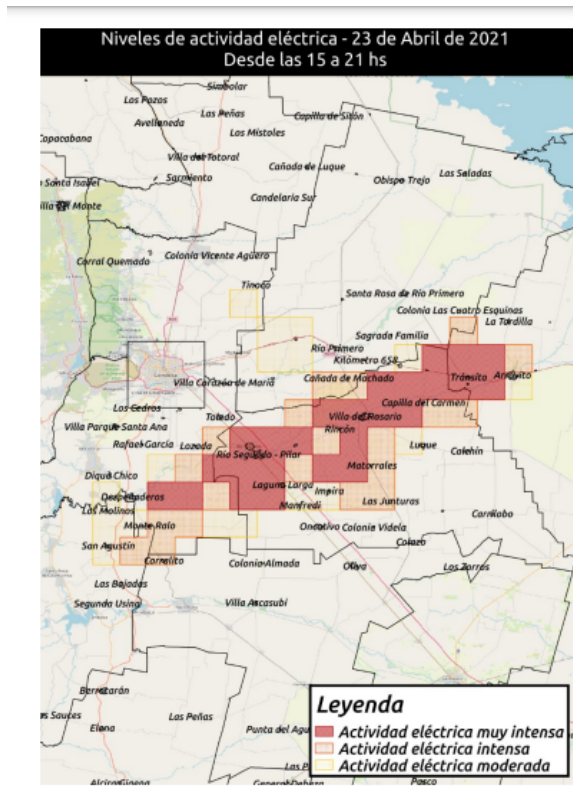


Figura 7. : Nivel de actividad eléctrica del evento del 23.04.2021

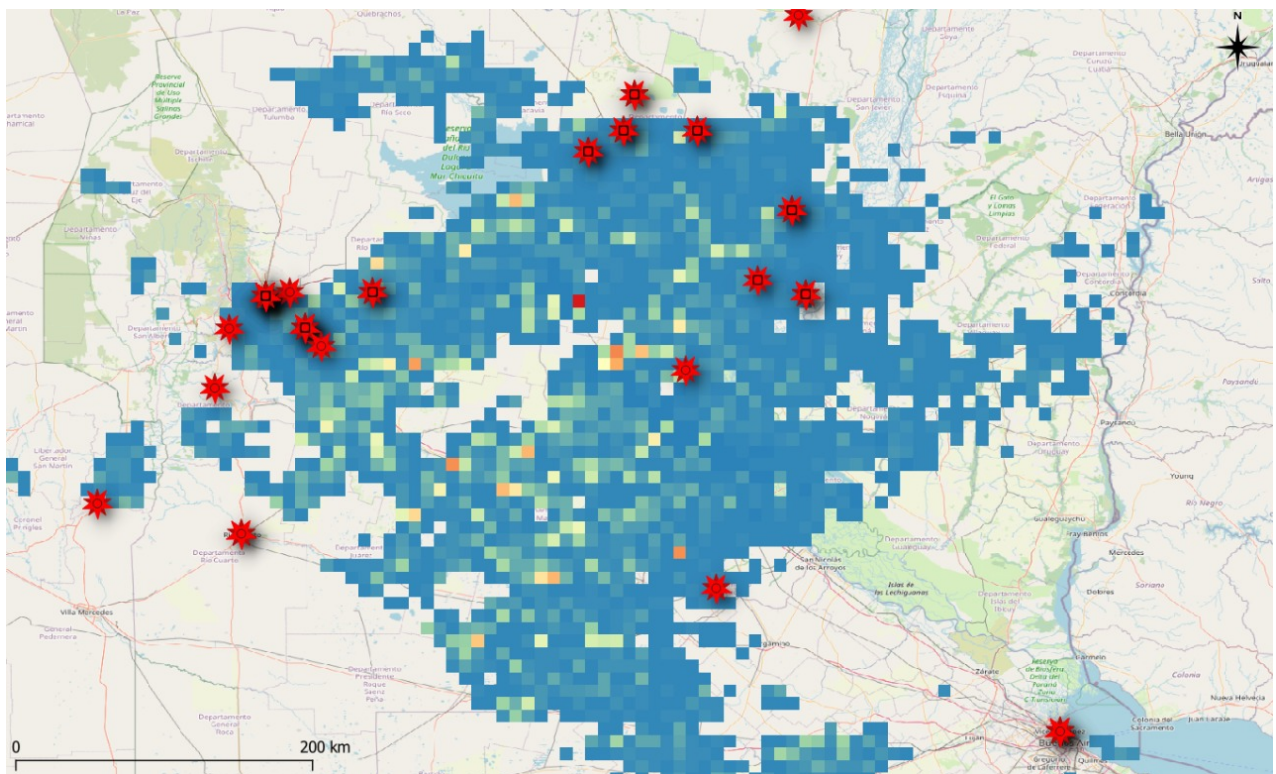


Figura 8. Superposición de datos de tuites en rojo con las descargas eléctricas en la zona afectada por granizo en la tormenta de 20-21 de abril de 2022.

CONCLUSIONES

Los proyectos de **ciencia ciudadana y abierta** que aquí presentamos tienen una fuerte base en la investigación universitaria y de instituciones nacionales de Tecnología como el INTA, la docencia en todos los niveles educativos y las acciones de extensión institucionales. Estas últimas entendidas como, un diálogo de saberes entre actores extra-institucionales e institucionales que, en un fuerte trabajo colaborativo, desarrollan conjuntamente las tareas científicas. De manera efectiva y eficiente, el ciudadano toma un rol de científico que se integra fuertemente con las actividades del investigador profesional. El concepto ciencia abierta asegura el libre acceso a los datos y a los productos obtenidos a partir de los mismos. Los usuarios de la aplicación tienen acceso a los registros de las cosechas de eventos en un mapa y, en la medida que se masifique el uso de la misma, podría tenerse acceso a un pronóstico colaborativo de muy corto plazo (el avance de la tormenta va quedando graficada a medida que avanza). Asimismo, este mapeo colaborativo incentiva a la participación y espíritu de gestión cooperativa de la emergencia, ayudando en la identificación de afectados y prioridades de mitigación en territorio.

Por otra parte, la implementación de herramientas tecnológicas y su evaluación por parte de usuarios comunes y productores, permite el ajuste de interfases, cuestionarios y estrategias por parte del equipo de desarrollo, así como el intercambio de saberes con los mismos, en cuanto a meteorología, sensado remoto y producción hortícola

Los resultados de la implementación del programa COSECHEROS son alentadores ya que pueden permitir en el corto plazo el registro de eventos meteorológicos extremos y de salud ambiental en forma masiva, abarcando un amplio territorio con muy bajo costo. La limitación está sólo en la difusión y divulgación de la información y el funcionamiento de la aplicación que resulta intuitiva y amigable, de acuerdo con lo que opinan los productores que participan de los talleres de las mesas agroclimáticas.

REFERENCIAS

Altinger de Schwarzkopf, M. L., and L. C. Rosso (1982), Severe storms and tornadoes in Argentina, Preprints, 12th Conf. on Severe Local Storms, San Antonio, TX, Amer. Meteor. Soc.,59–62.

Alvar-Beltrán, J., Elbaroudi, I., Gialletti, A., Heureux, A., Neretin, L. Soldan, R., “Climate Resilient Practices: typology and guiding material for climate risk screening”. Rome, FAO. 2021.

Arena (2019b) Two Hailstorm of the Province of Córdoba. RELAMPAGO-CACTI Data Analysis Workshop, Buenos Aires, November 19-22, 2019, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Universidad de Buenos Aires- Argentina (consultado en agosto 2022 en https://docs.google.com/document/d/1BkbiOekLrwzKNQRanq_MsJgpwtng9MFOUUrNAMgbRA/e/dit)

Arena L. 2019 a GRANIZOS GIGANTES EN LA PROVINCIA DE CÓRDOBA ARGENTINA. ESTUDIO DE DOS CASOS: 1988 Y 2018 CONGRESO INTERNACIONAL DE CAMBIO CLIMÁTICO (CCC) Y TERCER ENCUENTRO INTERDISCIPLINARIO DE INVESTIGADORES EN PROBLEMÁTICAS AMBIENTALES (EIDIPA) DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE CÓRDOBA (recopilado en agosto 2022, desde

https://eidipa.congresos.unc.edu.ar/wp-content/blogs.dir/45/files/sites/45/2021/04/Trabajo-25-CC_C_arena.pdf)

Arena L., Crespo A (2019) Recopilación de Estudios Primarios de Caracterización Cristalográfica de Granizos y de las Tormentas que los originan (consultado en agosto 2020 de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/14055>)

Arena, L.E. 2020. Granizos Gigantes de Córdoba-Argentina I. El Coloso Victoria (consultado en agosto 2022 de <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/15963>)

Arena, LA. A. Rico, R. Ingaramo, R.Comes, 2021. "Trayectoria de hidrometeoros -lluvia y granizo- de una tormenta severa de Córdoba, Argentina" Reunión de la Asociación Física Argentina (rescatado en agosto 2022 de http://rafa.fisica.org.ar/wp-content/uploads/2021/12/libro-de-resumenes-106rafa_final.pdf)

Bernal Ayala, A.C.; Rowe, A.K.; Arena, L.E.; Desai, A.R. Evaluation of Satellite-Derived Signatures for Three Verified Hailstorms in Central Argentina. *Meteorology* 2022, 1, 183-210. <https://doi.org/10.3390/meteorology1020013>

Borque, P.; Vidal, L.; Rugna, M.; Lang, T.J.; Nicora, M.G.; Nesbitt, S.W. Distinctive Signals in 1-Min Observations of 876 Overshooting Tops and Lightning Activity in a Severe Supercell Thunderstorm. *J. Geophys. Res. Atmospheres* 2020, 125, 877 e2020JD032856, doi:10.1029/2020JD032856

Borque, P. C., L. Vidal, M. Rugna, T. J. Lang, M. G. Nicora, and S. W. Nesbitt, 2020: Relationships between 1- minute satellite overshooting tops, lightning, and radar signatures in a severe supercell thunderstorm. *J. Appl. Meteor. Clim.*, in press.

Chaim, A.; Ferracini, V.L.; Lima, . A. de., "O ar que respiramos: o que estamos fazendo com o nosso ambiente?". Embrapa Meio Ambiente, 2004.

Chang, F.Ch., Simcik, M.F., Capel, P.D., "Occurrence and fate of the herbicide glyphosate and its degradate aminomethylphosphonic acid in the atmosphere". *Environ.Toxicology and Chemistry*, Vol. 30, No. 3, pp. 548–555. 2011.

Ciencia ciudadana, 2018. «Finalizing a Definition of "Citizen Science" and "Citizen Scientists"». OpenScientist. [-http://www.openscientist.org/2011/09/finalizing-definition-of-citizen.html](http://www.openscientist.org/2011/09/finalizing-definition-of-citizen.html) - Consultado 14 noviembre de 2018)

Crespo (2020) Characterization of two hailstorms in Argentina, A thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree of MASTER OF SCIENCE (Atmospheric and Oceanic Sciences) at the UNIVERSITY OF WISCONSIN-MADISON

CSE Programa "Compromiso Social Estudiantil UNC, 2018-2019 (<https://www.famaf.unc.edu.ar/la-facultad/institucional/secretar%C3%ADas/secretar%C3%ADa-de-extensi%C3%B3n/proyecto-de-cs-cosecheros-de-granizo/>)

Etiennot, A. y Piazza, A. "Buenas Prácticas de Aplicación en cultivos planos extensivos. Distancias a zonas urbanas. Criterios y soluciones." *Acta Toxicológica Argentina* vol 18, no 2, pp 40-53. 2010.

FAO, "Seguros agrícolas para la agricultura familiar en América Latina y el Caribe - Lineamientos para su desarrollo e implementación. Santiago de Chile, por Vila, F. 70 pp. 2018. Licencia: CC BY-NC-SA 3.0 IGO.

FAO, "The impact of disasters and crises on agriculture and food security: 2021".Rome.. 2021. <https://doi.org/10.4060/cb3673en>.

Harrison S., S. Potter, R. Prasanna, E.E. H. Doyle, D. Johnston, "Volunteered Geographic Information for people-centred severe weather early warning: A literature review". Australasian Journal of Disaster and Trauma Studies, Vol 24, no 1. 2020.

Haworth B. and E. Bruce, "A Review of Volunteered Geographic Information for Disaster Management". Geography Compass 9/5, pp 237–250, 2015.

ICCA, "Los seguros agropecuarios en las Américas: un instrumento para la gestión del riesgo" / David Hatch...[et.al.] – San José, C.R.: ALASA, pp 94. 2012. ISBN13: 978-92-9248-405-7.

Levi L., Lubart L, Nasello O., Arena L. (1989) Proceeding of Third Intern. Conf.on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, pp 343

Levi, Arena, Nasello, Lubart, 1991 Condiciones iniciales de crecimiento de granizos gigantes. CONGREMET VI. Anales del Centro Argentino de Meteorología. 23-27 set. 1991.Bs. As. Arg.

Lighezzolo A, L.E. Arena, A.I. Silva, T. Osiecki, D.H. Pons 2021. Producto de actividad eléctrica derivada del sensor GLM del satélite GOES-16 para apoyar el monitoreo de granizadas. Comunicación de la 106a Reunión de la Asociación Física Argentina. <http://sistema.fisica.org.ar/static/resumenes/7924.pdf>

MAGyP., "Adaptation and Resilience project of family agriculture in north-east Argentina in view of climate change and variability. Project Completion report". Adaptation Fund. 2019.

Medina BL, Carey LD, Lang TJ, Bitzer PM, Deierling W, Zhu Y. Characterizing Charge Structure in Central Argentina Thunderstorms During RELAMPAGO Utilizing a New Charge Layer Polarity Identification Method. Earth Space Sci. 2021 Aug;8(8):e2021EA001803. doi: 10.1029/2021EA001803. Epub 2021 Aug 18. PMID: 34595328; PMCID: PMC8459255.

Mezher, R.N.; Doyle, M.; Barros, V."Climatology of hail in Argentina" (2012) Atmospheric Research. 114-115:70-82

Vidal, Luciano. "Convección extrema sobre Sudamérica : estructura interna, ciclos de vida e influencia de la topografía en la iniciación" . (2014). Tesis Doctoral, Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.