

SINOBAS, UN EJEMPLO DE CIENCIA CIUDADANA SOBRE LOS FENÓMENOS METEOROLÓGICOS EXTREMOS EN ESPAÑA

SINOBAS, AN EXAMPLE OF CITIZEN SCIENCE ON EXTREME WEATHER EVENTS IN SPAIN

Maria del Carmen Moreno García¹

Los fenómenos meteorológicos extremos y la reducción del riesgo de desastres (RRD)

Un fenómeno meteorológico extremo se define como un suceso natural ocurrido en un período de tiempo y espacio determinados con características inusuales en lo que respecta a su magnitud, localización, tiempo o alcance (OMM, 2021). Los fenómenos meteorológicos extremos contribuyen con frecuencia a la ocurrencia de auténticos desastres, cuando son capaces de destruir bienes, medios de subsistencia y también vidas humanas. Pero el riesgo de desastres no solo obedece a estos peligros naturales, como pueden ser los fenómenos meteorológicos extremos, sino que hay, además, otros factores que tienen también una decisiva participación en ello como son la exposición y la vulnerabilidad.

La propia variabilidad natural del clima suele generar fenómenos meteorológicos y climáticos extremos de forma habitual, pero hoy día se sabe que la influencia del cambio climático antropogénico actual afecta también a los fenómenos meteorológicos extremos, originando variaciones en su frecuencia, intensidad, extensión espacial y duración (IPCC, 2021). La gravedad de las repercusiones de estos fenómenos meteorológicos extremos depende, en gran medida, precisamente del grado de exposición y vulnerabilidad a esos fenómenos. Es obvio que algunas regiones son más vulnerables a ciertos peligros que otras, modificando su resiliencia o capacidad para enfrentar los problemas y la capacidad de adaptación. Todos estos fenómenos meteorológicos extremos tienen un gran impacto en los sectores económicos vinculados con el clima, el agua, la agricultura, las infraestructuras, la salud y el turismo, de ahí también la importancia de su estudio e investigación, así como su vigilancia y monitorización.

¹ Departamento de Geografía. Universidad de Barcelona. ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8771-5129>. E-mail: mcmoreno@ub.edu.

Según el Atlas de la OMM (2021), entre los años 1970 y 2019 se registraron más de 11.000 desastres en todo el mundo por causa de los peligros meteorológicos, climáticos e hidrológicos, que ocasionaron algo más de 2 millones de víctimas mortales y 3,64 billones (USA) de dólares en pérdidas. Este tipo de peligros fueron la causa del 50% de todos los desastres acaecidos, del 45% del conjunto de muertes notificadas y del 74% de las pérdidas económicas declaradas. Más del 91% de esas muertes se produjeron en países en desarrollo. En este período de 50 años, el número de desastres, como puede comprobarse, se ha quintuplicado, pues, por el aumento de los fenómenos meteorológicos extremos, debido, en buena medida, al cambio climático y por la mejora en los mecanismos de suministro de información. Ahora bien, gracias al perfeccionamiento de los sistemas de alerta temprana y a la mejora de las prácticas de gestión de desastres, el número de muertes es casi tres veces menor (OMM, 2021). El número de fenómenos meteorológicos extremos registrados está incrementándose, pues, y se prevé que seguirán siendo más frecuentes y violentos en muchas partes del mundo (IPCC, 2012; 2021).

El cambio climático ha provocado variaciones en la frecuencia y severidad de muchos de estos fenómenos meteorológicos extremos, tales como las lluvias torrenciales e inundaciones, las sequías, las olas de calor o los vientos fuertes (IPCC, 2021). Por ello, la reducción de los riesgos de desastres relacionados con estos fenómenos meteorológicos se asocia cada vez más con la propia adaptación al cambio climático (FIELD et al, 2012). Imada et al (2019), por ejemplo, ya constataron que la ola de calor que afectó en julio de 2018 al Japón habría sido imposible sin la influencia humana. En cuanto a lluvias extremas hay, asimismo, cada vez más casos donde se comprueba esta influencia (conjuntamente con otros condicionantes como el del El Niño-Oscilación del Sur), como, por ejemplo, en los episodios registrados en los meses de junio y julio de 2016 en el este de China, donde dicha influencia aumentó significativamente la probabilidad del fenómeno (SUN; MIAO, 2018; YUAN et al, 2018).

Los países en vías de desarrollo y pequeños estados insulares, como algunos países de Sudamérica, África y Asia son, en especial, los que muestran mayores niveles de vulnerabilidad y riesgo y menor capacidad de respuesta para recuperarse de los desastres.

Además, la urbanización, sin duda, incrementa la exposición de la población a diferentes peligros. No hay que olvidar que, actualmente, más del 50% de la población mundial reside en áreas urbanas y la tendencia prevista es que ese porcentaje siga aumentando hasta alcanzar el 66% en el 2050 (UNITED NATIONS, 2018). El crecimiento urbano acelerado previsto en los próximos años, así como la consiguiente degradación ambiental, aumenta la vulnerabilidad de la gente a los desastres, siendo las ciudades y áreas urbanas con gran densidad

de población de los países en desarrollo, sobre todo, donde se concentra el mayor riesgo, especialmente, en los asentamientos informales surgidos en esos lugares, donde habita un gran número de población que no dispone de infraestructuras ni tiene acceso a servicios (WATANABE, 2014).

Las ciudades, precisamente, son uno de los temas contemplados en el denominado Marco de Sendai para la Reducción del Riesgo de Desastres, adoptado en el año 2015 por hasta 187 estados miembros de las Naciones Unidas, en el que se establece, entre otras cuestiones, el papel que han de desempeñar los gobiernos locales en la mitigación y adaptación a las amenazas existentes a las que se enfrentan sus ciudades, con unos objetivos y prioridades bien claros (UNDRR, 2015).

La ciencia ciudadana ante los desastres y los fenómenos meteorológicos extremos

Hoy en día la ciencia ciudadana se reconoce como un importante elemento de la ciencia abierta, considerándola como una verdadera prioridad en ese contexto de investigación, pues hace que, entre otras cosas, la ciencia sea más relevante socialmente permitiendo la producción de nuevos conocimientos científicos (HECKER et al, 2018). Parece que fue Alan Irwin quien por primera vez en 1995 utiliza el término de *ciencia ciudadana* para referirse en este caso a las investigaciones emprendidas por científicos profesionales en colaboración con el público en el Reino Unido (IRWIN, 1995). Y, prácticamente, al mismo tiempo, Rick Bonney también comienza a utilizar en Estados Unidos la misma denominación en relación con los numerosos proyectos de investigación sobre aves que se estaban desarrollando en el Laboratorio de Ornitología de Cornell y en los que participaban también miembros del público (BONNEY, 1996). No obstante, hay que advertir que mucho antes de que se empleara esa denominación y la ciencia ciudadana estuviera formalizada científicamente, ya en el siglo XIX, tanto la ornitología en el Reino Unido, como la propia meteorología en muchos otros países, basaban la adquisición de buena parte de sus datos observacionales en redes formadas por ciudadanos voluntarios.

En las últimas décadas, especialmente en el siglo XXI, la ciencia ciudadana ha ido tomando cada vez más fuerza, a medida que los ciudadanos se han interesado cada vez más en contribuir a la ciencia mediante su participación no solo en la toma de datos, sino también en otras acciones que conllevan un mayor esfuerzo intelectual y una mayor responsabilidad personal y colectiva (XIFRA et al, 2020). La ciencia ciudadana se define en el Libro Blanco de la Ciencia Ciudadana en Europa como el compromiso del público general en actividades

de investigación científica al contribuir activamente a la ciencia con su esfuerzo intelectual o dando soporte al conocimiento con sus herramientas o recursos (SERRANO SANZ et al, 2014). Los beneficios que aporta la ciencia ciudadana a la sociedad son numerosos, destacando su contribución al logro de la gran mayoría de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas (QUEIRUGA-DIOS et al, 2020; LÓPEZ IÑESTA et al, 2021). Su validez ha quedado demostrada, además, en múltiples áreas del conocimiento, aunque, sin duda, donde se sigue aplicando mayoritariamente, es en el campo de la ecología y de las ciencias ambientales (SANZ et al, 2020). Precisamente, una propuesta muy reciente en esta línea es el proyecto de ciencia ciudadana Red4C para la observación del cambio climático y sus impactos en los ecosistemas a escala local (FERNÁNDEZ VALDOR, 2021).

De todos modos, el empleo de la ciencia ciudadana implica también riesgos de subjetividad, falta de rigor o formación del observador, o heterogeneidad, incluso en el método de observación, pero todo ello son limitaciones que pueden subsanarse o minimizarse fácilmente a través de campañas de formación y divulgación o estableciendo protocolos sencillos que mejoren el rigor de las observaciones. La utilización de páginas web para la introducción de los datos, donde queda delimitado solo los que son necesarios, así como su formato, resulta ser muy útil. La posibilidad, además, de utilizar los teléfonos móviles para establecer la ubicación exacta de los registros y subir fotografías que ayuden a la validación de la observación efectuada, confiere fiabilidad y robustez a la información facilitada.

Los ciudadanos suelen participar, pues, en la construcción de la ciencia, trabajando con equipos de científicos en tareas específicas como puede ser, por ejemplo, la recogida de datos y su análisis o la difusión de los resultados. Las distintas formas de participación han permitido clasificar los proyectos de ciencia ciudadana en varias categorías: unos son contributivos y otros son de colaboración y de cocreación. En relación con los desastres y los fenómenos meteorológicos extremos, los proyectos de ciencia ciudadana existentes acostumbran a ser de tipo contributivo o lo que se conoce también como de *crowdsourcing*. Este tipo de proyectos generalmente están diseñados por científicos y en ellos los ciudadanos lo que hacen, sobre todo, es aportar datos. Un ejemplo bien conocido de este tipo, aunque sobre otra temática, es el Proyecto Mosquito Alert, en el que la ciudadanía recoge imágenes y datos para la investigación, vigilancia y control del mosquito tigre a través de una aplicación móvil.

En lo que se refiere a los fenómenos meteorológicos extremos y la RRD hay que advertir que la ciencia ciudadana tiene todavía por delante un enorme potencial. Especialmente, en los países en desarrollo, donde cuentan con un gran número de población joven, la telefonía móvil inteligente abre

grandes posibilidades para su aplicación y para poder compartir datos como nunca hasta ahora se había hecho, sin requerir, además, una capacitación específica. Piénsese que algunas estimaciones señalan que solo en América Latina hay actualmente 156 millones de usuarios de smartphones y el potencial que eso puede suponer para la región; con la llegada de las tecnologías 5G, esta tendencia solo hará que seguir creciendo en las principales ciudades del mundo. El empleo de esta herramienta por parte de cualquier ciudadano permite recopilar de manera sencilla grandes cantidades de información y de datos en tiempo real, trasladándosela, luego, a los científicos especialistas. El uso de toda esta tecnología móvil y de otros dispositivos inteligentes como relojes o pulseras es una modalidad específica de crowdsourcing que algunos denominan ya como *crowdsensing* o *mobile crowdsensing* (GANTI et al, 2011).

De este modo los voluntarios adquieren nuevos conocimientos y habilidades, así como una comprensión más profunda sobre el trabajo que desarrollan los científicos y, como resultado, consiguen, incluso, estar más capacitados y preparados frente a los desastres por fenómenos meteorológicos extremos. Téngase muy presente que una comunicación adecuada y puntual de los riesgos es crítica para la adaptación y gestión efectiva de los desastres (LIU et al, 2020). Un ejemplo en este sentido lo constituye el proyecto piloto realizado en Ecuador, que desde el año 2000 ha creado una red de voluntarios para trabajar como vigías de volcanes, revelándose como una medida crucial para poder prevenir los desastres causados por la actividad de los volcanes en ese país. Generalmente se trata de campesinos vecinos de la zona, que conocen muy bien la región (ESPÍN-BEDÓN, 2017). Hay aplicaciones que permiten reportar también, por ejemplo, deslizamientos de tierras o movimientos sísmicos, proporcionando información sobre su horario y localización. Geotag-X es una de esas aplicaciones que, tras episodios de huracanes, terremotos y otros desastres, permite el envío de fotografías para facilitar la planificación de las tareas de los equipos de rescate (SMITH, 2017). Loo et al (2018) han desarrollado también una plataforma que permite el procesamiento en tiempo real de imágenes georreferenciadas sobre desastres naturales.

Urban Risk Map es una plataforma desarrollada por el Urban Risk Lab del Instituto de Tecnología de Massachussets (MIT), donde se aprovecha la información aportada por los ciudadanos y las redes sociales para elaborar una cartografía de riesgo, con un mapa en vivo, en el que se puede visualizar las calles y barrios, por ejemplo, que han quedado inundados, tras un episodio de intensas precipitaciones. La plataforma tuvo sus inicios en 2016 y, actualmente, funciona con Twitter, Facebook y Telegram, estando operativa en Estados Unidos, Japón y la India (véase: <https://urbanrisklab.org/work#/riskmap/>). Otra plataforma en

relación con los desastres naturales, también en los Estados Unidos, es el portal público PhotoMappers de la fundación americana National Alliance for Public Safety GIS (NAPSG), creado recientemente para que ciudadanos y voluntarios puedan encontrar, mapear y compartir de forma rápida la ubicación de las fotos que se encuentran en las noticias y en las plataformas de redes sociales (<https://2020-crowdsourced-disaster-photos-napsig.hub.arcgis.com/>).

Signalert, por ejemplo, es también otra herramienta de mapeo colaborativo, que te permite, a través de una aplicación móvil, alertar y reportar cualquier evento peligroso en relación con los riesgos de tipo natural y también tecnológico, entre los que se incluyen los fenómenos meteorológicos extremos, tales como las precipitaciones intensas y las inundaciones asociadas, entre otros. La aplicación te permite adjuntar imágenes y añadir comentarios, proporcionando así, alertas e información de interés a otros usuarios de las inmediaciones (<https://www.signalert.net>). Marta Poblet junto con otros autores ya realizaron en el año 2014 una revisión de las plataformas y herramientas de participación disponibles online en el tratamiento y gestión de los desastres, así como de los métodos que utilizan.

Entre los años 2016 y 2019 se desarrolló el denominado proyecto I-REACT (*Improving Resilience to Emergencies through Advanced Cyber Technologies*), financiado con fondos europeos, que ha sido una de las primeras plataformas en toda Europa que ha integrado datos diversos procedentes de múltiples fuentes, incluyendo los proporcionados por los ciudadanos a través de las redes sociales y la colaboración masiva (<https://cordis.europa.eu/project/id/700256/es>). El proyecto consiguió desarrollar hasta una aplicación móvil (disponible en Google Play), que permite a los ciudadanos informar sobre los fenómenos y peligros naturales.

En Europa una iniciativa reciente también es el denominado proyecto Crowd4SDG, integrado por un consorcio de 6 instituciones internacionales, entre las que se encuentra el CSIC español, a través del Instituto de Investigación en Inteligencia Artificial. La iniciativa, lanzada en el mes de mayo del 2020, busca evaluar la acción y eficacia de la ciencia ciudadana a través de la monitorización de los indicadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, con un especial enfoque en los fenómenos meteorológicos extremos. Para dar respuesta ante los desastres, el proyecto se basa en la colaboración abierta de tareas, evaluando cómo la inteligencia artificial y el aprendizaje automático pueden mejorar la ciencia ciudadana y el uso que hace ésta de las redes sociales (PERNICI, 2020).

En España de forma también muy reciente la Asociación Española de Geografía (AGE) junto con la Asociación Española de Geo-Voluntariado Digital (Geo-Voluntarios) ha puesto en marcha una iniciativa de ciencia ciudadana, que trata de involucrar a la población, a través del desarrollo de una aplicación denominada “*Atención: Punto de Riesgo*”, que permite localizar en un mapa esos

puntos, añadiendo una fotografía y un breve comentario de la situación a denunciar por parte de cualquier persona. Se pretende con ello generar un mapa colaborativo de denuncia que sirva como herramienta preventiva actualizada y de utilidad para los responsables de la gestión de las situaciones de riesgo, para poder actuar antes de que el desastre ocurra o, en todo caso, minimizar sus efectos. Una iniciativa en relación con los eventos extremos en funcionamiento en nuestro país desde hace más tiempo es Floodup (<http://www.floodup.ub.edu/>), una plataforma desarrollada por el grupo GAMA (Grupo de Análisis de situaciones Meteorológicas Adversas) de la Universitat de Barcelona, que cuenta también con una aplicación móvil en la que se puede participar y cuyo objetivo es ampliar la información sobre la localización e impactos causados por las inundaciones y otros fenómenos hidrometeorológicos adversos, así como mejorar el conocimiento y preparación de la población frente a ellos (LLASAT et al, 2018).

SINOBAS: un ejemplo de ciencia ciudadana sobre los fenómenos meteorológicos singulares en España

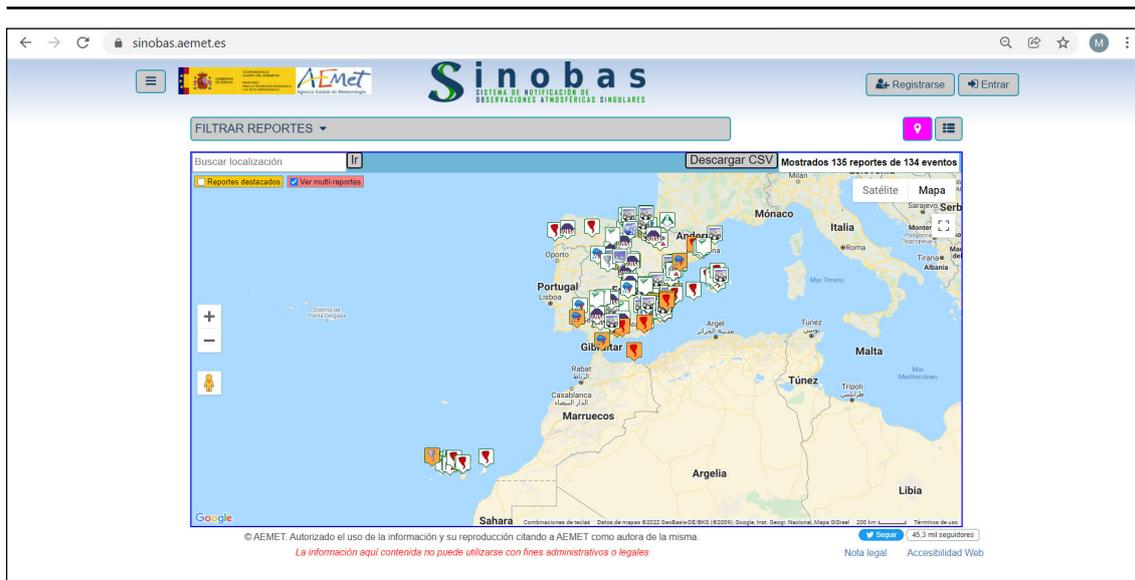
El proyecto SINOBAS de la Agencia Estatal de Meteorología española (Aemet) constituye un ilustrativo ejemplo de ciencia ciudadana en España, recogiendo la información aportada por cualquier ciudadano sobre todos aquellos fenómenos meteorológicos singulares relevantes que ocurren y que tienen un elevado impacto en la población. Son, con frecuencia, fenómenos intensos que, por su escala local, pueden pasar desapercibidos o escapar de las redes de observación tradicionales y de teledetección (GUTIÉRREZ RUBIO et al, 2015). El acrónimo que se ha empleado como denominación para el proyecto -SINOBAS- (**S**istema de **N**otificación de **O**bservaciones **A**tmosféricas **S**ingulares) rinde homenaje al conocido físico y médico Don Manuel Rico y Sinobas (Valladolid, 1819-Madrid, 1898), uno de los pioneros en el estudio de la meteorología en España. Este sistema, sin duda, es una componente fundamental dentro de las estrategias de crowdsourcing implementadas por la Agencia española y su desarrollo ha conseguido un notable impacto científico, social y educativo (GUTIÉRREZ RUBIO et al, 2018).

El modo de participación es bien simple, pues cualquier persona que tenga información de la ocurrencia de un fenómeno singular se puede registrar en el sistema y rellenar un formulario que permite aportar dicha información, con datos, fotografías, videos y enlaces. El sitio web también está a disposición del público para ver y descargar la información que se desee (<https://sinobas.aemet.es/>). El proyecto comenzó de forma operativa en abril del 2013 (aunque también permite informar de episodios

anteriores a esa fecha), siendo su web renovada y mejorada en el año 2018 (RIESCO MARTÍN et al, 2019). Hay que señalar que, desde su inicio, fue muy bien acogido por los aficionados a la meteorología, que, actualmente, siguen siendo los principales colaboradores del proyecto, tales como los de algunas asociaciones (Asociación Meteorológica del Sureste -AMETSE-, Asociación de Cazatormentas y Aficionados a la Meteorología -ACAMET-, Asociación Catalana de Meteorología -ACAM-, etc.). En la actualidad, el sistema cuenta con 2.064 usuarios registrados y lleva recogidos un total de 1.548 reportes hasta la fecha, que se convierten en 1.492, una vez que se descuentan los de fiabilidad nula (GUTIÉRREZ, 2021). En general, la calidad de los reportes introducidos por la gran mayoría de usuarios es muy notable, por lo que son muy pocos los considerados con fiabilidad nula o imposibles de validar. Por lo tanto, la principal fuente de información de este proyecto es la observación visual directa, referenciada y/o documentada por cualquier ciudadano, que posteriormente es validada por los técnicos de AEMET (DÍEZ et al, 2012).

En los Estados Unidos el Laboratorio Nacional de Tormentas Severas de la NOAA conjuntamente con la Universidad de Oklahoma tiene también en funcionamiento desde el año 2012 un proyecto de crowdsourcing similar denominado: mPING (Meteorological Phenomena Identification Near the Ground), en el que los ciudadanos mediante su smartphone o dispositivo móvil con GPS pueden reportar información acerca de aquellos fenómenos meteorológicos identificados cerca del suelo, empleando esa información, entre otras cosas, para mejorar la comprensión de cómo el radar puede identificar los diferentes tipos de precipitación (<https://mping.nssl.noaa.gov/>). Hay una diferencia, eso sí, con respecto al caso español y otros ejemplos de proyectos participativos, y es que aquí, tal como remarcan Elmore et al (2014), los participantes no necesitan registrarse para suministrar la información, sino que se mantienen anónimos.

En la portada de la página web del sistema Sinobas (Figura 1) aparecen por defecto representados y localizados geográficamente sobre el mapa de España los diferentes fenómenos reportados, cada uno de ellos con su correspondiente símbolo, aunque también hay la posibilidad de cambiar el fondo a una imagen de satélite. Si se clica sobre alguno de los símbolos representados aparece una ficha con la información básica del reporte de que se trate: foto, fecha y hora, usuario, provincia, fenómeno, coordenadas geográficas, altitud y comentario). También existe la opción de ver los reportes en una tabla y en otra casilla la de descargar los datos de los reportes que aparecen en el mapa en un fichero CSV.



Fuente: <https://sinobas.aemet.es/>

Figura 1. Imagen de la portada de la página web de Sinobas.

En la esquina superior derecha aparecen dos botones: uno para registrarse y otro para entrar al sistema (cuando ya eres usuario). En la parte superior izquierda del mapa aparecen dos casillas: una con la opción marcada por defecto de ver todos los multireportes y otra con la opción de marcar los reportes destacados, donde el equipo de Sinobas destaca, entonces, con fondo dorado y en movimiento aquellos reportes más sobresalientes por su interés y la calidad de la información aportada. Hay, asimismo, otro casillero que permite realizar una búsqueda por localización. En esta misma página de portada se halla un menú de ayuda e información con acceso a un buzón al que se pueden dirigir preguntas y sugerencias, además de una breve guía descriptiva de los fenómenos meteorológicos recogidos en el sistema (GUTIÉRREZ RUBIO et al, 2013), un folleto informativo sobre Sinobas y un apartado de preguntas frecuentes, con un total de 31 preguntas clasificadas temáticamente en cinco apartados.

Si se clica en la pestaña de “Filtrar reportes” que hay en la portada, entonces se despliega un panel con diferentes opciones (Figura 2), que permite realizar un filtrado por tipo de fenómeno, fiabilidad, fecha o por palabras. Los diferentes tipos de fenómenos aparecen con su denominación correspondiente y un símbolo identificativo. Son un total de 13 fenómenos singulares: tornado/tromba marina, vórtice de racha (*gustnado*), tolvánera, tuba, reventón/frente de racha, reventón cálido, viento de ladera, granizada singular, precipitación súbita torrencial, nevada singular, alud (avalancha), precipitación engelante y fenómenos marítimos raros. Los niveles de fiabilidad que se pueden seleccionar son los siguientes: baja, media, alta, no validado e imposible de validar. Una fiabilidad baja se correspondería con aquellos fenómenos cuya probabilidad de

ocurrencia se sitúa entre el 10% y el 40%, una fiabilidad media, entre un 40% y un 70% y una fiabilidad alta, los de una probabilidad superior al 70%. Los reportes “no validados” significa que todavía está pendiente su validación, mientras que los clasificados como “imposibles de validar” quiere decir que en ese caso no se han encontrado datos que permitan determinar la ocurrencia del fenómeno. Se pueden seleccionar todos los reportes de un periodo determinado, marcando las fechas que interese; si se marca la casilla de “reportes históricos” se incluyen también entonces reportes anteriores al año 2000.



Fuente: <https://sinobas.aemet.es/>.

Figura 2. Imagen de la pestaña de “filtrar reportes” desplegada en la página web de Sinobas.

En la Figura 3 se observa la forma en que aparece la información de los reportes seleccionados, una vez que se marca en la portada la opción de verlos en una tabla. Ahí aparecen en diferentes columnas: una fotografía o imagen del fenómeno en cuestión, la denominación del fenómeno con su símbolo gráfico, la fecha de ocurrencia, la fiabilidad estimada, la provincia donde se ha producido y un comentario descriptivo del fenómeno o episodio reportado.

Imagen	Fenómeno	Fecha/Hora	Fieb.	Provincia	Comentario
	Alud (Avalancha)	03-12-2021 10:15	Alta	Huesca	Alud en placa producido por el paso de dos esquíadores, uno de los cuales es sepultado y rescatado rápidamente. El riesgo era elevado por la gran cantidad de nieve caída en los días anteriores y las fuertes rachas de viento que habían soplado la noche anterior, de hecho había aviso naranja por fuertes rachas de viento en el Pirineo
	Fenómenos marítimos raros	11-08-2021 02:30	Alta	Alicante	Hacia las 2:30 se producen bruscas variaciones del nivel del mar en Santa Pola, provocando daños en la flota amarrada y en las playas y paseos marítimos. El agua llega a entrar en algunas calles. En las gráficas de presión y viento de la zona se observan altibajos muy pronunciados.
	Fenómenos marítimos raros	11-08-2021 02:00	Alta	Alicante	Poco antes de las dos de la madrugada (hora local) se levantó un fuerte viento con rachas superiores a los 50 km/h y algo de precipitación. El nivel del mar descendió y las aguas retrocedieron unos metros. Pocos minutos después subió el nivel del mar y cubrió gran parte de la playa. Tenemos constancia gráfica de la subida también en el Real Club Náutico de Torreveja.
	Fenómenos marítimos raros	10-08-2021 16:15	Alta	Castellón	Sobre las 16:13 el nivel del mar empieza a subir paulatinamente, llegando a alcanzar unos 5 minutos un nivel más de 30 cm sobre el nivel habitual, anegando gran parte de la playa. A continuación, del mismo modo se produjo una bajada sustancial del nivel del mar, retrocediendo lo que había avanzado y otro tanto. Por la mañana ya se había producido un fenómeno similar, pero de menor intensidad.
	Granizada Singular	02-03-2021 20:00	Alta	Málaga	Durante la tarde algunas tormentas se desarrollaron en la provincia de Granada y Málaga algunas de ellas fueron intensas con incluso alguna tuba. Las tormentas se desarrollaron en un ambiente muy polvoriento. La tormenta de Archidona se formó se formó en la sierra de Villanueva del Trabuco en Málaga. Duró poco más de media hora pero provocó una fuerte granizada en la zona, aproximadamente en el sector del centro peninsular II de Málaga. La capa de granizo era aún muy visible al día siguiente.
	Granizada Singular	08-03-2021 14:30	Alta	Almería	Granizada invernal de tamaño pequeño que se produjo en la A7 en el término municipal de Sorbas (Almería), pero que generó una capa sobre el asfalto. También se debieron producir granizadas intensas de pequeño tamaño en otros lugares, ya que había entornos favorables para este fenómeno.
	Granizada Singular	20-03-2021 07:10	Alta	Málaga	En torno a las 07:10 horas, varios núcleos sin aparente intensidad fue desarrollándose sobre el litoral oriental de la provincia de Málaga, más concretamente frente a la costa de Benajafar, donde de forma muy local fue cogiendo intensidad durante los minutos posteriores, dejando a su paso un chubasco intenso acompañado de aparato eléctrico que en su mayoría fue en forma de granizo, con una duración aproximada de 15/20 minutos.
	Granizada Singular	04-02-2021 20:20	Alta	Santa Cruz de Tenerife	Borrasca de origen polar con gran cantidad de aire frío en altura. Nubosidad cumuloforme de moderado desarrollo, pero que no llega a altitudes excesivamente altas ni forma tormentas organizadas. Línea de chubascos acompañados de granizo menudito pero que acumulan hasta 4 centímetros de espesor en los barrios de El Tablero, El Sobradillo, La Gallega, Los Majuelos y Las Chumberas.
	Granizada Singular	05-02-2021 11:30	Alta	Santa Cruz de Tenerife	Borrasca de origen polar con gran cantidad de aire frío en altura. Nubosidad de desarrollo que afecta durante la mañana del 5 de febrero de 2021 a la zona de medianías del ESE de Tenerife, descargando una granizada entre moderada e intensa. La localidad de Charco del Pino es la más afectada por el sólido elemento.
	Granizada Singular	03-04-2021 15:25	Alta	Alicante	Tormenta que crecía encima de Salinas y que posteriormente se desplazaría hacia el SE.

Fuente: <https://sinobas.aemet.es/>.

Figura 3. Imagen de la pantalla con la selección de los reportes en formato tabla.

Este proyecto también está presente en las redes sociales, con una cuenta de Twitter (@Aemet_Sinobas), que se ha revelado muy útil para contribuir a la popularización del sistema, así como para impulsar la participación cuando se producen episodios de interés, hasta el punto de convertirse en un canal muy ágil de comunicación con los ciudadanos y de seguimiento de la actualidad meteorológica. En la portada de la página web del sistema aparece el correspondiente enlace a dicha cuenta, con la indicación del número de seguidores que asciende a un total de 45,3 mil (a fecha de 25/01/2022).

Este proyecto de ciencia ciudadana se ha convertido en una valiosa base de datos que pone a disposición de todo el público un archivo de fenómenos singulares, muchos de ellos de carácter adverso o extremo, como pueden ser, por ejemplo, tornados, granizadas y nevadas singulares, precipitaciones súbitas torrenciales, etc., difíciles de detectar, con frecuencia, por ser fenómenos puntuales y localizados, y que presentan, en no pocas ocasiones, un riesgo de generar auténticos desastres. Este sistema puede desempeñar un significativo papel, precisamente, en la reducción del riesgo de desastres, dado que los datos e información reportados por los ciudadanos pueden ser utilizados para caracterizar y conocer mucho mejor los tipos de episodios generadores de dicho riesgo y, por lo tanto, agilizar la respuesta, estableciendo medidas de reducción más oportunas.

Referencias

- BONNEY, Rick. Citizen Science: A Lab Tradition. **Living Birds**, 15(4), p.7–15, 1996.
- DÍEZ MUYO, E.; FLORES HERRÁEZ, C.; GUTIÉRREZ RUBIO, D.; MORCILLO GARCÍA, JUAN; MARTÍN LEÓN, F.; NÚÑEZ MORA, J.A.; PONCE GUTIÉRREZ, S.; RIESCO MARTÍN, J.; SÁNCHEZ-LAULHÉ, J. M^a. SINOBAS (Sistema de Notificación de Observaciones Atmosféricas Singulares). *En: Calendario Meteorológico*, Madrid: Aemet, 2012, p. 247-251. Disponible en: <https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/2526/1/sinobas_cal2013.pdf>.
- ELMORE, Kimberly L. et al. MPING: Crowd-Sourcing Weather Reports for Research. **Bulletin of American Meteorological Society**, 95(9), p.1335–1342, 2014. Disponible en: <<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-13-00014.1>>.
- ESPÍN-BEDÓN, P.A. **Vigías de los volcanes ecuatorianos**. Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional de Ecuador, 2017. Disponible en: <<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.35040.58885>>.
- FERNÁNDEZ VALDOR, P. (coord.). **Guía Red4C**. Ciencia ciudadana para el seguimiento del cambio climático en los ecosistemas. Cantabria: Red Cambera, 2021. Disponible en: <https://red4c.es/wp-content/uploads/2021/08/guia_RED4C_digital.pdf>.
- FIELD, C.B. et al (eds) (2012). **Informe especial sobre la gestión de los riesgos de fenómenos meteorológicos extremos y desastres para mejorar la adaptación al cambio climático**. Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC). Disponible en: <https://archive.ipcc.ch/pdf/special-reports/srex/IPCC_SREX_ES_web.pdf>.
- GANTI, Raghu K.; YE, Fan; LEI, Hui. Mobile crowdsensing: current state and future challenges. **IEEE Communications Magazine**, 49(11), p. 32-39, 2011. Disponible en: <<https://doi.org/10.1109/MCOM.2011.6069707>>.
- GUTIÉRREZ RUBIO, D. Resumen de actividad y menciones a los mejores reportes del año 2021 (01-enero a 22-diciembre) en SINOBAS. *En: Aemetblog* (23/12/2021). Disponible en: <<https://aemetblog.files.wordpress.com/2021/12/resumensinobas2021.pdf>>.
- GUTIÉRREZ RUBIO, D.; RIESCO MARTÍN, J.; PONCE GUTIÉRREZ, S. SINOBAS, resultados de cinco años de ciencia ciudadana. *En: Predicción de tiempo y clima orientada a impactos (XXXV Jornadas Científicas de la AME- 19º Encuentro hispano-luso de Meteorología)*, 2018, nº 35, p. 23-24. Disponible en: <<https://doi.org/10.30859/ameJrCn35p23>>.
- GUTIÉRREZ RUBIO, D.; RIESCO MARTÍN, J.; PONCE GUTIÉRREZ, S. SINOBAS, a tool for collaborative mapping applied to observation of “singular” weather phenomena. *En: 15th Annual Meeting of the European Meteorological Society and the 12th European Conference on Applications*

of Meteorology. Sofia (Bulgaria). 2015. Disponible en: <https://repositorio.aemet.es/bitstream/20.500.11765/7360/1/poster_sinobas_2015.pdf>.

GUTIÉRREZ RUBIO, D.; RIESCO MARTÍN, J.; DÍEZ MUYO, E.; MARTÍN LEÓN, F.; NÚÑEZ MORA, J.A.; SÁNCHEZ-LAULHÉ, J.M^a; FERRI LLORENS, M. **Breve guía descriptiva de los fenómenos meteorológicos recogidos en el Sistema de notificación de observaciones atmosféricas singulares SINOBAS.** Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente y Agencia Estatal de Meteorología, 37 p., 2013. Disponible en: <<https://doi.org/10.31978/281-13-009-0>>.

HECKER, S.; HAKLAY, M.; BOWSER, A.; MAKUCH, Z.; VOGEL, J.; BONN, A. **Citizen Science: Innovation in Open Science, Society and Policy.** London: UCL Press, 2018. Disponible en: <<https://doi.org/10.14324/111.9781787352339>>.

IRWIN, Alan. **Citizen Science: A Study of People, Expertise, and Sustainable Development.** London: Routledge, 1995.

IPCC. **Managing the Risk of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation.** Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change (FIELD, C.B.; BARROS, V.; STOCKER, T.F.; QIN, D.; DOKKEN, D.J.; EBI, K.L.; MASTRANDREA, M.D.; MACH, K.J.; PLATTNER, G.K.; ALLEN, S.K.; TIGNOR, M. Y MIDGLEY, P.M. eds.). Cambridge University Press, Cambridge y Nueva York, 2012.

IPCC. **Climate Change 2021: The Physical Science Basis.** Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [MASSON-DELMOTTE, V., P. ZHAI, A. PIRANI, S.L. CONNORS, C. PÉAN, S. BERGER, N. CAUD, Y. CHEN, L. GOLDFARB, M.I. GOMIS, M. HUANG, K. LEITZELL, E. LONNOY, J.B.R. MATTHEWS, T.K. MAYCOCK, T. WATERFIELD, O. YELEKÇI, R. YU; B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, 2021.

IMADA, Y.; WATANABE, M.; KAWASE, H.; SHIOGAMA, H.; ARAI, M. The July 2018 high temperature event in Japan could not have happened without human-induced global warming. **Scientific Online Letters on the Atmosphere**, 15A, p.8–12, 2019. Disponible en: <<https://doi.org/10.2151/sola.15A-002>>.

LLASAT, M.; CORTÈS, M.; LLASAT, M^a del C. FLOODUP. Una herramienta para aumentar la información y mejorar el conocimiento colectivo sobre eventos meteorológicos extremos. *En*: Montávez, J. P., et al. (eds.). **El clima: aire, agua, tierra y fuego.** Madrid: Asociación Española de Climatología, 2018, p. 645-654. Disponible en: <<http://hdl.handle.net/20.500.11765/9943>>.

LOOR, F.; GIL-COSTA, V.; MARIN, M. Processing Collections of Geo-Referenced Images for Natural Disasters. **Journal of Computer Science & Technology**, 18(03), e22, 2018. Disponible en: <<https://doi.org/10.24215/16666038.18.e22>>.

LÓPEZ-IÑESTA, E.; QUEIRUGA-DIOS, M.A.; GARCÍA-COSTA, D.; GRIMALDO,

F. Citizen science projects. An opportunity for education in scientific literacy and sustainability. **Mètode Science Studies Journal**, 12, 2021. Disponible en: <<https://doi.org/10.7203/metode.12.17824>>.

Observatorio de la Ciencia Ciudadana. **SINOBAS**, Sistema de NOTificación de OBservaciones Atmosféricas Singulares Disponible en: <<https://ciencia-ciudadana.es/proyecto-cc/sinobas/>>.

OMM. **Atlas de la OMM sobre mortalidad y pérdidas económicas debidas a fenómenos meteorológicos, climáticos e hidrológicos extremos (1970-2019)**. (OMM-Nº 1267), Geneve, 2021.

PERNICI, B. CROWD4SDG: Crowdsourcing for sustainable developments goals. En: **Book of Short Papers**, SIS 2020, Scientific Meeting of the Italian Statistical Society, Pisa, Pearson, p. 248-252. Disponible en: <<https://re.public.polimi.it/retrieve/handle/11311/1161908/586541/SIS2020.pdf>>.

POBLET, M.; GARCÍA-CUESTA, E.; CASANOVAS, P. Crowdsourcing tools for disaster management: a review of platforms and methods. En: Casanovas P. et al (eds). **AI Approaches to the Complexity of Legal Systems. AICOL 2013**. Lecture Notes in Computer Science, vol. 8929, p. 261-274, Berlin: Springer-Verlag, 2014. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-662-45960-7_19>.

QUEIRUGA-DIOS, M.Á.; LÓPEZ-IÑESTA, E.; DIEZ-OJEDA, M.; SÁIZ-MANZANARES, M. C.; VAZQUEZ DORRIO, J. B. Citizen science for scientific literacy and the attainment of sustainable development goals in formal education. **Sustainability**, 12(10), 4283, 2020. Disponible en: <<https://doi.org/10.3390/su12104283>>.

RIESCO MARTÍN, J.; GUTIÉRREZ RUBIO, D.; PONCE GUTIÉRREZ, S. SINOBAS y su relación con la predicción y vigilancia meteorológicas. En: **VI Simposio Nacional de Predicción, Memorial Antonio Mestre**. Madrid: Agencia Estatal de Meteorología, 2019, p. 79-88. Disponible en: <<https://dx.doi.org/10.31978/639-19-010-0.079>>.

SANZ, F.; PELACHO, M.; CLEMENTE, J.; IBÁÑEZ, M.; GUARDIA, L.; LISBONA, D.; VAL, V.; EMBID, A.; CASTELO, V.; ARIAS, R.; SALAS, N.; RUIZ, G.; TARANCÓN, A.; FERRER, A.; CUARTIELLES, D.; GARCÍA, C.; PERLA, P.; BARRAL, M.; GAVETE, B.; ... SEVILLA-CALLEJO, M. **Informe del Observatorio de la Ciencia Ciudadana 2019/2020**. Ibercivis, Zaragoza, 2020. Disponible en: <<https://ciencia-ciudadana.es/informe-del-observatorio-de-la-ciencia-ciudadana-en-espana-2020/>>.

SERRANO SANZ, F. et al. **White paper on Citizen Science**. Societize and European Commission, 2014. Disponible en: <<https://ciencia-ciudadana.es/wp-content/uploads/2018/09/WhitePaperOnCitizenScience2014.pdf>>.

SMITH, C. A Case Study of Crowdsourcing Imagery Coding in Natural Disasters. En: Hai-Jew, S. (ed). **Data Analytics in Digital Humanities**. Cham.: Springer, 2017, p. 217-230. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-54499-1_9>.

SUN, Q.; MIAO, C. Extreme rainfall (R20mm, RX5Day) in Yangtze-Huai, China, in June-July 2016: The role of ENSO and anthropogenic climate change. **Bulletin of the American Meteorological Society**, 99: S102–S106, 2018. Disponible en: <<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0091.1>>.

United Office for Disaster Risk Reduction (UNDRR). **Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015-2030**. United Nations, 2015. Disponible en: <https://www.preventionweb.net/files/43291_sendaiframeworkfordrren.pdf>.

UNITED NATIONS. **The World's Cities in 2018**—Data Booklet. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2018 (ST/ESA/SER.A/417).

WATANABE, Max. **Gestión del riesgo de desastres en ciudades**. Lima: Soluciones Prácticas, 2014. Disponible en: <<https://trabajosocialsantafe.org/wp-content/uploads/2019/02/gestion-de-riesgo-de-desastre-en-ciudades.pdf>>.

XIFRA, C. et al (coord.). **Ciencia ciudadana, naturaleza urbana y educación ambiental**. El Prat de Llobregat: Fundesplai y CREA, 2020. Disponible en: <https://fundesplai.org/arxius/PDFs/Publicacions/Ciencia_Ciudadana_Naturaeza_y_EA-cast.pdf>.

YUAN, X.; WANG, S.; HU, Z. Do climate change and El Niño increase likelihood of Yangtze River rainfall? **Bulletin of the American Meteorological Society**, 99: S113–S117, 2018. Disponible en: <<https://doi.org/10.1175/BAMS-D-17-0089.1>>.



Autor: © Mardilson Torres (Bujari-Acre-BR)