

CARACTERIZACIÓN DE LAS GRANIZADAS SOBRE BOGOTÁ, COLOMBIA

CHARACTERIZATION OF HAILSTORMS OVER THE CITY OF BOGOTÁ, COLOMBIA



¹Ávila Bonilla, K. S., ²Torres Torres, L. C., ³Almansa Rivera, D. F., ⁴Rocha Bedoya, H. D.,
⁵Vega Montenegro, G., ⁶Puentes Mojica, J. E., ⁷Villamizar Hernández, A.,
⁸Andrade Guerrero, Y. A., ⁹Moreno Santamaria, A. I., ¹⁰López Mogollón, M.,
¹¹Amaris Martínez, J. D., ¹²Rubio Velandia, A., ¹³Sandoval Cobos, K. L., ¹⁴Bogota Bueno, J. H.,
¹⁵Quijano Noreña, J. C., & ¹⁶Rodríguez Sandoval, E. A., (2025).
Caracterización de las granizadas sobre Bogotá, Colombia.
Publicaciones e Investigación 20(1) XX-XX.

*1,2,3,4,6,7,8,9,11,12,13,14,16, Universidad Nacional de Colombia, Sede Bogotá, ⁵Sede Manizales,
¹⁰Sede Medellín / ¹⁵Universidad Santo Tomás*

RESUMEN

Una granizada es un evento en el que se precipitan partículas de hielo de tamaño variable, que pueden causar daños a la infraestructura urbana y provocar afectaciones en la movilidad, tal como ocurre en Bogotá. Sin embargo, pese a su relevancia en la gestión del riesgo, no se cuenta con una caracterización actualizada de estos eventos en la ciudad. Por ello, en el presente estudio se identifican las características de ocurrencia, condiciones climatológicas y patrones de localización de las tormentas de granizo para el periodo comprendido entre 2008 y 2024 en la capital. Para ello, se analizaron los reportes de ocurrencia de granizadas en la ciudad publicados en medios de comunicación y entidades distritales, junto con los registros de precipitación disponibles en entidades

¹ ksavilab@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0004-8005-1437>
² lactorresto@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0000-5313-5062>
³ dalmansa@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0007-3196-8195>
⁴ hrocha@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0002-8735-9464>
⁵ gvegam@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0003-9262-5867>
⁶ jupuentesm@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0000-5643-8165>
⁷ avillamizarh@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0004-6849-3486>
⁸ yandrade@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0001-1345-1746>
⁹ aimoreno@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0009-1810-4960>
¹⁰ matlopezmog@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0000-5110-1969>
¹¹ jamarism@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0003-9932-0660>
¹² anvelandia@unal.edu.co
¹³ ksandovalc@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0000-8432-4835>
¹⁴ jhbogotab@unal.edu.co / <https://orcid.org/0009-0006-9460-3823>
¹⁵ juancaquijanoni7@gmail.com / <https://orcid.org/0009-0001-2900-2486>
¹⁶ earodriguezs@unal.edu.co / <https://orcid.org/0000-0003-4303-6460>

oficiales. Se identificó que estos eventos usualmente ocurren entre las 11:00 a. m. y las 6:00 p. m., y que marzo y octubre son los meses con mayor número de eventos. Además, Usaquén es la localidad con mayor frecuencia de granizadas. Ante la ocurrencia de granizadas, principalmente se reportan encharcamientos y afectaciones en la movilidad de la ciudad. Conocer la localización y magnitud de las granizadas permite optimizar la planeación de la infraestructura de drenaje y la mitigación de los impactos generados por estos eventos.

Palabras clave: granizada; Bogotá; tormenta; inundación; precipitación.

ABSTRACT

A hailstorm is an event in which ice particles of varying sizes precipitate, potentially causing damage to urban infrastructure and generating disruptions to urban mobility, as frequently occurs in Bogotá. However, despite its relevance for risk management, there is no updated characterization of these events in the city. For this reason, this study identifies the occurrence characteristics, climatological conditions, and spatial patterns of hailstorms in Bogotá during the period 2008–2024. To accomplish this, reports of hailstorms from local media and municipal agencies, as well as precipitation records available from official entities, were analyzed. Results indicate that hailstorms usually occur between 11:00 a.m. and 6:00 p.m., with March and October registering the highest frequency. In addition, Usaquén is the locality with the highest frequency of hailstorms. The impacts most reported include flooding and disruptions to urban mobility. Understanding the location and magnitude of hailstorms provides key insights for optimizing drainage infrastructure planning and mitigating the impacts of these events.

Keywords: hailstorm; Bogotá; storm; flooding; precipitation.



1. INTRODUCCIÓN

Las granizadas se producen por sistemas de alta convección que permiten la formación de nubes tipo *cumulonimbus* de gran tamaño. Los eventos de granizo se caracterizan por su localización espacial y temporal. Debido a la magnitud de los impactos en cultivos e infraestructura, diversos estudios han analizado este fenómeno en todo el mundo. Varios autores, como Caja de Crédito Agraria (1998), Cepeda (2010), Jiménez (2007), Peña-Beltrán (2015) y Romo et al. (2001), han analizado las características o impactos de las tormentas de granizo en el territorio colombiano. Por su parte, Peña-Beltrán y Pabón-Caicedo (2020) identificaron 468 granizadas en Colombia en el periodo

comprendido entre 1980 y 2010, de las cuales el 34 % ocurrieron en Bogotá. En la capital colombiana, las granizadas se presentan al final de la época seca (febrero-marzo y septiembre-octubre), lo que ocasiona inundaciones importantes en vías y sótanos de edificaciones, resultados que afectan la movilidad y provocan deterioro o pérdida de infraestructura. Identificar las áreas más propensas a la ocurrencia de este tipo de eventos y caracterizarlos en cuanto a fecha, hora, duración, localización, afectaciones, magnitud de la precipitación total e intensidades de lluvia es fundamental para actualizar la infraestructura de drenaje existente y para planificar la proyectada.

En este contexto, Cepeda y Rodríguez (2010, 2016a, 2016b) reportan la creación de una base de datos georreferenciada de 231 tormentas de granizo en Bogotá desde 1939 hasta el 2004, indicando un promedio de cuatro tormentas por año, que usualmente ocurren entre las 2:00 p. m. y las 3:00 p. m., con duraciones no mayores a 30 minutos (Agencia UNAL, 2012). Por varias razones, es esencial actualizar esta base de datos con información proveniente de medios de comunicación, del Sistema de Información para la Gestión del Riesgo y el Cambio Climático (SIRE), de la Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá (EAAB) y del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (IDEAM). Además de ser vital para el trabajo de instituciones distritales y de gran utilidad para las compañías de seguros, también es fundamental para la investigación científica. Conocer las características actualizadas de las granizadas permite analizar si han sufrido cambios, como una intensificación de los eventos, posiblemente asociada al cambio climático, lo que podría servir

como alerta sobre los posibles efectos del clima en las próximas décadas. Por esto, desde el Semillero de Investigación en Hidrología Urbana (SIHU) se ha propuesto desarrollar una base de datos georreferenciada y actualizada de tormentas de granizo ocurridas en Bogotá, para dar continuidad al trabajo iniciado por Cepeda y Rodríguez (2010).

2. MATERIALES Y MÉTODO

La metodología empleada en este estudio comprendió la identificación de los eventos de granizada en la ciudad, seguida de la caracterización climatológica a partir de los registros de precipitación disponibles en entidades oficiales. Posteriormente, se realizó el análisis de ocurrencia y promedio de las características hidroclimatológicas. Esta metodología se fundamentó en lo planteado previamente por Cepeda (2010). Las cinco fases principales se describen en la figura 1.

Figura 1. Metodología empleada



Fuente: elaboración propia.

2.1 Zona de estudio y caracterización temporal

El estudio se desarrolló en Bogotá, capital de Colombia, un área predominantemente impermeabilizada. Debido a esta característica, la capital colombiana es propensa a inundaciones tras fuertes lluvias o

granizadas, lo que afecta la movilidad y la infraestructura. De las 20 localidades que componen la ciudad, se consideraron 19 para esta investigación, excluyendo Sumapaz, ubicada al sur de la capital. Bogotá, situada en la región Andina, experimenta un régimen bimodal de precipitación con periodos húmedos comprendidos

entre marzo-mayo y septiembre-noviembre, debido al desplazamiento de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT).

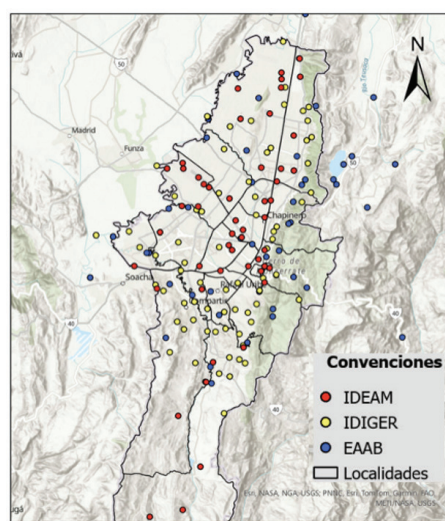
El periodo de análisis abarcó desde el 2008 hasta el 2024, para dar continuidad a la base de datos previamente elaborada por Cepeda (2010). Durante este periodo se identificaron los eventos de granizo en la ciudad mediante información secundaria procedente del Sistema de Información de Emergencias y Desastres del Distrito (SIRE), archivos digitales de prensa (por ejemplo, El Tiempo y El Espectador) y redes sociales. Una vez detectado el evento, se procedió a su caracterización temporal y espacial. Se registraron la fecha y hora de inicio y de finalización para determinar en qué

franja del día se presentó: matutina (7:00 a. m. a 11:00 a. m.), mediodía (11:00 a. m. a 3:00 p. m.), vespertina (3:00 p. m. a 6:00 p. m.), nocturna (6:00 p. m. a 10:00 p. m.) o madrugada (10:00 p. m. a 7:00 a. m.). Los reportes disponibles también permitieron identificar las localidades y barrios afectados.

2.2 Caracterización hidroclimatológica

A partir del día, la hora y el lugar de ocurrencia, se identificaron, para cada uno de los eventos, las estaciones cercanas —operadas por el IDIGER, el IDEAM y la EAAB—, que registraron una precipitación superior a 10 mm. La ubicación de las estaciones y de las localidades de la ciudad se muestra en la figura 2.

Figura 2. Localización de estaciones operadas por el IDEAM, el IDIGER y la EAAB en Bogotá



Fuente: Elaboración propia.

Para la caracterización hidroclimatológica se consideró principalmente el registro pluviométrico de las estaciones gestionadas por el IDIGER, obtenido del Sistema de Alerta Temprana SAB, que permite descargar datos a nivel minutal para las estaciones a cargo de esta entidad desde 2012 (IDIGER, s,f) (<https://www.sire.gov.co/web/sab/informacion-hidrometeorologica>), incrementando gradualmente el número de estaciones disponibles. Sin embargo, en algunas zonas de la ciudad o en determinados periodos no se cuenta con

estaciones administradas por el IDIGER, por lo que se recurre a fuentes adicionales manejadas por el IDEAM y la EAAB.

Los registros realizados por las estaciones de la EAAB no están disponibles en línea y son suministrados vía correo electrónico a escala diaria. Por lo tanto, mediante el software HIDFUN (Fuentes et al., 2018) se digitalizaron las cartas pluviográficas proporcionadas por la entidad para contar con los registros

subdiarios de precipitación en los días y estaciones de interés. Respecto a los registros del IDEAM, algunas estaciones disponían de datos cada diez minutos, lo que también permitió identificar la hora de inicio y finalización del evento. Sin embargo, antes del 2012 los registros necesarios para obtener datos subdiarios de precipitación eran limitados. Por esta razón, los registros diarios del IDEAM constituyeron la fuente principal para reportar la precipitación diaria sin detallar la hora de inicio y fin ni especificar la cantidad correspondiente al evento.

Para cada evento, se determinó su intensidad y la precipitación total, tanto diaria como del evento. También se registró su duración, incluyendo la hora exacta de inicio y de finalización. Cuando un evento fue monitoreado por más de una estación, se calcularon los promedios de intensidad, precipitación y duración a partir de los datos de todas las estaciones. Además, se identificó la precipitación máxima diaria y la máxima del evento registradas entre todas las estaciones.

2.3 Caracterización espacial

Teniendo en cuenta las estaciones que registraron precipitación en las localidades donde se reportó la granizada, se definió el polígono de afectación de cada evento. Para identificar el punto de ocurrencia de la granizada, se calculó el centroide del polígono, al que se asignaron las características temporales e hidroclimáticas previamente calculadas.

2.4 Análisis de las zonas más impactadas

Finalmente, a partir de la caracterización de los eventos, se compilaron las características de ocurrencia hidroclimáticas y geográficas, con el propósito de identificar los patrones y las zonas más afectadas por las tormentas de granizo en la ciudad. Además, se identificaron los daños ocasionados por cada evento, basándose en información secundaria.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

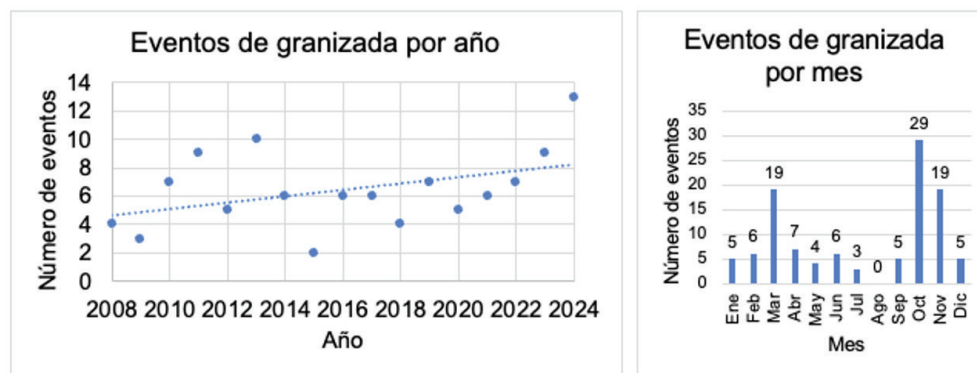
Como resultado de la implementación de la metodología descrita anteriormente, se identificaron 109 eventos de granizada en Bogotá, durante el periodo 2008-2024.

3.1 Caracterización temporal del evento

En primer lugar, se caracterizaron temporalmente los eventos, identificando la fecha de ocurrencia (año, mes y día). En la figura 3 se presenta el número de eventos ocurridos por año y su línea de tendencia. Se observa que el año con menor número de eventos fue el 2015, mientras que el año con mayor número de eventos fue el 2024. En general, no se presenta un número constante de eventos, calculándose un promedio de seis por año. Al analizar la tendencia de eventos por año, se constata un aumento a medida que progresa el periodo de análisis, especialmente a partir del año 2020. Cepeda (2010) estima que para el periodo comprendido entre 1939 y 2008 ocurrieron en promedio cuatro eventos por año. El número de eventos registrado en el presente estudio concuerda con los hallazgos de Jiménez (2007), quien menciona que en áreas ubicadas sobre los 2500 msnm, como Bogotá a 2600 msnm, en promedio se presentan cinco eventos de granizo por año, a diferencia de lugares por debajo de los 500 msnm, en los que ocurre un promedio de un evento al año.

El incremento poco significativo en el periodo analizado (2008-2024) puede obedecer a un aumento real de los eventos debido a factores como la variabilidad climática o el cambio climático, según lo expuesto por Brunetti et al. (2002) y Piani et al. (2005), o a un mayor reporte y acceso a la información, como indica Pielke (2004). Esto se debe, especialmente, a los medios de comunicación y al registro distrital, si se tiene en cuenta que la primera fuente de información para la identificación de los eventos fue precisamente esta. Otros autores, como Raupach et al. (2021), afirman que las observaciones a largo plazo y los modelos son fundamentales para comprender los efectos del cambio climático en los eventos de granizo.

Figura 3. Número de eventos de granizada por año y su localidad



Fuente: Elaboración propia.

En la figura 3 se analiza el mes de ocurrencia de los eventos. Es posible observar que la frecuencia de las granizadas sigue el patrón bimodal de precipitación de Bogotá, presentando picos en marzo y octubre. Este comportamiento bimodal de las granizadas coincide con los resultados de Cepeda (2010), que además reporta que los meses con mayor frecuencia de eventos son febrero y noviembre. En febrero se encuentra al inicio de la primera temporada lluviosa y, en noviembre, en la segunda temporada lluviosa. Los hallazgos también son consistentes con Jiménez (2007), que señala que el granizo en Colombia ocurre principalmente en temporadas que comprenden marzo-abril y octubre-noviembre. Aunque Peña-Beltrán y Pabón-Caicedo (2020) discretizan el número de eventos por departamento, en donde se evidencia que en la región Caribe los meses de junio y agosto reportan la mayor cantidad de eventos.

3.2 Caracterización climatológica de los eventos

La caracterización climatológica de los eventos se realizó empleando los registros de precipitación a nivel minutal del IDIGER y la información obtenida de la digitalización de cartas proporcionadas por la EAAB. Debido a las limitaciones en los registros minutales previos al 2012, este análisis se enfocó en el periodo 2012-2024.

En la tabla 1 se presentan cinco características promedio para cada año: 1) duración del evento de precipitación que acompañó la granizada; 2) precipitación diaria; 3) precipitación del evento; 4) precipitación máxima diaria y 5) precipitación máxima del evento. Las dos últimas identifican el valor máximo de precipitación registrado por la red de estaciones utilizada en la caracterización. De forma general, la precipitación del evento es muy semejante a la notificada diariamente, siendo esta última, en promedio, mayor. Lo mismo ocurre con los valores de precipitación máxima. En promedio, la precipitación asociada a los eventos fue de 25.5 mm, con una duración media de 76.7 minutos y una intensidad promedio de 24.1 mm/h. Asimismo, se identificó una tendencia creciente en los valores de precipitación e intensidad con el paso de los años, similar a la observada en el número de eventos. Friedrich et al. (2019), en Colorado, Estados Unidos, reportan duraciones similares para eventos de granizado, con caídas de granizo que duran entre 5 y 25 minutos en promedio. A partir de los registros disponibles, se detectó que las tormentas de granizo presentan mayor frecuencia al mediodía (de 11:00 a. m. a 3:00 p. m.), con un 58 %, y en la tarde (de 3:00 p. m. a 6:00 p. m.), con un 39 %. Estos resultados son coherentes con los estudios anteriores que informan que las horas más frecuentes para la ocurrencia de granizadas son entre las 2:00 p. m. y las 3:00 p. m. (Cepeda, 2010), así como con Peña-Beltrán y Pabón-Caicedo (2020), quienes señalan que el 84 % de los eventos analizados en Colombia ocurren entre las 12:00 m. y las 6:00 p. m.

Tabla 1. Caracterización climatológica de los eventos de granizada, incluyendo precipitación diaria promedio y máxima, precipitación del evento promedio y máxima e intensidad del evento

Año	Duración (min)	Precipitación diaria (mm)	Precipitación evento (mm)	Precipitación máxima diaria (mm)	Precipitación máxima evento (mm)	Intensidad (mm/h)
2012	40.0	21.5	26.6	21.5	26.6	16.7
2013	105.5	27.8	24.2	29.3	25.0	16.5
2014	83.2	23.9	22.1	27.2	33.1	15.9
2015	90.0	17.8	17.0	31.7	31.7	13.0
2016	145.7	25.7	31.9	28.6	36.1	13.4
2017	85.3	23.5	18.4	30.9	26.0	15.5
2018	79.3	26.9	26.8	29.4	29.3	35.1
2019	88.3	24.5	20.3	28.1	24.4	20.5
2020	59.7	32.0	25.8	37.5	33.8	27.8
2021	43.8	24.0	22.7	26.0	24.9	35.2
2022	55.2	42.2	38.4	46.9	43.1	40.0
2023	81.8	41.7	36.1	47.3	40.8	31.1
2024	39.7	36.4	20.9	35.6	24.3	33.1
Promedio	76.7	28.3	25.5	32.3	30.7	24.1

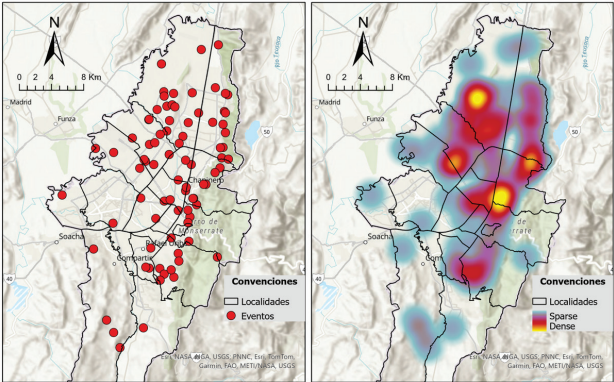
Fuente: Elaboración propia.

3.3 Caracterización espacial de los eventos

A partir de la identificación de la localización de cada evento, definida como el centroide de las estaciones empleadas en la caracterización climatológica, se efectuó el análisis espacial de las granizadas identificadas. En la figura 4, a la izquierda, se muestra la ubicación de los 109 eventos identificados, mientras que el

panel derecho exhibe un mapa de calor en el que los colores rojos y amarillos indican mayor densidad de eventos en el área. Es posible evidenciar que la mayoría de los sucesos ocurren en las cercanías de los cerros Orientales y en la localidad de Suba (zona donde también se encuentran elevaciones como el cerro La Conejera). Estas son las áreas con mayor frecuencia de eventos.

Figura 4. Izquierda: localización de los eventos de granizada identificados. Derecha: mapa de calor con la densidad de eventos: los tonos amarillos y rojos indican mayor concentración

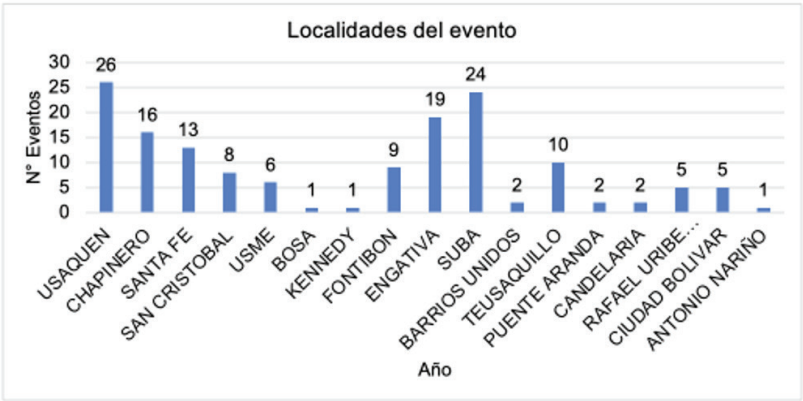


Fuente: Elaboración propia.

Al examinar el número de eventos por localidad se confirma lo concluido respecto a la localización de los eventos, como se observa en la figura 5. La zona cercana a los cerros Orientales —integrada por Usaquén, Chapinero y Santa Fe— concentra cerca del 37%. Asimismo, Suba (16 %) y Engativá (13 %) presentan un número considerable de eventos. Es importante

destacar que se identificaron 109 fechas en las que ocurrieron granizadas, algunas de las cuales se presentaron en diferentes localidades, de modo que el número total mostrado en la figura 5 es de 150. Bernal y Albarracín (2020) señalan que la localidad con mayor número de granizadas es Usaquén.

Figura 5. Localidades en las que se presentaron los eventos de granizada



Fuente: Elaboración propia.

Por último, se identificaron y clasificaron los daños ocasionados en cinco categorías: encharcamientos y afectaciones en la movilidad 32 % (la categoría más frecuente); inundaciones en viviendas o establecimientos 21 %; afectación de techos, tejas e infraestructura 23 %; caída de árboles 18 % y afectación a la operación aeroportuaria 5 %, especialmente en Engativá y Fontibón. Conocer los daños causados por granizadas resulta fundamental para Bogotá, ya que, según Peña-Beltrán y Pabón-Caicedo (2020), Bogotá concentra el 34 % de los eventos de granizo ocurridos en Colombia, seguido de Medellín con el 6%. Además, estos mismos autores reportan que el 90 % de los eventos de granizo se presentan en la región Andina, una zona donde predominan la agricultura y la ganadería, de modo que las actividades socioeconómicas pueden verse gravemente afectadas (Bruick et al., 2019; La Caja de Crédito Agraria, 1998; Lassig, 2006; Olcina et al., 1998; Pittaluga, 2004; Romo et al., 2001).

El análisis permitió consolidar una base de datos georreferenciada que contiene las características temporales, espaciales y climáticas de cada granizada ocurrida durante el periodo evaluado (2008-2024). Esta base puede consultarse en: en el periodo evaluado (2008-2024), la cual puede ser consultada en el siguiente enlace: <https://drive.google.com/drive/folders/1HVrb8O6dGS6Cqz79KIY8S8L1hcEA55e?usp=sharing>

4. CONCLUSIONES

Se identificaron 109 eventos de granizada ocurridos en Bogotá durante el periodo 2008-2024, los cuales fueron caracterizados temporal, climatológica y geográficamente. La caracterización permitió actualizar bases de datos previas y proporcionar información relevante acerca de los puntos y temporadas con mayor ocurrencia de granizadas en la ciudad; además, aportó elementos clave para la gestión del riesgo, la optimización de estructuras de drenaje urbano y como insumo para las aseguradoras de infraestructura, entre otros.

Para el periodo analizado, se encontró que en promedio se presentan seis eventos de granizada al año, principalmente en cercanías de los cerros Orientales (localidad de Usaquén) y en Suba, con una duración promedio de la precipitación de 77 minutos y una intensidad de 24.1 mm/h. En cuanto a la estacionalidad, la frecuencia incrementa en los meses de lluvia (marzo y octubre) y en la franja horaria de 11:00 a. m. a 6:00 p. m. Finalmente, las problemáticas más frecuentes generadas por las granizadas son los encharcamientos y las afectaciones a la movilidad.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestro agradecimiento a la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Colombia por proporcionar recursos para el desarrollo de esta investigación. Asimismo, extendemos el agradecimiento a la EAAB, IDEAM, IDIGER y la Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (RMCAB) por suministrar los registros de precipitación empleados en este análisis.

REFERENCIAS

- Agencia UNAL. (2012). *Mirada científica a 70 años de tormentas de granizo sobre la ciudad de Bogotá*.
- Bernal, M., y Albarracín, L. (2020). *Análisis espacio-temporal de los eventos de tormentas eléctricas y granizadas ocurridos en Bogotá entre 1960 y 2018* [Tesis de grado, Universidad de la Salle]. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/22331>
- Bruick, Z., Rasmussen, K., & Cecil, D. (2019). Subtropical South American hailstorm characteristics and environments. *Monthly Weather Review*, 147(12), 4177–4196. <https://doi.org/10.1175/mwr-d-19-0011.1>
- Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T., & Navarra, A. (2002). Droughts and extreme events in regional daily precipitation series. *International Journal of Climatology*, 22, 543–561. <https://doi.org/10.1002/joc.751>
- Caja de Crédito Agraria. (1998). *Los riesgos hidrológicos del agro colombiano*.
- Cepeda, E. (2010). *Recopilación histórica y análisis climatológico de eventos de granizada ocurridos sobre Bogotá y su relación con el cambio climático global* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7400>
- Cepeda, E., y Rodríguez, E. (2010). Caracterización general de eventos de granizada ocurridos sobre Bogotá, Colombia. En *Memorias del XXIV Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Punta del Este, Uruguay.
- Cepeda, E., y Rodríguez, E. (2016a). Intensidad Torro de eventos de granizada ocurridos sobre Bogotá, Colombia (1938-2008). En *Memorias del XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Lima, Perú.
- Cepeda, E., y Rodríguez, E. (2016b). Señales de cambio climático en Bogotá, Colombia (1945-2005). En *Memorias del XXVII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Lima, Perú.
- Friedrich, K., Wallace, R., Meier, B., Rydell, N., Deierling, W., Kalina, E., Motta, B., Schlatter, P., Schlatter, T., & Doesken, N. (2019). CHAT: The Colorado Hail Accumulation from Thunderstorms Project. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 100(11), 2277–2293. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-16-0277.1>
- Fuentes, C., Rodríguez, E., y Villarreal, E. (2018). HIDFUN: una herramienta para la extracción y análisis de pluviogramas. En *XXVIII Congreso Latinoamericano de Hidráulica*, Buenos Aires, Argentina, septiembre de 2018.
- IDIGER. (s.f.). *información hidrometeorológica*. <https://www.sire.gov.co/web/sab/informacion-hidrometeorologica>
- Jiménez, A. (2007). *Cargas de granizo en Colombia* [Tesis de grado, Universidad de los Andes]. Séneca Repositorio Institucional. <https://hdl.handle.net/1992/25992>
- Lassig, J. (2006). *Precipitaciones de granizo en el Alto Valle del río Negro y Neuquén: su influencia en la fruticultura regional* [Tesis doctoral, Universidad de Buenos Aires]. https://bibliotecadigital.exactas.uba.ar/download/tesis/tesis_n4001_Lassig.pdf
- Olcina, J., Rico, A., y Jiménez, A. (1998). *Las tormentas de granizo en la Comunidad Valenciana: cartografía de riesgo en la actividad agraria*. Investigaciones Geográficas, 19, 5–29. <https://doi.org/10.14198/INGEO1998.19.05>
- Peña-Beltrán, Z. (2015). *Análisis de las granizadas en Colombia* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio Institucional UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/76479>

- Peña-Beltrán, Z., y Pabón-Caicedo, J. (2020). *Climatología de las granizadas en Colombia. Cuadernos de Geografía: Revista Colombiana de Geografía*, 29(1), 259–282. <https://doi.org/10.15446/rcdg.v29n1.7543>
- Piani, F., Crisci, A., De Chiara, G., Maracchi, G., & Meneguzzo, F. (2005). Recent trends and climatic perspectives of hailstorms frequency and intensity in Tuscany and Central Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 5(2), 217–224.
- Pielke, R. (2004). When scientists politicize science: Making sense of the controversy over The Skeptical Environmentalist. *Environmental Science and Policy*, 7(5), 405–417.
- Pittaluga, G. (2004). Granizo, una amenaza para la producción agrícola. *Marca Líquida Agropecuaria*, 14(132), 25–26.
- Raupach, T., Martius, O., Allen, J., Kunz, M., Lasher-Trapp, S., Mohr, S., Rasmussen, K. L., Trapp, R., & Zhang, Q. (2021). The effects of climate change on hailstorms. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(3), 213–226. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00133-9>
- Romo Parra, C., Cayón Salinas, D. G., Lara Sarmiento, L., y Giraldo, G. (2001). Efectos del granizo y el viento sobre el desarrollo y calidad de los frutos. *Infomusa*, 10(2), 13–17.