

# Tlamati Sabiduría



## Comportamiento del Temporal de Lluvia 2018 en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México

Héctor Hugo Ulloa-Godínez<sup>1\*</sup>  
Mario Enrique García-Guadalupe<sup>1</sup>  
Maydes Bárcenas-Castro<sup>1</sup>  
Hermes Ulises Ramírez-Sánchez<sup>1</sup>  
Aída Lucía Fajardo-Montiel<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Astronomía y Meteorología, Universidad de Guadalajara, Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías. Avenida Vallarta 2602, Col. Arcos. 44130, Guadalajara, Jalisco.

\*Autor de correspondencia  
[hector.ulloa@academicos.udg.mx](mailto:hector.ulloa@academicos.udg.mx)

### Resumen

Se realiza un análisis sobre el temporal de lluvia 2018 en la Zona Metropolitana de Guadalajara, el cual es de utilidad para comprender y crear una base científica que redundará en una mejor planificación, en toma de medidas oportunas para la economía y en la salvaguarda de la sociedad. El objetivo de este trabajo es determinar la variabilidad del régimen de lluvias e identificar patrones de comportamiento de las tormentas locales severas. Para la realización de este trabajo se recopiló y proceso información de una red de estaciones meteorológicas automáticas distribuidas en la zona de estudio, mientras que para obtener información sobre las tormentas locales severas se utilizó el criterio planteado por García *et al.* (2007), además de la esencial información proporcionada por el grupo de corresponsales voluntarios fundados por el Instituto de Astronomía y Meteorología. Entre los resultados obtenidos se resalta que el inicio del temporal de lluvias fue el 9 de junio, adelantado a la fecha promedio histórica; se pudo verificar que las precipitaciones tuvieron un promedio acumulado superior al histórico, sobresaliendo el mes de septiembre con un 74%. Por su parte, el mes de julio presentó un notable déficit (32%) en relación con su acumulado.

### Información del Artículo

#### Cómo citar el artículo:

Ulloa-Godínez, H.H., García-Guadalupe, M.E., Bárcenas-Castro, M., Ramírez-Sánchez, H.U., Fajardo-Montiel, A.L. (2023). Comportamiento del Temporal de Lluvia 2018 en la Zona Metropolitana de Guadalajara, Jalisco, México. *Tlamati Sabiduría*, 18, 83-95

Editores Invitados: Dra. Rosalva Pérez-Gutiérrez, Dr. Oscar Frausto-Martínez, Dr. Julio Cesar Morales-Hernández.



Cabe señalar la ocurrencia de tormentas locales severas con granizadas y vientos fuertes que derrumbaron árboles y ocasionaron siniestros, así como inundaciones, encharcamientos, entre otros, que evidencian la vulnerabilidad del territorio. El temporal de lluvias y las tormentas locales severas representan un elemento trascendente dentro de la dinámica local por sus impactos en la economía y en la sociedad.

**Palabras clave:** Temporal de lluvias, Tormentas locales severas, Zona Metropolitana de Guadalajara.

## Abstract

This analysis aims to provide a scientific basis for better planning, timely measures for the economy, and the safeguarding of society by understanding the variability of rainfall patterns and identifying severe local storm behavior. The study collected and processed information from a network of automatic weather stations distributed in the study area. Additionally, the criteria proposed by García *et al.* (2007) and essential information provided by a group of volunteer correspondents founded by the Institute of Astronomy and Meteorology were used to obtain information on severe local storms. It is important to note that this analysis provides valuable insights into the rainfall distribution and severe storm occurrences in the Guadalajara Metropolitan Area during the 2018 rainy season, contributing to better planning and preparedness for future events. Among the obtained results, it is highlighted that the rainy season started on June 9, earlier than the historical average. It was verified that the precipitation had an accumulated average higher than the historical average, with September standing out with a 74% increase. On the other hand, the month of July presented a notable deficit (32%) compared to its historical accumulation. It is worth noting the occurrence of severe local storms with hailstorms and strong winds that caused tree collapses and accidents, as well as floods and waterlogging, among others, which demonstrate the vulnerability of the territory. The rainy season and severe local storms represent a significant element within the local dynamics due to their impacts on the economy and society.

**Keywords:** Wet season, Severe local storms, Guadalajara Metropolitan Zone.

## Introducción

La evolución de las ciudades se relaciona con su crecimiento económico, el desarrollo de infraestructura y la conservación de los ecosistemas, y con ello, satisfacer de manera equilibrada las necesidades básicas y fundamentales de la población. No obstante, un factor adverso en esa transformación del espacio es la presencia de fenómenos naturales que interactúan entre océano-atmósfera, que pueden impactar significativamente sobre la población y sus bienes materiales. En este contexto, el estudio de los temporales de lluvias a través del tiempo ha documentado y reportado un comportamiento mensual y anual que contribuye, cada vez más, al

conocimiento de los procesos hidrometeorológicos que se presentan a escala regional y local, particularmente en la Zona Metropolitana de Guadalajara.

Bajo este argumento, la climatología sinóptica es una disciplina de conocimiento que proporciona una fusión de los puntos de vista climatológicos y meteorológicos, de acuerdo con la relación entre la circulación atmosférica y el clima local. La consideración básica en la climatología sinóptica es, precisamente, la naturaleza de la relación entre los sistemas circulatorios atmosféricos y las condiciones del tiempo en áreas geográficas específicas (Rubio y García, 1989). En este sentido, podemos decir que

el clima varía durante las estaciones del año y según el espacio geográfico, su clasificación es aquella que agrupa en climas cálidos, templados y polares (Bellido, 2021). Entre los elementos que han servido de base para para clasificar a los climas son comúnmente la temperatura y la precipitación (García *et al.*, 2017).

En esta relación, las estaciones del año son períodos en los que las condiciones climáticas imperantes se mantienen en una determinada región y dentro de un cierto rango. Estos períodos son normalmente cuatro y se denominan: primavera, verano, otoño e invierno. Sin embargo, en las regiones tropicales y ecuatoriales de la Tierra, se identifican solo dos estaciones: la estación seca (o poco lluviosa) y la estación lluviosa, debido a que entre ellas varía drásticamente el régimen de lluvias, aunque otros parámetros meteorológicos tales como la temperatura y la humedad no se alteran significativamente (Riehl, 1954; García *et al.*, 2017; Bellido, 2021).

El estado de Jalisco se localiza en la región centro occidente de México; a su vez, Guadalajara y su metrópoli se ubican hacia el centro de Jalisco. Ambos territorios se caracterizan por el dominio de una orografía bastante compleja y al estar situados sobre la franja tropical del planeta, predomina una estación lluviosa en la que regularmente se acumula el 90% de la precipitación anual y otro lapso poco lluvioso o seco, en el que se registra el 10 % de la lluvia restante.

En este contexto, la climatología sinóptica es una disciplina de conocimiento que proporciona una fusión de los puntos de vista climatológicos y meteorológicos, de acuerdo con la relación entre la circulación atmosférica y el clima local. La consideración básica en la climatología sinóptica es, precisamente, la naturaleza de la relación entre los sistemas circulatorios atmosféricos y las condiciones del tiempo en áreas geográficas específicas (Rubio y García, 1989).

Realizar un análisis detallado sobre el temporal de lluvia en la zona metropolitana de Guadalajara, es de utilidad para comprender su comportamiento en el tiempo, además de crear una base científica que redundará en una mejor planificación y en la toma de medidas oportunas para la economía y la salvaguarda de la sociedad. Sumado a ello, este trabajo parte del hecho de que,

hasta el momento, no existen investigaciones importantes que representen el comportamiento de las tormentas locales severas (TLS) en la metrópoli.

A través de los años, al abordar el tema del comportamiento del temporal de lluvia, es frecuente escuchar una serie de preguntas por parte de los tomadores de decisiones, la prensa y el público en general, entre las que se destacan las siguientes:

¿El temporal de lluvia comienza un día específico?

¿En el mes de mayo no llueve o, por el contrario, es uno de los meses del temporal?

En este sentido, el argumento inicial se sustenta en que el temporal de lluvia es una característica climática presente año tras año en diversas zonas del país. En la ZMG los investigadores del Instituto de Astronomía y Meteorología (IAM) de la Universidad de Guadalajara han definido que el comienzo del periodo lluvioso viene dado por “El primero de tres días consecutivos con registros de tormentas eléctricas y chubascos en al menos el 50% de las estaciones meteorológicas de la zona”. Con esta tesis se puede evitar caer en la suposición de que una lluvia aislada sea la fecha de inicio del temporal. Al considerar una muestra promedio de 25 años, se logró identificar que la fecha de inicio corresponde con el día 15 de junio; esto no significa que cada año el temporal tiene que empezar en ese día, en ocasiones se adelanta, en otras se atrasa.

En particular, el comienzo del temporal de lluvia de 2018 fue el 9 de junio; es decir, varios días adelantado a la fecha promedio histórico. En la Figura 1 se observa el impacto de una tormenta local severa en la zona de San Isidro, Zapopan, además del registro de lluvias torrenciales en otros sitios de la metrópoli.

Por su parte, en dependencia al mes de mayo y al realizar un análisis climático, se observó la ocurrencia de precipitaciones aisladas, producto de un dinámico calentamiento diurno en combinación con la entrada de humedad del Océano Pacífico; es decir, esas lluvias no fueron ocasionadas por la implantación de los sistemas sinópticos propios de la estación de lluvia. Cabe mencionar que el acumulado histórico de precipitación en la estación meteorológica del IAM para mayo es de 20.2 mm, cantidad extraordinariamente pequeña si se compara con el



Figura 1. Evidencia sobre la ocurrencia de una TLS con granizada en la zona de San Isidro, en Zapopan, durante la tarde del 9 de junio de 2018. Fuente: Imagen propia.



Figura 2 Fuerte granizada ocurrida en la tarde de mayo de 2018 en avenida Gobernador Curiel y avenida Lázaro Cárdenas, en Guadalajara. Fuente: Imagen elaboración propia.

valor histórico de junio para la misma estación, que es de 183.9 mm.

Precisamente, al analizar la base de datos estadística sobre los acumulados de lluvias y los eventos meteorológicos registrados en mayo de 2018, se puede inferir que se observó un comportamiento bastante atípico. En general, las temperaturas del mes son bastante elevadas; ocurrieron 12 días con temperaturas superiores a 36.0°C, además con escasa oscilación diurna. Sobresale la temperatura del día 31, cuando el termómetro registró los 37.3°C. No obstante, el valor de 38.6°C observado el 5 de mayo de 1984, ha sido el dato record de temperatura más elevada en la estación meteorológica del IAM. Por otra parte, el acumulado mensual de lluvia en 2018 fue de 52.2 mm (un 261% del acumulado histórico), acompañado de la observación de varios días con granizos en el territorio (Figura 2).

Ante este escenario, es inevitable señalar que la lluvia intensa es un fenómeno severo que produce importantes daños en diferentes sectores de la economía y que compromete la seguridad de la población. Según la Organización Meteorológica Mundial (OMM, 1992), las precipitaciones se clasifican como intensas si igualan o superan un acumulado de 100 mm en 24 horas, 50 mm en 12 horas o 30 mm en 1 hora. Es decir, es un fenómeno local y está dada por la relación entre la cantidad de lluvia acumulada por unidad de tiempo (Armas *et al.*, 2020).

Las tormentas eléctricas han captado la atención de los científicos, debido a su complicada estructura interna, mecanismos de formación y su rápido desarrollo. Las tormentas de carácter

convectivo a simplemente tormentas, se presentan con mayor frecuencia sobre la zona tropical y, al ubicarse México en esta región, no está exento de la afectación de estos fenómenos meteorológicos, particularmente durante el temporal de lluvias, que es cuando se reporta su actividad más significativa. Obviamente, las tormentas locales severas (TLS) mantienen implícitamente una serie de particularidades, desencadenando en reiteradas ocasiones, una sucesión de dificultades al diseñar un adecuado pronóstico. No obstante, al tener un carácter local, pueden ocasionar daños socio-económicos importantes, sobre todo cuando se les asocian fenómenos de tiempo severo, tales como tornados, trombas marinas, vientos lineales fuertes o granizadas (Prieto *et al.*, 2019; Aguilar *et al.*, 2005). Álvarez *et al.*, (2019) destacan que, entre los impactos más relevantes, resaltan los que ocurren sobre el sistema energético y las telecomunicaciones. Sin embargo, adquieren mayor relevancia cuando se afecta alguna zona de interés económico y/o político.

En relación con lo anterior, los estudios sobre las TLS reportan que prosperan en la rápida yuxtaposición del aire con diferentes características en la horizontal y especialmente en la vertical. Para gran parte de los trópicos, las trayectorias sobre mares cálidos homogéneos borran estas diferencias y suavizan los gradientes propicios para estas tormentas. Sin embargo, en los continentes tropicales, las condiciones que favorecen una TLS ocurren con mayor frecuencia (Barnes, 2001). Una vez que tienen presencia, ocasionan cuantiosos daños a las propiedades y a

la agricultura; incluso hay que lamentar la pérdida de vidas humanas. El conocimiento de las áreas donde son más frecuentes estos eventos severos constituye una herramienta útil en la evaluación global del tiempo, así como para la preparación y la planificación por las autoridades competentes. Además, el estudio de las TLS contribuye en la elaboración de los planes de desarrollo económicos sobre bases más acertadas (Bermúdez *et al.*, 2014).

Acorde con lo planteado, este trabajo busca analizar los acontecimientos meteorológicos relacionados con el temporal de lluvias y TLS para el año 2018, y cómo puede ser una herramienta de mitigación de daños por la presencia de estos fenómenos. Estamos hablando de la lluvia acumulada por mes, por año en relación con el promedio histórico y la frecuencia de las TLS, durante los últimos 10 a 15 años y su impacto en la región. El objetivo de este trabajo es determinar la variabilidad del régimen de lluvias e identificar patrones de comportamiento de las tormentas locales severas.

### Generalidades

Al describir el comportamiento de las precipitaciones durante el temporal en la Zona Metropolitana de Guadalajara, es oportuno señalar que el acumulado promedio de las mismas, varía significativamente de un lugar a otro dentro del estado de Jalisco; es decir, la orografía compleja de la región (Figura 3) desempeña una función imprescindible en esa variabilidad. En relación con ello, Kelly *et al.* (1985), refieren que las tormentas severas pueden ser difíciles de observar debido a la hora del día, a la falta de dispositivos de medición apropiados o debido a nubes y/o características topográficas del territorio. En la Tabla 1 se reportan los acumulados promedios históricos de lluvia durante la época del temporal para las tres zonas de Jalisco.

Durante ese período del año, es típico que en horas de la tarde y la noche se observe convección profunda consecuencia del calentamiento, la presencia de una capa húmeda e inestabilidad significativa. Particularmente, las estaciones meteorológicas en superficie, al igual que las imágenes satelitales y las redes de detección de rayos, demuestran que las masas de tierra tropicales tienen la frecuencia más alta de

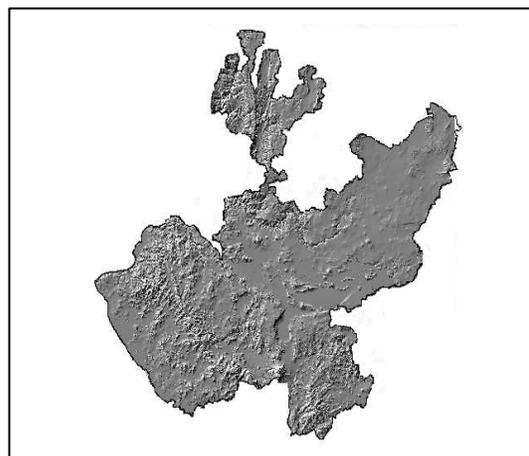


Figura 3. Dominio de una orografía compleja sobre el estado de Jalisco. Fuente: INEGI.

<https://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/jal/territorio/relieve.aspx?tema=me&e=14>

Zona	Acumulado promedio (mm)
Zona Metropolitana de Guadalajara	892
Atoyac	563
Puerto Vallarta	926

Tabla 1. Acumulados promedios históricos de lluvia para tres regiones.

convección profunda en el mundo (Barnes, 2001). La Figura 4 corresponde a una imagen de satélite meteorológico, en la cual es posible visualizar una combinación de los aspectos mencionados.

De la misma manera, la afectación directa o indirecta de ciclones tropicales en sus diferentes estadios, son sistemas que pueden ocasionar fuertes precipitaciones. Durante 2018 no ocurrieron afectaciones directas al estado de Jalisco por ciclones tropicales, pero sí indirectamente, destacándose los efectos en la lluvia provocados por el huracán Willa (octubre 20-24 de 2018), un fenómeno meteorológico de gran intensidad (Figura 5).

Igualmente, las ondas tropicales son otros de los sistemas sinópticos que afectan a Jalisco y, en

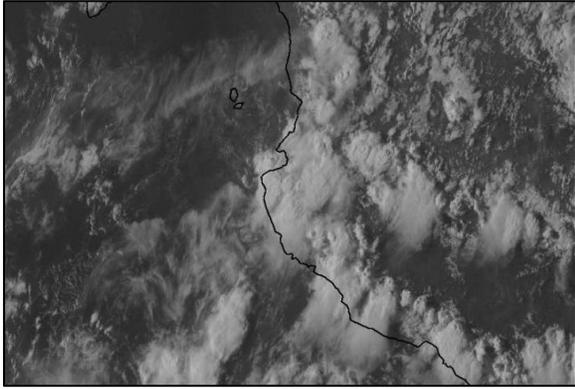


Figura 4. Imagen satelital (canal visible). Se observa convección profunda sobre el estado de Jalisco. Fuente: <https://www.star.nesdis.noaa.gov/GOES/sector.php?sat=G16&sector=mex>



Figura 5. Imagen satelital (canal visible). Huracán Willa. Fuente: <https://www.nesdis.noaa.gov/news/category-5-hurricane-willa-heads-toward-mexico>

particular, a la ZMG durante el temporal, debido a que son capaces de ocasionar un cambio dramático en las lluvias si al paso por una zona se encuentran con condiciones ambientales favorables para la ocurrencia de precipitaciones (García *et al.*, 2017).

### Materiales y métodos

Para realizar este trabajo se revisaron algunos referentes sobre temporal de lluvias y tormentas locales severas en regiones. En este caso, se solicitó, recopiló y procesó la información de la red de estaciones meteorológicas automáticas distribuidas en la zona de estudio. En este contexto y con base en los criterios de la organización Meteorológica Mundial (OMM, 2015) y del Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2023), los especialistas del Instituto de

Astronomía y Meteorología (IAM) de la Universidad de Guadalajara han identificado y consensado que el comienzo del periodo lluvioso en la ZMG viene dado por “el primero de tres días consecutivos con registros de tormentas eléctricas y chubascos en al menos el 50% de las estaciones meteorológicas de la zona”. Por su parte, sobre las tormentas locales severas se utilizó el criterio planteado por García *et al.* (2007) donde pueden presentarse al menos uno de los siguientes aspectos: presencia de tornado, tormenta eléctrica con vientos de 65 km/h y/o granizo de cualquier tamaño. Cabe señalar que lo anterior se fundamentó en los estudios de Kelly *et al.* (1985) y Johns y Doswell (1992), métodos que fueron sentando las bases científicas. No obstante, cada territorio tiene sus características particulares para que los eventos ocurran con cierta frecuencia e intensidad.

Lo mencionado se logró gracias a la información proporcionada por el Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA) y por el grupo de corresponsales voluntarios fundado por el IAM.

### Resultados

#### *Comportamiento de la lluvia durante el temporal 2018 en la ZMG*

*De lo particular a lo general.* En la Tabla 2 se muestra el acumulado histórico de lluvia (en mm) para cada mes del temporal y los acumulados mensuales durante el 2017 y el 2018 en la estación del IAM. En la última fila se exponen los meses más anómalos a través de los años, en cuanto al acumulado mensual de precipitación, tanto por exceso como por defecto. Al observar los datos de 2018, destaca el acumulado del mes de octubre (un 49% superior al promedio histórico) y el déficit en el mes de julio (históricamente, el mes más lluvioso del temporal), con aproximadamente un 40% menor a lo normal. Asimismo, es interesante señalar que el mayor acumulado de precipitación en 24 horas durante el temporal de 2018 en el IAM ocurrió el día 28 de julio, con 68.5 mm.

En este orden, en la Tabla 3 se presentan los acumulados históricos para los meses del temporal de lluvia y los que ocurrieron durante los años 2017 y 2018 en la estación meteorológica de

Colomos. Dentro del análisis, se destaca lo lluvioso que fueron los meses de junio, agosto y septiembre de 2018 en la estación mencionada, lo que originó un acumulado total significativo, excediendo en más de un 45 % al valor histórico. Igualmente, el día con mayor acumulado de lluvia en un intervalo de 24 horas ocurrió el 30 de agosto con 70.8 mm.

Otra de las estaciones meteorológicas que trasciende por la base de datos con registros confiables para realizar el análisis, es la situada en la avenida Federalismo (Guadalajara). La Tabla 4 describe los aspectos más significativos, destacando que julio fue el único mes con acumulado de lluvia menor al histórico. Por su parte, el mayor acumulado de lluvia en 24 horas ocurrió el 26 de agosto con 45.7 mm.

Similarmente, los acumulados mensuales en la estación meteorológica La Experiencia se presentan en la Tabla 5, y al igual que en las estaciones ya descritas, el rasgo más perceptible es que julio fue el único mes de 2017 y 2018 en que el acumulado estuvo por debajo de la media histórica. Por otra parte, el día con mayor acumulado de lluvia en un lapso de 24 horas fue el 12 de septiembre con 58.3 mm.

En este contexto, en la Tabla 6 se presentan los acumulados mensuales para la estación Tlaquepaque. Al analizar y comparar los acumulados mensuales de 2018 con los históricos nuevamente se aprecia la tendencia a una mayor

cantidad de lluvia en los meses enmarcados en el temporal, excepto en el mes de julio. El día de mayor acumulado de lluvia correspondió al 28 de julio con 56.0 mm en 24 horas.

En cuanto a la estación Zapopan, la integración de los datos se reporta en la Tabla 7. Entre los rasgos más notables se observó un déficit significativo en el mes de julio al compararlo con los acumulados históricos; además, fue la única estación del análisis que no presentó un acumulado de lluvia superior al histórico. En relación con el día de mayor acumulado de lluvia, esto ocurrió el 16 de agosto con 42.6 mm durante 24 horas.

Una vez realizado el análisis de resultados para cada estación meteorológica, el siguiente paso fue integrar el promedio mensual correspondiente a la lluvia acumulada en las seis estaciones. Así, en la Tabla 8 se obtiene un balance general de la información dentro de la Zona Metropolitana de Guadalajara. Se destaca que el total del acumulado de lluvia durante el temporal estuvo por encima del valor histórico en un 20%; sin embargo, el mes de julio que históricamente es el de mayor acumulado de lluvia para el área de estudio fue deficitario en un 32%, lo cual indudablemente tuvo consecuencias en la agricultura. También, es necesario señalar lo lluvioso que se comportó el mes de septiembre con un 74% por encima del valor histórico promedio.

	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Total</b>
<b>Histórico</b>	183.9	265.2	165.6	205.6	73.3	893.6
<b>2017</b>	87.5	352.4	198.9	193.6	33.0	832.4
<b>2018</b>	196.8	167.4	186.7	262.4	108.5	921.8
<b>Meses Anómalos</b>	<b>1937</b>	<b>1973</b>	<b>1929</b>	<b>1910</b>	<b>2006</b>	
	(368.7)	(450.0)	(520.1)	(309.6)	(187.4)	
	<b>1957</b>	<b>1946</b>	<b>1914</b>	<b>1920</b>	1940	
	(3.6)	(60.7)	(82.6)	(31.1)	(1.1)	

Tabla 2. Acumulados de lluvia mensuales (mm) en la estación meteorológica IAM. Fuente: Elaboración propia con información de la CNA e IAM.

	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Total</b>
<b>Histórico</b>	184.7	261.5	218.9	167.9	60.1	893.1
<b>2017</b>	111.0	274.3	299.4	197.1	22.5	904.3
<b>2018</b>	365.3	244.4	311.5	319.6	69.9	1310.7

Tabla 3. Acumulados de lluvia mensuales (mm) en la estación meteorológica Colomos. Fuente: Elaboración propia con información de la CNA e IAM.

	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Total</b>
<b>Histórico</b>	189.3	275.9	223.7	162.7	48.2	899.8
<b>2017</b>	51.1	226.4	175.2	192.6	62.4	711.7
<b>2018</b>	311.7	234.3	268.3	382.4	64.8	1261.5

Tabla 4. Acumulados de lluvia mensuales (mm) en la estación meteorológica Federalismo. Fuente: Elaboración propia con información de la CNA e IAM.

	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Total</b>
<b>Histórico</b>	188.2	259.7	198.4	152.5	54.2	853.0
<b>2017</b>	60.0	199.4	212.2	215.8	49.3	736.7
<b>2018</b>	254.3	169.7	303.7	366.0	77.8	1171.5

Tabla 5. Acumulados de lluvia mensuales (mm) en la estación meteorológica La Experiencia. Fuente: Elaboración propia con información de la CNA e IAM.

	<b>Junio</b>	<b>Julio</b>	<b>Agosto</b>	<b>Septiembre</b>	<b>Octubre</b>	<b>Total</b>
<b>Histórico</b>	193.2	255.5	205.2	158.8	65.3	878.0
<b>2017</b>	70.0	269.7	207.7	205.0	9.5	761.9
<b>2018</b>	232.7	195.7	239.8	234.5	64.0	966.7

Tabla 6. Acumulados de lluvia mensuales (mm) en la estación meteorológica Tlaquepaque. Elaboración propia con información de la CNA e IAM.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
<b>Histórico</b>	216.8	272.4	209.1	176.1	57.7	935.1
<b>2017</b>	153.9	250.6	221.7	215.5	22.5	864.2
<b>2018</b>	250.4	74.0	225.3	216.7	34.0	800.4

Tabla 7. Acumulados de lluvia mensuales (mm) en la estación meteorológica Zapopan. Fuente: Elaboración propia con información de la CNA e IAM.

	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Total
<b>Histórico</b>	192.7	265.0	203.5	170.6	59.8	891.6
<b>2017</b>	89.6 (-54%)	262.1 (1%)	219.2 (+8%)	203.2 (+19%)	33.2 (-44%)	807.3 (-10%)
<b>2018</b>	269.5 (+40%)	180.9 (-32%)	255.9 (+26%)	296.9 (+74%)	69.8 (+17%)	1073 (+20%)

Tabla 8. Acumulados de lluvia mensuales (mm) y por ciento (por encima (+) o por debajo (-)) en relación con el promedio histórico, en la Zona Metropolitana de Guadalajara. Fuente: Elaboración propia con información de la CNA e IAM.

*Algunos eventos meteorológicos significativos ocurridos durante el temporal 2018 en la zona metropolitana de Guadalajara*

Durante el transcurso de la tarde del domingo 10 de junio en la zona de Plaza Patria, Zapopan, ocurrió una tormenta eléctrica que ocasionó inundaciones importantes (Figura 6), afectando la Línea 1 y las obras de la Línea 3 del Tren ligero y a la misma Plaza. Obviamente, esto impactó directamente en la integridad física y seguridad de las personas. En este sentido, es oportuno señalar que, aunque esa tormenta fue intensa, las afectaciones provocadas se debieron en gran medida a la deficiente planificación urbana.

Otra TLS fue la ocurrida durante la madrugada del 30 de agosto en el municipio de Zapopan, Jalisco (Figura 7), donde pueden observarse algunos impactos a la economía de las familias, además de la afectación de 79 casas y 82 vehículos varados y arrastrados en distintas vialidades (El Occidental, 2018).

En este criterio, algunos eventos meteorológicos dignos de destacar por las pérdidas económicas y el riesgo latente sobre la población de la ZMG, son las tormentas locales severas (TLS). Varios estudios de caso en los Estados Unidos han identificado la inestabilidad térmica y la cizalladura vertical del viento como factores importantes en la aparición y desarrollo de tormentas locales severas. En este contexto, Yamane and Hayashi (2006), explican que la evaluación cualitativa de algunos aspectos climatológicos puede proporcionar información útil para comprender el mecanismo de la ocurrencia y el desarrollo de TLS, lo que lleva a pronosticar y mitigar el impacto en el territorio.

Como se mencionó anteriormente, en este trabajo se sigue la línea planteada por García et al. (2007) para definir si en un día específico ocurrió una TLS y que considera los siguientes umbrales; ocurrencia de:



Figura 6. Fotografías de inundaciones ocurridas en el Tren Ligero, en Plaza Patria y en avenida Patria, Municipio de Zapopan. Fuente: Periódico Excélsior, Revista Proceso y Noticias Debate.



Figura 7. Inundaciones durante la madrugada del 30 de agosto en zonas de Zapopan.

Fuente: <https://www.eloccidental.com.mx>, 2018.

- Tornado.
- Tormenta eléctrica con rachas de vientos lineales  $\geq 18$  m/s (65 km/h).
- Granizos de cualquier tamaño.

La presencia de algunos de estos tres acontecimientos es suficiente para que se considere día con TLS. En la Tabla 9 y Figura 8 se reporta el promedio histórico anual de 8.3; para ello, se consideró un intervalo entre 1976 y 2005, es decir, al menos una muestra de 30 años. Asimismo, se presentan los registros de TLS por año, desde el 2006 hasta el 2018.

Sin lugar a dudas, la TLS más espectacular ocurrida durante el temporal de 2018 en la ZMG fue la que se presentó al final de la tarde del 28 de junio en la Colonia Talpita y que el frente en racha de la línea de tormenta produjo fuertes vientos que derrumbaron una gran cantidad de árboles (Figuras 9 y 10).

Promedio histórico	8.3
2006	21
2007	21
2008	13
2009	13
2010	9
2011	12
2012	15
2013	9
2014	14
2015	16
2016	14
2017	10
2018	22

Tabla 9. Promedio histórico de días con TLS en la ZMG y por años a partir del 2006.

### Conclusiones

El temporal de lluvias y las tormentas locales severas representan un elemento trascendente dentro de la dinámica local por sus impactos en la economía y en la sociedad.

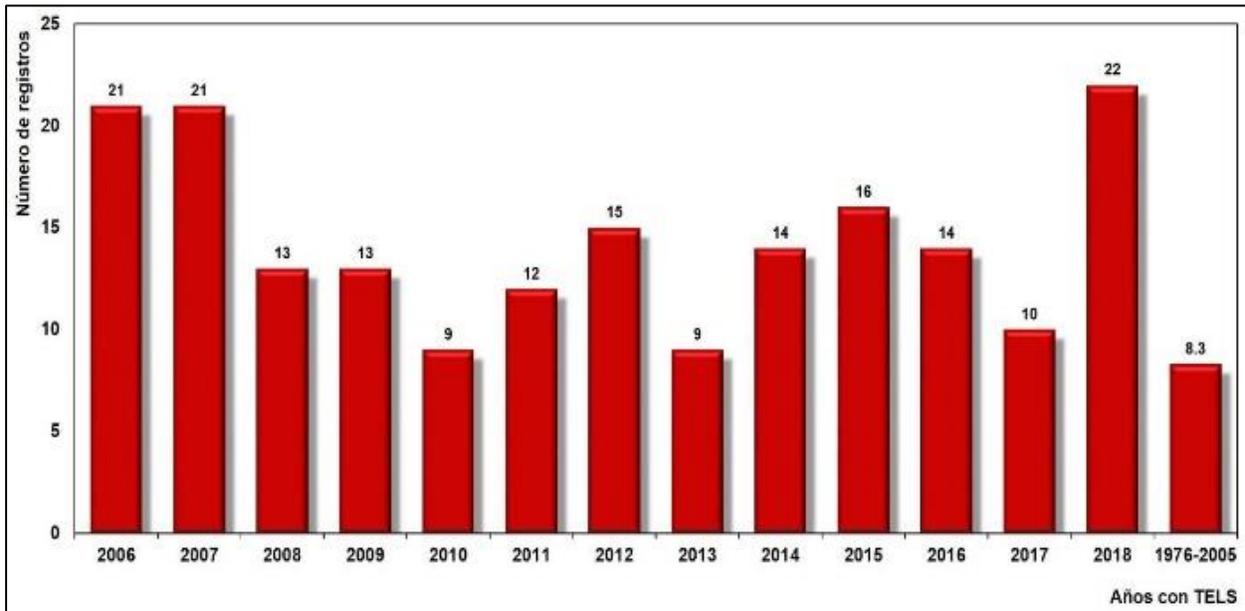


Figura 8. Comportamiento histórico de días con TLS en la zona metropolitana de Guadalajara. Fuente: Elaboración propia con información de la red de estaciones CONAGUA e IAM.



Figura 9. Los fuertes vientos asociados a la tormenta causaron estragos en la Unidad Deportiva Cuauhtémoc (Municipio de Guadalajara). Fuente: Periódico El Informador.



Figura 10. Nube de tormenta asociada a la TLS del 28 de junio. Se señala que la circulación no llegó a tierra, por lo tanto, no fue un tornado. Fuente: Periódico El Informador.

El temporal de lluvia del año 2018 en la Zona Metropolitana de Guadalajara se comportó por encima de los valores históricos, sobresaliendo el mes de septiembre con un 74%; en contraparte, el mes de mayor acumulado histórico (julio), presentó un notable déficit hasta del 32%. El inicio del temporal fue a partir del 9 de junio, es decir, adelantado a la fecha promedio histórica (15 de junio).

El estudio definió la presencia de tormentas locales severas, con granizadas y vientos fuertes que derrumbaron árboles y ocasionaron diversos tipos de siniestros, además de la presencia de inundaciones y encharcamientos, que impactan en la infraestructura y la economía. Sin embargo, la mayor parte de las afectaciones en la zona se debieron a la deficiente planeación urbana que evidencian la vulnerabilidad del territorio.

En relación con la metodología utilizada se puede concluir que existe poca información sobre las TLS en la ZMG; empero, las nuevas tecnologías y grupos de trabajo multidisciplinar permitirán mejorar las herramientas y alcances de estos estudios. Cabe destacar el seguimiento de los fenómenos hidrometeorológicos con base en los criterios de la Organización Meteorológica Mundial y del Servicio Meteorológico Nacional.

No obstante, las TLS en la ZMG representan un importante elemento a tener en cuenta dentro de

la dinámica local. Su afectación causa diversas pérdidas económicas y, aunque actualmente se experimenta un nivel progresivo de conciencia social, los estudios realizados muestran que el número de estos eventos es significativamente mayor a los que se reportan, lo cual constituye un riesgo potencial para la población.

### Agradecimientos

Se agradece al Organismo de Cuenca Lerma Santiago Pacífico de la Comisión Nacional de Agua (CONAGUA), por la información proporcionada. Asimismo, es oportuno destacar la participación de una red de corresponsales voluntarios integrado por personas de la sociedad civil y miembros de Protección Civil de los diferentes órdenes de Gobierno, que desde 2006 reportan de forma oportuna la presencia de al menos uno de los criterios mencionados para tormentas locales severas (TLS).

### Referencias

- Aguilar, G., Carnesoltas, M., Fernández, C., Naranjo, L. (2005). Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el período 1987-2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio. *Revista Cubana de Meteorología*, 12, 1-13.  
[Climatología de las Tormentas Locales Severas en Cuba en el período 1987 – 2002. Resultados de la modelación de un caso de estudio | Revista Cubana de Meteorología \(insmet.cu\)](#)
- Álvarez, M., Valderá, N., González, C. (2019). Distribución espacio temporal de las tormentas en la Habana, Artemisa y Mayabeque durante el periodo lluvioso empleando el radar. X Congreso Cubano de Meteorología. Pp.16.  
<http://repositorio.geotech.cu/jspui/handle/1234/4202>
- Armas, O., Varela, A., Justiz, A. (2020). Lluvia localmente intensa. Estudio de casos. *Revista Cubana de Meteorología*, 2, 1-17.  
<http://rcm.insmet.cu/index.php/rcm/article/view/510>
- Bellido, C. (2021). El clima de la provincia de ICA y la producción agrícola en el periodo 2001-2015. Tesis de grado. Callao, Perú.  
[El clima de la provincia de Ica y la producción agrícola en el periodo 2001-2015 \(unac.edu.pe\)](#)
- Barnes, G. (2001). Severe Local Storms in the Tropics. In Doswell C.A. (eds). *Severe Convective Storms*. Meteorological Monographs. American Meteorological Society, Boston, MA. Chapter 10. (28), 50:359-432. ISBN: 978-1-935704-06-5.  
[https://doi.org/10.1007/978-1-935704-06-5\\_10](https://doi.org/10.1007/978-1-935704-06-5_10)
- Bermúdez, Y., Aguilar, G., Wallo, A. (2014). Distribución espacial de las tormentas locales severas en Cuba. *Revista Cubana de Meteorología* (20), 1:59-72.
- El Occidental (2018). 79 casas afectadas en Zapopan y Guadalajara por tormenta.  
<https://www.eloccidental.com.mx/policiaca/79-casas-afectadas-en-zapopan-y-guadalajara-por-tormenta-1955657.html/amp>
- García, F., Alcalá, J., Meulenert, A., Ramírez, H., García, M., Ulloa, H. (2017). Elementos y Conceptos de Climatología y Meteorología. Umbral Editorial. Pp. 204. México. ISBN: 978-607-619-533-8
- García, O., Ramírez, H., Alcalá, J., Meulenert, A., García, M. (2007). Climatología de las tormentas eléctricas locales severas (TELS) en la Zona Metropolitana de Guadalajara. *Investigaciones Geográficas*, 63, 7-16.  
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=569/56906302>
- Johns, R.H., Doswell III, C.A. (1992). Severe Local Storms Forecasting. *Weather and Forecasting*, 7, 588-612.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0434\(1992\)007<0588:SLSF>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0434(1992)007<0588:SLSF>2.0.CO;2)
- Kelly, D., Schaefer J., Doswell, C., (1985). Climatology of Nontornadic Severe Thunderstorm Events in the United States. *Monthly Weather Review*, 113, 1997-2014.  
[https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1985\)113<1997:CONSTE>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1985)113<1997:CONSTE>2.0.CO;2)
- OMM (1992). Documento Vocabulario Meteorológico Internacional. No. 182. Organización Meteorológica Mundial, Ginebra, 784p.
- OMM (2015). Trigésima séptima reunión del comité de huracanes de la AR IV. Informe final. San José, Costa Rica. Organización Meteorológica Mundial, 106p.  
[https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=6395](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=6395)
- Prieto, R., Avendaño, A., Matías, L., Eslava, H., (2019). Tormentas severas. Centro Nacional de

- Prevención de Desastres (CENAPRED)/Serie Fascículos. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 54p. ISBN: 978-607-7558-08-8.  
[www.gob.mx/cenapred](http://www.gob.mx/cenapred).
- Riehl, H. (1954). Tropical Meteorology. Ed. Mc Craw Hill (NY). Pp. 392 pp.  
<https://doi.org/10.1002/qj.49708134735>
- Rubio, G., García, O. (1989). Resumen meteorológico del año 1986. Revista Cubana de Meteorología, 2, 79-85.
- SMN (2023). Servicio Meteorológico Nacional. Comisión Nacional del Agua. Gobierno de México.  
<https://smn.conagua.gob.mx/es/smn/funciones-y-objetivos>
- Yamane, Y., T. Hayashi, T. (2006). Evaluation of environmental conditions for the formation of severe local storms across the Indian subcontinent. Geophysical Research Letters, 33, L17806.  
<https://doi.org/10.1029/2006GL026823>