

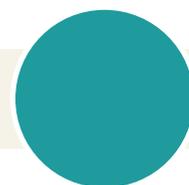
# Tormentas en la Gran Área Metropolitana (GAM)

Johnny Solano





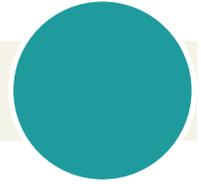
# Contenido



RESUMEN .....	3
1. INTRODUCCIÓN .....	5
1.1 Ubicación del área de estudio .....	5
1.2 Clima de la Gran Área Metropolitana.....	6
1.3 Condiciones meteorológicas que favorecen las lluvias en la GAM .....	8
1.4 Tormentas.....	11
1.4.1 Tipos de tormentas .....	11
1.4.2 Etapas en el desarrollo de una tormenta .....	12
1.4.3 Tormentas severas y eficientes .....	13
1.4.4 Tormentas Severas en el Área Metropolitana de San José.....	13
2. MÉTODO DE TRABAJO .....	15
3. RESULTADOS.....	16
3.1 Máximos de lluvia diaria .....	16
3.2 Mapas de tormentas severas .....	27
4. CONCLUSIONES .....	49
5. GLOSARIO .....	50
6. BIBLIOGRAFÍA.....	52



# Resumen



En este trabajo se presentan una serie de mapas climatológicos, elaborados en base al registro de lluvias máximas diarias absolutas registradas en las estaciones meteorológicas ubicadas en la GAM, con el fin de mostrar el impacto y comportamiento de las condiciones meteorológicas que favorecen las lluvias en la GAM.

La elaboración de los mapas se realizó tomando como base los cuadros con los valores pluviométricos de lluvia creados para este fin. El período del estudio está comprendido entre los años 1980 y el 2005, y entre los meses de abril a octubre, meses en los cuales se enmarca la estación lluviosa en la Gran Área Metropolitana (GAM). También se realizó el análisis del período comprendido entre los meses de marzo y noviembre, esto con el fin visualizar la dinámica y movimientos de las tormentas dentro del área de estudio.

Se presenta además, una estadística de valores máximos absolutos de lluvia diaria con sus respectivas fechas de tormentas, asimismo se presenta una serie de aspectos textuales, términos y definiciones concernientes al tema desarrollado.



# Introducción

1.

Desde el punto de vista de la lluvia, la climatología de un país o región se puede presentar de acuerdo a un interés particular, que en el caso que nos concierne en este trabajo es presentar la climatología de la GAM, teniendo como base los valores de lluvia máxima absoluta diaria.

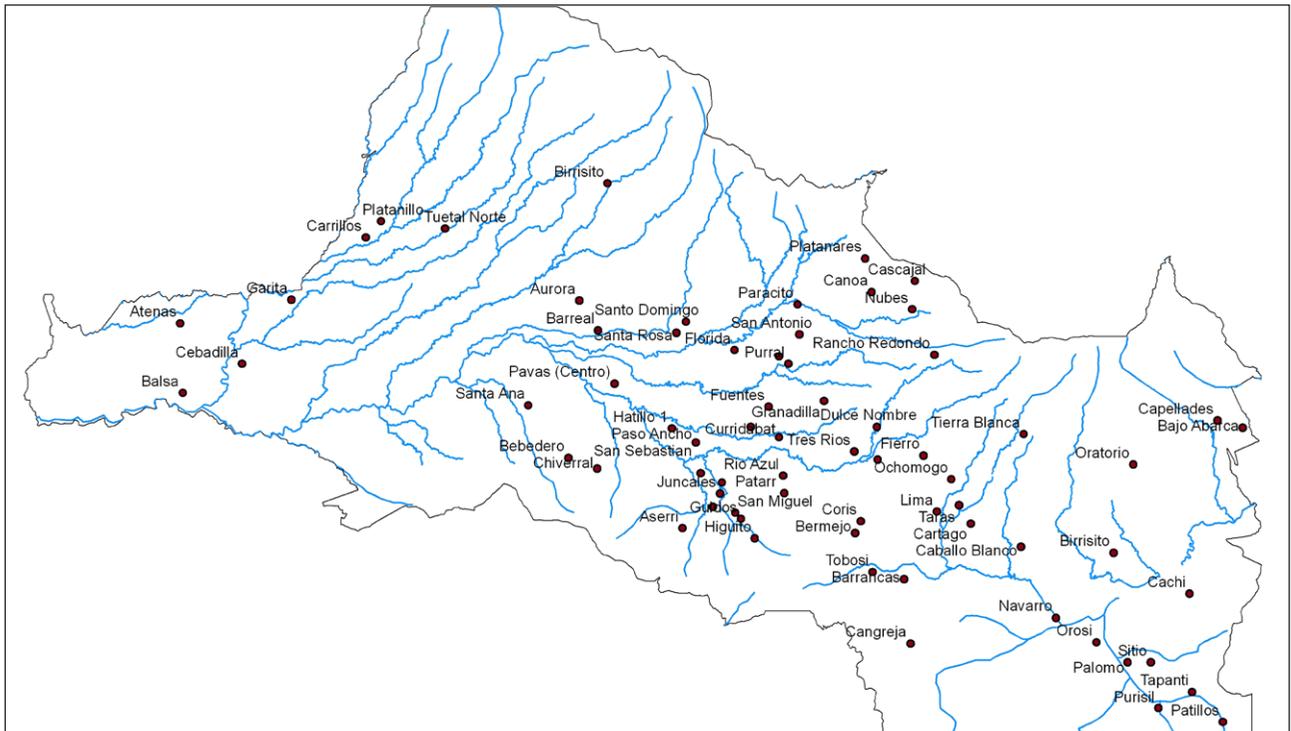
Para representar estos valores y la particular climatología de la GAM, se elaboraron una serie de mapas de tormenta denominadas como tormentas severas diarias y presentadas a través mapas climáticos de lluvia.

A fin de darle una base conceptual al estudio, se presenta además una serie de conceptos, definiciones y términos climatológicos, apoyan de manera teórica el entendimiento de la climatología de la GAM.

## 1.1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La Gran Área Metropolitana (GAM) se ubica dentro del Valle Intermontano Central o Valle Central de Costa Rica e incluye distritos de las provincias de San José, Alajuela, Cartago y Heredia (ver figura 1). Cuenta con aproximadamente 2.6

Figura 1. Mapa de la Gran Área Metropolitana.



millones de habitantes (cerca de 60% de la población del país) y una superficie de 2.044 km<sup>2</sup> (poco más del 4% del área de Costa Rica). Es la región más urbanizada, poblada y económicamente activa del país, concentrando servicios, importantes obras de infraestructura y la mayoría de las oficinas del Estado.

La GAM limita al norte las estribaciones de la Cordillera Volcánica Central en Heredia y Alajuela; al Sur con las montañas de Aserrí (provincia de San José), al este el cantón de Paraíso (provincia de Cartago) y al Oeste con San Ramón (provincia de Alajuela).

En el cantón de San José la elevación media es de 1.147 msnm, siendo su temperatura promedio de 23 °C, la máxima de 30 °C y la mínima de 18 °C. La época seca va de diciembre a abril y la época lluviosa de mayo a noviembre. La época lluviosa se caracteriza porque la mayoría de las mañanas son despejadas y llueve por las tardes y las noches.

## 1.2 CLIMA DE LA GRAN ÁREA METROPOLITANA

El clima de este relevante espacio geográfico se basa en el comportamiento de los llamados sistemas sinópticos y los fenómenos de mesoescala, que con independencia o simultáneamente, acontecen. Los sistemas sinópticos son los que provocan, en esta cuenca, los aumentos o disminuciones en los diferentes parámetros meteorológicos; la mesoescala reparte diferencialmente estas propiedades.

Uno de los fenómenos que participan de la climatología en este territorio es la precipitación. En el GAM se pueden individualizar tres tipos básicos de precipitación. La más común es la de tipo convectivo, que es la que se utiliza en este trabajo, de las cuales se derivan los máximos de lluvia diaria que definimos como tormentas severas o locales, luego está la de tipo estratificada, asociada con temporales en la Vertiente del Pacífico; finalmente, las lluvias orográficas y de derrame asociadas con disturbios en la Vertiente del Atlántico.

Esta lluvia convectiva es la lluvia proveniente de nubes de gran desarrollo vertical, resultado de fuertes corrientes ascendentes que se inestabilizan por un pronunciado calentamiento del aire cerca del suelo, de ello se desprende que tal tipo de lluvias deberán producirse en horas del día.

La distribución horario-mensual de la cantidad de lluvia (mm) en San José muestra que la concentración mayor de las lluvias de esa área, se da entre los 12 mediodía y las 6 de la tarde. La lluvia conectiva se caracteriza por ser fuerte, de gota grande y corta duración, acompañada algunas veces de tormenta eléctrica; además, es muy localizada. Según Zarate y Ramírez (1983) difícilmente llovería en toda la GAM en un momento determinado.

El mapa de lluvia promedio anual de la Gran Área Metropolitana (figura 2), presenta los rasgos de mayor importancia a saber, los máximos absolutos de lluvia

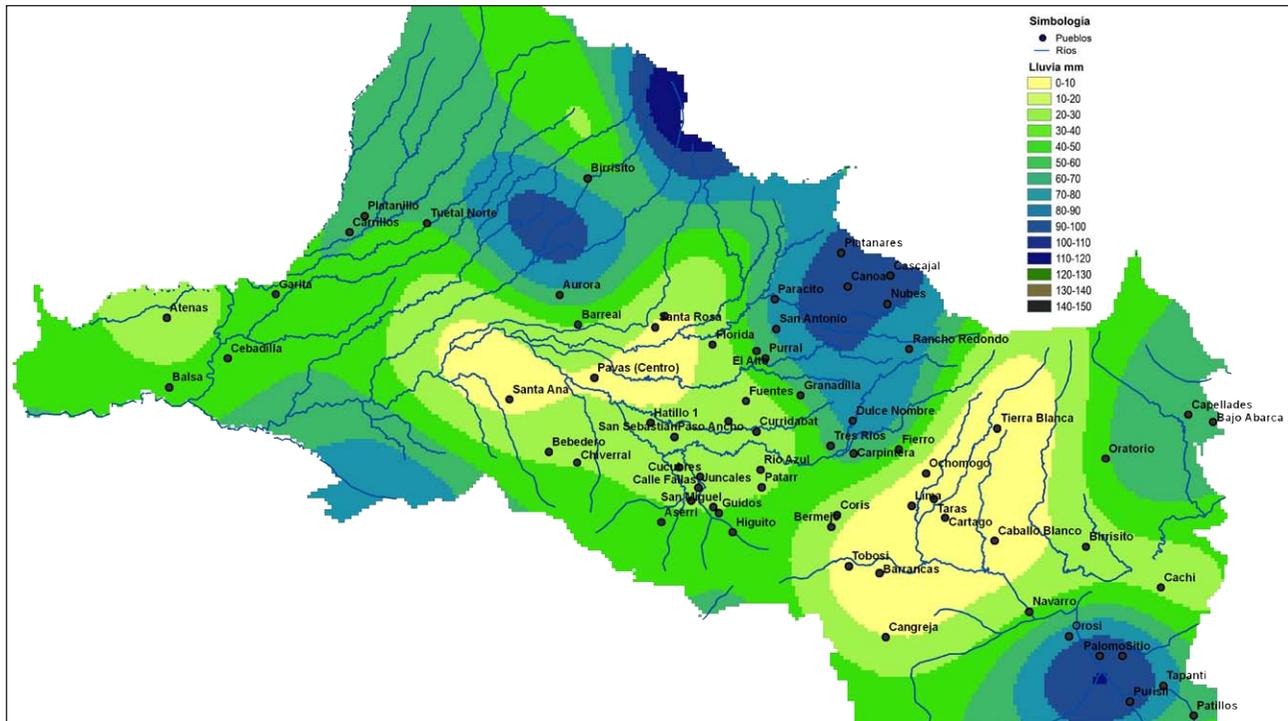


Figura 2. Mapa de Lluvia Promedio Anual de la GAM.

diaria se localizan en una área al norte de Alajuela y al sur de los volcanes Poas y Barba; al suroeste del complejo volcánico Irazú, sobre Tapantí y valle de Orosí. Se da un eje relativamente seco que se orienta aproximadamente de norte a sur, sobre Cartago centro y el Valle del Guarco, además, con el eje longitudinal al GAM que se extiende sobre la parte oeste del GAM y hasta alrededores La Garita y Atenas

El elemento meteorológico de más peso en la distribución espacial de la precipitación es el viento. En la época lluviosa, el viento cálido y húmedo predominante dentro de la cuenca, es el proveniente del Océano Pacífico y que en adelante se denominará “Oestes”.

Los Oestes de la época lluviosa normal (sin presencia de disturbios meteorológicos), son el resultado de 2 campos superpuestos de vientos, es decir, los Oestes ecuatoriales de escala sinóptica, originados desde los centros anticiclónicos semi-permanentes del hemisferio sur y la brisa de mar del Pacífico, campo de mesoescala que tiene un período diurno (Zárate, 1979).

La masa de aire de los Oestes en su penetración hacia el Valle Central, sufre un efecto de levantamiento mecánico debido a la orografía, siendo este efecto más pronunciado precisamente en donde se ubican los máximos de lluvia antes mencionados. Pero además a este efecto mecánico sobre los Oestes, se suma una brisa diurna valle-montaña (Lindbergh, 1976), que acelera y acrecienta la producción de las lluvias; las acelera porque por lo general, es donde más temprano precipita y las acrecienta, porque es donde más llueve.

El máximo de lluvia al norte de Alajuela se prolonga hacia el sur- sureste, pasando por las cercanías de las cabeceras de las provincias de Heredia y San José, que es la posición más común del “frente de los Oestes”, también conocido como frente de brisa (Zárate, 1974).

Otro campo de viento que influencia a la GAM es donde convergen los Oestes con los vientos alisios provenientes del Mar Caribe, los cuales tienen direcciones predominantes del norte y noreste. En dicho encuentro de convergencia se dan desarrollos de grandes nubes cumuliformes, productoras de fuertes chaparrones y a veces tormentas eléctricas.

Un rasgo sobresaliente en la GAM es la aparición de áreas de mínima precipitación alternadas con máximas precipitaciones, estos mínimos se pueden explicar debido a que el viento del oeste tiene un ascenso orográfico; es la zona con retorno de aire descendente, lo que implica divergencia en capas bajas del sistema de brisa valle-montaña, y los vientos alisios con dirección del noreste, que penetrando a través del paso La Palma, retardan el ascenso orográfico de los Oeste.

Tan efectivos son estos mecanismos de mesoescala en la distribución del elemento lluvia, que en pequeñas distancias se producen fuertes gradientes de precipitación.

Como es notorio, cuando las máximas cantidades de lluvia acontecen en las faldas superiores de la Cordillera Central, son lluvias que se “derraman” del Atlántico hacia el Pacífico y por ello se quedan en esas zonas altas. Estas lluvias son débiles o moderadas, de carácter continuo y se les conoce mejor como lluvias orográficas; eventualmente penetran hasta las partes bajas del Valle Central.

### **1.3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS QUE FAVORECEN LAS LLUVIAS EN LA GAM**

En el cuadro 1 se presentan las condiciones meteorológicas a mesoescala y sinópticas, que comúnmente se presentan en cada uno de los meses de la estación lluviosa del año y que propician en parte de la climatología del Valle Central de San José y por ende de la GAM y que directa e indirectamente son causantes de la aparición de las tormentas severas ocurridas en diferentes años (Boletines Meteorológicos de 1980-1990-1999-2004 y 2005).

**Cuadro 1. Condiciones meteorológicas a mesoescala y sinópticas características de la estación lluviosa del año.**

MES	Condiciones Meteorológicas
Marzo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevalen los fenómenos meteorológicos de origen Atlántico, estos solo se observan en las capas bajas de la atmósfera.</li> <li>• Persistencia de centros de alta presión en el Caribe, que aumentan el gradiente de presión y aceleran el viento del noreste.</li> <li>• Presencia de vaguadas en altura.</li> <li>• Durante un año normal las condiciones meteorológicas del mes de marzo, se caracterizan por el debilitamiento de los vientos alisios y se desarrollan las brisas cálidas y húmedas del oeste, provocando aguaceros aislados, especialmente en el Valle Central.</li> <li>• Sinóptico. Prevale carencia de sistemas de alta presión (aceleramiento de los vientos alisios).</li> <li>• Disminución del viento Alisio.</li> <li>• Entrada brisa calidad y humedad del Pacífico hasta el Valle Central provocando lluvias aisladas.</li> <li>• Prevalcieron sistemas de alta presión.</li> <li>• Permanencia del viento Alisio.</li> <li>• Presencia de la brisa de mar del Pacífico.</li> <li>• Alteraciones de la atmósfera por presencia de frente frío, vaguadas en altura, aparición de vientos del sureste, organización de la ZCIT.</li> <li>• Derrame de nubosidad del Caribe, aparición de una alta presión y una baja presión al sur.</li> </ul>
Abril	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prevalen los fenómenos meteorológicos de con origen del Pacífico: vientos del suroeste (estos se observan en las capas bajas de la atmósfera), originando un frente de convergencia asociado a nubosidad de gran desarrollo, vertical, productora de aguaceros de corta duración.</li> <li>• Influencia de la Zona de Convergencia Intertropical ZCIT).</li> <li>• Anticiclones semi permanentes de la troposfera baja.</li> <li>• Debilitamiento del viento Alisio.</li> <li>• Debilitamiento del viento Alisio y predominio del viento húmedo del suroeste.</li> <li>• Condiciones mixtas: ZCIT activa con alternancia de Altas presiones.</li> <li>• Predominio del viento Alisio.</li> <li>• Aparición de centros de alta presión.</li> <li>• Vaguada a niveles bajos (lluvias).</li> <li>• Vientos con componente sur: baja en México, ZCIT activa, atmosfera inestable.</li> </ul>
Mayo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desarrollo de la zona de convergencia intertropical, incursión del flujo de humedad del suroeste con las lluvias típicas en el Valle Central.</li> <li>• Progresión de las lluvias por presencia de Zona de Confluencia Intertropical.</li> <li>• Formación del Frente de Brisa (Valle Central).</li> <li>• Preponderancia de sistemas mixtos de origen Caribe (intensificación del viento alisio) y Pacífico (Frente de Brisa y Oeste Ecuatoriales).</li> <li>• Condiciones anómalas: predominio del flujo Alisio.</li> <li>• Aparición de vientos del Oeste y Sur. (Sistema ciclónico).</li> </ul>

Junio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suele ser el más lluvioso de todo el país, el viento alisios es más débil y se da el ingreso de los vientos ecuatoriales y el frecuente paso de ondas tropicales.</li> <li>• Incursión de vientos ecuatoriales y brisas de mar tierra en las regiones occidentales del país fue un fenómeno muy frecuente en junio.</li> <li>• Persistió en movimiento de ondas tropicales, manifestando fluctuaciones en las capas bajas de la atmósfera en especial en el aumento y disminución de la capa humedad que en conjunción con los vientos alisios determinaron merma en las lluvias.</li> <li>• Nubosidad cumuliforme por ZCIT.</li> <li>• Predominio de vientos del Oeste Ecuatoriales y Brisa de Mar.</li> <li>• ZCIT muy desorganizada y casi ausente en el país.</li> <li>• Prevalencia del viento Alisio.</li> </ul>
Julio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aparición de canículas.</li> <li>• Aceleramiento de los vientos alisios con su drástica disminución de la actividad convectiva, que produce menos días con lluvia.</li> <li>• En superficie aparece un campo de alta presión.</li> <li>• Presiones más bajas de lo normal.</li> <li>• Velocidad del los vientos del Este en promedio fueron más bajas.</li> <li>• Vientos alisios más débiles.</li> <li>• Organización de centros de Alta Presión.</li> <li>• Aumento de las velocidades del viento Alisio.</li> <li>• Abundaron las ondas tropicales algunas veces con vaguadas en altura.</li> <li>• Baja presiones a niveles altos.</li> <li>• Aguaceros de tipo convectivo.</li> <li>• Frentes de brisa.</li> </ul>
Agosto	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Fenómenos meteorológicos de origen Pacífico.</li> <li>• Días con predominio de vientos alisios.</li> <li>• La zona convergencia intertropical se mantiene sobre todo el territorio.</li> <li>• Se presenta la segunda canícula.</li> <li>• Influencia de bajas presiones.</li> <li>• Lluvias escasas: sistema de alta presión semi permanente del Atlántico Norte, acelero el viento alisio y desplazamiento de la ITZ.</li> <li>• Tránsito de Ondas Tropicales.</li> <li>• Viento Alisio con velocidades menores</li> <li>• ITZ activa.</li> <li>• Se superó el promedio mensual de lluvia.</li> <li>• Predominio moderado del viento Alisio.</li> <li>• Escasa recurrencia de la brisa humedad del Pacifico.</li> <li>• Aparición frecuente de ciclones tropicales.</li> <li>• Continua imperando el paso de ondas tropicales.</li> <li>• ZCIT. Débil y moderada</li> <li>• Deficitario el Valle Central.</li> <li>• Aguaceros en el Valle Central por entrada del viento, húmedo del Oeste.</li> </ul>

Setiembre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Temporales severos.</li> <li>• Vaguadas en altura.</li> <li>• Zona de convergencia muy activa.</li> <li>• Aparición de bajas presiones.</li> <li>• Gran cantidad de ciclones tropicales</li> <li>• Predomina una alta presión correspondiente al sistema anticiclónico semi permanente de las Bermudas</li> <li>• Prevalece la presencia de la Zona de Convergencia intertropical.</li> <li>• Prevalecen los Oeste Ecuatoriales y Brisas de mar (fuertes aguaceros).</li> <li>• Humedad e Inestabilidad asociada a la presencia continuando la ZCIT.</li> <li>• Presencia de vaguadas en altura.</li> <li>• Debilitamiento del viento Alisio.</li> <li>• ZCIT se mostro débil y desorganizada.</li> <li>• Reducción de la actividad ciclónica</li> </ul>
Octubre	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Déficit de lluvia.</li> <li>• Seis sistemas ciclónicos.</li> <li>• Aparición de frentes fríos y Altas presiones.</li> <li>• Altas presiones y tránsito de ondas tropicales.</li> <li>• Alto contenido de humedad.</li> <li>• Flujo húmedo del sureste.</li> <li>• Aparición de los Anticiclones migratorios.</li> <li>• Intensos aguaceros: Asociados con vientos húmedos del Oeste, Brisa de mar y débil gradiente de presión a niveles bajos.</li> <li>• ZCIT activa, alta convección.</li> <li>• Vaguadas en altura.</li> </ul>

Fuente: adaptado de Boletines Meteorológicos del período 1980-1981

## 1.4 TORMENTAS

Las tormentas se producen en nubes del tipo Cumulonimbos (o agregaciones de ellas), que difieren de las nubes de chubascos en que, en su interior, se producen rayos y relámpagos. Se presentan en configuraciones que casi siempre se distinguen bien y es costumbre hablar de tormentas de masas de aire, tormentas en línea, frontales y orográficas.

Estos tipos de tormentas de una u otra manera se presentan dentro de la GAM, en el análisis general de los mapas de tormenta, se tratará de aproximar el tipo de dichas tormentas en algunos de los mapas elaborados.

### 1.4.1 Tipos de tormentas

- a) **Tormentas de masa de aire:** dentro de una masa de aire y en mayor o menor medida, se encuentran tormentas desperdigadas. Se desarrollan localmente cuando el gradiente de temperatura llega a ser muy grande,

como resultado del calentamiento diurno y tienen frecuencia máxima en las horas de la tarde.

- b) **Tormentas en línea:** este tipo de tormentas están dispuestas en bandas o franjas estrechas, que siguen la dirección de los vientos en niveles bajos. Las tormentas en línea pueden desarrollarse a cualquier hora, pero son más frecuentes durante las horas de la tarde. Generalmente son más fuertes que las tormentas de masa de aire.
- c) **Tormentas frontales:** de forma simplificada puede decirse que un frente meteorológico es una zona inclinada que separa dos grandes masas de aire: frío y caliente. Cuando el caliente sube a lo largo de una cuña fría podrán formarse tormentas, en el caso de que dicho aire tenga inestabilidad convectiva. Aunque las tormentas frontales pueden producirse de forma aisladas, se mueven en el mismo sentido que los frentes y pueden reconocerse como pertenecientes a la región nubosa frontal. Estas tormentas ocurren a cualquier hora del día.
- d) **Tormentas orográficas:** suelen formarse hacia el mediodía, en aquellas zonas en las que las circulaciones locales generan zonas de convergencia de la brisa de mar del Pacífico con el flujo Alisio, son de tipo mesoescalar y pueden ser originadas por causas dinámicas, orográficas o debido al calentamiento diurno. La máxima actividad de este tipo de tormentas suele centrarse tres o cuatro horas después del mediodía.
- e) **Tormentas orográficas con forzamiento sinóptico:** el forzamiento sinóptico favorece los desarrollos convectivos, de manera que éstos son más generalizados que los de masa de aire. Este tipo de tormentas son generalmente móviles y en determinadas ocasiones pueden presentar una organización definida, por lo que pueden afectar a zonas más amplias.

### 1.4.2 Etapas en el desarrollo de una tormenta

La vida de una sola nube de tormenta es cortísima, ya que su ciclo completo es con frecuencia, cuestión de una o dos horas. En la etapa de desarrollo, la nube está más caliente que el aire que tiene a su alrededor, de manera que el aire de la nube está acelerado hacia arriba. La corriente ascendente aumenta su velocidad con la altitud y la nube alcanza enseguida alturas a las que la temperatura es muy inferior a la de congelación, mientras tanto se acumulan en las nubes grandes cantidades de gotas de agua y de cristales de nieve. La cantidad de agua llega a ser tan grande, que los elementos más pesados ya no pueden mantenerse por efecto de las corrientes ascendentes y entonces el agua comienza a caer dentro de la nube.

El rozamiento con el aire de las gotas que caen, convierte la corriente ascendente en una descendente y se establece un fuerte movimiento hacia abajo que marca el comienzo de la etapa de madurez. En esta etapa coexisten las corrientes

hacia arriba y hacia abajo, conjuntamente. La nieve y la lluvia que caen (viniendo desde el aire más frío de arriba) enfrían la corriente descendente que se esparce horizontalmente sobre el terreno. La caída sobre el suelo de la corriente descendente es casi siempre brusca y se hace notar por fuertes ráfagas.

Durante la etapa de madurez, la corriente descendente predomina sobre las ascendentes y después de algún tiempo se alcanza el estado que se conoce como estado de disipación. Es entonces cuando se le acaba a la nube la provisión de agua decreciendo la intensidad de la lluvia y disolviéndose la nube.

### 1.4.3 Tormentas severas y eficientes

En función de sus efectos reales en la superficie las tormentas pueden ser: eficientes y severas. Las primeras son aquellas que producen grandes cantidades de precipitación, mientras que las tormentas severas están asociadas a fenómenos violentos en superficie, como granizo, vientos fuertes o lluvias intensas aunque muy localizadas.

Es importante señalar, que el fenómeno de la convección que puede originar tormentas admite múltiples clasificaciones y que éstas pueden incluso ser algo confusas. Dado que no se conoce con exactitud todos los detalles de este fenómeno meteorológico, una posibilidad para clasificarlo es tener en cuenta la intensidad de las corrientes ascendentes y descendentes que tienen lugar en la formación de los cumulonimbos.

Podría decirse que la convección puede ser profunda o muy profunda y poco profunda. El concepto de profundidad estaría en relación directa con el grado de desarrollo en la vertical que tenga la nube convectiva, que será tanto mayor cuanto mayor sea la fuerza de las corrientes ascendentes que la crean. Cuando la convección es profunda o muy profunda, la altura de la nube es considerable, hay fuertes corrientes ascendentes y descendentes que pueden producir fenómenos significativos en superficie. Otra posibilidad es considerar el desplazamiento, de manera que, una tormenta originada por convección puede ser móvil o estacionaria (IDEAM, 2014).

### 1.4.4 Tormentas Severas en el Área Metropolitana de San José

Las tormentas severas en el Área Metropolitana de San José son temporales, es decir, ocupan un tiempo y un espacio geográfico, y son específicas de la época lluviosa del Valle Central. Su presencia dentro de esta área siempre ha existido y el origen siempre ha sido el mismo, las lluvias copiosas sobre una cuenca o simplemente sobre una quebrada o acequia produce en un punto de estos cauces, el desbordamiento de las mismas trayendo en sí el anegamiento urbano y de viviendas.

Estas tormentas obedecen en gran parte a fenómenos meteorológicos de mesoescala, como son las tormentas locales que generan lluvias intensas, cuando impactan sobre un área comúnmente se produce una inundación, que en su mayoría son súbitas o repentinas y se dan en espacios geográficos muy reducidos. Las condiciones meteorológicas a mesoescala y sinópticas que comúnmente se presentan para causar la aparición de las tormentas severas son:

- a) La Zona de Convergencia Intertropical se encuentra activa sobre el país y aunado a ello el ingreso de humedad y el calentamiento matutino acentúan la inestabilidad en la atmósfera para producir lluvias.
- b) Presencia de vaguadas en altura.
- c) Condiciones meteorológicas presentes como debilitamiento de los vientos alisios y entrada a la GAM de las brisas cálidas y húmedas del oeste, que provocan aguaceros aislados.
- d) Prevalecen los fenómenos meteorológicos con origen del Pacífico: vientos del suroeste (estos se observan en las capas bajas de la atmósfera), originando un frente de convergencia asociado a nubosidad de gran desarrollo vertical, productora de aguaceros de corta duración.
- e) Nubosidad cumuliforme por ZCIT.
- f) Humedad e inestabilidad asociada a la presencia de la ZCIT.
- g) Intensos aguaceros asociados con vientos húmedos del Oeste, brisa de mar y débil gradiente de presión a niveles bajos.

En resumen, se presenta un debilitamiento del viento Alisio, entrada de la brisa calida y humedad del Pacífico hasta el Valle Central, prevalencia de vientos del suroeste( estos se observan en las capas bajas de la atmósfera) originando un frente de convergencia asociado a nubosidad de gran desarrollo, vertical, productora de aguaceros de corta duración, prevalencia de la Zona de Convergencia Intertropical, formación del Frente de Brisa (Valle Central), aparición de vientos del Oeste y Sur, (sistema ciclónico) y nubosidad de tipo cumulonimbos.

Estas tormentas locales se presentan en cualquier parte del Área Metropolitana, su acción se ha dejado sentir en diferentes localidades y barrios de San José. Como su nombre lo indica, están confinadas a áreas geográficas pequeñas del orden de las decenas de kilómetros cuadrados, son de corta duración, acumulan grandes cantidades de lluvia en períodos de pocas horas, en ocasiones acumulan más de 50 milímetros (mm) en una hora y producen el desborde de alcantarillas y las aguas de cauces que atraviesan los poblados, del Área Metropolitana.

## Método de trabajo

# 2.

De las ciento setenta y una fechas se seleccionaron cuarenta y tres con días máximos absolutos de lluvia diaria, se utilizaron alrededor de doce estaciones meteorológicas y se aplicó el SIG Arc Map para hacer la modulación de los mapas con tormentas severas. Como ya se ha señalado se consideraron las estaciones lluviosas de 1980 hasta el 2005.

A partir de los datos de estos años se elaboró un resumen de situaciones sinópticas más frecuentes y favorables a la aparición de tormentas, que consistió en fijar fechas donde el máximo absoluto de lluvia diaria es relevante y se extrae este valor en cada de las estaciones meteorológicas que se ubican dentro de la GAM, una vez completando el cuadro de valores de lluvia se plotean sobre la extensión de la GAM. Para la elaboración de los mapas se han recopilado todos los datos disponibles de las estaciones meteorológicas dentro de la GAM, el criterio seguido para la selección de las estaciones utilizadas fue la elección de aquéllas que simplemente se ubiquen dentro de la GAM, de éstas se desecharon aquéllas que poseían datos de un corto período de años y desestimaron las de menos de 10 años.

Luego de este proceso se aplicó el sistema de información geográfica (SIG), el ARCMAP y se procedió a la aplicación denominada Geostatistical Analyst para modelar el mapa climático.

## 3.

## Resultados

## 3.1 MÁXIMOS DE LLUVIA DIARIA

Los cuadros de Estaciones Meteorológicas de la GAM complementados con los valores de lluvia máxima absoluta diaria, fueron creados con el fin de a partir de ellos elaborar una serie de mapas climáticos que puedan representar en el espacio geográfico el resultado de la acción de los elementos meteorológicos que generan las lluvias en la GAM.

En dichos cuadros se presentan tres elementos básicos que son: en primer lugar una serie de estaciones meteorológicas seleccionadas y que se ubican a lo largo y ancho de la GAM, en segundo lugar la fechas que son una selección de días en que los valores máximos absolutos fueron significativos esto para representar claramente el comportamiento de una tormenta severa o una lluvia prolongada dentro de la GAM y un tercer elemento que son los valores de lluvia registrados en un día dentro de cada estación meteorológica de la GAM.

**Cuadro 1. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1980**

Estaciones	Número	Y	X	15/05 1980	27/05 1980	12/06 1980	24/07 1980	28/08 1980	29/09 1980	02/10 1980
Pavas	84074	214686	521931	71	35	24	2	9	90	35
Sta. Ana	84011	212839	516449	77	30	54	0	6	60	5
Mozotal	84065	216537	532895	41	62	29	6	1	26	44
Guadalupe	84041	216537	532895	46	9	49	117	5	5	9
Los Sitios	84035	218379	531066	59	9	110	73	5	61	5
Rancho Redondo	84018	214704	542035	4	77	46	0	1	54	33
San José	84001	212853	534726	34	75	19	2	64	47	47
Barrio México	101127	212846	527415	39	85	20	2	64	47	45
S. J. de Dios de Desamparados	84039	207317	527420	41	89	61	14	0	66	15
Hda. Laguna Curri	84019	211012	536556	25	27	29	2	1	59	26
Tres Ríos	84006	211012	536556	13	30	27	0	2	50	17
Avance	84005	212902	432374	6	29	49	0	0	59	28
San Josecito	84046	222069	534717	31	51	38	0	2	17	94
Sacramento	84053	231276	523747	51	20	41	0	30	1	0

**Cuadro 2. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1981**

Estaciones	Número	Y	X	31/05 1981	13/06 1981	05/07 1981	07/08 1981	04/09 1981	11/10 1981	18/10 1981	11/11 1981
Pavas	74	214686	52193	71	0	12	0	23	5	58	18
Sta Ana	11	212839	516449	59	0	5	9	42	2	33	13
Mozotal	65	216537	532895	34	97	1	52	30	1	70	45
Guadalupe	41	216537	532895	3	105	2	93	0	140	3	7
Los Sitios	35	218379	531066	2	58	8	74	4	57	8	7
R.Redondo	18	216545	540205	49	2	18	36	25	1	105	70
San José	1	212846	527415	22	7	43	22	23	1	49	32
B.Mexico	101127	212846	527415	21	60	52	22	24	1	49	33
S. J. de Dios Desamp	39	207317	527420	57	56	111	23	94	3	41	42
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	23	1	25	17	14	2	69	48
Tres Rios	6	211012	536556	210	3	40	15	22	56	63	57
Avance	5	212861	542037	53	1	16	24	30	1	115	56
San Josecito	46	222223	532677	49	10	3	37	50	0	57	94
Sacramento	53	231433	523534	40	41	41	40	3	0	11	0

**Cuadro 3. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1982**

Estaciones	Número	y	x	28/04 1982	25/05 1982	05/06 1982	17/06 1982	20/07 1982	21/08 1982	30/01 1982	12/10 1982
Pavas	74	214686	52193	42	33		3	104	17	13	20
Sta Ana	11	212839	516449	69	46	14	1	81	15	9	2
Mozotal	65	216537	532895	0	35	25	6	1	13	23	81
Guadalupe	41	216537	532895	0	36	0	72	0	0	10	6
Los Sitios	35	218379	531066	0	38	13	49	0	0	0	6
R.Redondo	18	216545	540205	0	44	23	18	0	20	97	38
San José	1	212846	527415	0	28	25	113	14	14	16	78
B.Mexico	101127	212846	527415	0	25	51	20	8	20	22	89
S. J. de Dios Desamp	39	207317	527420	1	35	6	9	9	11	27	60
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	0	30	42	0	1	14	48	57
Tres Rios	6	211012	536556	0	28	67	0	4	16	49	68
Avance	5	212861	542037		48	114	0	0	17	ND	66
San Josecito	46	222223	532677	2	32	0	4	32	13	7	86
Sacramento	53	231433	523534	0	91	0	21	31	50	61	40

**Cuadro 4. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1983**

Estaciones	Número	y	x	23/04 1983	31/05 1983	21/06 1983	01/07 1983	30/08 1983	01/09 1983	22/10 1983	29/11 1983
Pavas	74	214686	52193	0	33	3	39	27	27	55	51
Sta Ana	11	212839	516449	0	20	1	16	2	46	3	32
Mozotal	65	216537	532895	0	7	0	19	7	36	28	48
Guadalupe	41	216537	532895	0	22	0	0	11	3	8	34
Los Sitios	35	218379	531066	0	25	0	2	8	3	2	0
R.Redondo	18	216545	540205	0	15	0	24	8	20	18	75
San José	1	212846	527415	0	8	1	19	8	49	17	48
B.Mexico	101127	212846	527415	0	41	0	35	38	86	17	25
S. J. de Dios Desamp	39	207317	527420	0	1	0	34	26	23	1	50
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	0	9	0	22	8	66	26	53
Sabanilla	115	214843	525373	0	8	1	19	8	47	17	48
Tres Rios	6	211012	536556	0	10	0	24	70	40	19	55
Avance	5	212861	542037	0	31	0	17	19	14	8	74
San Josecito	46	222223	532677	0	6	1	10	5	70	74	42
Sacramento	53	231433	523534	81	90	1	20	61	91	91	10
Santa Lucia	111	222216	523541	6	93	102	96	4	48	83	28

**Cuadro 5. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1984**

Estaciones	Número	y	x	22/04 1984	22/05 1984	05/06 1984	21/07 1984	12/08 1984	14/09 1984	23/09 1984	25/09 1984
Pavas	74	214686	52193	22	59	0	37	6	18	4	6
Sta Ana	11	212839	516449	0	84	3	19	7	16	6	18
Mozotal	65	216537	532895	0	70	2	ND	22	35	6	2
Guadalupe	41	216537	532895	0	47	59	2	85	15	42	113
Los Sitios	35	218379	531066	0	64	31	8	68	32	40	36
R.Redondo	18	216545	540205	0	18	4	51	4	13	35	7
San José	1	212846	527415	0	10	5	86	5	16	2	2
B.Mexico	101127	212846	527415	0	76	3	74	24	41	3	5
S. J. de Dios Desamp	39	207317	527420	0	64	2	28	4	16	16	0
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	0	34	16	52	47	14	30	69
Sabanilla	115	214843	525373	0	71	4	83	0	22	5	2
Tres Rios	6	211012	536556	0	11	2	12	0	2	100	0
Avance	5	212861	542037	0	17	30	56	44	1	11	13
San Josecito	46	222223	532677	1	55	6	44	7	91	1	1
Sacramento	53	231433	523534	72	43	0	99	0	66	75	1
Santa Lucia	111	222216	523541	10	70	0	62	8	33	6	3

**Cuadro 6. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1985**

Estaciones	Número	y	x	13/05 1985	03/06 1985	28/07 1985	27/08 1985	18/09 1985	04/10 1985	30/10 1985
Pavas	74	214686	52193	2	13	0	7	0	48	55
Sta. Ana	11	212839	516449	2	23	27	3	0	21	63
Mozotal	65	216537	532895	26	7	55	16	9	27	52
Guadalupe	41	216537	532895	25	6	13	150	72	111	28
Los Sitios	35	218379	531066	12	3	52	24	0	16	44
R. Redondo	18	216545	540205	30	10	28	12	0	41	59
San José	1	212846	527415	17	5	7	13	1	29	48
B. México	101127	212846	527415	11	13	28	0	0	53	20
San Juan de Dios Desamparados	39	207317	527420	12	11	31	1	0	34	44
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	69	15	55	22	0	14	39
Sabanilla	115	214843	525373	37	6	26	14	4	31	52
Tres Ríos	6	211012	536556	0	21	46	0	1	5	4
Avance	5	212861	542037	9	80	40	9	0	1	10
San Josecito	46	222223	532677	22	2	76	18	2	17	31
Sacramento	53	231433	523534	18	77	68	10	0	34	30
Santa Lucia	111	222216	523541	0	13	21	7	0	45	31

**Cuadro 7. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1986**

Estaciones	Número	y	x	22/03 1986	24/05 1986	27/05 1986	07/06 1986	01/08 1986	26/09 1986	08/10 1986
Pavas	74	214686	52193	0	14	45	53	0	26	13
Sta Ana	11	212839	516449	0	9	62	34	0	26	5
Mozotal	65	216537	532895	22	36	17	82	0	53	30
Guadalupe	41	216537	532895	19	nd	nd	24	0	nd	3
Los Sitios	35	218379	531066	37	47	27	42	2	70	42
R. Redondo	18	216545	540205	39	90	51	52	0	58	34
San José	1	212846	527415	2	39	28	46	0	39	76
B. México	101127	212846	527415	0	10	13	27	0	60	74
San Juan de Dios Desamparados	39	207317	527420	3	8	48	31	0	30	49
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	5	7	3	43	66	34	27
Sabanilla	115	214843	525373	16	38	28	48	0	54	59
Tres Ríos	6	211012	536556	0	9	13	45	0	0	13
Avance	5	212861	542037	2	8	21	66	0	17	17
San Josecito	46	222223	532677	143	40	35	20	12	11	24
Sacramento	53	231433	523534	30	9	134	11	10	9	45
Santa Lucia	111	222216	523541	2	15	73	28	1	85	97

**Cuadro 8. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1987**

Estaciones	Número	y	x	07/04 1987	04/05 1987	30/06 1987	03/07 1987	07/08 1987	30/09 1987	06/10 1987	21/11 1987
Pavas	74	214686	52193	33	28	72	5	25	11	36	12
Sta. Ana	11	212839	516449	0	66	27	11	39	14	25	0
Mozotal	65	216537	532895	nd	15	30	2	32	23	40	29
Guadalupe	41	216537	532895	0	64	0	95	78	0	6	0
Los Sitios	35	218379	531066	26	18	3	6	33	8	92	49
R. Redondo	18	216545	540205	40	19	41	13	51	35	38	24
San José	1	212846	527415	43	23	30	9	49	9	28	16
B. México	101127	212846	527415	64	0	66	15	41	13	64	15
San Juan de Dios Desamparados	39	207317	527420	32	0	63	7	31	25	41	24
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	62	7	53	0	67	26	52	5
Sabanilla	115	214843	525373	53	12	29	3	45	15	45	21
Tres Ríos	6	211012	536556	69	8	66	0	56	22	55	15
Avance	5	212861	542037	0	14	4	8	5	29	4	8
San Josecito	46	222223	532677	58	33	20	2	16	84	31	65
Sacramento	53	231433	523534	39	89	68	10	51	57	25	37

**Cuadro 9. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1988**

Estaciones	Número	y	x	28/01 1988	26/05 1988	21/06 1988	10/07 1988	09/08 1988	16/09 1988	21/10 1988
Pavas	74	214686	52193	2	1	0	4	26	0	8
Sta. Ana	11	212839	516449	0	2	0	2	14	0	17
Mozotal	65	216537	532895	0	1	2	18	59	0	10
Guadalupe	41	216537	532895	55	25	50	0	3	10	1
Los Sitios	35	218379	531066	50	6	2	5	31	0	7
R. Redondo	18	216545	540205	62	81	3	64	0	31	87
San José	1	212846	527415	7	0	1	37	16	0	2
B. México	101127	212846	527415	9	0	0	11	0	0	14
San Juan de Dios Desamparados	39	207317	527420	1	1	0	1	10	0	9
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	0	4	0	15	19	2	10
Sabanilla	115	214843	525373	24	3	6	20	26	0	11
Tres Ríos	6	211012	536556	14	1	0	17	43	0	1
Avance	5	212861	542037	1	71	25	40	35	76	81
San Josecito	46	222223	532677	128	1	1	6	26	0	23
Sacramento	53	231433	523534	76	50	0	10	89	2	53

**Cuadro 10. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1989**

Estaciones	Número	y	x	27/04 1999	01/05 1999	11/07 1999	04/08 1999	20/09 1999	19/10 1999
Pavas	74	214686	52193	25	22	37	28	18	43
IMN	141	21301	527202	15	32	20	51	58	36
B. México	101127	212846	527415	13	22	23	57	57	36
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	39	66	10	48	26	66
Cigefi	139	213004	530858	16	26	12	51	42	52
R. Redondo	18	216545	540205	87	nd	29	38	31	90
Tres Ríos	6	211012	536556	43	66	9	59	17	76
Avance	5	212861	542037	59	33	13	28	14	892
San Josecito	46	222223	532677	80	61	95	25	103	29
Santa Lucia	111	222216	523541	13	9	20	86	45	32

**Cuadro 11. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1990**

Estaciones	Número	y	x	06/01 1990	27/05 1990	11/06 1990	03/07 1990	14/09 1990	23/10 1990
Pavas	74	214686	52193	0	24	62	42	5	16
Sta. Ana	11	212839	516449	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Mozotal	65	216537	532895	0	22	67	50	11	115
Guadalupe	41	216537	532895	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Los Sitios	35	218379	531066	0	23	68	48	9	136
R. Redondo	18	216545	540205	21	24	86	59	26	41
San José	1	212846	527415	0	19	25	31	16	39
B. México	101127	212846	527415	0	40	36	36	11	41
San Juan de Dios Desamparados	39	207317	527420	nd	nd	nd	nd	nd	nd
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	nd	16	65	54	34	57
Sabanilla	115	214843	525373	0	38	50	44	10	84
Tres Ríos	6	211012	536556	nd	0	29	14	70	18
Avance	5	212861	542037	0	0	29	23	26	22
San Josecito	46	222223	532677	0	19	37	36	9	57
Sacramento	53	231433	523534	9	71	49	48	53	80
Santa Lucia	111	222216	523541	82	27	24	86	68	59

**Cuadro 12. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, años 1991**

Estaciones	Número	y	x	06/04 1991	31/05 1991	02/06 1991	11/09 1991	11/09 1991	11/10 1991
Pavas	74	214686	52193	5	5	16	11	21	0
Mozotal	65	216537	532895	0	13	15	19	63	54
Los Sitios	35	218379	531066	13	27	33	37	50	106
R. Redondo	18	216545	540205	1	5	10	3	1	19
San José	1	212846	527415	5	15	9	17	44	74
B. México	101127	212846	527415	4	26	10	14	27	41
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	5	5	2	13	19	33
Sabanilla	115	214843	525373	6	27	6	16	41	52
Tres Ríos	6	211012	536556	0	0	11	0	0	13
Avance	5	212861	542037	0	25	8	19	0	nd
San Josecito	46	222223	532677	61	71	1	109	19	59
Sacramento	53	231433	523534	61	71	4	109	19	59
Santa Lucia	111	222216	523541	14	6	99	30	55	36

**Cuadro 13. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1992**

Estaciones	Número	y	x	26/05 1992	27/06 1992	15/07 1992	16/08 1992	24/11 1992
Pavas	74	214686	52193	14	23	39	12	93
Mozotal	65	216537	532895	8	63	47	11	36
Los Sitios	35	218379	531066	8	17	49	12	20
R. Redondo	18	216545	540205	51	0	45	59	25
San José	1	212846	527415	6	43	28	8	0
B. México	101127	212846	527415	7	70	33	10	65
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	23	1	33	1	7
Sabanilla	115	214843	525373	10	9	48	6	48
Tres Ríos	6	211012	536556	1	10	0	0	4
Avance	5	212861	542037	2	6	0	0	19
San Josecito	46	222223	532677	1	0	86	9	3
Santa Lucia	111	222216	523541	93	1	25	30	13

**Cuadro 14. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, años 1993**

Estaciones	Número	y	x	02/05 1993	21/06 1993	03/07 1993	15/08 1993	09/09 1993	01/10 1993
Pavas	74	214686	52193	6	12	26	6	0	14
Los Sitios	35	218379	531066	4	6	51	nd	0	nd
R. Redondo	18	216545	540205	53	4	100	38	0	35
San José	1	212846	527415	4	6	59	6	21	30
B. México	101127	212846	527415	3	6	33	5	11	53
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	3	4	66	7	33	61
Cigefi	139	213004	530858	4	6	47	14	26	44
Tres Ríos	6	211012	536556	83	0	115	1	92	85
Avance	5	212861	542037	30	19	5	28	0	nd
San Josecito	46	222223	532677	24	6	97	18	0	24
Santa Lucia	111	222216	523541	6	92	50	114	0	39

**Cuadro 15. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1994**

Estaciones	Número	y	x	29/04 1994	31/05 1994	08/06 1994	14/08 1994	12/10 1994	16/11 1994
Pavas	74	214686	52193	18	29	7	1	7	5
San José	1	212846	527415	85	20	12	0	8	91
B. México	101127	212846	527415	30	49	10	0	11	18
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	7	24	0	54	23	14
Cigefi	139	213004	530858	38	36	26	49	14	91
R. Redondo	18	216545	540205	36	17	105	0	29	44
Tres Ríos	6	211012	536556	9	25	26	83	21	
Avance	5	212861	542037	22	0	0	4	94	32
San Josecito	46	222223	532677	58	92	1	0	45	40
Santa Lucia	111	222216	523541	21	40	16	0	42	19

**Cuadro 16. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1995**

Estaciones	Número	y	x	25/03 1995	27/04 1995	07/05 1995	08/06 1995	18/07 1995	26/07 1995	07/09 1995	27/09 1995
Pavas	74	214686	52193	22	3	13	23	8	43	8	18
IMN	141	21301	527202	16	0	5	18	9	82	31	66
B. México	101127	212846	527415	0	0	27	0	2	64	22	6
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	0	0	0	28	0	1	20	70
Cigefi	139	213004	530858	8	1	1	21	8	48	66	7
R. Redondo	18	216545	540205	0	4	6	102	102	76	181	86
Tres Ríos	6	211012	536556	5	0	2	37	2	96	25	56
Avance	5	212861	542037	2	0	15	70	102	66	33	9
San Josecito	46	222223	532677	0	3	0	103	32	36	21	54
Santa Lucia	111	222216	523541	64	57	64	35	6	96	5	93

**Cuadro 17. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1996**

Estaciones	Número	y	x	05/02 1996	14/05 1996	24/06 1996	27/07 1996	20/08 1996	30/09 1996	03/10 1996
Pavas	74	214686	52193	3	0	45	81	21	45	11
IMN	141	21301	527202	21	58	60	58	62	39	40
B. México	101127	212846	527415	17	66	23	62	71	14	0
Cigefi	139	207317	527420	nd						
Hda Laguna Curri	19	213004	530858	0	5	0	5	47	13	9
R. Redondo	18	216545	540205	114	70	4	121	86	3	59
Sta. Ana	11	212839	516449	nd						
Tres Ríos	6	211012	536556	0	51	2	34	5	6	22
Avance	5	212861	542037	48	40	10	84	50	6	49
San Josecito	46	222223	532677	142	77	13	69	51	5	27
Santa Lucia	111	222216	523541	20	23	109	98	60	81	11

**Cuadro 18. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1997**

Estaciones	Número	y	x	29/05 1997	01/06 1997	07/09 1997	17/10 1997	12/11 1997
Pavas	74	214686	52193	127	17	44	8	202
IMN	141	21301	527202	61	50	51	41	42
B. México	101127	212846	527415	57	54	27	10	0
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	1	2	0	69	6
Cigefi	139	213004	530858	nd	nd	nd	nd	nd
R. Redondo	18	216545	540205	69	85	26	42	7
Tres Ríos	6	211012	536556	62	23	5	51	2
Avance	5	212861	542037	84	58	34	54	8
San Josecito	46	222223	532677	28	45	18	14	77
Santa Lucia	111	222216	523541	18	8	86	20	19

**Cuadro 19. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1998**

Estaciones	Número	y	x	15/06 1998	24/07 1998	07/08 1998	03/09 1998	28/10 1998	06/11 1998
Pavas	74	214686	52193	42	34	81	25	90	28
IMN	141	21301	527202	nd	40	48	nd	nd	43
B. México	101127	212846	527415	21	37	63	17	75	30
Hda Laguna Curri	19	207317	527420	0	35	24	1	54	76
Cigefi	139	213004	530858	nd	nd	nd	nd	nd	nd
R. Redondo	18	216545	540205	80	8	21	66	73	80
Tres Ríos	6	211012	536556	42	8	5	2	67	70
Avance	5	212861	542037	42	12	16	90	64	67
San Josecito	46	222223	532677	16	18	1	49	80	45
Santa Lucia	111	222216	523541	30	98	17	22	120	53

**Cuadro 20. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 1999**

Estaciones	Número	27/04 1999	01/05 1999	11/07 1999	04/08 1999	20/09 1999	19/10 1999
Pavas	74	25	22	37	28	18	43
IMN	141	15	32	20	51	58	36
B. México	101127	13	22	23	57	57	36
Hda Laguna Curri	19	39	66	10	48	26	66
Cigefi	139	16	26	12	51	42	52
R. Redondo	18	87	nd	29	38	31	90
Tres Ríos	6	43	66	9	59	17	76
Avance	5	59	33	13	28	14	892
San Josecito	46	80	61	95	25	103	29
Santa Lucia	111	13	9	20	86	45	32

**Cuadro 21. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 2000**

Estaciones	Número	y	x	15/04 2000	26/05 2000	31/07 2000	15/09 2000	30/10 2000
Pavas	74	214686	52193	25	27	8	36	20
IMN	141	21301	527202	46	46	37	23	29
B. México	101127	212846	527415	46	37	7	23	6
Cigefi	139	207317	527420	15	25	61	50	37
Hda Laguna Curri	19	213004	530858	7	41	24	69	67
R. Redondo	18	216545	540205	19	32	6	20	44
Tres Ríos	6	211012	536556	2	45	16	71	61
Avance	5	212861	542037	25	35	15	39	68
San Josecito	46	222223	532677	14	26	9	5	9
Santa Lucia	111	222216	523541	110	8	8	121	16

**Cuadro 22. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 2001**

Estaciones	Número	y	x	26/06 2001	03/06 2001	11/07 2001	21/08 2001	10/09 2001
Pavas	74	214686	52193	92	60	61	35	0
IMN	1	21301	527202	47	26	40	47	44
B. México	101127	212846	527415	27	13	31	38	18
Hda Laguna Curri	19	213004	530858	13	17	33	50	15
S.R. Abajo	177	207317	527420		43	27	60	68
Cigefi	139	207317	527420	26	7	59	43	nd
R. Redondo	18	216545	540205	19	26	63	71	42
Tres Ríos	6	211012	536556	8	21	32	42	7
Avance	5	212861	542037	5	53	28	70	28
San Josecito	46	222223	532677	3	11	25	51	0
Santa Lucia	111	222216	523541	91	60	61	35	0

**Cuadro 23. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 2002**

Estaciones	Número	y	x	07/01 2002	26/05 2002	11/06 2002	21/07 2002	28/08 2002	28/09 2002	08/10 2002	30/11 2002
Pavas	74	214686	52193	30	20	0	4	7	26	47	30
IMN	141	21301	527202	18	22	45	51	55	53	77	56
B. México	101127	212846	527415	20	20	0	1	49	55	89	40
Hda Laguna Curri	19	213004	530858	21	28	6	12	82	67	110	37
S.R. Abajo	177	207317	527420	19	57	1	62	35		0	0
Cigefi	139	207317	527420	19	16	5	4	37	38	115	35
R. Redondo	18	216545	540205	47	20	0	37	35	42	29	34
Tres Ríos	6	211012	536556	21	27	4	6	61	54	74	36
Avance	5	212861	542037	39	36	3	1	48	26	67	42
San Josecito	46	222223	532677	53	23	64	6	29	57	5	119
Santa Lucia	111	222216	523541	18	23	0	14	21	88	50	42

**Cuadro 24. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 2003**

Estaciones	Número	y	x	21/03 2003	01/04 2003	27/05 2003	18/06 2003	04/07 2003	10/08 2003	15/09 2003	24/09 2003
Pavas	74	214686	52193	1	0	23	54	4	4	32	19
IMN	141	21301	527202	8	3	48	59	63	5	18	30
B. México	101127	212846	527415	21	2	31	63	47	7	37	29
Hda Laguna Curri	19	213004	530858	14	0	56	84	3	1	3	102
S.R. Abajo	177	207317	527420	0	5	73	72	0	7	109	28
Cigefi	139	207317	527420	14	6	32	59	16	4	4	44
R. Redondo	18	216545	540205	0	21	52	48	4	11	4	56
Tres Ríos	6	211012	536556	2	3	55	75	4	0	4	70
San Josecito	46	222223	532677	0	14	60	57	6	3	3	78
Santa Lucia	111	222216	523541	1	5	40	50	33	59	56	31

**Cuadro 25. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 2004**

Estaciones	Número	22/05 2004	23/05 2004	15/06 2004	27/08 2004	18/19 2004	01/10 2004	08/11 2004
Pavas	74	79	27	15	19	35	25	0
IMN	141	80	18	29	36	42	32	36
B. México	101127	78	18	14	54	6	5	2
Hda Laguna Curri	19	80	25	10	60	37	0	12
S.R. Abajo	177	0	110	9	0	0	nd	nd
Cigefi	139	73	18	0	24	13	5	9
R. Redondo	18	50	38	21	50	58	24	39
Tres Ríos	6	80	23	8	70	36	3	12
Avance	5	29	4	12	23	124	7	38
San Josecito	46	nd	nd	nd	20	25	4	133
Sacramento	53	89	130	69	15	8	6	58
Santa Lucia	111	111	27	13	36	8	81	3

**Cuadro 26. Lluvia máxima absoluta diaria en mm, en estaciones meteorológicas de la GAM, año 2005**

Fecha	Número	09/10 2005	09/05 2005	05/06 2005	07/06 2005	28/08 2005	19/09 2005	02/10 2005
Pavas	74	4	6	64	34	8	27	31
IMN	141	17	22	100	51	41	33	38
B. México	101127	0	0	108	53	24	37	4
Hda Laguna Curri	19	6	8	88	37	29	89	32
S.R. Abajo	177	19	1	128	39	58	29	88
Cigefi	139	5	0	100	47	37	37	4
R. Redondo	18	19	1	nd	nd	27	5	23
Tres Ríos	6	8	1	64	46	31	93	28
Avance	5	9	5	75	106	27	52	45
San Josecito	46	136	3	93	60	44	20	35
Sacramento	53	0	0	6	10	146	nd	nd
Santa Lucia	111	0	82	85	36	18	34	61

### 3.2 MAPAS DE TORMENTAS SEVERAS

Los mapas climáticos de tormentas severas que se presentan a continuación, describen la cantidad y distribución de la lluvia diaria acaecida en la GAM en un momento determinado, como producto de la acción de fenómenos meteorológicos, esto se representa en los mapas con polígonos de lluvia (isoyetas), los mismos muestran una escala de valores que va de 0 a 10 y hasta los doscientos milímetros, identificados por una serie de colores que dan al polígono una identidad de montos de lluvia ocurridos, llamados núcleos de tormenta. Además, se presentan puntos de referencia como ríos principales y poblados importantes.

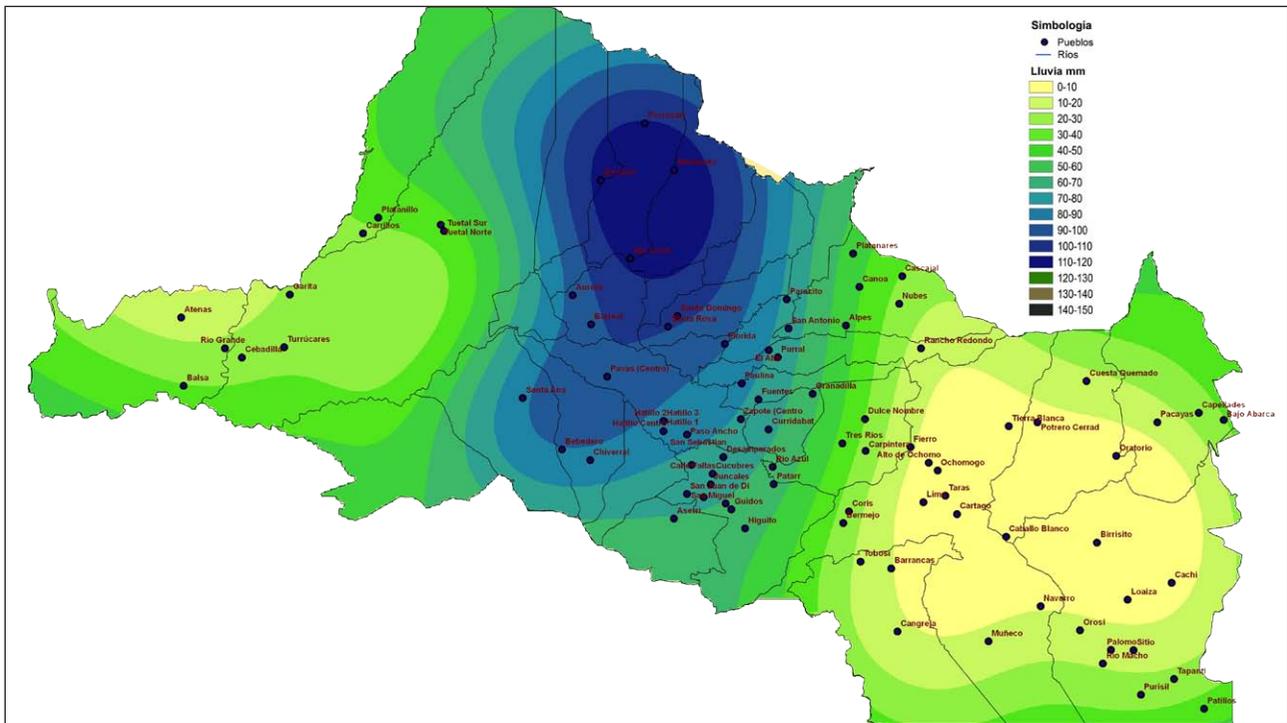


Figura 3. Tormenta ocurrida el día 15/05/1980

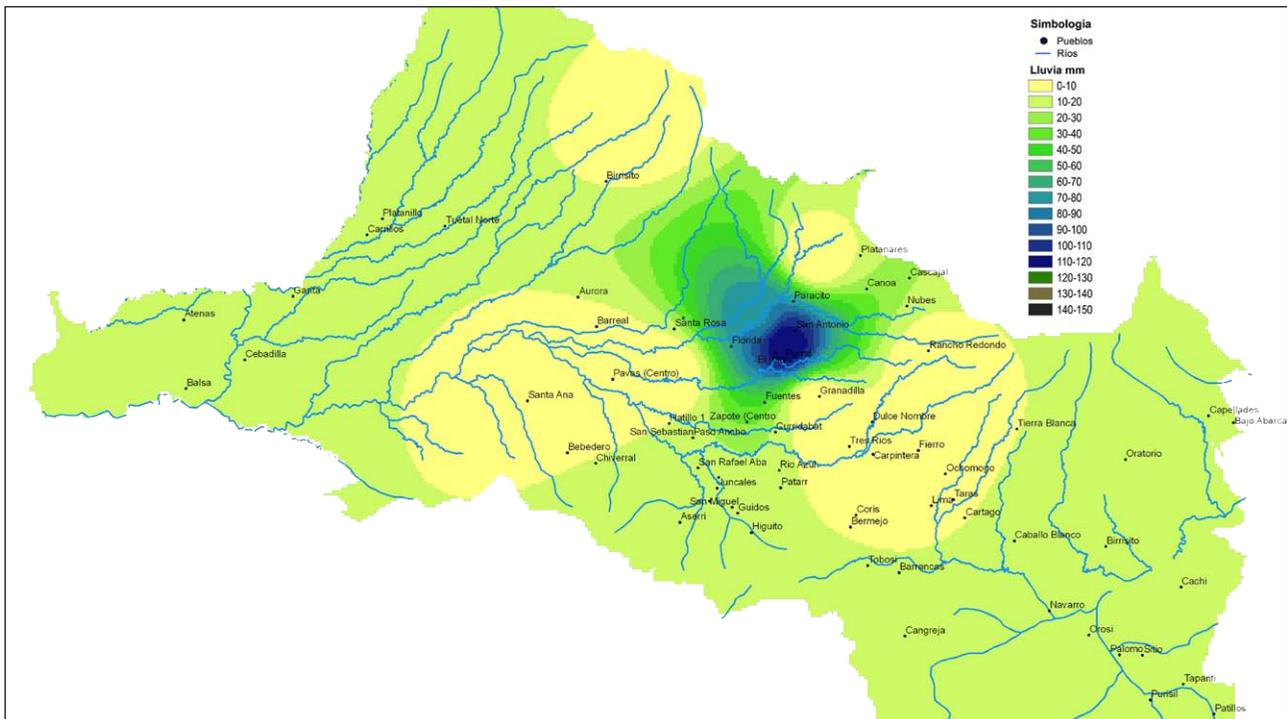


Figura 4. Tormenta ocurrida el día 24/07/1980

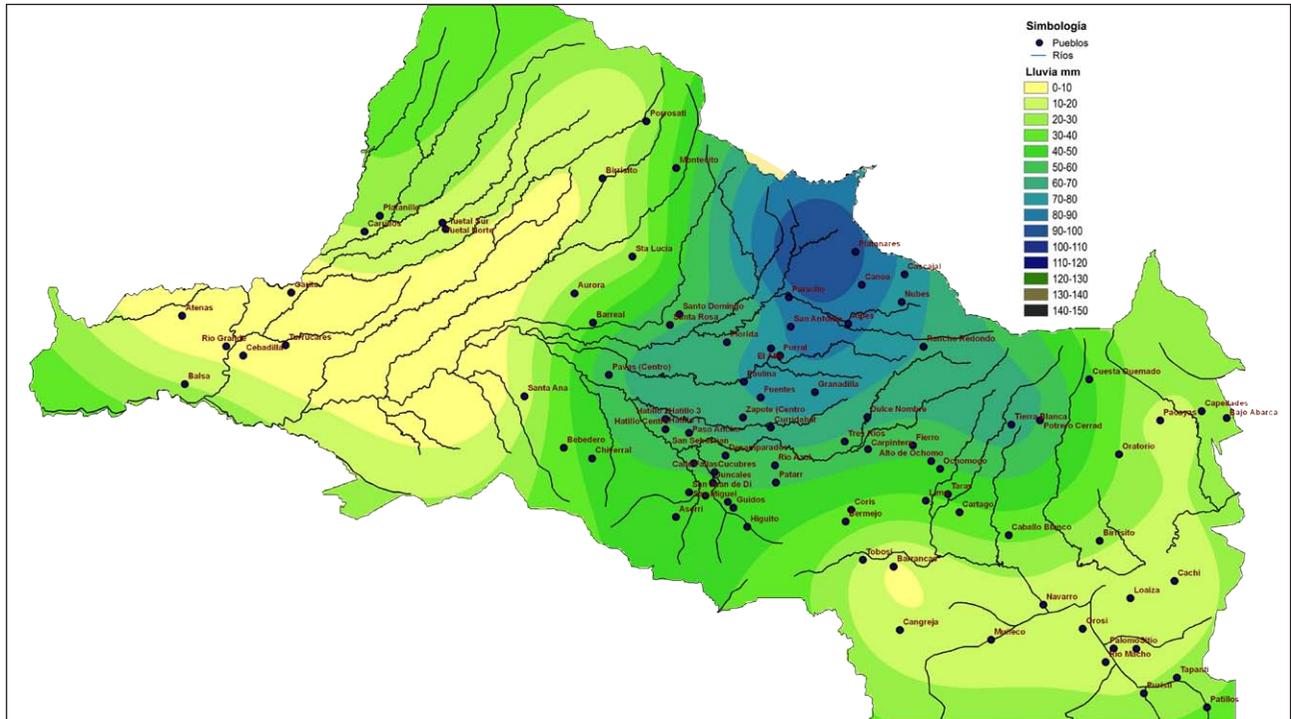


Figura 5. Tormenta ocurrida el día 02/10/1980

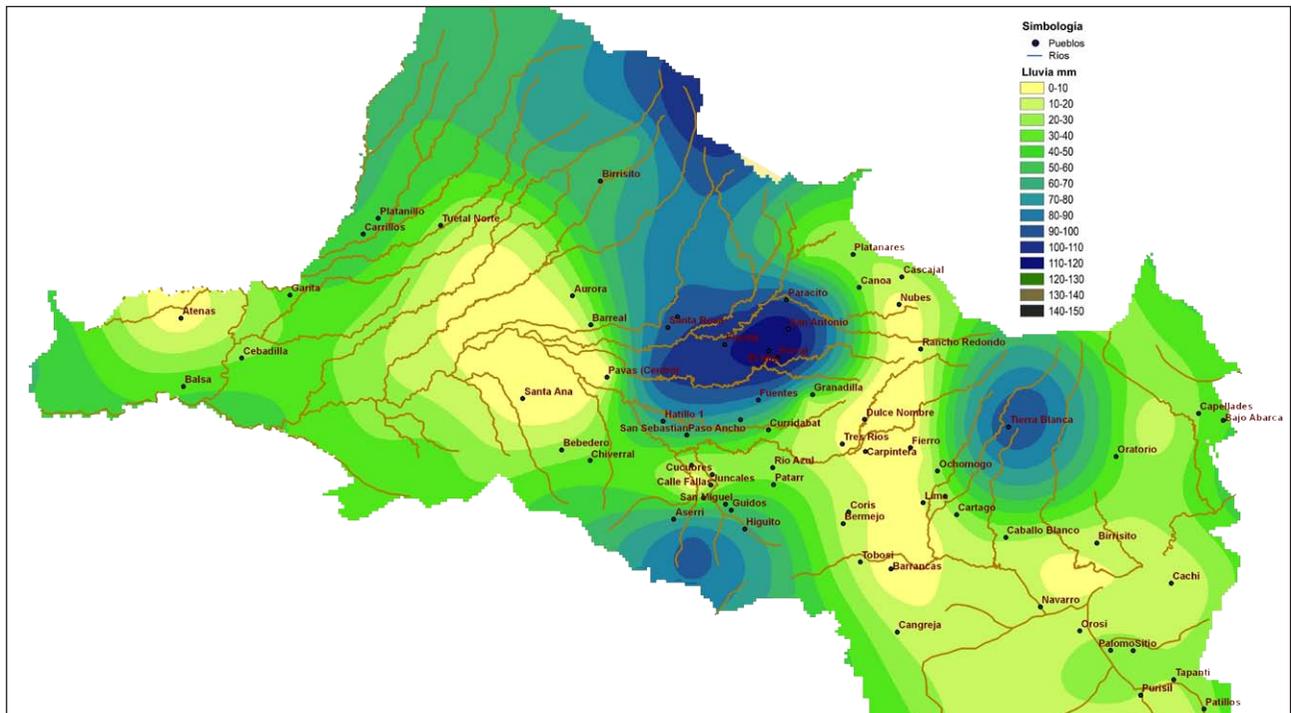


Figura 6. Tormenta ocurrida el día 13/06/1981

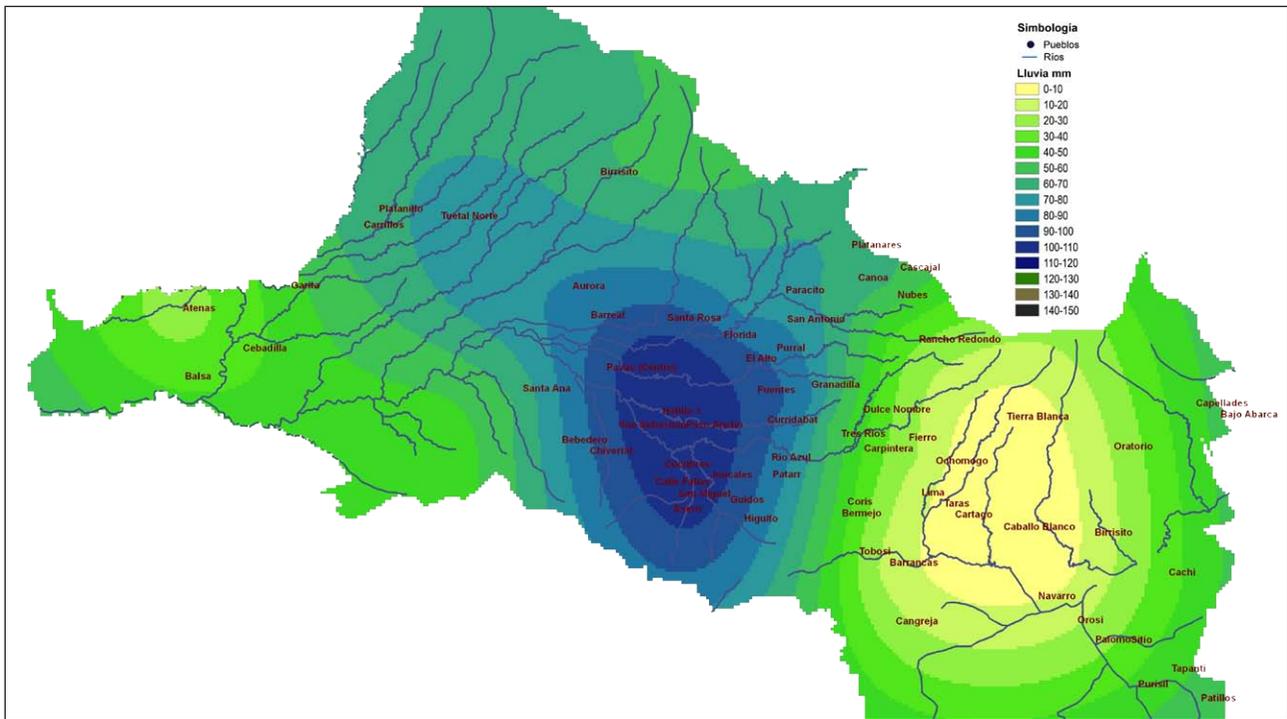


Figura 7. Tormenta ocurrida el día 22/07/1981

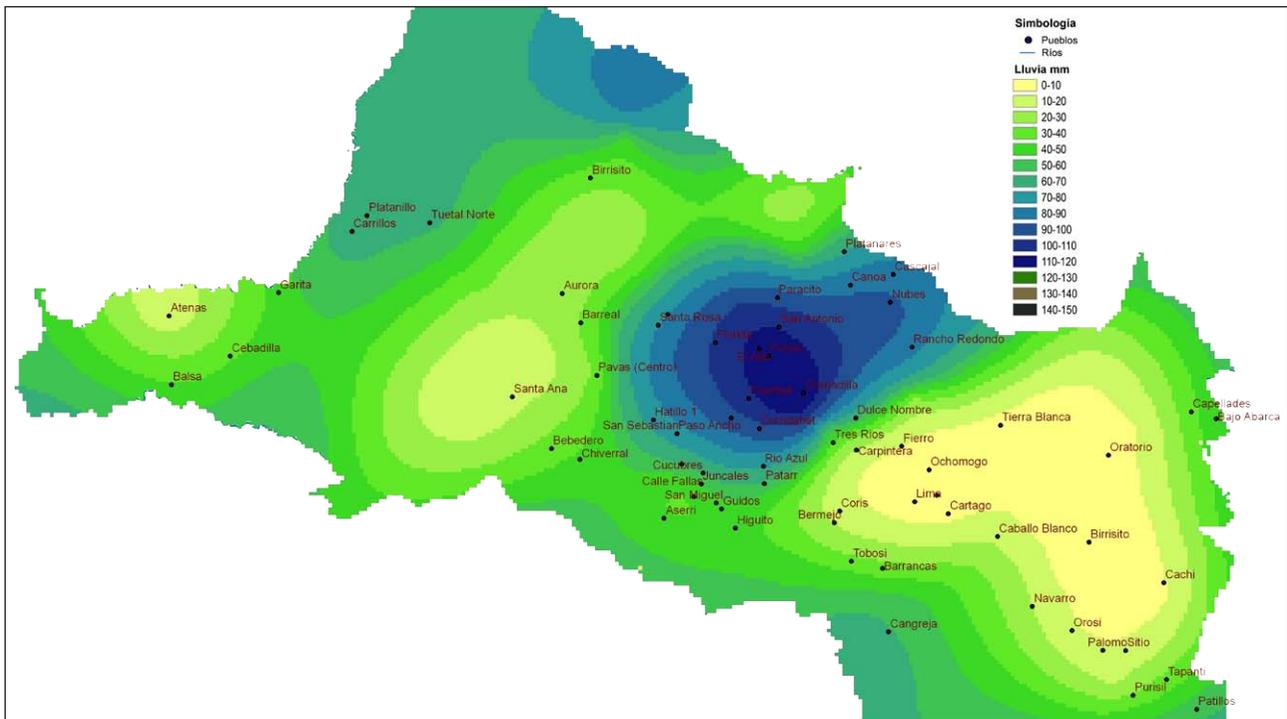


Figura 8. Tormenta ocurrida el día 17/06/1982

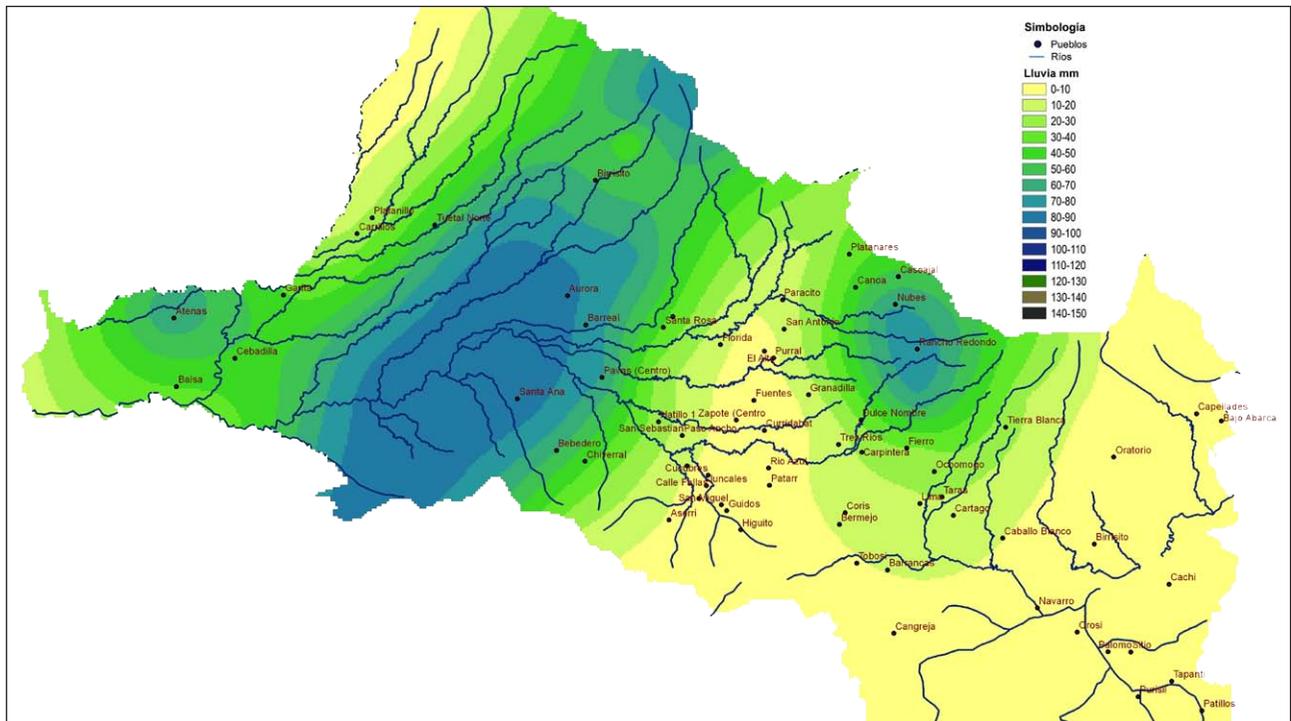


Figura 9. Tormenta ocurrida el día 12/10/1982

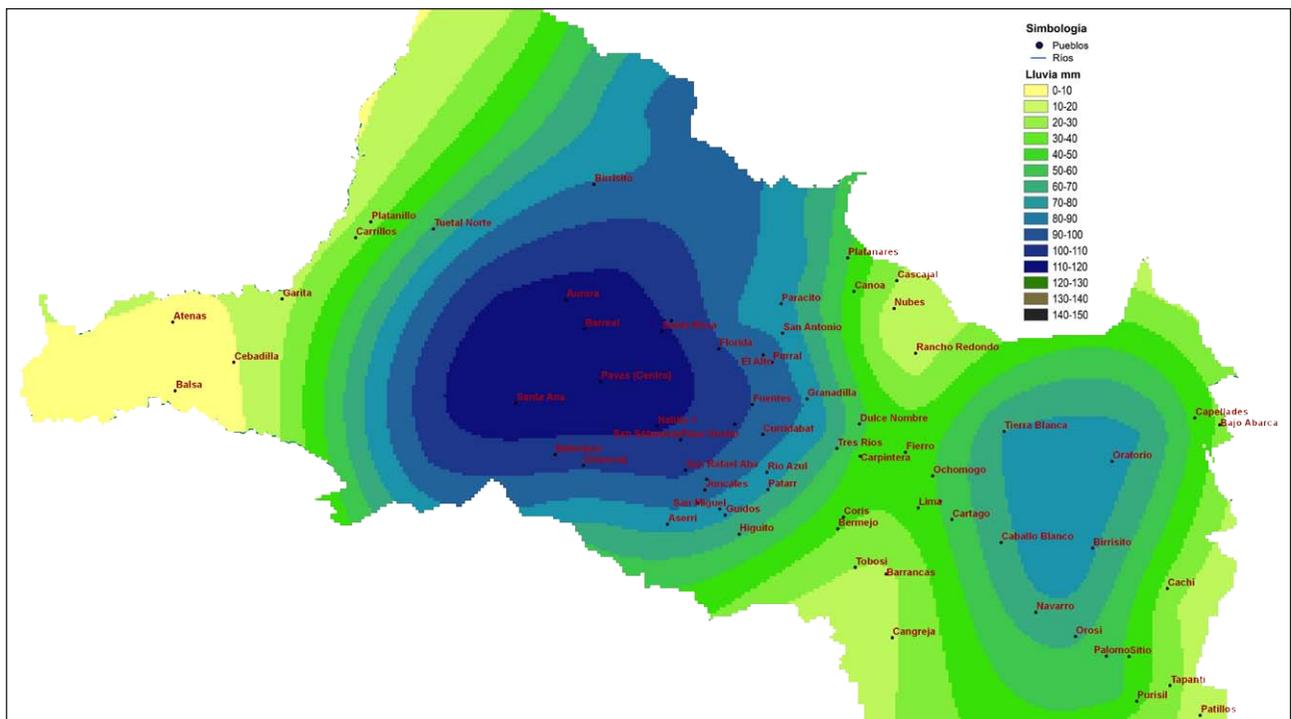


Figura 10. Tormenta ocurrida el día 01/09/1983

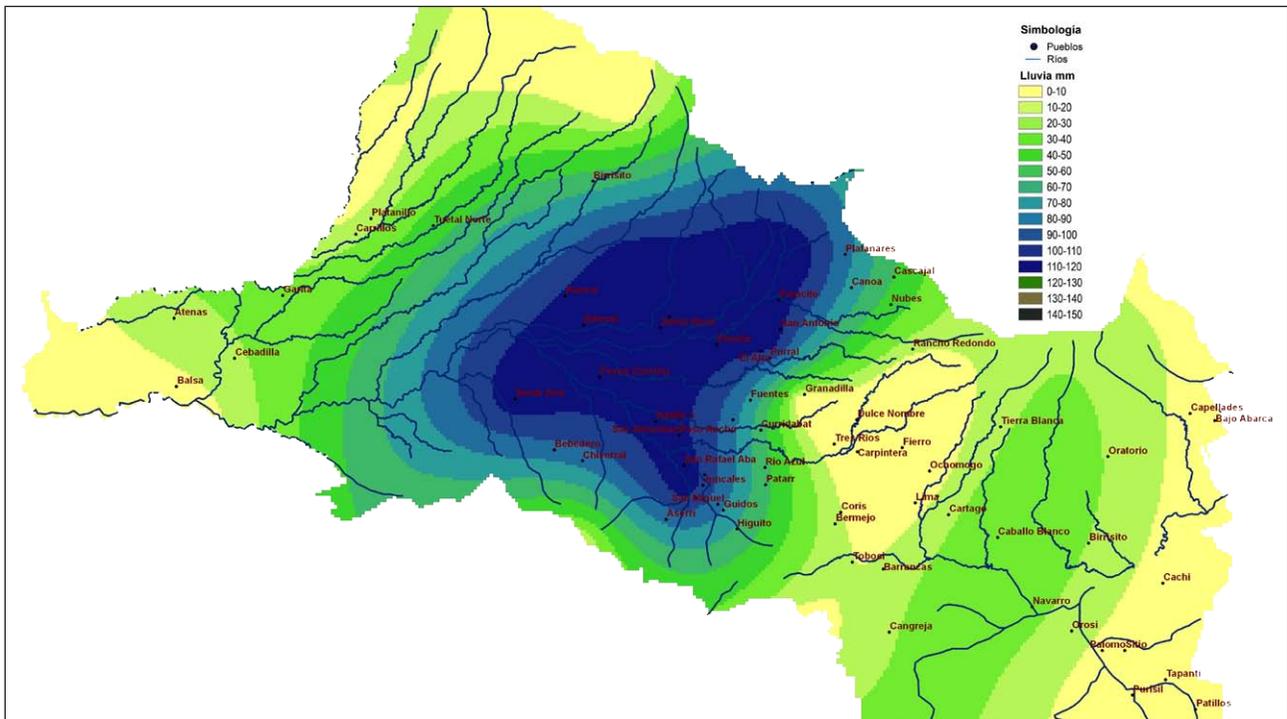


Figura 11. Tormenta ocurrida el día 25/05/1984

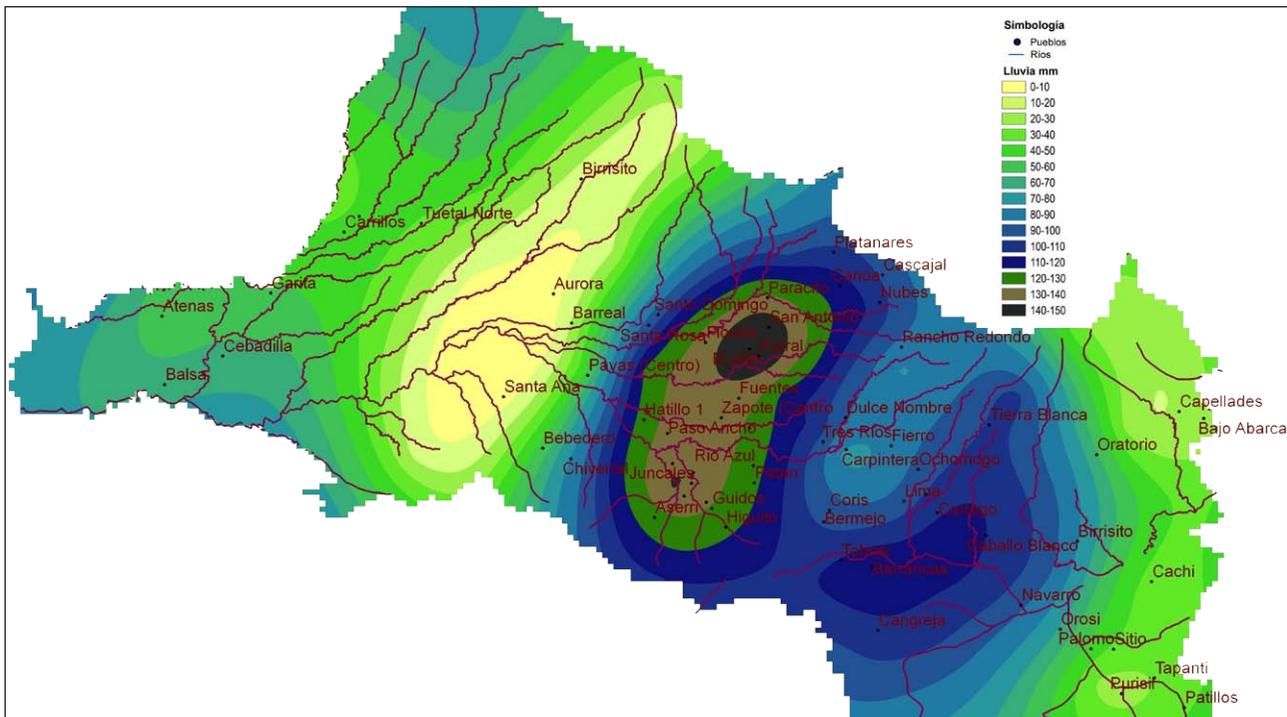


Figura 12. Tormenta ocurrida el día 27/08/1985

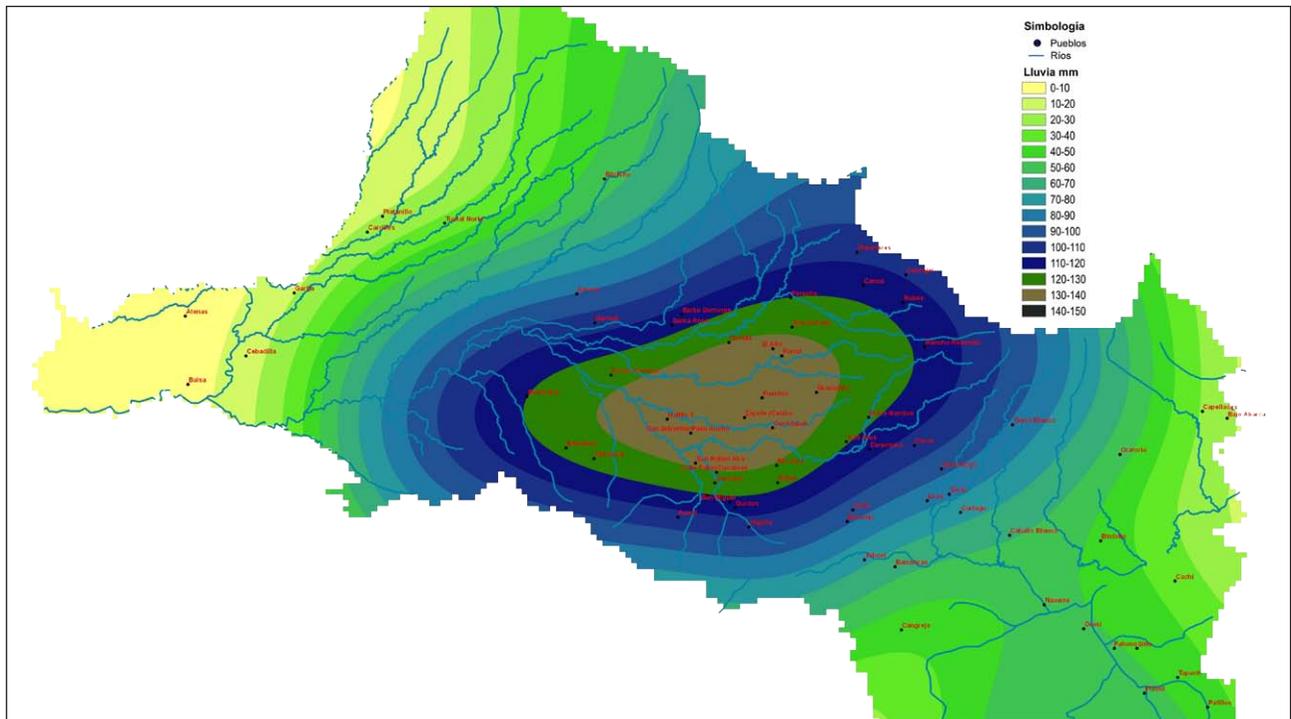


Figura 13. Tormenta ocurrida el día 27/05/1986

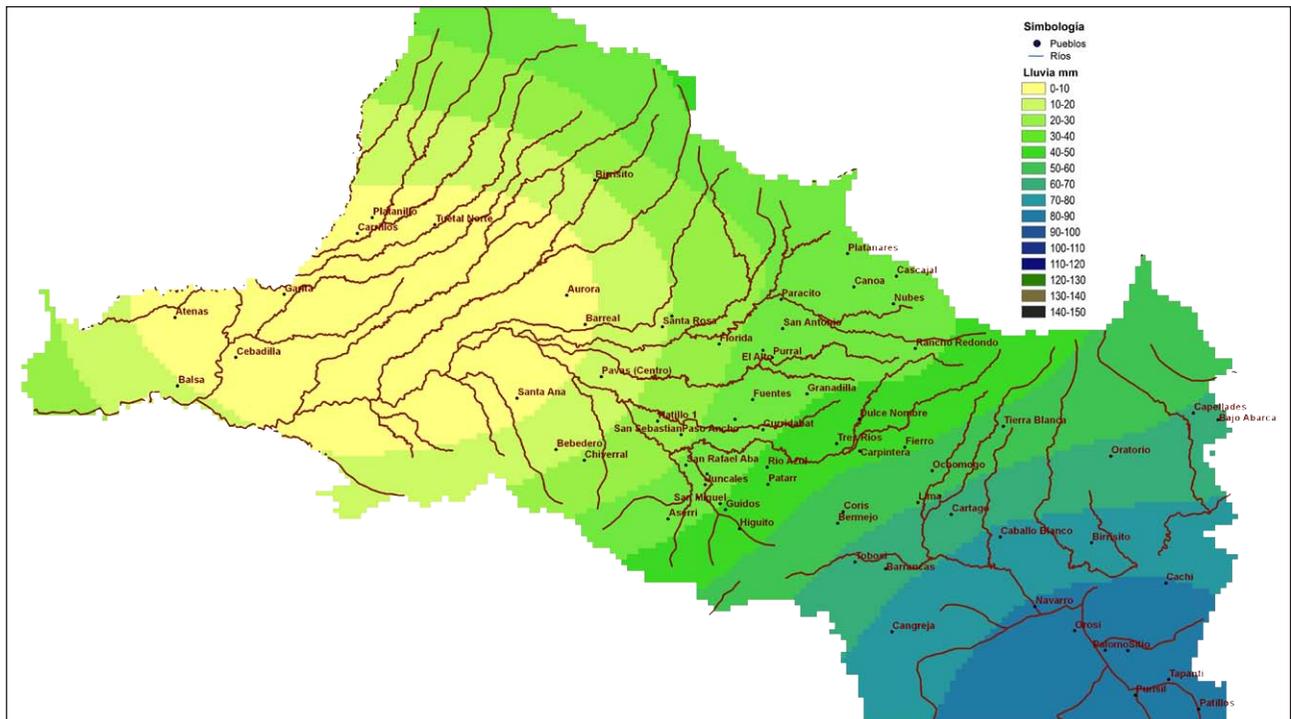


Figura 14. Tormenta ocurrida el día 26/09/1986



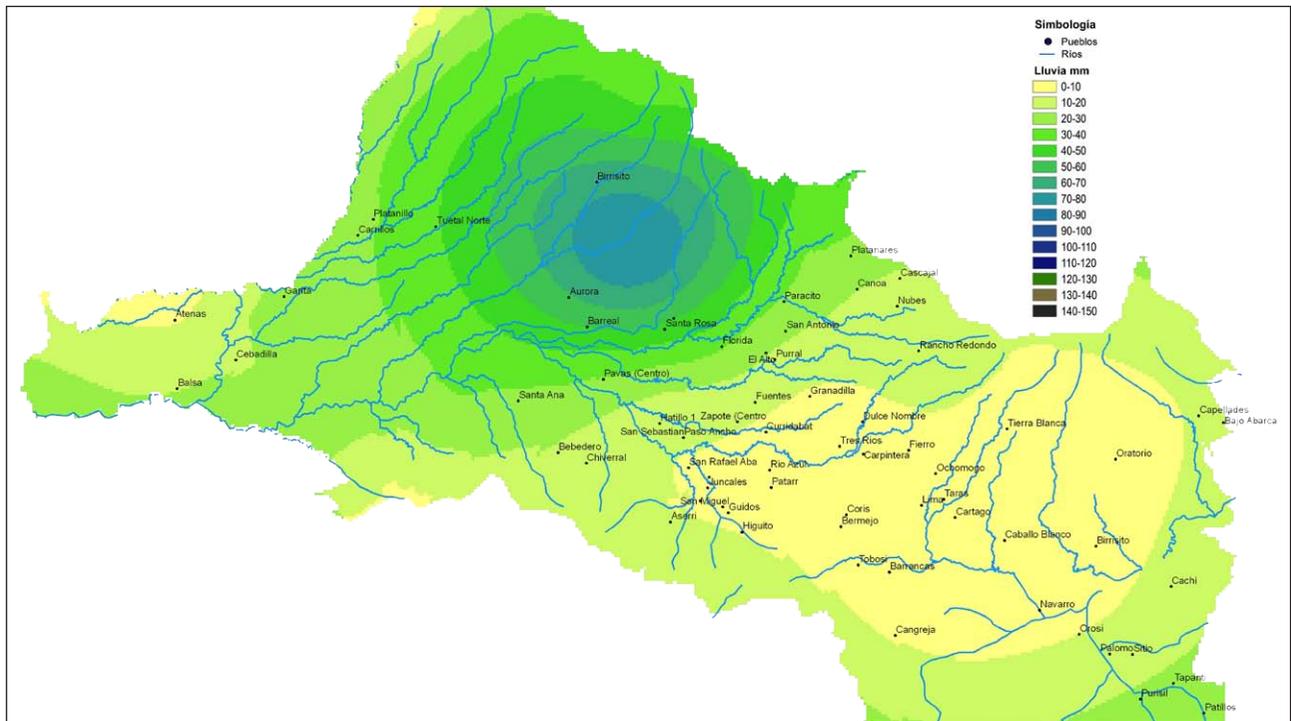


Figura 17. Tormenta ocurrida el día 29/04/1990

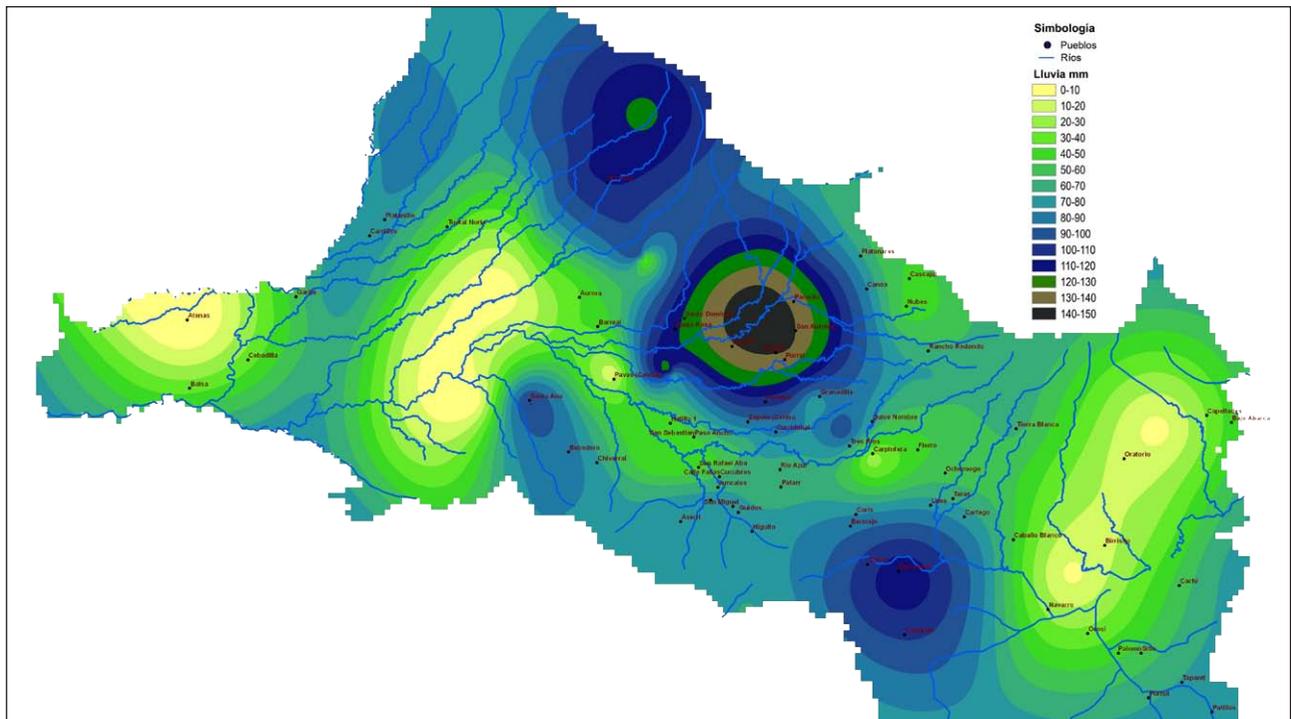


Figura 18. Tormenta ocurrida el día 23/10/1990

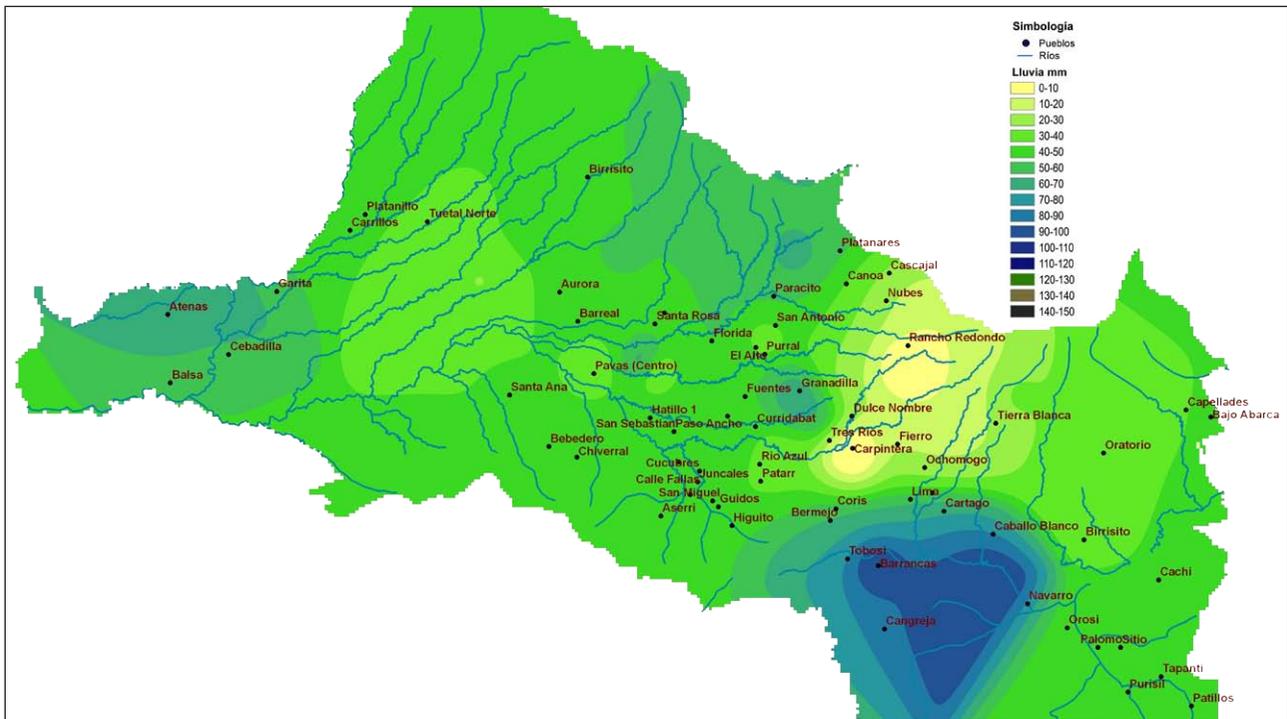


Figura 19. Tormenta ocurrida el día 30/05/1991

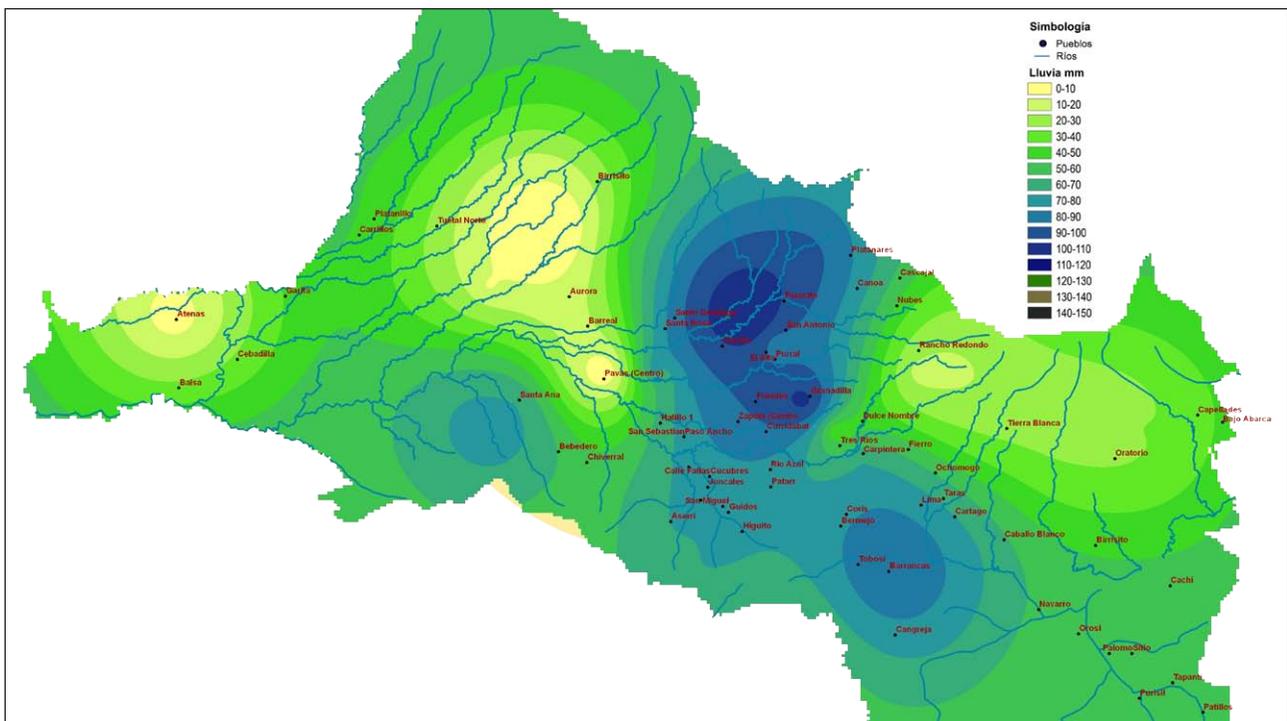


Figura 20. Tormenta ocurrida el día 11/10/1991

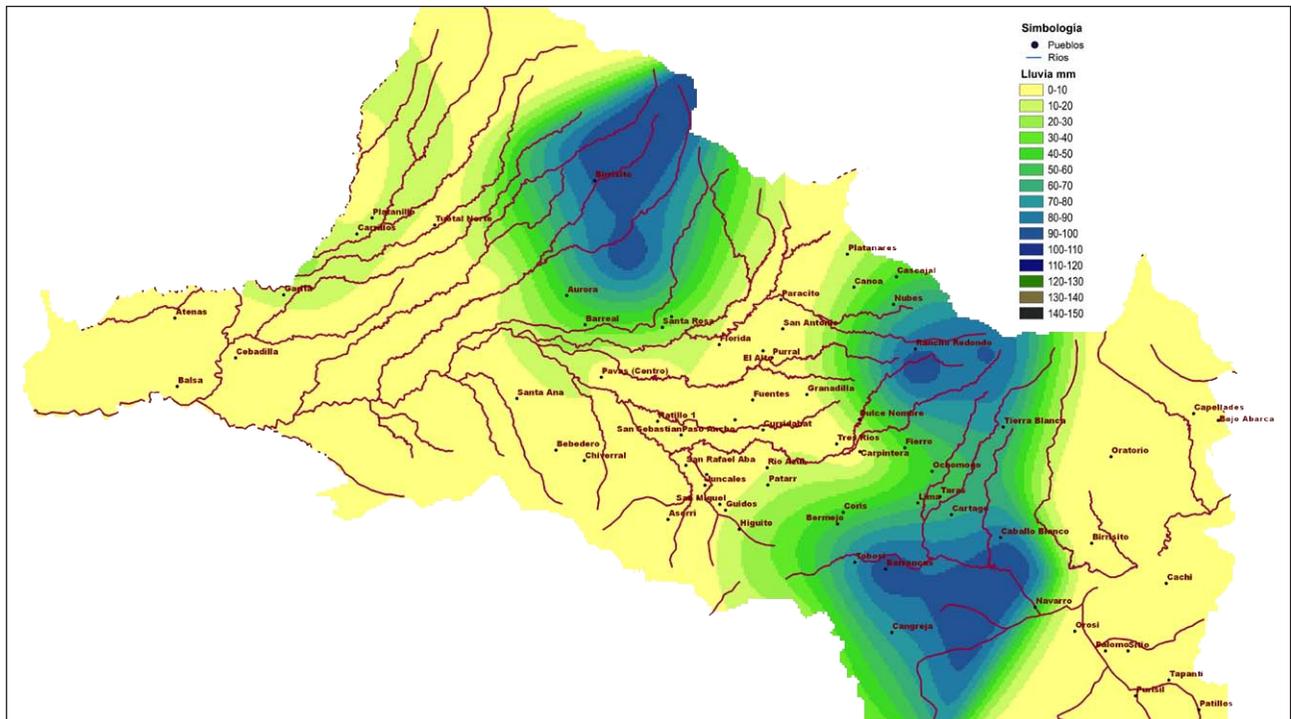


Figura 21. Tormenta ocurrida el día 26/05/1992

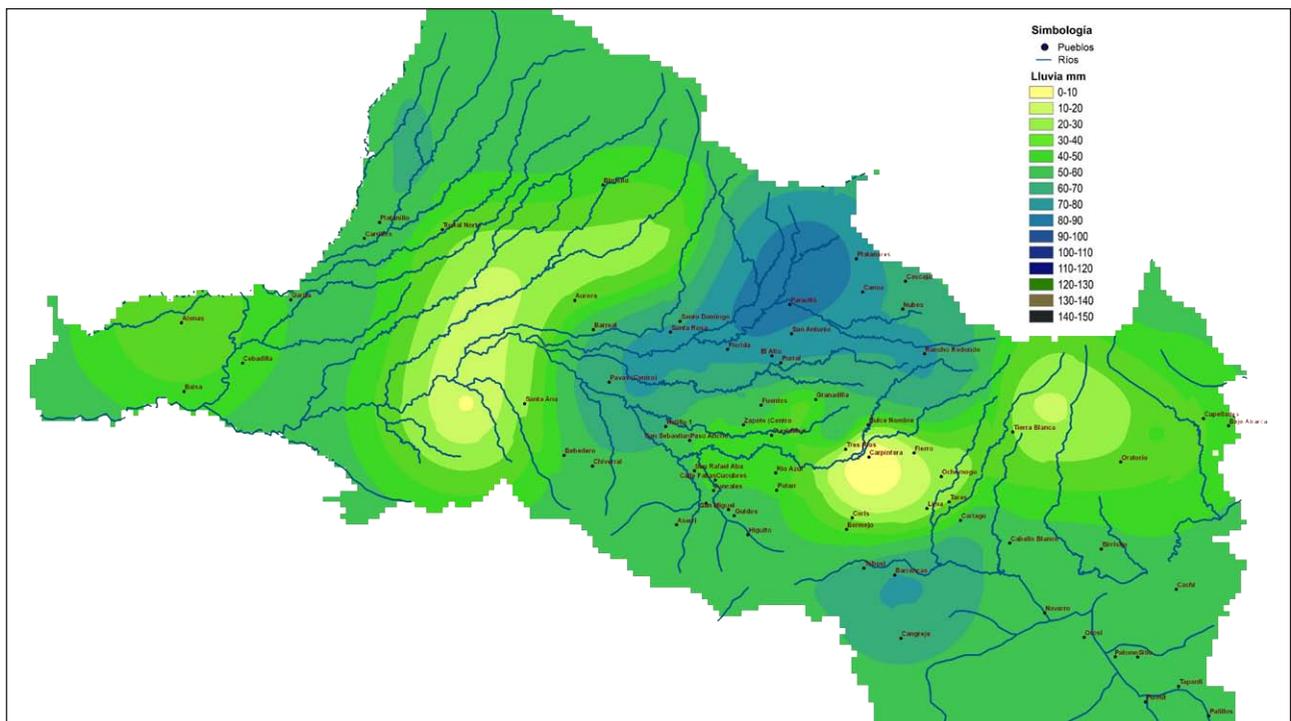


Figura 22. Tormenta ocurrida el día 15/07/1992

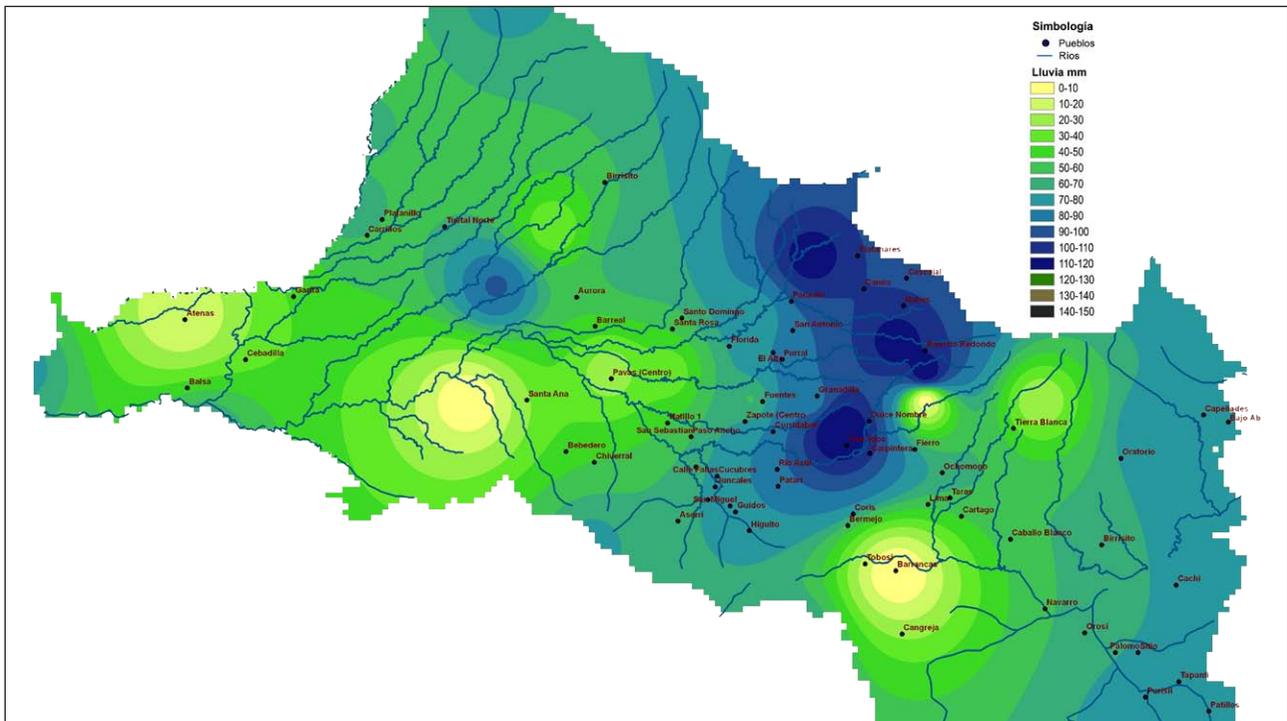


Figura 23. Tormenta ocurrida el día 03/07/1993

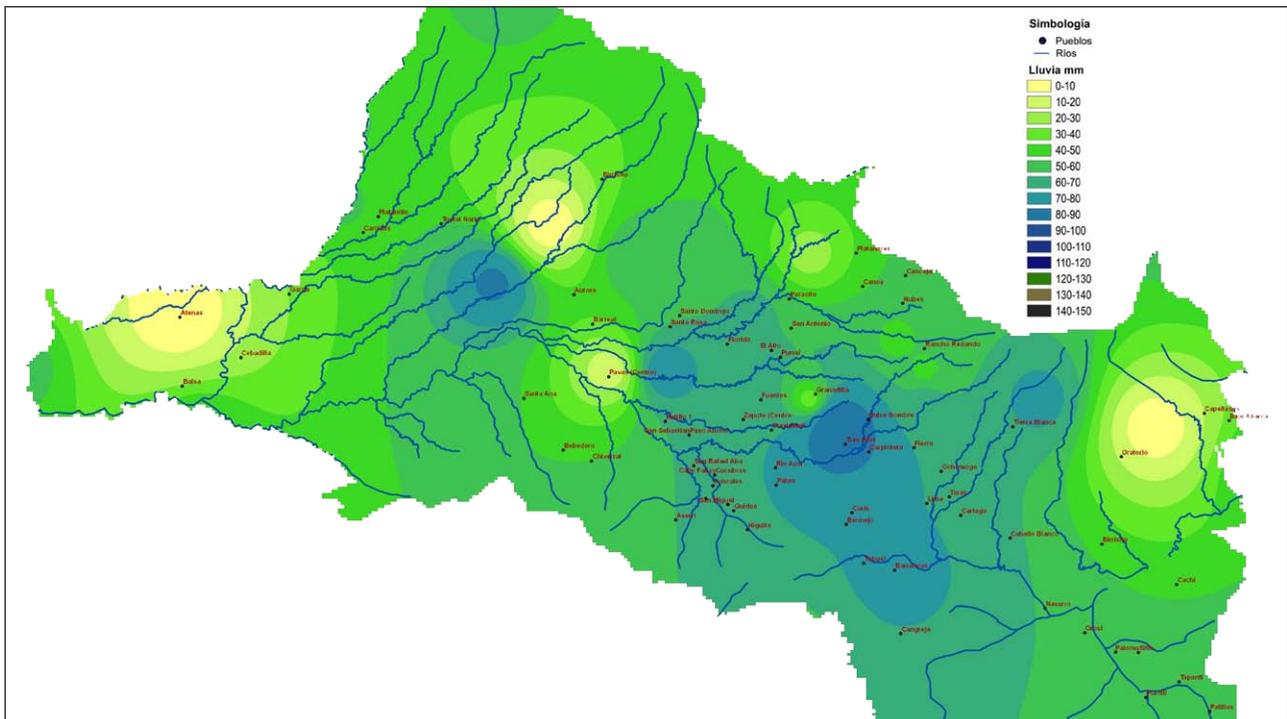


Figura 24. Tormenta ocurrida el día 01/10/1993

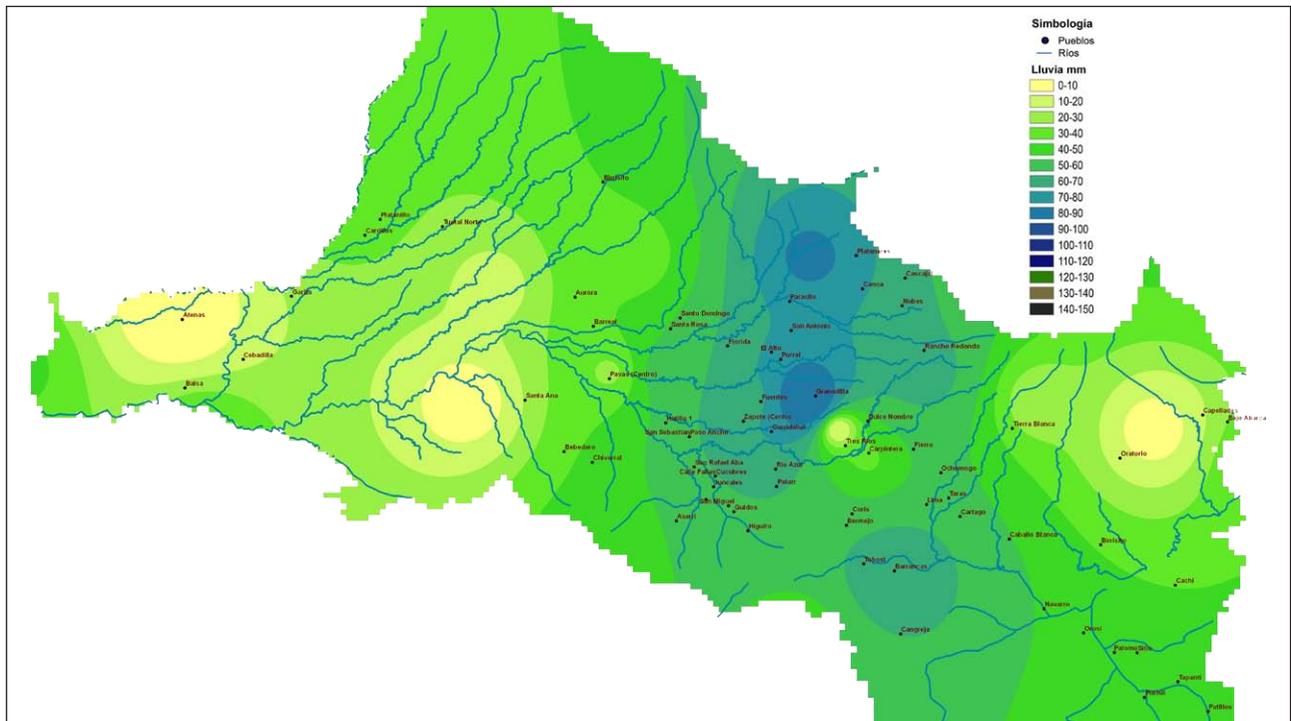


Figura 25. Tormenta ocurrida el día 29/04/1994

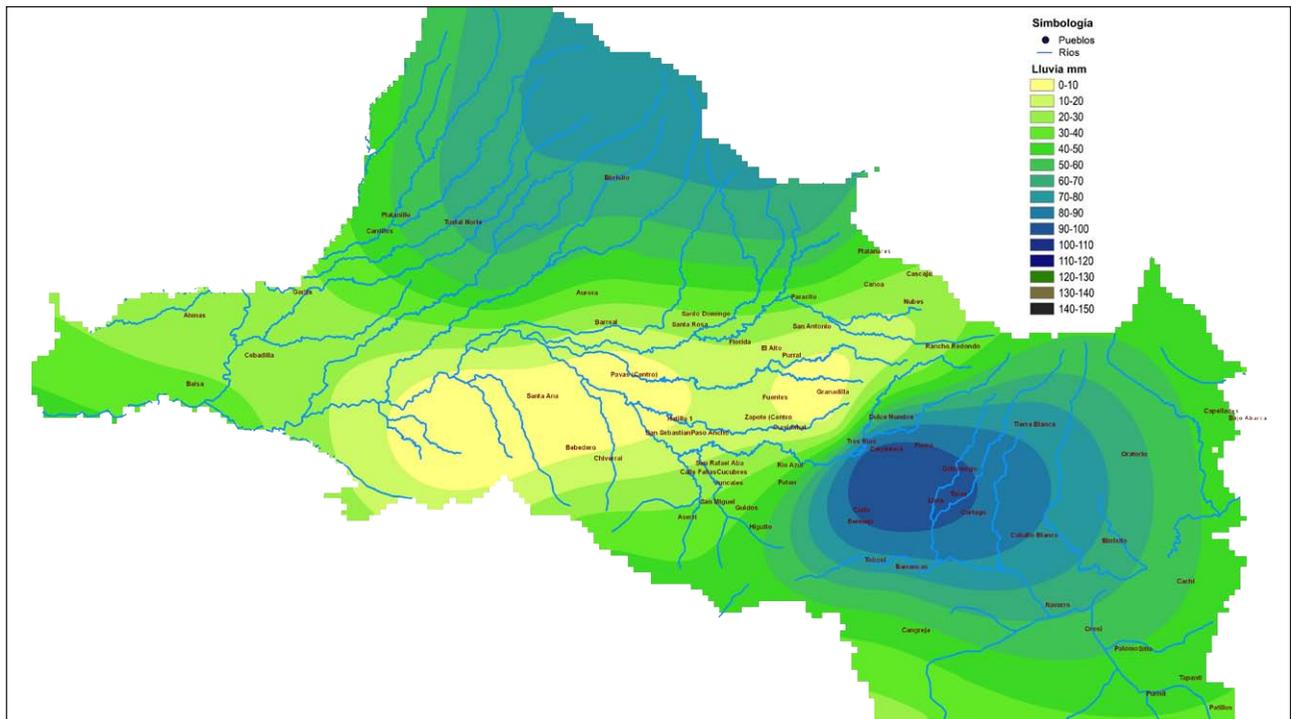


Figura 26. Tormenta ocurrida el día 12/10/1994

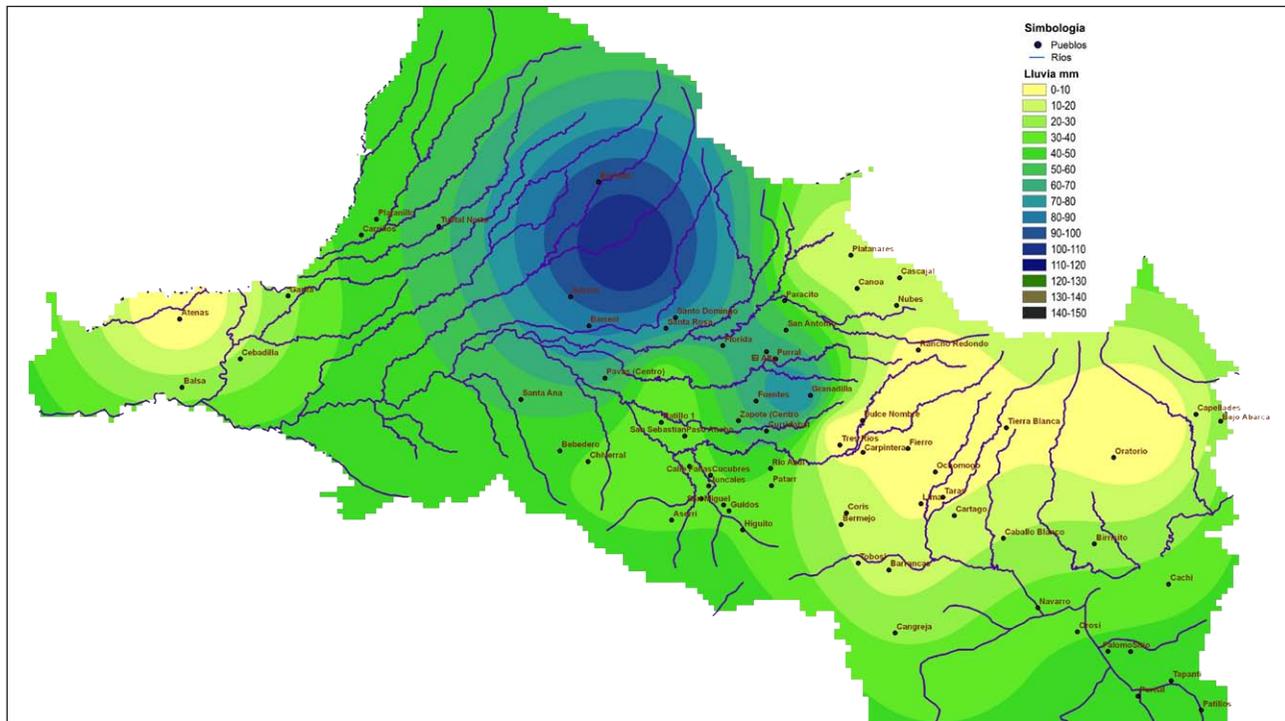


Figura 27. Tormenta ocurrida el día 24/06/1996

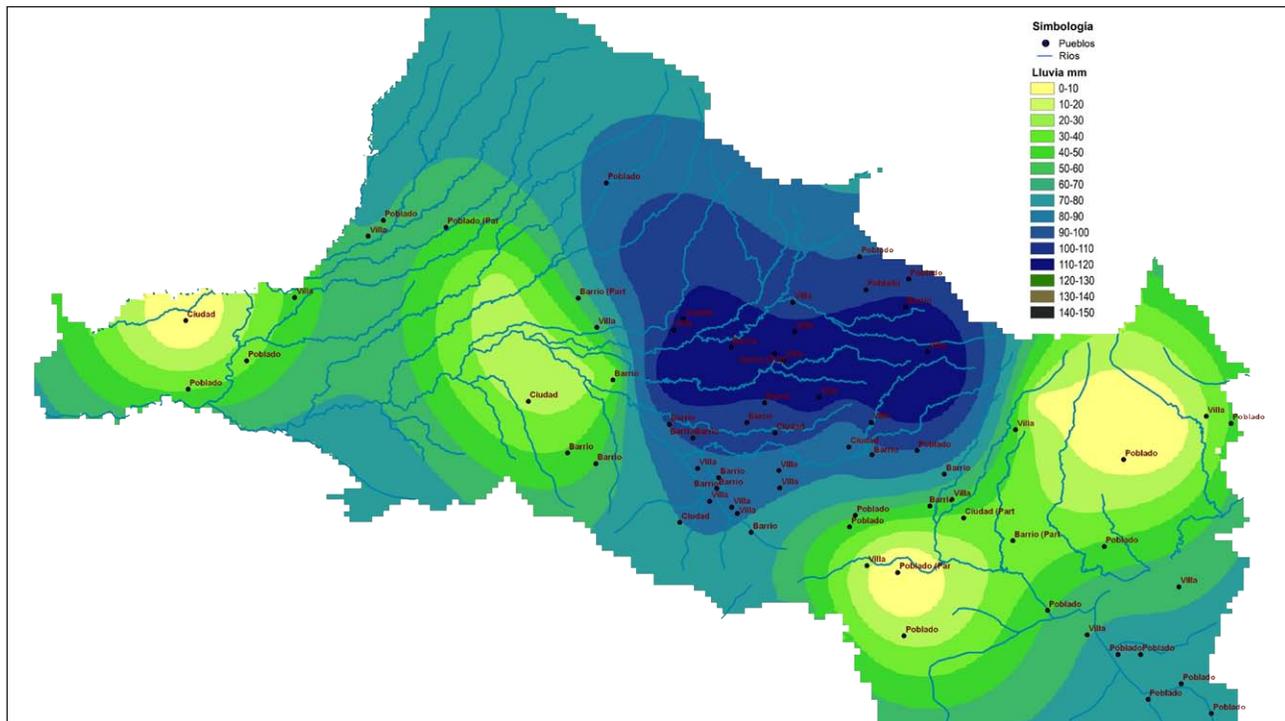


Figura 28. Tormenta ocurrida el día 20/08/1996

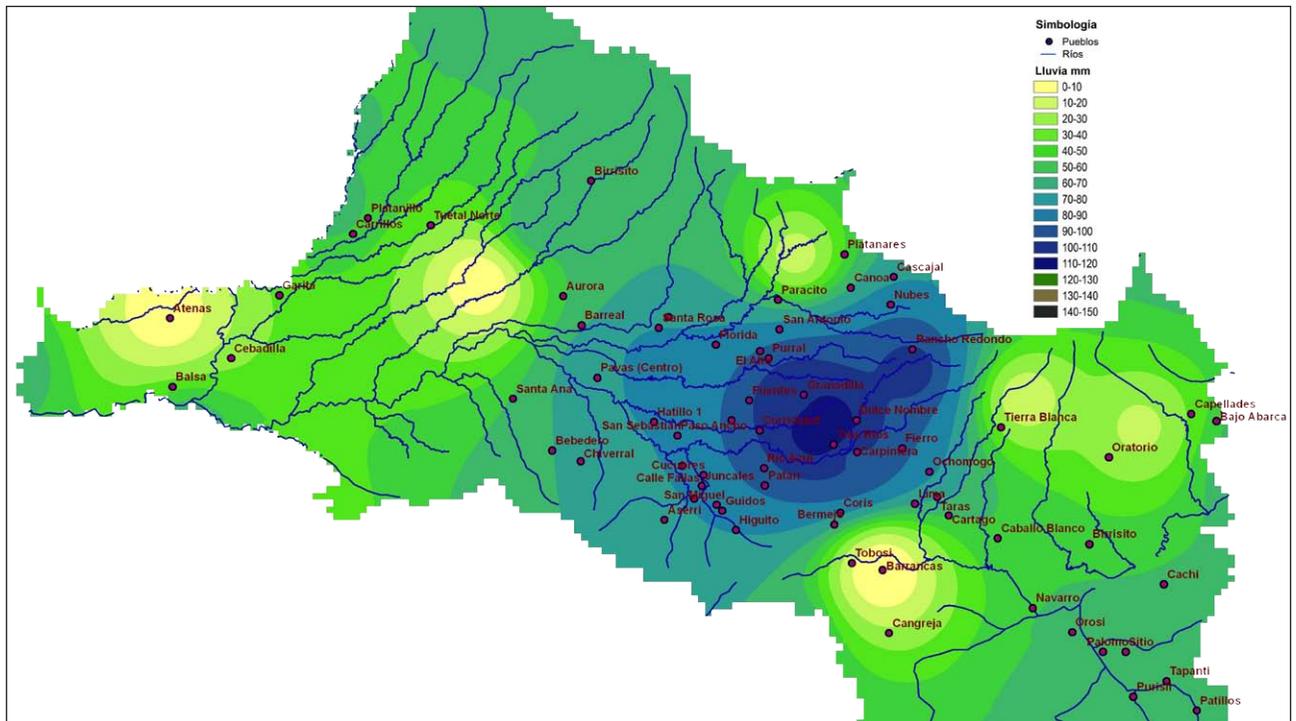


Figura 29. Tormenta ocurrida el día 18/10/1998

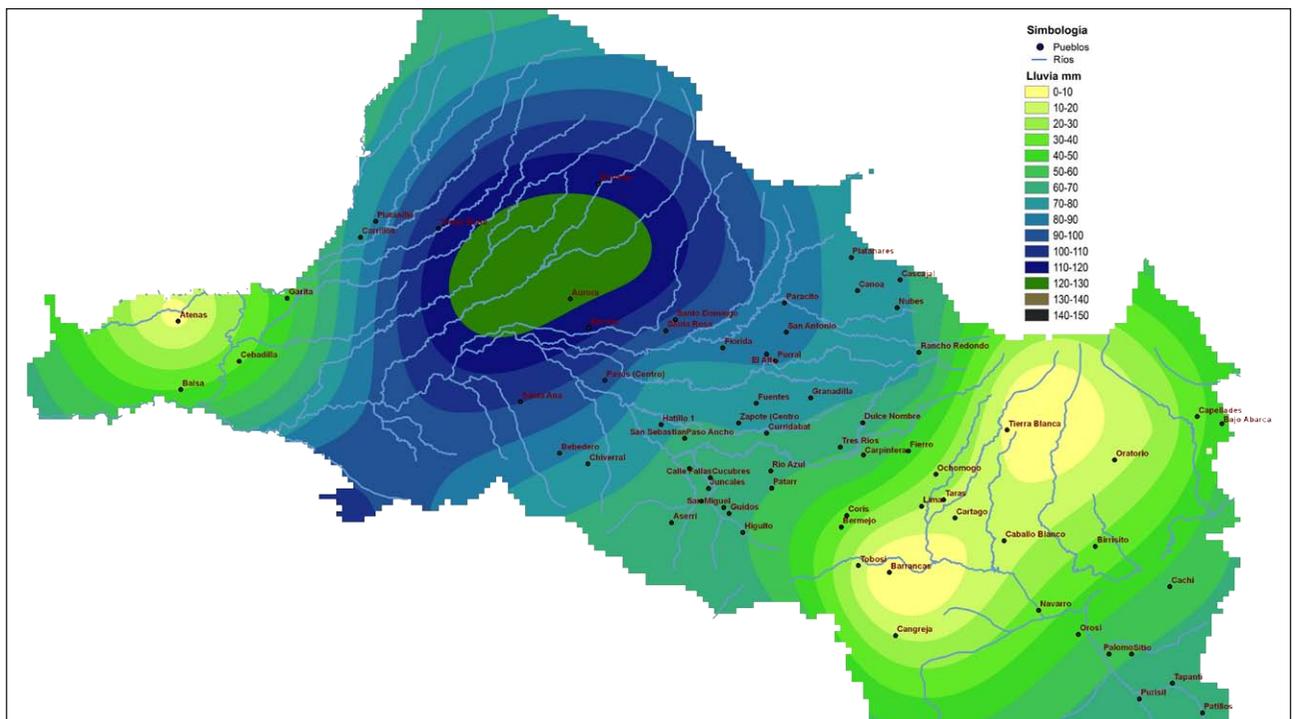


Figura 30. Tormenta ocurrida el día 28/10/1998

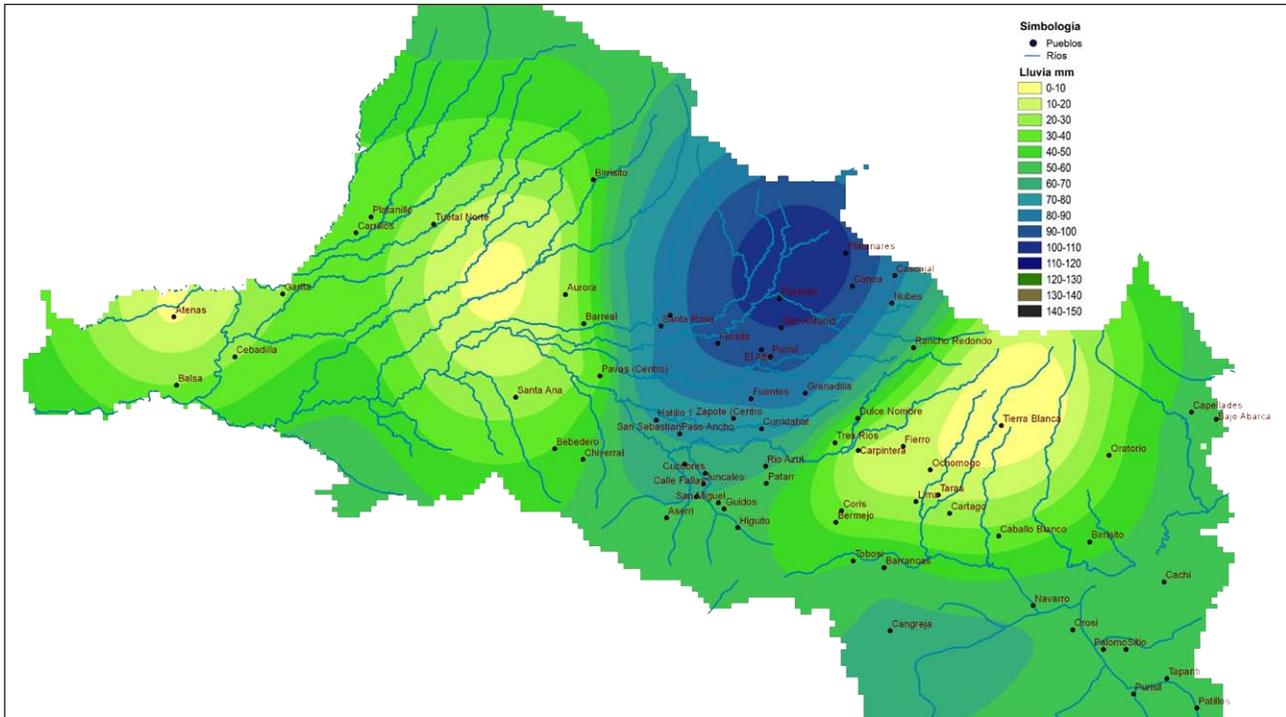


Figura 31. Tormenta ocurrida el día 20/09/1999

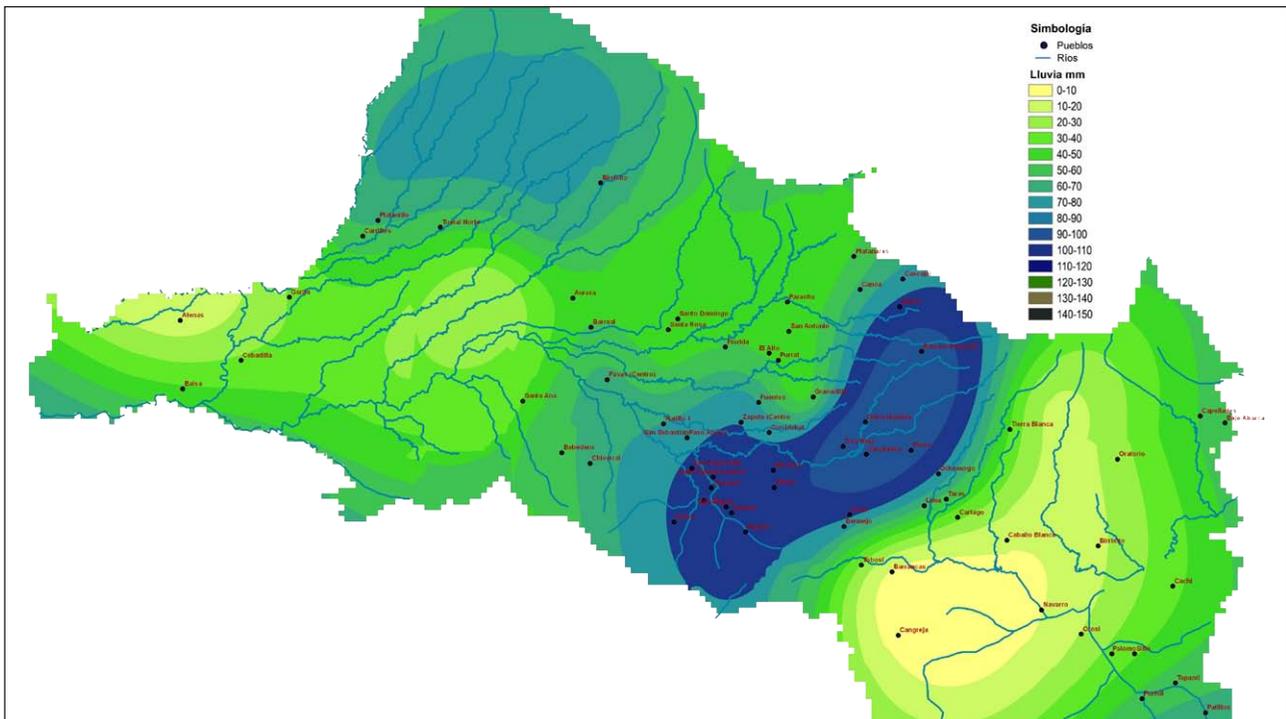


Figura 32. Tormenta ocurrida el día 19/10/1999

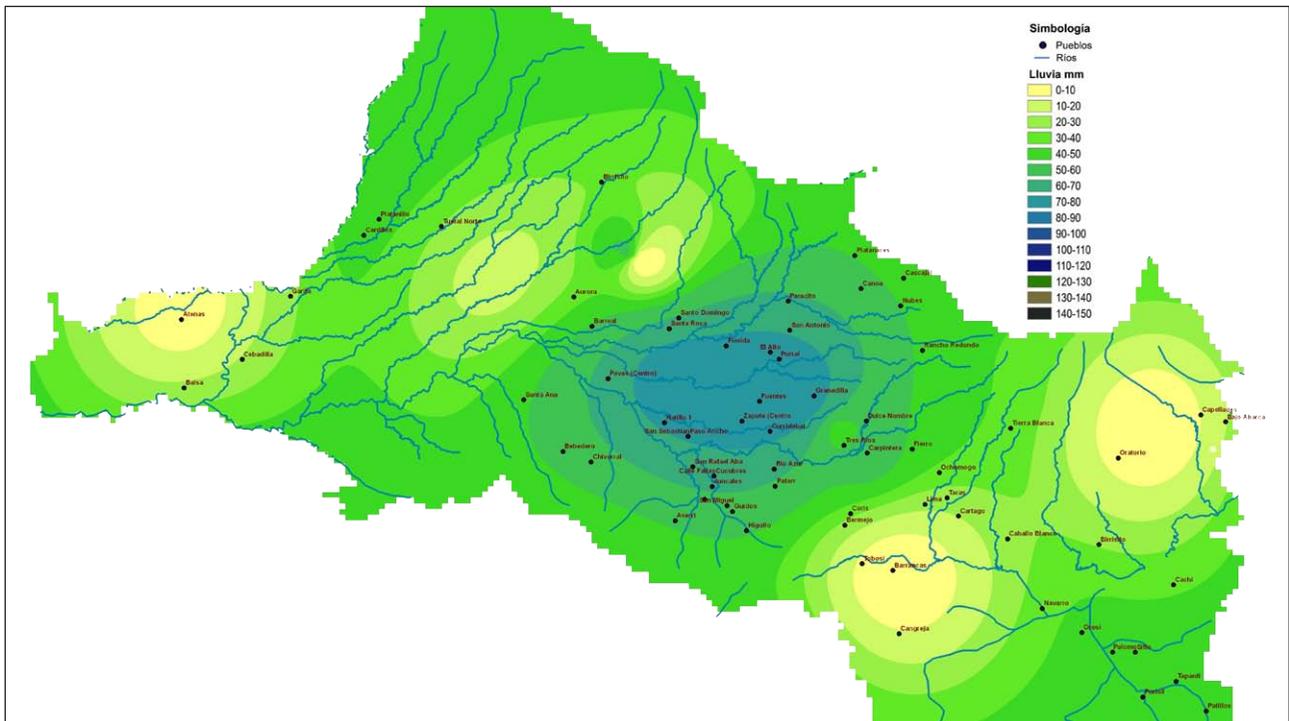


Figura 33. Tormenta ocurrida el día 12/09/2000

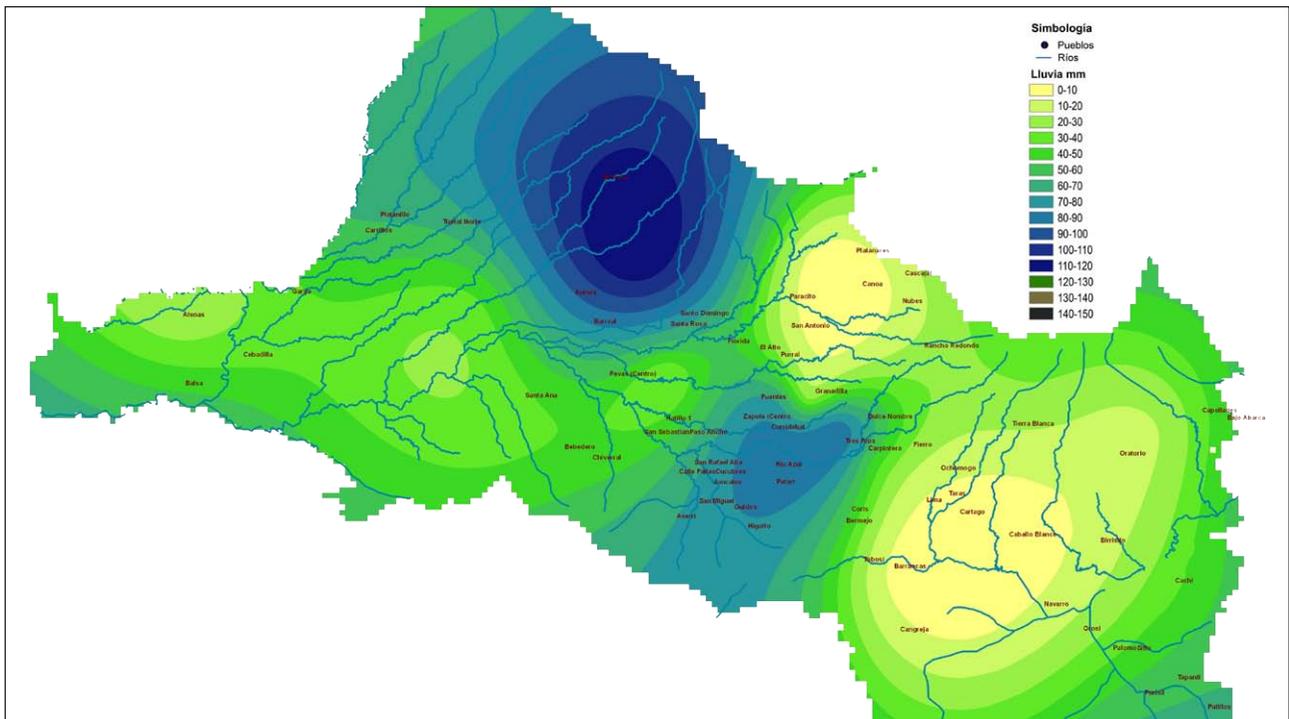


Figura 34. Tormenta ocurrida el día 15/09/2000

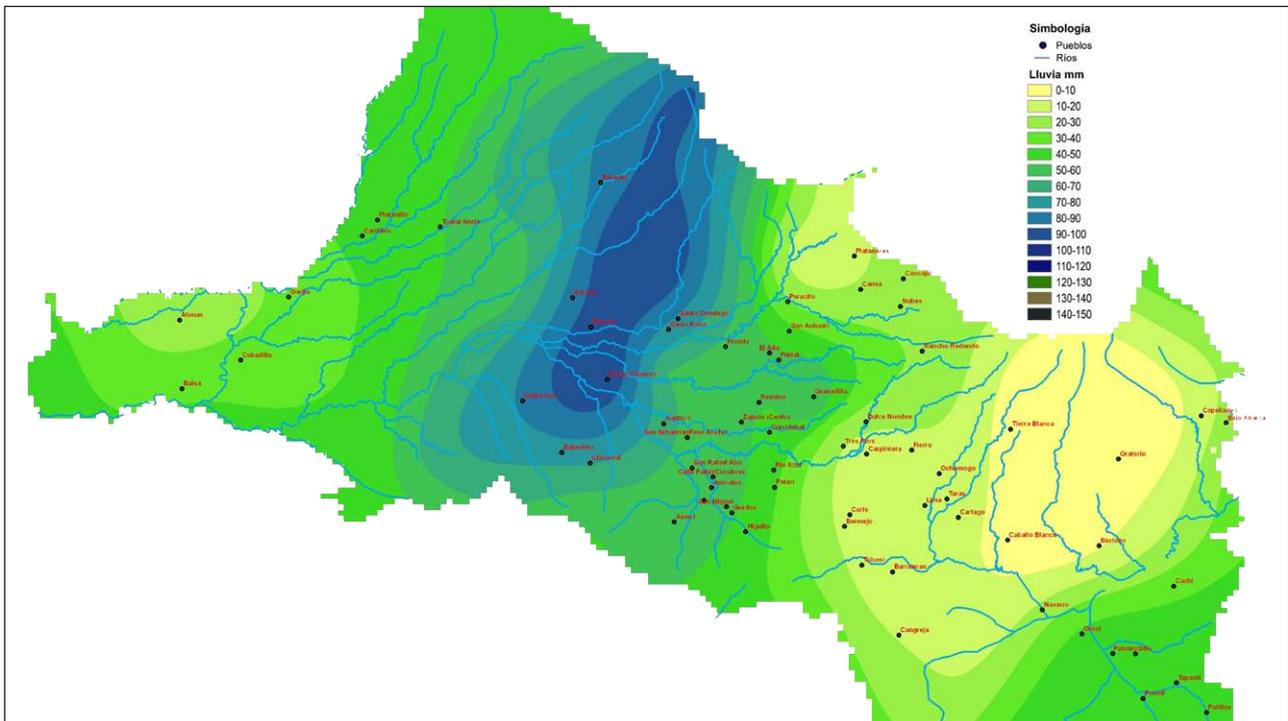


Figura 35. Tormenta ocurrida el día 26/05/2001

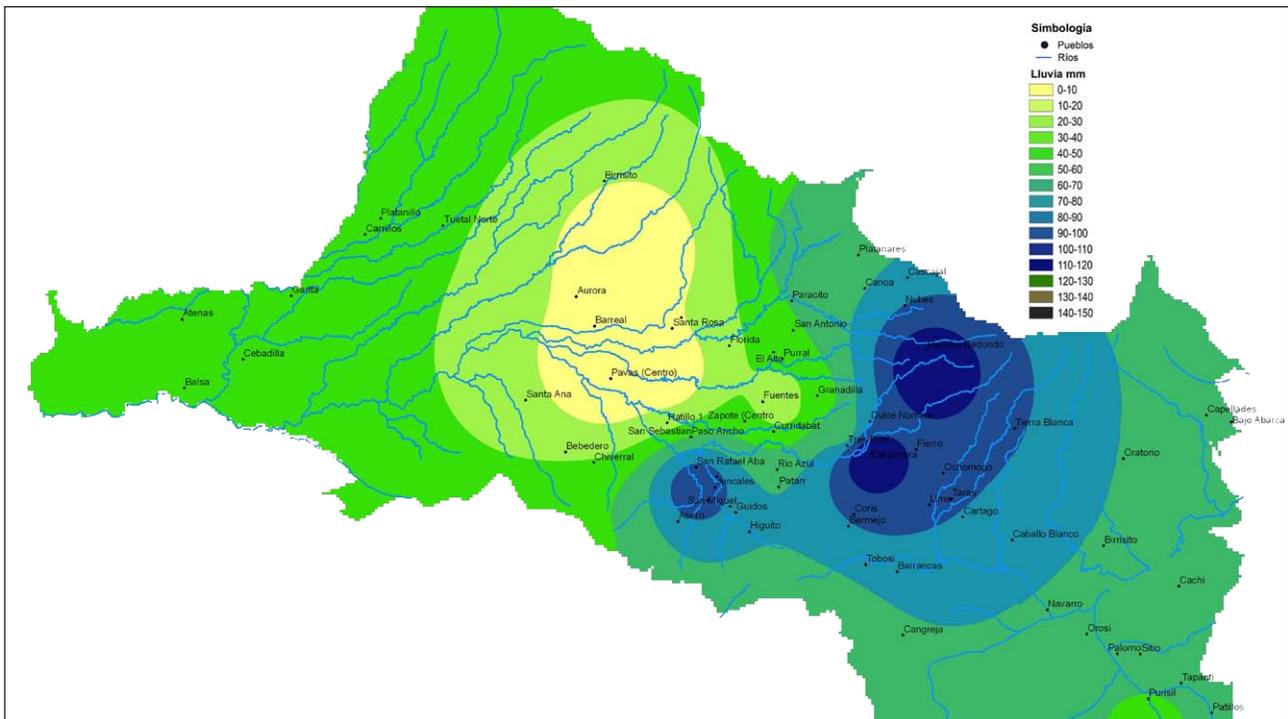


Figura 36. Tormenta ocurrida el día 21/08/2001

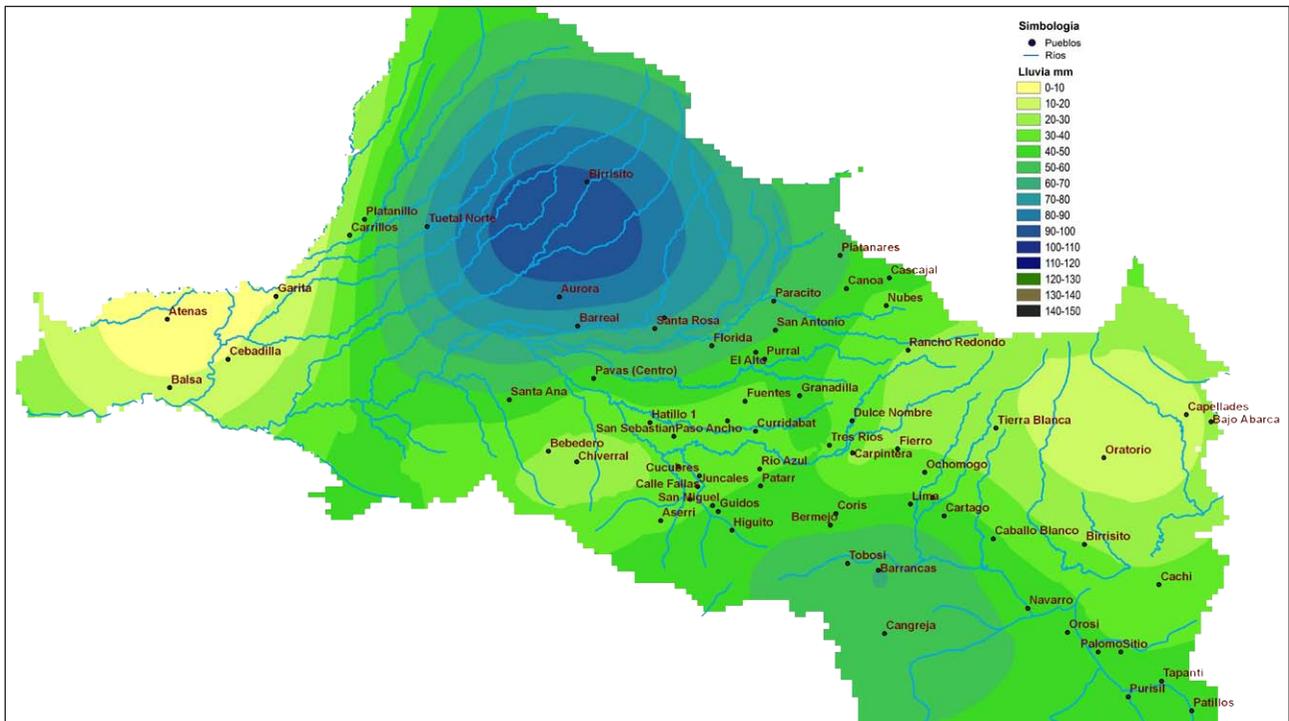


Figura 37. Tormenta ocurrida el día 23/09/2002

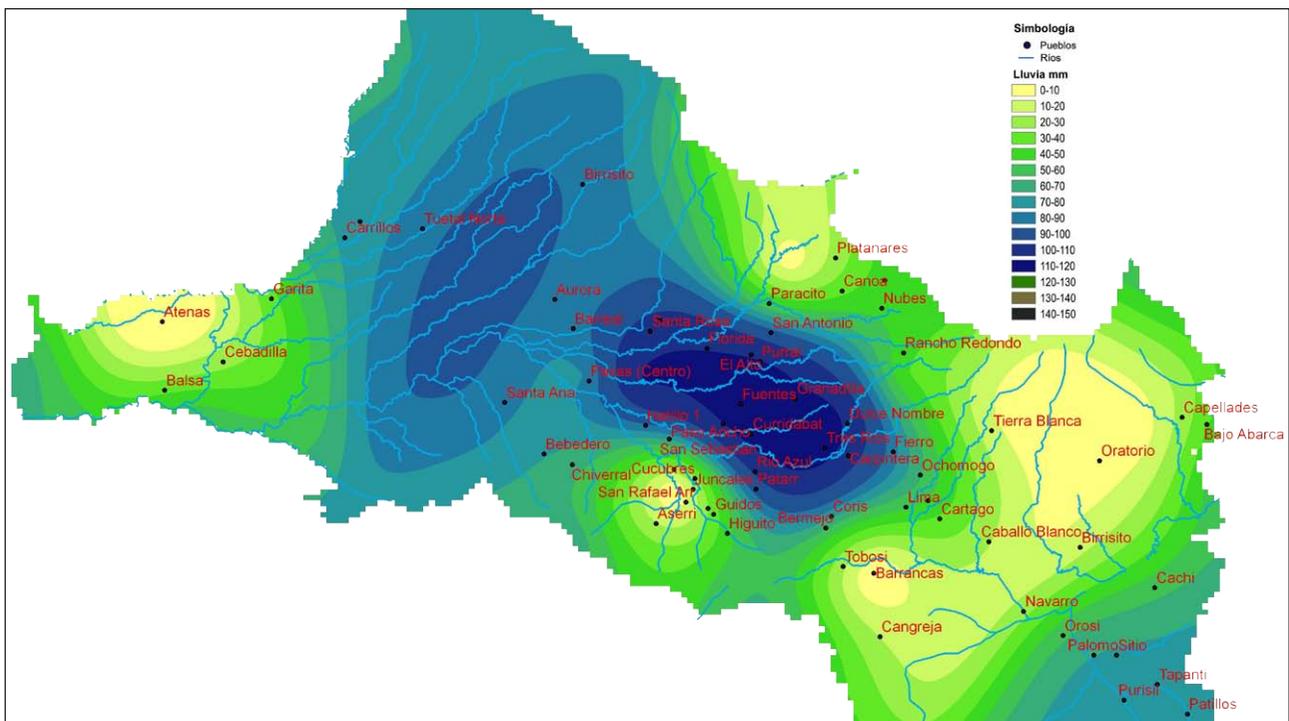


Figura 38. Tormenta ocurrida el día 08/10/2002

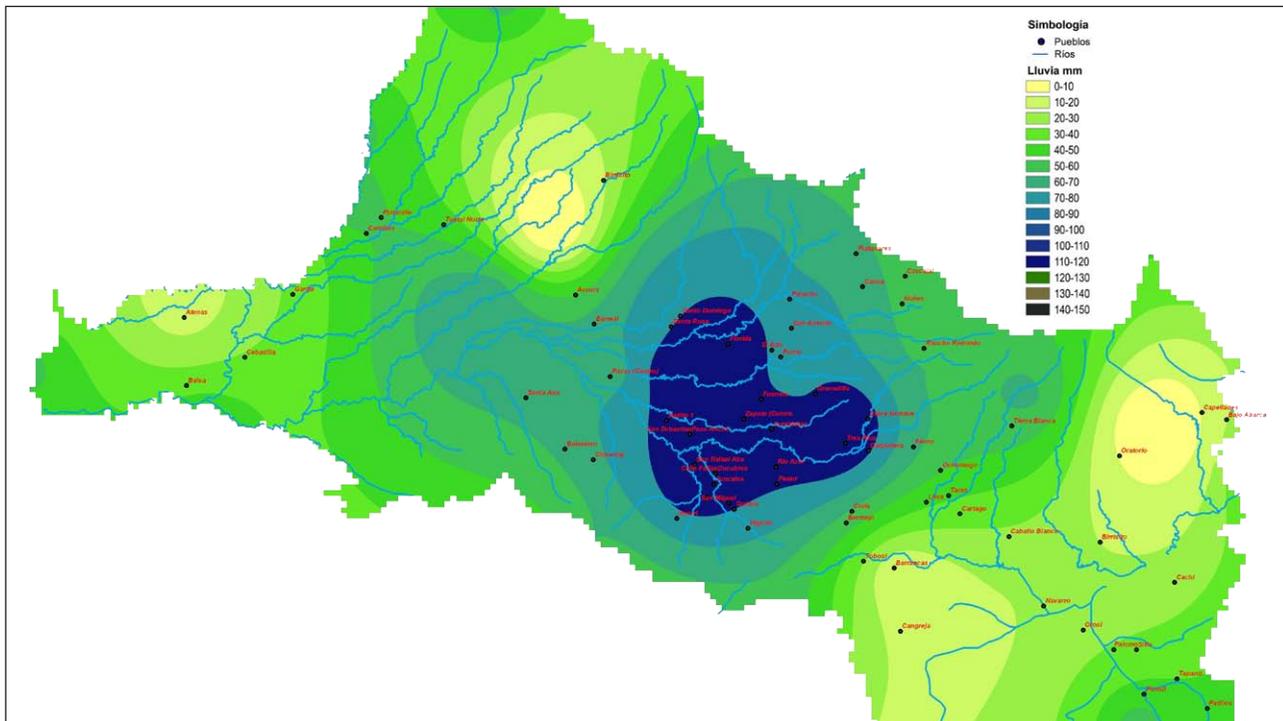


Figura 39. Tormenta ocurrida el día 18/06/2003

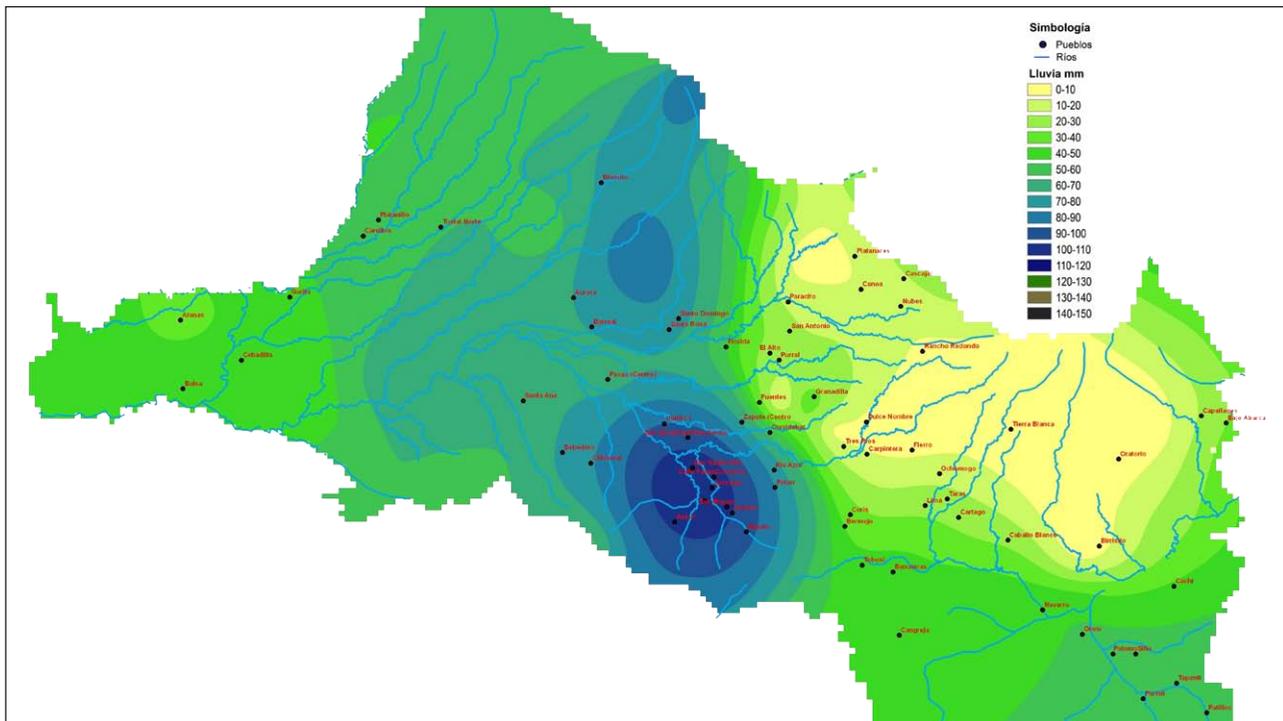


Figura 40. Tormenta ocurrida el día 15/09/2003

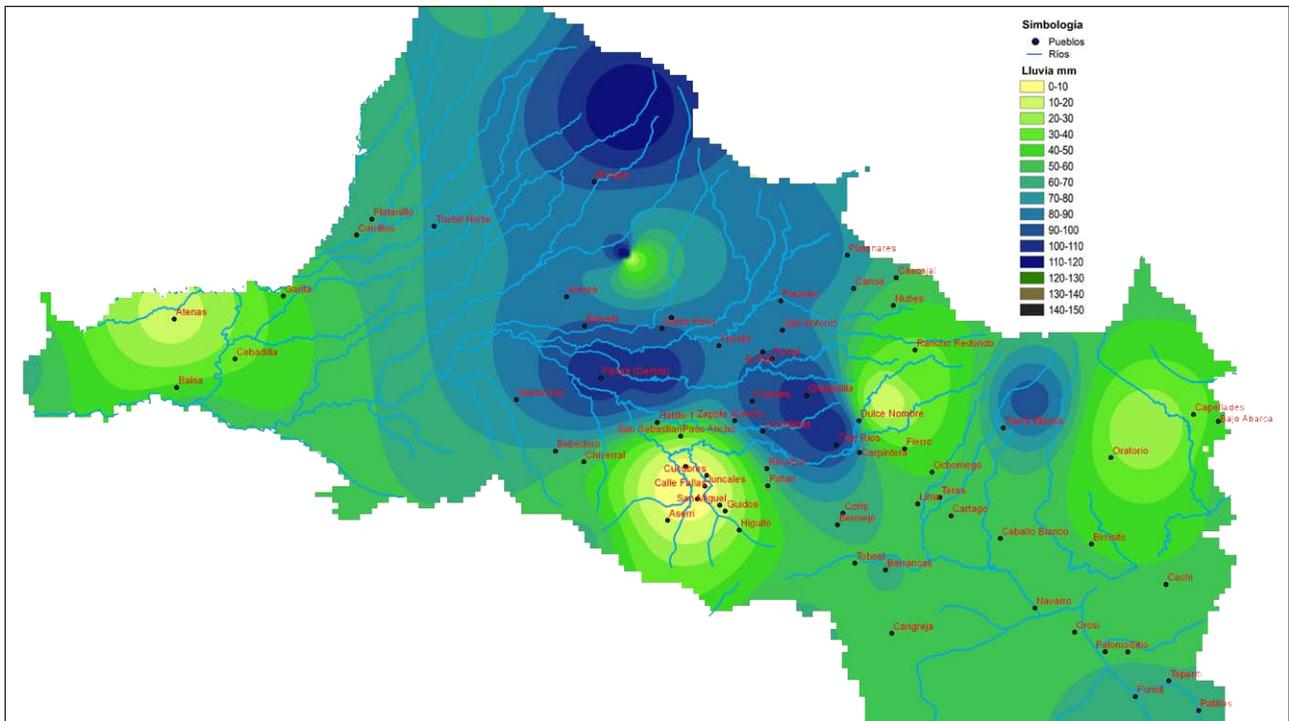


Figura 41. Tormenta ocurrida el día 22/05/2004

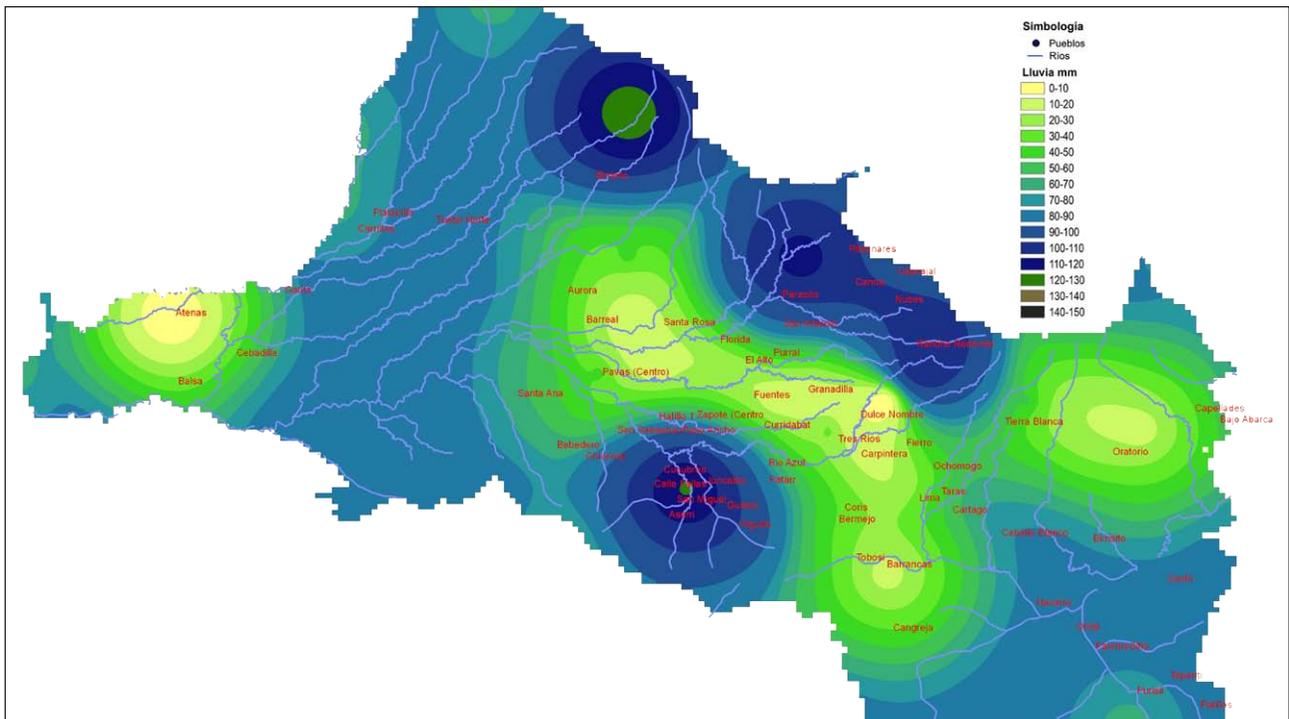


Figura 42. Tormenta ocurrida el día 23/05/2004

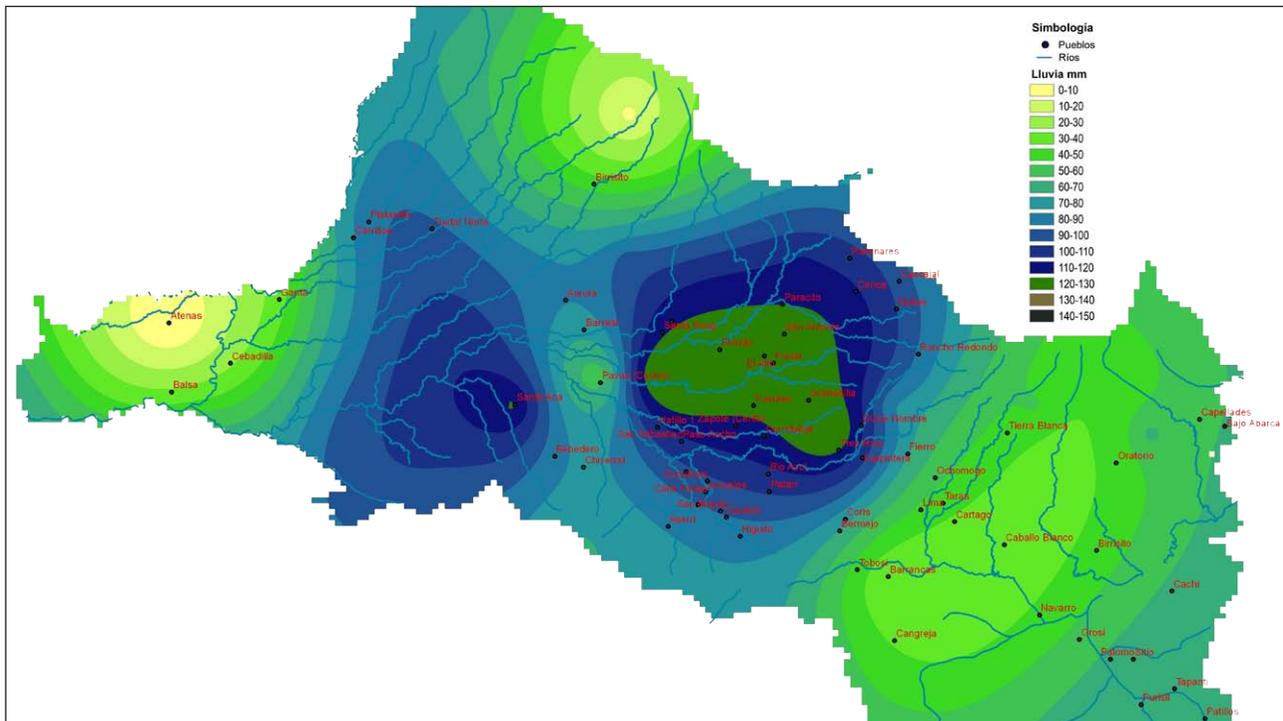


Figura 43. Tormenta ocurrida el día 05/06/2005

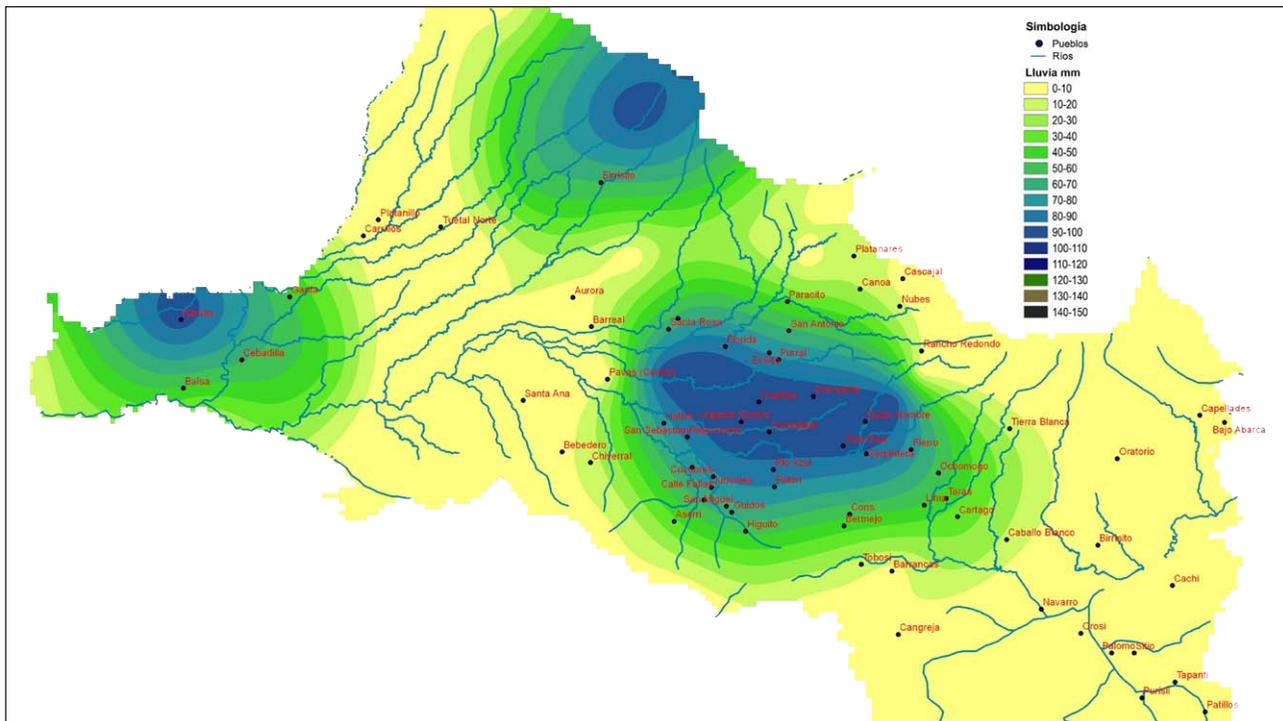


Figura 44. Tormenta ocurrida el día 19/09/2005

# Conclusiones

## 4.

Los máximos de lluvia diaria son el resultado o la esencia de las tormentas severas, las cuales a su vez son una parte de la identidad de la climatología del GAM. La representación gráfica de ellas a través de los mapas, refleja el resultado de las interacciones de aspectos sinópticos y de mesoescala descritas anteriormente y reflejadas sobre la superficie.

En este trabajo se supone, que las altas temperaturas superiores a los 26° C en diferentes puntos, son un elemento climático que genera la magnitud de los aguaceros máximos absolutos, de ahí la variedad de ubicación de los núcleos de tormenta en una fecha dada dentro del GAM.

Así se presentaron mapas con una fecha específica donde se observan tormentas severas aisladas, tormentas compartidas aisladas o grupos de ellas, como también tormentas generalizadas en toda la GAM.

Específicamente en cuanto a las tormentas severas dentro de la GAM, se puede decir que estas no obedecen a un patrón fijo en cuanto a su distribución en esta área, las mismas en sus montos y distribución no discriminan su comportamiento en un mes especial, es decir su rigurosidad no es exclusiva de un mes o fecha específica. No obstante lo anterior, si se nota una repetición y prevalencia de núcleos con lluvias superior a los 70 milímetros en las partes al norte de Heredia, Rancho Redondo, alrededores de Tres Ríos y La Carpintera, en la parte central de la GAM predominan polígonos extensos con valores de 0 a 50 milímetros., aún así las tormentas severas con núcleos de lluvia superior a los 70 milímetros están latentes en esta parte de la GAM.

Resumiendo la distribución de las tormentas severas en la GAM no presentan un patrón fijo en cuanto a su ubicación, los núcleos o polígonos de lluvia superiores a los 70 milímetros interactúan con núcleos menores a lo largo de toda la GAM indistintamente de la fecha y el mes analizado.

## 5.

## Glosario

**Convectivo:** lluvia proveniente de nubes de gran desarrollo vertical.

**Estratificada:** lluvia asociada a los temporales del Pacífico.

**Orográficas y de derrame:** lluvias asociadas a disturbios del la Vertiente del Caribe

**Actividad convectiva:** movimiento ascendente del aire, provocado principalmente por el calentamiento de la radiación solar en la superficie terrestre. Este fenómeno origina la formación de nubes de tipo cúmulos, las que se pueden convertir en cumulonimbos si la convección es muy fuerte. Dan lugar a nubes de desarrollo vertical, causantes de todas las tormentas.

**Alisios:** son vientos relativamente constantes en dirección y velocidad que soplan en ambos hemisferios, desde los 30° de latitud, hacia el ecuador con dirección noreste en el hemisferio norte y sudeste en el hemisferio sur, desviados lógicamente por la fuerza de Coriolis.

**Alta Presión:** distribución del campo de presión atmosférica, en donde el centro presenta una presión mayor que la que existe a su alrededor y a la misma altura, también denominada como anticiclón. En un mapa isobárico, se observa como un sistema de isobaras cerradas, de forma aproximadamente circular, los vientos giran en el sentido de las agujas del reloj. Este fenómeno provoca subsidencia en la zona donde se posa, por lo

que favorece tiempo estable. Destacan los anticiclones térmicos por aire pesado, que hacen que se configuren auténticos “desiertos” meteorológicos.

**Baja Presión:** conjunto de isobaras cerradas en el cuál la presión mínima se localiza en el centro. La circulación es en sentido contrario a las agujas del reloj. Este fenómeno provoca la ascensión del aire, por lo tanto provoca mecanismos de convección, da lugar a gran nubosidad y precipitaciones. En definitiva tiempo inestable.

**Brisa de Mar:** viento local, que tiene lugar en las proximidades de las costas, desde el mar hacia tierra, con velocidades máximas de 20 km/h. La causa de este viento es la diferencia del calentamiento entre la superficie del mar y de la tierra, por la radiación solar.

**Brisa de Montaña:** viento local que sopla desde la montaña hacia el valle durante la noche. Se genera debido al enfriamiento nocturno por radiación terrestre, que actúa más rápidamente sobre la montaña que sobre el valle, ya que las laderas tienden a perder el calor del día más rápidamente.

**Brisa del Valle:** es el viento local que sopla desde el valle hacia la montaña durante el día. Se genera debido al mayor calentamiento de la montaña respecto del valle, pues la radiación solar es mucho mayor en las laderas por su mayor inclinación.

**Convección:** desplazamiento del calor a las capas altas de la atmósfera. El calor, debido al enfriamiento adiabático se condensa y da lugar a precipitaciones.

**Corriente en Chorro:** vientos normalmente fuertes concentrados en una estrecha zona situada, como término medio a unos 300 hPa (6500 m). Es causada por la rotación terrestre.

**Chaparrón:** precipitación de gotas de agua que caen desde una nube tipo cumulonimbo y que se caracteriza porque las precipitaciones empieza y termina repentinamente.

**Mesoescala:** sus dimensiones horizontales generalmente oscilan de cerca de 9 km a varios centenares de km. Ejemplos de sistemas de mesoescala meteorológica son las brisas de mar, complejos mesoescalas convectivos, entre otros.

**Nubes de Desarrollo Vertical:** también llamadas Cumulonimbos, que son nubes densas, de mucho desarrollo vertical, causantes de las tormentas.

**Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT):** es el eje a lo largo del cual los vientos alisios del nordeste del hemisferio norte encuentran a los vientos alisios del sudeste del hemisferio sur. Forma el llamado cinturón anticiclónico tropical

## 6.

## Bibliografía

Zarate, E. y Ramírez. P. (1983). El Sistema Fluvial de Tárcoles. Instituto Geográfico Nacional, San José, Costa Rica.

Boletín Meteorológico Mensual, Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Energía, San José, Costa Rica, Años 1980.

Boletín Meteorológico Mensual, Instituto Meteorológico Nacional, Ministerio de Ambiente y Energía, San José, Costa Rica, Años 1981.

IDEAM, 2014. Tormentas, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Afines, [Http// Bart ideam.gov.co/infgem/tormentas htm](http://Bart.ideam.gov.co/infgem/tormentas.htm).



