



Sociedad Colombiana
de Ingenieros



Sociedad Tolimense
de Ingenieros

**XXIII Seminario
Nacional
DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA**

XXIII SEMINARIO NACIONAL DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA IBAGUÉ, 15 AL 17 DE AGOSTO DE 2018

EVENTO EXTREMO DE LLUVIA DEL 19 DE ABRIL DE 2017 EN MANIZALES – CALDAS, COLOMBIA

John Alexander Pachón Gómez, Jeannette Zambrano Nájera y Fernando Mejía Fernández

Universidad Nacional de Colombia sede Manizales/Instituto de Estudios Ambientales IDEA, Cra. 27 No. 24 – 60,
Manizales, meteo_man@unal.edu.co; jdzambanona@unal.edu.co; fmejiaf@unal.edu.co

RESUMEN

La ciudad de Manizales, coincidente con la zona más amenazada del país por terremotos, deslizamientos, erupciones volcánicas e inundaciones (menor cuantía), se vio afectada el 19 de abril de 2017 por un evento de lluvia extraordinario, que alcanzó la cifra record de 156.2 mm de magnitud en seis horas y 171.2 mm en 24 horas, situación que detonó emergencias por deslizamientos y flujos torrenciales en varios puntos, sobre todo hacia los sectores sur y centro de la ciudad, que provocaron la muerte de 17 personas y que, gracias a las obras de control de erosión, estabilidad de laderas y manejo de aguas de escorrentía construidas por el municipio de Manizales y Corpocaldas en años anteriores, el monitoreo hidrometeorológico en tiempo real que realiza la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, la oportuna respuesta de los organismos de socorro y la solidaridad de la comunidad, no se tuvo una tragedia mayor.

ABSTRACT

The city of Manizales, coinciding with the most threatened zone of the country by earthquakes, landslides, volcanic eruptions and floods (minor amount), was affected on April 19, 2017 by an extraordinary rain event, which reached a record of 156.2 mm of magnitude in six hours and 171.2 mm in 24 hours, situation that triggered emergencies due to landslides and torrential flows in several points, especially towards the south and downtown areas, which caused the death of 17 people and, thanks to erosion control, stability of slopes and runoff water management works built by the municipality of Manizales and Corpocaldas in previous years, real-time hydrometeorological monitoring carried out by the National University of Colombia, Manizales, the timely response of the agencies of relief and the solidarity of the community, there was no major tragedy.

PALABRAS CLAVES: Gestión del riesgo, eventos hidrológicos extremos, deslizamientos

Mayor Información

Comisión Técnica Permanente
de Ingeniería de Recursos Hídricos

57 (1) 5550520 logistica@sci.org.co



INTRODUCCIÓN

Los regímenes de lluvia en esta zona de la región andina, donde se encuentra localizada la ciudad de Manizales, involucran múltiples aspectos océano-atmosféricos, y entre los principales se pueden mencionar la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT) y El Niño Oscilación Sur (ENSO por sus siglas en inglés); a nivel local, la cantidad de lluvia está determinada por la circulación de cada vertiente, función a su vez de la altitud, la orientación de las montañas y la actividad convectiva del lugar. Estas condiciones hacen de Manizales una ciudad donde llueve más del 70% del año y esto, sumado al hecho de que presenta fuertes pendientes, suelos con alto contenido de cenizas volcánicas, fallas geológicas, uso del suelo inadecuado, mala planificación del territorio, etc., incorpora una alta vulnerabilidad a las comunidades y a su infraestructura, que se transforma en riesgo latente.

El miércoles 19 de abril de 2017, la ciudad de Manizales afrontó el mayor evento hidrológico de los que se tiene registro, con una magnitud de 156.2 mm de lluvia en cinco horas y media, situación que causó nuevamente una tragedia que cobró la vida de 17 personas, varias heridas, viviendas destruidas y algunas evacuadas por prevención, cierre de vías y afectación a líneas vitales de servicios públicos como agua potable, gas natural y energía eléctrica.

La Alcaldía de Manizales, Corpocaldas y otras entidades han entendido la problemática de la ciudad y han unido esfuerzos para que Manizales cuente con un Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas (SIMAC), dentro del cual se gestionan, operan y mantienen entre otras, redes hidrometeorológicas administradas por el Instituto de Estudios Ambientales-IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, y que funcionan en tiempo real, de tal manera que pueden ser asociadas a Sistemas de Alerta Temprana (SAT) por deslizamientos y/o inundaciones, que sirvan de soporte a las autoridades tomadoras de decisiones, tanto municipales como departamentales, en el marco de la Gestión del Riesgo de los Desastres ocasionados por eventos atmosféricos e hidrológicos.

MANIZALES, CIUDAD DE GRANDES DESAFÍOS

Manizales, ciudad de media montaña centro andina, se ha desarrollado urbanísticamente sobre un filo de la cordillera central colombiana en su vertiente occidental, sobre un brazo que se extiende en sentido oriente – occidente, con vista hacia la zona de volcanes que conforman el volcán del Ruiz y el volcán Cerro Bravo, entre otros (Mejía, 2003).

Las condiciones geográficas de la ciudad, sumadas a las climáticas (clima ecuatorial de montaña con régimen bimodal), a las geológico-tectónicas (atravesada por una red de fallas submeridianas pertenecientes al sistema de fallas de Romeral – amenaza sísmica alta) y a las geológico-vulcanológicas (determinadas por la proximidad de volcanes como el Nevado del Ruiz, Cerro Bravo y Santa Isabel que han influenciado la conformación de los suelos de la ciudad con aportes de cenizas volcánicas deleznable, han puesto de manifiesto, a lo largo del tiempo, remociones en masa por efectos de las lluvias abundantes que caracterizan la región -2.000 mm promedio anual-, terremotos que han sacudido la ciudad y erupciones volcánicas con emisiones piroclásticas hacia ella, especialmente ceniza y arena. (Mejía & Pachón, 2006); (Corpocaldas, 2010). Sin embargo, los deslizamientos de ladera (en una ciudad que ha crecido sin adecuado control en el uso del suelo urbano y ha terminado ocupando zonas vetadas por la naturaleza para asentamientos humanos) se han constituido en una de las problemáticas que más emergencias, pérdidas de vida y daños a bienes ha causado históricamente y que tiene a la

Mayor Información

lluvia (fuertes, largos y continuos aguaceros) como el principal factor detonante. (Mejía, Chardon, A-C., Londoño, J. P., & Estrada, J. H., 2005).

Dadas las condiciones de vulnerabilidad en la ciudad de Manizales, de los 1141 eventos desastrosos registrados entre 1917 y 2007, 972 -correspondientes al 85%- están asociados a deslizamientos (Corpocaldas, 2010).

Tabla 1.- Registros de desastres históricos. Manizales 1917 – 2007

Fuente: Adaptado de Desinventar. Inventario Histórico de Desastres. Proyecto Gestión Integral del Riesgo en Manizales. (Corpocaldas, 2010)

Periodos	Deslizamientos	Hidrológico meteorológicos	Sismos	Erupciones volcánicas	Antrópico tecnológico	Total
1917-1962	25	37	6	0	0	68
1963-1977	163	9	6	0	2	180
1978-1982	85	13	1	0	5	104
1983-1989	78	10	0	2	13	103
1990-1994	149	7	0	0	5	161
1995-1998	195	10	1	0	2	208
2002-2007	277	27	1	0	12	317
Total	972	113	15	2	39	1141
Porcentaje de eventos de este tipo sobre el total	85.2%	9.9%	1.3%	0.2%	3.4%	100%

Teniendo en cuenta que los deslizamientos son el tipo de eventos desastrosos más recurrentes en la ciudad, como se demuestra en numerosas publicaciones de prensa (La Patria, 2011; La Patria, 2013; La Patria, 2017) y académicas, como la tesis doctoral realizada en la ciudad por el holandés M. T. J. Terlien del ITC de Holanda en el año 1996, (en cuya investigación correlaciona la probabilidad de ocurrencia de deslizamientos con acumulados de lluvia en los últimos 25 días, que se denominó A25), se adoptó por el IDEA desde hace más de quince años un umbral asociado al A25 de 200 mm, lo que significa que un acumulado de lluvia durante 25 días cercano a los 200 mm incorpora una alta probabilidad de ocurrencia de deslizamientos (Terlien, 1996).

En el año de elaboración de dicha tesis, la ciudad sólo contaba con las estaciones de Agronomía (Cenicafé) y Aeropuerto La Nubia (IDEAM), de las cuales Terlien usó, para su trabajo, datos de la estación Agronomía (ubicada en el centro-oriente de la ciudad) -con 40 años de registros diarios al momento de la investigación (1956–1996)- con los cuales realizó correlaciones con suelos y eventos del sector norte de la ciudad (barrios Minitas, La Cumbre) a través de un modelo matemático hidrogeotécnico desarrollado por él. El A25, incorporado por el IDEA, fue adoptado por la Unidad de Gestión del Riesgo de Manizales (UGR) e, incluso, la misma directiva, posteriormente, le asoció rangos a los umbrales que permitirían determinar en un momento dado niveles de alerta temprana en la ciudad (Pachón G., Mejía F., & Zambrano N., 2018), como se muestra a continuación:

Tabla 2.- Niveles de alerta según indicador A25 adoptados por la UGR-Manizales. Fuente: Elaboración propia

Nivel de alerta	Rango A25
Amarilla	200 mm \leq A25 < 300 mm
Naranja	300 mm \leq A25 < 400 mm
Roja	A25 \geq 400 mm

Desde entonces, los reportes de las lluvias y del indicador A25 se generan diariamente y se remiten a diversas instancias como soporte para la toma de decisiones de las entidades y organismos encargados de manejar la gestión del riesgo de los desastres en la ciudad de Manizales.

PATRONES DE DISTRIBUCIÓN DE LA LLUVIA EN MANIZALES

En la región Andina, los patrones que mayor peso tienen en la distribución espacio-temporal de las lluvias son los vientos Alisios del Noreste que ingresan por el Atlántico, las masas de aire que ingresan por el Océano Pacífico y los aportes de humedad provenientes de la Amazonía. La distribución intra-anual de la precipitación está determinada por la ZCIT, franja donde convergen las corrientes de aire cálido y húmedo provenientes de los cinturones de alta presión de la zona subtropical de ambos hemisferios, dando origen a grandes masas de nubes y precipitaciones. La ZCIT se posiciona sobre la parte central de la región Andina entre los meses de marzo-junio y septiembre-diciembre de cada año, razón que explica el régimen bimodal de las lluvias, donde también se pueden diferenciar dos periodos semi-secos entre enero-febrero y julio-agosto (Jaramillo R., 2005), situación que se evidencia en estaciones meteorológicas de la ciudad en la figura siguiente.

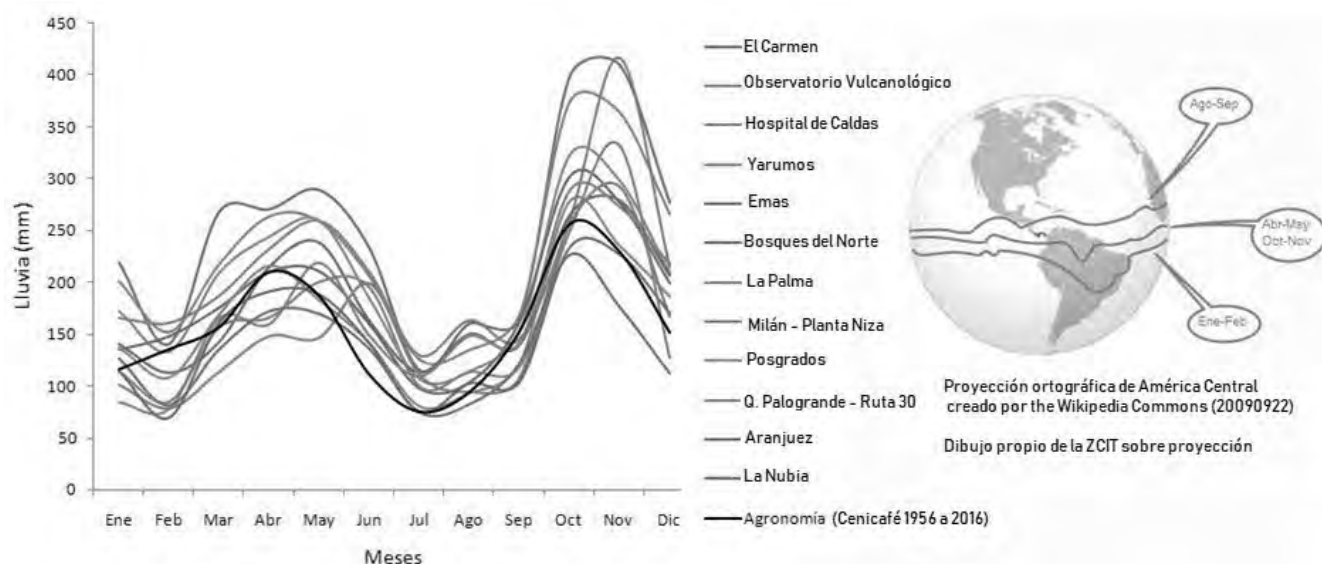


Figura 1.- Localización de la ZCIT y su influencia en estaciones de Manizales-Caldas

Fuente: Cálculos propios a partir de datos pluviométricos de la Red Hidrometeorológica de Manizales

A nivel local, la cantidad de lluvia está determinada por los sistemas de nubosidad asociados a la circulación del aire en cada vertiente y es función de la altitud, la orientación de las montañas (en el caso de Manizales, ubicada en un brazo de la cordillera central que se extiende de oriente a occidente, se facilita el acumulamiento de humedad proveniente del valle del río Cauca) y la actividad convectiva del lugar. (Oster, 1979).

RED DE MONITOREO HIDROMETEOROLÓGICO DE MANIZALES

La ciudad cuenta, entre otras, con una red telemétrica moderna conformada por quince (15) estaciones de monitoreo, trece (13) de ellas meteorológicas, una (1) hidrometeorológica y una (1) central, propiedad de la Alcaldía de Manizales, Central Hidroeléctrica de Caldas – CHEC S.A E.S.P., Empresa Metropolitana de Aseo – EMAS S.A E.S.P. y Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, con transmisión de datos cada cinco (5) minutos y operada por la Universidad a través del IDEA, con base en convenios interinstitucionales. Ver Tabla 3 y ubicación espacial en la Figura 2.

Tabla 3.- Listado de estaciones de la Red Hidrometeorológica de Manizales

Estación	Tipo	Año de instalación	Latitud N	Longitud W	Ubicación
Emas	M	1997	5° 4' 49,42"	75° 30' 32,19"	Relleno Sanitario La Esmeralda - EMAS S.A E.S.P
Posgrados	M	2002	5° 3' 21,86"	75° 29' 31,46"	Campus Palogrande Universidad Nacional, Bloque I
Observatorio Vulcanológico (antes Ingeominas)	M	2003	5° 4' 17.2"	75° 31' 27.5"	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales - Barrio Chipre
La Nubia	M	2003	5° 1' 44.1"	75° 28' 20"	Campus La Nubia Universidad Nacional, Bloque P
Yarumos	M	2004	5° 3' 47,6"	75° 28' 52,63"	Centro de Bioinformática y Biología Computacional - BIOS
El Carmen	M	2005	5° 3' 41"	75° 31' 11"	Centro Integral de Servicios Comunitarios-El Carmen
Aranjuez	M	2006	5° 2' 34.2"	75° 30' 1.6"	Institución Educativa Aranjuez
Bosques del Norte	M	2006	5° 4' 59"	75° 29' 19"	Institución Educativa Bosques del Norte
La Palma	M	2006	5° 5' 45.5"	75° 31' 45.9"	Hospital Geriátrico San Isidro
Hospital de Caldas	M	2007	5° 3' 46.6"	75° 30' 2.1"	S.E.S Hospital de Caldas
Quebrada Palogrande - Ruta 30	HM	2008	5° 3' 30.58"	75° 30' 15.07"	Lava Autos Ruta 30
Milán – Planta Niza	M	2009	5° 3' 11.16"	75° 28' 32.16"	Planta de Tratamiento Niza - Aguas de Manizales

Mayor Información

					S.A. E.S.P
Alcázares	M	2010	5° 4' 0.2"	75° 31' 39.9"	Instituto de Valorización de Manizales INVAMA
CHEC – Uribe	M	2011	5° 3' 6.95"	75° 32' 6.14"	Sede Administrativa Estación Uribe - CHEC S.A. E.S.P
Convenciones: M: Meteorológica; H: Hidrometeorológica					

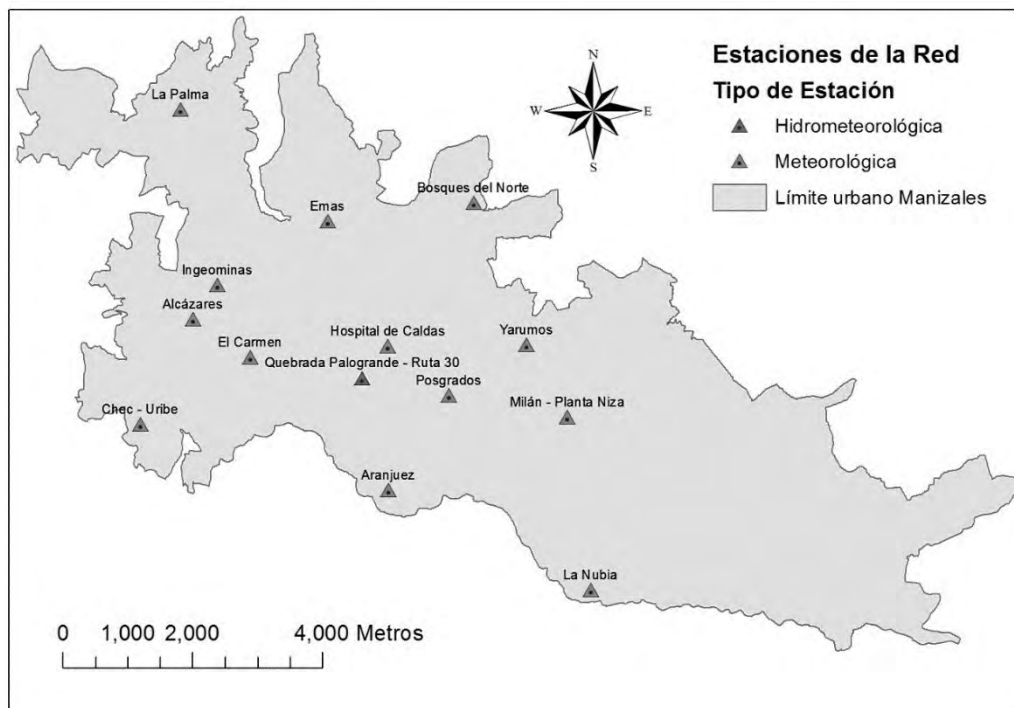


Figura 2.- Localización estaciones de la Red hidrometeorológica de Manizales
Fuente: elaboración propia

EVENTOS DE LLUVIA DEL 18 Y 19 DE ABRIL DE 2017 EN MANIZALES

El día 18 de abril de 2017, pasadas las 19:45 horas se registró en toda la ciudad un evento de lluvia con diferentes magnitudes (fluctuantes entre 5.2 mm en la estación Milán-Planta Niza y 60.6 mm en La Palma), duraciones (entre 55 minutos en La Nubia y dos horas y media en La Palma) e intensidades (entre 5.2 mm/h en Milán-Planta Niza y 28.1 mm/h en EMAS). Esta información se basa en los datos obtenidos en cada una de las catorce estaciones de la red mencionada.

El siguiente día, 19 de abril, recién pasada la medianoche (00:38) se inició un nuevo evento de lluvia que se prolongó en algunos sectores de la ciudad hasta las 06:53 de la mañana; este nuevo evento fue aún más intenso y de mayor magnitud que el mencionado anteriormente, en los sectores Centro, Centro Sur y Norte (estaciones Hospital de Caldas, Liceo Isabel La Católica, Q. Palogrande-Ruta 30, Yarumos y Q. El Guamo-Lavadero Los Puentes), con valores de magnitudes en milímetros de 156.2, 145.5, 143.6, 103.2 y 102 respectivamente, alcanzando cifras record por encima de los 150 mm para la ciudad. Además, se alcanzaron registros importantes de intensidad media con una máxima de 28.8 mm/h en la

Mayor Información

estación Hospital de Caldas y de intensidad máxima en 5 minutos de 134.4 mm/h en Q. El Guamo-Lavadero Los Puentes, muy cercano éste al valor histórico de 140 mm/h obtenido en octubre 27 de 2010 en la estación Observatorio Vulcanológico (sector Occidente).

Tabla 4.- Registro de eventos aislados abril 18 y 19 de 2017 en Manizales

Estaciones	Fecha Inicio - Fin	Hora inicio	Hora fin	Duración (hh:mm:ss)	Magnitud (mm)	Intensidad media (mm/h)	Intensidad máx. en 5 minutos (mm/h)
Alcázares	2017-04-18	19:51:03	22:06:09	2:15:06	54.2	24.1	81.6
	2017-04-19	0:46:17	6:11:32	5:25:15	55.4	10.2	57.6
Aranjuez	2017-04-18	20:11:17	21:41:13	1:29:56	32.4	21.6	74.4
	2017-04-19	0:51:25	6:41:39	5:50:14	85.2	14.6	62.4
Bosques del Norte	2017-04-18	20:06:18	22:21:46	2:15:28	15.2	6.7	26.4
	2017-04-19	0:56:30	1:36:30	0:40:00	2.6	3.9	7.2
	2017-04-19	2:16:44	6:52:13	4:35:29	45.2	9.8	62.4
El Carmen	2017-04-18	19:51:49	21:56:55	2:05:06	44.6	21.4	79.2
	2017-04-19	0:42:05	6:12:20	5:30:15	59.6	10.8	57.6
Emas	2017-04-18	19:56:55	21:27:04	1:30:09	42.2	28.1	62.4
	2017-04-19	0:37:18	6:07:50	5:30:32	24.8	4.5	26.4
La Nubia	2017-04-18	20:57:06	21:52:17	0:55:11	10.0	10.9	31.2
	2017-04-19	0:47:17	1:12:17	0:25:00	2.0	4.8	7.2
	2017-04-19	1:47:16	6:37:42	4:50:26	74.4	15.4	88.8
Hospital de Caldas	2017-04-18	20:07:27	21:57:12	1:49:45	33.2	18.2	67.2
	2017-04-19	0:42:22	6:08:02	5:25:40	156.2	28.8	117.6
Observatorio Vulcanológico	2017-04-18	19:52:11	22:17:28	2:25:17	59.8	24.7	91.2
	2017-04-19	0:47:29	5:52:51	5:05:22	80.6	15.8	105.6
Milán-Planta Niza	2017-04-18	20:57:42	21:57:43	1:00:01	5.2	5.2	19.2
	2017-04-19	0:52:42	1:27:43	0:35:01	7.0	12.0	40.8
	2017-04-19	1:57:42	6:38:09	4:40:27	77.6	16.6	93.6
La Palma	2017-04-18	19:47:48	22:17:35	2:29:47	60.6	24.3	129.6
	2017-04-19	0:47:46	6:22:52	5:35:06	15.2	2.7	7.2
Posgrados	2017-04-18	20:07:47	21:53:06	1:45:19	26.8	15.3	64.8
	2017-04-19	0:38:00	6:53:30	6:15:30	89.2	14.3	98.4
Q. Palogrande-Ruta 30	2017-04-18	20:02:49	21:53:10	1:50:21	35.2	19.1	93.6
	2017-04-19	0:38:04	6:43:06	6:05:02	143.6	23.6	96.0
Yarumos	2017-04-18	20:37:44	21:57:57	1:20:13	7.8	5.8	14.4
	2017-04-19	0:53:11	1:27:57	0:34:46	5.8	10.0	19.2
	2017-04-19	1:53:42	6:33:14	4:39:32	103.2	22.2	115.2
Liceo Isabel La Católica	2017-04-18	19:54:28	21:59:54	2:05:26	52.8	25.3	102.0
	2017-04-19	0:44:55	6:10:49	5:25:54	145.5	26.8	132.0
Q. El Guamo-	2017-04-18	20:01:24	22:11:53	2:10:29	23.2	10.7	36.0

Mayor Información

Lavadero Los Puentes	2017-04-19	0:48:29	6:15:39	5:27:10	102.0	18.7	134.4
-----------------------------	------------	---------	---------	---------	-------	------	-------

Si se observan los registros del A25 en la tabla siguiente (Tabla 5), para el día 18 de abril, el valor más alto se presentó en la estación Observatorio Vulcanológico con 172.6 mm y para el día 19 de abril el registro máximo alcanzó los 315.6 mm en la estación Q. Palogrande – Ruta 30, precisamente, en uno de los sectores con mayores afectaciones y damnificados de la ciudad. Pero, aunque los valores técnicamente están en el rango del umbral de alerta amarilla y naranja (7 estaciones superaron el umbral de los 200 mm el día 19 de abril), según los rangos de la Tabla 2, la ciudad fue decretada en alerta roja y en estado de calamidad por la intensidad del evento.

Tabla 5.- Registro de lluvias diarias y A25 abril 18 y 19 de 2017 en Manizales

Día	martes, 18 de abril de 2017		miércoles, 19 de abril de 2017	
	Lluvia diaria (mm)	A25 (mm)	Lluvia diaria (mm)	A25 (mm)
Alcázares	54.6	158.0	56.6	214.2
La Palma	60.8	143.0	31.0	170.6
Observatorio Vulcanológico	60.0	172.6	81.8	248.0
El Carmen	44.6	122.2	60.4	182.4
Emas	44.0	138.8	26.2	152.0
Q. Palogrande-Ruta 30	37.6	147.4	171.2	315.6
Hospital de Caldas	35.8	119.8	170.2	283.8
Aranjuez	33.8	149.8	104.0	253.8
Posgrados	28.2	119.2	116.2	231.6
Bosques del Norte	17.2	120.4	51.2	171.4
Yarumos	10.4	127.6	117.2	243.6
Milán-Planta Niza	7.6	108.2	89.6	196.8
La Nubia	11.2	86.4	80.4	166.8

En años anteriores el indicador A25 ha servido de base para emitir alertas oportunas por deslizamientos en la ciudad de Manizales. Sin embargo y por lo anterior, dadas las condiciones extremas de los eventos registrados (altas magnitudes, intensidades y duraciones) que, por supuesto, no eran previsibles, se generó un caos en la ciudad por la presencia de múltiples movimientos de tierra, flujos de lodo, asentamientos, empalizadas, etc., en varios sectores de la capital caldense, que ocasionaron la pérdida de vidas de 17 personas y el cierre parcial y/o total de varias vías principales, situación que obligó a decretar, por parte de la Secretaría de Educación, la suspensión de actividades académicas y administrativas en todos los planteles educativos públicos y privados y a adoptar las medidas necesarias de precaución para la movilidad en la ciudad.

Cabe anotar que la información de precipitaciones se divulga a las autoridades a partir de reportes diarios, pero ese 19 de abril, por las circunstancias de emergencia vividas, se emitieron reportes adicionales desde las horas de la madrugada.

No sobra agregar que en Manizales han ocurrido anteriormente eventos extremos de este tipo que han causado también graves daños y pérdidas de vidas, ver Tabla 6. Sin embargo, se puede observar en dicha tabla que ninguno de los valores relacionados allí supera la magnitud máxima del evento registrado el 19 de abril de 2017 y el valor de intensidad media máximo de 28.8 mm/h sólo fue superado en diciembre 03 de 2003 (40.1 mm/h) y noviembre 14 de 2008 (36.4 mm/h).

Tabla 6.- Otros eventos hidrometeorológicos extremos en Manizales

Fecha evento	Zona de la ciudad	Duración (horas)	Magnitud (mm)	Intensidad media (mm/h)	Intensidad máxima en 5 minutos (mm/h)	A25 (mm)
2003-03-18 y 19	Centroriente y Noroccidente	4 a 6	81 a 145.8	27.3	124.8	196.3 a 256
2003-10-28 y 29	Centroriente y Noroccidente	5 a 10	34 a 129.8	18.7	87.0	303.5 a 409.8
2003-12-03 y 04	Sur, Centroriente y Noroccidente	0.5 a 1.75	12.2 a 36.6	40.1	94.4	203.6 a 291.8
2005-06-10	Occidente	3.8 a 7.4	46 a 149.9	20.0	91.4	291 a 379.5
2008-11-14 y 15	Centroriente y Nororiente	10 a 12.75	82.4 a 142.8	18.4	79.2	238 a 320.4
	Occidente y Noroccidente	7.25 a 10.6	34.6 a 80.8	36.4	73.1	217.6 a 314
	Sur y Suroriente	10 a 11	53.2 a 61.2	21.6	81.6	158.2 a 251
2011-11-04 y 05	Occidente	3.9	64 a 66.3	16.6	97.6	357 a 397.3

CONCLUSIONES

Lo ocurrido con el evento extremo y los valores del A25, reafirma la idea de investigar más exhaustivamente los dos fenómenos: el de la lluvia acumulada que incrementa el nivel de aguas freáticas y por lo tanto, la presión de poros, contribuyendo a desestabilizar las laderas –relacionado con el A25- y a generar movimientos en masa; y el de eventos muy intensos que generan una alta escorrentía súbita y por lo tanto, flujos torrenciales que arrastran todo a su paso con gran energía (tierra, piedras, árboles, etc.). Estos flujos torrenciales se han presentado en tantos otros sitios del país con resultados catastróficos como el de Mocoa, ocurrido apenas unos días antes del de Manizales (01 de abril de 2017), pero con consecuencias devastadoras por la cantidad de muertos, lo que pone al mundo académico nacional ante la necesidad de profundizar en estas investigaciones.

Los 156,2 milímetros de lluvia registrados durante cinco horas y media en la ciudad, podrían ser una consecuencia del cambio climático, si se recuerda que en lo que va corrido del siglo XXI, en Manizales se han registrado cerca de cinco aguaceros sobre los 140 milímetros de lluvia, que es lo que cae regularmente en un mes en temporada de lluvias en la zona Andina del país.

La situación de emergencia que enlutó a varias familias de la ciudad, descubre una realidad que es común a muchas ciudades del país y que se relaciona estrechamente con la pobreza, que ha derivado en asentamientos informales en zonas de ladera altamente susceptibles a deslizarse y aunado a graves

Mayor Información



problemas en el ordenamiento del territorio urbano a través de la historia, por no mencionar sino unos de los varios aspectos inmersos en esta compleja temática.

Manizales cuenta con varias redes de monitoreo hidrometeorológico, entre ellas una asociada a SAT por deslizamientos -con base en precipitaciones acumuladas-, operada y mantenida hace 20 años por la U.N. sede Manizales, que funciona en tiempo real y que es administrada por expertos en el tema. Este sistema es el soporte para que las autoridades municipales tomen decisiones en el marco de la gestión del riesgo de los desastres ocasionados por eventos atmosféricos e hidrológicos; sin embargo, tener un sistema de monitoreo y alerta, y una buena gestión del riesgo, que incluye componentes estructurales como construcción de obras hidráulicas, de estabilidad de laderas, corrección de cauces y control de la erosión, fortalecidos a su vez, por programas socioculturales como el de las Guardianas de La Ladera (compuesto por madres cabezas de familia), no evita que se presenten emergencias por fenómenos naturales extremos sobre los cuales no se tiene control, pero si no se tuviera, las consecuencias serían aún más graves.

La gestión del riesgo requiere del trabajo conjunto entre las entidades públicas y privadas, la academia y la comunidad en general, buscando siempre una mejor calidad de vida y avance hacia el desarrollo sostenible.

REFERENCIAS

Corpocaldas. (2010). *Proyecto Gestión Integral del Riesgo en Manizales. Módulo 1. Identificación del riesgo*.

Obtenido de <http://www.corpocaldas.gov.co/images/noticias/re/03->

Anexo_ID%20_01%20Proy%20Gesti%F3n%20Integral%20del%20Riesgo%20Manizales.pdf

Jaramillo R., A. (2005). *Clima andino y café en Colombia*. Chinchiná: Cenicafé.

La Patria. (07 de 11 de 2011). Deslizamientos históricos de Manizales.

La Patria. (06 de 11 de 2013). La Patria. 48 vidas imborrables del barrio Cervantes. Obtenido de

<http://www.lapatria.com/manizales/48-vidas-imborrables-del-barrio-cervantes-47729>

La Patria. (19 de 04 de 2017). Personas muertas, viviendas desalojadas e inundaciones, saldo de las lluvias de la madrugada en Manizales.

Mejía, F. (2003). Red de Estaciones Meteorológicas del Municipio de Manizales - Caldas (Colombia). *Revista el Cable*. ISSN: 0124-7859.

Mejía, F., Chardon, A-C., Londoño, J. P., & Estrada, J. H. (2005). Zonificación de riesgos por deslizamientos en áreas urbanas andinas. Instrumentos de ayuda a la toma de decisión en procesos de ordenamiento territorial. FASE 1. *Instrumentación pluviométrica, caracterización morfométrica e identificación de factores preliminares de vulnerabilidad de contexto relevantes*. Convocatoria multidisciplinaria DIMA 2005-2007. Manizales, Colombia: Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales.

Mejía, F., & Pachón, J. A. (2006). Monitoreo del clima para prevención de desastres en Manizales – Caldas (Colombia). *Revista Agenda Ciudadana del Medio Ambiente*. Manizales – Caldas. p. 35 – 45.

Mayor Información



Sociedad Colombiana
de Ingenieros



Sociedad Tolimense
de Ingenieros

**XXIII Seminario
Nacional
DE HIDRÁULICA E HIDROLOGÍA**

Oficina Municipal para Prevención y Atención de Desastres de Manizales – OMPAD. (2003). Balance general de emergencias ocurridas en Manizales en el año 2003.

Oster, R. (1979). Las Precipitaciones en Colombia. *Revista Geográfica*, 147.

Pachón G., J. A., Mejía F., F., & Zambrano N., J. (Marzo de 2018). Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas - SIMAC. *Red de estaciones meteorológicas e hidrometeorológicas automáticas de Manizales(145)*, 15. Manizales, Caldas, Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

Terlien, M. (1996). Modelling Spatial And and Temporal Variations In Rainfall-Triggered Landslides. *ITC (32)*.

Mayor Información

Comisión Técnica Permanente
de Ingeniería de Recursos Hídricos

 57 (1) 5550520  logistica@sci.org.co