



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA

**SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS -
SIMAC**

SIMAC
SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS

**Boletín climatológico TRIMESTRAL
-cuarto trimestre de 2018-**



Enero de 2019



Boletín climatológico TRIMESTRAL -cuarto trimestre de 2018-

Documento producido por el Instituto de estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, con la participación de:

Jeannette Zambrano Nájera, I. C., Ph. D., Directora del IDEA, Directora del SIMAC y Profesora del departamento de Ingeniería Civil

Fernando Mejía Fernández, I. C., M. Sc., Profesor jubilado U. N., Asesor del IDEA

John Alexander Pachón Gómez, I. C., Esp., Operador de redes de monitoreo en el SIMAC

Julián David Sánchez, I. C. Esp., Operador de redes de monitoreo en el SIMAC

Lorena Giraldo Gómez, I. IND., Operador de redes de monitoreo en el SIMAC

En representación del IDEA y de su grupo de trabajo:



Grupo de trabajo académico en
Ingeniería Hidráulica y Ambiental



1 PRESENTACIÓN

El Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas SIMAC que maneja el Instituto de Estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales y que es financiado y respaldado por entidades del orden regional y municipal como Corpocaldas, Gobernación de Caldas, Alcaldía de Manizales, CHEC – EPM, Aguas de Manizales y la Empresa Metropolitana de Aseo EMAS, incluye la operación y el mantenimiento de diversas redes de monitoreo (hidrometeorológico, sísmico, de calidad del aire y de aguas subterráneas), lo cual permite la obtención sistemática de información abundante y valiosa en tiempo real sobre variables físicas asociadas a esos fenómenos, información que evidentemente es de interés para autoridades y tomadores de decisión del departamento de Caldas y del municipio de Manizales en temas cruciales como la planificación territorial, la ordenación ambiental y la gestión integral del riesgo de desastres, pero también, entre otros, es de interés de la comunidad en general como actora fundamental de estos procesos.

Pensando en ello, se presenta aquí el **cuarto boletín climatológico trimestral del SIMAC para el año 2018 (meses de octubre, noviembre y diciembre)**, con el análisis del comportamiento de las lluvias y las temperaturas en Manizales a partir de la información meteorológica recogida de las redes de estaciones de monitoreo de esas variables y que constituyen un número importante, con el fin de mejorar y ampliar la información sobre el tema y de paso contribuir a la formación básica de los ciudadanos sobre el mismo. Se espera una buena acogida a este boletín y comentarios sobre su estructura y contenido, de manera que podamos expedir los siguientes con mejoras sugeridas por los lectores.

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS

2 INTRODUCCIÓN

2.1 ¿Qué ilustra este boletín?

Un boletín climatológico como el aquí presentado busca ilustrar la manera como, en un tiempo determinado (en este caso, los últimos tres meses monitoreados), se han comportado algunos de los principales elementos o variables físicas que determinan **el clima** de un lugar, con base en el análisis histórico estadístico de los datos que sobre el estado del tiempo atmosférico suministran aquellas redes de estaciones que miden dichas variables.

Comúnmente, con el propósito de facilitar dicho análisis, se analizan las variaciones de la **temperatura** y de la **precipitación** (en nuestro caso, la lluvia) tal como se hace en este boletín, que finalmente se complementa con información a una escala mayor (meso escala) obtenida del IDEAM (entidad rectora del monitoreo ambiental en Colombia) y del CIIFEN (Centro internacional para la investigación del fenómeno del Niño) sobre las manifestaciones actuales o en el futuro



cercano de fenómenos extraordinarios de variabilidad climática que nos afectan de manera importante y por ello nos interesan, como sucede en particular con el Fenómeno del Niño en sus fases Niño o Niña.

2.2 ¿Qué se tiene en Manizales y Caldas en cuanto a estaciones de monitoreo hidrometeorológico?

En el departamento de Caldas el SIMAC incluye siete (7) redes de estaciones modernas automáticas -con ochenta y cuatro (84) estaciones transmisoras- que monitorean diversas variables y entre ellas la temperatura y la precipitación cada cinco (5) minutos y tele transmiten esos datos a estaciones centrales en tiempo real ^{1, 2, 3, 4, 5, 6}. De esas estaciones, cerca de la mitad se localiza en Manizales como capital del departamento que se ve afectada recurrentemente y en mayor proporción que otras zonas por deslizamientos de ladera y avenidas torrenciales en corrientes urbanas y en donde, por su extensión, topografía y densidad poblacional, los efectos son con alguna frecuencia catastróficos. De ahí el esfuerzo de la Alcaldía de Manizales, de Corpocaldas y otras entidades por contar con estas redes en su territorio urbano y rural. Por esta razón, las estaciones que pertenecen a la primera red de Manizales son las que contienen mayor y mejor cantidad de datos.



¹ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 96 (2011). Análisis de la variabilidad espacial y temporal de la precipitación sobre la ciudad de Manizales.

² Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 144 (2018). Red de Estaciones Meteorológicas e Hidrometeorológicas Automáticas en el Parque Nacional Natural Los Nevados.

³ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 145 (2018). Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas - SIMAC (primera Parte).

⁴ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 146 (2018). Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas - SIMAC (segunda Parte).

⁵ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 147 (2018) Red de estaciones meteorológicas, hidrometeorológicas, de alerta y alarma (SAT) de las quebradas Manizales, El Guamo y Olivares ubicadas en el municipio de Manizales.

⁶ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín Ambiental 137 (2017). Sistema de Información ambiental departamento de Caldas. Manizales.

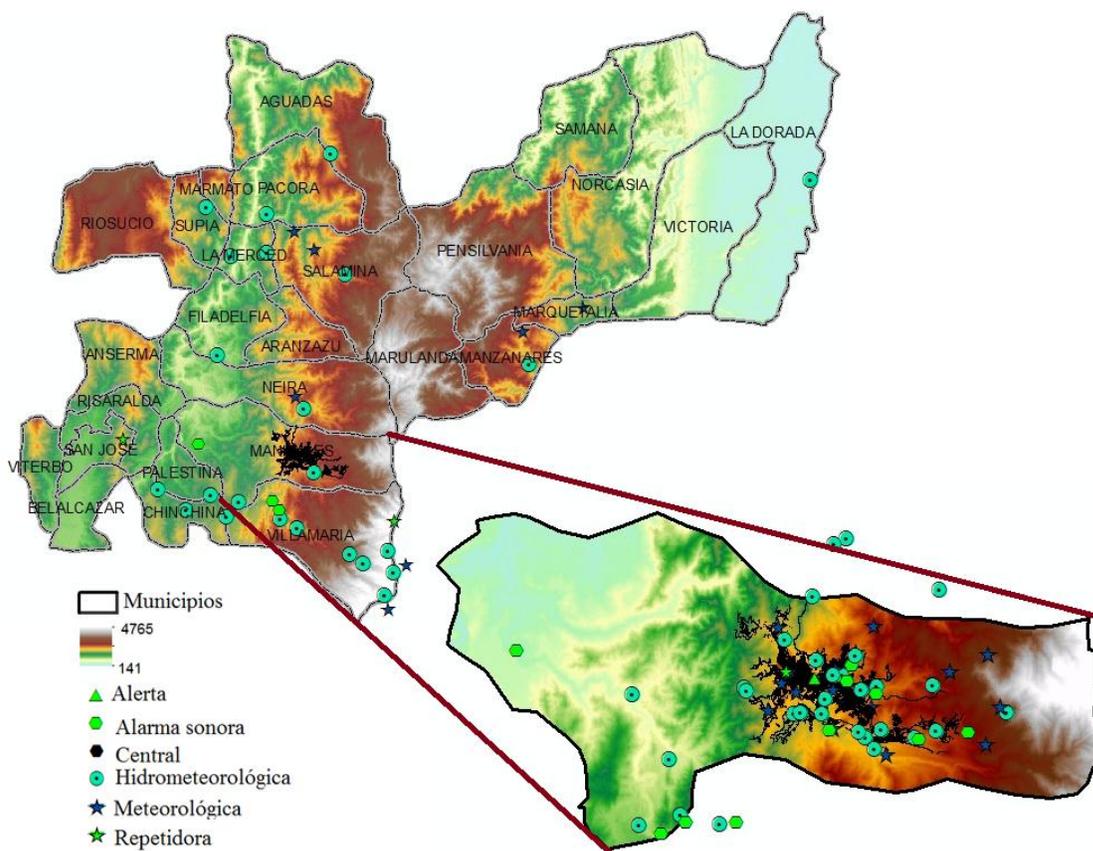


Figura 1. Localización estaciones hidrometeorológicas en el departamento de Caldas

Adicionalmente, Caldas cuenta con cerca de ochenta estaciones más, con énfasis en las que posee el Centro Nacional de investigaciones de Café – Cenicafé- de la Federación Nacional de Cafeteros de Colombia (con registros de precipitación especialmente) y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM- de Minambiente, repartidas en todo su territorio que, aunque faltan zonas del departamento por cubrir, proporcionan valiosa información.

2.3 ¿Qué se hace con esta información?

Se divulga en tiempo real en la página web del IDEA (<http://cdiac.manizales.unal.edu.co/sistema-alerta-temprana/MapaManizales/>) y se le hace un análisis preliminar que permite generar reportes diarios con registros de precipitación, temperatura y niveles del agua en las corrientes monitoreadas, de todas las estaciones que se tienen, además de indicadores que se obtienen del análisis aritmético y estadístico de esos datos diarios, entre ellos el A25, del cual se hablará más adelante. Estos reportes son enviados diariamente a autoridades y otras personas que tienen interés en ellos y le dan uso para diversos fines (con énfasis en la gestión del riesgo) pero el grueso



de la información (una cantidad importante de datos día a día, mes a mes, año a año) es almacenada en una Bodega de Datos de manera ordenada y que se encuentra disponible para usuarios y en especial para investigadores en estas áreas en el link:

(<http://cdiac.manizales.unal.edu.co/IDEA/index.php>). Del análisis estadístico de esa información surgen productos como los que se incluyen en este boletín y se incluirán en los siguientes.

The screenshot displays the CDIAC website interface. At the top is a map of the Caldas department in Colombia, with various municipalities labeled. Below the map is a navigation bar with buttons for: INICIO, FUENTES DE DATOS, ESTRUCTURA DE DATOS, RESULTADOS, ENLACES DE INTERÉS, PUBLICACIONES, PERSONAS, and CONTACTO. Below the navigation bar is the CORPOCALDAS logo and three main service sections:

Generador de indicadores climatológicos	Sistema de consultas	Sistema de filtrado y cargue de datos
Acceso público	Acceso con autorización	Acceso con autorización
Indicadores Meteorológicos e Hidrometeorológicos Indicadores de Calidad del Aire	Este sistema de acceso para personal autorizado es utilizado para obtener los datos brutos medidos por las estaciones ambientales.	Este es un sistema que administra los parámetros de filtración y cargue de los datos originales a la bodega de datos que centraliza la información.

Citación: CDIAC - Centro de Datos e Indicadores Ambientales de Caldas, Universidad Nacional de Colombia and Corpocaldas, 2015. [Online]. Available: <http://cdiac.manizales.unal.edu.co/>. [Accessed: 17-4-2018].

Figura 2. Visualización páginas web Estado del Tiempo y CDIAC



2.4 ¿Cómo entender lo que muestran esos reportes diarios y este boletín trimestral?

La **precipitación**, como aquí se interpreta –teniendo en cuenta que también se denomina precipitación a la nieve, el granizo y otros-, es la cantidad (magnitud) de **lluvia** (agua líquida en forma de gotas) que cae en un sitio, medida en milímetros (mm), utilizando un instrumento de medida llamado **pluviómetro**. Un (1) mm de lluvia corresponde a la acumulación en un (1) metro cuadrado (m^2) de terreno de un (1) litro (l) de agua. Aunque existen varios tipos de pluviómetros y entre ellos el más común es el pluviómetro totalizador diario (que mide la lluvia caída durante un día), en las redes de monitoreo que maneja el SIMAC se utiliza un pluviómetro electrónico que incluye unas cazoletas en un balancín con capacidad de 0,2 mm de lluvia y que permite contar electrónicamente el número de veces que la cazoleta se voltea para vaciar los 0,2 mm. Simultáneamente, está midiendo el tiempo que pasa entre uno y otro “cazoletazo”. Así, se sabe cuánta lluvia ha caído en mm en cinco (5) minutos, y eso se registra en una hoja de datos, todo automáticamente y en tiempo real. Es decir, lo que llueve en los últimos cinco minutos se sabe inmediatamente después.

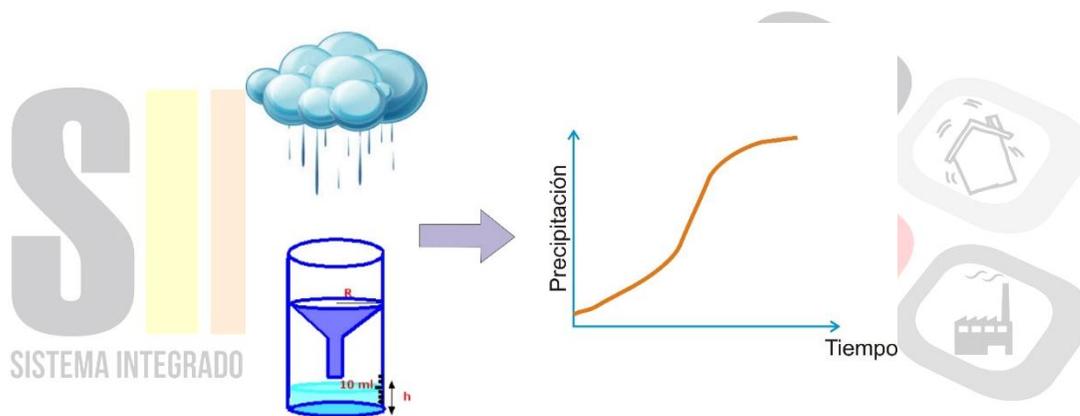


Figura 3. Medición de la precipitación

Sin embargo, la **magnitud** de la precipitación en mm no es la única variable que caracteriza la lluvia en un sitio, porque el proceso de medición descrito atrás permite conocer simultáneamente la **intensidad** de la lluvia, al dividir la magnitud de la lluvia en mm por el intervalo de medición (5 minutos) expresado en horas. Es decir, si se miden 15 mm en treinta minutos, en ese tiempo la lluvia tuvo una magnitud de 15 mm y una intensidad de $15 * 60/30 = 30 \text{ mm/hora}$, porque es claro que, si en 30 minutos caen 15 mm, si siguiera lloviendo así durante toda la hora caerían 30 mm. Este parámetro intensidad es frecuentemente más importante que la misma magnitud.

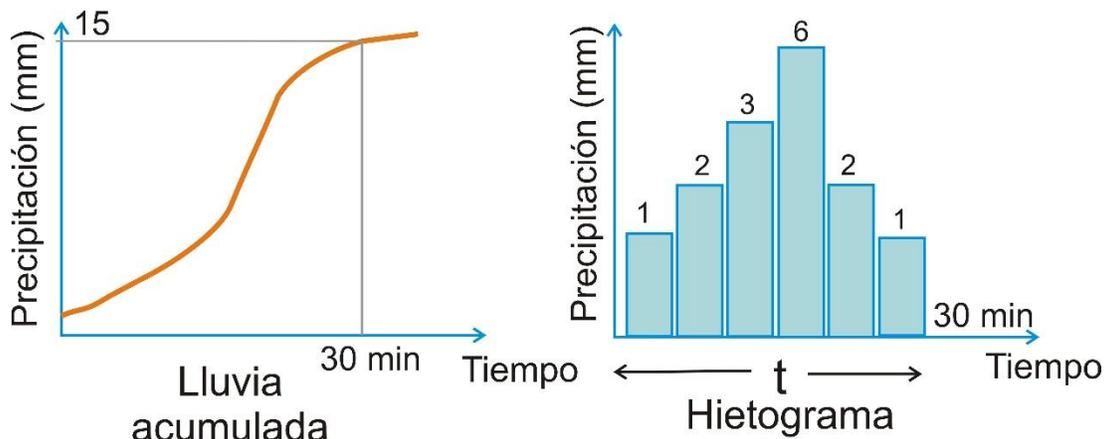


Figura 4. Representación de la precipitación

El pluviómetro electrónico permite también medir el tiempo que transcurre desde que comienza una lluvia (por ejemplo, un aguacero) hasta que termina, lo que detalla un tercer parámetro asociado a la medición de la precipitación como es la **duración** de la lluvia, expresada generalmente en horas o fracción de horas. También puede, sin embargo, expresarse en minutos cuando esta es muy corta.

Lo anterior facilita la representación gráfica de la manera como varía en el tiempo una lluvia, que con frecuencia empieza a manifestarse con unas gotas, luego se intensifica, luego disminuye, luego pareciera que termina, pero vuelve a arreciar, y así, hasta que se acaba. A esto se le denomina la representación gráfica en diagrama de barras de la variación en el tiempo (o temporal) de una lluvia aislada, conocida como el **hietograma** (o yetograma), que termina constituyéndose en otra característica muy importante de una lluvia.

Si se suma aritméticamente la magnitud de las lluvias caídas durante un día completo (medido desde las 0 horas hasta las 24 horas) se tiene la lluvia acumulada diaria, o **lluvia diaria, en mm**. Esta suma la hace también automáticamente el sistema de medición empleado en el SIMAC.

A la magnitud de la lluvia se le llama **P**, mm; a la intensidad de la lluvia se le llama **i**, mm/h, y a la duración de la lluvia se le llama **t**, h, o min.

En el reporte diario que se hace desde el SIMAC para cada red de monitoreo y para cada estación que la conforma aparece entonces la magnitud de la lluvia diaria caída cada día en cada una de las estaciones.

Sin embargo, aparece también un indicador de la lluvia acumulada en los últimos 25 días denominado el **A25** (producto de investigaciones realizadas en Manizales tiempo atrás a partir de las características de los suelos de Manizales y de las lluvias que se presentan allí) y que es un insumo técnico para el Consejo Municipal de Gestión del Riesgo de Desastres de Manizales, para la declaración de alertas tempranas para el municipio con base en umbrales de alerta definidos a partir de las mencionadas investigaciones. Así, cuando este indicador marca 200 mm se tiene la



posibilidad de decretar alerta amarilla, si marca 300, alerta naranja, y si marca 400, alerta roja. Eso lo determina exclusivamente dicho Consejo.

El monitoreo de la lluvia, como se deduce de lo explicado atrás, es fundamental para la gestión del riesgo de los desastres causados por eventos extremos de precipitación, deslizamientos de laderas, movimientos en masa, flujos torrenciales, crecidas, inundaciones y, en fin, varias de las consecuencias de los fenómenos naturales que hacen parte del ciclo del agua en el planeta. Pero, además, este monitoreo continuo permite contar con datos históricos que son indispensables, por ejemplo, para el diseño de obras hidráulicas de todo tipo, como los acueductos, los alcantarillados urbanos, los sistemas de drenaje de una vía, los puentes, las plantas hidroeléctricas y otras tantas, vitales para garantizar el bienestar de las comunidades y el desarrollo sostenible de las regiones y del país. También, son necesarios esos datos para la agricultura, el mejor conocimiento de fenómenos asociados a la variabilidad climática (como el Fenómeno del Niño) y el cambio climático (para adaptarnos mejor a él) y para el mejor conocimiento del entorno geográfico ambiental de una región, entre otras utilidades.

Ahora, en relación con la **temperatura ambiente**, el asunto es más sencillo pues ésta se mide en cada estación con un **termómetro** electrónico que reúne ciertas condiciones para su empleo (por ejemplo, que mide sin interferencia de los rayos solares, ni del viento), que usa como unidad de medida el **GRADO CELSIUS** o grado centígrado y que se expresa en **°C** (nota: debería utilizarse el KELVIN, la unidad de medida de la temperatura del Sistema Internacional de medidas, pero acostumbrarnos a ella tardará todavía un tiempo por el uso largo y continuado que se ha hecho del Grado Celsius).

Así, en el reporte diario que se hace desde el SIMAC para cada red y para cada estación se registra la temperatura alcanzada allí cada día, pero como ésta es muy variable durante un día cualquiera, se ilustra ella con los valores **máximo** (la temperatura más alta registrada ese día), **mínimo** (la temperatura más baja registrada ese día) y **medio** (el promedio aritmético de las temperaturas registradas ese día).

Aquí también es claro que monitorear la temperatura ambiente de una zona o región garantiza, por ejemplo, conocer los efectos del cambio climático en el uso del suelo, en las prácticas agrícolas, en el confort ciudadano, en las técnicas arquitectónicas modernas, entre tantas otras cosas.

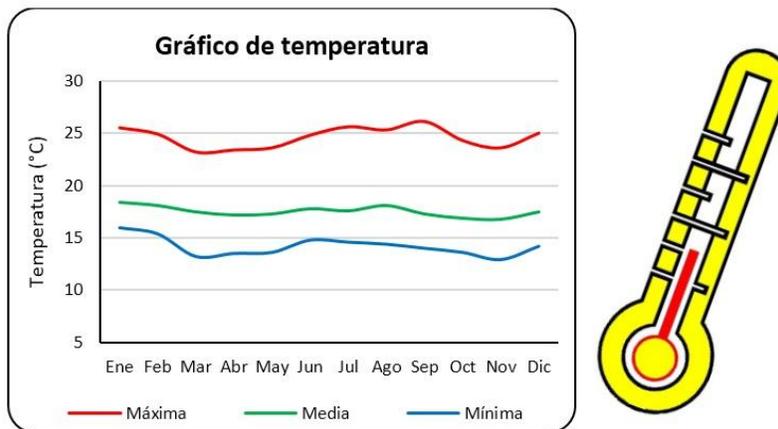


Figura 5. Representación de la temperatura y termómetro para medir la variable

Y en cuanto al **nivel del agua** en los ríos y quebradas, que se denota como **Z**, este se define como la distancia vertical, expresada en metros, entre la superficie del agua (en un momento dado y sobre una sección recta del río o quebrada donde se está haciendo la medida) y un nivel de referencia fijado artificialmente por debajo del lecho del río que se llama el **Datum**. Esta medida se hace indirectamente utilizando un instrumento de medida denominado **sensor de nivel**, el cual mide electrónicamente (usando tecnología láser o ultrasonido) la distancia vertical entre el sensor y la superficie del agua, que se denota como **L**. Como la ubicación del sensor y del Datum son fijas, la distancia entre ellos también se conoce y se denomina **Tara**, de tal forma que el nivel corresponde a la diferencia aritmética entre la Tara y L ($Z = \text{Tara} - L$), como se muestra en la figura siguiente (Figura 6):

SISTEMA INTEGRADO

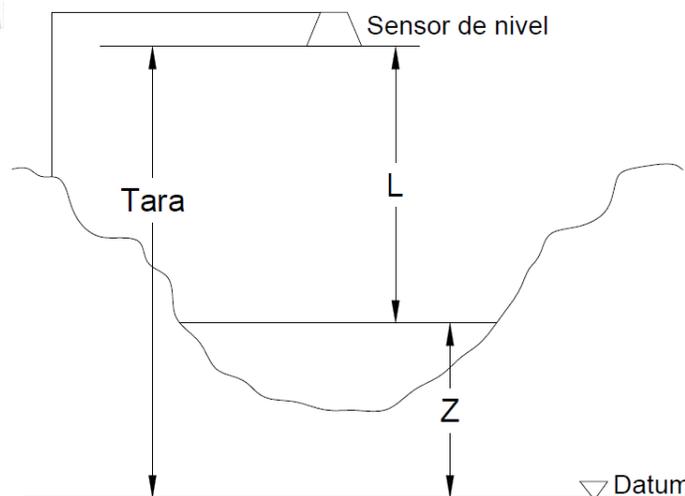


Figura 6. Esquema de medida del nivel Z en una corriente usando un sensor de nivel

En los reportes diarios de niveles que se hacen desde el SIMAC para las estaciones hidrometeorológicas, se toma en cada estación un dato de nivel cada cinco minutos y con ellos se



construye la curva de variación del nivel a través del tiempo durante ese día, denominada **limnigrama cinco-minutal**. A su vez, con los valores diarios máximos se elabora el **limnigrama de niveles medios diarios**, lo mismo que con los valores medios diarios con los cuales se construye el **limnigrama de niveles medios diarios**. (ver Figura 7).

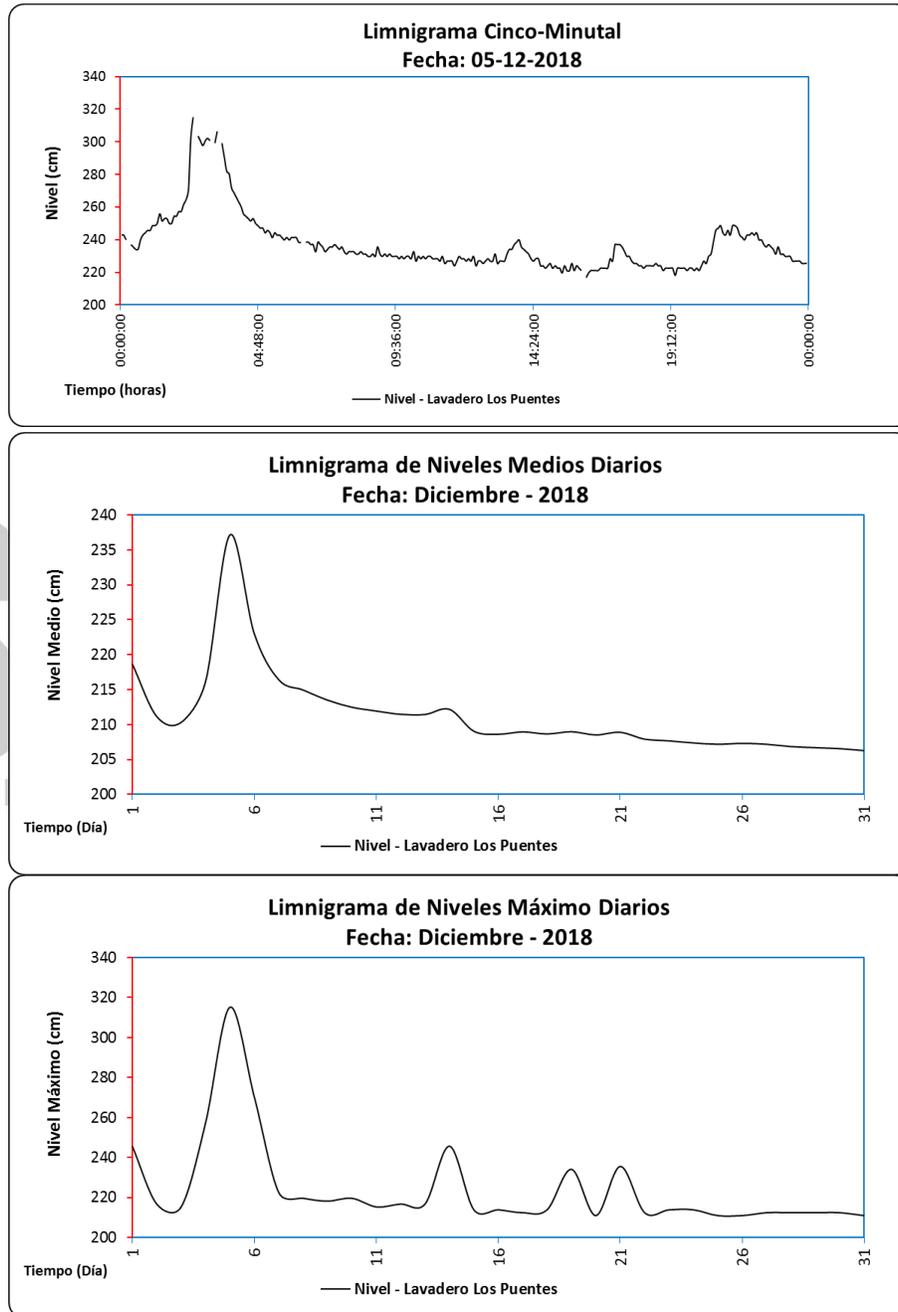


Figura 7. Limnigramas cinco-minutal y diario para la estación Q. El Guamo – Lavadero los Puentes



Es evidente que, cuando los niveles máximos alcanzan el borde superior del cauce de la corriente (durante una crecida), se tiene una situación de riesgo de desborde y de afectación de vidas, viviendas, edificaciones y otra infraestructura aledaña a la orilla de la corriente (puentes, vías, líneas vitales), lo que obliga a la manifestación de alertas tempranas a las comunidades para salvar sus vidas, alertas que se pueden dar por distintos medios (Bomberos, Policía, miembros de la misma comunidad afectable, con ayuda de radios, celulares, sirenas, etc.), incluyendo un sistema de alarma sonora que se encuentra instalado en tres cuencas urbanas de Manizales (cuencas de las quebradas Manizales, Olivares y El Guamo) y que está en la etapa de definición e implementación de umbrales de alerta, lo cual ha requerido una investigación previa muy juiciosa que establezca con buen nivel de certeza la relación entre las lluvias fuertes y los niveles que estas generan en esas quebradas. La adopción final de tales umbrales es tarea que asumirá en su momento -se espera que muy pronto- el Consejo municipal para la Gestión del Riesgo de los Desastres de Manizales.

El proceso de medición continua de los niveles en las quebradas y ríos que se están monitoreando en Manizales y en el departamento de Caldas, viene acompañado de otro proceso de **aforos** (medición de caudales) periódicos en esas corrientes, que tiene como propósito establecer las **curvas de calibración** de las estaciones hidrometeorológicas por la vía de correlacionar estadísticamente los niveles con los caudales (Caudal, Q -Vs- Nivel, Z), con las cuales se puede tener también cada cinco minutos la variación del caudal a través del tiempo durante cada día, denominado **hidrograma diario**. Con tales curvas ya se pueden acompañar los reportes diarios de niveles en cada estación con la información de los caudales y sus respectivos hidrogramas.

En efecto, se cuenta ya con 36 curvas de calibración que están permitiendo contar con registros cinco-minutales de caudales.

Así, se entiende entonces la importancia del monitoreo de niveles y caudales en las quebradas para la gestión del riesgo de los desastres, pero también para conocer -entre otras cosas- la disponibilidad de agua para consumo humano y otras finalidades, por ejemplo, de concesiones para su uso por parte de las autoridades ambientales, como Corpocaldas.

3 CONDICIONES METEOROLÓGICAS

En el análisis de variables meteorológicas se tomaron como fuente los datos de las catorce (14) estaciones que conforman la red meteorológica e hidrometeorológica automática de Manizales, para la gestión del riesgo ante desastres por deslizamientos. Esta red, aunque aún es muy reciente, ya cuenta con datos abundantes tomados en periodos de 5 minutos, lo que permite observar y realizar seguimiento continuo al comportamiento de eventos y fenómenos hidrometeorológicos, vitales para la toma de decisiones orientadas a gestionar el riesgo en la ciudad. A continuación (Figura 8; Tabla 1), se presentan detalles de las estaciones utilizadas para la



elaboración de este boletín, las cuales se encuentran ordenadas en sentido Occidente – Oriente, tal como se presentan en las respectivas figuras más adelante.

W	W	NW	W	W	N	C	C	S	CE	N	NE	E	SE
Chec - Uribe	Alcázares	La Palma	Observatorio Vulcanológico	El Carmen	Emas	Hospital de Caldas	Q. Palogrande - Ruta 30	Aranjuez	Posgrados	Bosques del Norte	Yarumos	Milán - Planta Niza	La Nubia

Convenciones: W: West (Occidente); N: Norte; C: Centro; S: Sur; E: Este

Figura 8. Estaciones ordenadas en sentido Occidente (W) – Oriente (E) en Manizales

Tabla 1. Estaciones utilizadas en el análisis de variables para Manizales

Estación	Tipo	Latitud (N)	Longitud (W)	Altitud (m.s.n.m.)	Lugar de emplazamiento	Propietario	Inicio de funcionamiento
Chec - Uribe	M	5° 2' 56.76"	75° 31' 54.12"	1940	Sede Administrativa Estación Uribe - Central Hidroeléctrica de Caldas CHEC S.A. E.S.P.	CHEC S.A E.S.P	2011-04-15
Alcázares	M	5° 3' 59.96"	75° 31' 40.08"	2057	Instituto de Valorización de Manizales - INVAMA	UGR-Manizales	2010-04-06
La Palma	M	5° 5' 45.5"	75° 31' 45.9"	1967	Hospital Geriátrico San Isidro	UGR-Manizales	2006-11-01
Observatorio Vulcanológico	M	5° 4' 17.2"	75° 31' 27.5"	2226	Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Manizales	UGR-Manizales	2003-07-01
El Carmen	M	5° 3' 41.4"	75° 31' 11.2"	2112	Centro Integral de Servicios Comunitarios-CISCO El Carmen	UGR-Manizales	2005-02-15
Emas	M	5° 4' 50.16"	75° 30' 28.08"	2060	Relleno Sanitario La Esmeralda - Empresa Metropolitana de Aseo EMAS S.A E.S.P.	EMAS S.A E.S.P	1997-08-01
Quebrada Palogrande - Ruta 30	H	5° 3' 20.52"	75° 30' 2.88"	2002	Lava Autos Ruta 30	UN-Manizales	2008-12-10
Hospital de Caldas	M	5° 3' 46.08"	75° 30' 1.8"	2183	S.E.S. Hospital de Caldas	UGR-Manizales	2007-12-14
Aranjuez	M	5° 2' 34.2"	75° 30' 1.6"	1915	Institución Educativa Aranjuez	UGR-Manizales	2006-01-26
Posgrados	M	5° 3' 22.32"	75° 29' 32.28"	2179	Campus Palogrande Universidad Nacional, Bloque I	UN-Manizales	2002-01-01
Bosques del Norte	M	5° 4' 59.16"	75° 29' 19.32"	2126	Institución Educativa Bosques del Norte	UGR-Manizales	2006-09-22
Yarumos	M	5° 3' 47.16"	75° 28' 52.32"	2195	Centro de Bioinformática y Biología Computacional - BIOS	UGR-Manizales	2004-01-01
Milán - Planta Niza	M	5° 3' 6.12"	75° 28' 35.76"	2256	Planta de Tratamiento Niza - Aguas de Manizales S.A. E.S.P.	UGR-Manizales	2009-12-23
La Nubia	M	5° 1' 46.92"	75° 28' 18.12"	2092	Campus La Nubia Universidad Nacional, Bloque Q	UGR-Manizales	2003-07-01

Convenciones: M: Meteorológica; H: Hidrometeorológica



3.1 Precipitación

En el cuarto trimestre del año 2018, la precipitación en la ciudad de Manizales presentó un déficit marcado en el 100% de las estaciones (14 en total), puesto que sus respectivos acumulados estuvieron siempre por debajo de la media histórica. **Históricamente, el cuarto trimestre es el más lluvioso del año, pero, en el caso del año 2018, los meses de octubre a diciembre mostraron déficit de precipitación;** tal vez tuvo algo que ver con la influencia de eventos macroclimáticos como el ENOS en su fase cálida (El Niño), sobre los cuales centros especializados en el seguimiento oceánico-atmosférico a nivel mundial (CIIFEN, IDEAM, OMM y otros) indicaron una posibilidad del 70% de que dicho fenómeno alcanzara niveles de un episodio débil hacia finales del año 2018 y principios del 2019. En octubre, las zonas que mayor déficit presentaron fueron el Occidente, Centro-occidente, Norte, Centro y Centro-oriente de la ciudad, mientras que en el Sur-occidente, Nor-occidente y parte del Oriente de Manizales las diferencias con respecto a los valores medios no fueron tan marcadas, variando entre -1% (Chec – Uribe) y -9% (La Palma). Para el mes de noviembre, el déficit de lluvias fue aún más marcado y con mayor incidencia hacia el Occidente, Centro y Nor-occidente de la ciudad, alcanzando una máxima diferencia del -62% respecto del promedio histórico (El Carmen), mientras que, hacia el Sur, Centro-oriente, Oriente y Sur-oriente de la capital caldense, los valores fueron un poco menos drásticos, con porcentajes variables entre -34% (Posgrados y Yarumos) y -11% (en Milán – Planta Niza). El mes de diciembre tuvo un comportamiento similar al anterior por la distribución de las precipitaciones, alcanzando déficit máximo en el Occidente (Observatorio Vulcanológico) con -59% y -10% en el Oriente (Milán – Planta Niza). Durante el cuarto trimestre el valor del A25, pese al déficit marcado de lluvias durante todo el periodo, se superó el umbral de los 200 mm de lluvia acumulada en 25 días (máximo de 245.0 mm en la estación La Palma en la primera semana de diciembre), aunque es normal que, para dicho trimestre, los valores del A25 superen los 400 mm.

En cuanto a las **anomalías pluviométricas**, que relacionan la cantidad de lluvia registrada en cada mes con la lluvia promedio histórica para dicho mes (ver ecuación 1), se evidenciaron siempre anomalías negativas, con valores mínimos hasta del -62% (estación El Carmen) para el mes de noviembre y la anomalía máxima alcanzó el -1% (estación Chec - Uribe) en el mes de octubre (Figura 9).

$$Anomalía\ pluviométrica = \frac{Lluvia\ mes\ actual - lluvia\ promedio\ histórica\ para\ el\ mes}{lluvia\ promedio\ histórica\ para\ el\ mes} * 100\% \quad (1)$$

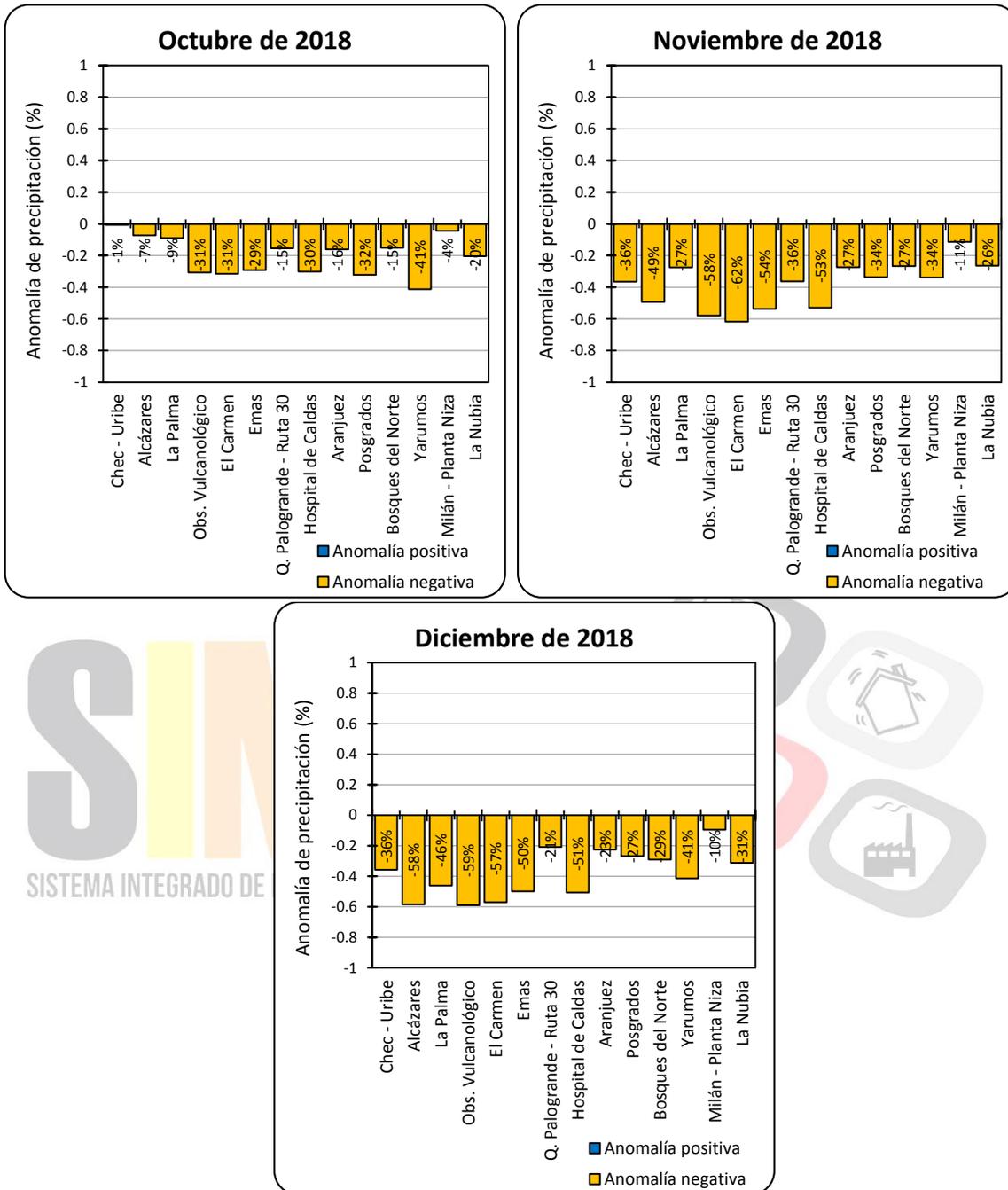


Figura 9. Anomalías pluviométricas por estación para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

En la Figura 10 se puede apreciar la distribución espacio-temporal de las lluvias en la ciudad de Manizales para el cuarto trimestre de 2018 y el comparativo con la media histórica en cada punto de monitoreo (nota: barra cuarto trimestre 2018, color azul; barra media histórica para el trimestre, color naranja).

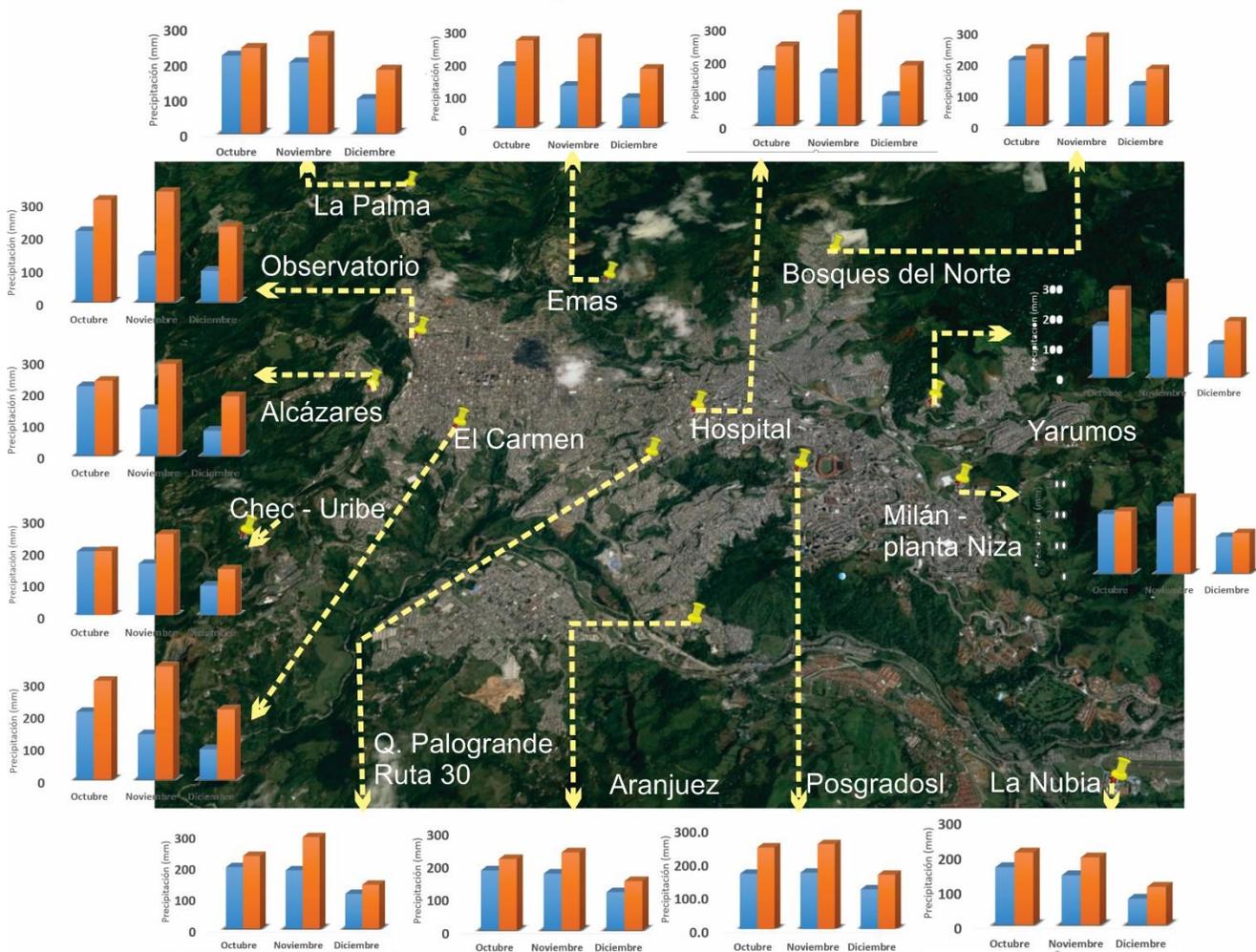


Figura 10. Distribución espacio-temporal de las lluvias en el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

3.1.1 Seguimiento diario de la precipitación

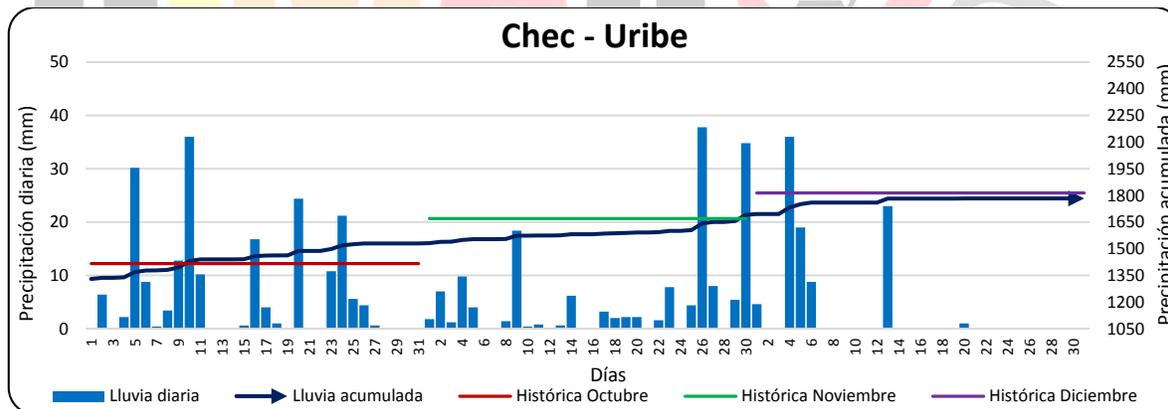
El comportamiento diario de la precipitación en la ciudad de Manizales durante el cuarto trimestre de 2018 se registra en la Figura 11. Las barras azules indican la lluvia diaria y la línea azul oscura muestra el acumulado a lo largo del trimestre respectivo; además, se indican en líneas roja, verde y morada los niveles históricos promedios para los meses de octubre, noviembre y diciembre, respectivamente. En la Figura 11 y la Tabla 3 se puede apreciar que el 72% (10 estaciones), presentaron los registros máximos diarios la primera semana de diciembre de 2018, el 21% (3 estaciones) registraron los máximos diarios la segunda semana de octubre y sólo una estación registró el máximo valor diario la última semana de noviembre. El valor máximo registrado fue de 58.8 mm en Bosques del Norte y representa el 46% del total registrado para el mes de diciembre en dicha estación, mientras que los 31.6 mm registrados en La Nubia representaron el 42% del total en dicha estación para el mismo mes de diciembre. El acumulado anual de precipitación durante el cuarto trimestre se mantuvo siempre por debajo de la media histórica en el 72% de las estaciones analizadas (10 estaciones); en dos estaciones -14%- (La Palma y Q. Palogrande – Ruta 30) se logró rebasar el promedio histórico en la última semana de octubre, pero inició noviembre

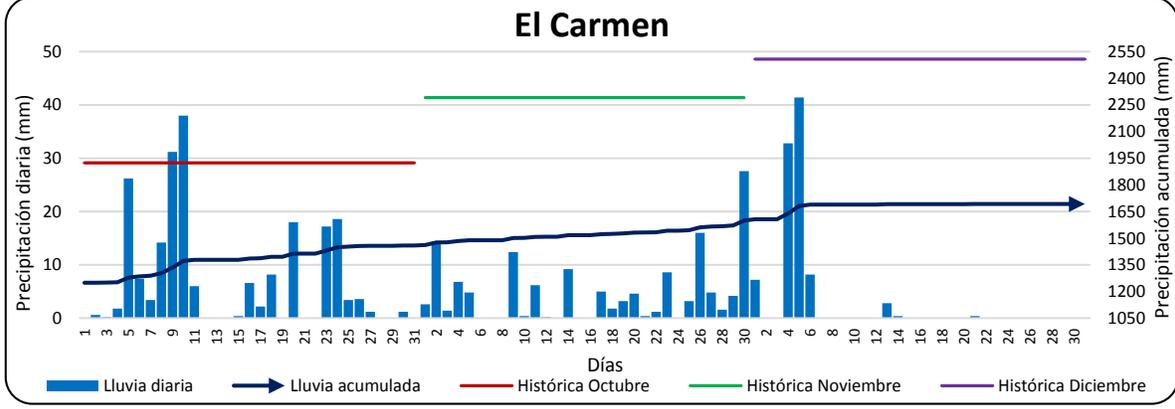
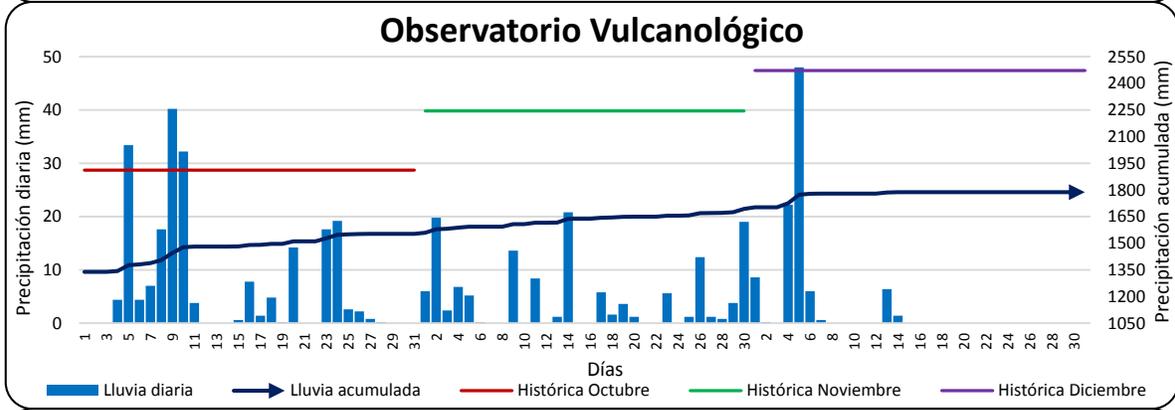
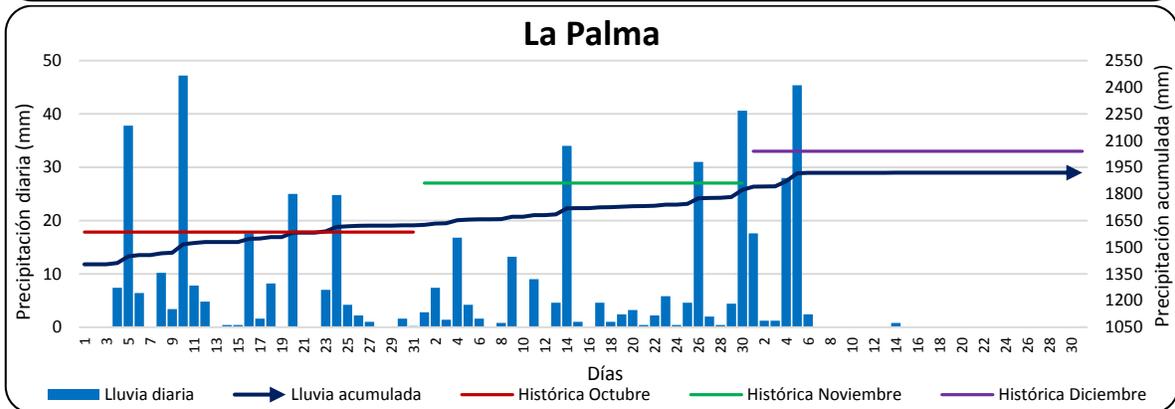
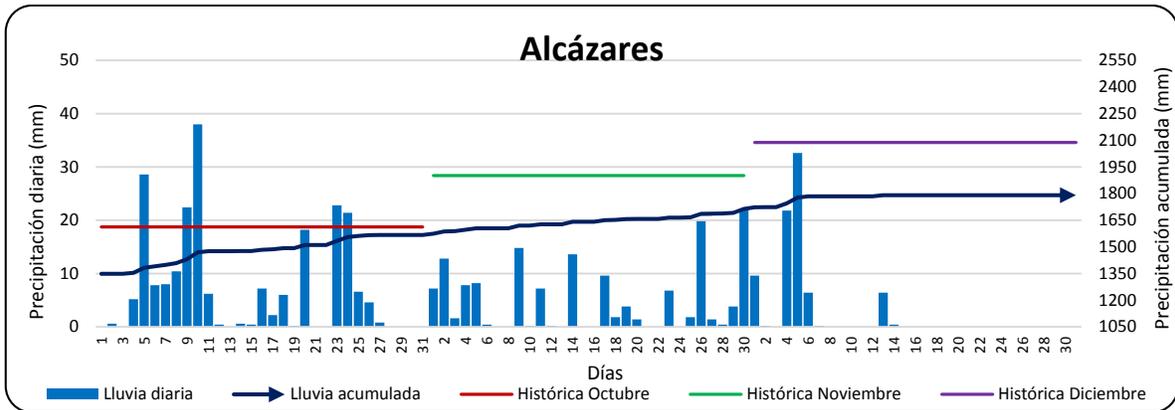


por debajo, y así se mantuvo hasta el final del trimestre; en el 7% de las estaciones, que corresponde sólo a la estación Chec – Uribe, el acumulado de 2018 rebasó el histórico acumulado en la segunda semana de octubre y así se mantuvo hasta final de mes, pero inició noviembre por debajo del histórico y se sostuvo la misma condición hasta el final del trimestre, y el 7% restante de estaciones, que corresponde a Milán – Planta Niza, el acumulado siempre estuvo por encima del histórico para dicha estación. Por su parte, el acumulado de precipitación anual al terminar el cuarto trimestre de 2018 fue mayor en la estación Milán – Planta Niza (Oriente) con 1920.6 mm, seguida muy de cerca por La Palma (Nor-occidente), con 1919.4 mm, y el menor registro en la estación La Nubia (Sur-oriente) con 1463.4 mm, lo que refleja una diferencia marcada de la precipitación anual acumulada y que pone de presente la heterogeneidad de la distribución de la lluvia sobre la ciudad de Manizales. Ver Tabla 2

Tabla 2. Precipitaciones anuales para el año 2018 en Manizales

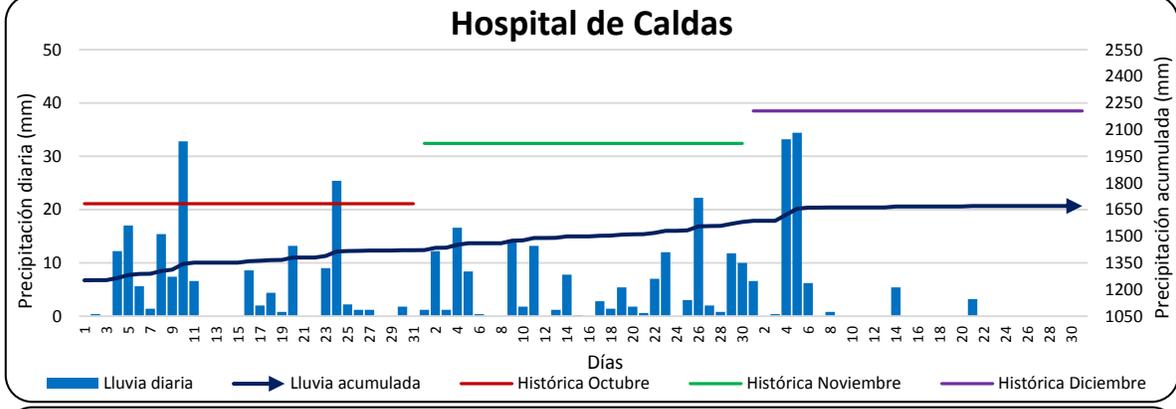
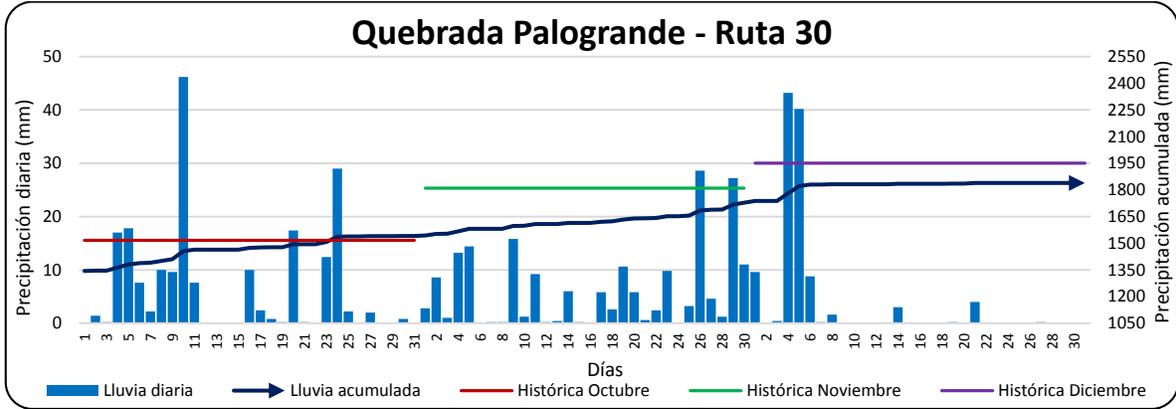
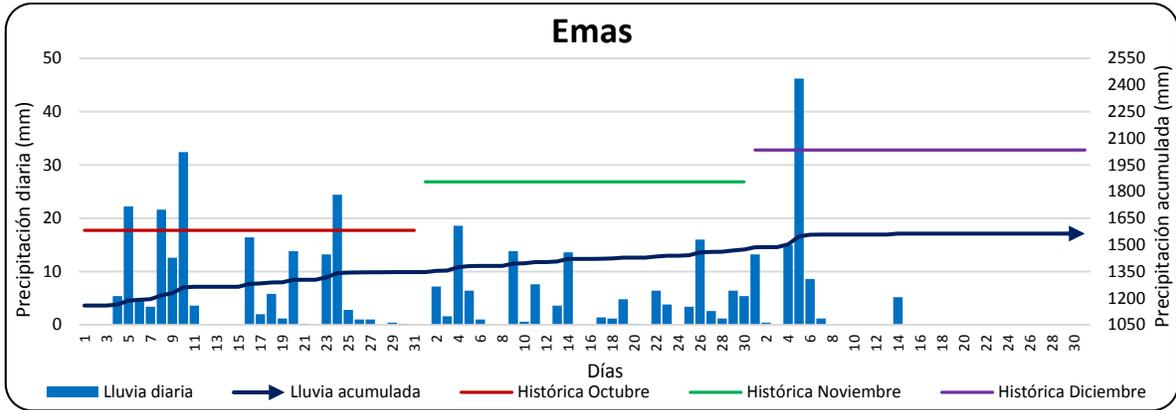
Estaciones	Ppt anual	Estaciones	Ppt anual
Chec - Uribe	1783.6	Hospital de Caldas	1670.4
Alcázares	1791.0	Aranjuez	1611.8
La Palma	1919.4	Posgrados	1655.4
Obs. Vulcanológico	1787.0	Bosques del Norte	1846.4
El Carmen	1692.6	Yarumos	1654.8
Emas	1563.2	Milán - Planta Niza	1920.6
Q. Palogrande - Ruta 30	1839.2	La Nubia	1463.4
Máxima Manizales	1919.4	Mínima Manizales	1463.4

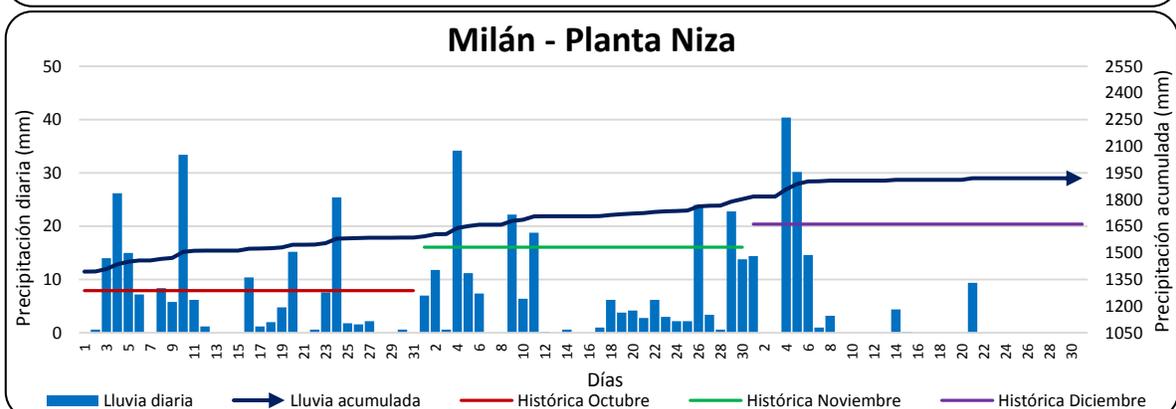
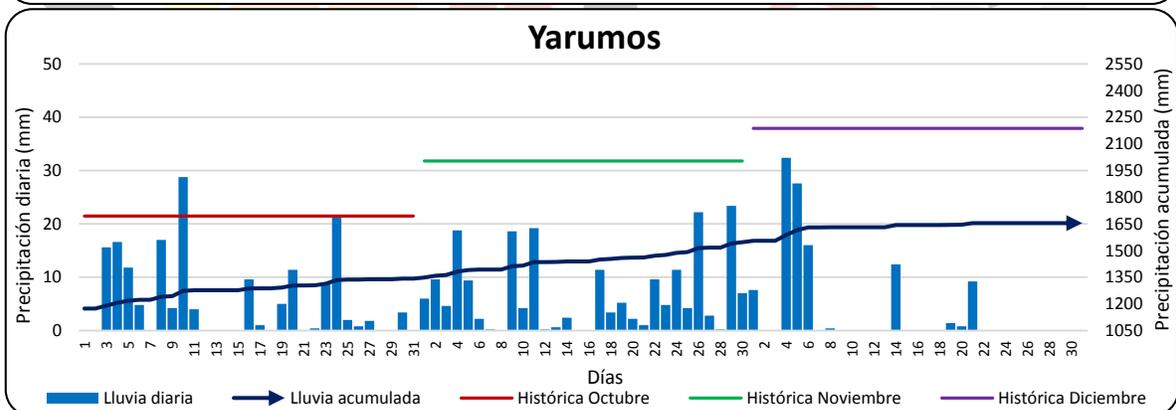
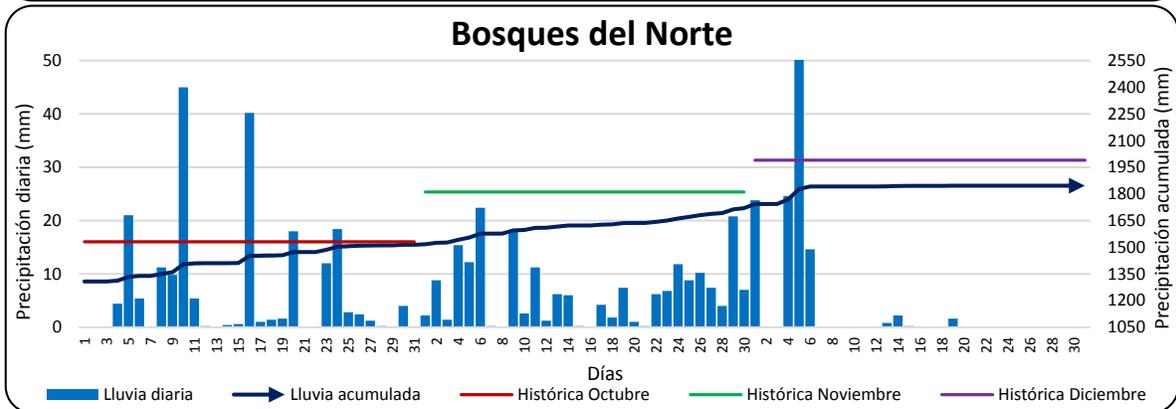
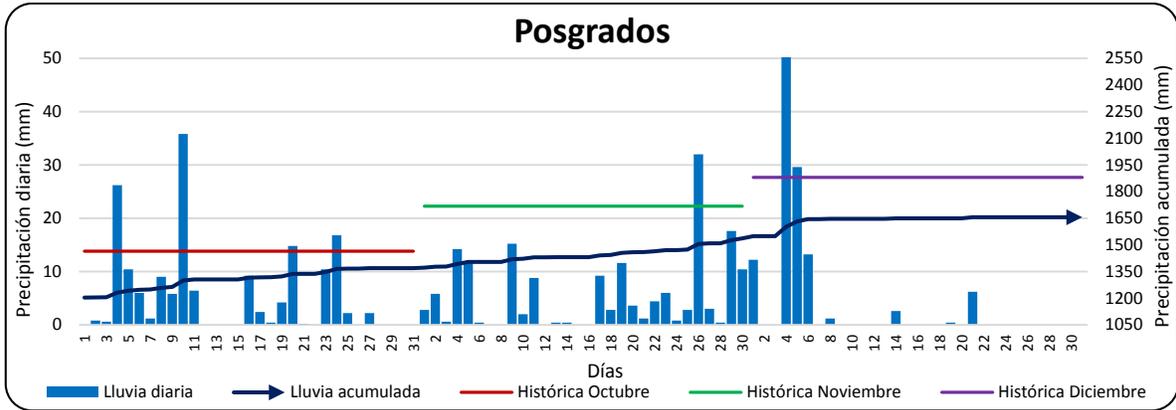






Boletín climatológico trimestral





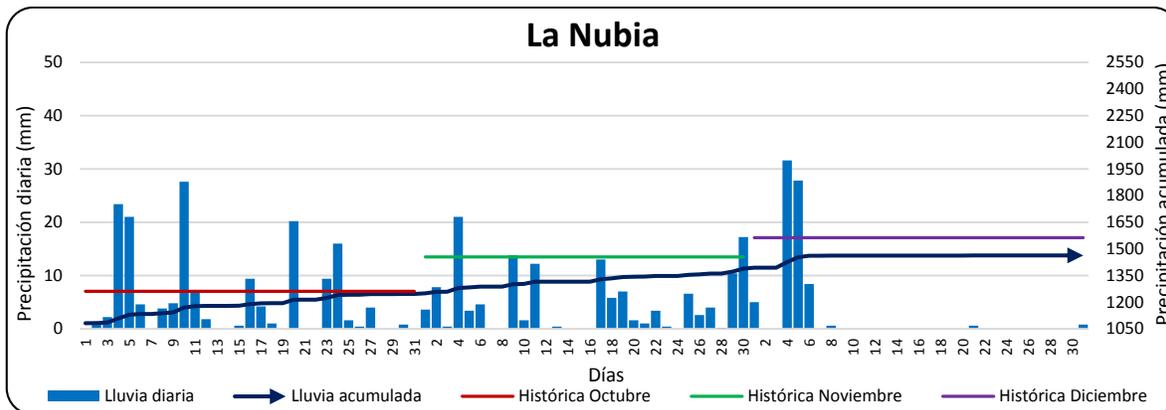


Figura 11. Comportamiento de la precipitación diaria por estación para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

3.1.2 Precipitaciones máximas diarias

Los registros máximos diarios de precipitaciones se obtuvieron en los meses de diciembre (en un 72% - 10 estaciones), octubre (21% - 3 estaciones) y noviembre (7% - una estación), como se aprecia en la Figura 11 y en la Tabla 3 que se muestra a continuación; el rango de valores de estos registros máximos de precipitaciones estuvo entre 31.6 mm en la estación La Nubia en el Sur-oriente de la ciudad y 58.8 mm en Bosques del Norte, en el sector Norte.

Tabla 3. Precipitaciones máximas diarias en el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

Estaciones	Cuarto trimestre 2018	
	Precipitación máxima diaria (mm)	Fecha
Chec - Uribe	37.8	2018-11-26
Alcázares	38.0	2018-10-10
La Palma	47.2	2018-10-10
Observatorio Vulcanológico	48.0	2018-12-05
El Carmen	41.4	2018-12-05
Emas	46.2	2018-12-05
Q. Palogrande - Ruta 30	46.2	2018-10-10
Hospital de Caldas	34.4	2018-12-05
Aranjuez	51.2	2018-12-04
Posgrados	53.2	2018-12-04
Bosques del Norte	58.8	2018-12-05
Yarumos	32.4	2018-12-04
Milán - Planta Niza	40.4	2018-12-04
La Nubia	31.6	2018-12-04
Máxima Manizales	58.8	2018-12-05



Las precipitaciones máximas diarias iniciaron en el Occidente con 37.8 mm (Chec – Uribe) y aumentaron paulatinamente hasta alcanzar un máximo de 48 mm también en el Occidente de la ciudad (Observatorio Vulcanológico), luego se presentaron valores sobre los 40 mm y decrecieron hasta 34.4 mm en el sector Centro de la ciudad (Hospital de Caldas); a partir de allí, los valores crecieron considerablemente hasta alcanzar el máximo del trimestre en el Norte con 58.8 mm (Bosques del Norte), luego decrecieron abruptamente hacia el Nor-Oriente, (Yarumos) con 32.4 mm, y en el Sur-Oriente de la ciudad (La Nubia) se registró el mínimo del trimestre con 31.6 mm, como se aprecia en los registros de la Tabla 3 y la Figura 12. El 36% (5 estaciones) registraron el día más lluvioso el 05 de diciembre, igual porcentaje para el día 04 de diciembre; seguidas del 21% (3 estaciones) que registraron el día más lluvioso el 10 de octubre y sólo una (7%) registró el 26 de noviembre como el día más lluvioso del trimestre.

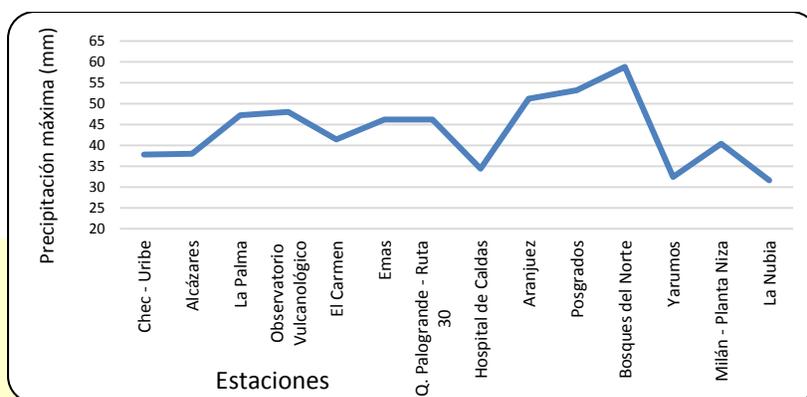


Figura 12. Comportamiento de las precipitaciones máximas diarias en sentido occidente-oriente para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

3.1.3 Seguimiento mensual de la anomalía del número de días con lluvia

La anomalía del número de días con lluvia, que relaciona el número de días con lluvia de un mes con el número de días con lluvia promedio histórico en ese mismo mes (ver ecuación 2), evidencia que, en el mes de octubre, las anomalías negativas predominaron en el 93% (13 estaciones) y sólo en un caso se igualó el valor promedio histórico (estación Alcázares); noviembre, por su parte, presentó anomalías positivas en un 50% (7 estaciones) la mayoría de ellas hacia el Centro, Sur, Oriente y Norte de la ciudad, mientras que las anomalías negativas concentradas en el Occidente y Nor-occidente representaron el 28% (4 estaciones), y sólo el 22% (3 estaciones) igualaron el promedio histórico, sobre todo en el Oriente y Sur-oriente de la ciudad. En el caso de diciembre, todas las estaciones presentaron anomalías negativas, con valores entre -8 días (estación Aranjuez al Sur de la ciudad) y -13 días (estaciones Bosques del Norte y Emas en el Norte y Nor-occidente respectivamente). Ver Figura 13.

$$\text{Anomalía del \#días con lluvia} = \text{\#días con lluvia mes actual} - \text{\#días con lluvia media histórica para dicho mes} \quad (2)$$

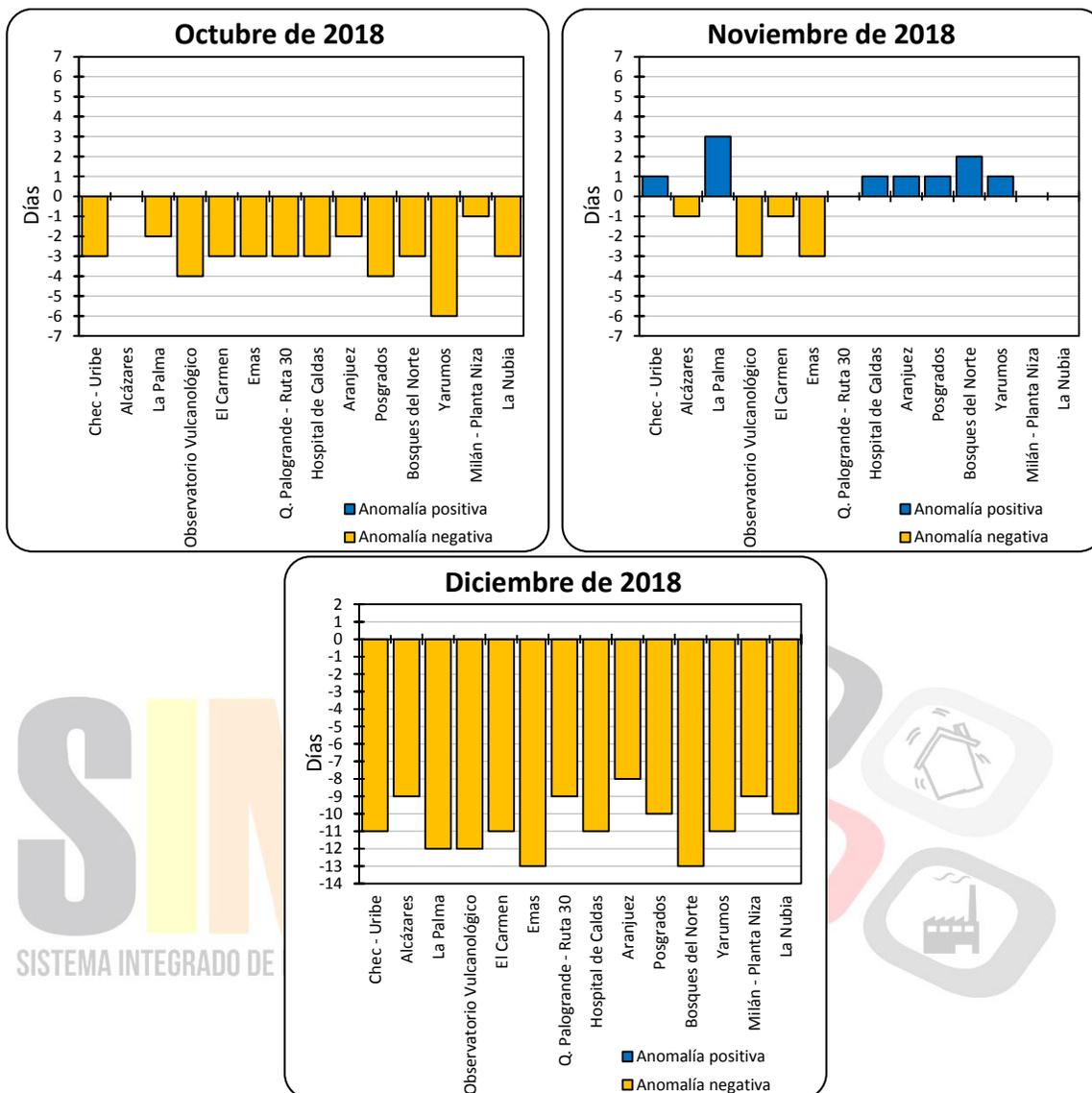


Figura 13. Anomalías del número de días con lluvia por estación para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

A continuación, se relaciona el número de días con lluvia y sin lluvia por cada mes del cuarto trimestre de 2018 y para cada estación analizada. En promedio, el mayor número de días con lluvia se registró en el mes de noviembre, con 24 días que corresponde al 80% del mes, aunque para el 78% (11 estaciones) el mes más lluvioso del trimestre fue octubre (en términos de magnitud); esto indica que se presentaron más eventos de menor magnitud distribuidos durante el mes de noviembre. Para las tres estaciones restantes (Posgrados, Yarumos y Milán – Planta Niza, ubicadas en el Centro y Centro-oriente de la ciudad), el mes más lluvioso coincidió con el que presentó más días con lluvia (Tabla 4).



Tabla 4. Número de días con lluvia y sin lluvia para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

Estaciones	Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Días con lluvia	Días sin lluvia	Días con lluvia	Días sin lluvia	Días con lluvia	Días sin lluvia
Chec - Uribe	19	12	23	8	6	24
	61%	39%	74%	26%	20%	80%
Alcázares	22	9	22	9	8	22
	71%	29%	71%	29%	27%	73%
La Palma	21	10	26	5	7	23
	68%	32%	84%	16%	23%	77%
Observatorio Vulcanológico	20	11	21	10	8	22
	65%	35%	68%	32%	27%	73%
El Carmen	21	10	23	8	7	23
	68%	32%	74%	26%	23%	77%
Emas	21	10	22	9	7	23
	68%	32%	71%	29%	23%	77%
Q. Palogrande - Ruta 30	21	10	27	4	11	19
	68%	32%	87%	13%	37%	63%
Hospital de Caldas	20	11	25	6	8	22
	65%	35%	81%	19%	27%	73%
Aranjuez	21	10	24	7	9	21
	68%	32%	77%	23%	30%	70%
Posgrados	20	11	25	6	8	22
	65%	35%	81%	19%	27%	73%
Bosques del Norte	22	9	28	3	8	22
	71%	29%	90%	10%	27%	73%
Yarumos	19	12	27	4	9	21
	61%	39%	87%	13%	30%	70%
Milán - Planta Niza	22	9	25	6	9	21
	71%	29%	81%	19%	30%	70%
La Nubia	21	10	23	8	7	23
	68%	32%	74%	26%	23%	77%
Promedio Manizales	21	10	24	6	8	23
	68%	32%	80%	20%	26%	74%

3.1.4 Seguimiento mensual al máximo número consecutivo de días con lluvia y sin lluvia

En la Tabla 5 se presenta el máximo número de días consecutivos con lluvia y sin lluvia en Manizales. Los valores que aparecen resaltados en azul corresponden a conteos que se iniciaron el mes inmediatamente anterior, mientras que los valores resaltados en amarillo corresponden a



conteos que se iniciaron en el transcurso del mes y terminaron en el siguiente. Los demás valores corresponden a conteos que iniciaron y terminaron en el mismo mes. Se aprecia entonces que los máximos registros de días consecutivos con lluvia se obtuvieron en el mes de diciembre, con un registro pico de 20 días en la estación La Palma, al Nor-occidente de la ciudad, seguido de 15 días en estaciones del sector Centro (Posgrados), Norte (Bosques del Norte) y Centro-oriente (Yarumos y Milán – Planta Niza). De igual manera, diciembre registró los máximos valores de días consecutivos sin lluvia, en las estaciones ubicadas hacia el Occidente y Nor-occidente de la ciudad, alcanzando los 17 días sin registrar lluvia.

Tabla 5. Número de días consecutivos con lluvia y sin lluvia para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

Estaciones	Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia
Chec - Uribe	8	4	7	2	3	11
Alcázares	9	4	6	2	8	17
La Palma	5	4	14	1	20	17
Observatorio Vulcanológico	8	4	6	2	8	17
El Carmen	10	3	7	3	7	10
Emas	8	4	6	2	8	17
Q. Palogrande - Ruta 30	10	4	9	1	7	5
Hospital de Caldas	8	4	7	2	7	10
Aranjuez	10	4	7	2	7	6
Posgrados	10	4	14	2	15	10
Bosques del Norte	7	3	14	1	15	12
Yarumos	6	4	14	2	15	10
Milán - Planta Niza	6	3	14	2	15	10
La Nubia	5	2	7	3	7	12
Promedio Manizales	8	4	9	2	10	12
Máximas Manizales	10	4	14	3	20	17

3.1.5 Seguimiento diario del indicador A25

En Manizales, los deslizamientos son el tipo de eventos desastrosos más recurrentes y, por tanto, la red de estaciones de monitoreo se diseñó para que permitiera realizar seguimiento a la precipitación, uno de los factores más relevantes que detona deslizamientos. En 1996, el holandés M. T. J. Terlien realizó una investigación en la ciudad de Manizales en la cual correlacionó ocurrencia de deslizamientos con acumulados de lluvia diaria. De allí se adoptó el indicador de lluvia antecedente de 25 días, denominado A25, el cual asocia un umbral de 200 mm, lo que significa que un acumulado de lluvia durante 25 días antecedentes cercano a los 200 mm, incorpora una alta probabilidad de ocurrencia de deslizamientos⁷.

⁷ Terlien, M. (1996). Modelling Spatial and Temporal Variations in Rainfall-Triggered Landslides. ITC (32).



Este indicador, incorporado por el Instituto de Estudios Ambientales IDEA de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, fue adoptado por la Unidad de Gestión del Riesgo (UGR, antes OMPAD) de Manizales e, incluso, la misma directiva, posteriormente, le asoció rangos a los umbrales que permitirían determinar en un momento dado niveles de alerta temprana en Manizales, como se muestra a continuación:

Tabla 6. Niveles de alerta según indicador A25 adoptados por la UGR-Manizales
Fuente: Elaboración propia

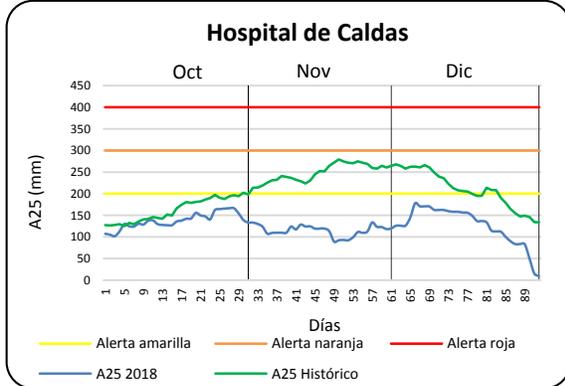
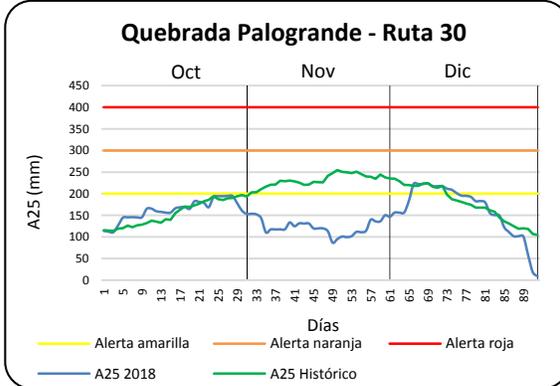
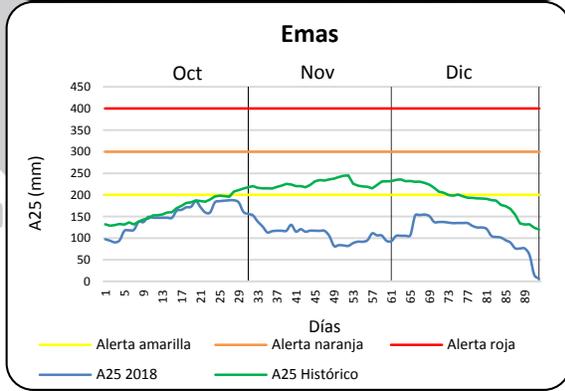
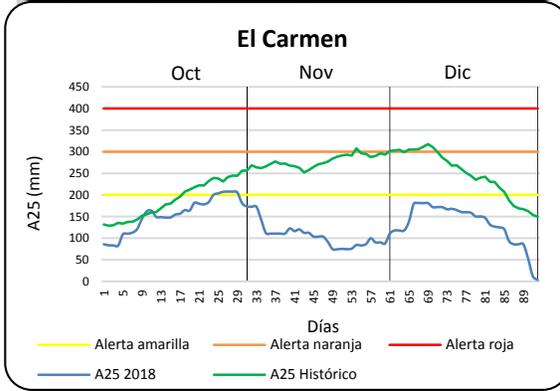
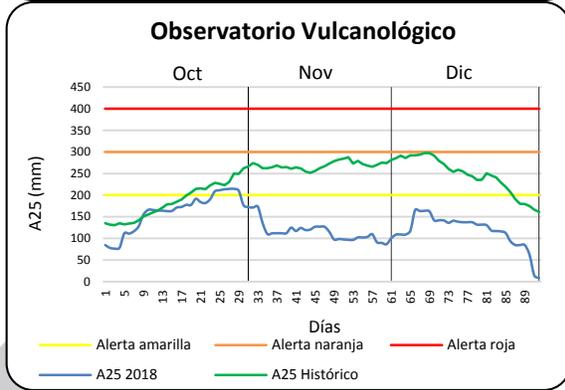
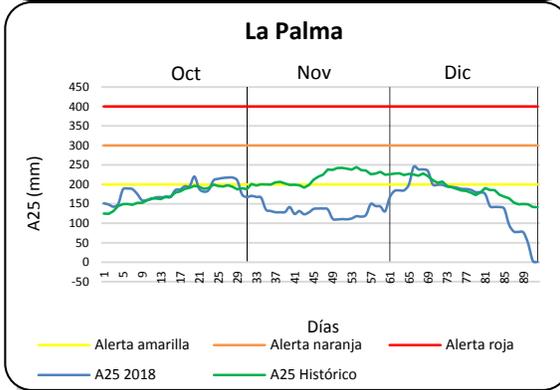
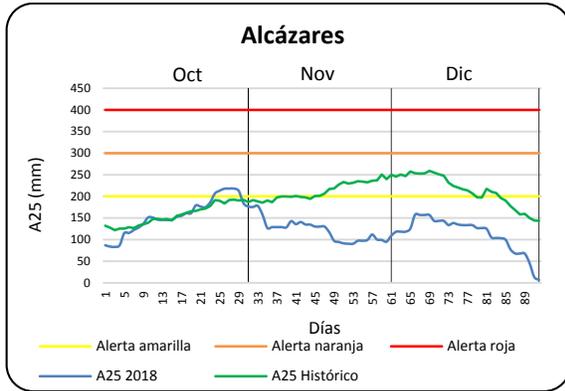
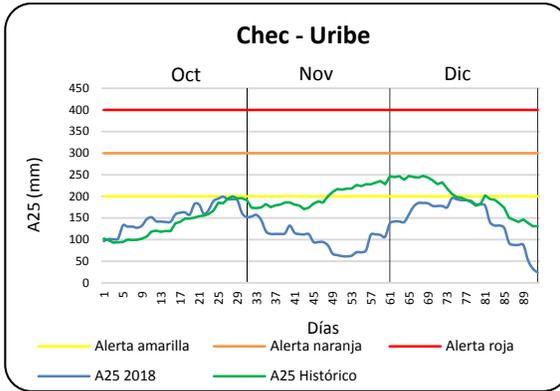
Nivel de alerta	Rango A25
Amarilla	200 mm \leq A25 < 300 mm
Naranja	300 mm \leq A25 < 400 mm
Roja	A25 \geq 400 mm

En la siguiente figura se muestra el comportamiento del A25 durante el cuarto trimestre de 2018 (línea azul), así como también el comparativo con el promedio histórico del A25 (línea verde) y se tienen marcadas las referencias de los umbrales relacionados en la Tabla 6. En términos generales, se aprecia que, **en la primera semana de diciembre de 2018** se alcanzaron los valores máximos del trimestre en ocho (8) estaciones que están entre el Centro, Norte y Centro-oriente de la ciudad, y en las seis (6) estaciones restantes, los valores máximos se presentaron al **final de octubre de 2018**, estaciones del Occidente y Nor-occidente de la ciudad, exceptuando La Palma. El valor del **A25 estuvo por encima de la media histórica en buena parte del mes de octubre** para (8) estaciones, mientras que en las otras seis (6) estaciones, el valor de la media histórica estuvo la mayor parte o totalmente por encima del valor A25 para dicho mes. **El valor del A25 estuvo siempre por debajo de la media histórica en el mes de noviembre** para todas las estaciones analizadas. En **diciembre de 2018**, en la mitad de las estaciones (7), el A25 estuvo algún tiempo por debajo del promedio histórico y otro periodo por encima, mientras que, para la otra mitad de estaciones, el promedio histórico estuvo siempre por encima. Los registros del A25 fueron muy bajos en comparación con los de otros años, teniendo en cuenta que el cuarto trimestre coincide con el periodo más lluvioso del año, en promedio, para la ciudad de Manizales.

Nueve (9) estaciones sobrepasaron el umbral de los 200 mm acumulados en 25 días durante el cuarto trimestre; el registro máximo se alcanzó el 05 de diciembre en 4 estaciones (30% de los puntos de monitoreo), un 21% (3 estaciones) el 08 de diciembre, otro 21% (3 estaciones) el 27 de octubre y el 28% se distribuyó a cada una de las cuatro estaciones restantes el 20, 26 y 28 de octubre y 06 de diciembre. El valor máximo del A25 en el cuarto trimestre fue de 245.0 mm en la estación La Palma, al Nor-occidente de la ciudad (Tabla 7).



Boletín climatológico trimestral



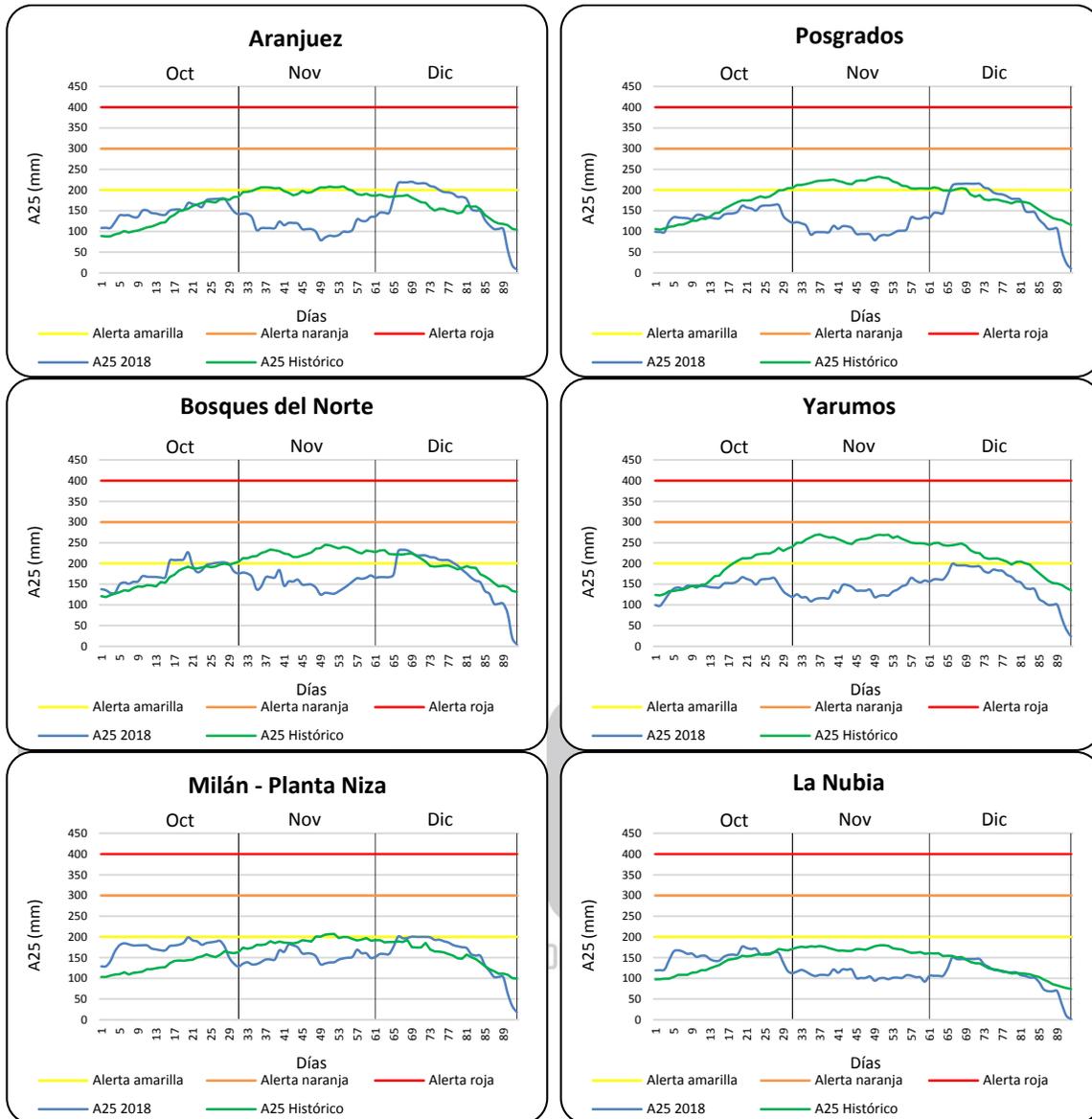


Figura 14. Comportamiento diario del A25 por estación para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

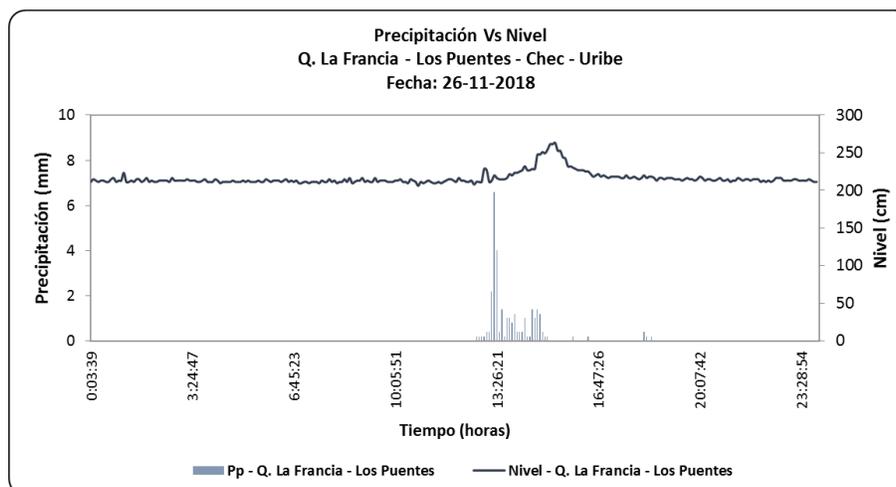


Tabla 7. Valores máximos del A25 para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

Estaciones	Cuarto trimestre 2018	
	A25 máximo	Fecha
Chec - Uribe	199.2	2018-10-26
Alcázares	218.0	2018-10-27
La Palma	245.0	2018-12-05
Obs. Vulcanológico	214.6	2018-10-28
El Carmen	207.8	2018-10-27
Emas	187.6	2018-10-27
Q. Palogrande - Ruta 30	223.6	2018-12-08
Hospital de Caldas	177.8	2018-12-05
Aranjuez	220.0	2018-12-08
Posgrados	215.6	2018-12-08
Bosques del Norte	233.0	2018-12-06
Yarumos	198.8	2018-12-05
Milán - Planta Niza	200.8	2018-12-05
La Nubia	176.6	2018-10-20
Máxima Manizales	245.0	2018-12-05

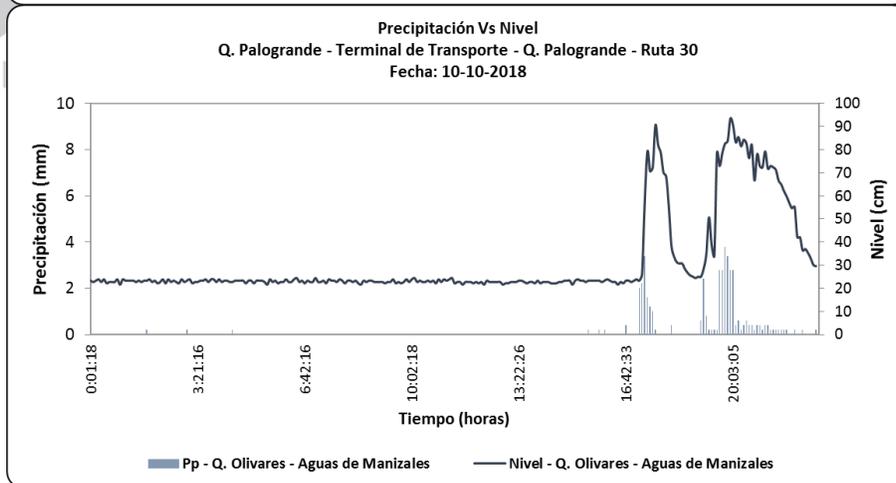
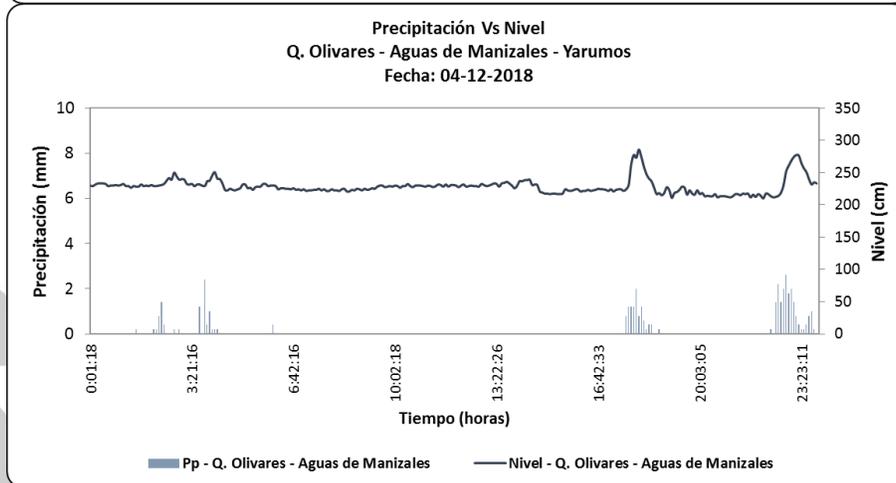
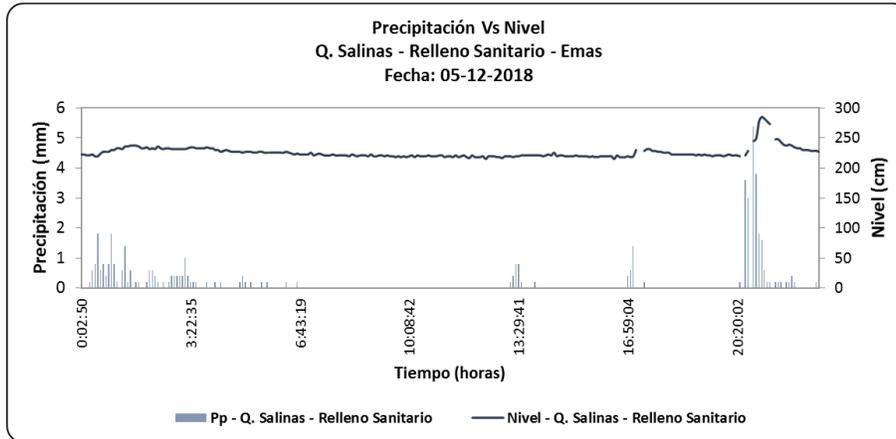
3.1.6 Correlación entre lluvias y niveles en eventos aislados fuertes

En la Figura 15 se puede observar la correlación de precipitaciones máximas diarias en Manizales con el nivel en algunas quebradas, a manera de ejemplo.





Boletín climatológico trimestral



SISTEMA

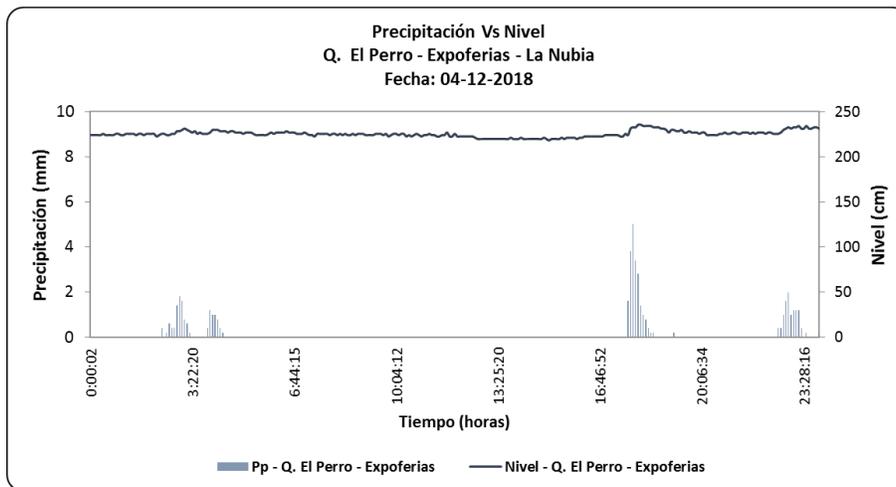


Figura 15. Correlación entre lluvia y nivel en algunas quebradas para días específicos donde se presentaron eventos fuertes o representativos durante el día en Manizales

Se destaca el tiempo que transcurre, generalmente unos minutos, desde que se empieza a manifestar la lluvia hasta que se registra el pico de la creciente. Este es un dato muy importante para la estimación de tiempos de concentración de las cuencas y otros parámetros indispensables en el diseño de obras y en el establecimiento de umbrales de alerta temprana.

3.2 TEMPERATURA

Para el cuarto trimestre de 2018 en el municipio de Manizales, los valores máximos de temperatura del aire se registraron los días 29 de diciembre (La Palma) y 31 de diciembre (Observatorio Vulcanológico y La Nubia), estaciones ubicadas estratégicamente a diferentes altitudes, mientras que los valores mínimos se presentaron el día 11 de octubre en las tres estaciones analizadas, como se puede apreciar en la Tabla 8 y en la Figura 16.

Tabla 8. Temperaturas para el cuarto trimestre de 2018 en tres puntos estratégicos de Manizales, en °C

Altitud (m.s.n.m.)	Estaciones	Máxima	Media	Mínima
2226	Observatorio Vulcanológico	24.9	16.4	9.8
2092	La Nubia	24.3	17.4	12.4
1967	La Palma	25.6	17.6	11.8

3.2.1 Seguimiento diario de la temperatura

En la Figura 16 se muestra el seguimiento diario del trimestre (octubre, noviembre, diciembre) del año 2018 de las temperaturas máximas (línea roja), medias (línea verde) y mínimas (línea azul), en °C, para las tres estaciones analizadas.



Boletín climatológico trimestral

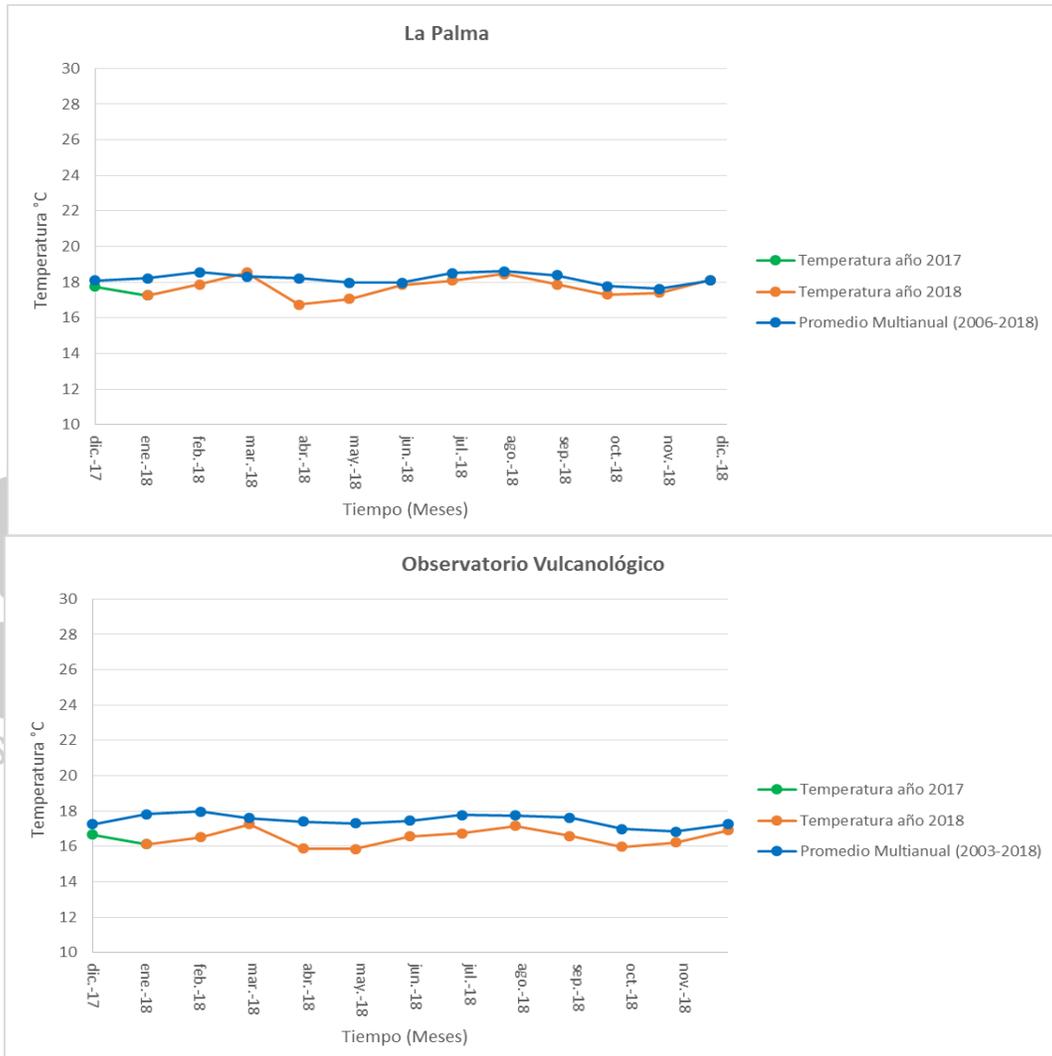


Figura 16. Comportamiento diario de la temperatura en tres estaciones representativas para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales



3.2.2 Seguimiento mensual de la temperatura por estación

En la Figura 17 se muestra el seguimiento mensual de la temperatura media para el cuarto trimestre de 2018 y el último año, en donde la línea verde corresponde a la temperatura media del último año (2017), la línea naranja a la temperatura media del año en curso (2018) y la línea azul a la temperatura media histórica.



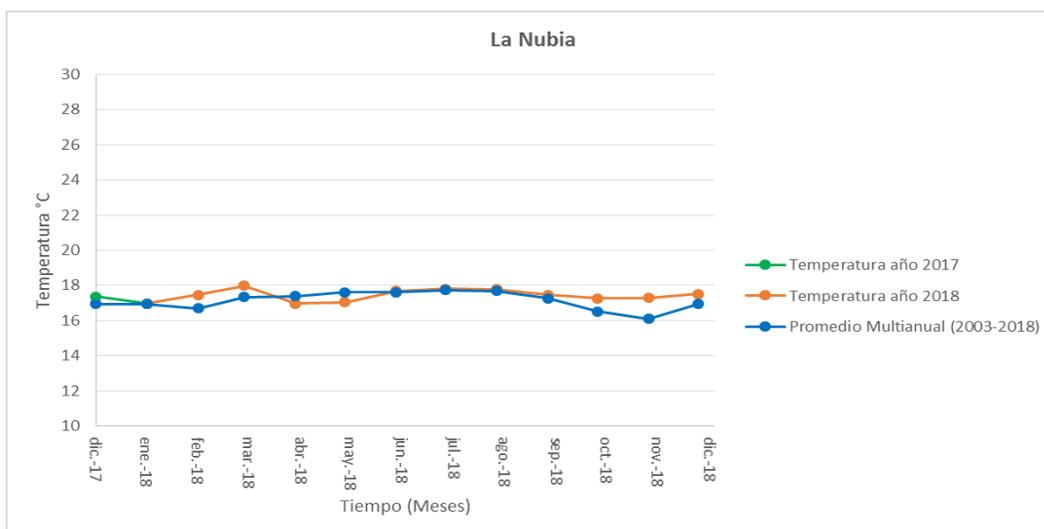


Figura 17. Comportamiento mensual de la temperatura media en tres estaciones representativas para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

3.2.3 Seguimiento mensual de la temperatura en las tres estaciones simultáneamente

En la Figura 18 se muestra el seguimiento mensual simultáneo de la temperatura en las tres estaciones indicadas para el cuarto trimestre de 2018. Como se mostró en la Tabla 8, las estaciones analizadas están ubicadas a diferentes altitudes; esta situación se ve reflejada en la Figura 18, puesto que los valores máximos de temperatura se presentan en la estación ubicada a menor altitud (La Palma) y los mínimos a mayor altitud (Observatorio Vulcanológico), lo cual es lógico.

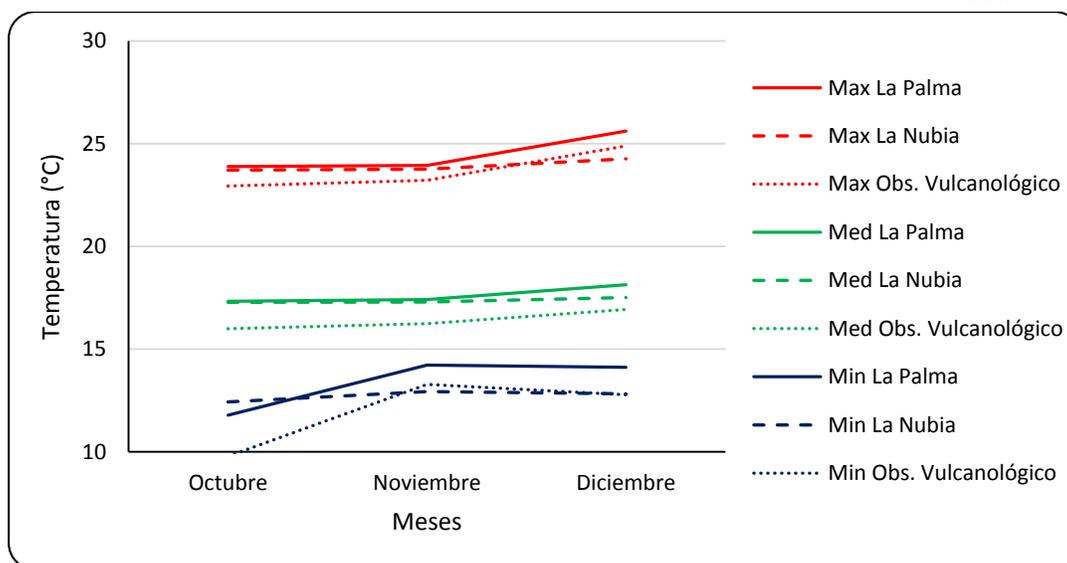


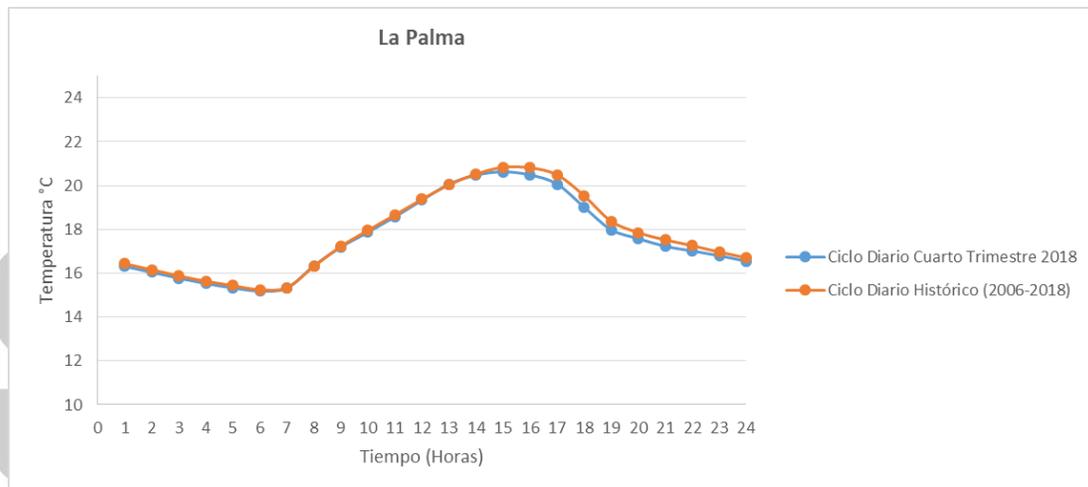
Figura 18. Comportamiento simultáneo mensual de la temperatura en tres estaciones representativas



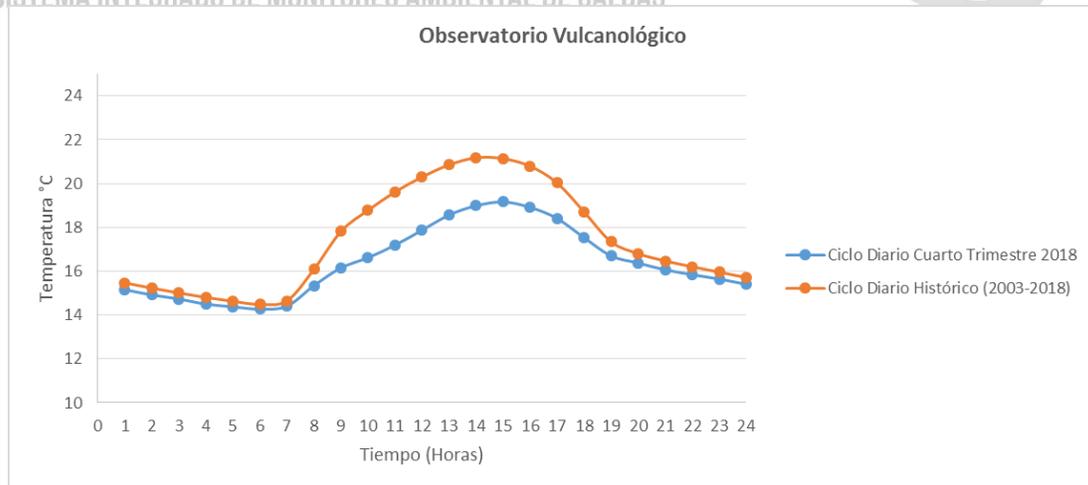
para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

3.2.4 Ciclo diario de la temperatura

En la Figura 19 se presenta el ciclo diario de la temperatura para el cuarto trimestre del 2018 en tres (3) puntos estratégicos de la ciudad de Manizales, en donde la línea azul corresponde al promedio por horas en cada estación para el cuarto trimestre de 2018 y la línea naranja corresponde al promedio histórico por horas en cada estación; estas gráficas se calculan promediando los valores tomados de hora en hora para ver el comportamiento de la temperatura durante el día. Se puede apreciar que la estación Observatorio Vulcanológico presenta una disminución en los valores de temperatura, en la mañana y tarde, comparados con los registros históricos de temperatura, mientras que en la estación la estación La Palma se evidencia un ajuste perfecto durante el día, y la estación de La Nubia presenta un ajuste perfecto en horas de la tarde.



SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS



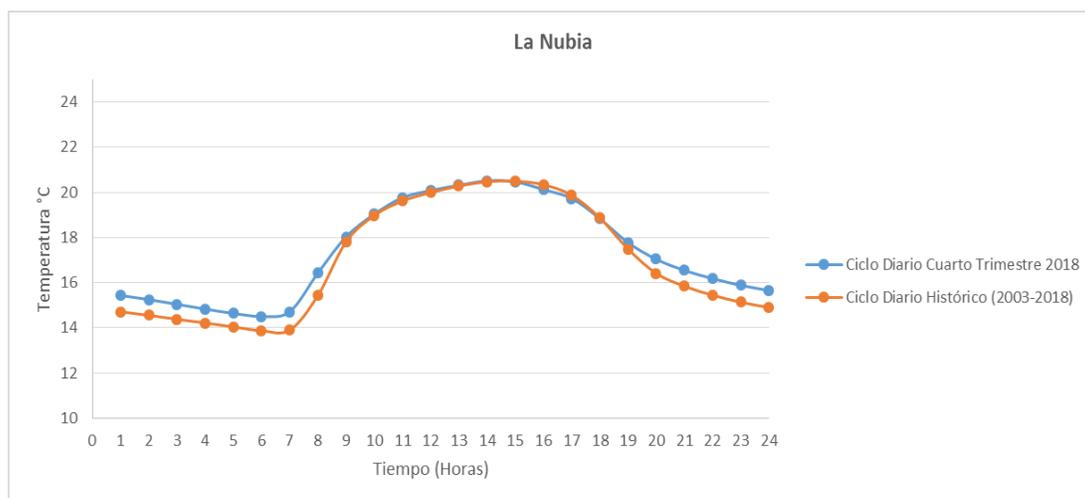


Figura 19. Ciclo diario de la temperatura media en tres estaciones representativas para el cuarto trimestre de 2018 en Manizales

4 CONDICIONES DE MACROESCALA EN RELACIÓN CON LA POSIBLE MANIFESTACIÓN DEL ENOS EN SU FASE NIÑO EN LOS PRÓXIMOS MESES

Es de conocimiento de todos que la manifestación de temporadas de lluvia más altas o menos altas de lo normal en nuestro trópico andino se da en función de la presencia o no de fenómenos de **variabilidad climática**, entre los cuales el más conocido es el **ENOS (El Niño Oscilación del Sur)** o **Fenómeno del Niño**, en sus fases **Niño** (en nuestra región, menos lluvias, sequías) y **Niña** (en nuestra región, más lluvias, crecidas, inundaciones).

Si bien son varios los indicadores que se utilizan (por parte de entidades como la Organización Meteorológica Mundial – OMM, el Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno del Niño, con sede en Guayaquil – Ecuador – CIIFEN, el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios ambientales – IDEAM) para pronosticar este fenómeno, el más utilizado es el de la **Temperatura de la Superficie del Mar (TSM)** en °C y su valor con respecto al valor medio histórico; si su diferencia es **mayor que cero** se habla de **anomalía positiva** y de la probabilidad de que se manifieste el fenómeno en su **fase Niño** en caso de que dicha anomalía sea mayor a 0,5 °C en forma continua durante por lo menos cinco meses; si es **menor que cero** se habla de **anomalía negativa** y de la probabilidad de que se manifieste el fenómeno en su **fase Niña**, igual que en la condición anterior, en caso de que dicha anomalía sea mayor a 0,5 °C en forma continua durante por lo menos cinco meses.



La siguiente imagen del IDEAM, Figura 20 de este documento, ilustra lo anterior.



Figura 20. Ilustración del IDEAM sobre el Fenómeno de El Niño

Se adjunta enseguida un reporte del CIIFEN, acerca de lo que se esperaba en cuanto a lluvias y a temperaturas en nuestra región en el cuarto trimestre de 2018:

“Pronóstico Estacional Oeste y Sur de Sudamérica octubre, noviembre y diciembre de 2018

Del análisis estadístico de las estaciones de los Servicios Meteorológicos de Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela (621 de temperatura y 1383 de precipitación), se estima que durante el período Octubre – Diciembre 2018 existen mayores probabilidades de lluvia por sobre lo normal, en la mayor parte de Venezuela donde se esperan ocurran lluvias de normal a sobre lo normal; en la región norte de Colombia; a lo largo de la región costera y región sur de los Andes peruanos; en la región norte de La Paz, Cochabamba, Chuquisaca y el Chaco de Tarija en Bolivia; en la región de Valparaíso hasta la región de Los Lagos en Chile; en la región oriental del Paraguay; la región litoral, Centro y Buenos Aires en Argentina y en la región oeste del Brasil.



Mayores probabilidades de lluvia bajo lo normal en la península de Paraguaná, el sur de la zona andina, y la parte oriental sur del Amazonas en Venezuela; **en gran parte de la región central y sur de los Andes en Colombia**; en algunos puntos de la costa central del Perú; en la región oriental de Santa Cruz en Bolivia; en la región del Altiplano Chileno, Isla de Chiloé, Provincia de Palena, al igual que la Región de Aysén y Magallanes en Chile; en la región de la Patagonia en Argentina y el extremo nororiental del Brasil.

Mayor probabilidad de Temperatura Máxima sobre lo normal en la región andina y región sur de Venezuela; **a lo largo de la zona andina de Colombia**, a lo largo de la región costera del Perú; gran parte del territorio boliviano; en la zona interior del Norte Grande y Valle del Elqui, al igual que la costa de Arica. en Chile y para todo el Paraguay. Se estiman probabilidades de Temperatura Mínima bajo lo normal en algunos puntos en el Delta del Orinoco en Venezuela; en algunos lugares de la región andina central en Colombia; en la región nororiental y en la región costera del Perú; Altiplano de Cochabamba y Tarija, al norte de Potosí y Tarija en Bolivia; en la región entre el sur de Atacama y la región de Magallanes en Chile”.

Nota de advertencia

El usuario debe considerar este pronóstico como una referencia que utiliza la estadística de alrededor de 1000 estaciones meteorológicas en 9 países de la región, para estimar las mayores probabilidades de que existan precipitaciones por encima o debajo del promedio histórico EN LOS TRES MESES DE PRONÓSTICO, es decir, las condiciones más probables a lo largo de estos tres meses.

Este producto es útil como una referencia de más largo plazo en el tiempo, pero es necesario aclarar que no se consideran eventos extremos puntuales y de corta duración que pudieran ocurrir en los distintos países. Este producto es desarrollado por los Servicios Meteorológicos Nacionales (en nuestro caso el IDEAM), siendo ellos la fuente primaria de información. Excepto para Argentina y Brasil cuya información fue obtenida del Modelo Probabilistic Multi-Model Ensemble de la OMM.”

Más adelante, se tuvo un nuevo **documento CIIFEN de diciembre 2018** denominado **Condiciones oceánicas atmosféricas: evolución y perspectivas** sobre la posibilidad de generación de un evento de El Niño a fines del año 2018:

“Persiste cálido el Pacífico tropical

En noviembre de 2018 la TSM, gran parte de la cuenca del Pacífico tropical se caracterizó por presentar valores sobre lo normal, particularmente en el Pacífico ecuatorial central y oriental, además de la piscina cálida en 30°S, mientras que junto a las costas de Perú y Chile se ubicaron



aguas superficiales con temperatura de normal a sobre lo normal. En cuanto a la región de El Caribe la TSM estuvo alrededor de sus valores típicos; así, la TSM en El Caribe fluctuó en alrededor de 28°C.

Bajo la superficie del mar, entre 100 y 200 m de profundidad, se aprecia la intensificación de la franja de la lengua de agua cálida a lo largo de todo el Pacífico ecuatorial, ubicándose su núcleo cálido al este de 100°W con anomalía de hasta 4.0°C; este gran depósito de calor a medida que se proyecta hacia el Este asciende a niveles superficiales frente a las costas sudamericanas.

La temperatura del mar en las regiones “Niño” al finalizar noviembre los valores semanales fueron positivos en todas las regiones, siendo las regiones centrales Niño3 y Niño3.4 las que presentaron el valor más alto con 1.2°C y la región Niño1+2 la de más bajo valor con 0.5°C, evidenciando el incremento de la TSM a lo largo del Pacífico ecuatorial durante noviembre.

Las predicciones sugieren para el período diciembre 2018 – febrero 2019, probabilidad de precipitación sobre lo normal a lo largo de la costa de Ecuador y costa norte del Perú, norte de Argentina y Uruguay; lluvias deficitarias en Centroamérica, el extremo norte de Sudamérica, Venezuela, Colombia, Perú y Chile. En cuanto a la TSM, se prevé que la TSM en el Pacífico Tropical se mantenga sobre su promedio climatológico, en especial a lo largo de la zona ecuatorial y frente a la costa de Ecuador y Perú”.

Para noviembre 2018 en particular y relacionado con predicciones para enero 2019, se tuvo el siguiente reporte del CIIFEN, muy asociado al anterior:

“El Pacífico tropical permanece cálido

De acuerdo con las predicciones globales de Precipitación (mm) y Temperatura del Aire en superficie (°C) del NMME ENSEMBLE AVERAGE (CPC-NOAA) se prevé para el período **noviembre, diciembre y enero** de 2018-19, **precipitaciones deficitarias en gran parte de Centroamérica y en el extremo norte de Sudamérica**, mientras que, para Ecuador, Perú, sur de Bolivia, Paraguay, Uruguay, norte de Argentina y sur del Brasil se prevén precipitaciones sobre lo normal. En cuanto a la temperatura del aire en superficie, se prevé en general condiciones cálidas para gran parte de Sudamérica.

De acuerdo con las predicciones globales de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) para el período **noviembre, diciembre, enero** de 2018-19 del Climate Forecast System (CFSv2) de la National Oceanographic and Atmospheric Administration (NOAA) y del Centre for Medium-Range Weather Forecasts (ECMWF), **el Océano Pacífico tropical presentará valores superior a lo normal**; mientras que el Pacífico suroriental, particularmente junto a la costa de Perú y Chile, la TSM estará fluctuando de normal a ligeramente sobre el valor normal”.



Y otro documento CIIFEN más reciente acerca de lo que se esperaba en cuanto a lluvias y a temperaturas en nuestra región en el primer trimestre de 2019 fue el siguiente:

“Pronóstico Estacional Oeste y Sur de Sudamérica enero, febrero y marzo de 2019

Del análisis estadístico de las estaciones de los Servicios Meteorológicos de Bolivia, Chile, Colombia, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela (525 de temperatura y 1386 de precipitación), se estima que **durante el período Enero – Marzo 2019 existen mayores probabilidades de lluvia por sobre lo normal**, en pequeñas áreas en Venezuela, **en la región andina en Colombia**, en la costa central y sur del Ecuador; en la región andina sur de Perú; al oriente de la región del Pando, del Beni y Santa Cruz en Bolivia; en la región de Magallanes en Chile; sobre el centro y norte de la Región Oriental y norte del Chaco en el Paraguay; en la región litoral, Centro y Buenos Aires en Argentina y en los estados de Maranhao, Pernambuco, Rio Grande del Norte en Brasil.

Mayores probabilidades de lluvia bajo lo normal en zona Centro Norte y los estados Amazonas, Bolívar y Falcón en Venezuela; **en el norte de la región Andina y en el sur de la región Pacífica en Colombia**; en gran parte de la región andina norte del Ecuador; a lo largo de la región costera del Perú; en la región de La Paz, Oruro, Potosí en Bolivia; desde la región del Maule a la región de Los Lagos en Chile; en la región Roraima, Amapá, Amazonas y Pará en el Brasil.

Mayor probabilidad de Temperatura Máxima sobre lo normal para la mayor parte de Colombia; la región andina del Ecuador; a lo largo de la costa y región andina del Perú; en la región de Cochabamba, Chuquisaca, y Tarija en Bolivia; desde la región de Arica y Parinacota hasta la región del Maule por el interior, también, en la ciudad de Coyhaique en Chile y en gran parte del Paraguay.

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS

Se estiman probabilidades de Temperatura Mínima bajo lo normal en algunos puntos de la región andina centro norte del Ecuador; en algunos puntos en Cochabamba y Chuquisaca en Bolivia y sobre la región del Maule y en las regiones de Aysén y Magallanes en Chile”.

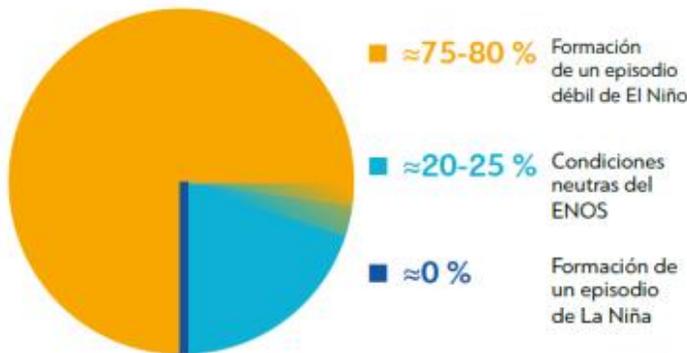
A su vez, y a manera de resumen, la **Organización Meteorológica Mundial OMM** en su boletín del 27 de noviembre de 2018 sobre la ocurrencia del fenómeno de El Niño en nuestra región, Figura 21, dice que la **probabilidad de que se produjera un episodio de El Niño en diciembre 2018 – febrero de 2019 es del 75 - 80 %**.

Dice también que, si bien actualmente resulta incierto predecir su intensidad, parece poco probable que vaya a tratarse de un episodio fuerte.

(La negrilla es nuestra)



PROBABILIDADES ESTIMADAS PARA DICIEMBRE DE 2018-FEBRERO DE 2019



- Desde octubre de 2018, las condiciones oceánicas corresponden a un episodio de El Niño débil, pero todavía no se ha producido el acoplamiento con la atmósfera necesario para poder hablar de un episodio de El Niño típico.
 - La probabilidad de que durante los próximos tres meses se produzca un episodio de El Niño débil, pero plenamente desarrollado, es del 75-80 %.
 - Es poco probable que el episodio adquiera una intensidad fuerte.
 - La formación de un episodio de La Niña es muy poco probable.
- La información sobre el ENOS debería combinarse con otros factores pertinentes en los planos regional y local para prever sus efectos en el clima a escala regional.*

Puede consultarse la versión más actualizada del Boletín en: <https://public.wmo.int/en/our-mandate/climate/el-niño-la-niña-update>

Figura 21. Boletín OMM noviembre 2018 sobre el Fenómeno de El Niño

Finalmente, el IDEAM en su Boletín número 126 del 11 de enero de 2019, expresa que:

“De acuerdo con el reporte del 10 de enero del 2019 del Instituto Internacional de Investigación para Clima y Sociedad (IRI), la anomalía de la TSM se mantuvo dentro de los promedios de un evento El Niño durante el pasado mes de diciembre, y las aguas subsuperficiales continuaron siendo más cálidas que el promedio. Sin embargo, la mayoría de las variables atmosféricas continuaron mostrando patrones neutros de “El Niño”. **La perspectiva oficial del IRI predice un 82% de probabilidad de que El Niño prevalezca durante el trimestre enero-febrero-marzo y un 66% durante el trimestre marzo-abril-mayo.** Los pronósticos más recientes de modelos estadísticos y dinámicos muestran colectivamente que los valores de la TSM mantendrán valores a nivel de “El Niño” hasta finales del periodo marzo-junio.