



UNIVERSIDAD NACIONAL DE COLOMBIA SEDE MANIZALES

INSTITUTO DE ESTUDIOS AMBIENTALES - IDEA

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



**Boletín Climatológico TRIMESTRAL
-Cuarto Trimestre de 2019-**



Enero de 2020



Boletín Climatológico TRIMESTRAL -Cuarto Trimestre de 2019-

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

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, la gestión integral del riesgo de desastres, la mitigación y adaptación al cambio climático y a los efectos de la variabilidad climática, pero también, entre otros, resulta 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 2019 (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.

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.

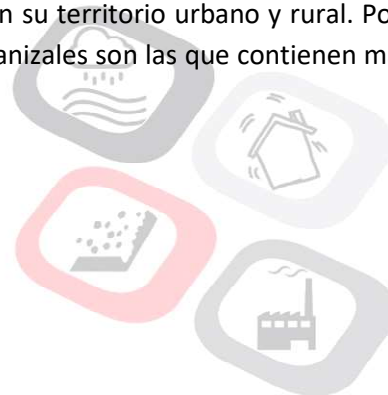
Comúnmente, con el propósito de facilitar dicho análisis, se analizan las variaciones de la **temperatura del aire** y de la **precipitación** (en nuestro caso, la lluvia) tal como se hace en este boletín, que finalmente se complementa con información a una escala mayor (meso escala) obtenida del IDEAM (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^{1,2,3,4,5,6,7}. 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 137 (2017). Sistema de Información ambiental departamento de Caldas. Manizales.

³ 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.

⁴ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 145 (2018). Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas - SIMAC (primera Parte).

⁵ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 146 (2018). Sistema Integrado de Monitoreo Ambiental de Caldas - SIMAC (segunda Parte).

⁶ 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.

⁷ Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, IDEA, Boletín ambiental 160 (2019). Aforos líquidos en ríos y quebradas de Manizales y del departamento de Caldas.

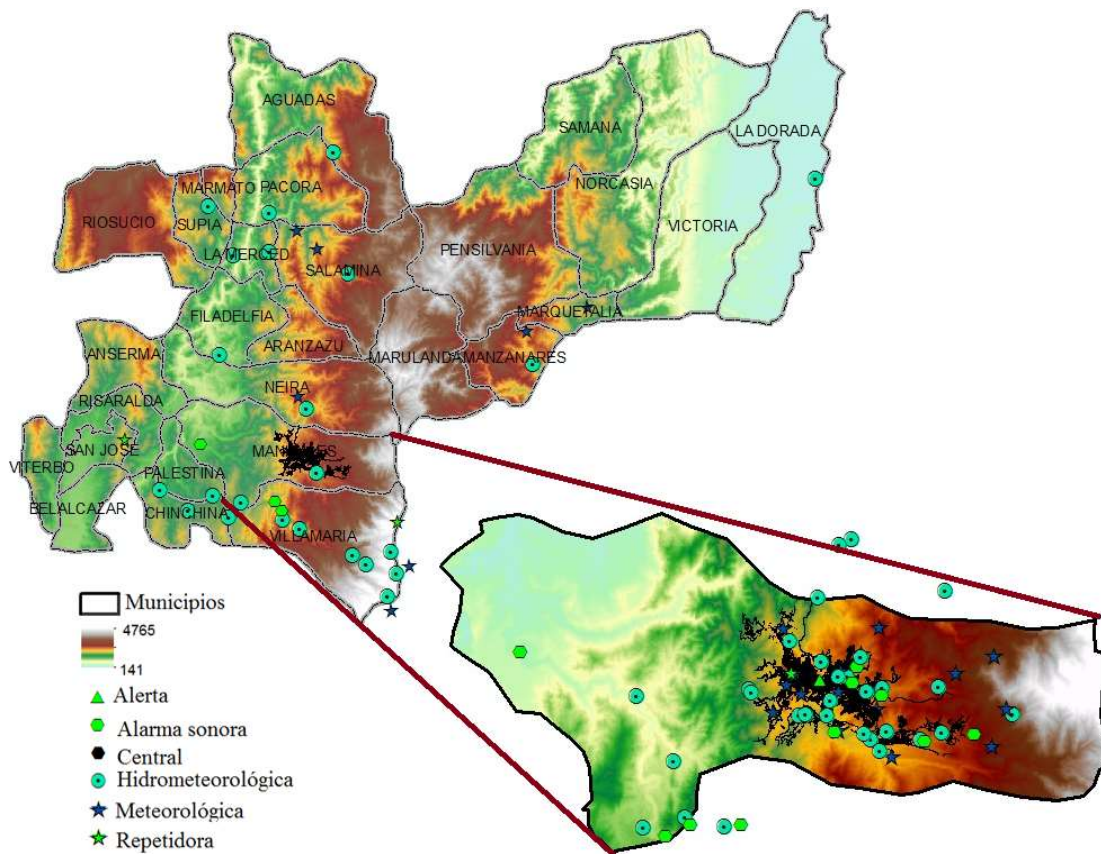


Figura 1. Localización estaciones hidrometeorológicas en el departamento de Caldas

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?

La información de las siete (7) redes modernas mencionadas arriba se divulga en tiempo real en el Geoportal SIMAC en la página web (<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



Boletín climatológico trimestral



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.

INDICADORES DE CLIMA
Podrás obtener el tipo de indicador meteorológico que desees seleccionando las fechas y las estaciones que están ubicadas en diferentes sitios del departamento de Caldas.

INDICADORES DE AIRE
Calcularás indicadores de calidad del aire a partir de datos de monitoreo de contaminantes criterio para Manizales y Caldas.

INDICADORES DE AGUA
Calcularás indicadores hidrológicos a partir de resultados del monitoreo de las estaciones hidrometeorológicas y de aguas subterráneas ubicadas en Manizales y en .

INDICADORES DE CALIDAD DE LOS DATOS
Consultarás indicadores de calidad de los datos a partir de cálculos realizados con base en datos hidrometeorológicos de Manizales y Caldas.

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 (m²) 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 ha utilizado hasta la fecha 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.

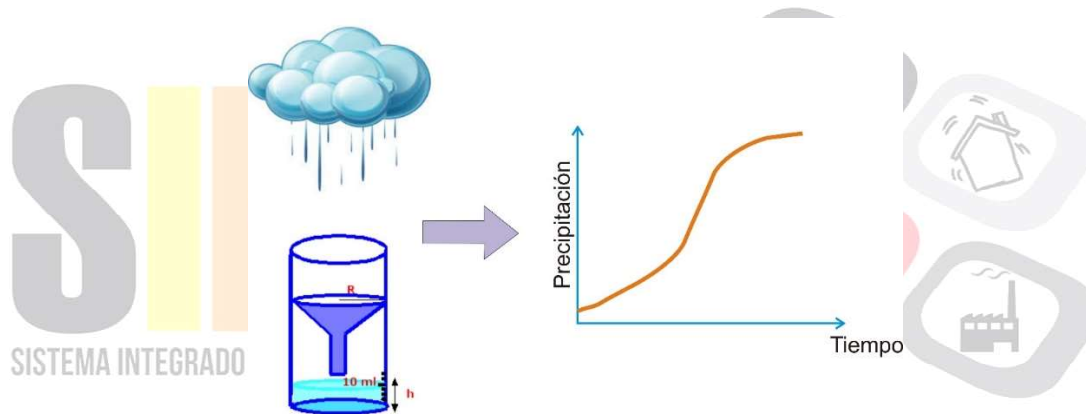


Figura 3. Medición de la precipitación

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.

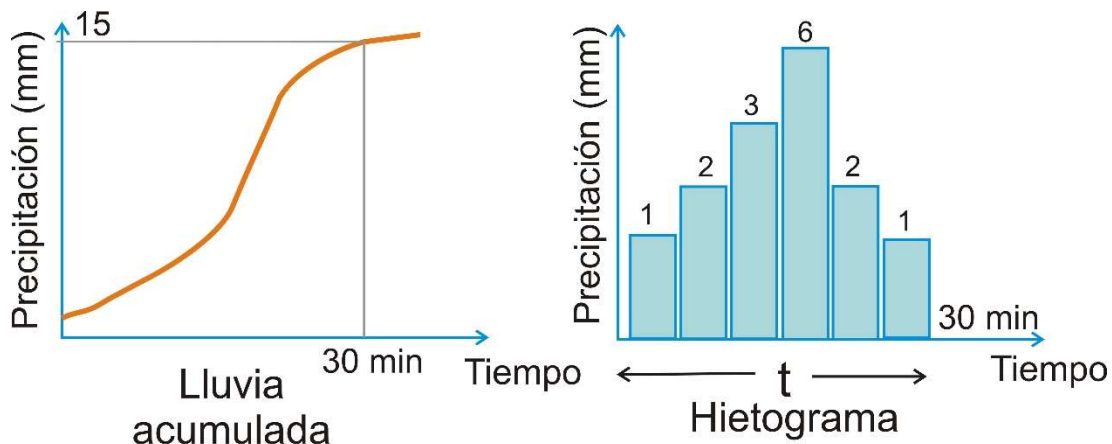


Figura 4. Representación de la precipitación

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.

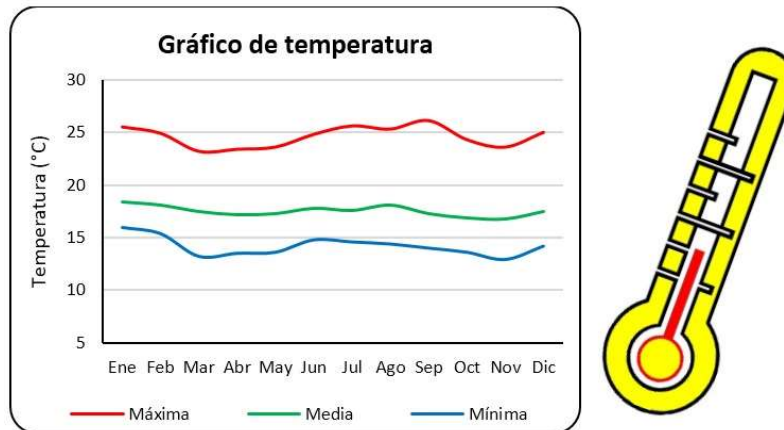


Figura 5. Representación de la temperatura y termómetro para medir la variable

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 INTEGRAL

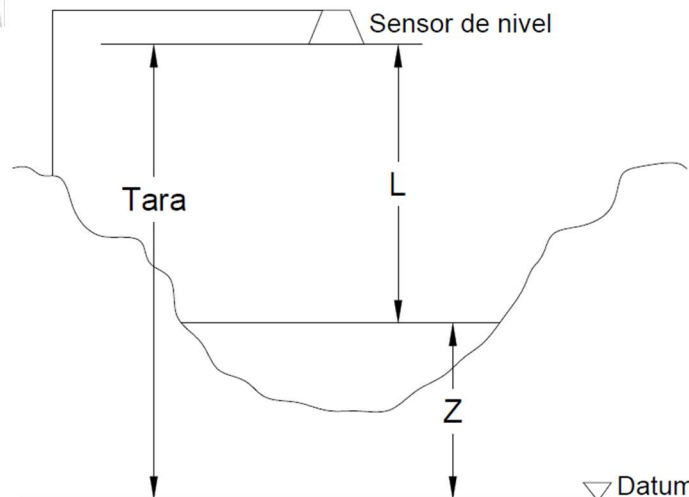


Figura 6. Esquema de medida del nivel Z en una corriente usando un sensor de nivel

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 máximos diarios**, lo mismo que con los valores medios diarios con los cuales se construye el **limnigrama de niveles medios diarios**. (Ver Figura 7).

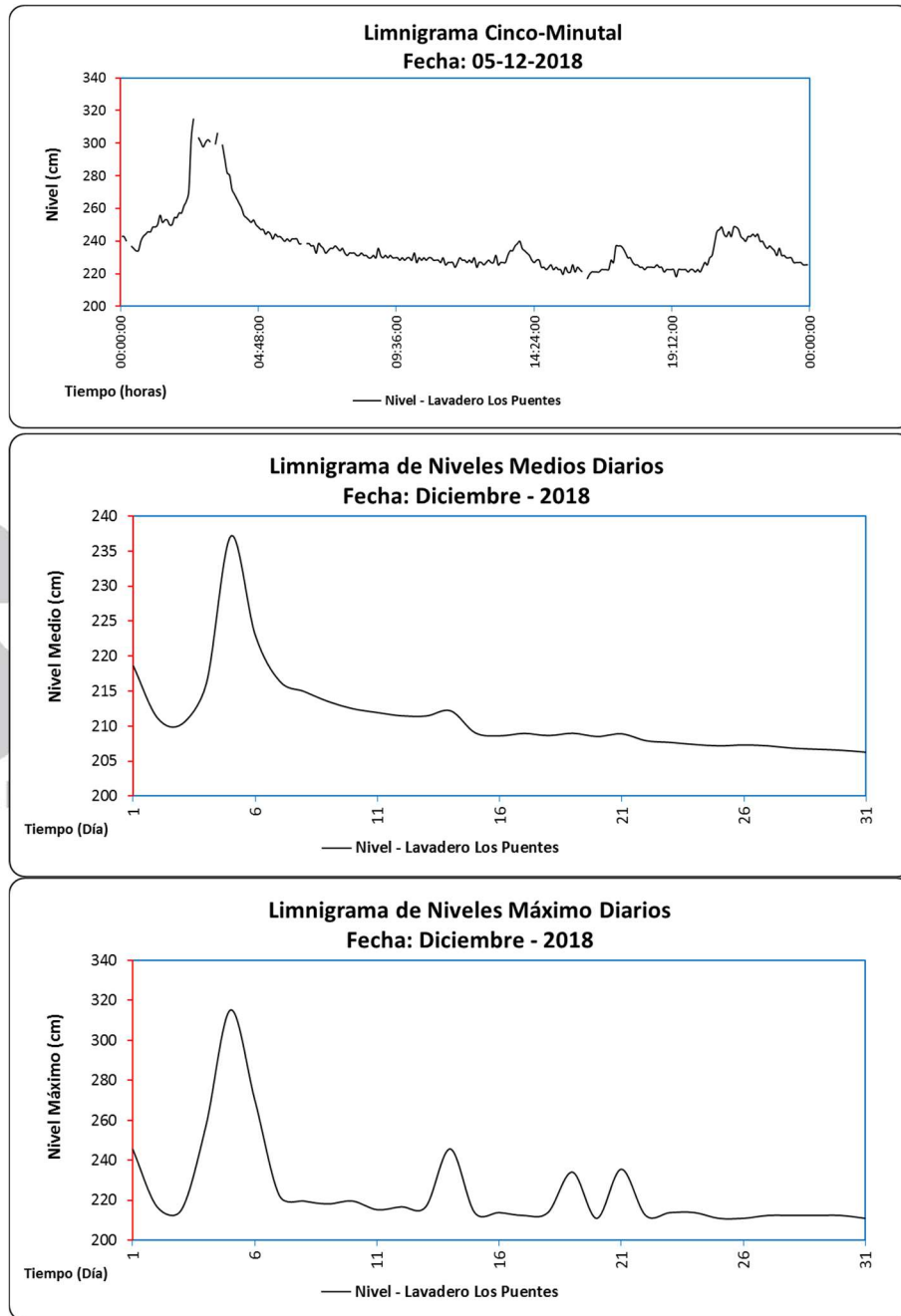


Figura 7. Limnigramas cinco-minutal y diario para la estación Q. El Guamo – Lavadero los Puentes

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 implementación de umbrales de alerta, ya definidos por investigaciones hechas por el IDEA y que establecen 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 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' 45.43"	75° 31' 46.04"	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
Hospital de Caldas	M	5° 3' 46.26"	75° 30' 1.94"	2183	S.E.S. Hospital de Caldas	UGR-Manizales	2007-12-14
Quebrada Palogrande - Ruta 30	H	5° 3' 20.52"	75° 30' 2.88"	2002	Lava Autos Ruta 30	UN-Manizales	2008-12-10
Aranjuez	M	5° 2' 34.2"	75° 30' 1.6"	1915	Institución Educativa Aranjuez	UGR-Manizales	2006-01-26
Posgrados	M	5° 3' 22.20"	75° 29' 32.07"	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' 5.14"	75° 28' 35.52"	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 mes de **octubre de 2019**, la precipitación en la ciudad de Manizales presentó un **decremento marcado en el 93% de las estaciones (13 en total)** con los valores extremos hacia el centro-oriente y occidente de la ciudad. **Noviembre registró el 57% (8 estaciones) con decremento de precipitaciones** respecto a la media para dicho mes, con los valores extremos hacia el occidente y centro de la ciudad. Estos dos meses son históricamente los que registran más lluvias durante el segundo semestre del año, coincidiendo con el posicionamiento de la Zona de Confluencia Intertropical (ZCIT), franja de nubes que se mueve latitudinalmente y que se ha posicionado sobre el centro occidente del país, propiciando un aumento de las precipitaciones que se extienden hasta principios de diciembre en esta región del país, donde se encuentra emplazada la ciudad de Manizales. **El mes de diciembre, por su parte, presentó un comportamiento similar a noviembre, con decremento de las precipitaciones en el 50% (7 estaciones)** respecto a la media histórica, alcanzando valores mínimos de -36% en El Carmen (occidente) y para las otras siete estaciones se obtuvieron incrementos que alcanzaron el 26% por encima de la media en estación La Palma (noroccidente). Los sectores noroccidente y norte de Manizales fueron los que mayor precipitación registraron durante el trimestre (estaciones La Palma y Bosques del Norte), mientras que hacia el suroriente (La Nubia) se registró la menor cantidad para el mismo periodo.

En la Figura 9 se puede apreciar la distribución espacio-temporal de las lluvias en la ciudad de Manizales para el cuarto trimestre de 2019 y el comparativo con la media histórica en cada punto de monitoreo (nota: barra cuarto trimestre 2019, color azul; barra media histórica para el trimestre, color naranja).

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS

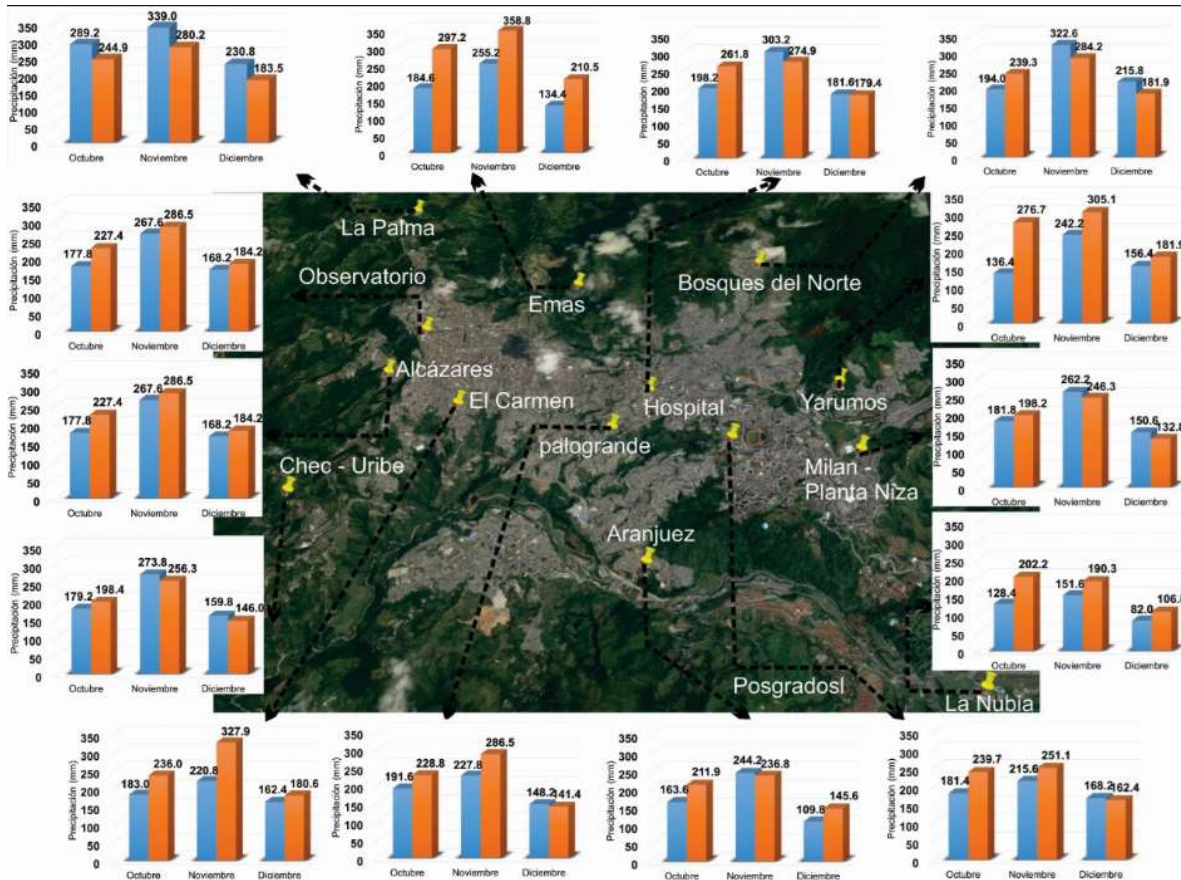


Figura 9. Distribución espacio-temporal de las lluvias en el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

3.1.1 Seguimiento mensual de las anomalías pluviométricas

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 anomalías negativas hasta del -51% en la estación Yarumos para el mes de octubre y positivas hasta del 26% en La Palma en diciembre. En el mes de octubre el 93% de las estaciones de monitoreo registraron valores por debajo del promedio histórico, excepto La Palma con un 18% por encima de la media histórica en el noroccidente de la ciudad; para el mes de noviembre el 57% del total de estaciones registró anomalías negativas y el 50% registró valores por debajo del promedio en estaciones como Chec - Uribe en el suroccidente, La Palma y Emas en el noroccidente, Q. Palogrande – Ruta 30 en el centro sur, Posgrados en el centro, Bosques del Norte en el norte, Milán – Planta Niza en el centro oriente de la ciudad. (Ver Figura 10).

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

En promedio general se obtuvieron anomalías negativas durante los tres meses así: octubre (-22%), noviembre (-5%) y diciembre (-3%), además, los valores máximos de anomalías, tanto



negativas como positivas, se obtuvieron en la parte centro, occidente, noroccidente y nororiente de la ciudad.

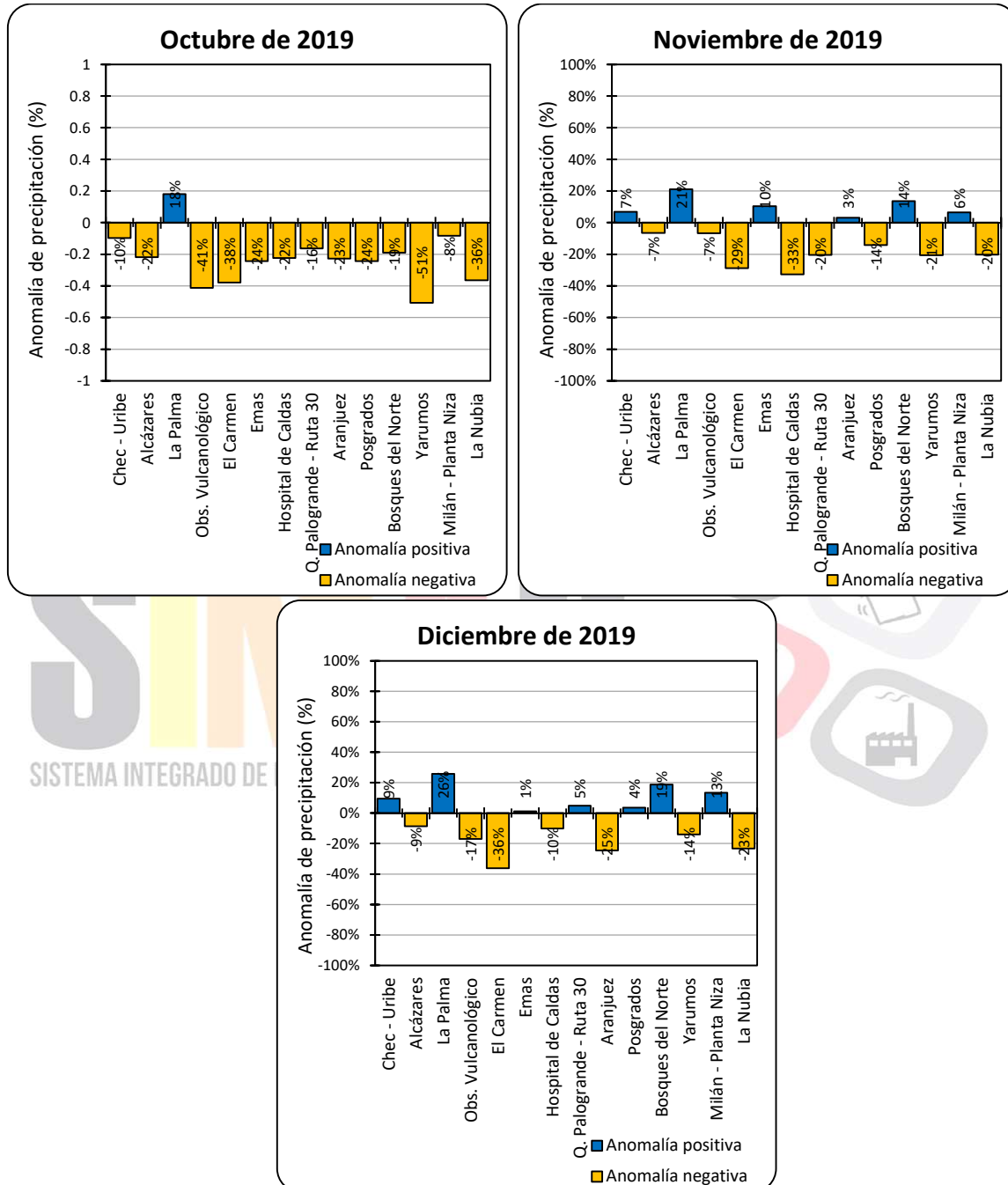


Figura 10. Anomalías pluviométricas por estación para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

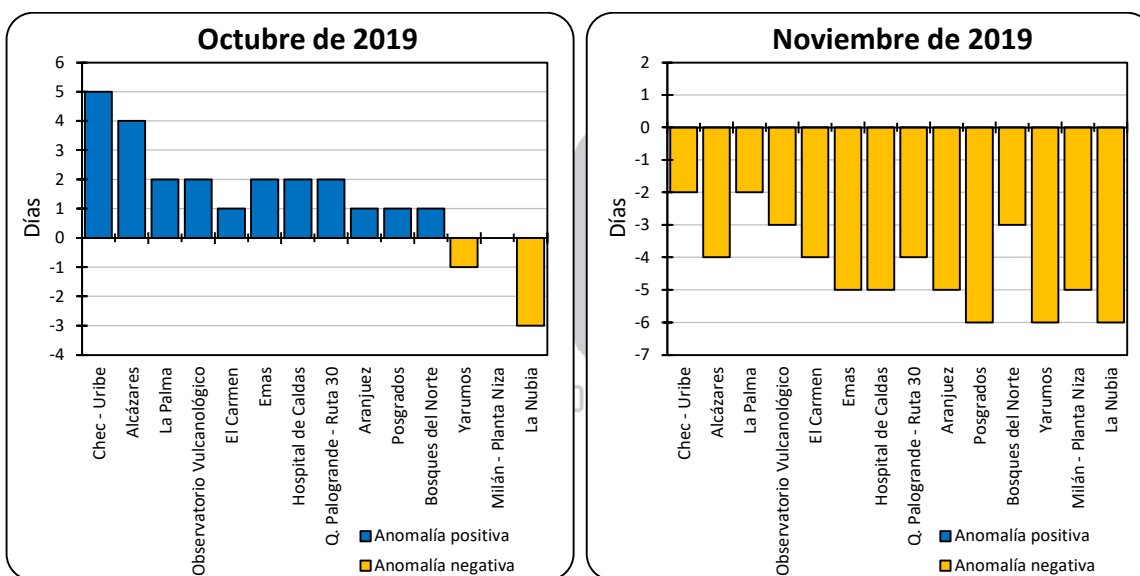
3.1.2 Seguimiento mensual de la anomalía del número de días con lluvia

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 positivas predominaron en el 79% (11 estaciones) con valores máximos hacia el occidente de la ciudad alcanzando 5 en Chec – Uribe y disminuyendo paulatinamente hasta alcanzar los mínimos en el sur oriente en estación La Nubia con anomalía negativa de -3 y solo en Milán – Planta Niza se tuvo valor igual al histórico para dicho mes. Noviembre por su parte, presentó anomalías negativas en el 100% (14 estaciones), con valores mínimos hacia el centro oriente de la ciudad que llegaron hasta -6 en estaciones Posgrados, Yarumos y La Nubia. En diciembre el 79% (11 estaciones) presentaron anomalías negativas, con mínimos hacia el centro y sur equivalentes a -3 en estaciones Hospital de Caldas y Aranjuez; dos estaciones (14%) del suroccidente (Chec – Uribe) y occidente (Alcázares) obtuvieron valores iguales a la media histórica y solo Milán – Planta Niza registró anomalía positiva equivalente a 1 día en el centro oriente de la ciudad. Ver Figura 11.

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



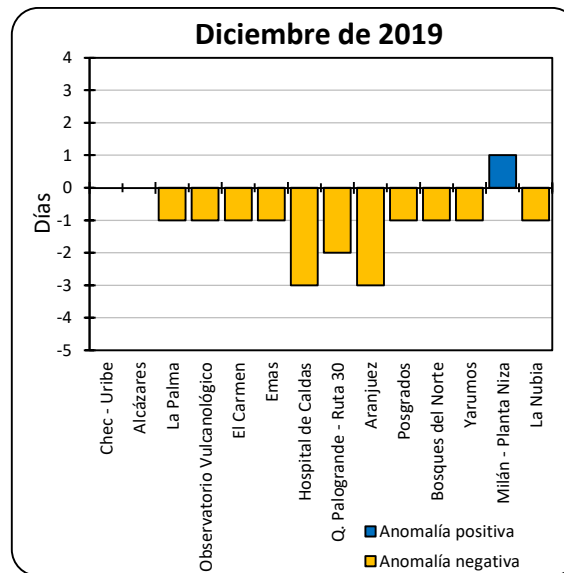


Figura 11. Anomalías del número de días con lluvia por estación para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

A continuación, se relaciona el número de días con lluvia y sin lluvia por cada mes del cuarto trimestre de 2019 y para cada estación analizada. En promedio, el mayor número de días con lluvia se registró en el mes de octubre, con 25 días que corresponden al 81% del mes, aunque no coincidió con el mes más lluvioso del trimestre, en términos de magnitud, cuyo lugar fue para noviembre. El valor máximo de 27 días con lluvias se alcanzó en las estaciones Chec - Uribe, Q. Palogrande – Ruta 30 y Emas en el mes de octubre. En contraste, el mayor número de días sin lluvia fue de 17, en estación Aranjuez en el mes de diciembre (Tabla 2).

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS

Tabla 2. Número de días con lluvia y sin lluvia para el cuarto trimestre de 2019 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	27	4	20	10	17	14
	87%	13%	67%	33%	55%	45%
Alcázares	26	5	19	11	17	14
	84%	16%	63%	37%	55%	45%
La Palma	25	6	21	9	17	14
	81%	19%	70%	30%	55%	45%
Observatorio Vulcanológico	26	5	21	9	18	13
	84%	16%	70%	30%	58%	42%
El Carmen	25	6	20	10	17	14
	81%	19%	67%	33%	55%	45%
Emas	27	4	19	11	19	12



	87%	13%	63%	37%	61%	39%
Hospital de Caldas	25	6	19	11	15	16
	81%	19%	63%	37%	48%	52%
Q. Palogrande - Ruta 30	27	4	22	8	18	13
	87%	13%	73%	27%	58%	42%
Aranjuez	24	7	18	12	14	17
	77%	23%	60%	40%	45%	55%
Posgrados	26	5	18	12	17	14
	84%	16%	60%	40%	55%	45%
Bosques del Norte	26	5	23	7	19	12
	84%	16%	77%	23%	61%	39%
Yarumos	24	7	20	10	19	12
	77%	23%	67%	33%	61%	39%
Milán - Planta Niza	23	8	19	11	19	12
	74%	26%	63%	37%	61%	39%
La Nubia	22	9	19	11	18	13
	71%	29%	63%	37%	58%	42%
Promedio Manizales	25	6	20	10	17	14
	81%	19%	67%	33%	55%	45%

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

En la Tabla 3 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 iniciaron el mes inmediatamente anterior, mientras que los valores resaltados en amarillo corresponden a conteos que iniciaron en el transcurso del mes y terminaron en el mes 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 octubre**, con un registro máximo de 18 días en las estaciones La Palma, Emas y Bosques del Norte, en el noroccidente y norte de la ciudad, seguido de 17 días en 8 estaciones más. En contraste, **diciembre registró los máximos valores de días consecutivos sin lluvia**, en estaciones ubicadas hacia el centro (Hospital de Caldas y Posgrados) y sur (Aranjuez) de la ciudad, alcanzando los 11 días, seguido de Q. Palogrande – Ruta 30 en el centro sur con 9 días sin registrar lluvia.

Tabla 3. Número de días consecutivos con lluvia y sin lluvia para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

Estaciones	Octubre		Noviembre		Diciembre	
	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia	Con lluvia	Sin lluvia
Chec - Uribe	17	1	8	5	9	4



Alcázares	13	2	8	6	9	4
La Palma	18	2	9	4	8	4
Observatorio Vulcanológico	13	2	8	5	8	4
El Carmen	17	2	15	6	8	4
Emas	18	1	8	5	8	4
Hospital de Caldas	17	2	8	4	9	11
Q. Palogrande - Ruta 30	17	1	16	5	9	9
Aranjuez	9	2	8	6	9	11
Posgrados	17	1	8	6	9	11
Bosques del Norte	18	2	8	4	10	6
Yarumos	17	2	8	5	10	6
Milán - Planta Niza	17	3	9	6	9	6
La Nubia	17	4	9	6	8	4
Promedio Manizales	16	2	9	5	9	6
Máximas Manizales	18	4	16	6	10	11

3.1.4 Seguimiento diario de la precipitación

El comportamiento diario de la precipitación en la ciudad de Manizales durante el cuarto trimestre de 2019 se registra en la Figura 12. 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 12 y la Tabla 5 se puede apreciar que el 43% (6 estaciones), presentaron los registros máximos diarios la segunda semana de noviembre, el 36% (5 estaciones) la última semana de diciembre, el 14% (2 estaciones) la tercera semana de octubre y solo una estación registró el máximo diario la primera semana de noviembre. **El valor máximo diario registrado fue de 72.8 mm en La Palma** y representó el 21% del total registrado para el mes de noviembre en dicha estación, mientras que los 29.8 mm registrados en La Nubia representaron el 20% del total en dicha estación para el mes de noviembre. El acumulado de precipitación durante el cuarto trimestre se mantuvo siempre por debajo de la media histórica en once (11) estaciones (79%) y el (21%) restante correspondiente a las estaciones La Palma, Bosques del Norte y Milán – Planta Niza, estuvo por debajo solo a principios de cada mes del trimestre. Por su parte, el acumulado de precipitación anual al terminar el cuarto trimestre de 2019 fue mayor en la estación La Palma (nor-occidente) con 2232.2 mm, seguida muy de cerca por Bosques del Norte (norte), con 2174.2 mm, y el menor registro en la estación La Nubia (sur-oriente) con 1423.2 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.

En términos generales, el año 2019 fue un año particularmente deficitario en lluvias para la ciudad de Manizales. Según se observa en la tabla anterior, las anomalías pluviométricas anuales por estación, alcanzaron valores negativos hasta del -29%, seguida de un -26% en las estaciones El



Carmen y Observatorio Vulcanológico respectivamente, ambas estaciones en el occidente de la ciudad, mientras que estaciones como La Palma (noroccidente), Bosques del Norte (norte) y Milán - Planta Niza (centro-oriente) presentaron valores por encima de la media histórica entre 8% y 9%.

Tabla 4. Precipitaciones anuales año 2019 y precipitaciones históricas en Manizales

Estaciones	Precipitación anual 2019	Precipitación máxima histórica	Precipitación promedio histórica	Anomalía pluviométrica	Observación
Chec - Uribe	1820.7	2098.6	1914.8	-5%	Máximo año 2011 *
Alcázares	1749.2	3181.0	2044.2	-14%	Máximo año 2011
La Palma	2232.2	2743.2	2056.4	9%	Máximo año 2017 *
Obs. Vulcanológico	1804.4	3540.2	2428.1	-26%	Máximo año 2008
El Carmen	1728.7	3920.0	2451.4	-29%	Máximo año 2008
Emas	1933.2	3013.6	2029.1	-5%	Máximo año 2008
Q. Palogrande - Ruta 30	1804.0	2731.2	1933.9	-7%	Máximo año 2017 *
Hospital de Caldas	1845.2	3375.6	2170.6	-15%	Máximo año 2011
Aranjuez	1653.3	2521.2	1750.0	-6%	Máximo año 2011
Posgrados	1634.0	2728.2	1865.9	-12%	Máximo año 2011
Bosques del Norte	2174.2	2877.6	2007.9	8%	Máximo año 2008
Yarumos	1721.0	3314.7	2156.6	-20%	Máximo año 2008
Milán - Planta Niza	1822.0	2199.0	1678.8	9%	Máximo año 2017 *
La Nubia	1423.2	2005.3	1589.7	-10%	Máximo año 2005
Máximas Manizales	2232.2	3920.0	2451.4	9%	

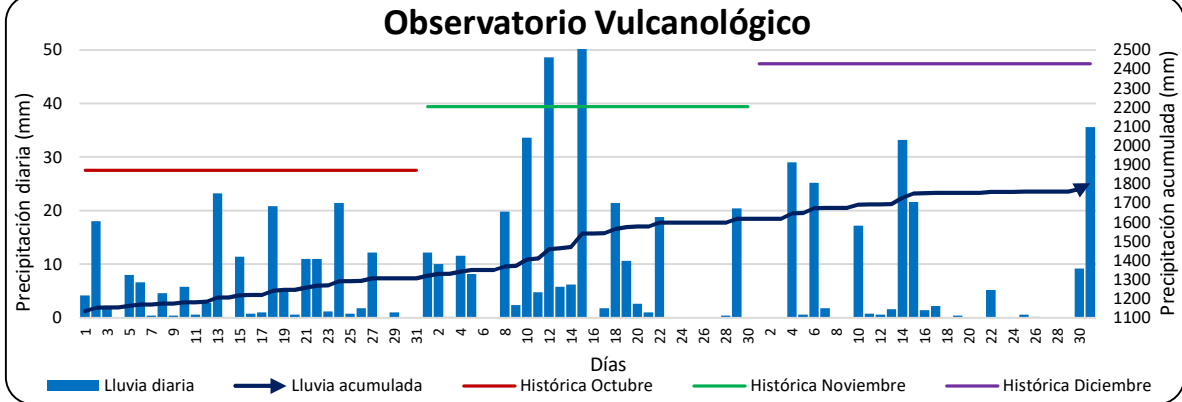
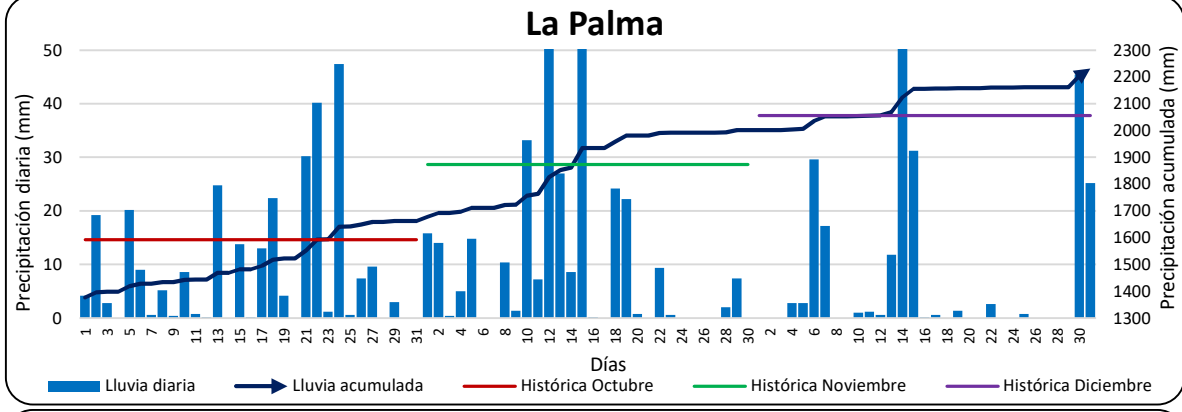
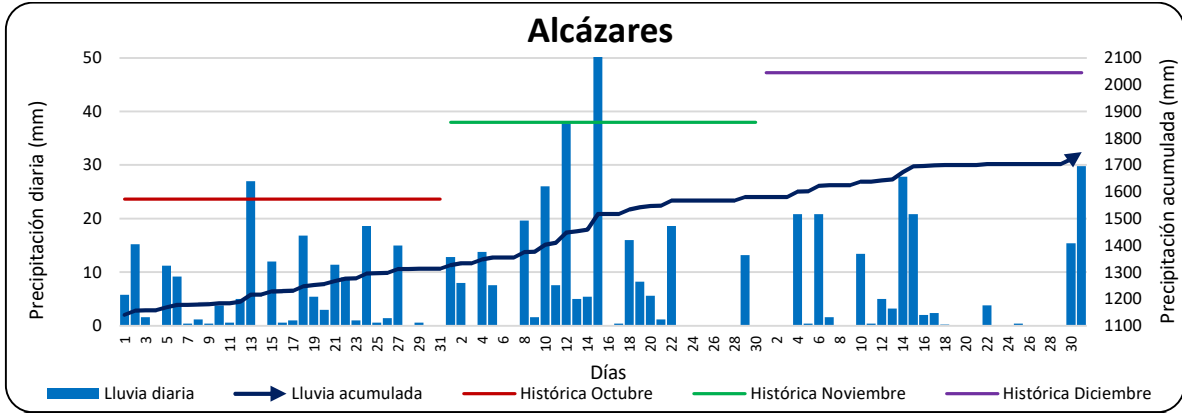
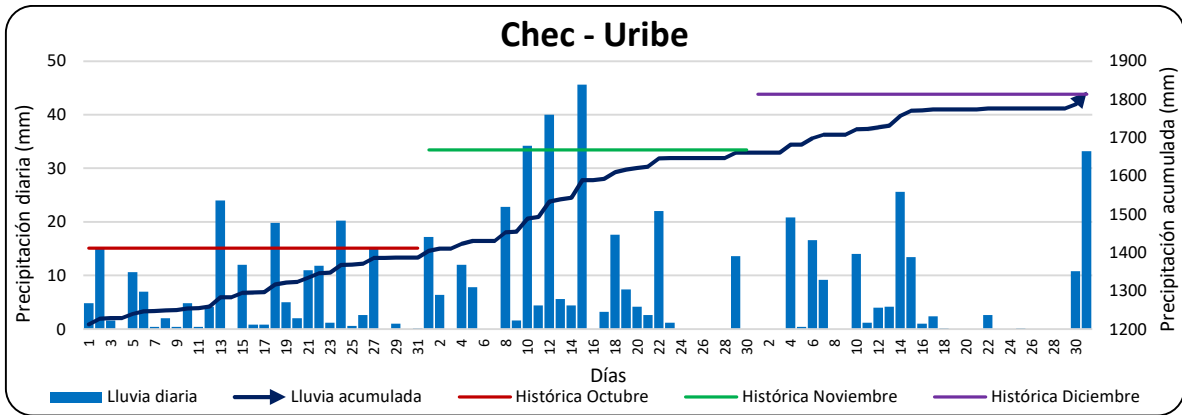
Nota: los valores resaltados en rojo están incompletos al igual que las observaciones con * y los resaltados con morado fueron completados con base en estaciones vecinas

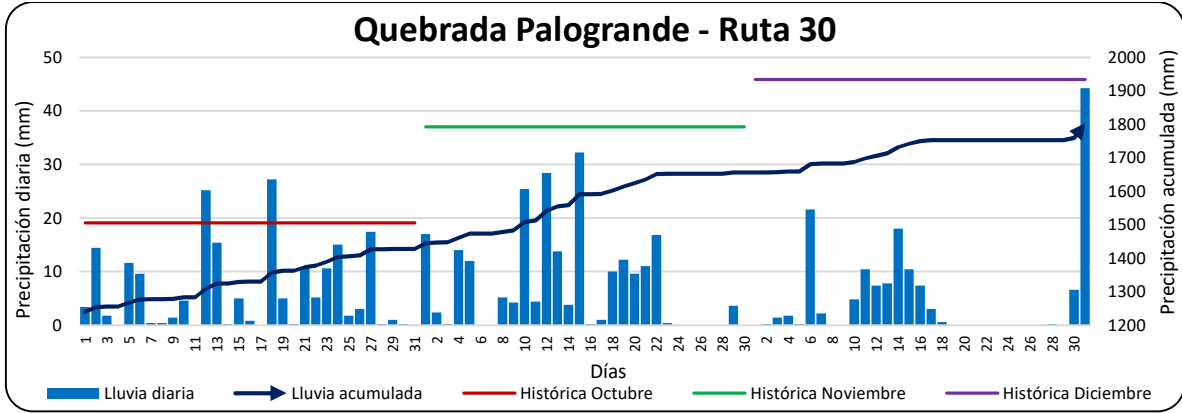
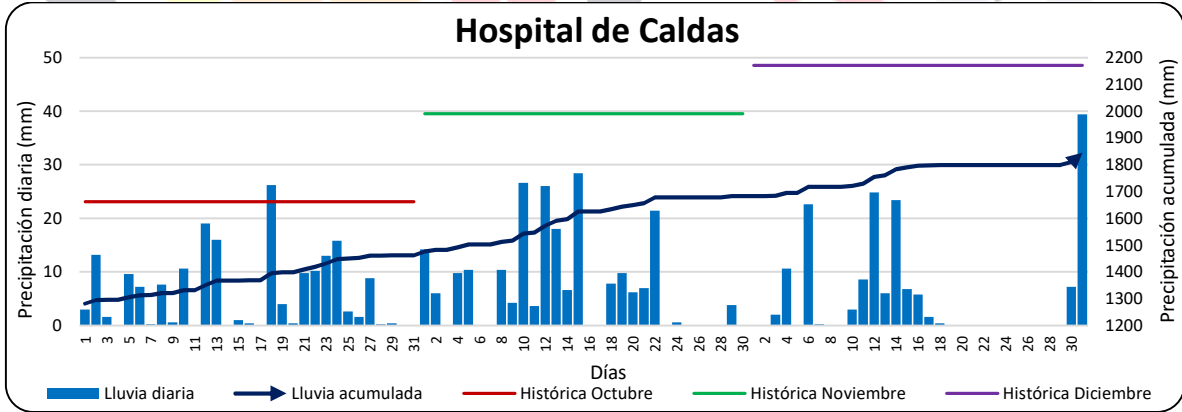
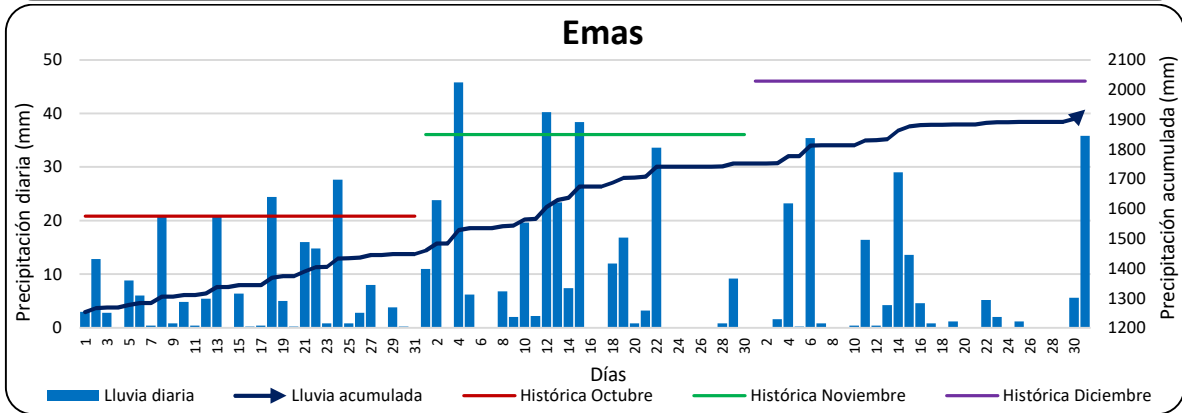
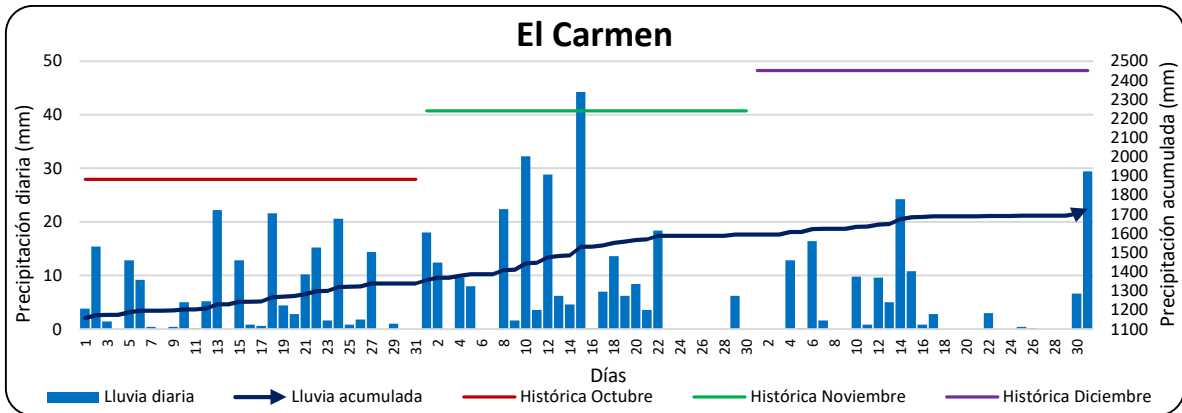
Los valores máximos de precipitación anual se han registrado bajo la influencia de eventos La Niña con diferentes intensidades, así: el año 2008 (medio) y 2011 (fuerte) con un 36% (5 estaciones) para cada año, seguidos del año 2017 (leve) con un 21% (3 estaciones) y por último el año 2005 (leve) con un 7% representado por una estación. Los registros máximos históricos de mayor magnitud se han presentado hacia el occidente de la ciudad en las estaciones El Carmen y Observatorio Vulcanológico, con valores de 3920 mm y 3540.2 mm respectivamente, que llegan a superar incluso en más del doble a los valores del año pasado, que presentó indicios de un evento El Niño leve, situación que pone de presente la gran variabilidad de lluvias que se pueden presentar en esta región centro occidente del país, lo cual trae consigo retos en la planificación del territorio y la gestión del riesgo de los desastres.

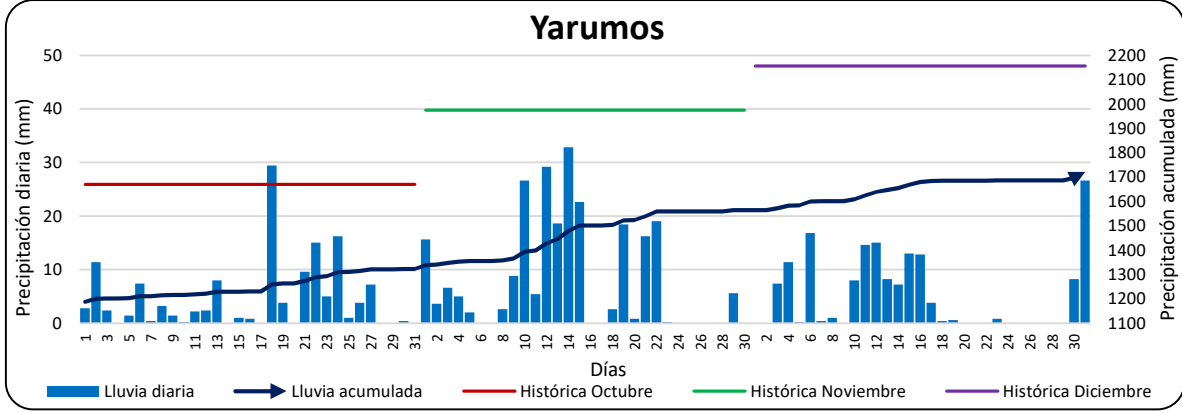
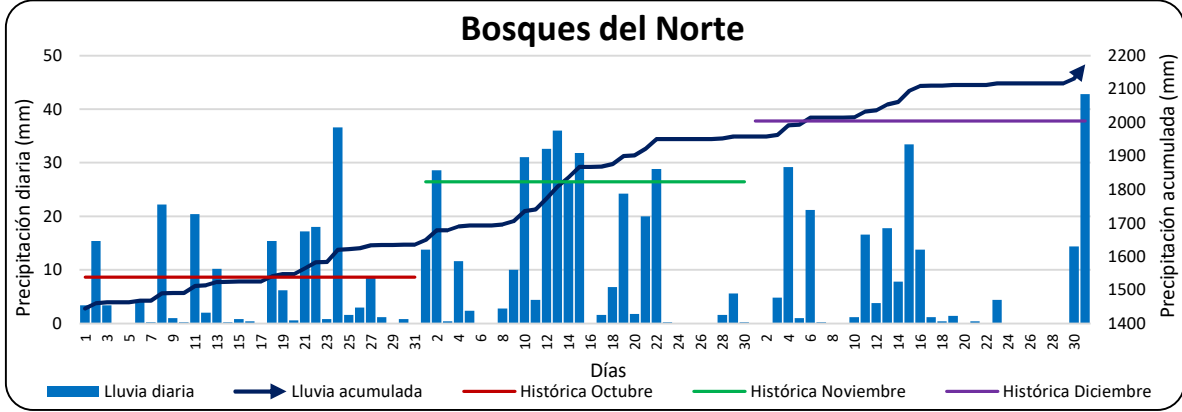
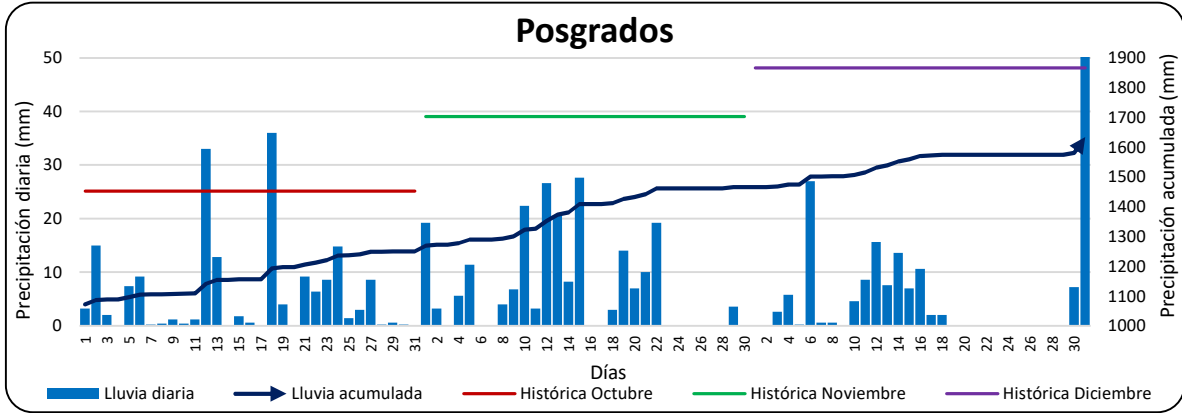
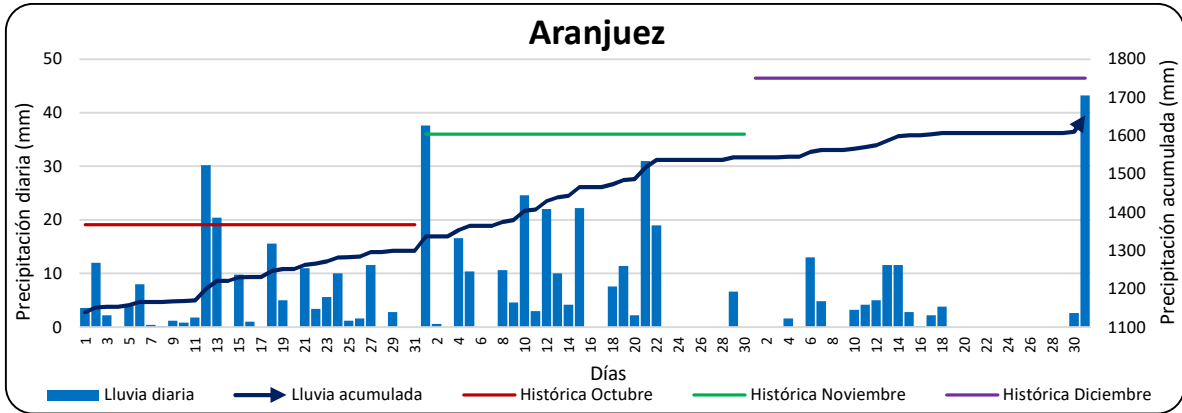
A continuación, se presenta el comportamiento de la precipitación diaria en el cuarto trimestre de 2019 y los valores promedios históricos, que permiten comparar sus magnitudes en el tiempo.



Boletín climatológico trimestral







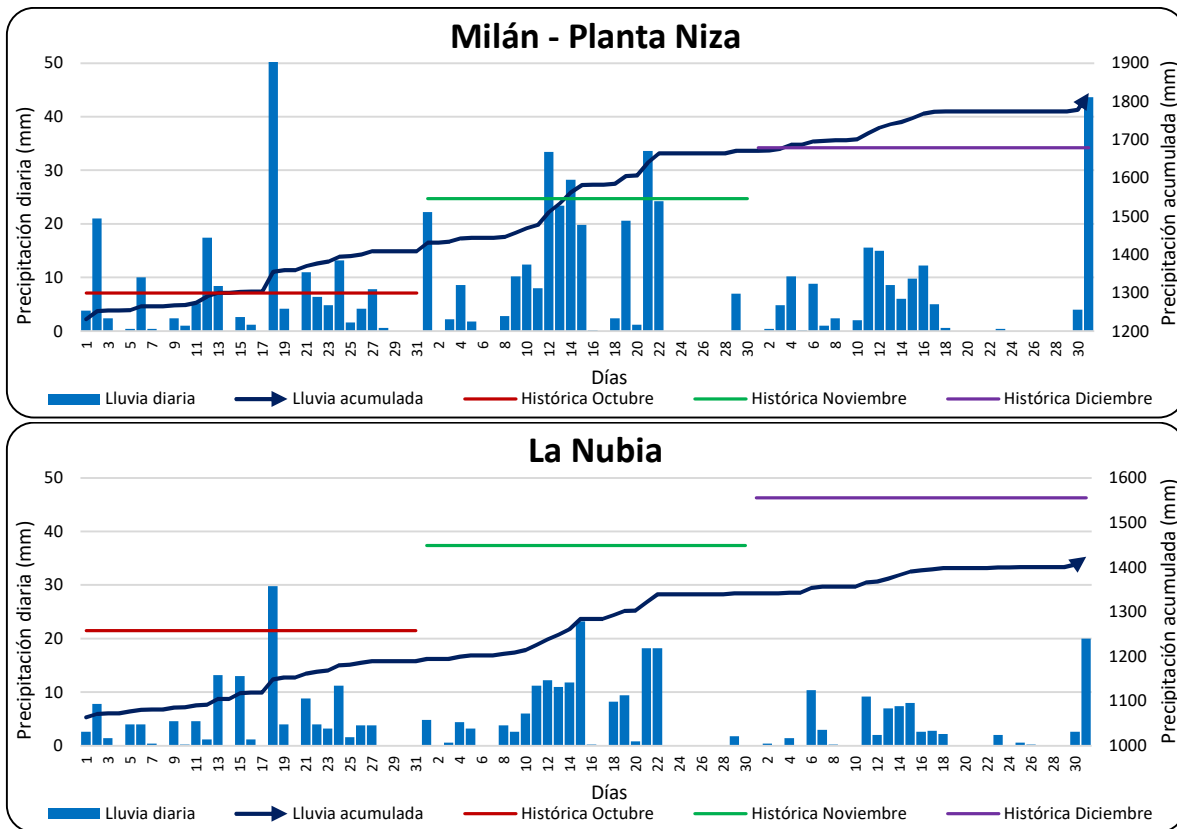


Figura 12. Comportamiento de la precipitación diaria por estación para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

3.1.5 Precipitaciones máximas diarias

Los registros máximos diarios de precipitaciones se obtuvieron en el mes de octubre para el 14% - 2 estaciones, noviembre para el 50% - 7 estaciones y diciembre para el 36% restante – 5 estaciones, como se aprecia en la Figura 13 y en la Tabla 5 que se muestra a continuación; el rango de valores de estos registros máximos de precipitaciones estuvo entre 29.8 mm en la estación La Nubia en el suroriente de la ciudad y 72.8 mm en La Palma, en el sector noroccidente.

Tabla 5. Precipitaciones máximas diarias en el cuarto trimestre de 2019 y máximas históricas en Manizales

Estaciones	Ppt máxima diaria OND 2019 (mm)	Fecha	Ppt máxima histórica diaria (mm)	Fecha	Trimestre del año
Chec - Uribe	45.6	2019-11-15	102.0	2017-02-12	I
Alcázares	59.2	2019-11-15	90.2	2015-03-20	I
La Palma	72.8	2019-11-15	94.2	2013-02-02	I
Observatorio Vulcanológico	69.8	2019-11-15	132.0	2017-02-12	I
El Carmen	44.2	2019-11-15	149.9	2005-06-10	II
Emas	45.8	2019-11-04	140.2	2003-03-18	I



Hospital de Caldas	39.4	2019-12-31	170.2	2017-04-19	II
Q. Palogrande - Ruta 30	44.2	2019-12-31	171.2	2017-04-19	II
Aranjuez	43.2	2019-12-31	106.6	2012-10-16	IV
Posgrados	52.6	2019-12-31	116.2	2017-04-19	II
Bosques del Norte	42.8	2019-12-31	94.4	2017-02-12	I
Yarumos	32.8	2019-11-14	126.5	2008-11-14	IV
Milán - Planta Niza	51.8	2019-10-18	89.6	2017-04-19	II
La Nubia	29.8	2019-10-18	80.4	2017-04-19	II
Máxima Manizales	72.8	2019-11-15	171.2	2017-04-19	II

Las precipitaciones máximas diarias se registraron hacia el noroccidente y occidente de la ciudad (estaciones La Palma y Observatorio Vulcanológico) y los registros mínimos se concentraron hacia el centro-orientado y surorientado de la ciudad (estaciones Yarumos y La Nubia). El 7% (una estación) registró valores máximos entre 20 mm y 30 mm; el 14% (2 estaciones) registraron máximos entre 30 mm y 40 mm; el 43% (6 estaciones) registraron máximos entre 40 mm y 50 mm; el 21% (3 estaciones) registraron máximos entre 50 mm y 60 mm y el 14% restante (2 estaciones) registraron valores superiores a 60 mm, como se aprecia en los registros de la Tabla 5 y la Figura 13. El 36% (5 estaciones) registraron el día más lluvioso el 15 de noviembre al igual que las lluvias registradas para el día 31 de diciembre; el 14% (2 estaciones) registraron el día más lluvioso el 18 de octubre y el 14% restante se dividió en partes iguales entre los días 04 y 14 de noviembre.

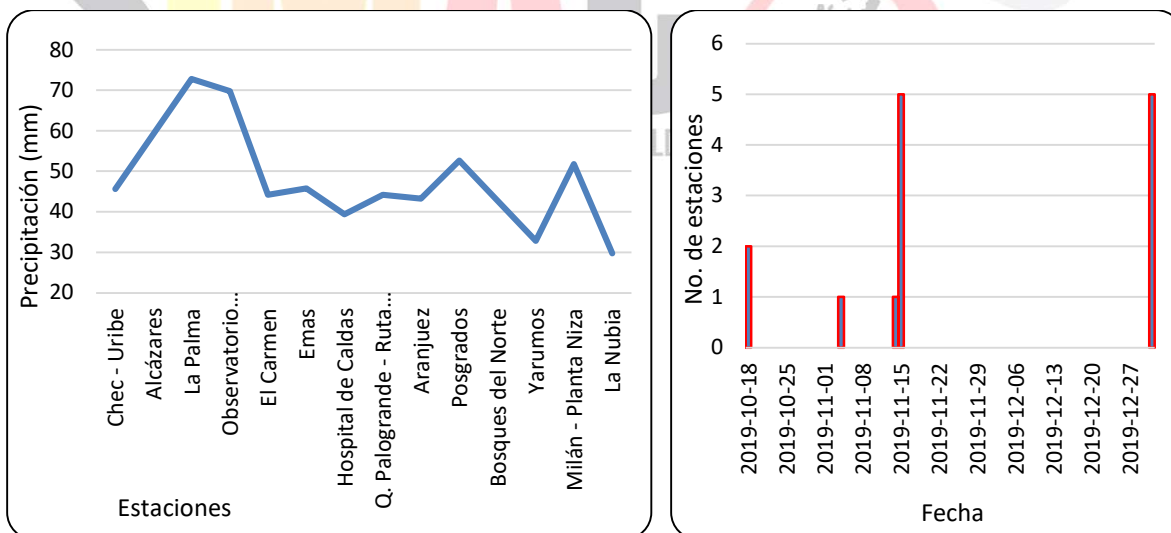


Figura 13. (a) Comportamiento de las precipitaciones máximas diarias en sentido occidente-orientado para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales. (b) Registros diarios máximos de lluvia ordenados cronológicamente

Los registros mayores de las precipitaciones diarias máximas históricas se registraron hacia el centro-sur y centro de la ciudad (estaciones Q. Palogrande – Ruta 30 y Hospital de Caldas) con magnitudes de 171.2 mm y 170.2 mm respectivamente, asociadas al evento que dejó 17 personas



muertas en el sector de Aranjuez (cerro Sancancio), Bajo Persia, González y otros, en abril 19 de 2017. Además, de las 14 estaciones analizadas, el 43% (6 estaciones) registraron el máximo en el primer trimestre y otra cantidad igual en el segundo trimestre, mientras que el 14% restante (2 estaciones) lo registró en el cuarto trimestre. El año con mayor número de registros máximos ha sido el 2017 con el 57% del total (8 estaciones) y de éstas, cinco (5) estaciones lo registraron el 19 de abril de 2017. Por su parte, los registros mínimos se concentraron hacia el centro-oriente y sur-oriente de la ciudad (estaciones Milán – Planta Niza y La Nubia), con magnitudes de 89.6 mm y 80.4 mm respectivamente, para el mismo 19 de abril de 2017. También se aprecia que los registros máximos históricos no siempre están asociados a las temporadas de lluvias regulares, puesto que el 29% (4 estaciones) los registraron en la primera mitad de febrero, que es un mes de transición a la primera temporada de lluvias del año. Ver Tabla 5.

3.1.6 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 deslizamientos⁸.

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

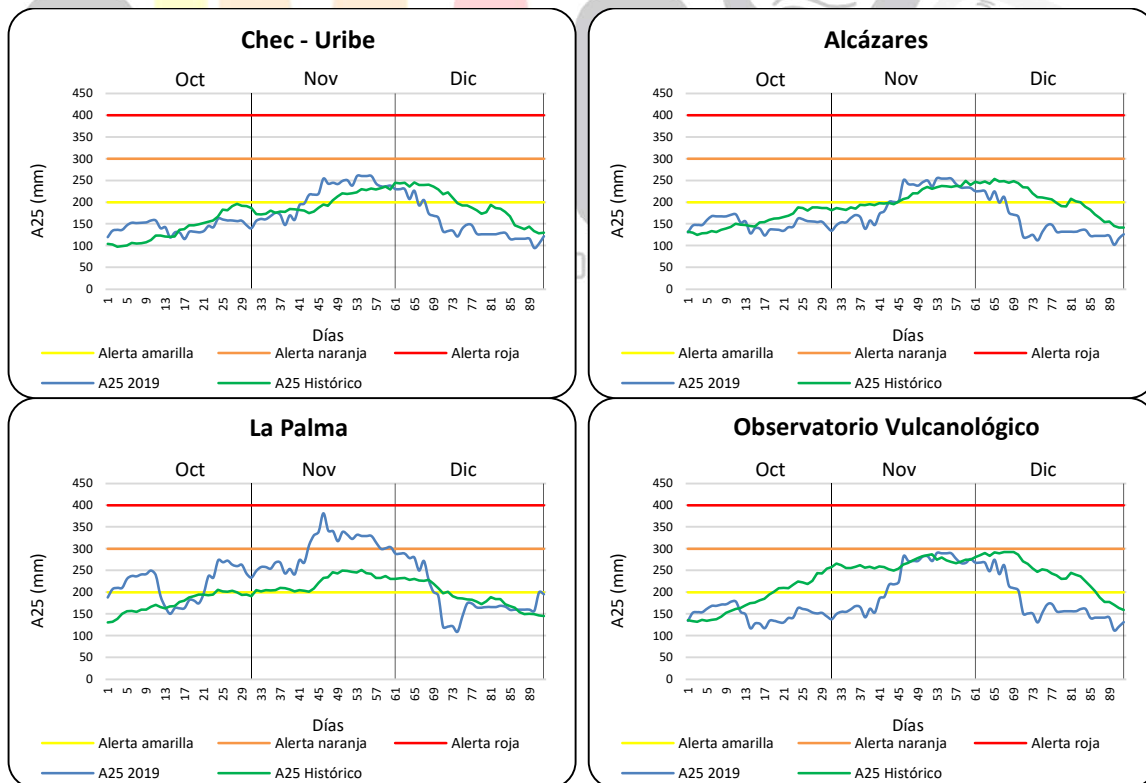
En la siguiente figura se muestra el comportamiento del A25 durante el cuarto trimestre de 2019 (línea azul), así como también el comparativo con el promedio histórico del A25 (línea verde) y se tienen marcadas las referencias de los umbrales relacionados en la Tabla 6. En términos generales, se aprecia que, **en la tercera semana de noviembre de 2019 se alcanzaron los valores máximos**

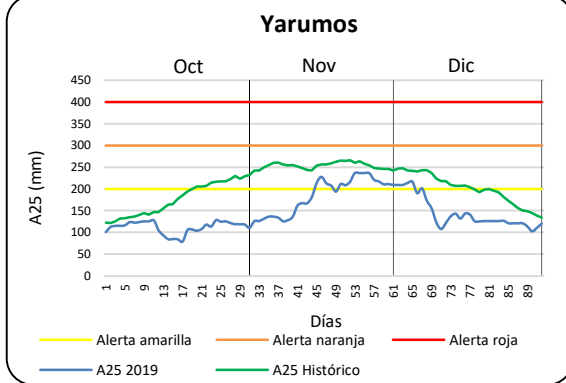
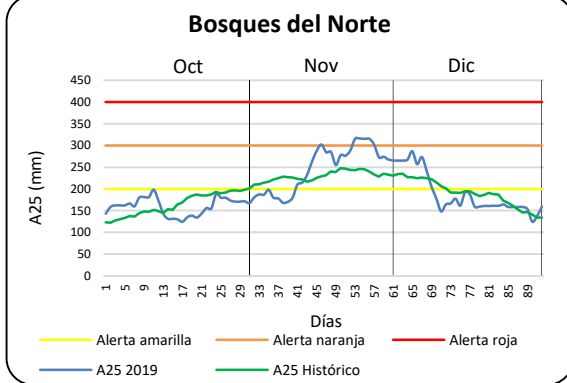
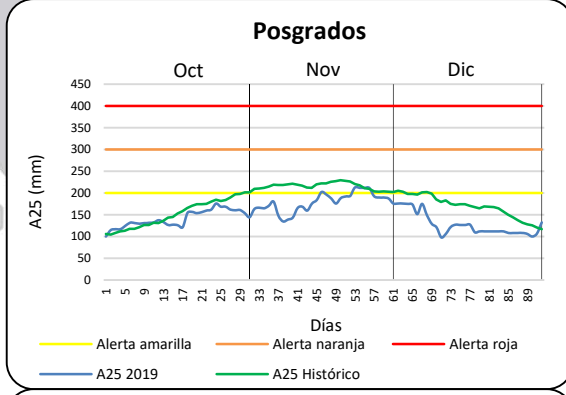
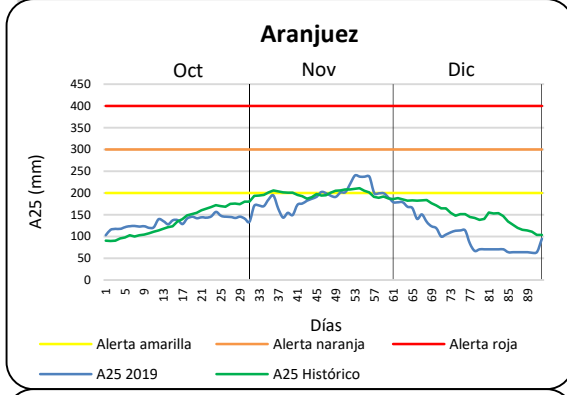
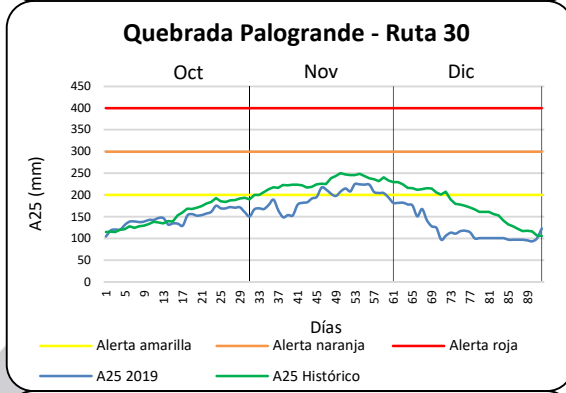
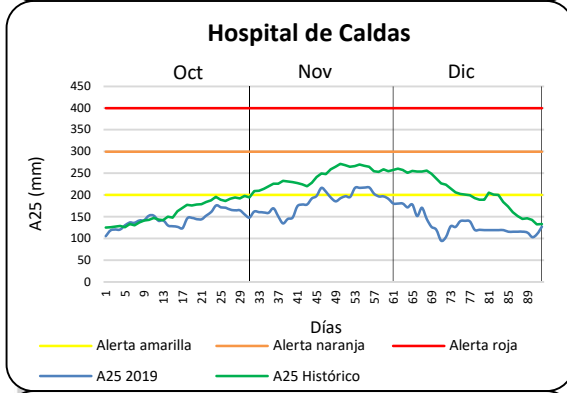
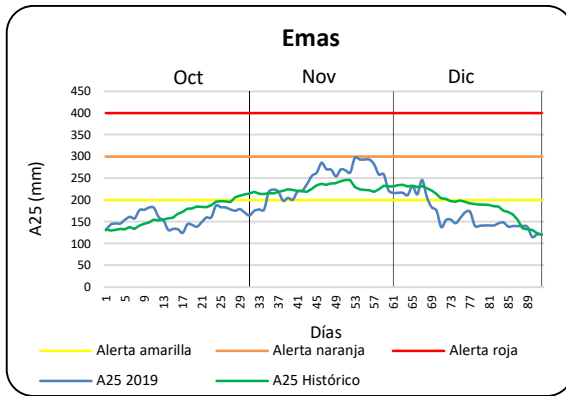
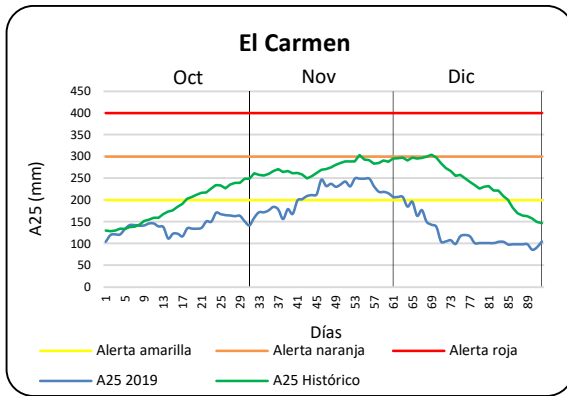
⁸ Terlien, M. (1996). Modelling Spatial and Temporal Variations in Rainfall-Triggered Landslides. ITC (32).



del trimestre en doce (12) estaciones analizadas (86%), el 14% restante corresponde a dos estaciones que obtuvieron el máximo valor de A25 en la segunda y cuarta semana de noviembre respectivamente. En seis (6) estaciones el registro del A25 para el cuarto trimestre estuvo prácticamente siempre por debajo de la media histórica, mientras que para las otras ocho (8) estaciones el registro logró rebasar la media histórica entre la segunda y tercera semana de noviembre, incluso en algunas de ellas tan solo logró superarla por escasos milímetros. La Palma fue la estación que presentó mayor parte del tiempo con valores por encima de la media histórica (2 meses). Los valores mínimos del A25 se registraron en diciembre en todas las estaciones analizadas (14 estaciones). Durante el mes de diciembre de 2019 se evidenció la disminución de las lluvias en todas las estaciones, con valores mínimos hacia el suroriente de la ciudad en La Nubia, que no rebasaron los 150 mm acumulados en 25 días.

Por otra parte, durante el cuarto trimestre, el 93% (13 estaciones excepto La Nubia) sobrepasaron los 200 mm acumulados en 25 días, incluso, dos de ellas (La Palma y Bosques del Norte) sobrepasaron el umbral de los 300 mm. El 64% (9 estaciones) alcanzaron su registro máximo el 22 de noviembre. El valor máximo del A25 en el cuarto trimestre fue de 381.6 mm en la estación La Palma, al noroccidente de la ciudad (Tabla 7).





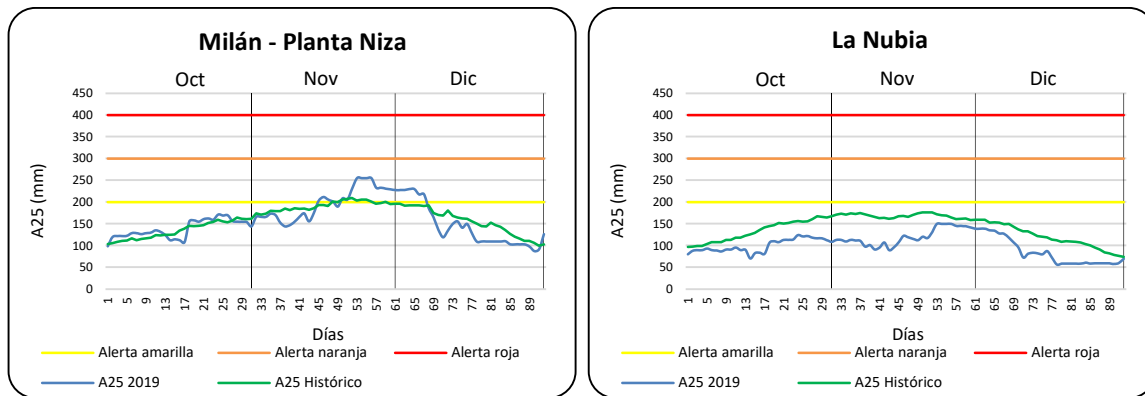


Figura 14. Comportamiento diario del A25 por estación para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

Tabla 7. Valores máximos del A25 para el cuarto trimestre de 2019 y máximos históricos en Manizales

Estaciones	A25 máximo OND 2019	Fecha	A25 máximo histórico	Fecha	Trimestre del año
Chec - Uribe	260.4	2019-11-23	515.0	2008-12-04	IV
Alcázares	255.0	2019-11-22	545.2	2011-12-05	IV
La Palma	381.6	2019-11-15	396.2	2008-12-07	IV
Obs. Vulcanológico	290.4	2019-11-22	629.4	2008-12-04	IV
El Carmen	250.0	2019-11-22	662.9	2008-12-04	IV
Emas	297.2	2019-11-22	540.8	2008-12-04	IV
Hospital de Caldas	217.0	2019-11-24	579.6	2011-12-05	IV
Q. Palogrande - Ruta 30	225.0	2019-11-22	497.8 *	2017-05-11 *	II
Aranjuez	240.4	2019-11-22	399.4	2011-03-09	I
Posgrados	212.8	2019-11-22	486.2	2011-03-09	I
Bosques del Norte	316.0	2019-11-23	452.6	2011-12-01	IV
Yarumos	237.0	2019-11-23	556.8	2011-12-01	IV
Milán - Planta Niza	255.2	2019-11-22	362.8	2017-05-13	II
La Nubia	149.8	2019-11-22	410.0	2005-10-31	IV
Máxima Manizales	381.6	2019-11-15	662.9	2008-12-04	IV

Nota: los valores con * están incompletos

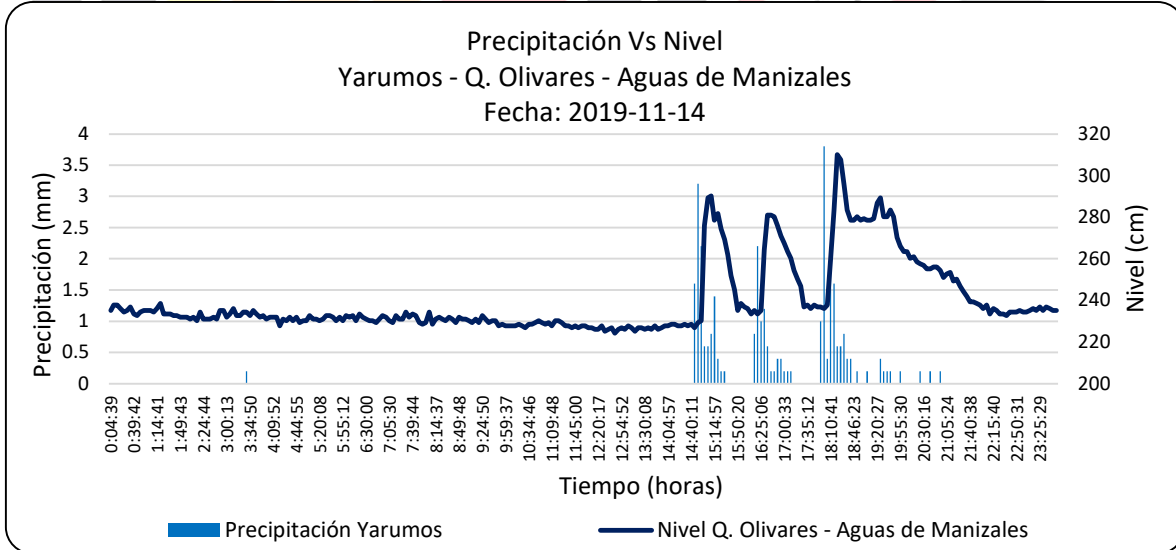
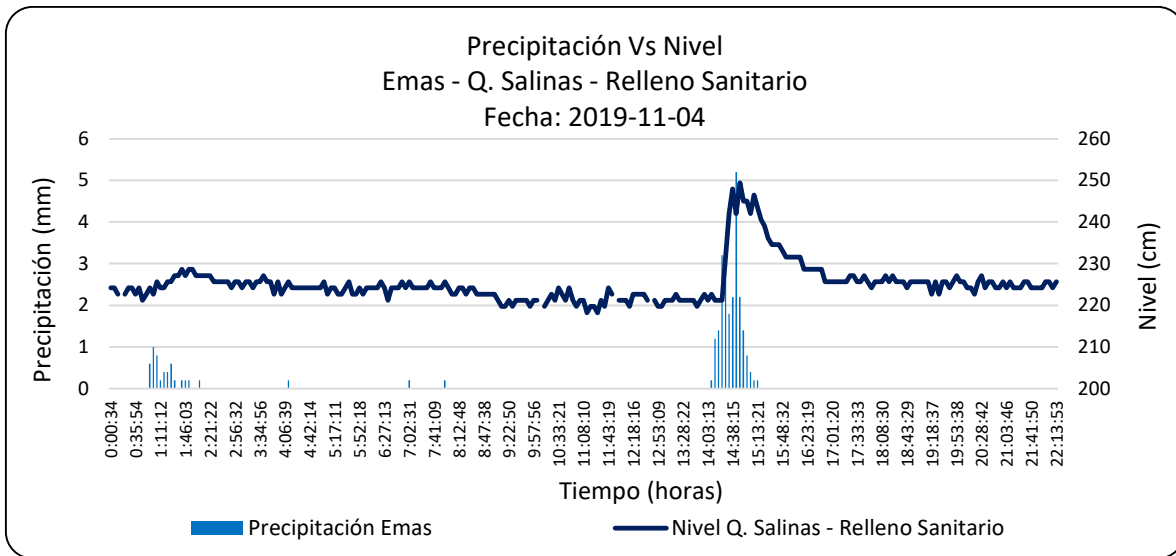
En la Tabla 7 también se puede observar que el valor máximo del A25 en el año 2019 estuvo cercano al máximo histórico de esa estación (La Palma), que alcanzó los 396.2 mm de lluvia acumulada en 25 días el 07 de diciembre de 2008. También se aprecia que los registros más altos se concentraron hacia el occidente de la ciudad, en las estaciones El Carmen y Observatorio Vulcanológico, con valores de 662.9 mm y 629.4 mm respectivamente y registrados el 04 de diciembre de 2008 en ambas estaciones. Estos valores extraordinarios superaron hasta en un 65% y 57% respectivamente el umbral más alto que determina alerta roja por deslizamientos en Manizales (400 mm) y que pone de presente la magnitud de las emergencias que se tuvieron que afrontar en dicha época, y que pudieron ser aún mayores de no ser por la preparación y el



conocimiento que tiene la ciudad de Manizales en temas de Gestión del Riesgo de los Desastres. Del total de estaciones, el 71% (10 estaciones) registraron el máximo del A25 en el cuarto trimestre y, de éstas, 9 estaciones lo alcanzaron en la primera semana de diciembre.

3.1.7 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.



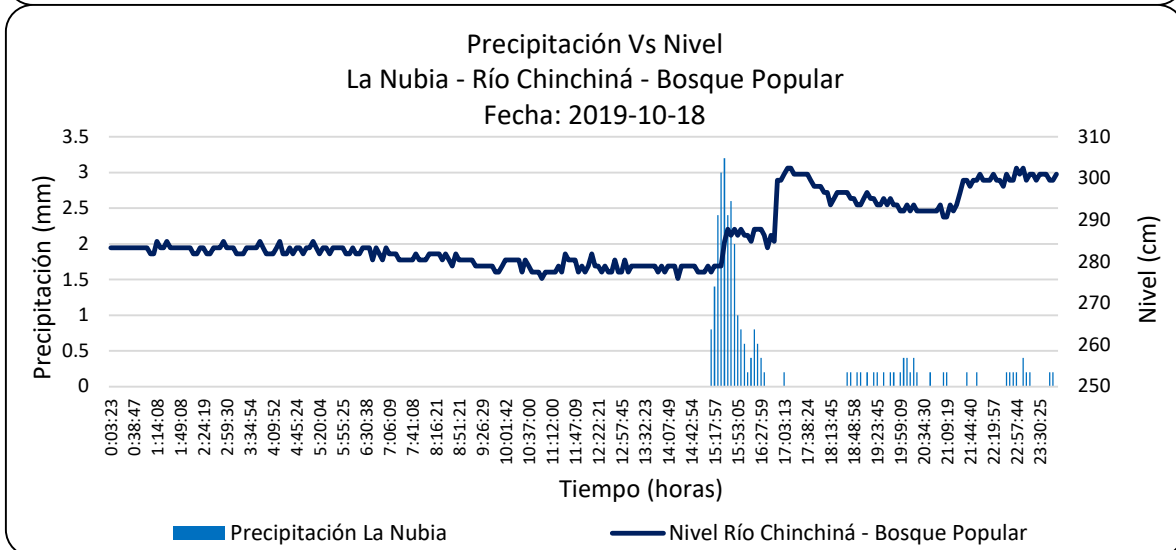
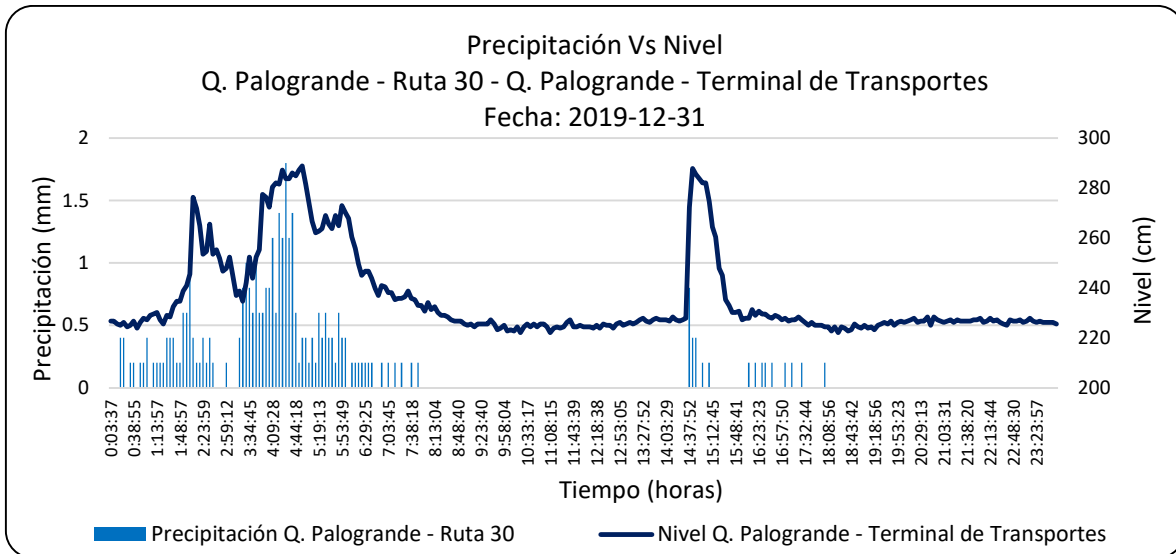


Figura 15. Correlación entre lluvia y nivel en algunas quebradas para días específicos donde se presentaron eventos fuertes o representativos durante el día en Manizales

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 crecida. 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 2019 en el municipio de Manizales, los valores máximos de temperatura del aire se registraron los días 25 y 28 de diciembre (Observatorio Vulcanológico y La Palma respectivamente) y el 02 de noviembre (La Nubia), estaciones ubicadas estratégicamente a diferentes altitudes; mientras que los valores mínimos se presentaron los días 19 de octubre



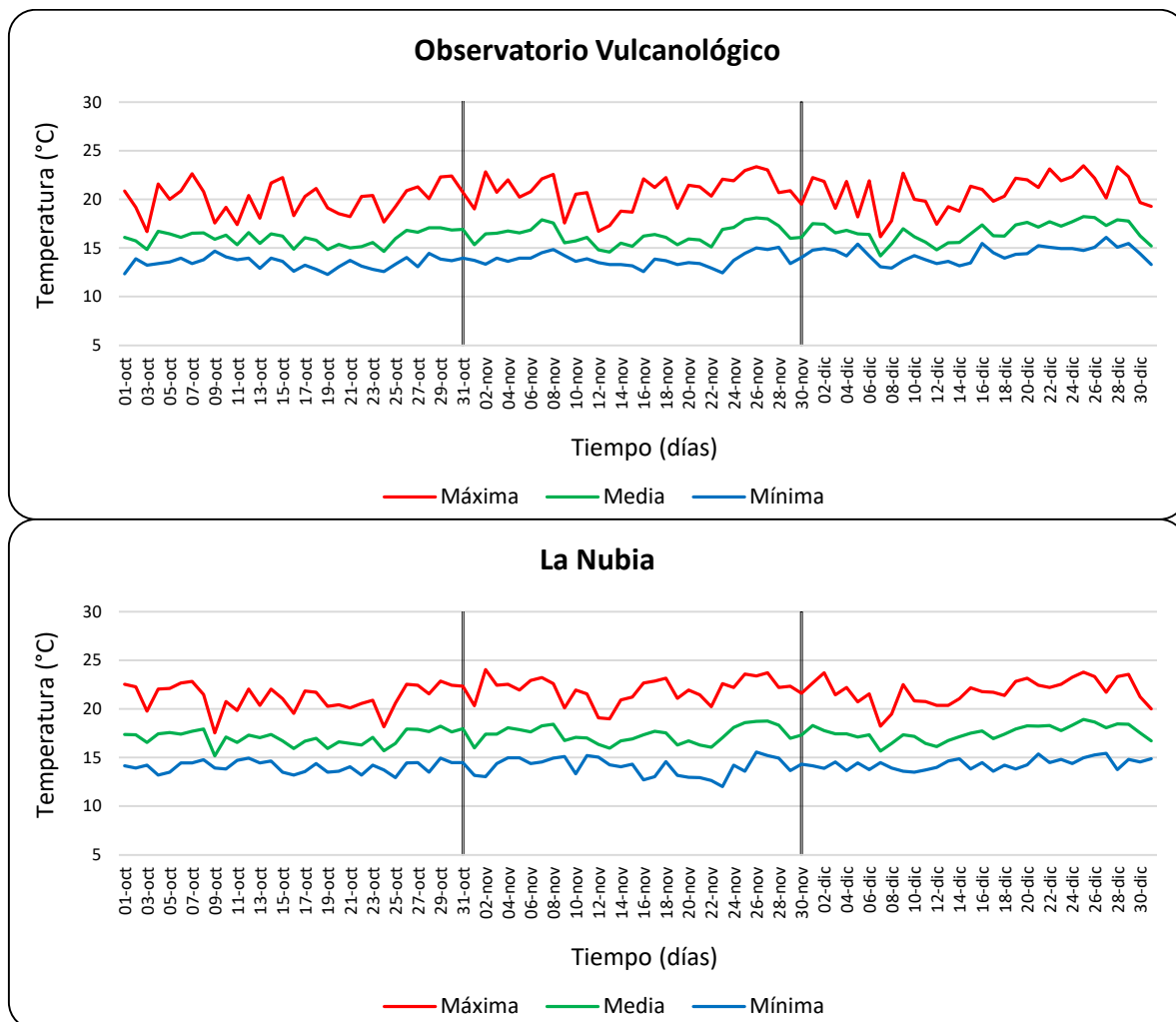
(Observatorio Vulcanológico y La Palma) y 23 de noviembre (La Nubia), como se puede apreciar en la Tabla 8 y en la Figura 16.

Tabla 8. Temperaturas para el cuarto trimestre de 2019 en tres puntos estratégicos de Manizales, en °C

Altitud (m.s.n.m.)	Estaciones	Máxima	Media	Mínima
2226	Observatorio Vulcanológico	23.4	16.3	12.3
2092	La Nubia	24.0	17.3	12.0
1967	La Palma	24.7	17.5	13.2

3.2.1 Seguimiento diario de la temperatura

En la Figura 16 se muestra el seguimiento diario del trimestre (octubre, noviembre y diciembre) del año 2019 de las temperaturas máximas (línea roja), medias (línea verde) y mínimas (línea azul), en °C, para las tres estaciones analizadas.



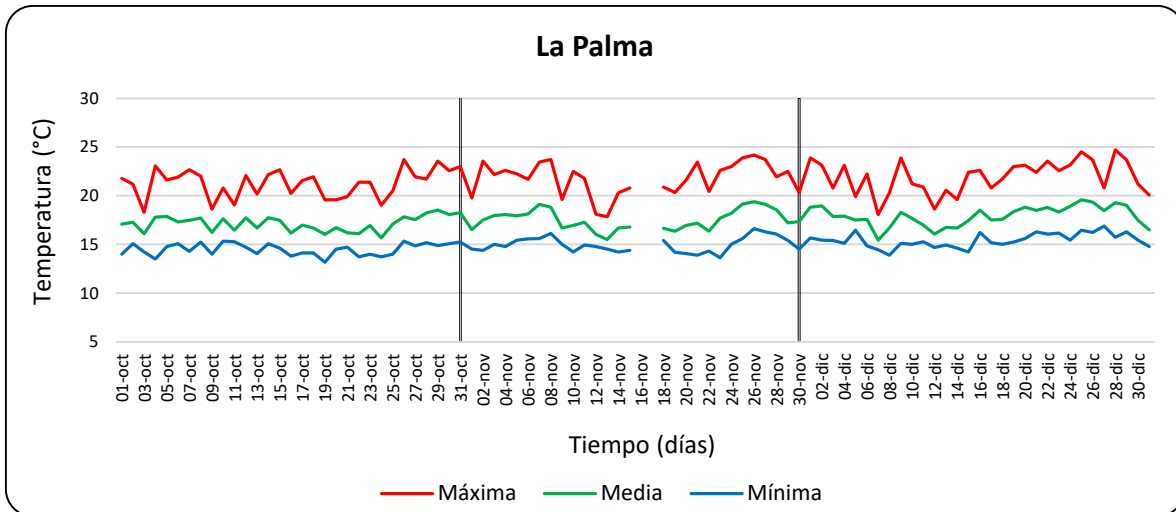
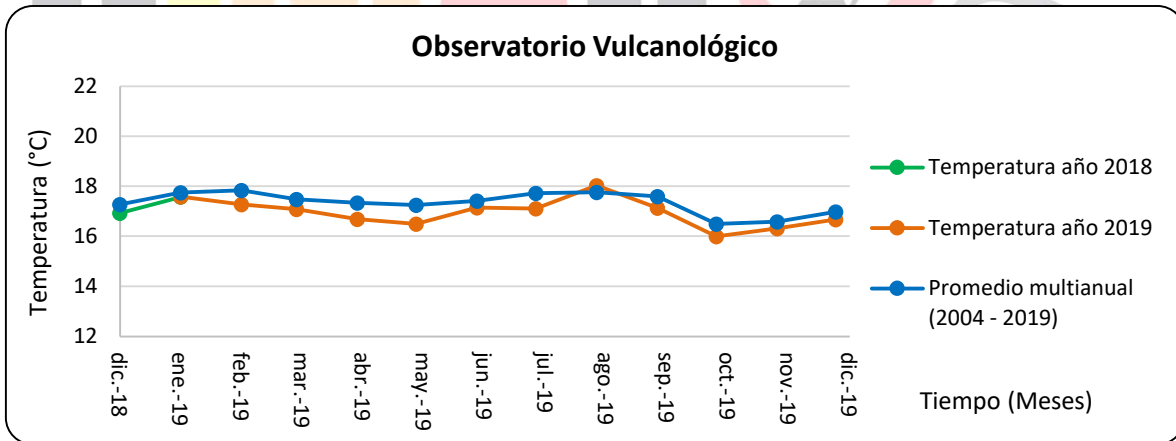


Figura 16. Comportamiento diario de la temperatura en tres estaciones representativas para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

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 2019 y el último año, en donde la línea verde corresponde a la temperatura media del último año (2018), la línea naranja a la temperatura media del año en curso (2019) y la línea azul a la temperatura media histórica.



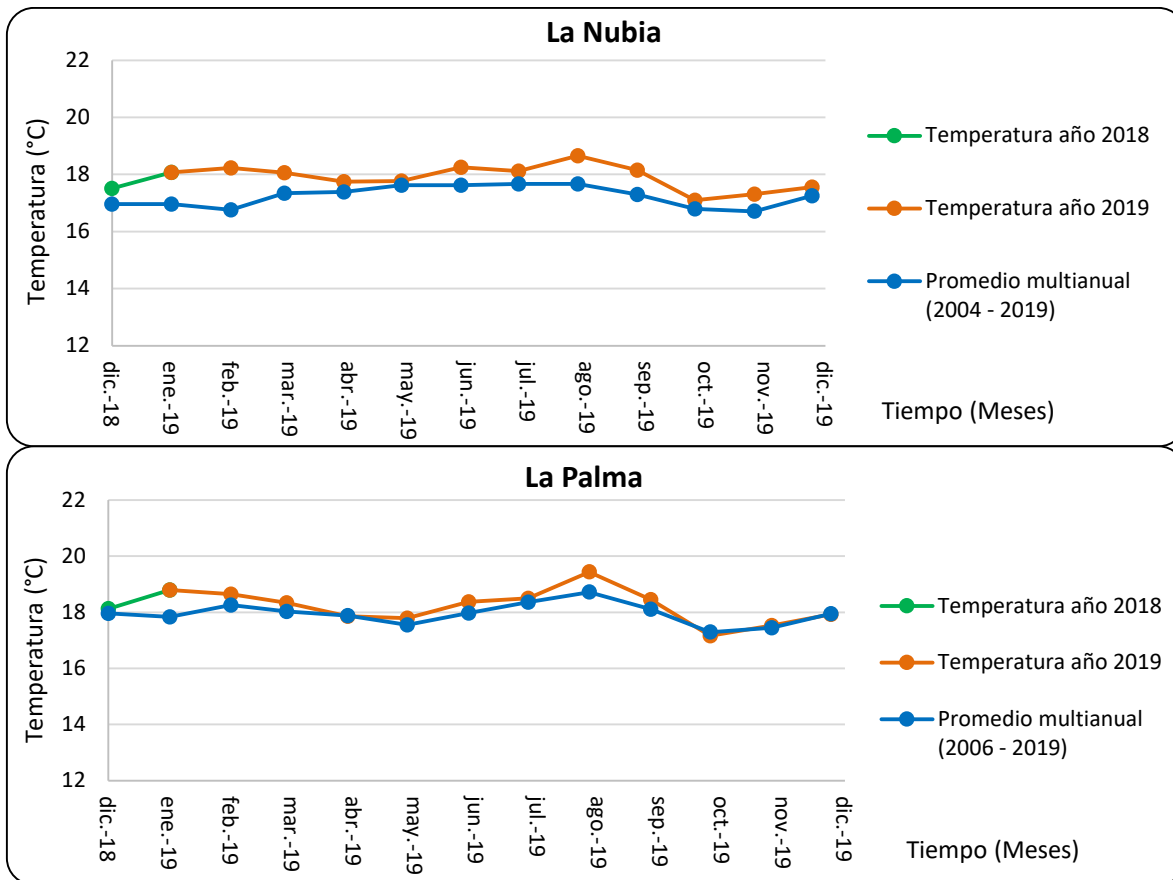


Figura 17. Comportamiento mensual de la temperatura media en tres estaciones representativas para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

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 2019. 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.

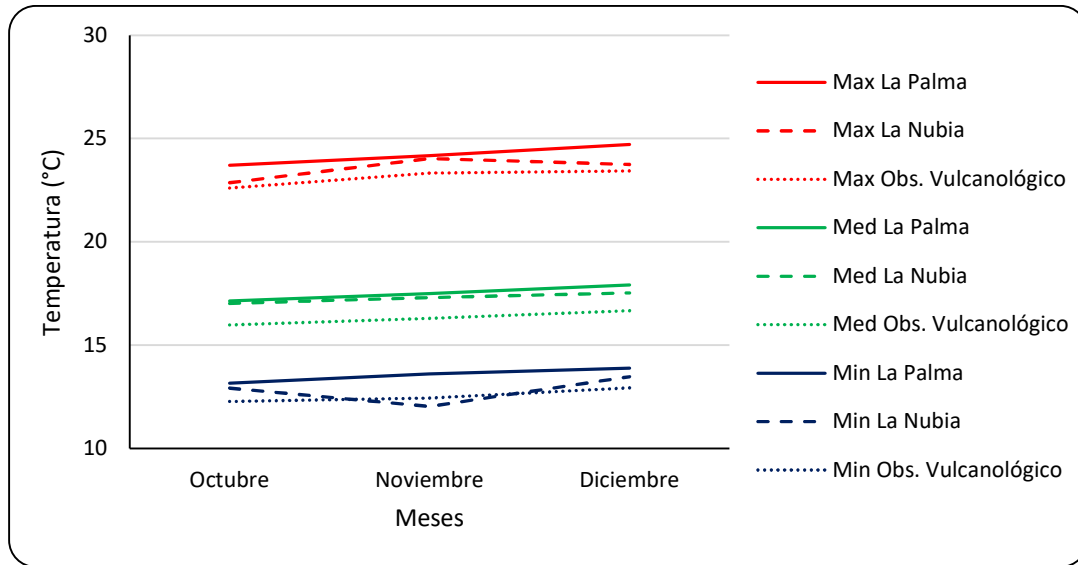


Figura 18. Comportamiento simultáneo mensual de la temperatura en tres estaciones representativas para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales

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 2019 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 2019 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 valores de temperatura más bajos en la mañana y la tarde, comparados con los registros históricos de temperatura respectivos, mientras que en la madrugada y noche presenta buen ajuste; por su parte en la estación La Palma se evidencia un ajuste muy bueno durante la mañana, pero en la tarde y noche presenta valores por debajo de la media histórica y la estación La Nubia presenta valores para 2019 con buen ajuste durante la mañana y la tarde y el resto del día muestra valores ligeramente por encima de la media histórica. Es de anotar, que los registros están influenciados por la longitud de la serie de datos que se tenga.

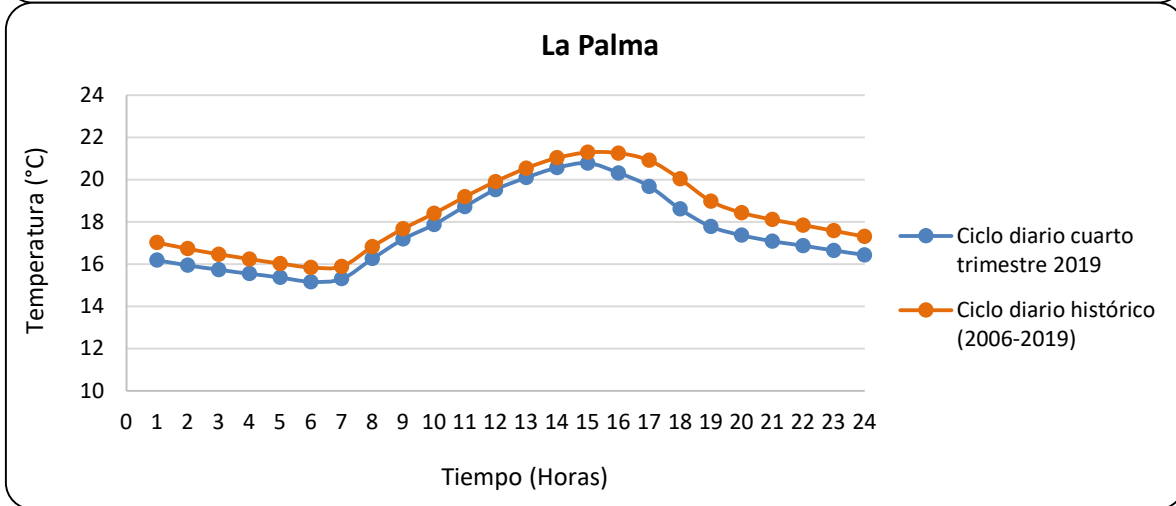
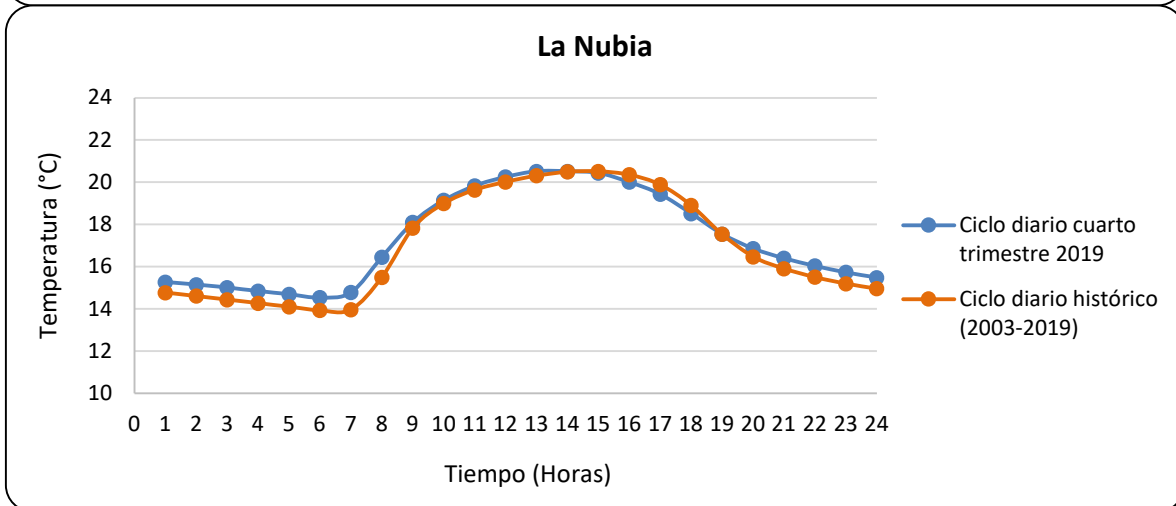
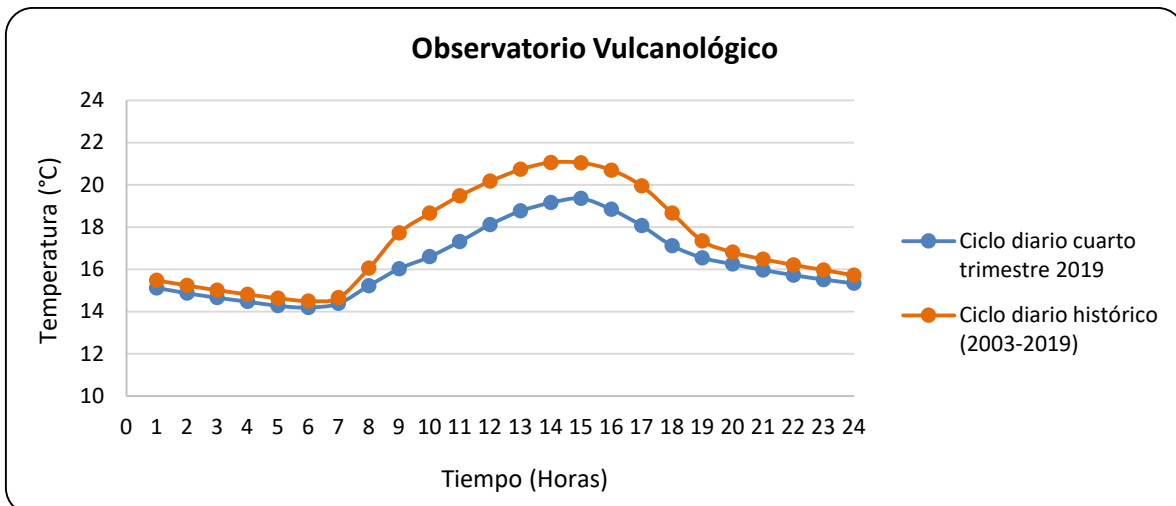


Figura 19. Ciclo diario de la temperatura media en tres estaciones representativas para el cuarto trimestre de 2019 en Manizales



4 CONDICIONES DE MACROESCALA EN RELACIÓN CON PRONÓSTICOS DE LLUVIA Y TEMPERATURA Y LA POSIBLE MANIFESTACIÓN DEL ENOS (EL NIÑO - OSCILACIÓN DEL SUR) EN SU FASE NIÑO EN LOS PRÓXIMOS MESES (Enero - febrero - marzo 2020).

Es conocido que la manifestación de temporadas de lluvias 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 Figura 20 del IDEAM, que se muestra a continuación, ilustra lo mencionado anteriormente.



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

En relación con el trimestre analizado, el IDEAM hace la siguiente **predicción climática** para el **trimestre enero – febrero – marzo de 2020** e indica **neutralidad** en el Fenómeno del Niño:

“...el IDEAM indica que actualmente y para el **primer trimestre de 2020** predominará la **fase neutral del ENOS**. Por lo mismo, serán las escalas de variabilidad climática asociadas a la estacionalidad propia de inicio de año, modulada por la oscilación intraestacional, las que explicarán las condiciones climáticas sobre gran parte del territorio colombiano.

A la fecha, varios modelos internacionales y de IDEAM prevén, **para los próximos tres meses, condiciones muy cercanas a lo normal excepto para el mes de febrero**, momento en el cual se espera una **reducción generalizada en los volúmenes de precipitación sobre el territorio colombiano acentuando más la temporada seca de las regiones Caribe, Andina y Orinoquia**. Es importante resaltar que condiciones normales en enero se traducen en la temporada de menos lluvias en las regiones anteriormente mencionadas, indicando con ello que se atravesará por la época de la **sequía estacional normal** en estas zonas del país.



Al momento, los modelos indican para el **mes de marzo** que las condiciones climatológicas estarán **muy cercanas a los valores históricos**, revelando con ello que persistirá la sequía estacional particularmente en el centro-noreste de la región Caribe y **los volúmenes de precipitación aumentarán con respecto a febrero especialmente en el centro del país, particularmente en la región Andina**; comportándose como el mes de transición entre la temporada seca de inicio de año y la lluviosa que inicia en abril.

Por lo anterior, para este trimestre se recomienda estar atentos a alertas asociadas con descensos de temperatura en las madrugadas específicamente en el altiplano cundiboyacense, las cuales eventualmente podría generar eventos de heladas; adicionalmente, **estar pendientes a los altos valores de radiación solar en las regiones Caribe, Andina y Orinoquía, los cuales podría favorecer incendios en la cobertura vegetal**. Es normal que, en enero y febrero, los vientos alisios soplen al norte del país y algunos frentes fríos del hemisferio norte descendan desde latitudes medias hacia la zona intertropical, por lo que también es relevante estar alerta a los avisos que, por vientos fuertes, mar de leva y mar picado en la línea de costa de la región Caribe y aguas adentro del mar Caribe colombiano emita el IDEAM.

Con respecto a la predicción climática de la precipitación, para enero, la mayoría de los modelos coinciden que la precipitación se espera muy cercana a los promedios climatológicos; esto se traduce en una **temporada “seca” o de bajas precipitaciones, natural y propia de la época del año**, en las regiones Caribe, Andina y Llanos Orientales; no obstante, algunos modelos acentúan dicha temporada de menos precipitaciones en la franja centro-norte de la región Caribe. De otro lado, abundantes precipitaciones es lo normal en las regiones Pacífica y Amazonía.

Para el mes de **febrero, la mayoría de los modelos nacionales predicen que habrá una mayor probabilidad, del orden del 70%, de que las precipitaciones se presenten por debajo de lo normal en Colombia**. Según los modelos determinísticos existe una posibilidad de que dichas reducciones sean del orden del -60% con respecto a los promedios climatológicos particularmente sobre grandes extensiones de las regiones Caribe, Llanos Orientales, centro-oeste de la Amazonía, a lo largo de los valles interandinos y cordillera oriental de la región Andina. Para la región Pacífica, dichas reducciones se estiman del orden del -20 al -40% con respecto a los valores históricos.

Finalmente, **en el mes de marzo, gran parte de los modelos nacionales e internacionales resolvieron una mayor probabilidad de que la precipitación en Colombia se presente dentro de los promedios climatológicos para el mes**; no obstante, existe una probabilidad de que el número de días se presente por debajo de lo normal.

Con respecto a la **predicción climática de temperatura media en Colombia, los modelos nacionales predicen anomalías, incluso superiores a +2.5°C, en las regiones Caribe, Andina y**



pedemonte llanero **particularmente en el mes de enero; entre +1.5 a +2.5°C en febrero y más cercano a la climatología para el mes de marzo.**

Frente a la **temperatura máxima media**, los modelos nacionales estiman **anomalías entre +1.0 y +2.0°C para la mayor parte del país entre los meses de enero y febrero. En el mes de marzo, se esperan valores entre los promedios históricos.**

En cuanto a la **temperatura mínima media**, los modelos nacionales prevén valores de anomalías entre lo normal y por debajo de lo normal en el altiplano cundiboyacense. Sobre algunas estaciones, el ACC estimó valores de -1.5°C por debajo de sus valores climatológicos particularmente en enero y febrero. **Para el resto del país, se espera que esta variable, se presente por encima de lo normal en febrero y cercana a los promedios climatológicos en enero y marzo”.**

(La negrilla es nuestra)

FUENTE:

IDEAM. GRUPO DE MODELAMIENTO NUMÉRICO DE TIEMPO Y CLIMA. PREDICCIÓN CLIMÁTICA 2020. Mes: Enero. Trimestre: enero – febrero – marzo, EFM (2020):

http://www.ideam.gov.co/documents/21021/96293907/01_Bolet%C3%ADn_Predicci%C3%B3n_Cl%C3%ADmatica_Enero_2020.pdf/4e5f5905-5beb-44ff-8940-7a16e291362c?version=1.0

SISTEMA INTEGRADO DE MONITOREO AMBIENTAL DE CALDAS