

Noviembre

Informe mensual de
Calidad del Aire en Bogotá
Año 2017

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Estación Guaymaral



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

**BOGOTÁ
MEJOR
PARA TODOS**

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE



ALCALDÍA MAYOR
DE BOGOTÁ D.C.

SECRETARÍA DISTRITAL DE AMBIENTE

Enrique Peñalosa Londoño

Alcalde Mayor de Bogotá D.C.

Francisco José Cruz Prada

Secretario Distrital de Ambiente

Carlos Arturo Puerta Cárdenas

Subsecretario Distrital de Ambiente

Oscar Ferney López Espitia

Director de Control Ambiental

Oscar Alexander Ducuara Falla

Subdirector de Calidad del Aire, Auditiva y Visual

Edgar Alberto Rojas

Coordinador General RMCAB-SATAB-SIMCAB

Diana Alexandra Ramirez Cardona

Coordinadora Técnica RMCAB

Daissy Lizeth Zambrano Bohórquez

Eaking Ballesteros Urrutia

Jhonathan Ramírez Gamboa

Yessica Natalia Ramírez Yara

Grupo de Validación y Análisis de la RMCAB

Edison Yesid Ortiz Duarte

Líder del Sistema Integrado de Modelación de Calidad de Aire de Bogotá - SIMCAB

Darío Alejandro Gómez Flechas

Henry Ospino Dávila

Luz Dary González González

Marco Antonio Sánchez

Grupo de Operación de la RMCAB

1 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos para material particulado PM₁₀ en el mes de noviembre de 2017, incluyendo los promedios mensuales de concentración, concentraciones diarias máximas y fecha de ocurrencia, número de excedencias a la norma diaria y porcentaje de datos válidos en el mes.

Tabla 1. Resumen de datos de PM₁₀ para noviembre de 2017

Estación	Promedio PM ₁₀ (µg/m ³)	Máximo PM ₁₀ (µg/m ³)	Fecha máximo PM ₁₀	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral	32	50	22/11/2017	0	100%
Usaquén	53	78	10/11/2017	0	100%
Suba	51	64	28/11/2017	0	100%
Las Ferias	50	73	03/11/2017	0	83%
C.D.A.R.	40	67	03/11/2017	0	100%
MinAmbiente*	44	62	21/11/2017	0	70%
Puente Aranda	61	87	23/11/2017	0	100%
Kennedy	63	82	23/11/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	78	105	03/11/2017	5	100%
Tunal	55	84	03/11/2017	0	100%
San Cristóbal	36	55	09/11/2017	0	100%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

La Figura 1 presenta los promedios mensuales y máximos diarios por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual se presentaron en el suroccidente de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana (**78 µg/m³**) y Kennedy (**63 µg/m³**), y en la zona norte en la estación Puente Aranda (**61 µg/m³**). Las menores concentraciones se presentaron en la zona norte para la estación Guaymaral (**32 µg/m³**) y en la zona sur en la estación San Cristóbal (**36 µg/m³**). En este mes también se presentaron altas concentraciones en la zona suroccidente como ha ocurrido el resto del año, y disminuyeron las concentraciones en el norte de la ciudad, aunque los valores más bajos se registraron en los extremos orientales de la ciudad, posiblemente por influencia del aumento de precipitación con respecto al mes anterior.

La concentración máxima diaria para el mes fue de **105 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **87 µg/m³** en Puente Aranda y **84 µg/m³** en Tunal; el valor máximo reportado en la estación Carvajal - Sevillana sobrepasó la norma nacional diaria (100 µg/m³). Los valores máximos en las diferentes estaciones se presentaron en su mayoría el día 03 de noviembre, en las estaciones Las Ferias, Centro de Alto Rendimiento, Carvajal-Sevillana y Tunal. Aunque no hubo un patrón espacial en las máximas concentraciones diarias, se evidencia que la zona oriental de la ciudad registró los menores valores de concentración.

A partir de la cuarta semana de noviembre se suspendió el monitoreo en la estación MinAmbiente, dado que se están realizando obras en la terraza donde se ubica la misma, por lo cual la representatividad de los datos no es suficiente para el cálculo de los promedios mensuales de los contaminantes.

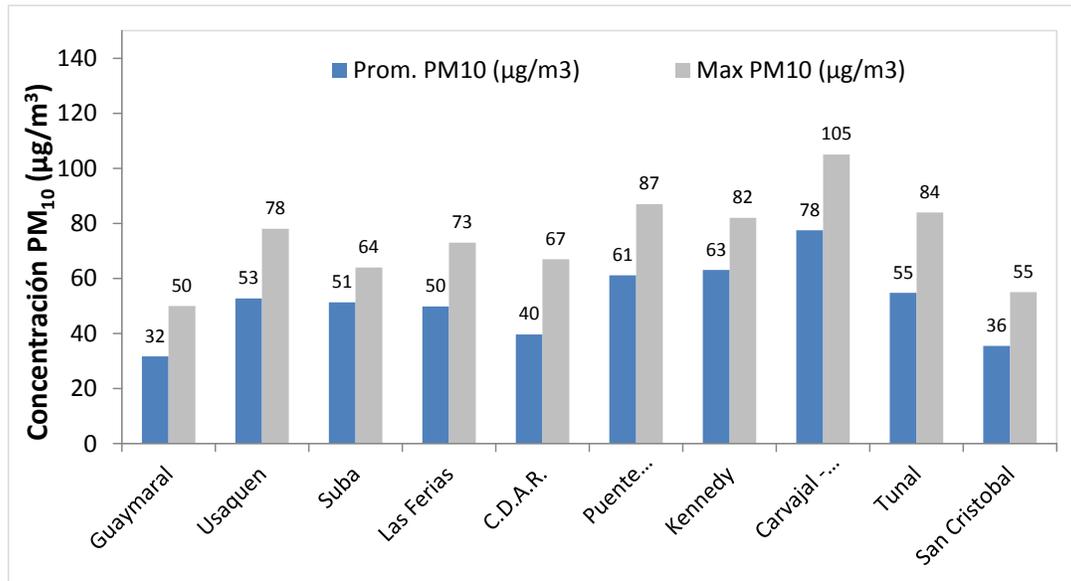


Figura 1. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM₁₀ - noviembre 2017

La Figura 2 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ comparadas respecto a la norma nacional. En la gráfica se agrupan los datos por zonas de acuerdo a la ubicación de las estaciones (Norte, Centro, Suroccidente y Sur). De acuerdo a la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM₁₀ se presentaron en la zona suroccidente (Puente Aranda, Carvajal-Sevillana y Kennedy) y zona sur (Tunal), especialmente en la segunda semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona norte (Guaymaral) y zona centro (Centro de Alto Rendimiento), en la quinta semana del mes. En el mes de noviembre de 2017 se presentaron cinco (5) excedencias a la norma nacional diaria de PM₁₀ (100 µg/m³) en la estación Carvajal-Sevillana, los días 3, 7, 9, 10 y 23 del mes.

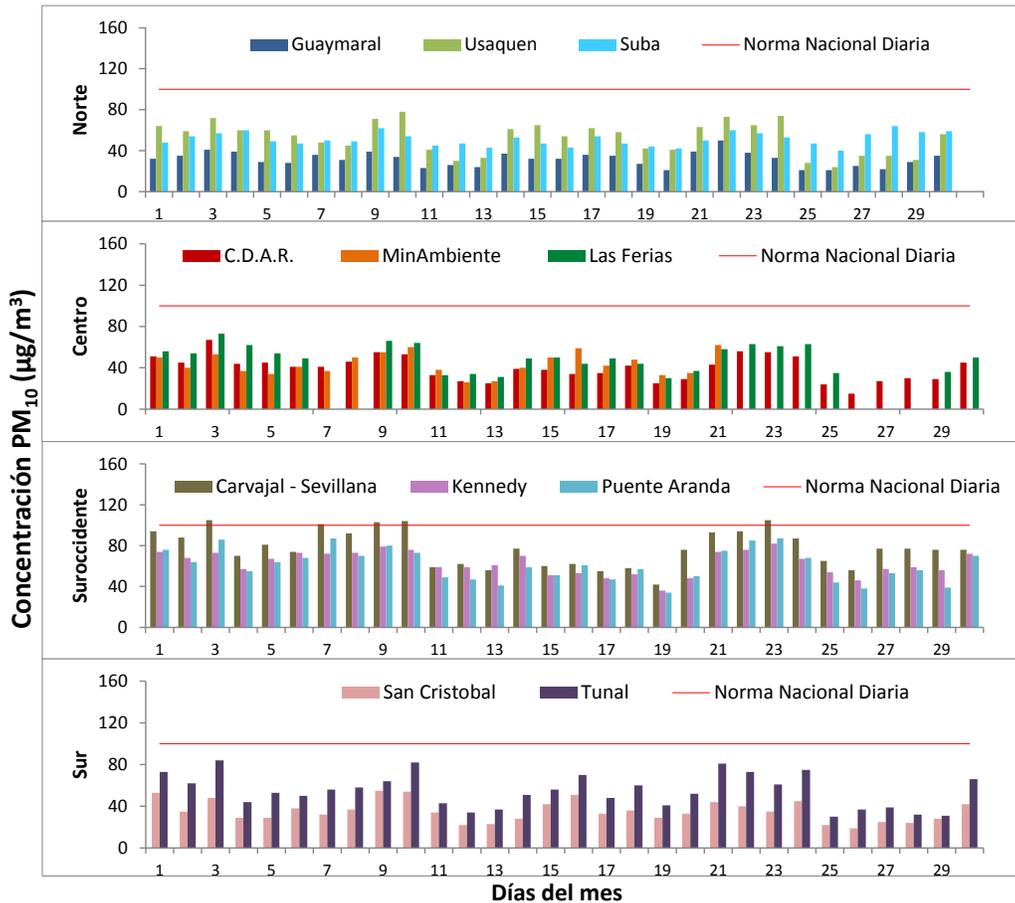


Figura 2. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ para noviembre de 2017

En la Figura 3 se evidencia el comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ para el mes de noviembre en los últimos 3 años. Teniendo en cuenta las estaciones que tienen datos representativos para los años 2015, 2016 y 2017, se observa que en la mayoría de las estaciones hubo pocas variaciones en las concentraciones con respecto a los años anteriores, aunque en varias estaciones las concentraciones fueron más altas que en el año 2016. El mayor incremento se presentó en la estación Kennedy con respecto al año anterior, aunque las concentraciones son similares a las registradas en 2015. En el mes de noviembre, las estaciones Carvajal-Sevillana, Puente Aranda y Tunal tendieron a presentar las concentraciones más altas, mientras que las estaciones Guaymaral y San Cristóbal tienden a registrar las menores concentraciones de PM₁₀.

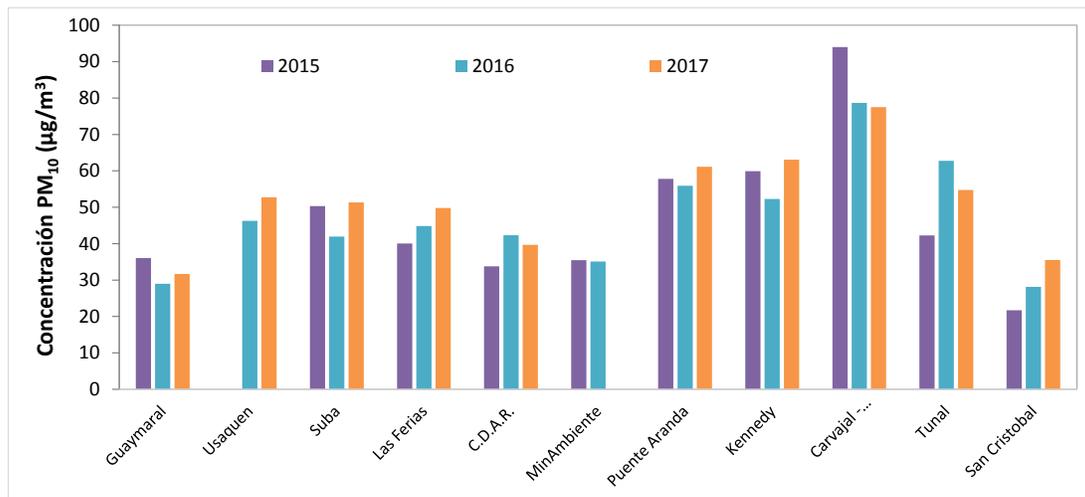


Figura 3. Comportamiento interanual de las concentraciones PM₁₀ (2015-2016-2017) para los meses de noviembre

En la Figura 4 se representan los promedios mensuales de concentración de PM₁₀ registrados por las 11 estaciones que monitorearon este contaminante en el mes de noviembre, por medio del uso de la interpolación Kriging para evidenciar mediante una escala de colores las concentraciones que se presentaron en diferentes zonas de la ciudad, y mediante un campo vectorial la magnitud de la velocidad y dirección del viento registradas en el mes. Se consideraron además las concentraciones de las estaciones que tuvieron una representatividad menor al 75% (MinAmbiente), con el fin de mejorar los resultados de la interpolación con el uso de los valores indicativos de dichas estaciones.

De acuerdo a esta representación, se observa que en el mes de noviembre la zona suroccidente de la ciudad presenta los mayores niveles de contaminación por PM₁₀, con concentraciones entre 60 y 80 µg/m³, en el área de confluencia de las localidades de Bosa, Kennedy, Tunjuelito y Ciudad Bolívar, mientras que las concentraciones más bajas se registraron en el norte y sur de la ciudad, en las zonas cercanas a las estaciones Guaymaral y San Cristóbal con concentraciones hasta 40 µg/m³. Adicionalmente, en la zona suroccidente se registraron las mayores velocidades del viento, y la dirección del viento predomina en sentido occidente – oriente y de norte a sur, variando los patrones que se habían presentado en los últimos meses.

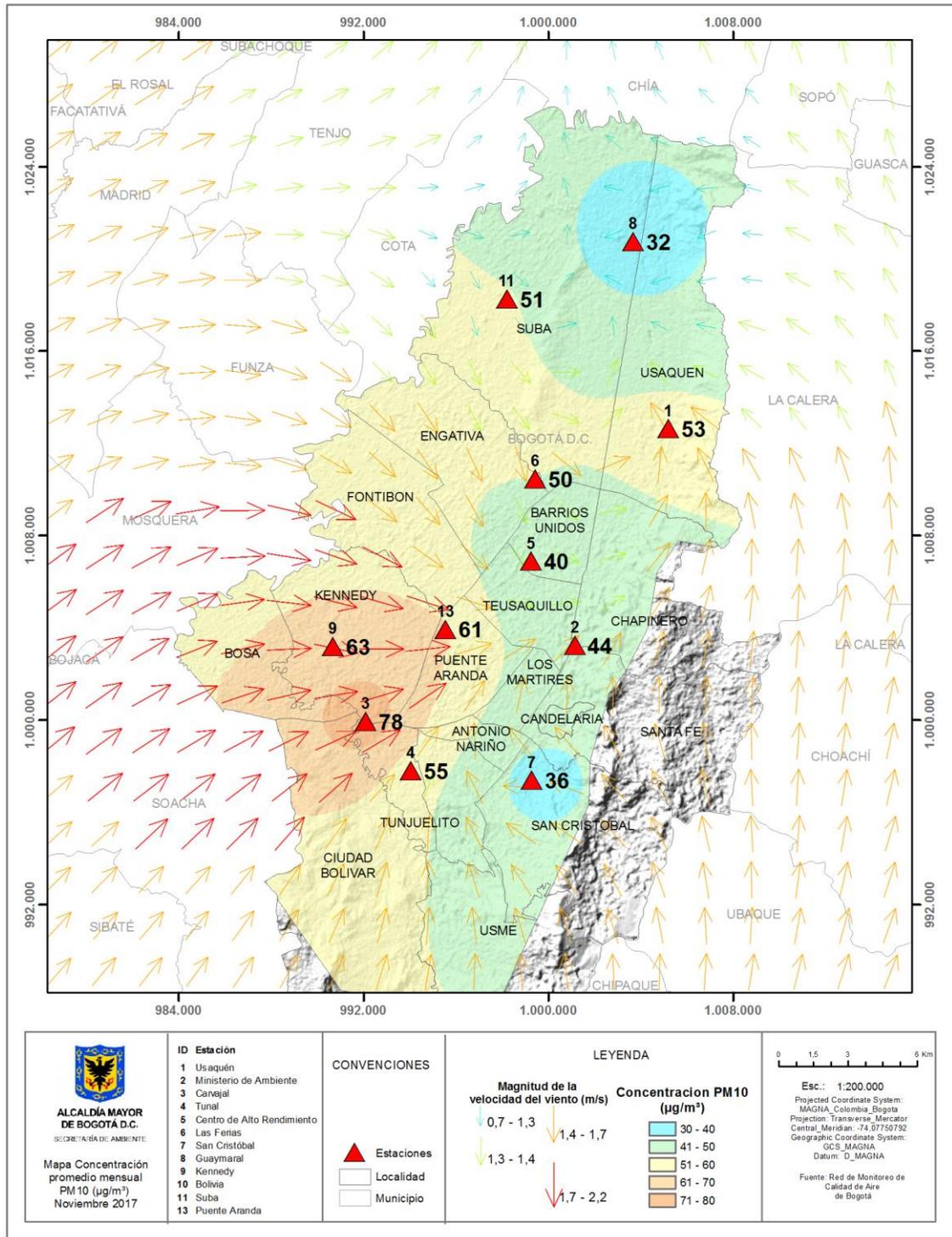


Figura 4. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM₁₀ con base en el método de interpolación de Kriging – Noviembre 2017

1.1 INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA) – PM₁₀

El Índice Bogotano de Calidad de Aire, IBOCA, adoptado mediante la Resolución 2410 de 2015, es un indicador multipropósito adimensional, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indican el estado de la calidad del aire.

Basados en las concentraciones de PM₁₀, la Figura 5 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de 24 horas en cada una de las estaciones de monitoreo con representatividad de datos superior al 75%. Se observa que predominan las categorías “favorable” y “moderada” para todas las estaciones. La estación Carvajal-Sevillana presenta la condición de calidad del aire “moderada” en mayor proporción, en un 90% del mes, mientras que la estación Guaymaral y San Cristóbal presentaron las mejores condiciones ambientales en el mes, con una condición de “Favorable” el 100% y 97 % del mes respectivamente, como se observa en la Tabla 2.

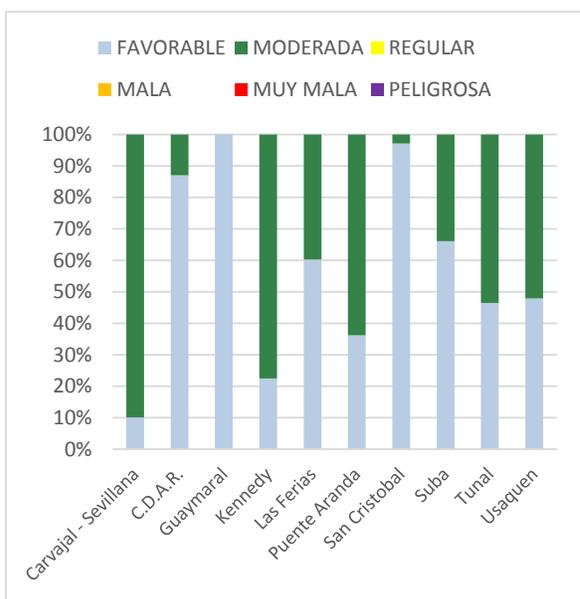


Figura 5. IBOCA para PM₁₀ por estación en noviembre 2017

Tabla 2. Porcentaje del tiempo por categoría de IBOCA para PM₁₀

IBOCA PM ₁₀		
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA
Carvajal - Sevillana	10%	90%
C.D.A.R.	87%	13%
Guaymaral	100%	0%
Kennedy	23%	78%
Las Ferias	60%	40%
Puente Aranda	36%	64%
San Cristobal	97%	3%
Suba	66%	34%
Tunal	47%	53%
Usaquen	48%	52%

2 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{2.5}

La Tabla 3 muestra los datos obtenidos para material particulado PM_{2.5} en el mes de noviembre de 2017, incluyendo los promedios mensuales de concentración, concentraciones diarias máximas y fecha de ocurrencia, número de excedencias a la norma diaria y porcentaje de datos válidos en el mes.

Tabla 3. Resumen de datos de PM_{2.5} para noviembre de 2017

Estación	Promedio PM _{2.5} (µg/m ³)	Máximo PM _{2.5} (µg/m ³)	Fecha máximo PM _{2.5}	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral	16	28	22/11/2017	0	97%
Usaquén	19	36	10/11/2017	0	97%
Suba	22	34	04/11/2017	0	100%
Las Ferias	25	39	04/11/2017	0	87%
C.D.A.R.	19	32	03/11/2017	0	97%
MinAmbiente*	25	38	10/11/2017	0	70%
Puente Aranda*	23	33	01/11/2017	0	43%
Kennedy	32	48	23/11/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	34	50	23/11/2017	0	100%
Tunal	28	44	10/11/2017	0	100%
San Cristóbal	20	34	10/11/2017	0	97%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

La Figura 6 presenta los promedios mensuales y máximos diarios por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual se presentaron en el suroccidente de la ciudad en la estación de Carvajal - Sevillana (**34 µg/m³**) y Kennedy (**32 µg/m³**); las menores concentraciones se presentaron en las estaciones Guaymaral (**16 µg/m³**), Usaquén y Centro de Alto Rendimiento (**19 µg/m³**). Se observa que la distribución espacial de este contaminante sigue un patrón similar al del PM₁₀, registrando concentraciones altas en la zona suroccidente y concentraciones bajas en la zona centro-oriental de la ciudad.

La concentración máxima diaria para el mes fue de **50 µg/m³** en la estación Carvajal-Sevillana, y ningún valor máximo reportado sobrepasó la norma nacional diaria (50 µg/m³). Los valores máximos se presentaron en su mayoría el día 10 de noviembre en las estaciones Usaquén, MinAmbiente, Tunal y San Cristóbal, posiblemente por un descenso en la velocidad del viento durante el día en el corredor oriental de la ciudad. De acuerdo a lo observado en la Figura 7, las estaciones del corredor oriental de la ciudad (Usaquén, MinAmbiente y San Cristóbal) se registra una disminución de las velocidades del viento en la mañana antes de las 7 AM y en la noche después de las 7 de la noche, con lo cual hubo una posible disminución de la dispersión de contaminantes en esta área Ver Figura 7.

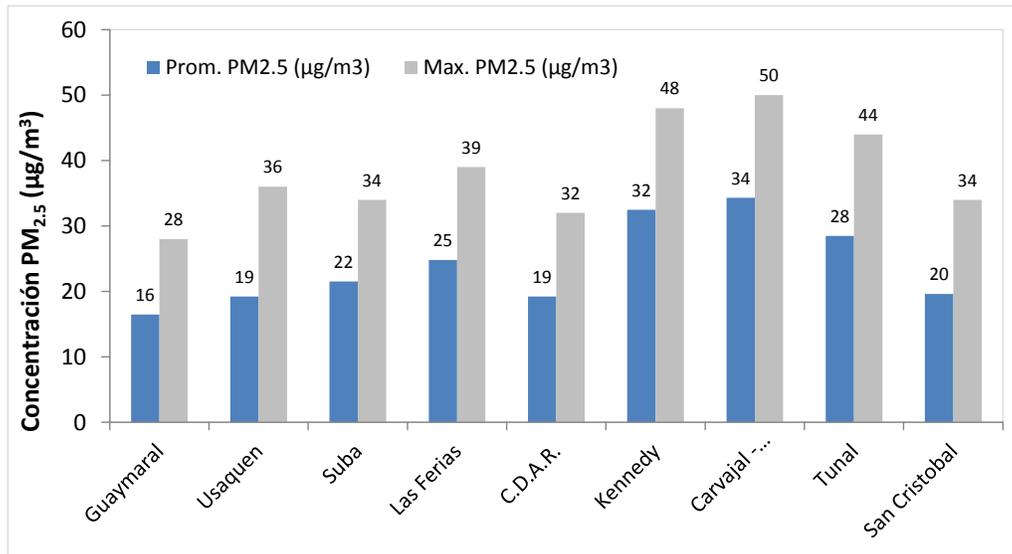


Figura 6. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM_{2.5} - noviembre 2017

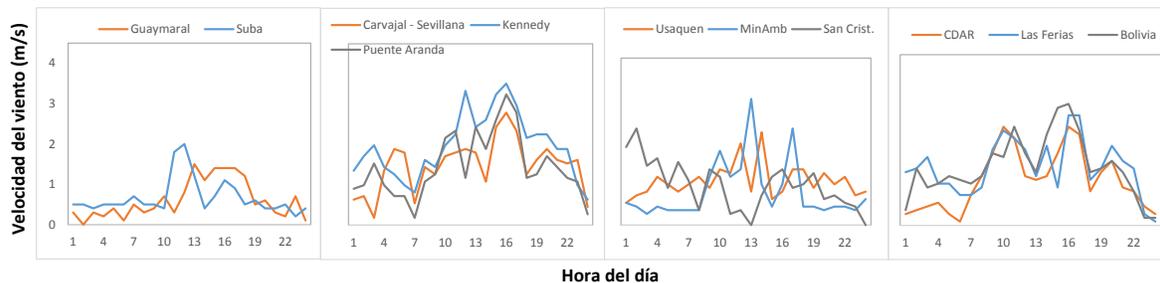


Figura 7. Velocidad del viento para el día 10 de noviembre por estaciones

La Figura 8 presenta las concentraciones diarias de PM_{2.5} comparadas respecto a la norma nacional. En la gráfica se agrupan los datos por zonas de acuerdo a la ubicación de las estaciones (Norte, Centro, Suroccidente y Sur). De acuerdo a la ubicación, se observa que las concentraciones más altas de PM_{2.5} se presentaron en la zona suroccidente (Carvajal-Sevillana y Kennedy) y sur (Tunal), especialmente en la segunda semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona norte (Guaymaral y Usaquén) y zona centro (Centro de Alto Rendimiento), en la última semana del mes. En noviembre de 2017 no se presentaron excedencias de las concentraciones diarias en comparación con la norma nacional diaria de PM_{2.5} (50 µg/m³).

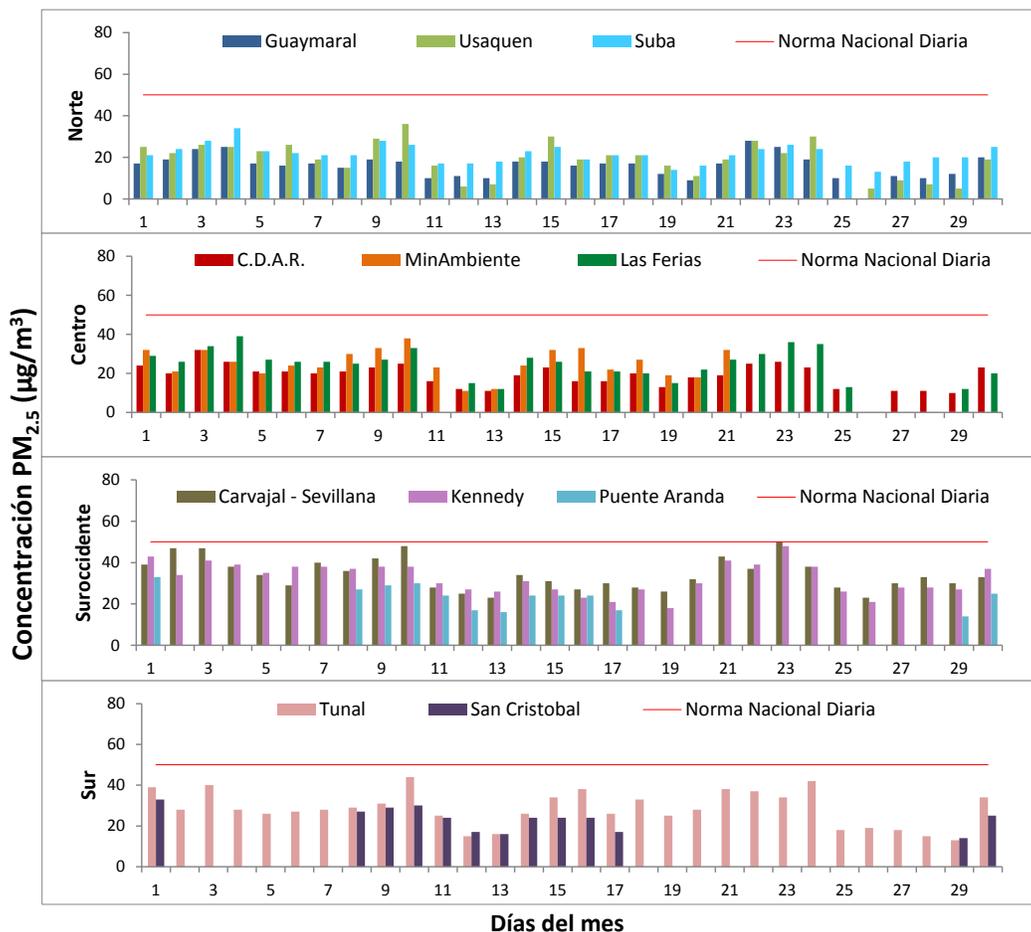


Figura 8. Comportamiento de las concentraciones diarias PM_{2.5} para noviembre de 2017

La Figura 9 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} para el mes de noviembre en los últimos 3 años. Según las estaciones que tienen datos representativos para los años 2015, 2016 y 2017, se observa que hubo variaciones leves en las concentraciones de algunas estaciones, como Guaymaral, Usaquén y Carvajal-Sevillana con variaciones del orden de 1 µg/m³, a diferencia de otras estaciones en las que se incrementaron las concentraciones de manera notable (entre 5 a 9 µg/m³) como Suba y San Cristóbal. Para el mes de noviembre, las estaciones Carvajal-Sevillana, Puente Aranda y Tunal tienden a registrar los valores más altos de concentración, mientras que MinAmbiente y San Cristóbal presentan los valores más bajos.

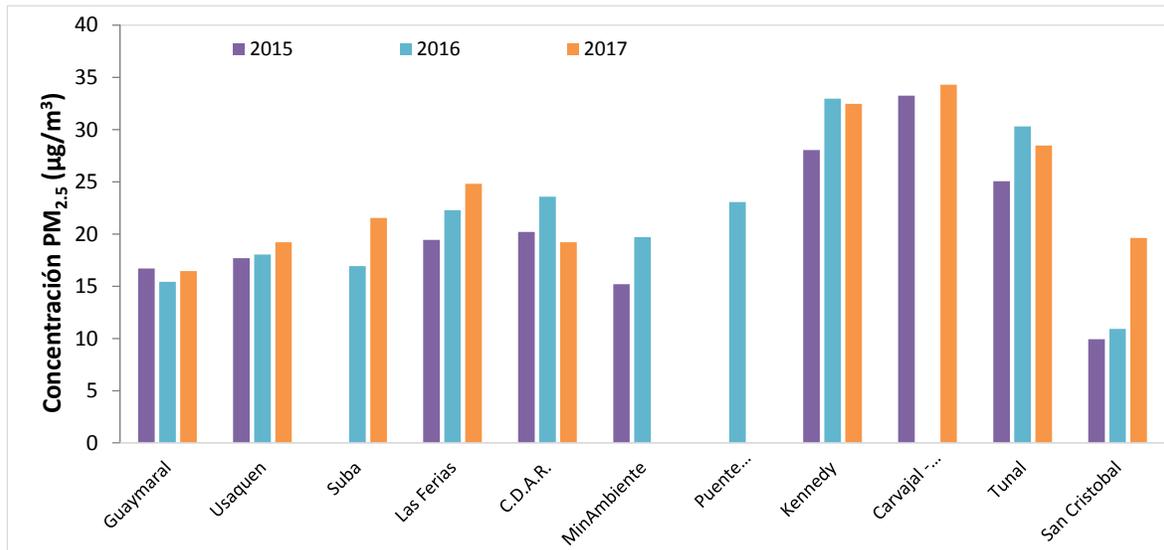


Figura 9. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} (2015-2016-2017) para los meses de noviembre

En la Figura 10 se representan los promedios mensuales de concentración de PM_{2.5} registrados por las 11 estaciones que monitorearon este contaminante en el mes de noviembre, usando la interpolación Kriging para evidenciar mediante una escala de colores las concentraciones que se presentaron en diferentes zonas de la ciudad, y mediante un campo vectorial la velocidad y dirección del viento. Se consideraron además las concentraciones de las estaciones que tuvieron una representatividad menor al 75% (MinAmbiente y Puente Aranda), con el fin de mejorar los resultados de la interpolación con el uso de los valores indicativos de dichas estaciones.

Según esta representación, se observa que para el mes de noviembre la zona suroccidente de la ciudad presentó los mayores niveles de contaminación por PM_{2.5}, con concentraciones entre 30 y 35 µg/m³, en la intersección de las localidades de Bosa, Kennedy, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, mientras que las concentraciones más bajas se registran en la zona nororiental de la ciudad (Usaquén y Suba), registrando concentraciones entre 15 y 20 µg/m³. En la zona suroccidente además se registran las mayores velocidades del viento, aunque la dirección del viento predominó en el sentido occidente – oriente.

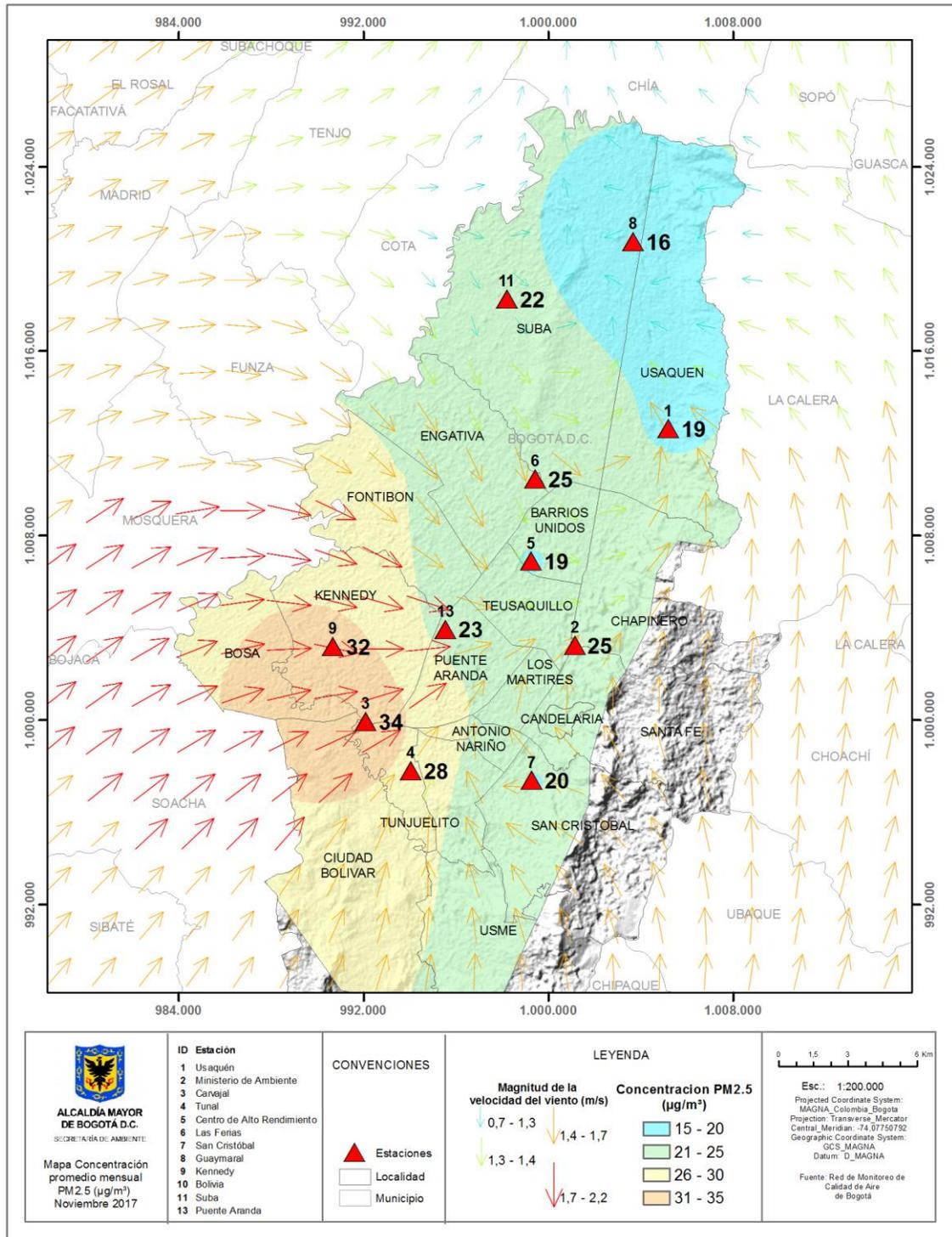


Figura 10. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM_{2.5} con base en el método de interpolación de Kriging – Noviembre 2017

2.1 INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA) – PM_{2.5}

El Índice Bogotano de Calidad de Aire, IBOCA, adoptado mediante la Resolución 2410 de 2015, es un indicador multipropósito adimensional, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indican el estado de la calidad del aire.

Basados en las concentraciones de PM_{2.5}, la Figura 11 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de 24 horas en cada una de las estaciones de monitoreo con representatividad de datos superior al 75%. Se observa que en el mes de noviembre predominan las categorías “favorable”, “moderada” y “regular”. La estación Carvajal - Sevillana presenta el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “moderada” durante el 60% del mes y “regular” el 40% del mes, mientras que las estaciones Usaquén y Guaymaral presentan el mejor estado con una condición de “favorable” el 23% y 20% del mes respectivamente, como se observa en la Tabla 4.

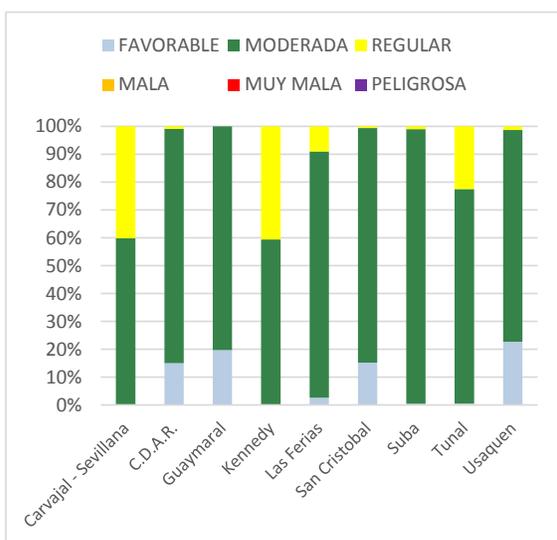


Figura 11. IBOCA para PM_{2.5} por estación en noviembre 2017

Tabla 4. Porcentaje del tiempo por categoría de IBOCA para PM_{2.5}

IBOCA PM _{2.5}			
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA	REGULAR
Carvajal - Sevillana	0%	60%	40%
C.D.A.R.	15%	84%	1%
Guaymaral	20%	80%	0%
Kennedy	0%	59%	41%
Las Ferias	3%	88%	9%
San Cristóbal	15%	84%	1%
Suba	0%	102%	1%
Tunal	1%	77%	23%
Usaquén	23%	76%	1%

3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O₃). PROMEDIOS MÓVILES DE 8 HORAS.

La Tabla 5 presenta los datos obtenidos para ozono - O₃ - en el mes de noviembre de 2017, incluyendo los promedios mensuales, concentraciones 8 horas máximas y fecha de ocurrencia, número de excedencias a la norma 8 horas y porcentaje de datos válidos en el mes.

Tabla 5. Resumen de datos de O₃ para noviembre de 2017

Estación	Promedio O ₃ 8h (µg/m ³)	Máximo. O ₃ 8h (µg/m ³)	Fecha máximo O ₃	Excedencias 8h	Datos válidos (%)
Guaymaral	25	76	21/11/2017	0	85%
Usaquén	19	59	30/11/2017	0	100%

Estación	Promedio O ₃ 8h (µg/m ³)	Máximo. O ₃ 8h (µg/m ³)	Fecha máximo O ₃	Excedencias 8h	Datos válidos (%)
Suba	23	79	24/11/2017	0	99%
Las Ferias	15	64	22/11/2017	0	98%
MinAmbiente*	14	56	06/11/2017	0	71%
Puente Aranda	9	41	22/11/2017	0	100%
Kennedy	4	15	20/11/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	14	62	30/11/2017	0	81%
Tunal	14	48	30/11/2017	0	100%
San Cristóbal	23	66	22/11/2017	0	99%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

La Figura 12 presenta las concentraciones mensuales y máximas 8 horas por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual 8 horas se presentaron en la estación Guaymaral con **25 µg/m³**, en la estación Suba y San Cristóbal (**23 µg/m³**); las menores concentraciones se presentaron en el suroccidente en la estación Kennedy (**4 µg/m³**) y la estación Puente Aranda (**9 µg/m³**). Según estas concentraciones, se puede observar que existe una dinámica diferente para este contaminante frente al material particulado en términos de localización y horas de concentración máxima, aunque en este mes es notable el aumento de las concentraciones en el área de influencia de la estación San Cristóbal con respecto a los registros de los meses anteriores.

La concentración máxima con base en promedios 8 horas fue de **79 µg/m³** en la estación Suba, seguida de **76 µg/m³** en la estación Guaymaral, y de **66 µg/m³** en la estación San Cristóbal. El mayor número de concentraciones máximas se registraron el 22 de noviembre, en contraste a la fecha en que se registró mayor número de valores máximos de PM₁₀, siendo en este caso la última semana del mes la que registró la mayor contaminación por ozono en el mes.

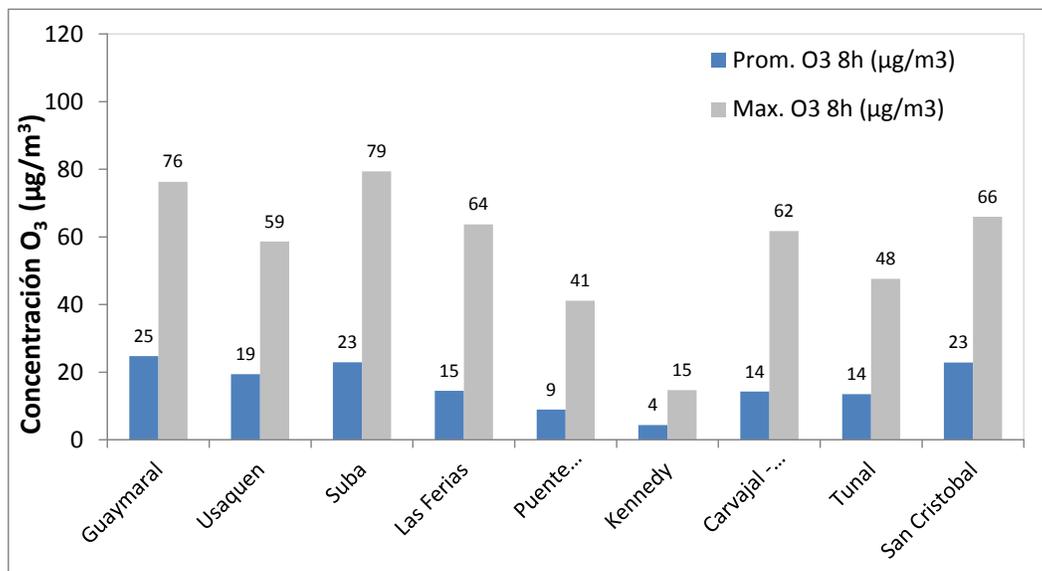


Figura 12. Promedios de las concentraciones 8 horas y valores máximos de O₃ - noviembre 2017.

La Figura 13 presenta el comportamiento de la captura de datos durante el mes de noviembre y las concentraciones comparadas respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo a las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas de O₃ a lo largo del mes se presentaron en las estaciones Guaymaral, Suba y Usaquén; las concentraciones más bajas se observaron en las estaciones Kennedy y Puente Aranda, en la última semana del mes. En noviembre de 2017, no se presentaron excedencias a la norma 8 horas de O₃ (80 µg/m³), y ninguna estación superó el valor guía recomendado por la OMS de 100 µg/m³. En Carvajal-Sevillana y en Guaymaral no hubo captura de datos entre el 4 y el 10 de noviembre, aunque tuvieron suficiente representatividad para la elaboración de los cálculos.

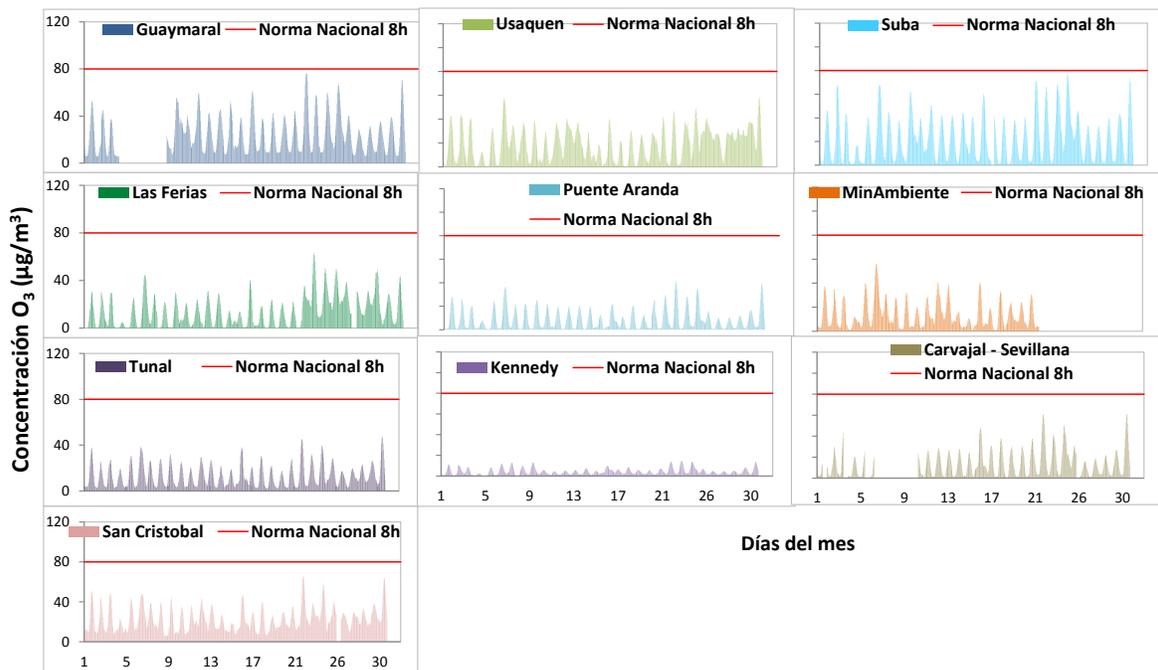


Figura 13. Comportamiento de las concentraciones de O₃ para octubre 2017 y comparación con norma nacional.

La Figura 14 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O₃ del mes de noviembre de los últimos 3 años. Según los valores de concentración registrados por las estaciones que tienen datos representativos para los años 2015, 2016 y 2017, se observa que en la estación Puente Aranda hay una tendencia a la disminución de las concentraciones con el paso de los años y que en la estación Kennedy hubo una diferencia de 20 µg/m³ con respecto al año 2015, mientras que en las demás estaciones no se observa una tendencia clara dado que hay aumentos y disminuciones con el paso de los años.

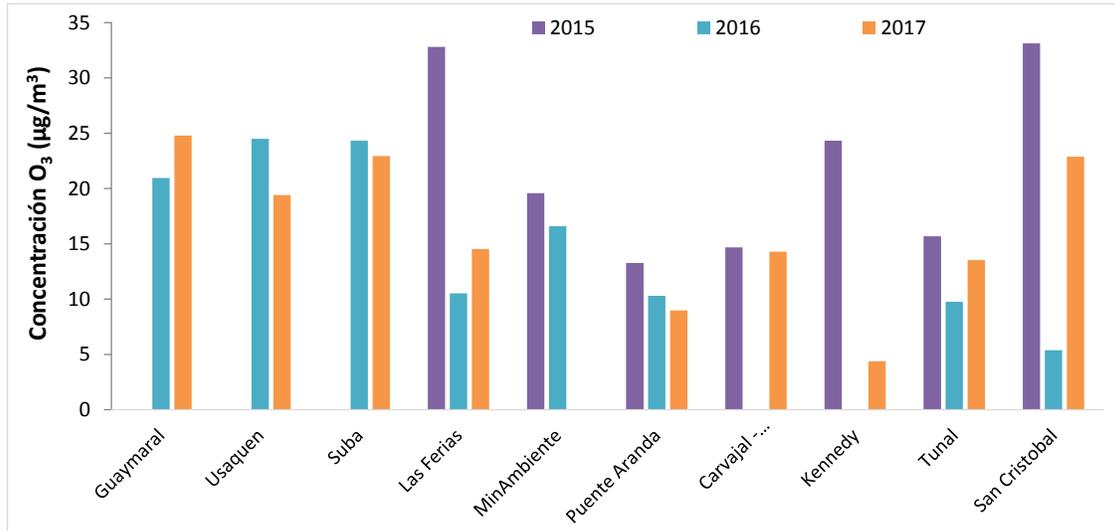


Figura 14. Comportamiento interanual O₃ (2015-2016-2017) para los meses de noviembre

3.1 INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA) – O₃

El Índice Bogotano de Calidad de Aire, IBOCA, adoptado mediante la Resolución 2410 de 2015, es un indicador multipropósito adimensional, calculado a partir de las concentraciones de contaminantes atmosféricos que indican el estado de la calidad del aire.

Basados en las concentraciones de O₃, la Figura 15 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de 8 horas en cada una de las estaciones de monitoreo con representatividad de datos superior al 75%. En la Tabla 6 se observa que la categoría “favorable” predomina en todas las estaciones de la RMCAB, con un 100% del tiempo del mes de noviembre.

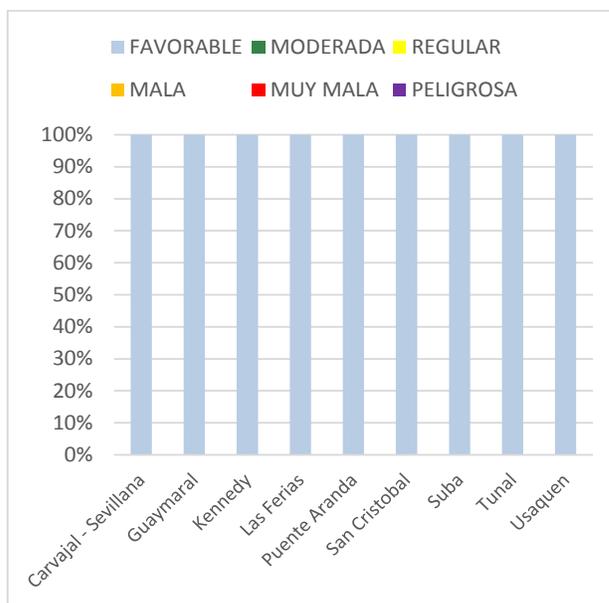


Figura 15. IBOCA para O₃ por estación en noviembre 2017

Tabla 6. Porcentaje del tiempo por categoría de IBOCA para O₃

IBOCA O ₃	
ESTACIÓN	FAVORABLE
Carvajal - Sevillana	100%
Guaymaral	100%
Kennedy	100%
Las Ferias	100%
Puente Aranda	100%
San Cristobal	100%
Suba	100%
Tunal	100%
Usaquen	100%

4 COMPORTAMIENTO DIARIOS DE LAS CONCENTRACIONES DE SO₂, NO₂, CO.

La Figura 16, Figura 18, y Figura 20 presentan las concentraciones promedio mensuales y máximas por estación de monitoreo de dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂) y monóxido de carbono (CO) con captura de datos superior a 75% y la Figura 17, Figura 19 y Figura 21 presentan los promedios diarios de NO₂ y SO₂, y 8 horas de CO. Igualmente se presentan en la Tabla 7, Tabla 8 y Tabla 9 el resumen de datos válidos, las excedencias y la comparación con la norma, donde se observa que las concentraciones de SO₂, NO₂ y CO, presentaron magnitudes relativamente bajas, e históricamente se han mantenido por debajo de los límites máximos permisibles establecidos en la Resolución 610 de 2010 en sus respectivos tiempos de exposición. Por tanto, sus efectos potenciales en la afectación a la salud pública son menores que aquellos correspondientes a material particulado y ozono.

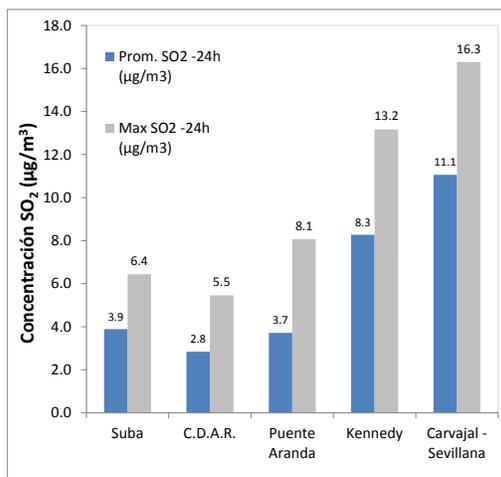


Figura 16. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de SO₂. noviembre 2017.

Tabla 7. Resumen de los promedios 24 horas para SO₂. noviembre 2017.

Estación	Prom. SO ₂ -24h (µg/m ³)	Max SO ₂ -24h (µg/m ³)	Fecha máximo SO ₂	Exced. 24h	Datos válidos (%)
Suba	3.9	6.4	30/11/2017	0	90%
C.D.A.R.	2.8	5.5	03/11/2017	0	100%
Puente Aranda	3.7	8.1	10/11/2017	0	100%
Kennedy	8.3	13.2	23/11/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	11.1	16.3	10/11/2017	0	100%
Tunal*	4.6	8.6	18/11/2017	0	70%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

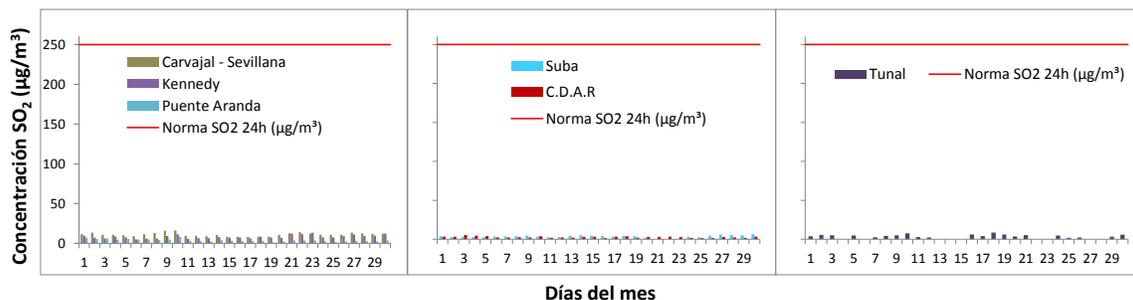
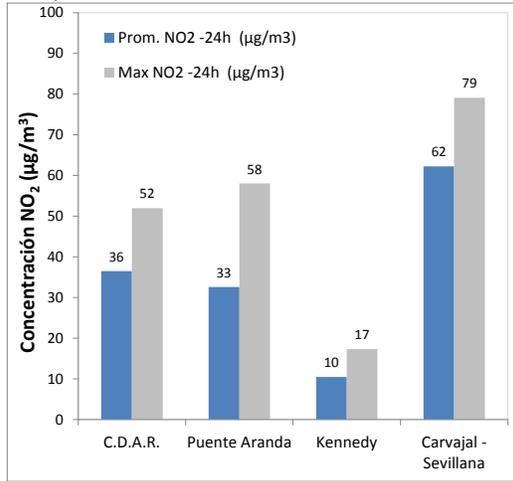


Figura 17. Comportamiento diario de SO₂ para noviembre 2017 y comparación con norma nacional

Tabla 8. Resumen de los promedios 24 horas para NO₂ - noviembre 2017.

Figura 18. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de NO₂ - noviembre 2017



Estación	Prom. NO ₂ - 24h (µg/m ³)	Max NO ₂ - 24h (µg/m ³)	Fecha máximo NO ₂	Exced . 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral *	18	31	30/11/2017	0	77%
C.D.A.R.	36	52	03/11/2017	0	97%
Puente Aranda	33	58	03/11/2017	0	100%
Kennedy	10	17	04/11/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	62	79	07/11/2017	0	97%
Tunal*	40	52	03/11/2017	0	37%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

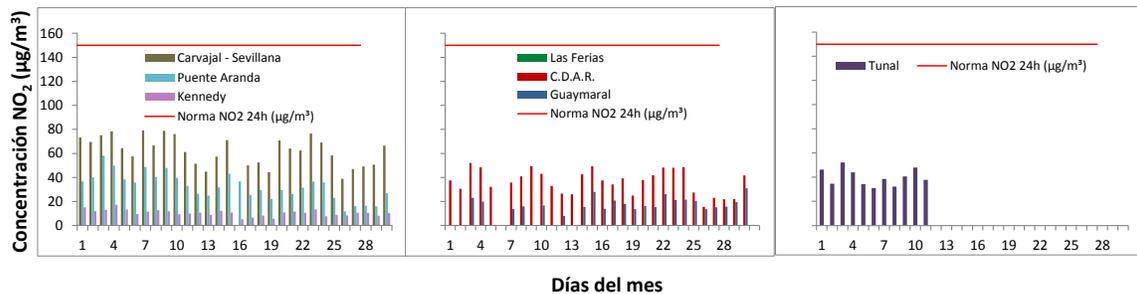


Figura 19. Comportamiento diario de NO₂ para noviembre 2017 y comparación con norma nacional

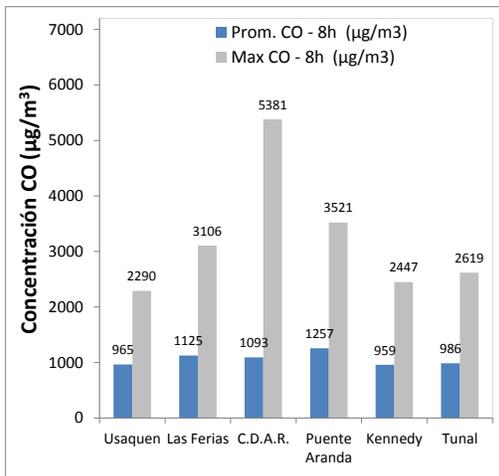


Figura 20. Promedios de las concentraciones 8 horas y valores máximos de CO noviembre 2017

Tabla 9. Resumen de los promedios 8 horas para CO - noviembre 2017.

Estación	Prom. CO - 8h (µg/m ³)	Max CO - 8h (µg/m ³)	Fecha máximo CO	Exced . 8h	Datos válidos (%)
Usaquén	965	2290	02/11/2017	0	77%
Las Ferias	1125	3106	04/11/2017	0	85%
C.D.A.R.	1093	5381	04/11/2017	0	99%
Puente Aranda	1257	3521	04/11/2017	0	100%
Kennedy	959	2447	05/11/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana*	1605	3134	05/11/2017	0	60%
Tunal	986	2619	04/11/2017	0	96%

*Las concentraciones en estas estaciones son indicativas dado que la representatividad de los datos es menor al 75%

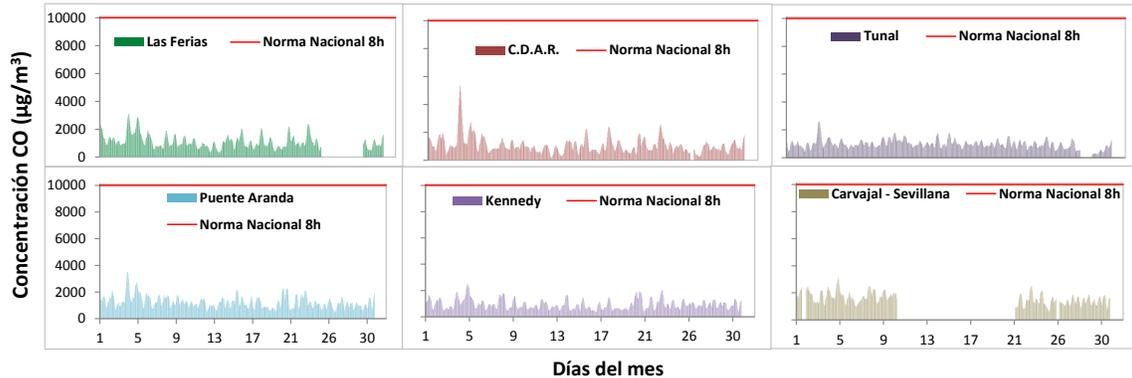


Figura 21. Comportamiento 8h de CO para noviembre 2017 y comparación con norma nacional

5 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Históricamente el mes de noviembre se ha caracterizado por ser el más lluvioso del ciclo anual, en la ciudad de Bogotá. Esto se evidencia nuevamente con los fuertes eventos de precipitación ocurridos en el transcurso de este mes, con granizadas de considerable importancia, que colapsaron el sistema de alcantarillado pluvial de la ciudad, principalmente hacia el sector norte. Con todo, no superó la cantidad de agua precipitada en noviembre de 2016, cuando se registraron hasta 295,5 mm por el sector de Las Ferias. (Ver Figura 22).

Se destacan los altos valores de precipitación registrados en las estaciones de Usaquén, Las Ferias y CDAR, hacia el centro y norte de la ciudad (Figura 24 y Tabla 10). Así mismo, se destacan los 172 mm registrados hacia el sur occidente en el sector de Kennedy, que posiblemente contribuyeron con el lavado de la atmosfera de esta parte de la ciudad donde se registran los más altos niveles de contaminación atmosférica.

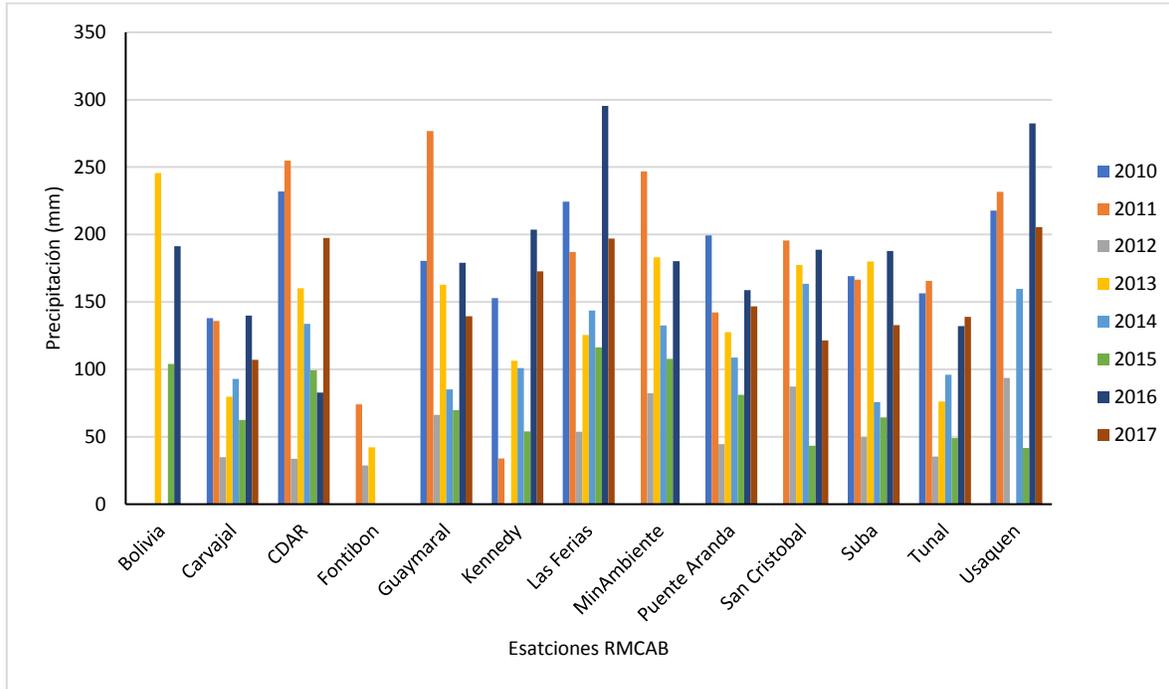


Figura 22. Variación interanual de la precipitación en los meses de noviembre 2010-2017

A fin de evaluar la posible contribución al lavado y limpieza de la atmosfera con las abundantes precipitaciones caídas durante este mes, a continuación se presenta una gráfica del comportamiento de los promedios diarios de precipitación en las estaciones de Kennedy y Las Ferias, contra los registros de PM₁₀ de las mismas estaciones. Ver Figura 23.

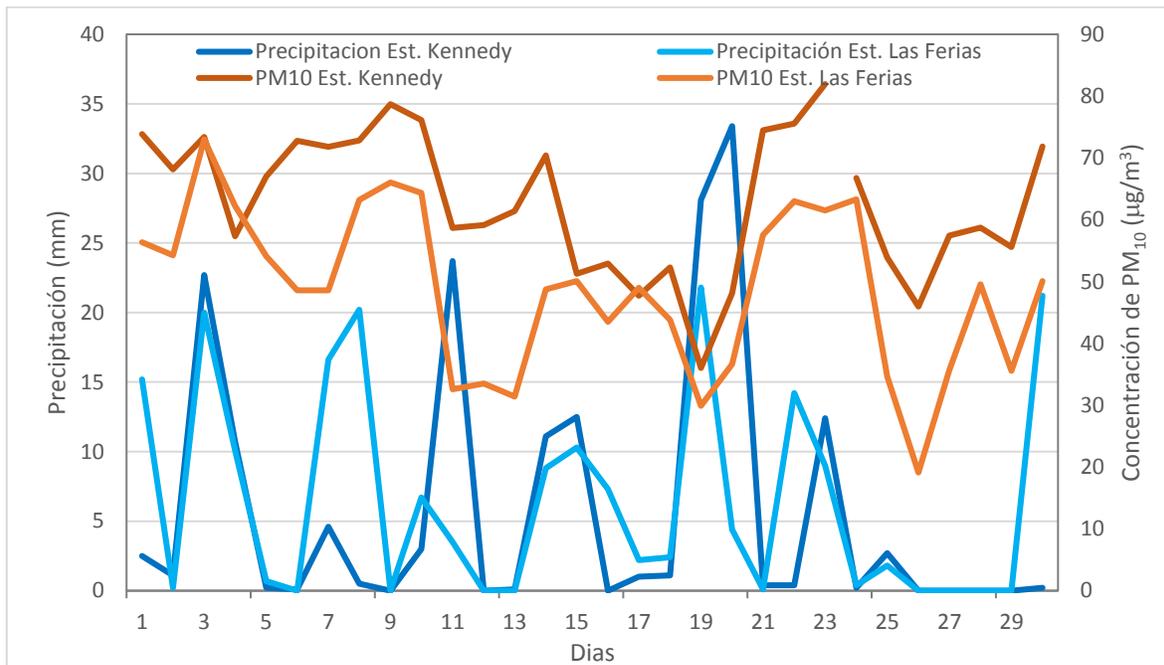


Figura 23. Comportamiento de la precipitación promedio día y concentración de PM10 día en diferentes estaciones de la ciudad, durante el mes es noviembre de 2017.

En la Figura 23 se presenta el comportamiento acumulado diario de la precipitación y las concentraciones medias diarias durante el mes de noviembre. En esta se observa un mes húmedo con sucesivos eventos de lluvia de considerable intensidad. Por otra parte, pese a la variabilidad en las concentraciones de PM₁₀ a lo largo del mes, se observa una tendencia decreciente en las concentraciones de dicho contaminante. Esta tendencia puede ser atribuible a los eventos de lluvia ocurridos o una combinación de las precipitaciones con otros factores, lo que favoreció una reducción de las concentraciones de PM₁₀ en la ciudad de entre 10 a 15 µg/m³.

Dentro de la cadena de eventos de lluvia, se destacan los ocurridos el 19 y 20 de noviembre, donde al parecer hubo una mayor contribución de la precipitación en la reducción de la concentración de PM₁₀. Así mismo, llama la atención la persistencia en las altas concentraciones de PM₁₀, durante los días 3, 8 y 30 de noviembre, pese a la ocurrencia fuertes eventos de lluvia.

A su vez, nótese la mayor reducción de PM₁₀ durante el mes, en la estación de Las Ferias, ocurrida el 26 de noviembre, la cual no muestra una relación directa con la precipitación; esta puede estar más asociada a procesos de transporte y remoción por parte de los flujos de aire de la ciudad sumados a la disminución del transporte público por ser día festivo.

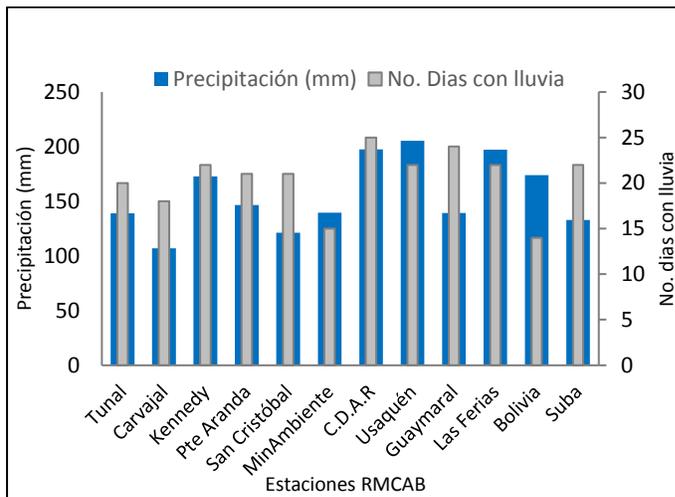


Figura 24 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (noviembre-2017).

Tabla 10 Precipitación acumulada media mensual por estaciones y número de días con lluvia (noviembre -2017)

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
Tunal	139	20
Carvajal	107	19
Kennedy	172,7	23
Puente Aranda	146,7	21
San Cristóbal	121,4	21
MinAmbiente	139,7	15
C.D.A.R	197,6	25
Usaquén	205,4	22
Guaymaral	139,4	25
Las Ferias	197,1	22
Bolivia	228	14
Suba	132,9	22

6 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.

La Figura 25 representa el comportamiento temporal de la velocidad media del viento durante los meses de noviembre desde 2010 a 2017. Esta figura deja entrever como varía la velocidad del viento en la ciudad, debido a la influencia de la barrera de los cerros orientales, sin dejar de tener en cuenta el efecto de las edificaciones. De este modo, se observa que las velocidades del viento más altas durante el mes de noviembre continúan ocurriendo al occidente y sur occidente de la ciudad, donde los cerros ofrecen menor influencia, a nivel superficial.

Al comparar el comportamiento interanual de las velocidades de viento en los últimos años, se puede observar que en este mes se presentaron velocidades más bajas que en años anteriores en sectores como Kennedy y Puente Aranda, entre otros. Con todo, el sector occidental de la ciudad, continúa registrando los valores más altos de velocidad del viento.

Por otra parte Usaquén deja ver un incremento en la velocidad del viento para noviembre de este año, constituyéndose en el año con la velocidad del viento promedio más alta de los últimos 8 años.

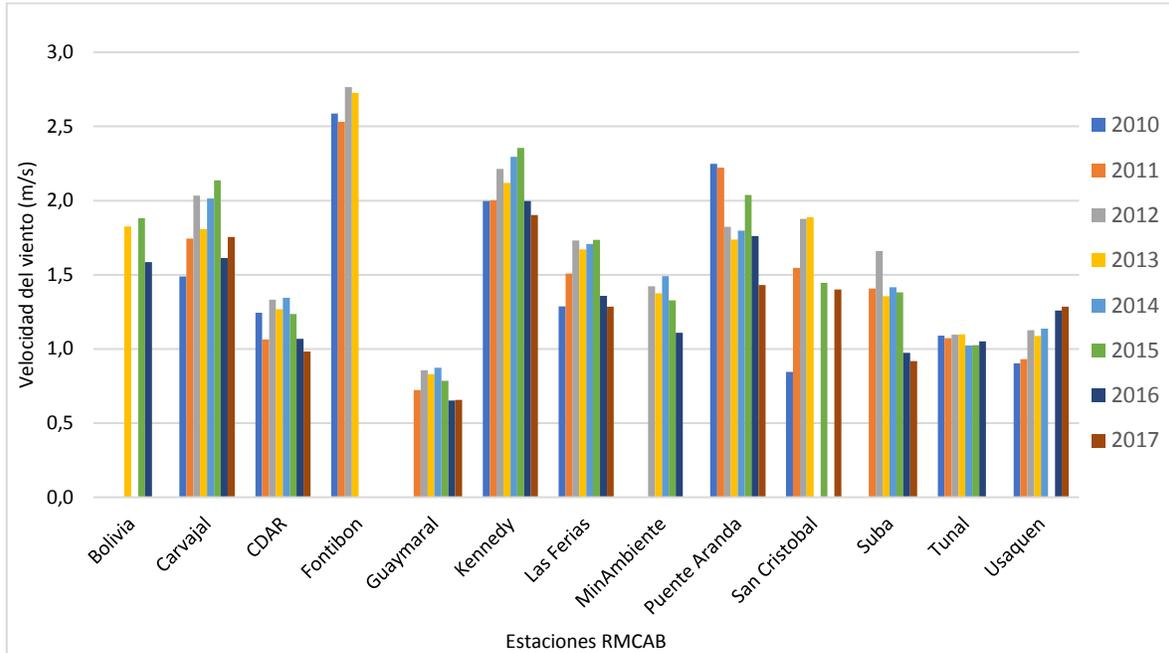


Figura 25. Comportamiento interanual de la velocidad del viento meses de noviembre (2010-2017)

Pese a la disminución de la velocidad del viento de manera cuasi-generalizada en la ciudad para este mes, las máximas medias del viento continúan registrándose, en las estaciones de Puente Aranda (5,7 m/s) y Kennedy (5,8 m/s) Bolivia (5,2 m/s). Para este mes se destaca Usaquén, con 5,3 m/s, los cuales pudieron obedecer a microeventos o micro ráfagas de viento asociadas a los chubascos que, para este mes, se concentraron hacia dicho sector de la ciudad. Las velocidades medias mínimas, como es normal, reportan valores tendientes a cero, debido a la reducción en la transferencia de calor y con ella, pérdida de energía que le da movimiento del aire en superficie. Ver Figura 26 y Tabla 11.

Figura 26 Velocidad del viento máxima, media y mínima por estaciones – noviembre 2017

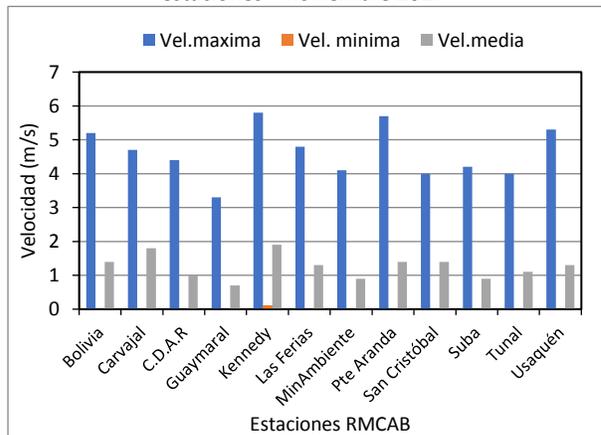


Tabla 11. Velocidades reportadas para noviembre de 2017

Estación	Vel. máxima	Vel. mínima	Vel. media
Bolivia	5,2	0	1,4
Carvajal	4,7	0	1,8
C.D.A.R	4,4	0	1
Guaymaral	3,3	0	0,7
Kennedy	5,8	0,1	1,9
Las Ferias	4,8	0	1,3
MinAmbiente	4,1	0	0,9
Pte Aranda	5,7	0	1,4
San Cristóbal	4	0	1,4
Suba	4,2	0	0,9
Tunal	4	0	1,1
Usaquén	5,3	0	1,3
Promedio Ciudad	4,6	0,0	1,2

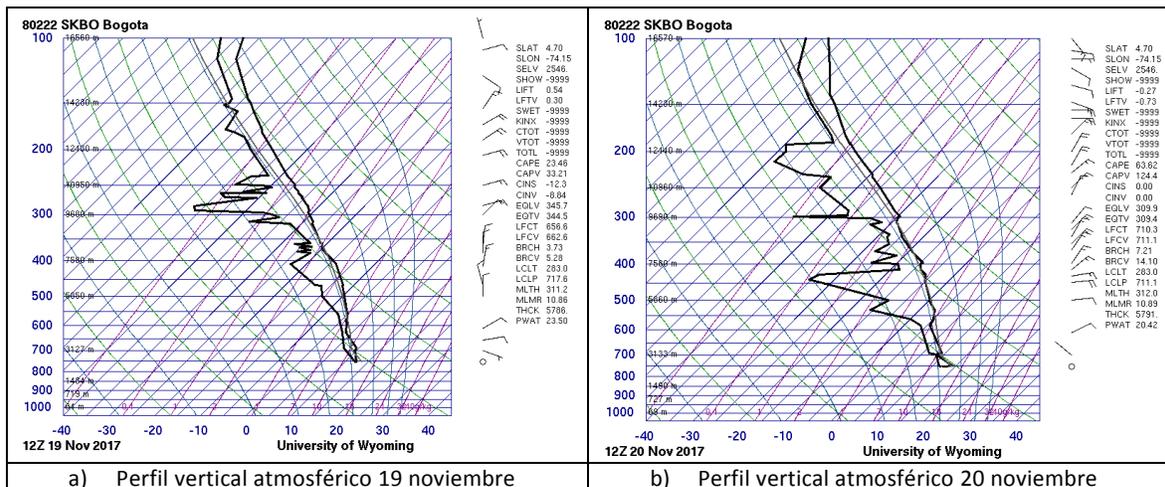
6.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

En el mapa de la Figura 28, se aprecia que en promedio el predominio de los vientos fue del sur y suroeste a lo largo de la ciudad, con velocidades entre 1,8 a 1,9 m/s. En tanto que hacia el sector oriental y norte se presentaron los valores más bajos (0,7 a 1,4 m/s). Se observa la influencia de vientos al parecer provenientes del valle del Río Magdalena los cuales se adentran en la ciudad e interactúan (chocan) con los cerros orientales, forzando el ascenso de masas de aire (forzamiento convectivo) y consecuentemente la formación de nubes de gran desarrollo vertical y el desencadenamiento de chubascos, como los registrados durante el mes de noviembre. Este comportamiento de los predominios del viento para el mes de noviembre, se pueden evidenciar en las rosas de viento en la Figura 48, literales a), d), g) y j).

Así mismo, se observa la posible confluencia de estos vientos predominante del oeste y suroeste con vientos más débiles de componente este y sur este, los cuales debieron haber propiciado movimientos ciclónicos o torbellinos en el sector Usaquén y Las Ferias que, bajo condiciones de inestabilidad de la atmósfera y contenido de humedad, como se presentaron durante este mes, en especial los días 19 y 20 de este mes.

A modo ilustrativo de las condiciones de inestabilidad dominante para los días 19 y 20 de noviembre, en la Figura 27 se muestran los perfiles verticales de la atmósfera dominante en los alrededores de la sabana de Bogotá, donde se puede evidenciar que el índice de estabilidad CAPE (Convective Available Potential Energy, por sus siglas en inglés) alcanzó valores por encima de cero (32,21 y 63,62) respectivamente, lo que propició el ascenso convectivo de masas con alto contenido de humedad. EL índice CAPE, ofrece información de las condiciones de estabilidad de la atmósfera y que tanta energía puede tener una partícula de aire para que pueda ascender. En la medida que se acerca a cero, la atmósfera se hace estable y menos propicia para su ascenso, provocando estancamiento y posibles episodios de contaminación.

Cabe anotar que vientos con esta componente no favorecen la limpieza de la ciudad, en lugar de evacuar contaminantes atmosféricos, su tendencia es a introducirlos a la ciudad.



a) Perfil vertical atmosférico 19 noviembre b) Perfil vertical atmosférico 20 noviembre
 Figura 27. Perfil vertical atmosférico medido por la radiosonda del IDEAM del Aeropuerto Internacional Eldorado. Tomado de la Universidad de Wyoming.

El patrón de los vientos descrito anteriormente es un promedio de lo ocurrido durante el mes de noviembre, sin contar con las particularidades del ciclo diurno y nocturno, los cuales presentan sus variaciones en la escala horaria, como se puede observar en la Tabla 18.

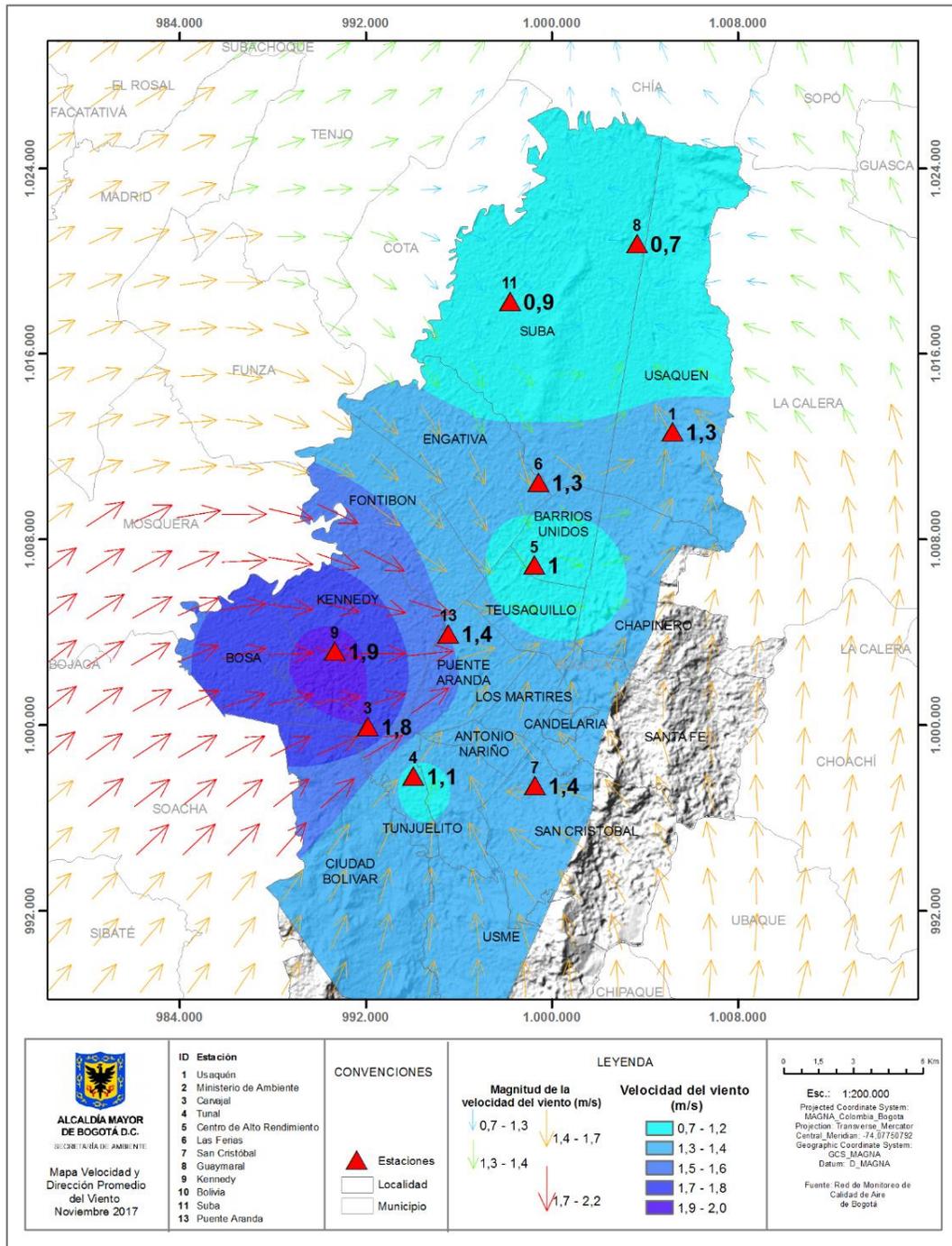


Figura 28. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging – noviembre 2017

7 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con los valores históricos de temperatura de los meses de noviembre, registrados en la RMCAB desde 2010 - 2017, se observa una tendencia creciente en la temperatura de la ciudad; sin embargo, respecto de los meses de noviembre de los tres años anteriores se observa un ligero descenso, sobre todo respecto del año 2015. Ver Figura 29.

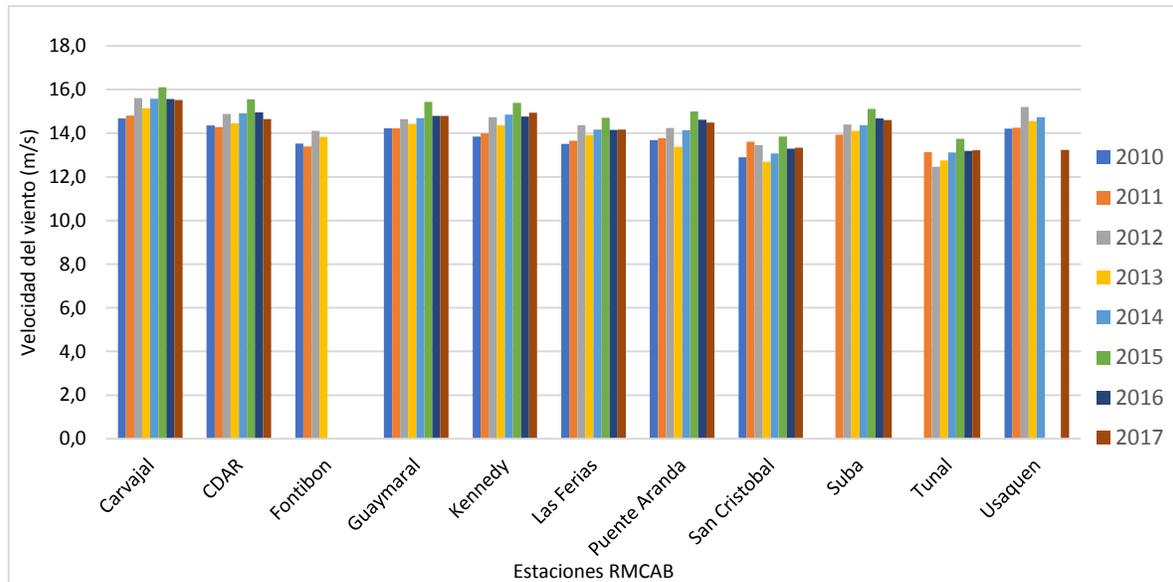


Figura 29. Comportamiento interanual de la temperatura media – meses de noviembre 2010 a 2017.

Las mayores temperaturas en el mes de noviembre se registraron en el sector suroccidental de la ciudad, como ha ocurrido históricamente y las mínimas hacia el sur oriente de la ciudad. Ver Tabla 12 y Figura 30.

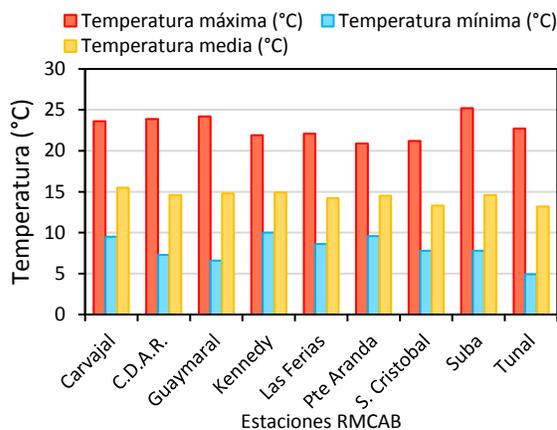


Figura 30. Temperatura media, máxima y mínima promedio por estaciones. noviembre 2017

Tabla 12. Resumen Temperaturas medias, máximas y mínima promedio por estaciones y promedio ciudad. noviembre 2017

Estación	Temp máxima (°C)	Temp mínima (°C)	Temp media (°C)
Carvajal	23,6	9,5	15,5
C.D.A.R.	23,9	7,3	14,6
Guaymaral	24,2	6,6	14,8
Kennedy	21,9	10	14,9
Las Ferias	22,1	8,6	14,2
Puente Aranda	20,9	9,6	14,5
San Cristóbal	21,2	7,8	13,3
Suba	25,2	7,8	14,6
Tunal	22,7	4,9	13,2
Promedio	22,9	8,0	14,4

En cuanto al comportamiento espacial de la temperatura del aire en superficie, en el mes de noviembre se siguen registrando temperaturas medias por encima del promedio de la ciudad (14,4 °C) en gran parte del territorio, sobre todo hacia el sector sur occidental y, particularmente en el centro geográfico de la ciudad. Hacia el sur oriente se siguen registrando las temperaturas más bajas. (Ver Figura 31)

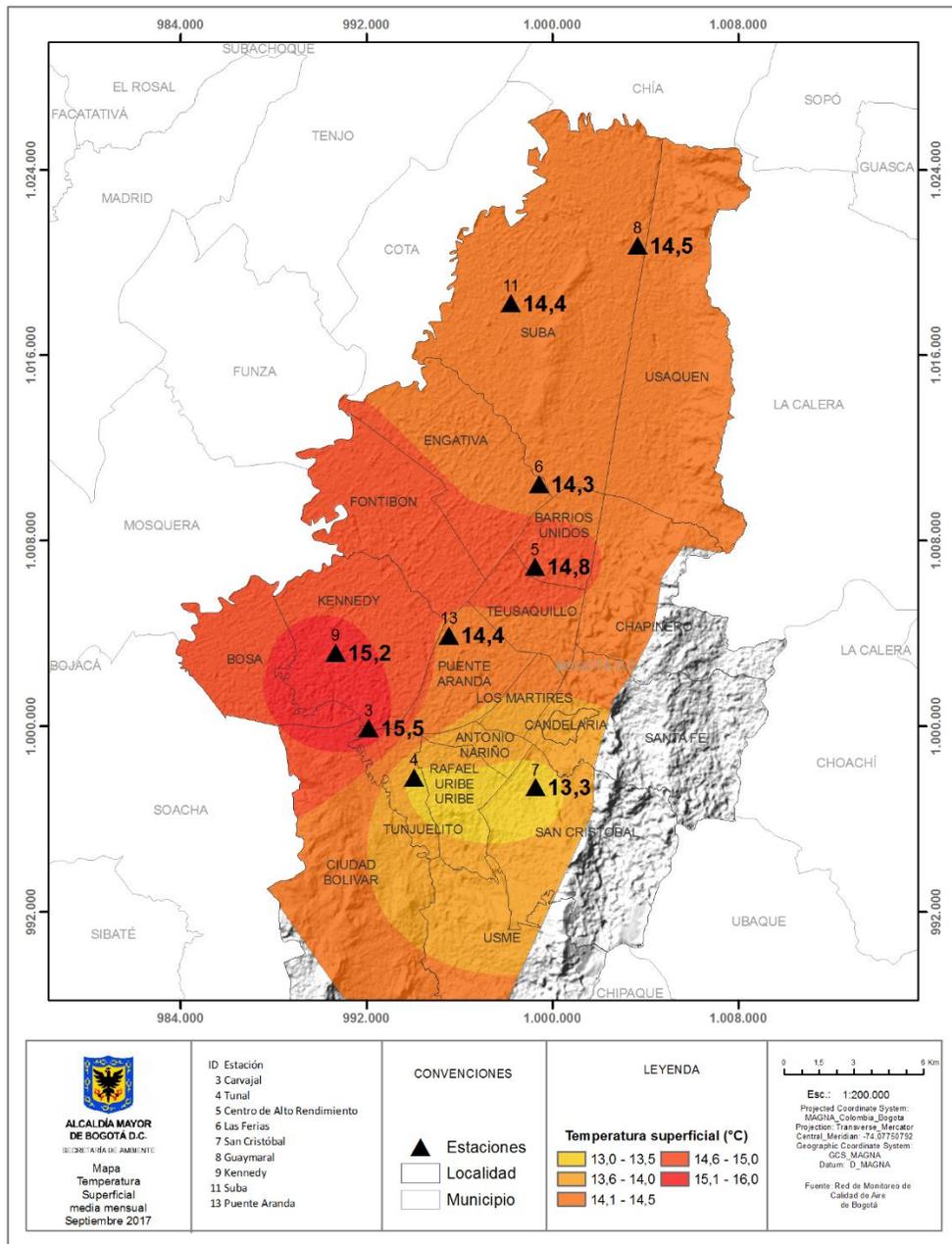


Figura 31. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging - noviembre 2017

8 COMPORTAMIENTO DE LA RADIACIÓN SOLAR Y SU RELACIÓN CON LAS CONCENTRACIONES DE OZONO.

Como era de esperarse durante el mes de noviembre, debido a la nubosidad dominante en gran parte de la ciudad, se recibió menor cantidad de radiación solar que en meses característicamente secos como septiembre. En septiembre se acumularon hasta 800 W/m^2 , en tanto que en noviembre no se superaron los 600 W/m^2 . En cuanto su distribución espacial, esta fue relativamente homogénea hacia el sector sur de la ciudad, donde se recibió la mayor cantidad de radiación (690 W/m^2). Hacia el norte se acumularon alrededor de 468 W/m^2 , en tanto que hacia el centro 538 W/m^2 .

Pese a que el sector norte de la ciudad registró los valores más bajos de radiación, se siguen reportando las concentraciones más altas de Ozono (53 a $55 \mu\text{g/m}^3$), entre las 12 am y las 3 pm hacia el sector de Guaymaral y Suba. Las mínimas concentraciones de ozono ocurrieron en la zona sur occidental de la ciudad, con valores pico, entre $13,6 \mu\text{g/m}^3$ a $37 \mu\text{g/m}^3$. Sin embargo, hacia el sector de San Cristóbal, también se presentaron concentraciones considerables de ozono, que pueden estar asociados a procesos de foto disociación, dadas las relativamente altas cantidades de radiación solar recibidas. Ver Figura 32 a), b), c) y d).

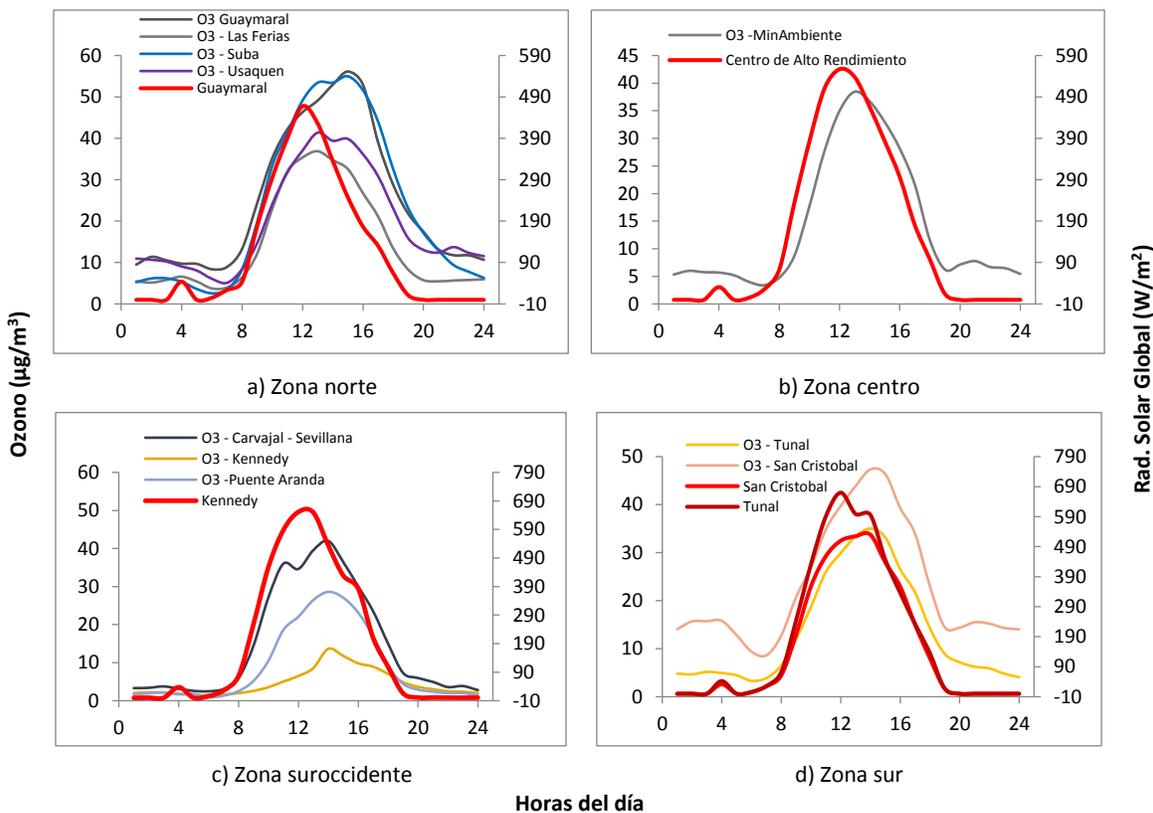


Figura 32. Comportamiento horario de O_3 ($\mu\text{g/m}^3$) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2), noviembre 2017. a) - zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

10. REPORTE MENSUAL DE VALIDACIÓN SIMCAB

10.1. MODELO WRF

Para el mes de noviembre se siguió utilizando la parametrización de capa límite planetaria ACM2 (Asymmetric Convection Model 2 Scheme), después del cambio del esquema YSU (Yonsei University Scheme) con el fin de seguir monitoreando el impacto, principalmente en la velocidad del viento de esta parametrización.

Los diagramas de Taylor (Figura 33) y los Box Plot (Figura 34) de las variables continuas meteorológicas muestran un comportamiento que para este mes si presenta algunos cambios con respecto al mes anterior, principalmente en el viento. El RMSE de este parámetro tuvo un valor por debajo de 1.5 m/s, y al observar el boxplot a nivel ciudad, se evidencia que para noviembre las horas de la mañana se ajustan a lo observado, mientras que después del medio día hay una sobrestimación, menor a meses anteriores. También es importante resaltar que el modelo no estima bien los datos extremos de viento que en horas de la mañana pueden llegar a 6 m/s.

En la temperatura, aunque el RMSE y la correlación no varían mucho con respecto a meses anteriores, se observa en el ciclo diurno que ya no se presenta una sobrestimación de esta variable después del mediodía, por el contrario, se observa una leve subestimación, lo que muestra que este mes el ciclo diurno a nivel ciudad estuvo más ajustado que en meses anteriores.

En el ciclo diurno de la radiación se aprecia que el modelo no sobrestimó tanto para este mes las horas cercanas al medio día, y de igual manera ya no se presentan tantos outliers por encima de la media, pero si se presentan varios por debajo de este valor.

Finalmente, la humedad relativa muestra que las horas cercanas al mediodía presentan una sobrestimación mayor que en otros meses, pero en términos de RMSE no se refleja esta afectación.

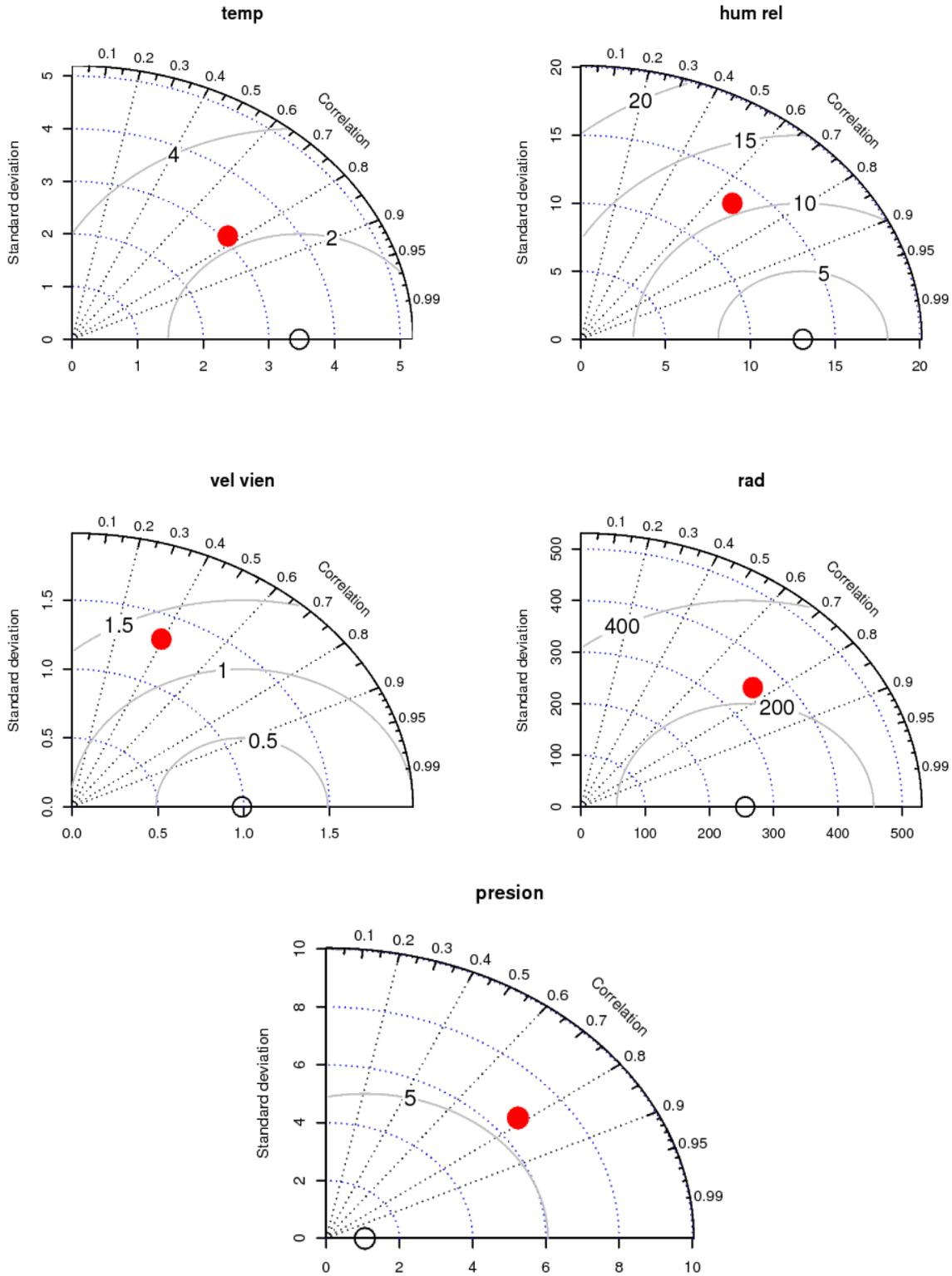


Figura 33. Diagramas de Taylor parámetros meteorológicos. Noviembre 2017

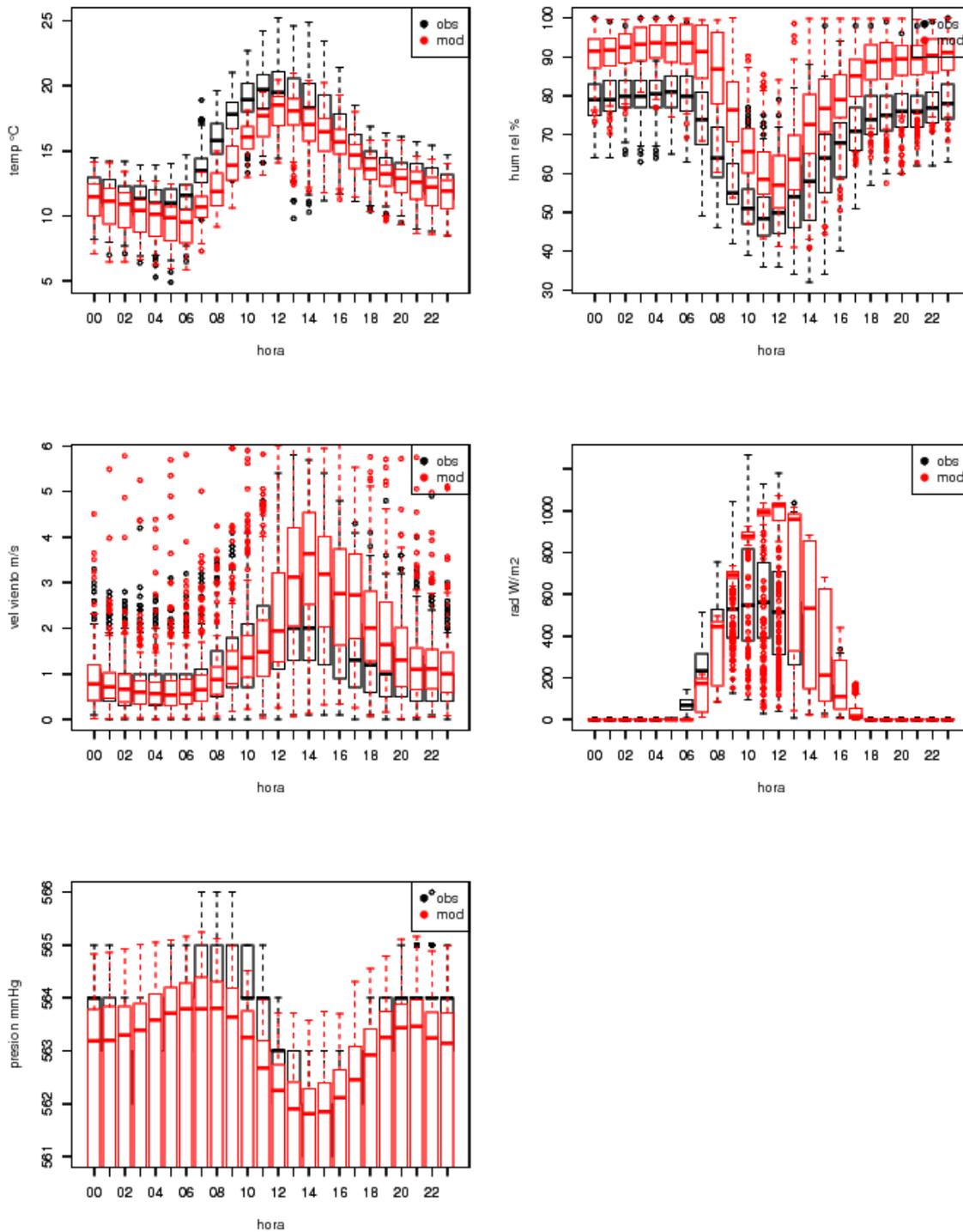


Figura 34. Box Plot parámetros meteorológicos – Noviembre 2017

En términos de precipitación (ver Tabla 13) la validación se realiza con tablas de contingencia como variable categórica (lluvia – no lluvia). Los resultados indican que en general, el modelo presenta un

mejor comportamiento para noviembre que en meses anteriores. En casi todos los estadísticos evaluados hay una gran mejoría (excepto el BIAS, que sigue estando por encima de 1, lo que indica que se siguen pronosticando más días con lluvia que los observados). Es de resaltar, que la POD en todas las estaciones es de 1, lo que indica que todos los días en que se observó lluvia el modelo predijo que llovería. Para este mes las estaciones mejor modeladas fueron CDAR y Guaymaral, mientras que la estación MinAmbiente fue la que más tuvo errores en la modelación.

Tabla 13. Datos estadísticos de Precipitación por estación - Noviembre 2017

ESTACIÓN	THREAT SCORE	POD	FAR	PERCENT CORRECT	BIAS
Carvajal-Sevillana	0.63	1	0.37	0.63	1.58
Centro de Alto Rendimiento	0.83	1	0.17	0.83	1.2
Guaymaral	0.83	1	0.17	0.83	1.2
Kennedy	0.77	1	0.23	0.77	1.3
Las Ferias	0.73	1	0.27	0.73	1.36
MinAmbiente	0.5	1	0.5	0.5	2
Puente Aranda	0.7	1	0.3	0.7	1.43
San Cristóbal	0.7	1	0.3	0.7	1.43
Suba	0.73	1	0.27	0.73	1.36
Tunal	0.67	1	0.33	0.67	1.5
Usaquén	0.76	1	0.24	0.77	1.32

10.2. MODELO CMAQ

La validación presentada a continuación corresponde a los resultados del modelo comprendidos entre el 01 de Noviembre y el 30 de Noviembre de 2017. La validación del modelo se realizó a través del análisis del comportamiento del sesgo entre las concentraciones modeladas y las concentraciones simuladas.

En cuanto a los sesgos diarios, en general el modelo tiende a sobrestimar las concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} con respecto a las mediciones, como se muestra en la Tabla 14. Por otro lado, en cuanto a los sesgos horarios para material particulado, usualmente se encontraron mayores variaciones en horas de la mañana, como se muestra en la Figura 35 y la Figura 36.

Tabla 14. Sesgos diarios para el mes de noviembre del modelo, por estación (IC 95%)

Estación	Sesgo diario PM ₁₀ (µg/m ³)	Sesgo diario PM _{2.5} (µg/m ³)
Carvajal-Sevillana	19 ± 80	-1 ± 40
C.D.A.R.	19 ± 40	11 ± 28
Guaymaral	3 ± 24	1 ± 14
Kennedy	6 ± 51	2 ± 40
Las Ferias	-2 ± 34	1 ± 19
MinAmbiente	1 ± 30	-1 ± 18

Puente Aranda	9 ± 57	15 ± 40
San Cristóbal	-10 ± 25	-4 ± 17
Suba	-30 ± 21	-7 ± 10
Tunal	-2 ± 48	-4 ± 28
Usaquén	-18 ± 29	-5 ± 16

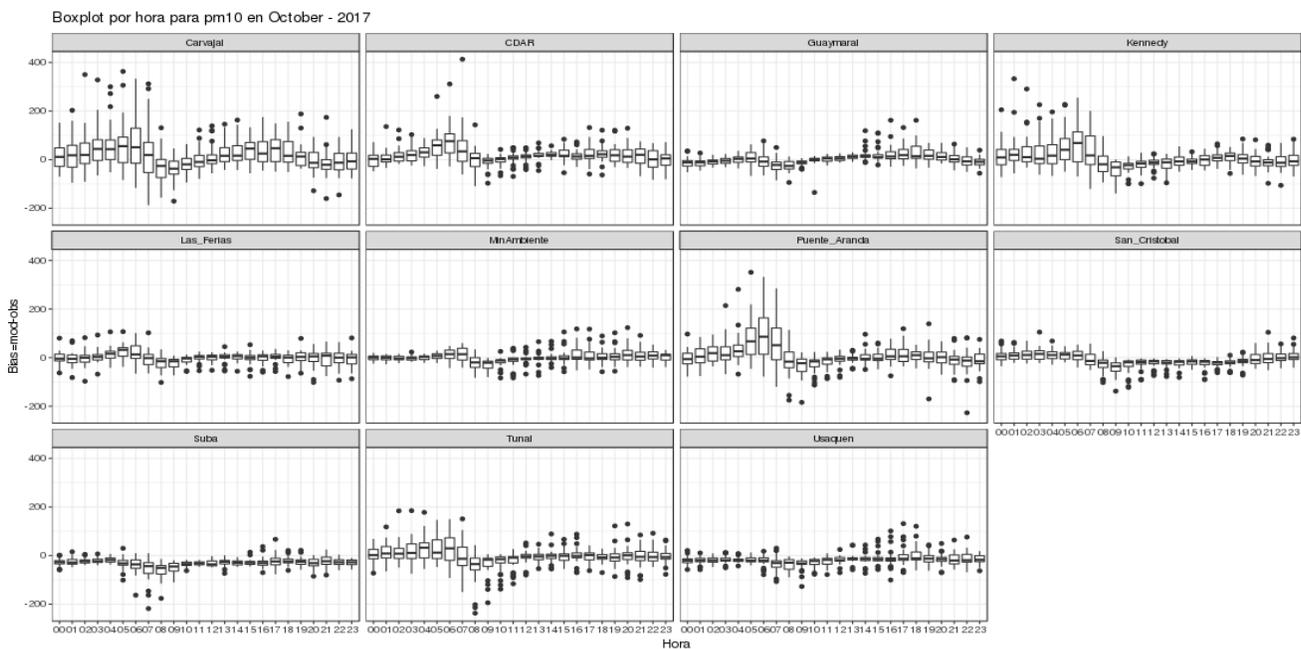


Figura 35. Comportamiento del Sesgo horario de PM₁₀, agrupado por horas del día

Secretaría Distrital de Ambiente
 Dirección de Control Ambiental
 Subdirección de Calidad del Aire, Auditiva y Visual-SCAAV
 Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá – RMCAB

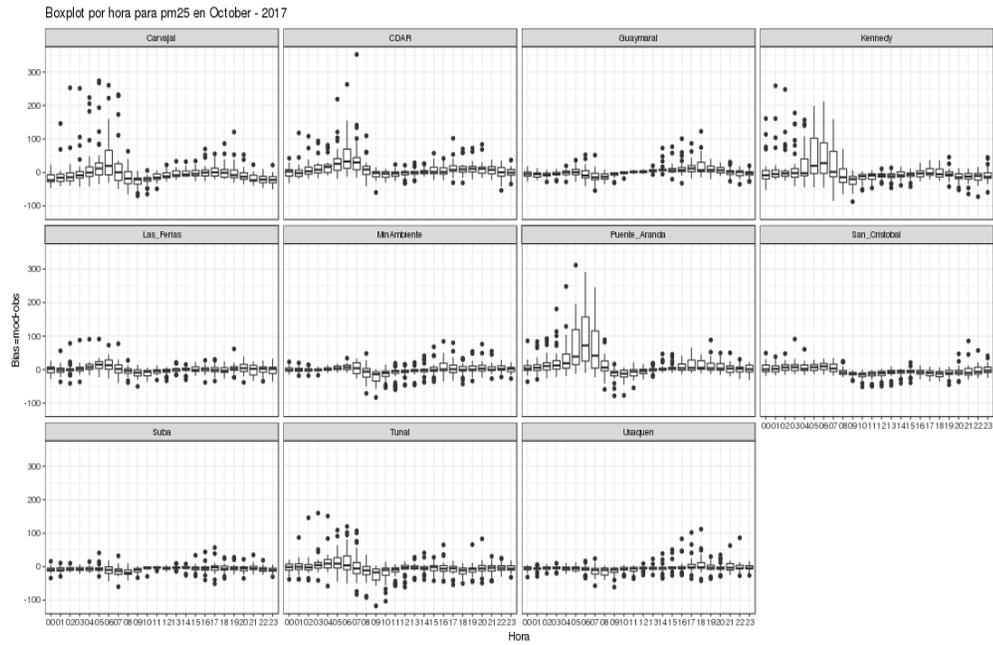


Figura 36. Comportamiento del Sesgo horario de PM_{2.5}, agrupado por horas del día

ANEXOS

A. Características de las estaciones de la RMCAB y métodos de referencia

Tabla 15. Estaciones de monitoreo y variables monitoreadas de la RMCAB

Característica	Guaymaral (Escuela de Ingeniería)	Usaquén (Bosque)	Suba (Corpas)	Bolivia	Las Ferias (Carrefour Calle 80)	Centro de Alto Rendimiento (Parque Simón Bolívar / IDRD)	Min. Ambiente (Sagrado Corazón)	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal- Sevillana	Tunal	San Cristóbal	Móvil	
Ubicación	Latitud	4°47'1.52"N	4°42'37.26"N	4°45'40.49"N	4°44'9.12"N	4°41'26.52"N	4°39'30.48"N	4°37'31.75"N	4°37'54.36"N	4°37'30.18"N	4°35'44.22"N	4°34'34.41"N	4°34'21.19"N	---
	Longitud	74°2'39.06"W	74°1'49.50"W	74° 5'36.46"W	74°7'33.18"W	74°4'56.94"W	74°5'2.28"W	74°4'1.13"W	74°7'2.94"W	74°9'40.80"W	74°8'54.90"W	74°7'51.44"W	74°5'1.73"W	---
	Altitud	2580 m	2570 m	2571 m	2574 m	2552 m	2577 m	2621 m	2590 m	2580 m	2563 m	2589 m	2688 m	---
	Altura del suelo	0 m	10 m	6 m	0 m	0 m	0 m	15 m	10 m	3 m	3 m	0 m	0 m	
	Localidad	Suba	Usaquén	Suba	Engativá	Engativá	Barrios Unidos	Santa Fe	Puente Aranda	Kennedy	Kennedy	Tunjuelito	San Cristóbal	---
	Dirección	Autopista Norte # 205-59	Carrera 7B Bis # 132-11	Carrera 111 # 159A-61	Avenida Calle 80 # 121-98	Avenida Calle 80 # 69Q-50	Calle 63 # 59A-06	Calle 37 # 8-40	Calle 10 # 65- 28	Carrera 80 # 40-55 sur	Autopista Sur # 63-40	Carrera 24 # 49-86 sur	Carrera 2 Este # 12-78 sur	---
	Tipo de zona	Suburbana	Urbana	Suburbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana
	Tipo de estación	Tráfico	Tráfico	Tráfico	---	Tráfico	De fondo	Tráfico	Industrial	Tráfico	Tráfico Industrial	Tráfico	De fondo	
	Localización toma muestra	Zona Verde	Azotea	Azotea	Zona Verde	Zona Verde	Zona Verde	Azotea	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Zona Verde	
	Altura punto de muestra	4 m	13 m	9 m	4.6 m	4.6 m	4.6 m	18 m	13 m	7 m	6 m	3 m	4 m	
Altura viento	10 m	19 m	10 m	10 m	10 m	10 m	19 m	20 m	10 m	13 m	10 m	10 m		
Var. Meteorológicas	PM ₁₀	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	PM _{2.5}	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	O ₃	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X	X
	NO _x	X				X	X		X	X	X	X	X	X
	CO		X			X	X		X	X	X	X	X	X
	SO ₂			X			X		X	X	X	X		X
Var. Meteorológicas	V. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	D. Viento	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	Temperatura	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X	X
	Precipitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	R. Solar	X					X			X		X	X	X
	H. Relativa	X				X	X			X		X	X	X
	Presión Atm.	X				X				X				X

Los métodos de medición utilizados por los equipos de la RMCAB se muestran en la Tabla 16. Estos métodos se encuentran descritos en el Título 40 del CFR (*Code of Federal Regulations*), los cuales están aprobados por la *Environmental Protection Agency* (EPA) de Estados Unidos.

Tabla 16. Principios de medición de los equipos de la RMCAB y métodos de referencia EPA

Contaminante	Principio de Medición	Método de referencia EPA
PM ₁₀	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122
PM _{2.5}	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0609-183
O ₃	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQQA-0992-087
NO ₂	Quimioluminiscencia	RFNA-1289-074
CO	Espectrofotometría de Absorción en el Infrarrojo	RFCA-0992-088
SO ₂	Fluorescencia Pulsante en el Ultravioleta	EQSA-0495-100

B. Comportamiento horario de las concentraciones de PM₁₀

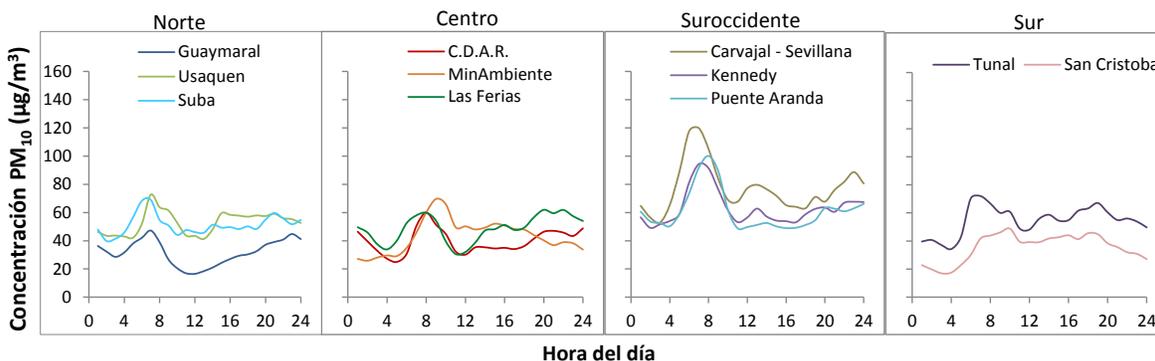


Figura 37. Comportamiento horario de PM₁₀ para noviembre de 2017

C. Comportamiento horario de las concentraciones de PM_{2.5}

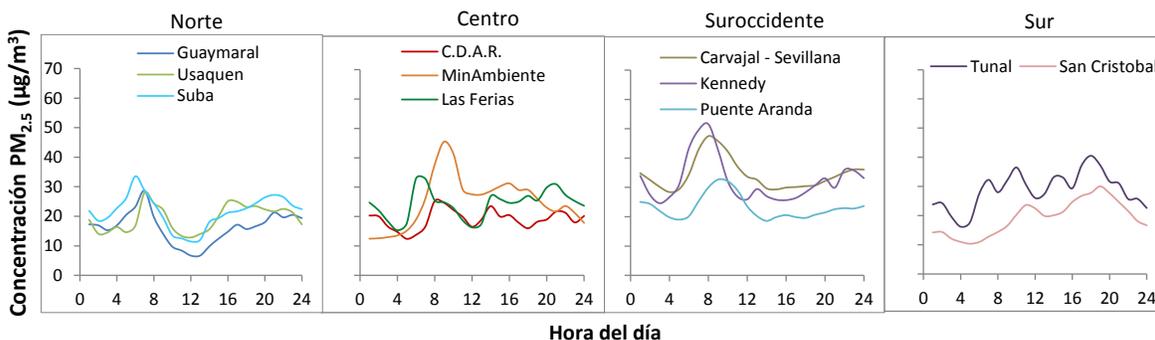


Figura 38. Comportamiento horario de PM_{2.5} para noviembre de 2017.

D. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃

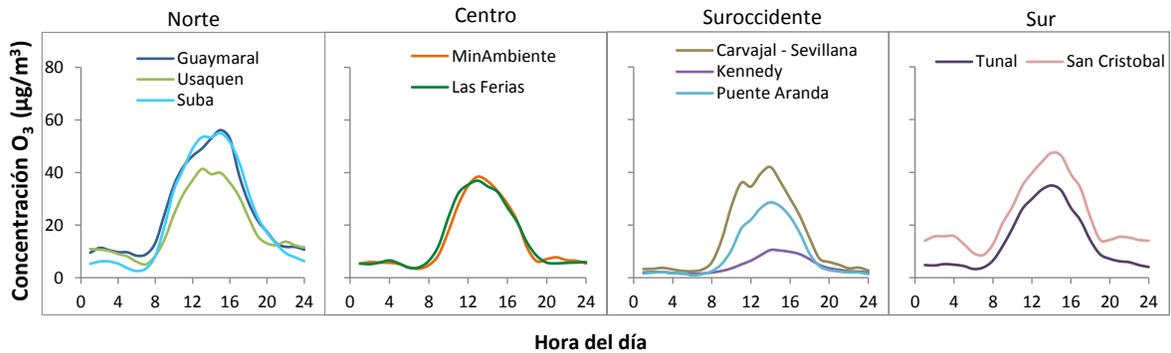


Figura 39. Comportamiento horario de O₃ para noviembre 2017.

E. Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂

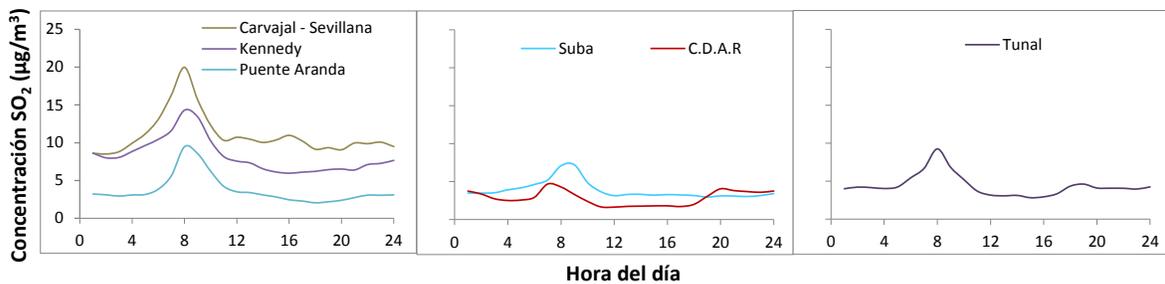


Figura 40. Comportamiento horario de SO₂ para noviembre 2017.

F. Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂

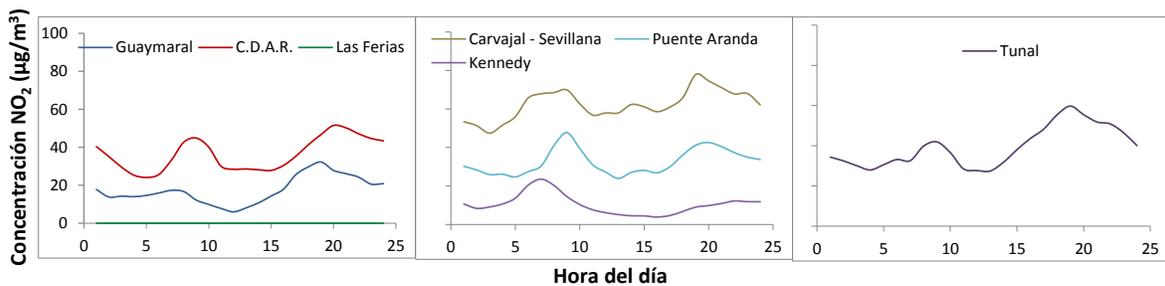


Figura 41. Comportamiento horario de NO₂ para noviembre 2017.

G. Comportamiento horario de las concentraciones de CO

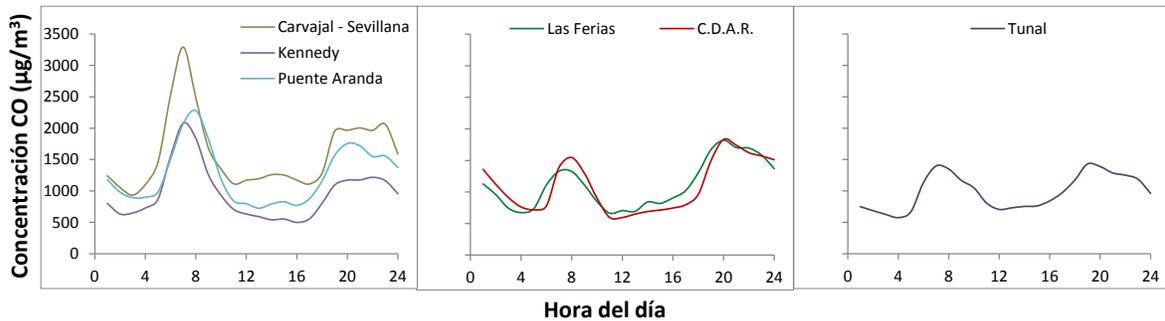


Figura 42. Comportamiento horario de CO para noviembre 2017.

H. Relación PM₁₀/PM_{2.5}

El cálculo de la relación de concentraciones de PM_{2.5} y PM₁₀ para cada una de las estaciones consideró únicamente aquellos promedios mensuales con una representatividad temporal igual o superior a 75%. Una relación alta implica una mayor participación de material particulado fino (PM_{2.5}) el cual está relacionado de forma más directa con los procesos de combustión y con los productos de reacciones secundarias atmosféricas.

Las fracciones más altas de PM_{2.5} en PM₁₀ fueron observadas las estaciones San Cristóbal, Tunal y Guaymaral, mientras que la menor fracción fue observada en Usaquén. La relación global para la ciudad fue de 0.48, lo que indica que la fracción gruesa fue predominante sobre la fracción fina a nivel ciudad para el mes de noviembre de 2017. (Tabla 17)

Tabla 17. Relación PM_{2.5}/PM₁₀ por estación - noviembre de 2017.

Noviembre 2017			
Estación	Promedio PM _{2.5} (µg/m³)	Promedio. PM ₁₀ (µg/m³)	Relación PM _{2.5} /PM ₁₀
Guaymaral	16	32	0.52
Usaquén	19	53	0.36
Suba	22	51	0.42
Las Ferias	25	50	0.50
C.D.A.R.	19	40	0.48
MinAmbiente	N.R.	N.R.	N.A.
Puente Aranda	N.R.	61	N.A.
Kennedy	32	63	0.51
Carvajal - Sevillana	34	78	0.44
Tunal	28	55	0.52
San Cristóbal	20	36	0.55

I. Promedios ciudad para PM₁₀, PM_{2.5} y O₃

En la Figura 43, Figura 44 y Figura 45 se muestran los promedios anuales acumulados a noviembre de 2017 para PM₁₀, PM_{2.5}, y O₃, cuyos valores son de **41 µg/m³**, **19 µg/m³** y **19 µg/m³** respectivamente. Los valores reportados para PM₁₀, y PM_{2.5} se calculan con base en los datos diarios de concentración y el valor de O₃ reportado es calculado con base en la media móvil 8 horas hasta el mes de corte; es decir, los promedios reportados en noviembre de 2017 corresponden al promedio de datos de concentración diaria (PM₁₀, y PM_{2.5}) y 8 horas (O₃) de **334 días** (once meses) de las estaciones que tuvieron una captura de datos superior al 75%.

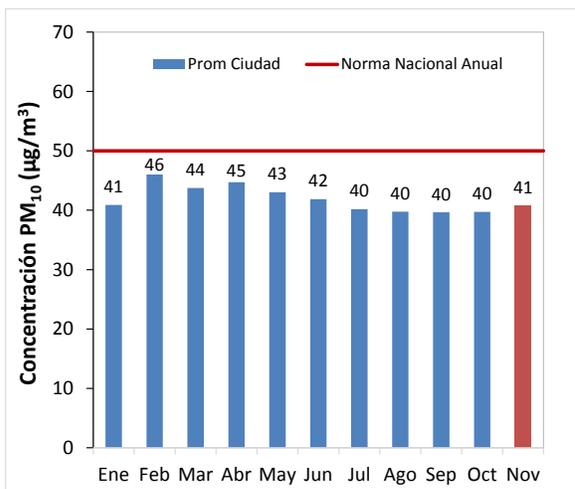


Figura 43. Promedio de PM₁₀ corte a noviembre 2017

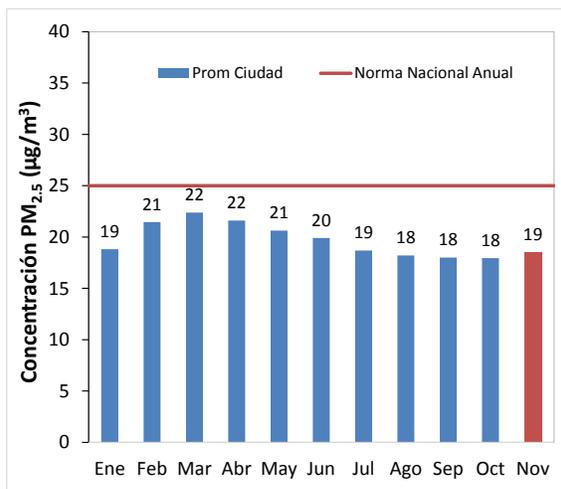


Figura 44. Promedio de PM_{2.5} corte a noviembre 2017

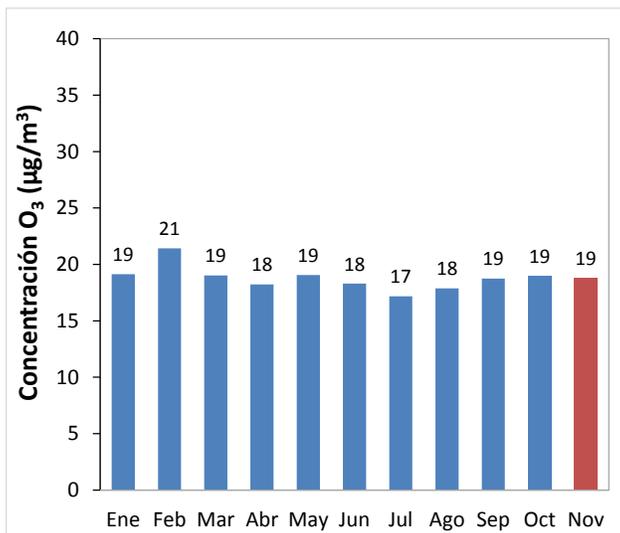


Figura 45. Promedio de O₃ corte a noviembre 2017

J. Velocidades del viento promedio Ciudad

La Figura 46 muestra el comportamiento de la velocidad media del viento diario, durante el mes de noviembre. Durante el mes se observó una ligera tendencia al incremento de la velocidad media del viento. Las velocidades medias diarias del viento, presentaron variaciones de entre 0,7 hasta 1,8 m/s. El mayor descenso ocurrió hacia el 4 de noviembre, disminuyendo en promedio hasta los 0,7 m/. Estos descensos en la velocidad del viento, tienden a propiciar incrementos en las concentraciones de material particulado dado que no se disminuye el transporte y la mezcla turbulenta.

En la Figura 47 se representa el perfil de la velocidad media horaria del viento en el mes de noviembre. En este perfil se aprecia que en las madrugadas la velocidad mínima media del viento se promedió en 0,8 m/s hacia las 3 AM, en tanto que las velocidades máximas ocurrieron entre la 2 PM y las 4 PM, con velocidades de entre 2,1 a 2,2 m/s.

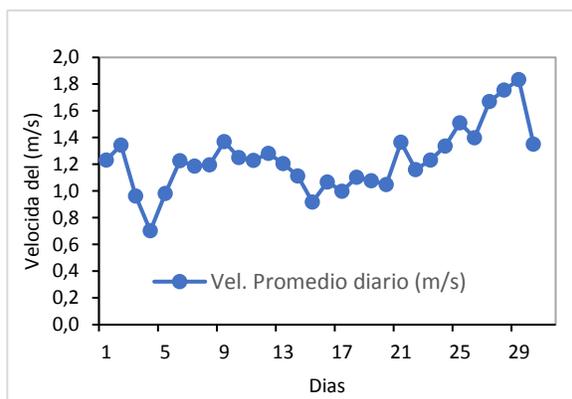


Figura 46 Velocidad media diaria del viento – noviembre 2017

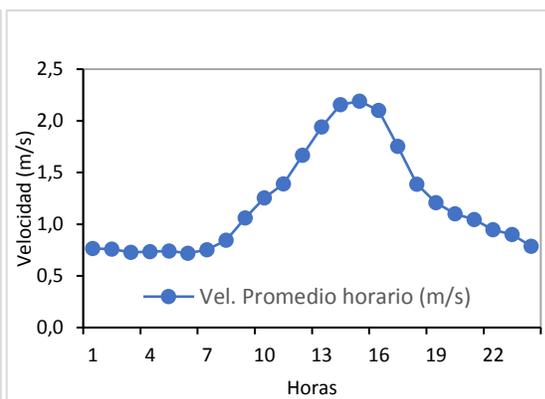
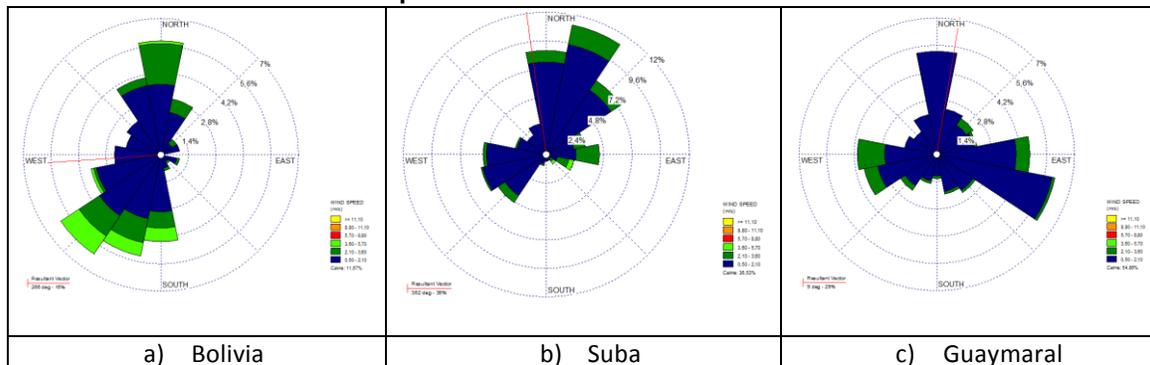


Figura 47. Perfil horario del viento – noviembre 2017

K. Rosas de viento consolidadas para noviembre 2017



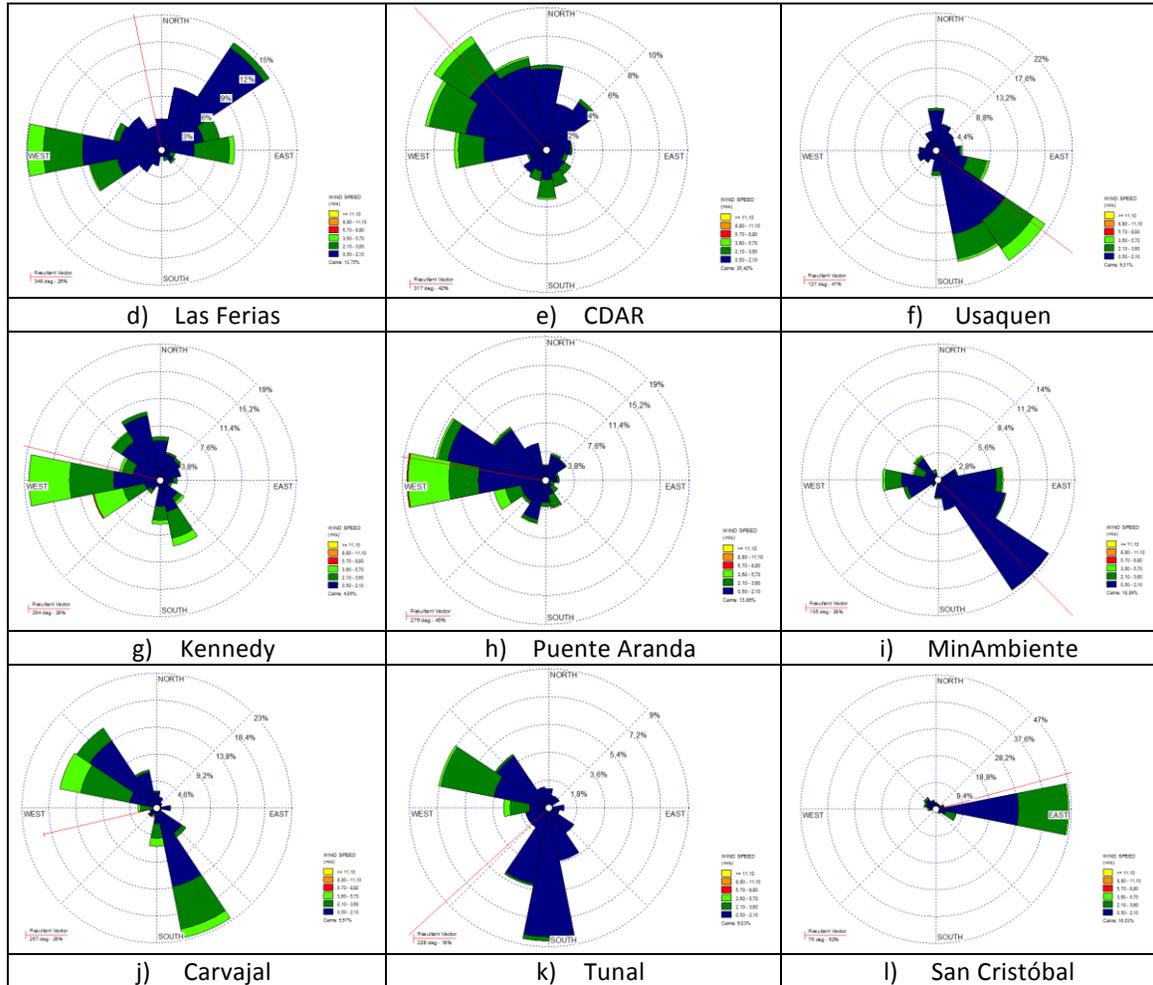


Figura 48. Rosas de viento - octubre 2017. a) Bolivia, b) Suba, c) Guaymaral, d) Las Ferias, e) C.D.A.R., f) Usaquén, g) Kennedy, h) Puente Aranda, i) MinAmbiente, j) Carvajal-Sevillana, k) Tunal, l) San Cristóbal.

L. Valores de velocidad promedio y de dirección del viento predominante en grupos horarios y diarios en las estaciones de la RMCAB.

En la Tabla 18 se observa el comportamiento de los promedios de velocidad y dirección del viento durante las fracciones madrugada, mañana, tarde y noche. En las madrugadas se registraron bajas velocidades del viento que fluctuaron entre (0,3 – 1,1 m/s) dadas las condiciones de estabilidad de la atmosfera, por el enfriamiento del aire a causa de la pérdida de calor del suelo; las más bajas ocurrieron hacia los extremos norte y sur de la ciudad, en tanto que las más altas hacia el sector suroccidental. En las horas de la mañana la velocidad del viento se duplicó mínimamente con respecto a las velocidades de la madrugada. En horas de la tarde, como es normal las velocidades del viento alcanzan su máximo desarrollo, con velocidades no mayores a 3,2 m/s. Ya en horas de la noche la fuerza del viento disminuyó, debido a la pérdida de calor por parte del suelo.

En cuanto a las direcciones, en las **madrugadas** (1 am – 6 am) del mes de noviembre, las direcciones tuvieron un fuerte predominio de vientos del sur y suroeste a lo largo de la ciudad. Por el sector de

los cerros, los vientos presentaron una fuerte componente sureste que en algunos sectores de la ciudad lograron penetrar al interior de la ciudad interactuando o confluyendo con los vientos del sur oeste, lo que pudo haber ocasionado la reducción de la velocidad en el sector de Las Ferias y en la estación CDAR.

Es importante anotar que vientos de componente suroeste, favorecen la introducción de contaminantes a la ciudad en lugar de favorecer su limpieza.

En las **mañanas (7 am – 12 m)**, hacia el sector de los cerros orientales, San Cristóbal presentó una marcada componente sureste; que favoreció la limpieza de la ciudad en virtud que los vientos alisios del suroeste atravesaron tangencialmente sin provocar colisiones entre ellos.

En las **tardes (1 pm -6 pm)**, predominio generalizado de vientos del sureste, sobre todo hacia el sur y centro de la ciudad, con velocidades relativamente sostenidas dado que no se presentaron confluencias (colisiones) de las corrientes de aire, lo que debió haber favorecido el transporte de contaminantes fuera de la ciudad, hacia el sector norte.

En las horas de la **noche (7 pm – 12 am)**, continua la persistencia de la componente suroeste; sin embargo, se presentaron confluencias con vientos divergentes tanto de oeste como del este de la ciudad, lo que frena el flujo y posiblemente genera vórtices turbulentos que pueden favorecer la mezcla turbulenta de contaminantes provenientes del sector suroccidental con aire más limpio del sector oriental de la ciudad. Los sectores donde se presentaron estas confluencias y posibles vórtices turbulentos, fueron San Cristóbal, inmediaciones de las estaciones de Las Ferias y CDAR, Usaquén y Guaymaral.

Tabla 18 Valores de velocidad promedio y de dirección del viento predominante en grupos horarios y diario en las estaciones de la RMCAB – noviembre 2017.

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)					Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Máxima	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
Bolivia	0,8	1,3	2,1	0,8	2,1	304	315	213	245
Guaymaral	0,3	0,8	1,2	0,4	1,2	1	16	215	33
Usaquén	0,9	1,3	1,8	1,2	1,8	99	98	163	128
Suba	0,5	1,3	1,4	0,5	1,4	89	17	263	317
Las Ferias	0,8	1,2	2,0	1,0	2,0	358	36	253	315
C.D.A.R.	0,4	1,1	1,8	0,6	1,8	328	358	278	317
MinAmbiente	0,6	0,9	1,5	0,8	1,5	131	123	263	135
Puente Aranda	0,7	1,1	2,7	1,2	2,7	288	289	255	278
Kennedy	1,1	1,7	3,2	1,6	3,2	314	37	204	289
Carvajal - Sevillana	1,1	1,6	2,8	1,6	2,8	169	180	277	258
Tunal	0,6	1,0	1,9	1,0	1,9	1	206	262	233
San Cristóbal	1,5	1,1	1,5	1,5	1,5	86	54	6	80
Promedio	0,8	1,2	2,0	1,0	2,0				

M. Temperatura media, diaria y horaria Ciudad

El comportamiento de la temperatura diaria del mes de noviembre presentó un ligero descenso, producto de la temporada lluviosa; el promedio mensual se mantuvo alrededor de $14,5^{\circ}\text{C} \pm 1,35^{\circ}\text{C}$, es decir una expansión térmica promedio de $2,7^{\circ}\text{C}$ durante el mes. (Figura 49).

El perfil de la temperatura media horaria del mes de noviembre, permiten observar que las temperaturas más bajas en horas de la madrugada fueron de $10,9^{\circ}\text{C}$ alrededor de las 6 am. Las temperaturas medias máximas horarias alcanzaron los $19,6^{\circ}\text{C}$, alrededor de la 1 pm, con una expansión térmica de $8,7^{\circ}\text{C}$ en promedio por cada día del mes. (Figura 50).

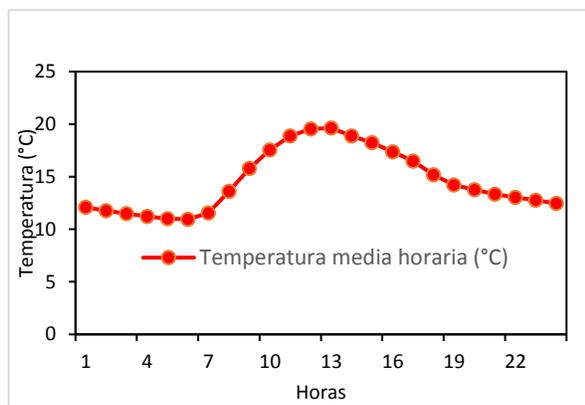
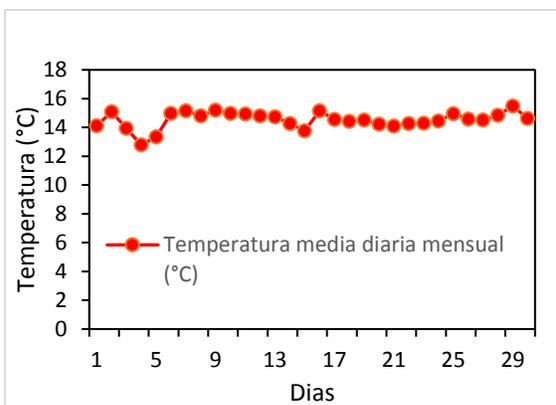


Figura 49. Temperatura media diaria – noviembre 2017 Figura 50. Perfil horario de la temperatura - noviembre 2017

FIN DEL INFORME