

Septiembre

Informe mensual de Calidad del Aire en Bogotá

Año 2017

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Estación Suba



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

Darío Alejandro Gómez Flechas
Henry Ospino Dávila
Luz Dary González González
Marco Antonio Sánchez
Grupo de Operación de la RMCAB

Edison Yesid Ortiz Duarte
Líder del Sistema Integrado de Modelación de Calidad de Aire de Bogotá - SIMCAB

1 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 presenta los datos obtenidos para material particulado PM₁₀ en el mes de septiembre de 2017, incluyendo los promedios mensuales, 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 septiembre de 2017

Estación	Promedio PM ₁₀ (µg/m ³)	Máximo PM ₁₀ (µg/m ³)	Fecha máximo PM ₁₀	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral	27	49	21/09/2017	0	100%
Usaquén	31	56	20/09/2017	0	97%
Suba	52	67	26/09/2017	0	100%
Las Ferias	34	70	20/09/2017	0	83%
C.D.A.R.	29	58	26/09/2017	0	100%
MinAmbiente	26	50	20/09/2017	0	100%
Puente Aranda	42	73	26/09/2017	0	100%
Kennedy	60	99	27/09/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	65	96	22/09/2017	0	100%
Tunal	35	55	22/09/2017	0	100%
San Cristóbal	25	48	08/09/2017	0	83%

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

La Figura 3 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 (**65 µg/m³**) y Kennedy (**60 µg/m³**), y en la zona norte en la estación Suba (**52 µg/m³**). Las menores concentraciones se presentaron en la zona centro para la estación San Cristóbal (**25 µg/m³**) y en la zona sur en la estación MinAmbiente (**26 µg/m³**).

La concentración máxima diaria para el mes fue de **99 µg/m³** en la estación Kennedy, seguida de **96 µg/m³** en Carvajal - Sevillana y **73 µg/m³** en Puente Aranda; ningún máximo reportado sobrepasó la norma nacional diaria (100 µg/m³) en este mes. Los valores máximos en las diferentes estaciones se presentaron en su mayoría en la última semana de septiembre, especialmente entre los días 20 y 22,

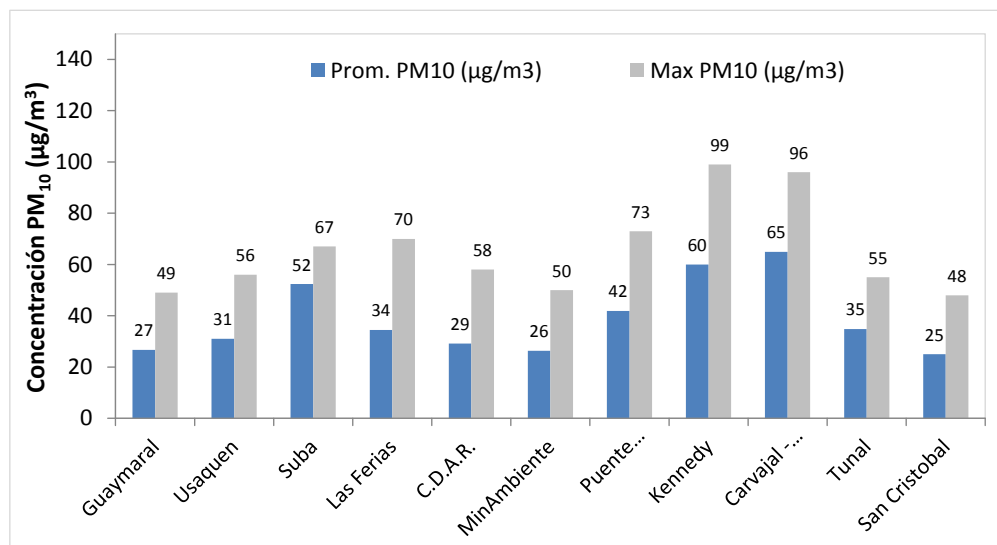


Figura 1. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM₁₀ -septiembre 2017

La Figura 4 presenta las concentraciones diarias de PM₁₀ comparadas con el valor máximo definido por 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), norte (Suba) y centro (Las Ferias), especialmente en la cuarta semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona sur (San Cristóbal), en la segunda semana del mes, durante este mes no se presentaron excedencias a la norma nacional diaria de PM₁₀ (100 µg/m³).

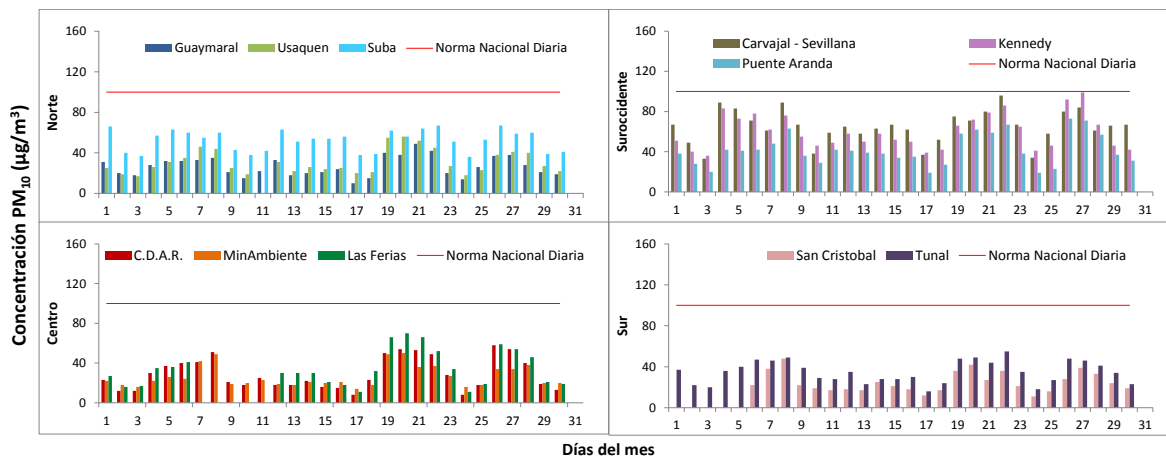


Figura 2. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM₁₀ para septiembre de 2017

En la Figura 5 se presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ para el mes de septiembre de los últimos 3 años. Teniendo en cuenta las estaciones que tienen datos representativos para los años 2017, 2016 y 2015. Se observa que para las estaciones Guaymaral, Usaquén, Las Ferias, Carvajal-Sevillana y Tunal hubo disminución en las concentraciones frente a los valores del mismo mes de 2016, en las estaciones Kennedy y San Cristóbal aumentaron las

concentraciones sobre el mismo mes del 2016 y en las estaciones Puente Aranda y Suba se mantuvieron las concentraciones similares a las de años anteriores. En el mes de septiembre, las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Suba tienden a presentar las concentraciones más altas, mientras que las estaciones MinAmbiente y San Cristóbal tienden a registrar las menores concentraciones de PM₁₀.

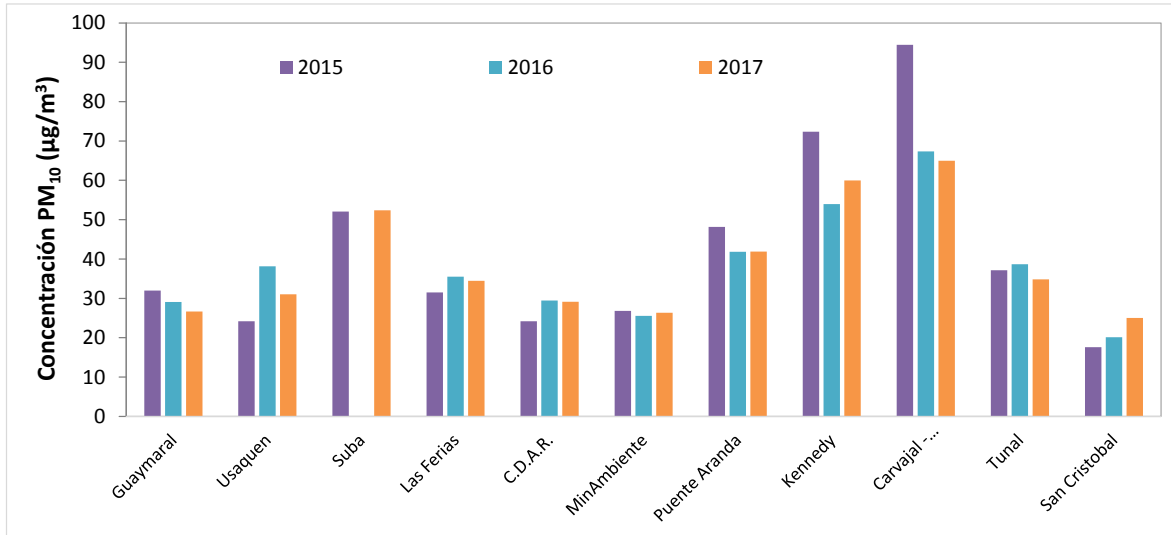


Figura 3. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM₁₀ (2015-2016-2017) para los meses de septiembre

La distribución espacial de la concentración de PM₁₀, con base en el promedio mensual de concentración por estación se representan en la Figura 6 mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging, teniendo en cuenta los valores de concentración con representatividad mayor a 75%, y mediante un campo vectorial se representa la velocidad y dirección del viento para el mes de septiembre.

De acuerdo a esta representación, se observa que en el suroccidente de la ciudad se presentan los mayores niveles de contaminación por PM₁₀, con concentraciones entre 50 y 70 µg/m³, en las localidades de Bosa, Kennedy, Tunjuelito, Ciudad Bolívar y el área cercana a la estación Suba, mientras que las concentraciones más bajas se registraron al centro y suroriente de la ciudad, en las localidades de San Cristóbal, Candelaria, Santa Fe y Chapinero, y el área cercana a la estación Guaymaral, registrando concentraciones entre 25 y 30 µg/m³. En la zona suroccidente además se registran las mayores velocidades del viento (entre 2 y 2.5 m/s), y la dirección del viento predomina en sentido oriente-occidente en el corredor oriental de la ciudad, y sentido norte - sur en el sector occidental.

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

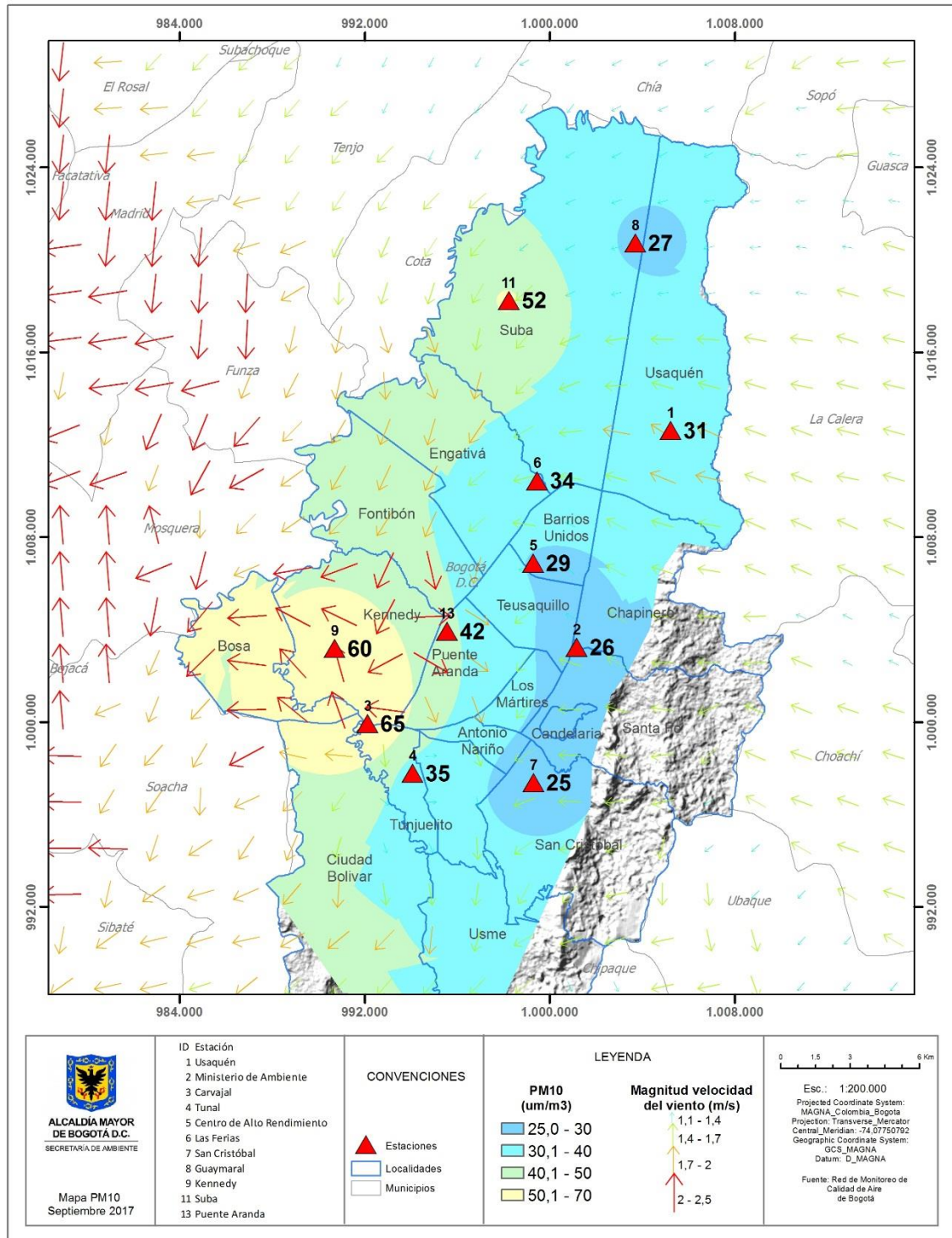


Figura 4. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM₁₀ con base en el método de interpolación de Kriging – septiembre 2017

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 6 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, con 78% del tiempo, mientras que las estaciones Guaymaral, MinAmbiente y San Cristóbal presentan las mejores condiciones ambientales con la categoría “Favorable” el 100% del tiempo, como se observa en la Tabla 2.

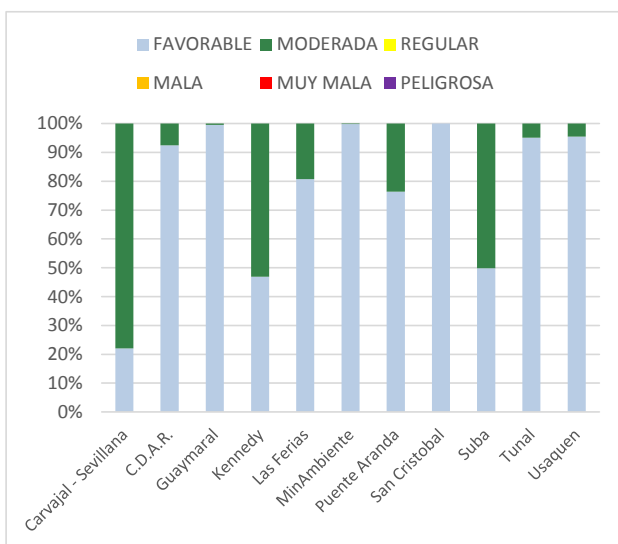


Figura 5. IBOCA para PM₁₀ por estación en septiembre 2017

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

IBOCA PM10		
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA
Carvajal - Sevillana	22%	78%
C.D.A.R.	92%	8%
Guaymaral	100%	0%
Kennedy	47%	53%
Las Ferias	81%	19%
MinAmbiente	100%	0%
Puente Aranda	76%	24%
San Cristobal	100%	0%
Suba	50%	50%
Tunal	95%	5%
Usaquen	95%	5%

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 septiembre de 2017, incluyendo los promedios mensuales, 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 septiembre 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	14	33	21/09/2017	0	100%
Usaquén	11	23	21/09/2017	0	97%
Suba	18	32	21/09/2017	0	100%

Estación	Promedio PM _{2.5} (µg/m³)	Máximo PM _{2.5} (µg/m³)	Fecha máximo PM _{2.5}	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
Las Ferias	15	38	21/09/2017	0	100%
C.D.A.R.	13	26	20/09/2017	0	97%
MinAmbiente	12	32	08/09/2017	0	100%
Puente Aranda	15	30	08/09/2017	0	100%
Kennedy	25	47	27/09/2017	0	93%
Carvajal - Sevillana	29	44	22/09/2017	0	100%
Tunal	15	29	20/09/2017	0	100%
San Cristóbal	11	28	08/09/2017	0	97%

La Figura 7 muestra 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 (**29 µg/m³**) y Kennedy (**25 µg/m³**); las menores concentraciones se presentaron las estaciones San Cristóbal y Usaquén (**11 µg/m³**). En este contaminante se observa el mismo patrón del PM₁₀ con el registro de concentraciones altas en la zona suroccidente y concentraciones bajas en el corredor oriental de la ciudad.

La concentración máxima diaria para el mes fue de **47 µg/m³** en la estación Kennedy, seguida de **44 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana; ningún valor máximo reportado sobrepasó la norma nacional diaria (50 µg/m³). Los valores máximos se presentaron en su mayoría entre el 20 y 22 de agosto en las estaciones Centro de Alto Rendimiento, Tunal, Usaquén, Suba, Las Ferias y Carvajal-Sevillana. Esta situación coincide con el aumento en las concentraciones de material particulado del en la última semana de septiembre, dada la influencia de fenómenos de bruma y presencia de incendios en el suroccidente de la ciudad.

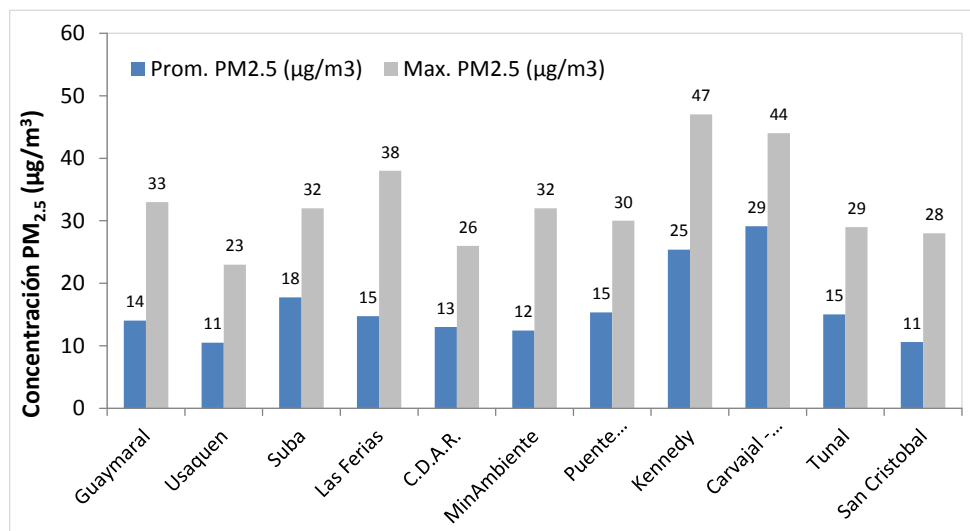


Figura 6. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM_{2.5} - septiembre 2017

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 centro (Las Ferias), especialmente en la cuarta semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona sur (San Cristóbal) y zona centro (Centro de Alto Rendimiento), en la segunda semana del mes. En el mes de septiembre de 2017 no se presentaron excedencias de las concentraciones diarias en comparación con la norma nacional diaria de $PM_{2.5}$ ($50 \mu g/m^3$).

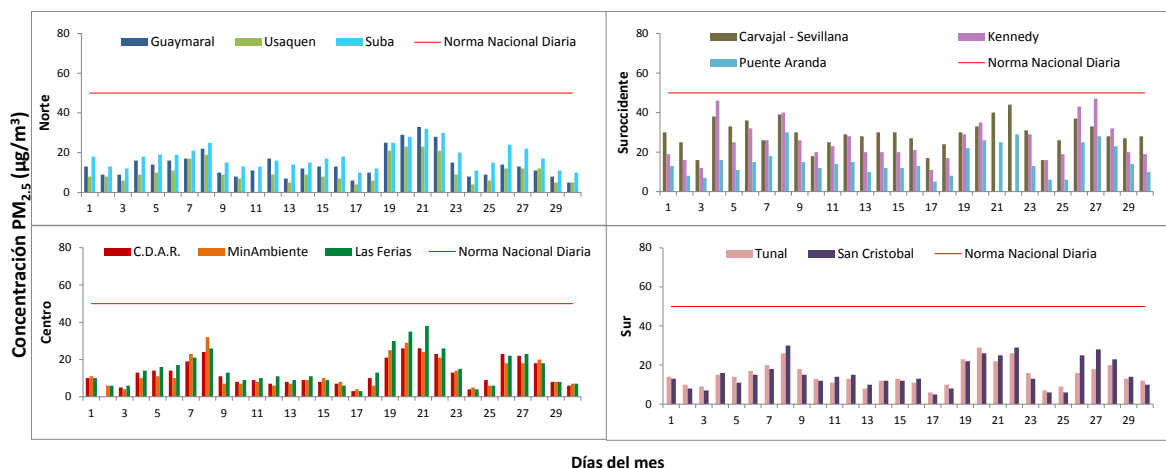


Figura 7. Comportamiento de las concentraciones diarias $PM_{2.5}$ para septiembre de 2017

La Figura 9 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ para el mes de septiembre en los últimos 3 años. Según las estaciones que tienen datos representativos para los años 2017, 2016 y 2015, se observa que en las estaciones Usaquén, Centro de Alto Rendimiento, Kennedy y Tunal hubo una disminución de las concentraciones con respecto a los valores del mismo mes de 2016, y en Suba con respecto al valor del 2015. En las estaciones MinAmbiente y San Cristóbal la concentración registrada aumentó en relación al valor reportado en el año anterior, y en la estación Guaymaral se registró un aumento en relación al año 2015. La estación de Puente Aranda no posee registros históricos de 2015 y 2016, debido a que el monitor de $PM_{2.5}$ se instaló en octubre de 2016.

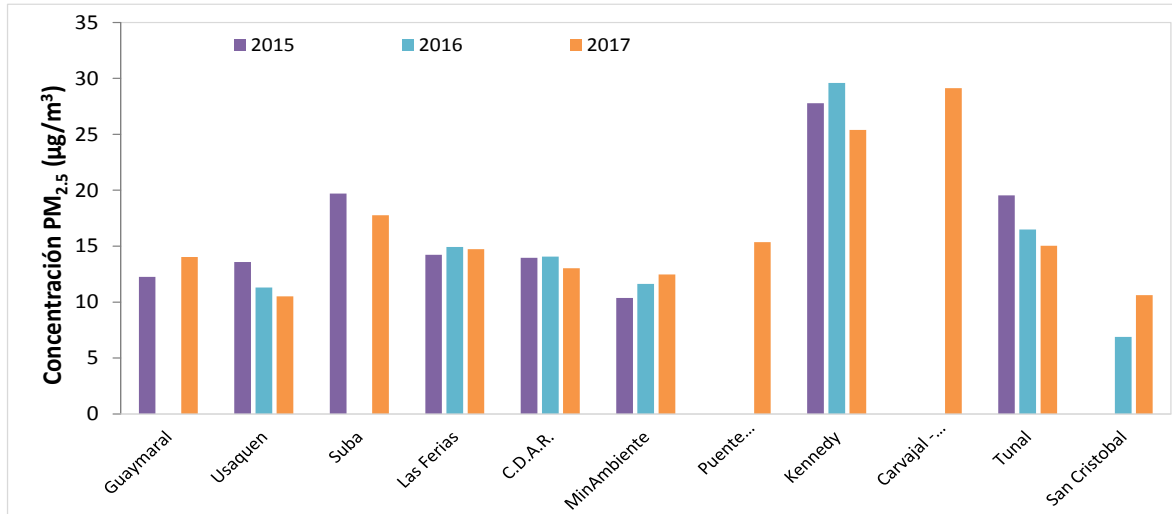


Figura 8. Comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{2.5} (2015-2016-2017) para los meses de septiembre

La distribución espacial de la concentración de PM_{2.5}, con base en el promedio mensual de concentración por estación se representan en la Figura 11 mediante un mapa elaborado por el método de interpolación espacial Kriging, teniendo en cuenta los valores de concentración con representatividad mayor a 75%, y mediante un campo vectorial se representa la velocidad y dirección del viento para el mes de septiembre.

De acuerdo a esta representación, se observa que en el suroccidente de la ciudad se presentan los mayores niveles de contaminación por PM_{2.5}, con concentraciones entre 25 y 30 µg/m³, en la zona en que confluyen las localidades de Bosa, Kennedy, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, mientras que las concentraciones más bajas se registraron al oriente, centro y norte de la ciudad, registrando concentraciones entre 11 y 15 µg/m³.

Adicionalmente en la zona suroccidente se registraron las mayores velocidades del viento (2 a 2.5 m/s), con predominancia de vientos hacia el occidente, mientras que en la zona nororiental se registran las velocidades del viento más bajas (1 a 1.4 m/s), en sentido oriente-occidente.

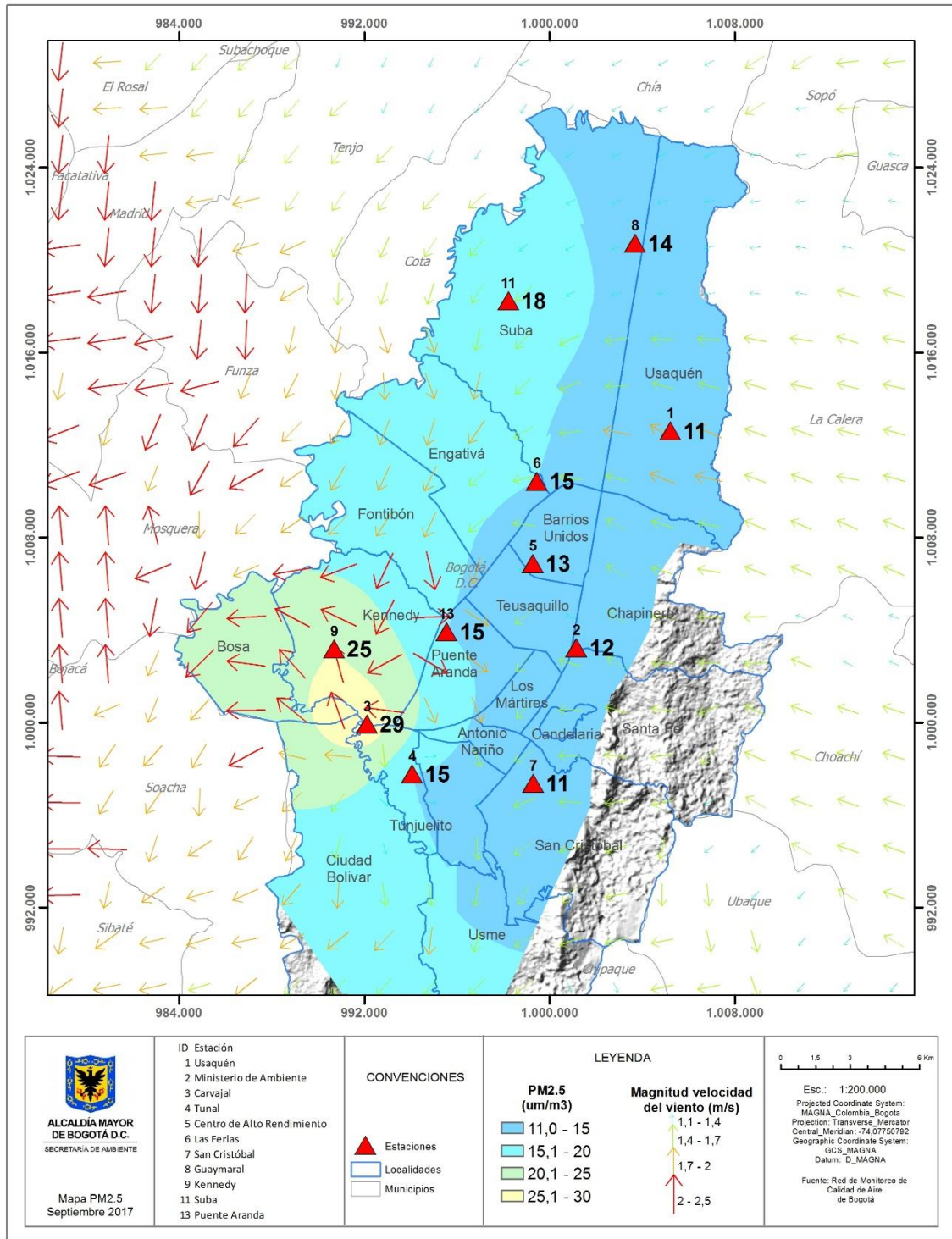


Figura 9. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM_{2.5} con base en el método de interpolación de Kriging – septiembre 2017

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 12 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 septiembre predominan las categorías “favorable”, “moderada” y “regular”. La estación Carvajal - Sevillana presenta el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “regular” el 18% del tiempo y “moderada” el 82% del tiempo, mientras que las estaciones Usaquén y San Cristóbal presentan el mejor estado de la calidad del aire con una condición “favorable” el 76% y 71% del tiempo respectivamente, como se observa en la Tabla 4.

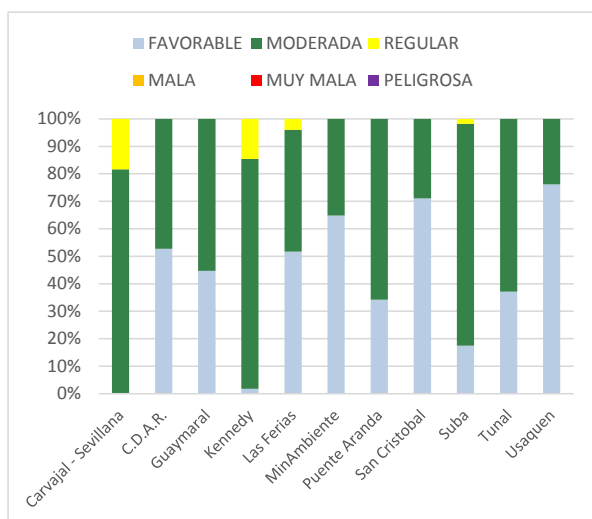


Figura 10. IBOCA para PM_{2.5} por estación en septiembre 2017

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

IBOCA PM _{2.5}			
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA	REGULAR
Carvajal - Sevillana	0%	82%	18%
C.D.A.R.	53%	47%	0%
Guaymaral	45%	55%	0%
Kennedy	2%	84%	15%
Las Ferias	52%	44%	4%
MinAmbiente	65%	35%	0%
Puente Aranda	34%	66%	0%
San Cristóbal	71%	29%	0%
Suba	18%	83%	2%
Tunal	37%	63%	0%
Usaquén	76%	24%	0%

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

La Tabla 5 muestra los datos obtenidos para ozono - O₃ - en el mes de septiembre 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 septiembre 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	100	19/09/2017	10	100%
Usaquén	38	77	20/09/2017	0	99%
Suba	32	109	20/09/2017	22	100%
Las Ferias	28	61	19/09/2017	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 (%)
MinAmbiente	26	57	03/09/2017	0	92%
Puente Aranda	15	46	19/09/2017	0	87%
Kennedy	5	18	20/09/2017	0	99%
Carvajal - Sevillana	16	55	19/09/2017	0	94%
Tunal	24	57	19/09/2017	0	98%
San Cristóbal	34	74	19/09/2017	0	98%

La Figura 13 presenta los promedios mensuales y máximos 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 el norte de la ciudad en la estación de Usaquén (**38 µg/m³**) y la estación San Cristóbal (**34 µg/m³**); las menores concentraciones se presentaron en el suroccidente en las estaciones Kennedy (**5 µg/m³**) y Puente Aranda (**15 µg/m³**). Según las concentraciones registradas en el mes, se puede observar que existe una dinámica diferente para este contaminante frente al material particulado en términos de localización y horas de concentración máxima, siendo la zona norte y sur las que presentaron las concentraciones más altas en la ciudad.

La concentración máxima con base en promedios 8 horas fue de **109 µg/m³** en la estación Suba, seguida de **100 µg/m³** en la estación Guaymaral, y de **77 µg/m³** en la estación Usaquén; estos valores máximos fueron registrados el 19 y 20 de septiembre, coincidiendo este mes con los días de mayor contaminación por material particulado, aunque en el caso del ozono los niveles más altos prevalecen en la zona norte de la ciudad.

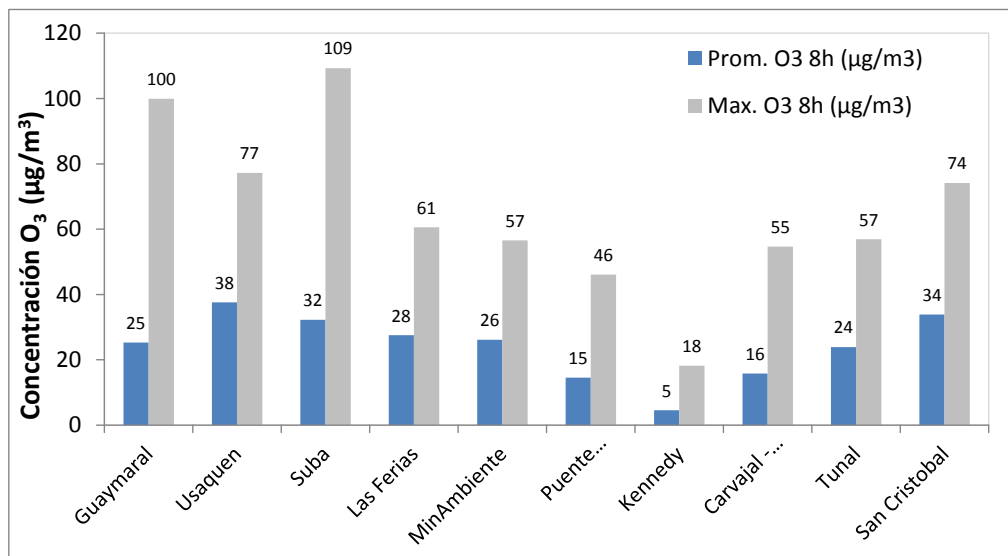


Figura 11. Promedios de las concentraciones 8 horas y valores máximos de O₃ - septiembre 2017.

La Figura 14 presenta el comportamiento de la captura de datos durante el mes y las concentraciones comparadas con respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo a la Figura 14, se observa que las concentraciones más altas de O₃ se presentaron en las estaciones Guaymaral, Suba y Usaquén, especialmente en la tercera semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en las estaciones Kennedy y Puente Aranda, en la primera semana del mes. En el mes de

septiembre de 2017, se presentaron treinta y dos excedencias (32) a la norma 8 horas de O_3 ($80 \mu g/m^3$), veintidós (22) en la estación Suba y diez (10) en la estación Guaymaral, los días 19, 20 y 21 de septiembre entre las 3PM y 10 PM, y en estas estaciones se superó el valor guía recomendado por la OMS de $100 \mu g/m^3$.

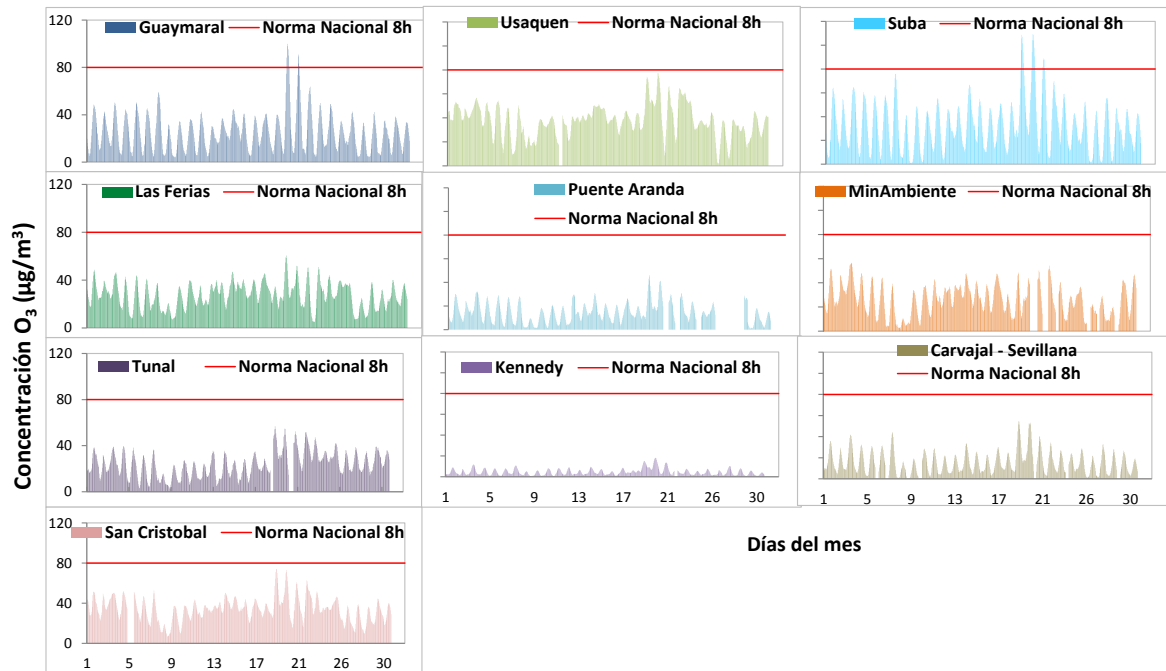


Figura 12. Comportamiento 8h de O_3 para septiembre 2017 y comparación con norma nacional.

La Figura 15 muestra el comportamiento temporal de las concentraciones de O_3 del mes de septiembre a través de los últimos 3 años. Según los valores de concentración registrados por las estaciones que tienen datos representativos para los años 2017, 2016 y 2015, en las estaciones Guaymaral, Usaquén, MinAmbiente, Puente Aranda, Tunal y San Cristóbal se presentaron aumentos considerables en las concentraciones frente a los valores del año 2016, aunque en la mayoría los valores fueron más bajos que los registrados en el 2015, como ocurrió también en las estaciones Las Ferias y Carvajal-Sevillana. Solamente en la estación Kennedy se mantuvo el mismo valor de concentración registrado para el mismo mes del año anterior.

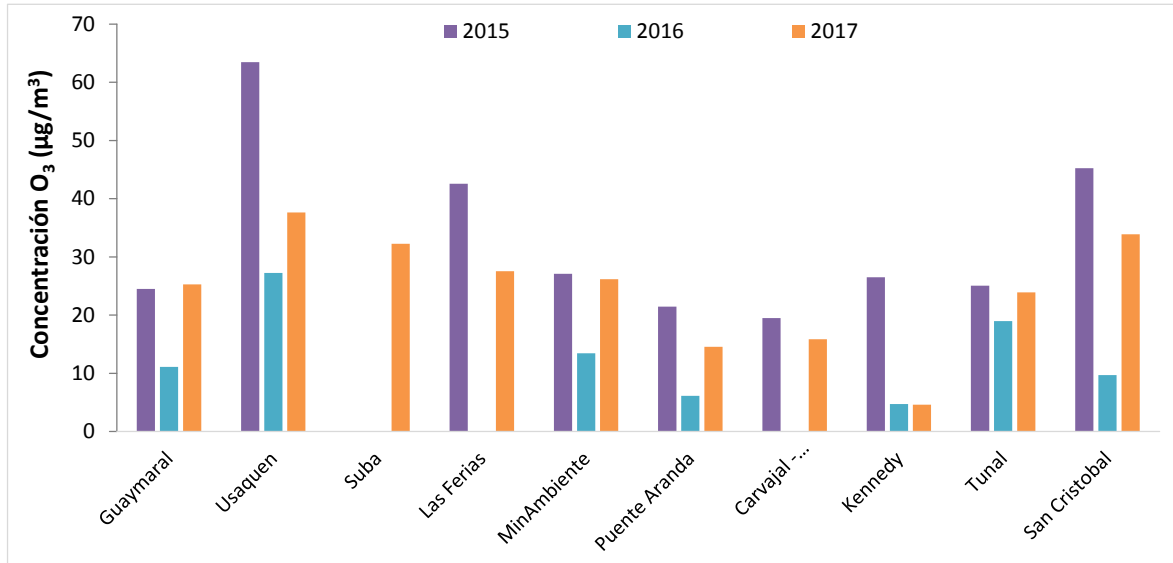


Figura 13. Comportamiento interanual O₃ (2015-2016-2017) para los meses de septiembre

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 16 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 septiembre.

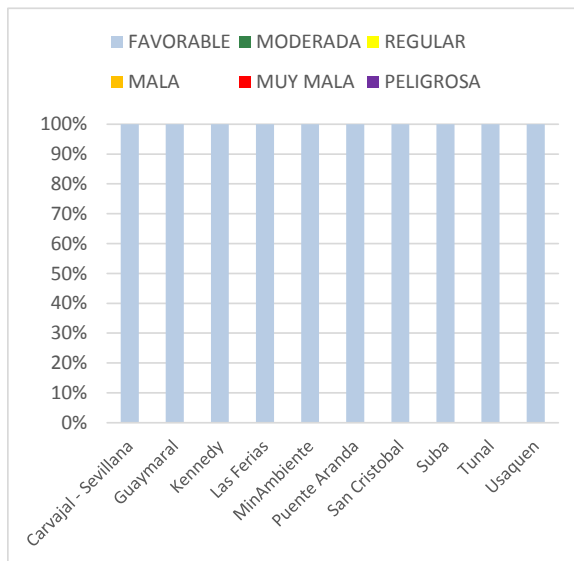


Figura 14. IBOCA para O₃ por estación en septiembre 2017

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%
MinAmbiente	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 17, Figura 19, y Figura 21 presentan los promedios y máximos 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 18, Figura 20 y Figura 22 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.

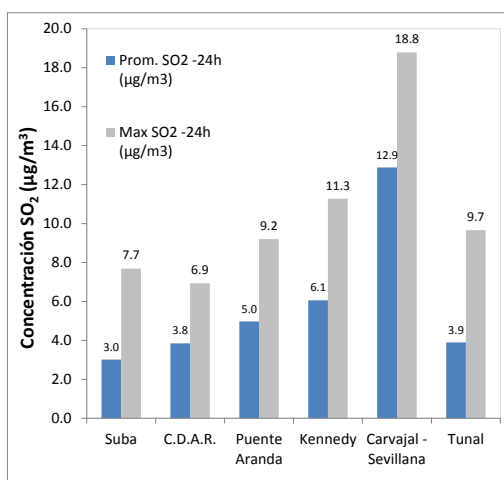


Figura 15. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de SO₂, septiembre 2017.

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

Estación	Prom. SO ₂ -24h (µg/m³)	Max SO ₂ -24h (µg/m³)	Fecha máx. SO ₂	Exced. 24h	Datos válidos (%)
Suba	3.0	7.7	26/09/2017	0	100%
C.D.A.R.	3.8	6.9	08/09/2017	0	87%
Puente Aranda	5.0	9.2	26/09/2017	0	100%
Kennedy	6.1	11.3	27/09/2017	0	87%
Carvajal - Sevillana	12.9	18.8	05/09/2017	0	100%
Tunal	3.9	9.7	06/09/2017	0	100%

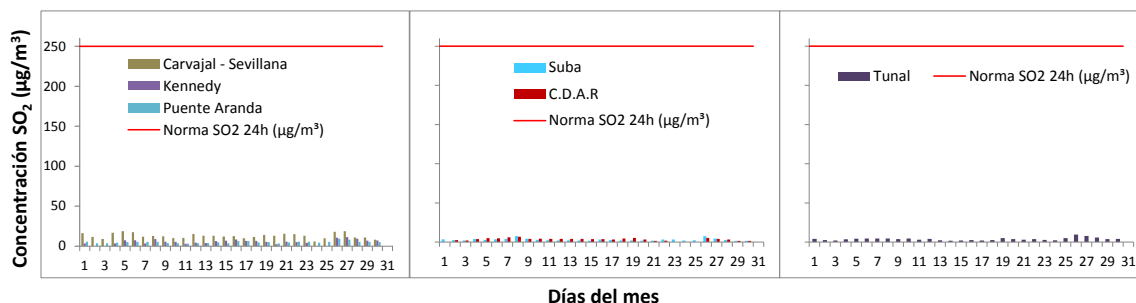


Figura 16. Comportamiento diario de SO₂ para septiembre 2017 y comparación con norma nacional

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

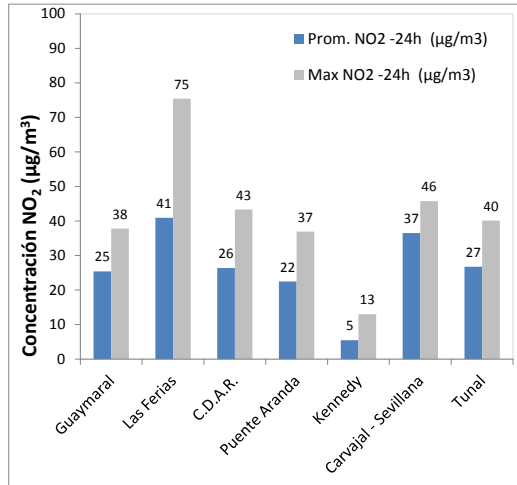


Figura 17. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de NO₂. septiembre 2017

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

Estación	Prom. NO ₂ -24h (µg/m³)	Max NO ₂ -24h (µg/m³)	Fecha máx. NO ₂	Exced. 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral	25	38	22/09/2017	0	87%
Las Ferias	41	75	20/09/2017	0	100%
C.D.A.R.	26	43	20/09/2017	0	100%
Puente Aranda	22	37	08/09/2017	0	100%
Kennedy	5	13	26/09/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	37	46	22/09/2017	0	100%
Tunal	27	40	08/09/2017	0	100%

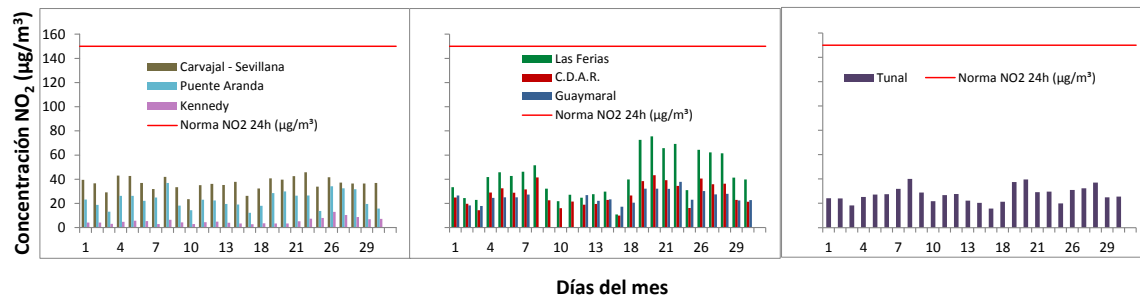


Figura 18. Comportamiento diario de NO₂ para septiembre 2017 y comparación con norma nacional

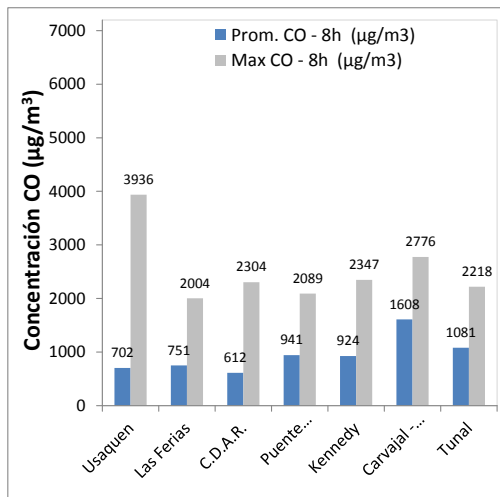


Figura 19. Promedios de las concentraciones 8 horas y valores máximos de CO septiembre 2017

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

Estación	Prom. CO -8h (µg/m³)	Max CO -8h (µg/m³)	Fecha máximo CO	Exced. 8h	Datos válidos (%)
Las Ferias	751	2004	27/09/2017	0	97%
C.D.A.R.	612	2304	09/09/2017	0	89%
Puente Aranda	941	2089	26/09/2017	0	99%
Kennedy	924	2347	22/09/2017	0	99%
Carvajal - Sevillana	1608	2776	22/09/2017	0	100%
Tunal	1081	2218	20/09/2017	0	100%

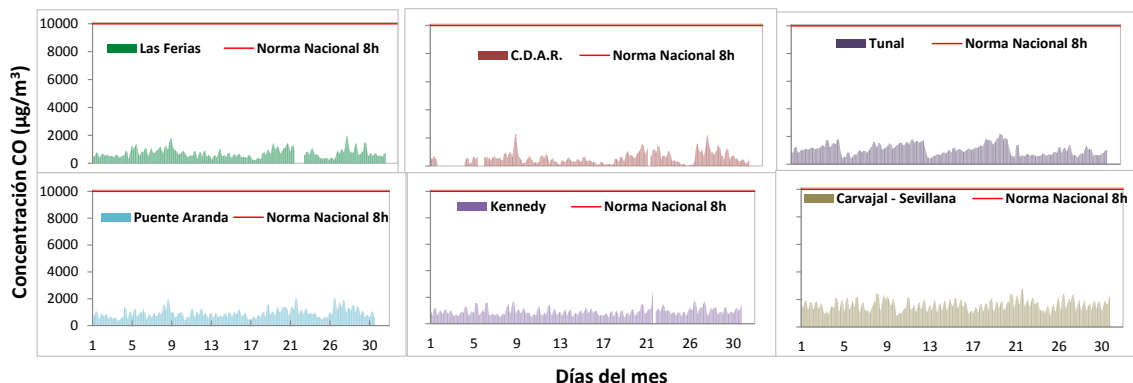


Figura 20. Comportamiento 8h de CO para septiembre 2017 y comparación con norma nacional

5 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

El mes de septiembre al igual que el mes de agosto, estuvo influenciado por la denominada temporada de huracanes, debido a la magnitud de estos fenómenos se observaron afectaciones especialmente en la duración e intensidad de las precipitaciones.

Comparando los efectos del huracán Harvey en Bogotá, las precipitaciones de Irma fueron menores; no obstante, ocasionó lluvias importantes en la ciudad de Bogotá durante los días 7 a 10 de septiembre (Ver Figura 23).



Figura 21. 10/09/2017. Paso de Irma por el Caribe produce intensas lluvias. Fuente: NOAA (2017)
<https://www.nytimes.com/2017/09/04/us/hurricane-irma.html>

Al realizar la comparación interanual de la precipitación para el mes de septiembre, se puede concluir que pese a que este año la temporada de huracanes fue más activa, septiembre de 2017 fue considerablemente menos lluvioso que septiembre de 2016. Ver Figura 24.

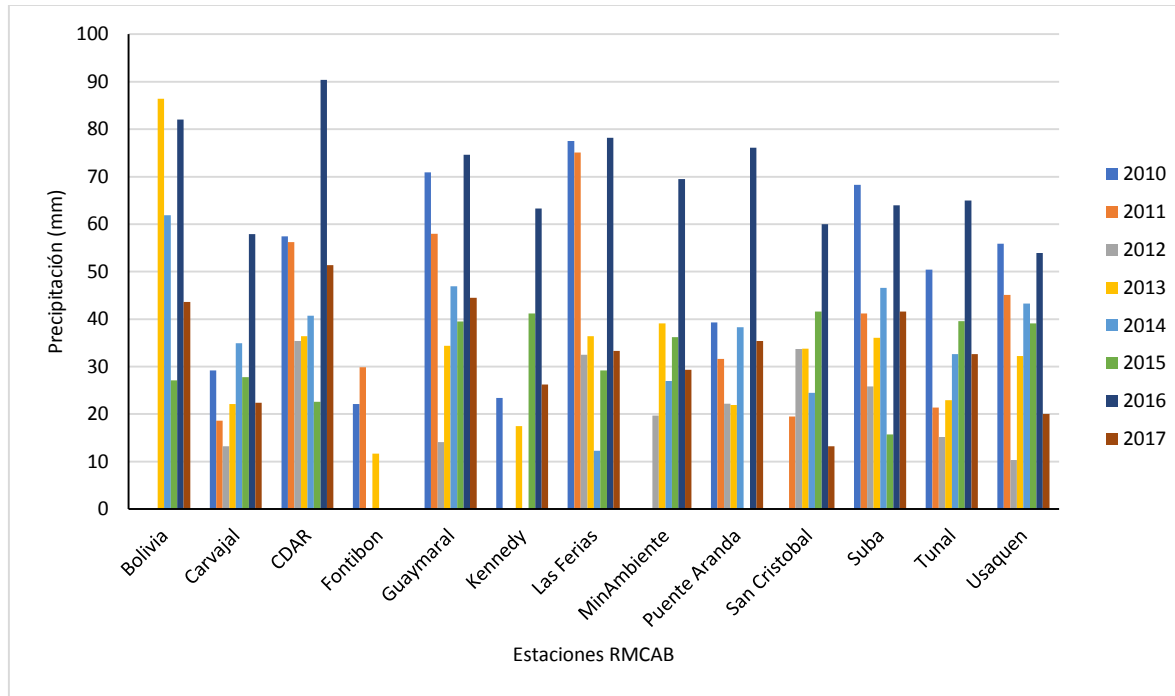


Figura 22. Variación interanual de la precipitación en los meses de septiembre 2010-2017

En septiembre las precipitaciones máximas en la ciudad de Bogotá se distribuyeron así: El acumulado mensual por sectores de la ciudad se comportó así: sector norte y noroccidente (La Ferias, Bolivia y Suba), entre 33 a 43 mm, sector suroccidental (Tunal, Carvajal, Kennedy y Puente Aranda), entre 22 a 35 mm; por el corredor de los cerros orientales (San Cristóbal, MinAmbiente, CDAR, Usaquén y Guaymaral) entre 13 a 51 mm. Se destacan los 51,4 mm acumulados durante el mes en el sector del Centro de Alto Rendimiento. (Figura 24.) En septiembre el número promedio de días con lluvia fue 16 (Tabla 10 y Figura 25.).

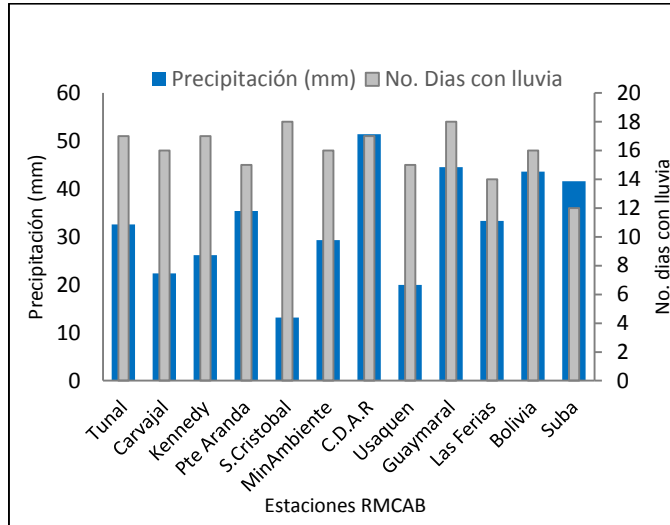


Figura 23 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (septiembre-2017).

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

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
Tunal	32,6	17
Carvajal	22,4	16
Kennedy	26,2	17
Puerto Aranda	35,4	15
San Cristóbal	13,2	18
MinAmbiente	29,3	16
C.D.A.R	51,4	17
Usaquén	20	15
Guaymaral	44,5	18
Las Ferias	33,3	14
Bolivia	43,6	16
Suba	41,6	12

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

La Figura 26 representa el comportamiento de la velocidad media del viento de los meses de septiembre desde 2010 a 2017. Al comparar el comportamiento interanual de la velocidad de viento en los últimos años, se puede observar que los registros por estación, fueron menores o cerca del promedio de las velocidades reportadas en años anteriores.

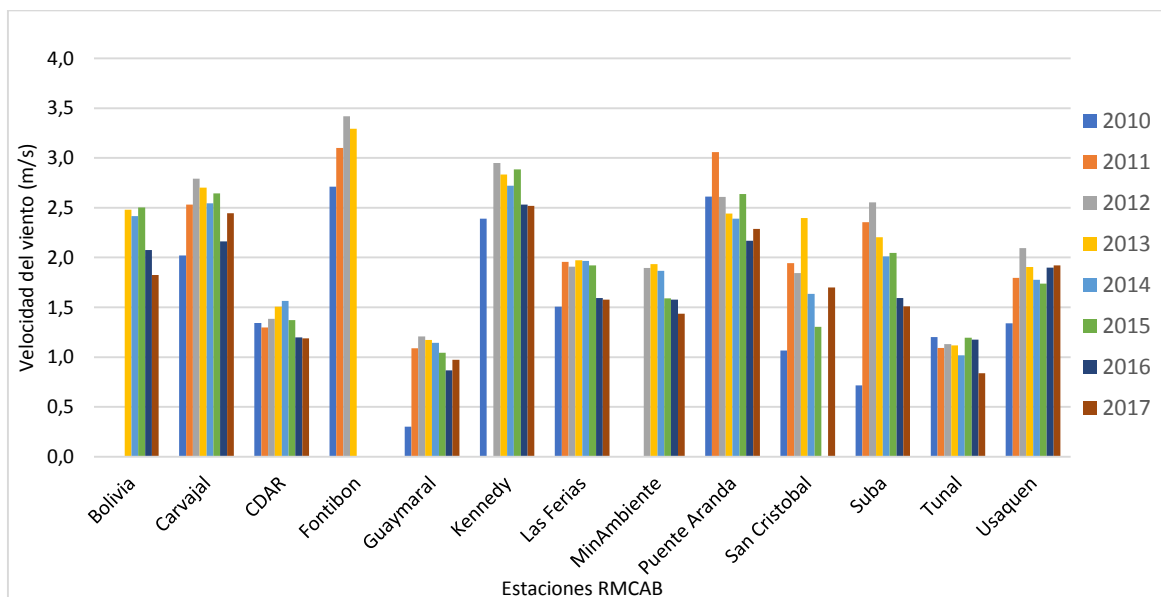


Figura 24. Comportamiento interanual de la velocidad del viento meses de septiembre (2010-2017)

En cuanto a los valores extremos de la velocidad del viento, las máximas medias del viento en el mes de septiembre se registraron, como es normal, en las estaciones de Puente Aranda (6,9 m/s) y Kennedy (6,3 m/s). No obstante, este mes la estación MinAmbiente registró la mayor velocidad máxima del mes con 7,0 m/s. En lo que respecta a las velocidades medias mínimas, en general todas las estaciones de la RMCAB, reportaron valores tendientes a cero, posiblemente debido a la disminución de los flujos de calor en el suelo. Ver Figura 27 y Tabla 11.

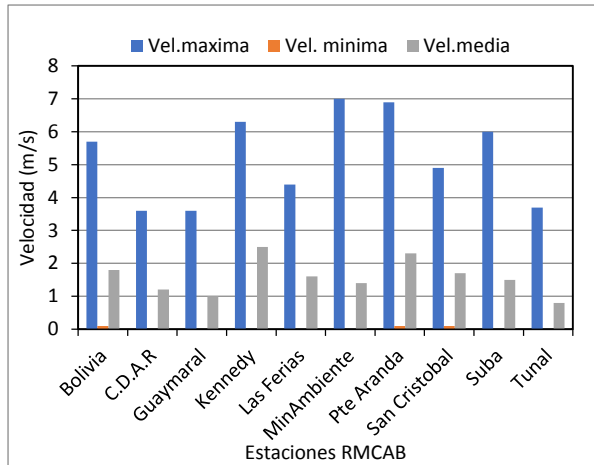


Figura 25 Velocidad del viento máxima, media y mínima por estaciones – septiembre 2017

Tabla 11. Velocidades reportadas para septiembre de 2017

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

6.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

La distribución espacial de los valores registrados para la velocidad del viento, con base en el promedio mensual se representan en la Figura 29, se aprecia el predominio de vientos del noreste con velocidades relativamente bajas, en un gran sector de la ciudad; una marcada tendencia este hacia el sector de los cerros orientales; y componente norte hacia el sector noroccidental. Hacia suroeste predominio de vientos con dirección oeste y velocidades más altas de la ciudad. Producto de la interacción de los vientos del norte y los del este, se aprecia la tendencia formar vórtices en vecindades de la estación del Centro de Alto Rendimiento, dada la confluencia (encuentro) en el centro geográfico de la ciudad. Adicionalmente, se observa el comportamiento divergente (dividido) de los vientos del noroeste de la ciudad hacia el sector centro suroccidente propiciando, por una parte, con remolinos hacia el sector del Central de la ciudad, y por otra, con limpieza de la misma con el transporte y dispersión de los contaminantes hacia el suroeste de la ciudad y sus municipios vecinos.

Cabe anotar que el patrón descrito anteriormente es un promedio de lo ocurrido durante el mes de septiembre, sin contar con las particularidades del ciclo diurno y nocturno, los cuales presenta sus variaciones en la escala horaria, como se puede observar en la Tabla 19.

Es importante resaltar, que entre el 19 al 21 de septiembre, se incrementaron las concentraciones de PM_{10} de manera anormal, por la ocurrencia de dos eventos a saber: 1) el paso del huracán María que cambió temporalmente en el patrón de los alisios del noreste y sureste en gran parte del país y 2) incendios por quema de pastos hacia el sector de Kennedy el día 21 de septiembre.

En el primer caso, el paso del huracán María, no solo modificó el patrón de los alisios, sino que transportó Material Particulado desde la Amazonía brasilera hacia el país, además de que se reportaron casos de bruma en varios aeropuertos del país, penetrando incluso hasta la ciudad de Bogotá lo que influyó en el aumento de los niveles de contaminación de PM_{10} desde el 20 de septiembre, como se evidencia en la Figura 4 y Figura 28.

En cuanto al segundo, su efecto fue el incremento de las concentraciones de partículas no solo en el sector de Kennedy sino hacia el sector de Suba, en virtud de la influencia y persistencia de la componente sur de viento durante el mes de septiembre. Para confirmación ver las rosas de viento de la Figura 49 g), h), j) y k), las cuales muestran que las resultantes de cada una de las estaciones apuntan en dirección norte.

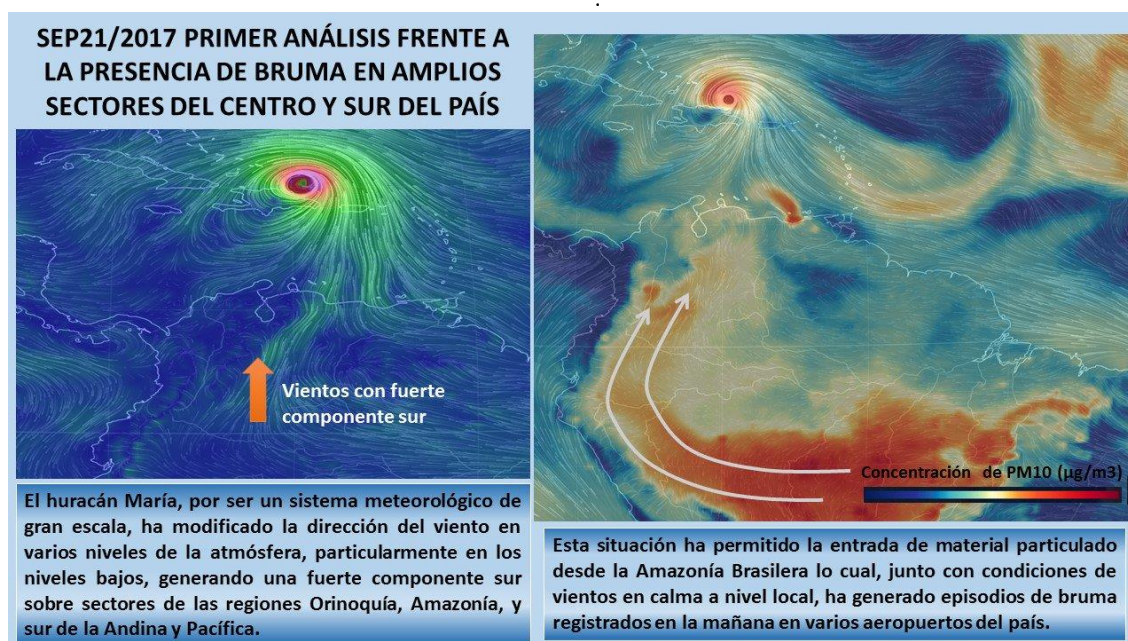


Figura 26. Cambio en el patrón de los alisios y transporte de Material Particulado desde la Amazonia brasilera que incrementó las concentraciones de PM_{10} en la ciudad de Bogotá.

Fuente: IDEAM 2017. <https://twitter.com/IDEAMColombia/status/910975216641282048?s=08>

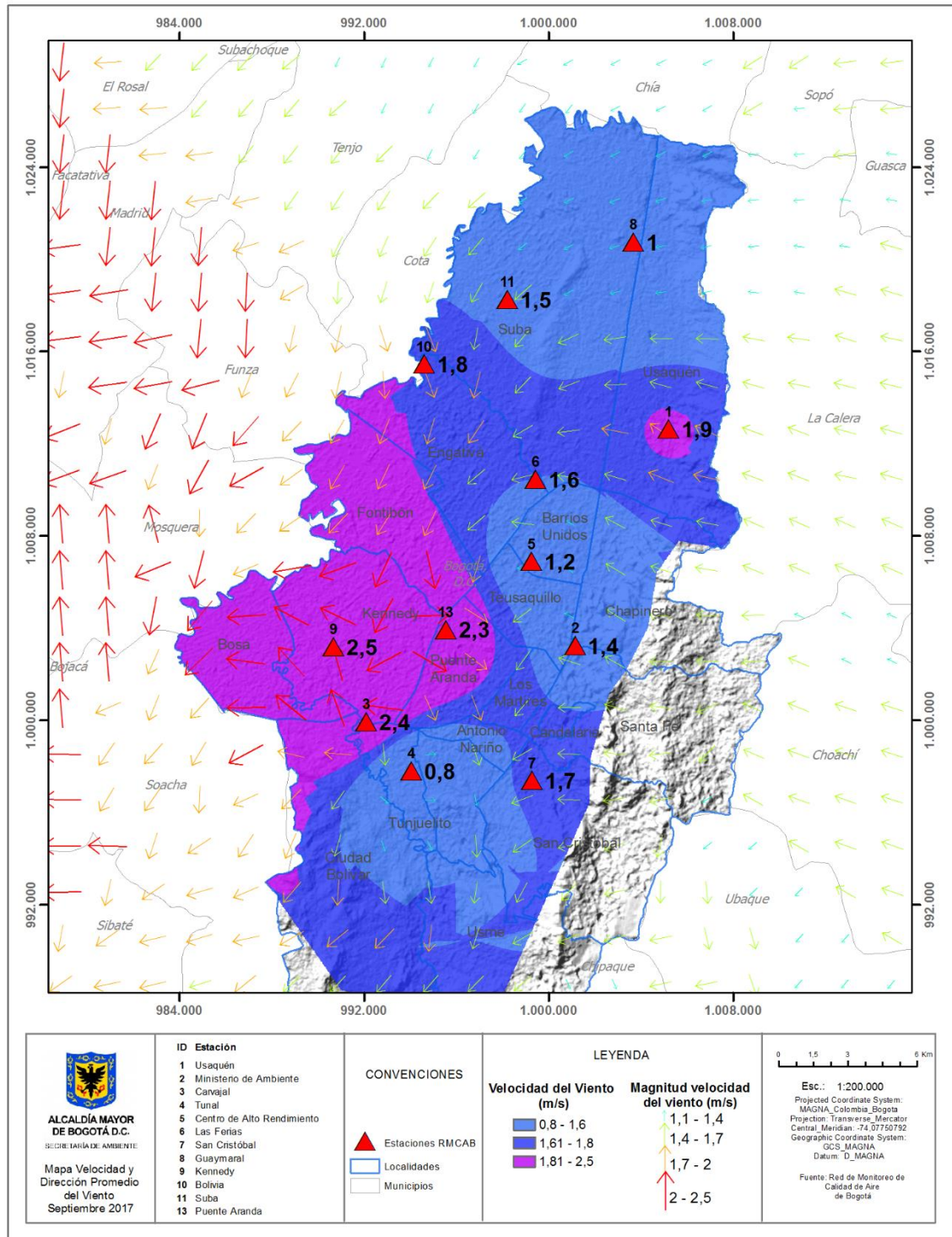


Figura 27. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en el método de interpolación de Kriging – septiembre 2017

7 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con los valores históricos de los meses de septiembre, registrados en la RMCAB desde 2010 - 2017, el promedio de temperatura, por estación, para este mes, muestra un ligero aumento respecto de los meses de septiembre de años anteriores. De acuerdo con los registros de la RMCAB, septiembre de 2017 y de 2015, se aprecian ligeramente mayor temperatura que septiembre de 2016, pese a que este último estuvo influenciado por El Niño. (Ver Figura 30.)

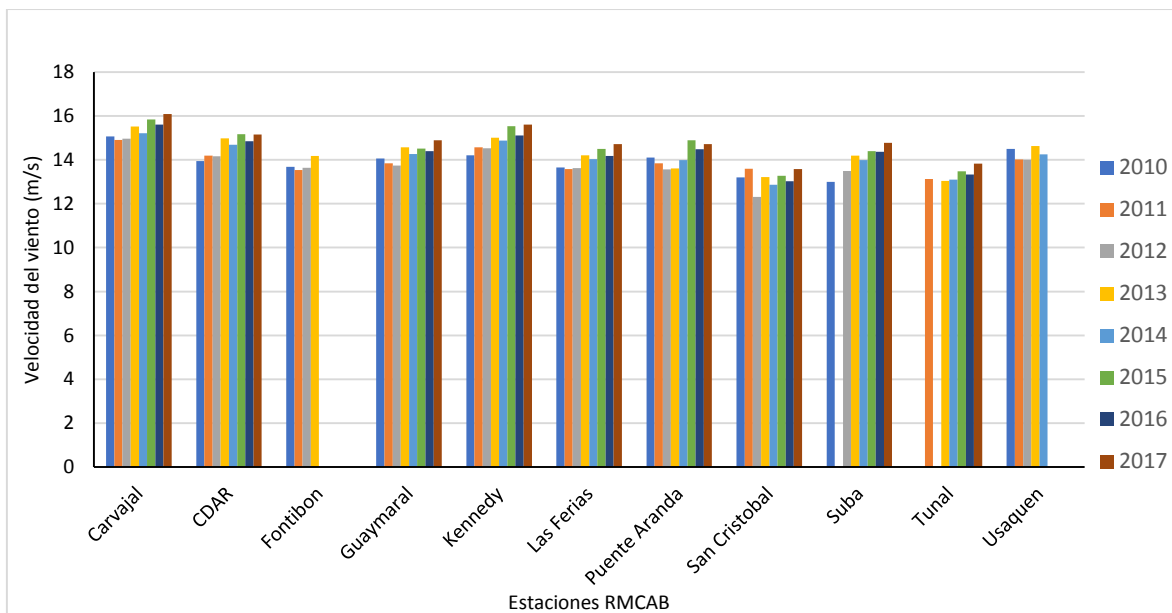


Figura 28. Comportamiento de la temperatura media – meses de septiembre 2010 a 2017

En cuanto a temperaturas extremas, las mayores temperaturas en el mes de septiembre se registraron en el sector suroccidental de la ciudad, como históricamente ha ocurrido y las mínimas hacia los extremos norte y sur de la ciudad, en tanto que la media, se ubicó en 14,4 °C. Ver Tabla 12 y Figura 31.

Las estaciones que no reportan datos no cumplen con el criterio de representatividad temporal del 75% de datos válidos.

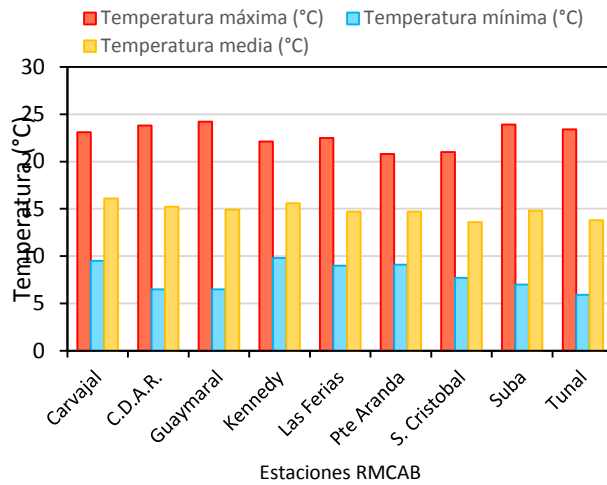


Figura 29 Temperaturas medias, máxima y mínima promedio por estaciones y promedio ciudad. septiembre 2017.

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

Estación	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)
Carvajal	23,1	9,5	16,1
C.D.A.R.	23,8	6,5	15,2
Guaymaral	24,2	6,5	14,9
Kennedy	22,1	9,8	15,6
Las Ferias	22,5	9	14,7
Puente Aranda	20,8	9,1	14,7
S. Cristóbal	21	7,7	13,6
Suba	23,9	7	14,8
Tunal	23,4	5,9	13,8
Usaquén	N.R.	N.R.	N.R.
Promedio	22,8	7,9	14,8

Frente al comportamiento espacial de la temperatura del aire en superficie, en el mes de septiembre se siguen registrando temperaturas medias considerablemente altas por encima de los 14,4 °C que es el promedio ciudad. Como se observa en la Figura 32, las mayores temperaturas continúan presentándose hacia el sector suroccidental de la ciudad, en inmediaciones de las estaciones de Carvajal y Kennedy (15,6 °C y 16,1 °C). Las más bajas temperaturas se reportaron, hacia el sector sur entre de San Cristóbal y Tunal (13,6 °C), y el resto de la ciudad registró temperaturas entre 14,5 y 15 °C. Ver (Figura 32).

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

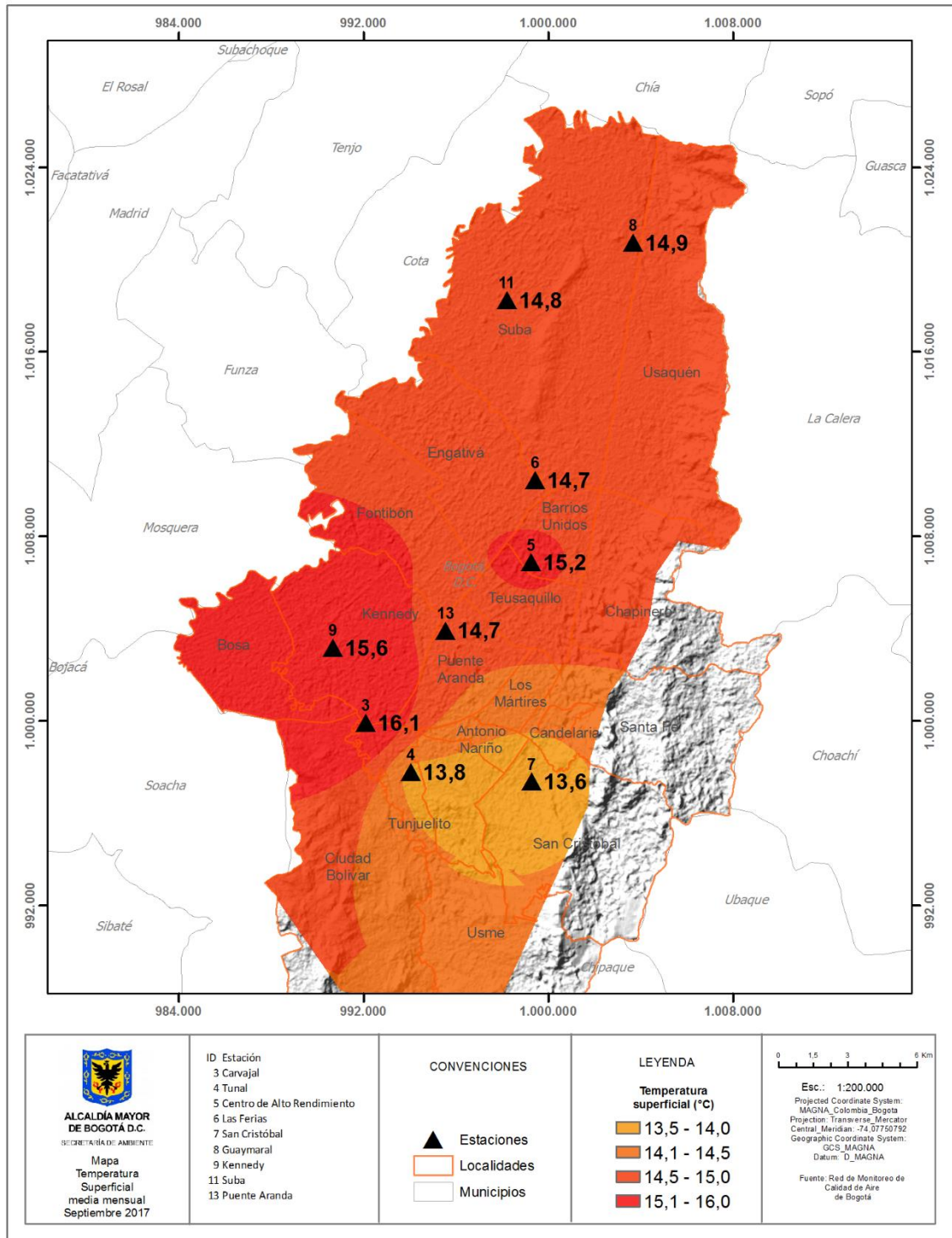


Figura 30. Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging - septiembre 2017

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

En el mes de septiembre la cobertura nubosa permitió mayor ingreso de radiación solar hacia el sector sur donde con frecuencia se recibe la mayor cantidad de radiación solar durante el año. Así las cosas, la máxima cantidad de radiación superó los 800 W/m^2 hacia el sector en el sur de la ciudad, en tanto que en agosto solo alcanzó los 771 W/m^2 , como a continuación, se describe la por zona de la ciudad: al norte 491 W/m^2 , al centro 593 W/m^2 , al suroccidente 614 W/m^2 y al sur 815 W/m^2 .

Del mismo modo, asociado al ciclo horario de radiación solar, las máximas concentraciones de Ozono, se presentaron entre las 12 m y las 5 pm, con valores entre $34,2 \mu\text{g/m}^3$ a $48 \mu\text{g/m}^3$ en la zona sur occidental de la ciudad; $44,4 \mu\text{g/m}^3$ a $63 \mu\text{g/m}^3$ en la zona norte; $42,5 \mu\text{g/m}^3$ en la zona centro y $9,8 \mu\text{g/m}^3$ a $34,1 \mu\text{g/m}^3$ hacia el suroccidente, como se observa en la Figura 33 a), b), c) y d).

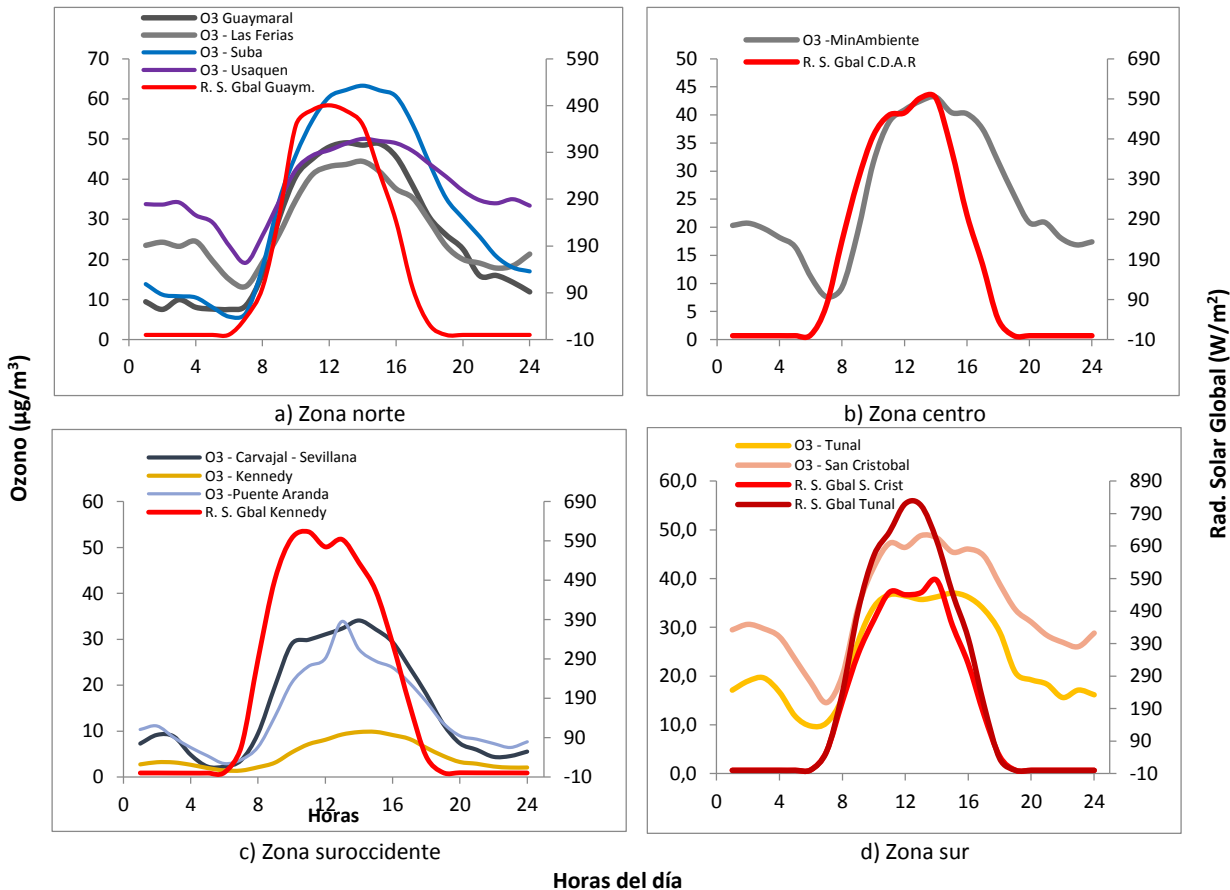


Figura 31. Comportamiento horario de O_3 ($\mu\text{g/m}^3$) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2), septiembre 2017. a) - zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

9 REPORTE MENSUAL DE VALIDACIÓN SIMCAB

9.1 MODELO WRF

Para el mes de septiembre se realizó un cambio en la parametrización de capa límite planetaria (PBL por sus siglas en inglés), cambiando del esquema YSU (Yonsei University Scheme) al esquema ACM2 (Asymmetric Convection Model 2 Scheme), esto con el fin de intentar mejorar el comportamiento del modelo en la simulación de la velocidad y dirección del viento. La validación se realiza a nivel ciudad tanto de las variables continuas (temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación solar) como de la precipitación.

Los diagramas de Taylor y los Box Plot (Ver Figura 35) de las variables continuas mencionadas, indican en general que a pesar del cambio en la parametrización, el comportamiento en casi todas las variables sigue siendo parecido a los meses anteriores. Se observa que el RMSE sigue estando cercano a 2°C en temperatura, a 10% en humedad relativa (aunque en este mes se redujo levemente con respecto al mes anterior, el RMSE de la velocidad del viento es cercano a 2 m/s, la radiación sigue un poco por encima de 200 w/m² y la presión arriba de 5 mmHg. Con respecto a meses anteriores, la desviación estándar y la correlación también estuvieron muy similares.

Al realizar el análisis por estación, se observa que en la estación Guaymaral hubo un leve aumento en el RMSE de la velocidad del viento (cercano a 0.2 m/s); en la estación de Kennedy la velocidad del viento tiene una disminución en la correlación de 0,8 en agosto a 0,6 en septiembre, de igual manera sucede en Las Ferias donde la correlación de la velocidad del viento pasa de 0,5 a 0,4 en septiembre. Caso contrario ocurre en Min ambiente, donde la correlación de la velocidad del viento pasa de 0,4 a 0,5 en septiembre. En las demás estaciones, el comportamiento sigue siendo similar a los meses anteriores.

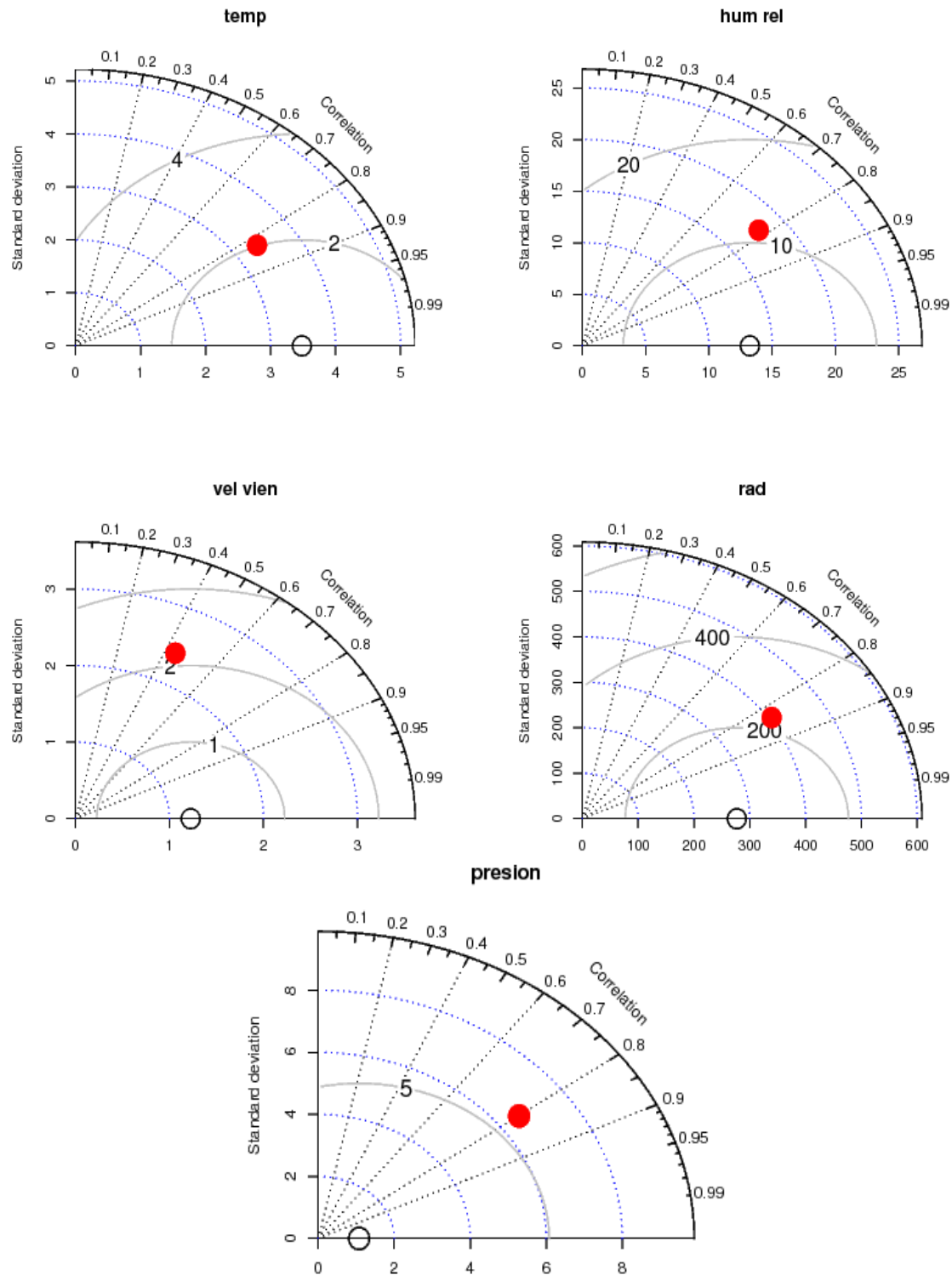


Figura 32. Diagramas de Taylor - Meteorología.

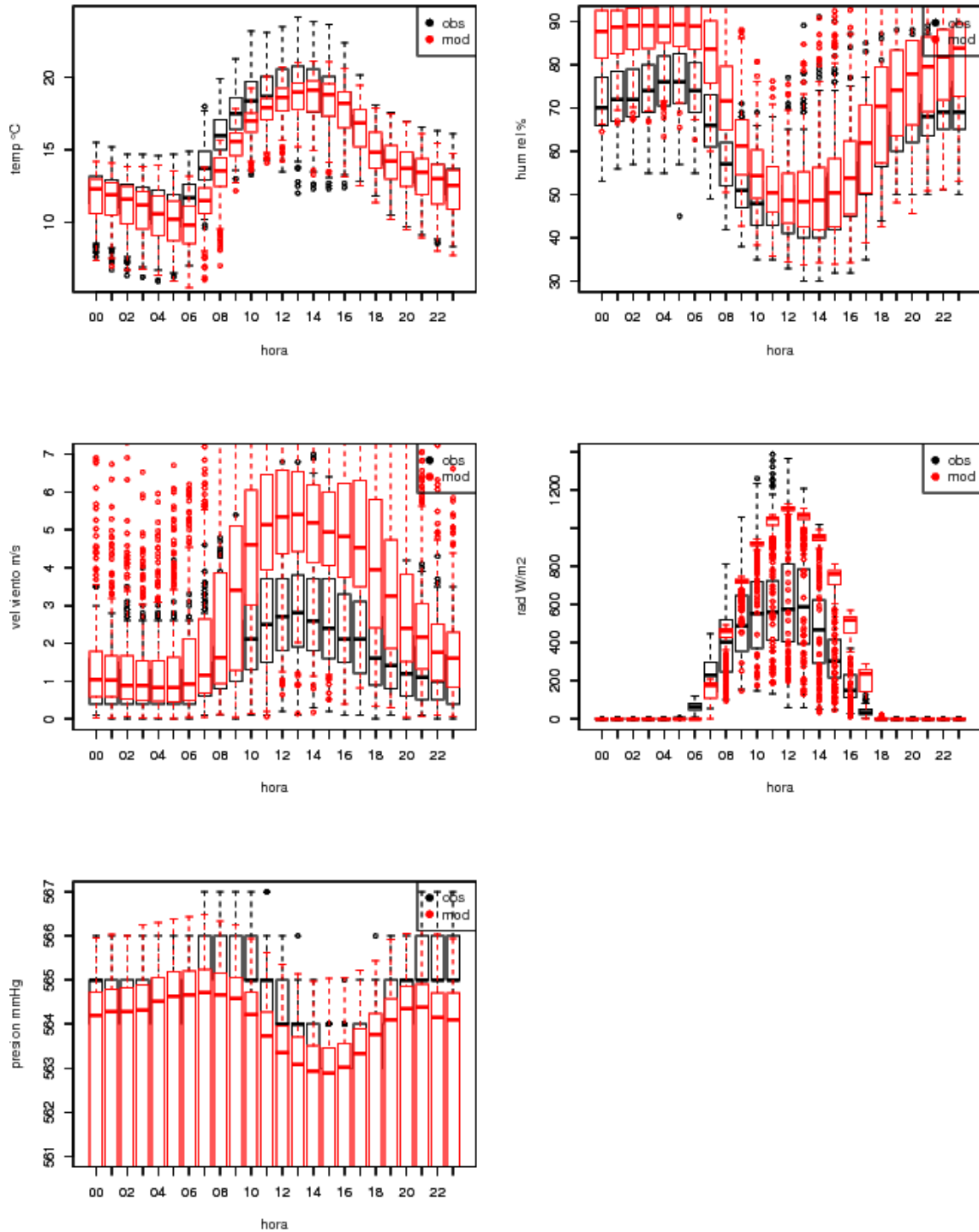


Figura 33. Box Plot meteorología.

En términos de precipitación (ver Tabla 1) la validación se realiza con tablas de contingencia como variable categórica (lluvia – no lluvia). Los resultados indican que el cambio en la parametrización de PBL si influyó en la simulación de la lluvia, en general, se observa que se reduce el BIAS (excepto en Usaquén donde aumentó considerablemente), recordando que en las tablas de contingencia un bias igual a 1 es un valor perfecto; por su parte, el *Threat Score* y la *Probability of detection* disminuyen. En otras palabras, se pronosticaron menos días con lluvia de los que en verdad ocurrieron, excepto para las estaciones Puente Aranda, San Cristóbal y Usaquén, donde ocurrió lo contrario.

Tabla 2. Estadísticos Precipitación.

ESTACIÓN	THREAT SCORE	POD	FAR	PERCENT CORRECT	BIAS
Carvajal	0.21	0.23	0.25	0.63	0.31
CDAR	0.5	0.71	0.37	0.6	1.12
Guaymaral	0.43	0.57	0.37	0.47	0.9
Kennedy	0.19	0.31	0.67	0.43	0.92
Las_Ferías	0.18	0.2	0.4	0.53	0.33
MinAmbiente	0.31	0.38	0.37	0.63	0.62
Puente_Aranda	0.46	0.8	0.48	0.53	1.53
San_Cristobal	0.23	0.45	0.69	0.43	1.45
Suba	0.17	0.23	0.62	0.5	0.62
Tunal	0.24	0.36	0.58	0.47	0.86
Usaquen	0.23	0.75	0.75	0.33	3

9.2 MODELO CMAQ

A partir de los datos medidos en las estaciones de la red de monitoreo de calidad de aire en la ciudad, se realizó una validación del modelo fotoquímico CMAQ para los contaminantes PM10, PM2.5, O3, NO2, SO2 y CO.

Para el material particulado (PM10 y PM2.5), se realizó el diagrama de Taylor para los promedios diarios, dado que éstos valores son los que se comparan con la normatividad actual. Para PM10, el modelo tiene una correlación de Pearson cercana a 0.25, adicionalmente, el modelo presenta un RMSE cercano a 35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; Por otro lado, para PM2.5 el modelo tiene una correlación con respecto a los datos observados de 0.1, con un RMSE de 15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

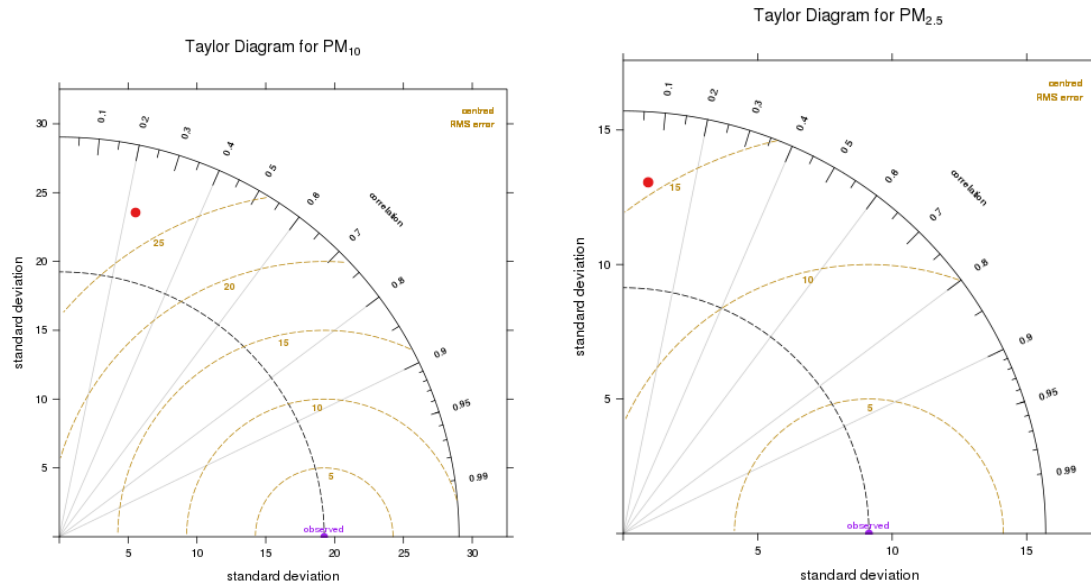
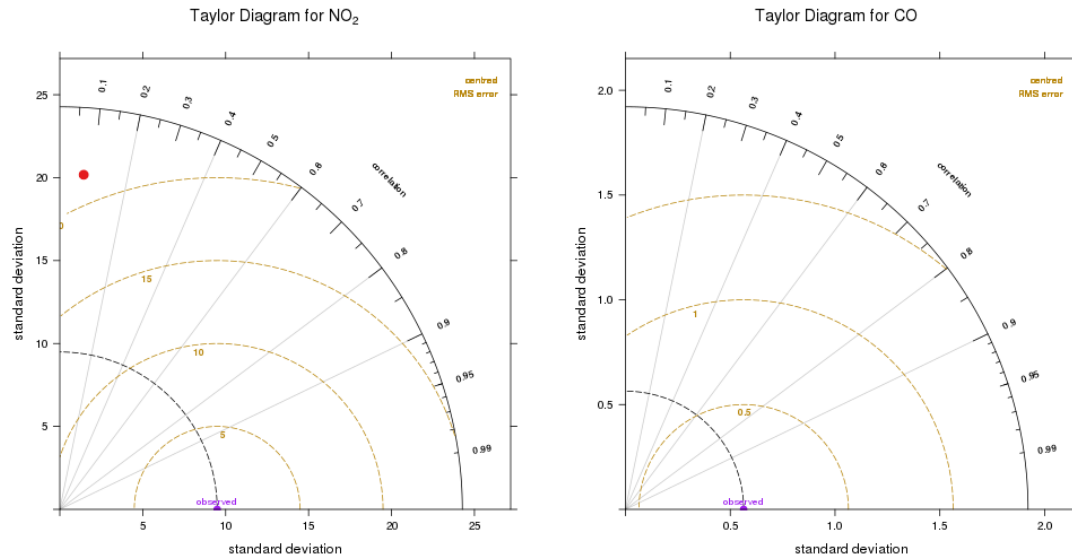


Figura 34: Diagramas de Taylor para material particulado, en métrica diaria

En cuanto a los gases, el ozono es el que mejor se representa en métrica horaria por el modelo con un RMSE menor a 15 ppb; para los gases, no se muestra el punto de modelado, ya que la correlación fue negativa y el punto se sale del área del gráfico.



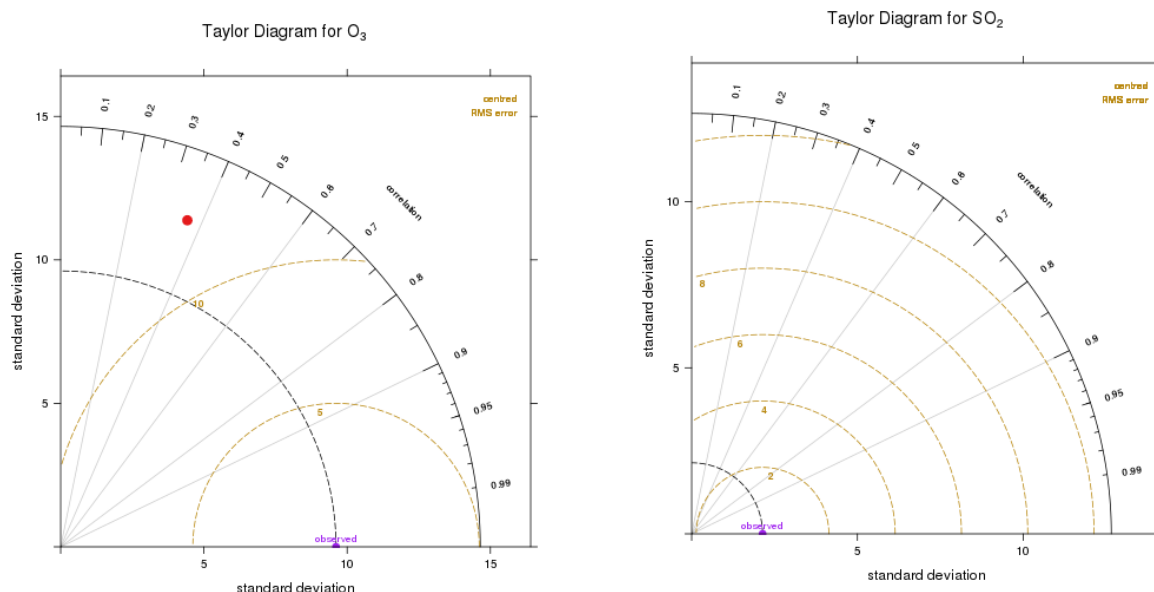


Figura 35: Diagramas de Taylor para distintos gases, en métrica horaria

Dado que el material particulado es el contaminante más crítico en la ciudad, se muestra a continuación una tabla de sesgos (bias), que muestra el comportamiento promedio de los sesgos del modelo para el mes de septiembre, por estación. De esta tabla se puede concluir que para este mes, el modelo tendió a subestimar las concentraciones de material particulado.

Tabla 3. Sesgos en los promedios diarios de material particulado determinados para mayo por el modelo (IC 95%).

Estación	Sesgo diario PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sesgo diario PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Carvajal	11 $\pm$ 71	-6 $\pm$ 37
CDAR	16 $\pm$ 59	10 $\pm$ 36
Guaymaral	-1 $\pm$ 33	-4 $\pm$ 20
Kennedy	-7 $\pm$ 59	-2 $\pm$ 37
Las Ferias	-8 $\pm$ 50	-1 $\pm$ 29
MinAmbiente	-2 $\pm$ 32	-2 $\pm$ 20
Puente Aranda	8 $\pm$ 65	12 $\pm$ 44
San Cristobal	-10 $\pm$ 27	-4 $\pm$ 14
Suba	-34 $\pm$ 26	-10 $\pm$ 14

Estación	Sesgo diario PM10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Sesgo diario PM2.5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Tunal	-2 ± 44	-3 ± 22
Usaquen	-19 ± 31	-7 ± 16

ANEXOS

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

Tabla 13. 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	Código	110308	010301	110311	100210	100306	120305	170302	160313	080309	060303	060304	040307	020312
	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°11'49.50"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	
	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	
Var. Calidad del aire	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	
	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
	CO		X			X	X		X	X	X	X		X
Var. Meteorológicas	SO ₂			X			X		X	X	X	X		X
	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 17. 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 14. 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

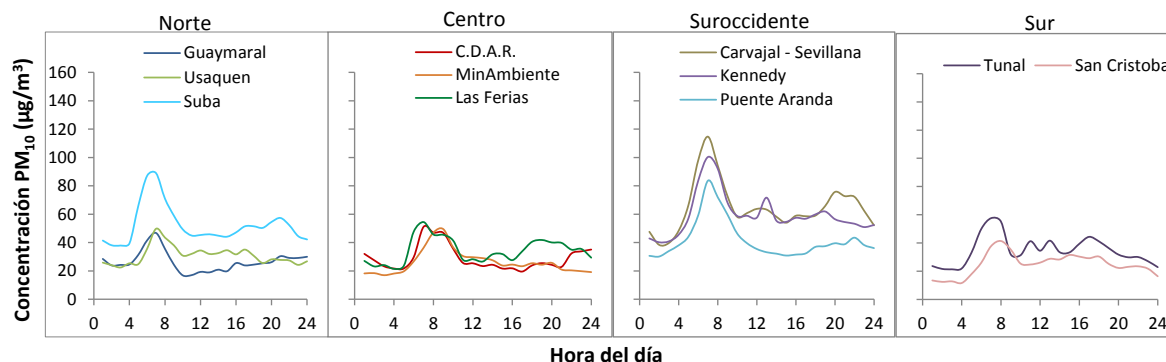


Figura 36. Comportamiento horario de PM₁₀ para septiembre de 2017

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

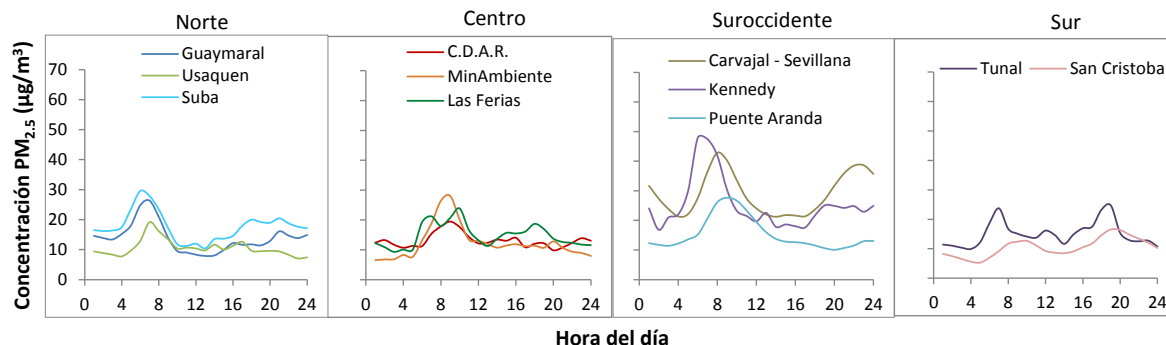


Figura 37. Comportamiento horario de PM_{2.5} para septiembre de 2017.

D. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃

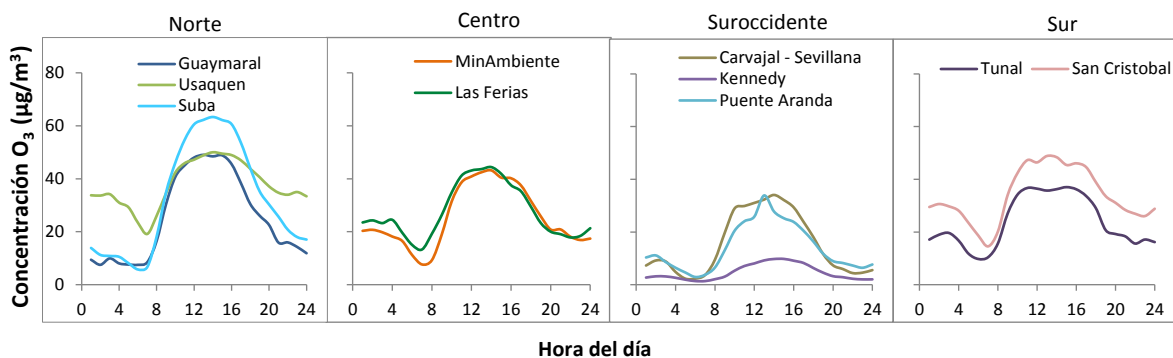


Figura 38. Comportamiento horario de O₃ para septiembre 2017.

E. Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂

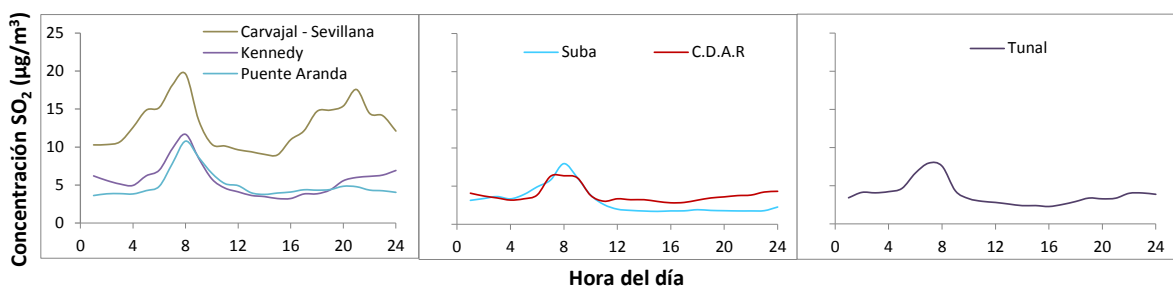


Figura 39. Comportamiento horario de SO₂ para septiembre 2017.

F. Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂

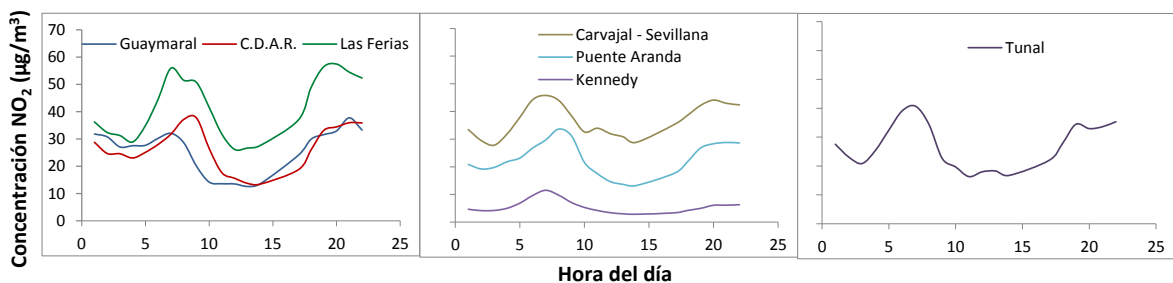


Figura 40. Comportamiento horario de NO₂ para septiembre 2017.

G. Comportamiento horario de las concentraciones de CO

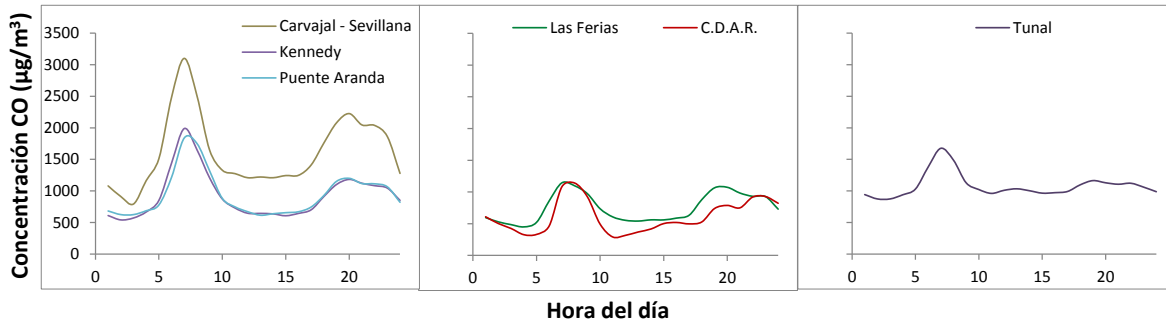


Figura 41. Comportamiento horario de CO para septiembre 2017.

H. Relación $PM_{10}/PM_{2.5}$

El cálculo de la relación de concentraciones de $PM_{2.5}$ y PM_{10} 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 PM_{10} fueron observadas las estaciones de Carvajal-Sevillana, Kennedy y Guaymaral, mientras que las menores en fueron observadas en Usaquén y Suba. La relación global para la ciudad fue de 0,42, lo que indica que la fracción gruesa tuvo mayor predominancia sobre la fracción fina a nivel ciudad para el mes de septiembre de 2017. (Tabla 18)

Tabla 15. Relación $PM_{2.5}/PM_{10}$ por estación - septiembre de 2017.

Septiembre 2017			
Estación	Promedio $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	Promedio. PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Relación $PM_{2.5}/PM_{10}$
Guaymaral	14	27	0.53
Usaquén	11	31	0.34
Suba	18	52	0.34
Las Ferias	15	34	0.43
C.D.A.R.	13	29	0.45
MinAmbiente	12	26	0.47
Puente Aranda	15	42	0.37
Kennedy	25	60	0.42
Carvajal - Sevillana	29	65	0.45
Tunal	15	35	0.43
San Cristóbal	11	25	0.42

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

En la Figura 44, Figura 45 y Figura 46 se muestran los promedios anuales acumulados a septiembre de 2017 para PM₁₀, PM_{2.5}, y O₃, cuyos valores son de **40 µg/m³**, **18 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 agosto de 2017 corresponde al promedio de datos de concentración diaria (PM₁₀, y PM_{2.5}) y 8 horas (O₃) de **273 días** (nueve meses) de las estaciones que tuvieron una captura de datos superior al 75%.

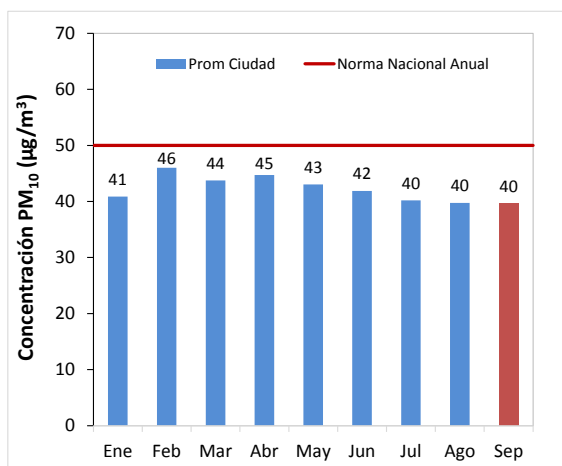


Figura 42. Promedio de PM₁₀ corte a septiembre 2017

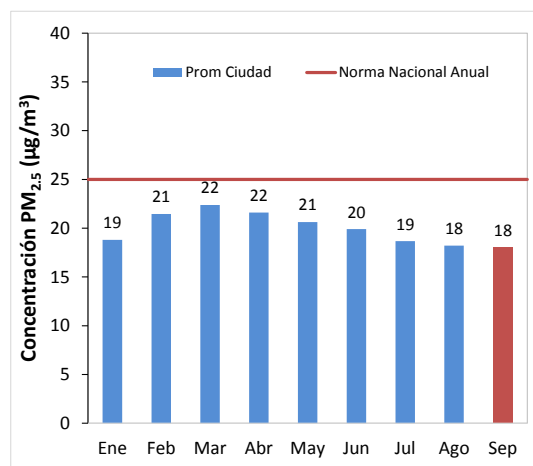


Figura 43. Promedio de PM_{2.5} corte a septiembre 2017

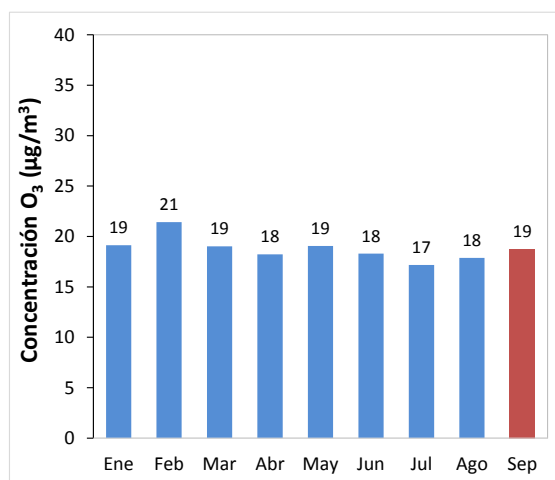


Figura 44. Promedio de O₃ corte a septiembre 2017

J. Velocidades del viento promedio ciudad

La Figura 47 muestra el comportamiento de la velocidad media del viento diario durante el mes de septiembre. Se observa que la velocidad media diaria estuvo alrededor de 1,7 m/s, con variaciones entre 1,3 m/s a 2,3 m/s. Las velocidades más bajas se presentaron el 8 y 26 de septiembre

En la Figura 48 se representa el perfil de la velocidad media horaria del viento en el mes de septiembre. En este perfil se aprecia que en las madrugadas la velocidad mínima media del viento se promedió en 0,9 m/s hacia las 5 AM, en tanto que la media máxima en 2,9 m/s, entre la 1 PM y las 2 PM.

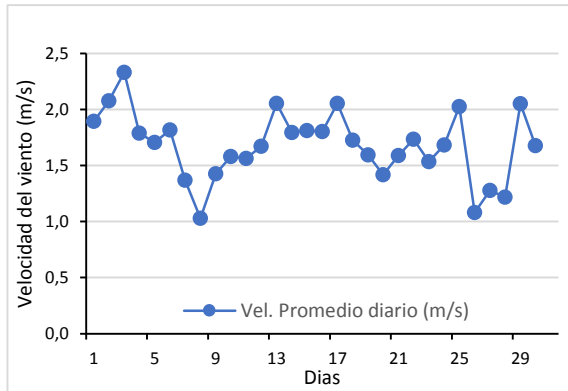


Figura 45 Velocidad media diaria del viento – septiembre 2017

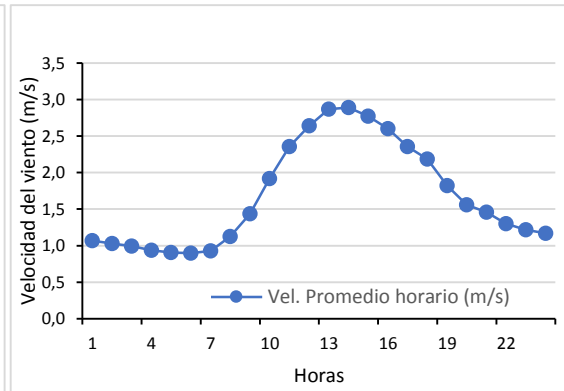
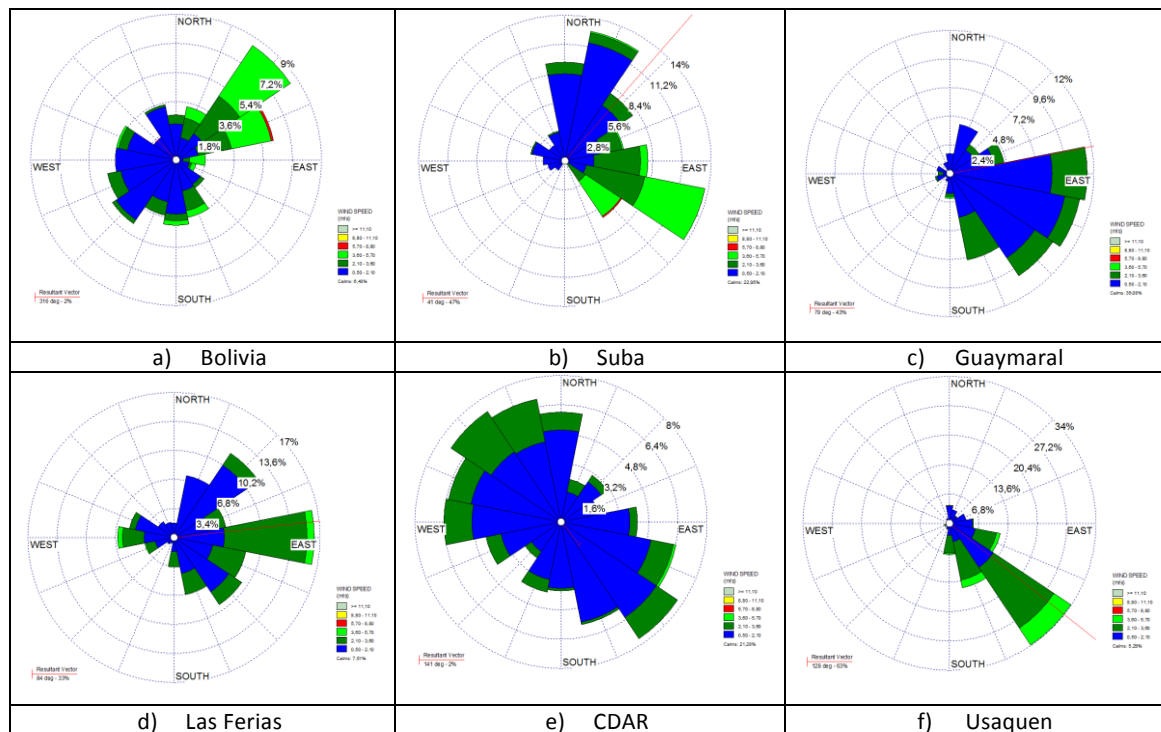


Figura 46. Perfil horario del viento – septiembre 2017

K. Rosas de viento consolidadas para septiembre 2017



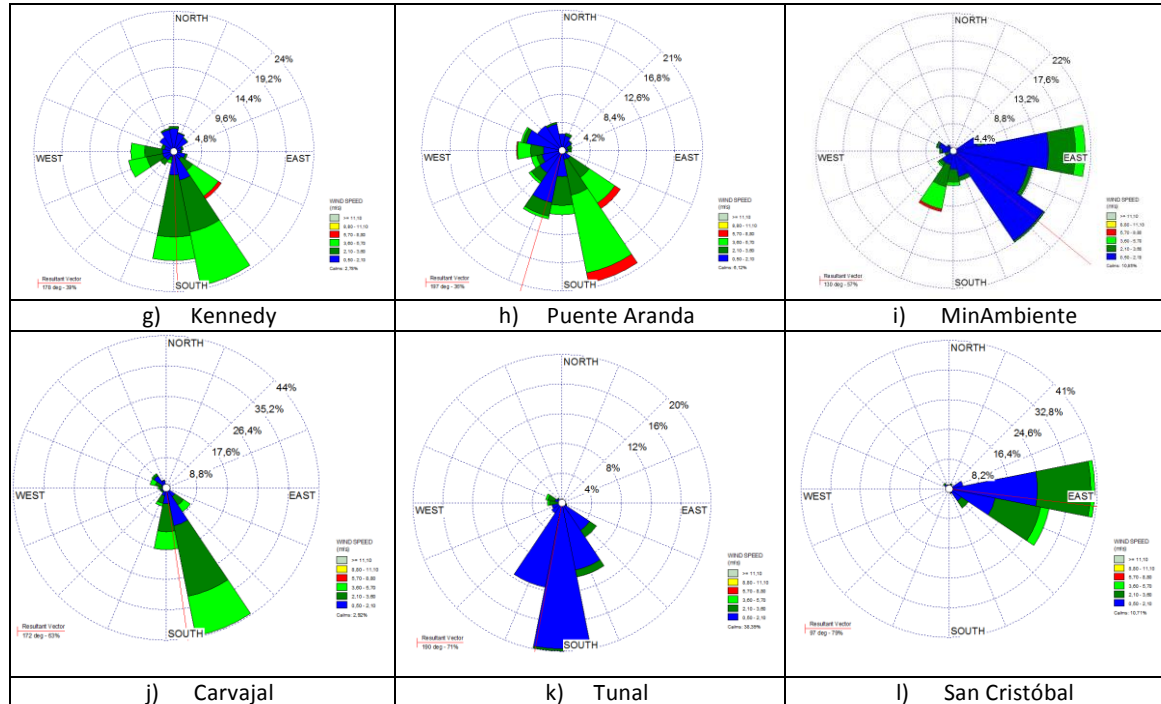


Figura 47. Rosas de viento - septiembre 2017. a) Bolivia, b) Suba, c) Guaymaral, d) Las Ferias, e) C.D.A.R., f) Usaquén, g) Kennedy, h) Puente Aranda, i) MinAmbiente, j) Carvajal-Sevillana, k) Tunal, l) San Cristóbal.

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

En la Tabla 19 se observa el comportamiento de los promedios de velocidad y dirección del viento en cuatro fracciones del día para el mes de septiembre: madrugada, mañana, tarde y noche. En las madrugadas bajas velocidades del viento que fluctuaron entre (0,3 – 1,5 m/s) como es de esperarse en ausencia de radiación solar; 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 mínimamente se duplicó con respecto a las velocidades de la madrugada. En horas de la tarde, las velocidades del viento alcanzaron su máximo, con velocidades no mayores a 3,8 m/s. Ya en horas de la noche las velocidades del viento disminuyeron su fuerza, como es normal.

En las **mañanadas** del mes de septiembre las direcciones se distribuyeron así: sector cerros orientales de la ciudad (Usaquén, MinAmbiente, San Cristóbal, e incluso en CDAR) vientos del noreste y sureste; el sector noroccidente Suba y Guaymaral presentaron componente Noreste y noroeste; en el suroccidente (Kennedy, Carvajal-Sevillana y Tunal) predominaron vientos del sureste y suroeste, salvo en Puente Aranda donde dominaron vientos de noroeste.

En las **mañanas**, hacia el sector de los cerros orientales, San Cristóbal presentó una marcada componente este; sin embargo, Usaquén y MinAmbiente estuvieron bajo la influencia de una componente sur sureste; hacia el sector norte de la ciudad, los vientos tuvieron predominio del noreste y noroeste; del este y noreste hacia el sector norte y noroccidente de la ciudad (Guaymaral, Bolivia y Suba). En el sector suroccidente, predominaron los vientos del sur y sureste. Los cerros

orientales estuvieron influenciados por vientos del sureste y del este.

En las **tardes**, hacia el sector noroccidental (Guaymaral, Bolivia y Suba) predominaron vientos del noreste y noroeste; hacia el sur occidente de la ciudad, prevalecieron los vientos del sur; hacia los cerros orientales (Usaquén, MinAmbiente, San Cristóbal) vientos del este y sur este, y hacia el centro de la ciudad vientos del noroeste.

En las horas de la **noche**, en el sector noroccidental (Guaymaral, Bolivia y Suba) noroeste, vientos se pusieron del noreste y este. Hacia el sector noroccidental (Puente Aranda y Carvajal-Sevillana) predominaron vientos del sur y sureste; al largo de los cerros oriental (Usaquén, MinAmbiente, San Cristóbal) predominaron los vientos del noreste hacia el norte y sureste hacia el sur; y en el centro geográfico de la ciudad, vientos del noroeste.

La confluencia de flujos de aire de diferentes dirección y magnitudes en distintos momentos del día, asociadas a las corrientes térmicas, pueden generar transporte de contaminantes al interior de la ciudad o en su defecto removerlos fuera de la misma. Por ejemplo, si se analiza la dinámica de los vientos para la **mañana** se observa que los vientos provenientes del sur tendieron a transportar a hacia el noroccidente con la contribución de vientos del sureste provenientes del sector de San Cristóbal. A esta misma fracción del día se aprecia que los vientos del norte, cuya magnitud es característicamente más débil, se encuentra con los del sur y los del oriente. Esta confluencia posiblemente produzca torbellinos denominados vórtices turbulentos, los cuales serán forzados a ascender y limpiar verticalmente la ciudad, si la estabilidad atmosférica es propicia para que asciendan y luego sean arrastrados por alguna corriente en altura.

La ocurrencia de estos “microcentros” de confluencia, se pueden desplazar a diferentes lugares de la ciudad, dependiendo de la hora del día, de la fuerza y ángulo de incidencia de los vientos predominantes y del calentamiento diferenciado del suelo bogotano, en el cual participa la distribución de las nubes. Por ejemplo, entre las **mañanas** y las **tardes** los vientos del sureste tendieron a evacuar hacia el noroccidente, pero la porción de los vientos que interactuaron con los vientos del norte y del este probablemente formaron vórtices que, como se dijo arriba, contribuyendo con la extracción de la contaminación de la ciudad.

De modo contrario, en las **tardes** del mes de septiembre los vientos del este y sureste favorecieron la limpieza de la ciudad mezclando y transportando la contaminación hacia el occidente de la ciudad, sin que se descarte la formación de pequeños vórtices por el encuentro con vientos débiles opuestos como los que se presentaron por la estación del Centro del Alto Rendimiento en dirección sureste cuando la tendencia de la mayoría de los vientos en la ciudad estaba orientada hacia el occidente.

En las **noches** los vientos noroeste de la ciudad nuevamente tendieron a entrar a la ciudad probablemente como consecuencia del calentamiento de los cerros orientales con el ocaso del sol, que generan flujo de aire desde la sabana hacia ese sector, denominados vientos anabáticos (ascendentes), que eventualmente darían lugar a formación de un remolino tendido hacia el centro norte de la ciudad por su interacción con los vientos sureste. Así mismo, la confluencia de los vientos del sur con los vientos alisios del noroeste, y la contribución de los vientos del este pudieron dar lugar a la formación de otro remolino hacia el suroriente de la ciudad, recostado a los cerros orientales.

Tabla 16 Valores de velocidad promedio y de dirección del viento predominante en grupos horarios y diario en las estaciones de la RMCAB – septiembre 2017.

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
Bolivia	1,0	1,9	3,0	1,3	269	5	90	289
Guaymaral	0,3	1,2	1,8	0,6	20	81	126	77
Usaquén	1,3	1,8	2,7	1,9	93	143	149	119
Suba	0,6	1,9	2,6	0,9	16	44	100	15
Las Ferias	1,2	1,5	2,1	1,5	29	87	152	191
C.D.A.R.	0,6	1,3	1,9	1,0	140	328	339	272
MinAmbiente	0,8	1,5	2,3	1,1	119	163	156	56
Puente Aranda	1,0	2,3	3,8	2,0	279	181	172	109
Kennedy	1,5	2,5	3,8	2,3	166	147	190	179
Carvajal-Sevillana	1,5	2,6	3,5	2,2	172	163	183	176
Tunal	0,4	0,9	1,5	0,6	203	187	186	193
San Cristóbal	1,3	1,5	2,4	1,6	87	91	100	204
Promedio	1,0	1,7	2,6	1,4	-	-	-	-

M. Temperatura media, diaria y horaria Ciudad

El comportamiento de la temperatura diaria del mes de septiembre no presentó variaciones considerables; el promedio mensual se mantuvo alrededor de $14,5^{\circ}\text{C} \pm 1,5^{\circ}\text{C}$. (Figura 50).

El perfil de la temperatura media horaria del mes de septiembre, permite observar que las temperaturas más bajas en horas de la madrugada fueron de $10,9^{\circ}\text{C}$ alrededor de las 6 AM, en tanto que las más altas de alcanzaron los $19,6^{\circ}\text{C}$, cerca de la 1 pm. (Figura 51).

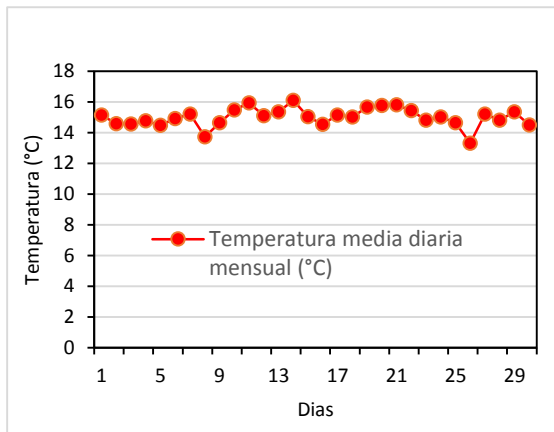


Figura 48. Temperatura media diaria – septiembre 2017

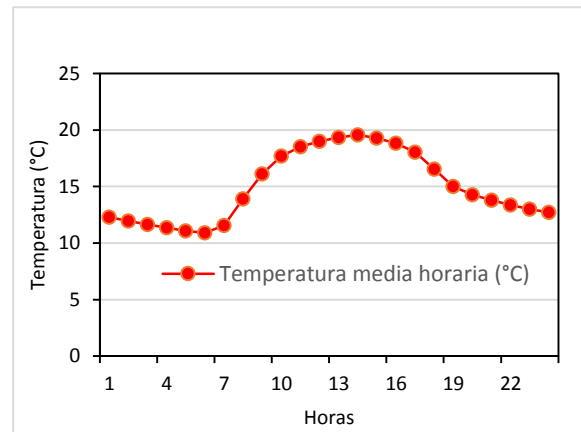


Figura 49. Perfil horario de la temperatura - septiembre 2017

FIN DEL INFORME