

Enero

Informe mensual de Calidad del Aire en Bogotá

Año 2017

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Estación las Ferias



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 Ramírez Cardona
Coordinador (a) 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

1 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 presenta el resumen de los resultados obtenidos de las mediciones de material particulado PM₁₀ en el mes de enero 2017 y el porcentaje de datos válidos.

Tabla 1. Resumen de datos de PM₁₀ para enero 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	46	24/01/2017	0	100%
Usaquén	39	69	24/01/2017	0	84%
Suba	50	72	23/01/2017	0	87%
Las Ferias*	39	67	23/01/2017	0	61%
C.D.A.R.	33	58	19/01/2017	0	97%
MinAmbiente	32	60	20/01/2017	0	94%
Puente Aranda	45	72	24/01/2017	0	100%
Kennedy	54	99	24/01/2017	0	90%
Carvajal - Sevillana	59	82	30/01/2017	0	84%
Tunal	44	82	24/01/2017	0	97%
San Cristóbal	24	49	24/01/2017	0	81%

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

La Figura 1 presenta la concentración promedio mensual y máxma para PM₁₀ reportada por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones se presentaron en el suroccidente de la ciudad en la estación de Carvajal - Sevillana (**59 µg/m³**) y Kennedy (**54 µg/m³**), las cuales superaron la norma anual de 50 µg/m³ en el mes de análisis.

Las menores concentraciones se presentaron en la zona sur para la estación San Cristóbal (**24 µg/m³**) y en la zona norte en la estación Guaymaral (**27 µg/m³**). La concentración máxima diaria para el mes fue de **99 µg/m³** en la estación Kennedy, seguida de **82 µg/m³** en Carvajal - Sevillana y **82 µg/m³** en Tunal. Ningún valor máximo diario en las estaciones sobrepasó la norma diaria (100 µg/m³), y para el mes de enero de 2017 no se presentó ninguna excedencia para los valores promedios diarios.

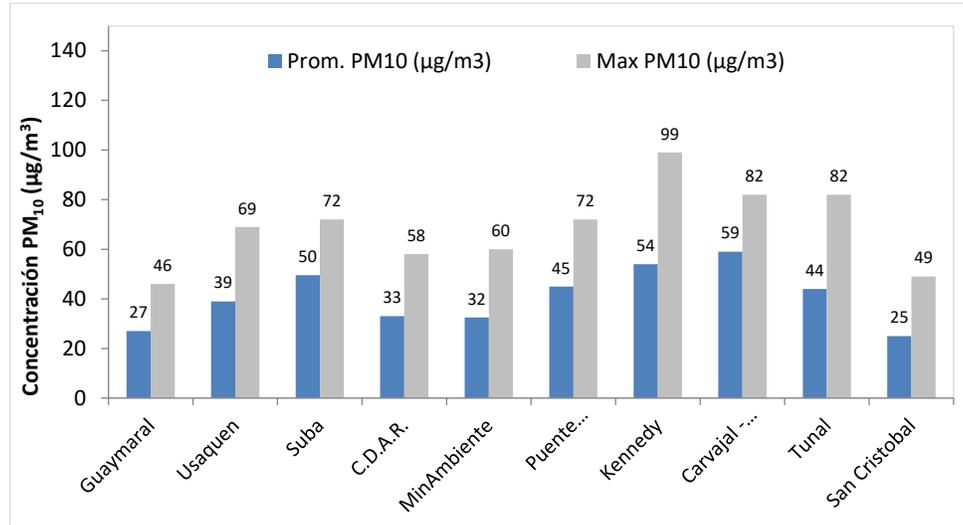


Figura 1. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM₁₀. enero 2017

La Figura 2 presenta el comportamiento de las concentraciones diarias para PM₁₀ comparadas con la norma nacional diaria. 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), especialmente en la tercera semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona sur (San Cristóbal), en la primera semana del mes. En ninguna de las estaciones se presentaron concentraciones diarias que excedieran la norma diaria nacional para PM₁₀ (100 µg/m³).

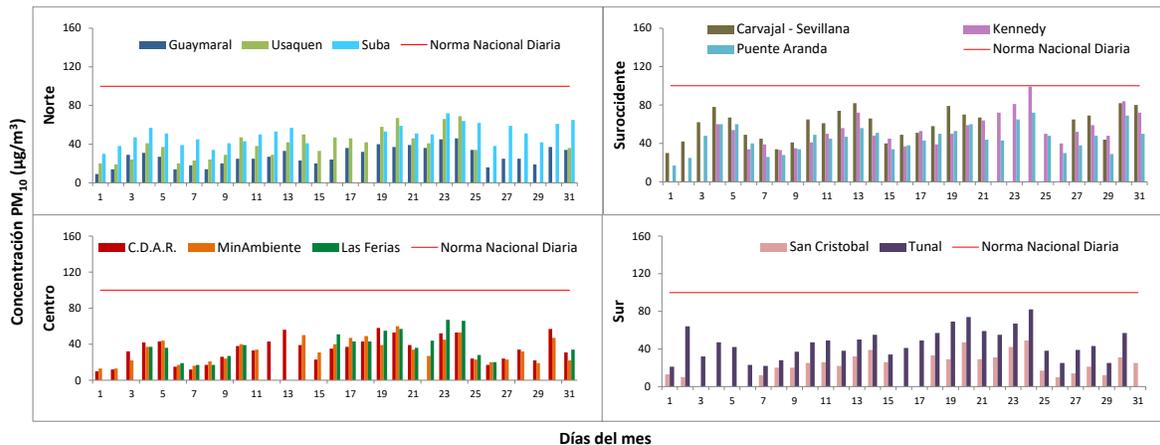


Figura 2. Comportamiento diario de las concentraciones de PM₁₀ para enero de 2017

En la Figura 3 se evidencia el comportamiento temporal de las concentraciones de PM₁₀ para el mes de enero a través de los últimos 3 años. Teniendo en cuenta las estaciones que tienen datos representativos para el año 2017, se observa que todas las estaciones presentaron una disminución notable en las concentraciones frente a los valores del mismo

mes de 2016 y 2015, a excepción de Centro de Alto Rendimiento, donde hubo un aumento ligero con respecto al 2015. La estación de Usaquén no registra valor en 2016, pero se presenta un aumento en la concentración frente al 2015.

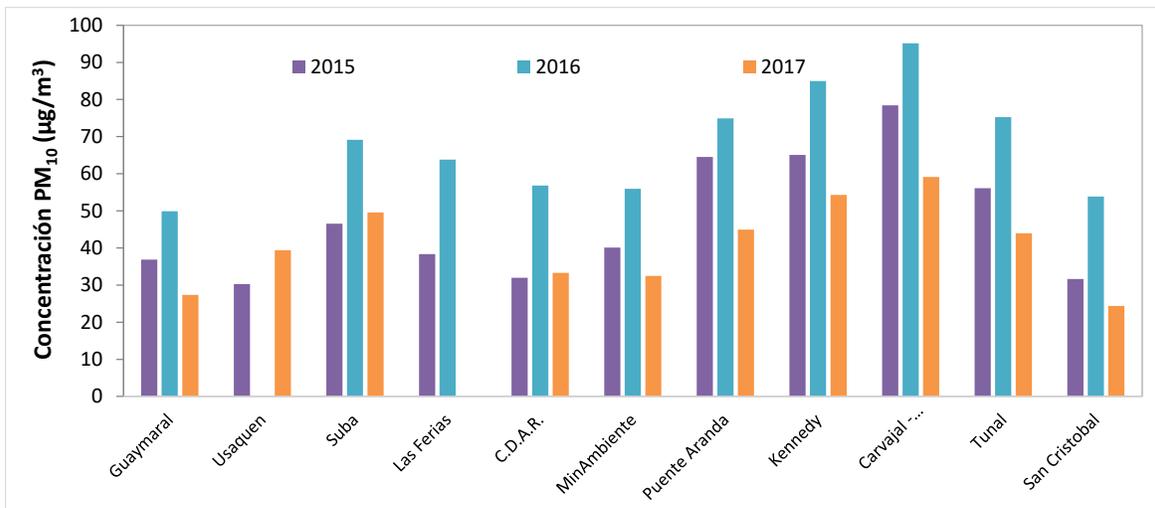


Figura 3. Comportamiento interanual PM₁₀ (2015-2016-2017) para los meses de enero

En la Figura 4 se representan mediante un mapa de interpolación los valores mensuales de concentración de PM₁₀ reportados por las 11 estaciones que monitorearon este contaminante en el mes de enero, y mediante un campo vectorial la velocidad y dirección del viento. 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 62 µg/m³, en las localidades de Bosa y Kennedy, mientras que las concentraciones más bajas se registran al suroriente de la ciudad, en la localidad de San Cristóbal, y al norte, en la localidad de Usaquén, registrando concentraciones entre 24 y 27 µg/m³. En la zona suroccidente además se registran las mayores velocidades del viento, y la dirección del viento predomina en sentido norte - sur, lo cual contribuye a la dispersión de la contaminación.

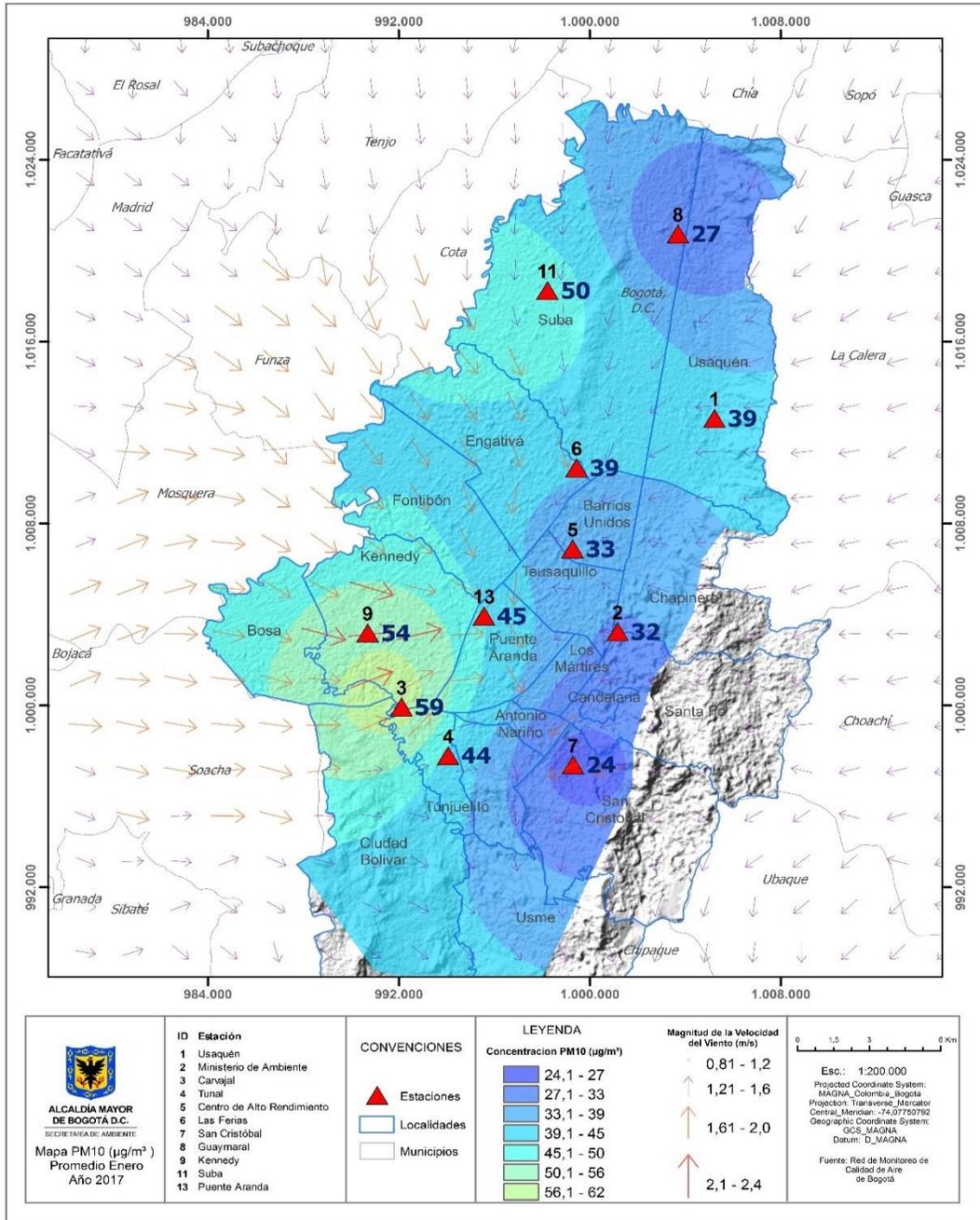


Figura 4 Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM₁₀ con base en el método de interpolación Kriging

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 durante el mes de Enero 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, Carvajal Sevillana presenta la condición de calidad del aire “moderada” en mayor proporción, con 61% del tiempo, mientras que la estación San Cristóbal presenta las mejores condiciones ambientales con una condición de “Favorable” el 100% del tiempo como se observa en la Tabla 2

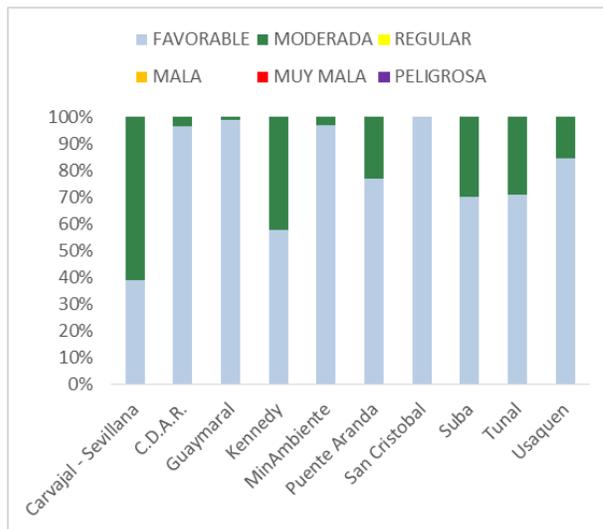


Figura 5. IBOCA para PM₁₀ por estación en enero 2017

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

IBOCA PM ₁₀		
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA
Carvajal - Sevilla	39%	61%
C.D.A.R.	97%	3%
Guaymaral	99%	1%
Kennedy	58%	42%
MinAmbiente	97%	3%
Puente Aranda	77%	23%
San Cristobal	100%	0%
Suba	70%	30%
Tunal	71%	29%
Usaquen	85%	15%

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

La Tabla 3 presenta el resumen de los resultados obtenidos de las mediciones de material particulado PM_{2.5} en el mes de enero 2017 y el porcentaje de datos válidos.

Tabla 3. Resumen de datos de PM_{2.5} para enero 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	15	25	24/01/2017	0	97%
Usaquén	17	30	19/01/2017	0	84%
Suba	21	33	23/01/2017	0	100%
Las Ferias*	17	34	24/01/2017	0	71%
C.D.A.R.	19	32	30/01/2017	0	100%
MinAmbiente	16	32	18/01/2017	0	100%
Puente Aranda*	17	17	24/01/2017	0	74%
Kennedy	26	51	24/01/2017	1	90%
Carvajal - Sevillana	24	34	24/01/2017	0	100%
Tunal	23	41	24/01/2017	0	97%
San Cristóbal	9	18	14/01/2017	0	100%

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

La Figura 6 presenta los promedios y máximos por estación de monitoreo de PM_{2.5} 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 Kennedy (**26 µg/m³**) y Carvajal - Sevillana (**24 µg/m³**); la estación de Kennedy superó la norma anual de 25 µg/m³ en el mes de análisis¹. Las menores concentraciones se presentaron en la zona sur y norte en las estaciones de San Cristóbal y Guaymaral (**9 µg/m³** y **15 µg/m³** respectivamente). La concentración máxima diaria para el mes fue de 51 µg/m³ en la estación Kennedy, seguida de 41 µg/m³ en Tunal. Los valores máximos se presentaron en su mayoría el día 24 de enero en las estaciones Guaymaral, Las Ferias, Puente Aranda, Kennedy, Carvajal-Sevillana y Tunal.

¹No existe norma mensual, por lo cual la comparación mensual con normas anuales se efectúa solo para ver comportamiento inter estaciones y con propósitos de gestión.

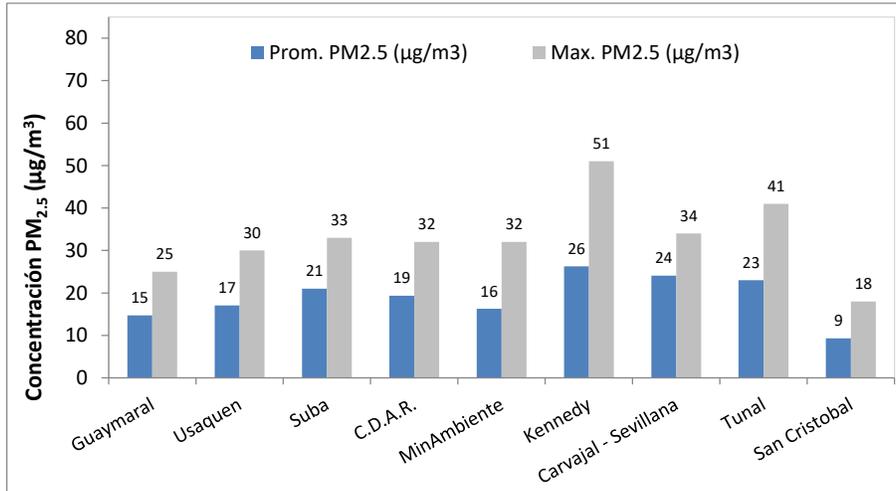


Figura 6. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM_{2.5}. enero 2017

La Figura 7 muestra el comportamiento de la captura de datos durante el mes y las concentraciones diarias comparadas con respecto a la norma nacional diaria. 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 y tercera semanas del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona sur (San Cristóbal) y zona centro (MinAmbiente), en la primera semana del mes. Al comparar los promedios diarios con la norma diaria, se presenta una excedencia (valores por encima de la norma diaria de 50 µg/m³) en la estación Kennedy para el día 24 de enero.

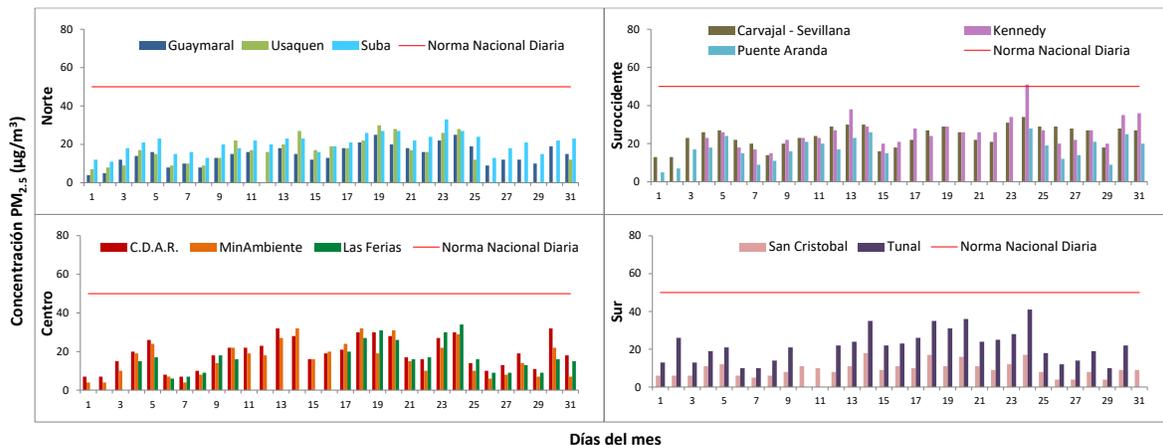


Figura 7. Comportamiento captura de datos PM_{2.5} para enero de 2017

La Figura 8 muestra el comportamiento temporal de las concentraciones de PM_{2.5} para el mes de enero a través de los últimos 3 años. Según las estaciones que tienen datos representativos para el año 2017, se observa una disminución significativa de las

concentraciones con respecto a los valores del mismo mes de 2016 y 2015, aunque en la estación de Usaquén se presentó un incremento sobre los valores presentados en 2015 y en la estación Tunal se mantuvo el mismo valor de 2015. Para la estación Puente Aranda no se tuvieron datos representativos para el mes de enero de 2017, y no se tienen datos históricos disponibles ya que el monitor fue instalado en octubre de 2016.

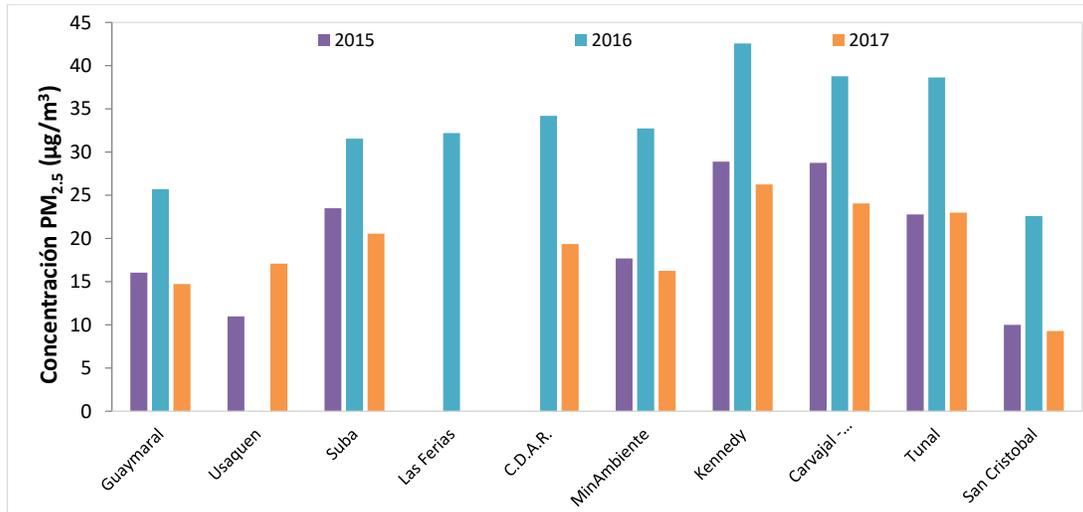


Figura 8. Comportamiento interanual PM_{2.5} (2015-2016-2017) para los meses de enero.

En la Figura 9 se representan los promedios mensuales de concentración de PM_{2.5} registrados por las 11 estaciones que monitorearon este contaminante en el mes de enero, mediante el 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 velocidad y dirección del viento. 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 20 y 30 µg/m³, en las localidades de Bosa, Kennedy, Tunjuelito, parte de Ciudad Bolívar y Fontibón, mientras que las concentraciones más bajas se registran al suroriente de la ciudad, en las localidades de San Cristóbal, Candelaria, y parte de Santa Fe y Antonio Nariño, registrando concentraciones entre 5 y 15 µg/m³. En la zona suroccidente además se registran las mayores velocidades del viento, y la dirección del viento predomina en sentido norte - sur, lo cual contribuye a la dispersión de la contaminación, especialmente en horas de la tarde.

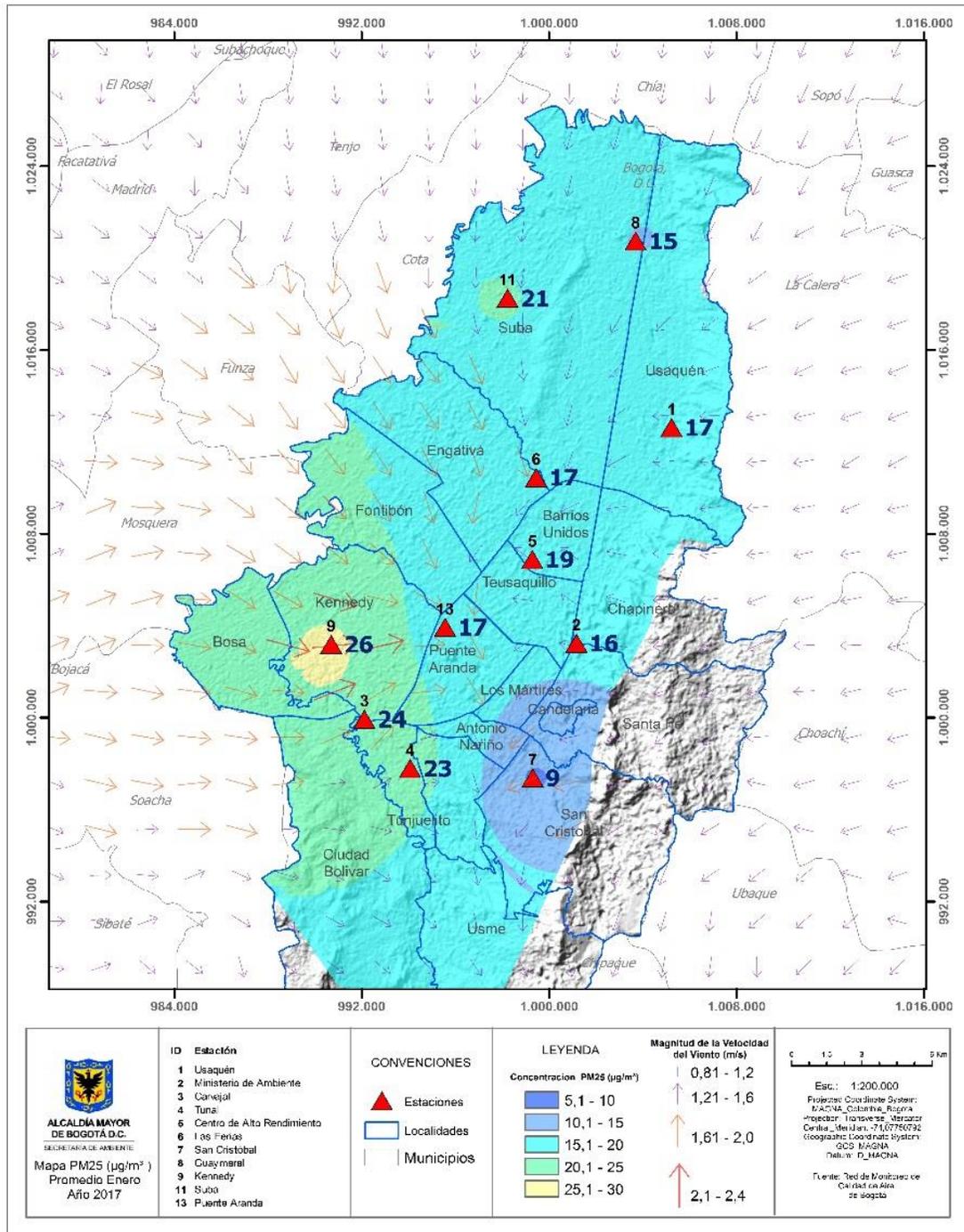


Figura 9 Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM_{2.5} con base en el método de interpolación Kriging

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 10 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”, “moderada” y “regular”. La estación Tunal presenta el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “favorable” el 13% del tiempo, “moderada” el 75% del tiempo y “regular” el 12% del mes de enero, mientras que la estación San Cristóbal presenta el mejor estado con una condición de “favorable” el 78% del tiempo y “moderada” el 22% restante, como se observa en la Tabla 4.

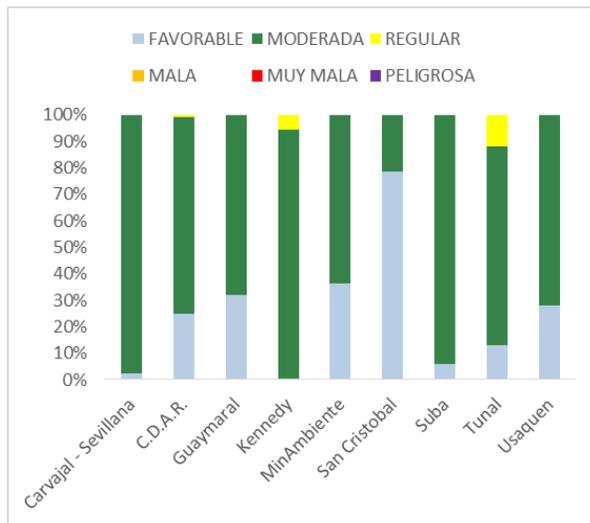


Figura 10. IBOCA para PM_{2.5} por estación en enero 2017

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

IBOCA PM _{2.5}			
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA	REGULAR
Carvajal - Sevillana	2%	98%	0%
C.D.A.R.	25%	74%	1%
Guaymaral	32%	68%	0%
Kennedy	0%	94%	6%
MinAmbiente	36%	64%	0%
San Cristobal	78%	22%	0%
Suba	6%	94%	0%
Tunal	13%	75%	12%
Usaquen	28%	72%	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 enero de 2017.

Tabla 5. Resumen de datos de O₃ para enero 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	23	78	23/01/2017	0	99%

Estación	Promedio O ₃ 8h (µg/m ³)	Máximo. O ₃ 8h (µg/m ³)	Fecha máximo O ₃	Excedencias 8h	Datos válidos (%)
Usaquén	22	61	24/01/2017	0	87%
Suba	26	76	24/01/2017	0	100%
Las Ferias*	13	47	24/01/2017	0	74%
C.D.A.R.	19	76	24/01/2017	0	83%
MinAmbiente	23	76	13/01/2017	0	100%
Puente Aranda	14	55	22/01/2017	0	100%
Kennedy	16	41	20/01/2017	0	92%
Carvajal Sevillana*	6	17	29/01/2017	0	14%
Tunal	11	42	22/01/2017	0	99%
San Cristóbal*	5	11	27/01/2017	0	21%

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

La Figura 11 presenta los promedios y máximos por estación de monitoreo de O₃ con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual 8 horas se presentaron en el noroccidente de la ciudad en la estación de Suba (**26 µg/m³**), en el norte en la estación Guaymaral (**23 µg/m³**) y en el centro la estación MinAmbiente (**23 µg/m³**). Las menores concentraciones se presentaron en el sur en la estación Tunal (**11 µg/m³**) y en el suroccidente en la estación Puente Aranda (**14 µg/m³**). Se puede observar que existe una dinámica diferente para este contaminante frente al material particulado en términos de localización y horas de concentración máxima. La concentración máxima con base en promedios 8 horas fue de **78 µg/m³** en la estación Guaymaral, seguida de **76 µg/m³** en las estaciones Suba, Centro de Alto Rendimiento y MinAmbiente. En enero de 2017, no se presentaron excedencias a la norma. Ninguna estación superó el valor guía recomendado por la OMS de 100 µg/m³.

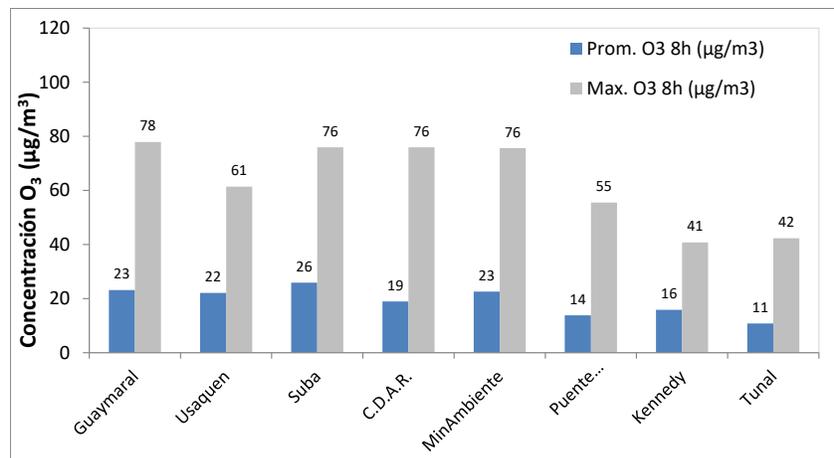


Figura 11. Promedios de las concentraciones 8 horas y valores máximos O₃ - enero 2017.

La Figura 12 muestra 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 las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas de O₃ se presentaron en las estaciones Guaymaral y Suba, especialmente en la segunda y tercera semanas del mes; las concentraciones más bajas se observan en la estación San Cristóbal, en la última semana del mes. En ninguna de las estaciones se presentaron concentraciones diarias que excedieran la norma nacional 8 horas para O₃ (80 µg/m³).

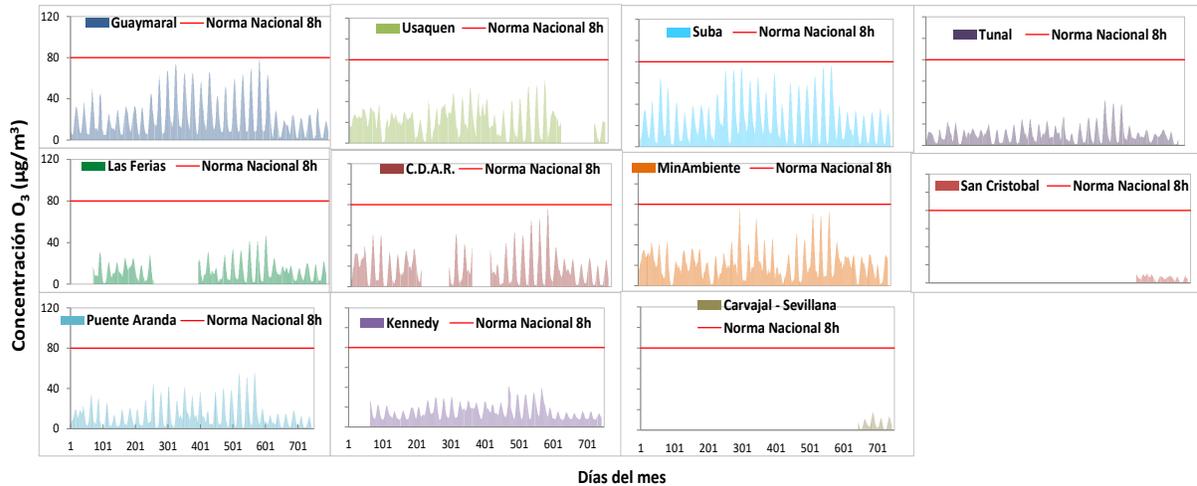


Figura 12. Comportamiento 8h de O₃ para enero 2017 y comparación con norma nacional.

La Figura 13 muestra el comportamiento temporal de las concentraciones de O₃ del mes de enero a través de los últimos 3 años. Según los valores de concentración registrados en 2017, se presenta una reducción notable en las concentraciones frente a los valores del año 2016; para la estación de Usaquén no se tiene valor registrado en el 2016, pero hay una reducción con respecto al año 2015. Las estaciones Guaymaral, Usaquén, Centro de Alto Rendimiento, Puente Aranda y Tunal presentaron además una reducción con respecto al valor del 2015.

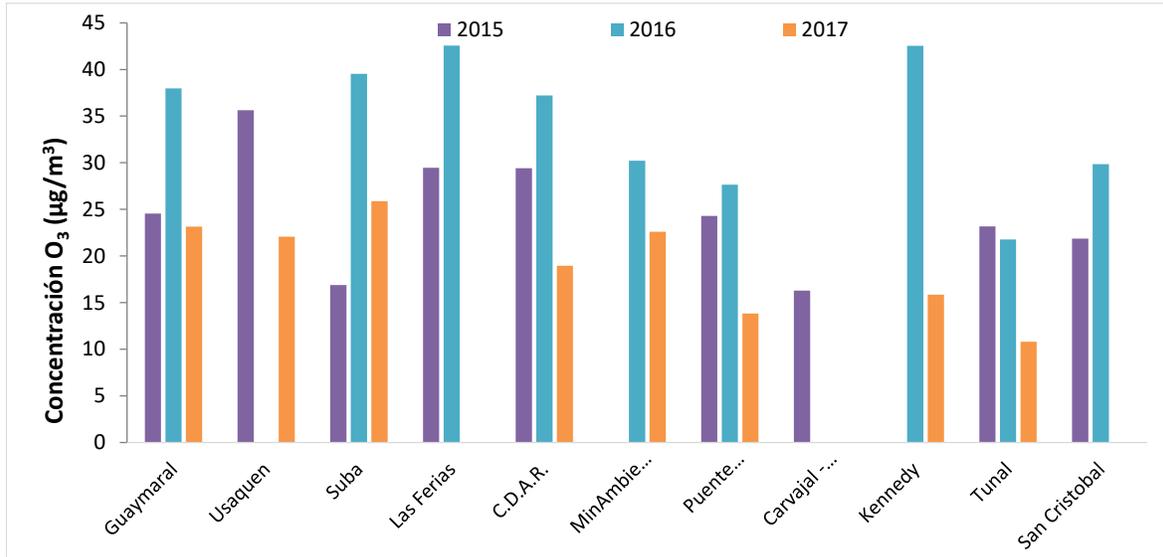


Figura 13. Comportamiento interanual PM_{2.5} (2015-2016-2017) para los meses de Enero.

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 14 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 enero.

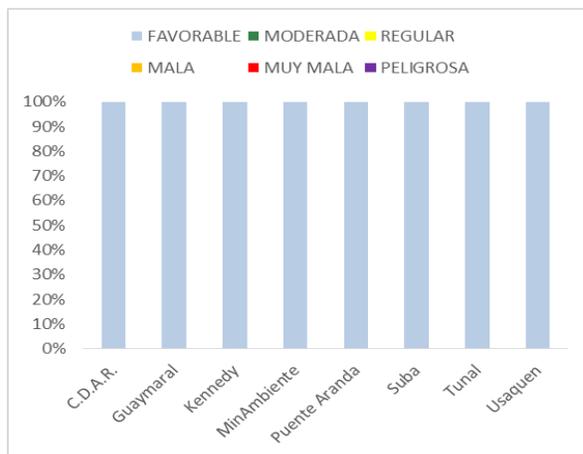


Figura 14. IBOCA para O₃ por estación en enero 2017

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

IBOCA O ₃	
ESTACIÓN	FAVORABLE
C.D.A.R.	100%
Guaymaral	100%
Kennedy	100%
MinAmbiente	100%
Puente Aranda	100%
Suba	100%
Tunal	100%
Usaquen	100%

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

La Figura 15, Figura 17 y Figura 19 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 16, Figura 18 y Figura 20 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.

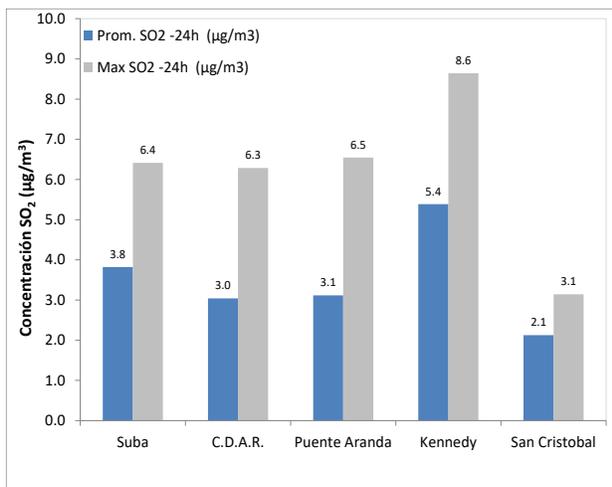


Figura 15. Promedios de las concentraciones y valores máximos de SO₂. Enero 2017.

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

Estación	Prom. SO ₂ -24h (µg/m ³)	Max SO ₂ -24h (µg/m ³)	Fecha máximo SO ₂	Exc. 24h	Datos válidos (%)
Suba	3.8	6.4	23/01/2017	0	100%
C.D.A.R.	3.0	6.3	10/01/2017	0	100%
Puente Aranda	3.1	6.5	23/01/2017	0	100%
Kennedy	5.4	8.6	23/01/2017	0	90%
Carvajal - Sevillana*	13.2	15.4	31/01/2017	0	13%
San Cristóbal	2.1	3.1	20/01/2017	0	100%

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

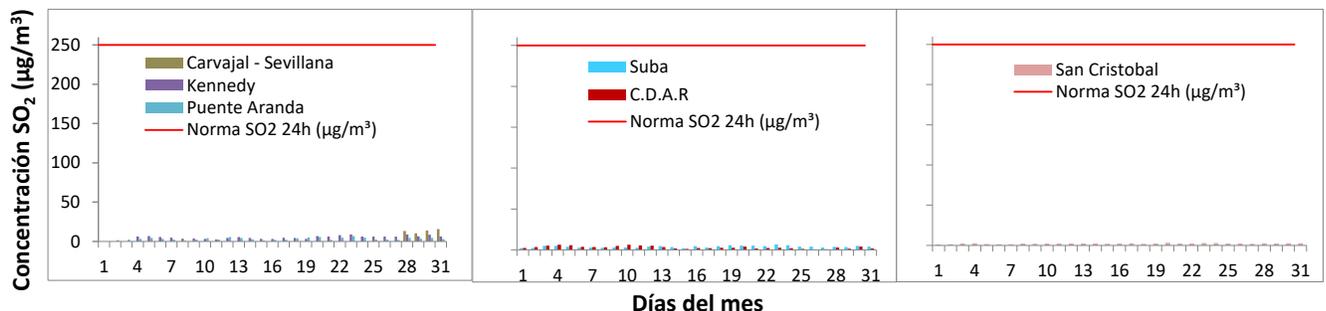


Figura 16. Comportamiento diario de SO₂ para enero 2017 y comparación con norma nacional

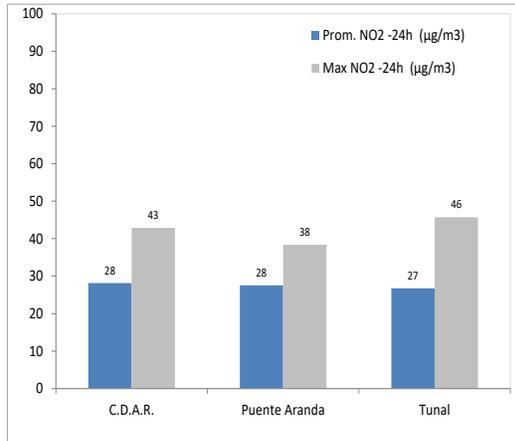


Figura 17. Promedios de las concentraciones y valores máximos de NO₂. enero 2017

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

Estación	Prom. NO ₂ -24h (µg/m ³)	Max NO ₂ -24h (µg/m ³)	Fecha máximo NO ₂	Exc. 24h	Datos válidos (%)
Las Ferias*	33	53	23/01/2017	0	26%
C.D.A.R.	28	43	19/01/2017	0	100%
Puente Aranda	28	38	18/01/2017	0	100%
Tunal	27	46	24/01/2017	0	97%

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

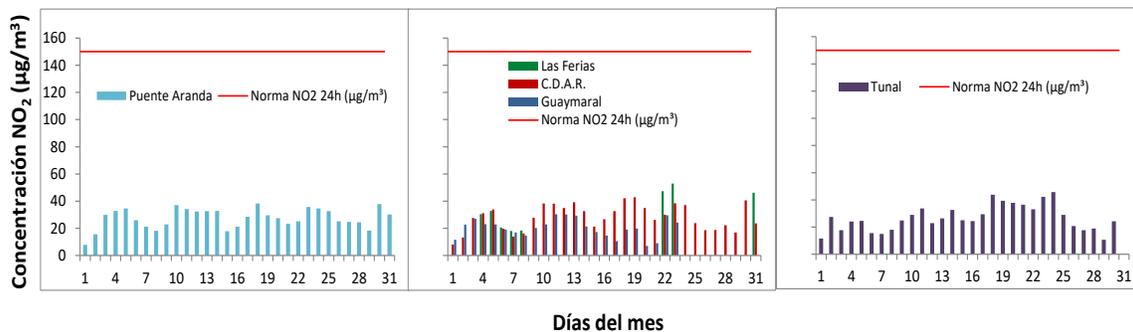


Figura 18. Comportamiento diario de NO₂ para enero 2017 y comparación con norma nacional

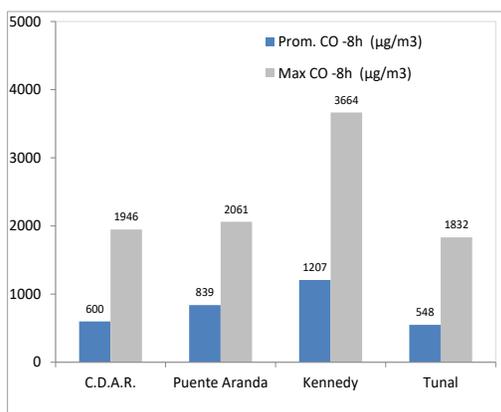


Figura 19. Promedios de las concentraciones y valores máximos de CO. enero 2017

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

Estación	Prom. CO-8h (µg/m ³)	Max CO-8h (µg/m ³)	Fecha máximo CO	Exc. 8h	Datos válidos (%)
Las Ferias	778	1603	23/01/2017	0	57%
C.D.A.R.	600	1946	05/01/2017	0	100%
Puente Aranda	839	2061	23/01/2017	0	100%
Kennedy	1207	3664	13/01/2017	0	91%
Carvajal - Sevillana*	1781	3206	27/01/2017	0	13%
Tunal	548	1832	31/01/2017	0	98%

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

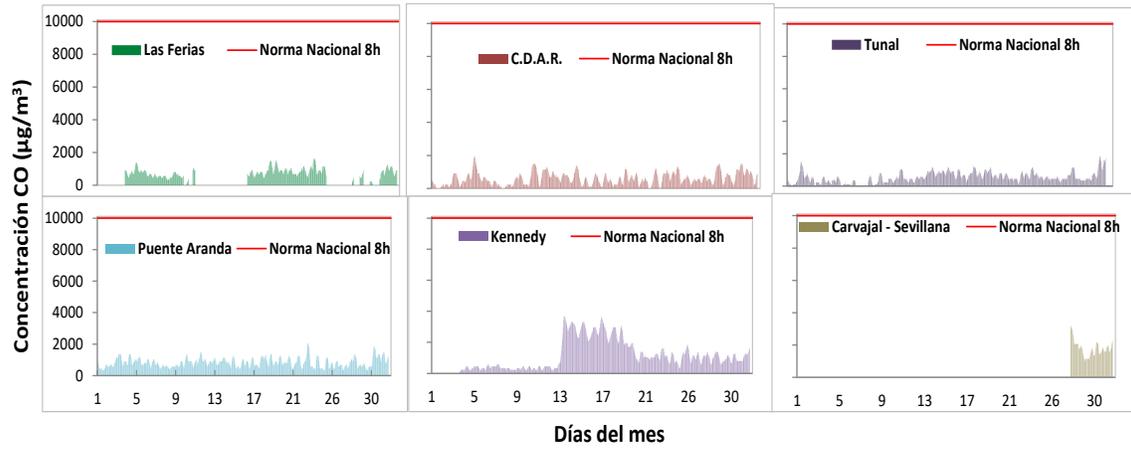


Figura 20. Comportamiento 8h de CO para enero 2017 y comparación con norma nacional

5 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

De acuerdo con los registros de la RMCAB, la precipitación del mes de enero de 2017, fue un mes de lluvias abundantes. Con respecto al mismo mes del año anterior, (Ver Figura 21)

Si se comparan los registros de la precipitación de los meses de enero tomados desde 2010 a 2017, se deduce que enero de 2017 fue un mes considerablemente lluvioso respecto a los meses de enero de 2016, 2013 y 2010. No obstante, los meses de enero de 2011 y 2012, años claramente influenciados por La Niña, continúan registrando los mayores valores de los últimos ocho años (Figura 21). Las mayores precipitaciones en la ciudad, en los meses de enero, se han reportado en la estación CDAR, seguida por MinAmbiente, Las Ferias y San Cristóbal. Los menores registros se observan en Carvajal-Sevillana, Kennedy y Puente Aranda. Estos en conjunto representan el sector más seco de la ciudad.

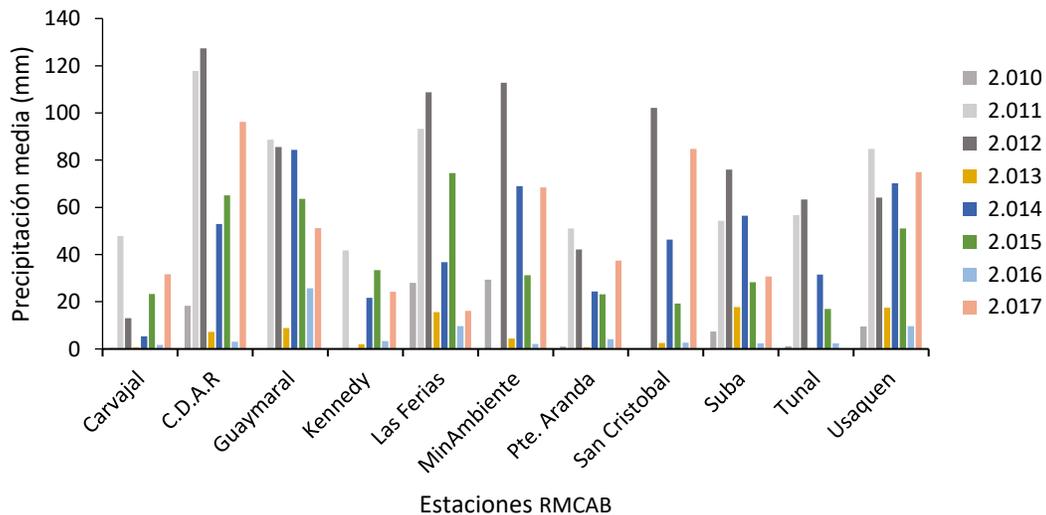


Figura 21. Variación interanual de la precipitación en los meses de enero 2010-2017

En la Figura 22 se puede observar que los sectores de la ciudad que mayor cantidad de agua precipitada recibieron fueron: CDAR, San Cristóbal, MinAmbiente, Usaquén, Bolivia y Guaymaral. Este patrón de precipitación está asociado, entre otros, a la inestabilidad o forzamiento convectivo ejercido por los cerros orientales en el flujo de los alisios del noreste y sureste. La interacción de los vientos alisios con los cerros puede ocasionar no solo convección forzada, sino rotos o vórtices turbulentos y cúmulos lenticulares que pueden favorecer la formación de nubes del gran desarrollo vertical, si las condiciones de humedad y estabilidad atmosférica son propicias.

A lo anterior se suma la confluencia de vientos del Este y del Oeste que al enfrentarse en la ciudad, sobre todo en horas de la tarde, ocasionan nubes convectivas que generan fuertes precipitaciones con tormentas eléctricas.²

El mayor número de días con lluvia lo registraron las estaciones de Guaymaral y Usaquéen superando los 21 días. (Tabla 10 y Figura 22).

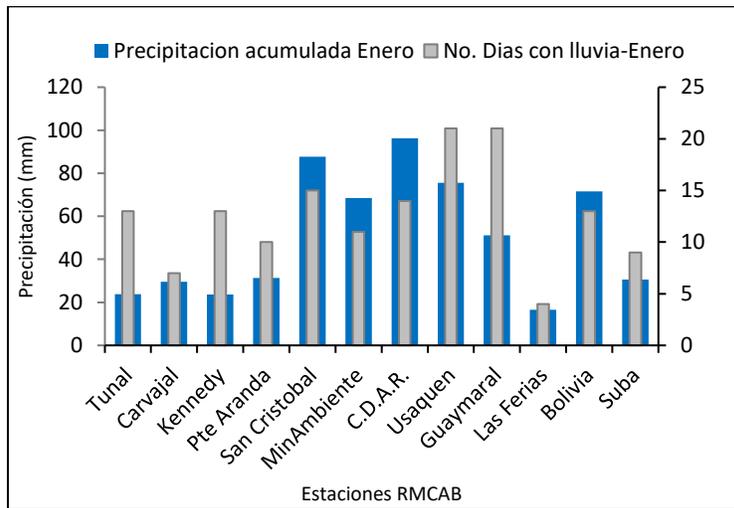


Figura 22 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (enero-2017).

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

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
Tunal	23,8	13
Carvajal	29,6	7
Kennedy	23,7	13
Pte Aranda	31,4	10
San Cristóbal	87,7	15
MinAmbiente	68,5	11
C.D.A.R.	96,2	14
Usaquén	75,5	21
Guaymaral	51,2	21
Las Ferias	16,5	4
Bolivia	71,6	13
Suba	30,6	9

6 COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.

En la Figura 23 se muestra el comportamiento interanual del viento, para los meses de enero, desde 2010 hasta 2017, enero de 2017 en general presentó bajas velocidades en toda la ciudad, salvo en el sector de las estaciones Usaquéen, donde superó las de 2010 y 2011. Es notable que el sector de la ciudad donde se han registrado los mayores valores mensuales es el sur occidente (estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Puente Aranda), con velocidades entre 2,0 a 2,3 m/s. De manera opuesta, las velocidades más bajas ocurren hacia norte de la ciudad, y son registradas en la estación de Guaymaral.

² IDEAM & FOPAE. Estudio de la Caracterización Climática de Bogotá y Cuenca Alta Rio Tunjuelo. 2007

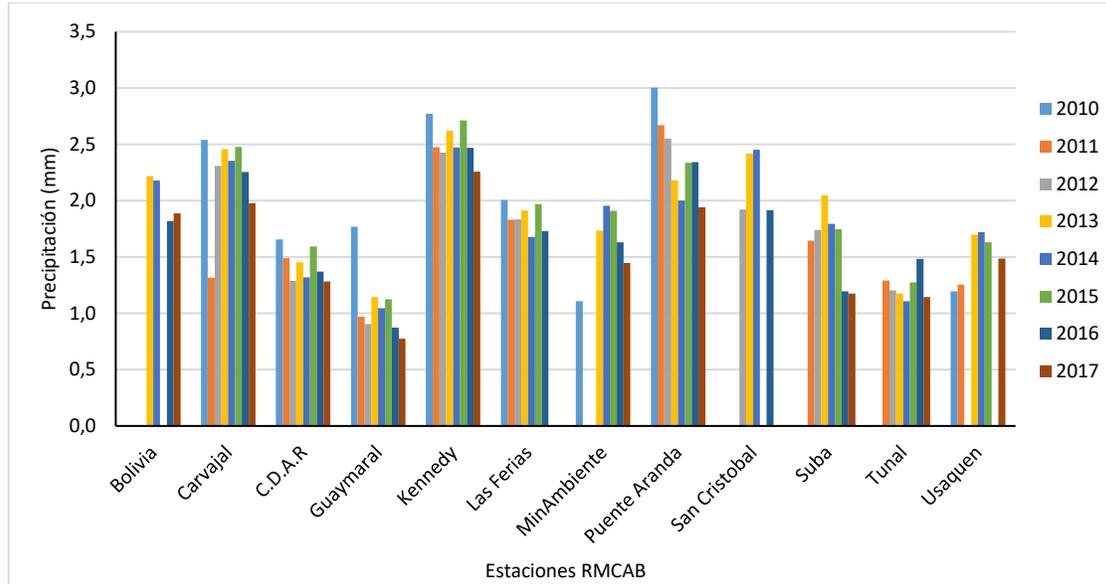


Figura 23. Variación interanual de la velocidad del viento. Meses de enero 2010-2017

En cuanto al mes de enero de 2017 la velocidad media de la ciudad fue de 1.6 m/s; las máximas se registraron en las estaciones MinAmbiente y Puente Aranda, con valores de 7,0 y 6,6 m/s, respectivamente (Ver Figura 23 y Tabla 11).

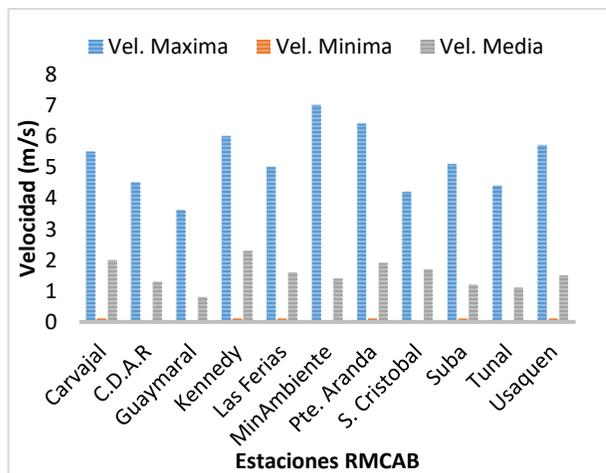


Figura 24 Velocidad del viento máxima, media y mínima por estaciones – Enero 2017

Tabla 11 Velocidades reportadas para enero de 2017

Estación	Vel. Máxima (m/s)	Vel. Mínima (m/s)	Vel. Media (m/s)
Carvajal	5,5	0,1	2
C.D.A.R	4,5	0,0	1,3
Guaymaral	3,6	0,0	0,8
Kennedy	6,0	0,1	2,3
Las Ferias	5,0	0,1	1,6
MinAmbiente	7,0	0,0	1,4
Pte. Aranda	6,4	0,1	1,9
S. Cristóbal	4,2	0,0	1,7
Suba	5,1	0,1	1,2
Tunal	4,4	0,0	1,1
Usaquén	5,7	0,1	1,5
Promedio Ciudad	5,2	0,1	1,5

6.1 COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO

En cuanto a la distribución espacial de los vientos en el mes de enero de 2017, la predominancia de los vientos hacia la franja de los cerros orientales fue la de los alisios del noreste. Hacia el norte hubo persistencia de los vientos del norte y noreste, mientras que hacia el suroccidente de la ciudad se observa una predominancia de vientos del oeste. Esta dirección puede estar asociada a vientos que fluyen desde el valle del Río Magdalena y ascienden hasta la sabana de Bogotá. Ver Figura 25 y Figura 40.

La Figura 25 es la representación del estado y del comportamiento promedio del flujo de los vientos durante el mes de enero, y se indica el posible proceso de transporte de contaminantes en la ciudad de acuerdo a la velocidad y dirección del viento, sin tener en cuenta las particularidades y variabilidades del ciclo diurno y nocturno, así como el comportamiento horario.

Cabe resaltar la importancia de los vientos en el proceso de remoción de los contaminantes en la ciudad, a través del lavado aerodinámico. Sin embargo, en algunos casos puede ser un factor de concentración de los mismos, debido a la ocurrencia de vórtices (remolinos) turbulentos que propician altas concentraciones en algunos sectores de la ciudad, dependiendo de la estabilidad de atmósfera local.

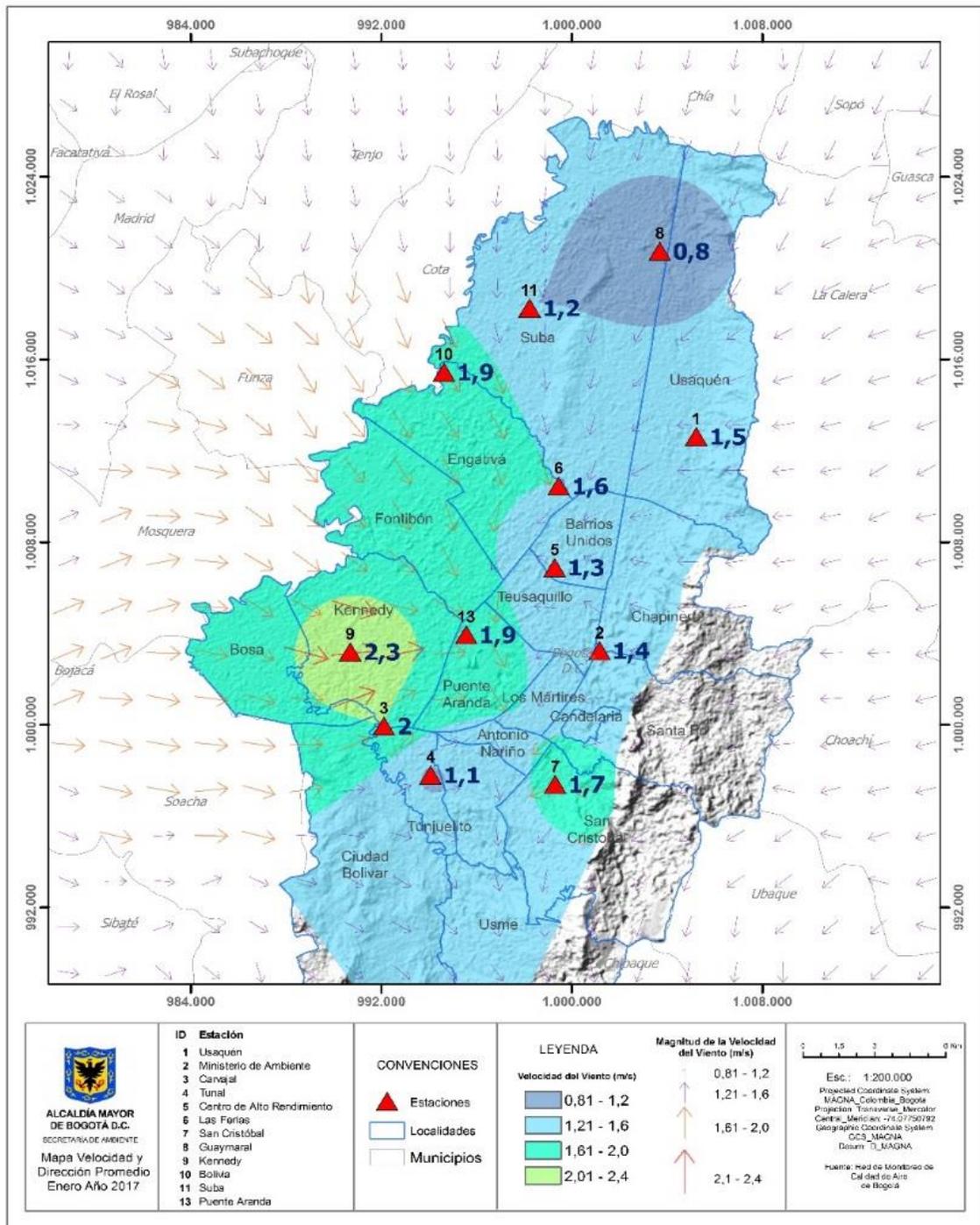


Figura 25. Mapa Velocidad (Superficie en colores) y Dirección (Vectores) del Viento de Bogotá

7 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

Durante el mes de enero las temperaturas máximas medias se registraron hacia el norte y suroccidente de la ciudad con una expansión entre 17 a 22 °C.

La temperatura promedio de la ciudad estuvo alrededor de los 14,1 ±0.8°C. (Figura 22 y Tabla 12).

Tabla 12. Resumen Temperaturas medias, máximas y mínima promedio por estaciones y promedio ciudad. enero 2016

Estación	Temperatura máxima (°C)	Temperatura mínima (°C)	Temperatura media (°C)
Carvajal – Sevill.	23,8	6,8	15,4
C.D.A.R.	24,4	3,3	14,6
Guaymaral	24,3	2,2	14,1
Kennedy	20,9	6,8	14,5
Las Ferias	N.R	N.R	N.R
Puente Aranda	21,6	7,7	14,2
San Cristóbal	20	4,9	13
Suba	24	2,9	14,1
Tunal	22,8	2,6	12,9
Promedio	22,7	4,7	14,1

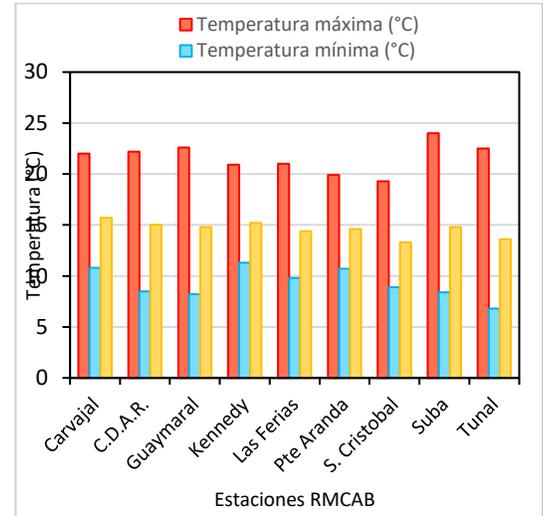


Figura 26 Temperaturas medias, máxima y mínima promedio por estaciones y promedio ciudad. enero 2016

Espacialmente, en el mes de enero, el área donde se siguen registrando las mayores temperaturas es el sector sur occidental de la ciudad, en inmediaciones de las estaciones de Carvajal y Kennedy. En promedio alcanzaron a medirse hasta 15,5 °C, sin contar los valores máximos que fluctuaron entre 20 a 24 °C. Las más bajas temperaturas, hacia el sector del Tunal (13,7 °C) y San Cristóbal (13,6 °C). El resto de la ciudad temperaturas entre 13,8 a 14,1 °C. Figura 27.

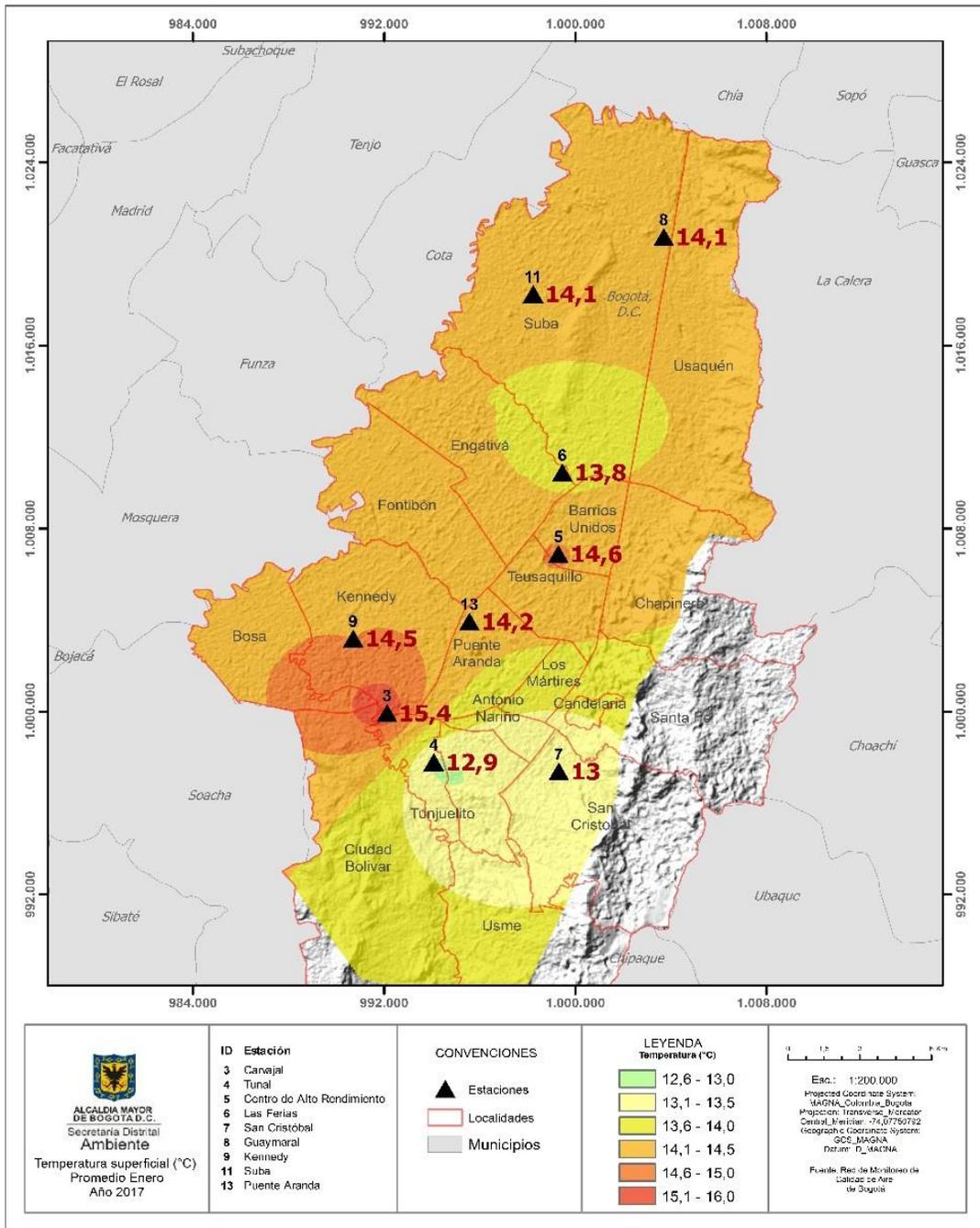
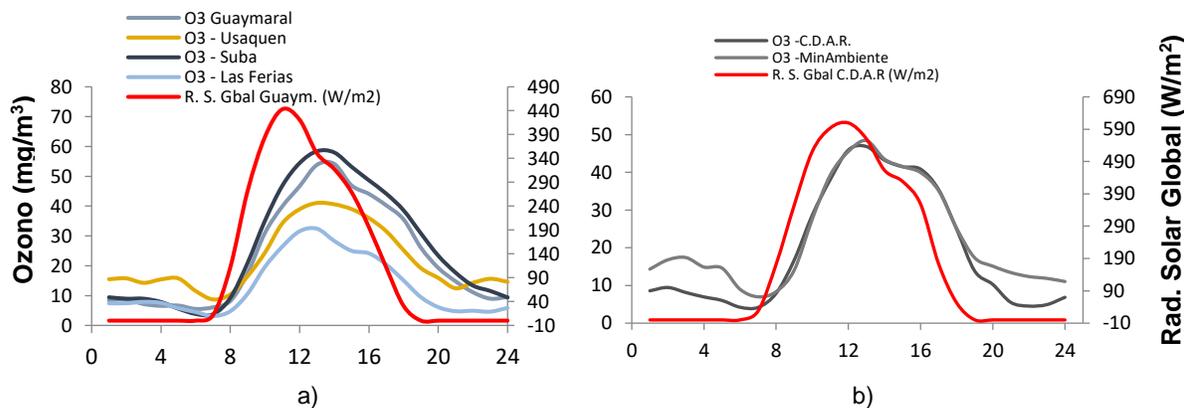


Figura 27 Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB Enero 2017

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

Durante el mes de enero se registraron hacia el noroccidente de la ciudad valores cercanos a los 690 W/m²; los más bajos se reportaron al sur de la ciudad, en la estación Tunal (490 W/m²), que a su vez presentó las más bajas concentraciones de O₃.

Las concentraciones de O₃ tienen directa relación con la radiación solar. Con el ingreso de radiación solar a la baja atmósfera, ocurre un rompimiento (fotodisociación) de los gases generadores de O₃, presentes en la baja atmósfera, descargados principalmente por combustión incompleta de hidrocarburos en la ciudad. Esta fotodisociación crece aceleradamente conforme se incrementa la cantidad de radiación entrante, dada su eficiencia en la absorción de radiación Ultra Violeta (UV), durante el día como se observa en la Figura 28. En ella se observa que los valores más bajos de O₃ ocurren entre las 6 AM y las 8 AM, en tanto que alcanza vertiginosamente su máximo alrededor de las 12 M, cuando aún la radiación no ha tocado su valor máximo. Después de mediodía persisten las altas concentraciones hasta la tarde, cuando inicia su decaimiento, asociado a la disminución de la intensidad de la radiación, hasta retornar a su mínima concentración. Se observa además un pequeño desfase aproximadamente entre la 1 PM y las 2 PM, entre la ocurrencia del pico de radiación solar y la concentración de O₃, lo que deja entrever la relación de la velocidad de formación de O₃ con el ingreso de rayos UV y, su persistencia durante el día a causa del ciclo diario de la radiación solar.



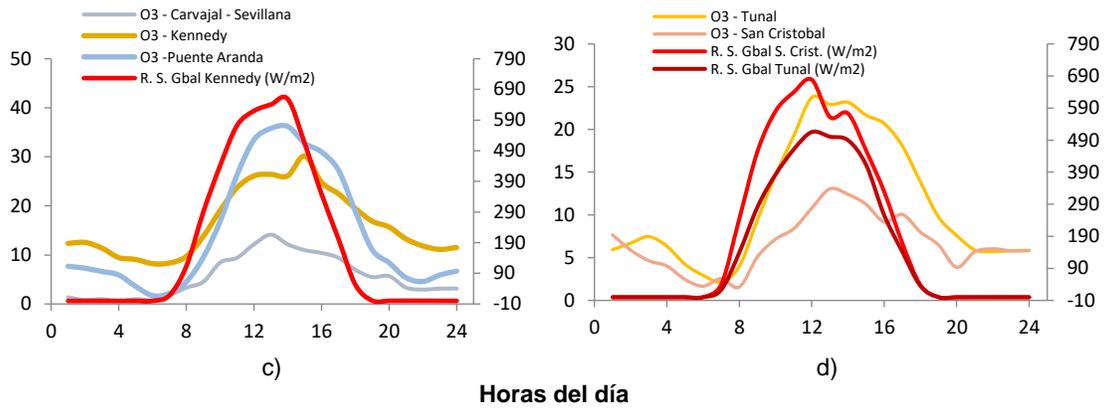


Figura 28. Comportamiento horario de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²), enero 2017.

ANEXOS

A. Comportamiento horario de las concentraciones de PM₁₀

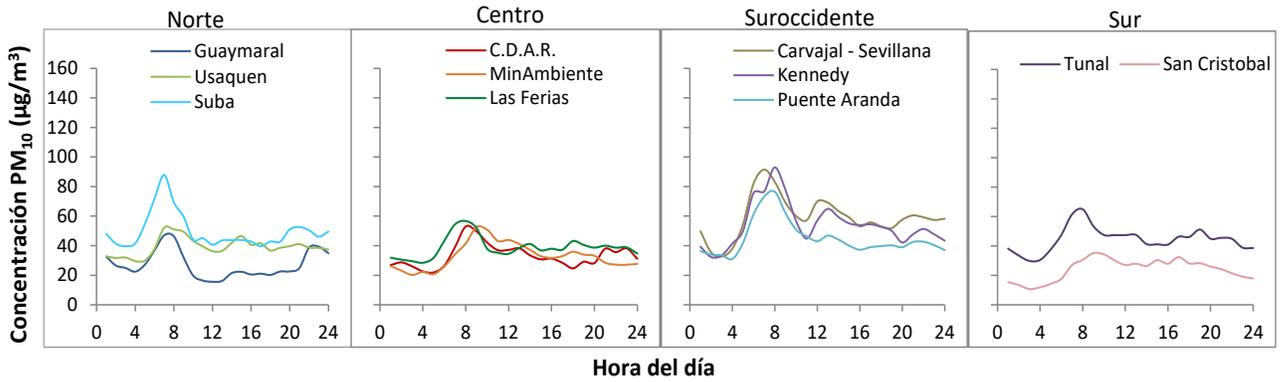


Figura 29. Comportamiento horario de las concentraciones de PM₁₀ para enero de 2017

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

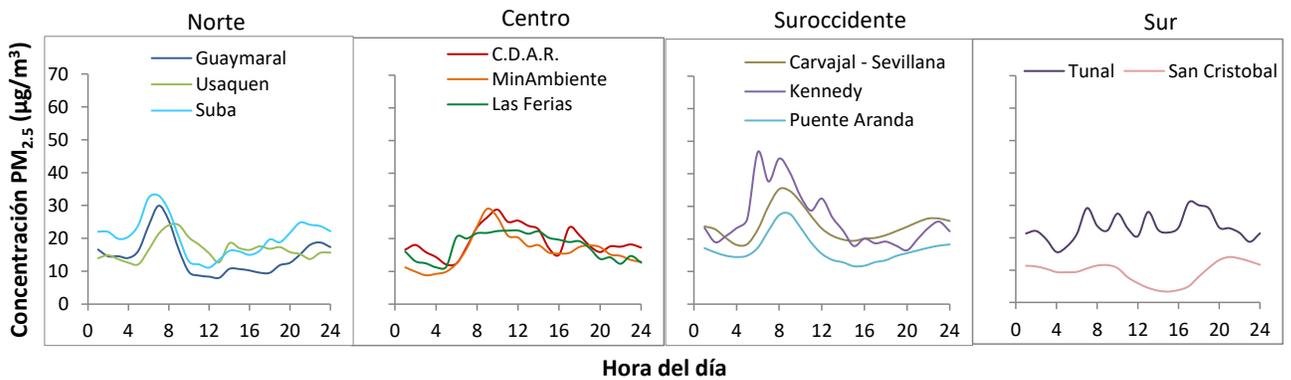


Figura 30. Comportamiento horario de las concentraciones de PM_{2.5} para enero de 2017.

C. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃

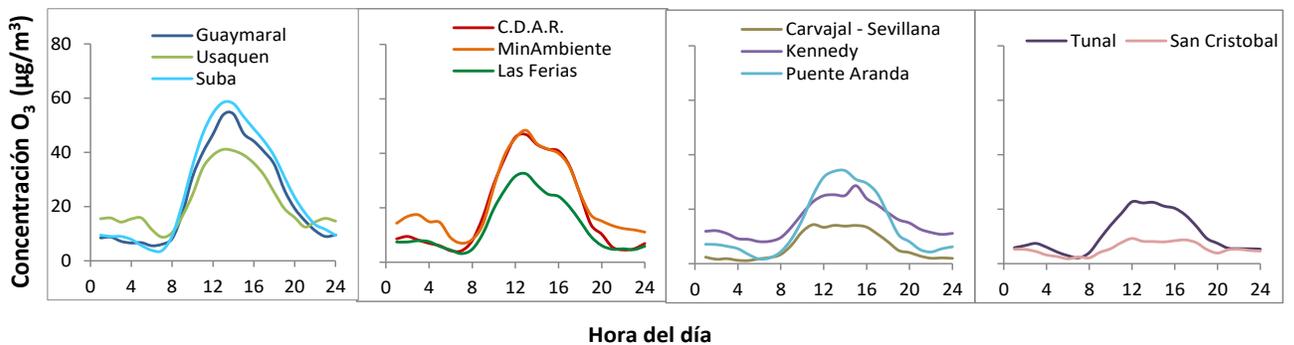


Figura 31. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ para enero 2017.

D. Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂

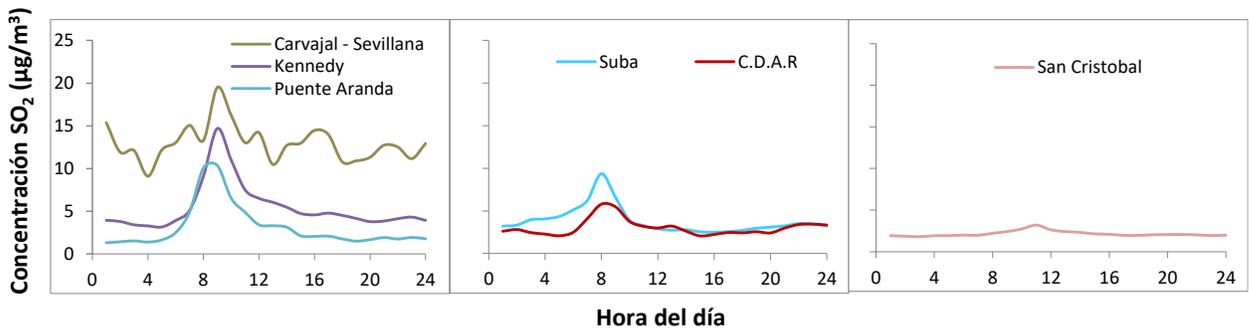


Figura 32. Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂ para enero 2017.

E. Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂

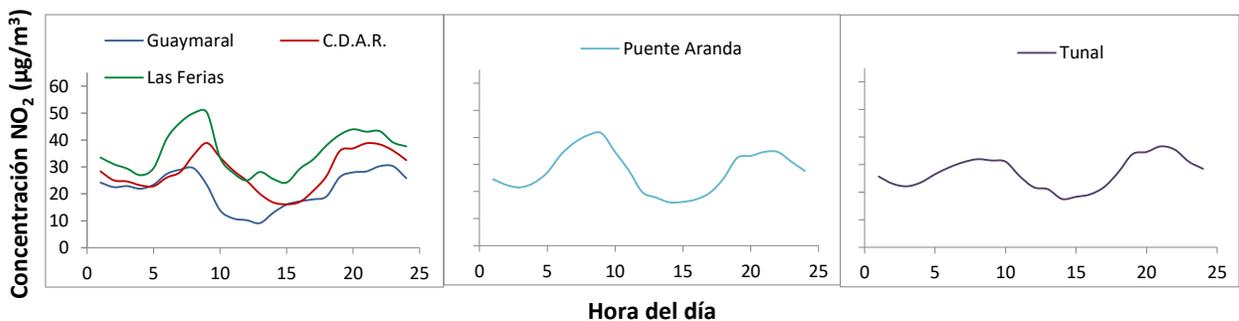


Figura 33. Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ para enero 2017.

F. Comportamiento horario de las concentraciones de CO

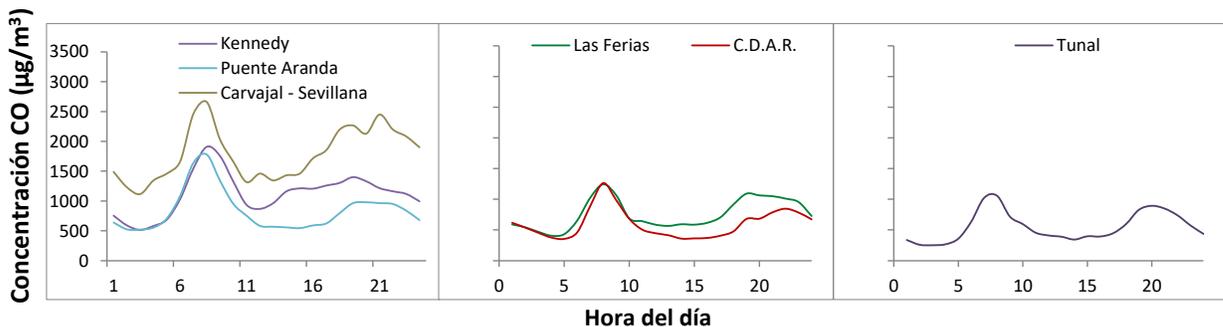


Figura 34. Comportamiento horario de las concentraciones de CO para enero 2017.

G. 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 PM_{10} fueron observadas las estaciones de Centro de Alto Rendimiento y Guaymaral, mientras que las menores en fueron observadas en Carvajal - Sevillana y Suba. La relación global para la ciudad fue de **0,47**, lo que indica que las fracciones gruesa y fina tienen igual importancia a nivel ciudad para el mes de enero de 2017. (Tabla 13)

Tabla 13. Relación $PM_{10}/PM_{2.5}$ para el mes de enero 2017

Enero 2017			
Estación	Promedio $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)	Promedio. PM_{10} ($\mu g/m^3$)	Relación $PM_{2.5}/PM_{10}$
Guaymaral	15	27	0.54
Usaquén	17	39	0.43
Suba	21	50	0.41
Las Ferias	N.R.	N.R.	N.A.
C.D.A.R.	19	33	0.58
MinAmbiente	16	32	0.50
Puente Aranda	N.R.	45	N.A.
Kennedy	26	54	0.48
Carvajal - Sevillana	24	59	0.41
Tunal	23	44	0.52
San Cristóbal	9	24	0.38

H. Promedios ciudad para PM_{10} , $PM_{2.5}$ y O_3

En las Figuras Figura 35, Figura 36 y Figura 37 se muestran los promedios anuales a enero de 2017 para PM_{10} , $PM_{2.5}$, y O_3 , cuyos valores son de **41 $\mu g/m^3$** , **19 $\mu g/m^3$** y **19 $\mu g/m^3$** respectivamente. Los valores reportados para PM_{10} , y $PM_{2.5}$ se calculan con base en los datos diarios de concentración y el valor de O_3 reportado es calculado con base en la media móvil 8 horas hasta el mes de corte; es decir, los promedios de la ciudad reportados en enero de 2017 corresponde al promedio de datos de concentración diaria (PM_{10} , y $PM_{2.5}$) y 8 horas (O_3) de **31 días** (un mes) de las estaciones que tuvieron una captura de datos superior al 75%.

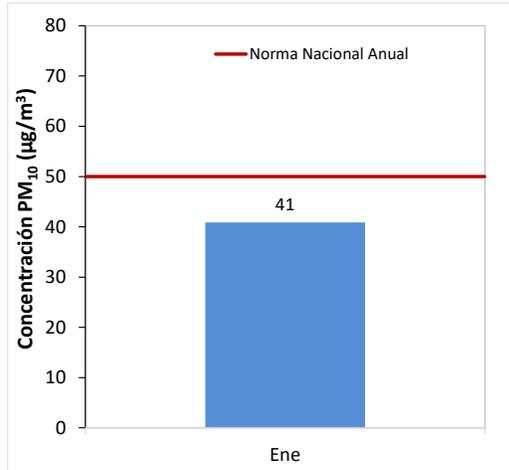


Figura 35. Promedio de PM₁₀ corte a enero de 2017

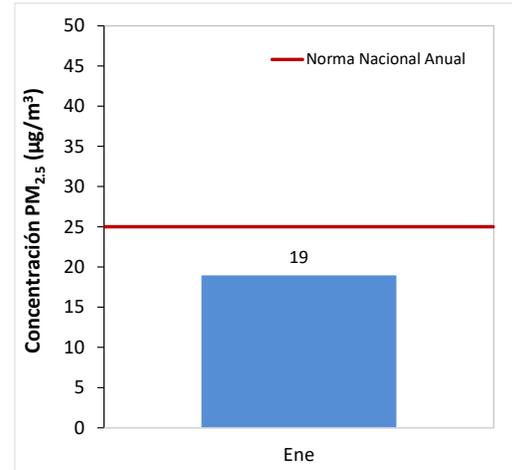


Figura 36. Promedio de PM_{2.5} corte a enero 2017

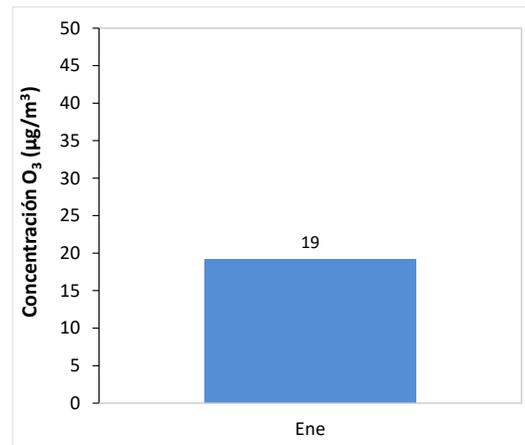


Figura 37. Promedio de O₃ corte a enero 2017

I. Velocidades del viento - promedio ciudad

La Figura 38 describe la variabilidad diaria de la velocidad del viento durante el mes de enero. Se observa que en promedio el viento tuvo una velocidad de 1,5 m/s con fluctuaciones de entre 1,1 a 2,0 m/s, durante el mes. Las mayores velocidades ocurrieron al término del mes con un valor medio de 2,2 m/s.

En la Figura 39 se representa el perfil horario de la velocidad del viento en el mes de enero. Allí se puede observar que en las madrugadas los promedios de las velocidades alcanzaron valores menores a 1,0 m/s. Entre las 7 y 11 AM se presentó un incremento de 1,0 a 1,5 m/s, y luego un mayor incremento de 1,5 a 2,5 m/s entre las 11 AM y 1 PM. Entre la 1 y 3 PM hubo un ligero incremento de velocidad de 2,5 a 2,7 m/s. De manera casi simétrica de 3 a 5 PM descendió en proporción idéntica que de 1 a 3 PM y análogamente de 5 a 7 PM, descendió de 2,6 a 1,7 m/s. De 7 a 9 PM ocurrió otro descenso comparable en proporción con el ocurrido entre 7 y 11 AM.

Este comportamiento además explica parcialmente, por qué en Bogotá en las horas de las madrugadas (vientos débiles), las concentraciones de PM10 y PM2.5, se incrementan generando alertas en el IBOCA. Es decir, con la puesta del sol se reduce la intensidad de los procesos termodinámicos y con ella la turbulencia mecánica del viento y su capacidad de mezcla. Con el ingreso de radiación solar dicha turbulencia se incrementa y con ella la mezcla, transporte y dispersión de los contaminantes.

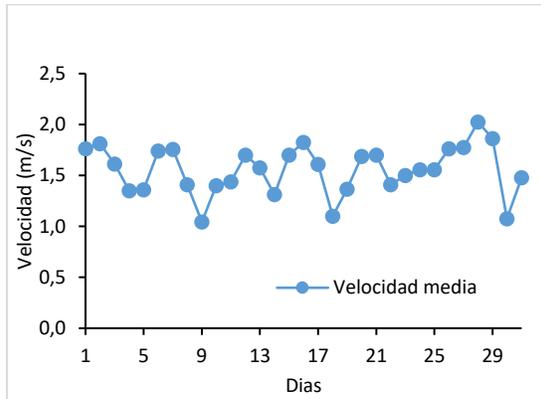


Figura 38 Velocidad media diaria del viento – Enero 2017

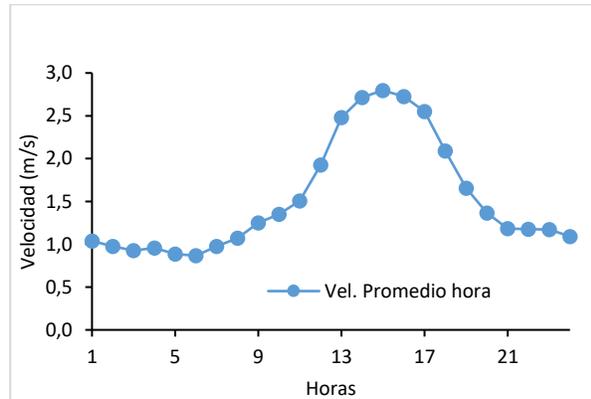
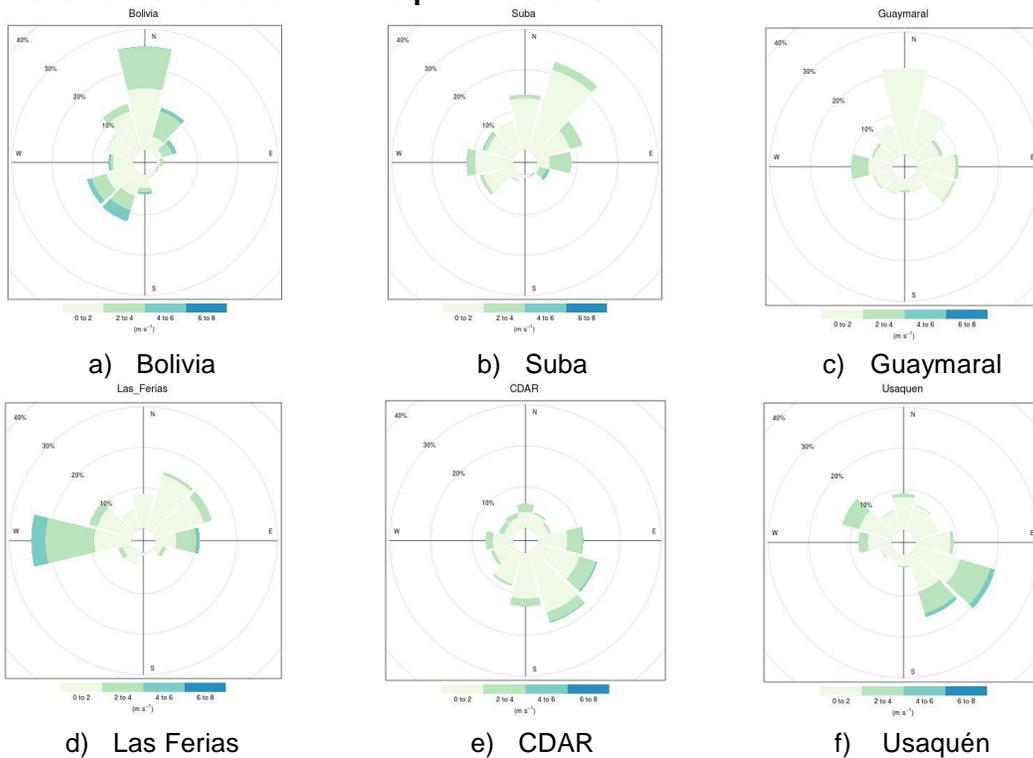


Figura 39. Perfil horario de la velocidad del viento – Enero 2017

J. Rosas de viento consolidadas para Enero 2017



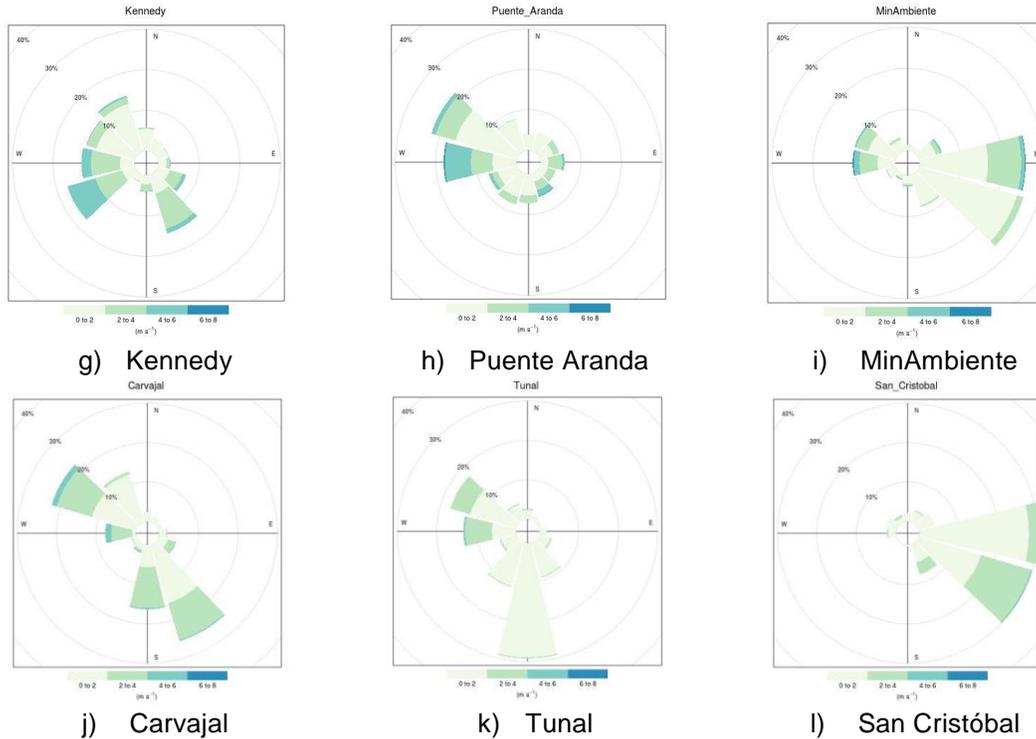


Figura 40. Rosas de viento - Enero 2017. a) Bolivia b) Suba, c) Guaymaral, d) Las Ferias, e) CDAR, f) Usaquén, g) Kennedy, h) Puente Aranda, i) MinAmbiente, j) Carvajal, k) Tunal, l) San Cristóbal

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

En la Tabla 14 se observa que en las madrugadas el viento tiende a mantenerse en calma, producto de la pérdida de energía y consecuente enfriamiento del suelo bogotano y sus alrededores. Una vez ingresan los rayos solares y calentamiento de la superficie, se activan los movimientos verticales y horizontales del aire que dinamizan e incrementan su velocidad, alcanzando su máximo en horas de la tarde, para debilitarse nuevamente en horas nocturnas.

Respecto a la dirección, en el mes de enero, en las madrugadas y mañanas los vientos tuvieron en promedio, predominio de vientos del norte y noreste, hacia el norte de la ciudad (Guaymaral, Usaquén Suba y Las Ferias). En la madrugada, hacia el sector de Usaquén hubo predominio de vientos del este. En el centro norte de la ciudad vientos con componente sur y sureste como lo registro la estación C.D.A.R. Hacia el centro de la ciudad, dominaron los vientos con una marcada componente este tal como se observa en la estación de MinAmbiente. Hacia el sur, en la madrugada hubo predominio de vientos del noroeste (sector de Kennedy y Puente Aranda), suroeste (sector de Tunal) y del sureste (sector de Carvajal-Sevillana). El sector de San Cristóbal estuvo influenciado por vientos con una fuerte componente este, tanto en la madrugada, mañana, tarde y noche, con pequeñas variaciones en el transcurso del día.

En horas de la tarde, hacia el norte de la ciudad, los vientos presentaron un cambio en su predominancia; Usaquén y Guaymaral con vientos del sur, Suba y Las Ferias influenciados por vientos del oeste. Lo mismo ocurrió en toda la ciudad, salvo en el centro oriente donde la componente del viento predomina del este (CDAR, MinAmbiente y San Cristóbal).

Entrada la noche, gran parte de la ciudad estuvo influenciada por vientos del oeste, fluctuando entre el noroeste y el suroeste, salvo el extremo norte de la ciudad donde predominaron los vientos del norte, al extremo sur, vientos del este, y el centro oriente donde predominaron vientos del este con una ligera contribución sur.

Tabla 14 Valores de velocidad promedio y de dirección del viento predominante en grupos horarios y diario en las estaciones de la RMCAB.

Estación	Velocidad del viento					Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugad	Mañana	Tard	Noche	Prom.	Madrugad	Mañana	Tard	Noche
Guaymaral	0,3	0,7	1,7	0,4	0,8	7	27	187	18
Usaquén	1,3	1,4	2,2	1,7	1,5	76	41	196	124
Suba	1,0	1,2	2,3	1,4	1,1	9	20	260	333
Las Ferias	1,1	1,2	2,7	1,5	1,6	11	28	282	312
C.D.A.R.	0,7	1,2	2,4	0,9	1,3	162	182	92	141
MinAmbiente	0,9	1,1	2,5	1,3	1,5	124	89	85	112
Pte. Aranda	0,9	1,6	3,7	1,6	2,0	310	242	249	257
Kennedy	0,9	1,1	2,5	1,3	2,3	348	57	227	243
Carvajal	1,1	1,8	3,2	1,7	2,0	169	193	247	234
Tunal	0,5	0,9	2,2	0,9	1,2	213	220	239	231
San Cristóbal	1,3	1,4	2,2	1,7	1,7	83	63	76	82

L. Temperatura media, diaria y horario Ciudad

La Figura 41 describe el comportamiento diario de la temperatura en promedio. En ella se puede apreciar como entorno a un valor medio de 1,4 °C, su variación estuvo entre 12,5 y 15,1 °C. Es decir, la mínima diaria del mes fue de 12,5 ° y la máxima de 15,1 °C.

En la Figura 42 se representa el comportamiento horario de la temperatura. Se observa que la temperatura promedio hora más baja (10,3°C), ocurrió hacia las 6 am y la más alta (19 °C) a la 1 pm

Este perfil, junto con el perfil del viento dan cuenta de la influencia de la radiación solar en la superficie y sus efectos en la dispersión de los contaminantes en la ciudad de Bogotá.

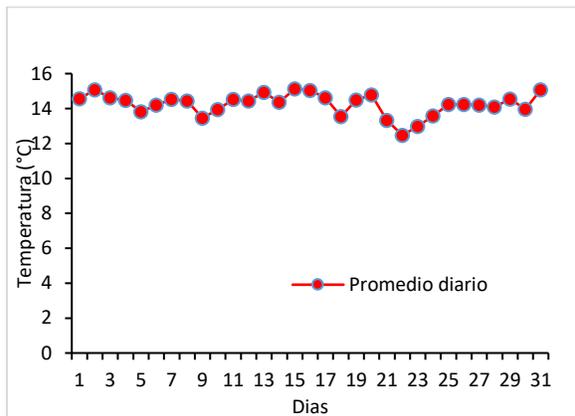


Figura 41 Temperatura media diaria – Enero 2016

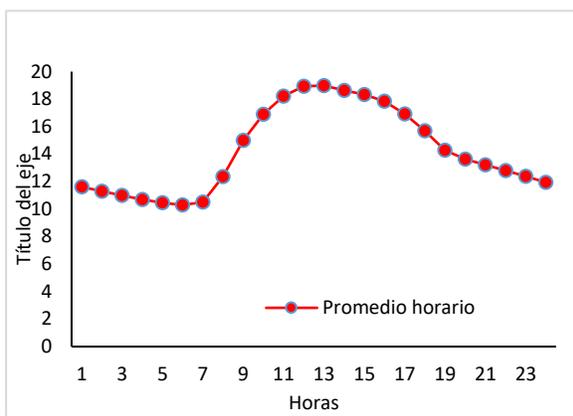


Figura 42 Perfil horario de la temperatura – Enero 2017

FIN DEL INFORME