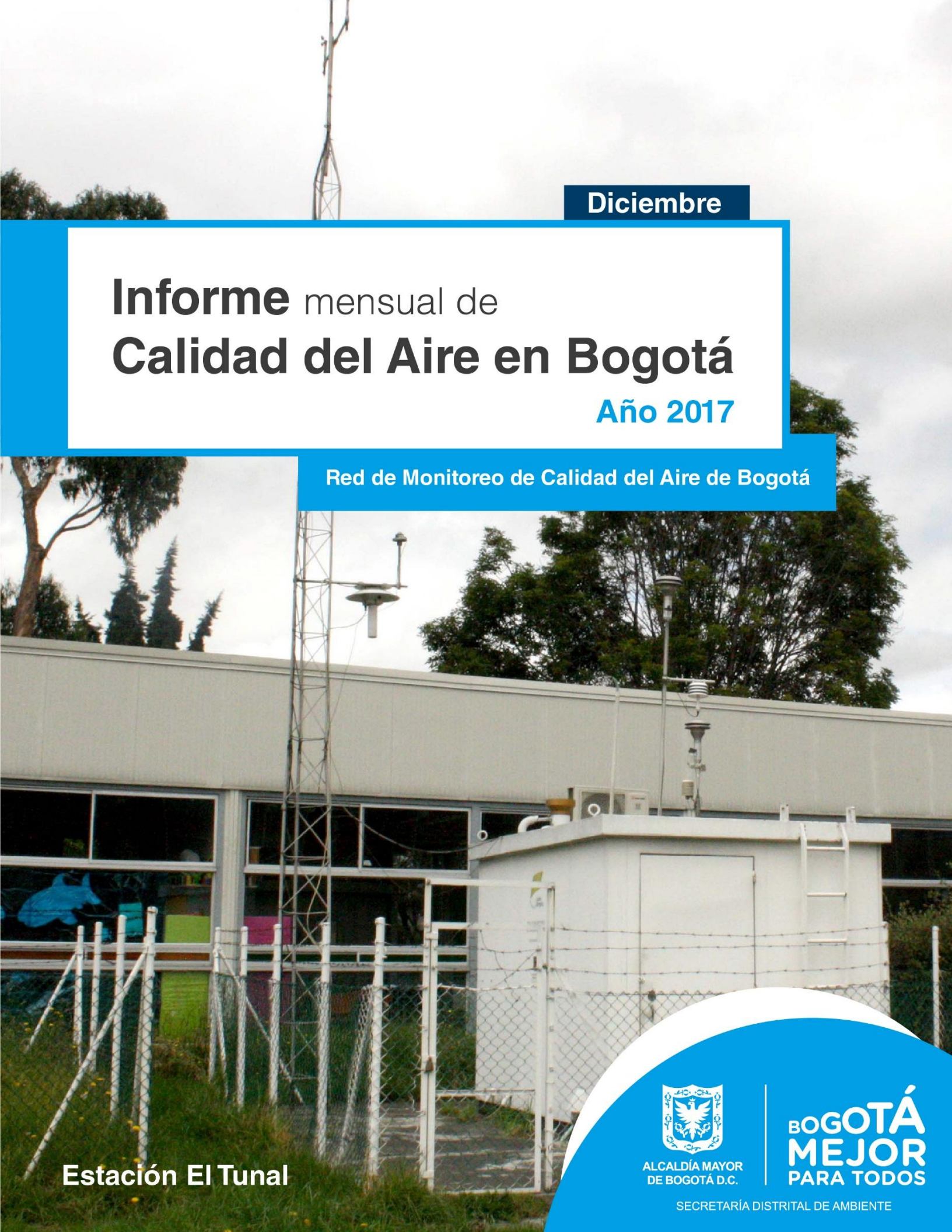
Diciembre

Informe mensual de Calidad del Aire en Bogotá

Año 2017

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá



Estación El Tunal

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 Validacion y Análisis de la RMCAB

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

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

1 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM_{10}

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos para material particulado PM_{10} en el mes de diciembre de 2017, incluyendo los promedios mensuales de concentración, concentraciones diarias máximas y fecha de ocurrencia, número de excedencias a la norma diaria y porcentaje de datos válidos en el mes.

Tabla 1. Resumen de datos de PM_{10} para diciembre de 2017

Estación	Promedio PM_{10} ($\mu g/m^3$)	MáximoPM_{10} ($\mu g/m^3$)	Fecha máximo PM_{10}	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral	36	60	21/12/2017	0	81%
Usaquén	45	72	01/12/2017	0	94%
Suba	54	76	20/12/2017	0	84%
Las Ferias	45	78	19/12/2017	0	90%
C.D.A.R.	36	66	19/12/2017	0	94%
Puente Aranda	52	85	21/12/2017	0	100%
Kennedy	57	90	20/12/2017	0	84%
Carvajal - Sevillana	65	114	19/12/2017	1	97%
Tunal	42	69	19/12/2017	0	100%
San Cristóbal	34	52	21/12/2017	0	100%

La Figura 1 presenta los promedios mensuales y máximos diarios por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual se presentaron en el suroccidente de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana (**65 $\mu g/m^3$**) y Kennedy (**57 $\mu g/m^3$**), y en la zona norte en la estación Suba (**54 $\mu g/m^3$**). Las menores concentraciones se presentaron en la zona sur para la estación San Cristóbal (**34 $\mu g/m^3$**) y en la zonas centro y norte en las estaciones Centro de Alto Rendimiento y Guaymaral (**36 $\mu g/m^3$**). Aunque las concentraciones más altas se registran en el suroccidente, también se observa un aumento de la contaminación por material particulado al norte y sur de la ciudad en comparación con meses anteriores.

La concentración máxima diaria para el mes fue de **114 $\mu g/m^3$** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **90 $\mu g/m^3$** en Kennedy y **85 $\mu g/m^3$** en Puente Aranda; el valor máximo reportado en la estación Carvajal - Sevillana sobrepasó la norma nacional diaria (100 $\mu g/m^3$). Los valores máximos en las diferentes estaciones se presentaron en su mayoría entre el 19 y 21 de diciembre, lo cual se puede asociar al aumento en el tráfico en la ciudad por la temporada comercial previa al día de Navidad.

A partir de la cuarta semana de noviembre se suspendió el monitoreo en la estación MinAmbiente, debido a que se están realizando obras en la terraza donde se ubica la misma, por lo cual no se reportaron datos para el mes de diciembre para concentraciones de contaminantes y parámetros meteorológicos.

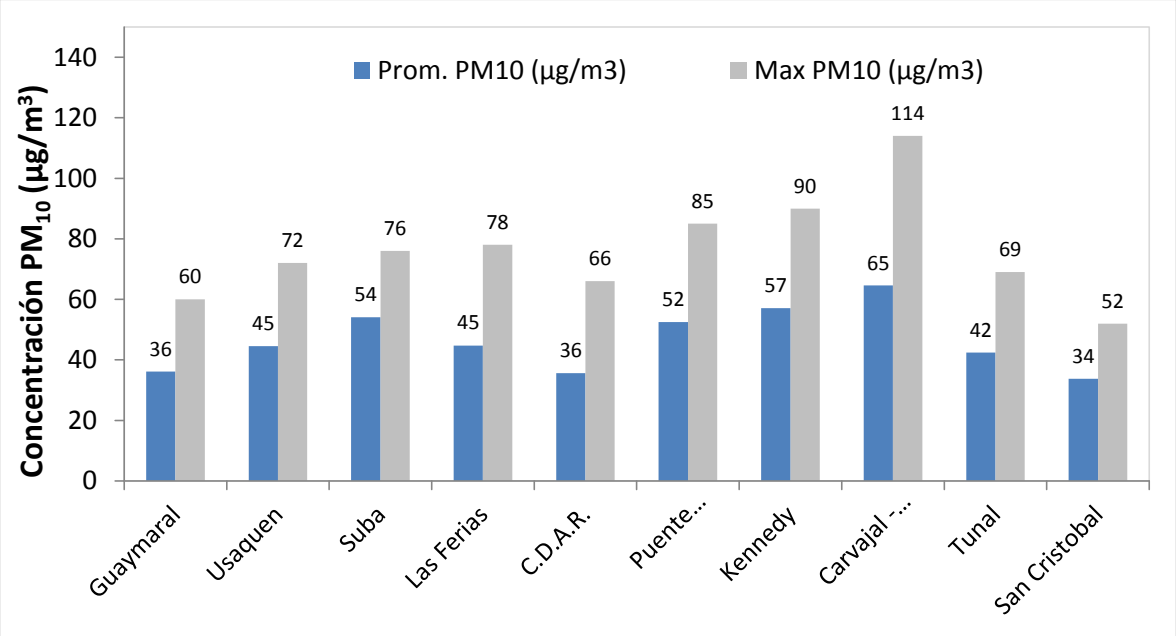


Figura 1. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM_{10} - diciembre 2017

La Figura 2 presenta las concentraciones diarias de PM_{10} del mes 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_{10} se presentaron en la zona suroccidente (Carvajal-Sevillana, Kennedy y Puente Aranda), especialmente en la tercera semana del mes; las concentraciones más bajas se observan en la zona sur (San Cristóbal) y zona centro (Centro de Alto Rendimiento), en la primera semana del mes. En el mes de diciembre de 2017 se presentó una (1) excedencia a la norma nacional diaria de PM_{10} (100 µg/m³) en la estación Carvajal-Sevillana, el día 19 del mes.

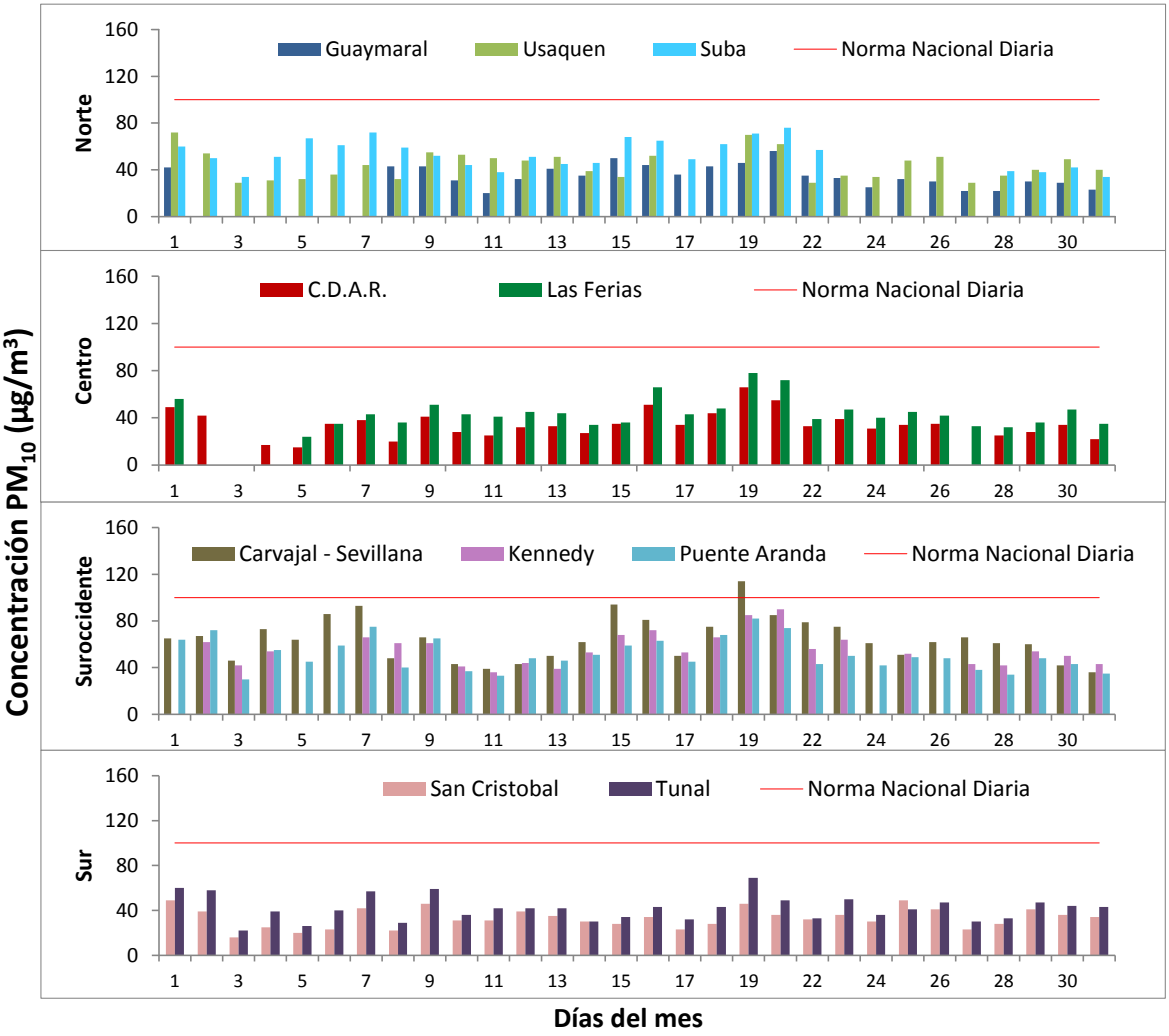


Figura 2. Comportamiento de las concentraciones diarias de PM_{10} para diciembre de 2017

En la Figura 3 se evidencia el comportamiento interanual de las concentraciones de PM_{10} para el mes de diciembre en los últimos 3 años. Teniendo en cuenta las estaciones que tienen datos representativos para los años 2015, 2016 y 2017, se observa que las estaciones Carvajal-Sevillana, Puente Aranda y Tunal han tenido las mayores variaciones de concentración en los últimos años. Por otro lado, en las estaciones Usaquén y San Cristóbal hay una tendencia al incremento de las concentraciones con el paso del tiempo, aunque en la mayoría de las estaciones las concentraciones más altas se registraron en el año 2016. En el mes de diciembre, las estaciones Carvajal-Sevillana, Puente Aranda y Kennedy tendieron a presentar las concentraciones más altas, mientras que las estaciones Centro de Alto Rendimiento y San Cristóbal tienden a registrar las menores concentraciones de PM_{10}.

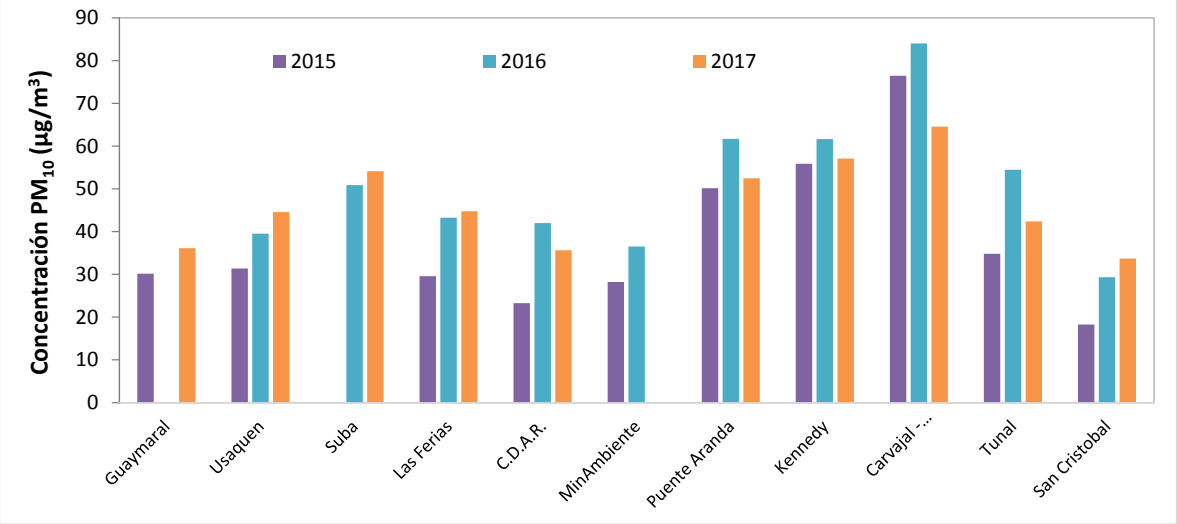


Figura 3. Comportamiento interanual de las concentraciones PM_{10} (2015-2016-2017) para los meses de diciembre

En la Figura 4 se representan los promedios mensuales de concentración de PM_{10} registrados por las 11 estaciones que monitorearon este contaminante en el mes de diciembre, por medio del uso de la interpolación Kriging para evidenciar mediante una escala de colores las concentraciones que se presentaron en diferentes zonas de la ciudad, y mediante un campo vectorial la magnitud de la velocidad y dirección del viento registradas en el mes.

De acuerdo a esta representación, se observa que en el mes de diciembre la zona suroccidente de la ciudad presenta los mayores niveles de contaminación por PM_{10}, con concentraciones entre 51 y 70 µg/m^3, en las localidades de Bosa, Kennedy, la zona occidental de las localidades Puente Aranda, Tunjuelito y Ciudad Bolívar y en la zona noroccidental en el área de influencia de la estación Suba, mientras que las concentraciones más bajas se registraron en el norte, centro y sur de la ciudad, en las áreas de influencia de las estaciones Guaymaral, Centro de Alto Rendimiento y San Cristóbal con concentraciones entre 31 y 40 µg/m^3. Adicionalmente, en la zona suroccidente se registraron las mayores velocidades del viento, y la dirección del viento predomina en sentido oriente -occidente y de norte a sur, como ha ocurrido en los meses previos a noviembre.

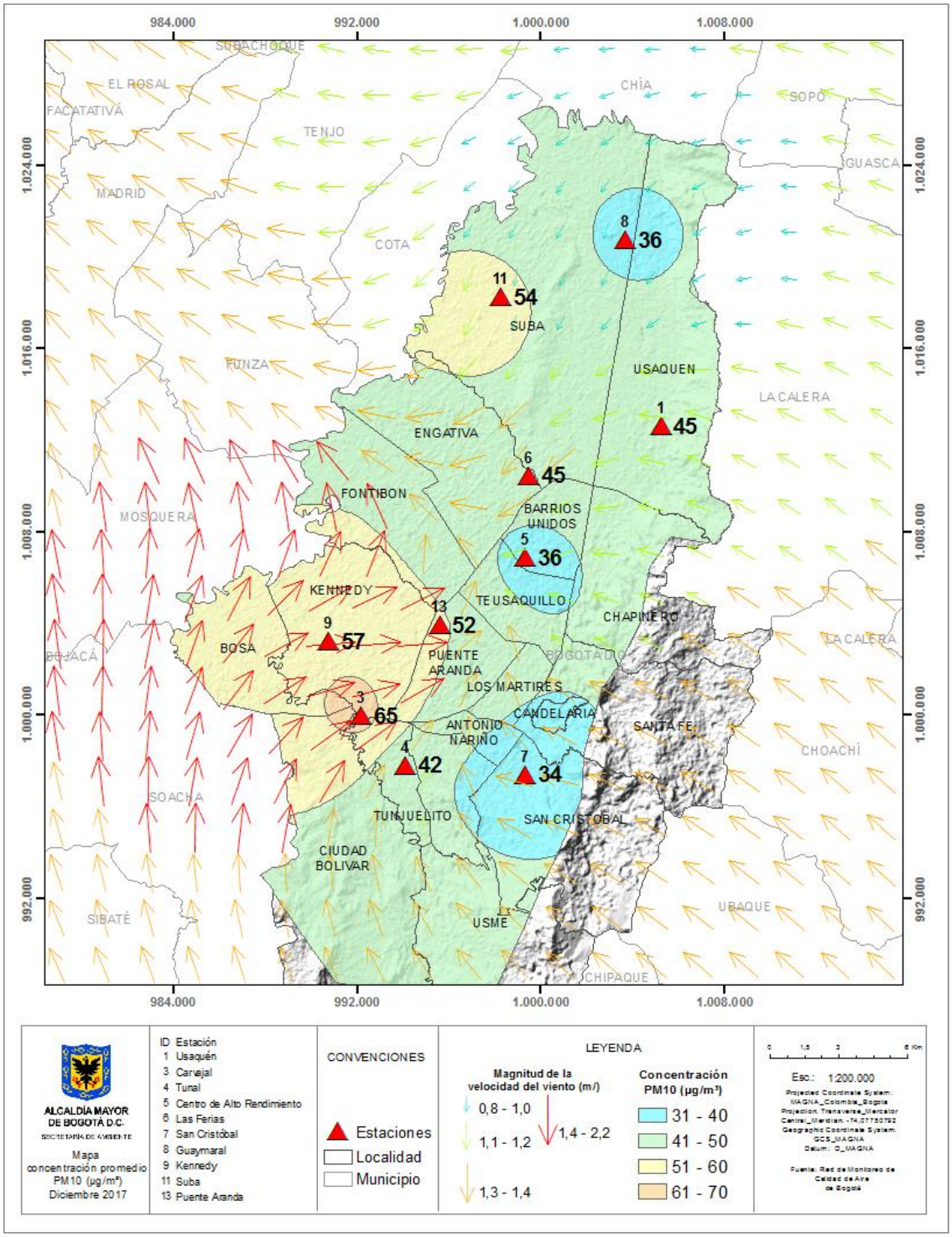


Figura 4. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM_{10} con base en el método de interpolación de Kriging – Diciembre 2017

1.1 INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA) – PM_{10}

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_{10}, la Figura 5 muestra el comportamiento del IBOCA para los promedios móviles de 24 horas en cada una de las estaciones de monitoreo con representatividad de datos superior al 75%. Se observa que predominan las categorías "favorable" y "moderada" para todas las estaciones. La estación Carvajal-Sevillana presenta la condición de calidad del aire "moderada" en mayor proporción, en un 73% del mes, mientras que la estación San Cristóbal presentó las mejores condiciones ambientales en el mes, con una condición de "Favorable" el 99%, como se observa en la Tabla 2.

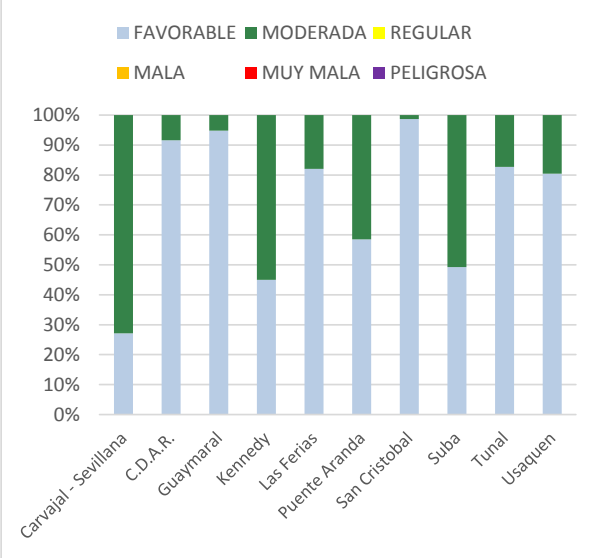


Figura 5. IBOCA para PM_{10} por estación en diciembre 2017

Tabla 2. Porcentaje del tiempo por categoría de IBOCA para PM_{10}

IBOCA PM10		
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA
Carvajal - Sevillana	27%	73%
C.D.A.R.	92%	8%
Guaymaral	95%	5%
Kennedy	45%	55%
Las Ferias	82%	18%
Puente Aranda	58%	42%
San Cristobal	99%	1%
Suba	49%	51%
Tunal	83%	17%
Usaquen	80%	20%

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 diciembre de 2017, incluyendo los promedios mensuales de concentración, concentraciones diarias máximas y fecha de ocurrencia, número de excedencias a la norma diaria y porcentaje de datos válidos en el mes.

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

Estación	Promedio $PM_{2.5}$ (µg/m³)	Máximo $PM_{2.5}$ (µg/m³)	Fecha máximo $PM_{2.5}$	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral	19	33	21/12/2017	0	77%
Usaquén	14	27	01/12/2017	0	94%
Suba	22	34	20/12/2017	0	84%
Las Ferias	18	31	19/12/2017	0	100%
C.D.A.R.	18	30	19/12/2017	0	97%
Puente Aranda	21	33	19/12/2017	0	100%
Kennedy	30	47	20/12/2017	0	87%
Carvajal - Sevillana	30	56	19/12/2017	1	97%
Tunal	23	39	01/12/2017	0	97%
San Cristóbal	19	32	29/12/2017	0	84%

La Figura 6 presenta los promedios mensuales y máximos diarios por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual se presentaron en el suroccidente de la ciudad en las estaciones Carvajal - Sevillana y Kennedy (**30 µg/m³**); mientras que las menores concentraciones se presentaron en las estaciones Usaquén (**14 µg/m³**), Las Ferias y Centro de Alto Rendimiento (**18 µg/m³**). Se observa que la distribución espacial de este contaminante sigue un patrón similar al del PM_{10}, registrando concentraciones altas en la zona suroccidente y concentraciones bajas en la zona centro-oriental de la ciudad.

La concentración máxima diaria para el mes fue de **56 µg/m³** en la estación Carvajal-Sevillana, la cual sobrepasó la norma nacional diaria (50 µg/m³). Los valores máximos se presentaron en su mayoría entre el 19 y 21 de diciembre, al igual que las concentraciones de PM_{10}, lo cual podría asociarse al aumento del tráfico vehicular y de la actividad comercial en los días previos a la última semana del año.

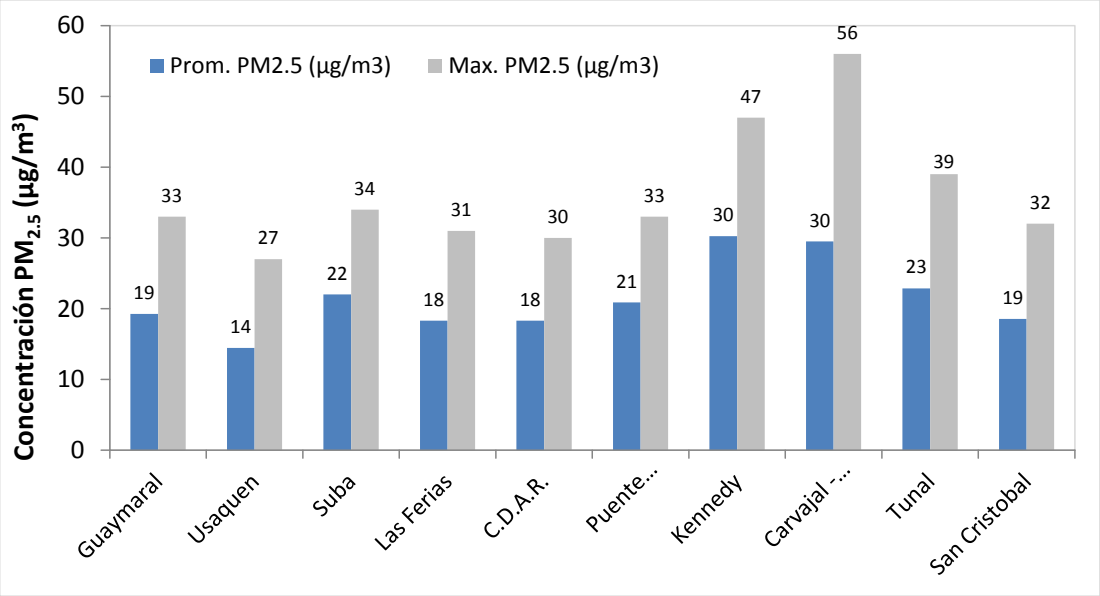


Figura 6. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de $PM_{2.5}$ - diciembre 2017

La Figura 7 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) norte (Suba) y sur (Tunal), especialmente en la tercera semana del mes; las concentraciones más bajas se observaron en la zona norte (Usaquén) y zona centro (Centro de Alto Rendimiento), en la primera semana del mes. En diciembre de 2017 se presentó una excedencia al valor establecido por la norma nacional diaria de $PM_{2.5}$ (50 µg/m³), el día 19 del mes en la estación Carvajal-Sevillana.

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

La Figura 8 presenta el comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ para el mes de diciembre en los últimos 3 años. Según las estaciones que tienen datos representativos para los años 2015, 2016 y 2017, se observa que en las estaciones Tunal y Las Ferias hubo una mayor variabilidad en las concentraciones de los tres últimos años. En las estaciones Guaymaral y San Cristóbal se observa una tendencia al aumento en las concentraciones con el paso de los años,

siendo esta última estación la que tuvo el mayor aumento con respecto al año anterior (8 µg/m^3). Para el mes de diciembre, las estaciones Carvajal-Sevillana, Kennedy y Tunal tienden a registrar los valores más altos de concentración, mientras que la estación San Cristóbal presenta los valores más bajos.

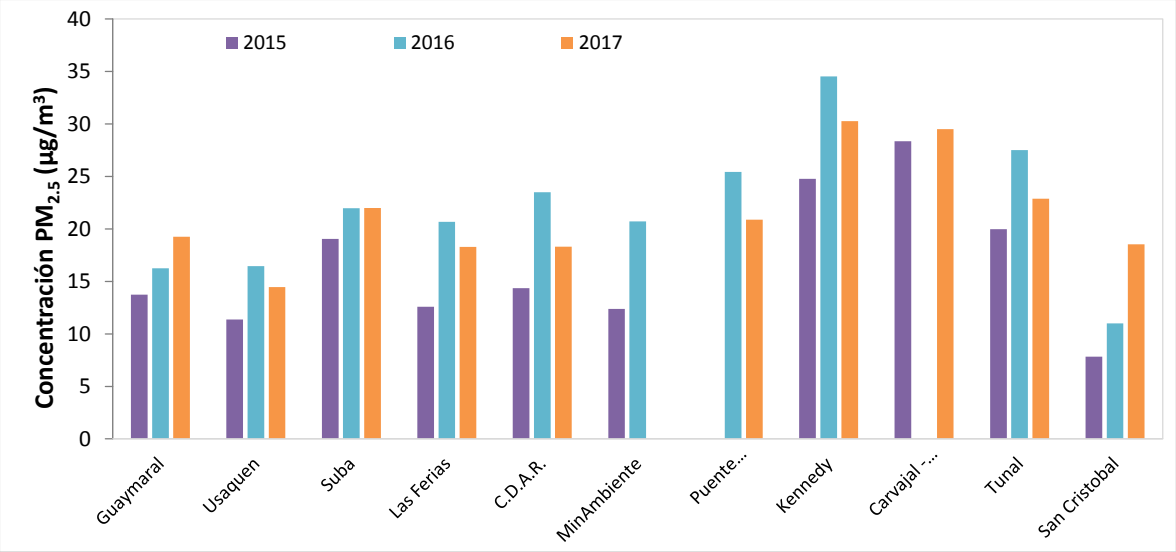


Figura 8. Comportamiento interanual de las concentraciones de $PM_{2.5}$ (2015-2016-2017) para los meses de diciembre

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 diciembre, usando la interpolación Kriging para evidenciar mediante una escala de colores las concentraciones que se presentaron en diferentes zonas de la ciudad, y mediante un campo vectorial la velocidad y dirección del viento.

Según esta representación, se observa que para el mes de diciembre la zona suroccidente de la ciudad presentó los mayores niveles de contaminación por $PM_{2.5}$, con concentraciones entre 26 y 30 µg/m^3, en las localidades de Bosa, Kennedy, y la zona occidental de las localidades Ciudad Bolívar y Tunjuelito, mientras que las concentraciones más bajas se registran en la zona aledaña a la estación Usaquén, registrando concentraciones entre 11 y 15 µg/m^3. En la zona suroccidente además se registran las mayores velocidades del viento, aunque la dirección del viento predominó en el sentido occidente-oriente, en contraste con el patrón de dirección del resto de la ciudad, de oriente a occidente.

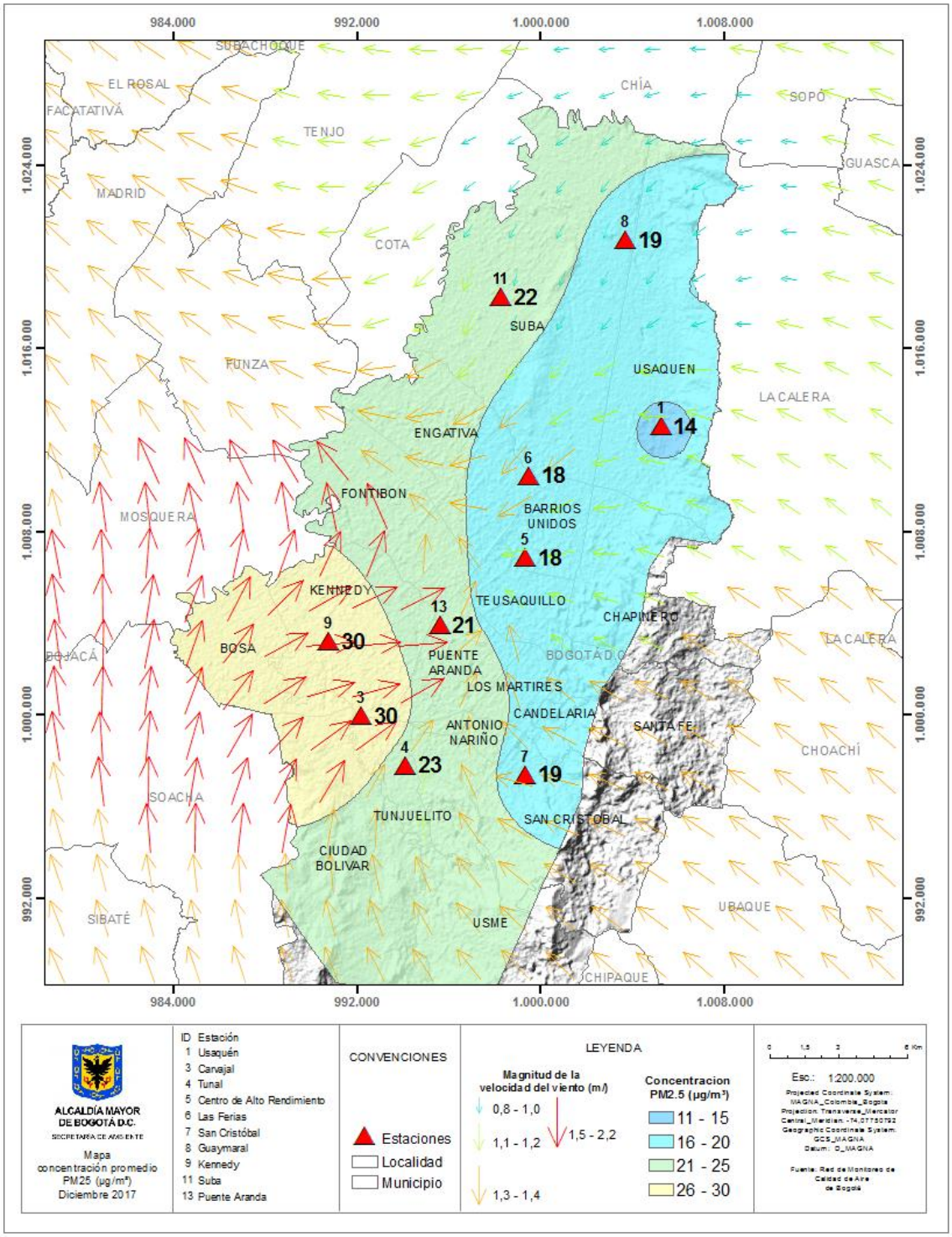


Figura 9. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de $PM_{2.5}$ con base en el método de interpolación de Kriging – Diciembre 2017

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 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 en el mes de diciembre predominan las categorías "favorable", "moderada" y "regular". La estación Carvajal - Sevillana presenta el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición "moderada" durante el 77% del mes, "regular" el 23% del mes y "mala" el 1% del mes, mientras que la estación Usaquén presenta el mejor estado con una condición "favorable" el 39% del mes, como se observa en la Tabla 4.

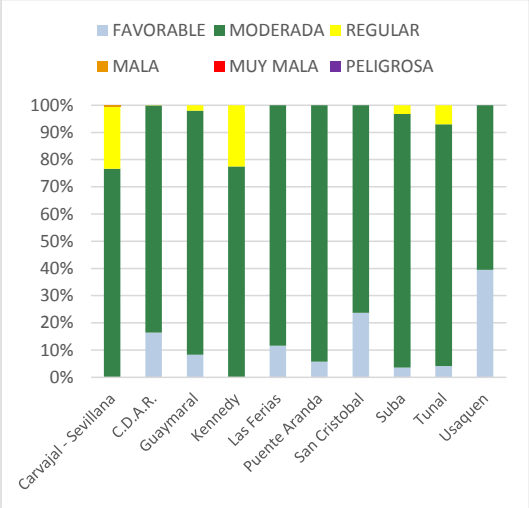


Figura 10. IBOCA para $PM_{2.5}$ por estación en diciembre 2017

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

IBOCA PM2.5				
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA	REGULAR	MALA
Carvajal - Sevillana	0%	77%	23%	1%
C.D.A.R.	16%	83%	0%	0%
Guaymaral	8%	90%	2%	0%
Kennedy	0%	77%	23%	0%
Las Ferias	12%	88%	0%	0%
Puente Aranda	6%	94%	0%	0%
San Cristóbal	24%	76%	0%	0%
Suba	3%	92%	3%	0%
Tunal	4%	89%	7%	0%
Usaquén	39%	61%	0%	0%

3 COMPORTAMIENTO DE LA CONCENTRACIÓN DE OZONO (O_3). PROMEDIOS MÓVILES DE 8 HORAS.

La Tabla 5 presenta los datos obtenidos para ozono - O_3 - en el mes de diciembre 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 O_3 para diciembre de 2017

Estación	Promedio O_3 8h (µg/m³)	Max. O_3 8h (µg/m³)	Fecha máximo O_3	Excedencias 8h	Captura de datos (%)
Guaymaral	27	88	19/12/2017	14	83%
Usaquén	24	74	19/12/2017	0	97%
Suba	28	109	20/12/2017	25	100%
Las Ferias	15	63	19/12/2017	0	100%
Puente Aranda	11	56	19/12/2017	0	97%

Estación	Promedio O_3 8h (µg/m³)	Max. O_3 8h (µg/m³)	Fecha máximo O_3	Excedencias 8h	Captura de datos (%)
Kennedy	6	24	19/12/2017	0	78%
Carvajal - Sevillana	17	76	19/12/2017	0	98%
Tunal	18	68	19/12/2017	0	100%
San Cristóbal	25	53	13/12/2017	0	99%

La Figura 11 presenta las concentraciones mensuales y máximas 8 horas por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual 8 horas se presentaron en la estación Suba con **28 µg/m³** y Guaymaral con **27 µg/m³**; las menores concentraciones se presentaron en el suroccidente en la estación Kennedy (**6 µg/m³**) y la estación Puente Aranda (**11 µg/m³**). Según estas concentraciones, se puede observar que existe una dinámica diferente para este contaminante frente al material particulado en términos de localización y horas de concentración máxima.

La concentración máxima con base en promedios 8 horas fue de **109 µg/m³** en la estación Suba, seguida de **88 µg/m³** en la estación Guaymaral. El mayor número de concentraciones máximas se registraron el 19 de diciembre, al igual que la fecha en que se registró mayor número de valores máximos de material particulado.

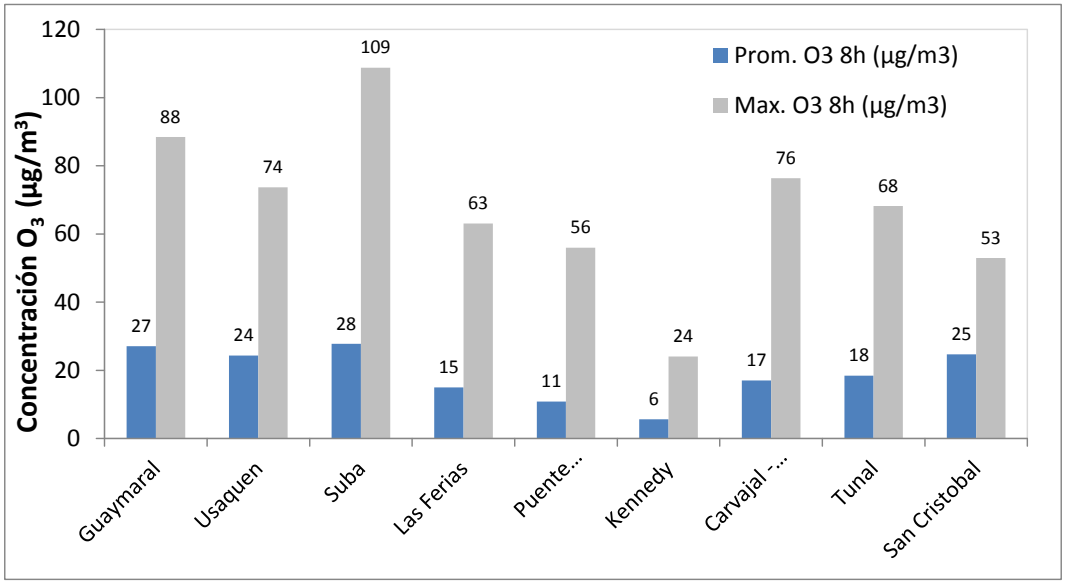


Figura 11. Promedios de las concentraciones 8 horas y valores máximos de O_3 - diciembre 2017.

La Figura 12 presenta el comportamiento de la captura de datos durante el mes de diciembre y las concentraciones comparadas respecto a la norma nacional 8 horas. De acuerdo a las gráficas por estación, se observa que las concentraciones más altas de O_3 se presentaron en las estaciones Guaymaral, Suba y Usaquén, aunque en todas las estaciones se registraron las mayores concentraciones en la tercera semana del mes; las concentraciones más bajas se observaron en las estaciones Kennedy y Puente Aranda, en la última semana del mes. En diciembre de 2017, se presentaron 39 excedencias a la norma 8 horas de O_3 (80 µg/m³), 25 en la estación Suba y 14 en Guaymaral.

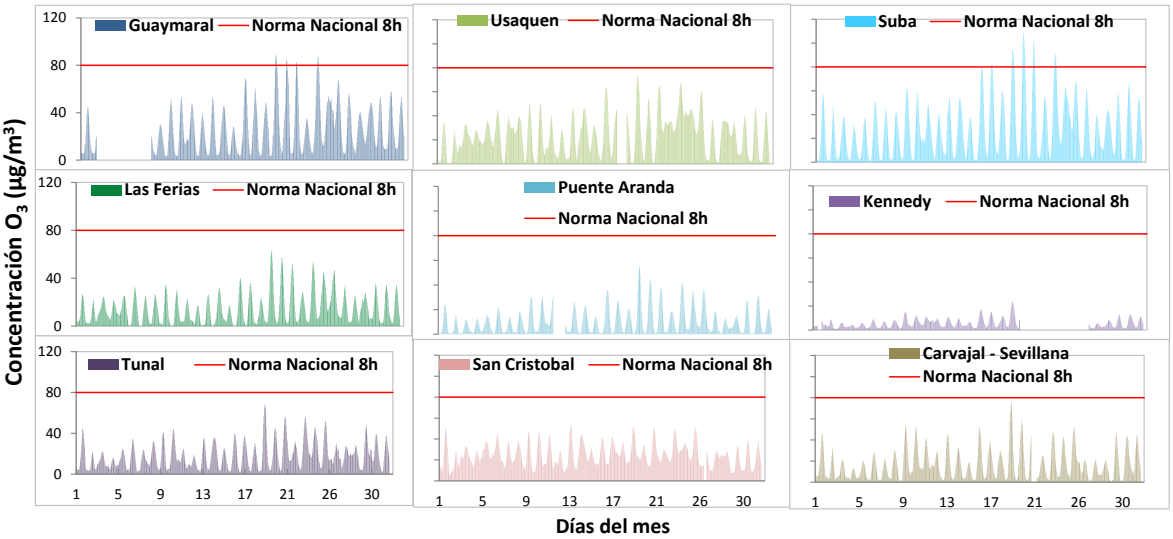


Figura 12. Comportamiento de las concentraciones de O_3 para diciembre 2017 y comparación con norma nacional.

La Figura 13 muestra el comportamiento interanual de las concentraciones de O_3 del mes de diciembre de los últimos 3 años. Según los valores de concentración registrados por las estaciones que tienen datos representativos para los años 2015, 2016 y 2017, se observa que las estaciones Kennedy y Usaquén hubo una mayor variabilidad de las concentraciones en los últimos tres años, siendo esta última la que presentó una mayor reducción con respecto al valor del 2015 en 18 µg/m^3. Las concentraciones del mes de diciembre en las estaciones Guaymaral y Suba tienden a incrementarse en los últimos tres años, mientras que las concentraciones de las estaciones Puente Aranda y Kennedy han descendido en este mismo período, con lo cual la contaminación por ozono es menor en la zona suroccidental, lo cual contrasta con los altos niveles de material particulado que se registran en la misma zona.

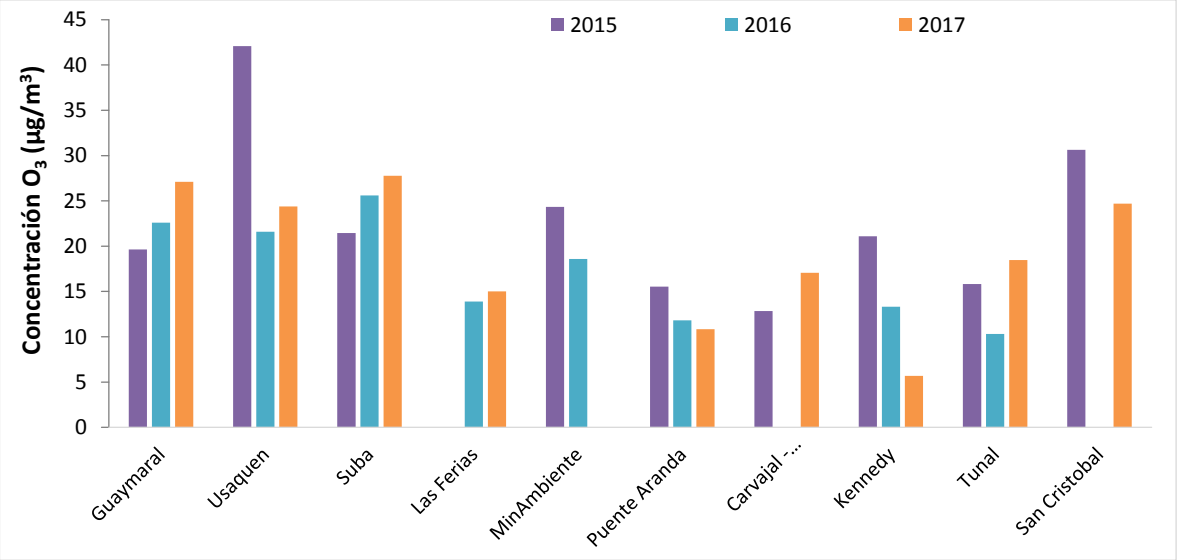


Figura 13. Comportamiento interanual O_3 (2015-2016-2017) para los meses de diciembre

3.1 INDICE BOGOTANO DE CALIDAD DEL AIRE (IBOCA) – O_3

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 O_3, 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 diciembre.

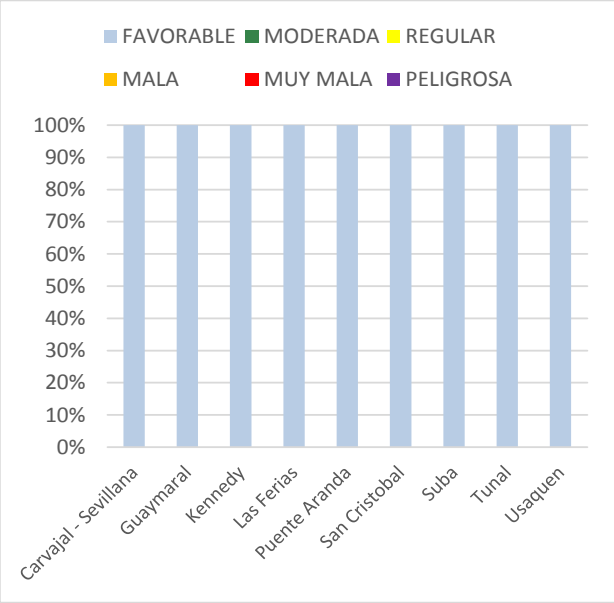


Figura 14. IBOCA para O_3 por estación en diciembre 2017

Tabla 6. Porcentaje del tiempo por categoría de IBOCA para O_3

IBOCA O3	
ESTACIÓN	FAVORABLE
Carvajal - Sevillana	100%
Guaymaral	100%
Kennedy	100%
Las Ferias	100%
Puente Aranda	100%
San Cristobal	100%
Suba	100%
Tunal	100%
Usaquen	100%

4 COMPORTAMIENTO DIARIOS DE LAS CONCENTRACIONES DE SO_2, NO_2, CO.

La Figura 15, Figura 17, y Figura 19 presentan las concentraciones promedio mensuales y máximas por estación de monitoreo de dióxido de azufre (SO_2), dióxido de nitrógeno (NO_2) 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 NO_2 y SO_2, 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 SO_2, NO_2 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.

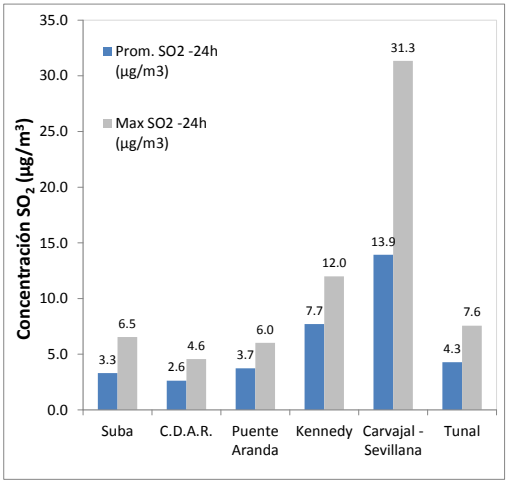


Figura 15. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de SO_2. diciembre 2017.

Tabla 7. Resumen de los promedios 24 horas para SO_2. diciembre 2017.

Estación	Prom. SO_2 - 24h (µg/m³)	Max SO_2 -24h (µg/m³)	Fecha máximo SO_2	Exced. 24h	Datos válidos (%)
Suba	3.3	6.5	01/12/2017	0	100%
C.D.A.R.	2.6	4.6	16/12/2017	0	97%
Puente Aranda	3.7	6.0	19/12/2017	0	94%
Kennedy	7.7	12.0	20/12/2017	0	87%
Carvajal - Sevillana	13.9	31.3	27/12/2017	0	94%
Tunal	4.3	7.6	20/12/2017	0	100%

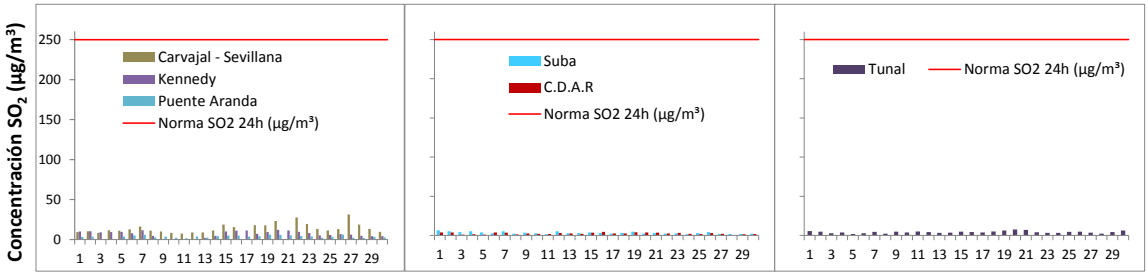


Figura 16. Comportamiento diario de SO_2 para diciembre 2017 y comparación con norma nacional

Figura 17. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de NO_2. diciembre 2017

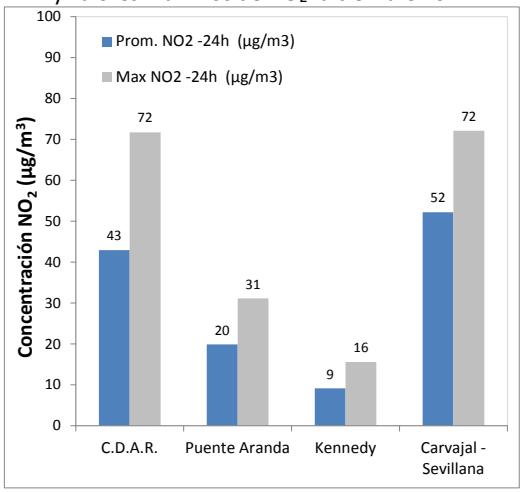


Tabla 8. Resumen de los promedios 24 horas para NO_2. diciembre 2017.

Estación	Prom. NO_2 - 24h (µg/m³)	Max NO_2 - 24h (µg/m³)	Fecha máximo NO_2	Exced. 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral *	N.R.	31	09/12/2017	0	58%
C.D.A.R.	43	72	16/12/2017	0	100%
Puente Aranda	20	31	01/12/2017	0	77%
Kennedy	9	16	06/12/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	52	72	19/12/2017	0	94%
Tunal*	N.R.	45	29/12/2017	0	39%

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

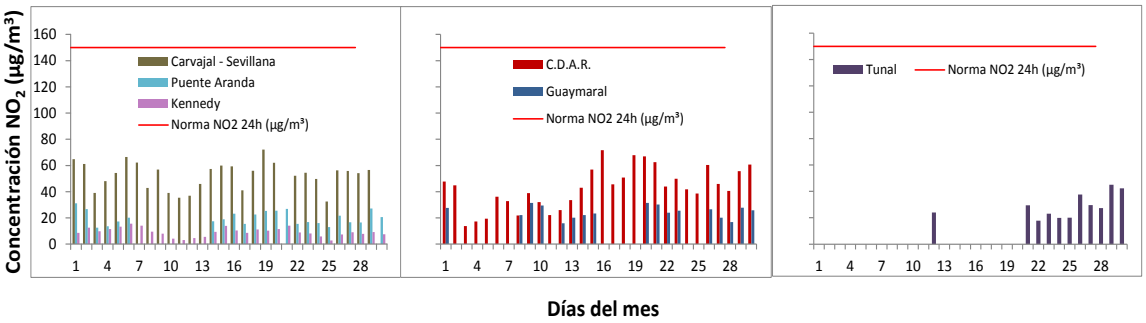


Figura 18. Comportamiento diario de NO_2 para diciembre 2017 y comparación con norma nacional

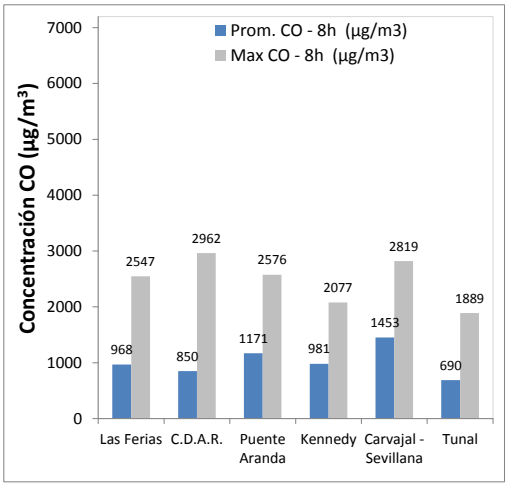


Figura 19. Promedios de las concentraciones 8 horas y valores máximos de CO diciembre 2017

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

Estación	Prom. CO -8h (µg/m₃)	Max CO - 8h (µg/m₃)	Fecha máximo CO	Exced. 8h	Datos válidos (%)
Usaquén*	N.R.	1403	14/12/2017	0	68%
Las Ferias	968	2547	01/12/2017	0	100%
C.D.A.R.	850	2962	07/12/2017	0	97%
Puente Aranda	1171	2576	02/12/2017	0	100%
Kennedy	981	2077	06/12/2017	0	99%
Carvajal - Sevillana	1453	2819	07/12/2017	0	98%
Tunal	690	1889	02/12/2017	0	95%

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

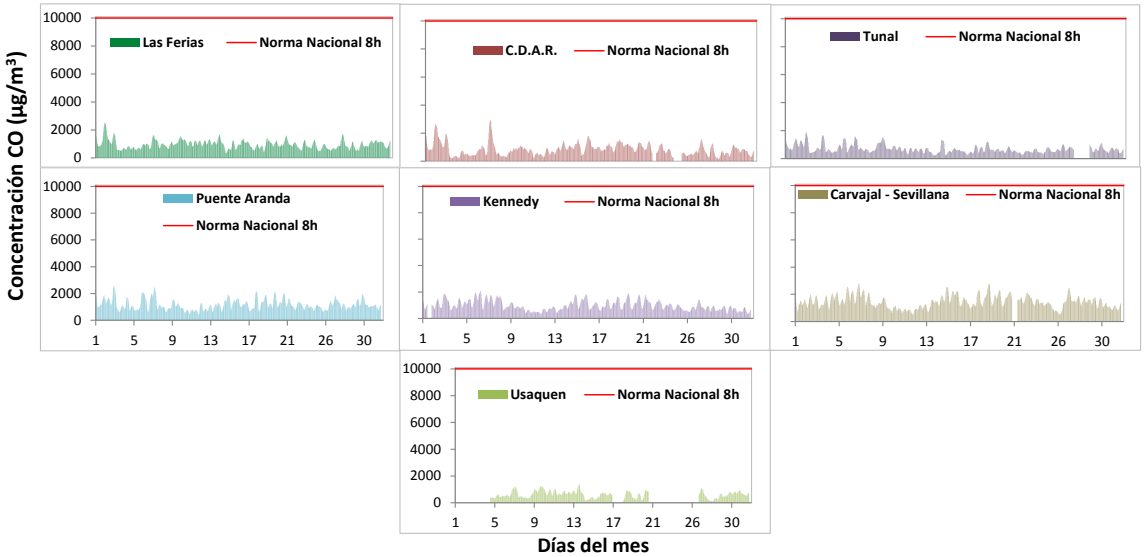


Figura 20. Comportamiento 8h de CO para diciembre 2017 y comparación con norma nacional

5 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

El mes de diciembre de 2017 se evidencia como uno de los más lluviosos de los últimos ocho años. Su contribución puede estar relacionada a la ocurrencia del Fenómeno de la Niña, declarado por el IDEAM a mediados del mes de diciembre, ante el evidente acoplamiento de los modelos oceanográficos y atmosféricos que dan cuenta de los síntomas que caracterizan este evento, es decir, enfriamiento de la superficie del Océano Pacifico Tropical (descenso de la termoclina) y la intensificación de los vientos alisios. (Ver Figura 21).

No obstante, es importante considerar que de acuerdo al consenso de los expertos, este evento de La Niña será débil, lo cual se evidencia en la Figura 21, puesto que fue 2011 el año en que se recibieron las mayores cantidades de lluvia en un mes de diciembre, con acumulados de hasta 214 mm en el sector de Las Ferias, en tanto que diciembre de 2017, solo alcanzó 154 mm hacia el sector de Usaquén.

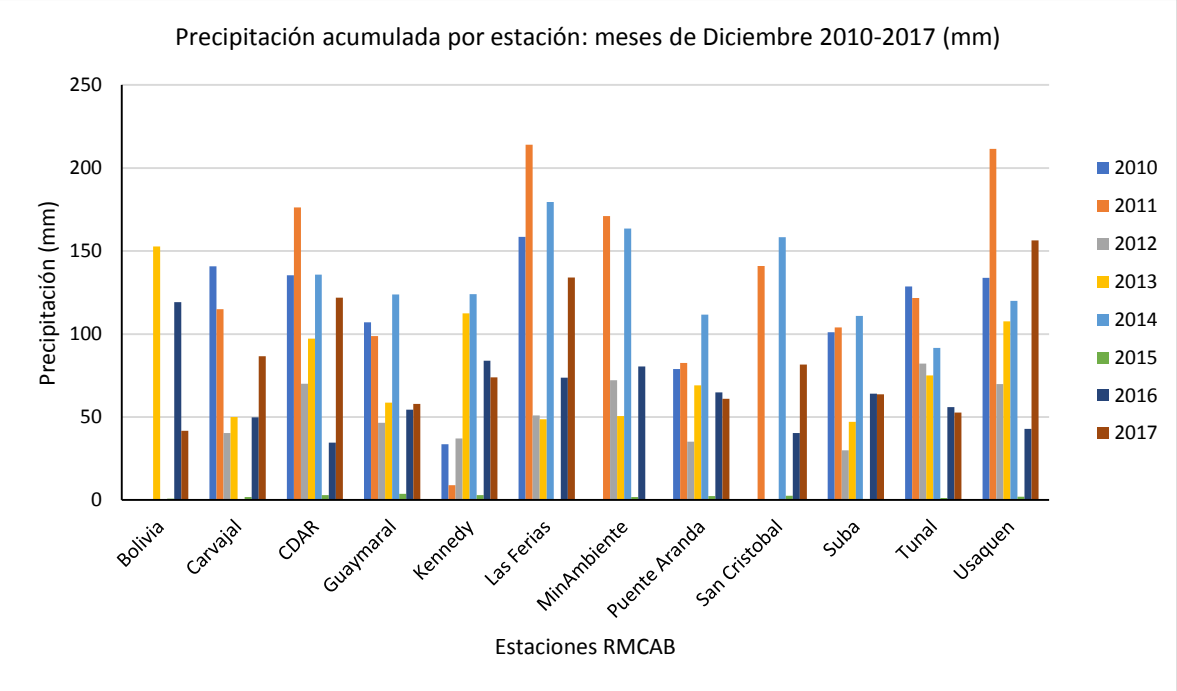


Figura 21. Variación interanual de la precipitación en los meses de diciembre 2010-2017

De este modo, se destacan los altos valores de precipitación registrados en las estaciones de Usaquén, Las Ferias y CDAR, hacia el centro y norte de la ciudad, en tanto que en Tunal y Guaymaral se registraron los acumulados más bajos en la ciudad. (Figura 22 y Tabla 10). En promedio se presentaron 12 días con lluvia en el mes de diciembre.

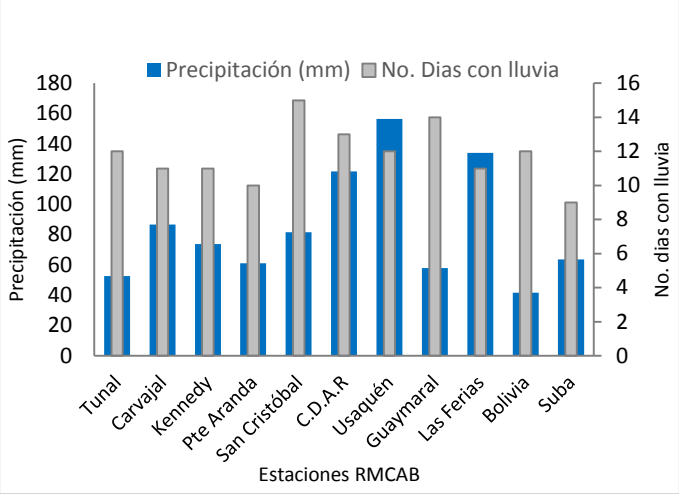


Figura 22 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (diciembre-2017).

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

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
Tunal	52,6	12
Carvajal	86,6	11
Kennedy	73,8	11
Puente Aranda	61	10
San Cristóbal	81,6	15
C.D.A.R	121,8	13
Usaquén	156,4	12
Guaymaral	57,9	14
Las Ferias	134,1	11
Bolivia	41,6	12
Suba	63,6	9

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

La Figura 23 representa el comportamiento temporal de la velocidad media del viento durante los meses de diciembre desde 2010 a 2017. El comportamiento de este parámetro en 2017 se considera estar dentro de lo normal en la mayoria de los sectores de la ciudad, en algunos casos por debajo del promedio, en otros por encima, pero se considera parte de la variabildad del elemento meteorológico.

Para la estación Puente Aranda, diciembre de 2017 es el mes con las mas bajas velocidades respecto de años anteriores, sin embargo, se observa que las velocidades del viento más altas durante el mes de diciembre de 2017 continuan ocurriendo al occidente y sur occidente de la ciudad, donde los cerros ofrecen menor influencia, a nivel superficial.

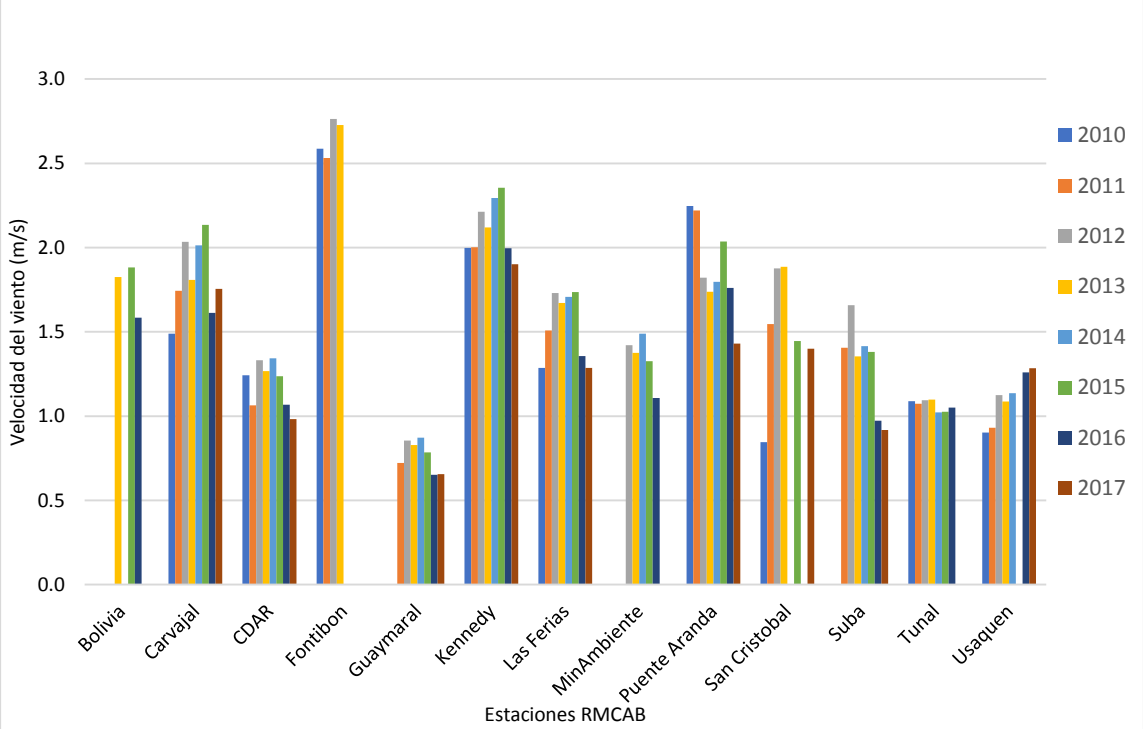


Figura 23. Comportamiento interanual de la velocidad del viento meses de diciembre (2010-2017)

En la Figura 24 y Tabla 11 se resumen los valores medios, máximos y mínimos de velocidad media mensual. En cuanto a los valores extremos, las máximas medias del viento continúan registrándose hacia el sector suroccidental en las estación Kennedy (5,6 m/s) y Carvajal (5,3 m/s); aunque se hace notorio el valor máximo promedio de 5,4 m/s reportado en el sector de Usaquén, lo cual posiblemente puede asociarse a los fuertes eventos de lluvia, los cuales traen consigo micro ráfagas de viento. Las velocidades medias mínimas, como es normal, reportan valores tendientes a cero, debido en parte a la pérdida de energía que activa el movimiento del aire en contacto con la superficie.

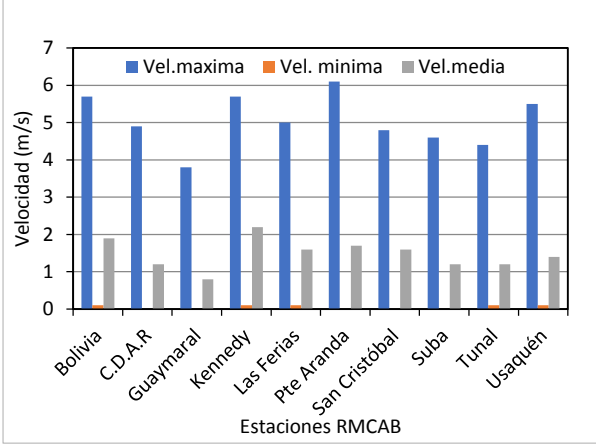


Figura 24 Velocidad del viento máxima, media y mínima por estaciones – diciembre 2017

Tabla 11. Velocidades del viento para diciembre de 2017

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

6.1 DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

En el mes de diciembre, predominaron los vientos del este, como se observa en el mapa de la Figura 25. No obstante, se evidenció una fuerte influencia de vientos del sur y suroeste con velocidades medias mensuales entre 1 a 2 m/s, que ingresaron con mayor velocidad que los vientos que se presentaron en las otras áreas de la ciudad, los cuales, en lugar de limpiar la atmósfera, probablemente contribuyeron a la introducción de contaminantes al centro de la ciudad. Sin embargo, es notorio el predominio de los vientos del este con una marcada componente sureste al sur y centro de la ciudad, y vientos del noreste hacia la zona norte. Ver Figura 45.

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

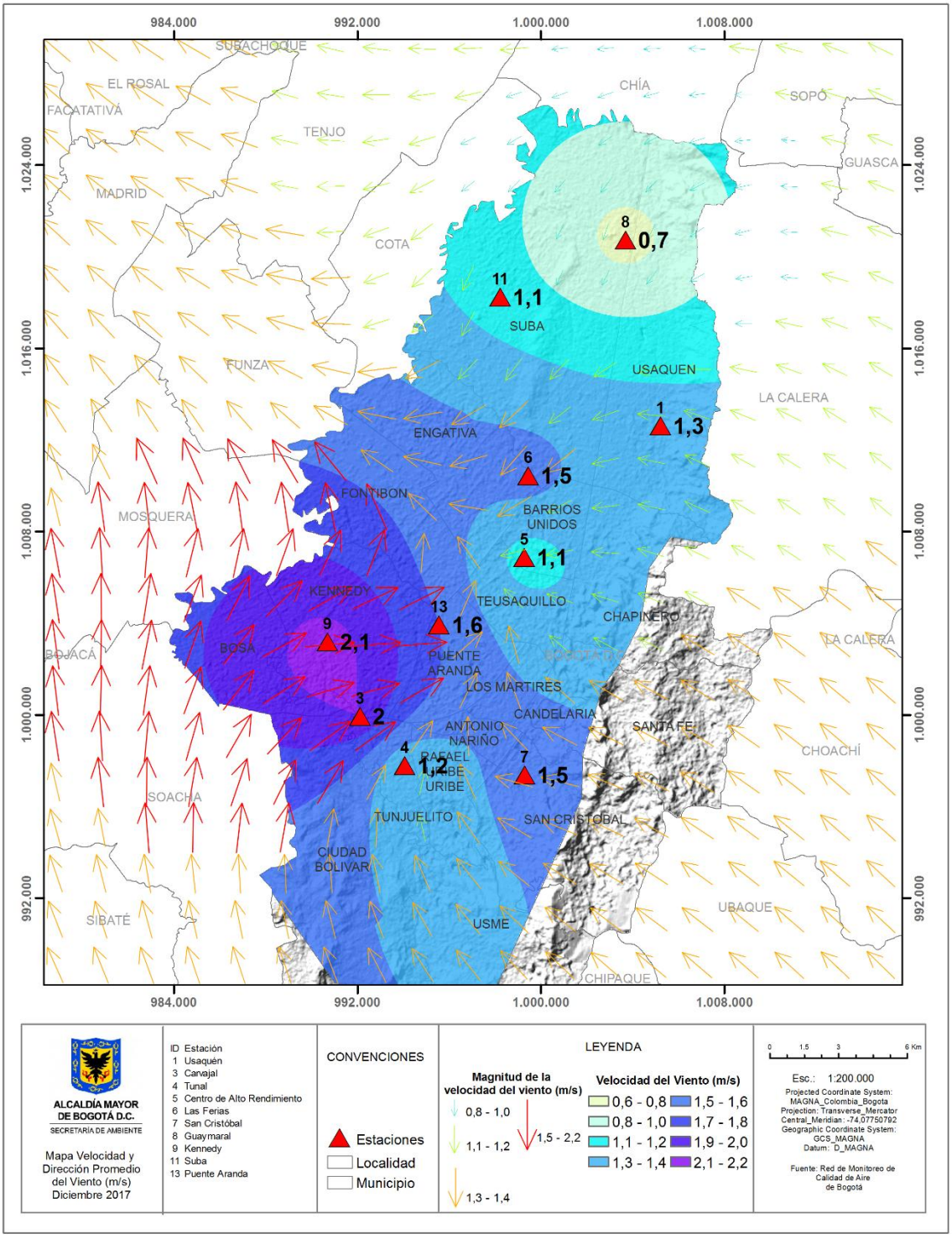


Figura 25. Velocidad promedio (Superficie en colores) y Dirección promedio (Vectores) del Viento de Bogotá con base en la interpolación de Kriging –diciembre 2017

7 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

De acuerdo con los valores históricos de temperatura de los meses de diciembre, registrados en la RMCAB desde 2010 a 2017, se han presentado ligeros incrementos en la temperatura de la ciudad; siendo el año 2015 el que ha registrado los valores más altos en las estaciones del suroccidente y centro de la ciudad. Ver Figura 26.

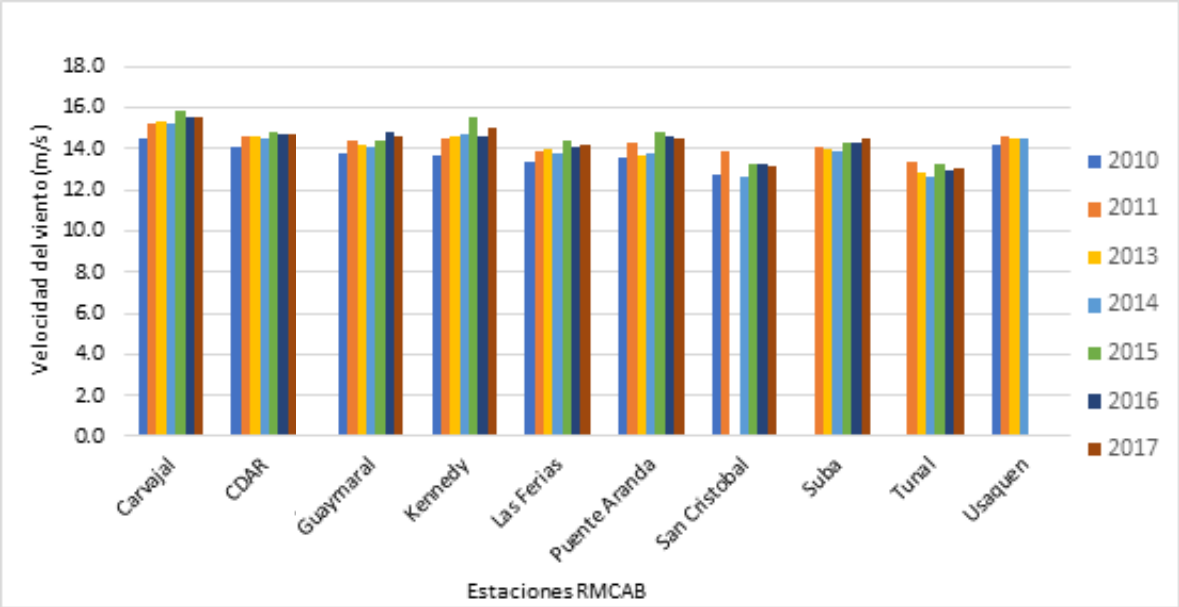


Figura 26. Comportamiento interanual de la temperatura media – meses de diciembre 2010 a 2017.

En el mes de diciembre, no hay cambios sustanciales en el patrón de temperatura, Las mayores temperaturas se registraron en el sector suroccidental de la ciudad, como ha ocurrido históricamente y las mínimas hacia el sur oriente de la ciudad. Ver Tabla 12 y Figura 27.

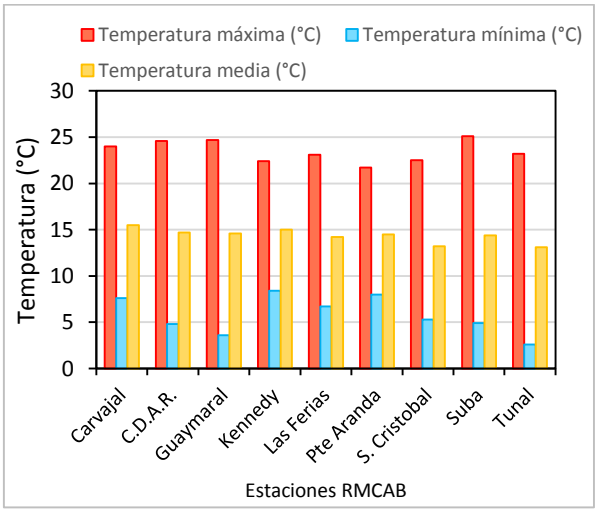


Figura 27 Temperaturas medias, máxima y mínima promedio por estaciones. diciembre 2017

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

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

En cuanto al comportamiento espacial de la temperatura del aire en superficie en el mes de diciembre, las temperaturas medias superiores a la temperatura promedio ciudad (14,4 °C) aún persisten en gran parte del territorio, sobre todo hacia el sector suroccidental, aunque en el sector suroriental se siguen registrando las temperaturas más bajas. Hubo un ligero incremento de 0,1°C hacia el sector de Guaymaral, y en el centro geográfico de la ciudad una ligera disminución de 0,1 °C. Ver Figura 28.

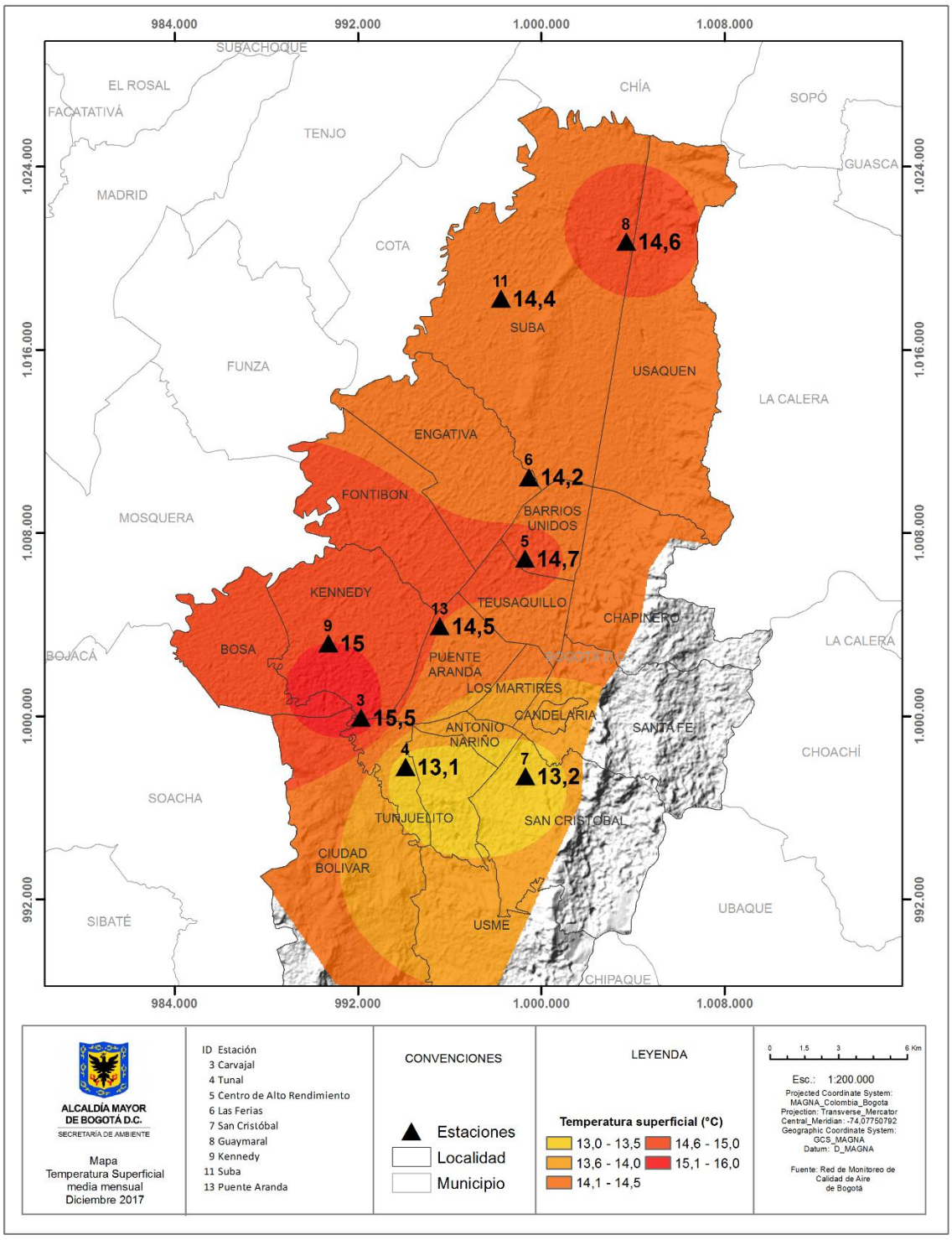


Figura 28 Mapa del promedio de temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB con base en el método de interpolación de Kriging - diciembre 2017

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

En el mes de diciembre, debido a la disminución de la nubosidad en la ciudad con respecto al mes de noviembre, se elevaron los niveles de radiación solar hacia el sector suroccidental hasta 770 W/m^2 incrementándose 110 W/m^2 respecto del mes de noviembre. En cuanto a su distribución espacial, esta fue relativamente homogénea hacia el sector sur y suroccidente de la ciudad, donde se recibió la mayor cantidad de radiación, es decir entre 740 a 770 W/m^2. Hacia el norte y la zona centro se acumularon alrededor de 563 a 574 W/m^2, respectivamente.

Dada la relación fotoquímica de la producción de ozono, se presentaron incrementos de las concentraciones horarias medias máximas de ozono (58 a 66 µg/m^3), entre las 12 am y las 5 pm hacia el sector de Guaymaral y Suba. Las concentraciones mínimas de ozono se registraron en la zona suroccidental de la ciudad, con valores del orden de 12,3 µg/m^3 hacia el sector de Kennedy. Sin embargo, hacia el sector de San Cristóbal, también se presentaron concentraciones de ozono cercanas a los 44 µg/m^3, que pueden estar asociadas a procesos de foto disociación, dadas las relativamente altas cantidades de radiación solar recibidas en el mes. Ver Figura 29 a), b), c) y d).

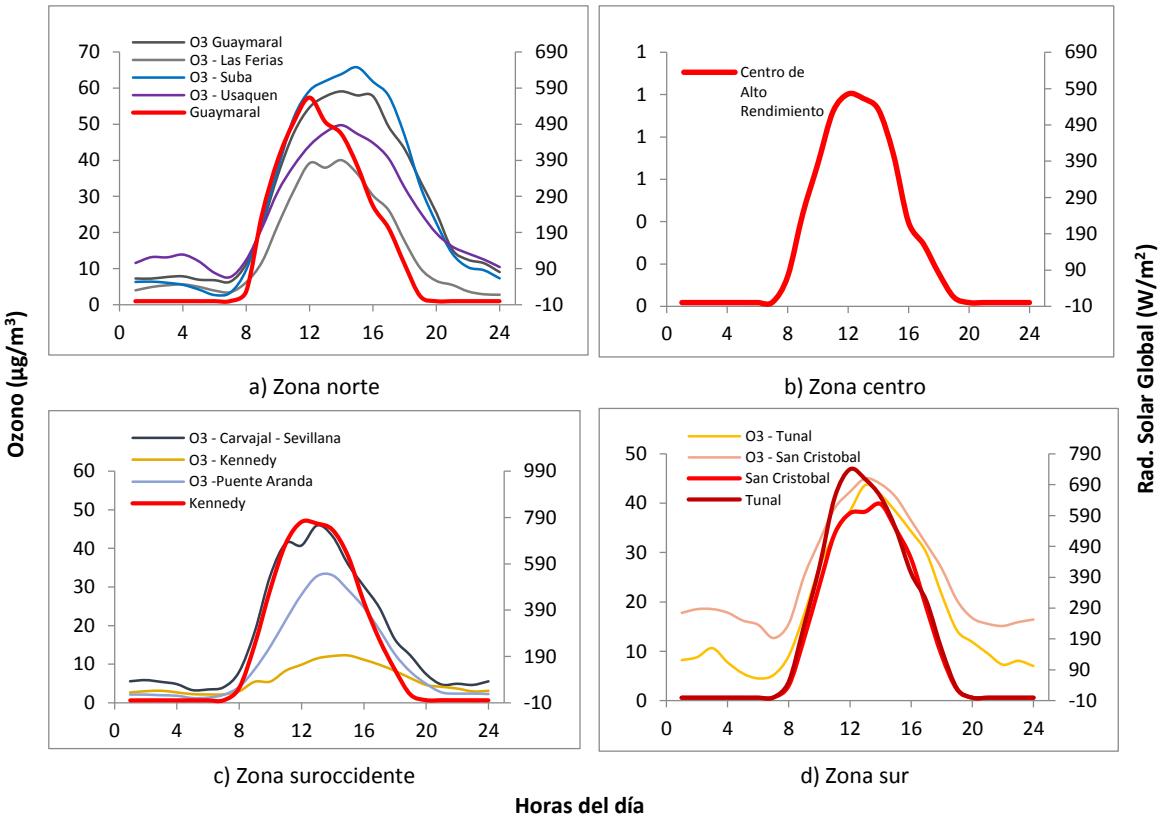


Figura 29. Comportamiento horario de O_3 (µg/m^3) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m^2), diciembre 2017.
a) - zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

10. REPORTE MENSUAL DE VALIDACIÓN SIMCAB

10.1. MODELO WRF

Los diagramas de Taylor (ver Figura 30) y los Box Plot (ver Figura 31) de las variables continuas meteorológicas muestran un comportamiento similar al del mes anterior, tanto en términos de RMSE como en correlación y desviación estándar. Para este mes, el RMSE del viento aumentó levemente con respecto al mes anterior, estando por encima de 1.5 m/s.

Al realizar el análisis por estación, se observa que la mayoría de estaciones tuvieron un comportamiento similar con pequeñas diferencias en la velocidad del viento en la estación Guaymaral, que si bien mejoró en la correlación, el RMSE aumento levemente. Lo mismo sucede con la estación San Cristóbal que aumentó su RMSE acercándose a 2 m/s, aunque su correlación aumentó en 0.1.

Por otro lado, también se observa un aumento en el RMSE de la humedad relativa de las estaciones Las Ferias y San Cristóbal, ubicándose cerca de 15% en esta última estación, Sin embargo, a nivel ciudad no se aprecian mayores cambios en esta variable.

En cuanto al ciclo diurno de la temperatura no se observan mayores cambios, sigue subestimándose la temperatura especialmente entre las 7 AM y las 11 AM. En los boxplot de la humedad relativa el modelo tiene muchos más valores entre 40 y 60% que el mes anterior, y algo similar sucede con la velocidad del viento, en donde se observa mayor frecuencia en valores modelados por encima de 3 m/s.

En términos de precipitación (ver Tabla 13) la validación se realiza con tablas de contingencia como variable categórica (lluvia – no lluvia). Los resultados indican que en general, el modelo de nuevo presenta un bias mayor a 1, lo que indica que para diciembre el modelo sobrestimó los días con lluvia. Para este mes el parámetro “probability of detection” (POD) fue alto, lo que indica que el modelo simuló bien los días con lluvia, sin embargo el BIAS y el False Alarm Ratio (FAR) indican que el modelo simuló más días con lluvia de los que en realidad se presentaron, esto a pesar de que el mes de diciembre de 2017 fue uno de los diciembres más lluviosos de los últimos años en el país.

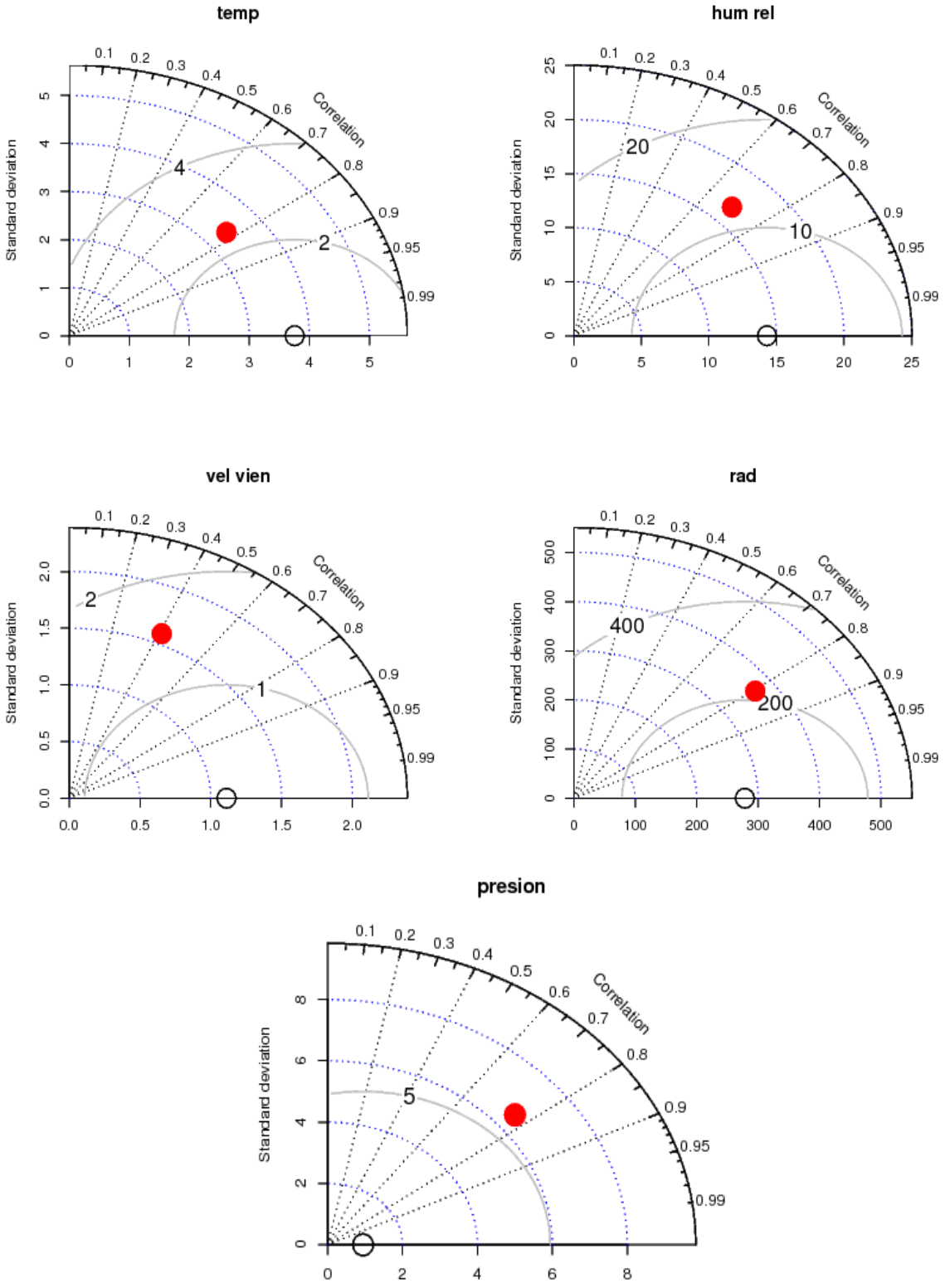


Figura 30. Diagramas de Taylor parámetros meteorológicos. Diciembre 2017

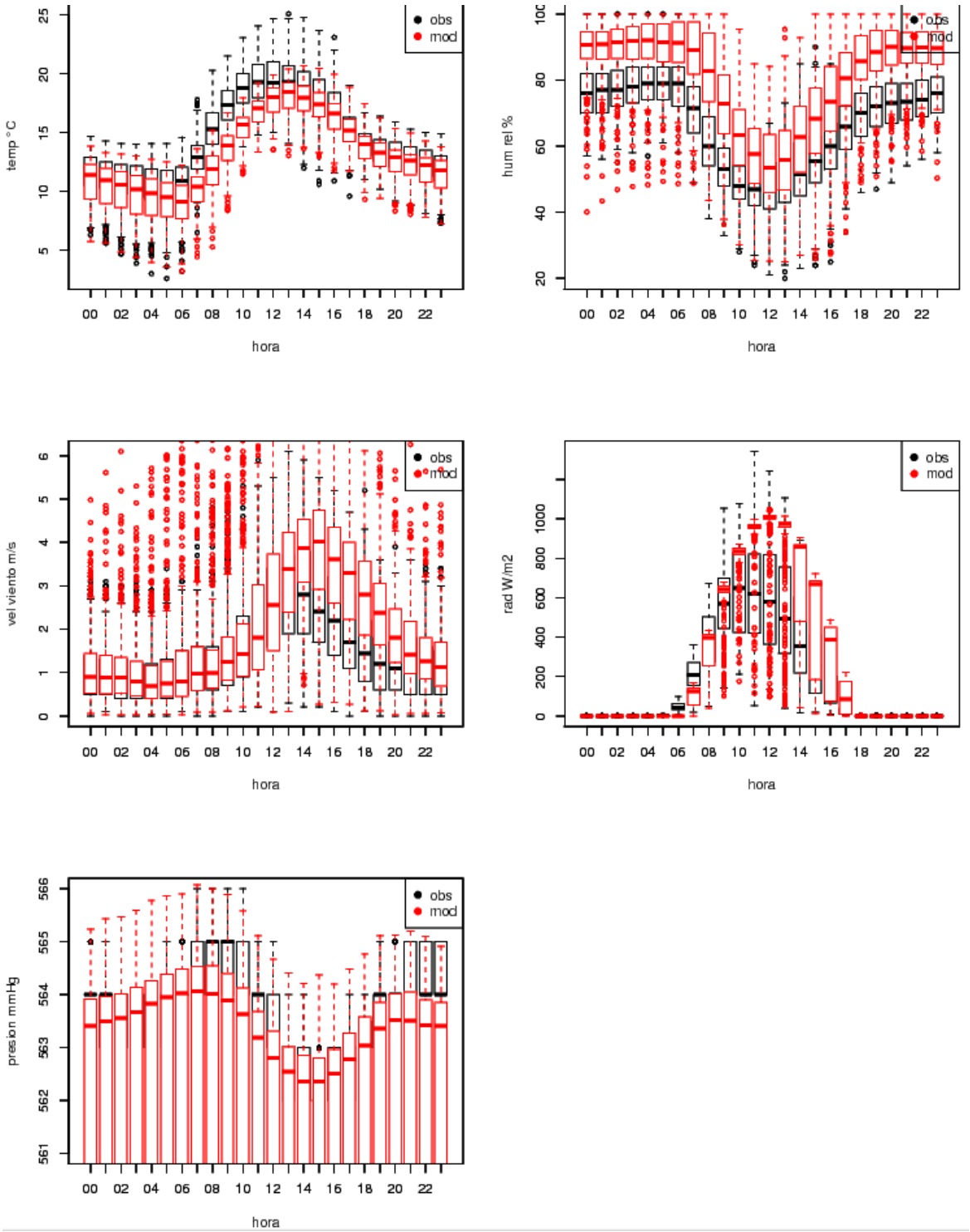


Figura 31. Box Plot parámetros meteorológicos – Diciembre 2017.

Tabla 13. Datos estadísticos de precipitación por estación - Diciembre 2017

ESTACIÓN	THREAT SCORE	POD	FAR	PERCENT CORRECT	BIAS
Carvajal-Sevillana	0.44	0.92	0.54	0.55	2
Centro de Alto Rendimiento	0.52	0.93	0.46	0.61	1.71
Guaymaral	0.5	0.93	0.48	0.55	1.8
Kennedy	0.42	0.92	0.56	0.52	2.08
Las Ferias	0.41	0.92	0.58	0.48	2.17
Puente Aranda	0.35	0.82	0.62	0.45	2.18
San Cristóbal	0.58	0.87	0.36	0.68	1.38
Suba	0.38	1	0.62	0.48	2.6
Tunal	0.46	0.85	0.5	0.58	1.69
Usaquén	0.52	1	0.48	0.61	1.92

10.2. MODELO CMAQ

A partir de los datos medidos en las estaciones de la Red de Monitoreo de Calidad de Aire de Bogotá (RMCAB), se realizó una validación del modelo fotoquímico CMAQ para los contaminantes PM_{10}, $PM_{2.5}$, O_3, NO_2, SO_2 y CO.

Para el material particulado (PM_{10} y $PM_{2.5}$), se realizó el diagrama de Taylor para los promedios diarios, dado que éstos valores son los que se comparan con los niveles establecidos por la normatividad vigente. Con los ajustes a los resultados producto del análisis del modelo con observaciones en meses anteriores, se estableció que, para PM_{10}, el modelo tiene una correlación de Pearson cercana a 0.6, y adicionalmente el modelo presenta un RMSE cercano a 14 µg/m³. Por otro lado, para $PM_{2.5}$ el modelo tiene una correlación con respecto a los datos observados de 0.6, con un RMSE de 7 µg/m³.

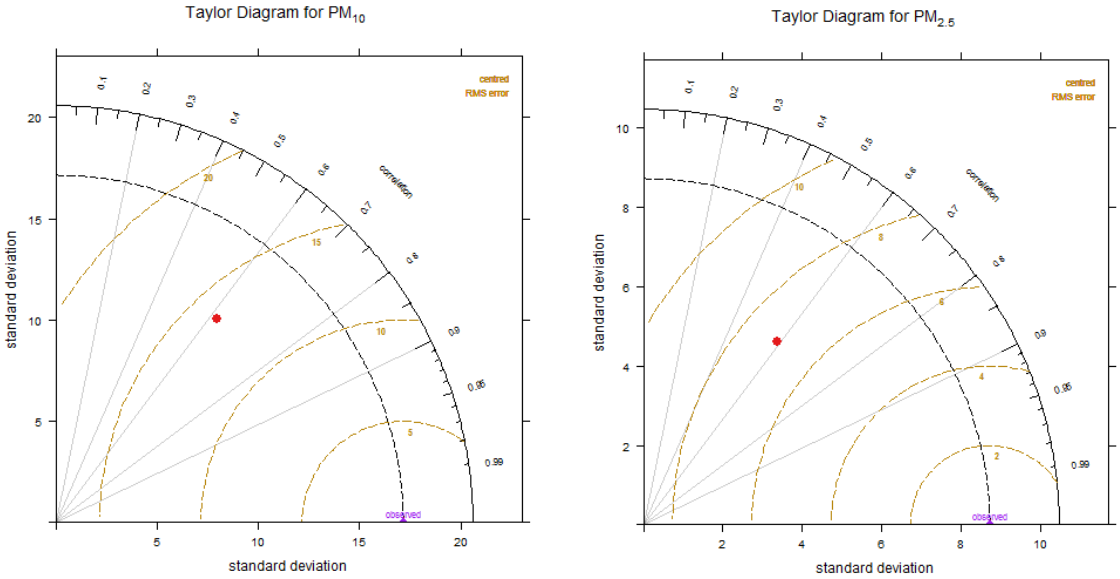
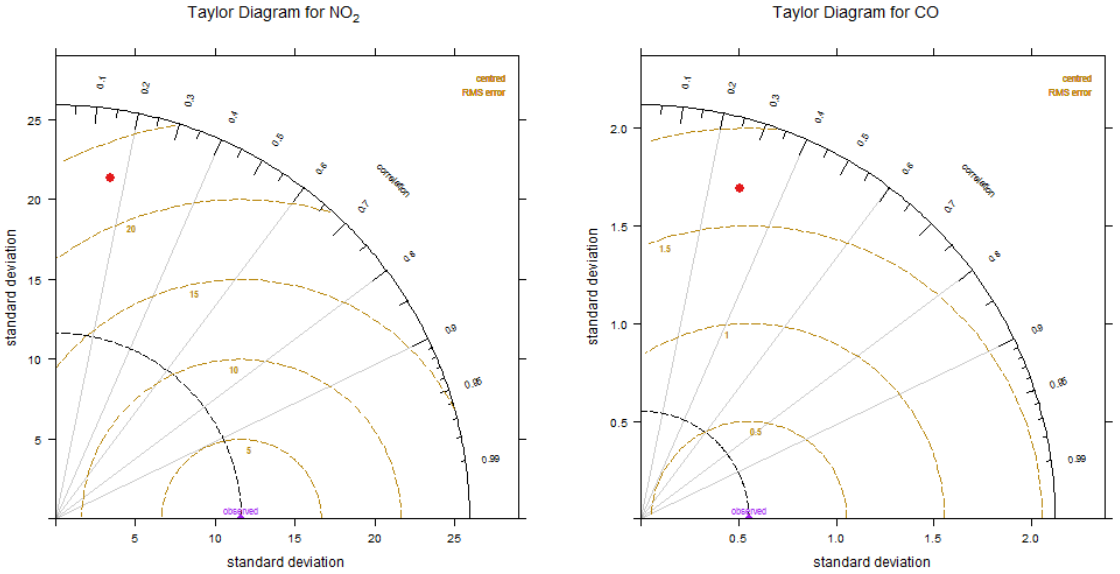


Figura 32: Diagramas de Taylor para material particulado, en métrica diaria

En cuanto a los gases, el ozono es el que mejor se representa en métrica horaria por el modelo con un RMSE menor a 13 ppb y una correlación de Pearson cercana a 0.6; mientras que los demás gases muestran correlaciones inferiores a 0.3.



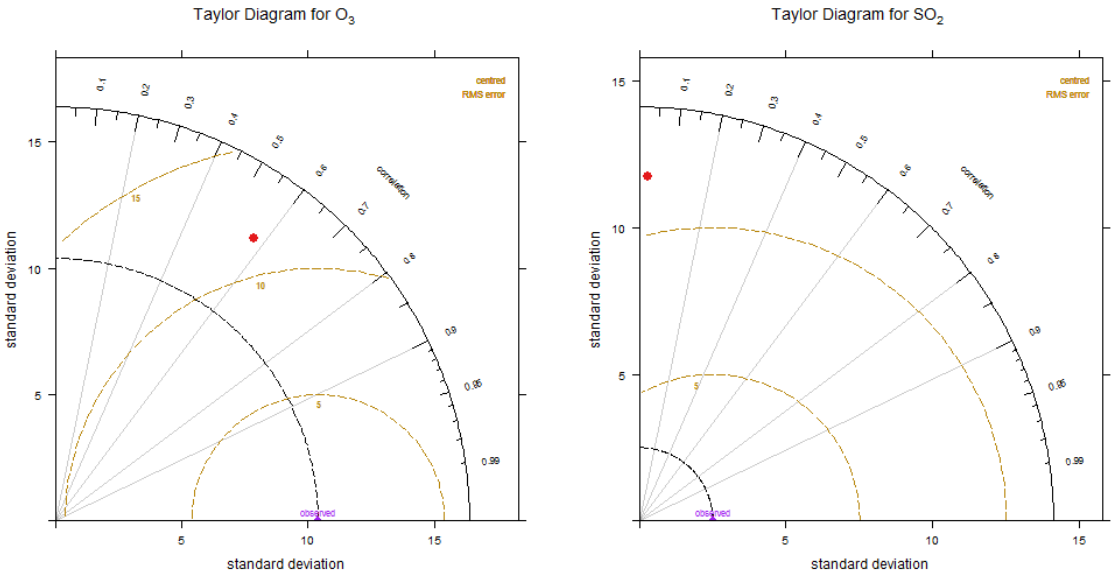


Figura 33: Diagramas de Taylor para NO_2, CO, O_3, y SO_2, en métrica horaria

Dado que el material particulado es el contaminante más crítico en la ciudad, se muestran en la Tabla 14 los valores de sesgos (bias), lo cual evidencia el comportamiento promedio de los sesgos del modelo para el mes de diciembre por estación. De esta tabla se puede concluir que para este mes, el modelo tendió a subestimar las concentraciones de material particulado.

Tabla 14. Sesgos en los promedios diarios de material particulado determinados para diciembre por el modelo (IC 95%).

Estación	Sesgo diario PM_{10} (µg/m^3)	Sesgo diario $PM_{2.5}$ (µg/m^3)
Carvajal-Sevillana	-3 ± 38	-3 ± 19
CDAR	-8 ± 27	-6 ± 12
Guaymaral	-14 ± 21	-8 ± 13
Kennedy	-6 ± 29	-6 ± 18
Las Ferias	-14 ± 27	-4 ± 13
MinAmbiente	-15 ± 30	-6 ± 13
Puente Aranda	-11 ± 20	-8 ± 14
San Cristóbal	-8 ± 24	-7 ± 13
Suba	-7 ± 23	-6 ± 14
Tunal	-13 ± 24	-3 ± 12
Usaquén	-3 ± 38	-3 ± 19

ANEXOS

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

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

Característica		Guaymaral (Escuela de Ingeniería)	Usaquén (Bosque)	Suba (Corpas)	Bolivia	Las Ferias (Carrefour Calle 80)	Centro de Alto Rendimiento (Parque Simón Bolivar / IDRD)	Min. Ambiente (Sagrado Corazón)	Puente Aranda	Kennedy	Carvajal-Sevillana	Tunal	San Cristóbal
Ubicación	Latitud	4°47'1.52"N	4°42'37.26"N	4°45'40.49"N	4°44'9.12"N	4°41'26.52"N	4°39'30.48"N	4°37'31.75"N	4°37'54.36"N	4°37'30.18"N	4°35'44.22"N	4°34'34.41"N	4°34'21.19"N
	Longitud	74°2'39.06"W	74°1'49.50"W	74° 5'36.46"W	74°7'33.18"W	74°4'56.94"W	74°5'2.28"W	74°4'1.13"W	74°7'2.94"W	74°9'40.80"W	74°8'54.90"W	74°7'51.44"W	74°5'1.73"W
	Altitud	2580 m	2570 m	2571 m	2574 m	2552 m	2577 m	2621 m	2590 m	2580 m	2563 m	2589 m	2688 m
	Altura del suelo	0 m	10 m	6 m	0 m	0 m	0 m	15 m	10 m	3 m	3 m	0 m	0 m
	Localidad	Suba	Usaquén	Suba	Engativá	Engativá	Barrios Unidos	Santa Fe	Puente Aranda	Kennedy	Kennedy	Tunjuelito	San Cristóbal
	Dirección	Autopista Norte # 205-59	Carrera 7B Bis # 132-11	Carrera 111 # 159A-61	Avenida Calle 80 # 121-98	Avenida Calle 80 # 69Q-50	Calle 63 # 59A-06	Calle 37 # 8-40	Calle 10 # 65-28	Carrera 80 # 40-55 sur	Autopista Sur # 63-40	Carrera 24 # 49-86 sur	Carrera 2 Este # 12-78 sur
	Tipo de zona	Suburbana	Urbana	Suburbana	Suburbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana	Urbana
	Tipo de estación	Tráfico	Tráfico	Tráfico	---	Tráfico	De fondo	Tráfico	Industrial	Tráfico	Tráfico Industrial	Tráfico	De fondo
	Localización toma muestra	Zona Verde	Azotea	Azotea	Zona Verde	Zona Verde	Zona Verde	Azotea	Azotea	Zona Verde	Azotea	Zona Verde	Zona Verde
	Altura punto de muestra	4 m	13 m	9 m	4.6 m	4.6 m	4.6 m	18 m	13 m	7 m	6 m	3 m	4 m
	Altura viento	10 m	19 m	10 m	10 m	10 m	10 m	19 m	20 m	10 m	13 m	10 m	10 m
	PM_{10}	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
	O_3	X	X	X		X	X	X	X	X	X	X	X
	NOx	X				X	X		X	X	X	X	
	CO		X			X	X		X	X	X	X	
	SO_2			X			X		X	X	X	X	
Var. Meteorológicas	V. Viento	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
	Temperatura	X	X	X		X	X		X	X	X	X	X
	Precipitación	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	R. Solar	X					X			X		X	X
	H. Relativa	X				X	X			X		X	X
	Presión Atm.	X				X				X			

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

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

Contaminante	Principio de Medición	Método de referencia EPA
PM_{10}	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0798-122
$PM_{2.5}$	Atenuación por Radiación Beta	EQPM-0609-183
O_3	Espectrofotometría de Absorción en el Ultravioleta	EQOA-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 PM_{10}

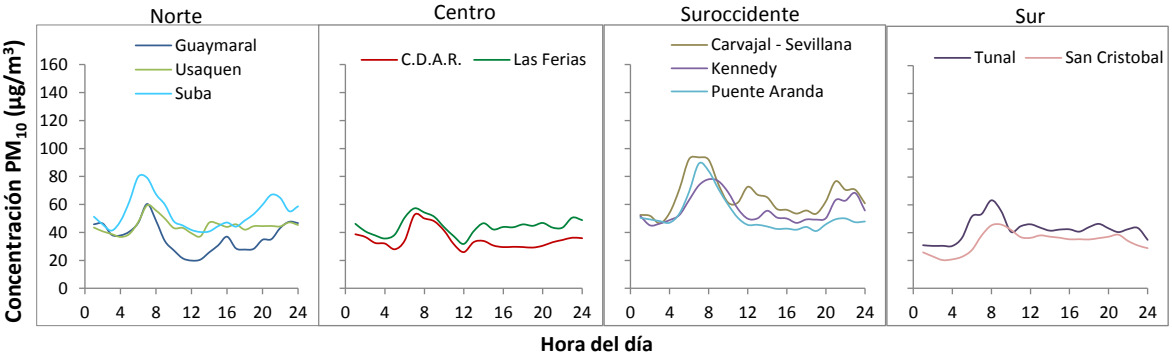


Figura 34. Comportamiento horario de PM_{10} para diciembre de 2017

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

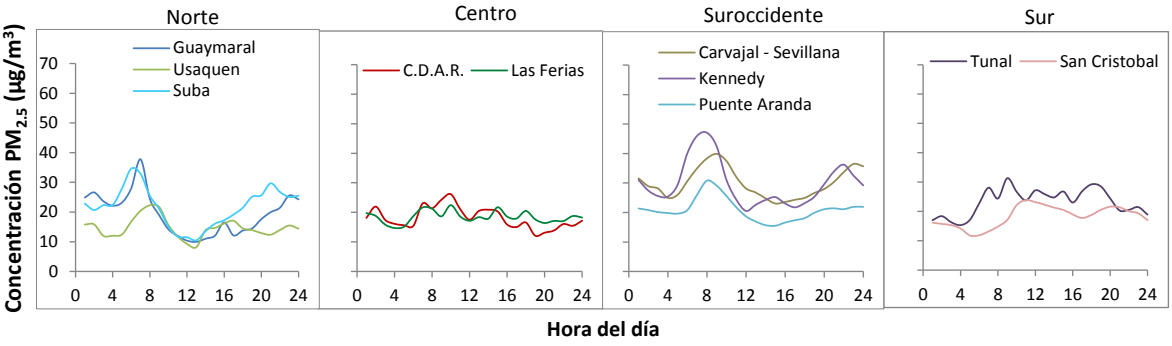


Figura 35. Comportamiento horario de $PM_{2.5}$ para diciembre de 2017.

D. Comportamiento horario de las concentraciones de O_3

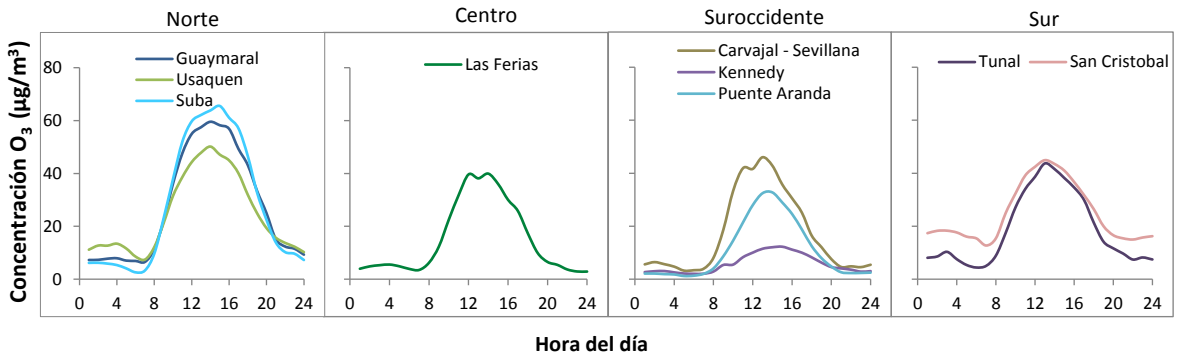


Figura 36.Comportamiento horario de O_3 para diciembre 2017.

E. Comportamiento horario de las concentraciones de SO_2

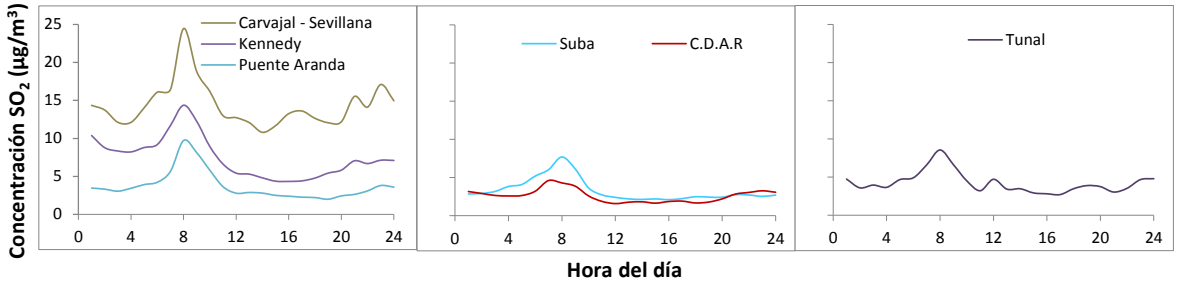


Figura 37. Comportamiento horario de SO_2 para diciembre 2017.

F. Comportamiento horario de las concentraciones de NO_2

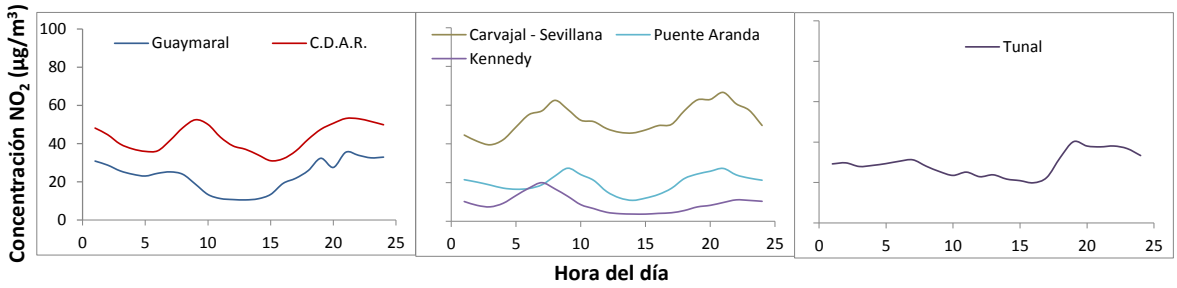


Figura 38. Comportamiento horario de NO_2 para diciembre 2017.

G. Comportamiento horario de las concentraciones de CO

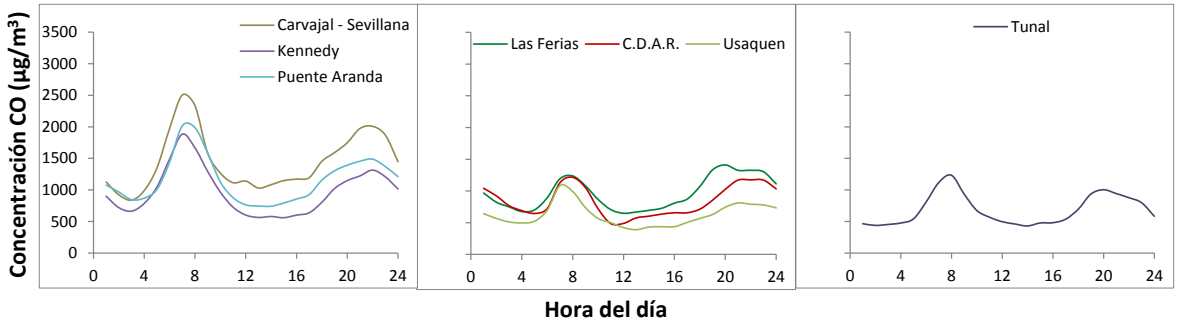


Figura 39.Comportamiento horario de CO para diciembre 2017.

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 San Cristóbal, Tunal y Guaymaral, mientras que la menor fracción fue observada en Usaquén. La relación global para la ciudad fue de 0.48, lo que indica que la fracción gruesa fue predominante sobre la fracción fina a nivel ciudad para el mes de diciembre de 2017. (Tabla 17)

Tabla 17. Relación $PM_{2.5}/PM_{10}$ por estación - diciembre de 2017.

Diciembre 2017			
Estación	**Prom. $PM_{2.5}$ ($\mu g/m^3$)**	**Prom. PM_{10} ($\mu g/m^3$)**	**Relación $PM_{2.5}/PM_{10}$**
Guaymaral	19	36	0.53
Usaquén	14	45	0.32
Suba	22	54	0.41
Las Ferias	18	45	0.41
C.D.A.R.	18	36	0.51
Puente Aranda	21	52	0.40
Kennedy	30	57	0.53
Carvajal - Sevillana	30	65	0.46
Tunal	23	42	0.54
San Cristóbal	19	34	0.55

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

En la Figura 40, Figura 41 y Figura 42 se muestran los promedios anuales acumulados a diciembre de 2017 para PM_{10}, $PM_{2.5}$, y O_3, cuyos valores son de **41 µg/m³, 19 µg/m³ y 19 µg/m³** 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 reportados en diciembre de 2017 corresponden al promedio de datos de concentración diaria (PM_{10}, y $PM_{2.5}$) y 8 horas (O_3) de **365 días** (doce meses) de las estaciones que tuvieron una captura de datos superior al 75%.

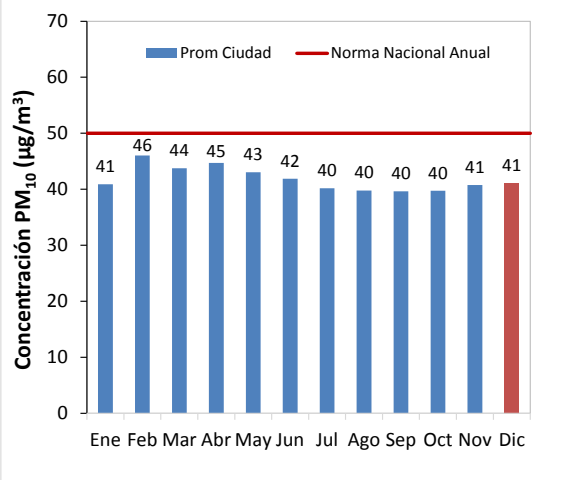


Figura 40. Promedio de PM_{10} corte a diciembre 2017

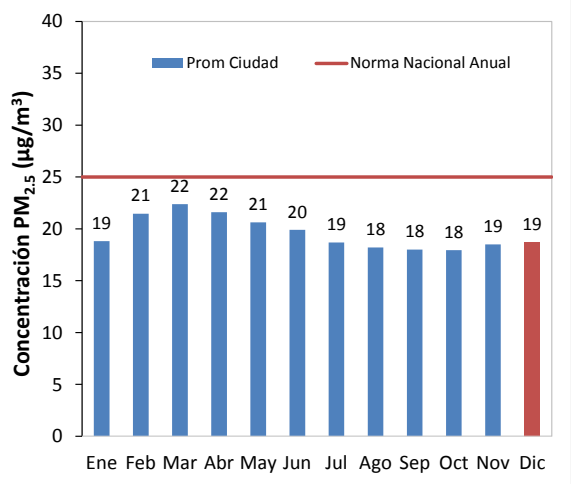


Figura 41. Promedio de $PM_{2.5}$ corte a diciembre 2017

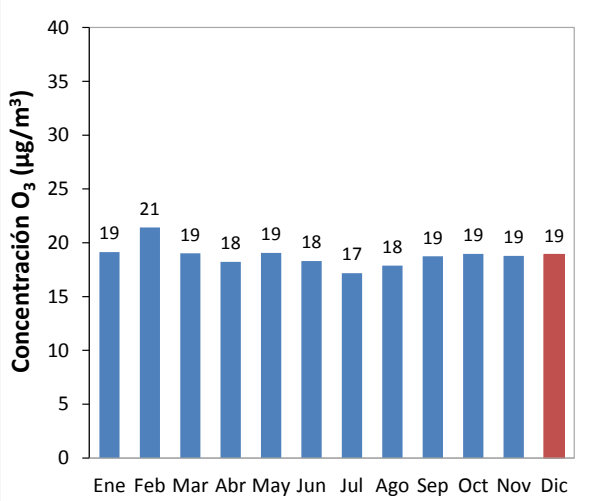


Figura 42. Promedio de O_3 corte a diciembre 2017

J. Velocidades del viento promedio Ciudad

La Figura 43 muestra el comportamiento de la velocidad media del viento diario para el mes de

diciembre. Durante el mes la velocidad media del viento diario presentó un comportamiento normal, cerca de los 1,5 m/s, y presentaron variaciones de entre 0,9 hasta 2,1 m/s. El mayor descenso de velocidad ocurrió hacia el 31 de diciembre, disminuyendo en promedio hasta los 0,9 m/s. Estos descensos pueden favorecer el incremento en las concentraciones de contaminantes debido a la poca capacidad de arrastre y transporte.

En la Figura 44 se representa el perfil de velocidad media horaria del viento en el mes de diciembre. En este perfil se aprecia que en las madrugadas la velocidad mínima media del viento se promedió en 0,9 m/s hacia las 6 AM, en tanto que las velocidades máximas ocurrieron entre la 2 PM y las 5 PM, con velocidades de entre 2,6 a 2,8 m/s.

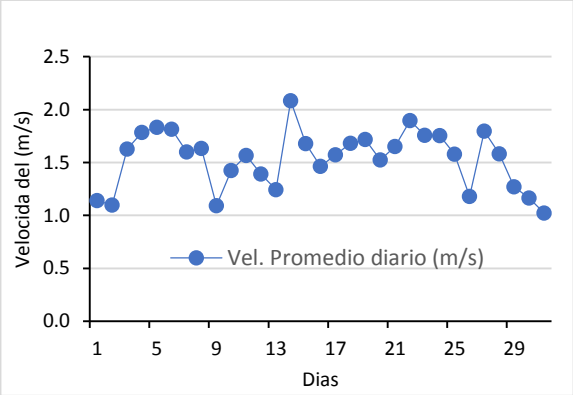


Figura 43 Velocidad media diaria del viento – diciembre 2017

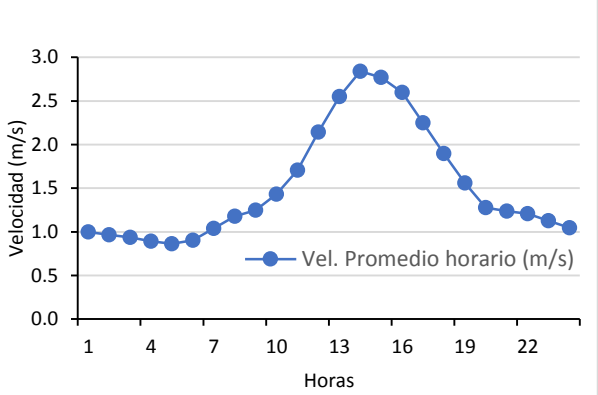
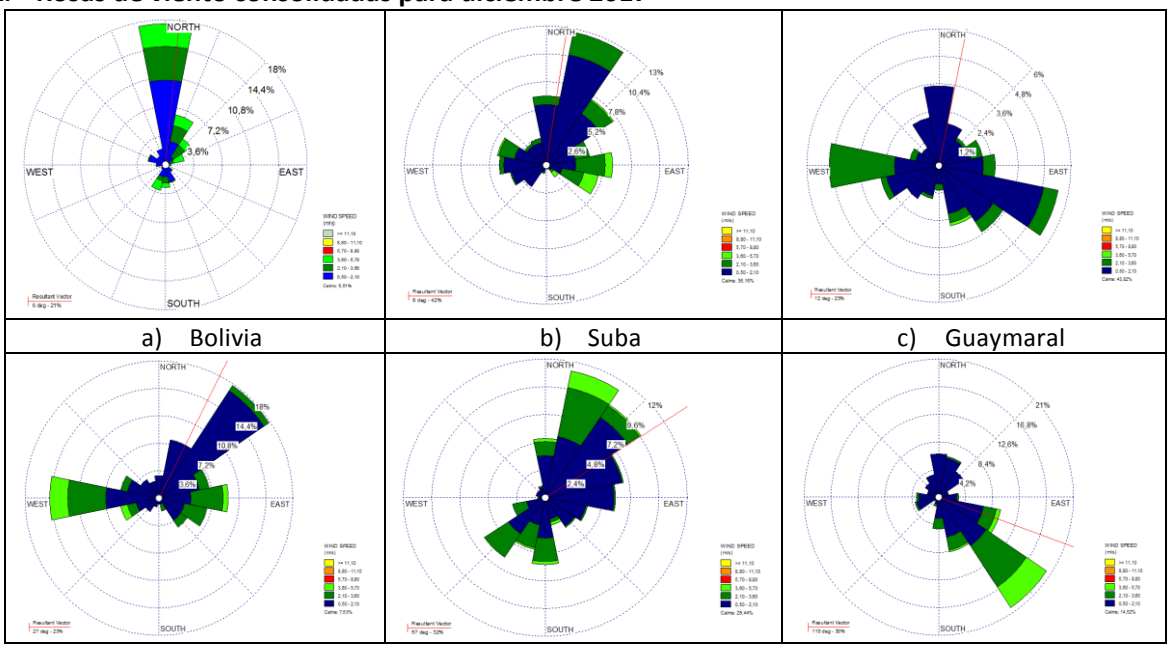


Figura 44. Perfil horario del viento – diciembre 2017

K. Rosas de viento consolidadas para diciembre 2017



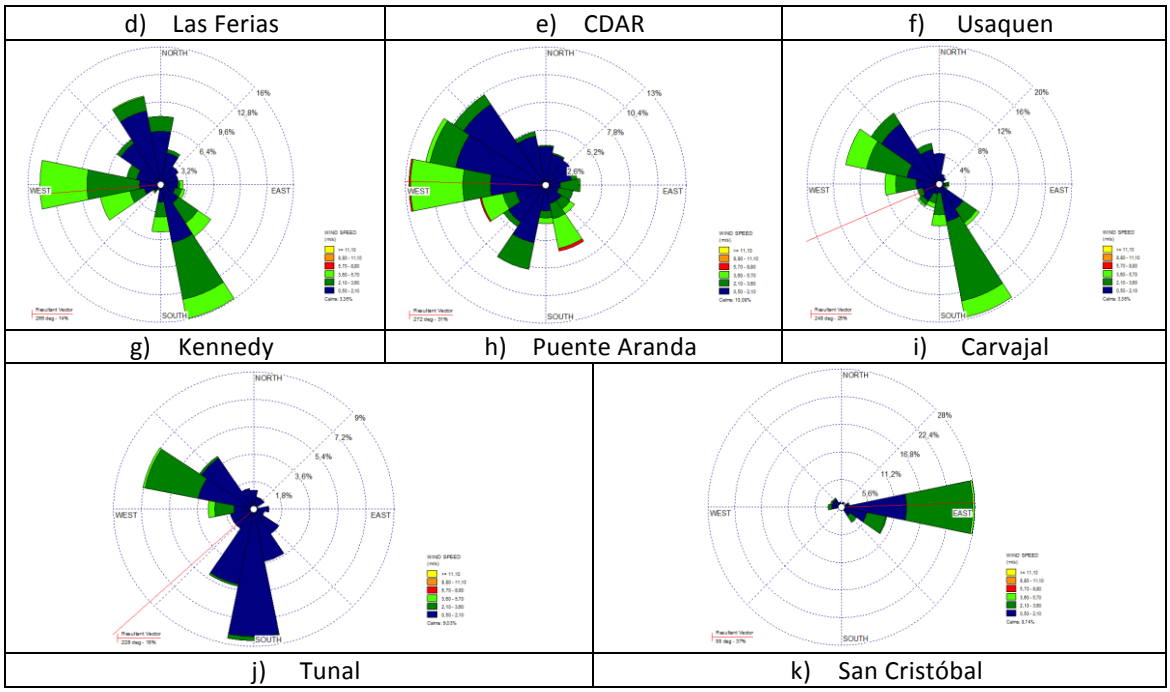


Figura 45. Rosas de viento – diciembre de 2017. a) Bolivia, b) Suba, c) Guaymaral, d) Las Ferias, e) C.D.A.R., f) Usaquén, g) Kennedy, h) Puente Aranda, i) Carvajal-Sevillana, j) Tunal, k) San Cristóbal.

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

Con el propósito de identificar patrones de comportamiento de la velocidad y dirección media del viento en diferentes momentos o fracciones del día, a continuación se resume su comportamiento durante las madrugadas, mañanas, tardes y noches, durante el mes de diciembre. Ver Tabla 18.

En cuanto a velocidad se refiere, en las madrugadas del mes de diciembre, se registraron las más bajas velocidades del viento al norte, centro geográfico de la ciudad y sector del Tunal, las cuales se distribuyeron entre 0,2 a 0,5 m/s al norte, 0,5 a 0,8 m/s en el centro y 0,8 hacia el sector del Tunal; entre tanto, hacia el sureste y suroccidente, se registraron las más altas velocidades que variaron entre 1,0 a 1,5 m/s al sur occidente de la misma. Cabe anotar que en el centro geográfico de la ciudad la velocidad del viento se redujo en las madrugadas debido al encuentro de vientos del este con los del sur y los del norte, que probablemente terminan propiciando remolinos que favorecen la mezcla y difusión de contaminantes residuales en la ciudad. Ver Figura 46.

En las horas de la mañana, con el ingreso de radiación solar, la velocidad del viento alcanzó valores más altos que en la madrugada, como es normal, haciéndose más homogéneas en gran parte de la ciudad con velocidades medias entre 0,9 m/s a 1,2 m/s, salvo al norte y suroccidente de la ciudad donde se presentaron los valores más extremos; es decir inferiores a 0,6 m/s al norte y mayores a 1,6 m/s al suroccidente.

En horas de la tarde, las velocidades del viento alcanzaron su máximo desarrollo debido a la cantidad de energía solar acumulada, alcanzando velocidades medias no mayores a 3,5 m/s. Ya en las noches la fuerza del viento disminuyó, a causa de la pérdida de calor por parte del suelo, logrando su mínimo en las madrugadas, como se describió arriba.

En cuanto a las direcciones predominantes en el mes de diciembre, en las **madrugadas** (1 am – 6 am), hubo fuerte predominio de vientos del este, lo que posiblemente habrá favorecido el transporte y remoción de contaminantes de la ciudad por lavado aerodinámico.

En las **mañanas (7 am – 12 m)**, continuó el predominio de los vientos del este, lo que debió haber favorecido el arrastre y transporte de contaminantes fuera de la ciudad.

En las **tardes (1 pm -6 pm)**, hubo un predominio generalizado de vientos del sur y algunas divergencias en el centro de la ciudad que le imprimieron componente suroeste y sur este. Vientos de componente suroeste son propicios para la introducción de contaminantes en la ciudad y la formación de nubes por ascenso o convección forzada, al interactuar con los cerros orientales.

En las horas de la **noche (7 pm – 12 am)**, de manera semejante a las tardes, continuaron predominando los vientos de marcada componente sur, con desviaciones hacia el interior de la ciudad, componentes sureste y suroeste, que son generadores de mezcla turbulenta por su interacción o colisión. Mezcla que favorece la difusión de los contaminantes descargados diariamente en la atmosfera local o insertados desde fuentes externas a la misma.

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

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)					Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Máxima	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
Bolivia	1,2	2,0	3,2	1,2	**3,2**	336	358	53	4
Guaymaral	0,3	0,8	1,7	0,4	**1,7**	5	15	216	36
Usaquén	0,8	1,4	2,0	1,3	**2,0**	67	82	160	115
Suba	0,6	1,5	2,0	0,6	**2,0**	15	18	258	347
Las Ferias	1,1	1,4	2,4	1,4	**2,4**	15	47	219	346
C.D.A.R.	0,6	1,2	2,2	0,9	**2,2**	54	98	13	46
Puente Aranda	0,8	1,4	3,2	1,5	**3,2**	299	284	235	257
Kennedy	1,3	2,0	3,5	1,9	**3,5**	11	76	236	247
Carvajal - Sevillana	1,4	2,0	3,1	1,8	**3,1**	171	214	243	257
Tunal	0,7	1,1	2,0	1,0	**2,0**	226	210	234	218
San Cristóbal	1,5	1,3	2,0	1,7	**2,0**	86	64	63	81
Promedio	**0,9**	**1,4**	**2,4**	**1,2**	**2,4**				

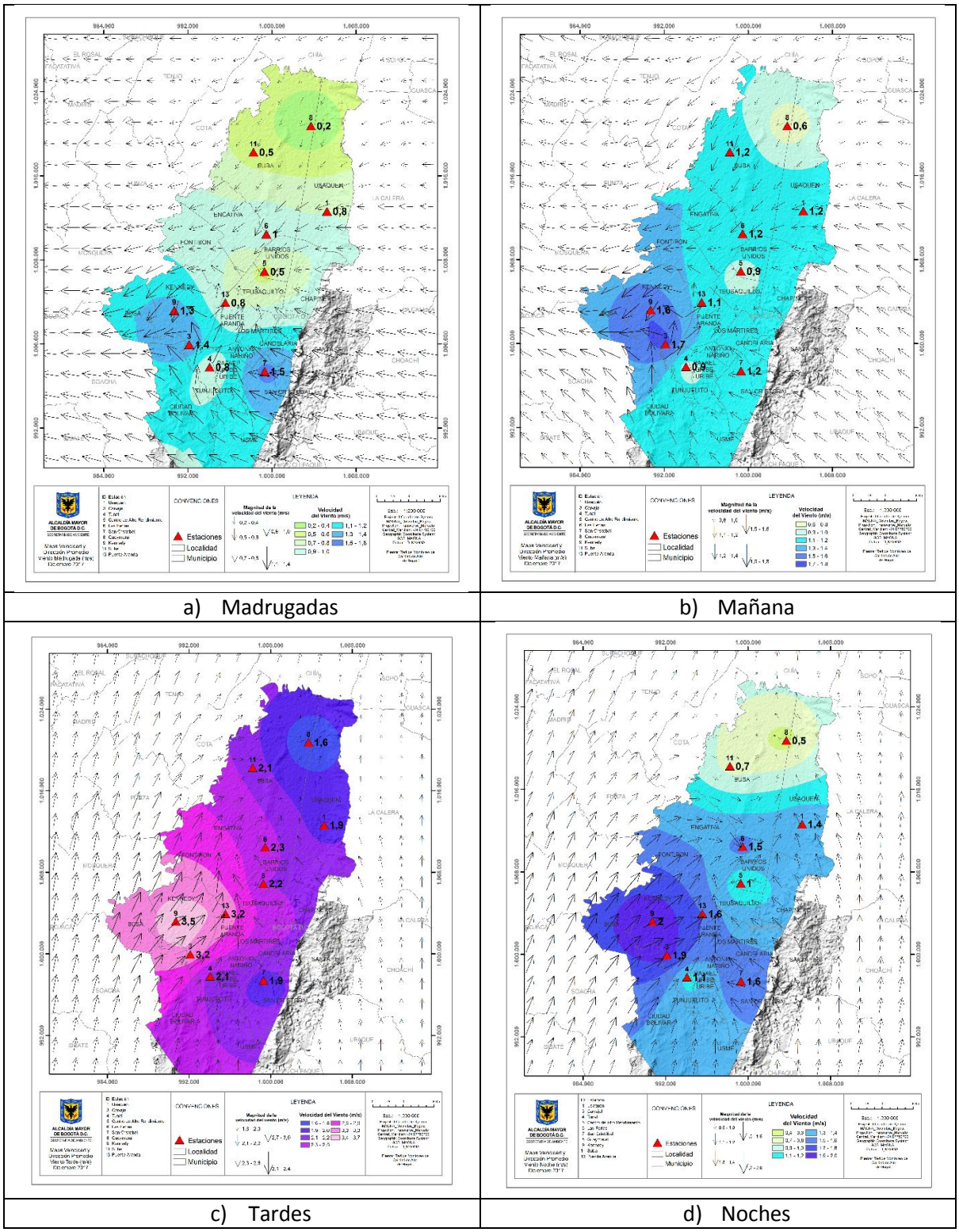


Figura 46. Mapas dirección y velocidad del viento para diferentes fracciones del día – diciembre de 2017. a) Madrugada, b) Mañana, c) Tardes, d) Noches

M. Temperatura media, diaria y horaria Ciudad

El promedio diario de la temperatura del mes de diciembre presentó un descenso de 0,1 °C; en tanto que, el promedio mensual se mantuvo alrededor de 14,4°C±1,0 °C, equivalente a una expansión térmica promedio de 2,0 °C durante el mes. (Figura 47).

En el mes de diciembre el perfil de la temperatura media horaria, permite observar que las temperaturas más bajas en horas de la madrugada descendieron 0,6 °C respecto del mes anterior, es decir de 10,6 °C se redujo a 10,3 °C alrededor de las 6 AM. Así mismo, y dado el incremento en la radiación solar entrante, la temperatura medias máximas horarias alcanzaron los 19,8 °C, alrededor de la 1 PM, incrementando la expansión térmica de 8,7 °C en noviembre, a 9,5° C en diciembre. (Figura 48).

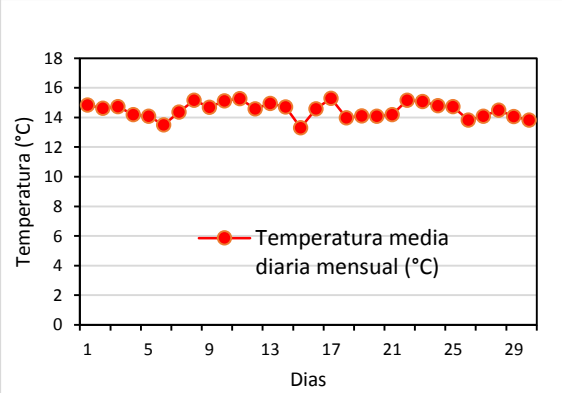


Figura 47. Temperatura media diaria – diciembre 2017

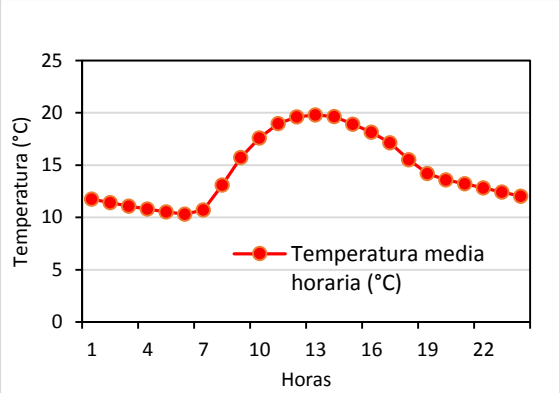


Figura 48.Perfil horario de la temperatura - diciembre 2017

FIN DEL INFORME