

Junio

Informe mensual de Calidad del Aire en Bogotá

Año 2017

Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá

Estación Centro
de alto rendimiento



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

Edison Yesid Ortiz Duarte

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

1 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS CONCENTRACIONES DE PM₁₀

La Tabla 1 muestra los datos obtenidos para material particulado PM₁₀ en el mes de junio de 2017 y el porcentaje de datos válidos.

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

Estación	Promedio PM ₁₀ (µg/m ³)	Máximo PM ₁₀ (µg/m ³)	Fecha Máximo PM ₁₀	Excedencias 24h	Datos válidos (%)
Guaymaral	22	46	22/06/2017	0	100%
Usaquén	36	78	08/06/2017	0	100%
Suba	45	64	02/06/2017	0	100%
Las Ferias	30	60	08/06/2017	0	80%
C.D.A.R.*	28	57	17/06/2017	0	70%
MinAmbiente	26	50	17/06/2017	0	97%
Puente Aranda	43	84	08/06/2017	0	100%
Kennedy	48	86	17/06/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	67	109	17/06/2017	2	93%
Tunal	34	90	08/06/2017	0	97%
San Cristóbal*	24	50	08/06/2017	0	47%

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

La Figura 1 presenta los promedios y máximos por estación de monitoreo con captura de datos superior a 75%. Se observa que las mayores concentraciones como promedio mensual se presentaron en el suroccidente de la ciudad en la estación de Carvajal - Sevillana (**67 µg/m³**) y Kennedy (**48 µg/m³**). La menor concentración se presentó en la zona norte para la estación Guaymaral (**22 µg/m³**). La concentración máxima diaria para el mes fue de **109 µg/m³** en la estación Carvajal - Sevillana, seguida de **90 µg/m³** en Tunal y **86 µg/m³** en Kennedy. El valor máximo diario de la estación Carvajal sobrepasó la norma diaria (100 µg/m³), y para esta misma estación se presentaron dos excedencias. Para las demás estaciones, los valores máximos no superan la norma diaria establecida. Los valores máximos se presentaron en su mayoría el día 08 de junio, en las estaciones Usaquén, Las Ferias, Puente Aranda, Kennedy, Tunal y San Cristóbal.

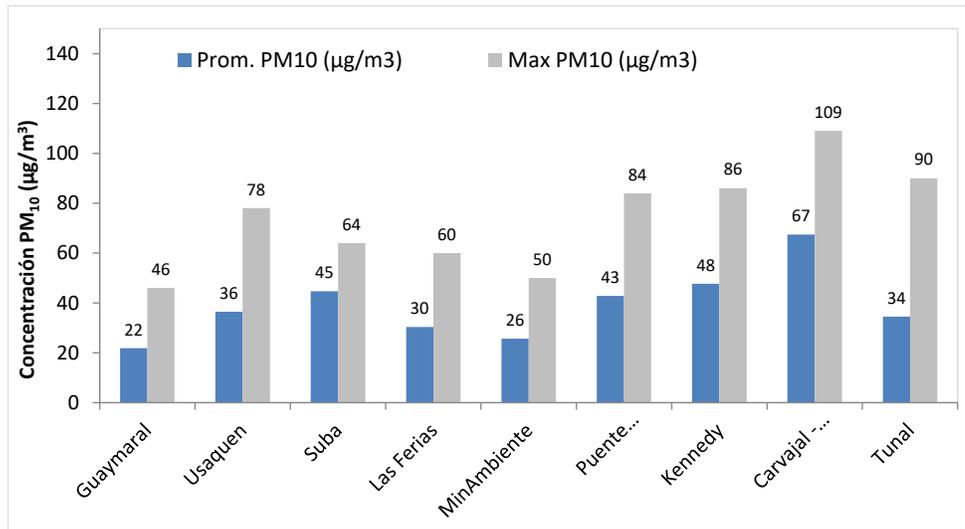


Figura 1. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos de PM₁₀, junio de 2017

La Figura 2 presenta el comportamiento de la concentración durante el mes y las concentraciones diarias 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 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. En la estación Carvajal Sevillana se presentaron concentraciones diarias que excedieron la norma diaria nacional para PM₁₀ (100 µg/m³) en la tercera semana del mes.

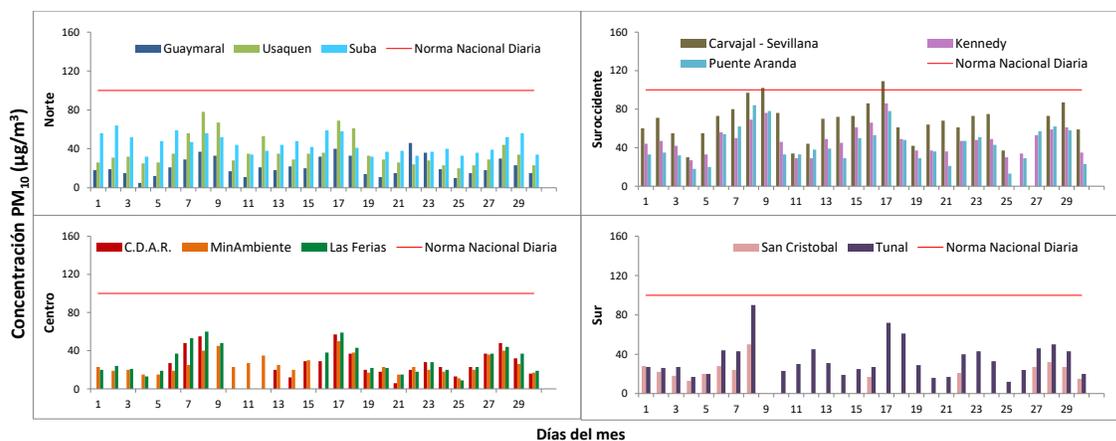


Figura 2. Comportamiento diario de datos PM₁₀ para junio de 2017

En la Figura 3 se evidencia el comportamiento temporal de las concentraciones de PM₁₀ para el mes de junio a través de los últimos 3 años. Teniendo en cuenta las estaciones que tienen datos representativos para el año 2017, se observa que en todas las estaciones con una representatividad de datos mayor al 75% hubo un aumento en las concentraciones frente a los valores del mismo mes de 2016.

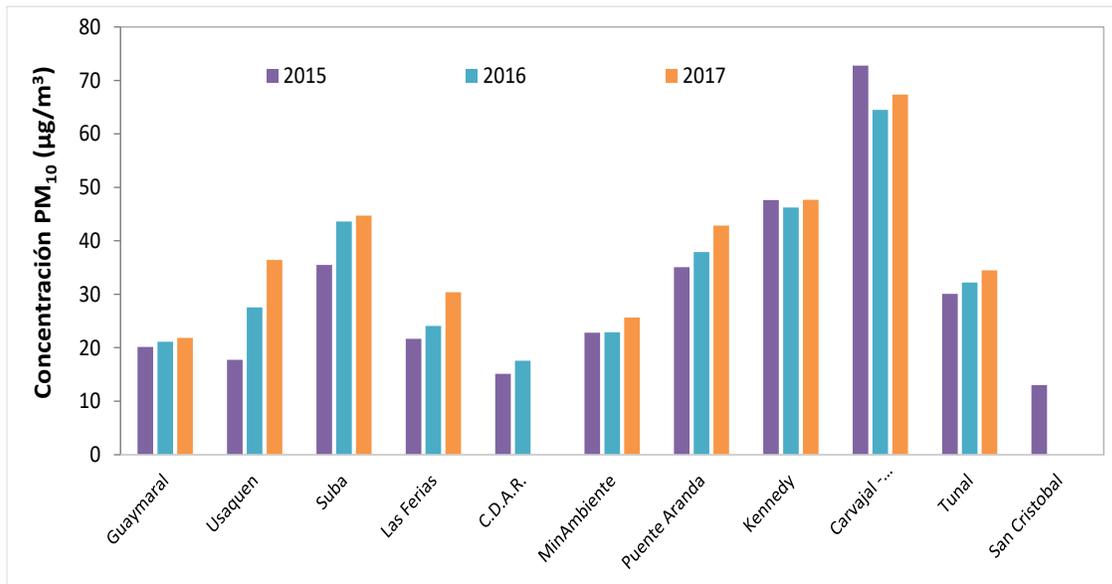


Figura 3. Comportamiento interanual PM₁₀ (2015-2016-2017) para los meses de junio

En la Figura 4 se representan los promedios mensuales de concentración de PM₁₀ registrados por las 11 estaciones que monitorearon este contaminante en el mes de junio, 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 PM₁₀, con concentraciones entre 56 y 68 µg/m³, en las localidades de Bosa, Kennedy, Ciudad Bolívar y Tunjuelito, mientras que las concentraciones más bajas se registran al oriente de la ciudad, en las localidades de San Cristóbal, Santa Fe y Chapinero, y al norte, en la localidad de Usaquén, registrando concentraciones entre 21 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, especialmente en horas de la tarde.

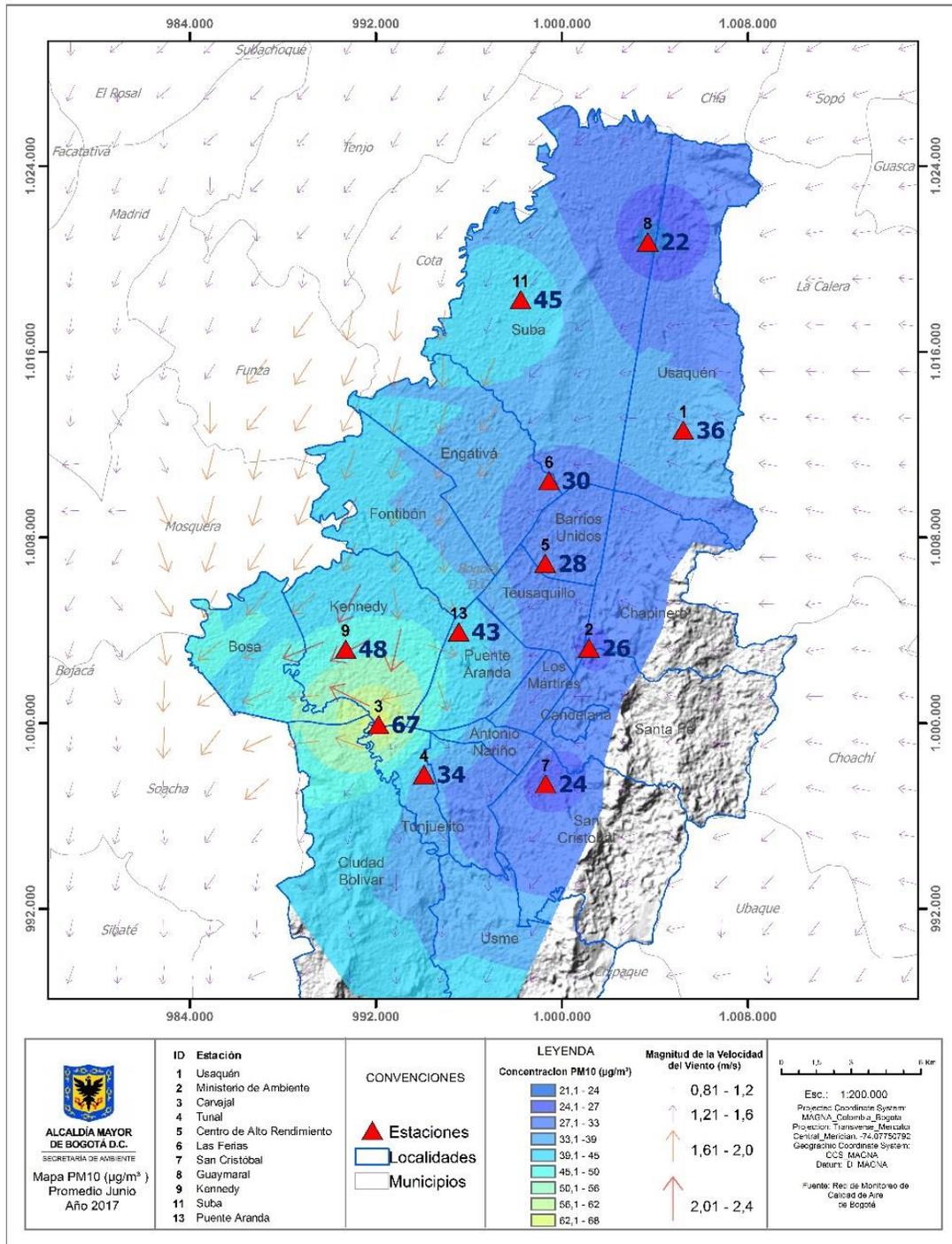


Figura 4. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM₁₀ con base en el método de interpolación Kriging

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 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 aire “moderada” en mayor proporción, con 76% del tiempo, mientras que las estaciones Guaymaral y MinAmbiente presenta las mejores condiciones ambientales con una condición de calidad del aire “Favorable” el 100% del tiempo, como se observa en la Tabla 2.

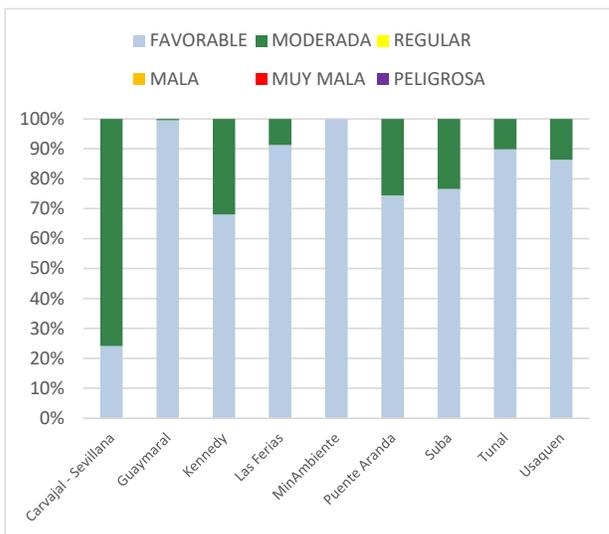


Figura 5. IBOCA para PM₁₀ por estación en junio 2017

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

IBOCA PM ₁₀		
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA
Carvajal - Sevillana	24%	76%
Guaymaral	100%	0%
Kennedy	68%	32%
Las Ferias	91%	9%
MinAmbiente	100%	0%
Puente Aranda	74%	26%
Suba	77%	23%
Tunal	90%	10%
Usaquen	86%	14%

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 junio de 2017. Se obtuvieron datos con un porcentaje de captura superior a 75% para ocho (8) de las once (11) estaciones que monitorearon este contaminante. La estación con menor cantidad de datos capturados fue Centro de Alto Rendimiento con un **0%** del total posible.

Tabla 3. Resumen de datos de PM_{2.5} para junio 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	11	23	09/06/2017	0	83%
Usaquén*	12	26	08/06/2017	0	60%
Suba	14	25	17/06/2017	0	97%
Las Ferias	13	33	08/06/2017	0	77%
MinAmbiente*	14	28	17/06/2017	0	53%
Puente Aranda	17	39	08/06/2017	0	100%
Kennedy	24	43	09/06/2017	0	93%
Carvajal - Sevillana	27	42	08/06/2017	0	100%
Tunal	19	48	08/06/2017	0	97%
San Cristóbal	9	24	08/06/2017	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 Carvajal - Sevillana (**27 µg/m³**) y Kennedy (**24 µg/m³**); en la primera estación se excede la norma anual de 25 µg/m³ en el mes de análisis¹. La menor concentración se presentó en la zona sur en la estación de San Cristóbal (**9 µg/m³**). La concentración máxima diaria para el mes fue de **48 µg/m³** en la estación Tunal, seguida de **43 µg/m³** en Kennedy. No se presentaron excedencias en el mes de junio al comparar los valores máximos con la normativa diaria, (50 µg/m³).

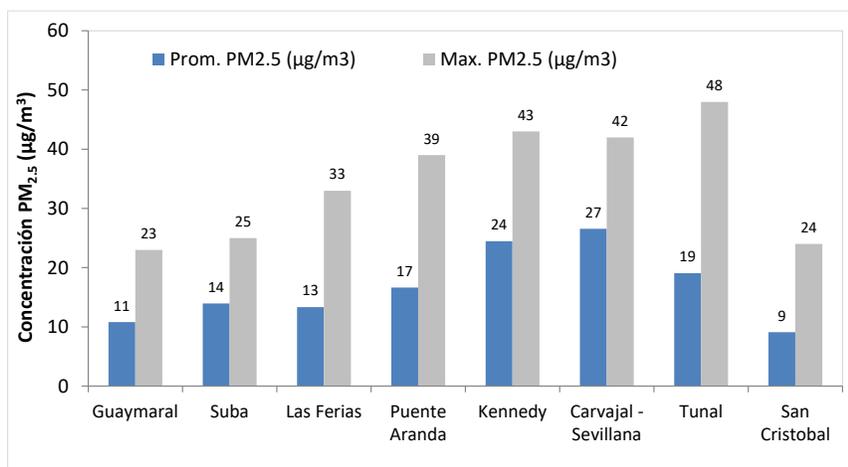


Figura 6. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos PM_{2.5}. junio 2017

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-

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.

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 tercera semana del mes. En ninguna de las estaciones se presentaron valores por encima de la norma diaria de 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

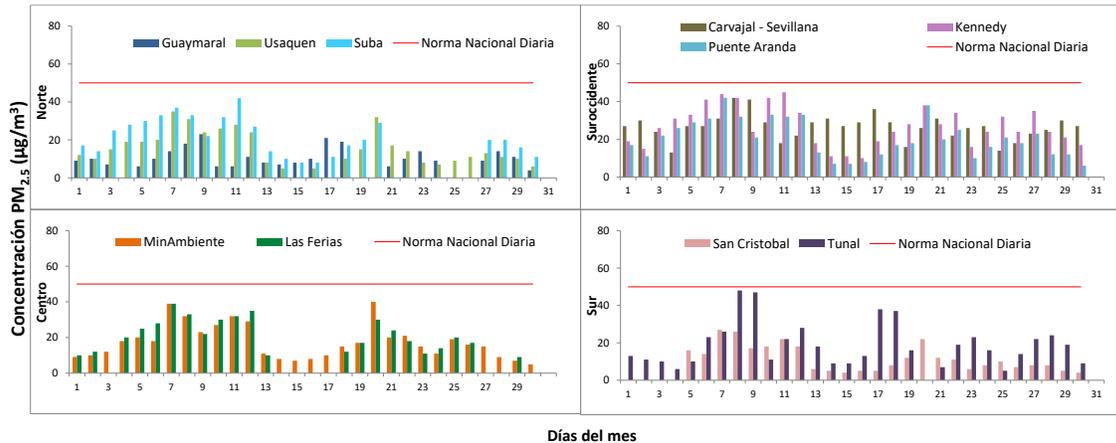


Figura 7. Comportamiento captura de datos $\text{PM}_{2.5}$ para junio de 2017

La Figura 8 muestra el comportamiento temporal de las concentraciones de $\text{PM}_{2.5}$ para el mes de junio a través de los últimos 3 años. Según las estaciones que tienen datos representativos para el año 2017, se observa que en las estaciones Guaymaral, Las Ferias, Kennedy, Carvajal-Sevillana, Tunal y San Cristóbal hubo un aumento de las concentraciones con respecto a los valores del mismo mes de 2016, mientras que en la estación Suba se registró una disminución de la concentración sobre el valor registrado en el 2015.

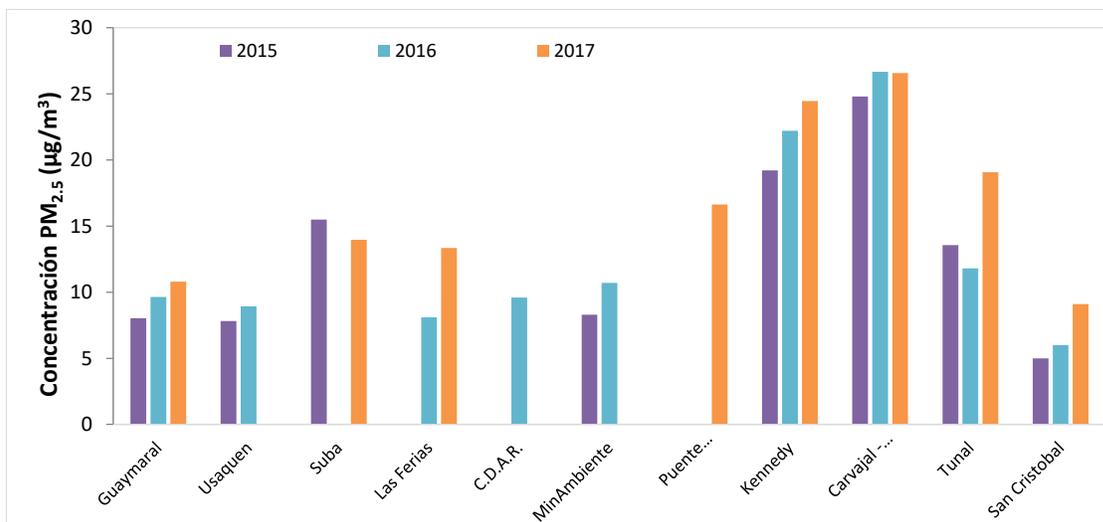


Figura 8. Comportamiento interanual $\text{PM}_{2.5}$ (2015-2016-2017) para los meses de junio.

En la Figura 9 se representan los promedios mensuales de concentración de $\text{PM}_{2.5}$ registrados por las 11 estaciones que monitorearon este contaminante en el mes de junio, 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 25 y 30 $\mu g/m^3$, en las localidades de Bosa, Kennedy y Tunjuelito, mientras que las concentraciones más bajas se registran al suroriente de la ciudad, en la localidad de San Cristóbal, registrando concentraciones entre 5 y 10 $\mu g/m^3$. 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.

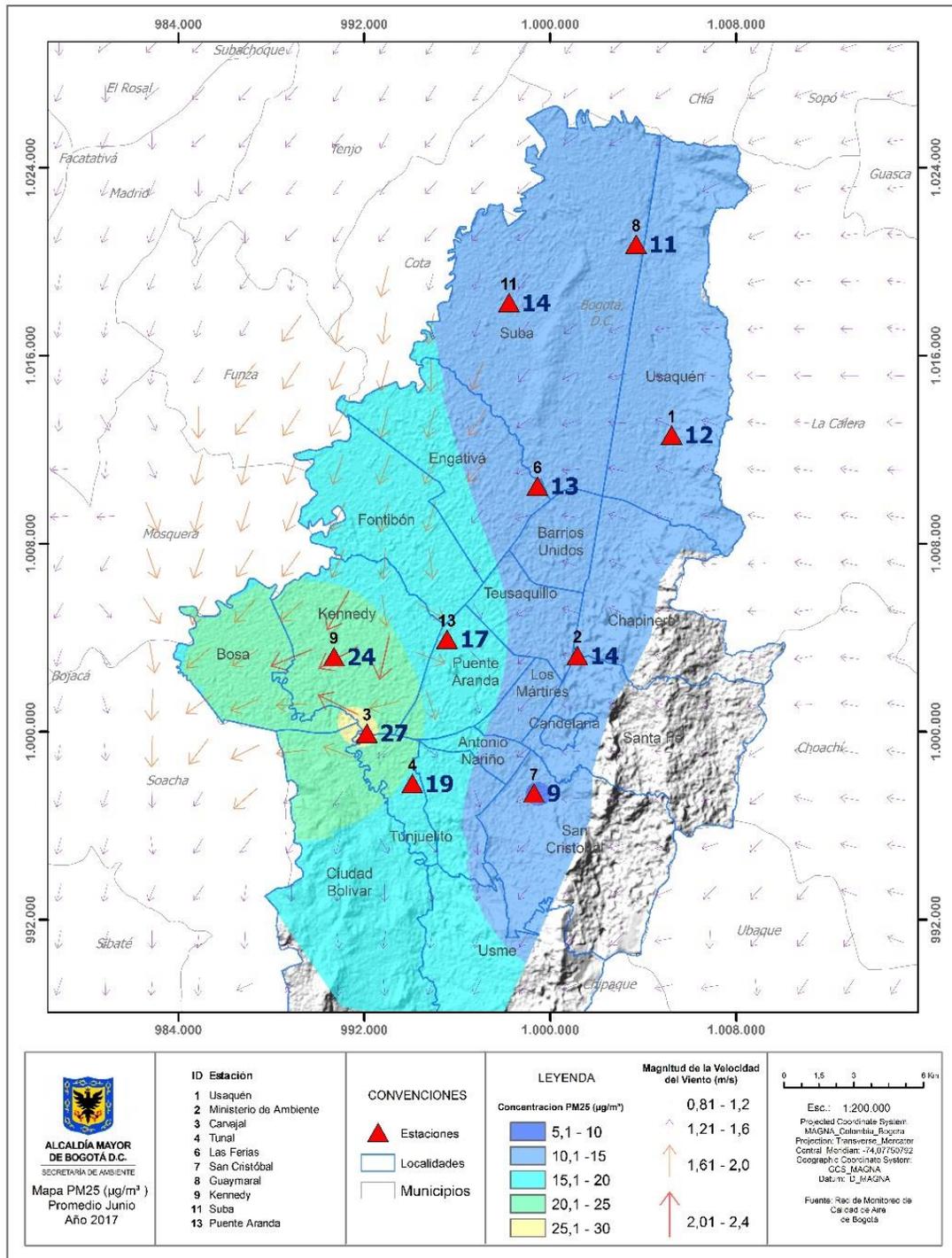


Figura 9. Distribución espacial de los promedios mensuales de concentración de PM_{2.5} con base en el método de interpolación Kriging

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 Kennedy presenta el estado de calidad del aire más desfavorable, con una condición “moderada” el 87% del tiempo y “regular” el 13% del mes de Junio, mientras que la estación San Cristóbal presenta el mejor estado con una condición de “favorable” el 80% del tiempo y “moderada” el 20% restante, como se observa en la Tabla 4.

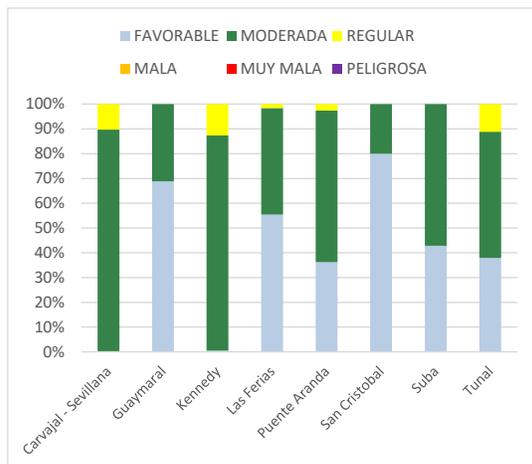


Tabla 4. Porcentaje del tiempo por categoría de IBOCA para PM_{2.5}

IBOCA PM _{2.5}			
ESTACIÓN	FAVORABLE	MODERADA	REGULAR
Carvajal - Sevillana	0%	90%	10%
Guaymaral	69%	31%	0%
Kennedy	0%	87%	13%
Las Ferias	55%	43%	2%
Puente Aranda	36%	61%	3%
San Cristóbal	80%	20%	0%
Suba	41%	55%	0%
Tunal	38%	51%	11%

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

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 junio 2017.

Tabla 5. Resumen de datos de O₃ para junio 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	15	56	28/06/2017	0	81%
Usaquén	17	40	28/06/2017	0	100%
Suba	17	61	28/06/2017	0	81%
Las Ferias	20	49	18/06/2017	0	96%
C.D.A.R.*	13	52	18/06/2017	0	63%

Estación	Promedio O ₃ 8h (µg/m ³)	Máximo O ₃ 8h (µg/m ³)	Fecha Máximo O ₃	Excedencias 8h	Datos válidos (%)
MinAmbiente	16	45	18/06/2017	0	97%
Kennedy	6	18	09/06/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	10	44	11/06/2017	0	100%
Tunal	12	33	18/06/2017	0	83%
San Cristóbal	10	26	29/06/2017	0	100%

*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 centro de la ciudad en la estación Las ferias (**20 µg/m³**), y en la zona norte las estaciones Suba y Usaquén con **17 µg/m³**. Las menores concentraciones se presentaron en el noroccidente en la estación Kennedy (**6 µg/m³**) y la estación Carvajal - Sevillana (**10 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 **61 µg/m³** en la estación Suba, seguida de **56 µg/m³** en la estación Guaymaral, y de **49 µg/m³** en la estación Las Ferias.

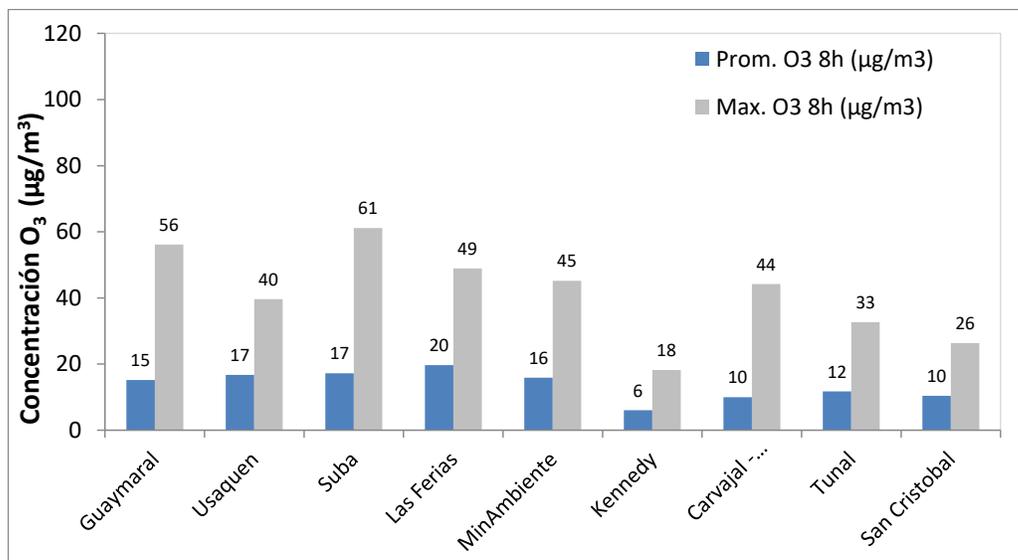


Figura 11. Promedios de las concentraciones diarias y valores máximos O₃ - junio 2017.

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 Las Ferias, Suba y Guaymaral, especialmente en la tercera y cuarta semanas del mes; las concentraciones más bajas se observan en las estaciones San Cristóbal y Kennedy, a lo largo de todo el mes. En junio de 2017, no se

presentaron excedencias a la norma 8 horas para O_3 ($80 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Ninguna estación superó el valor guía recomendado por la OMS de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

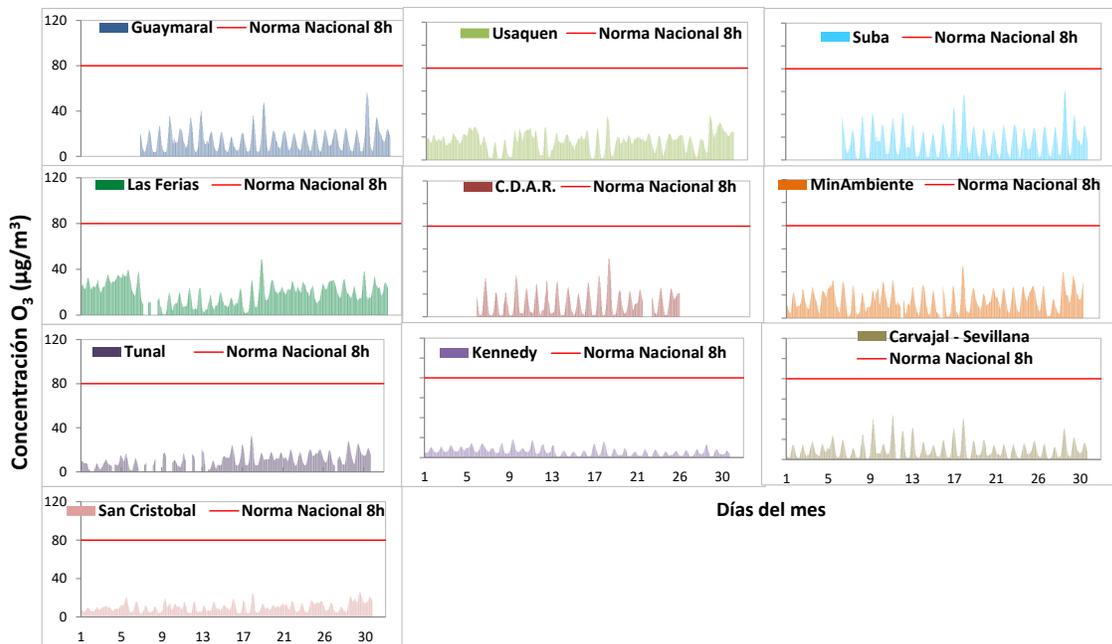


Figura 12. Comportamiento 8h de O_3 para junio 2017 y comparación con norma nacional.

La Figura 13 muestra el comportamiento temporal de las concentraciones de O_3 del mes de junio a través de los últimos 3 años. Según los valores de concentración registrados en 2017, se presenta una reducción en las concentraciones registradas en las estaciones Guaymaral, Usaquén, Kennedy y San Cristóbal frente a los valores del año 2016, y en las estaciones Suba, Las Ferias, MinAmbiente, Carvajal-Sevillana y Tunal hay una reducción con respecto al año 2015.

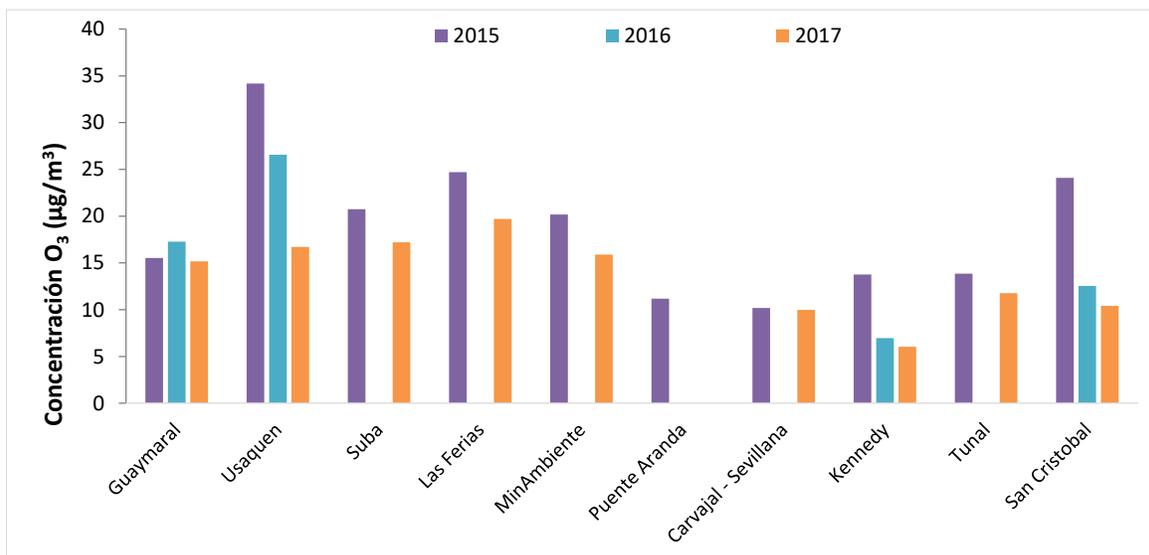


Figura 13. Comportamiento interanual O_3 (2015-2016-2017) para los meses de junio

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 junio.

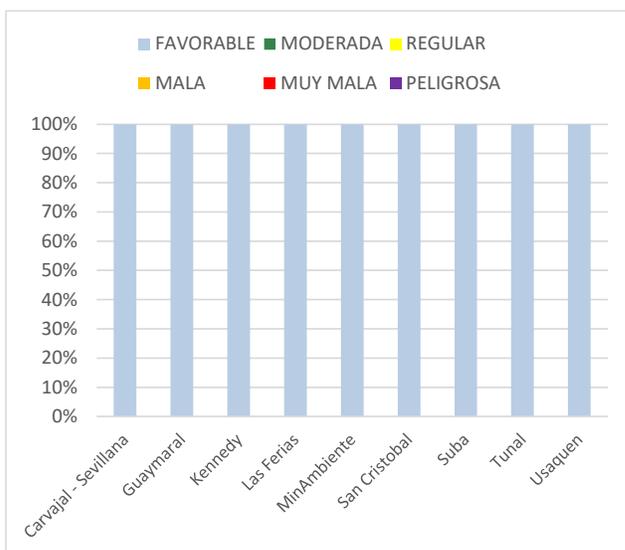


Tabla 6. Porcentaje del tiempo por categoría de IBOCA para O₃

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

Figura 14. IBOCA para O₃ por estación en junio 2017

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.

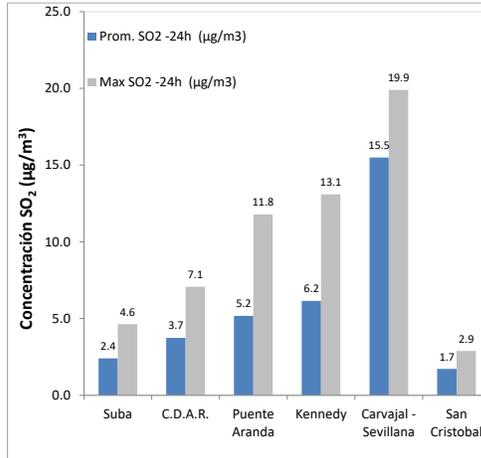


Tabla 7. Resumen de los promedios 24 horas para SO₂. junio 2017.

Estación	Prom. SO ₂ - 24h (µg/m ³)	Máximo SO ₂ - 24h (µg/m ³)	Fecha máximo SO ₂	Exced. 24h	Datos válidos (%)
Suba	2.4	4.6	08/06/2017	0	100%
C.D.A.R.	3.7	7.1	17/06/2017	0	100%
Puente Aranda	5.2	11.8	05/06/2017	0	100%
Kennedy	6.2	13.1	17/06/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	15.5	19.9	21/06/2017	0	100%
San Cristóbal	1.7	2.9	09/06/2017	0	100%

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

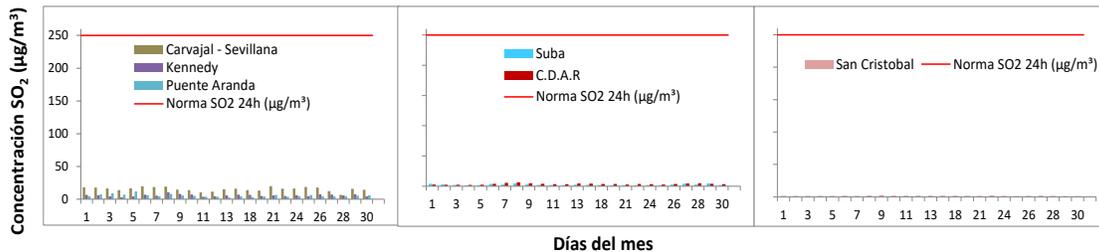


Figura 16. Comportamiento diario de SO₂ para junio 2017 y comparación con norma nacional

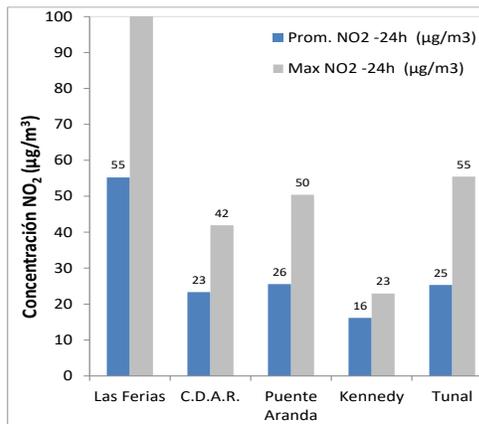


Tabla 8. Resumen de los promedios 24 horas para NO₂. junio 2017.

Estación	Prom. NO ₂ - 24h (µg/m ³)	Max NO ₂ - 24h (µg/m ³)	Fecha máximo NO ₂	Exced. 24h	Datos válidos (%)
Las Ferias	55	121	09/06/2017	0	83%
C.D.A.R.	23	42	09/06/2017	0	100%
Puente Aranda	26	50	09/06/2017	0	100%
Kennedy	16	23	09/06/2017	0	100%
Tunal	25	55	17/06/2017	0	87%

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

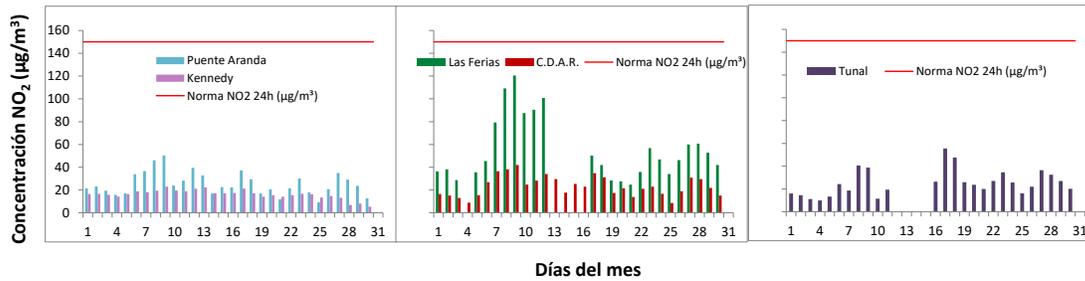


Figura 18. Comportamiento diario de NO₂ para junio 2017 y comparación con norma nacional

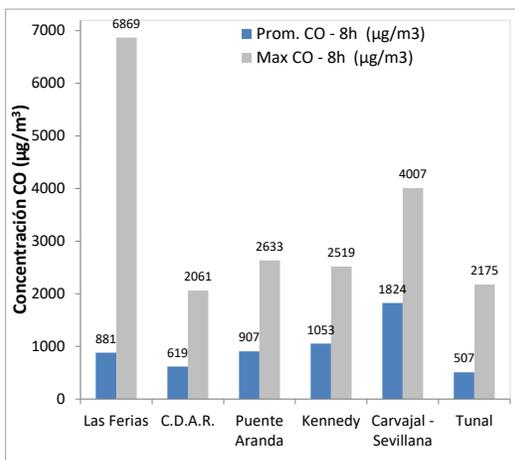


Tabla 9. Resumen de los promedios 8 horas para CO. junio 2017.

Estación	Prom. CO - 8h (µg/m ³)	Máximo CO - 8h (µg/m ³)	Fecha máximo CO	Exced. 8h	Datos válidos (%)
Las Ferias	881	6869	16/06/2017	0	100%
C.D.A.R.	619	2061	08/06/2017	0	100%
Puente Aranda	907	2633	08/06/2017	0	100%
Kennedy	1053	2519	09/06/2017	0	100%
Carvajal - Sevillana	1824	4007	08/06/2017	0	100%
Tunal	507	2175	08/06/2017	0	96%

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

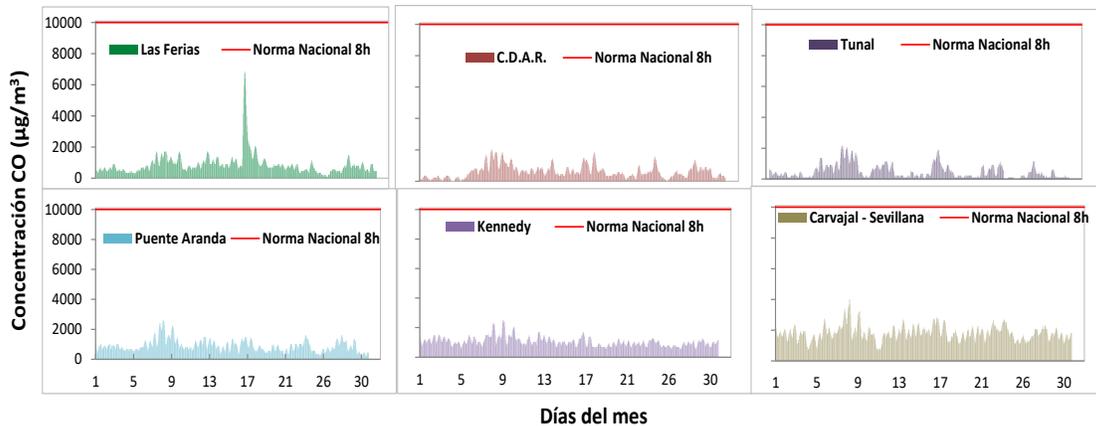


Figura 20. Comportamiento 8h de CO para junio 2017 y comparación con norma nacional

5 COMPORTAMIENTO DE LA PRECIPITACIÓN

Históricamente el mes de junio se ha considerado como seco. Sin embargo, al realizar la comparación de la precipitación por estación en el período 2010 - 2017, se observa que el mes de junio de 2017 fue muy lluvioso; probablemente el segundo más húmedo de los últimos ocho años; solo equiparable a junio de 2010 (Ver Figura 21).

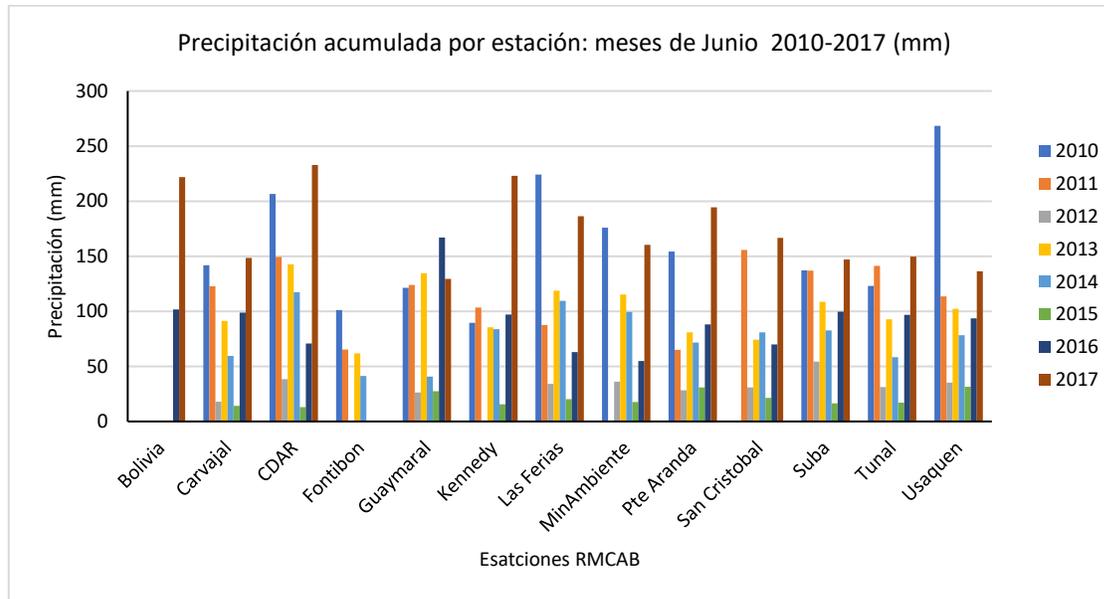


Figura 21. Variación interanual de la precipitación en los meses de junio 2010-2017

En la Figura 22 se observan los valores de precipitación media mensual para el mes de junio, las estaciones que registraron los mayores valores fueron Usaquen, San Cristóbal, Kennedy y Bolivia. El mayor número de días con lluvia se registró en las estaciones C.D.A.R. (24 días), MinAmbiente y Guaymaral (23 días), y los menores valores se reportaron en Las Ferias (13 días) y Bolivia (15 días) (Figura 22 y Tabla 10).

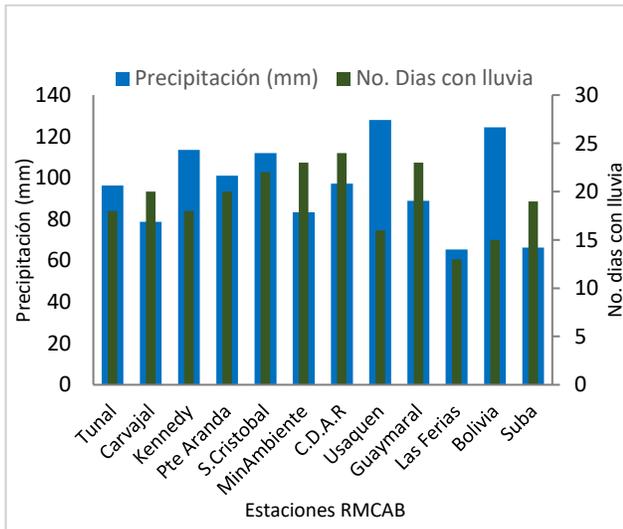


Figura 22 Precipitación media mensual por estaciones y número de días con precipitación (Junio-2017).

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

Estación	Precipitación acumulada (mm/mes)	Días con lluvia
Tunal	96,3	18
Carvajal	78,7	20
Kennedy	113,5	18
Pte Aranda	101	20
San Cristóbal	111,9	22
MinAmbiente	83,4	23
C.D.A.R	97,2	24
Usaquén	128	16
Guaymaral	88,9	23
Las Ferias	65,4	13
Bolivia	124,4	15
Suba	66,3	19
Promedio		20

6 COMPORTAMIENTO DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.

El comportamiento interanual del viento, para los meses de junio, desde 2010 hasta 2017, muestra que junio de 2017 fue un mes con velocidades del viento más bajas que los años anteriores, Ver Figura 23.

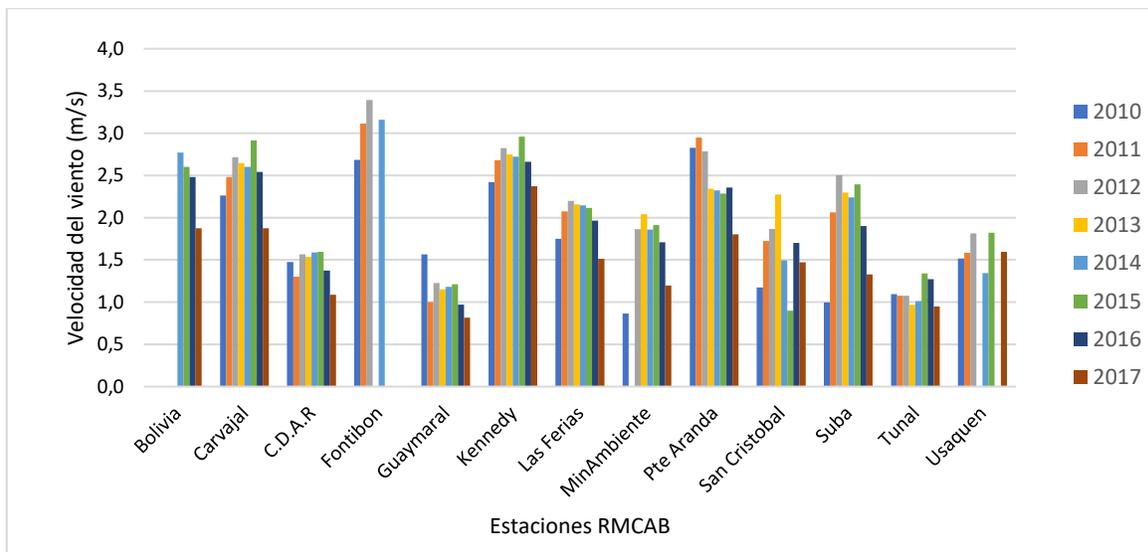


Figura 23. Comportamiento interanual de la velocidad del viento en los meses de junio 2010-2017

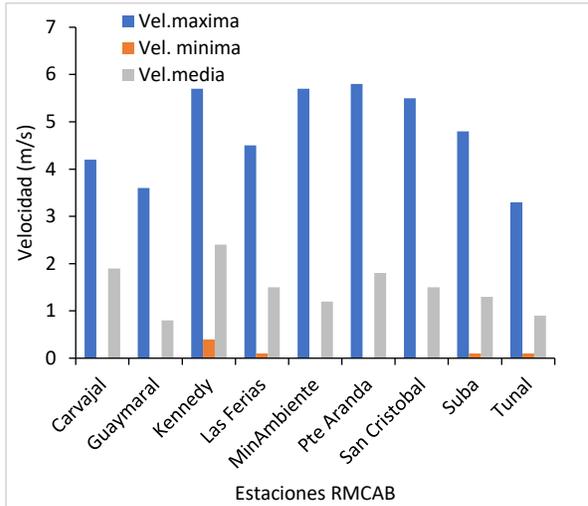


Figura 24 Velocidad del viento máxima, media y mínima por estaciones – Junio 2017

Tabla 11 Velocidades reportadas para Junio de 2017

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

6.1 COMPORTAMIENTO ESPACIAL DE LA VELOCIDAD Y DIRECCIÓN DEL VIENTO.

La Figura 25 es una representación del comportamiento promedio de los vientos en el mes de junio, y de cómo los contaminantes pudieron ser dispersados a través en la ciudad de Bogotá.

De acuerdo con lo representado las velocidades medias del viento más altas ocurrieron en inmediaciones de Kennedy (2,4 m/s), seguidas de valores entre 1,9 a 2,4 m/s en el sector occidental de la ciudad. El resto de la ciudad se vio influenciada, en promedio, por vientos de entre 0,8 a 1,6 m/s.

En cuanto a las direcciones del viento, en la ciudad predominaron vientos débiles (0,8 a 1,2 m/s) del noreste y del sureste en la zona de los cerros orientales, hacia el extremo norte de la ciudad predominaron vientos del norte y noreste. En el sector occidente se registraron vientos relativamente fuertes (2,0 - 2,4 m/s) del este y del noreste. El sur estuvo influenciado por vientos de velocidad intermedia (1,21 a 1,6 m/s) del sur y del sureste. (Figura 25 y Figura 44).

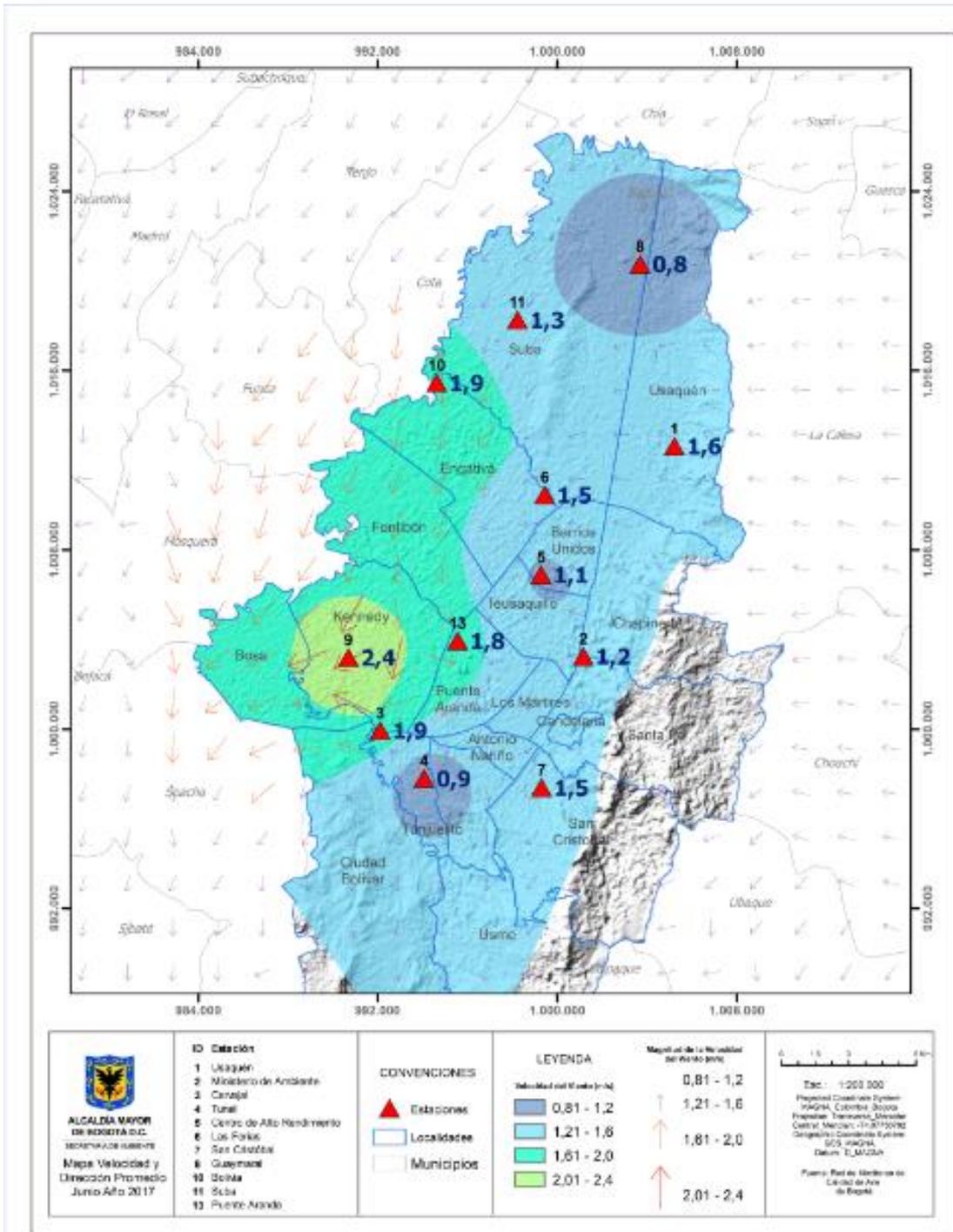


Figura 25 Velocidad (Superficie en colores) y Dirección (Vectores) del Viento de Bogotá con base en el método de interpolación de Kriging

7 COMPORTAMIENTO TEMPORAL Y ESPACIAL DE LA TEMPERATURA

En junio, como en los meses anteriores, las mayores temperaturas se registraron hacia el sector suroccidental de la ciudad, en inmediaciones de las estaciones de Kennedy y Carvajal-Sevillana, 15,2 y 15,7 °C respectivamente. Las temperaturas más bajas se registraron hacia el sector del Tunal (13,6 °C) y San Cristóbal (13,3 °C). El resto de la ciudad tuvo temperaturas entre 14,1 y 14,8 °C. (Tabla 12 y Figura 27)

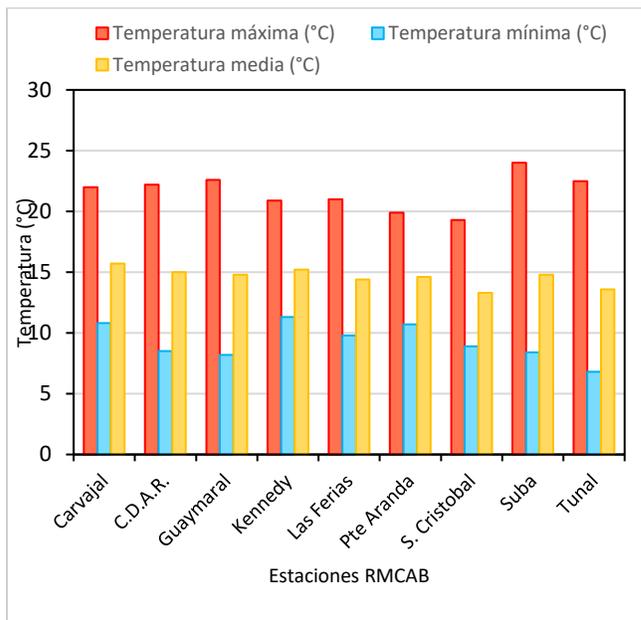


Figura 26 Temperaturas medias, máxima y mínima promedio por estaciones y promedio ciudad. junio 2017.

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

Estación	Temp. máxima (°C)	Temp. mínima (°C)	Temp. media (°C)
Carvajal	22	10,8	15,7
C.D.A.R.	22,2	8,5	15
Guaymaral	22,6	8,2	14,8
Kennedy	20,9	11,3	15,2
Las Ferias	21	9,8	14,4
Puente Aranda	19,9	10,7	14,6
San Cristóbal	19,3	8,9	13,3
Suba	24	8,4	14,8
Tunal	22,5	6,8	13,6
Promedio	21,6	9,3	14,6

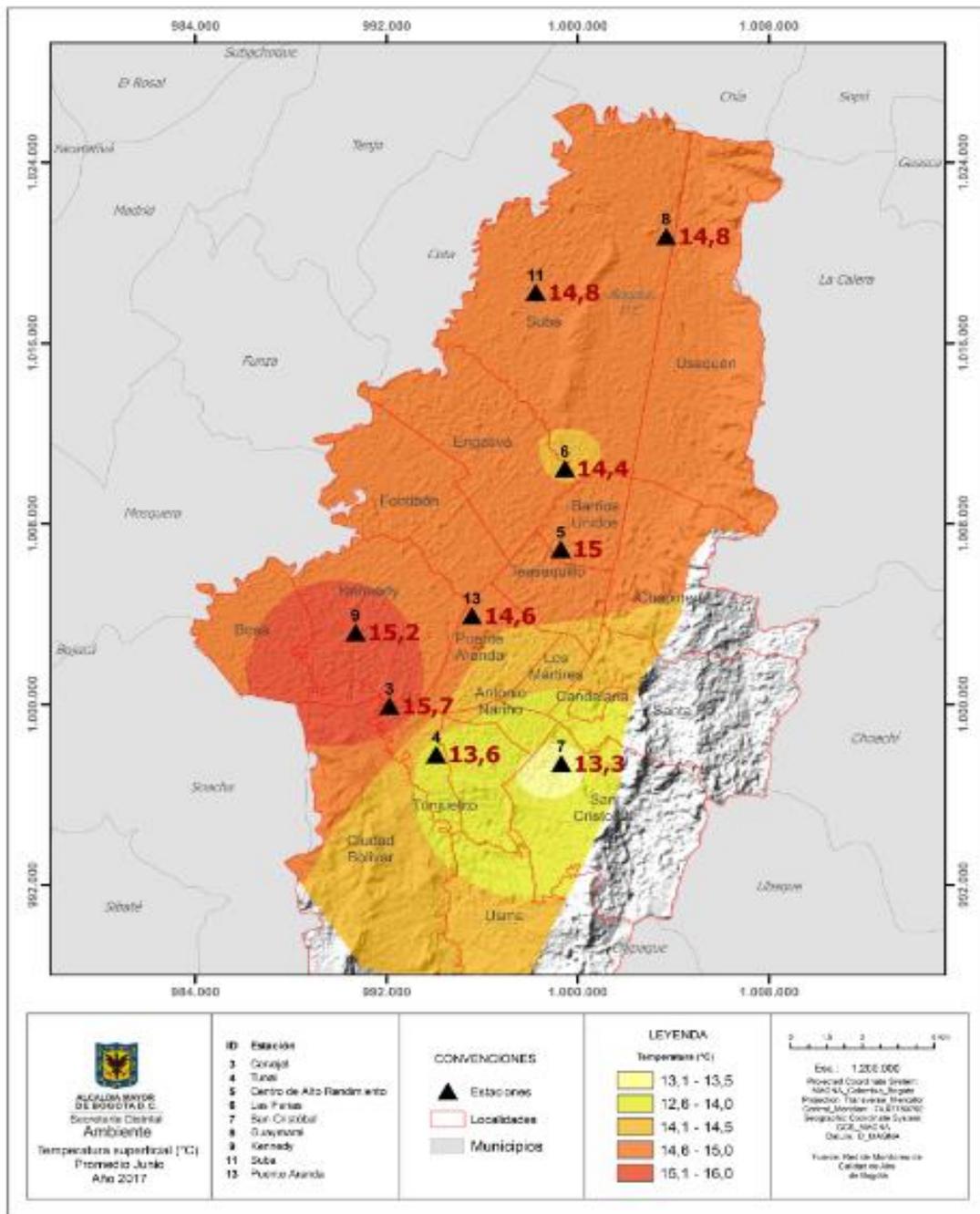


Figura 27 Mapa de Temperatura superficial de las estaciones de la RMCAB junio 2017 con base en el método de interpolación de Kriging

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

Durante el mes de junio la cantidad de radiación solar recibida por sector de la ciudad fue de la siguiente manera: al norte 337 W/m², al centro 491 W/m², al sur suroccidente 498 W/m² y al sur 630 W/m². Esta distribución probablemente está relacionada con la distribución de la cobertura nubosa, la cual funciona como un filtro; es decir, mayor cobertura de nubes refleja mayor cantidad de radiación solar entrante y viceversa.

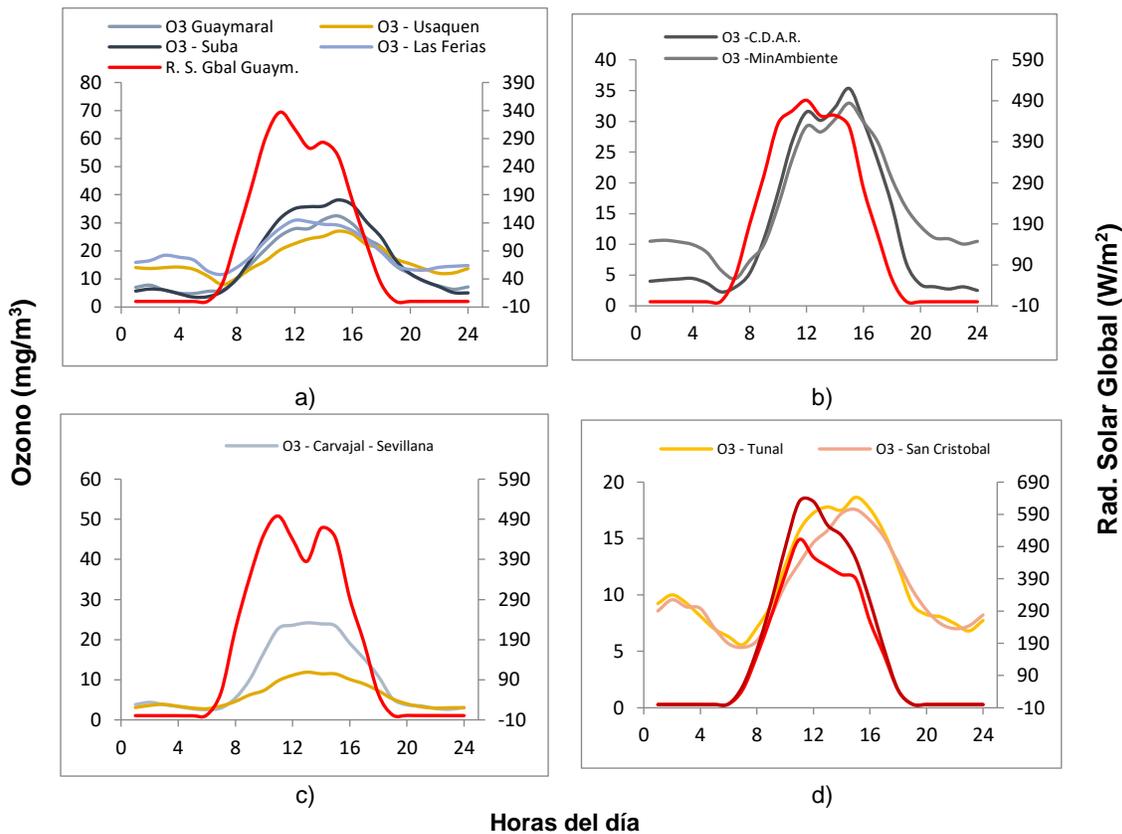


Figura 28. Comportamiento horario de O₃ (µg/m³) y su relación con la Radiación Solar entrante (W/m²), junio 2017.
a) - zona norte, b) zona centro, c) zona suroccidente y d) zona sur

10. REPORTE MENSUAL DE VALIDACIÓN SIMCAB

10.1. MODELO WRF

Teniendo en cuenta los datos de todas las estaciones, se realiza una validación a nivel ciudad tanto de las variables continuas (temperatura, velocidad del viento, humedad relativa, presión atmosférica y radiación solar) como de la categórica (precipitación).

Los diagramas de Taylor (ver Figura 29) y los Box Plot (Ver Figura 30) de las variables continuas mencionadas, indican que la temperatura para julio es bien representada por el modelo ya que presenta una buena correlación del ciclo diurno. El RMSE se encuentra levemente por debajo de 2°C y el BIAS indica que el modelo tiene a subestimar la temperatura. La precisión del modelo es muy cercana a la observada, la cual está alrededor de 3.

Por el contrario, la humedad relativa pronosticada por el modelo tiende a sobre estimarse con un RMSE por encima de 10%, sin embargo ésta variable tiene una buena correlación y el ciclo diurno es bien representado por el modelo, así como una precisión, representada por la desviación estándar levemente por encima de la observada.

La velocidad del viento muestra una vez más una baja correlación en el diagrama de Taylor, con tendencia a la sobre estimación. En este mes el BIAS aumentó y se ubicó por encima de 2 m/s. La dispersión de los datos con respecto a los datos observados también aumento este mes para esta variable.

La radiación solar una vez más muestra una buena correlación, tanto en el diagrama de Taylor como en el Box-plot. Una vez más se observa una sobre estimación especialmente en las horas de mayor radiación, presentando un RMSE por encima de 200 W/m².

La presión tanto observada como modelada presenta poca variación ya que sus valores oscilan entre 560 y 567 mmHg, la correlación igualmente es buena, pero la dispersión de los datos modelados es mayor en el modelo. Para este mes, el modelo tiende a subestimar la presión, con un RMSE cercano a 5 mmHg, aumentando con respecto al mes anterior.

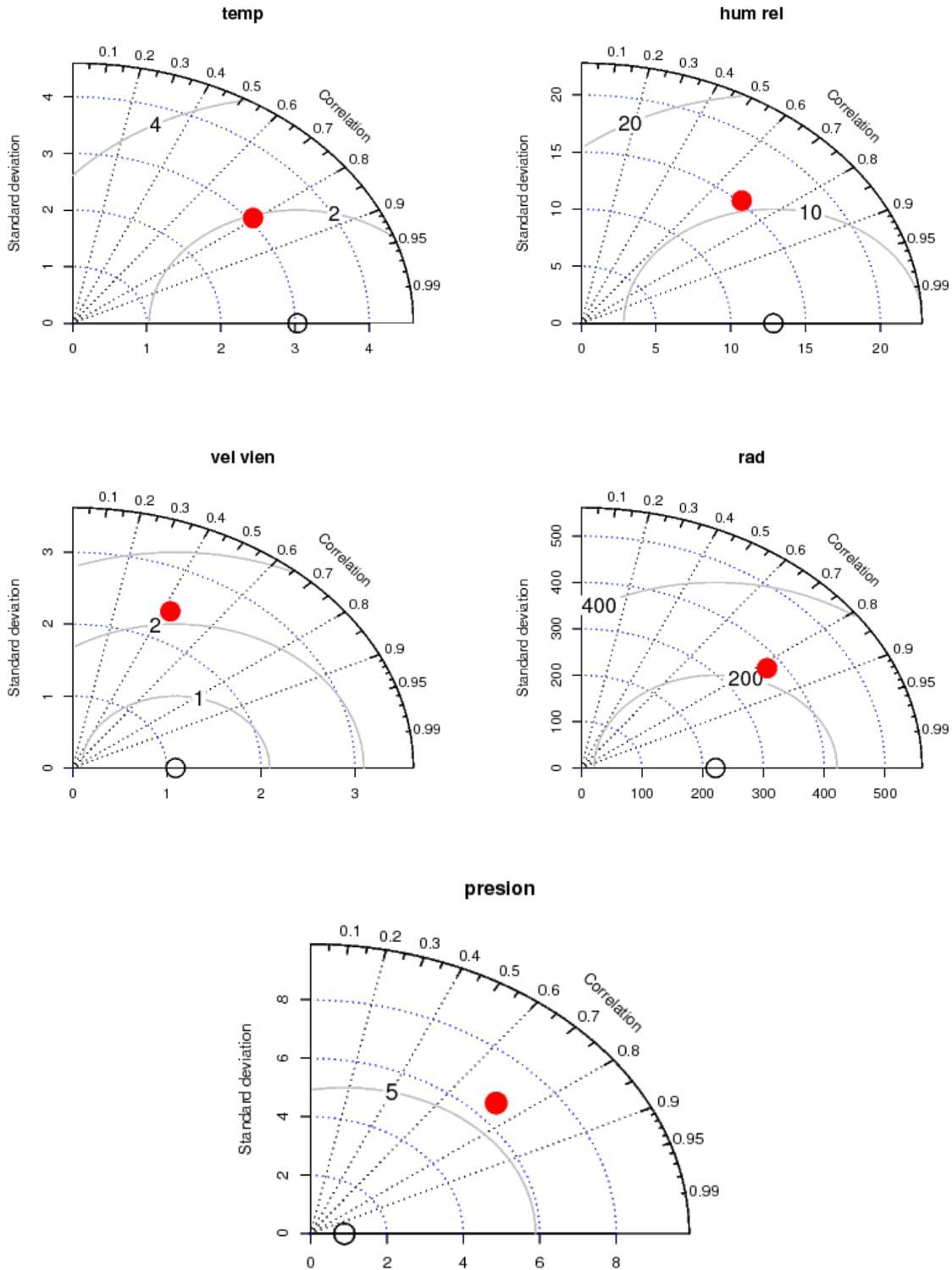


Figura 29. Diagramas de Taylor parámetros meteorológicos. Junio 2017

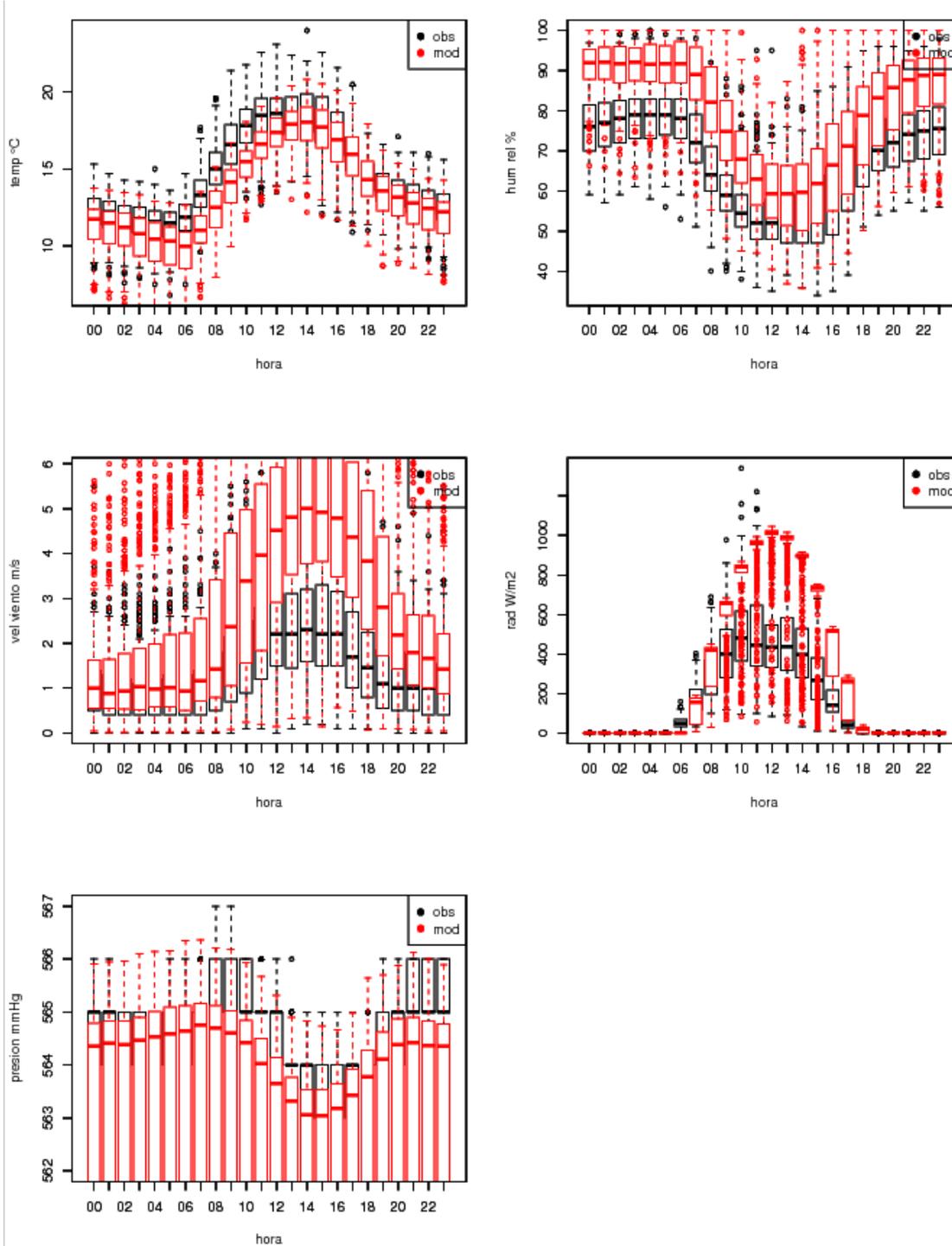


Figura 30. Box Plot parámetros meteorológicos – Junio 2017

En términos de precipitación (ver Tabla 13) la validación se realiza con tablas de contingencia como variable categórica (lluvia – no lluvia). Los resultados indican que este mes las estaciones CDAR y Min Ambiente son las mejor representadas en términos de Threat score, Percent Correct y baja False Alarm Ratio. Las estaciones que tuvieron

menor bondad en la validación fueron Kennedy, las Ferias y Usaquén, principalmente por su bajo Threat score, alto BIAS y False Alarm Ratio.

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

ESTACIÓN	THREAT SCORE	POD	FAR	PERCENT CORRECT	BIAS
Carvajal-Sevillana	0.62	0.90	0.33	0.63	1.35
Centro de Alto Rendimiento	0.76	0.92	0.18	0.77	1.12
Guaymaral	0.62	0.78	0.25	0.63	1.04
Kennedy	0.57	0.89	0.38	0.60	1.44
Las Ferias	0.48	0.99	0.52	0.53	2.08
MinAmbiente	0.67	0.87	0.26	0.67	1.17
Puente Aranda	0.62	0.90	0.33	0.63	1.35
San Cristóbal	0.63	0.86	0.30	0.63	1.23
Suba	0.64	0.95	0.33	0.67	1.42
Tunal	0.59	0.89	0.37	0.60	1.42
Usaquén	0.52	0.87	0.44	0.57	1.56

10.2. MODELO CMAQ

A partir de los datos medidos en las estaciones de la red de monitoreo de calidad de aire en la ciudad, se realizó una validación del modelo fotoquímico CMAQ para los contaminantes PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, NO₂, SO₂ y CO.

Para el material particulado (PM₁₀ y PM_{2.5}), se realizó el diagrama de Taylor para los promedios diarios, dado que éstos valores son los que se comparan con la normatividad actual. Para PM₁₀, el modelo tiene una correlación de Pearson cercana a 0.4, adicionalmente, el modelo presenta un RMSE cercano a 30 µg/m³; Por otro lado, para PM_{2.5} el modelo tiene una correlación con respecto a los datos observados de 0.4, con un RMSE de 15 µg/m³.

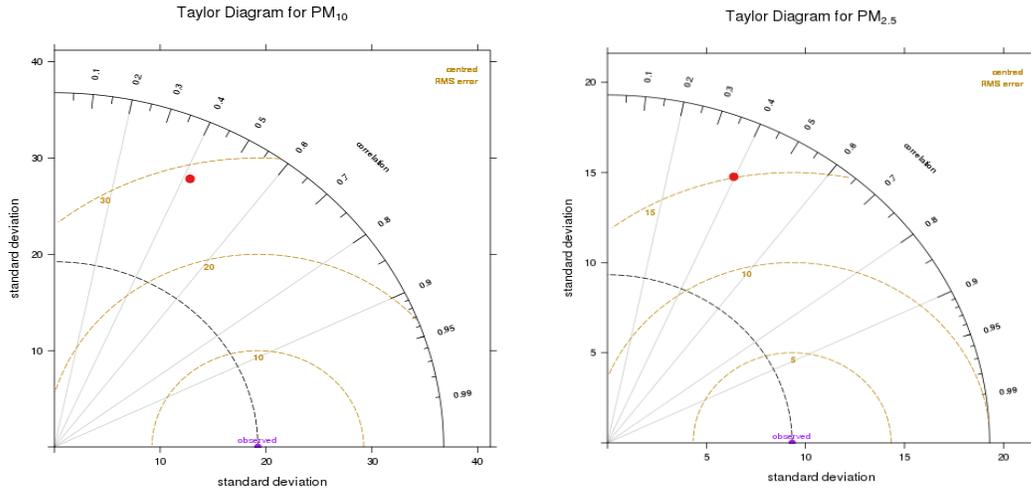
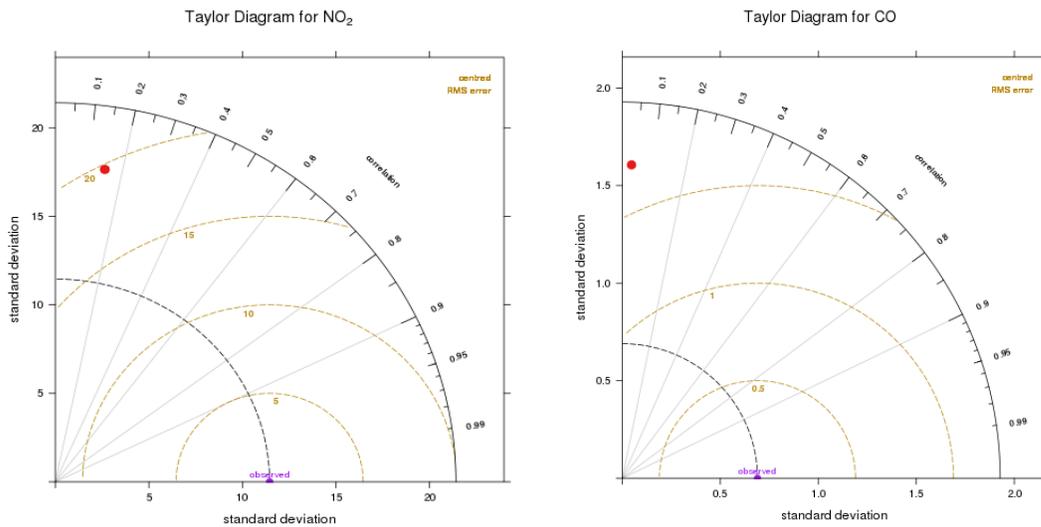


Figura 31. Diagramas de Taylor para material particulado en métrica diaria

En cuanto a los gases, el ozono es el que mejor se representa en métrica horaria por el modelo con un RMSE menor a 10 ppb aunque la correlación con los datos observados fue de 0.3; para el caso del SO_2 , no se muestra el punto de modelado, ya que la correlación fue negativa y el punto se sale del área del gráfico.



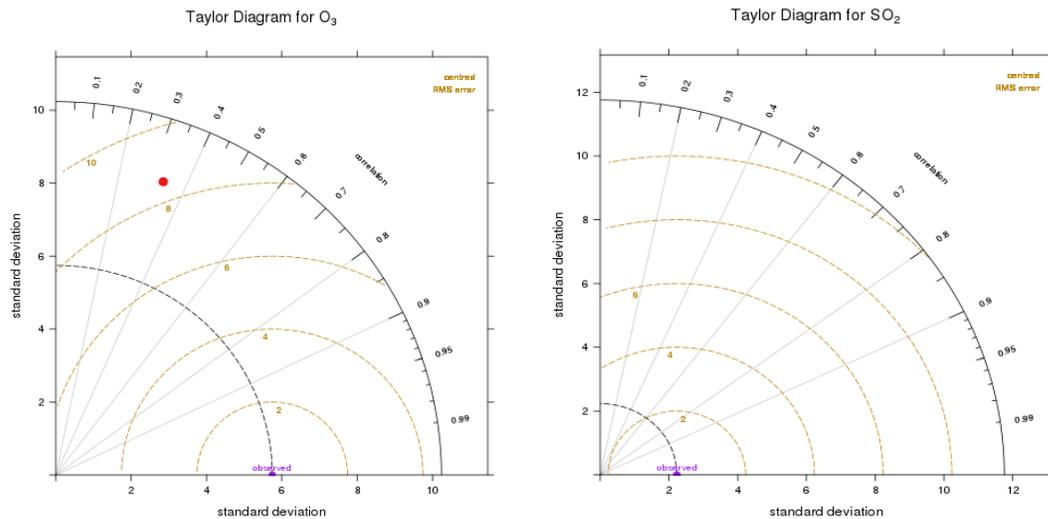


Figura 32. Diagramas de Taylor para NO₂, CO, O₃ y SO₂, en métrica horaria

Dado que el material particulado es el contaminante más crítico en la ciudad, se muestra a continuación una tabla de sesgos (bias), que muestra el comportamiento promedio de los sesgos del modelo para el mes de mayo, por estación. De esta tabla se puede concluir que las estaciones de Carvajal-Sevillana, Puente Aranda y Kennedy es donde ocurren las mayores sobreestimaciones por parte del modelo, mientras que el modelo tiende a subestimar las concentraciones en las estaciones de Suba y Usaquén, principalmente.

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

Estación	Sesgo diario PM ₁₀ (µg/m ³)	Sesgo diario PM _{2.5} (µg/m ³)
Carvajal- Sevillana	14 ± 90	1 ± 37
Centro de Alto Rendimiento	24 ± 49	No hay mediciones
Guaymaral	9 ± 40	4 ± 23
Kennedy	13 ± 48	1 ± 27
Las Ferias	4 ± 36	5 ± 22
MinAmbiente	7 ± 37	5 ± 23
Puente Aranda	16 ± 56	19 ± 37
San Cristóbal	-6 ± 30	0 ± 18
Suba	-22 ± 23	-2 ± 13
Tunal	2 ± 60	-2 ± 37
Usaquén	-21 ± 31	-5 ± 16

ANEXOS

A. Comportamiento horario de las concentraciones de PM₁₀

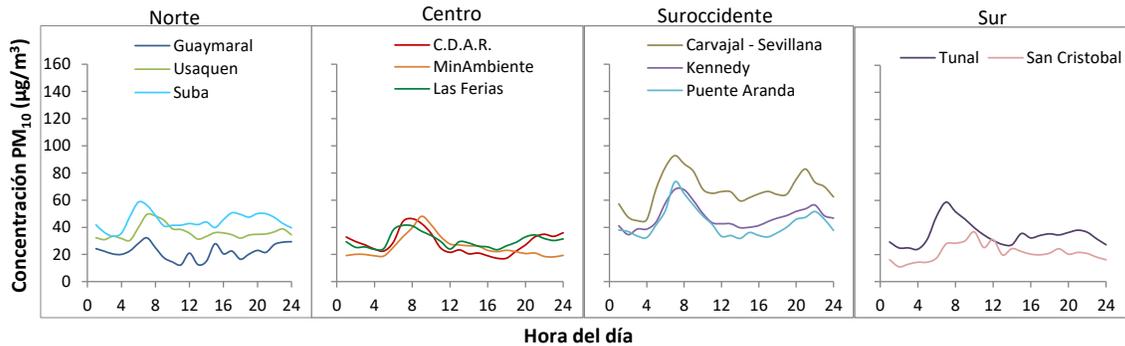


Figura 33. Comportamiento horario de PM₁₀ para junio de 2017

B. Comportamiento horario de las concentraciones de PM_{2,5}

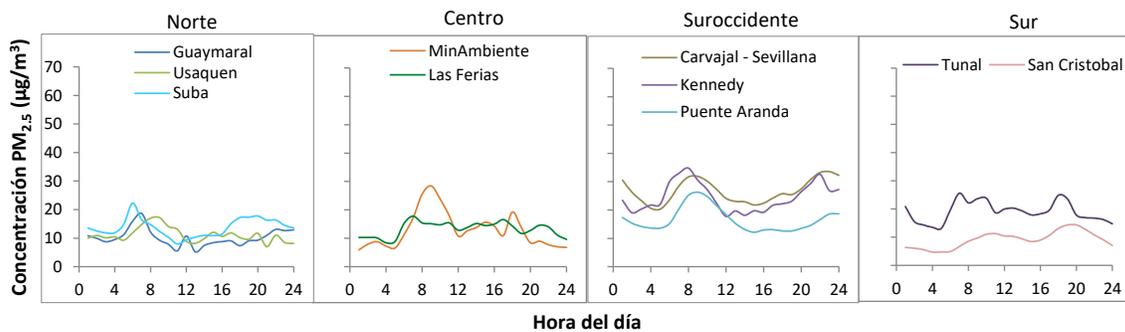


Figura 34. Comportamiento horario de PM_{2,5} para junio de 2017.

C. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃

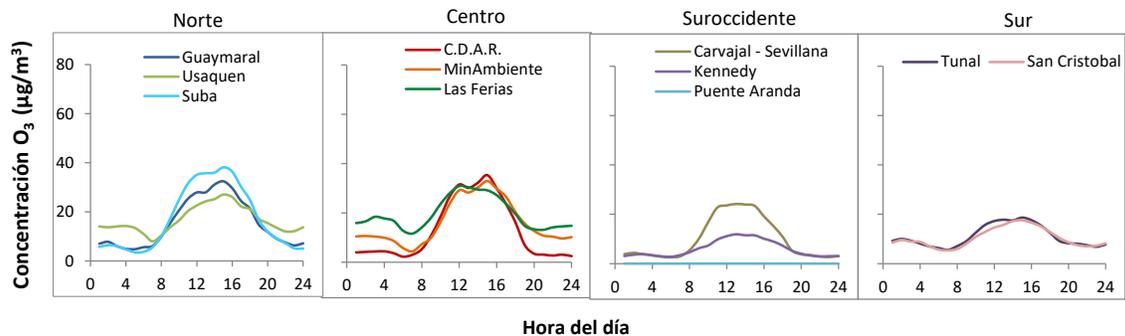


Figura 35. Comportamiento horario de las concentraciones de O₃ para junio 2017.

D. Comportamiento horario de las concentraciones de SO₂

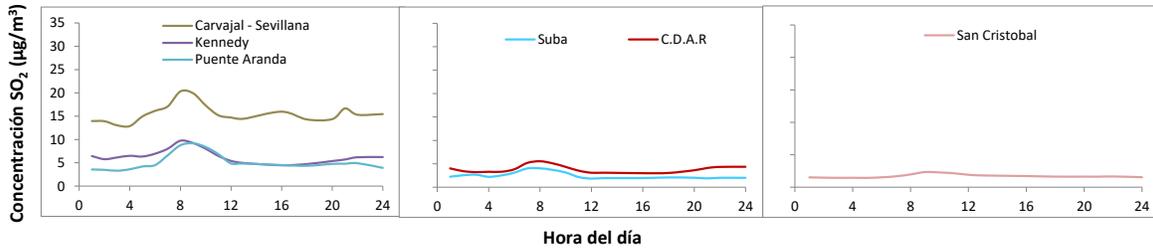


Figura 36. Comportamiento horario de las concentraciones SO₂ para junio 2017.

E. Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂

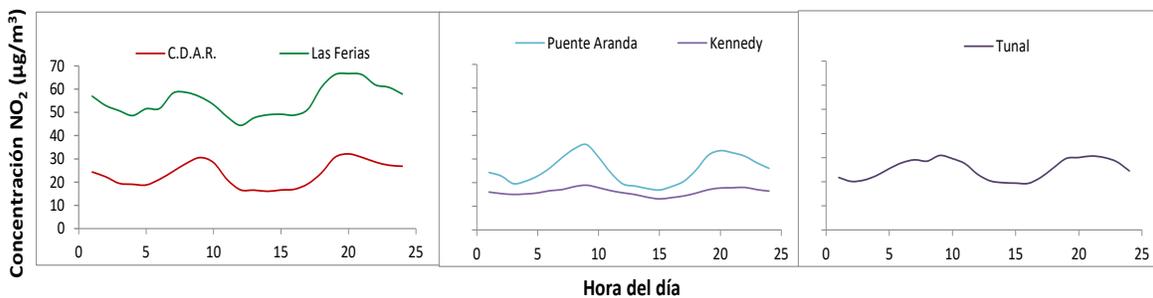


Figura 37. Comportamiento horario de las concentraciones de NO₂ para junio 2017.

F. Comportamiento horario de las concentraciones de CO

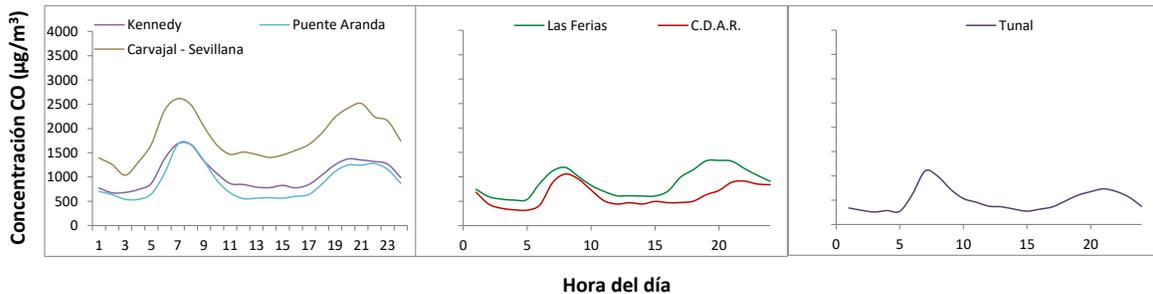


Figura 38. Comportamiento horario de las concentraciones de CO para junio 2017.

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 PM₁₀ fueron observadas en las estaciones de Kennedy y Tunal, mientras que las menores fueron observadas en Carvajal-Sevillana, Puente Aranda y Suba. La relación global para la ciudad fue de 0,44, lo que indica que la fracción gruesa predominó sobre la fracción fina a nivel ciudad para

el mes de junio de 2017. (Tabla 15)

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

Junio 2017			
Estación	Prom. $PM_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Prom. PM_{10} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Relación $PM_{2.5}/PM_{10}$
Guaymaral	11	22	0.49
Usaquén	N.R.	36	N.A.
Suba	14	45	0.31
Las Ferias	13	30	0.44
C.D.A.R.	N.A.	N.R.	N.A.
MinAmbiente	N.R.	26	N.A.
Puente Aranda	17	43	0.39
Kennedy	24	48	0.51
Carvajal - Sevillana	27	67	0.39
Tunal	19	34	0.55
San Cristóbal	9	N.R.	N.A.

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

En la Figura 39, Figura 40 y Figura 41 se muestran los promedios anuales a junio de 2017 para PM_{10} , $PM_{2.5}$, y O_3 , cuyos valores son de **$42 \mu\text{g}/\text{m}^3$** , **$20 \mu\text{g}/\text{m}^3$** y **$18 \mu\text{g}/\text{m}^3$** 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 mayo de 2017 corresponde al promedio de datos de concentración diaria (PM_{10} , y $PM_{2.5}$) y 8 horas (O_3) de **181 días** (seis meses) de las estaciones que tuvieron una captura de datos superior al 75%.

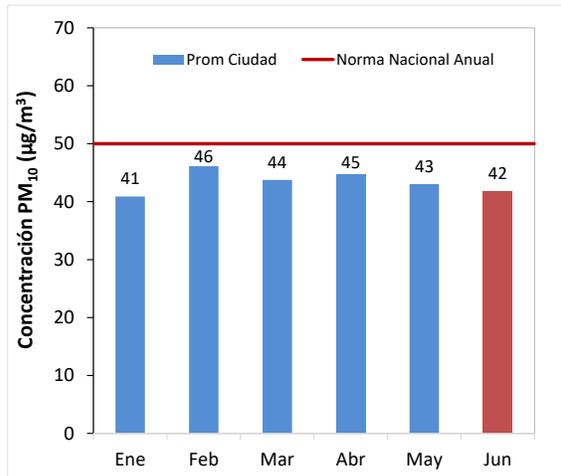


Figura 39. Promedio de PM_{10} corte a junio de 2017

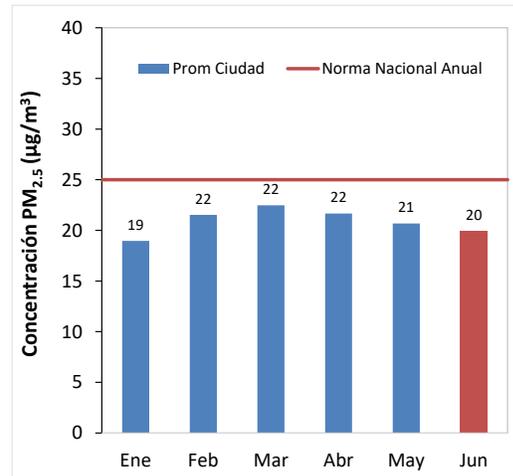


Figura 40. Promedio de $PM_{2.5}$ corte a junio 2017

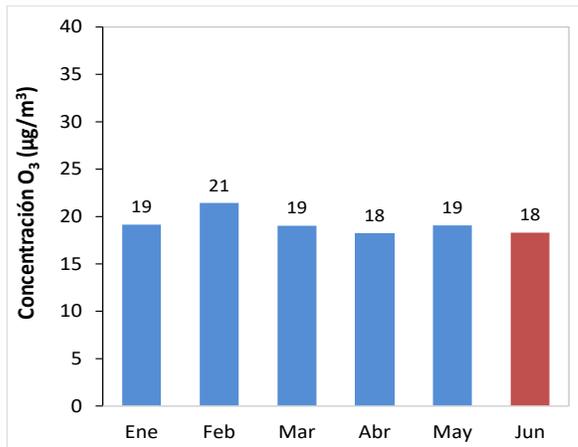


Figura 41. Promedio de O₃ corte a junio 2017

I. Velocidades del viento promedio Ciudad

La Figura 42 muestra la variabilidad de la velocidad media del viento durante el mes de junio. En ella se nota una ligera tendencia creciente con el transcurrir del mes, de alrededor de 1,5 m/s hasta los 1,6 m/s. El promedio diario del mes se calculó en 1,55 m/s, con una variabilidad de 0,8 m/s a 2,3 m/s. Note que las mayores velocidades ocurrieron a principios y al final del mes.

En la Figura 43 se representa el perfil horario del viento en el mes de junio. Allí se observa como en las madrugadas los promedios de las velocidades alcanzaron valores menores 0,9 m/s, en la madrugada. Entre las 7 AM y 1 PM se presentó un incremento de 0,9 a 2,3 m/s; luego un ligero incremento de 2,3 a 2,4 m/s, entre las 1 PM y 3 PM. Entre la 1 y 3 PM ocurrió ligero incremento de velocidad, 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 2,3 a 1,3 m/s. De 7 a 9 PM ocurrió otro descenso comparable en proporción con el ocurrido entre 7 y 11 AM.

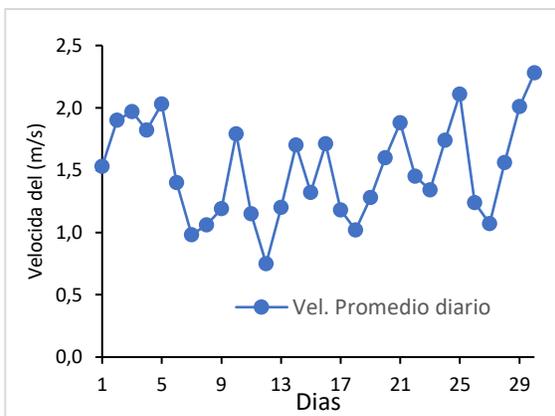


Figura 42 Velocidad media diaria del viento – junio 2017

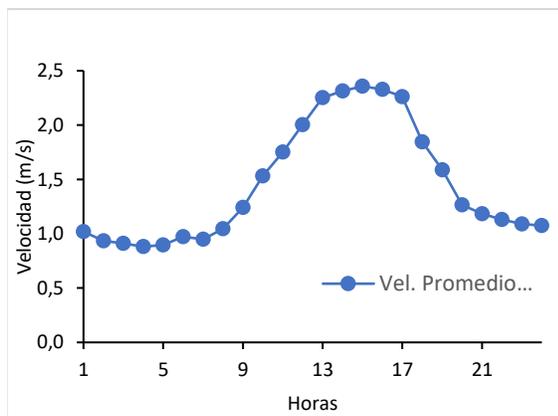


Figura 43. Perfil horario del viento – junio 2017

J. Rosas de viento consolidadas para junio 2017

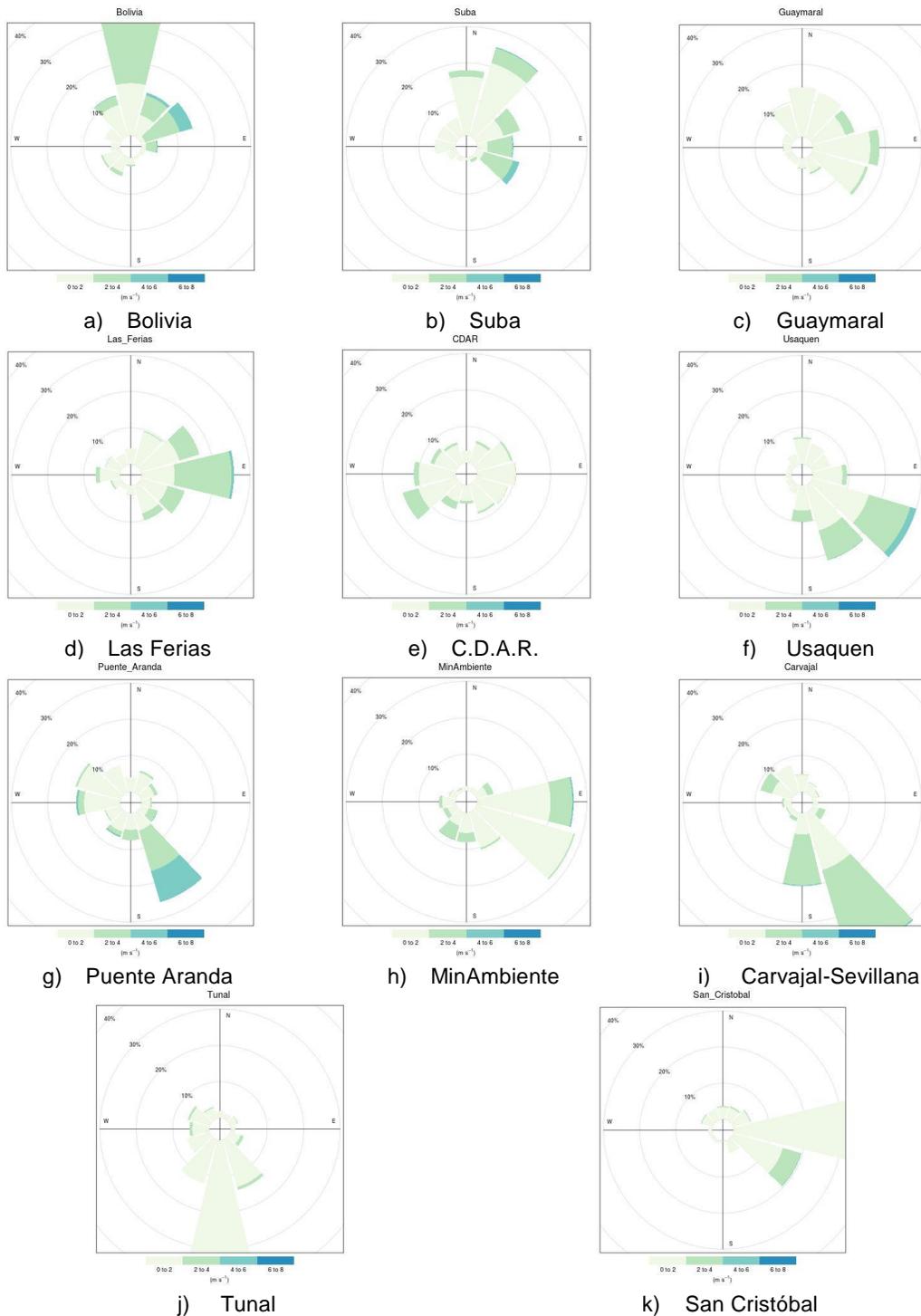


Figura 44. Rosas de viento - Junio 2017. a) Bolivia b) Suba, c) Guaymaral, d) Las Ferias, e) C.D.A.R., f) Usaquén, g) Puente Aranda, h) MinAmbiente, i) Carvajal-Sevillana, j) Tunal, k) San Cristóbal

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 16 se observa el comportamiento de los promedios de velocidad y dirección del viento en cuatro momentos del día, para el mes de junio: madrugada, mañana, tarde y noche. En ella se aprecia que en las madrugadas la velocidad del viento es relativamente baja con velocidades que no superaron los 1,5 m/s. En las mañanas, con el ingreso de los primeros rayos solares se dinamizaron los flujos de aire incrementando su velocidad hasta los 2,3 m/s, alcanzando su máximo en horas de la tarde 3,6 m/s, para debilitarse nuevamente en horas nocturnas con velocidades que no superan 2,1 m/s.

En el mes de junio las direcciones se distribuyeron así: en las madrugadas predominaron los vientos del noreste y noroeste en el sector noroccidente de la ciudad (Bolivia, Suba y Las Ferias); en el suroccidente (Puente Aranda y Carvajal), vientos del oeste y del sur; y hacia los cerros orientales (San Cristóbal, MinAmbiente Usaquén, Guaymaral), vientos del noreste y sureste. Los datos de la estación de Kennedy, fueron invalidados por inconsistencia en este periodo de análisis.

En las mañanas los vientos tuvieron, predominio de vientos del norte y noreste, hacia el noroccidente de la ciudad. En el sector suroccidente, predominaron los vientos del sureste y suroeste. Los cerros orientales estuvieron influenciados por vientos del este, sureste y del noreste.

En las tardes, vientos del noreste y sureste predominaron hacia el sector noroccidental; hacia el sur occidente de la ciudad soplaron vientos del suroeste, y hacia los cerros orientales vientos del sureste y del este.

En las horas de la noche, los vientos se pusieron del noroeste y noreste hacia el sector noroccidental de la ciudad; del suroeste hacia suroccidente; y en los cerros vientos del noreste hacia la parte más norte y sur oeste hacia la parte más sur del sistema montañoso.

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

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
Bolivia	1,5	2,0	2,6	1,4	355	359	24	337
Guaymaral	0,4	0,9	1,5	0,5	20	57	116	66
Usaquén	1,1	1,5	2,3	1,5	101	117	138	123
Suba	0,6	1,6	2,3	0,8	8	33	88	13
Las Ferias	1,2	1,5	2,0	1,4	28	75	133	65
C.D.A.R.	0,6	1,1	1,7	0,8	107	109	305	109
MinAmbiente	0,7	1,1	1,9	1,1	128	140	130	113
Puente Aranda	0,9	1,7	3,0	1,6	290	245	190	216
Kennedy	1,4	2,3	3,6	2,1				
Carvajal	1,2	1,8	2,8	1,7	170	163	200	183
Tunal	0,6	0,9	1,5	0,8	207	217	196	203

Estación	Velocidad promedio del viento (m/s)				Dirección promedio del viento (°)			
	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche	Madrugada	Mañana	Tarde	Noche
San Cristóbal	1,1	1,1	2,1	1,5	89	67	92	99

L. Temperatura media, diaria y horario Ciudad

El comportamiento del promedio diario durante el mes de junio no presentó variaciones considerablemente con respecto al mes anterior, registrando un valor promedio de 14,1 °C con una variabilidad de 1,3°C aproximadamente. (Figura 45)

El perfil horario de la temperatura del mes de junio, en horas de la madrugada, se promedió en 11,5 °C. La temperatura promedio más alta en un día, alcanzó los 18,8 °C entre 1 y 4 PM. (Figura 46), desplazándose en una hora el pico de máxima temperatura.

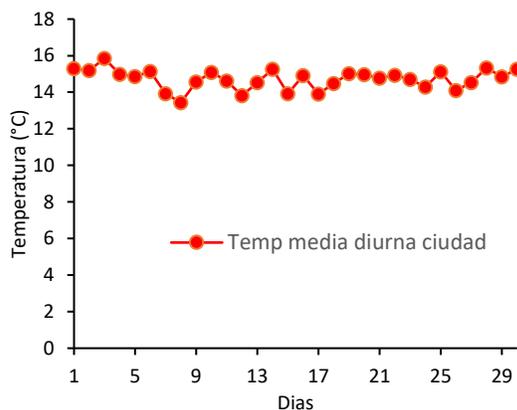


Figura 45. Temperatura media diaria – Junio 2017

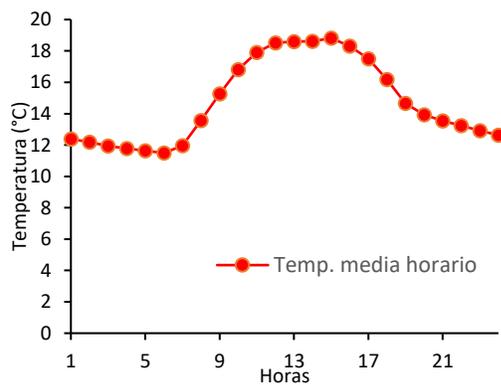


Figura 46. Perfil horario de la temperatura. Junio 2017

FIN DEL INFORME