



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA METROPOLITANA 2015



**Dirección de Meteorología y
Evaluación Ambiental Atmosférica**

Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana, 2015

COORDINADOR TÉCNICO:

JOSÉ SEGUNDO SILVA COTRINA

ELABORADO POR:

Ph. D. Contaminación del aire
Ingeniera Ambiental

Odón Román Sánchez Ccoyllo
Carol Geimy Ordóñez Aquino

COLABORACIÓN:

Ph. D. Medio Ambiente y
Desarrollo Sostenible
Ingeniero electrónico
Ingeniera meteoróloga
Bachiller en ingeniera ambiental
Técnico electrónico
Técnico electrónico
Técnica en computación
Ingeniero pesquero
Diseñadora Gráfica

Juan Julio Ordóñez Gálvez
Augusto Fernández Jibaja
Anatolia Norabuena Espinoza
Rulman Raphael Aliaga Martínez
Carlos Simeón Pardavé Trujillo
José Luis Hinojosa Fernández
Rosalinda Aguirre Almeyda
José Luis Angulo Fierro
Rosa Emperatriz Bermúdez Talavera

Lima, 2016

Evaluación de la Calidad del Aire en Lima Metropolitana, 2015

© Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

Jr. Cahuide 785 Jesús María, Lima, Perú

Central Telefónica: (511) 614 1414

Correos electrónicos: sea@senamhi.gob.pe, sanchez@senamhi.gob.pe

Sitios web: www.senamhi.gob.pe

Se permite su reproducción parcial o total, tratamiento informático, transmisión por cualquier forma o medio, sea electrónico, mecánico, por fotocopia u otros, con la simple indicación de la fuente.

Este estudio debe citarse de la siguiente forma:

Sánchez-Ccoyllo, O. R. y Ordóñez-Aquino, C. G. (2016). Evaluación de la calidad del aire en Lima Metropolitana 2015. Lima: SENAMHI.

Contenido

PRESENTACION	8
1. INTRODUCCIÓN	9
2. NORMAS AMBIENTALES	10
2.1 PARAMETROS AMBIENTALES	10
2.2 INDICE DE CALIDAD DEL AIRE	11
3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS EN LIMA METROPOLITANA, 2015	13
3.1 Capa de mezcla	13
3.2 Temperatura	14
3.3 Humedad relativa	14
3.4 Precipitación	15
3.5 Vientos	16
4. CALIDAD DEL AIRE EN LIMA METROPOLITANA, 2015	17
4.1 Evolución horaria del PM_{10} en los días de la semana en la zona norte	17
4.2 Evolución horaria del PM_{10} en los días de la semana en la zona sur y centro	18
4.3 Evolución horaria del PM_{10} en los días de la semana en la zona este	19
4.4 Evolución diaria del PM_{10} en los días de la semana	20
4.5 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Puente Piedra	21
4.6 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Carabayllo	22
4.7 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de San Martín de Porres	22
4.8 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Villa María del Triunfo	23
4.9 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de San Borja	23
4.10 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Jesús María	24
4.11 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Ate	24
4.12 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de San Juan de Lurigancho	25
4.13 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Santa Anita	25
4.14 Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Huachipa	26
4.15 Días de superación del ECA de PM_{10}	26
4.16 Evolución mensual del PM_{10} por estaciones	27
4.17 Estados de la calidad del aire con relación al PM_{10} - zona norte	28
4.18 Estados de la calidad del aire con relación al PM_{10} - zona sur y centro	29
4.19 Estados de la calidad del aire con relación al PM_{10} - zona este	30

4.20	Evolución anual histórica del PM ₁₀ por estaciones	31
4.21	Evolución horaria del PM _{2.5} en los días de la semana - zona norte	32
4.22	Evolución horaria del PM _{2.5} en los días de la semana - zona sur y centro	33
4.23	Evolución horaria del PM ₁₀ en los días de la semana - zona este	34
4.24	Evolución diaria del PM _{2.5} en los días de la semana	35
4.25	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de Puente Piedra	36
4.26	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de Carabayllo	36
4.27	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de San Martín de Porres	36
4.28	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de Villa María del Triunfo	37
4.29	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de San Borja	37
4.30	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de Jesús María	37
4.31	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de Ate	38
4.32	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de San Juan de Lurigancho	38
4.33	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de Santa Anita	38
4.34	Evolución diaria del PM _{2.5} en la estación de Huachipa	39
4.35	Días de superación del ECA de PM _{2.5}	39
4.36	Evolución mensual del PM _{2.5} por estaciones	40
4.37	Estados de la calidad del aire con relación al PM _{2.5} - zona norte	41
4.38	Estados de la calidad del aire con relación al PM _{2.5} - zona sur y centro	42
4.39	Estados de la calidad del aire con relación al PM _{2.5} - zona este	43
4.40	Estados de la calidad del aire con relación al PM _{2.5} - zona norte	44
4.41	Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona sur y centro	45
4.42	Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona este	46
4.43	Evolución diaria del CO en los días de la semana	47
4.44	Evolución horaria del CO en la estación de Puente Piedra	48
4.45	Evolución horaria del CO en la estación de Carabayllo	48
4.46	Evolución horaria del CO en la estación de San Martín de Porres	49
4.47	Evolución horaria del CO en la estación de Villa María del Triunfo	49
4.48	Evolución horaria del CO en la estación de San Borja	50
4.49	Evolución horaria del CO en la estación de Jesús María	50
4.50	Evolución horaria del CO en la estación de Ate	51
4.51	Evolución horaria del CO en la estación de San Juan de Lurigancho	51
4.52	Evolución horaria del CO en la estación de Santa Anita	52
4.53	Evolución horaria del CO en la estación de Huachipa	52
4.54	Evolución mensual del CO por estaciones	53

4.55.	Evolución horaria del SO ₂ en los días de la semana - zona norte	54
4.56	Evolución horaria del SO ₂ en los días de la semana - zona este	55
4.57.	Evolución diaria del SO ₂ en los días de la semana	55
4.58.	Evolución diaria del SO ₂ en la estación de Puente Piedra	56
4.59.	Evolución diaria del SO ₂ en la estación de Carabayllo	57
4.60.	Evolución diaria del SO ₂ en la estación de Huachipa	57
4.61.	Evolución diaria del SO ₂ en la estación de Santa Anita	58
4.62.	Evolución horaria del O ₃ en los días de la semana - zona norte	58
4.63.	Evolución horaria del O ₃ en los días de la semana - zona sur y centro	59
4.64.	Evolución horaria del O ₃ en los días de la semana - zona este	60
4.65.	Evolución diaria del O ₃ en los días de la semana	61
4.66.	Evolución horaria del O ₃ en la estación de Puente Piedra	62
4.67.	Evolución horaria del O ₃ en la estación de Carabayllo	63
4.68.	Evolución horaria del O ₃ en la estación de San Martín de Porres	63
4.69.	Evolución horaria del O ₃ en la estación de Villa María del Triunfo	64
4.70.	Evolución horaria de O ₃ en la Estación de San Borja	64
4.71.	Evolución horaria del O ₃ en la estación de Jesús María	65
4.72.	Evolución horaria del NO ₂ en los días de la semana - zona norte	65
4.73.	Evolución horaria de NO ₂ en los días de la semana - zona sur y centro	66
4.74.	Evolución horaria del NO ₂ en los días de la semana - zona este	67
4.75.	Evolución diaria del NO ₂ en los días de la semana	68
4.76.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de Puente Piedra	69
4.77.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de Carabayllo	69
4.78.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de San Martín de Porres	70
4.79.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de San Borja	70
4.80.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de Jesús María	71
4.81.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de Ate	71
4.82.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de San Juan de Lurigancho	72
4.83.	Evolución horaria del NO ₂ en la estación de Huachipa	72
4.84.	Evolución mensual del NO ₂ por estaciones	73
5.	RED DE MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN LIMA METROPOLITANA	74
5.1.	Información técnica	74
5.1.1	Estaciones de la zona norte	74
5.1.1.1	Estación de Puente Piedra	74
5.1.1.2	Estación de Carabayllo	75

5.1.1.3	Estación de San Martín de Porres	76
5.1.1.4	Estación de San Borja	77
5.1.2	Estaciones de la zona sur	78
5.1.2.1	Estación de Villa María del Triunfo	78
5.1.3	Estaciones de la zona centro	79
5.1.3.1	Estación de Jesús María (Campo de Marte)	79
5.1.4	Estaciones de la zona este	80
5.1.4.1	Estación de Ate	80
5.1.4.2	Estación de Santa Anita	81
5.1.4.3	Estación de Huachipa	82
6.1.4.4	Estación de San Juan de Lurigancho	83
6.	CONCLUSIONES	84
7.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	89

Presentación

El objetivo de este informe es realizar la caracterización de la contaminación del aire en Lima Metropolitana mediante la descripción de los valores horarios, diarios, semanales, mensuales y anuales de los aerosoles atmosféricos, ozono troposférico, monóxido de carbono, dióxido de azufre y dióxido de nitrógeno. La evaluación de la contaminación del aire en el año 2015 tomó en cuenta el material particulado inhalable (PM_{10} , es decir, partículas atmosféricas con diámetro aerodinámico menor de 10 micrómetros) y el material particulado fino ($PM_{2.5}$, es decir, partículas atmosféricas con diámetro aerodinámico menor de 2.5 micrómetros), además de las siguientes variables meteorológicas: altura de inversión térmica, temperatura del aire, humedad relativa y velocidad del viento en Lima Metropolitana.

ODÓN SÁNCHEZ CCOYLLO, Ph. D.
Especialista en contaminación del aire de SENAMHI

1. INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire implica la presencia en la atmósfera de uno o más contaminantes o sus combinaciones, en cantidades tales y con tal duración que pueden afectar la vida de las personas, animales y plantas, e interfiere en el goce de la vida, la propiedad y el ejercicio de las actividades (Wark y Warner, 2007). La contaminación del aire se asocia también al aumento de la morbilidad y la mortalidad, principalmente debido a enfermedades cardiovasculares, cáncer de pulmón, infecciones respiratorias agudas, asma y los resultados del embarazo. El parto prematuro (menos de 37 semanas de gestación) y el bajo peso al nacer (menos de 2.500 g) se han asociado con la exposición a la contaminación del aire (Souza, 2015).

Este informe presenta la situación de la contaminación del aire en el año 2015 en Lima Metropolitana y es una continuación de los informes anuales que edita el SENAMHI desde el año 2011 en cumplimiento de la Ley Orgánica del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú, que en el artículo 4, inciso n) señala la función de: Organizar, normar y promover un sistema de vigilancia atmosférica del país, a fin de preservar los peligros de la contaminación ambiental.

En su inciso e), el referido artículo dispone: Divulgar la información técnica y científica; el inciso f) señala como otra de sus funciones: Promover en coordinación con las universidades, la capacitación técnica y profesional en especialidades relativas al estudio, investigación y aplicación de los diversos elementos atmosféricos; y el inciso i): Participar en todas las actividades de estudios y proyectos relacionados con el medioambiente.

2. NORMAS AMBIENTALES

2.1. PARAMETROS AMBIENTALES

Tabla 1. Estándar nacional de calidad ambiental del aire

Contaminante	Periodo	Forma del estándar				Vigencia	Método del análisis
		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	ppb 25° C 1 atm	ppm	Formato		
SO₂	anual	80	30.6	0.03	Media aritmética, NE más de 1 vez al año	Vigente	Fluorescencia UV
	24 h	20	7.7	0.01		Enero 2014	
PM₁₀	24 h	150	-	-	NE más de 3 veces al año	Vigente	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	50	-	-	Media aritmética anual	Vigente	
PM_{2.5}	24 h	50	-	-		Enero 2010	Separación inercial/filtración (gravimetría)
	Anual	-					
	24 h	25	-	-		Vigente	
CO	1 h	30000	26100.0	26.1	NE más de una vez al año	Vigente	Infrarrojo no dispersivo
	8 h	10000	8700.0	8.7	Promedio móvil	Vigente	
NO₂	1 h	200	106.4	-	NE más de 24 veces al año	Vigente	Quimioluminiscencia
	Anual	100	53.2	-	Media aritmética anual	Vigente	
O₃	8 h	120	61.2	-	NE más de 24 veces al año	Vigente	Fotometría UV

Fuente: Elaboración propia basada en el DS 009-2003-PCM y DS 003-2008-MINAM

Tabla 2. Estados de alerta nacionales para contaminantes del aire

Tipos de alerta	Material particulado (PM ₁₀)		Dióxido de azufre (SO ₂)		Monóxido de carbono (CO)	
	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Periodo
Cuidado	> 250	Promedio aritmético 24 horas	> 500	Promedio móvil 3 horas	> 1500	Promedio móvil 8 horas
Peligro	> 350	Promedio aritmético 24 horas	> 1500	Promedio móvil 2 horas	> 2000	Promedio móvil 8 horas
Emergencia	>420	Promedio móvil 8 horas	> 2500	Promedio móvil 90 minutos	> 35000	Promedio móvil 8 horas

Fuente: Elaboración propia basada en el Decreto Supremo 009-2003-SA y el Decreto Supremo 012-2005-SA.

2.2. ÍNDICE DE CALIDAD DEL AIRE

El índice de calidad del aire (INCA) está basado en valores establecidos por los estándares nacionales de calidad ambiental del aire y los niveles de alerta nacional de contaminantes del aire.

Para establecer la categoría global de cada estación se utiliza el índice más elevado de los contaminantes monitoreados, representado en las **Tablas 3 y 4**. De acuerdo con lo señalado por el INCA, las personas pueden orientarse y entender mejor el estado de la calidad del aire que respiran; asimismo, se les indica los riesgos que implican y las recomendaciones que deben tomar **Tabla 5**.

Tabla 3. Índice de calidad del aire para PM₁₀

Índice de calidad del aire	PM ₁₀	
	(µg/m ³)	
0 - 50	0 - 75	
51 - 100	76-150	
101 - 167	151-250	
>167	>250	

Fuente: Resolución Ministerial 112-2015-MINAM

Tabla 4. Índice de calidad del aire para PM_{2.5}

Índice de calidad del aire	PM _{2.5}	
	(µg/m ³)	
0 - 50	0 - 12.5	
51 - 100	12.6 - 25	
101 - 500	25.1 - 125	
>500	>125	

Fuente: Resolución Ministerial 112-2015-MINAM

Tabla 5. Clasificación del estado de la calidad del aire

	Estado de la calidad del aire	Riesgo	Recomendaciones
	BUENA	La calidad del aire se considera satisfactoria y no representa ningún riesgo.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA para el aire. Puede realizar actividades al aire libre.
	MODERADA	Las personas de los grupos sensibles (niños, tercera edad, embarazadas, personas con enfermedades respiratorias y cardiovasculares crónicas) podrían experimentar algunos síntomas respiratorios adversos.	La calidad del aire es aceptable y cumple con el ECA de aire. Puede realizar actividades al aire libre con ciertas restricciones para los grupos vulnerables.
	MALA	Las personas de los grupos sensibles podrían experimentar daños a la salud. La población en general podría sentirse afectada.	Mantenerse atento a los informes de calidad del aire. Evitar realizar ejercicio y actividades al aire libre.
	UMBRAL DE CUIDADO	Toda la población puede verse afectada en la salud.	Implementar estados de alerta.

Fuente: Resolución Ministerial 112-2015-MINAM.

3. CONDICIONES METEOROLÓGICAS DE LIMA METROPOLITANA EN EL 2015

3.1. Capa de mezcla

La altura de la capa de mezcla es un parámetro esencial en los estudios de dispersión de la contaminación atmosférica, ya que representa el volumen de aire disponible para la dispersión y transporte de los contaminantes. La altura de la capa de mezcla es la zona inferior de la atmósfera y está influenciada por la superficie terrestre (Jacobson, 2002).

En la **Figura 1**, se muestra la variación promedio mensual en el 2015 de la altura de la capa de mezcla en el Aeropuerto Jorge Chávez, determinada con el sistema de radiosondeo de la Corporación Peruana de Aeropuertos y Aviación Comercial (CORPAC S. A.). La menor altura de la capa de mezcla fue de 374 metros en el mes de abril, lo cual se debió a la disminución de la intensidad del anticiclón del Pacífico sur. En los meses de junio, julio, agosto, setiembre, octubre, noviembre, diciembre y enero la altura de capa de mezcla varió entre 739.8 y 995.8 metros. Se observó una ligera disminución de enero a abril, luego un ligero aumento hasta junio y finalmente una ligera disminución de junio a diciembre.

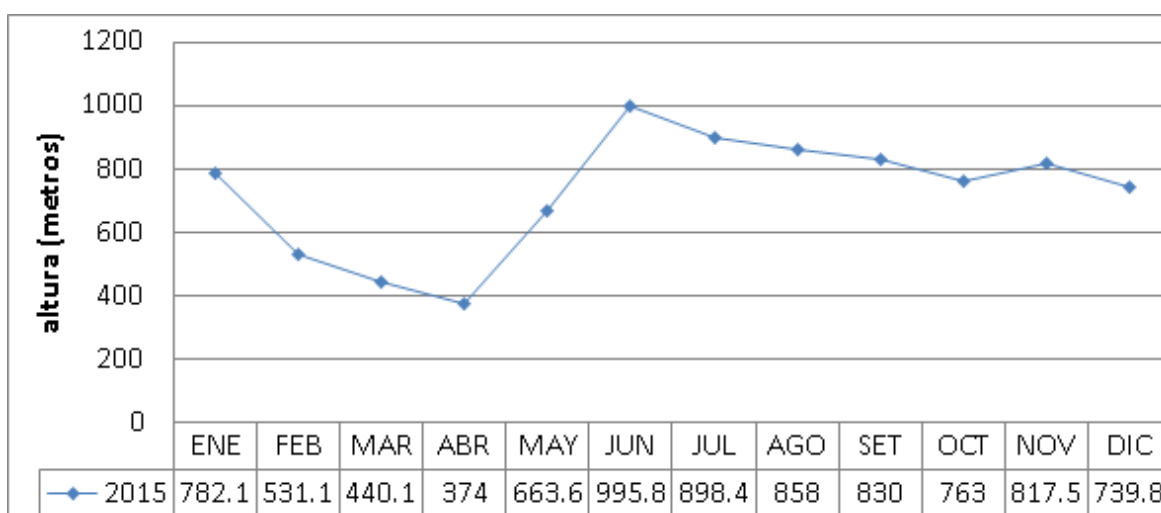


Figura 1. Variación del promedio mensual de la capa de mezcla, 2015

3.2. Temperatura

En la **Figura 2**, se muestra la variación mensual de la temperatura del aire en las siguientes estaciones meteorológicas: Antonio Raimondi (Ancón), Aeropuerto Jorge Chávez (Callao), Villa María (Villa María del Triunfo), Campo de Marte (Jesús María) y Alexander Von Humboldt (La Molina). Se observó baja variabilidad térmica en todos los meses del 2015, producto del alto calor específico del agua del mar, que facilita la evaporación y actúa como regulador térmico en sectores que se encuentran cerca de la zona marino costera como es caso de la ciudad de Lima. Los valores que superan el promedio mensual fueron registrados en las estaciones de Antonio Raimondi y el Aeropuerto Jorge Chávez; las temperaturas por debajo del promedio se observaron en la estación Villa María y ligeramente en la estación Von Humboldt. El valor más alto de la temperatura máxima media fue de 24.6 °C y se registró en febrero en la estación Antonio Raimondi (Ancón); el valor más bajo de la temperatura media fue de 15.8 °C en la estación de Villa María del Triunfo en agosto.

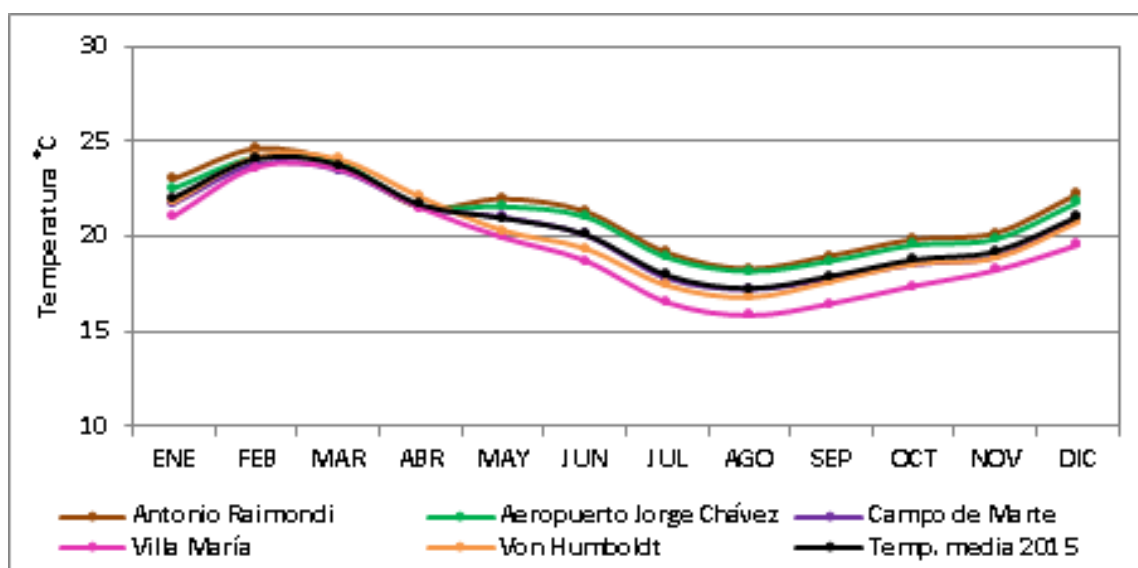


Figura 2. Variación mensual de la temperatura del aire, 2015

3.3. Humedad relativa

En la **Figura 3**, se muestra la variación promedio mensual de la humedad relativa registrada en las estaciones meteorológicas Antonio Raimondi (Ancón), Aeropuerto Jorge Chávez (Callao), Villa María (Villa María del Triunfo), Campo de Marte (Jesús María) y Alexander Von Humboldt (La Molina), así como la media de las cinco estaciones (HR media 2015). El promedio anual fue de 81 % de humedad relativa. En el periodo de verano, la humedad relativa media fue de 77 %; en otoño, de 80 %; en invierno, de 83 % y en primavera, de 82 %. La estación de Villa María del Triunfo presentó la mayor humedad relativa con 94 % en los meses de agosto y setiembre, mientras que la estación Von Humboldt presentó la menor humedad relativa en febrero con 70 %.

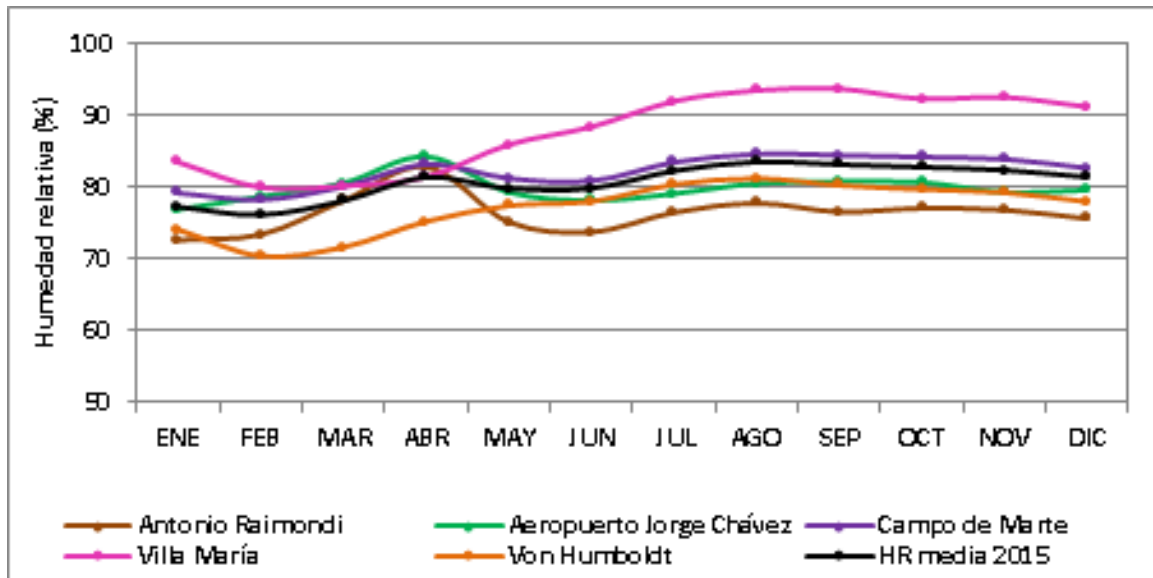


Figura 3. Variación del promedio mensual de la humedad relativa, 2015

3.4. Precipitación

La Figura 4 muestra las variaciones mensuales de lloviznas en las estaciones meteorológicas del Aeropuerto Jorge Chávez (Callao) y Campo de Marte (Jesús María). La estación de Campo de Marte registró llovizna de 3.2 mm/mes en setiembre y ausencia en el mes de mayo. El Aeropuerto Jorge Chávez presentó lloviznas de 0.8 mm/mes en el mes de julio y ausencia en la estación Antonio Raimondi.

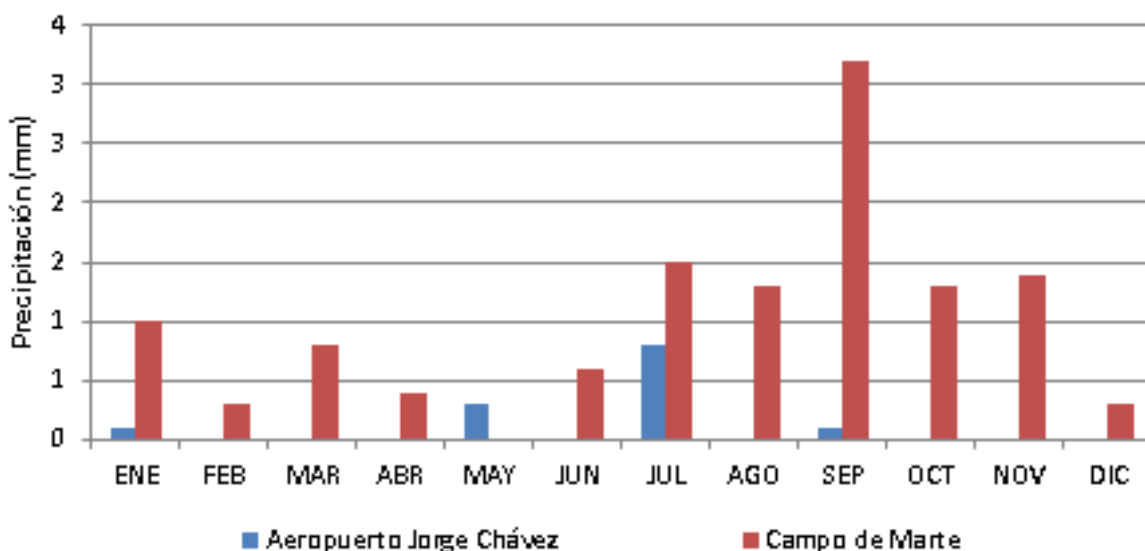


Figura 4. Evolución mensual del comportamiento de la precipitación, 2015

3.5. Vientos

Las variaciones mensuales de la velocidad del viento fueron registradas en cinco estaciones meteorológicas (Antonio Raimondi, Aeropuerto Jorge Chávez, Villa María del Triunfo, Campo de Marte y Alexander Von Humboldt). Se observó que los vientos en el aeropuerto fueron mayores que en las demás estaciones con una fluctuación entre 3.5 a 5.5 m/s, mientras que la estación de Campo de Marte registró velocidades entre 1.1 (junio) y 2.6 m/s (noviembre).

El valor más bajo de la velocidad promedio del viento fue de 0.6 m/s en agosto en la estación de Villa María del Triunfo y el valor más alto de la velocidad promedio del viento fue de 5.5 m/s en diciembre en la estación del Aeropuerto Jorge Chávez (Figura 5).

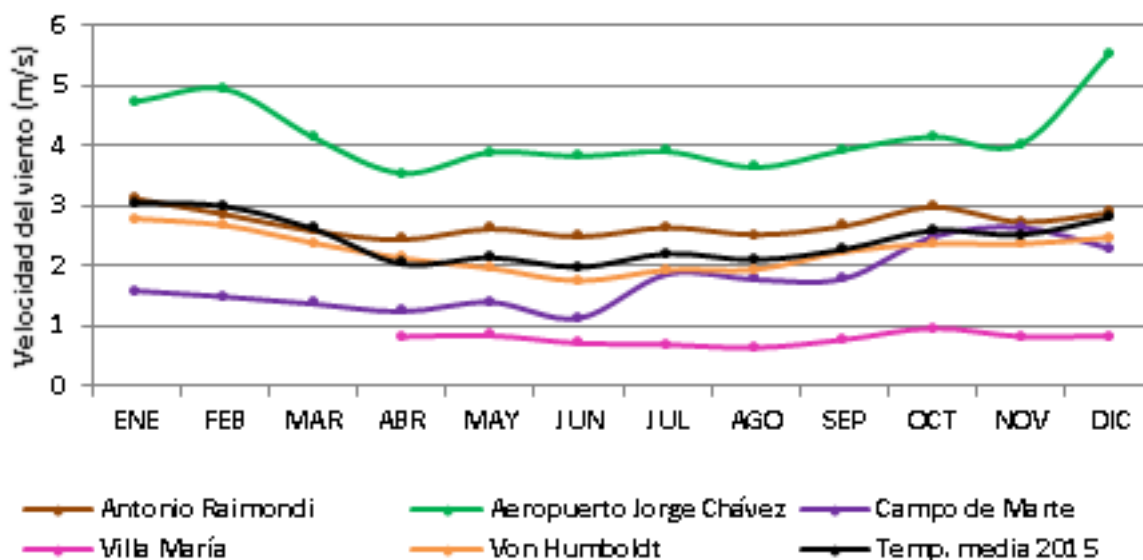


Figura 5. Evolución mensual del comportamiento de la velocidad del viento, 2015

4. CALIDAD DEL AIRE DE LIMA METROPOLITANA EN EL 2015

4.1. Evolución horaria del PM₁₀ en los días de la semana - zona norte

En la **Figura 6**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de PM₁₀ en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona norte de Lima: Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres.

Puente Piedra y Carabayllo presentaron las mayores concentraciones de material particulado menor de 10 micrómetros, mientras que en San Martín de Porres se registraron las más bajas de la zona norte.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 112.49, 89.27 y 45.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Puente Piedra fue de 136.52 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Carabayllo fue de 111.24 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en San Martín de Porres fue de 68.35 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres fueron de 153.85, 106.46 y 62.46 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 154.79, 89.31 y 51.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones horarias máximas de PM₁₀ se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en San Martín de Porres y Carabayllo, mientras que en Puente Piedra a las 19:00 horas. Los sábados se presentaron entre las 11:00 y 12:00 horas en San Martín de Porres y Carabayllo, mientras que en Puente Piedra a las 19:00 horas. Y los domingos a las 00:00 horas en Carabayllo, a las 11:00 horas en San Martín de Porres y a las 17:00 horas en Puente Piedra.

De lunes a sábado, las concentraciones horarias mínimas de PM₁₀ se presentaron entre las 04:00 y las 05:00 horas, mientras que los domingos de 05:00 a 06:00 horas en las tres estaciones.

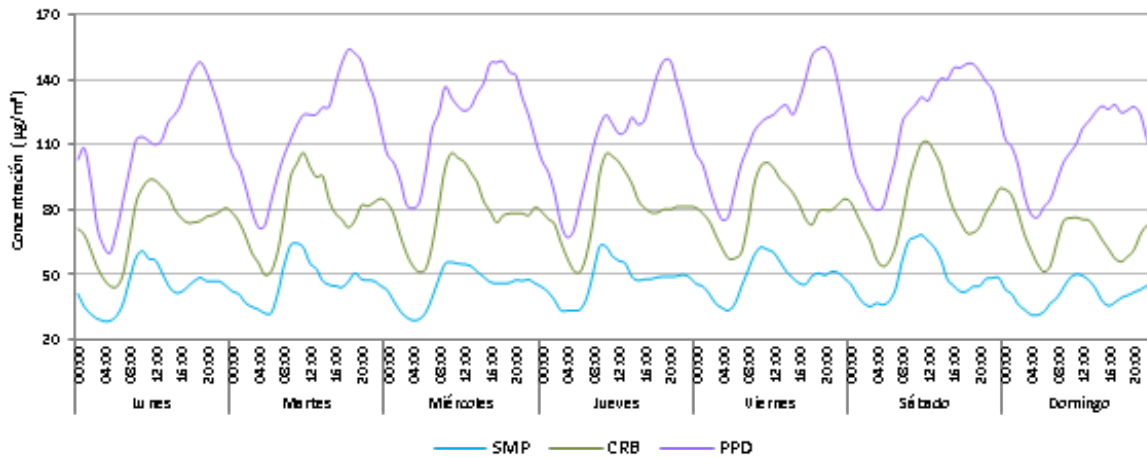


Figura 6: Evolución horaria del PM₁₀ en los días de la semana - zona norte

4.2. Evolución horaria del PM₁₀ en los días de la semana - zona sur y centro

En la **Figura 7**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de PM₁₀ en los días de la semana del año 2015 registrada en la estación de Villa María del Triunfo ubicada en la zona sur de Lima. En este gráfico, se consideró también a las estaciones de Jesús María y San Borja (zona centro).

En la zona sur, las madrugadas (00:00 hasta las 05:00 horas) presentaron concentraciones máximas de 148.52 µg/m³. En tanto que en la zona centro alcanzaron 50.09 y 42.68 µg/m³ en San Borja y Jesús María (Campo de Marte), respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Villa María del Triunfo fue de 203.29 µg/m³, en San Borja fue de 70.82 µg/m³ y en Jesús María fue de 62.01 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Villa María del Triunfo fueron de 179.97 µg/m³, mientras que en San Borja y Jesús María fueron de 62.32 y 47.42 µg/m³ respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), Villa María del Triunfo registró una concentración máxima de 196.30 µg/m³. San Borja alcanzó 63.31 µg/m³ y Jesús María, 51.69 µg/m³.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de PM₁₀ se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en Villa María del Triunfo. Los sábados se presentaron a las 22:00 horas y los domingos a las 19:00 horas, en tanto que las concentraciones mínimas horarias de PM₁₀ se presentaron a las 05:00 horas.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de PM₁₀ se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en San Borja y Jesús María (Campo de Marte), salvo los jueves en San Borja, donde se presentaron concentraciones máximas a las 21:00 horas. Los sábados se presentaron entre las 10:00 y 11:00 horas y los domingos a las 00:00 horas en San Borja y a las 22:00 horas en Jesús María.

De lunes a sábado, las concentraciones mínimas horarias de PM₁₀ se presentaron entre las 04:00 y las 05:00 horas, mientras que los domingos a las 06:00 horas en San Borja y a las 15:00 en Jesús María.

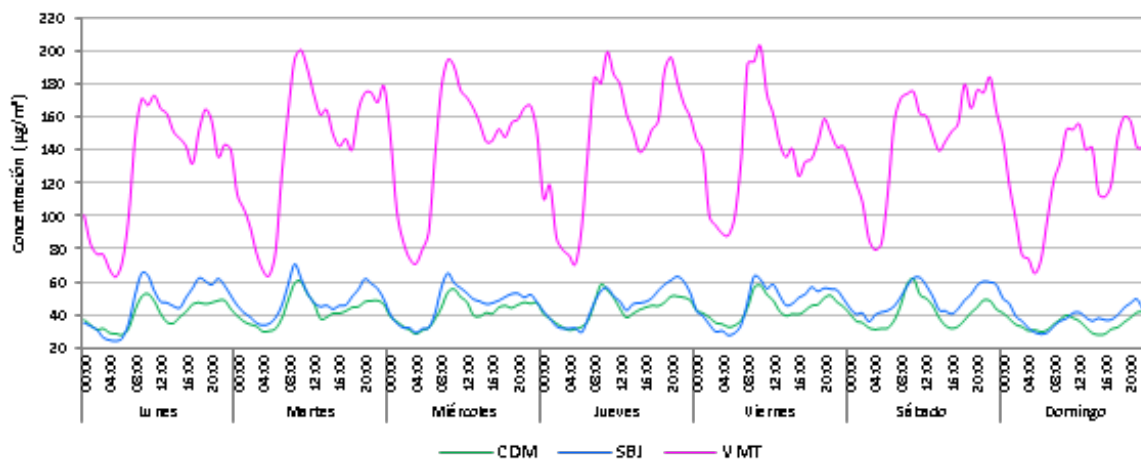


Figura 7. Evolución horaria del PM₁₀ en los días de la semana - zona sur y centro

4.3. Evolución horaria del PM₁₀ en los días de la semana - zona este

En la **Figura 8**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de PM₁₀ en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona este de Lima: Ate, Santa Anita, Huachipa y San Juan de Lurigancho.

Ate y Huachipa presentaron las mayores concentraciones de material particulado menor de 10 micrómetros en tanto que San Juan de Lurigancho y Santa Anita, las más bajas de la zona este.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 94.10, 88.75, 82.71 y 69.87 µg/m³ en Ate, Huachipa, San Juan de Lurigancho y Santa Anita, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), Ate presentó 134.70 µg/m³ de concentración máxima registrada, en Huachipa fue de 127.87 µg/m³, en San Juan de Lurigancho fue de 112.88 µg/m³ y en Santa Anita de 99.70 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), San Juan de Lurigancho alcanzó la concentración máxima de 116.60 µg/m³, Ate de 107.70 µg/m³, Huachipa de 107.28 µg/m³ y Santa Anita de 80.02 µg/m³.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 112.54, 106.60, 99.35 y 83.51 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ate, Huachipa, San Juan de Lurigancho y Santa Anita, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de PM_{10} se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en las cuatro estaciones, al igual que los sábados, salvo en San Juan de Lurigancho que se presentó a las 13:00 horas. Los domingos, las concentraciones máximas horarias de PM_{10} se registraron a las 00:00 horas en San Juan de Lurigancho y a las 09:00 horas en Ate, Santa Anita y Huachipa.

De lunes a viernes, las concentraciones mínimas horarias de PM_{10} se presentaron entre las 03:00 y las 04:00 horas en Ate, Santa Anita y Huachipa, mientras que en San Lurigancho a las 06:00 horas. Los sábados y domingos, Ate presenta concentraciones mínimas de PM_{10} a las 17:00 horas, mientras que San de Lurigancho a las 06:00 y 18:00 horas los sábados y domingos, respectivamente.

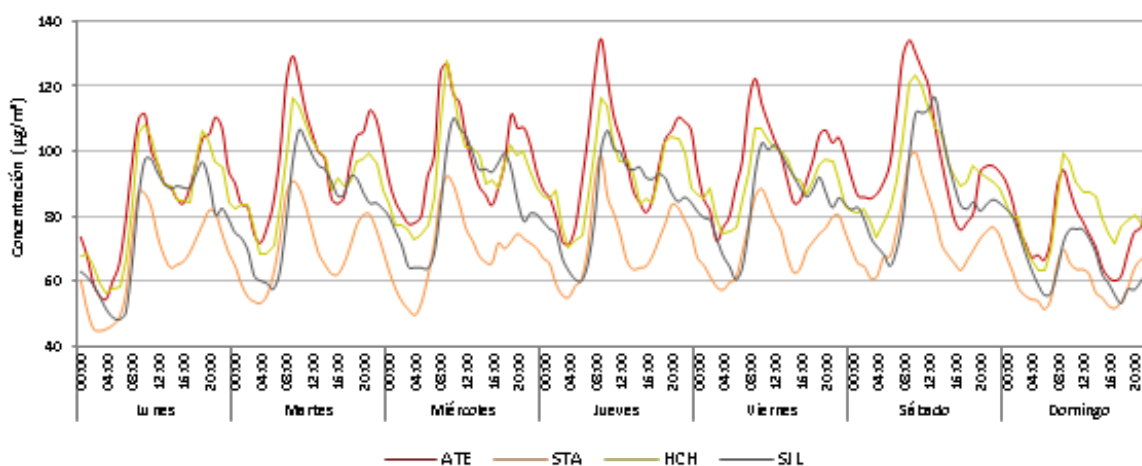


Figura 8. Evolución horaria del PM_{10} en los días de la semana - zona este

4.4. Evolución horaria del PM_{10} en los días de la semana

La **Figura 9** muestra la evolución diaria de las concentraciones de PM_{10} en los días de la semana. Los lunes, las concentraciones son bajas, tienden a incrementarse en los siguientes días y se mantienen casi constante de martes a sábado para luego disminuir al finalizar la semana (domingo), lo cual estaría asociado a una disminución de la actividad vehicular en Lima.

Las estaciones de Puente Piedra y Villa María del Triunfo son las que reportan las mayores concentraciones de PM_{10} en comparación con el resto de las estaciones.

En la zona norte, las concentraciones más altas se registraron los sábados, en Puente Piedra se reportó 121.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; en Carabayllo, 80.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en San Martín de Porres, 48.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la zona sur, en Villa María del Triunfo, se dieron las concentraciones más altas

los jueves con $146.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En la zona centro, San Borja registró $49.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los sábados y Jesús María (Campo de Marte) $43.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los jueves.

Los sábados presentaron las mayores concentraciones de la semana en la zona este, en Ate, con $98.3 \mu\text{g}/\text{m}^3$; en Huachipa con $94.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en San Juan de Lurigancho con $87.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Santa Anita con $74.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

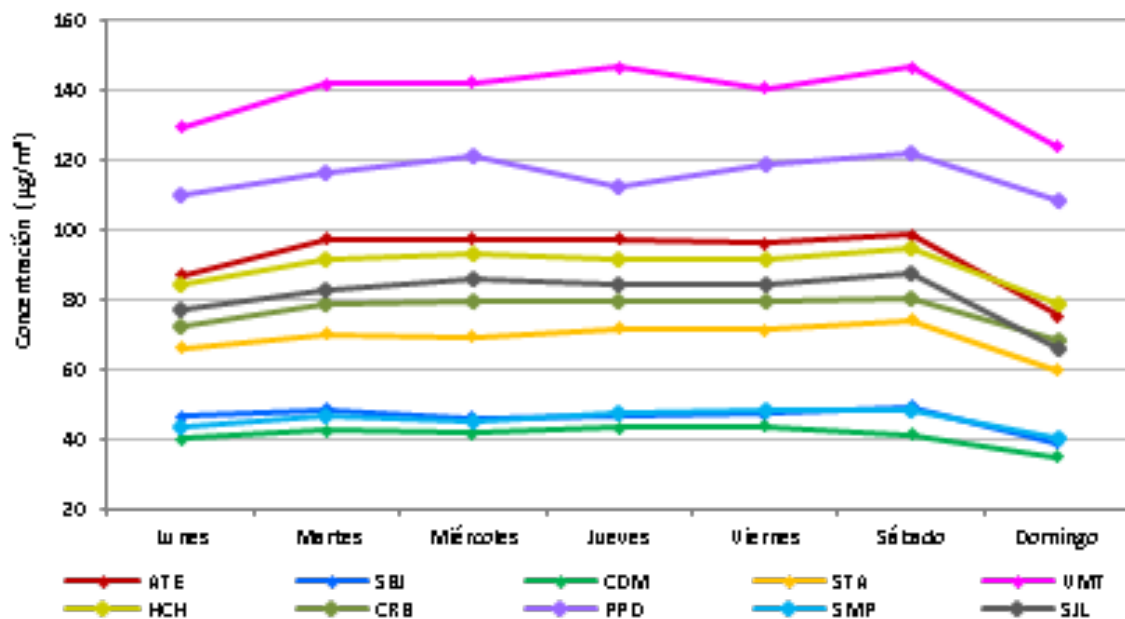


Figura 9. Evolución diaria del PM_{10} en los días de la semana

4.5. Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Puente Piedra

En la Figura 10, se presenta la evolución diaria del PM_{10} en la estación de Puente Piedra. Las concentraciones diarias de PM_{10} sobrepasaron el ECA en varias oportunidades a lo largo del año con concentraciones que alcanzaron 286.1 y $221.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ los días 10 de junio y 09 de diciembre, respectivamente.

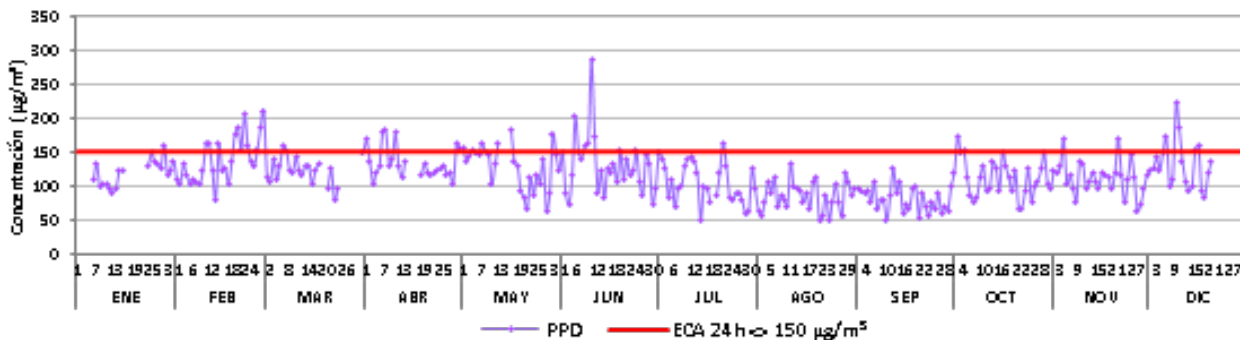


Figura 10. Evolución diaria del PM_{10} en la estación de Puente Piedra

4.6. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Carabayllo

En la **Figura 11**, se presenta la evolución diaria del PM₁₀ registrada en la estación de Carabayllo, donde los valores registrados indican que no se superó el ECA en ninguna oportunidad a lo largo del año. Las concentraciones diarias de PM₁₀ más elevadas que se registraron en Carabayllo fueron los días 26 de febrero y 14 de mayo con 136.2 y 144.0 µg/m³, respectivamente.

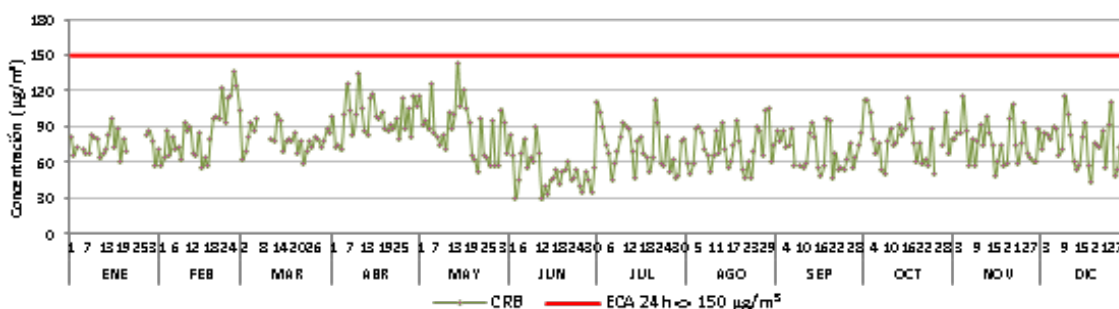


Figura 11. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Carabayllo

4.7. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de San Martín de Porres

En la **Figura 12**, se observa el comportamiento de las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ registrado en la estación de San Martín de Porres, donde los valores indican que no se superó el ECA en ninguna oportunidad a lo largo del año y se registraron concentraciones de hasta 88.6 y 96.1 µg/m³ el 26 de febrero y el 6 de junio, respectivamente.

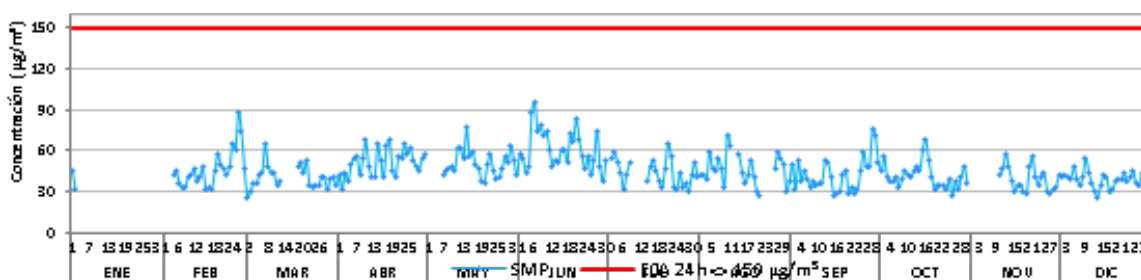


Figura 12. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de San Martín de Porres

4.8. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Villa María del Triunfo

En la **Figura 13**, se observa que las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ de la estación Villa María del Triunfo superaron el ECA en febrero, marzo, abril, noviembre y diciembre; el valor más alto de concentración, de 300.3 µg/m³, se registró el 10 de abril.

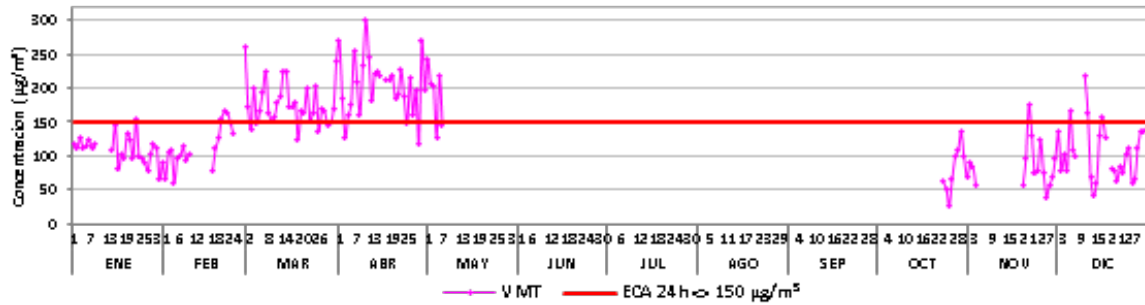


Figura 13. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Villa María del Triunfo

4.9. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de San Borja

Las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ en la estación de San Borja (**Figura 14**) no superaron el ECA diario de PM₁₀. La concentración promedio diaria más alta se registró el 13 de agosto y llegó a 85.3 µg/m³.

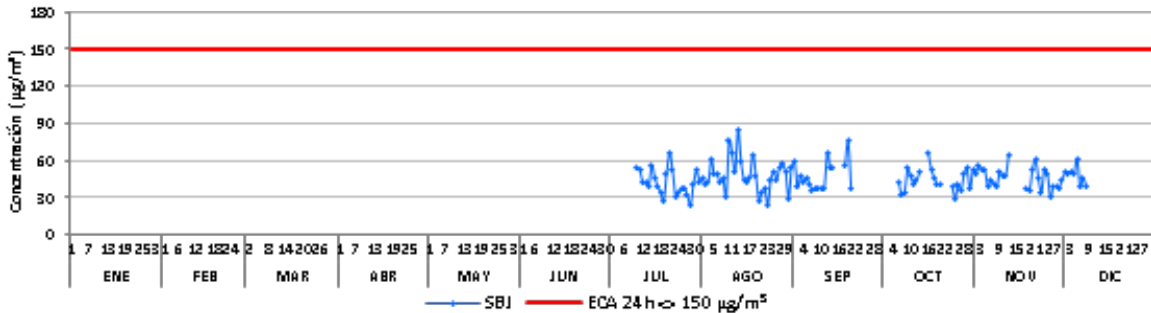


Figura 14. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de San Borja

4.10. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Jesús María

En la **Figura 15**, se aprecia la evolución de las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ registrada en la estación de Jesús María. Se observa que no se superó el valor del ECA diario para PM₁₀ en ningún día, por lo que la calidad del aire en la zona de influencia de la estación no se encuentra alterada de manera significativa por la presencia de este contaminante.

La concentración promedio más alta se presentó el 26 de febrero y el 5 de junio con 80.0 y 84.3 µg/m³, respectivamente.

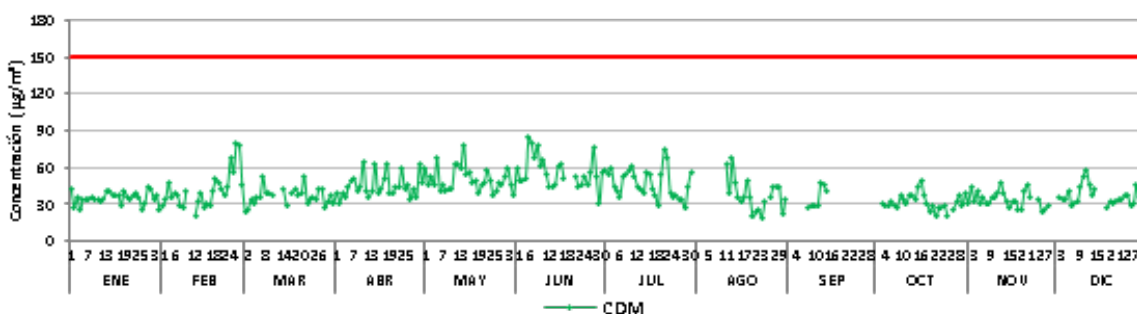


Figura 15. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Jesús María

4.11. Evolución diaria de PM₁₀ en la Estación de Ate

En la **Figura 16**, se observa la evolución de las concentraciones diarias del PM₁₀ registrada en la estación de Ate en el 2015; se aprecia claramente que en 12 días se ha sobrepasado el estándar de calidad ambiental del aire (ECA), que es de 150 µg/m³ para el periodo de 24 horas, cuando la norma señala que no se debe exceder dicho valor más de tres veces al año.

El comportamiento del material particulado menor de 10 µm en Ate tiende a ser variable en su distribución temporal; varía de 30.8 µg/m³ (menor concentración ocurrida el 19 de julio) a 174.6 µg/m³ (mayor concentración ocurrida el 26 de febrero).

En los meses de enero, febrero octubre, noviembre y diciembre del 2015, las concentraciones de PM₁₀ tienden a sobrepasar el ECA de PM₁₀ diario (**Figura 10**), a causa de una disminución de la altura de la capa de mezcla, mientras que en los meses de mayo a julio del 2015 no exceden el ECA de PM₁₀ diario debido a una aumento significativo de la altura de la capa de inversión.

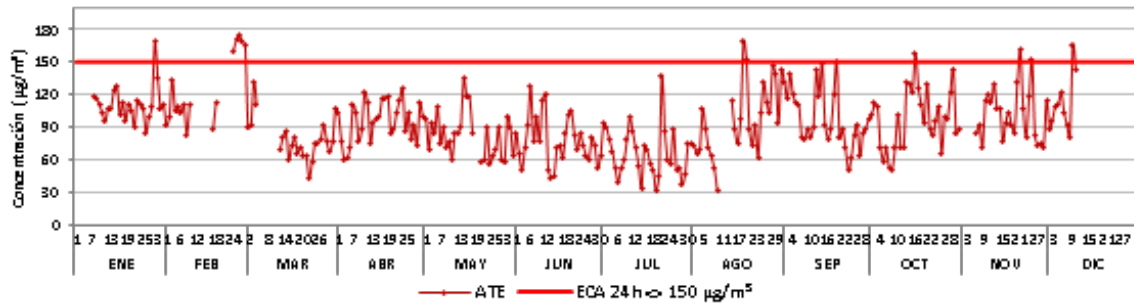


Figura 16. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Ate

4.12. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de San Juan de Lurigancho

Se observa que las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ registradas en la estación de San Juan de Lurigancho sobrepasaron el ECA en cuatro oportunidades en el mes de abril (Figura 17).

Las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ en la estación de San Juan de Lurigancho alcanzaron 153.3 µg/m³ los días 22, 25 y 29 de abril.

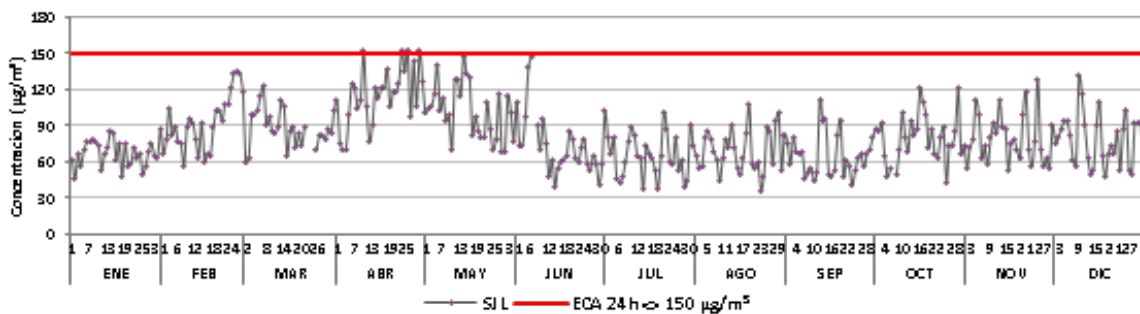


Figura 17. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de San Juan de Lurigancho

4.13. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Santa Anita

La Figura 18 muestra el comportamiento de las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ en la estación de Santa Anita, en donde no se superó el ECA. Las mayores concentraciones de PM₁₀ se registraron los días 26 y 27 de febrero con 132.4 y 129.1 µg/m³, respectivamente.

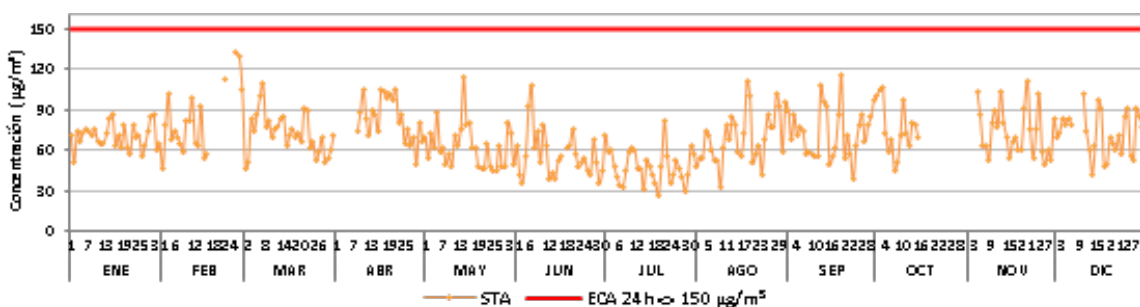


Figura 18. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Santa Anita

4.14. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Huachipa

En la **Figura 19**, se observa el comportamiento de las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ registrado en la estación de Huachipa, en donde se superó el ECA cinco veces. Las concentraciones promedio diarias de PM₁₀ en la Estación de Huachipa alcanzaron concentraciones de 157.3 y 181.4 µg/m³ el 14 de mayo y el 6 de junio, respectivamente.

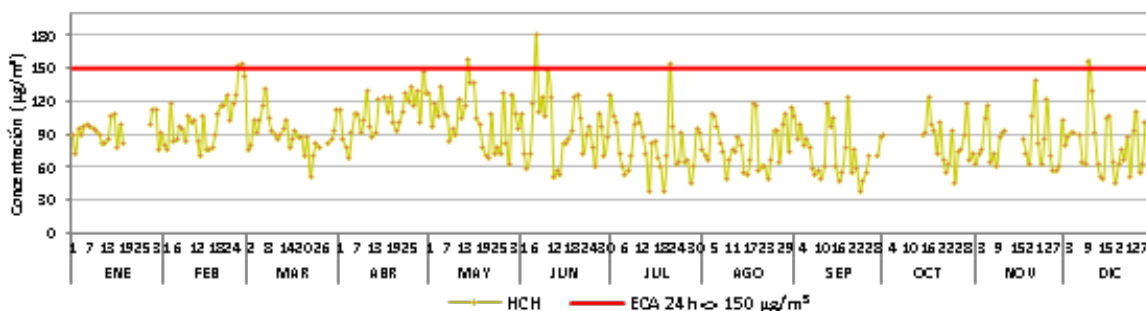


Figura 19. Evolución diaria del PM₁₀ en la estación de Huachipa

4.15. Días de superación del ECA de PM₁₀

La **Figura 20** presenta el número de días de superación del material particulado menor de 10 micrómetros (PM₁₀) desde el 2010 hasta el 2015.

Ate es la estación con más datos históricos, seguida por Santa Anita y Villa María del Triunfo, y se puede apreciar que todos los años presenta superaciones al ECA. Respecto a las estaciones de Huachipa, San Juan de Lurigancho, Carabayllo y Puente Piedra, estas iniciaron sus operaciones en el 2014.

Villa María del Triunfo reportó 65 días que superaron el ECA de PM₁₀ durante el 2015; Puente Piedra lo superó 45 días y Ate 12 días, lo que incumple el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM “Estándar Nacional de Calidad Ambiental para el Aire”, que establece que la concentración promedio diaria del PM₁₀ no debe superar el ECA más de tres veces al año. Puente Piedra y Villa María del Triunfo aumentaron sus días de superación del ECA respecto al año anterior en 125 y 186 %, respectivamente, mientras que Ate y Huachipa disminuyeron en 70 y 63 %, correspondientemente. Es necesario señalar que hubo 100 % de reducción de días de superación del ECA respecto al año anterior en las estaciones de Carabayllo, San Juan de Lurigancho y Santa Anita.

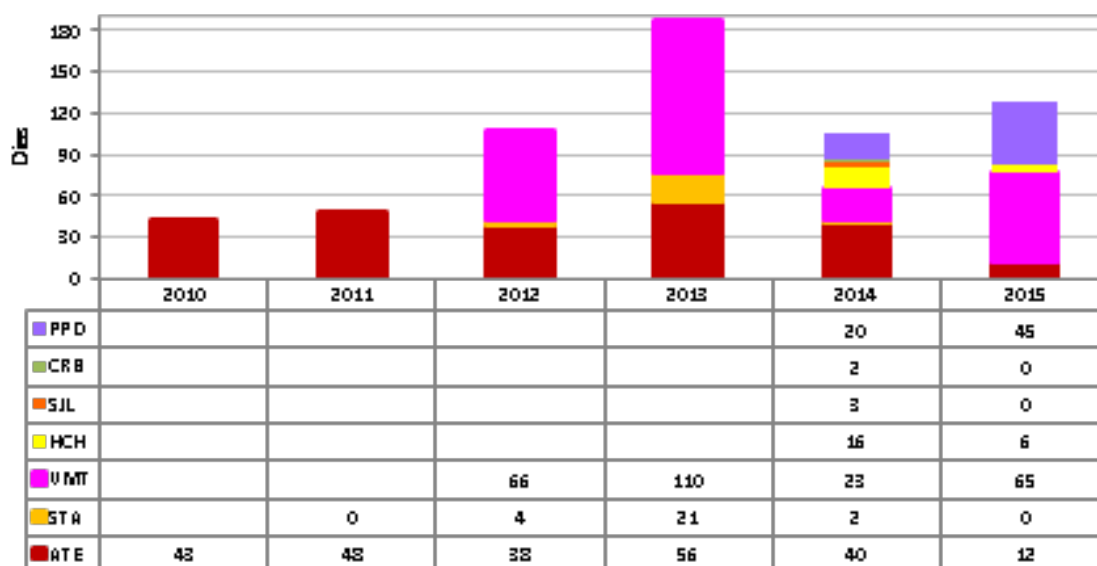


Figura 20. Número de días de superación del PM₁₀ desde el 2010 hasta el 2015

4.16. Evolución mensual del PM₁₀ por estaciones

La Figura 21 presenta la evolución mensual del material particulado menor de 10 micrómetros (PM₁₀) por estaciones.

En la zona norte, Puente Piedra alcanzó la mayor concentración en febrero con 137.8 µg/m³, mientras que en Carabaylo ocurrió en abril con 97.1 µg/m³ y en San Martín fue en junio con 61 µg/m³. Las concentraciones mínimas mensuales de PM₁₀ en Puente Piedra se presentaron en el mes de setiembre con 80.2 µg/m³, en Carabaylo en junio con 52.5 µg/m³ y en San Martín de Porres en diciembre con 38.8 µg/m³.

En la zona sur, Villa María del Triunfo presentó problemas técnicos, por lo que la serie se muestra incompleta de mayo a octubre. La mayor concentración se presentó en abril con 203.6 µg/m³ y la mínima en noviembre con 86.7 µg/m³. En la zona centro, la mayor concentración mensual la registró Jesús María (Campo de Marte) con 56.3 µg/m³ y la mínima de 31.5 µg/m³ en junio y octubre, respectivamente.

En la zona este, la mayor concentración en Ate fue en febrero con 124.2 µg/m³, en San Juan de Lurigancho con 115.4 µg/m³, en Huachipa con 108 µg/m³ y en Santa Anita con 83.4 µg/m³ en abril. Las concentraciones mínimas de PM₁₀ se presentaron en julio en Ate y Santa Anita con 65.8 y 48 µg/m³, respectivamente, en tanto que en setiembre Huachipa y San Juan de Lurigancho presentaron 73.4 y 65.2 µg/m³, respectivamente.

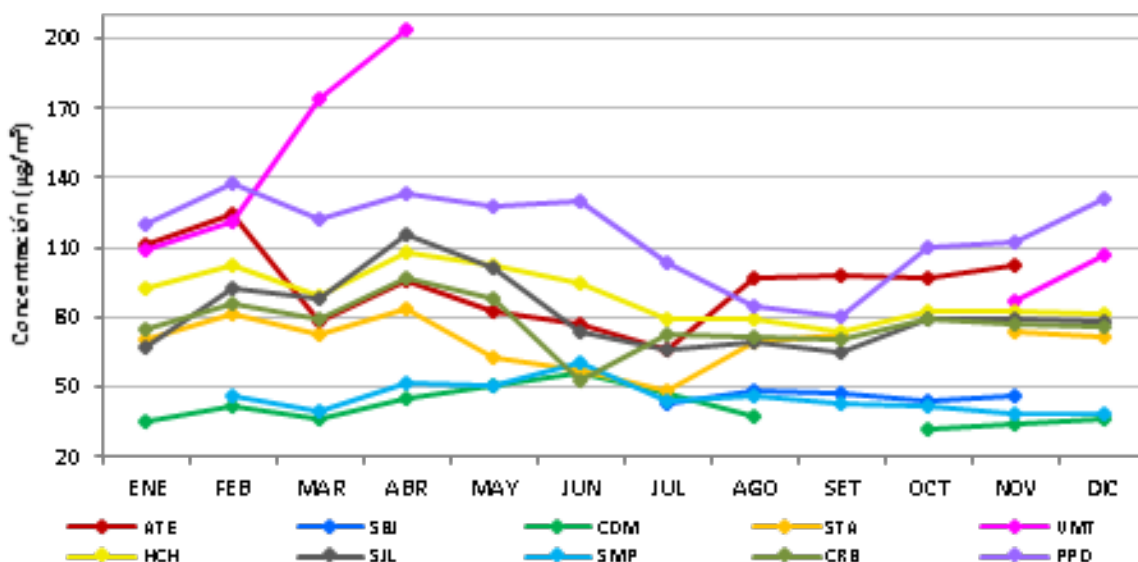


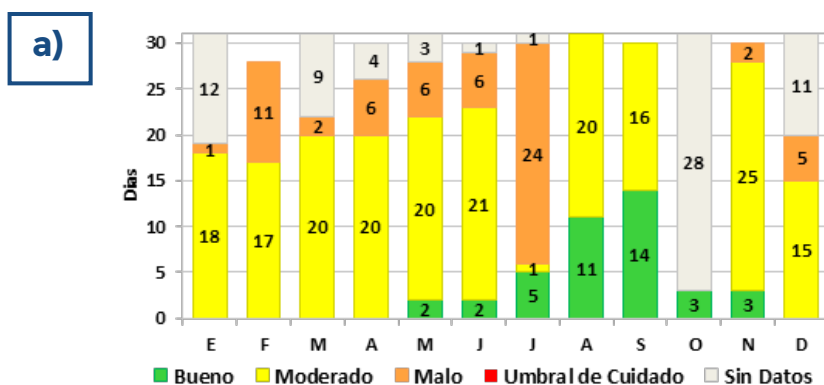
Figura 21. Evolución mensual del PM₁₀ por estaciones

4.17. Estados de la calidad del aire con relación al PM₁₀ - zona norte

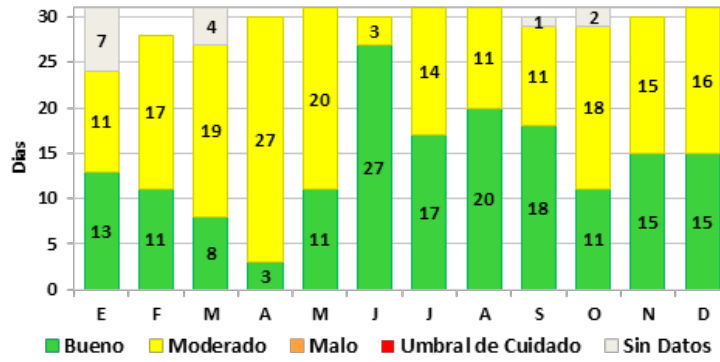
El índice de calidad del aire (INCA) califica el estado de la calidad del aire de una determinada zona a través de cuatro niveles, cuyos colores ya están posicionados en la población: bueno (verde), moderado (amarillo), malo (anaranjado) y umbral de cuidado (rojo).

La Figura 22 presenta los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 10 micrómetros (PM₁₀) en la zona norte: a) Puente Piedra, b) Carabayllo y c) San Martín de Porres.

Puente Piedra presentó 65 % de días moderados, 21 % de días malos y 14 % de días buenos; Carabayllo contó con 52 % de días moderados y 48 % de días buenos, y San Martín de Porres, 98 % de días buenos y solo 2 % de días moderados.



b)



c)

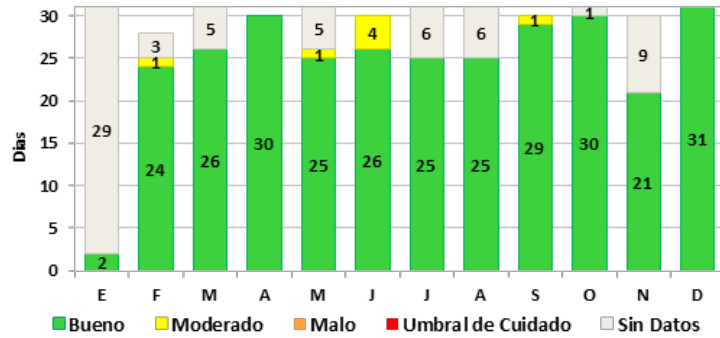


Figura 22. Estados de la calidad del aire con relación al PM₁₀ - zona norte

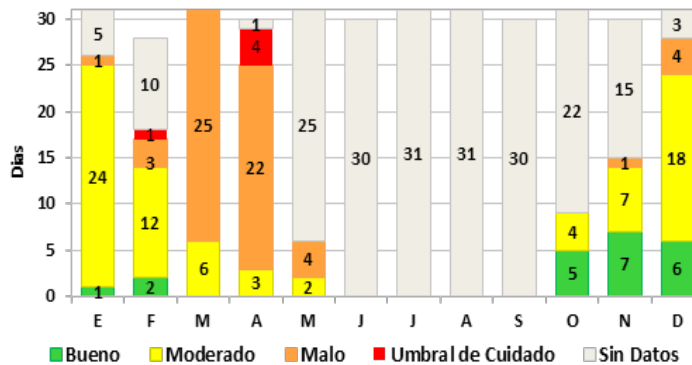
a) Puente Piedra, b) Carabayllo y c) San Martin de Porres

4.18. Estados de la calidad del aire con relación al PM₁₀ - zona sur y centro

La Figura 23 presenta los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 10 micrómetros (PM₁₀) en la zona sur y centro: a) Villa María del Triunfo, b) Jesús María y c) San Borja.

Villa María del Triunfo presentó 48 % de días moderados, 38 % de días malos y 13 % de días buenos, en tanto que Jesús María y San Borja presentaron 98 % de días buenos y 2 % de días moderados.

a)



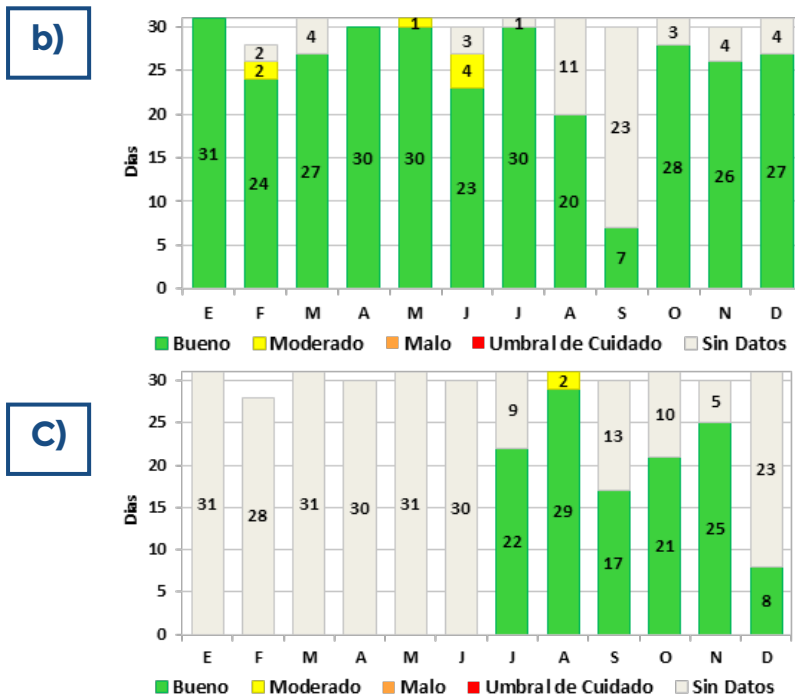


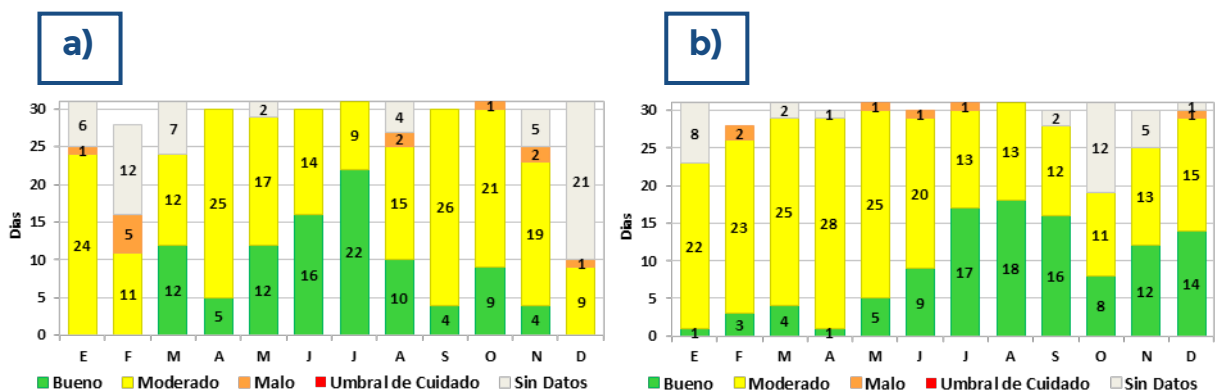
Figura 23. Estados de la calidad del aire con relación al PM₁₀ en la zona sur y centro

a) Villa María del Triunfo, b) Jesús María y c) San Borja

4.19. Estados de la calidad del aire con relación al PM₁₀ - zona este

La Figura 24 presenta los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 10 micrómetros (PM₁₀) en la zona este: a) Ate, b) Huachipa c) San Juan de Lurigancho y d) Santa Anita.

Ate presentó 66 % de días moderados, 4 % de días malos y 31 % de días buenos; Huachipa presentó 66 % de días moderado, 2 % de días malos y 32 % de días buenos. San Juan de Lurigancho tuvo 52 % de días moderados, 1 % de días malos y 47 % días buenos, y en Santa Anita hubo 33 % de días moderados y 67 % de días buenos.



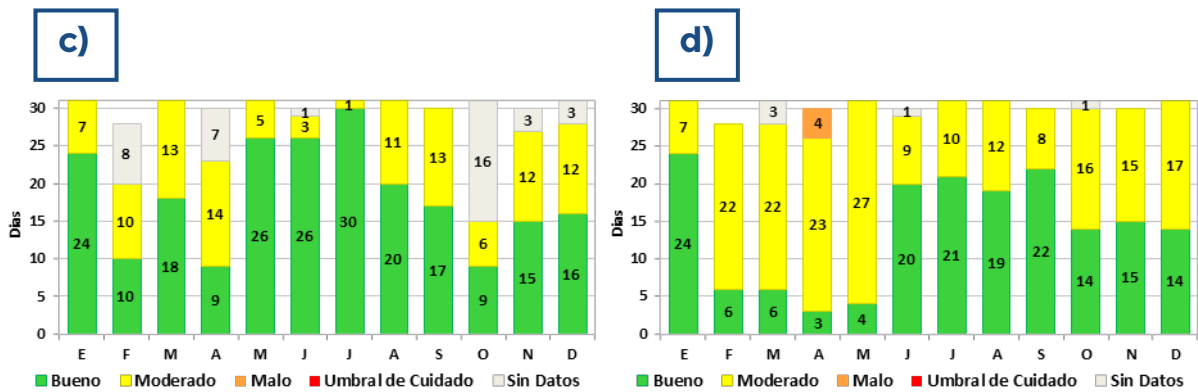


Figura 24. Estados de la calidad del aire en relación al PM₁₀ en la zona este

a) Ate, b) Huachipa, c) Santa Anita y d) San Juan de Lurigancho

4.20. Evolución anual histórica del PM₁₀ por estaciones

La Figura 25 presenta la evolución anual histórica del material particulado menor de 10 micrómetros (PM₁₀) por estaciones. El ECA anual de PM₁₀ de 50 µg/m³ en el 2015 fue superado significativamente en Villa María del Triunfo, Ate, Puente Piedra, Huachipa, Santa Anita, San Juan de Lurigancho, Carabayllo y San Borja, con excepción de Jesús María y San Martín de Porres.

En Villa María del Triunfo, se incrementó en un 50 % la concentración anual de PM₁₀ con respecto al año anterior; se hace la observación de que 2015 fue el año con mayor concentración anual desde el 2011, con 133.6 µg/m³, en tanto que Puente Piedra presentó un aumento de 5 %. El resto presentaron disminuciones con respecto al 2014; Ate de 17 %, Huachipa de 12 %, San Juan de Lurigancho de 8 %, San Martín de Porres de 7 %, Jesús María (Campo de Marte) de 6 %, Santa Anita de 5 % y Carabayllo de 3 %.

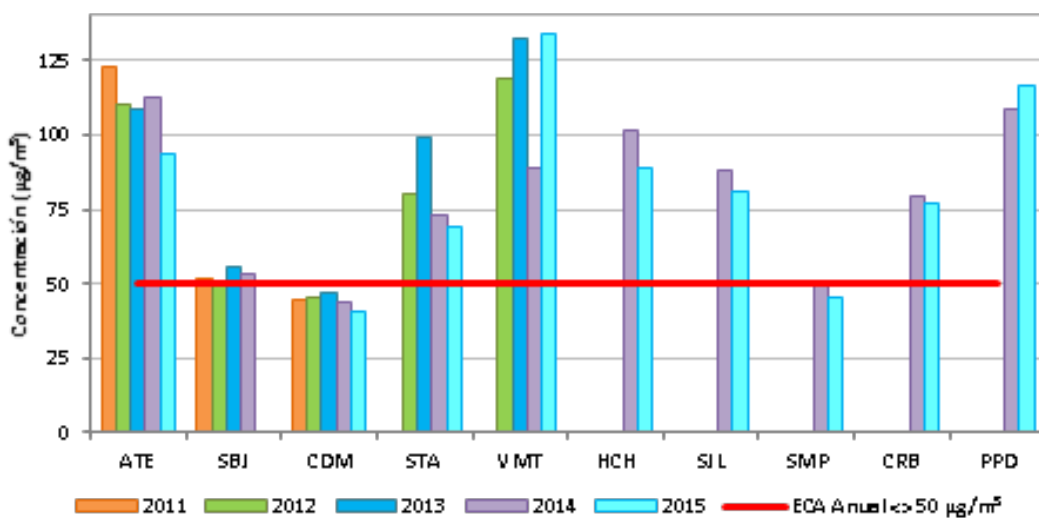


Figura 25. Evolución anual histórica del PM₁₀ por estaciones

4.21. Evolución horaria del PM_{2.5} en los días de la semana - zona norte

En la **Figura 26**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de PM_{2.5} en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona norte de Lima: Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres.

Puente Piedra y Carabayllo presentaron las mayores concentraciones de material particulado menor de 2.5 micrómetros, mientras que San Martín de Porres registró las más bajas de la zona norte.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 31.17, 27.57 y 19.20 µg/m³ en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Puente Piedra fue de 41.06 µg/m³, en Carabayllo fue de 34.91 µg/m³, y en San Martín de Porres fue de 25.74 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Puente Piedra, Carabayllo, y San Martín de Porres fueron de 32.92, 29.57 y 20.01 µg/m³, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 31.06, 27.44 y 17.84 µg/m³ en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de PM_{2.5} se alcanzaron entre las 10:00 y las 11:00 horas en Puente Piedra y Carabayllo, mientras que en San Martín a las 09:00 horas; lo mismo sucedió los sábados y domingos.

Las concentraciones mínimas horarias de PM_{2.5} se presentaron los domingos entre las 16:00 y 17:00 horas en las tres estaciones.

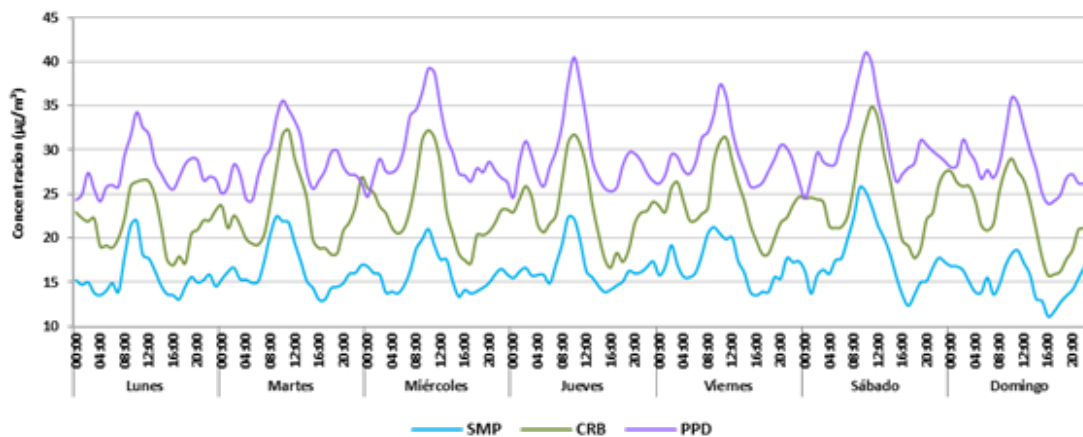


Figura 26. Evolución horaria del PM_{2.5} en los días de la semana - zona norte

4.22. Evolución horaria del PM_{2.5} en los días de la semana - zona sur y centro

En la Figura 27, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de PM_{2.5} en los días de la semana del año 2015 registrada en la estación ubicada en Villa María del Triunfo. En este gráfico se consideró también a las estaciones de Jesús María y San Borja (zona centro).

En la zona sur, las madrugadas (00:00 hasta las 05:00 horas) presentaron concentraciones máximas de 25.63 µg/m³. En tanto que en la zona centro alcanzaron 20.28 y 17.36 µg/m³ en San Borja y Jesús María (Campo de Marte), respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Villa María del Triunfo fue de 38.17 µg/m³, en San Borja fue de 26.63 µg/m³ y en Jesús María de 23.38 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Villa María del Triunfo fueron de 31.10 µg/m³, mientras que en San Borja y Jesús María fueron de 19.79 y 16.95 µg/m³, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), Villa María del Triunfo registró una concentración máxima de 26.73 µg/m³. San Borja alcanzó los 21.33 µg/m³ y Jesús María, 19.77 µg/m³.

Durante la semana, las concentraciones máximas horarias de PM_{2.5} se alcanzaron entre las 10:00 y las 11:00 horas en Villa María del Triunfo, en tanto que las concentraciones mínimas horarias de PM_{2.5} se presentaron a las 00:00 horas.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de PM_{2.5} se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en San Borja y Jesús María (Campo de Marte). Los sábados y domingos se presentaron entre las 10:00 y 11:00 horas y las concentraciones mínimas horarias de PM_{2.5} se presentaron entre las 04:00 y las 05:00 horas.

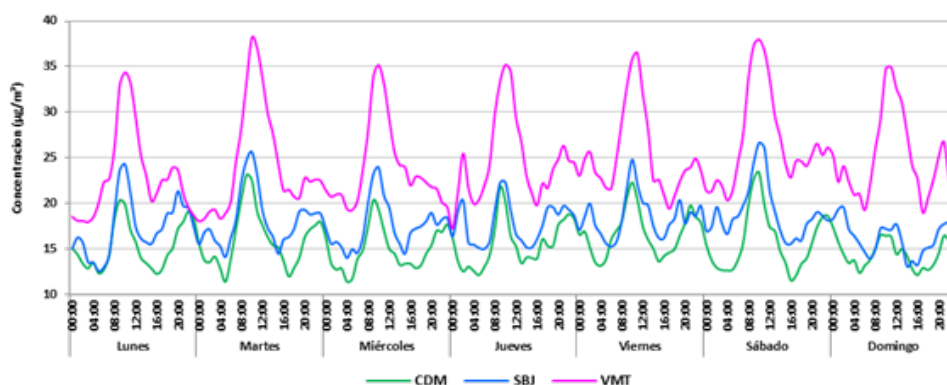


Figura 27. Evolución horaria de PM_{2.5} en los días de la semana - zona sur y centro

4.23. Evolución horaria del PM_{2.5} en los días de la semana - zona este

En la **Figura 28**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de PM_{2.5} en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona este de Lima: Ate, Santa Anita, Huachipa y San Juan de Lurigancho.

Ate presentó las mayores concentraciones de material particulado menor de 2.5 micrómetros comparado con San Juan de Lurigancho, Santa Anita y Huachipa.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 46.87, 32.61, 28.92 y 25.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ate, San Juan de Lurigancho, Santa Anita y Huachipa, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), Ate presentó 60.62 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración máxima registrada, en San Juan de Lurigancho fue de 43.40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Santa Anita fue de 42.58 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Huachipa fue de 41.83 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), Ate alcanzó la concentración máxima de 41.18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, San Juan Lurigancho alcanzó 33.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Santa Anita registró 31.42 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y Huachipa llegó a 28.84 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 32.98, 28.25, 27.66 y 21.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ate, Santa Anita, San Juan de Lurigancho y Huachipa, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de PM_{2.5} se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en las cuatro estaciones; lo mismo ocurrió los fines de semana. Las concentraciones mínimas horarias de PM_{2.5} se presentaron entre las 23:00 horas en Ate, Huachipa y San Juan de Lurigancho, en tanto que a las 00:00 horas en Santa Anita.

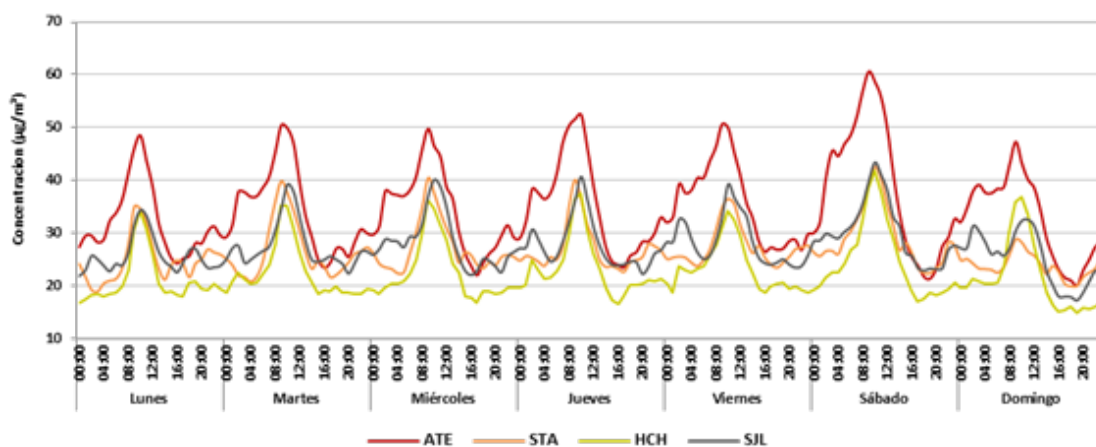


Figura 28. Evolución horaria del PM_{2.5} en los días de la semana - zona este

4.24. Evolución diaria del PM_{2.5} en los días de la semana

La **Figura 29** muestra la evolución diaria de las concentraciones de PM_{2.5} en los días de la semana. En los lunes se registran concentraciones bajas que tienden a aumentar y a mantenerse casi constante en los siguientes días, pero se incrementan los sábados para luego disminuir el domingo. Esto se asocia con el desarrollo de las actividades en la ciudad.

Se observa que en Ate las concentraciones de PM_{2.5} son más altas que en el resto de estaciones, con concentraciones que fluctúan entre los 38.9 y 32.2 µg/m³.

Asimismo, se observan dos agrupaciones de concentraciones de PM_{2.5}. En el primer grupo, se encuentran las estaciones de Puente Piedra, San Juan de Lurigancho, Santa Anita, Villa María del Triunfo, Carabayllo y Huachipa con concentraciones de PM_{2.5} en el rango de 31 a 21 µg/m³; en el segundo grupo están San Borja, San Martín de Porres y Jesús María (Campo de Marte), cuyas concentraciones fluctúan entre los 19 a 14.6 µg/m³.

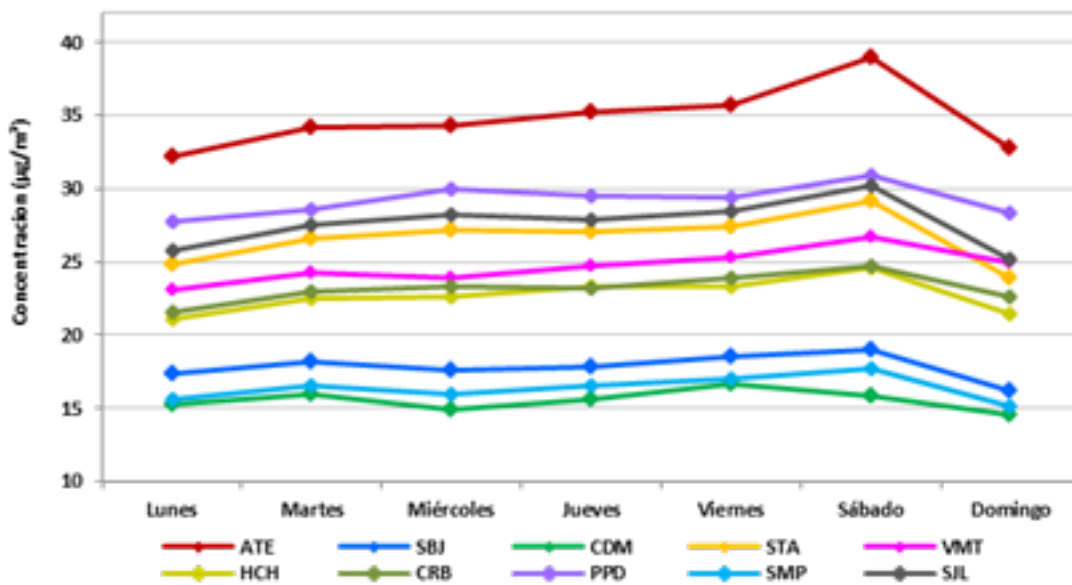


Figura 29. Evolución diaria del PM_{2.5} en los días de la semana

4.25. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Puente Piedra

En la **Figura 30**, se presenta la evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Puente Piedra. Las concentraciones diarias de PM_{2.5} sobrepasaron el ECA en varias oportunidades a lo largo del año y alcanzaron 49.9 y 49.5 µg/m³ los días 01 de enero y 06 de abril, respectivamente.

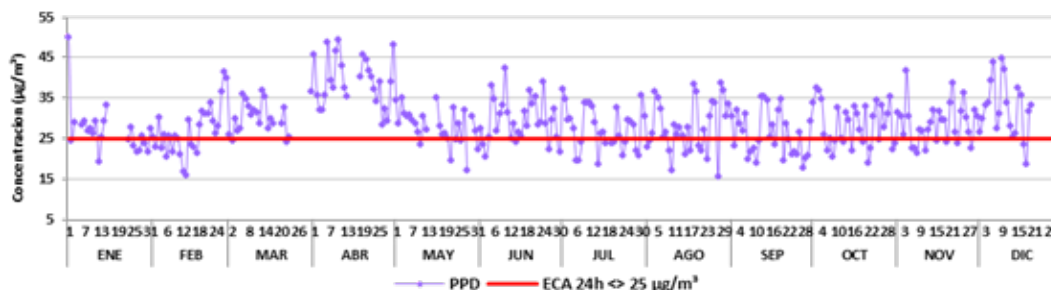


Figura 30. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Puente Piedra

4.26. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Carabayllo

En la **Figura 31**, se presenta la evolución diaria del PM_{2.5} registrada en la estación de Carabayllo, donde los valores registrados indican que se superaron el ECA en el año. Las concentraciones diarias de PM_{2.5} más elevadas fueron los días 01 de enero y el 25 de diciembre, con 53.8 y 56 µg/m³, respectivamente.

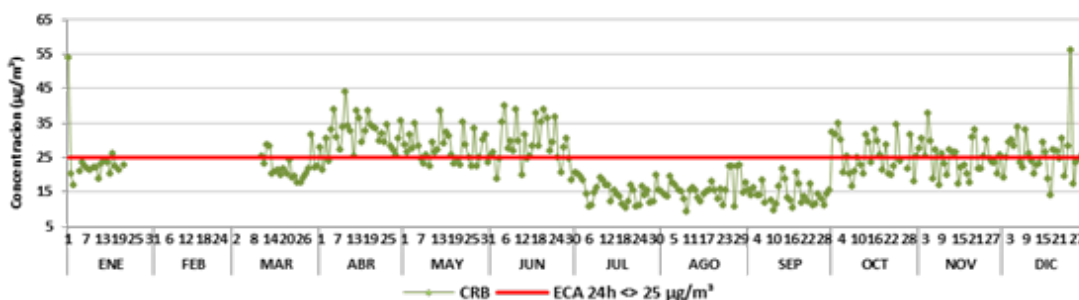


Figura 31. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Carabayllo

4.27. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de San Martín de Porres

En la **Figura 32**, se observa el comportamiento de las concentraciones promedio diarias de PM_{2.5} registrado en la estación de San Martín de Porres, donde los valores indican que se superó el ECA en el 2015. Se registraron concentraciones de 38.2 y 29.6 µg/m³ el 20 de junio y el 04 de agosto, respectivamente.

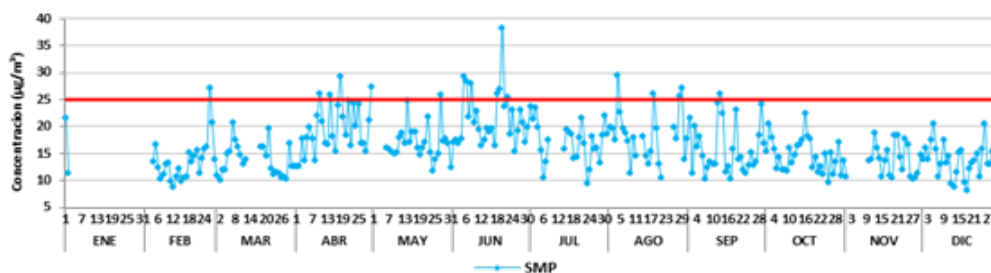


Figura 32. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de San Martín de Porres

4.28. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Villa María del Triunfo

En la **Figura 33**, se observa que las concentraciones promedio diarias de PM_{2.5} en la estación Villa María del Triunfo sobrepasaron el ECA y alcanzaron concentraciones de 54.7 µg/m³ el 10 de abril.

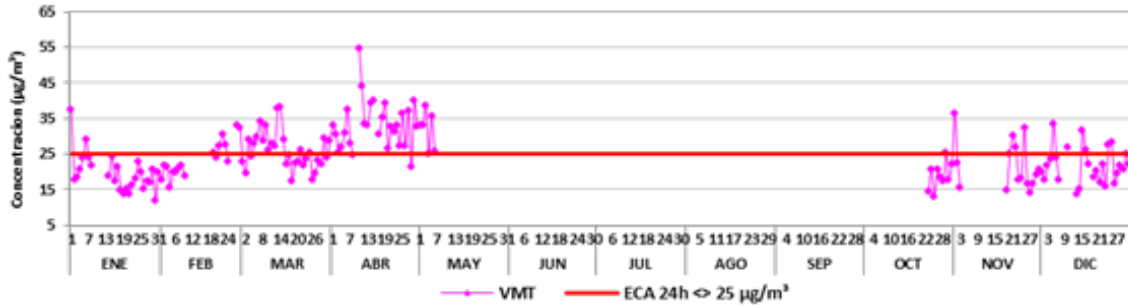


Figura 33. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Villa María del Triunfo

4.29. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de San Borja

En la estación de San Borja se superó el ECA diario de PM_{2.5} (Figura 34). La concentración promedio diaria más alta se registró el 04 de agosto con 37.5 µg/m³.

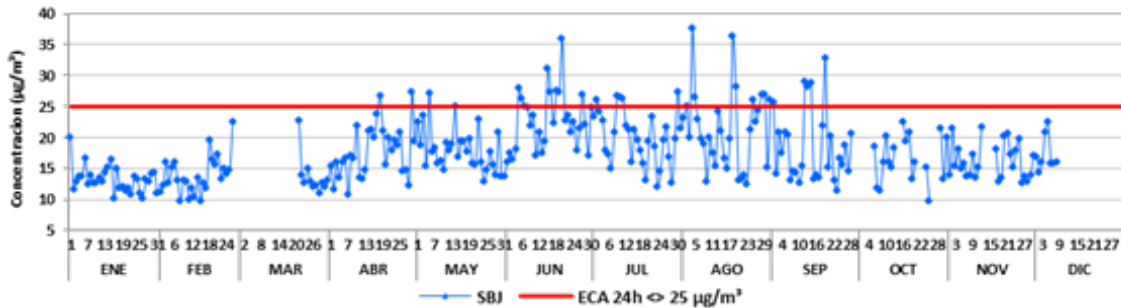


Figura 34. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de San Borja

4.30. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Jesús María

En la **Figura 35**, se observa que se superó el valor del ECA diario para PM_{2.5} en Jesús María. La concentración promedio más alta se presentó el 05 de junio con 33.2 µg/m³.

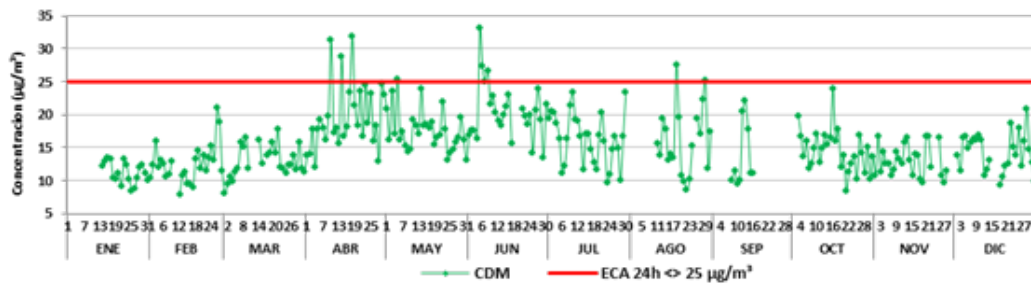


Figura 35. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Jesús María

4.31. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Ate

En la **Figura 36**, se observa que las concentraciones diarias de PM_{2.5} en Ate sobrepasaron significativamente el ECA; el 04 de agosto reportó su mayor concentración del año: 65 µg/m³.

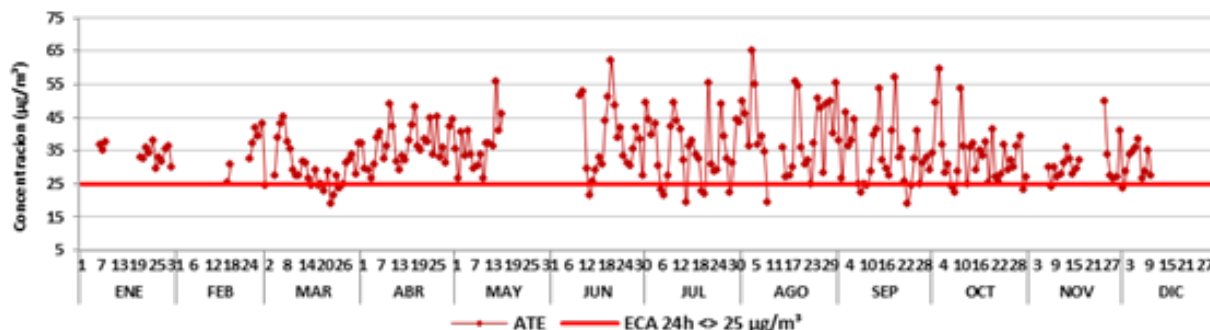


Figura 36. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Ate

4.32. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de San Juan de Lurigancho

En la **Figura 37**, se observa que en San Juan de Lurigancho se sobrepasó el ECA para el PM_{2.5}. La más alta concentración promedio diaria de PM_{2.5} se alcanzó el 25 de diciembre: 55.7 µg/m³.

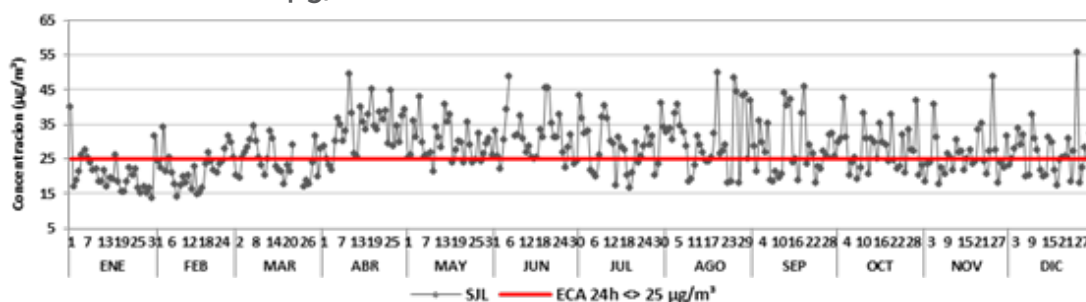


Figura 37. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de San Juan de Lurigancho

4.33. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Santa Anita

En la **Figura 38**, se observa que las concentraciones promedio diarias de PM_{2.5} en Santa Anita superaron el ECA. La mayor concentración de PM_{2.5} se registró el día 06 de junio con 66.5 µg/m³.

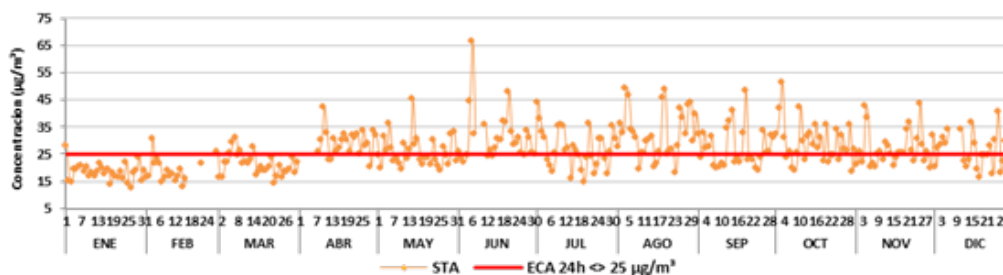


Figura 38. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Santa Anita

4.34. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Huachipa

En la **Figura 39**, se observa que en Huachipa se superó el ECA para PM_{2.5} y alcanzó su mayor concentración diaria el 01 de enero con 49.4 µg/m³.

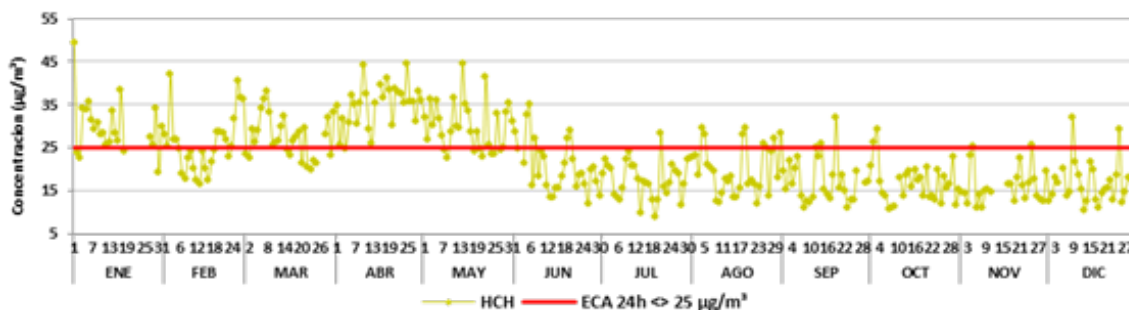


Figura 39. Evolución diaria del PM_{2.5} en la estación de Huachipa

4.35. Días de superación del ECA de PM_{2.5}

En la **Figura 40**, se presenta el número de días de superación de material particulado menor de 2.5 micrómetros en el 2014 y 2015.

En el 2015, Puente Piedra reportó el mayor número de días de superación del ECA de PM_{2.5} con 235 días; mientras que San Borja reportó el menor número con 31 días de superación del ECA. Si bien las normas de PM_{2.5} no señalan el número de días tope, como en el caso del PM₁₀, se considera que las cifras demuestran una situación preocupante de la calidad del aire en Lima.

Santa Anita, Villa María del Triunfo, San Borja, Ate, San Juan de Lurigancho y Puente Piedra aumentaron sus días de superación del ECA respecto al año anterior en 3420, 570, 244, 161, 15 y 4.4%, respectivamente, mientras que Huachipa, Carabayllo y San Martín de Porres disminuyeron en 45, 39 y 38%, correspondientemente.

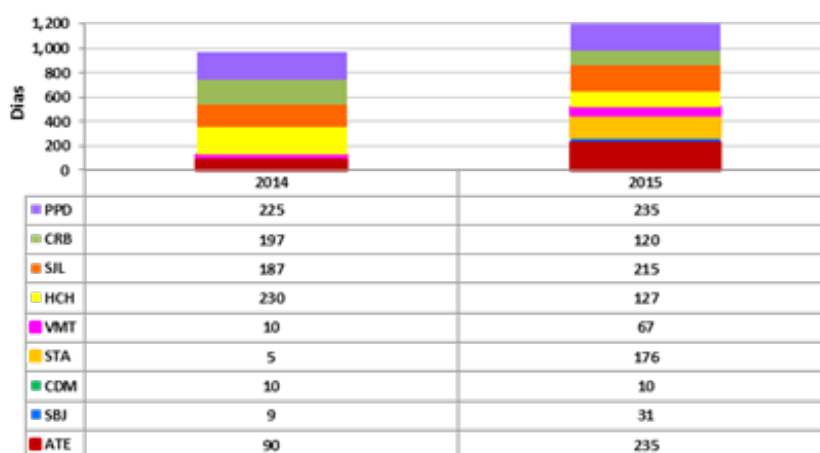


Figura 40. Días de superación del ECA de PM_{2.5}

4.36. Evolución mensual del PM_{2.5} por estaciones

La Figura 41 presenta la evolución mensual del material particulado menor de 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) por estaciones.

En la zona norte, la mayor concentración mensual de PM_{2.5} se presentó en Puente Piedra, seguido de Carabaylo y San Martín de Porres. En abril se alcanzó la mayor concentración en Puente Piedra y Carabaylo con 39.2 y 31.8 µg/m³, respectivamente, mientras que en San Martín fue en junio con 21.5 µg/m³. Las concentraciones mínimas mensuales de PM_{2.5} se presentaron en setiembre, en Puente Piedra con 26 µg/m³, en Carabaylo con 14.3 µg/m³ y en San Martín de Porres en febrero con 13.6 µg/m³.

En la zona sur, Villa María del Triunfo presentó problemas técnicos por lo que la serie se muestra incompleta de mayo a octubre; la mayor concentración se presentó en abril con 33.3 µg/m³ y la mínima con 19.6 µg/m³ en enero. En la zona centro, la mayor concentración mensual ocurrió en junio en San Borja con 22.8 µg/m³ y en Jesús María con 20.5 µg/m³. Las concentraciones mínimas fueron de 13.1 y 11.2 µg/m³ en enero, en San Borja y en Jesús María, respectivamente.

En la zona este, la mayor concentración en Ate ocurrió en agosto con 40.6 µg/m³ y en Santa Anita con 32.7 µg/m³, en tanto que Huachipa registró 35 µg/m³ y San Juan de Lurigancho 34 µg/m³ en abril. Las concentraciones mínimas de PM_{2.5} se presentaron en enero en San Juan de Lurigancho y Santa Anita con 20.7 y 18.5 µg/m³, respectivamente, en tanto que Ate registró 29.6 µg/m³ en marzo y Huachipa 16.1 µg/m³ en noviembre.

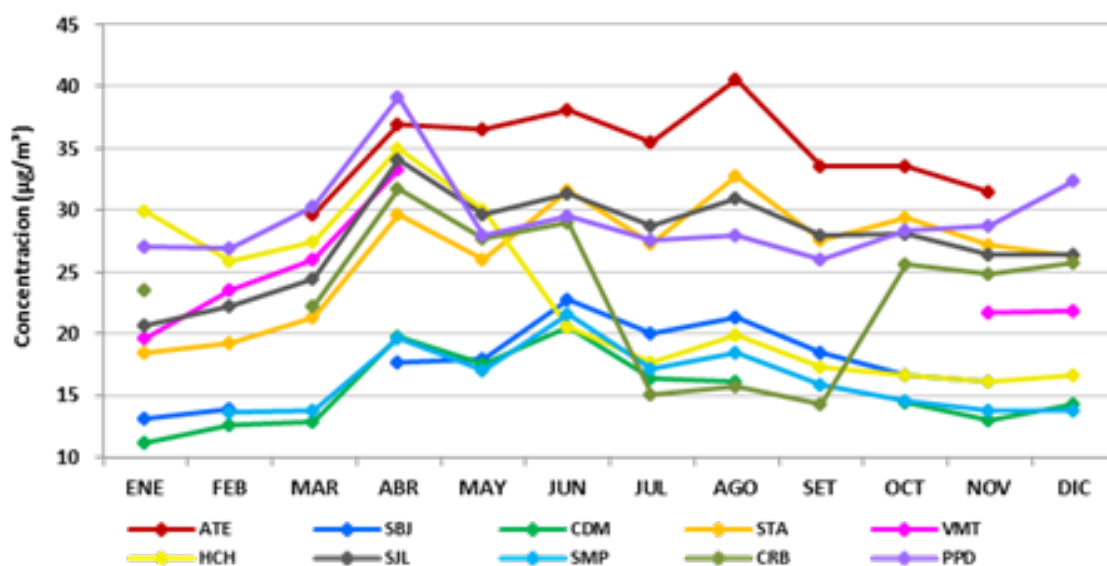


Figura 41. Evolución mensual del PM_{2.5} por estaciones

4.37. Estados de la calidad del aire con relación al PM_{2.5} - zona norte

La **Figura 42** presenta los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) en la zona norte: a) Puente Piedra, b) Carabayllo y c) San Martín de Porres.

Puente Piedra presentó 60 % de días malos y 40 % de días moderados; Carabayllo contó con 65 % de días moderados, 26 % de días malos y 9 % de días buenos, y San Martín de Porres, 73 % de días moderados, 22 % de días buenos y 4 % de días malos.

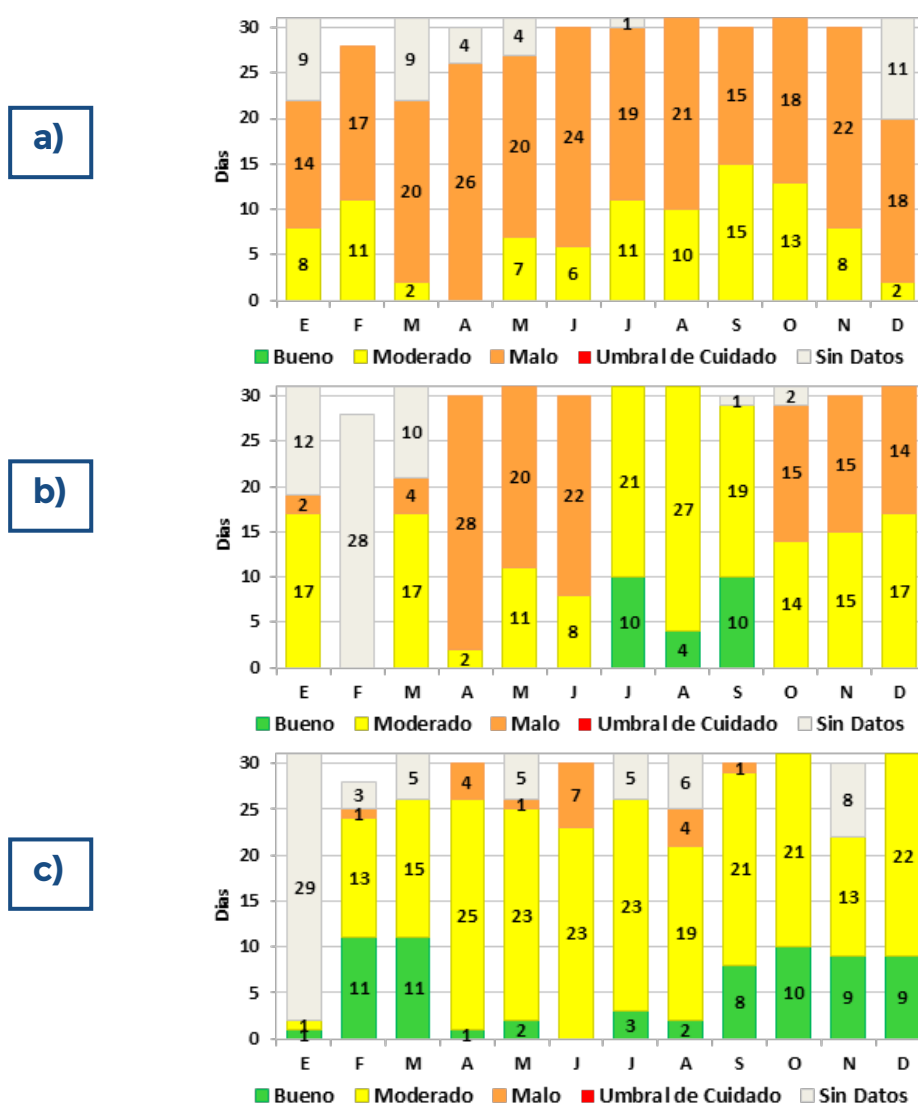


Figura 42. Estados de la calidad del aire con relación al PM_{2.5} - zona norte

a) Puente Piedra, b) Carabayllo y c) San Martín de Porres

4.38. Estados de la calidad del aire con relación al PM_{2.5} - zona sur y centro

La **Figura 43** presenta los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) en la zona sur y centro: a) Villa María del Triunfo, b) Jesús María y c) San Borja.

Villa María del Triunfo presentó 87 % de días moderados, 12 % de días malos y 1 % de días buenos; Jesús María presentó 66 % de días moderados, 32 % de días buenos y 2 % de días malos, y San Borja presentó 79 % de días moderados, 12 % de días buenos y 9 % de días malos.

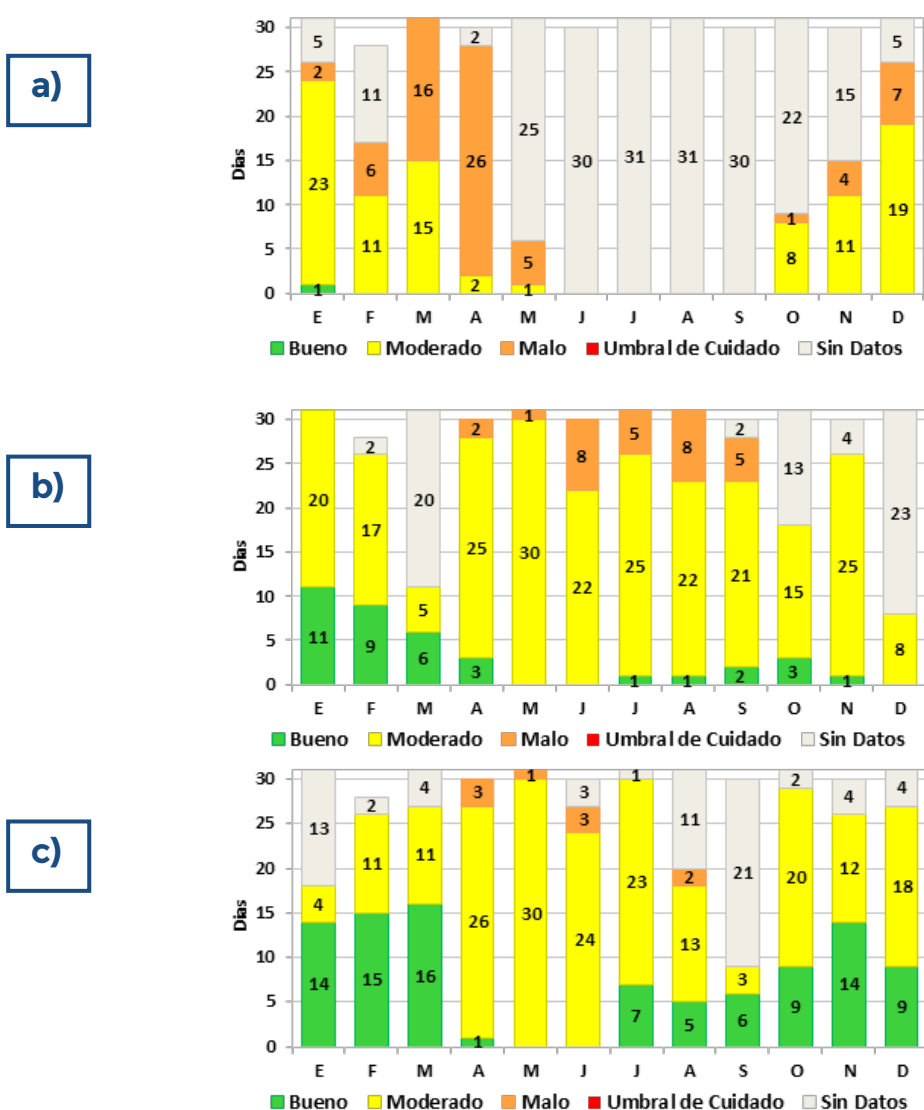


Figura 43. Estados de la calidad del aire con relación al PM_{2.5} en la zona sur y centro

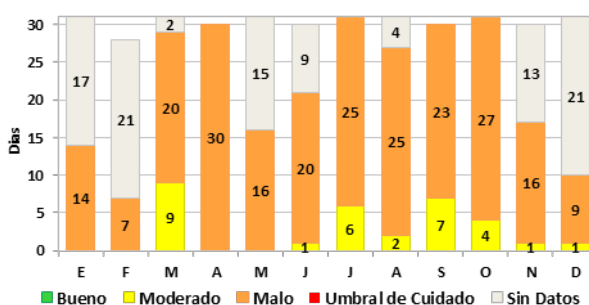
a) Villa María del Triunfo, b) Jesús María y c) San Borja

4.39. Estados de la calidad del aire con relación al PM_{2.5} - zona este

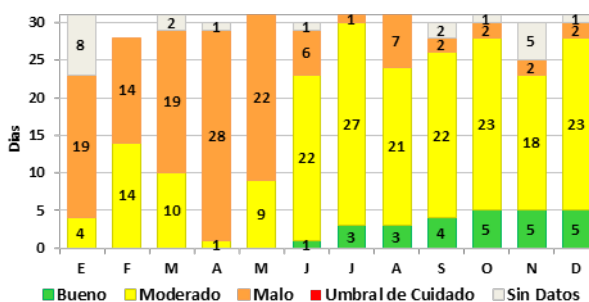
La **Figura 44** presenta los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 2.5 micrómetros (PM_{2.5}) en la zona este: a) Ate, b) Huachipa c) San Juan de Lurigancho y d) Santa Anita.

Ate presentó 82 % de días malos y 18 % de días moderados; Huachipa presentó 80 % de días moderados, 11 % de días buenos y 9 % de días malos; San Juan de Lurigancho, 53 % de días moderados y 47 % de días malos, y en Santa Anita hubo 55 % de días moderados y 45 % de días malos.

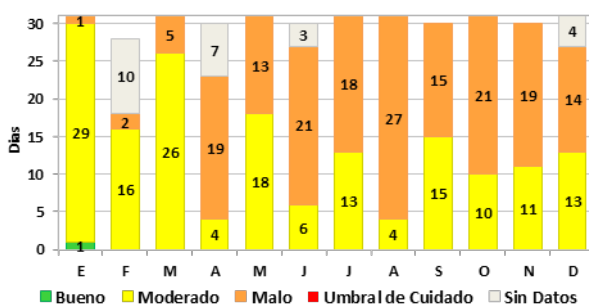
a)



b)



c)



d)

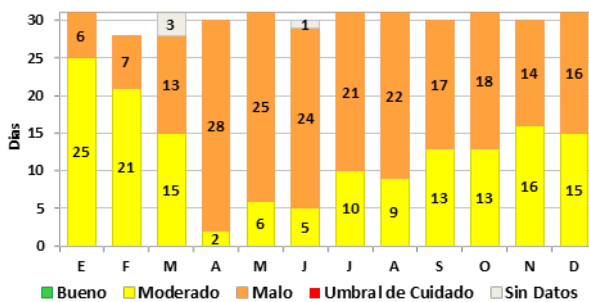


Figura 44. Estados de la calidad del aire con relación al PM_{2.5} en la zona este

a) Ate, b) Huachipa, c) Santa Anita y d) San Juan de Lurigancho

4.40. Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona norte

En la **Figura 45**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de CO en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona norte de Lima: Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres.

Puente Piedra y Carabayllo presentaron las mayores concentraciones de monóxido de carbono, mientras que San Martín de Porres, las más bajas de la zona norte.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 1140, 1035.51 y 710.76 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Carabayllo, Puente Piedra y San Martín de Porres, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Puente Piedra fue de 1094.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Carabayllo fue de 1023.13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, y en San Martín de Porres fue de 847.17 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres fueron de 1263.98, 803.36 y 562.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 1392.52, 1109.48 y 721.26 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de CO se alcanzaron en Puente Piedra y se presentaron entre las 19:00 horas y 20:00 horas, mientras que en Carabayllo entre las 23:00 y 00:00 horas y en San Martín entre las 07:00 y 08:00 horas. Los sábados y domingos se presentaron entre las 19:00 horas y 20:00 horas en Puente Piedra, mientras que Carabayllo y San Martín de Porres entre las 22:00 y 00:00 horas.

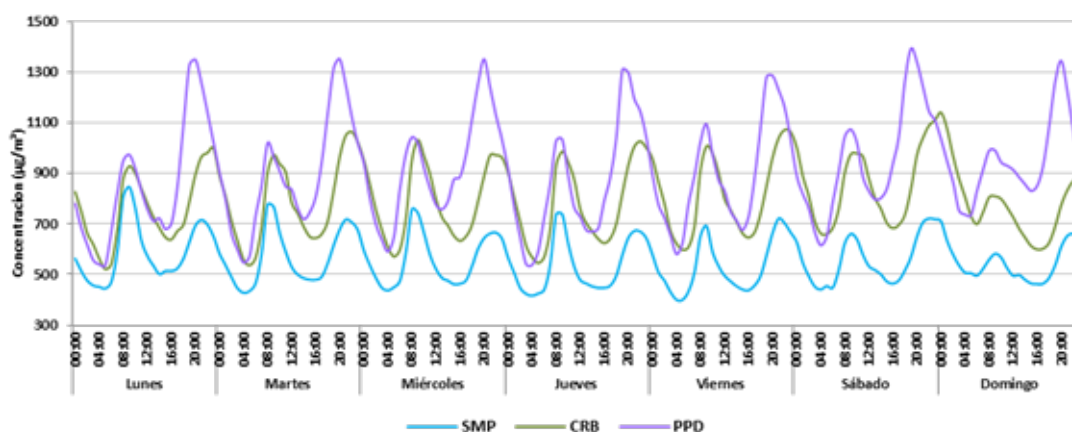


Figura 45. Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona norte

4.41. Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona sur y centro

En la **Figura 46**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de monóxido de carbono en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona sur de Lima: Villa María del Triunfo. En este gráfico se consideró también a las estaciones de Jesús María y San Borja (zona centro).

En la zona sur, en las madrugadas (00:00 hasta las 05:00 horas) se presentaron concentraciones máximas de $543.38 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En tanto que en la zona centro alcanzaron 548.81 y $516.19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en San Borja y Jesús María (Campo de Marte), respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Villa María del Triunfo fue de $638.55 \mu\text{g}/\text{m}^3$, en San Borja fue de $1060 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Jesús María de $837.20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Villa María del Triunfo fueron de $472.78 \mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que en San Borja y Jesús María fueron de 903.71 y $534.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), Villa María del Triunfo registró una concentración máxima de $611.23 \mu\text{g}/\text{m}^3$. San Borja alcanzó los $1021.26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y Jesús María, $764.92 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de CO en Villa María del Triunfo, San Borja y Jesús María se alcanzaron entre las 08:00 y 09:00 horas, mientras que los sábados y domingos Villa María presentó concentraciones máximas entre las 21:00 y 22:00 horas, en tanto que en San Borja y Jesús María entre las 09:00 a 10:00 horas y de 20:00 a 21:00 horas.

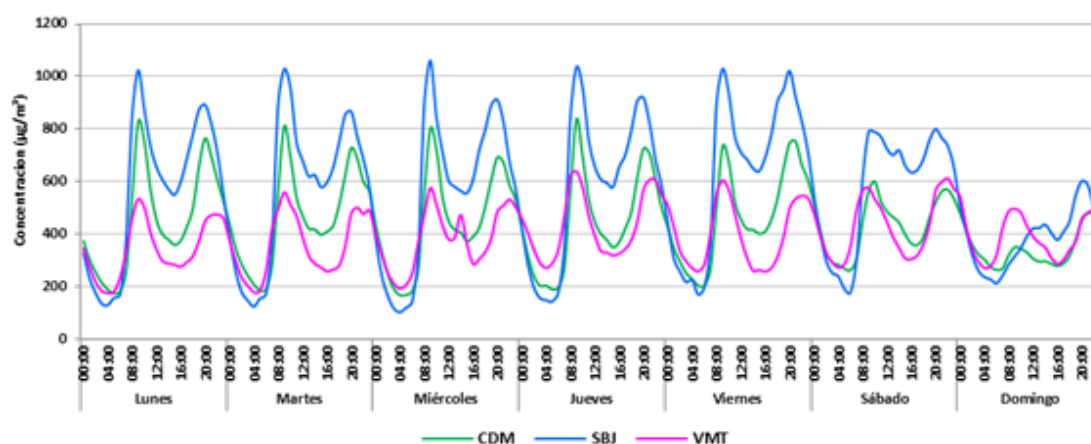


Figura 46. Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona sur y centro

4.42. Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona este

En la **Figura 47**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de monóxido de carbono en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona este de Lima: Ate, Santa Anita, Huachipa y San Juan de Lurigancho.

Ate y Santa Anita presentaron las mayores concentraciones de CO, en tanto que San Juan de Lurigancho y Huachipa, las más bajas de la zona este.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 1470.72, 841.68, 531.88 y 508.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ate, Santa Anita, Huachipa y San Juan de Lurigancho, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), Ate presentó 1641 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de concentración máxima registrada, en Santa Anita fue de 1115.33 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en Huachipa fue de 647.66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en San Juan de Lurigancho fue de 577.68 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), Ate alcanzó la concentración máxima de 1223 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Santa Anita de 688.85 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, Huachipa de 392.10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y San Juan de Lurigancho de 329.67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 1568.60, 953.93, 596.89 y 583.63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ate, Santa Anita, San Juan de Lurigancho y Huachipa, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de CO en Ate y Santa Anita se alcanzaron entre las 08:00 y 09:00 horas, en Huachipa entre las 09:00 a las 10:00 horas, mientras que en San Juan de Lurigancho se dieron entre las 21:00 y 22:00 horas. Los sábados y domingos, Ate y Santa Anita alcanzaron las concentraciones máximas de CO entre las 08:00 y 09:00, en tanto que en San Juan de Lurigancho se dieron entre las 09:00 a las 10:00 horas y en Huachipa entre las 10:00 a 11:00 horas.

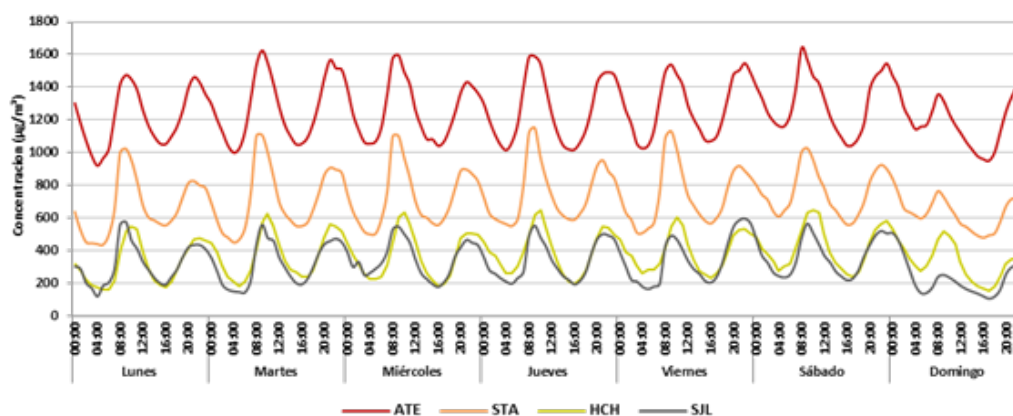


Figura 47. Evolución horaria del CO en los días de la semana - zona este

4.43. Evolución diaria del CO en los días de la semana

La **Figura 48** muestra la evolución diaria de las concentraciones de monóxido de carbono en los días de la semana. Los lunes, las concentraciones son bajas y tienden a aumentar y se mantienen casi constantes en los siguientes días, posteriormente hay un incremento los días sábados que luego disminuye los domingos, lo que estaría asociado con el desarrollo de las actividades en la ciudad.

Se observa que en Ate las concentraciones de CO son más altas que en el resto de estaciones, con concentraciones que fluctúan entre los 1216.1 a 1304.05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

En la zona norte, Puente Piedra presenta las concentraciones más altas de CO, seguido de Carabayllo y San Martín. Las concentraciones más altas se registraron los sábados en Puente Piedra con 954.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y Carabayllo con 846.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que San Martín de Porres registró 589.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ los lunes.

En la zona sur, donde se encuentra Villa María del Triunfo, las mayores concentraciones de CO se dieron los días jueves y sábados. En la zona centro, San Borja con 641.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y Jesús María (Campo de Marte) con 465.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ presentaron las mayores concentraciones de CO los días viernes.

Ate registró las mayores concentraciones de CO en la zona este con 1304.5, seguido de Santa Anita, Huachipa y San Juan de Lurigancho con 760.4, 421.2 y 365.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente, siendo sábado el día con mayor concentración de CO en la semana.

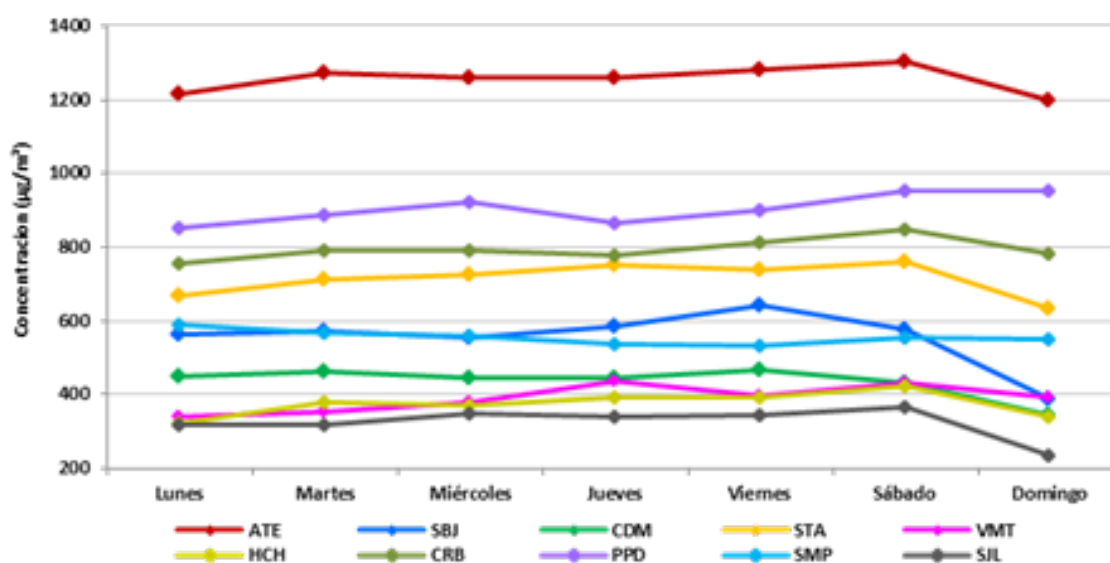


Figura 48. Evolución diaria del CO en los días de la semana

4.44. Evolución horaria del CO en la estación de Puente Piedra

En la **Figura 49**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de Puente Piedra. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en diciembre con $4534 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las mínimas en mayo con $11.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se observa mayor dispersión de las concentraciones de CO de enero a mayo, con medianas que van de 385.6 a $518.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$; se presenta una mayor distribución asimétrica negativa en abril y mayo. Desde junio hasta diciembre, las concentraciones de CO se incrementaron y presentaron medianas que oscilaron entre 1046 y $1389 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

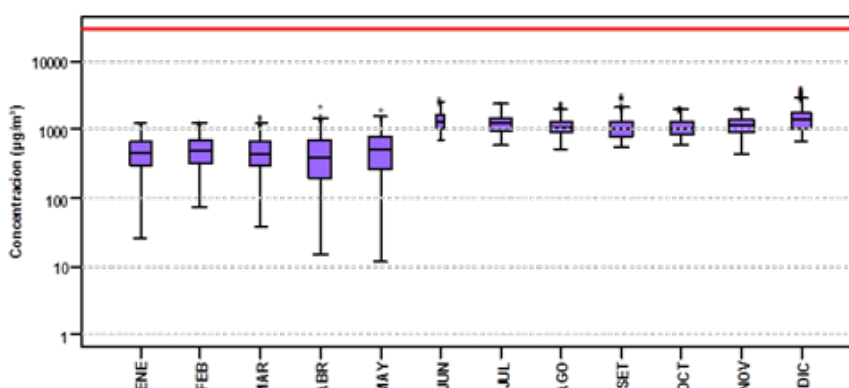


Figura 49. Evolución horaria del CO en la estación de Puente Piedra

4.45. Evolución horaria del CO en la estación de Carabayllo

En la **Figura 50**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de Carabayllo. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en junio con $2898 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las mínimas en diciembre con $192.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se observa mayor dispersión de las concentraciones de CO desde julio hasta diciembre, con medianas que van de 573.8 a $736.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$; se presenta una mayor distribución asimétrica negativa en setiembre, octubre y diciembre.

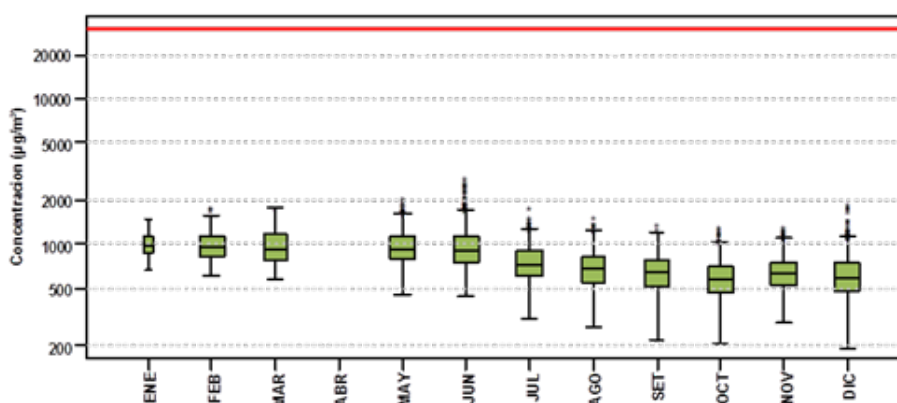


Figura 50. Evolución horaria del CO en la estación de Carabayllo

4.46. Evolución horaria del CO en la estación de San Martín de Porres

En la **Figura 51**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de San Martín de Porres. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en junio con $2538.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las mínimas en febrero con $4.40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Se observa que las concentraciones de CO presentan distribuciones asimétricas negativas. Las medianas oscilan entre 69.45 y $1138.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

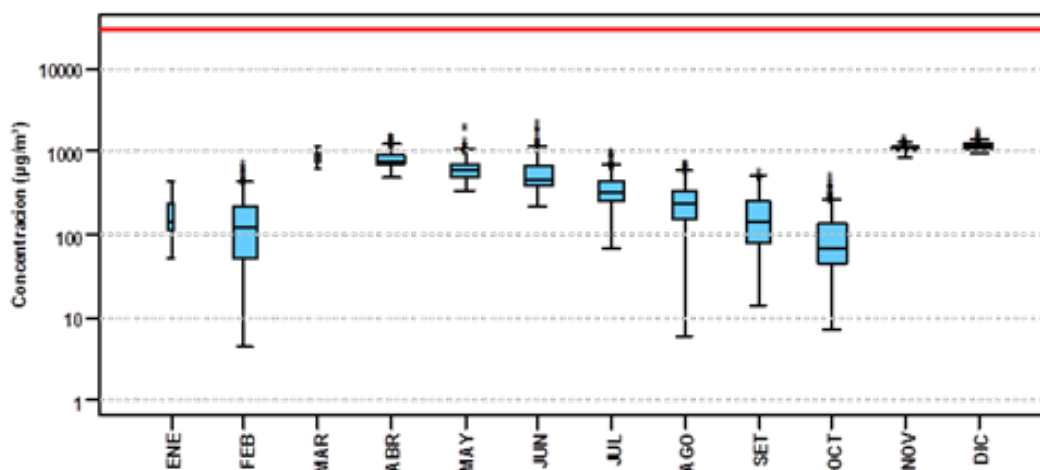


Figura 51. Evolución diaria del CO en la estación de San Martín de Porres

4.47. Evolución horaria del CO en la estación de Villa María del Triunfo

En la **Figura 52**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de Villa María del Triunfo. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en mayo con $2455.1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las mínimas en mayo con $8.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las medianas oscilan entre 212.7 y $599.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

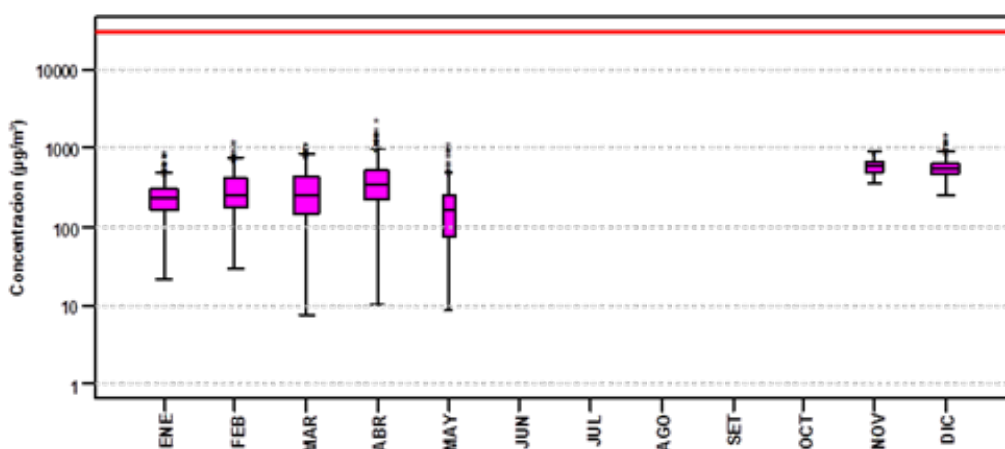


Figura 52. Evolución horaria del CO en la estación de Villa María del Triunfo

4.48. Evolución horaria del CO en la estación de San Borja

En la **Figura 53**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de San Borja. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en junio con $2468.2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las mínimas en setiembre con $0.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las medianas oscilan entre 249.8 y $896.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

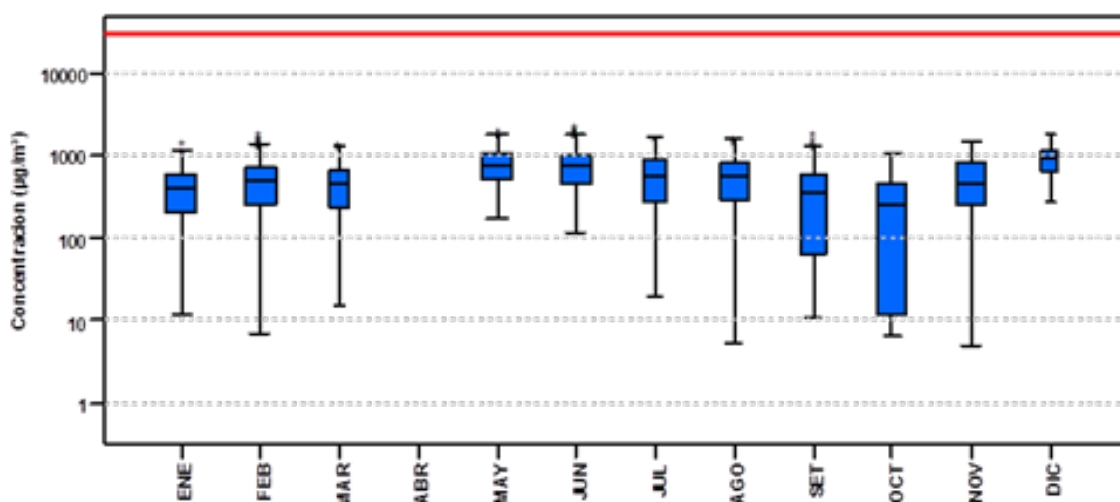


Figura 53. Evolución horaria del CO en la estación de San Borja

4.49. Evolución horaria del CO en la estación de Jesús María

En la **Figura 54**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de Jesús María. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en junio con $2449.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las mínimas en agosto y setiembre con $5.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las medianas oscilan entre 236.7 y $575 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

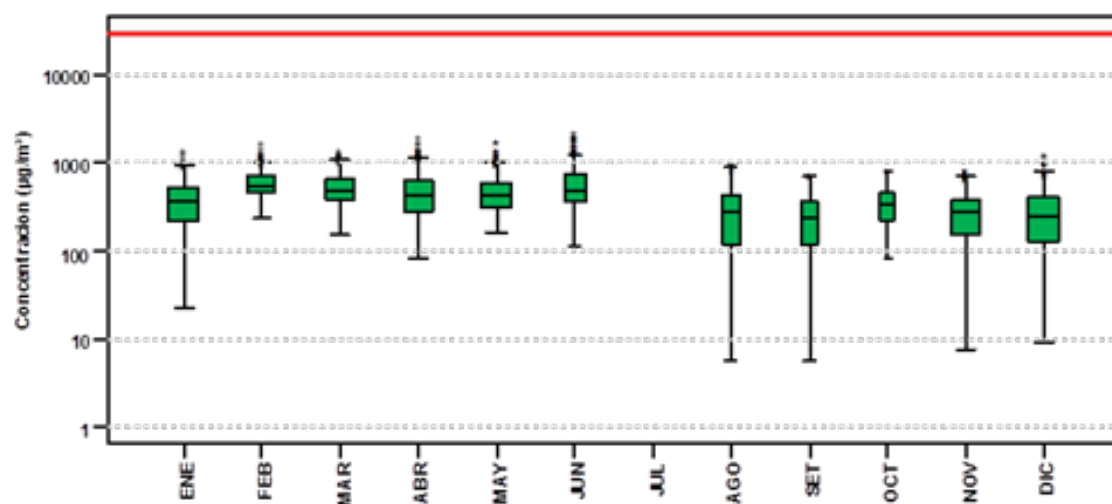


Figura 54. Evolución horaria del CO en la estación de Jesús María

4.50. Evolución horaria del CO en la estación de Ate

En la **Figura 55**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de Ate. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en mayo con $4182 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mínima en mayo con $190.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las medianas oscilan entre 767.2 y $1839 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

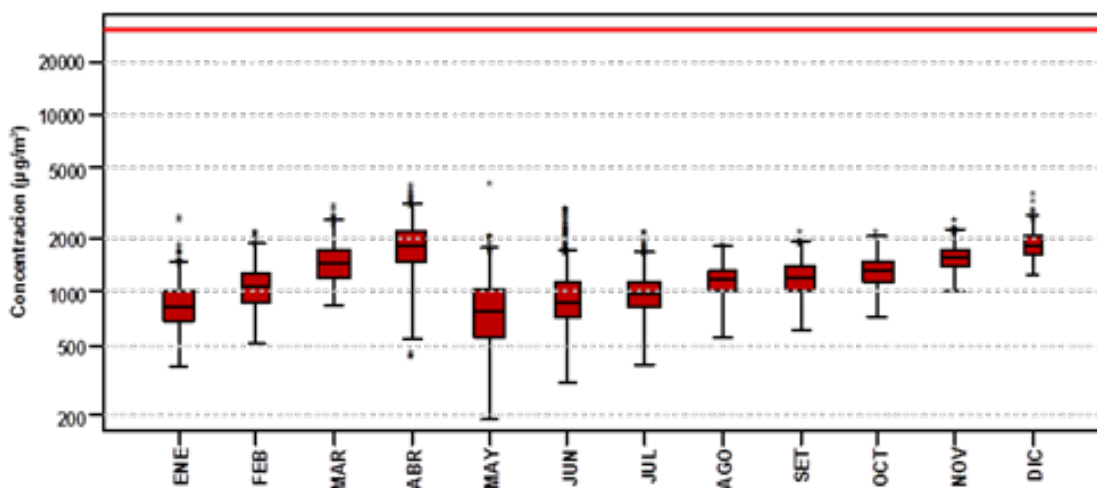


Figura 55. Evolución horaria del CO en la estación de Ate

4.51. Evolución horaria del CO en la estación de San Juan de Lurigancho

En la **Figura 56**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de San Juan de Lurigancho. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en junio con $3263.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mínima en mayo con $6.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las medianas oscilan entre 230 y $333.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

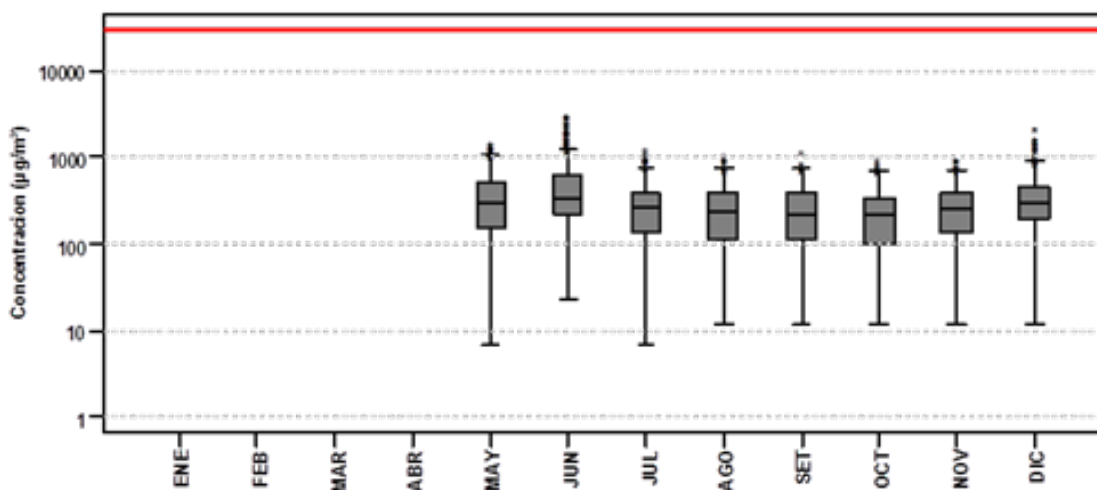


Figura 56. Evolución horaria del CO en la estación de San Juan de Lurigancho

4.52. Evolución horaria del CO en la estación de Santa Anita

En la **Figura 57**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de Santa Anita. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en junio con $2619.70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mínima en mayo con $6.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las medianas oscilan entre 186.30 y $1023.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

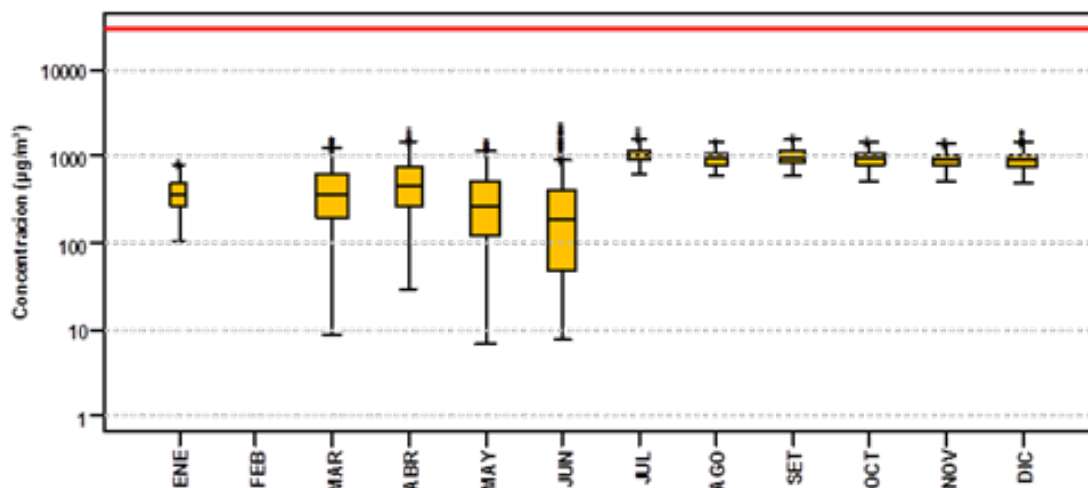


Figura 57. Evolución horaria del CO en la estación de Santa Anita

4.53. Evolución horaria del CO en la estación de Huachipa

En la **Figura 58**, se presenta la evolución horaria del CO en la estación de Huachipa. Las concentraciones horarias de CO no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de CO se presentaron en junio con $3065.9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y la mínima en mayo con $3.0 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Las medianas oscilan entre 191.4 y $468.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

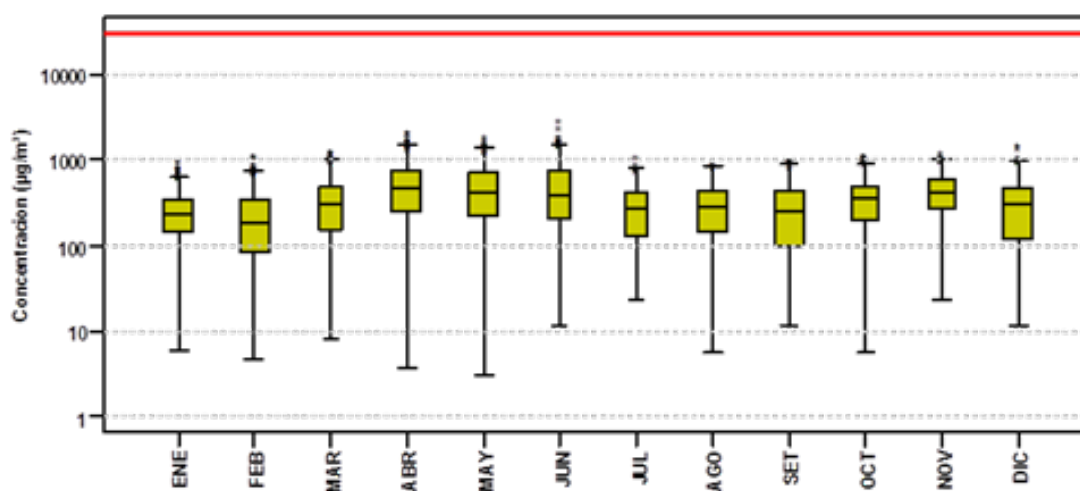


Figura 58. Evolución horaria del CO en la estación de Huachipa

4.54. Evolución mensual del CO por estaciones

La **Figura 59** muestra la evolución mensual de las concentraciones de CO en todas las estaciones.

Ate presentó las mayores concentraciones de la zona este, seguido de Santa Anita, Huachipa y San Juan de Lurigancho. En abril y julio se alcanzaron las concentraciones más altas mensuales de CO con 1864.2 y 1057.7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Ate y Santa Anita, respectivamente, mientras que Huachipa y San Juan de Lurigancho alcanzaron 564 y 551 en junio $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente.

Puente Piedra presentó las mayores concentraciones de la zona norte, seguido de San Martín de Porres y Carabayllo. En diciembre se registraron las concentraciones más altas mensuales de CO con 1573.5 y 1172.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en Puente Piedra y San Martín de Porres, respectivamente, mientras que en Carabayllo alcanzó 589.6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en octubre.

En la zona sur, Villa María del Triunfo presentó la mayor concentración en diciembre con 559.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En la zona centro, Jesús María (Campo de Marte) tuvo la mayor concentración en febrero con 596.8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que San Borja presentó 789.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en mayo.

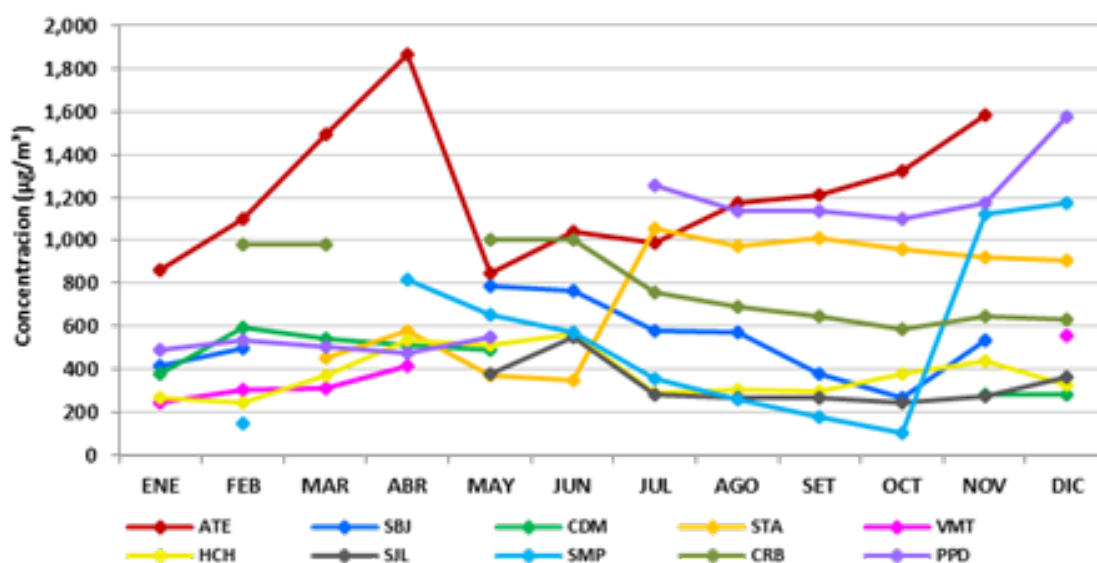


Figura 59. Evolución mensual del CO por estaciones

4.55. Evolución horaria del SO₂ en los días de la semana - zona norte

En la **Figura 60**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de SO₂ en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona norte de Lima: Puente Piedra y Carabayllo.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 9.62 y 7.12 µg/m³ en Puente Piedra y Carabayllo, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Puente Piedra fue de 9.95 µg/m³ y en Carabayllo fue de 7.77 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Puente Piedra y Carabayllo fueron de 13.41y 8.43 µg/m³, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 13.41 y 7.57 µg/m³ en Puente Piedra y Carabayllo, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de SO₂ se alcanzaron en Puente Piedra entre las 16:00 y 17:00 horas, mientras que en Carabayllo entre las 13:00 y 14:00 horas. Los sábados y domingos se presentaron entre las 13:00 y 14:00 horas en Carabayllo, y entre las 17:00 y 18:00 horas en Puente Piedra.

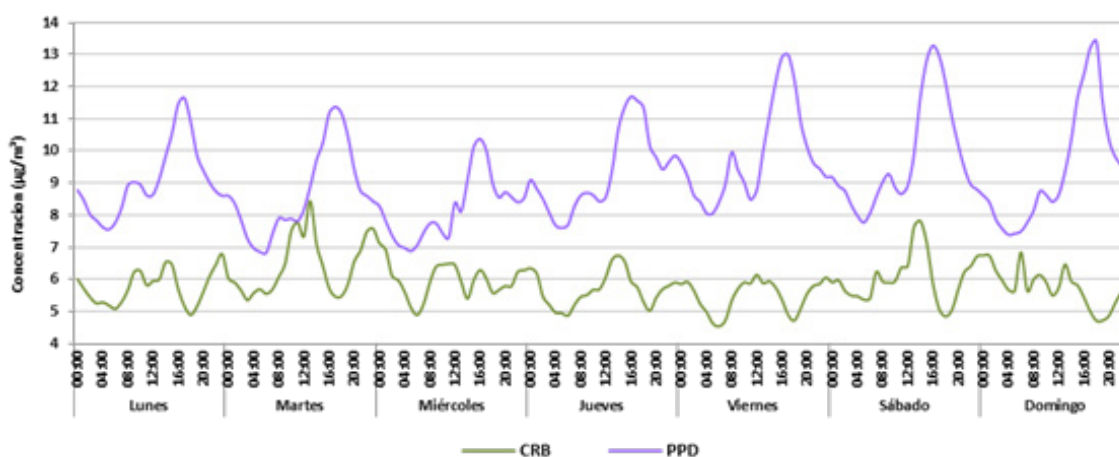


Figura 60. Evolución horaria del SO₂ en los días de la semana - zona norte

4.56. Evolución horaria del SO₂ en los días de la semana - zona este

En la **Figura 61**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de dióxido de azufre en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona este de Lima: Santa Anita y Huachipa.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), las concentraciones máximas fueron de 19.43 y 8.83 µg/m³ en Santa Anita y Huachipa, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), Huachipa presentó 26.10 µg/m³ de concentración máxima registrada y Santa Anita, 12.22 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), Huachipa alcanzó los 17.74 µg/m³, mientras que Santa Anita los 11.38 µg/m³.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 16.56 y 11.42 µg/m³ en Huachipa y Santa Anita, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de SO₂ en Santa Anita se dieron entre las 06:00 y 07:00 horas, mientras que en Huachipa se alcanzaron entre las 08:00 y 09:00 horas. Los sábados y domingos Huachipa alcanzó las concentraciones máximas de SO₂ entre las 09:00 horas y 10:00 horas, en tanto que en Santa Anita se dieron entre las 19:00 y las 20:00 horas.

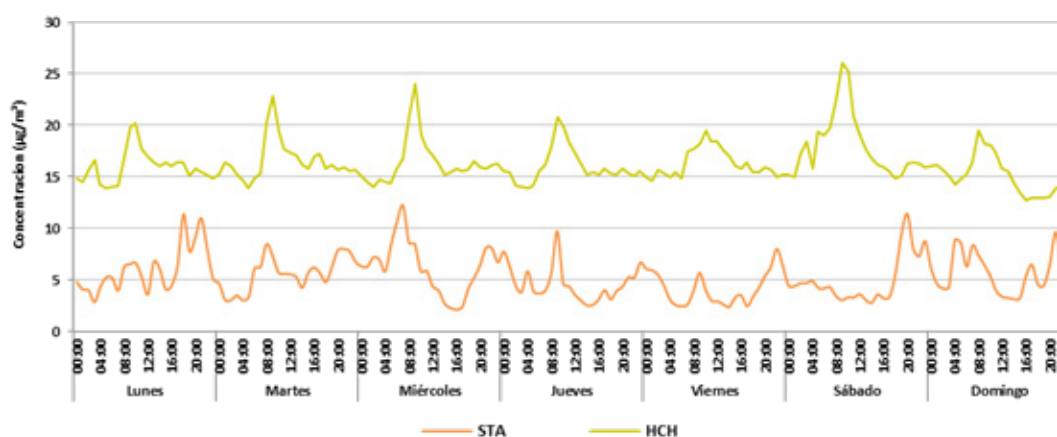


Figura 61. Evolución horaria de SO₂ en los días de la semana - Zona este

4.57. Evolución diaria del SO₂ en los días de la semana

La **Figura 62** muestra la evolución diaria de las concentraciones de dióxido de azufre en los días de la semana. Se observa que no existen diferencias significativas en las concentraciones de SO₂ en la semana.

Huachipa presentó las concentraciones de SO₂ más altas que el resto de estaciones, entre los 15.2 y 17.9 µg/m³. Puente Piedra presentó concentraciones de SO₂ entre 8.2 y 9.8 µg/m³. Carabayllo y Santa Anita presentaron tendencias similares, con concentraciones entre 4.1 µg/m³ y 6.4 µg/m³.

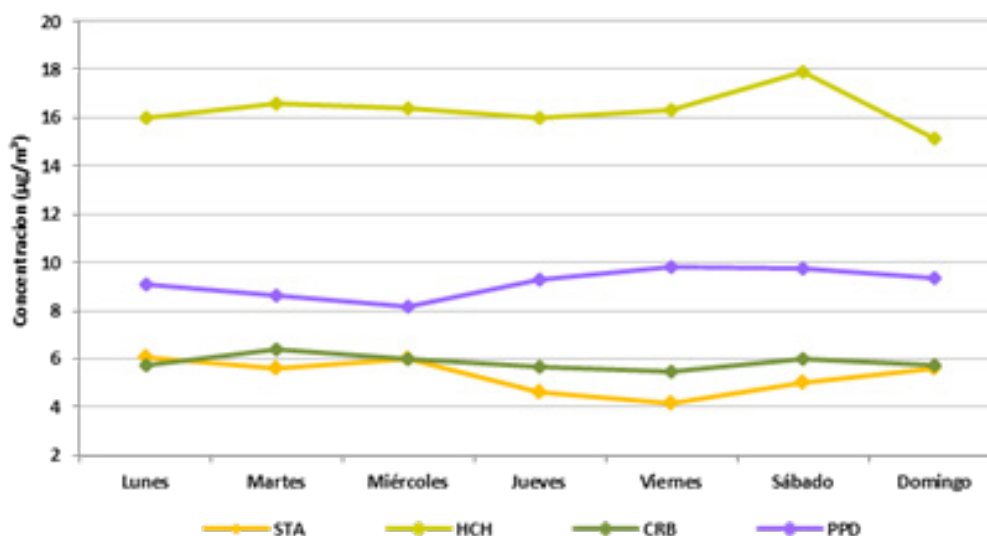


Figura 62. Evolución diaria del SO₂ en los días de la semana

4.58. Evolución diaria del SO₂ en la estación de Puente Piedra

En la Figura 63, se presenta la evolución diaria del SO₂ en la Estación de Puente Piedra. Las concentraciones diarias de SO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de SO₂ se presentaron en febrero con 20.13 µg/m³ y las mínimas en enero con 2.57 µg/m³.

Los valores aproximados entre las medias y medianas indican distribuciones consistentes en las concentraciones diarias de SO₂. En enero, la media fue de 3.20 µg/m³ y la mediana de 3.15 µg/m³; en febrero fue de 14.16 y 14.06 µg/m³ la media y mediana, respectivamente; en marzo la media fue de 10.01 µg/m³ y la mediana de 10.18 µg/m³; en abril fue de 7.90 y 7.74 µg/m³ la media y mediana, respectivamente.

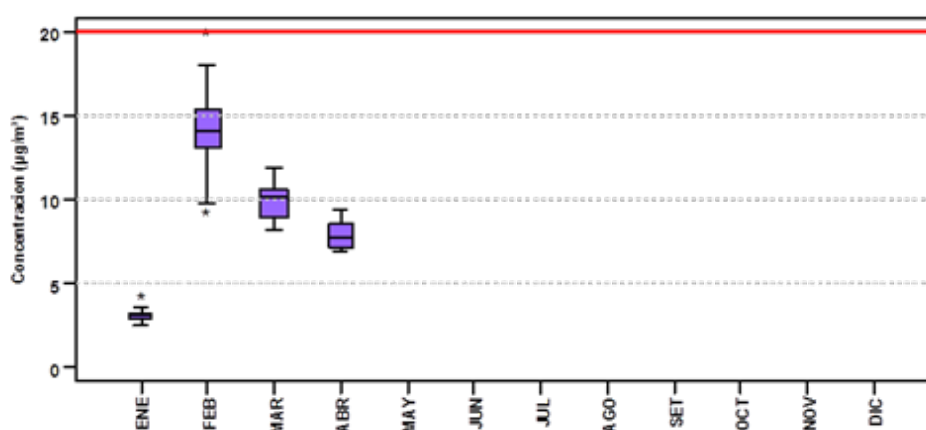


Figura 60. Evolución horaria del SO₂ en los días de la semana - zona norte

4.59. Evolución diaria del SO₂ en la estación de Carabayllo

En la **Figura 64**, se presenta la evolución diaria del SO₂ en la estación de Carabayllo. Las concentraciones diarias de SO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas diarias de SO₂ se presentaron en octubre con 14.39 µg/m³ y las mínimas en junio con 2.22 µg/m³.

Los valores entre medias y medianas no difieren, por lo que se considera que hay buena consistencia en las concentraciones de SO₂.

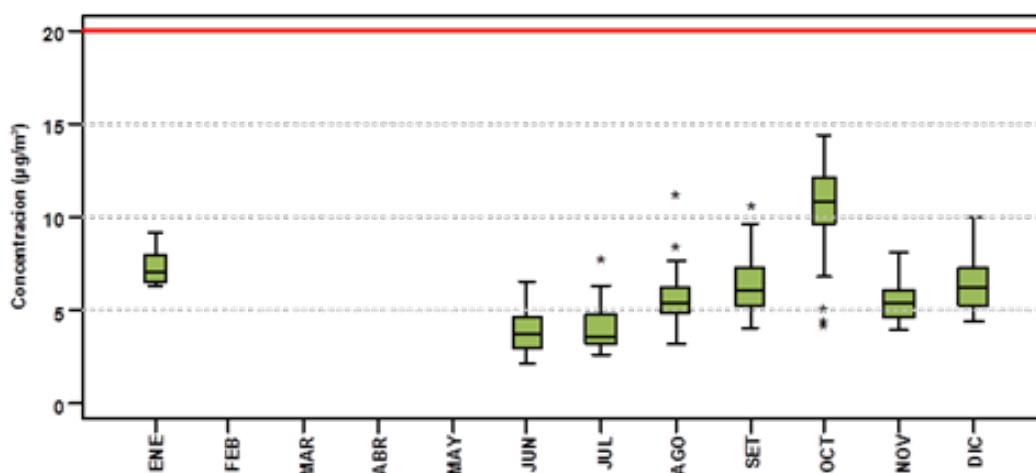


Figura 64. Evolución diaria del SO₂ en la estación de Carabayllo

4.60. Evolución diaria del SO₂ en la estación de Huachipa

En la **Figura 65**, se presenta la evolución horaria del SO₂ en la estación de Huachipa. Las concentraciones diarias de SO₂ sobrepasaron el ECA a lo largo del año salvo en enero noviembre y diciembre. La concentración máxima diaria de SO₂ se presentó en setiembre con 40.83 µg/m³ y la mínima en enero con 8.34 µg/m³. Las medianas oscilan entre 10.11 y 18.85 µg/m³.

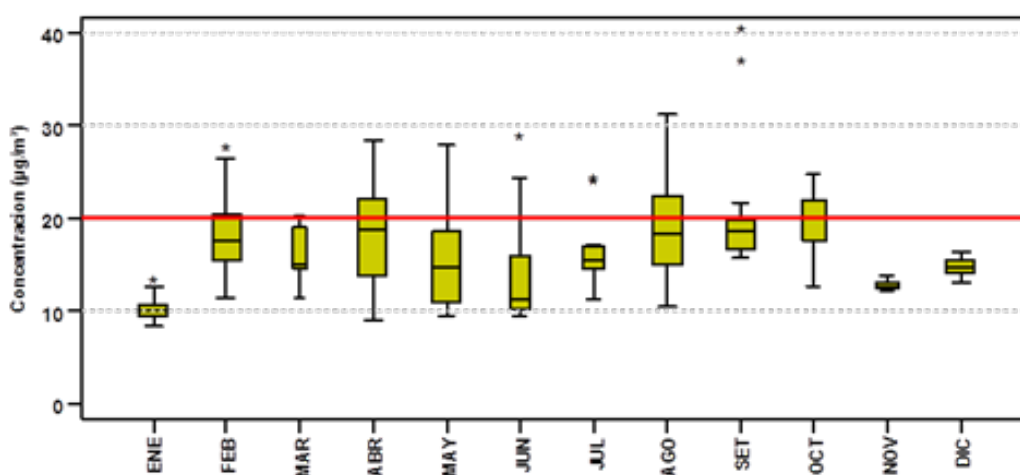


Figura 65. Evolución diaria del SO₂ en la estación de Huachipa

4.61. Evolución diaria del SO₂ en la estación de Santa Anita

En la **Figura 66**, se presenta la evolución diaria del SO₂ en la estación de Santa Anita. Las concentraciones horarias de SO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de SO₂ se presentaron en diciembre con 13.21 µg/m³ y la mínima en noviembre con 1.28 µg/m³. Las medianas oscilaron entre 4.64 y 5.82 µg/m³.

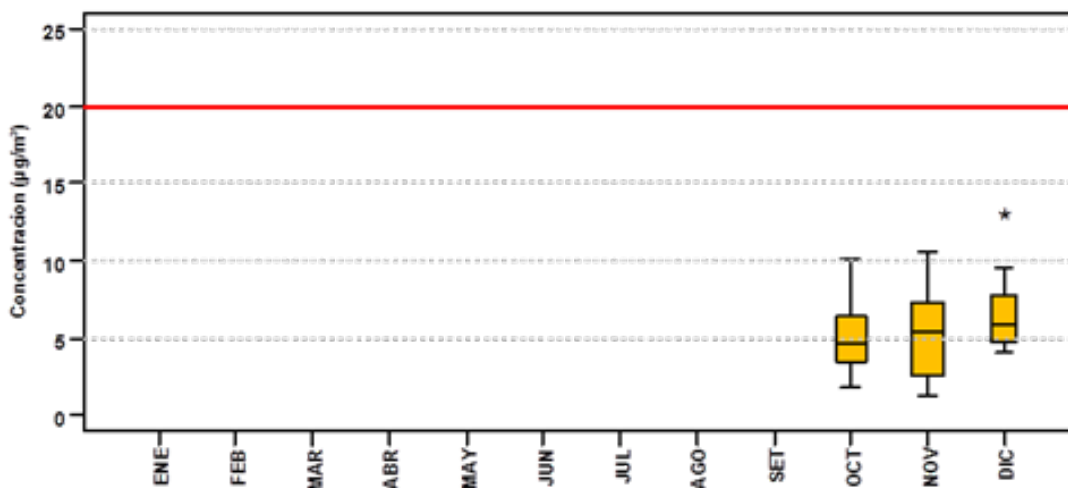


Figura 66. Evolución diaria del SO₂ en la estación de Santa Anita

4.62. Evolución horaria del O₃ en los días de la semana - zona norte

En En la **Figura 67**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones del O₃ en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona norte de Lima: Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres.

Carabayllo presentó las mayores concentraciones de ozono de la zona norte en comparación con las estaciones de Puente Piedra y San Martín de Porres.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 23.19, 16.72 y 8.29 µg/m³ en San Martín de Porres, Carabayllo y Puente Piedra, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Carabayllo fue de 45.03 µg/m³, en San Martín de Porres fue de 36.05 µg/m³ y en Puente Piedra, de 847.17 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Carabayllo, Puente Piedra y San Martín de Porres fueron de 57.76, 42.56 y 38.05 µg/m³, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 26.41, 25.41 y 14.17 µg/m³ en San Martín de Porres, Carabayllo y Puente Piedra, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de ozono ocurrieron entre las 14:00 horas y 15:00 horas, lo que sucedió también los sábados y domingos.

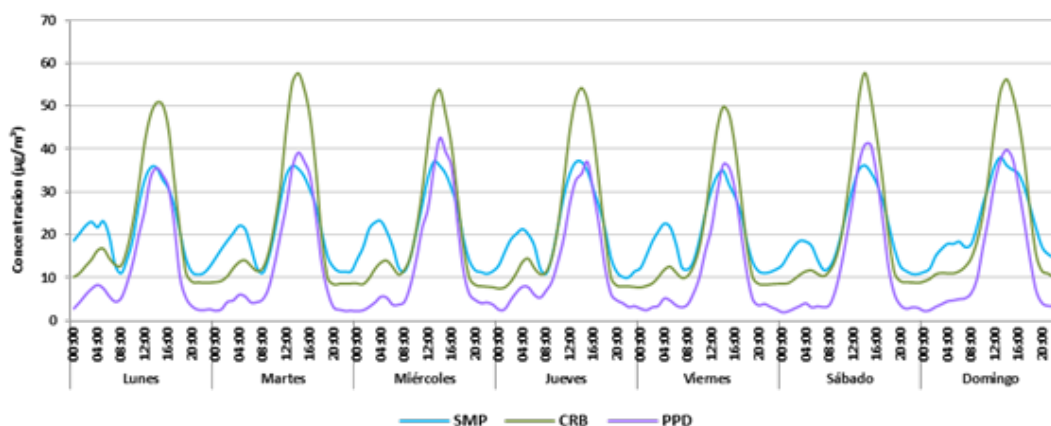


Figura 67. Evolución horaria del O₃ en los días de la semana - zona norte

4.63. Evolución horaria del O₃ en los días de la semana - zona sur y centro

En la **Figura 68**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de ozono en los días de la semana del año 2015 registrada en la estación ubicada en la zona sur de Lima: Villa María del Triunfo. En este gráfico se consideró también a las estaciones de Jesús María y San Borja (zona centro).

En la zona sur, en las madrugadas (00:00 hasta las 05:00 horas) se presentaron concentraciones máximas de 8.26 µg/m³. En tanto que en la zona centro alcanzaron 23.23 y 5.56 µg/m³ en San Borja y Jesús María (Campo de Marte), respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Villa María del Triunfo fue de 28.15 µg/m³, en San Borja fue de 19.66 µg/m³ y en Jesús María, de 8.58 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Villa María del Triunfo fueron de 34.82 µg/m³, mientras que en San Borja y Jesús María fueron de 22.40 y 13.45 µg/m³, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), Villa María del Triunfo registró una concentración máxima de 12.08 µg/m³. San Borja alcanzó los 14.90 µg/m³ y Jesús María, 8.01 µg/m³.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de O₃ en Villa María del Triunfo fueron entre las 13:00 a 14:00 horas. En Jesús María entre las 14:00 y 15:00 horas y en San Borja entre las 04:00 y 05:00 horas.

Los sábados y domingos Villa María presentó concentraciones máximas entre las 13:00 y 14:00 horas, en tanto que San Borja y Jesús María entre las 15:00 y 16:00 horas.

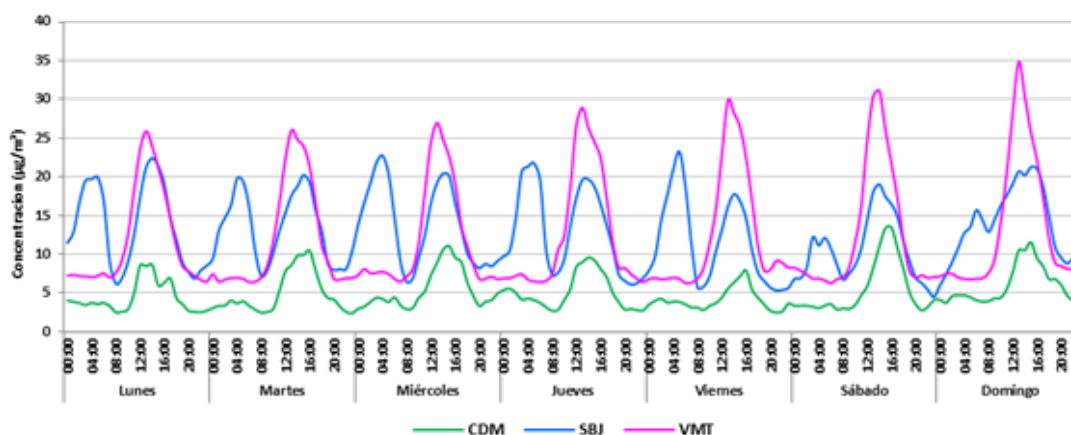


Figura 68. Evolución horaria del O₃ en los días de la semana - zona sur y centro

4.64. Evolución horaria del O₃ en los días de la semana - zona este

En la **Figura 69**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de ozono en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona este de Lima: Ate, Huachipa y San Juan de Lurigancho.

Ate presentó las mayores concentraciones de ozono seguido de Huachipa y San Juan de Lurigancho.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 13.35, 12.20 y 9.10 µg/m³ en Ate, San Juan de Lurigancho y Huachipa, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), Ate presentó 34.28 µg/m³ de concentración máxima registrada, Huachipa de 33.31 µg/m³ y San Juan de Lurigancho de 26.47 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), Ate alcanzó una concentración máxima de 49.07 µg/m³, Huachipa de 44.72 µg/m³ y San Juan de Lurigancho de 37.92 µg/m³.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 20.55, 16.58 y 12.26 µg/m³ en Ate, San Juan de Lurigancho y Huachipa, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de ozono en Ate se dieron entre las 13:00 y 14:00 horas mientras que en Huachipa y San Juan de Lurigancho entre las 14:00 y las 15:00 horas. Los sábados y domingos, las concentraciones máximas horarias en Ate se dieron entre las 14:00 y 15:00 horas.

Los sábados y domingos Villa María presentó concentraciones máximas entre las 13:00 y 14:00 horas, en tanto que San Borja y Jesús María entre las 15:00 y 16:00 horas.

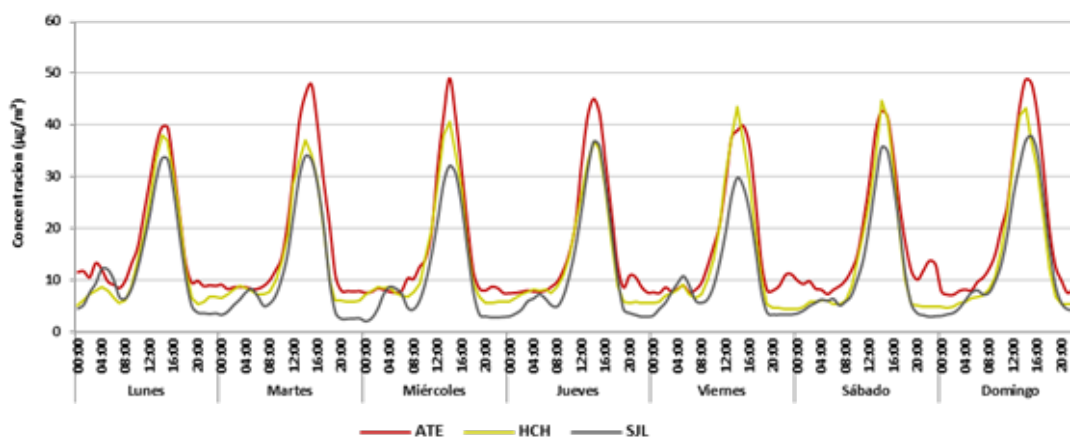


Figura 69. Evolución horaria del O₃ en los días de la semana - zona este

4.65. Evolución diaria del O₃ en los días de la semana

La Figura 70 muestra la evolución diaria de las concentraciones de ozono en los días de la semana.

Se observan tres agrupaciones; en Carabayllo y San Martín se registraron las concentraciones más altas de ozono; el segundo grupo correspondió a Ate, Huachipa, San Borja, Puente Piedra, Villa María del Triunfo y San Juan de Lurigancho; en tanto que Jesús María (Campo de Marte) presentó las concentraciones más bajas de ozono respecto a las otras estaciones.

En la zona norte, San Martín de Porres presenta las concentraciones más altas de ozono, seguido de Carabayllo y Puente Piedra. Las concentraciones más altas se registraron los domingos en San Martín de Porres con 22.8 µg/m³, Carabayllo con 23.0 µg/m³ y Puente Piedra con 13.8 µg/m³.

En la zona sur, en la estación de Villa María del Triunfo, las mayores concentraciones de O₃ se dieron los domingos. En la zona centro, las estaciones de San Borja y Jesús María (Campo de Marte) registraron las mayores concentraciones de ozono los domingos con 14 µg/m³ y 5.9 µg/m³, respectivamente.

Ate registró las mayores concentraciones de O₃ en la zona este con 19 µg/m³, seguido de Huachipa y San Juan de Lurigancho con 14.7 y 13.7 µg/m³, respectivamente, siendo domingo el día con las mayores concentraciones de ozono en la semana.

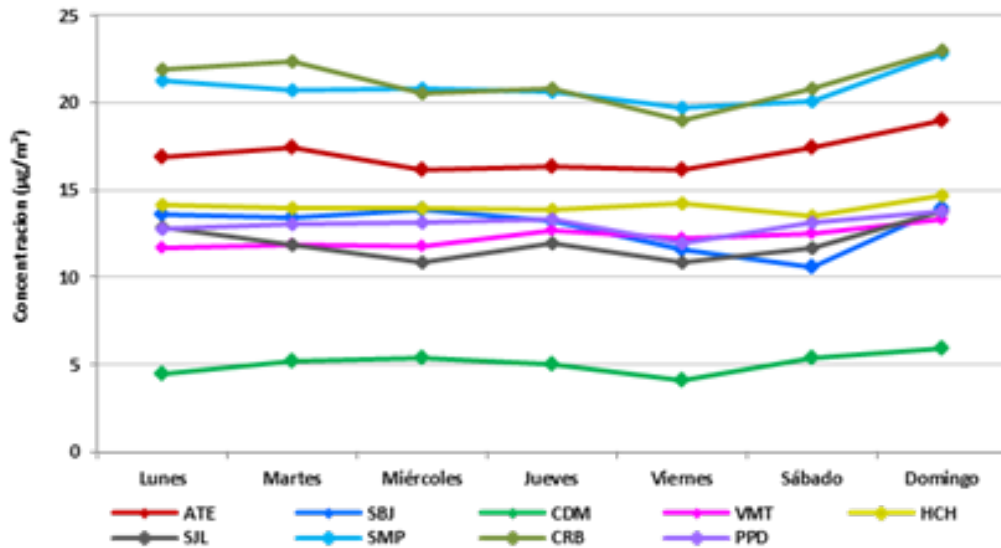


Figura 70. Evolución diaria del O₃ en los días de la semana

4.66. Evolución horaria del O₃ en la estación de Puente Piedra

En la Figura 71, se presenta la evolución horaria del O₃ en la estación de Puente Piedra. Las concentraciones horarias de O₃ no sobrepasaron el ECA. La concentración máxima horaria de O₃ se presentó en abril con 99.20 µg/m³ y la mínima de julio a diciembre con 0.20 µg/m³. Se observa gran dispersión de las concentraciones de ozono, con medianas que van de 4 a 8.8 µg/m³, con distribución asimétrica negativa.

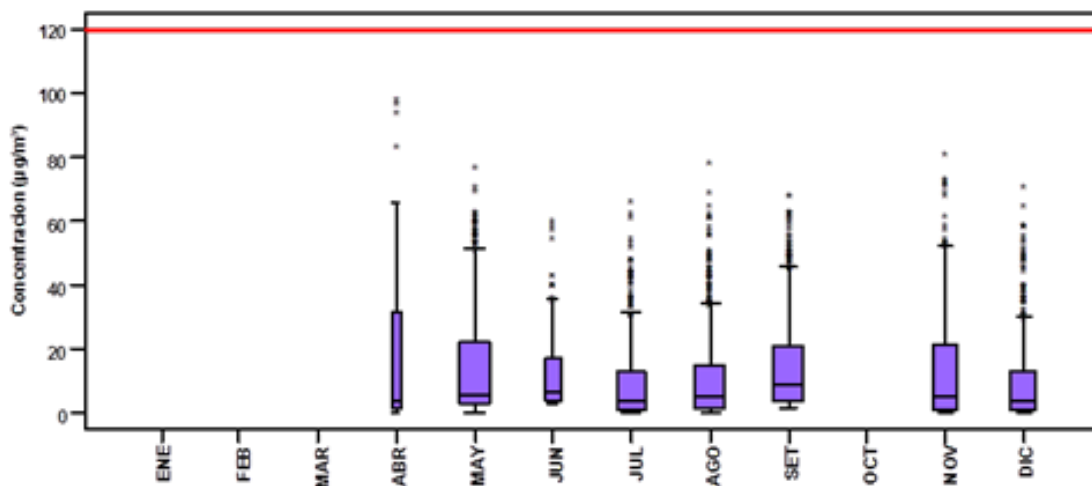


Figura 71. Evolución horaria del O₃ en la estación de Puente Piedra

4.67. Evolución horaria del O₃ en la estación de Carabayllo

En la **Figura 72**, se presenta la evolución horaria del O₃ en la estación de Carabayllo. Las concentraciones horarias de O₃ no sobrepasaron el ECA. La concentración máxima horaria de O₃ se presentó en octubre con 93 µg/m³ y la mínima en febrero con 1.9 µg/m³

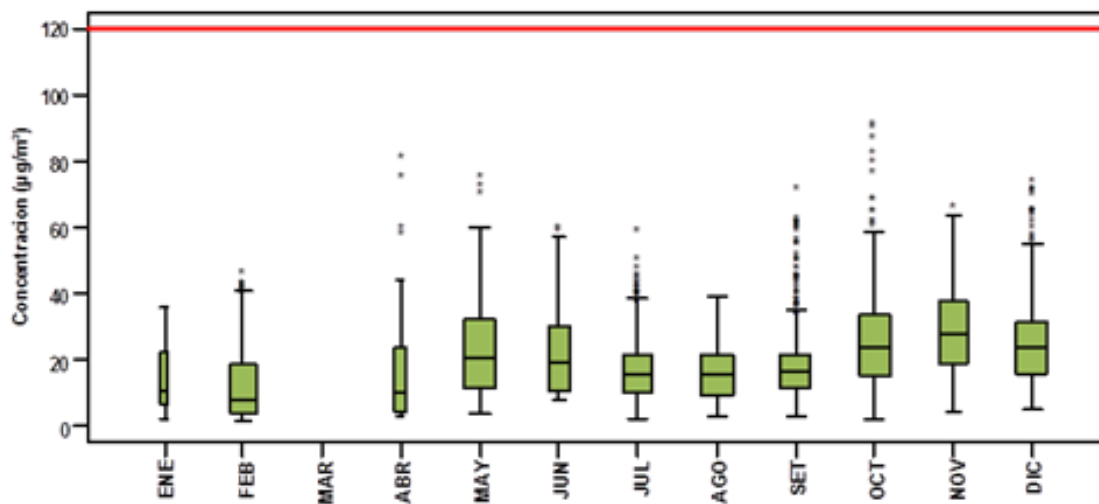


Figura 72. Evolución horaria del O₃ en la estación de Carabayllo

4.68. Evolución horaria del O₃ en la estación de San Martín de Porres

En la **Figura 73**, se presenta la evolución horaria del O₃ en la estación de San Martín de Porres. Las concentraciones horarias de O₃ no sobrepasaron el ECA. La concentración máxima horaria de O₃ se presentó en octubre con 93 µg/m³ y la mínima en febrero con 1.9 µg/m³.

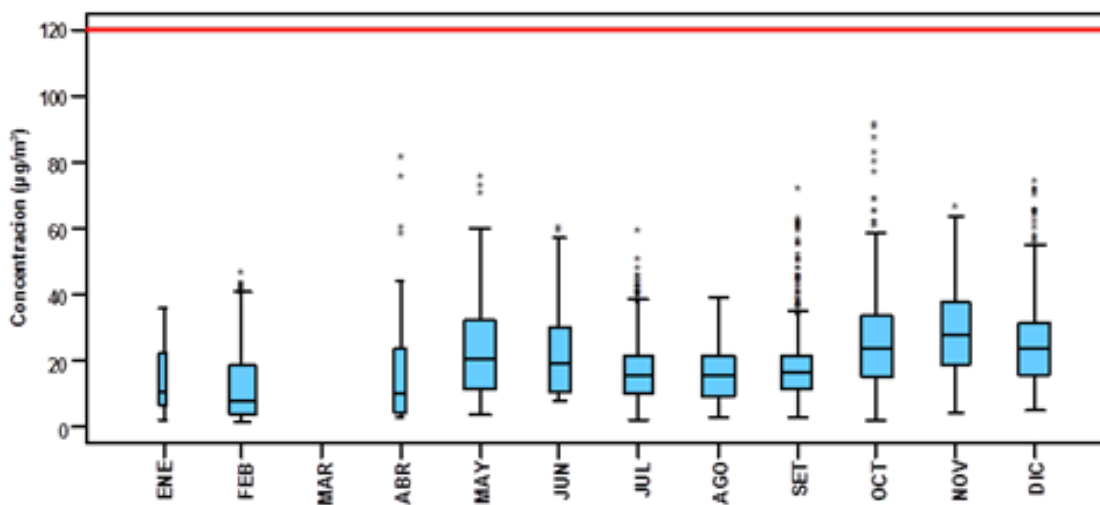


Figura 72. Evolución horaria del O₃ en la estación de Carabayllo

4.69. Evolución horaria del O₃ en la estación de Villa María del Triunfo

En la **Figura 74**, se presenta la evolución horaria del O₃ en la estación de Villa María del Triunfo. Las concentraciones horarias de O₃ no sobrepasaron el ECA. La máxima concentración horaria de O₃ se presentó en marzo con 113.90 µg/m³ y la mínima en abril con 0.60 µg/m³.

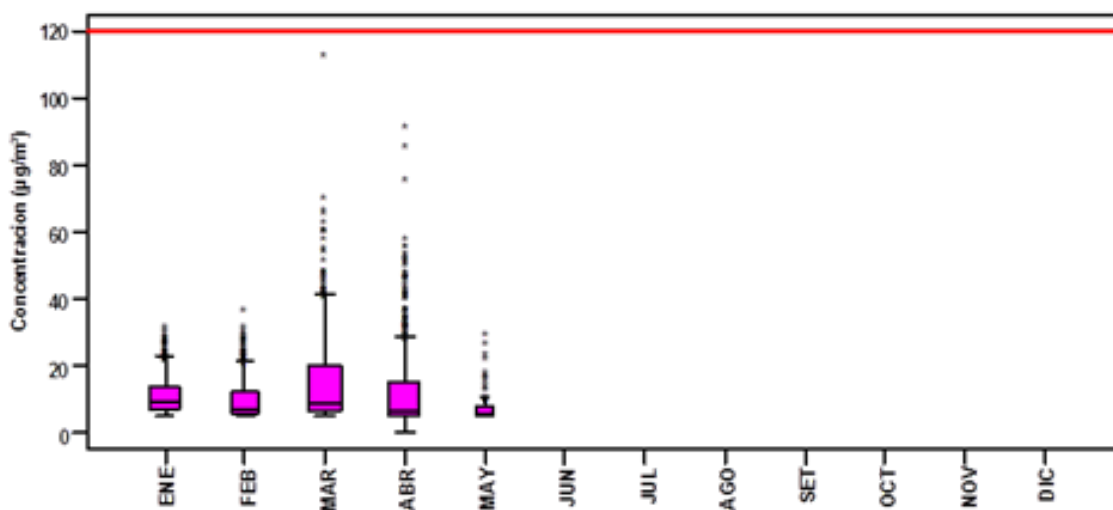


Figura 74. Evolución horaria del O₃ en la estación de Villa María del Triunfo

4.70. Evolución horaria de O₃ en la Estación de San Borja

En la **Figura 75**, se presenta la evolución horaria del O₃ en la estación de San Borja. Las concentraciones horarias de O₃ no sobrepasaron el ECA. La concentración máxima horarias de O₃ se presentó en julio con 47.30 µg/m³ y la mínima en agosto con 0.50 µg/m³.

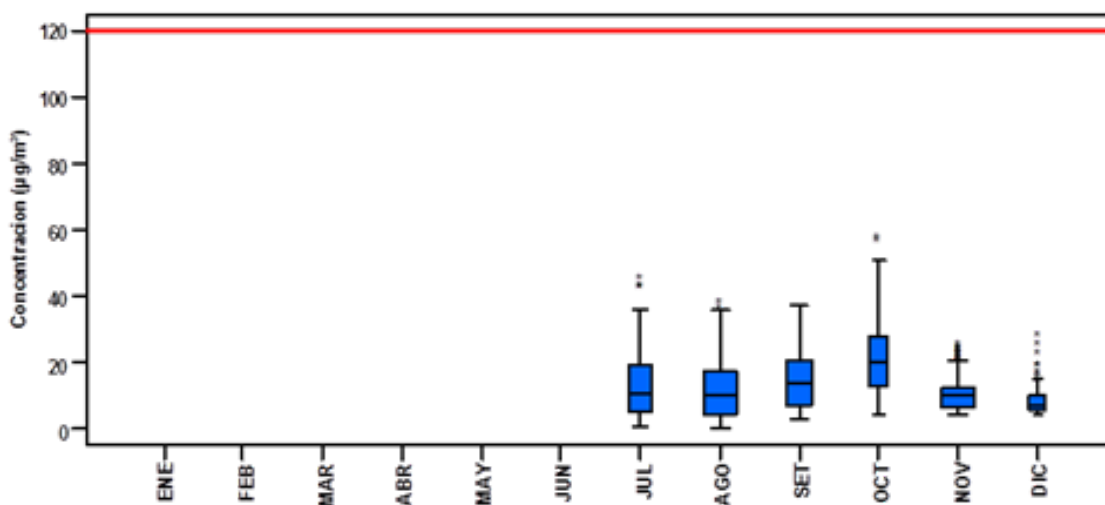


Figura 75. Evolución horaria del O₃ en la estación de San Borja

4.71. Evolución horaria del O₃ en la estación de Jesús María

En la **Figura 76**, se presenta la evolución horaria del O₃ en la estación de Jesús María. Las concentraciones horarias de O₃ no sobrepasaron el ECA. La concentración máxima horaria de O₃ fue de 21.40 µg/m³ y la mínima de 2 µg/m³ en noviembre.

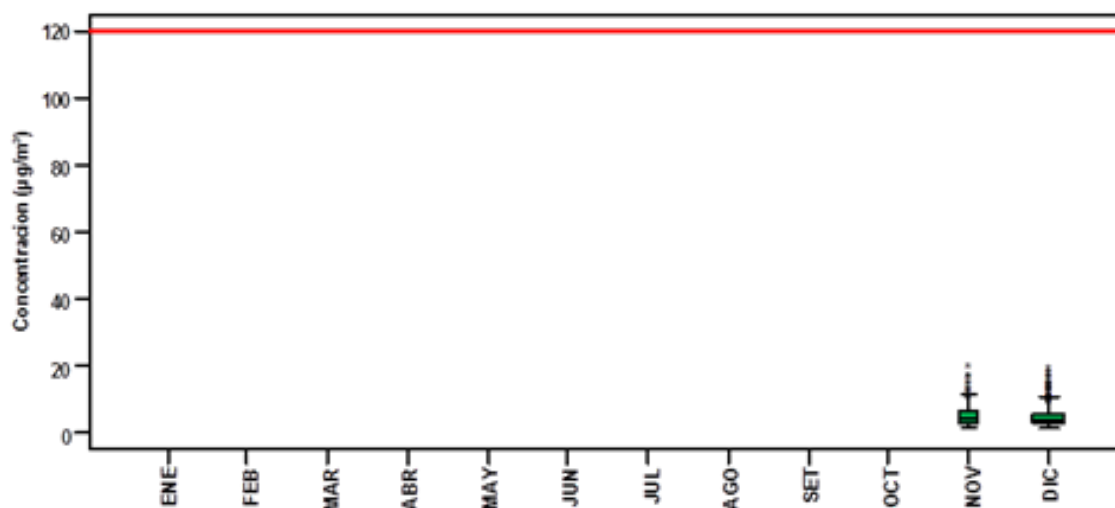


Figura 76. Evolución horaria del O₃ en la estación de Jesús María

4.72. Evolución horaria del NO₂ en los días de la semana - zona norte

En la **Figura 77**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de NO₂ en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona norte de Lima: Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres.

Puente Piedra presentó las mayores concentraciones de dióxido de nitrógeno en la zona norte. En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 34.45, 24.13 y 19.16 µg/m³ en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Puente Piedra fue de 46.55 µg/m³, en San Martín de Porres fue de 27.08 y en Carabayllo de 23.33 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres fueron de 43.69, 24.17 y 21.83 µg/m³, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), se alcanzaron concentraciones máximas de 43.60, 27.38 y 25.46 µg/m³ en Puente Piedra, Carabayllo y San Martín de Porres, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de NO₂ se alcanzaron entre las 19:00 y las 20:00 horas en Carabayllo y San Martín de Porres. En tanto que en Puente Piedra, de 10:00 a 11:00 horas; lo mismo sucedió los sábados y domingos.

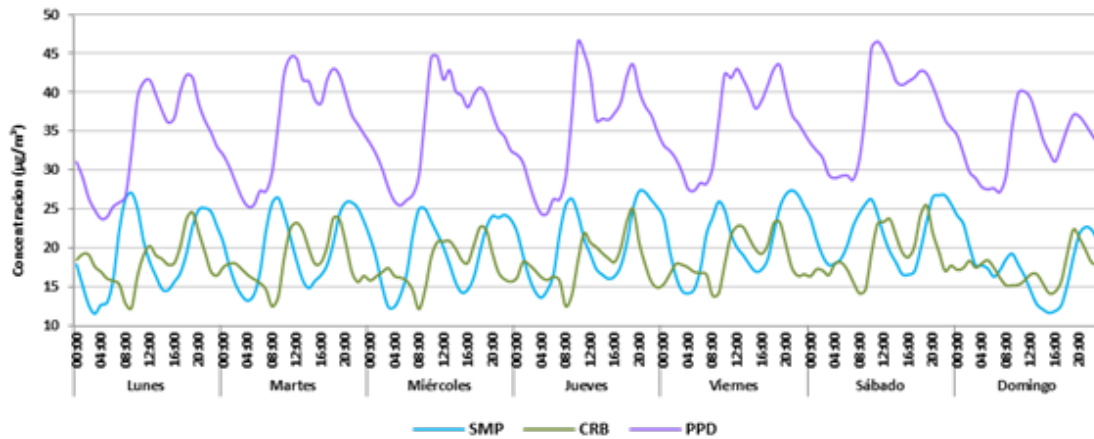


Figura 77. Evolución horaria del NO₂ en los días de la semana - zona norte

4.73. Evolución horaria de NO₂ en los días de la semana - zona sur y centro

En la **Figura 78**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de NO₂ en los días de la semana del año 2015 registrada en la estación de Villa María del Triunfo, en la zona sur de Lima. En este gráfico se consideró también a las estaciones de Jesús María y San Borja (zona centro).

En la zona sur, las madrugadas (00:00 hasta las 05:00 horas) presentaron concentraciones máximas de 7.4 µg/m³. En tanto que en la zona centro alcanzaron 93.8 y 20.29 µg/m³ en Jesús María (Campo de Marte) y San Borja, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), la concentración máxima registrada en Villa María del Triunfo fue de 12.82 µg/m³, en Jesús María de 97.06 µg/m³ y en San Borja de 26.61 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), las concentraciones máximas registradas en Villa María del Triunfo fueron de 18.38 µg/m³, mientras que en Jesús María y San Borja fueron de 98.62 y 26.25 µg/m³, respectivamente.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), Villa María del Triunfo registró una concentración máxima de 11.16 µg/m³. Jesús María alcanzó los 100 µg/m³, en tanto que San Borja alcanzó los 27.45 µg/m³.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de NO₂ se alcanzaron entre las 14:00 y las 15:00 horas en Villa María del Triunfo. En San Borja entre las 20:00 a 21:00 horas y en Jesús María (Campo de Marte) entre las 21:00 y 22:00

horas. Los sábados y domingos se presentaron entre las 13:00 y 14:00 horas en Villa María del Triunfo, en tanto que en San Borja y Jesús María entre las 09:00 y las 11:00 horas.

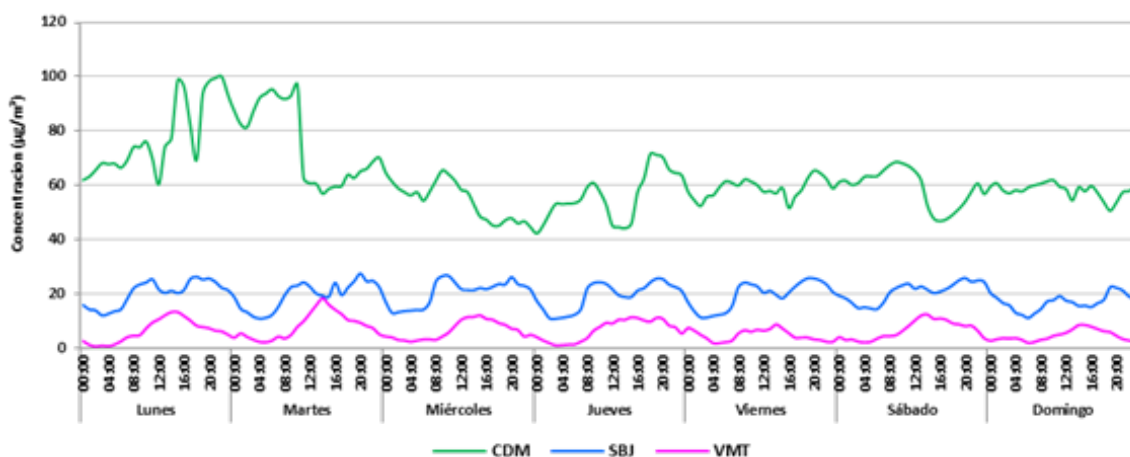


Figura 78. Evolución horaria del NO₂ en los días de la semana - zona sur y centro

4.74. Evolución horaria del NO₂ en los días de la semana - zona este

En la **Figura 79**, se muestra la evolución horaria de las concentraciones de NO₂ en los días de la semana del año 2015 registrada en las estaciones ubicadas en la zona este de Lima: Ate, Huachipa y San Juan de Lurigancho.

En horas de la madrugada (00:00 hasta las 05:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 44.7, 33.25 y 27.57 µg/m³ en Ate, San Juan de Lurigancho y Huachipa, respectivamente.

En horas de la mañana (06:00 hasta las 12:00 horas), Ate presentó 73.42 µg/m³ de concentración máxima registrada, en Huachipa fue de 49.91 µg/m³ y en San Juan de Lurigancho fue de 48.93 µg/m³.

En horas de la tarde (13:00 hasta las 18:00 horas), Ate alcanzó la concentración máxima de 73.18 µg/m³, Huachipa de 48.58 µg/m³ y San Juan Lurigancho de 47 µg/m³.

En horas de la noche (19:00 hasta las 23:00 horas), las concentraciones máximas alcanzaron los 70.95, 41.72 y 40.92 µg/m³ en Ate, Santa Anita, San Juan de Lurigancho y Huachipa, respectivamente.

De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de NO₂ se alcanzaron entre las 11:00 y las 12:00 horas en Huachipa y San Juan de Lurigancho, mientras que en Ate fue de 13:00 a 14:00 horas, del mismo modo ocurrió los fines de semana.

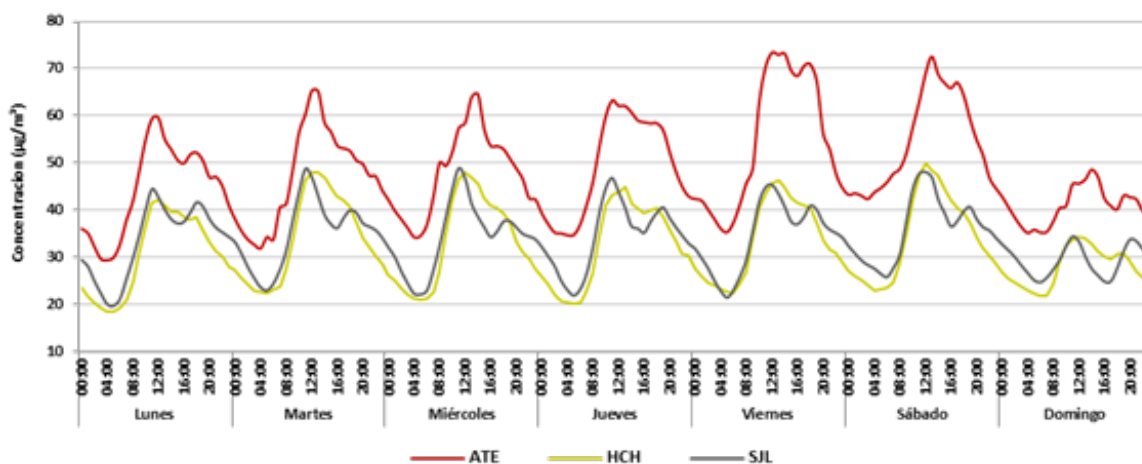


Figura 79. Evolución horaria del NO₂ en los días de la semana - zona este

4.75. Evolución diaria del NO₂ en los días de la semana

En La Figura 80 muestra la evolución diaria de las concentraciones de NO₂ en los días de la semana. Se observa que en Jesús María (Campo de Marte) las concentraciones de NO₂ son más altas que en el resto de estaciones con concentraciones que fluctúan entre 54.5 y 75.7 µg/m³, en tanto que Villa María del Triunfo presentó las concentraciones más bajas entre 4.7 y 8.7 µg/m³ de dióxido de nitrógeno.

Asimismo, se observa comportamientos similares entre ellas a pesar de no hallarse en la misma zona de Lima, como es el caso de Puente Piedra y Huachipa con concentraciones que fluctuaron entre 27.9 y 37.4 µg/m³; San Borja Carabayllo y Jesús María tuvieron concentraciones en el rango de 17 a 75.7 µg/m³.

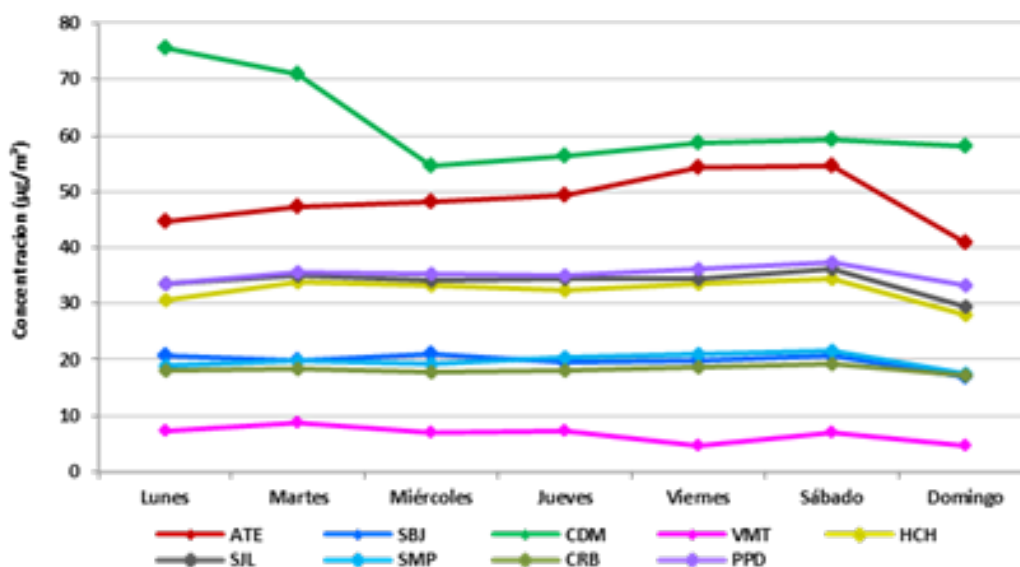


Figura 80. Evolución diaria del NO₂ en los días de la semana

4.76. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Puente Piedra

En la **Figura 81**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de Puente Piedra. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en el mes de marzo con 151 µg/m³ y las mínimas en junio con 0.9 µg/m³.

Se observan distribuciones asimétricas positivas en todo el año con mayor presencia de valores atípicos de febrero a abril y en diciembre. Las medianas no varían significativamente entre sí a lo largo del año y se encuentran entre los 14.55 y 43.30 µg/m³

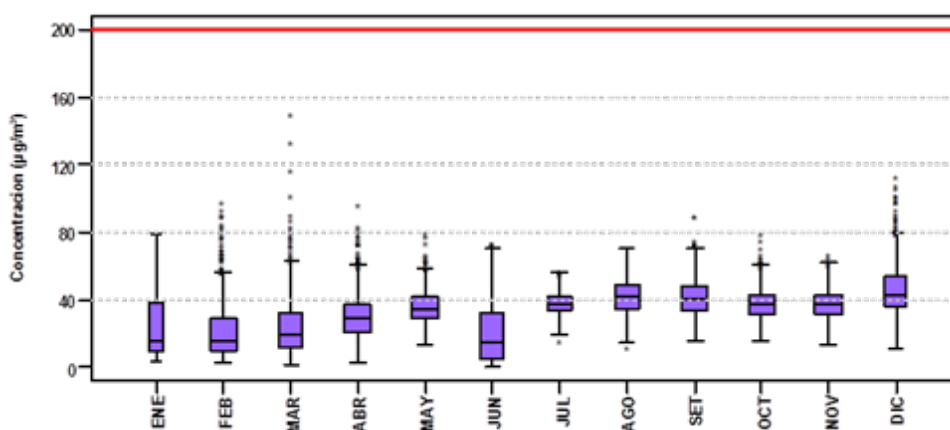


Figura 81. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Puente Piedra

4.77. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Carabayllo

En la **Figura 82**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de Carabayllo. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en diciembre con 70.30 µg/m³ y las mínimas en diciembre; en marzo y junio registraron 0.90 µg/m³.

Las medianas que van de 10.36 a 22.23 µg/m³ presentan valores atípicos en ambos lados de los bigotes en julio y noviembre.

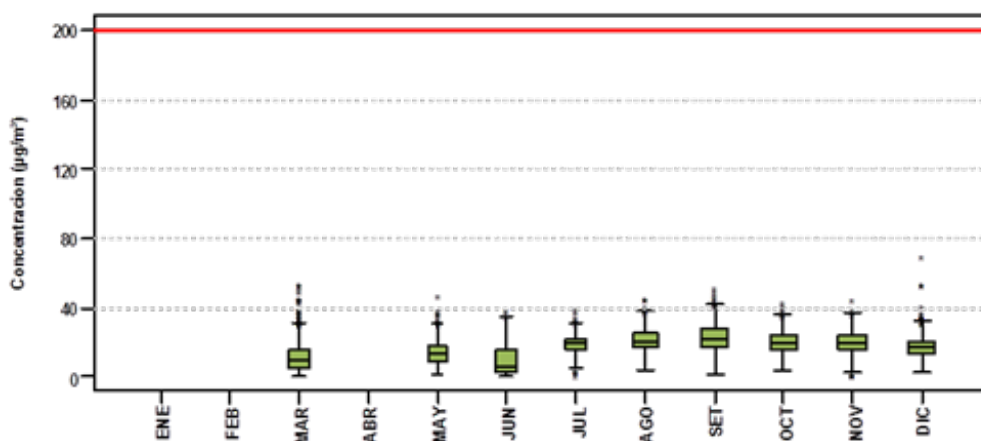


Figura 82. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Carabayllo

4.78. Evolución horaria del NO₂ en la estación de San Martín de Porres

En la **Figura 83**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de San Martín de Porres. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en junio con 70 µg/m³ y las mínimas en diciembre con 2.3 µg/m³.

Se observa que las concentraciones de NO₂ presentan distribuciones asimétricas positivas. Las medianas oscilan entre 13.40 y 25.20 µg/m³.

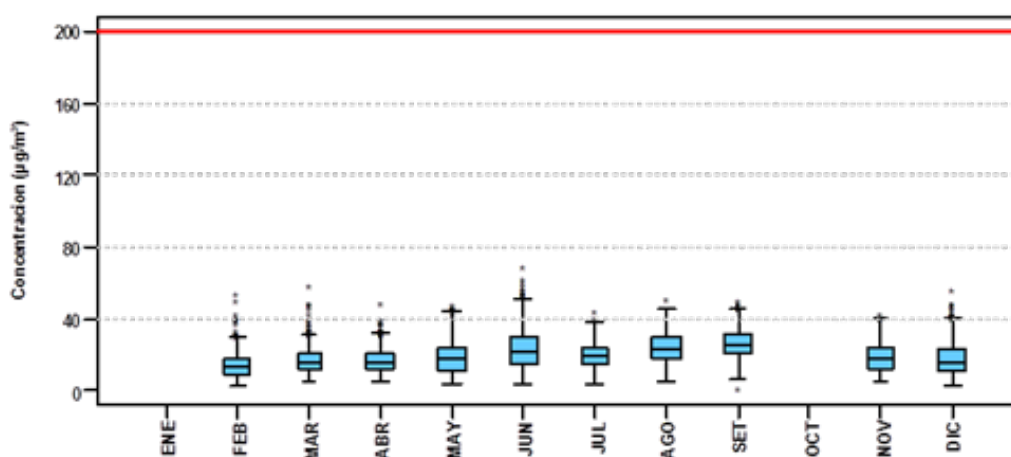


Figura 83. Evolución horaria del NO₂ en la estación de San Martín de Porres

4.79. Evolución horaria del NO₂ en la estación de San Borja

En la **Figura 84**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de San Borja. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en agosto con 97.10 µg/m³ y las mínimas en diciembre con 0.8 µg/m³. Las medianas oscilaron entre 13.20 y 32.35 µg/m³.

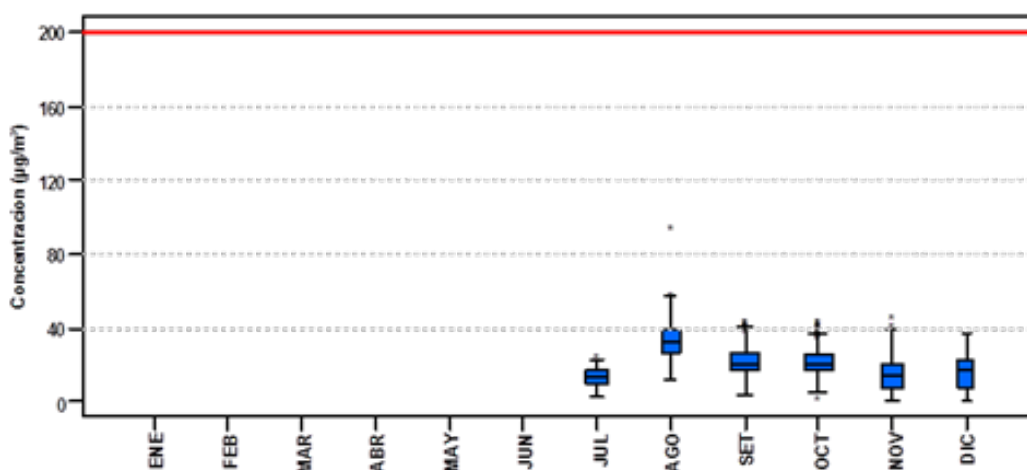


Figura 84. Evolución horaria del NO₂ en la estación de San Borja

4.80. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Jesús María

En la **Figura 85**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de Jesús María. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en diciembre con 144.60 µg/m³ y las mínimas en octubre con 8.8 µg/m³. Las medianas se incrementaron de 17.60 a 73.45 µg/m³.

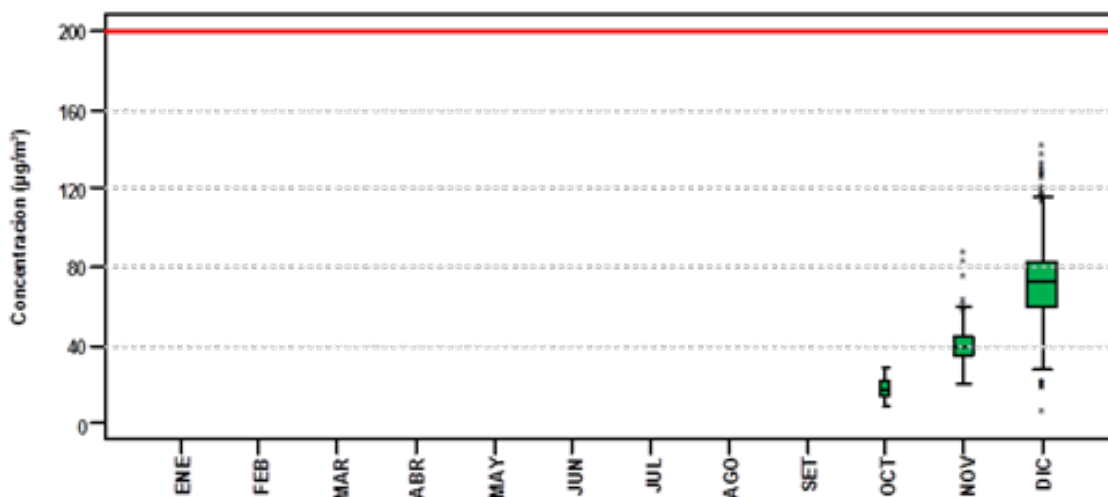


Figura 85. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Jesús María

4.81. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Ate

En la **Figura 86**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de Ate. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en octubre con 190.30 µg/m³ y la mínima en noviembre con 0.30 µg/m³. Las medianas decrecieron de 83.10 a 16.20 µg/m³.

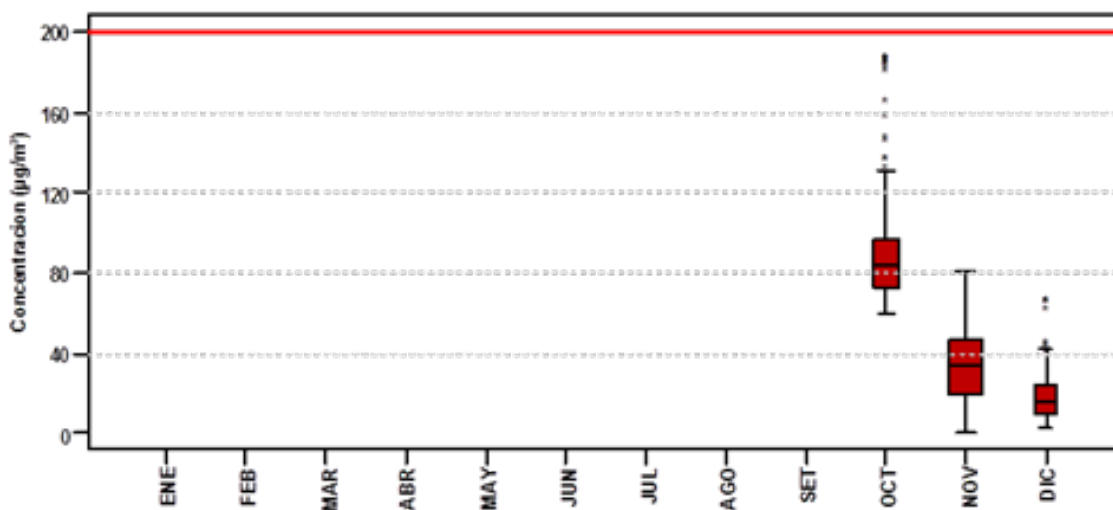


Figura 85. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Jesús María

4.82. Evolución horaria del NO₂ en la estación de San Juan de Lurigancho

En la **Figura 87**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de San Juan de Lurigancho. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en diciembre con 133.60 µg/m³ y la mínima en abril con 3.5 µg/m³. Las medianas oscilan entre 17.24 y 38.35 µg/m³.

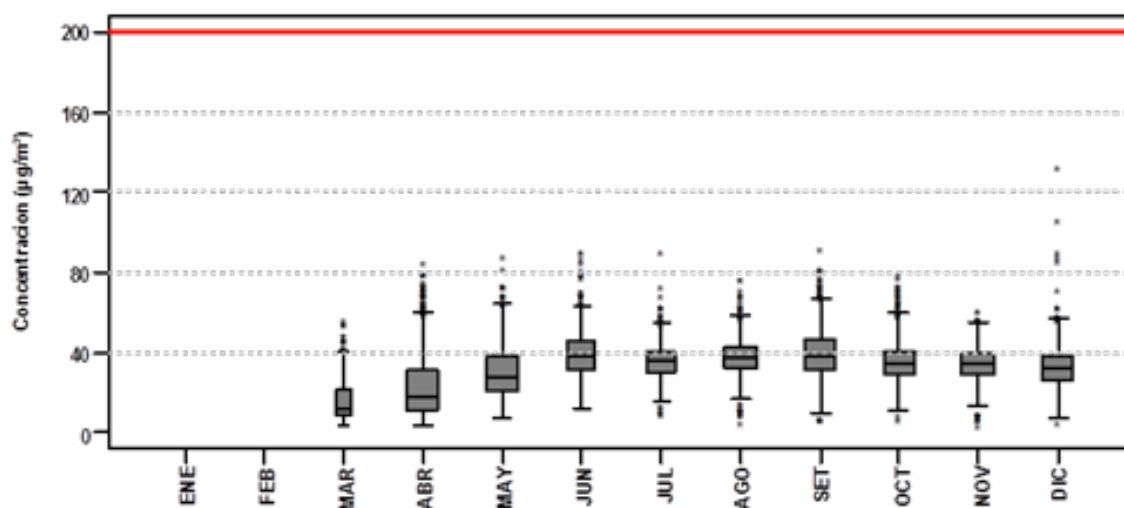


Figura 87. Evolución horaria del NO₂ en la estación de San Juan de Lurigancho

4.83. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Huachipa

En la **Figura 88**, se presenta la evolución horaria del NO₂ en la estación de Huachipa. Las concentraciones horarias de NO₂ no sobrepasaron el ECA. Las concentraciones máximas de NO₂ se presentaron en abril con 113.20 µg/m³ y la mínima en abril con 1 µg/m³. Las medianas oscilaron entre 17.98 y 38 µg/m³.

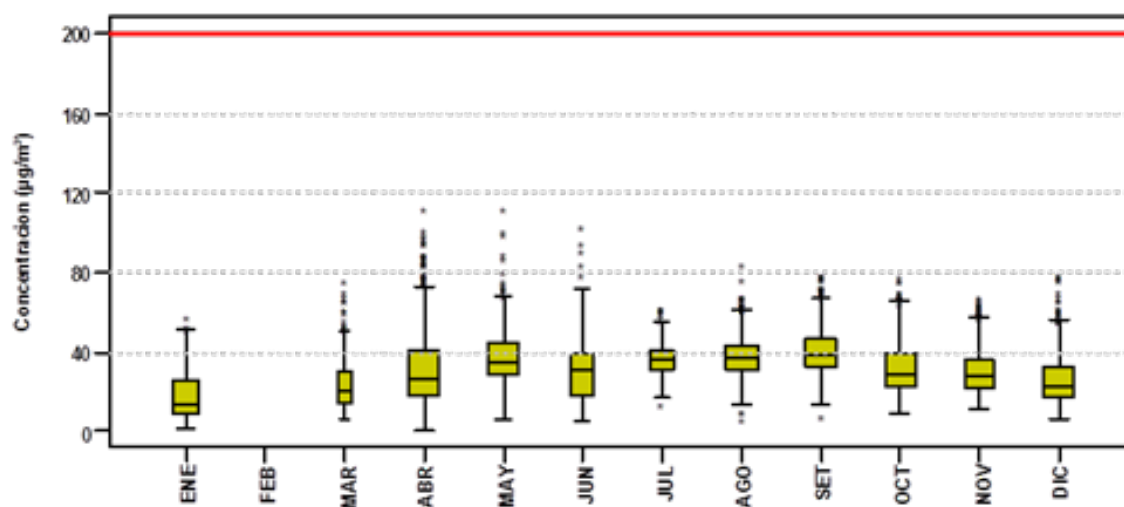


Figura 88. Evolución horaria del NO₂ en la estación de Huachipa

4.84. Evolución mensual del NO₂ por estaciones

La **Figura 89** muestra la evolución mensual de las concentraciones de NO₂ en todas las estaciones.

En la zona este, las concentraciones máximas se presentaron en el mes de setiembre con 39.6 µg/m³ en Huachipa y en junio con 39.4 µg/m³ en San Juan de Lurigancho.

Puente Piedra presentó las mayores concentraciones mensuales de NO₂ de la zona norte, seguido de San Martín de Porres y Carabayllo. En diciembre alcanzaron las concentraciones más altas mensuales de NO₂, de 46.3 µg/m³ en Puente Piedra, en tanto que en setiembre en San Martín de Porres y en Carabayllo alcanzaron 25.9 y 22.4 µg/m³, respectivamente.

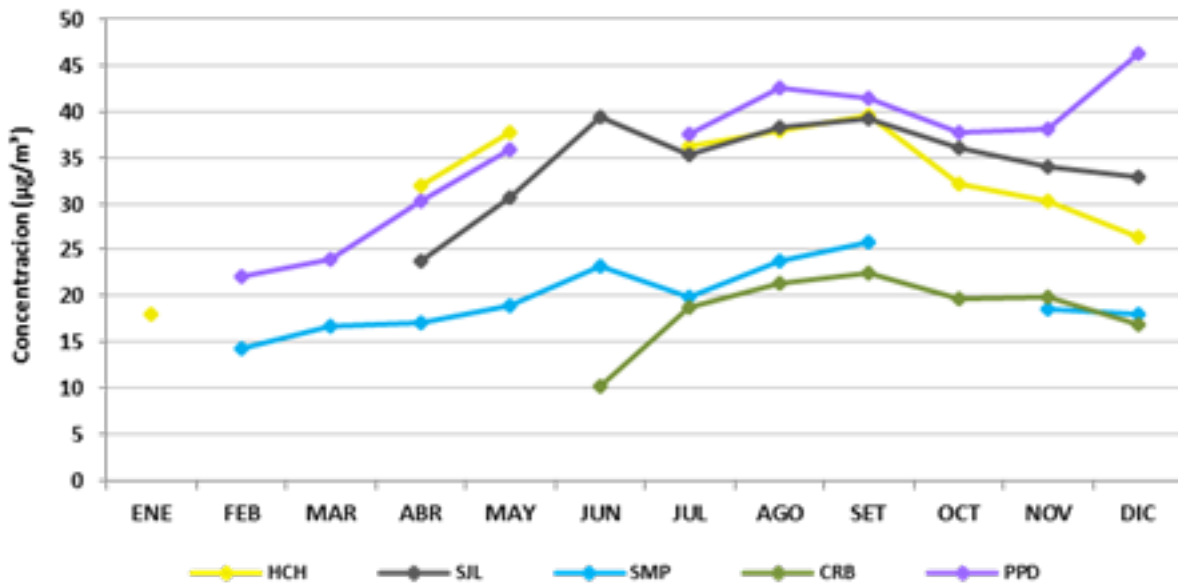


Figura 89. Evolución mensual del NO₂ por estaciones

Estación de Puente Piedra



5.1 Información técnica

5.1.1 Estaciones de la zona Norte

5.1.1.1 Estación de Puente Piedra

Coordenadas geográficas	Latitud: -11.85	Longitud: -77.07
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Calle 9 de Junio N° 100	
Localización de la toma de muestra	Cerca de la piscina municipal	
Altura de la toma de muestra	3 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 200T	Quimioluminiscencia
SO ₂	Teledyne 300T	Fluorescencia UV
O ₃	Teledyne 400T	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de Carabayllo



5.1.1.2 Estación de Carabayllo

Coordenadas geográficas	Latitud: -11.90	Longitud: -77.03
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Av. Micaela Bastidas, cuadra 4 Urb. Santa Isabel	
Localización de la toma de muestra	Cerca de la piscina municipal	
Altura de la toma de muestra	6 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 200T	Quimioluminiscencia
SO ₂	Teledyne 300T	Fluorescencia UV
O ₃	Teledyne 400T	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de San Martín de Porres



5.1.1.3 Estación de San Martín de Porres

Coordenadas geográficas	Latitud: -12.00	Longitud: -77.08
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Calle Stiglich, Urb. Antares, 2ª. Etapa	
Localización de la toma de muestra	Parque Ecológico	
Altura de la toma de muestra	6 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 200T	Quimioluminiscencia
SO ₂	Teledyne 300T	Fluorescencia UV
O ₃	Teledyne 400T	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de San Borja



5.1.1.4 Estación de San Borja

Coordenadas geográficas	Latitud: 12.1086	Longitud: -77.0078
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Calle Malachowski 550	
Localización de la toma de muestra	Polideportivo Limatambo	
Altura de la toma de muestra	3 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo TEOM1405	Microbalanza oscilatoria
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 300E	Fluorescencia UV
SO ₂	Teledyne 200E	Quimioluminiscencia
O ₃	Teledyne 400E	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de Villa María del Triunfo



5.1.2 Estaciones de la zona sur

5.1.2.1 Estación de Villa María del Triunfo

Coordenadas geográficas	Latitud: -12.1664	Longitud: -76.92
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Av. 26 de Noviembre s/n Sector Nueva Esperanza	
Localización de la toma de muestra	Parque Virgen de Lourdes	
Altura de la toma de muestra	3 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo TEOM1405	Microbalanza oscilatoria
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Thermo 43i	Fluorescencia UV
SO ₂	Teledyne 200E	Quimioluminiscencia
O ₃	Thermo 49i	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de Jesús María (Campo de Marte)



5.1.3 Estaciones de la zona centro

5.1.3.1 Estación de Jesús María (Campo de Marte)

Coordenadas geográficas	Latitud: -12.0705	Longitud: -77.0432
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Jr. Nazca s/n	
Localización de la toma de muestra	Parque Campo de Marte	
Altura de la toma de muestra	3 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo TEOM1405	Microbalanza oscilatoria
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 300E	Fluorescencia UV
SO ₂	Teledyne 200E	Quimioluminiscencia
O ₃	Teledyne 400E	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de Ate



5.1.4 Estaciones de la zona este 5.1.4.1 Estación de Ate

Coordenadas geográficas	Latitud: -12.0261	Longitud: -76.9186
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Carretera Central, km. 7.5	
Localización de la toma de muestra	Plaza de Armas de Ate	
Altura de la toma de muestra	3 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo TEOM1405	Microbalanza oscilatoria
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 300E	Fluorescencia UV
SO ₂	Teledyne 200E	Quimioluminiscencia
O ₃	Teledyne 400E	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de Santa Anita



5.1.4.2 Estación de Santa Anita

Coordenadas geográficas	Latitud: -12.0433	Longitud: -769714
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Av. Los Eucaliptos, cuadra 12	
Localización de la toma de muestra	Azotea del Palacio Municipal	
Altura de la toma de muestra	13 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo TEOM1405	Microbalanza oscilatoria
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 300E	Fluorescencia UV
SO ₂	Teledyne 200E	Quimioluminiscencia
O ₃	Teledyne 400E	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de Huachipa



5.1.4.3 Estación de Huachipa

Coordenadas geográficas	Latitud: -12.02	Longitud: -76.93
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Calle los Canarios s/n Huachipa	
Localización de la toma de muestra	Azotea del Palacio Municipal	
Altura de la toma de muestra	13 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo Beta 5014i	Microbalanza oscilatoria
PM _{2,5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 200T	Fluorescencia UV
SO ₂	Teledyne 300T	Quimioluminiscencia
O ₃	Teledyne 400T	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

Estación de San Juan de Luringancho



5.1.4.4 Estación de San Juan de Lurigancho

Coordenadas geográficas	Latitud: -11.97	Longitud: -76.98
Tipo de zona	Urbana	
Dirección	Av. Del Parque, cuadra 6	
Localización de la toma de muestra	Azotea de las Oficinas administrativas de la Universidad César Vallejo	
Altura de la toma de muestra	6 m	

Parámetros	Marca de equipo	Principio de funcionamiento
PM ₁₀	Thermo Beta 5014i	Microbalanza oscilatoria
PM _{2.5}	Thermo Beta 5014i	Atenuación de rayos beta
NO ₂	Teledyne 200T	Fluorescencia UV
SO ₂	Teledyne 300T	Quimioluminiscencia
O ₃	Teledyne 400T	Fotometría UV
CO	Teledyne 300T	Infrarrojo no dispersivo con filtro de correlación de gas

6. CONCLUSIONES

1. En Lima Metropolitana, la temperatura del aire estuvo dentro de los valores característicos de la zona costera central. La mayor temperatura de 24.6 °C se registró en el mes de febrero con humedad relativa de 70 %, la más baja del año. La temperatura más baja se presentó en el mes de agosto con 15.8 °C y la mayor humedad relativa que alcanzó el 94 %.
2. Las precipitaciones son escasas en Lima Metropolitana, generalmente se presentan en forma de lloviznas y raras veces en garúas, siendo el máximo aporte en setiembre con 3.2 mm/mes.
3. En Lima presentó vientos de calma hasta brisas moderadas, es decir, de 0.6 m/s hasta los 5.5 m/s.
4. En Lima metropolitana, la capa de inversión térmica más baja ocurrió en el mes de abril del 2015 con 374 metros y la altura máxima, en el mes de junio del 2015 con 996 metros. Cuando la capa límite planetaria es más baja no permite la dispersión de los contaminantes, lo cual coincide con las altas concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} registradas.
5. En la zona norte de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de PM₁₀ se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en San Martín de Porres y Carabayllo, mientras que en Puente Piedra a las 19:00 horas. Los sábados se presentaron entre las 11:00 y 12:00 horas en San Martín de Porres y Carabayllo, mientras que en Puente Piedra a las 19:00 horas. Y los domingos a las 00:00 horas en Carabayllo, a las 11:00 horas en San Martín de Porres y 17:00 horas en Puente Piedra. De lunes a sábado las concentraciones mínimas horarias de PM₁₀ se presentaron entre las 04:00 y las 05:00 horas, mientras que los domingos de 05:00 a 06:00 horas en las tres estaciones.
6. En la zona sur de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de PM₁₀ se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en Villa María del Triunfo. Los sábados se presentaron a las 22:00 horas y los domingos a las 19:00 horas, en tanto que las concentraciones mínimas horarias de PM₁₀ se presentaron a las 05:00 horas.

7. En la zona centro de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de PM₁₀ se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en San Borja y Jesús María (Campo de Marte), salvo los jueves cuando las concentraciones máximas se presentaron en San Borja a las 21:00 horas. Los sábados se presentaron entre las 10:00 y 11:00 horas y los domingos a las 00:00 horas en San Borja y a las 22:00 horas en Jesús María. De lunes a sábado las concentraciones mínimas horarias de PM₁₀ se presentaron entre las 04:00 y las 05:00 horas mientras que los domingos a las 06:00 horas en San Borja y las 15:00 en Jesús María.
8. En la zona este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones mínimas horarias de PM₁₀ se presentaron entre las 03:00 y las 04:00 horas en Ate, Santa Anita y Huachipa, mientras que en San Juan de Lurigancho a las 06:00 horas. Los sábados y domingos Ate presentó concentraciones mínimas de PM₁₀ a las 17:00 horas mientras que San de Lurigancho a las 06:00 y los sábados y domingos a las 18:00 horas.
9. Villa María del Triunfo Puente reportó 65 días que superaron el ECA de PM₁₀ durante el 2015; Puente Piedra lo superó 45 días y Ate 12 días, lo que incumple el Decreto Supremo N° 074-2001-PCM “Estándar Nacional de Calidad Ambiental para el Aire”, que establece que la concentración promedio diaria del PM₁₀ no debe superar el ECA más de tres veces al año. Puente Piedra y Villa María del Triunfo aumentaron sus días de superación al ECA respecto al año anterior en 125 y 186 %, respectivamente, mientras que Ate y Huachipa disminuyeron en 70 y 63 %, correspondientemente. Es necesario señalar que se presentaron reducciones al 100 % de días de superación al ECA respecto al año anterior en las estaciones de Carabayllo, San Juan de Lurigancho y Santa Anita.11.
10. Se identificó que el 26 de febrero las concentraciones de PM₁₀ fueron muy elevadas en varias zonas de Lima, como Ate, que alcanzó los 174.6 µg/m³. En la zona norte no se superó el ECA, como en el caso de Carabayllo con 136.2 µg/m³ y San Martín de Porres con 88.6 µg/m³. Tampoco se superó en la zona centro como Jesús María que alcanzó los 80 µg/m³ ni en la zona este como Santa Anita con 132.4 µg/m³. El 14

de mayo, las concentraciones de Carabayllo alcanzaron los 144 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y en Huachipa los 181.4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

11. En la zona norte de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de $\text{PM}_{2.5}$ se alcanzaron entre las 10:00 y las 11:00 horas en Puente Piedra y Carabayllo, mientras que en San Martín a las 09:00 horas; lo mismo sucedió los sábados y domingos. Las concentraciones mínimas horarias de $\text{PM}_{2.5}$ se presentaron los domingos entre las 16:00 y 17:00 horas en las tres estaciones.
12. En la zona este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de $\text{PM}_{2.5}$ se alcanzaron entre las 09:00 y las 10:00 horas en las estaciones de Ate, Huachipa, San Juan de Lurigancho y Santa Anita, del mismo modo los fines de semana, mientras que las concentraciones mínimas horarias de $\text{PM}_{2.5}$ se presentaron entre las 23:00 horas en Ate, Huachipa y San Juan de Lurigancho, en tanto que a las 00:00 horas en Santa Anita. de superación, respectivamente.
13. Los estados de la calidad del aire con relación al material particulado menor de 2.5 micrómetros ($\text{PM}_{2.5}$) en la zona norte de Lima Metropolitana registraron los siguientes resultados: Puente Piedra presentó 60 % de días malos y 40 % de días moderados, Carabayllo contó con 65 % de días moderados, 26 % de días malos y 9 % de días buenos, y San Martín de Porres, 73 % de días moderados, 22 % de días buenos y 4 % de días malos.
14. Santa Anita, Villa María del Triunfo, San Borja, Ate, San Juan de Lurigancho y Puente Piedra aumentaron sus días de superación del ECA de $\text{PM}_{2.5}$ respecto al año anterior en 3420, 570, 244, 161, 15 y 4.4 %, respectivamente, mientras que Huachipa, Carabayllo y San Martín de Porres disminuyeron en 45, 39 y 38 %, correspondientemente. Si bien las normas de $\text{PM}_{2.5}$ no señalan el número de días tope, como en el caso del PM_{10} , se considera que las cifras demuestran una situación preocupante de la calidad del aire en Lima.
15. En la zona norte de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de monóxido de carbono (CO) se

alcanzaron en Puente Piedra y se presentaron entre las 19:00 y 20:00 horas, mientras que en Carabaylo entre las 23:00 y 00:00 horas y en San Martín entre las 07:00 a 08:00 horas. Los sábados y domingos se presentaron entre las 19:00 y 20:00 horas en Puente Piedra, mientras que en Carabaylo y San Martín de Porres entre las 22:00 y 00:00 horas.

16. En la zona centro y sur de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de CO en Villa María del Triunfo, San Borja y Jesús María se registraron entre las 08:00 y 09:00 horas, mientras que los sábados y domingos en Villa María del Triunfo se presentaron máximas entre las 21:00 y 22:00 horas, en tanto que en San Borja y Jesús María entre las 09:00 y 10:00 horas y de 20:00 y 21:00 horas, respectivamente.
17. En la zona este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de CO en Ate y Santa Anita se alcanzaron entre las 08:00 y 09:00 horas, en Huachipa entre las 09:00 y las 10:00 horas, mientras que en San Juan de Lurigancho se dieron entre las 21:00 y 22:00 horas. Los sábados y domingos, Ate y Santa Anita alcanzaron las concentraciones máximas de CO entre las 08:00 y 09:00, en tanto que en San Juan de Lurigancho se dio entre las 09:00 y las 10:00 horas, y en Huachipa entre las 10:00 y 11:00 horas.
18. De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de dióxido de azufre (SO₂) se alcanzaron en Puente Piedra entre las 16:00 y 17:00 horas, mientras que en Carabaylo entre las 13:00 a 14:00 horas. Los sábados y domingos se presentaron entre las 13:00 y 14:00 horas en Carabaylo, y entre las 17:00 a 18:00 horas en Puente Piedra.
19. En la zona este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de SO₂ en Santa Anita se dieron entre las 06:00 a 07:00 horas, mientras que en Huachipa se alcanzaron entre las 08:00 y 09:00 horas. Los sábados y domingos, Huachipa alcanzó las concentraciones máximas de SO₂ entre las 09:00 y 10:00 horas, en tanto que en San Anita se dieron entre las 19:00 y las 20:00 horas.

20. En la zona norte de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de ozono se alcanzaron entre las 14:00 y 15:00 horas, lo que sucedió también los sábados y domingos en las estaciones de calidad del aire de San Martín de Porres, Carabayllo y Puente Piedra.
21. En la zona centro y sur de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de ozono (O₃) en Villa María del Triunfo (sur de Lima) ocurrieron entre las 13:00 y 14:00 horas. En Jesús María (centro de Lima), entre las 14:00 y 15:00 horas y en San Borja (centro de Lima), entre las 04:00 y 05:00 horas. Los sábados y domingos Villa María presentó concentraciones máximas entre las 13:00 y 14:00 horas, en tanto que en San Borja y Jesús María se presentaron de 15:00 a 16:00 horas.
22. En la zona este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de ozono en Ate se dieron entre las 13:00 y 14:00 horas, mientras que en Huachipa y San Juan de Lurigancho entre las 14:00 y las 15:00 horas. Los sábados y domingos en Ate, entre las 14:00 y 15:00 horas.
23. En la zona norte de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de dióxido de nitrógeno (NO₂) se alcanzaron entre las 19:00 y las 20:00 horas en Carabayllo y San Martín de Porres. En tanto que en Puente Piedra, de 10:00 a 11:00 horas; lo mismo sucedió los sábados y domingos.
24. De lunes a viernes, las concentraciones máximas horarias de NO₂ se alcanzaron entre las 14:00 y las 15:00 horas en Villa María del Triunfo. En San Borja, entre las 20:00 y 21:00 horas y en Jesús María (Campo de Marte), entre las 21:00 y 22:00 horas. Los sábados y domingos se presentaron entre las 13:00 y 14:00 horas en Villa María del Triunfo, en tanto que en San Borja y Jesús María, entre las 09:00 y las 11:00 horas.
25. En la zona este de Lima Metropolitana, de lunes a viernes las concentraciones máximas horarias de NO₂ se alcanzaron entre las 11:00 y las 12:00 horas en Huachipa y San Juan de Lurigancho, mientras que en Ate fue de 13:00 a 14:00 horas; del mismo modo ocurrió en los fines de semana.

7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Jacobson, Mark Z. (2002). Atmospheric pollution: history, science, and regulation. New York: Cambridge University Press.
- Souza J. P. (2015). Contaminación del aire y salud reproductiva. En XXIV Reunión Bianual de la Asociación Latinoamericana de Investigación en Reproducción Humana. 19-21 de noviembre 2015. Lima: 2015.
- Wark, K., Warner, C. F. (2007). Contaminación del aire. Origen y control. México, D.F.: Limusa Noriega Editores.



**Servicio Nacional de Meteorología e
Hidrología del Perú - SENAMHI**
Jr. Cahuide 785, Jesús María
Lima 11 - Perú

Central telefónica: [51 1] 614-1414 anexo 444

Teléfono directo: [51 1] 614-1411

Telefax: [51 1] 471-7287

Consultas y sugerencias:

sea@senamhi.gob.pe, osanchez@senamhi.gob.pe

