



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**Influencia del confinamiento social por COVID-19 en la calidad del
aire del distrito de San Juan de Lurigancho**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Medina Leon, Camila Andrea (ORCID: 0000-0002-8462-1212)

Meza Felix, Mercy Fiorella (ORCID: 0000-0002-0460-195X)

ASESOR:

Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0002-8683-5054)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Calidad y Gestión de los Recursos Naturales

Lima - Perú

2021

Dedicatoria

Dedico el presente trabajo a todos aquellos que confiaron en mi para el cumplimiento de esta meta; primero, a mis padres Gloria y Mariano por ser el motor que impulsa mi desarrollo; segundo, a mi hermana Margaret por el apoyo económico en mi proceso y el impulso a perseverar siempre; tercero, a mi hermano Julio por los consejos para mi mejor desempeño; cuarto, a mis tres hermanas menores por el apoyo emocional brindado. Finalmente agradezco a mis amigas y amigos por la motivación y ayuda brindada.

Camila Medina

Este trabajo va dedicado a mis queridos padres Lily y Sergio por su apoyo incondicional, siendo para mí, mis guías y fuerza en mi formación personal y profesional. A mis hermanos Zingri y Ximena, siendo un ejemplo para ellos; a toda mi familia y amigos por estar alentándome a alcanzar mis objetivos y metas, dando la mejor versión de mí, gracias por su confianza, motivación y por creer en mí, los amo a todos.

Mercy Meza

Agradecimientos

Agradecemos a nuestra familia por el respaldo, consejos y el ímpetu para seguir adelante a pesar de las adversidades a lo largo de nuestro desarrollo profesional y personal. Asimismo, a la escuela de ingeniería Ambiental y los maestros que nos brindaron el discernimiento necesario para cultivar saberes y llevarlos a la praxis, formando experiencias en nuestro desenvolvimiento profesional. Finalmente, expresar nuestros agradecimientos al Dr. Carlos Castañeda y Luis Gamarra por sus enseñanzas para la elaboración de la parte estructural e investigativa del desarrollo de nuestra tesis.

Camila Medina y Mercy Meza

Índice de contenido

Índice de tablas	vi
Índice de figuras.....	vii
Resumen	ix
Abstract.....	x
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización.....	9
3.3. Población, muestra y muestreo.....	10
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	10
3.4.1. Validez	11
3.4.2. Confiabilidad	11
3.5. Procedimientos	13
3.6. Método de análisis de datos	15
3.7. Aspectos éticos.....	15
IV. RESULTADOS	17
4.1. Evaluación de los contaminantes atmosféricos durante el confinamiento social por COVID-19	17
4.1.2. Material particulado de 2.5 µg/m ³ (PM _{2.5})	17
4.1.2. Dióxido de azufre (SO ₂).....	20
4.1.3. Ozono troposférico (O ₃).....	22
4.2. Evaluación de la calidad del aire antes del confinamiento social por COVID-19	24
4.2.1. Dióxido de azufre (SO ₂).....	24

4.2.2. Monóxido de carbono (CO)	26
4.2.3. Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	28
4.2.4. Material particulado de 10 µg/m ³ (PM ₁₀)	29
4.2.5. Ozono troposférico (O ₃).....	32
4.2.6. Material particulado de 2.5 µg/m ³ (PM _{2.5})	33
4.3. Evaluación de la calidad del aire después del confinamiento social por COVID-19	35
4.3.1. Material particulado de 2.5 µg/m ³ (PM _{2.5})	35
4.3.2. Ozono troposférico (O ₃).....	36
4.3.3. Monóxido de carbono (CO)	37
V. DISCUSIÓN	39
VI. CONCLUSIONES.....	45
VII. RECOMENDACIONES.....	46
REFERENCIAS	47
ANEXOS	55

Índice de tablas

Tabla 1. Porcentaje de validez por medio de juicio de expertos	11
Tabla 2. Prueba de normalidad: Kolmogorov-Smirnov	12
Tabla 3. Prueba de hipótesis.....	13

Índice de figuras

Figura 1. Flujograma del procedimiento de la investigación	14
Figura 2. Variación diaria de concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) - Marzo	17
Figura 3. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) - Abril	18
Figura 4. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) - Mayo	18
Figura 5. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) – Junio	19
Figura 6. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) – Julio	19
Figura 7. Variación diaria de la concentración de SO ₂ (µg/m ³) – Marzo	20
Figura 8. Variación diaria de la concentración de SO ₂ (µg/m ³) – Abril	21
Figura 9. Variación diaria de la concentración de SO ₂ (µg/m ³) – Mayo	21
Figura 10. Variación diaria de la concentración de O ₃ (µg/m ³) – Mayo	22
Figura 11. Variación diaria de la concentración de O ₃ (µg/m ³) – Junio	23
Figura 12. Variación diaria de la concentración de O ₃ (µg/m ³) – Setiembre	23
Figura 13. Variación diaria de la concentración de SO ₂ (µg/m ³) – Enero	24
Figura 14. Variación diaria de la concentración de SO ₂ (µg/m ³) – Mayo	25
Figura 15. Variación diaria de la concentración de SO ₂ (µg/m ³) – Setiembre	25
Figura 16. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m ³) – Abril	26
Figura 17. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m ³) – Setiembre	27
Figura 18. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m ³) – febrero	27
Figura 19. Variación diaria de la concentración de NO ₂ (µg/m ³) – Enero	28
Figura 20. Variación diaria de la concentración de NO ₂ (µg/m ³) – Junio	29
Figura 21. Variación diaria de la concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) – Febrero	29
Figura 22. Variación diaria de la concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) – Setiembre	30
Figura 23. Variación diaria de la concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) – Diciembre	31
Figura 24. Variación diaria de la concentración de PM ₁₀ (µg/m ³) – Febrero	31
Figura 25. Variación diaria de la concentración de O ₃ (µg/m ³) – Abril	32
Figura 26. Variación diaria de la concentración de O ₃ (µg/m ³) – Mayo	33
Figura 27. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) – Junio	33
Figura 28. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) – Julio	34
Figura 29. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) – Junio	35
Figura 30. Variación diaria de la concentración de PM _{2.5} (µg/m ³) – Julio	36
Figura 31. Variación diaria de la concentración de O ₃ (µg/m ³) – Junio	36
Figura 32. Variación diaria de la concentración de O ₃ (µg/m ³) – Setiembre	37

Figura 33. Variación diaria de la concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Setiembre	38
Figura 34. Variación diaria de la concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Noviembre	38

Resumen

Durante la pandemia hubo inmovilización ciudadana y diferentes actividades antrópicas se paralizaron, disminuyendo la contaminación por emisión de vapores y gases, y consecuentemente mejorando la calidad del aire. Por ello, esta investigación evaluó la influencia del confinamiento social por COVID-19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho (SJL) en Lima, Perú. Los datos de los contaminantes ($PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , CO , SO_2 y O_3) fueron obtenidos a partir del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). Los resultados mostraron que en el año 2019, antes del confinamiento social, los contaminantes $PM_{2.5}$, PM_{10} , NO_2 , CO , SO_2 y O_3 tuvieron valores promedios de 75,79, 119,12, 28,71, 2588,52, 22,97 y 22,94 $\mu g/m^3$, respectivamente. En el año 2020, durante el confinamiento social (meses marzo, abril y mayo), los contaminantes $PM_{2.5}$ y SO_2 tuvieron una reducción significativa, con valores promedio de 14,09 y 8,65 $\mu g/m^3$, respectivamente. Mientras, el gas O_3 aumentó hasta 31,78 $\mu g/m^3$. Después de la cuarentena, en los meses de junio hasta diciembre de 2020, se vio un aumento progresivo en la concentración de los contaminantes conforme se restablecieron las actividades industriales y de transporte vehicular. Finalmente, se concluye que el confinamiento social por COVID-19 mejora la calidad del aire y muestra que se deben tomar medidas de control urbano para reducir la concentración de contaminantes atmosféricos.

Palabras Clave: calidad del aire, contaminantes atmosféricos, COVID-19, confinamiento social.

Abstract

During the pandemic, there was citizen immobilization and different anthropic activities were paralyzed, reducing pollution by emission of vapors and gases, and consequently improving air quality. Therefore, this research evaluated the influence of social confinement by COVID-19 on the air quality of the San Juan de Lurigancho (SJL) district in Lima, Peru. The data on pollutants (PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, SO₂ and O₃) were obtained from the National Meteorology and Hydrology Service (SENAMHI). The results showed that in 2019, before social confinement, the pollutants PM_{2.5}, PM₁₀, NO₂, CO, SO₂ and O₃ had average values of 75.79, 119.12, 28.71, 2588.52, 22.97 and 22.94 µg/m³, respectively. In 2020, during social confinement (March, April and May), pollutants PM_{2.5} and SO₂ had a significant reduction, with average values of 14.09 and 8.65 µg/m³, respectively. Meanwhile, the O₃ gas increased to 31.78 µg/m³. After the quarantine, in the months of June to December 2020, there was a progressive increase in the concentration of pollutants as industrial and vehicular transport activities were restored. Finally, it is concluded that social confinement by COVID-19 improves air quality and shows that urban control measures must be taken to reduce the concentration of atmospheric pollutants.

Keywords: air quality, atmospheric pollutants, COVID-19, social confinement.

I. INTRODUCCIÓN

La calidad del aire a nivel mundial se encuentra en constante cambio debido a las actividades antrópicas y a la evolución orogénica del planeta. Su contaminación ha sido reflejada desde el inicio de la revolución industrial, afectando progresivamente a las principales ciudades, ecosistemas y a la propia sociedad. Según Guzmán (2019), el aumento desmesurado de la población y la industria han generado una baja calidad de vida, que se va deteriorando por la emisión prolongada de vapores y gases dañinos que generan vulnerabilidad a niños, mujeres gestantes y personas de tercera edad. Actualmente, la pandemia ha obligado a detener las actividades productivas, extractivas e industriales, disminuyendo la acumulación de PM_{2.5} y otros contaminantes, teniendo como mejora el aumento de flora en los alrededores de la zona urbana y la calidad del aire (Sunyer *et al.*, 2021).

En Perú, la polución del aire varía según la región y las actividades productivas o extractivas que se generan a nivel nacional, siendo los valores anuales de PM_{2.5} mayores a 54 µg/m³, la ciudad de Lima presentó valores superiores a 50 µg/m³ de PM₁₀ (WHO, 2016; Pacsi, 2016; Gómez *et al.*, 2020). Durante la pandemia, hubo inmovilización ciudadana y diferentes actividades industriales se paralizaron, disminuyendo la contaminación y mejorando la calidad del aire (Lanchipa *et al.*, 2020; Skiriené y Stasiskiené, 2021).

Como área de estudio, se ha considerado el distrito de San Juan de Lurigancho, ya que en este se evidencia polución del aire por los medios de transporte, dificultando la respiración de las personas que circulan en las calles. Estrada (2016) añade que las áreas con niveles altos de contaminación se concentran en la Avenida Próceres y la urbanización Zárate, siendo la acumulación de los vientos mayor en el distrito porque se encuentra en una quebrada. Sin embargo, para contextos más actuales, Chávez (2020) demostró que la Ciudad de Lima disminuyó 19,17 µg/m³ promedio en la concentración de NO₂ durante la pandemia.

Por lo mencionado, como problema general se planteó la siguiente interrogante: ¿De qué manera influye el confinamiento social por COVID- 19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho (SJL)?, y como problemas específicos: ¿Cuál es la calidad del aire antes del confinamiento social por COVID - 19 del distrito de SJL? y ¿Cuál es la calidad del aire después del confinamiento social por COVID - 19 del distrito de SJL?

La investigación se justifica en tres aspectos principales: social, ambiental y económica. Socialmente, porque se busca informar a la población sobre la calidad del aire antes, durante y después del estado de emergencia decretado por el gobierno el 15 de marzo del año 2020. Además, servirá como instrumento técnico para futuros estudios de los contaminantes persistentes en el ambiente. Ambientalmente, porque permite demostrar cómo a partir de los datos disponibles se logra conocer la dinámica física de los contaminantes en relación a las actividades que se pospusieron en función a las emisiones reducidas en estos períodos de tiempo presentados y saber el efecto en la calidad del aire por las mismas medidas de aislamiento social por COVID-19. Económicamente, porque la pandemia ha generado la reducción en los ingresos económicos (Rosas, 2020), por ende, la recopilación de información del presente trabajo es de suma relevancia para la reducción de recursos humanos y el financiamiento que muchas veces es complejo de obtener permitiendo simplificar la toma de decisiones con respecto a proyectos e iniciativas de corto o mediano plazo.

El objetivo general de la presente investigación es evaluar la influencia del confinamiento social por COVID- 19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho y como objetivos específicos se busca determinar la calidad del aire antes del confinamiento social por COVID - 19 y determinar la calidad del aire después del confinamiento social por COVID - 19 en el distrito de SJL.

La hipótesis general es la siguiente: El confinamiento social por COVID-19 influye en la calidad de aire del Distrito de San Juan de Lurigancho, y como

hipótesis específicas: la calidad del aire tiene mayores concentraciones de los contaminantes atmosféricos antes del confinamiento social por COVID - 19 en el distrito de SJL; la calidad del aire tiene un comportamiento positivo en la evaluación después del confinamiento social por COVID - 19 en el distrito de SJL

II. MARCO TEÓRICO

El confinamiento social es una mediación aplicada a nivel local cuando las acciones tanto de aislamiento y distanciamiento han sido insuficientes para la contención de la propagación de una enfermedad, combinando estrategias para disminuir las interacciones sociales de manera obligatoria (García y Cuéllar, 2020).

COVID-19, es un síndrome respiratorio agudo severo causado por un coronavirus, que se transmite a través de los ojos, la nariz y boca (Coskun, Yildirim y Gunduz, 2021). Esta enfermedad, es vinculada con la polución del aire, principalmente en el tiempo de restricción social y cuarentena, lo que generó la disminución de la emisión de contaminantes como PM_{2.5}, NO₂ y SO₂, mejorando la calidad del aire y vida de las personas (OMS, 2020).

La calidad del aire es una medición del nivel de inmisión de cuán contaminado o limpio está el aire, basándose en la evaluación de las concentraciones de contaminantes que están presentes en el ambiente, condicionando la buena o mala calidad de la misma (Guevara, 2017).

En el Perú, los indicadores para la evaluación de la calidad del aire son el ECA (Estándares de Calidad Ambiental) del aire y el INCA (Índice de Calidad del Aire) establecidos por el MINAM. La primera, constituye los valores máximos permitidos para la concentración de contaminantes con la finalidad de asegurar el bienestar en comunidades y grupos vulnerables, teniendo como base diez parámetros establecidos (MINAM, 2017). La segunda, es la evaluación de los indicadores de valor umbral del cuidado, peligro y emergencia que se encuentra el estado del aire (Huarancca, 2018).

Cerrato, Miró y Pinilla (2021) cuantificaron la variabilidad de los niveles de NO₂, O₃ y BTX (benceno, tolueno y xileno) durante el aislamiento por el Covid-19 en las áreas urbanas y suburbanas del suroeste de España, teniendo como resultado que los primeros meses de encierro hubo una disminución muy

significativa de un 60% de valores promedios en los niveles de NO₂, siendo la causa más probable la reducción del tráfico.

Collivignarelli *et al.* (2020) estudiaron el impacto del cierre parcial (PL; restricción al 50% de las actividades y movilización) y total (TL) de las actividades, donde las concentraciones de contaminantes (material particulado, benceno, CO y NO_x) se redujeron de manera significativa por el aislamiento social, teniendo un porcentaje de 57,5% y 71% del cierre parcial y total, respectivamente en la ciudad de Milán; también disminuyó la concentración del benceno (49,6 y 48,8%) en la zona centro y la sub área B de la misma en PL y TL a un 65% en ambos casos. El CO, decreció en 57,6% de PL y TL; NO_x y NO₂ hubo una caída drástica de estas concentraciones comparado con los años anteriores sea por el PL impuesto y con mayor rigurosidad se dio en el TL siendo una reducción promedio de $47 \pm 15\%$. Se concluye en esta investigación que el TL tuvo resultados significativos en la reducción de los contaminantes estudiados en la Ciudad de Milán.

He *et al.* (2017) evaluaron seis contaminantes (PM₁₀, CO, O₃, PM_{2.5}, NO₂ y SO₂) en 31 ciudades de China en los años 2014 y 2015, se determinó mayor disminución de estos contaminantes en las siguientes ciudades: Shijiazhuang en PM₁₀ (213,8 - 147,6) y PM_{2.5} (123,4 - 87,4); Huhehaote (1,9 - 1,3) y Lasa (1,0 - 0,6) de CO; Guangzhou (49,4 - 43,4) y Fuzhou (60,9 - 54,9) de O₃; Tianjin (55 - 42,1) de NO₂ y Jinan (68,4 - 46,9) de SO₂. Se concluyen que hubo una reducción significativa en las ciudades más contaminadas en China por las medidas de control de emisiones.

Nakada y Urban (2020) evaluaron la calidad del aire en San Pablo-Brasil por el cierre parcial por Covid-19, observando las reducciones de las concentraciones de CO (64,8%), NO (77,33%) y NO₂ (54,3%) en el área urbana de la ciudad, en cambio el O₃ aumentó en un 30%.

Arias y Mejía (2020) propusieron un modelo de clasificación por regresión Gaussiana para determinar la contaminación e infección del aire asociadas al COVID-19 en la ciudad de Lima. La evaluación NO₂ en el distrito

de SJL por zonas industriales tuvo una reducción significativa del 98,87%. En síntesis, aplicando esta metodología, el NO₂ con más de 26 µg/m³ aumentaría las infecciones del Covid-19 en las zonas industriales.

Rojas *et al.* (2021) evaluaron los efectos de la pandemia por Covid-19 en la polución del aire de Lima Metropolitana (LMA) para NO₂, O₃ y material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀). Se comprobó estadísticamente previa pandemia y cierre la disminución de los contaminantes PM_{2.5} (31 y 43%), PM₁₀ (40 y 58%) y NO₂ (46 y 48%). Se concluye que LMA ha experimentado reducciones significativas con respecto a la calidad del aire cuando se promulgó la pandemia.

Centurión y Fababa (2020) analizaron la concentración de PM_{2.5} y Gases de Efecto Invernadero (GEI) en Lima Metropolitana antes y durante la cuarentena. Los resultados mostraron disminución de las concentraciones de PM_{2.5} según las estaciones de SJL, Carabayllo, VMT y San Borja con valores de 44%, 53%, 36% y 31%, respectivamente. Asimismo, el valor de GEI analizado tuvo un comportamiento de diferencia significativa en un 90%.

Romero *et al.* (2020) analizaron las emisiones totales (CO, NO_x, N₂O, SO₂, NO, NO₂, PM_{2.5}) de contaminación del aire en varias categorías de vehículos dentro del área metropolitana de Lima, estos fueron determinados por medio del simulador MOVES, encontrándose entre los vehículos más contaminantes, las motocicletas y buses en un 75% por el consumo de diésel, siendo la emisión de CO el más alto durante los horarios de almuerzo (1 - 2pm). Finalmente, se obtuvieron 5,59 x 10⁴ toneladas de CO, siendo uno de los gases más perjudiciales en todas las categorías de carros, durante el horario matutino con una congestión moderada.

Silva *et al.* (2017) determinaron las tendencias de contaminación del aire por partículas midiéndose las concentraciones de PM₁₀, teniendo como valores en SJL (85 µg/m³), Carabayllo (79 µg/m³), Villa María del Triunfo y Ate en 133 µg/m³, siendo las más altas los últimos valores. Se menciona que las

zonas con PM₁₀ alto se encuentran al este de la ciudad, mientras que los más bajos en la zona occidental, debiéndose a los vientos que vienen con dirección suroeste generando que las cargas de concentración sean trasladadas. Dentro de las concentraciones de PM_{2.5}, Ate (35 µg/m³) es el más alto, seguido por Puente Piedra (32 µg/m³) y San Juan de Lurigancho (31 µg/m³). Se dedujo que los meses con alza en concentraciones de PM₁₀ y PM_{2.5} son de febrero a abril mientras que las concentraciones más bajas se muestran entre mayo a setiembre.

Abdullah *et al.* (2020) determinaron los cambios de PM_{2.5} en 68 puntos de monitoreo para evaluar el aire. Durante el tiempo de pandemia, se creó el MCO (Orden de control de movimiento), gracias a las restricciones de este se generó reducción de los niveles de PM_{2.5} durante el 18 de marzo al 14 de abril de 2020. Antes de la inmovilización, el PM_{2.5} se encontraba entre 42,5 µg/m³ y 69,2 µg/m³ y antes de la creación del MCO el límite se encontraba en 69,2 µg/m³, lo que se restringió a un máximo de 25 µg/m³ de PM_{2.5}, destacándose que durante el periodo de estudio se logró reducir las emisiones hasta un 58,4% de las estaciones monitoreadas. Se concluye que el MCO generó efectos notorios en la disminución de la concentración de PM_{2.5} en Malasia y que las condiciones climáticas influyen en estos cambios notorios.

Represa *et al.* (2021) evaluaron los cambios en las concentraciones de contaminantes del aire durante el cierre en la ciudad de Buenos Aires y Amba en Argentina, ciudades de una gran actividad económica, de las cuales se determinó que los factores meteorológicos no generaron variaciones en la calidad del aire. Las concentraciones de NO₂ se vieron reducidas en las ciudades de Matanza (49%), Centenario (38%), Córdoba (2,3%) y La Boca (13%); respecto al PM₁₀ disminuyó en La Boca (71%), Córdoba (33%), Centenario (14%), Dock Sud (7%) y PM_{2.5} redujo en la ciudad de Dock Sud (8%). En conclusión, la cuarentena obligatoria generó reducción del tránsito vehicular en un 80% dentro de la ciudad de Amba, visualizándose la disminución notoria de los contaminantes en el aire durante esa restricción.

Silva *et al.* (2018) analizaron la emisión de ozono (O_3) en Callao y Lima respecto a los patrones meteorológicos, concentración de óxido de nitrógeno y gases reactivos. Se observó por medio de radiosondas la inversión de subsidencias persistentes sobre Lima, siendo más fuerte de junio a noviembre con altitud promedio de 0,74 Km (periodo frío) y de diciembre a mayo con altitud promedio de 0,29 Km (periodo cálido) la subsidencia se disipó. En conclusión, los días cálidos ocasionan incremento en la generación de ozono y óxido nítrico, se deduce por ello que en un crecimiento desordenado y a gran velocidad, se deberá requerir medidas para la reducción de NO_x y concentraciones de COV.

Sicard *et al.* (2020) estudiaron la contaminación por ozono amplificado en las ciudades durante el cierre por COVID-19. Entre el 1 de enero al 21 de diciembre de los años 2017 al 2019, se midieron concentraciones altas de O_3 ($90 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durante el verano en las ciudades de Turín y Wuhan. Durante el 1 de enero al 18 de abril del 2020, las concentraciones de O_3 altas se midieron en las siguientes ciudades Wuhan ($51 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y Nisa ($50,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y las mediciones bajas registradas fueron de $37,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Turín. Finalmente, durante el periodo diurno en la ciudad de Wuhan se vio una reducción del ozono troposférico del 75% durante el periodo de cierre de actividades urbanas.

Tobías *et al.* (2020) describieron los cambios de los contaminantes atmosféricos durante el cierre de la ciudad de Barcelona. Las concentraciones de PM_{10} se vio reducida en la zona de alto tránsito vehicular (TR) en un 28% y la zona urbana (UB) en 30%. Por otro lado, el NO_2 se vio reducido en UB (47%) y TR (51%), también el SO_2 registró niveles bajos entre UB ($1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y TR ($2,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y el promedio de O_3 se visualizó el relativo incremento de 56 a $73 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por último, se visualizó disminución de las concentraciones de contaminantes durante el encierro de Barcelona, principalmente del NO_2 y PM_{10} .

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El enfoque de la investigación fue cuantitativo porque se identificó y expresó el problema científico que abarca el proyecto, estructurado con una búsqueda exhaustiva de recursos bibliográficos mediante el análisis de recopilación e información de datos estadísticos y matemáticos (Espinoza, 2018).

La investigación fue de tipo aplicada porque busca responder un determinado problema, siendo el escenario de estudio la revisión de documentos previos de artículos científicos y tesis, que añaden discernimiento de la influencia del confinamiento social por COVID- 19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho (Rodríguez, Castellano y Ramírez, 2016).

El diseño de investigación fue cuasi experimental porque se caracteriza como descriptiva debido a la mínima manipulación de una de las variables, se establece el estudio previamente por lo que no se selecciona de forma aleatoria y es dispuesto por el investigador (Ondé, 2019).

El nivel de la investigación fue descriptivo ya que se analizaron las características de la población en un determinado tiempo para poder clasificar o sintetizar el tema de estudio (Siedlecki, 2020). Se describió las condiciones de la calidad del aire de los años 2019 – 2020, antes, durante y después del confinamiento social en el distrito de SJL.

3.2. Variables y operacionalización

La investigación trabajó con variables dependiente e independiente. La variable independiente fue el confinamiento social por el COVID- 19 y la variable dependiente fue calidad del aire. La matriz de operacionalización de dichas variables se encuentra en el Anexo 1.

3.3. Población, muestra y muestreo

La población fueron todos los contaminantes presentes en la atmósfera y la muestra tomada fue seis contaminantes (SO₂, NO₂, CO, O₃ troposférico, PM₁₀ y PM_{2.5} micras).

En los criterios de inclusión se consideró los datos del período 2019-2020 para la evaluación de la calidad del aire y seis tipos de contaminantes. Los criterios de exclusión, fueron los datos no correspondientes a este período y otros tipos de contaminantes.

El muestreo fue no probabilístico por conveniencia, ya que no se utilizó una selección aleatoria, sino se aplicó ciertos criterios de interés que fueron asequibles, disponibles en un determinado tiempo, incluidos en el estudio y administradas por el investigador (Etikan, 2016). En el estudio se utilizó los datos brindados por el SENAMHI tomando en referencia 6 contaminantes para la evaluación de la calidad del aire antes, durante y después del confinamiento social en el distrito San Juan de Lurigancho. Por último, en la investigación se tuvo como unidad de análisis al parámetro de referencia (un contaminante del estudio).

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica usada fue la observación directa, con la finalidad de obtener, interpretar y recoger los criterios establecidos en el trabajo de investigación (Shindo y Akase, 2020). Se visualizó la concentración de los contaminantes en el aire de SJL; asimismo, por medio de la recopilación de información se discutió los resultados obtenidos. El instrumento que se utilizará serán las fichas de visualización.

Los instrumentos de recolección de datos serán 2 fichas:

- Ficha 1: Registro de datos y descripción de contaminantes
- Ficha 2: Resumen de los impactos de la calidad del aire respecto al año

3.4.1. Validez

Por medio del juicio de expertos se validó el desarrollo de la variable en estudio y el adecuado análisis de los datos para procesarla. Ello permitió el análisis e identificación de los instrumentos con las diferentes opiniones de los expertos sea para integrar, modificar o eliminar el contenido no relevante (Galicia, Balderrama y Edel, 2017).

En la Tabla 1 se visualiza la validez de los instrumentos respectivos por los tres especialistas:

Juicio de Expertos	Porcentaje de validación (%)	
	Ficha 1	Ficha 2
Dr. Castañeda Olivera, Carlos Alberto	90%	90%
Dr. Ordoñez Galvez, Julio	90%	90%
Dr. Acosta Suasnabar, Eusterio	90%	90%
Promedio	90%	90%

Tabla 1. Porcentaje de validez por medio de juicio de expertos

3.4.2. Confiabilidad

La técnica de fiabilidad para la obtención de datos brindados por la institución del SENAMHI es confiable, ya que son sujetas a ciertas correcciones, nivel de procesamiento y diferentes pruebas de calidad, otorgándole la credibilidad a la recopilación de datos en la presente investigación.

Para la determinación de la hipótesis de los resultados obtenidos en la presente investigación se usó las pruebas U-de Mann Whitney y de ANOVA para poder identificar la relación de las variables. La prueba de U- de Mann Whitney sirvió para comparar dos grupos de muestras de una misma población que niega

o afirma la hipótesis, ello, se aplica cuando los supuestos no tienen una distribución normal u homocedasticidad, mínima escala ordinal (Merino, 2016). Asimismo, la prueba de ANOVA siendo una extensión de esta prueba, se desarrolló para probar la hipótesis de tres a más muestras similares de una misma población con distribución normal de una variable continua (Ramirez y Polak, 2019; Flores, Miranda y Villasis, 2017).

En la Tabla 2 se muestra la prueba de normalidad para la elección del tipo de prueba de hipótesis por contaminante:

Tabla 2. Prueba de normalidad: Kolmogorov-Smirnov

CONTAMINANTES	INFLUENCIA	SIG.
PM_{2,5}	Antes	0,200
	Durante	0,200
	Después	0,200
PM₁₀	2019	0,200
	2020	0,000
SO₂	2019	0,200
	2020	0,000
CO	2019	0,200
	2020	0,000
O₃	2019	0,180
	2020	0,047

**Los años 2019 y 2020 representan el antes y después, respectivamente.*

**Nivel de significancia menor a 0.05.*

**El contaminante NO₂, no cuenta con datos suficientes para ser analizado.*

Según la Tabla 2, el PM_{2.5} tiene una distribución normal por lo tanto se utilizó la prueba paramétrica ANOVA y para el resto de contaminantes no tienen una distribución normal por lo tanto se tomó la prueba no paramétrica de U- Mann Whitney.

En la Tabla 3, se visualiza la prueba de hipótesis aplicando las dos pruebas por cada contaminante:

Tabla 3. Prueba de hipótesis

Contaminante	Significancia	Hipótesis nula
PM_{2,5}	0,000	Rechazar la hipótesis nula
PM₁₀	0,000	Rechazar la hipótesis nula
SO₂	0,000	Rechazar la hipótesis nula
O₃	0,000	Rechazar la hipótesis nula
NO₂	0,000	Rechazar la hipótesis nula
CO	0,000	Rechazar la hipótesis nula

**Se muestran significaciones asintóticas, nivel de significancia de 0,05*

En la Tabla 3, se mostró la evaluación de la prueba de hipótesis con un nivel de significancia al 95% por medio de las pruebas de estadísticas de U- Mann Whitney y de ANOVA, aceptando la hipótesis del investigador: el confinamiento social por COVID-19 influye significativamente en la mejora de la calidad de aire en el Distrito de San Juan de Lurigancho.

3.5. Procedimientos

El procedimiento para la investigación de la influencia del confinamiento social por COVID - 19 en la calidad del aire del distrito de SJL, inicia con la recopilación de los datos brindados por la estación meteorológica del SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú).

Estos datos fueron procesados estadísticamente entre todo el año 2019 y 2020, tomándose 6 contaminantes a evaluar para la determinación de la polución en el aire. Este proceso termina en la comparación de los contaminantes por medio de gráficos y tablas entre los dos años de estudio, identificando los impactos y si hubo o no una mejora de la calidad del aire en tiempos de pandemia.

En el siguiente flujograma (Figura 1), se explica detalladamente el procedimiento del trabajo de investigación:

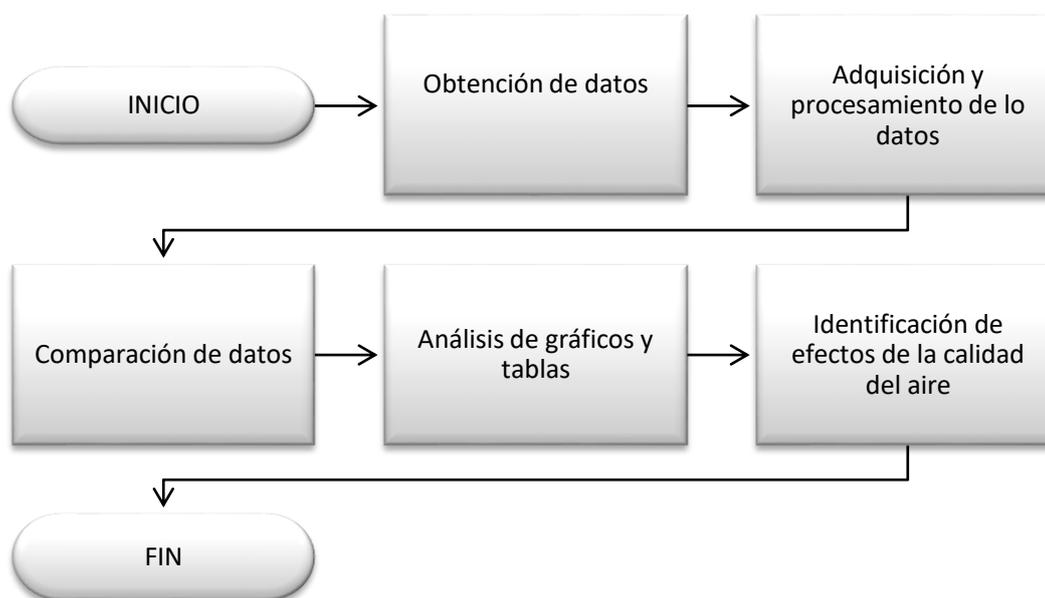


Figura 1. Flujograma del procedimiento de la investigación

A continuación, se explica el procedimiento de la investigación por etapas:

Etapas 1: Obtención de datos

Los datos fueron obtenidos a partir del SENAMHI (Servicio nacional de meteorología e hidrología del Perú)

Etapas 2: Adquisición y procesamiento de datos

Los datos obtenidos a partir del SENAMHI fueron para los contaminantes CO, NO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂ y O₃. Todos estos datos fueron procesados de la siguiente manera:

- Se organizó los datos por tipo de contaminante según el periodo de estudio.
- En el software Excel 2016, se determinó los promedios diarios de cada

contaminante de cada año de estudio.

- Se generaron tablas y figuras de los promedios diarios agrupados mensualmente en los periodos 2019 – 2020.

Etapa 3: Comparación de datos

Se realizó la comparación de tablas y figuras en el periodo 2019 – 2020 de manera mensual, ya que esta representa los promedios diarios de cada contaminante.

Etapa 4: Análisis de los gráficos y tablas

Cada tabla y figura representa la comparación de contaminantes con los ECA e INCA, siendo analizadas para la obtención de conclusiones que aseveren o nieguen la hipótesis de la investigación.

Etapa 5: Identificación de los efectos de la calidad del aire

Según los resultados obtenidos de la comparación de las tablas y figuras, se identificó los impactos en la calidad del aire ocasionados por los contaminantes emitidos en las diferentes actividades industriales y del parque automotor, estudiadas en el periodo 2019 – 2020.

3.6. Método de análisis de datos

En la investigación se realizó el análisis estadístico descriptivo e inferencial. Para el análisis estadístico descriptivo se usó softwares estadísticos como: SPSS Statistics y Excel. Por otro lado, el análisis estadístico inferencial se realizó mediante la prueba de hipótesis general utilizando el software SPSS Statistics.

3.7. Aspectos éticos

El estudio se desarrolló respetando el código de ética, el reglamento y líneas de investigación, y la guía de productos de investigación N°011-2020 de la Universidad César Vallejo. También se verificó la originalidad de la investigación utilizando el software Turnitin, y para la citación de referencias se utilizó la norma Organization for Standardization (ISO 690).

Por último, para la recopilación de la información y datos de los contaminantes se solicitó de manera formal la documentación respectiva al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI).

IV. RESULTADOS

4.1. Evaluación de los contaminantes atmosféricos durante el confinamiento social por COVID-19

4.1.2. Material particulado de 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5}$)

Los resultados obtenidos para el contaminante $\text{PM}_{2.5}$ son los siguientes:

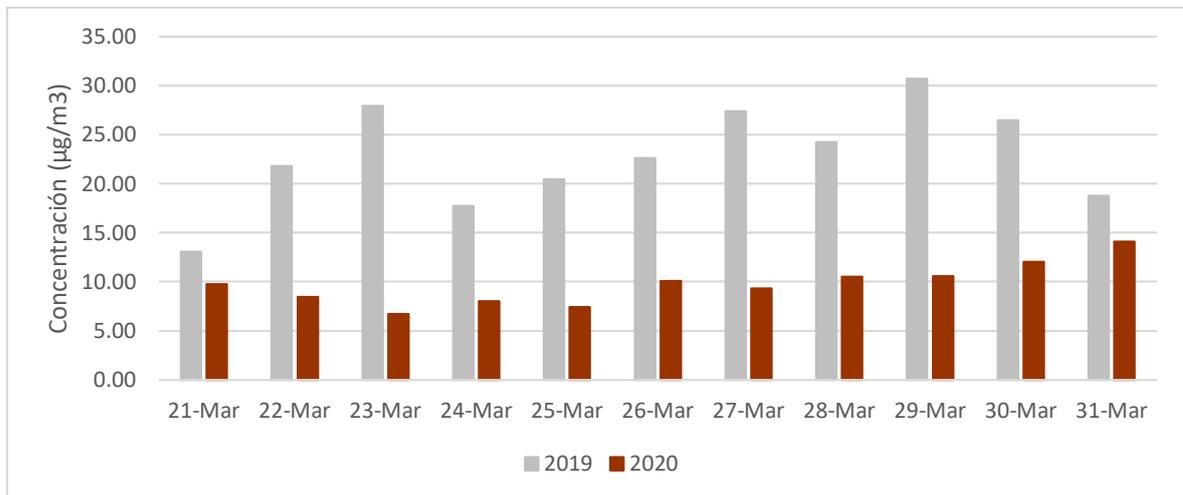


Figura 2. Variación diaria de concentración de $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Marzo

A partir de la Figura 2, se observó que la concentración máxima de $\text{PM}_{2.5}$ fue $30,69 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 29 de marzo de 2019 y $14,09 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 31 de marzo de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el $\text{PM}_{2.5}$ debe ser menor a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante en el año 2019 se encuentra en un rango de 25,1 a $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$, siendo caracterizado como mala calidad del aire; mientras, el valor encontrado en el año 2020 representa una calidad moderada del aire ya que se encuentra entre 12,6 a $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

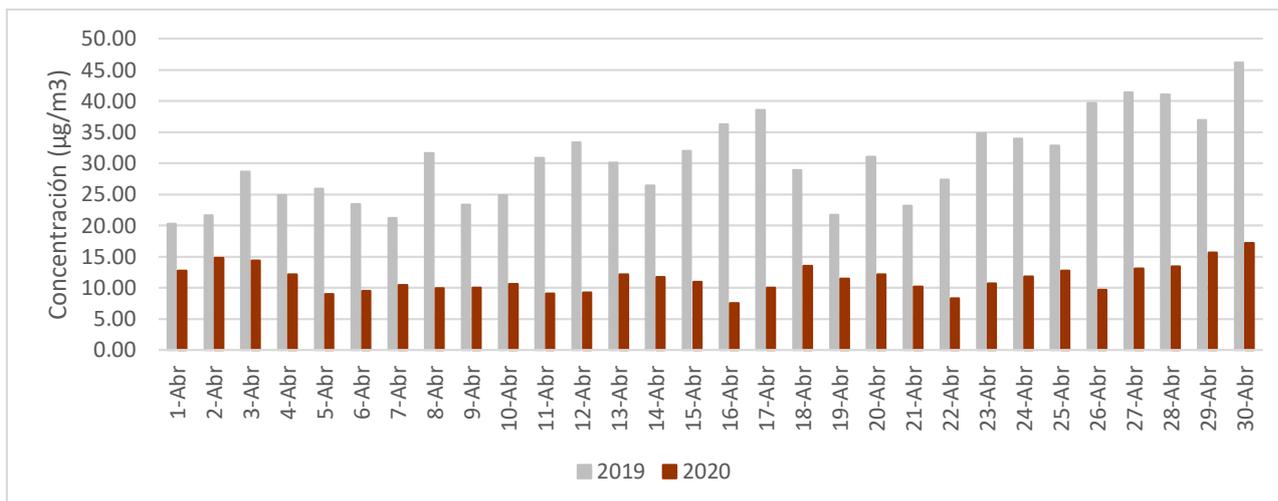


Figura 3. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) - Abril

A partir de la Figura 3, se observó que la concentración máxima de PM_{2.5} fue 46,20 µg/m³ para el día 30 de abril de 2019 y 17,21 µg/m³ para el día 30 de abril de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el PM_{2.5} debe ser menor a 50 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante en el año 2019 se encuentra en un rango de 25,1 a 125 µg/m³ siendo caracterizado como mala calidad del aire; mientras, el valor encontrado en el año 2020 representa una calidad moderada del aire ya que se encuentra entre 12,6 a 25 µg/m³.

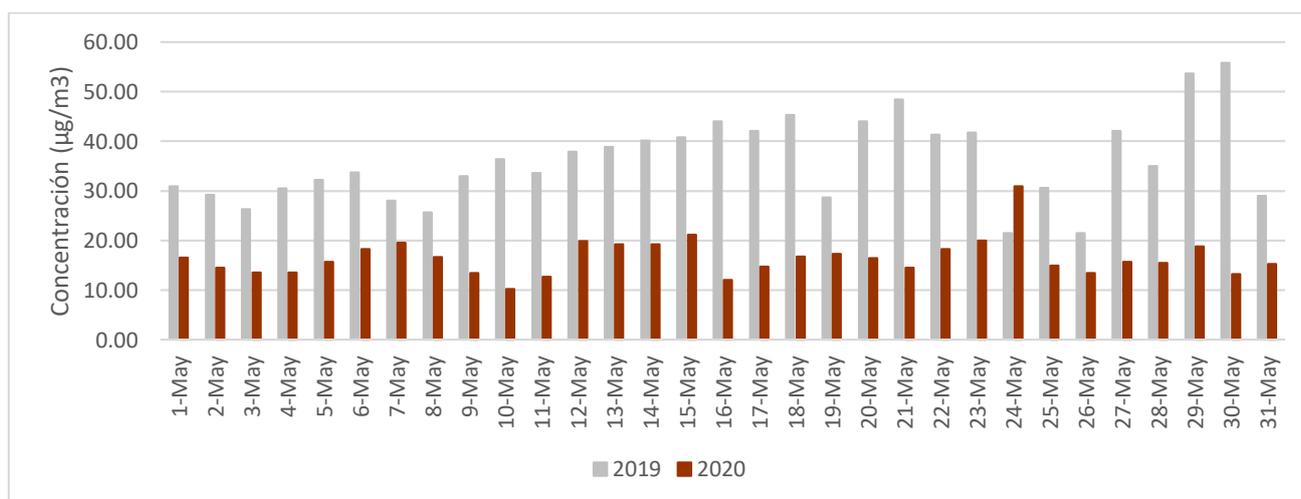


Figura 4. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) - Mayo

A partir de la Figura 4, se observó que la concentración máxima de PM_{2.5} fue 55,80 µg/m³ para el día 30 de mayo de 2019 y 30,89 µg/m³ para el día 24 de mayo de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el PM_{2.5} debe ser menor a 50 µg/m³, por lo tanto, el valor del año 2019 supera el

estándar de calidad del aire y el año 2020 cumple con el estándar establecido. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos años se encuentra en un rango de 25,1 a 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una mala calidad del aire durante el mes de mayo.

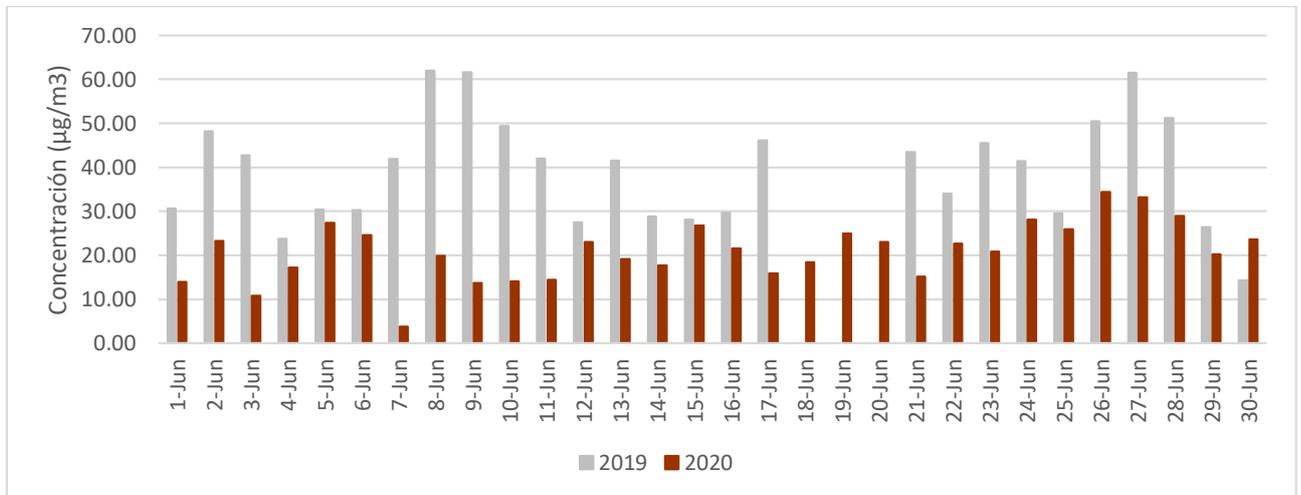


Figura 5. Variación diaria de la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Junio

A partir de la Figura 5, se observó la concentración máxima de $\text{PM}_{2.5}$ fue 62,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 08 de junio de 2019 y 34,44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 26 de junio de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el $\text{PM}_{2.5}$ debe ser menor a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, el valor del año 2019 supera el estándar de calidad del aire y el año 2020 cumple con el estándar establecido. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos años se encuentra en un rango de 25,1 a 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una mala calidad del aire durante el mes de junio.

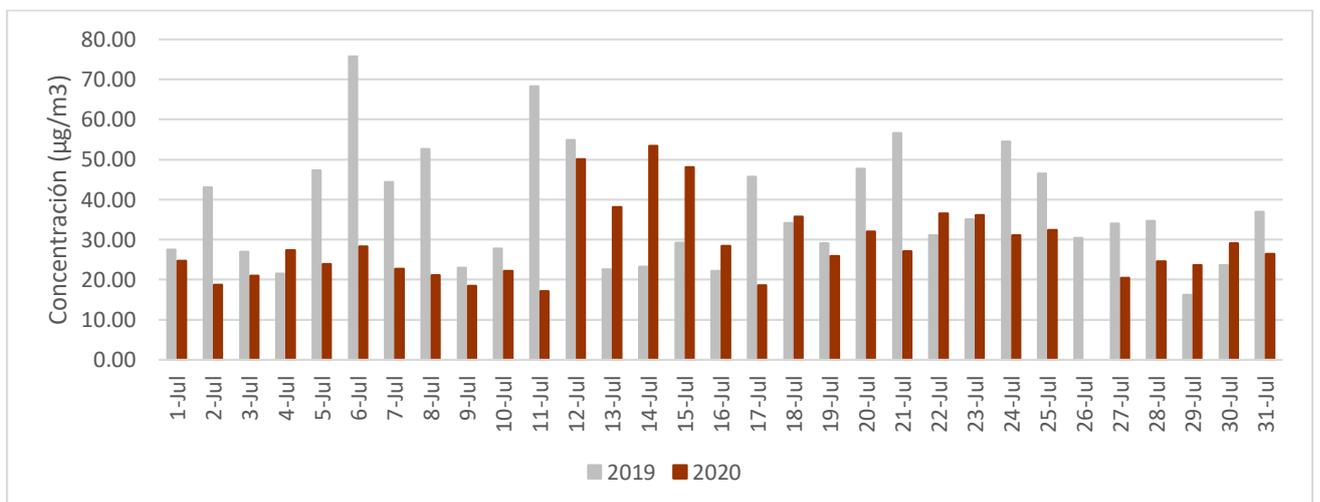


Figura 6. Variación diaria de la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Julio

A partir de la Figura 6, se observó que la concentración máxima de $PM_{2.5}$ fue $75,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 06 de julio de 2019 y $53,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 14 de julio de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el $PM_{2.5}$ debe ser menor a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos años se encuentra en un rango de 25,1 a $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una mala calidad del aire durante el mes de mayo.

4.1.2. Dióxido de azufre (SO_2)

Los resultados obtenidos para el contaminante SO_2 son los siguientes:

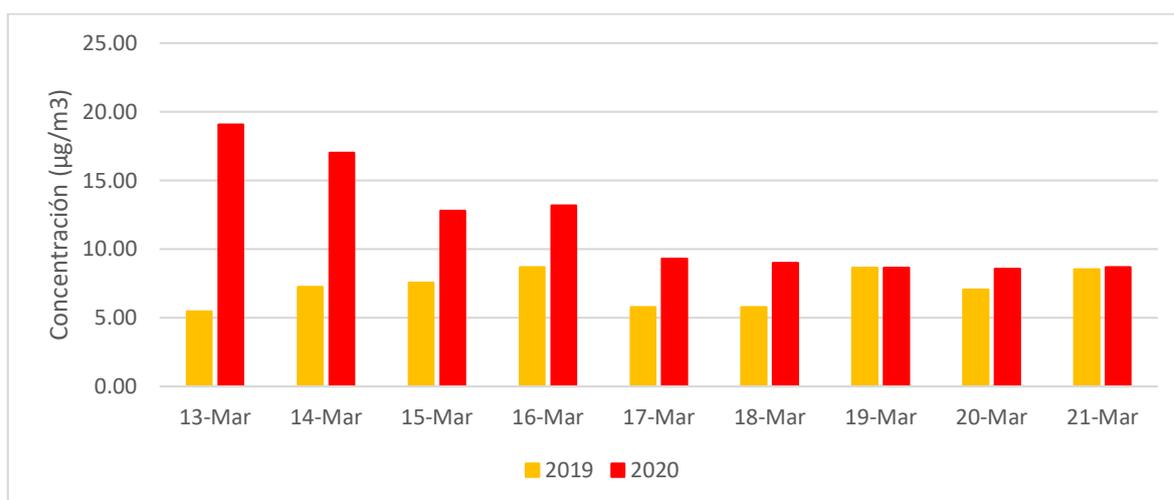


Figura 7. Variación diaria de la concentración de SO_2 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Marzo

A partir de la Figura 7, se observó que la concentración máxima de SO_2 fue $8,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 16 de marzo de 2019 y $19,08 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 13 de marzo de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el SO_2 debe ser menor a $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante en el año 2019 se encuentra en un rango de 0 a $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizado como buena calidad del aire; mientras, el valor encontrado en el año 2020 representa una calidad moderada del aire ya que se encuentra entre 11 a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

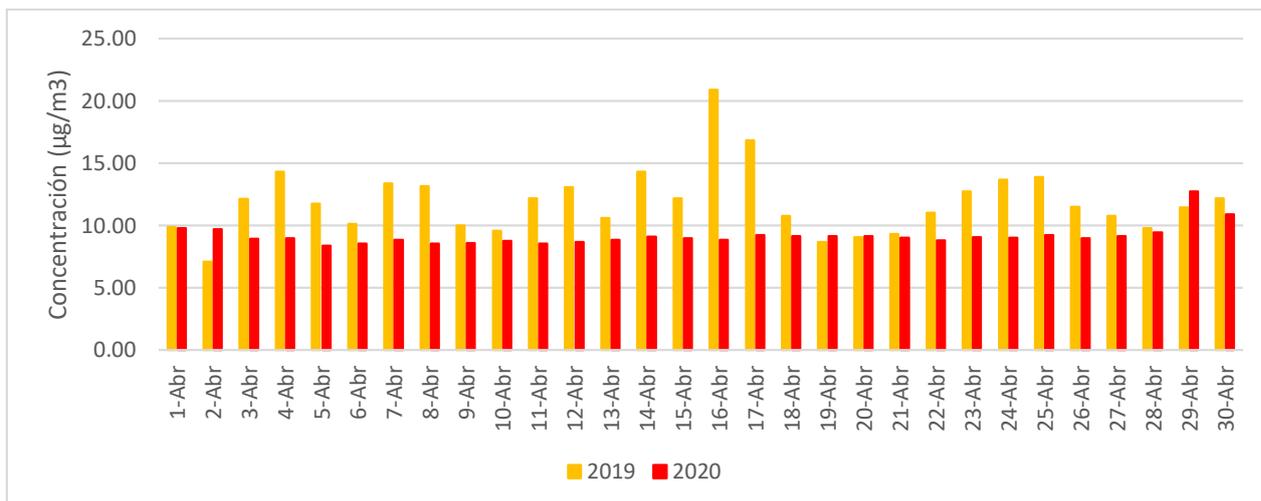


Figura 8. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Abril

A partir de la Figura 8, se observó que la concentración máxima de SO₂ fue 20,92 µg/m³ para el día 16 de abril de 2019 y 12,77 µg/m³ para el día 29 de abril de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, SO₂ debe ser menor a 250 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante en el año 2019 se encuentra en un rango de 21 a 500 µg/m³ siendo caracterizado como mala calidad del aire; mientras, el valor encontrado en el año 2020 representa una calidad moderada del aire ya que se encuentra entre 11 a 20 µg/m³.

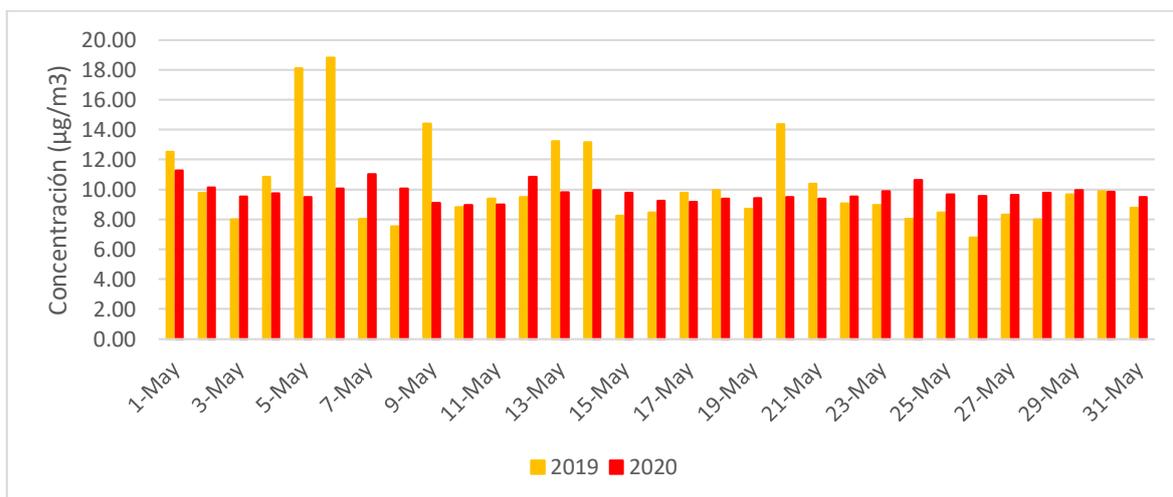


Figura 9. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Mayo

A partir de la Figura 9, se observó que la concentración máxima de SO₂ fue 18,80 µg/m³ para el día 6 de mayo de 2019 y 11,26 µg/m³ para el día 01 de mayo de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, SO₂

debe ser menor a $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos años se encuentra en un rango de 11 a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una calidad moderada del aire durante el mes de mayo.

4.1.3. Ozono troposférico (O_3)

Los resultados obtenidos para el contaminante O_3 son los siguientes:

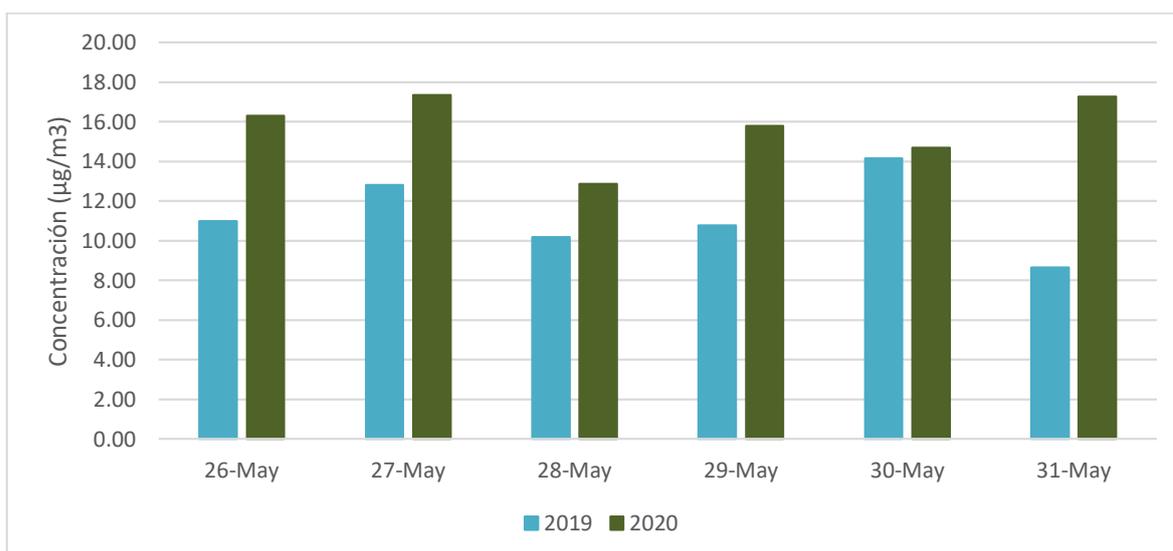


Figura 10. Variación diaria de la concentración de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Mayo

A partir de la Figura 10, se observó que la concentración máxima de O_3 fue $14,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 30 de mayo de 2019 y $17,35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 27 de mayo de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el O_3 debe ser menor a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos años se encuentra en un rango de 0 a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de mayo.

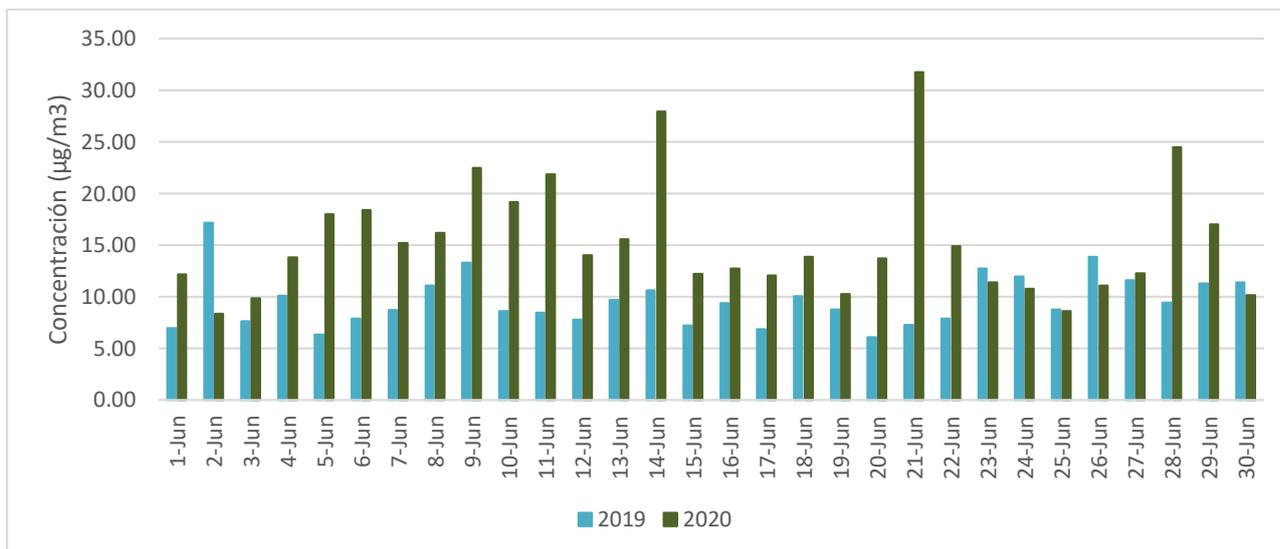


Figura 11. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Junio

A partir de la Figura 11, se observó que la concentración máxima de O₃ fue 17,17 µg/m³ para el día 02 de junio de 2019 y 31,78 µg/m³ para el día 21 de junio de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el O₃ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos años se encuentra en un rango de 0 a 60 µg/m³ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de junio.

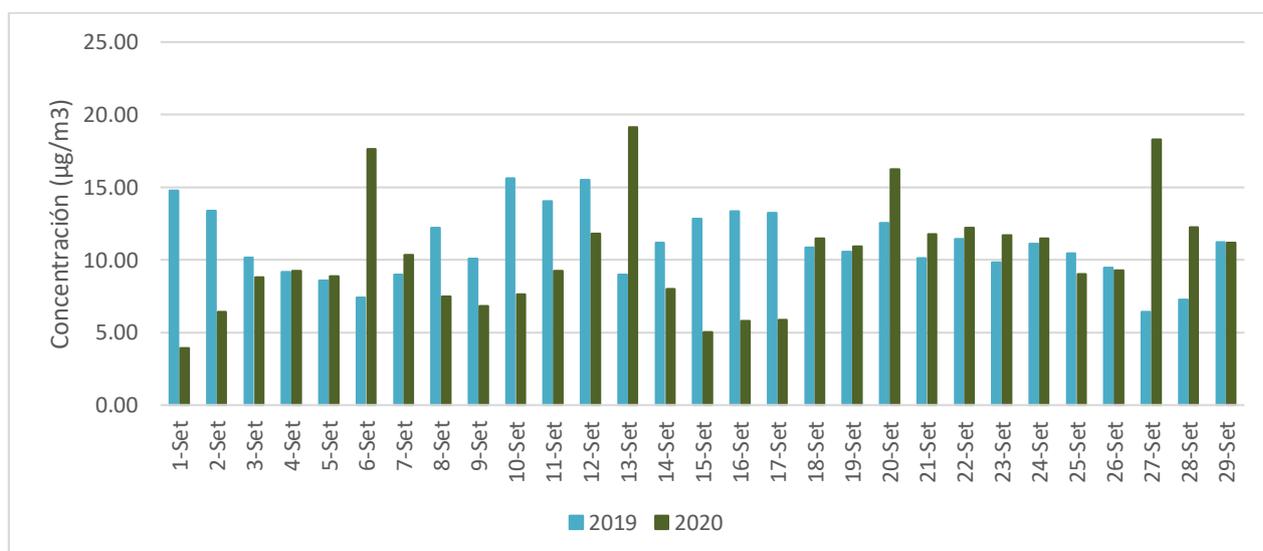


Figura 12. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Setiembre

A partir de la Figura 12, se observó que la concentración máxima de O₃ fue 15,62 µg/m³ para el día 10 de setiembre de 2019 y 19,13 µg/m³ para el día 13 de

setiembre de 2020, siendo los valores más altos de cada año. Según el ECA del aire, el O₃ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos años se encuentra en un rango de 0 a 60 µg/m³ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de septiembre.

4.2. Evaluación de la calidad del aire antes del confinamiento social por COVID-19

4.2.1. Dióxido de azufre (SO₂)

Los resultados obtenidos para el contaminante SO₂ son los siguientes:

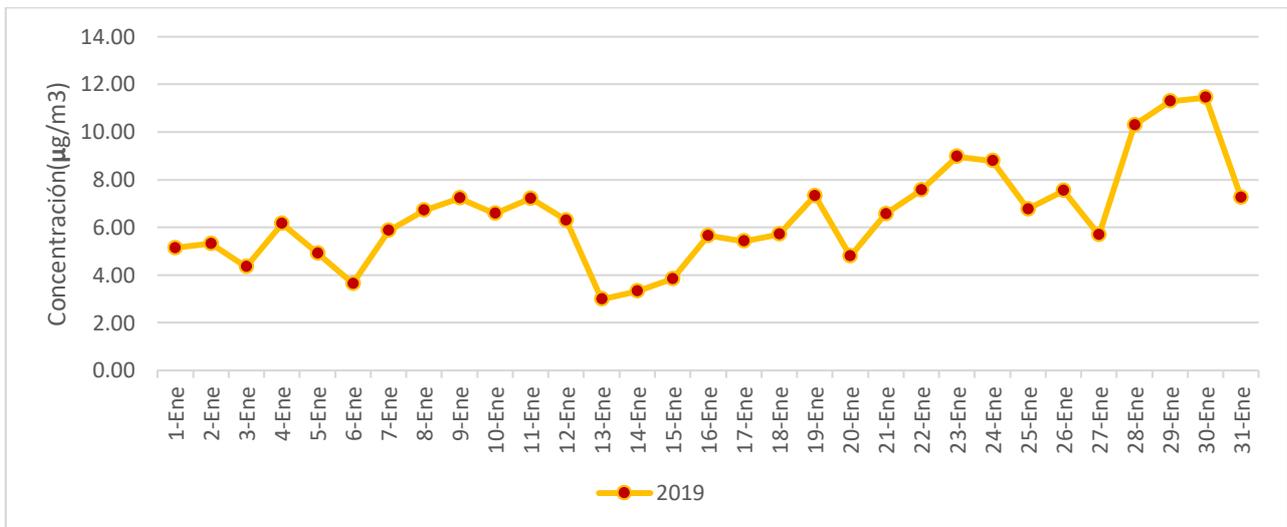


Figura 13. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Enero

En la Figura 13, la concentración máxima de SO₂ del año 2019 fue de 11,44 µg/m³ para el día 30 de enero y mínima de 2,99 µg/m³ para el día 13 de enero en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el SO₂ debe ser menor a 250 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una calidad moderada del aire por estar entre los rangos de 11 a 20 µg/m³; mientras, el mínimo valor representa una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 10 µg/m³.

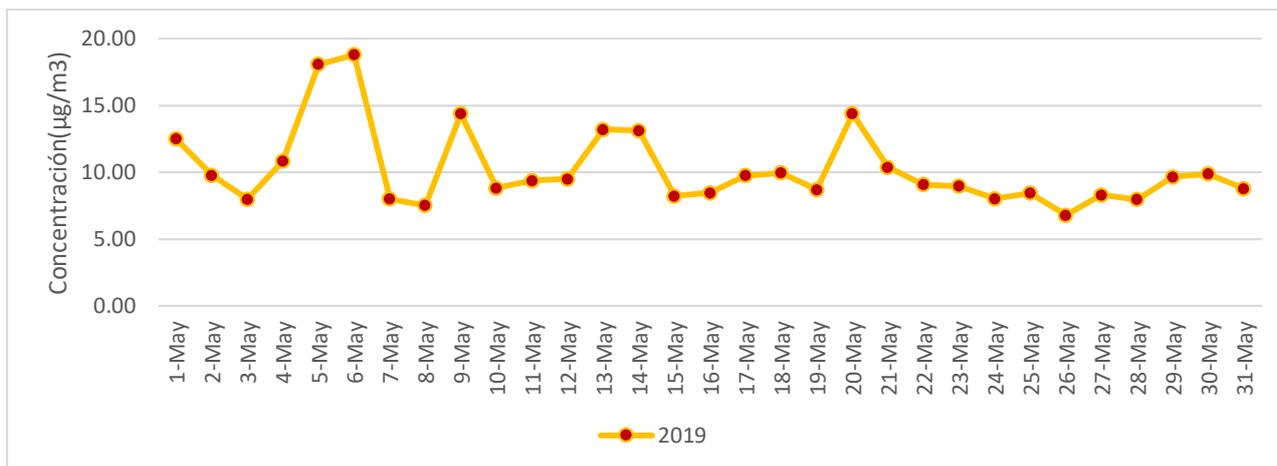


Figura 14. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Mayo

En la Figura 14, la concentración máxima de SO₂ del año 2019 fue de 18,80 µg/m³ para el día 6 de mayo y mínima de 6,79 µg/m³ para el día 8 de mayo en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el SO₂ debe ser menor a 250 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una calidad moderada del aire por estar entre los rangos de 11 a 20 µg/m³; mientras, el mínimo valor representa una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 10 µg/m³.

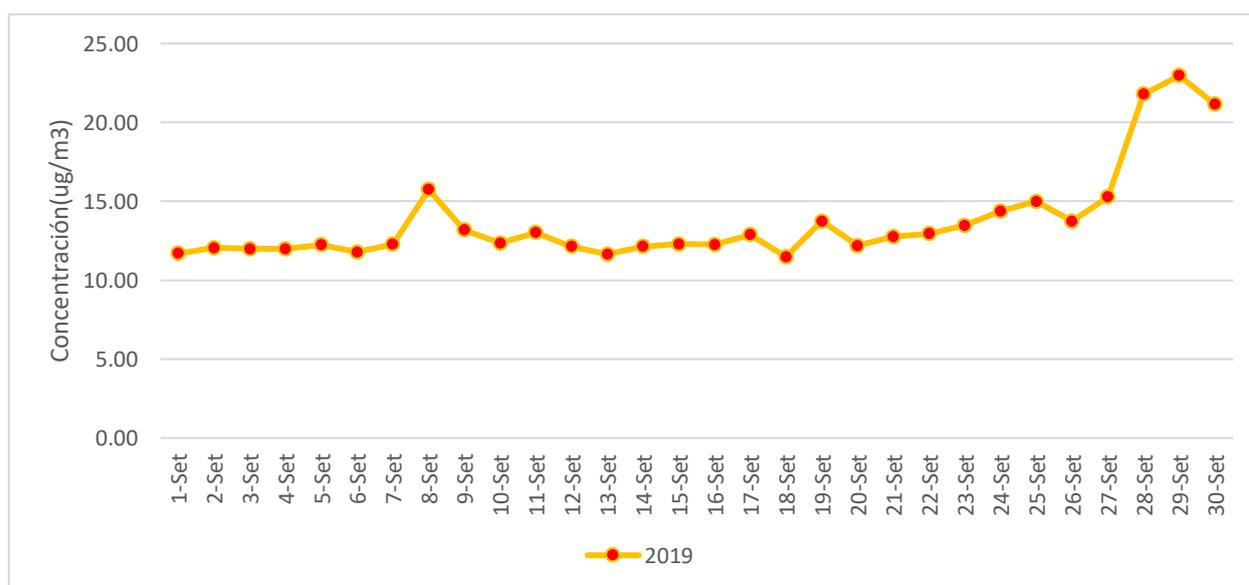


Figura 15. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Setiembre

En la Figura 15, la concentración máxima de SO₂ del año 2019 fue de 22,97 µg/m³ para el día 29 de setiembre y mínima de 11,48 µg/m³ para el día 18 de setiembre en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el SO₂

debe ser menor a $250 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una mala calidad del aire por estar entre los rangos de 21 a $500 \mu\text{g}/\text{m}^3$; mientras, el mínimo valor representa una calidad moderada del aire ya que se encuentra entre 11 a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2.2. Monóxido de carbono (CO)

Los resultados obtenidos para el contaminante CO son los siguientes:

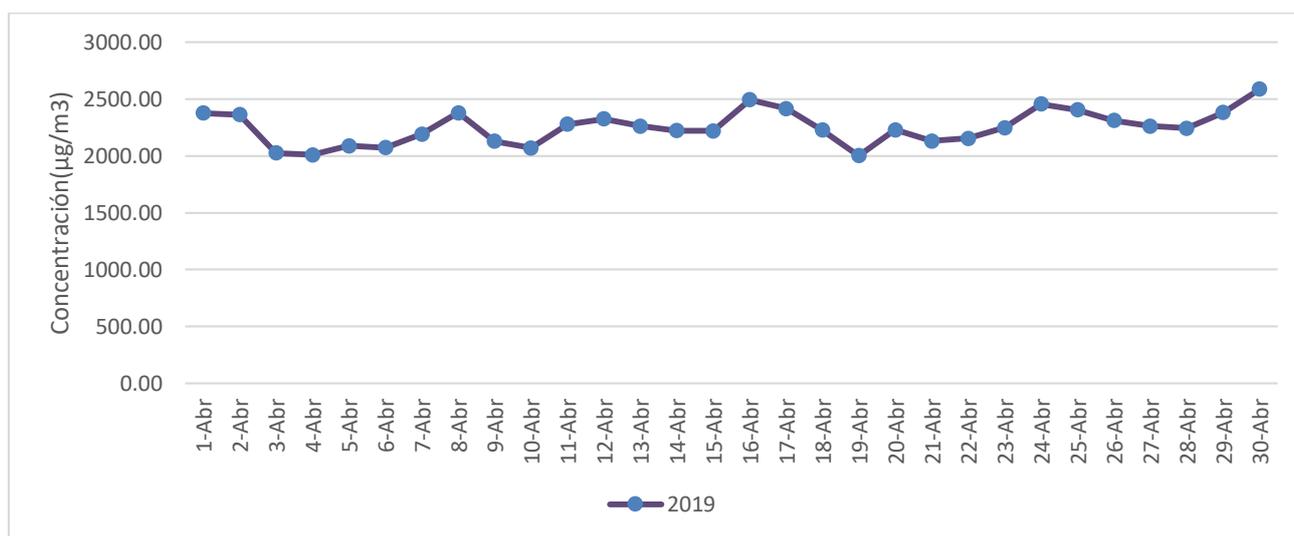


Figura 16. Variación diaria de la concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Abril

En la Figura 16, la concentración máxima de CO del año 2019 fue de $2588,52 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 30 de abril y mínima de $2002,28 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 19 abril en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el CO debe ser menor a $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos valores se encuentra en un rango de 0 a $5049 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de abril.

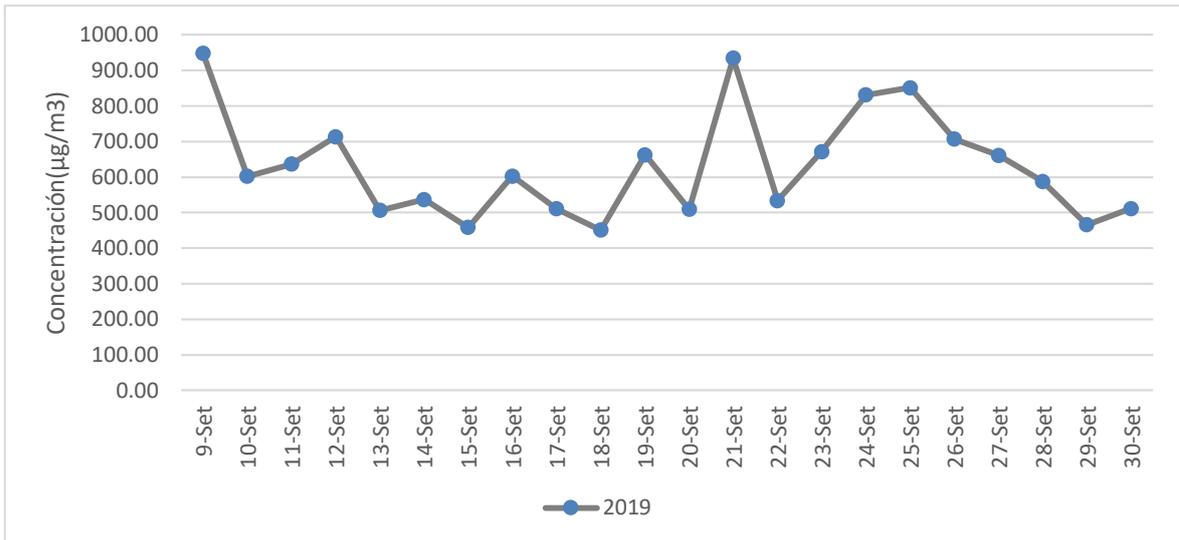


Figura 17. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Setiembre

En la Figura 17, la concentración máxima de CO del año 2019 fue de 948,61 µg/m³ para el día 9 de setiembre y mínima de 506,50 µg/m³ para el día 13 de setiembre en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el CO debe ser menor a 10000 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos valores se encuentra en un rango de 0 a 5049 µg/m³ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de setiembre.

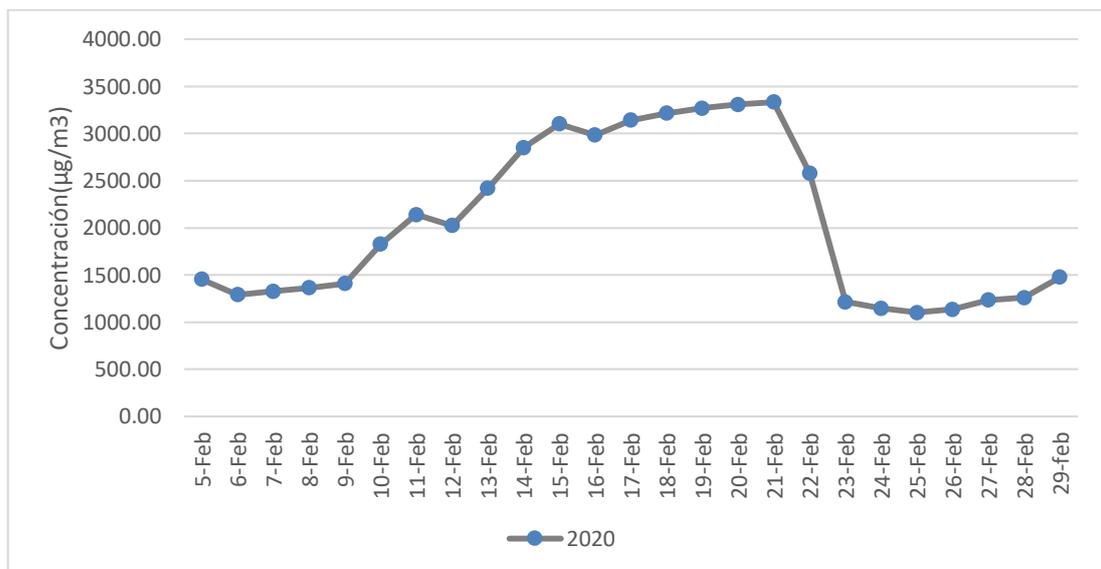


Figura 18. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – febrero

En la Figura 18, la concentración máxima de CO del año 2020 fue 3335,13 µg/m³ para el día 21 de febrero y mínima de 1101,59 µg/m³ para el día 25 de febrero.

febrero en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el CO debe ser menor a $10000 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos valores se encuentra en un rango de 0 a $5049 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de febrero.

4.2.3. Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Los resultados obtenidos para el contaminante NO₂ son los siguientes:

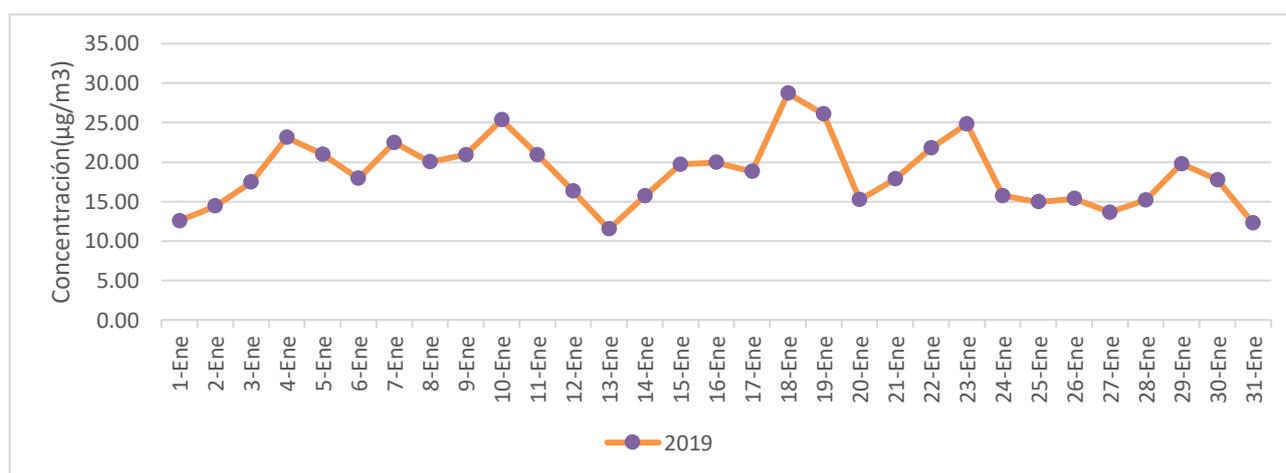


Figura 19. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Enero

En la Figura 19, la concentración máxima de NO₂ del año 2019 fue $28,71 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 18 de enero y mínima de $12,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 31 de enero en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el NO₂ debe ser menor a $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos valores se encuentra en un rango de 0 a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de enero.

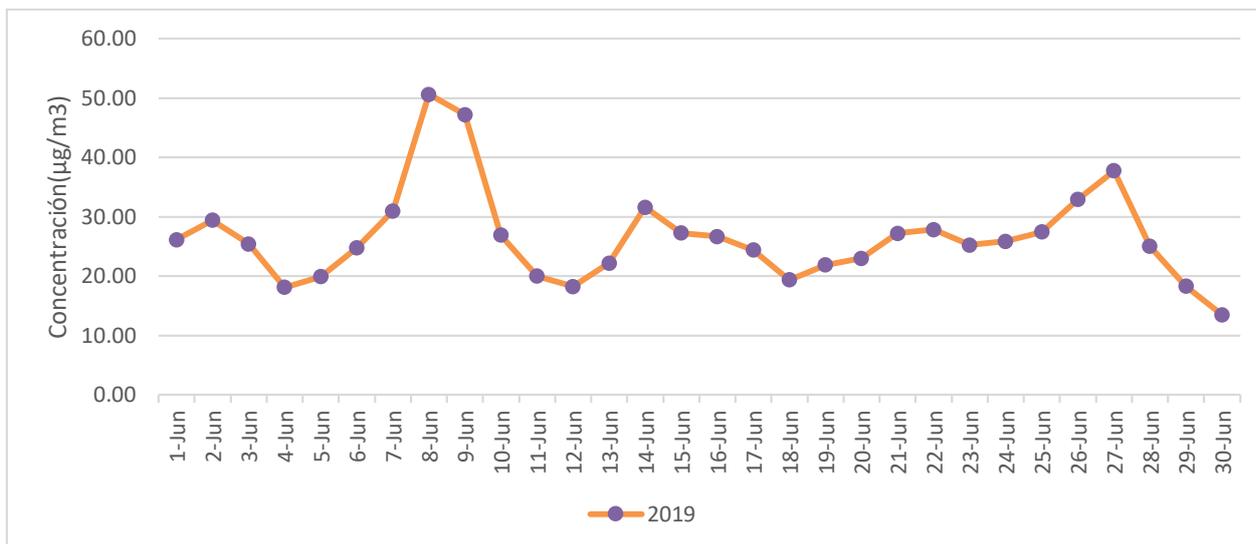


Figura 20. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Junio

En la Figura 20, la concentración máxima de NO₂ del año 2019 fue 50,64 µg/m³ para el día 8 de junio y mínima de 13,49 µg/m³ para el día 30 de junio en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el NO₂ debe ser menor a 200 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el valor de este contaminante para ambos valores se encuentra en un rango de 0 a 100 µg/m³ siendo caracterizados con una buena calidad del aire durante el mes de junio.

4.2.4. Material particulado de 10 µg/m³ (PM₁₀)

Los resultados obtenidos para el contaminante PM₁₀ son los siguientes:

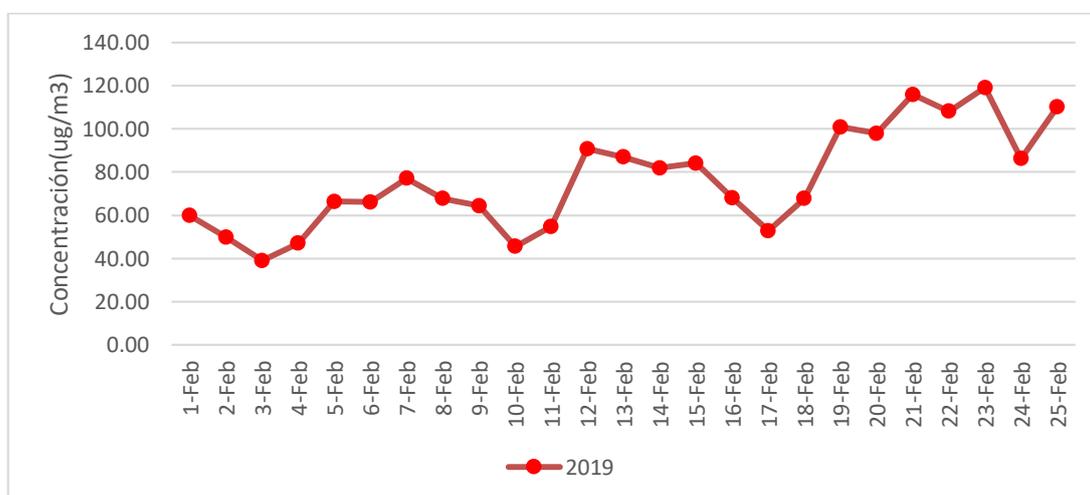


Figura 21. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Febrero

En la Figura 21, la concentración máxima de PM₁₀ del año 2019 fue de 119,12 µg/m³ para el día 23 de febrero y mínima de 30,49 µg/m³ para el día 3 de febrero en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el PM₁₀ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, el valor máximo de este contaminante sobrepasa el estándar y el mínimo cumple con el parámetro establecido. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una calidad moderada del aire por estar entre los rangos de 76 a 150 µg/m³; mientras, el mínimo valor representa una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 75 µg/m³.

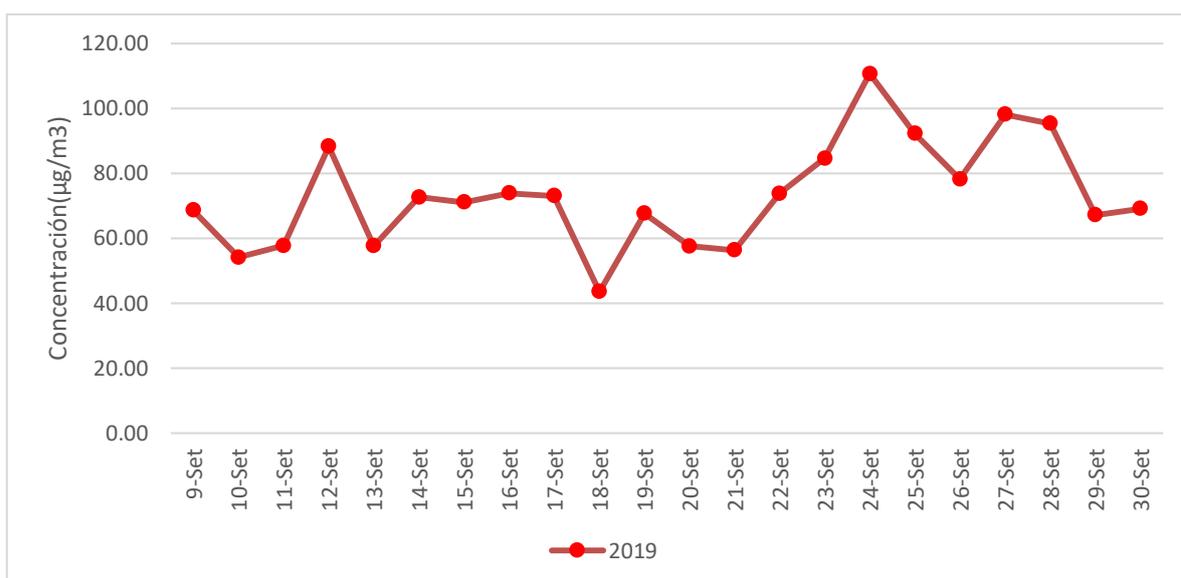


Figura 22. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Setiembre

En la Figura 22, la concentración máxima de PM₁₀ del año 2019 fue de 110,63 µg/m³ para el día 24 de setiembre y mínima de 54,06 µg/m³ para el día 10 de setiembre en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el PM₁₀ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, el valor máximo de este contaminante sobrepasa el estándar y el mínimo cumple con el parámetro establecido. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una calidad moderada del aire por estar entre los rangos de 76 a 150 µg/m³; mientras, el mínimo valor representa una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 75 µg/m³.

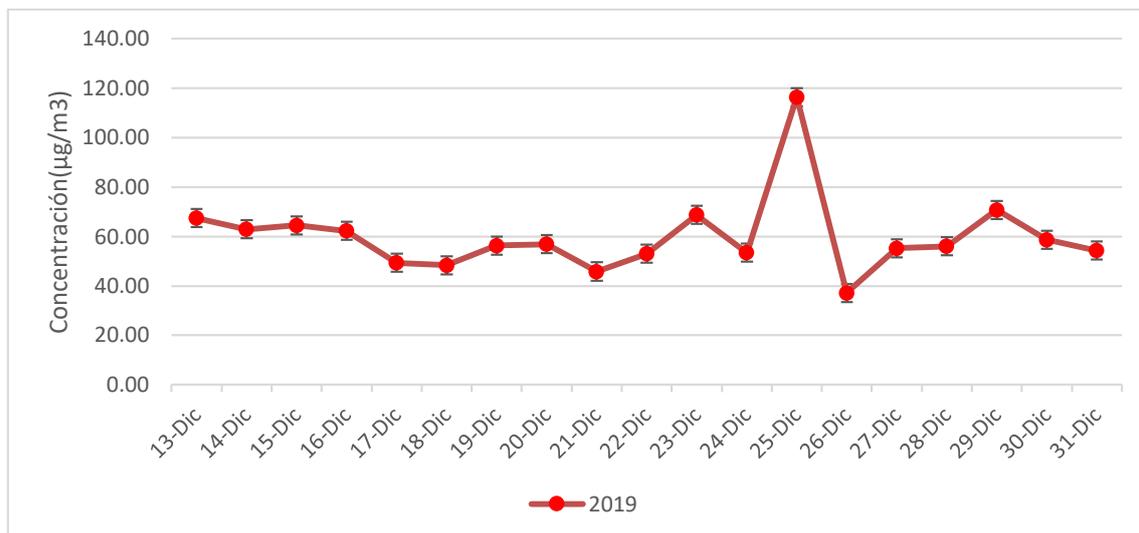


Figura 23. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Diciembre

En la Figura 23, la concentración máxima de PM₁₀ del año 2019 fue de 116,48 µg/m³ para el día 25 de diciembre y mínima de 37,15 µg/m³ para el día 26 de diciembre en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el PM₁₀ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, el valor máximo de este contaminante sobrepasa el estándar y el mínimo cumple con el parámetro establecido. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una calidad moderada del aire por estar entre los rangos de 76 a 150 µg/m³; mientras, el mínimo valor representa una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 75 µg/m³.

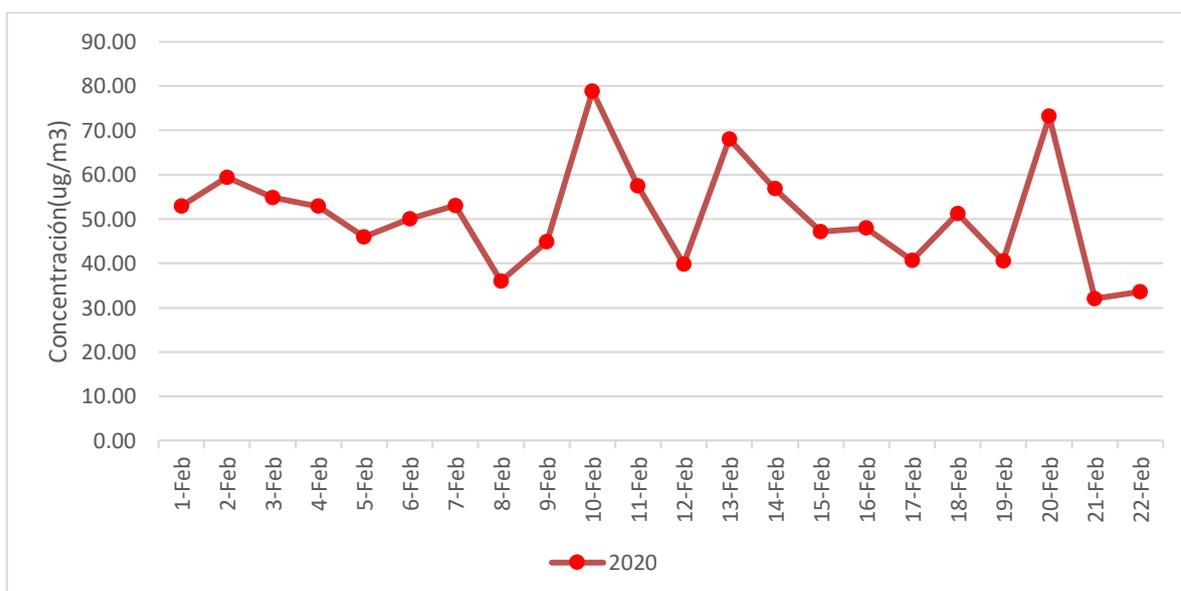


Figura 24. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Febrero

En la Figura 24, la concentración máxima de PM₁₀ del año 2020 fue de 78,85

$\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 10 de febrero y mínima de $32,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 21 de febrero en la evaluación diaria del distrito de SJL. Para la evaluación del ECA del aire, el PM_{10} debe ser menor a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una calidad moderada del aire por estar entre los rangos de 76 a $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$; mientras, el mínimo valor representa una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.2.5. Ozono troposférico (O_3)

Los resultados obtenidos para el contaminante O_3 son los siguientes:

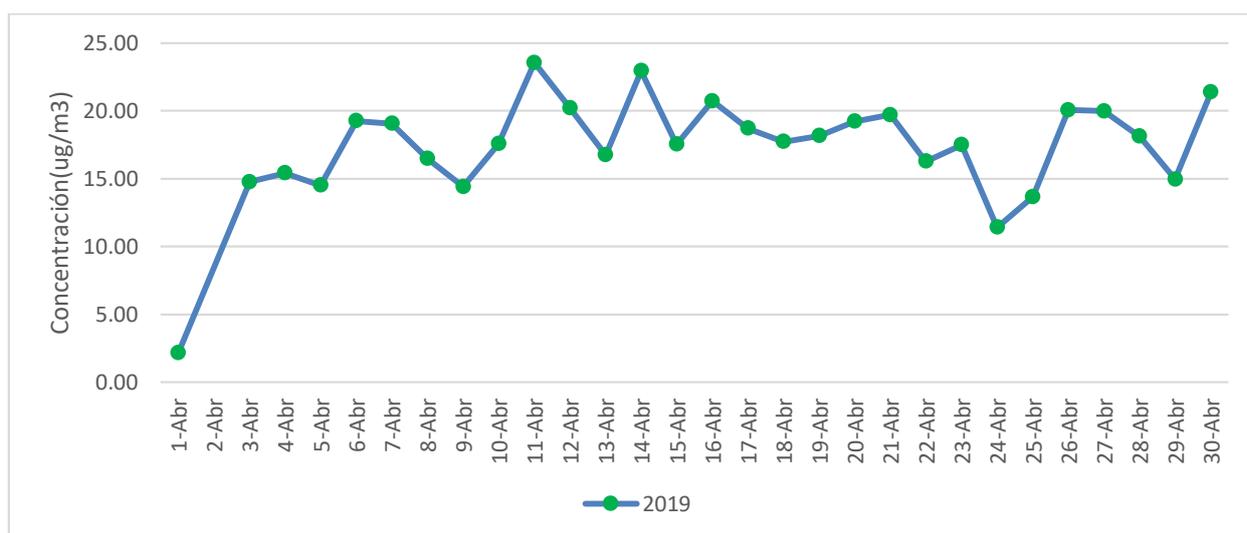


Figura 25. Variación diaria de la concentración de O_3 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Abril

En la Figura 25, la concentración máxima de O_3 del año 2019 fue de $22,94 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 11 de abril y mínima de $2,17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 1 de abril en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el O_3 debe ser menor a $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, ambos valores de este contaminante representan una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

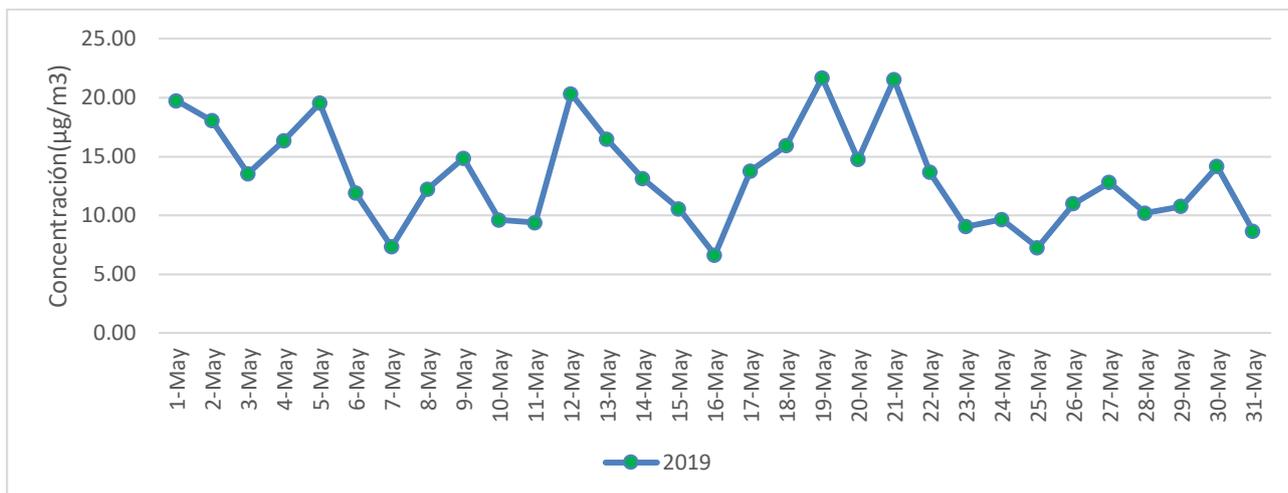


Figura 26. Variación diaria de la concentración de O₃(µg/m³) – Mayo

En la Figura 26, la concentración máxima de O₃ del año 2019 fue de 21,68 µg/m³ para el día 19 de mayo y mínima de 6,61 µg/m³ para el día 6 de mayo en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el O₃ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, ambos valores de este contaminante representan una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 60 µg/m³.

4.2.6. Material particulado de 2.5 µg/m³ (PM_{2.5})

Los resultados obtenidos para el contaminante PM_{2.5} son los siguientes:

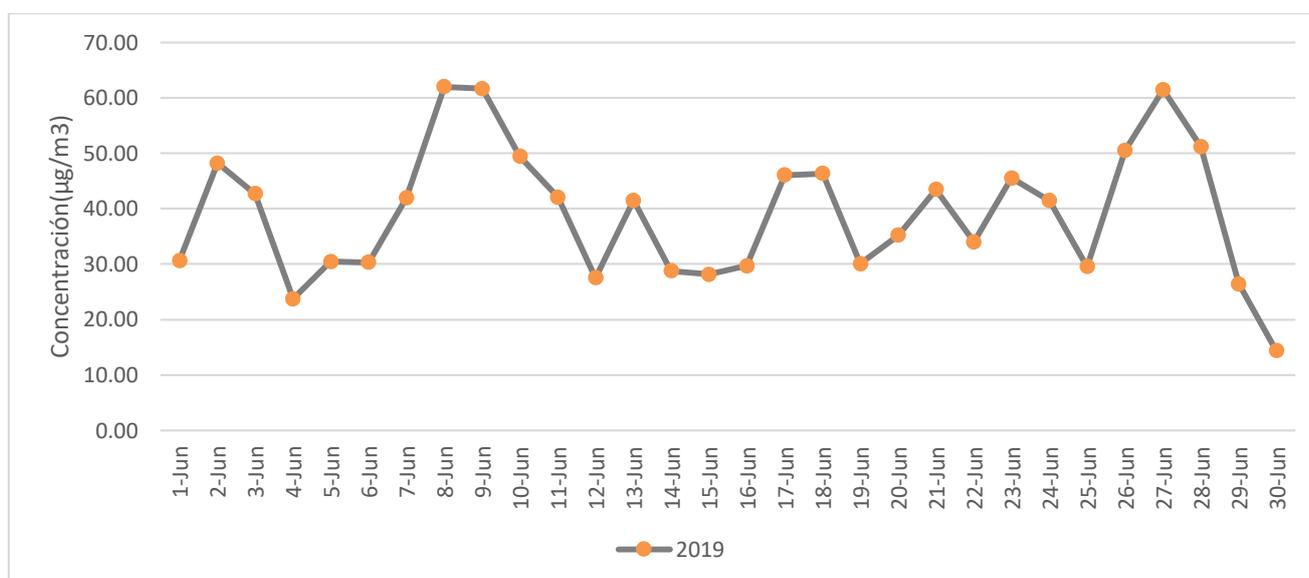


Figura 27. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Junio

En la Figura 27, la concentración máxima de PM_{2.5} del año 2019 fue de

62,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 08 de junio y mínima de 14,34 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 30 de junio en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, El $\text{PM}_{2.5}$ debe ser menor a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, el valor máximo sobrepasa el estándar y el mínimo cumple con el parámetro establecido. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una mala calidad del aire por estar entre los rangos de 25,1 a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; mientras, el mínimo valor representa una moderada calidad del aire ya que se encuentra entre 12,6 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

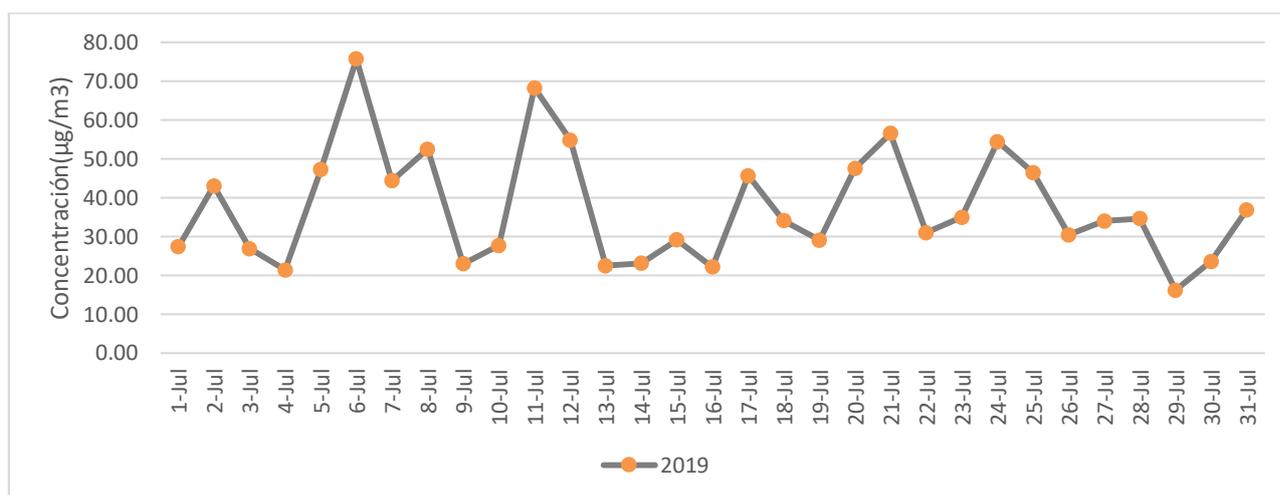


Figura 28. Variación diaria de la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Julio

En la Figura 28, la concentración máxima de $\text{PM}_{2.5}$ del año 2019 fue de 75,79 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 06 de julio y mínima de 16,20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 29 de julio en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el $\text{PM}_{2.5}$ debe ser menor a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados no son aceptables. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una mala calidad del aire por estar entre los rangos de 25,1 a 150 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; mientras, el mínimo valor representa una moderada calidad del aire ya que se encuentra entre 12,6 a 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

4.3. Evaluación de la calidad del aire después del confinamiento social por COVID-19

4.3.1. Material particulado de 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ($\text{PM}_{2.5}$)

Los resultados obtenidos para el contaminante $\text{PM}_{2.5}$ son los siguientes:

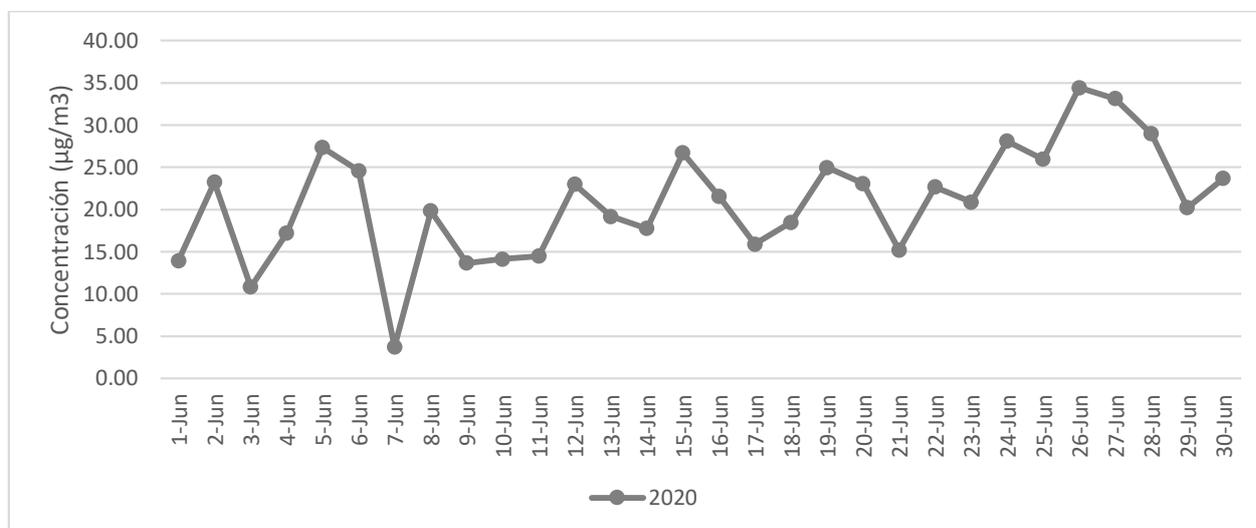


Figura 29. Variación diaria de la concentración de $\text{PM}_{2.5}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Junio

En la Figura 29, La concentración máxima de $\text{PM}_{2.5}$ del año 2020 fue de $34,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 26 de junio y mínima de $3,74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ para el día 7 de junio en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el $\text{PM}_{2.5}$ debe ser menor a $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, ambos valores de este contaminante representan una mala calidad del aire ya que se encuentra entre $25,1$ a $125 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

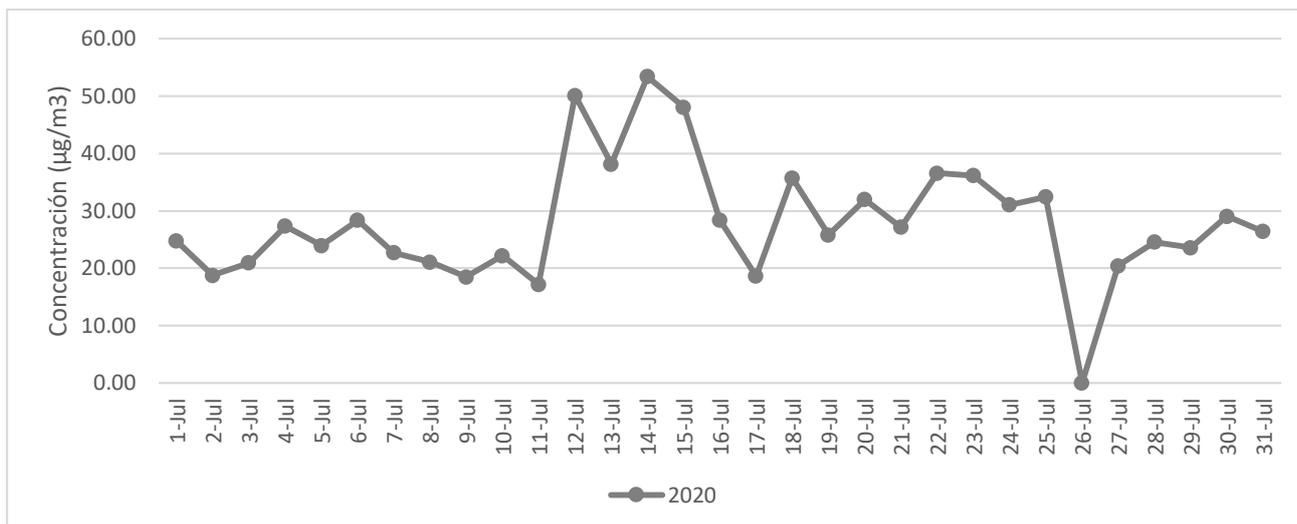


Figura 30. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Julio

En la Figura 30, La concentración máxima de PM_{2.5} del año 2020 fue de 53,44 µg/m³ para el día 14 de julio y mínima de 17,17 µg/m³ para el día 11 de julio en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el PM_{2.5} debe ser menor a 50 µg/m³, por lo tanto, el valor máximo sobrepasa el estándar y el mínimo es menor al parámetro establecido. Para el INCA, el máximo valor de este contaminante representa una mala calidad del aire por estar entre el rango de 25,1 a 125 µg/m³; mientras, el mínimo valor representa una calidad moderada del aire ya que se encuentra entre 12,6 a 25 µg/m³.

4.3.2. Ozono troposférico (O₃)

Los resultados obtenidos para el contaminante O₃ son los siguientes:

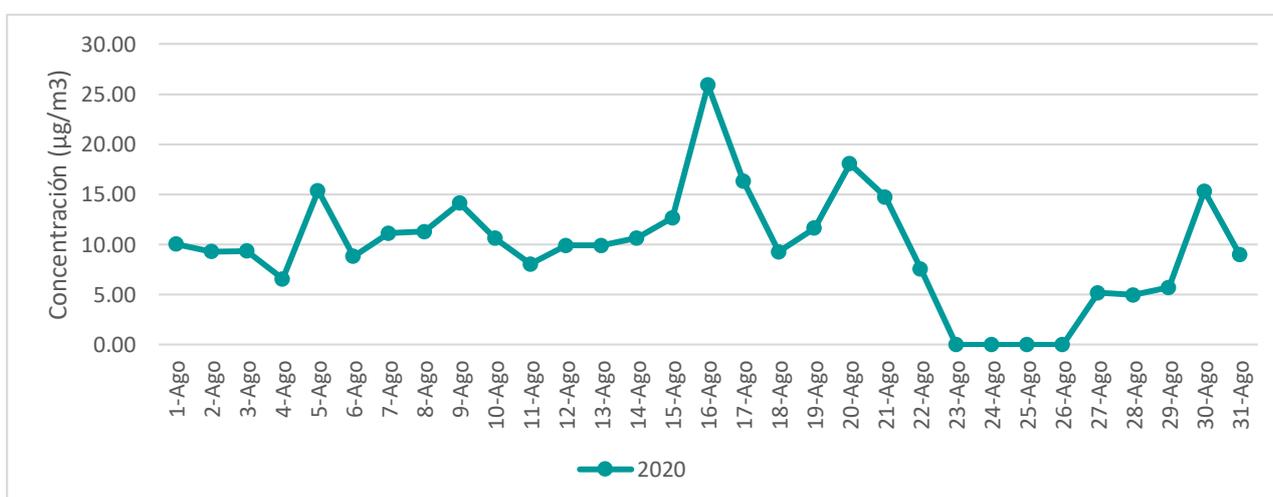


Figura 31. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Junio

En la Figura 31, La concentración máxima de O₃ del año 2020 fue de 31,78 µg/m³ para el día 21 de junio y mínima de 8,37 µg/m³ para el día 2 de junio en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, O₃ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, ambos valores de este contaminante representan una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 60 µg/m³.

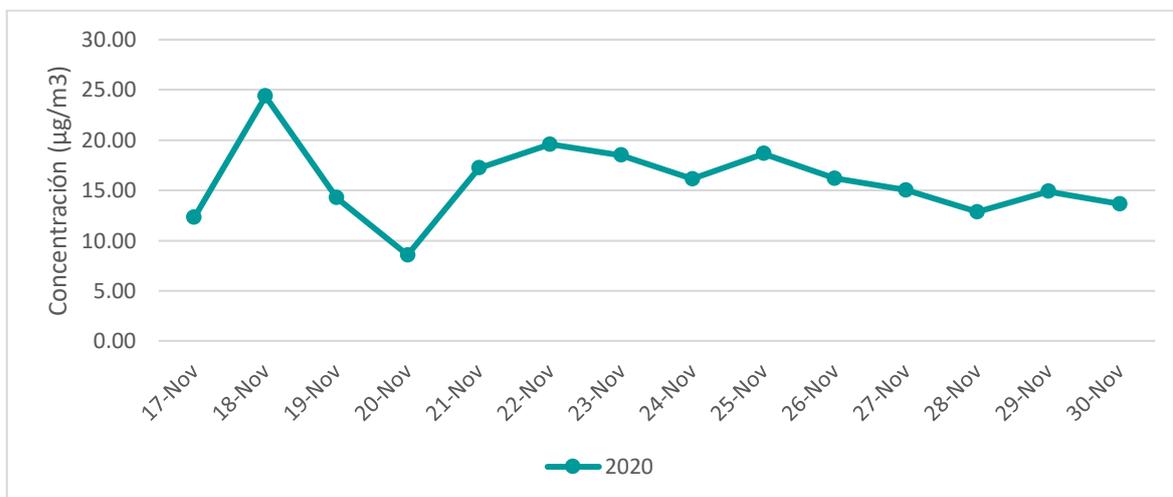


Figura 32. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Setiembre

En la Figura 32, La concentración máxima de O₃ del año 2020 fue de 19,13 µg/m³ para el día 19 de septiembre y mínima de 3,92 µg/m³ para el día 1 de septiembre en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, O₃ debe ser menor a 100 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA, ambos valores de este contaminante representan una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 60 µg/m³.

4.3.3. Monóxido de carbono (CO)

Los resultados obtenidos para el contaminante CO son los siguientes:

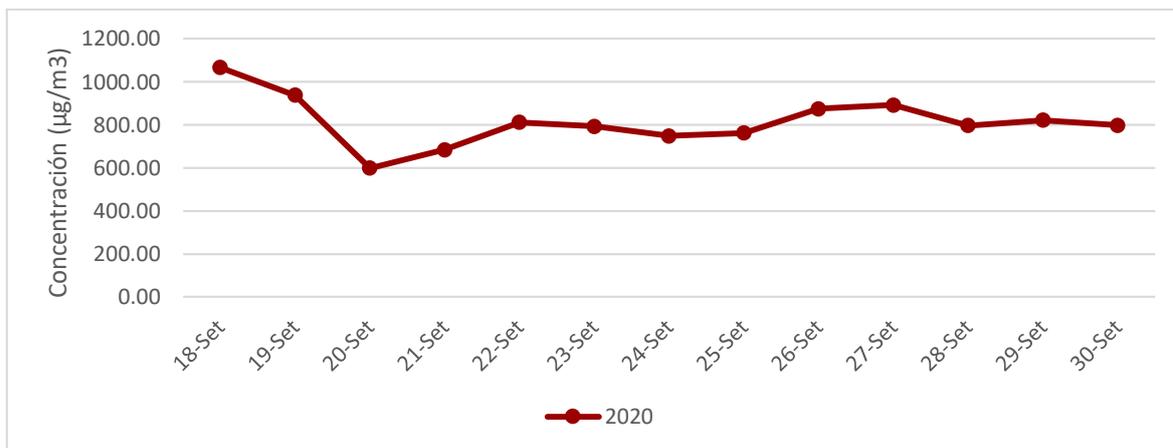


Figura 33. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) - Setiembre

En la Figura 33, La concentración máxima de CO del año 2020 fue de 1066,98 µg/m³ para el día 18 de septiembre y mínima de 599,28 µg/m³ para el día 20 de septiembre en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el CO debe ser menor a 10000 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA ambos valores de este contaminante representan una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 5049 µg/m³.

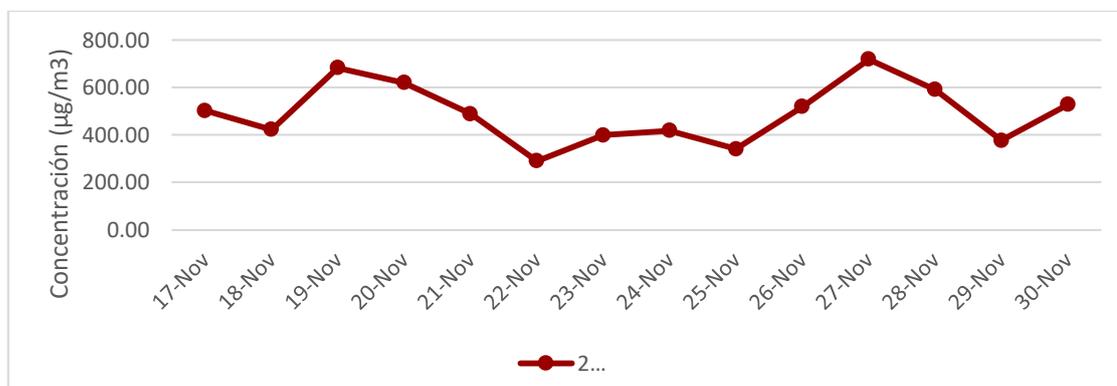


Figura 34. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Noviembre

En la Figura 34, La concentración máxima de CO del año 2020 fue de 718,22 µg/m³ para el día 27 de noviembre y mínima de 290,36 µg/m³ para el día 22 de noviembre en la evaluación diaria del distrito de SJL. Según el ECA del aire, el CO debe ser menor a 10000 µg/m³, por lo tanto, ambos valores hallados son aceptables. Para el INCA ambos valores de este contaminante representan una buena calidad del aire ya que se encuentra entre 0 a 5049 µg/m³.

V. DISCUSIÓN

El presente trabajo fue desarrollado en el distrito de SJL por medio de gráficos de barra y lineales para la comparación de las concentraciones de seis contaminantes (CO, NO₂, O₃, SO₂, PM_{2.5} y PM₁₀). Antes del confinamiento social, los contaminantes PM₁₀ y PM_{2.5} en el año 2019 sobrepasaron los ECAs; sin embargo, para el año 2020 durante el confinamiento social en los meses de marzo, abril y mayo hubo una reducción significativa en la concentración de PM_{2.5}, y después del confinamiento social también se evidenció reducción de la concentración de este contaminante, principalmente en los meses de junio, julio, agosto y setiembre. Para el contaminante CO, en el año 2020 hubo una reducción en los meses de setiembre y noviembre; sin embargo, el gas O₃, aumentó de manera significativa en los meses de junio y setiembre.

En los resultados obtenidos se muestra la reducción de CO y O₃ en 4,28 y 0,15%, respectivamente. Estos valores son similares a la investigación de Ortega (2020) quien estudió la disminución de los gases O₃, SO₂, NO₂ y CO durante el confinamiento social de Bogotá, Buenos Aires, Lima, Quito y Santiago de Chile. La ciudad de Lima se destaca por la reducción en la concentración de NO₂ en 39,55%, CO en 6,69% y O₃ en 0,47%, concluyendo que hubo una reducción significativa en los gases O₃, NO₂ y CO.

Rivera (2020) evaluó la calidad del aire y la relación del efecto del parque automotor en Lima Metropolitana durante el periodo de aislamiento social (COVID 19) evidenciando una reducción significativa de PM_{2.5} en este periodo que fueron de 16 y 14 µg/m³ en la tercera semana de marzo, de PM₁₀ en 46 y 38 µg/m³ valores promedios, también para el O₃ en el mes abril aumentó hasta 34 µg/m³. Estos resultados obtenidos son similares a nuestro trabajo de investigación concordando que hubo una reducción significativa en los contaminantes presentados y una de las principales actividades como el transporte influyó durante el confinamiento social, teniendo una relación significativa con estos contaminantes en la reducción de vehículos y la baja demanda de combustibles.

Los resultados de la evaluación realizada antes del confinamiento social para PM_{2.5}, en los meses de junio y julio sobrepasaron el ECA, siendo sus valores máximos de 62,01 y 75,79 µg/m³, respectivamente; asimismo, para el INCA en los días 8 de junio y 6 de julio tuvieron una mala calidad del aire, que posiblemente impactó de manera negativa a la población sensible (niños, adultos mayores, mujeres embarazadas y personas con enfermedades respiratorias) y una cierta población en general. Según Centurión y Fababa (2020) analizaron la concentración de PM_{2.5} en Lima Metropolitana antes y durante la cuarentena que demostró la disminución de las concentraciones de PM_{2.5} en los distritos de SJL, Carabayllo, VMT y San Borja con valores de 44%, 53%, 36% y 31%, respectivamente; se comprobó que en el mes de marzo del 2019 el distrito de SJL obtuvo la concentración de 26,28 µg/m³ de este contaminante; en cambio en el resultado obtenido en la presente investigación fue de 30,69 µg/m³. Para los meses junio y julio se concuerda con los resultados de estos autores.

Durante el confinamiento social, este contaminante mostró valores aceptables para el ECA en los meses de marzo, abril y mayo, siendo sus valores máximos de 14,09, 17,21 y 30,89 µg/m³, respectivamente. Mientras los valores mínimos de 6,72, 7,58 y 10,27 µg/m³; asimismo, para el INCA, en marzo y abril se tuvo una calidad del aire moderada y en mayo una mala calidad del aire. Según Abdullah *et al.* (2020), determinaron que hubo reducción de los niveles de PM_{2.5} durante el 18 de marzo al 14 de abril de 2020. Antes de la inmovilización, el PM_{2.5} se encontraba entre 42,5 y 69,2 µg/m³; durante la cuarentena se restringió a un máximo de 25 µg/m³ de PM_{2.5} reduciendo su emisión y siendo un valor aproximado obtenido en la presente investigación. Estos resultados fueron obtenidos gracias a la creación del MCO (Orden de control de movimiento), institución encargada de la restricción vehicular y el confinamiento social. El MCO generó la suspensión del funcionamiento de las industrias, menos vehículos de motor en la carretera y la reducción de los contaminantes atmosféricos en las zonas altas de contaminación en Malasia. En Perú, ello puede ser implementado en el distrito de SJL para cumplir el INCA y asegurar la salud de las personas sensibles teniendo una buena calidad de aire.

Después del confinamiento social, este contaminante mostró valores superiores al ECA del aire en el mes de julio ($53,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y valores aceptables para el mes de junio ($34,44 \mu\text{g}/\text{m}^3$); asimismo, en los meses de junio y julio según el INCA son considerados como mala calidad del aire. Se visualizó durante el confinamiento social, la disminución de $\text{PM}_{2.5}$; por otro lado, a finales del mes de mayo hasta julio aumentó las concentraciones de este contaminante debido a que se empezaron a flexibilizar las medidas de confinamiento social, y por la reactivación de las actividades económicas a nivel nacional en un 50% en los siguientes meses. Gaurav *et al.* (2021) mencionan que en la región IGP (India, Llanura Indogangética e India Central) mostró la reducción más alta de concentración de $\text{PM}_{2.5}$ en los meses de junio y julio ($42,12$ y $31,88 \mu\text{g}/\text{m}^3$) durante el 2020, similar a los resultados obtenidos.

La evaluación realizada antes del confinamiento social para SO_2 , mostró que los meses de enero, mayo y setiembre no sobrepasaron el ECA, siendo sus valores máximos $11,44$, $18,80$ y $22,97 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente; asimismo, en los meses de enero y febrero tuvieron una calidad del aire moderada y en el mes de setiembre una mala calidad del aire según el INCA. Anas *et al.* (2020) examinaron la variación de la concentración de SO_2 antes del confinamiento social en la ciudad de Salé en Marruecos, desde el 11 hasta el 20 de marzo, teniendo valores promedio de $6,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$, el cual es un valor inferior según los estándares de dicho país. Esto demostró que los valores de SO_2 no sobrepasan los estándares de calidad del aire en Marruecos ni en Perú. Durante el confinamiento social este contaminante, mostró valores aceptables para el ECA en los meses de marzo, abril y mayo, siendo sus valores máximos $19,8$, $12,77$ y $11,26 \mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente; asimismo, para el INCA en estos meses se tuvo una calidad moderada del aire. Según Tobías *et al.* (2020), la disminución de SO_2 registradas fue alrededor de $18,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$ notándose ligeros cambios de $-0,2$ y $+0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en Barcelona, España durante el confinamiento social que son similares a los resultados obtenidos el mes de marzo. Después del confinamiento social no se cuenta con información del SENAMHI, esto se debe a que la estación de monitoreo ubicada en el distrito de SJL se encontraba en mantenimiento.

La evaluación realizada antes del confinamiento social para O₃, mostró en los resultados que los meses de abril y mayo no sobrepasaron el ECA, siendo sus valores máximos 22,94 y 21,68 µg/m³, respectivamente; asimismo, para el INCA, ambos meses se cuenta con buena calidad del aire. Según Sicard *et al.* (2020) estudiaron del 1 de enero al 21 de diciembre de 2019, la concentración promedio de O₃ fue de 90 µg/m³ para ciudades de Turín y Wuhan; el valor se triplica con los resultados obtenidos. Durante el confinamiento social este contaminante mostró valores aceptables para el ECA en el mes de mayo con el valor máximo de 17,35 µg/m³; asimismo, para el INCA se tiene una buena calidad del aire. Luego del confinamiento social, este contaminante mostró valores aceptables para el ECA del aire en los meses de junio (31,78 µg/m³) y setiembre (19,13 µg/m³); asimismo, para el INCA, estos meses tienen buena calidad del aire, demostrando tener en el mes de junio el valor alto de O₃. Según Tobías (2020), se registraron valores promedios altos en los períodos mayo hasta agosto (56-73 µg/m³). El O₃ exhibió un aumento significativo que pudo deberse a la disminución de emisiones de NO_x que provienen de las actividades de transporte, siendo una de las causas principales, que concuerdan con Silva (2018).

La evaluación realizada antes del confinamiento social para CO, mostró en los resultados que los meses de abril y setiembre no sobrepasaron el ECA, siendo sus valores máximos de 2588,52 y 948,61 µg/m³, respectivamente; asimismo, para el INCA, ambos meses representan una buena calidad del aire y a pesar de que no sobrepasa los estándares, se ve la disminución significativa de CO en estos meses. Para NO₂, mostró en los resultados que el mes de enero no sobrepasa el ECA, siendo su valor máximo 28,71 µg/m³; asimismo, para el INCA, cuenta con una buena calidad del aire. Para PM₁₀, sus valores no fueron aceptables para el ECA del aire en el mes de febrero y setiembre siendo 119,2 y 110,63 µg/m³, respectivamente; asimismo, para el INCA, cuenta con una moderada calidad del aire y para febrero del año 2020, el valor fue 78,85 aceptable para el ECA. Según He *et al.* (2017), los contaminantes evaluados con mayor disminución en los años 2014 y 2015 fueron en las ciudades: Shijiazhuang en PM₁₀ (213,8 – 147,6); Huhehaote (1,9 – 1,3) y Lasa (1,0 – 0,6) de CO y Tianjin (55- 42,1) de NO₂. Se demostró que hubo una reducción significativa en las

ciudades más contaminadas en China por las medidas de control de emisiones; similares a los resultados obtenidos. Por consiguiente, Silva *et al.* (2017) determinaron las tendencias de contaminación del aire por partículas midiéndose las concentraciones de PM₁₀, evaluando que en el distrito de SJL tiene un valor alto de 85 µg/m³, se dedujo que los meses con alza en concentraciones de PM₁₀ son de febrero a abril, sin embargo, para el año de estudio 2019 comparado con estos resultados, se vio el aumento de concentraciones, llegando a sobrepasar el estándar y teniendo una moderada calidad del aire.

Durante el confinamiento social, el CO mostró valores aceptables para el ECA en el mes de febrero con el valor máximo de 3335,13 µg/m³; asimismo, para el INCA se tiene una buena calidad del aire. En Collivignarelli *et al.* (2020) estudiaron el impacto del confinamiento social donde la concentración de PM₁₀, se redujo de manera significativa en un rango de 47,1 - 56,8 µg/m³ en la ciudad de Milán.

Otros autores como Nakada y Urban (2020) también evaluaron la calidad del aire en San Pablo- Brasil por el confinamiento por Covid-19, observando las reducciones de las concentraciones de CO (64,8%) y NO₂ (54,3%) en el área urbana de la ciudad y Represa *et al.* (2021) que evaluaron los cambios en las concentraciones de contaminantes del aire durante el cierre en Amba y Buenos Aires (Caba), las concentraciones de NO₂ se vieron reducidas en las ciudades de Matanza (49%), Centenario (38%), Córdoba (2,3%) y La Boca (13%); respecto al PM₁₀ disminuyó en La Boca (71%), Córdoba (33%), Centenario (14%), Dock Sud (7%) y PM_{2.5} redujo en Dock Sud (8%). Por otro lado, Rojas *et al.* (2021) evaluaron los efectos de la pandemia por Covid-19 en la polución del aire de Lima Metropolitana (LMA) para NO₂, O₃ y material particulado (PM_{2.5} y PM₁₀). Estos autores comprobaron estadísticamente que durante el cierre hubo una disminución de los siguientes contaminantes: PM_{2.5} (31 y 43%), PM₁₀ (40 y 58%) y NO₂ (46 y 48%). Esto demostró resultados similares al estudio presentado, concordando que en diferentes ciudades han experimentado reducciones significativas en la calidad del aire durante el confinamiento social sea por las restricciones o suspensión de principales actividades como el transporte, comercio e industria.

Después del confinamiento social, para CO se mostró valores aceptables para el ECA del aire en los meses de setiembre ($1066,98 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y noviembre ($718,22 \mu\text{g}/\text{m}^3$); asimismo, para el INCA, estos meses tienen buena calidad del aire. Para PM_{10} , se mostró valores no aceptables para el ECA del aire en el mes de diciembre ($116,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y para el INCA, este mes tiene una calidad del aire moderada. Según Orak y Ozdemir (2021) evaluaron la variabilidad de PM_{10} , durante y después de las restricciones, teniendo para el mes de junio la disminución máxima de $63,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$ comparado con meses anteriores en la ciudad de Turquía; sin embargo, en los resultados obtenidos en el estudio, aumentaron para los siguientes meses, como es el mes de diciembre sobrepasando el ECA y teniendo una moderada calidad del aire con una concentración de $116,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Del mismo modo, Rafael (2021) analizó el efecto del aislamiento social en la calidad del aire en Lima Metropolitana, teniendo en cuenta que en el distrito de SJL se obtuvo valores promedios de reducción significativo en el mes de setiembre de $46,01 \pm 0,48 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de CO y $24,46 \pm 9,79 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de PM_{10} , resultados similares obtenidos del estudio en este mes y noviembre de CO que son aceptables con el ECA. En cambio, para el PM_{10} , a diferencia con el mes de setiembre y noviembre, se observó el aumento en los últimos meses del año 2020, sobrepasando el ECA con una calidad del aire moderada, uno de los principales factores sería la reactivación significativa de las actividades industriales, comerciales y de transporte.

VI. CONCLUSIONES

El confinamiento social por COVID-19 mejora la calidad del aire y muestra que se deben tomar medidas de control urbano para reducir la concentración de contaminantes atmosféricos. Entre los resultados más relevantes se tiene:

1. Durante el confinamiento social, el principal contaminante que obtuvo mayor reducción fue el PM_{2.5}, teniendo valores de 14,09, 17,21 y 30,89 µg/m³ en los meses de marzo, abril y mayo de 2020, respectivamente. Mientras, comparados con los valores de PM_{2.5} en el año 2019 (antes del confinamiento), los valores fueron de 30,69, 46,20 y 55,80 µg/m³ en los meses de marzo, abril y mayo, respectivamente; evidenciando la disminución significativa de este contaminante.
2. Antes del confinamiento social por COVID – 19 en el distrito de SJL, los gases más contaminantes en el año 2019 fueron el PM_{2.5} (junio con 62,01 µg/m³ y julio con 75,79 µg/m³), PM₁₀ (febrero con 119,12 µg/m³ y setiembre con 110,63 µg/m³) y SO₂ (mayo con 18,80 µg/m³ y setiembre con 22,97 µg/m³). De estos contaminantes, el PM_{2.5} y PM₁₀ sobrepasan los ECAs y se encuentran entre mala y moderada calidad del aire según el INCA.
3. Después del confinamiento social por COVID - 19 en el distrito de SJL, a partir del mes de julio de 2020 se mantuvo una reducción de CO, registrando su valor máximo (2218,63 µg/m³) en el mes de octubre y su valor mínimo (290,36 µg/m³) en el mes de noviembre.

VII. RECOMENDACIONES

Verificar que la estación meteorológica de la zona de estudio esté activa y cumpla con los datos necesarios de los contaminantes atmosféricos para la evaluación de la calidad del aire antes, durante y después del confinamiento social.

Hacer revisiones históricas de años anteriores para la comparación de los datos de cada uno de los contaminantes y tener una comprensión más clara de la variación de los valores de cada contaminante atmosférico.

Considerar la influencia de los factores meteorológicos, topografía y la zona de estudio para las respectivas comparaciones para cada contaminante atmosférico en estudio.

Evaluar la variación de la concentración de los diferentes gases dentro de los sectores de principal emisión.

REFERENCIAS

ABDULLAH, S. *et al.* Air quality status during 2020 Malaysia Movement Control Order (MCO) due to 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) pandemic. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2020, Vol. 729. 139-222 [fecha de consulta 14 de abril de 2021]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139022.

ANAS, O. *et al.* Impact of Covid-19 lockdown on PM10, SO2 and NO2 concentrations in Salé City (Morocco). *Science of the Total Environment* [en línea]. 2020, Vol. 735. 139-541 [fecha de consulta 16 de octubre de 2021]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139541.

ARIAS, R. y MEJÍA, J. Gaussian approach for probability and correlation between the number of COVID-19 cases and the air pollution in Lima. *Urban Climate* [en línea]. 2020, Vol. 33. 100-664 [fecha de consulta 2 mayo 2021]. ISSN 22120955. DOI 10.1016/j.uclim.2020.100664.

CENTURIÓN FERNÁNDEZ, J y FABABA RODRIGUEZ, E. *Análisis de la concentración de material particulado 2.5 y gases de efecto invernadero de Lima Metropolitana antes y durante de la cuarentena por SARS- COV-2* [en línea]. Tesis de Licenciatura. Universidad Peruana de la Unión, Lima, 2020. [Consultado 30 de abril de 2021]. Disponible en: https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/UPEU/3268/Julia_Trabajo_Bachillerato_2020.pdf?sequence=5&isAllowed=y

CERRATO, M., MIRÓ, C. y PINILLA, E. Effect of covid-19 lockdown on air quality in urban and suburban areas of extremadura, southwest spain: A case study in usually low polluted areas. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea]. 2021, Vol. 37. 237-247 [fecha de consulta 2 mayo 2021]. ISSN 01884999. DOI 10.20937/RICA.54145.

CHÁVEZ, E. Incidence of the quarantine due to COVID-19, in the air quality (NO2) of the city of Lima. *Revista del Instituto de Investigación, Facultad de Ingeniería Geológica Minera, Metalúrgica y Geográfica* [en línea]. 2020, Vol.26. 64-71 [fecha de consulta 31 de octubre de 2021]. ISSN 1682-3087. DOI 10.15381/iigeo.v23i46.18183.

COLLIVIGNARELLI, M. *et al.* Lockdown for CoViD-2019 in Milan: What are the effects on air quality?. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2020, Vol. 732. 139-280 [fecha de consulta 18 mayo 2021]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139280.

COŞKUN, H., YILDIRIM, N. y GÜNDÜZ, S. The spread of COVID-19 virus through population density and wind in Turkey cities. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2021, Vol. 751. 141- 663 [fecha de consulta 21 mayo 2021]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.141663.

DELGADO, A. y AGUIRRE, A. Modelamiento y evaluación del nivel de calidad del aire mediante el análisis de grey clustering, estudio de caso Lima metropolitana. *Tecnia* [en línea]. 2020, Vol.30. 114-120 [fecha de consulta 02 de mayo de 2021]. ISSN 0375-7765. DOI 10.21754/tecnica.v30i1.588.

ESPINOZA, E. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN. *Conrado* [en línea]. 2018, Vol.14, (64). 22-32 [fecha de consulta 11 de junio de 2021]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442018000400022.

ESTRADA ALCÁNTARA, A. *La contaminación del aire producido por los medios de transporte público, en el Distrito de San Juan de Lurigancho Urbanización Zárate 2013- 2016* [en línea]. Tesis de licenciatura. Universidad César Vallejo, Lima, 2016. [Consultado 01 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/4633>

ETIKAN, I. Comparison of Convenience Sampling and Purposive Sampling. *American Journal of Theoretical and Applied Statistics* [en línea]. 2016, Vol. 5. 1-12 [fecha de consulta 9 mayo 2021]. ISSN 2326-8999. DOI 10.11648/j.ajtas.20160501.11.

FLORES, E., MIRANDA, M. y VILLASIS, M. The research protocol VI: How to choose the appropriate statistical test. Inferential statics. *Rev Alerg Mex* [en línea]. 2017, Vol. 64, (3). 364-370 [fecha de consulta 16 de octubre de 2021]. ISSN 2448-9190. DOI 10.29262/ram.v64i3.304.

GALICIA, L., BALDERRAMA, J. y EDEL, R. Content validity by expert's judgment: Proposal for a virtual tool. *Apertura* [en línea]. 2017, Vol. 9, (2). 42-53 [fecha de consulta 10 de mayo de 2021]. ISSN 1665-6180. DOI 10.32870/ap. v9n2.993.

GARCÍA, A. y CUÉLLAR, I. Psychological impact of lockdown (confinement) on young children and how to mitigate its effects: Rapid review of the evidence. *Anuales de Pediatría (English Edition)* [en línea]. 2020, Vol. 93. 57-58 [fecha de consulta 10 de mayo de 2021]. ISSN 23412879. DOI 10.1016/j.anpede.2020.04.008.

GAURAV, M., et al. An application of probability density function for the analysis of PM2.5 concentration during the COVID-19 lockdown period. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2021, Vol. 782. 146-681 [fecha de consulta 16 de Octubre de 2021]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2021.146681.

GUEVARA REÁTEGUI, J. *Índice de calidad de aire en el Distrito de Morales debido a la presencia de material particulado 2.5 microgramos* [en línea]. Tesis de Licenciatura, Universidad Privado de la Unión, Tarapoto, 2017. [Consultado 01 de mayo de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/UPEU/799>

GÓMEZ, L. *et al.* Air quality status and trends over large cities in South America. *Environmental Science and Policy* [en línea]. 2020, Vol. 114. 422-435 [fecha de consulta 10 de mayo de 2021]. ISSN 18736416. DOI 10.1016/j.envsci.2020.09.009.

GUZMÁN VASQUEZ, J. *Evaluación de la calidad del aire de la central térmica de Ventanilla* [en línea]. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, 2019. [Consultado 16 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.unfv.edu.pe/handle/UNFV/4121>

HE, J., *et al.* Air pollution characteristics and their relation to meteorological conditions during 2014–2015 in major Chinese cities. *Environmental Pollution* [en línea]. 2017, Vol. 223. 484-496 [fecha de consulta 15 de mayo de 2021]. ISSN 18736424. DOI 10.1016/j.envpol.2017.01.050.

HUARANCCA HUAYHUAMEZA, A. *Manejo y gestión de la calidad del aire monitoreado constantemente la Carretera Central* [en línea]. Tesis de licenciatura, Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle. Lima, 2018. [Consultado 30 de abril de 2021]. Disponible en: <http://repositorio.une.edu.pe/handle/UNE/4663>

LANCHIPA, T., MORENO, K. y LUQUE, B. Perspectiva del COVID-19 sobre la contaminación del aire. *Rev. Soc. cient. Parag* [en línea]. 2020, Vol.25, (2). 155-182 [fecha de consulta 2 de mayo 2021]. ISSN 2617-4731. DOI 10.32480/rscp.2020.25.2.155.

MERINO, C. Diferencias entre coeficientes alfa de Cronbach, con muestras y partes pequeñas: Un programa VB. *Anales de Psicología* [en línea]. 2016, Vol. 32, (2). 587-588 [fecha de consulta 1 de mayo de 2021]. ISSN 16952294. DOI 10.6018/analesps.32.2.203841.

Ministerio del Ambiente (MINAM). D.S. N° 003- 2017- Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para aire y establecen disposiciones complementarias [en línea] [fecha de consulta 01 de mayo 2021]. Disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-aire-establecen-disposiciones>

NAKADA, L. y URBAN, R. COVID-19 pandemic: Impacts on the air quality during the partial lockdown in São Paulo state, Brazil. *Science of the Total Environment*, [en línea]. 2020, Vol. 730. 1-139 [fecha de consulta 9 de mayo de 2021]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139087.

ONDÉ, D., Revision of the Causality Concept in the Confirmatory Factor Analysis Framework. *Revista Iberoamericana de Diagnóstico y Evaluación-e Avaliação Psicológica* [en línea]. 2019, Vol. 1, (54). [fecha de consulta 9 de mayo de 2021]. ISSN 1135-3848. DOI 10.21865/RIDEP54.1.09.

ORAK, N. y OZDEMIR, O. The impacts of COVID-19 lockdown on PM10 and SO2 concentrations and association with human mobility across Turkey. *Environmental Research* [en línea]. 2021, Vol. 197. 111-118 [fecha de consulta 16 de octubre de 2021]. ISSN 10960953. DOI 10.1016/j.envres.2021.111018.

Organización Mundial de la Salud (OMS). Efectos de las cuarentenas y restricciones de actividad relacionadas con el COVID- 19 sobre la calidad del aire en las ciudades de América Latina [en línea]. Abril 2020. [fecha de consulta 01 de mayo 2021]. Disponible en: https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/45839/S2000476_es.pdf

ORTEGA MAMANI, M. *Influencia del confinamiento social por COVID-19 en los gases de la atmósfera en Bogotá, Buenos Aires, Lima, Quito y Santiago de Chile* [en línea]. Tesis de Licenciatura. Universidad César Vallejo, Lima, 2020. [Consultado 31 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/62576>

PACSI, S., Análisis temporal y espacial de la calidad del aire determinado por material particulado PM10 y PM2.5 en Lima Metropolitana. *Anales Científicos* [en línea]. 2016, Vol. 77, (2). 1-273 [fecha de consulta 28 de junio de 2021]. ISSN 0255-0407. DOI 10.21704/ac.v77i2.699.

RAFAEL QUISPE, K. *Impacto de la medida de aislamiento social obligatorio por COVID-19 en la calidad del aire (PM10, PM2.5, SO2 y CO) de Lima metropolitana* [en línea]. Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Peruana Unión, Lima, 2021. [Consultado 16 de octubre de 2021]. Disponible en https://repositorio.upeu.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12840/4559/Kevin_Tesis_Licenciatura_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

RAMIREZ, A. y POLACK, A. Estadística inferencial. Elección de una prueba estadística no paramétrica en investigación científica. *Horizontes de la ciencia* [en línea]. 2019, Vol.10, (19). 1-191 [fecha de consulta 31 de octubre de 2021]. ISSN 2413-936X. DOI 10.26490/uncp.horizonteciencia.2020.19.597.

REPRESA, N. *et al.* Atmospheric pollutants assessment during the covid-19 lockdown using remote sensing and ground-based measurements in buenos aires, argentina. *Aerosol and Air Quality Research* [en línea]. 2021, Vol. 21, (3). 1-12. [fecha de consulta 10 de mayo de 2021]. ISSN 20711409. DOI 10.4209/aaqr.2020.07.0486.

RODRÍGUEZ, J., *et al.* Cultura de paz en la pandemia por SARS-COV-2: confinamiento, tics y las redes sociales. *Academia Nacional de Medicina* [en línea]. 2021, Vol. 68, (2). 1-9. [fecha de consulta: 9 mayo 2021]. ISSN 03674762, Doi. 10.47307/GMC.2020.128.S2.21

RIVERA REFULIO, C. *Impacto del parque automotor y la calidad del aire en Lima Metropolitana durante las medidas de aislamiento social (COVID-19), 2020* [en línea]. Tesis de Licenciatura. Universidad César Vallejo, Lima, 2020. [Consultado 31 de octubre de 2021]. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12542/660>

RODRIGUEZ, Y; CASTELLANOS, A. y RAMIREZ, Z. Gestión documental, de información, del conocimiento e inteligencia organizacional: particularidades y convergencia para la toma de decisiones estratégicas. *Rev. cuba. inf. cienc. salud* [en línea]. 2016, Vol.27, (2). 206-224 [fecha de consulta 9 de mayo de 2021]. ISSN 2307-2113. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2307-21132016000200007&lng=es&nrm=iso

ROJAS, J. *et al.* Effects of COVID-19 pandemic control measures on air pollution in Lima metropolitan area, Peru in South America. *Air Quality, Atmosphere and Health [en líneas]*. 2021,1-9. [fecha de consulta: 9 mayo 2021]. ISSN 18739326. DOI 10.1007/s11869-021-00990-3.

ROMERO, Y. *et al.* Quantifying and spatial disaggregation of air pollution emissions from ground transportation in a developing country context: Case study for the Lima Metropolitan Area in Peru. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2020, Vol. 698. 134 – 313 [fecha de consulta 9 de mayo de 2021]. ISSN 18791026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2019.134313.

ROSAS, S., *et al.* Infección por COVID-19, una mirada a los factores ambientales relacionados con la pandemia. *Nova* [en línea]. 2020, Vol.18, (35). 101-105 [fecha de consulta: 9 mayo 2021]. ISSN 1794-2470. DOI 10.22490/24629448.4193.

SHINDO, D. y AKASE, Z. Direct observation of electric and magnetic fields of functional materials. *Elsevier Ltd.* [en línea]. 2020, Vol. 142. 1-54 [fecha de consulta 9 de mayo de 2021]. ISSN 0927-796X. DOI 10.1016/j.mser.2020.100564

SICARD, P. *et al.* Amplified ozone pollution in cities during the COVID-19 lockdown. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2020, Vol. 735. 139 – 542 [fecha de consulta: 9 mayo 2021]. ISSN 1879-1026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.139542.

SIEDLECKI, S. Understanding Descriptive Research Designs and Methods. *Clinical Nurse Specialist* [en línea]. 2020, Vol. 34. 8-12 [fecha de consulta 9 de mayo de 2021]. ISSN 1538-9782. DOI 10.1097/NUR.0000000000000493.

SILVA, J. *et al.* Particulate matter levels in a South American megacity: the metropolitan area of Lima-Callao, Peru. *Environmental Monitoring and Assessment* [en línea]. 2017, Vol. 189, (12). 1-18 [fecha de consulta 2 de mayo de 2021]. ISSN 1573-2959. DOI 10.1007/s10661-017-6327-2.

SILVA, J. *et al.* Ozone and volatile organic compounds in the metropolitan area of Lima-Callao, Peru. *Air Quality, Atmosphere and Health* [en línea]. 2018, Vol. 11, (8). 993-1008 [fecha de consulta 2 de mayo de 2021]. ISSN 1873-9326. DOI 10.1007/s11869-018-0604-2.

SKIRIENĖ, A. y STASIŠKIENĖ, Ž. COVID-19 and air pollution: Measuring pandemic impact to air quality in five European countries. *Atmosphere* [en línea]. 2021, Vol. 12, (3). 1-290 [fecha de consulta 1 de mayo de 2021]. ISSN 2073-4433. DOI 10.3390/atmos12030290.

SUNYER, J. *et al.* Environment and the COVID-19 pandemic. *Environmental Research. Environment* [en línea]. 2021, 1-110. ISSN 1096-0953. DOI 10.1016/j.envres.2021.110819

TOBÍAS, A. *et al.*, Changes in air quality during the lockdown in Barcelona (Spain) one month into the SARS-CoV-2 epidemic. *Science of the Total Environment* [en línea]. 2020, Vol. 726. 1-138 [fecha de consulta 1 de mayo de 2021]. ISSN 1879-1026. DOI 10.1016/j.scitotenv.2020.138540.

WIDYADHARMA, I., et al. Neurologic manifestations of COVID-19 infection in Asia: a systematic review. *Springer Science and Business Media Deutschland GmbH* [en línea]. 2021, Vol. 57. 1-28 [fecha de consulta 1 de mayo de 2021]. ISSN. 1110-1083. DOI 10.1186/s41983-021-00279-3

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Ambient air pollution: a global assessment of exposure and burden of disease. *Clean Air Journal* [en línea]. 2016, Vol. 26, (2). 1-6 [fecha de consulta 2 de mayo de 2021]. ISSN 2410-972X. DOI 10.17159/2410-972x/2016/v26n2a4.

ANEXOS
Anexo 1: Matriz de operacionalización

Influencia del confinamiento social por COVID- 19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho						
Variables		Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala / Unidad
Variable independiente	Confinamiento social por COVID-19	<p>El confinamiento social, es una medida de retención de la población dentro de sus domicilios, la cual fue dada para la prevención del contagio y contención del COVID-19. (Rodríguez et al., 2021)</p> <p>El COVID-19 una enfermedad virulenta, la cual muestra síntomas comunes como la tos seca, malestar y fiebre hasta dificultades para respirar. Esta infección también puede mostrar síntomas neurológicos como apoplejía, síndrome de Guillain-Barré, entre otros. (Widyadharm, 2021)</p>	Identificación de la calidad del aire durante el 2019 y en el periodo de confinamiento social por COVID-19 en 2020	Medidas del confinamiento social	<ul style="list-style-type: none"> • Material Particulado (MP) • Óxidos de azufre (SO_x) • Monóxido de carbono (CO) • Óxidos de nitrógeno (NO_x) • Ozono troposférico (O₃) 	Razón
				Calidad del aire antes del confinamiento social		Razón
						Razón
						Razón
Variable dependiente	Calidad del aire	<p>Es una medición del nivel de inmisión de cuan contaminado o limpio está el aire, esta se basa en la evaluación de aquellas concentraciones de contaminantes que están presentes en el ambiente que condicionan la buena o mala calidad de la misma. Para su conocimiento se hacen mediciones con equipos especializados. (Guevara, 2017)</p>	Promedios diarios de los contaminantes del aire.	Calidad del aire durante el confinamiento social	<ul style="list-style-type: none"> • Material Particulado (MP) • Óxidos de nitrógeno (SO_x) • Monóxido de carbono (CO) • Óxidos de nitrógeno (NO_x) • Ozono troposférico (O₃) 	Razón
				Calidad del aire después del confinamiento social		Razón
						Razón
						Razón

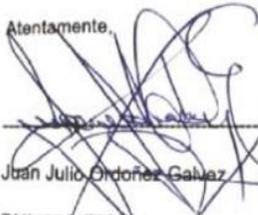
Anexo 2. Instrumentos de validación

Ficha 1: Registro de datos y descripción de contaminantes											
Título:	Influencia del confinamiento social por COVID- 19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho										
Línea de Investigación:	Calidad y gestión de los recursos naturales										
Responsables:	Medina Leon, Camila Andrea										
	Meza Felix, Mercy Fiorella										
Asesor:	Dr. Castañeda Olivera, Carlos										
Fecha del registro	Hora	Concentración de los parámetros contaminantes del aire						Unidad de medida	¿Excede el ECA del aire?	¿Excede los valores del INCA?	Observaciones
		Dióxido de azufre	Dióxido de Nitrógeno	Material particulado menor a 10 micras	Material particulado menor a 2.5 micras	Monóxido de carbono	Ozono troposférico				
	0:00:00							µg/m3			
	1:00:00							µg/m3			
	2:00:00							µg/m3			
	3:00:00							µg/m3			
	4:00:00							µg/m3			
	5:00:00							µg/m3			
	6:00:00							µg/m3			
	7:00:00							µg/m3			
	8:00:00							µg/m3			
	9:00:00							µg/m3			
	10:00:00							µg/m3			
	11:00:00							µg/m3			
	12:00:00							µg/m3			
	13:00:00							µg/m3			
	14:00:00							µg/m3			
	15:00:00							µg/m3			
	16:00:00							µg/m3			
	17:00:00							µg/m3			

	18:00:00							µg/m3			
	19:00:00							µg/m3			
	20:00:00							µg/m3			
	21:00:00							µg/m3			
	22:00:00							µg/m3			
	23:00:00							µg/m3			
Promedio de concentración diaria								µg/m3			


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0076275


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

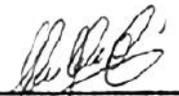
Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Ficha 2: Resumen de impactos de la calidad del aire respecto al año

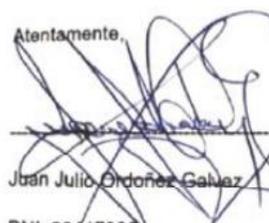
Título:	Influencia del confinamiento social por COVID- 19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho
Línea de Investigación:	Calidad y gestión de los recursos naturales
Responsables:	Medina Leon, Camila Andrea
	Meza Felix, Mercy Fiorella
Asesor:	Dr. Castañeda Olivera, Carlos

Resumen de impactos

Indicadores	2019	2020
Social		
Económico		
Ambiental		


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275


Dr. Eusebio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

Atentamente,

Juan Julio Ordoñez Galvez
 DNI: 08447308

Anexo 3. Validación de instrumentos



VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
- Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de datos y descripción de contaminantes**
- Autor(A) de Instrumento: **Medina León, Camila Andrea/ /Meza Felix, Mercy Fiorella**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
--

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 11 de junio del 2021


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0078275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Campus Los Olivos**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de datos y descripción de contaminantes**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Medina León, Camila Andrea / Meza Felix, Mercy Fiorella**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 11 de junio de 2021

Alentamento,

Juan Julio Ordoñez Gálvez
DNI: 08447306

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Campus Los Olivos**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Registro de datos y descripción de contaminantes**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Medina León, Camila Andrea/ Meza Felix, Mercy Fiorella**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
-

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 11 de junio de 2021


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Carlos Alberto Castañeda Olivera**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente e Investigador/UCV Campus Los Olivos**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Tecnología Mineral y Ambiental**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Resumen de impactos de la calidad del aire respecto al año**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Medina León, Camila Andrea / Meza Felix, Mercy Fiorella**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

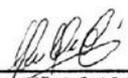
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 11 de junio de 2021


Dr. Ing. Carlos Alberto Castañeda Olivera
 DOCENTE E INVESTIGADOR
 CIP: 130267
 RENACYT: P0074275

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Acosta Suasnabar Eusterio Horacio**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Campus Los Olivos**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Ingeniería Química y Ambiental**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Resumen de impactos de la calidad del aire respecto al año**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Medina León, Camila Andrea/ Meza Felix, Mercy Fiorella**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE					MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE				
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

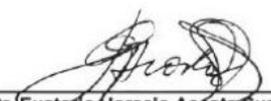
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 11 de junio de 2021


 Dr. Eusterio Horacio Acosta Suasnabar
 CIP N° 25450

I. DATOS GENERALES

- a. Apellidos y Nombres: **Dr. Ordoñez Gálvez Juan Julio**
- b. Cargo e institución donde labora: **Docente UCV Campus Los Olivos**
- c. Especialidad o línea de investigación: **Hidrología Ambiental**
- d. Nombre del instrumento motivo de evaluación: **Resumen de impactos de la calidad del aire respecto al año**
- e. Autor(A) de Instrumento: **Medina León, Camila Andrea/ /Meza Felix, Mercy Fiorella**

II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

CRITERIOS	INDICADORES	INACEPTABLE						MÍNIMAMENTE ACEPTABLE			ACEPTABLE			
		40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
1. CLARIDAD	Está formulado con lenguaje comprensible.											X		
2. OBJETIVIDAD	Está adecuado a las leyes y principios científicos.											X		
3. ACTUALIDAD	Está adecuado a los objetivos y las necesidades reales de la investigación.											X		
4. ORGANIZACIÓN	Existe una organización lógica.											X		
5. SUFICIENCIA	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales											X		
6. INTENCIONALIDAD	Está adecuado para valorar las variables de la Hipótesis.											X		
7. CONSISTENCIA	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.											X		
8. COHERENCIA	Existe coherencia entre los problemas objetivos, hipótesis, variables e indicadores.											X		
9. METODOLOGÍA	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para lograr probar las hipótesis.											X		
10. PERTINENCIA	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al Método Científico.											X		

III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD:

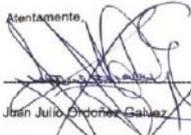
- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Si
-

IV. PROMEDIO DE VALORACIÓN:

90%

Lima, 11 de junio de 2021

Atentamente,

 Juan Julio Ordoñez Gálvez
 DNI: 08447308

ANEXO 4. ORIGINALIDAD DEL TURNITIN

Feedback Studio - Google Chrome
ev.turnitin.com/app/carta/es/?lang=es&s=1&student_user=1&u=1110708031&o=1711490857

feedback studio MERCY FIORELLA MEZA FELIX Turnitin Final- Meza y Medina.pdf



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Influencia del confinamiento social por COVID-19 en la calidad del aire del distrito de San Juan de Lurigancho

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Ambiental

AUTORAS:

Medina Leon, Camila Andrea (ORCID: 0000-0002-8462-1212)
Meza Felix, Mercy Fiorella (ORCID: 0000-0002-0460-195X)

ASESOR:

Resumen de coincidencias

9 %

Se están viendo fuentes estándar

[Ver fuentes en inglés \(Beta\)](#)

9

Coincidencias		
1	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	4 %
2	www.grafiati.com Fuente de Internet	1 %
3	Sánchez Ccoyllo, Odón,... Fuente de Internet	<1 %
4	www.ecoportel.net Fuente de Internet	<1 %
5	Entregado a Facultad L... Trabajo del estudiante	<1 %
6	repositorio.unsa.edu.pe	<1 %

Página: 1 de 47 Número de palabras: 11223 Versión solo texto del informe Alta resolución Activado

ANEXO 5. Figuras de acuerdo a objetivos

- Evaluación de los contaminantes atmosféricos durante el confinamiento social por COVID- 19
- **Ozono troposférico (O₃)**

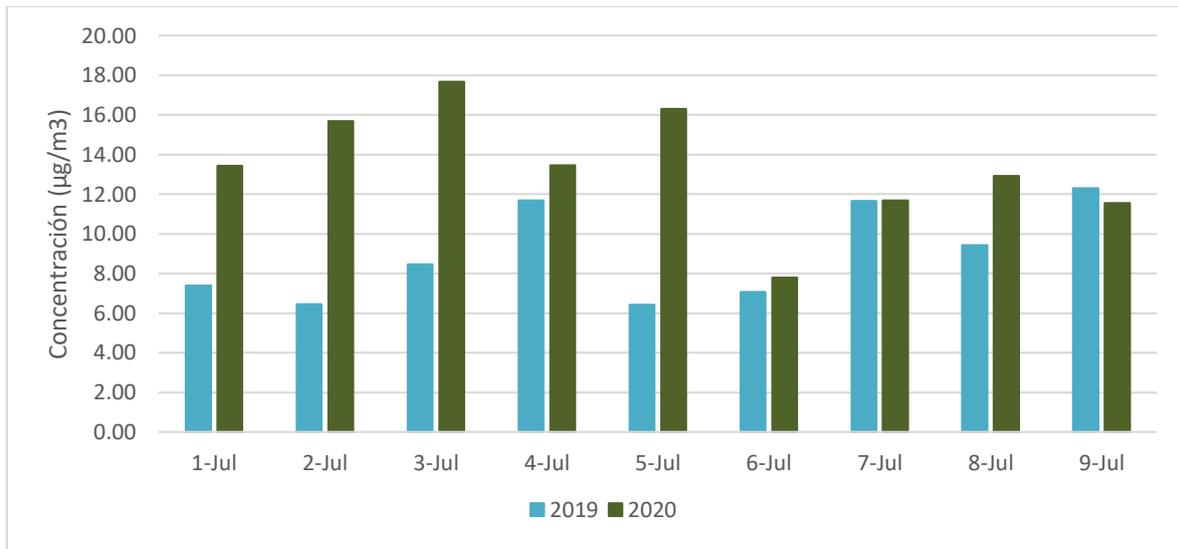


Figura 35. Variación diaria de concentración de O₃ (µg/m³) - Julio

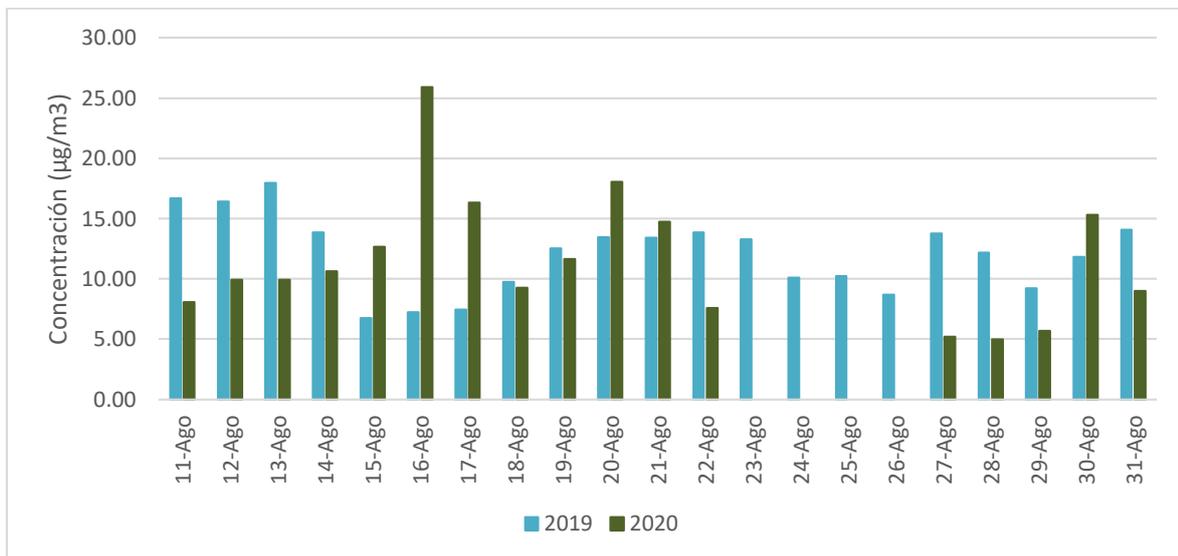


Figura 36. Variación diaria de concentración de O₃ (µg/m³) – Agosto

- Evaluación de la calidad del aire antes del confinamiento social por COVID – 19

- **Monóxido de carbono (CO)**

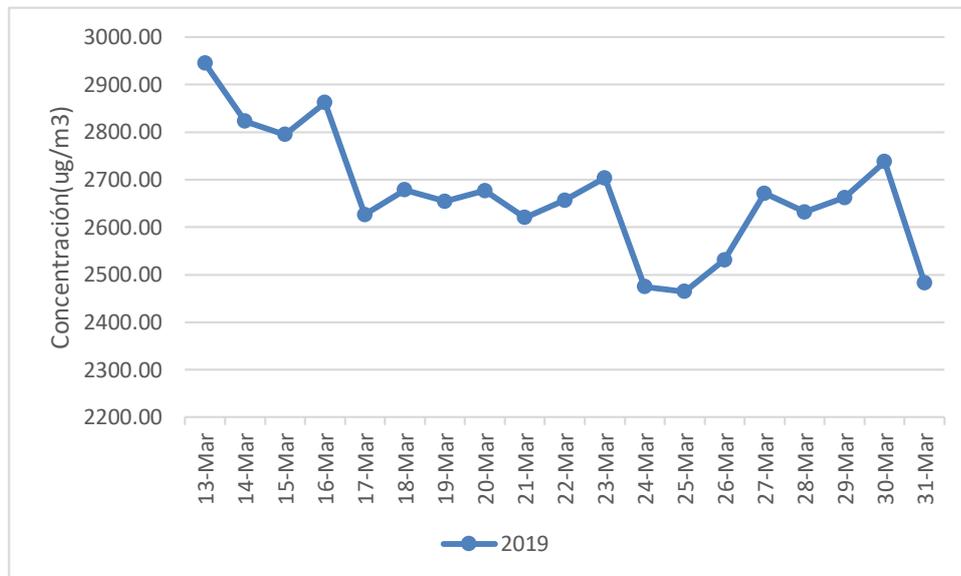


Figura 37. Variación diaria de la concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Marzo

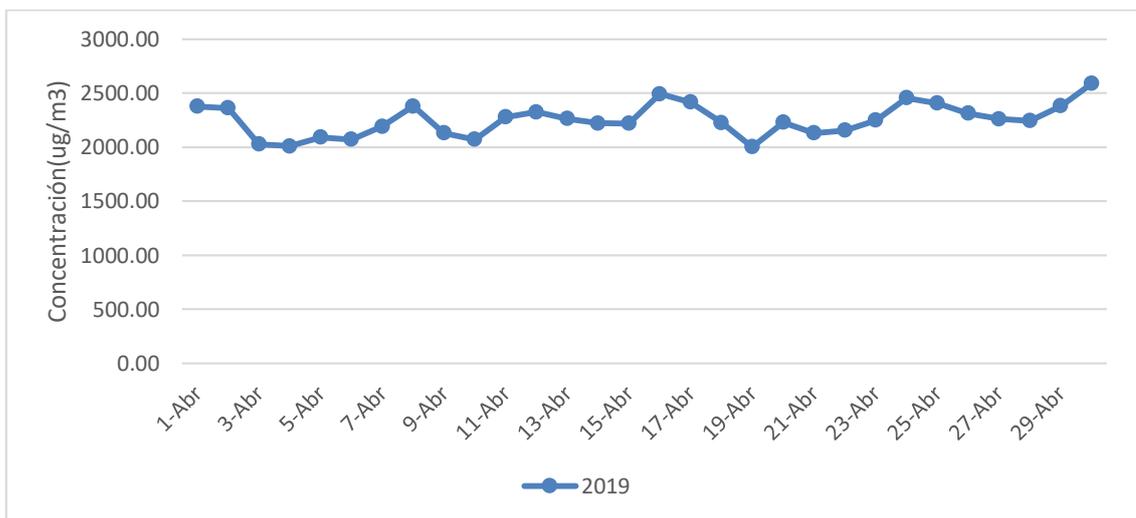


Figura 38. Variación diaria de la concentración de CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Abril

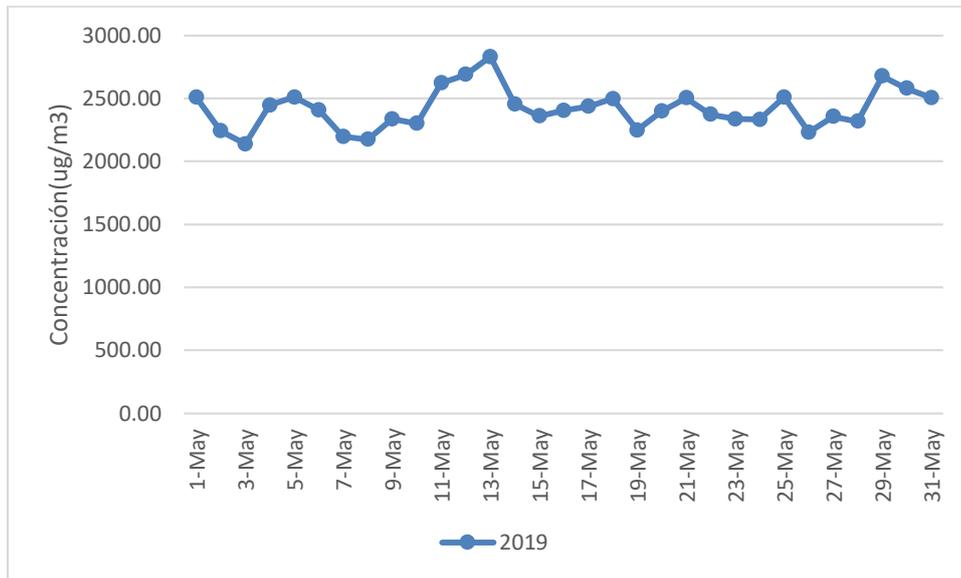


Figura 39. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Mayo

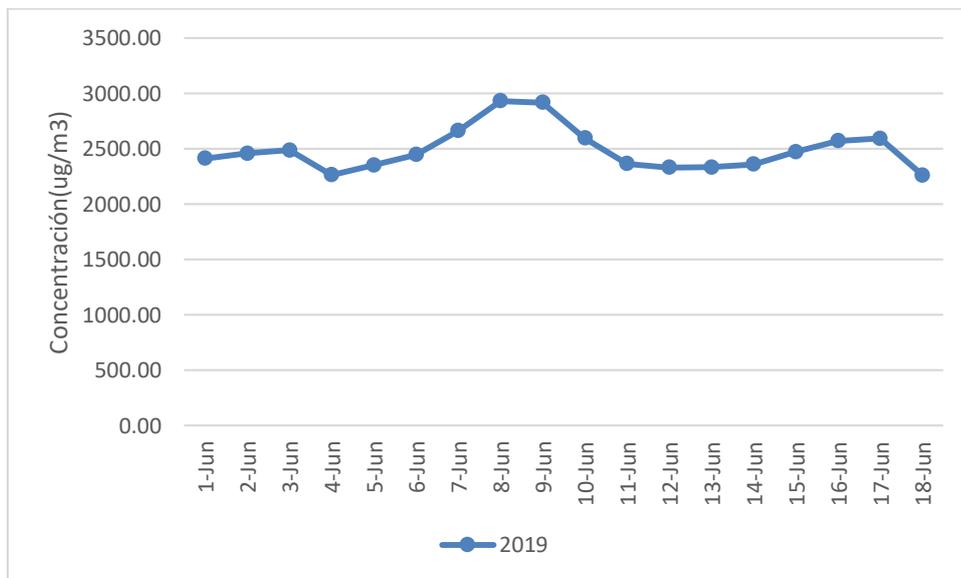


Figura 40. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Junio

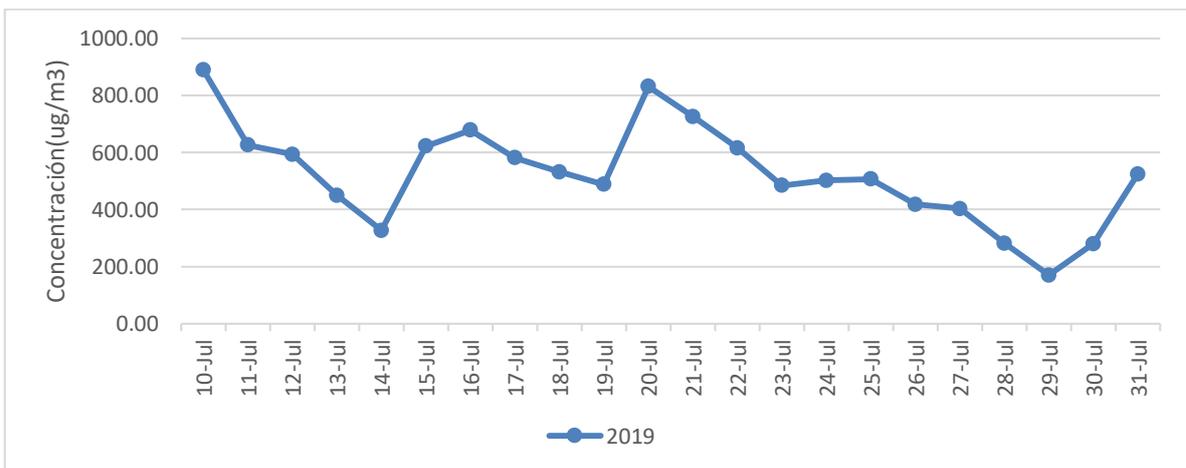


Figura 41. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Julio

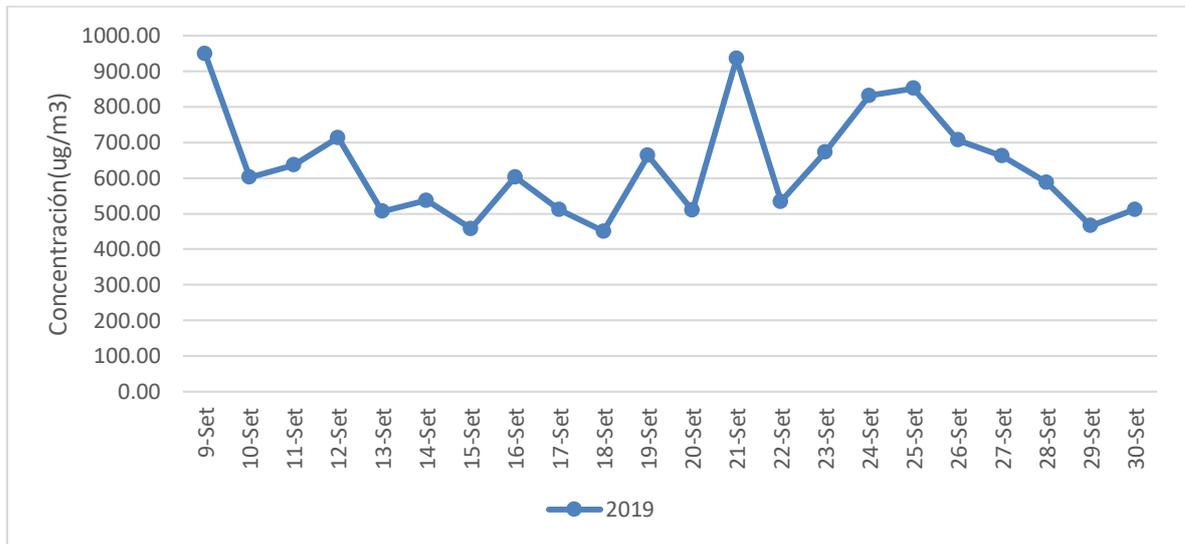


Figura 42. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Setiembre

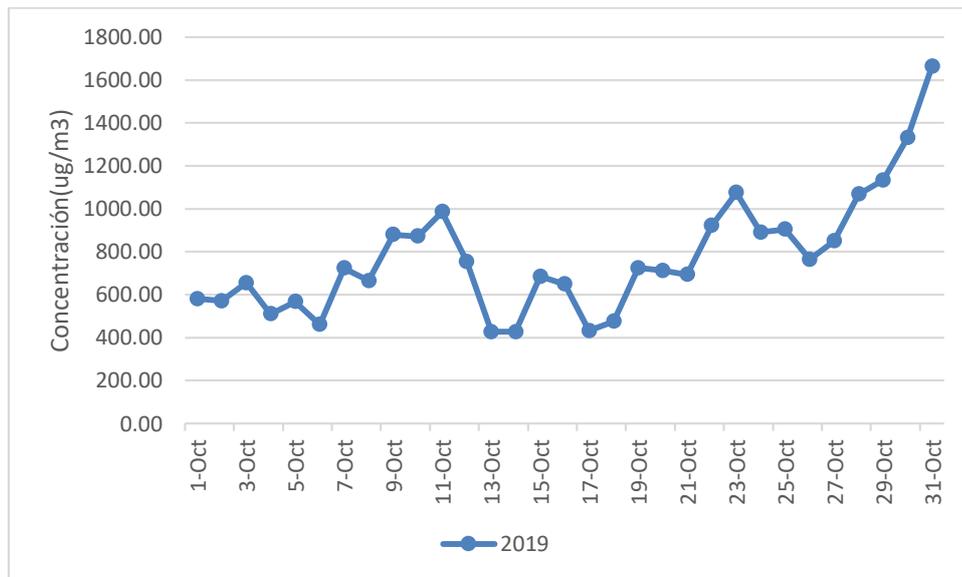


Figura 43. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Octubre

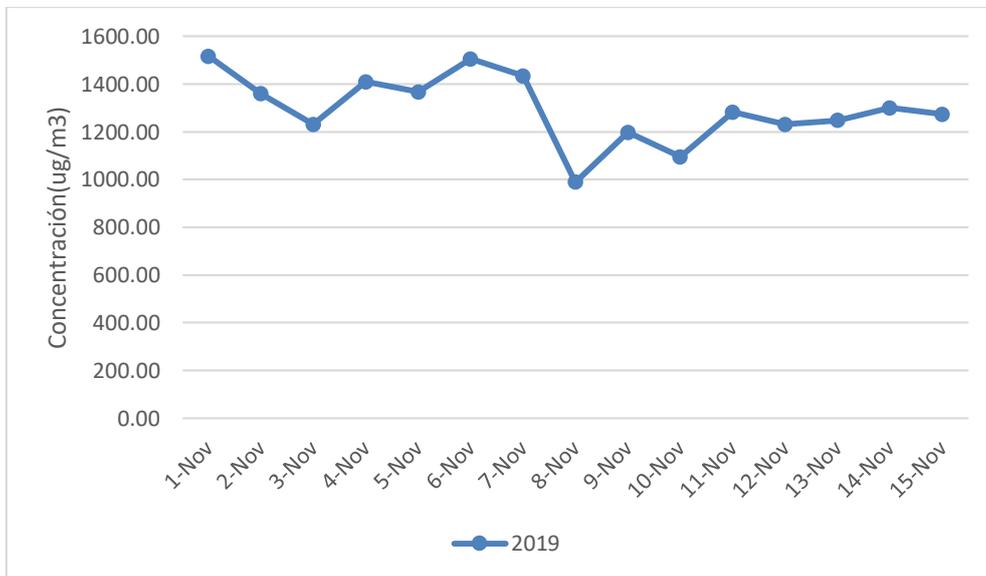


Figura 44. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Noviembre

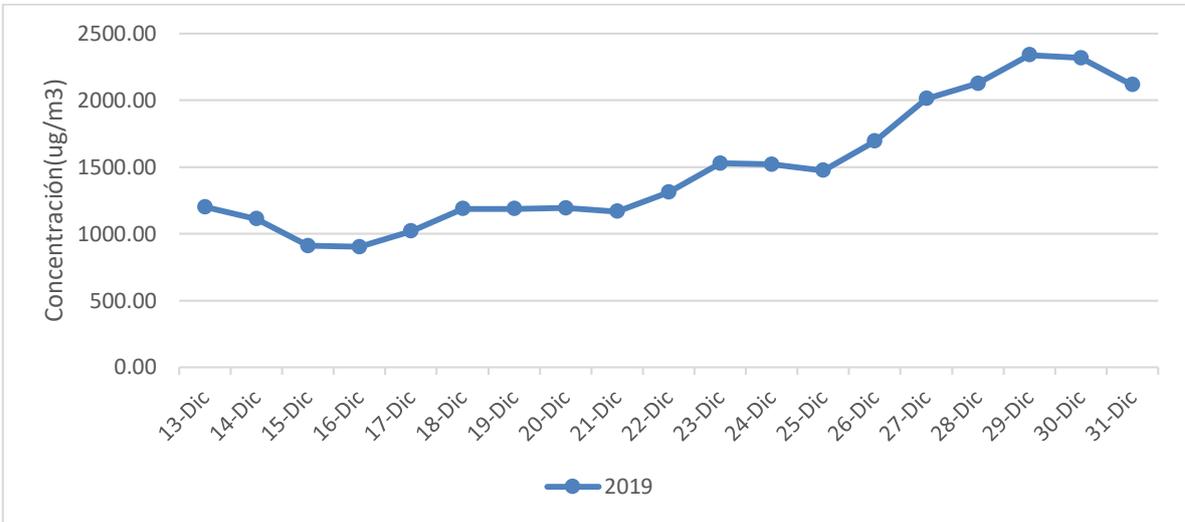


Figura 45. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Diciembre

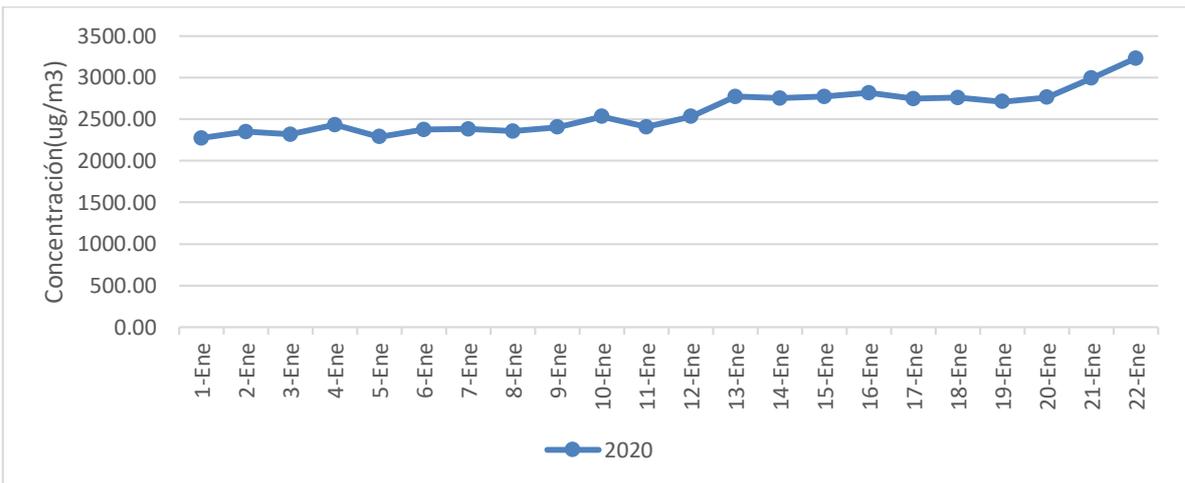


Figura 46. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Enero

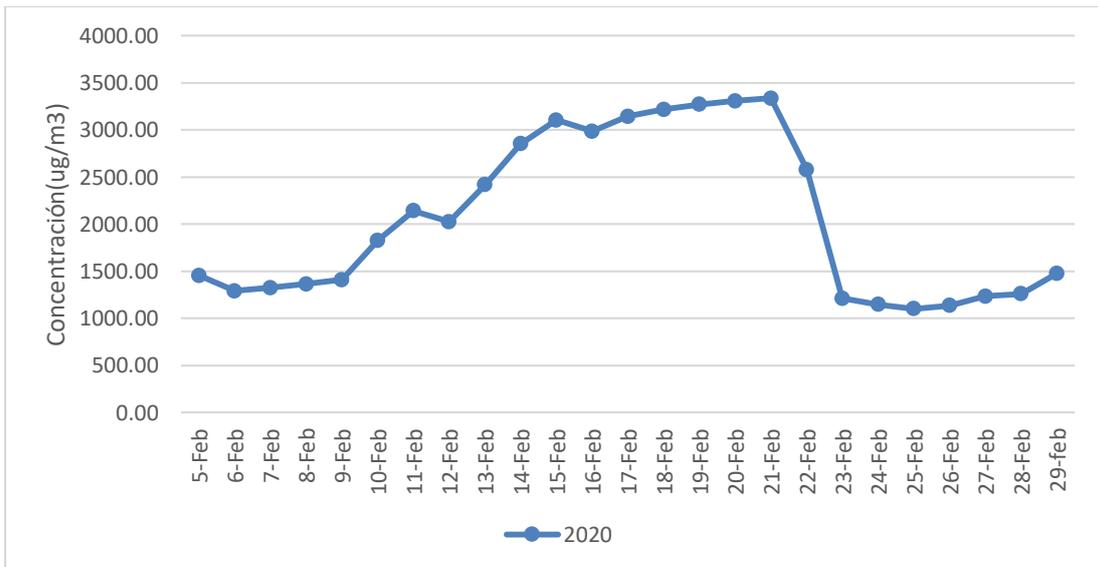


Figura 47. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) – Febrero

▪ **Dióxido de nitrógeno (NO₂)**

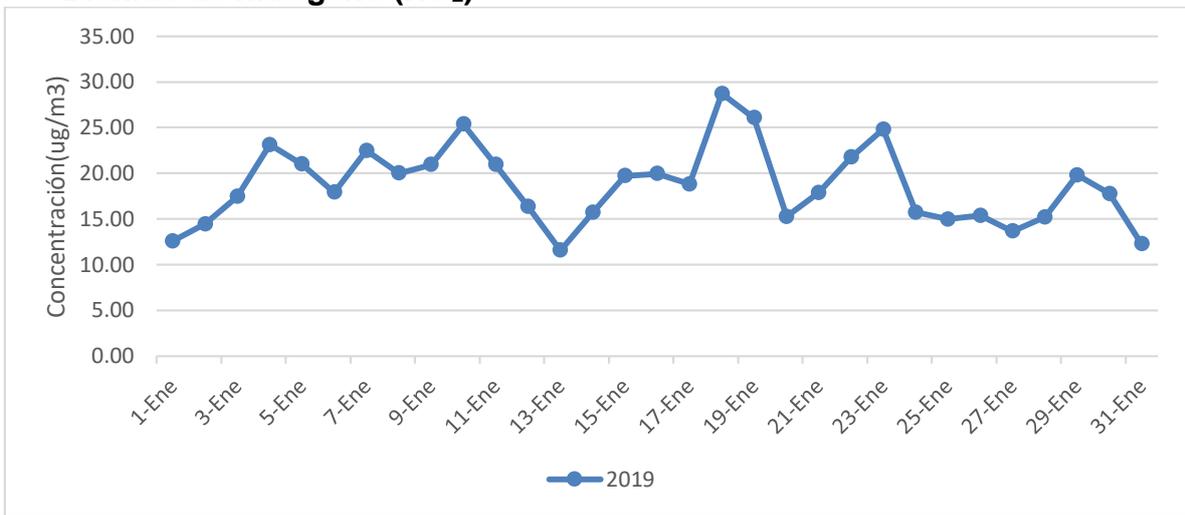


Figura 48. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Enero

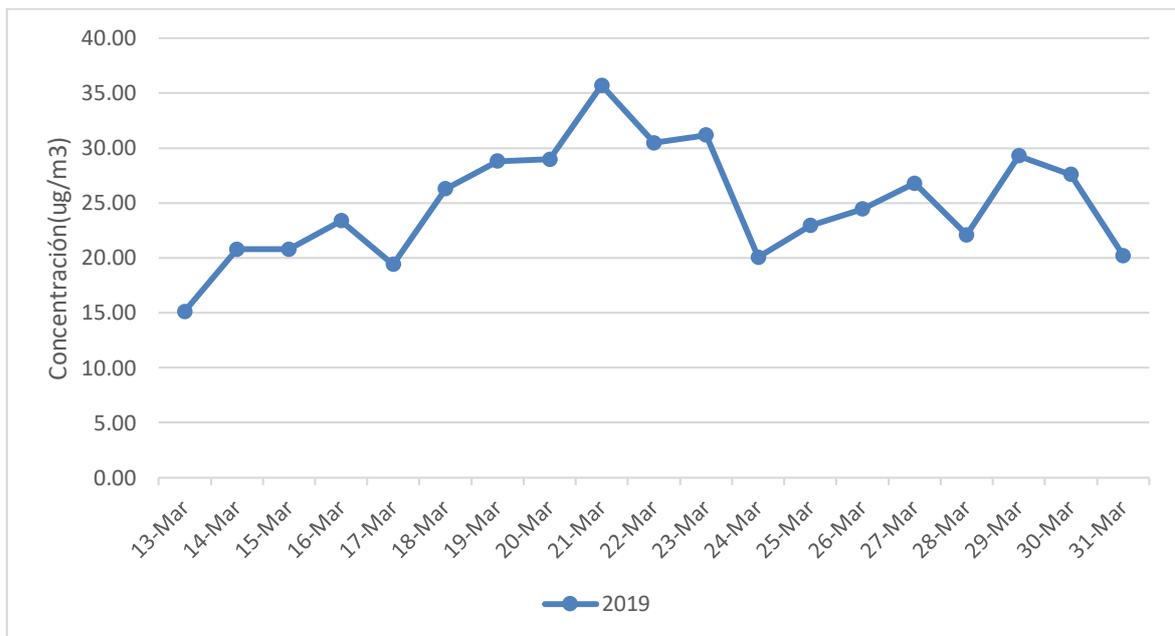


Figura 49. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Marzo

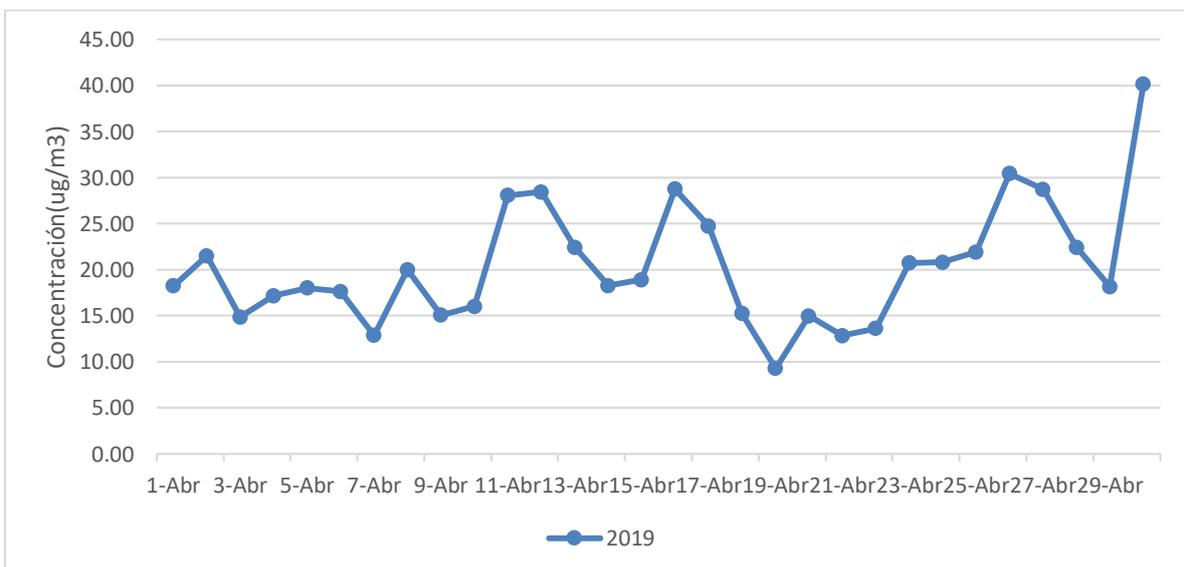


Figura 50. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Abril

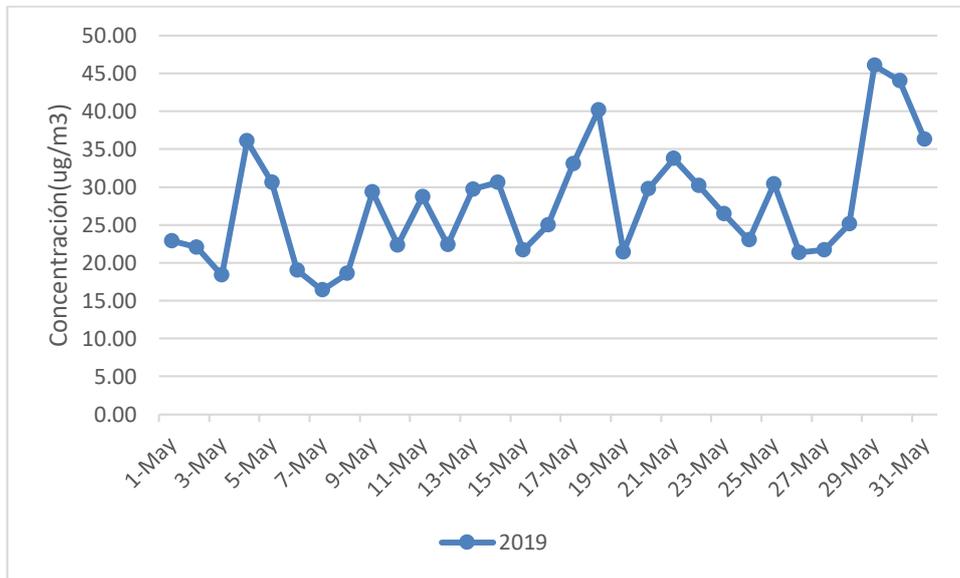


Figura 51. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Mayo

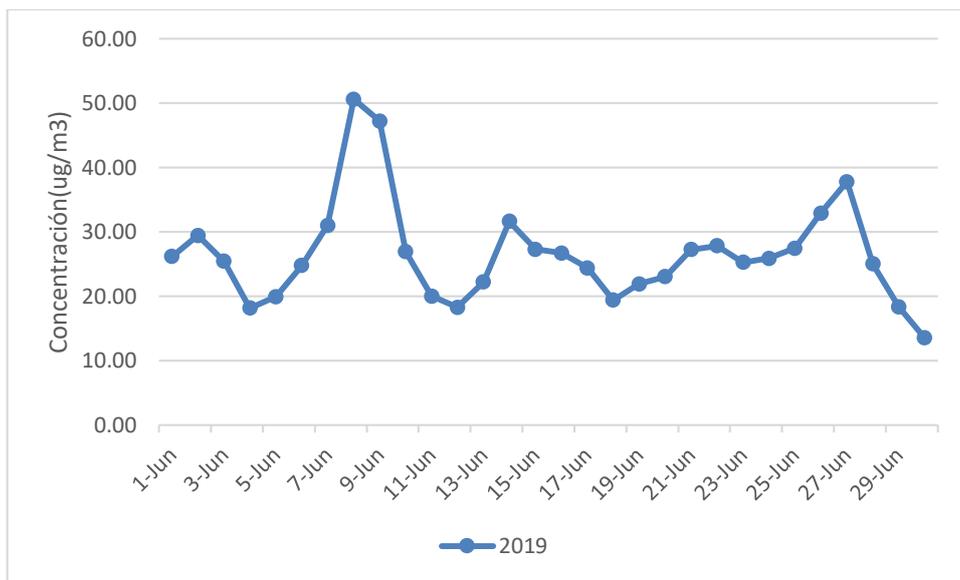


Figura 52. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Junio

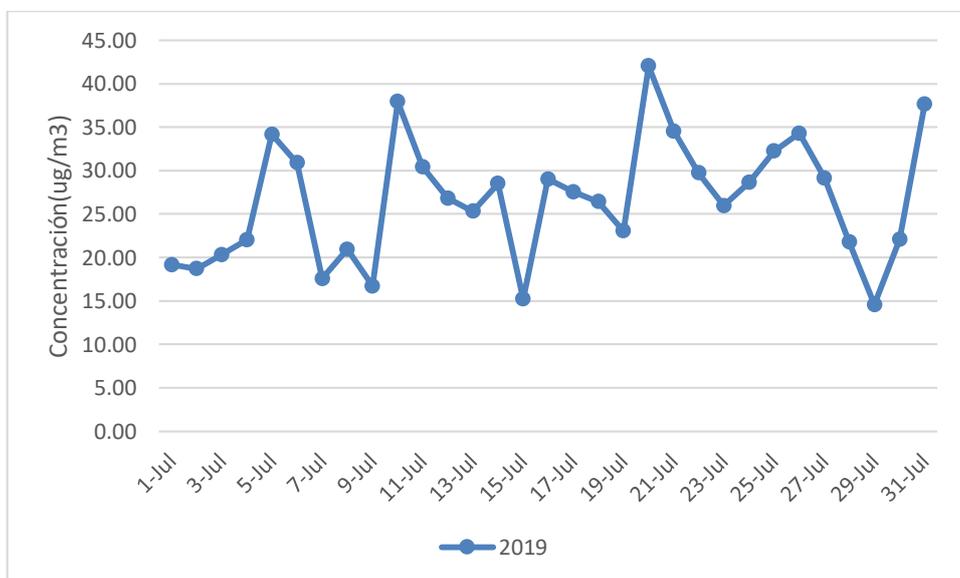


Figura 53. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Julio

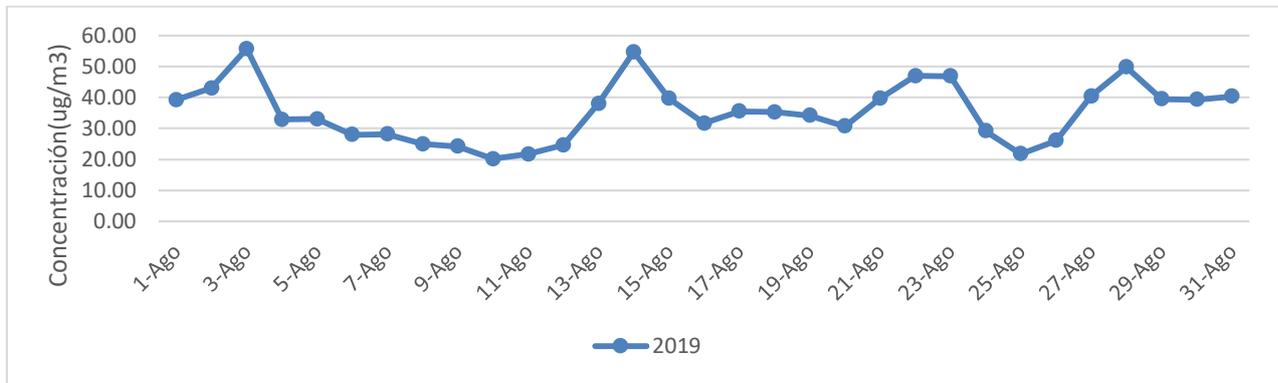


Figura 54. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Agosto

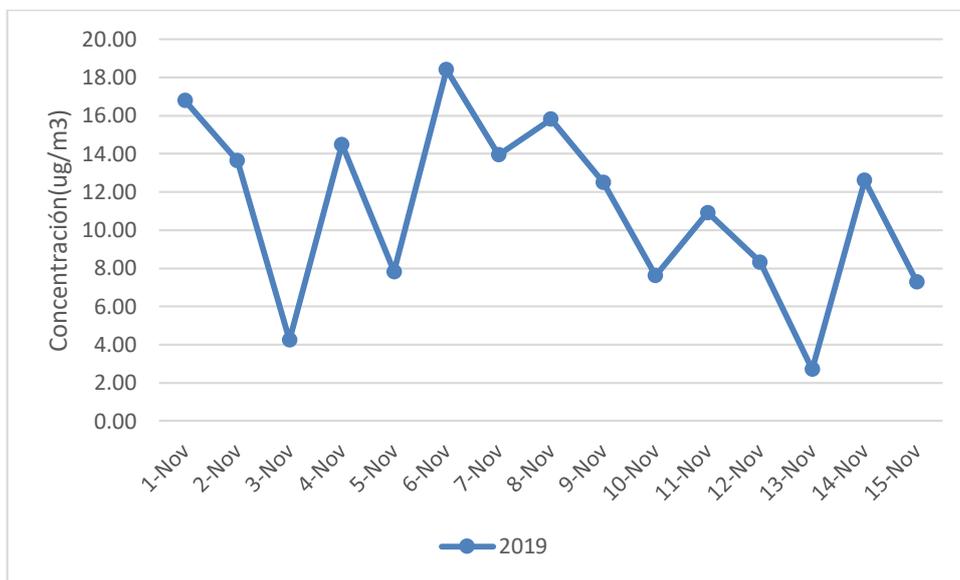


Figura 55. Variación diaria de la concentración de NO₂ (µg/m³) – Noviembre

▪ **Ozono troposférico (O₃)**

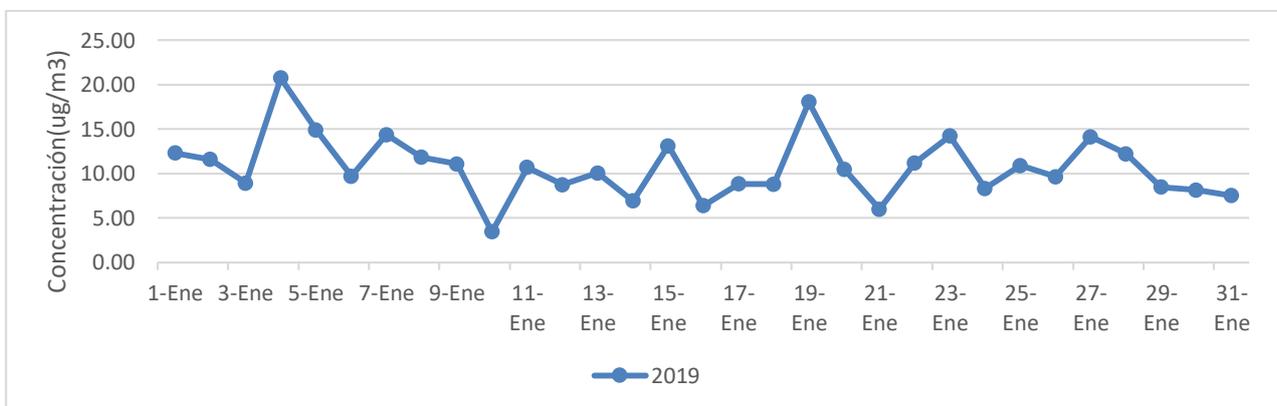


Figura 56. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Enero

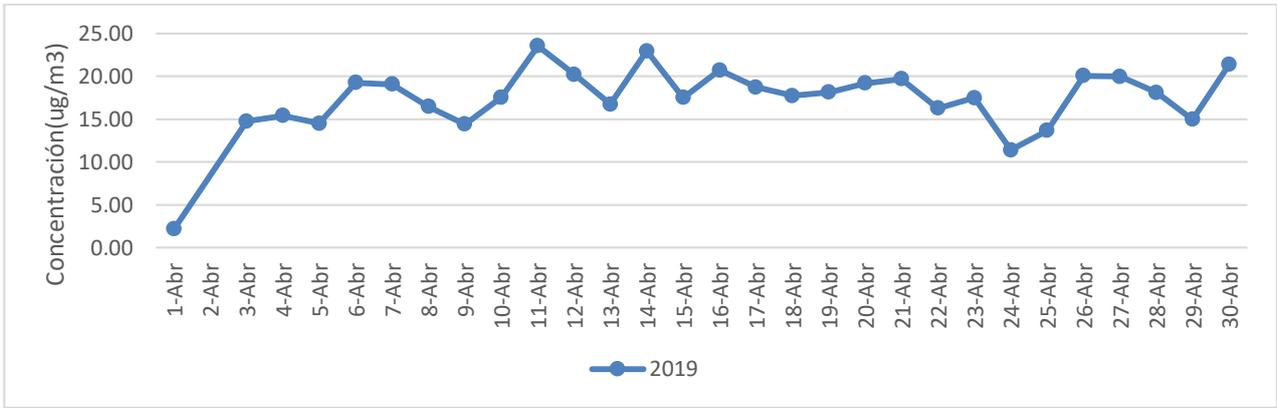


Figura 57. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Abril

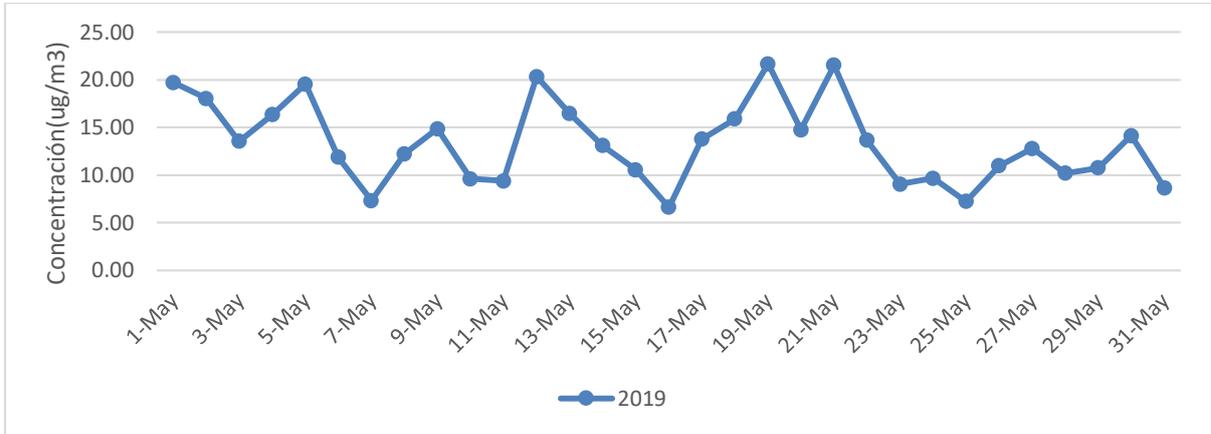


Figura 58. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Mayo

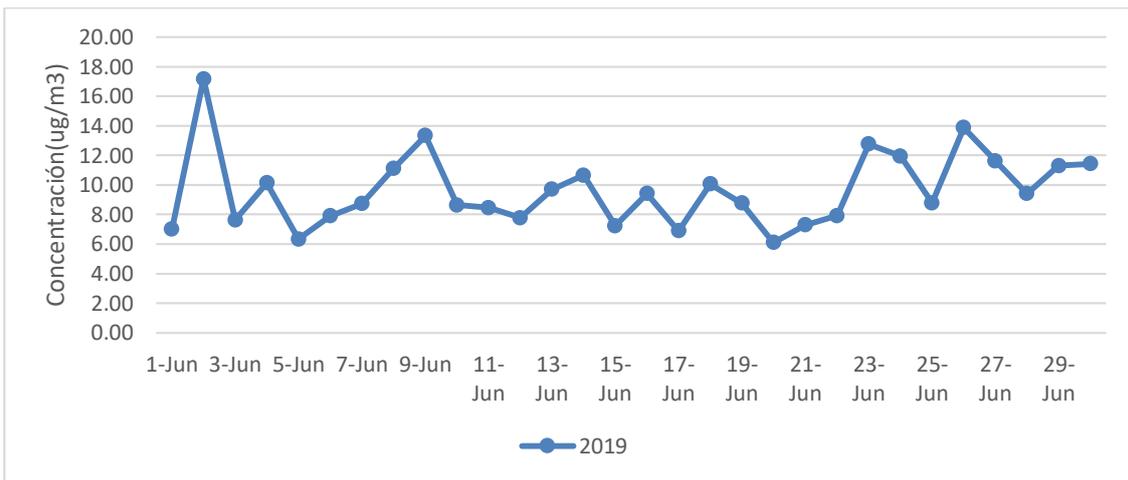


Figura 59. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Junio

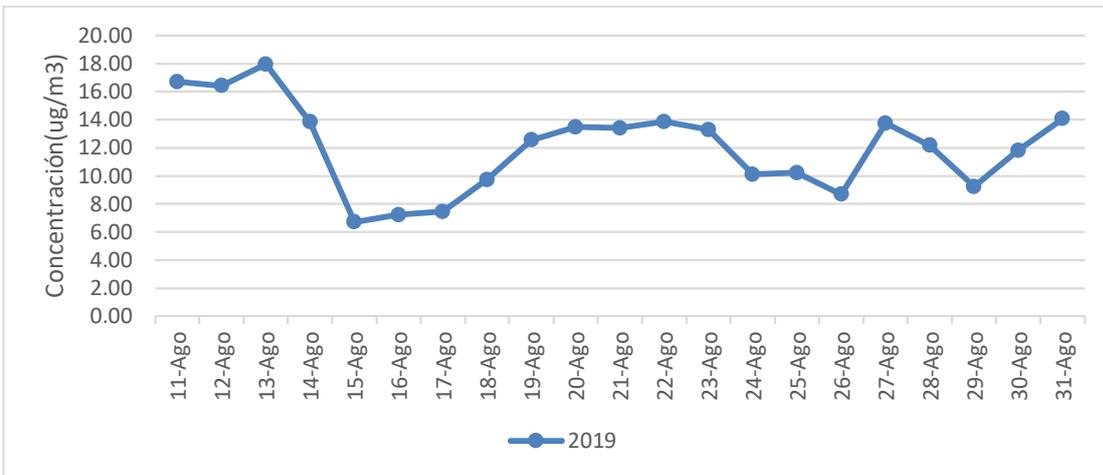


Figura 60. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Agosto

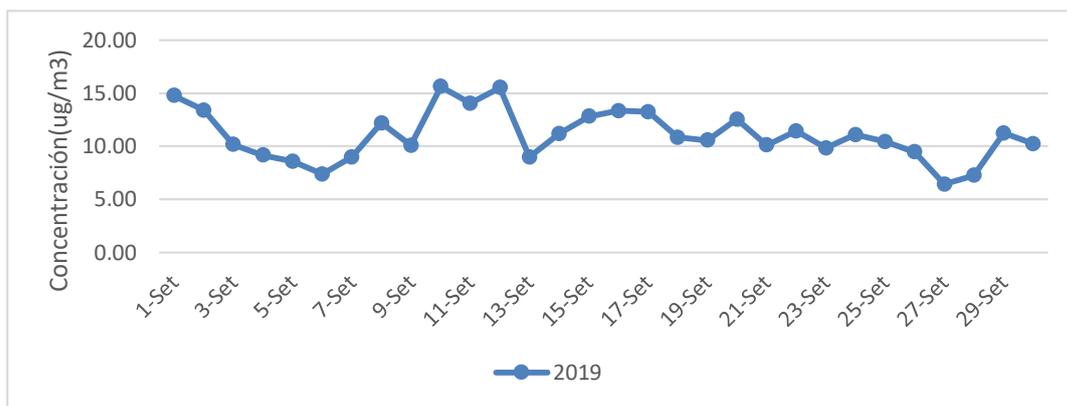


Figura 61. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Setiembre

▪ **Dióxido de azufre (SO₂)**

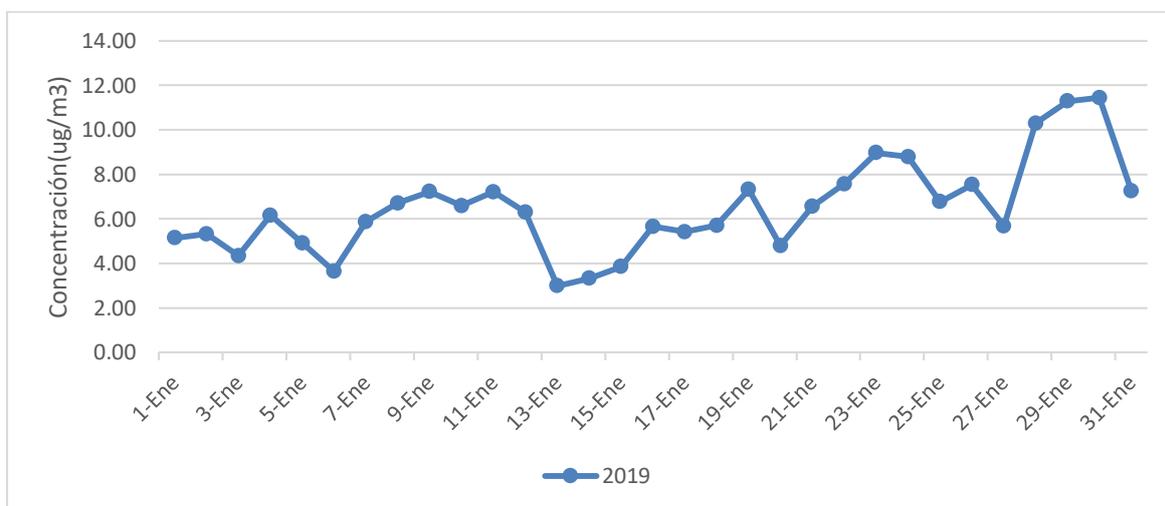


Figura 62. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Enero

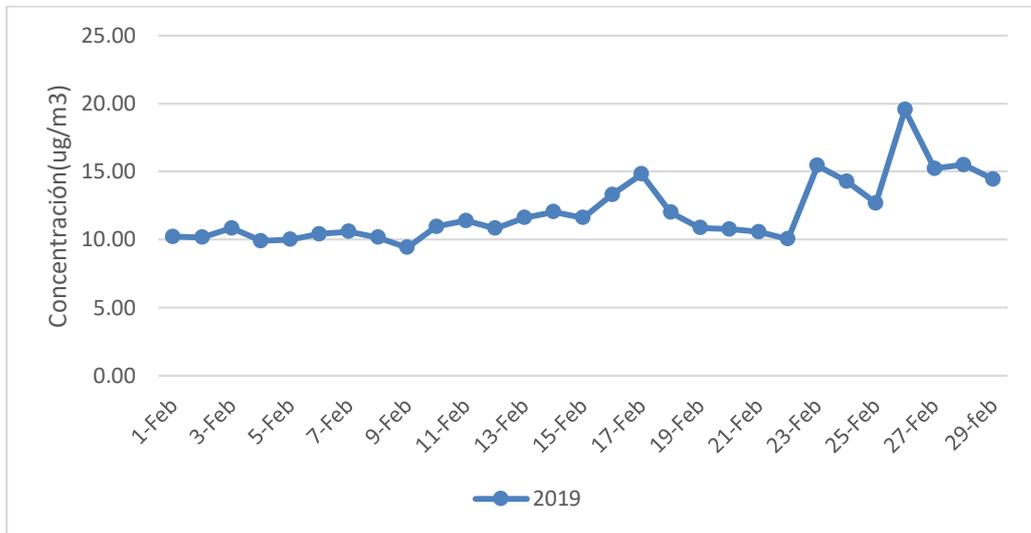


Figura 63. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Febrero

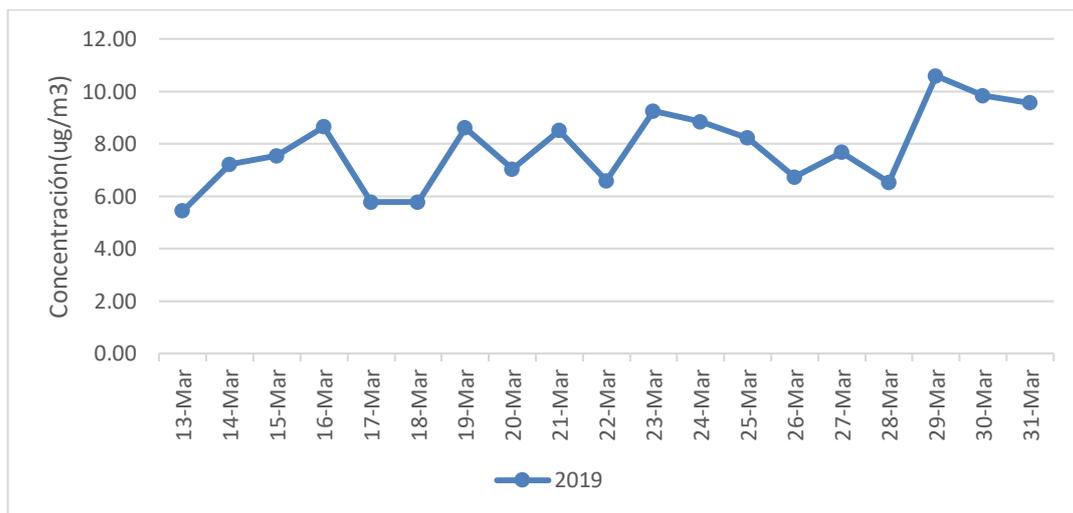


Figura 64. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Marzo

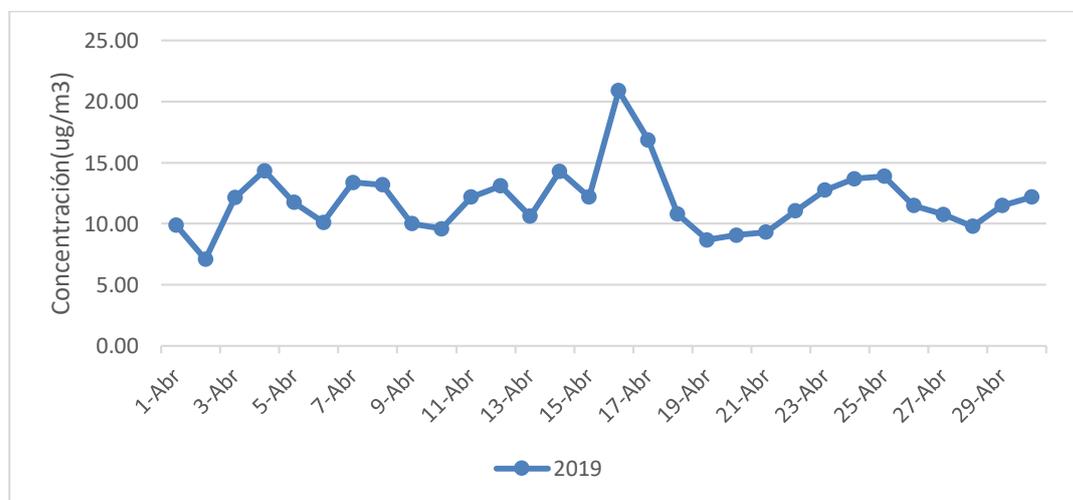


Figura 65. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Abril

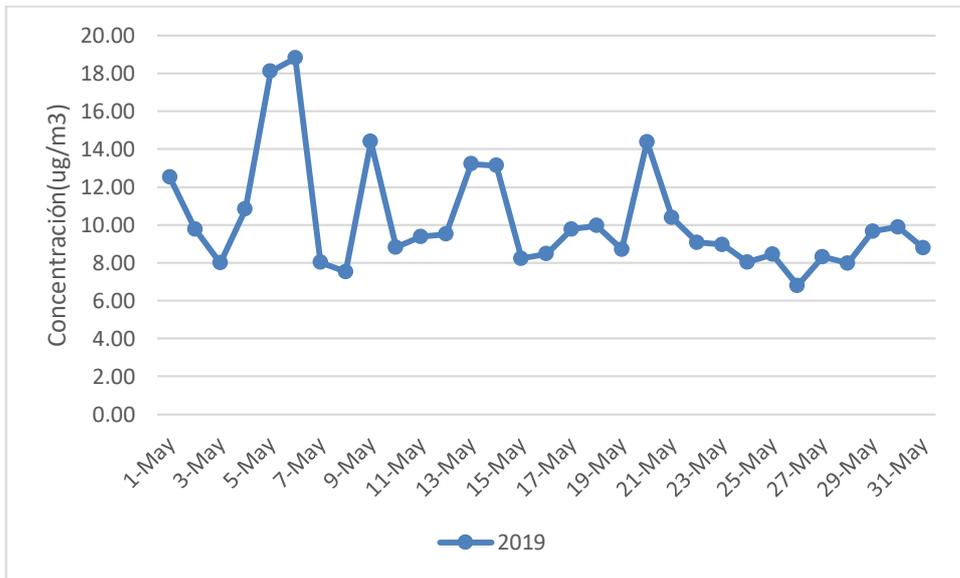


Figura 66. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Mayo

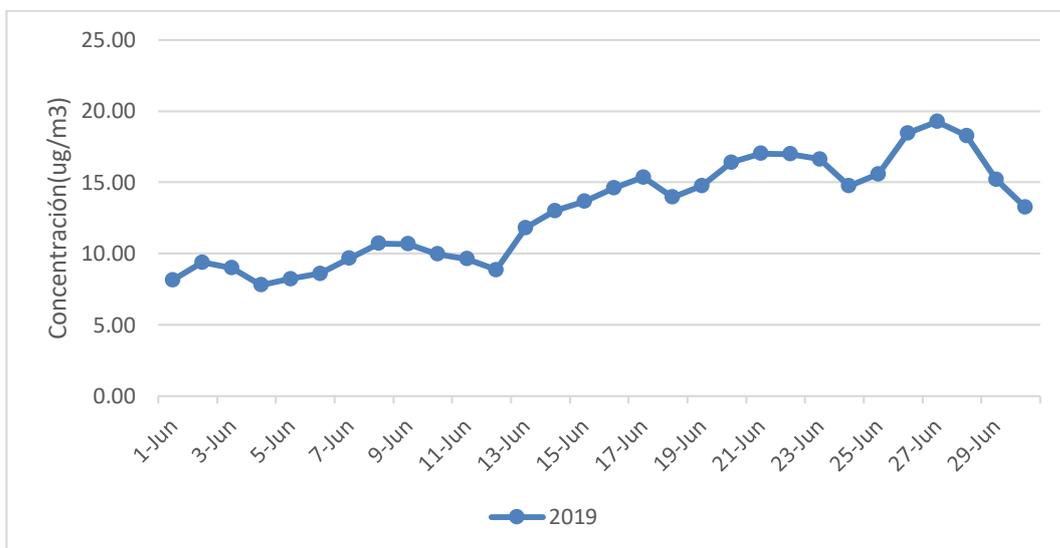


Figura 67. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Junio

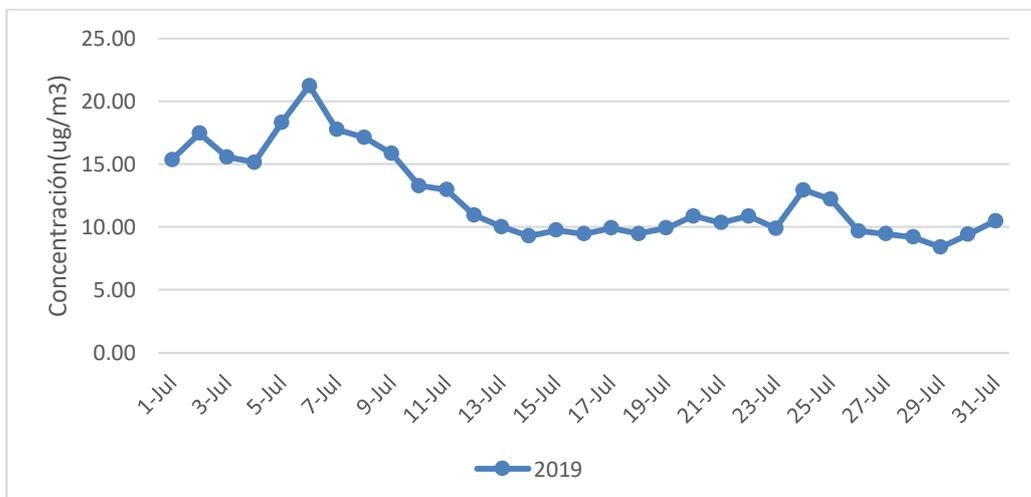


Figura 68. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Julio

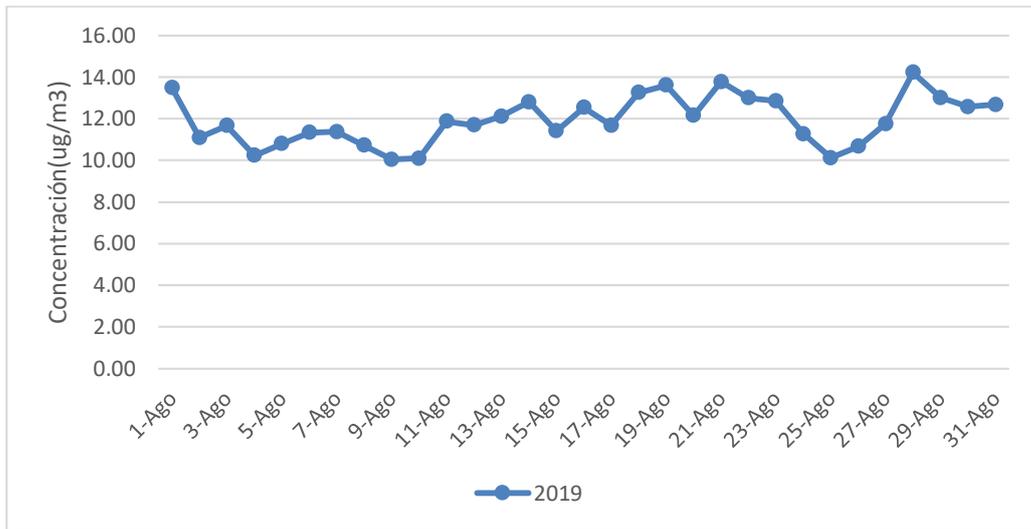


Figura 69. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Agosto

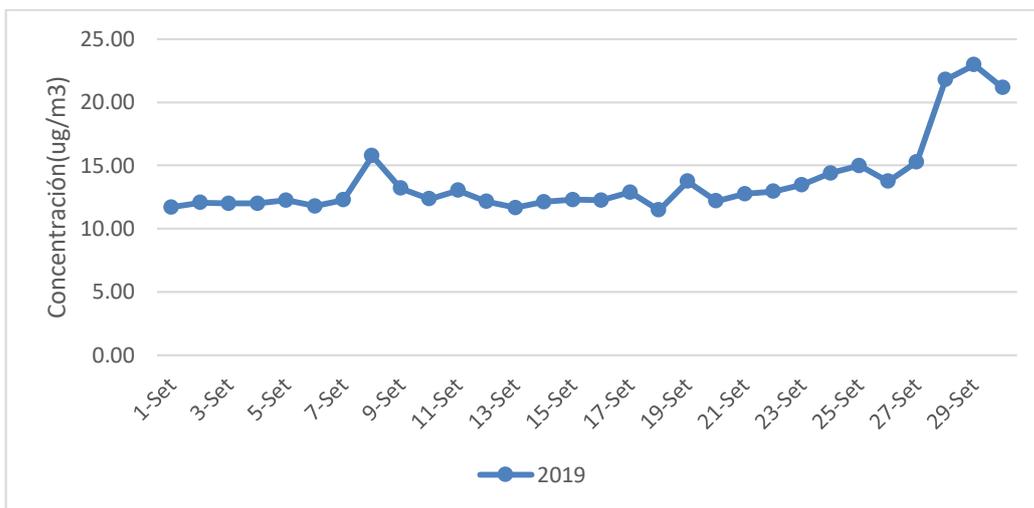


Figura 70. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Setiembre

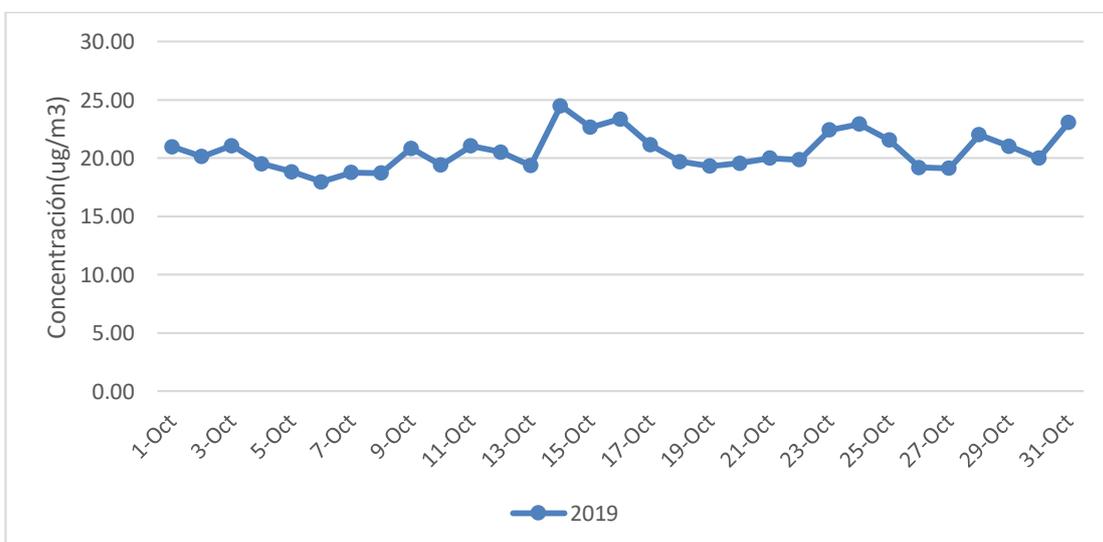


Figura 71. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Octubre

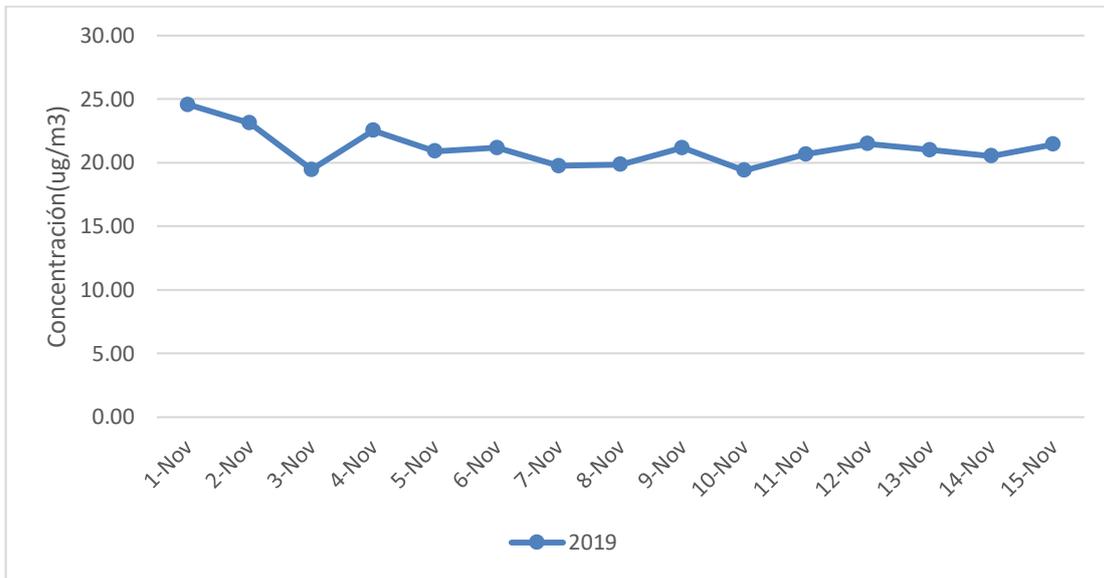


Figura 72. Variación diaria de la concentración de SO₂ (µg/m³) – Noviembre

▪ **Material particulado menor a 2.5 micras (PM_{2.5})**

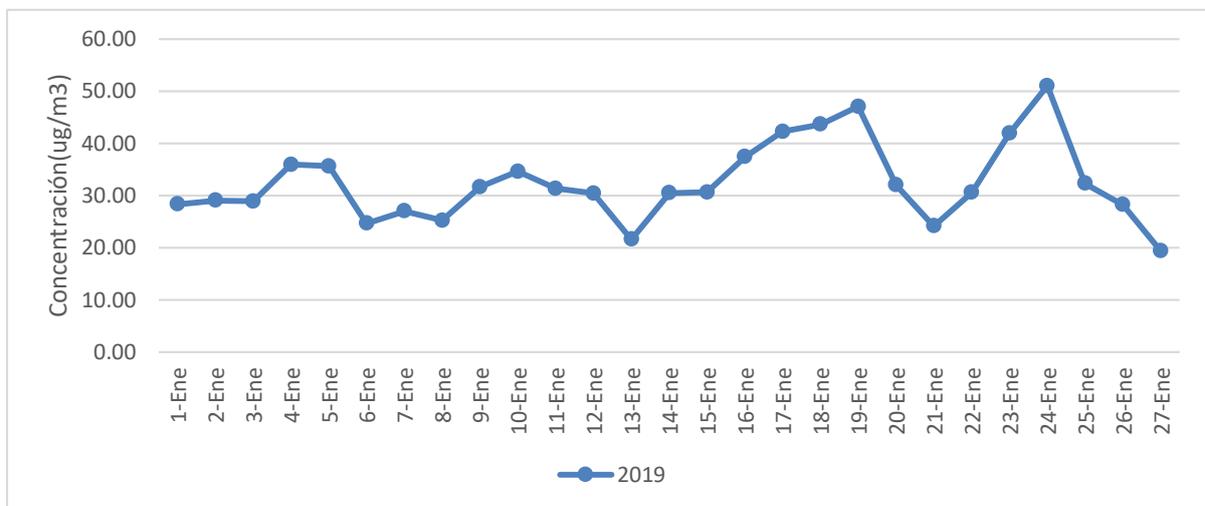


Figura 73. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Enero

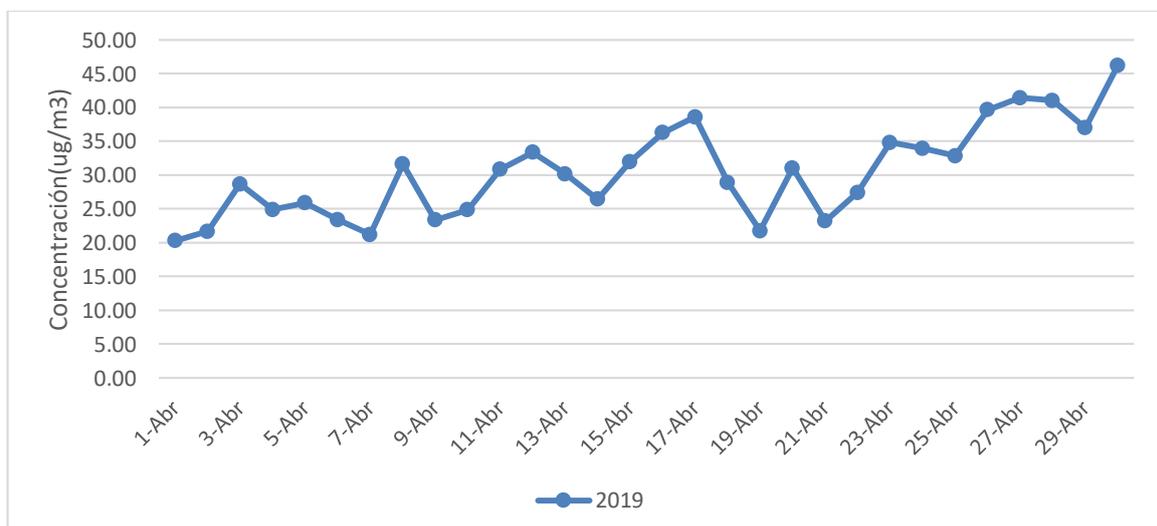


Figura 74. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Abril

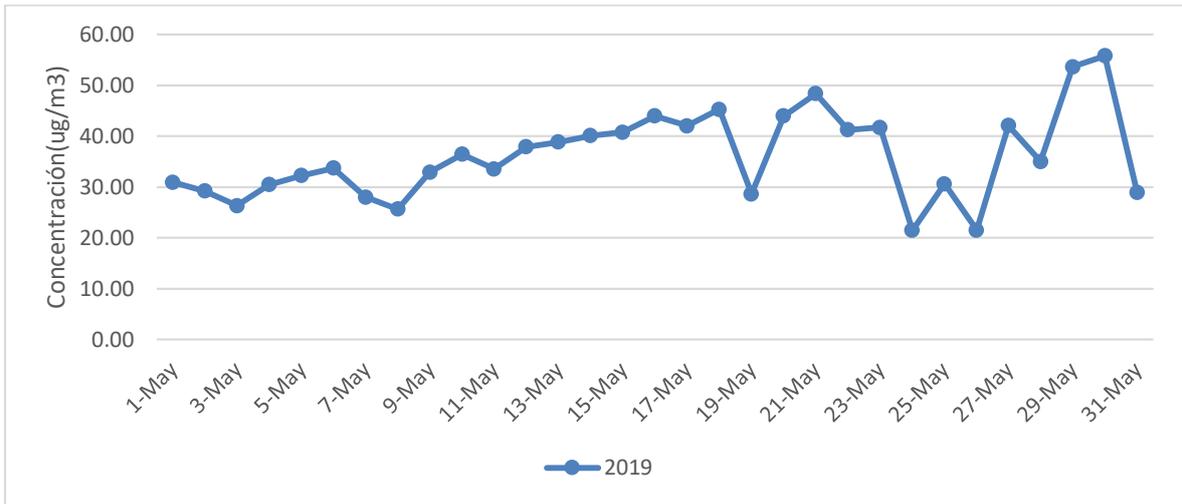


Figura 75. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Mayo

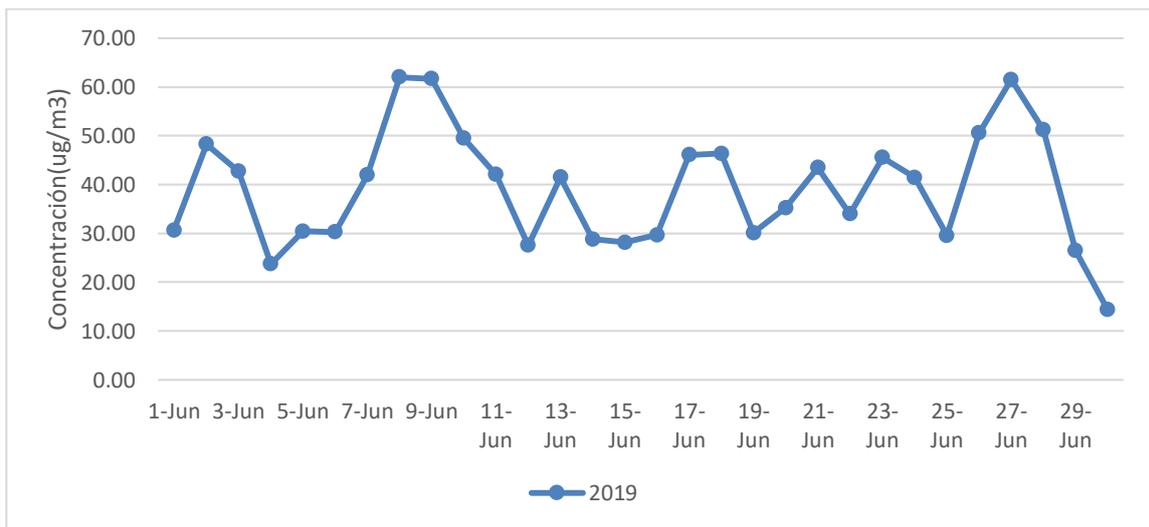


Figura 76. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Junio

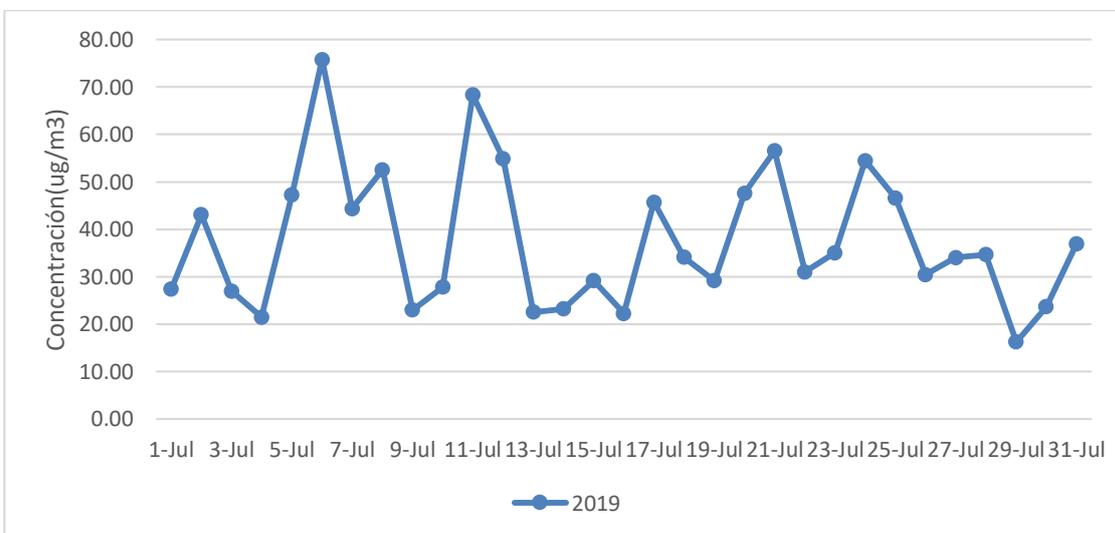


Figura 77. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Julio

▪ **Material particulado menor a 10 micras (PM₁₀)**

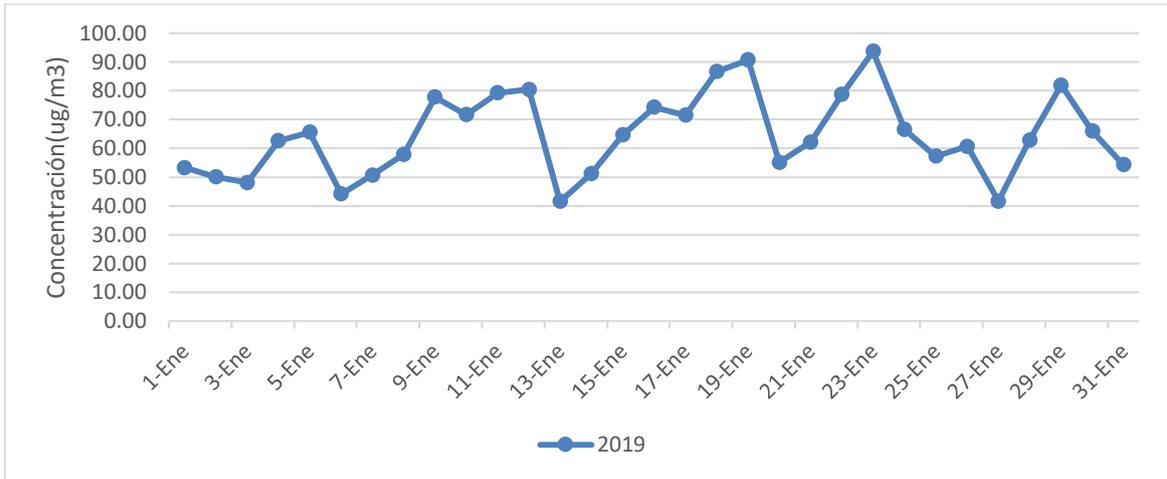


Figura 78. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Enero

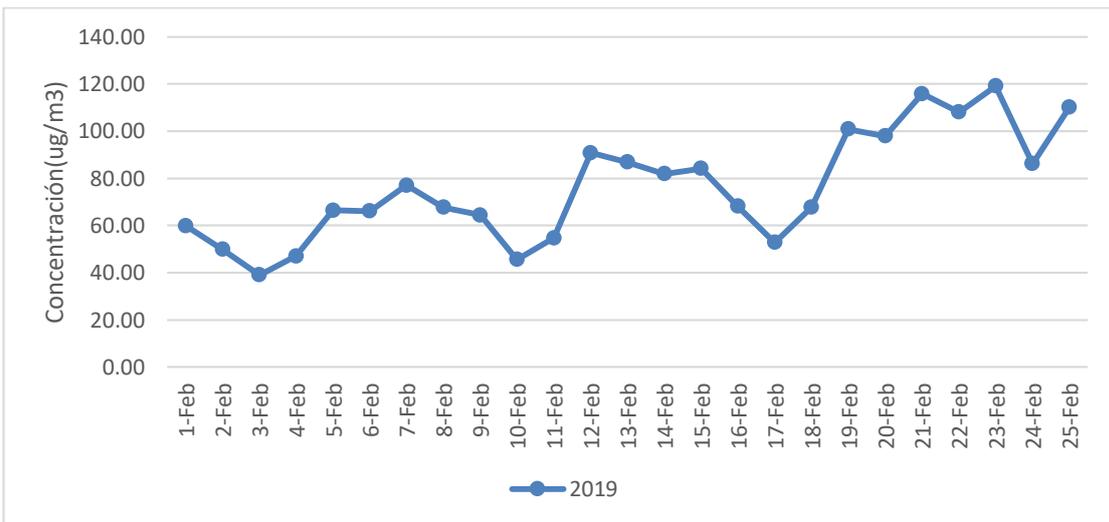


Figura 79. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Febrero

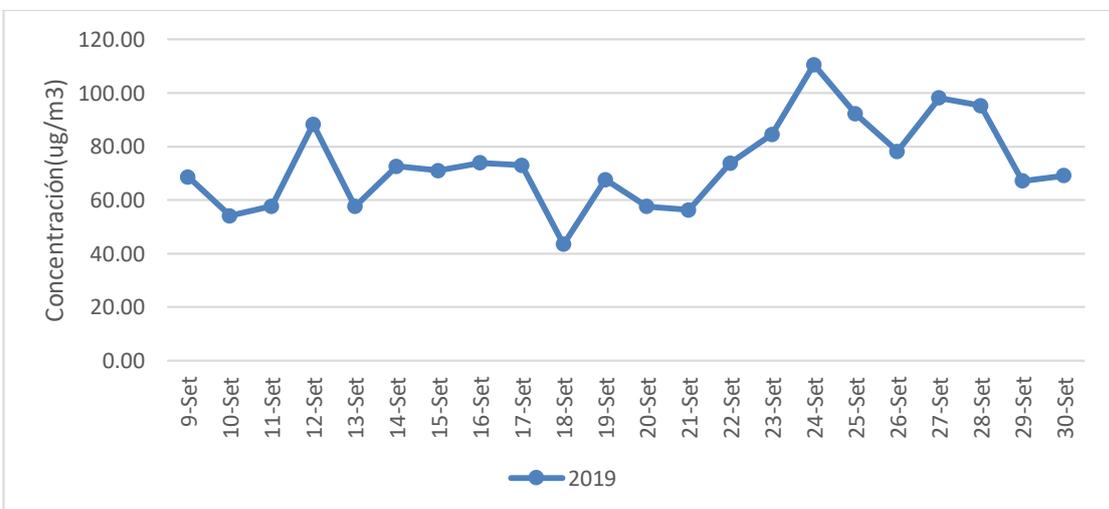


Figura 80. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Setiembre

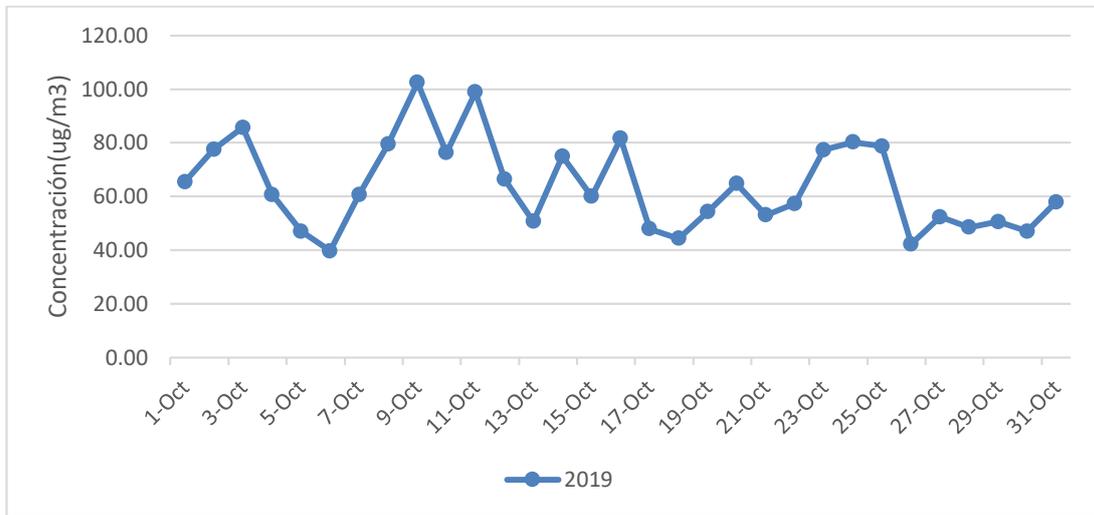


Figura 81. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Octubre

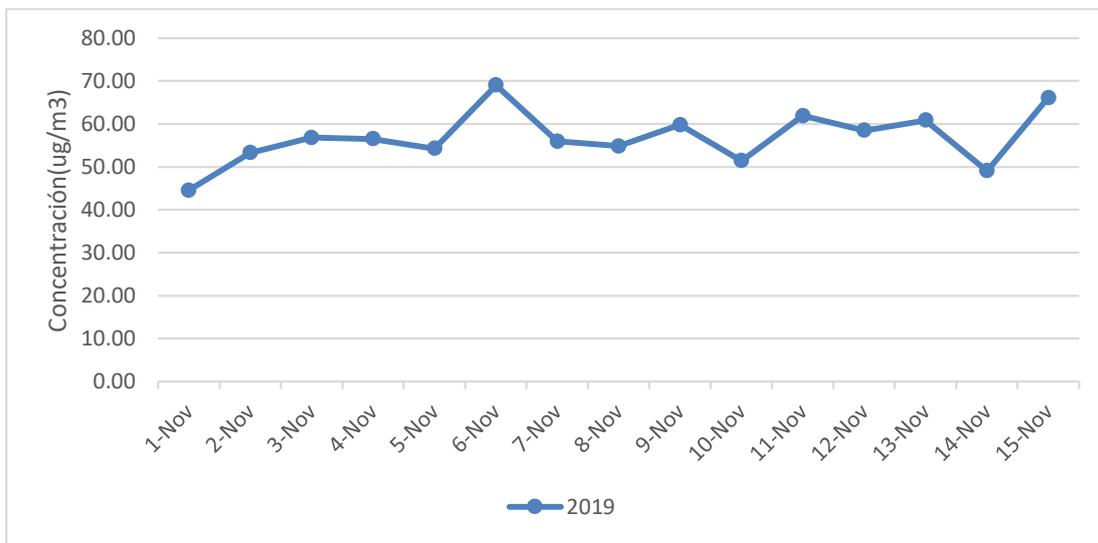


Figura 82. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Noviembre

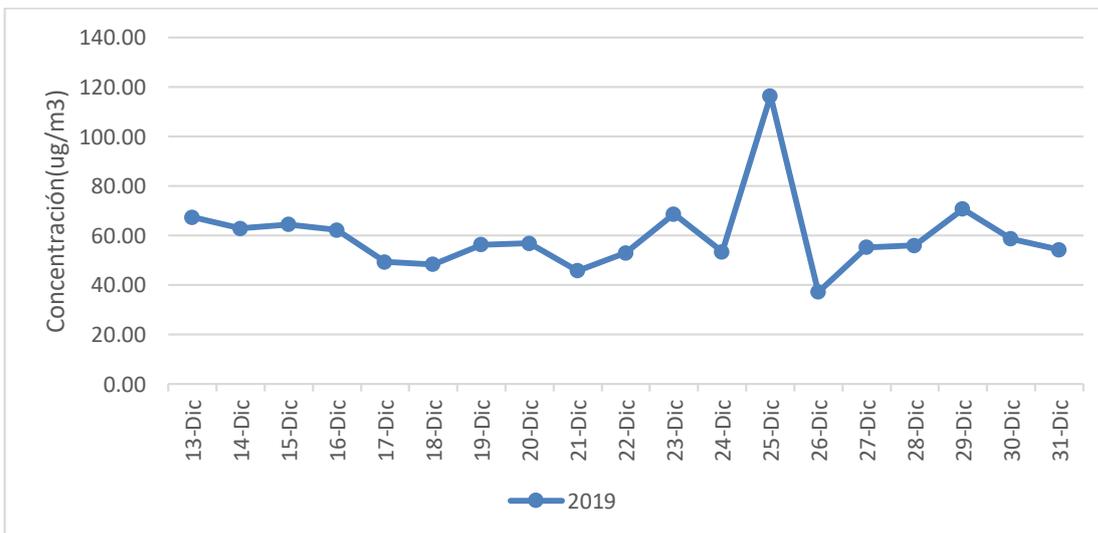


Figura 83. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Diciembre

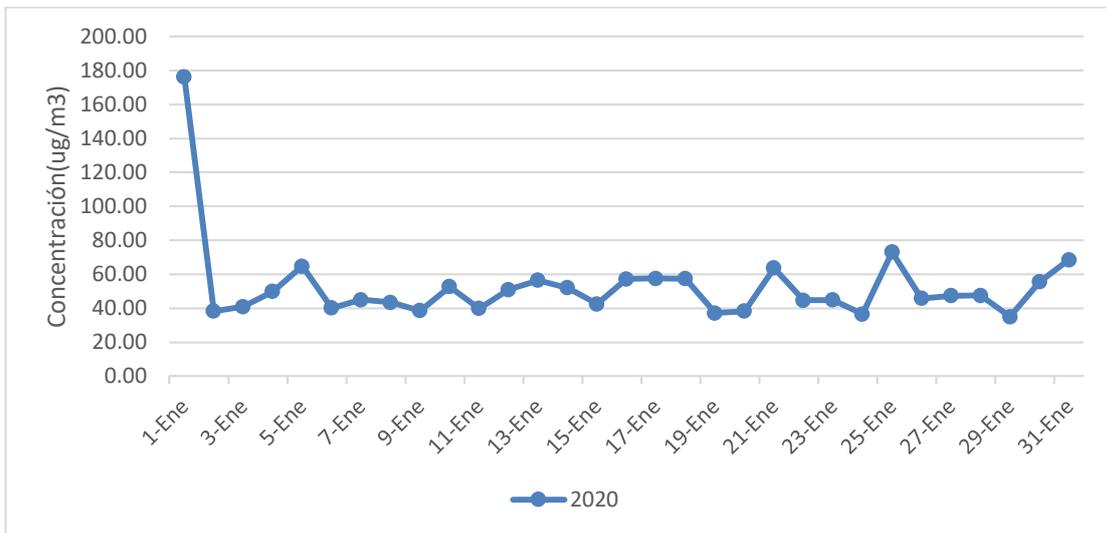


Figura 84. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Enero

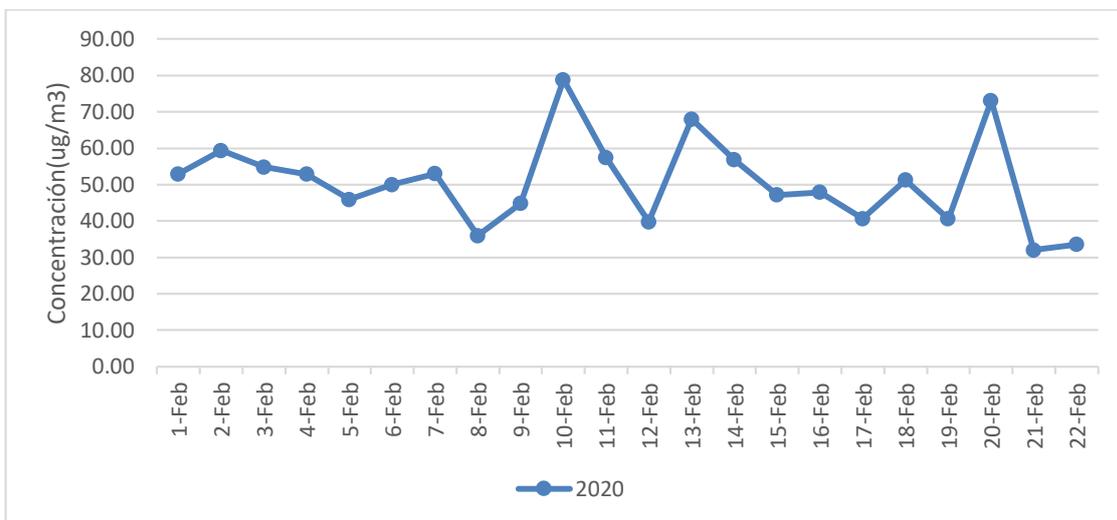


Figura 85. Variación diaria de la concentración de PM₁₀ (µg/m³) – Febrero

- Determinar la calidad del aire después del confinamiento social por COVID - 19
- **Material particulado de 2.5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (PM_{2.5})**

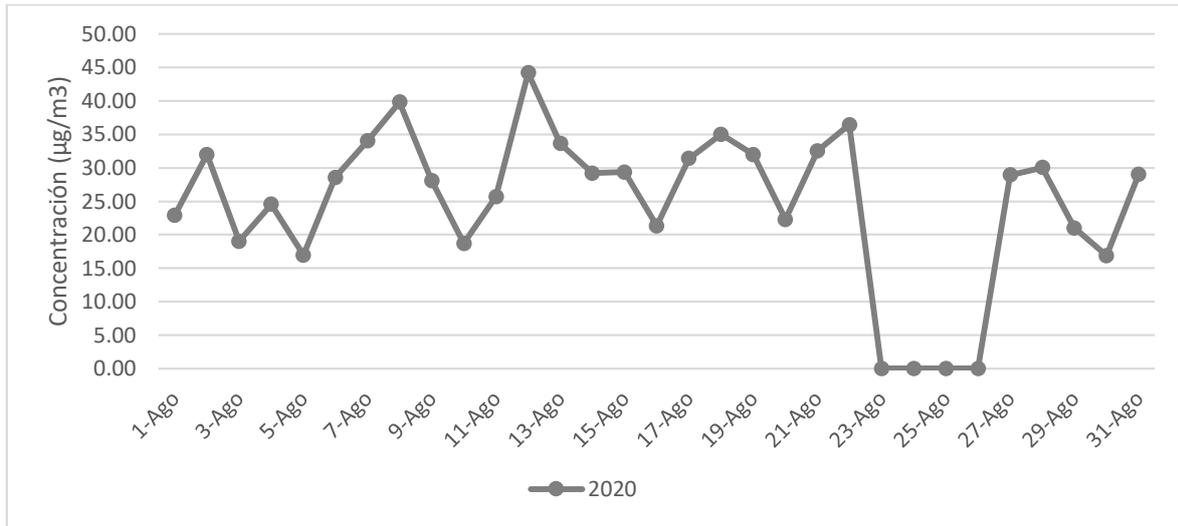


Figura 86. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) - Agosto

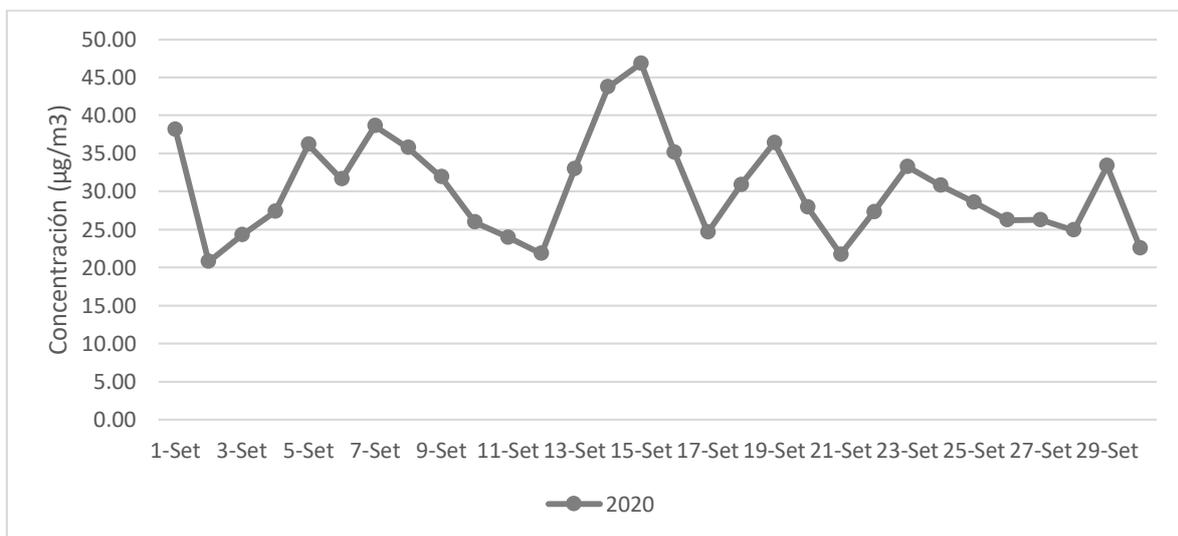


Figura 87. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Setiembre

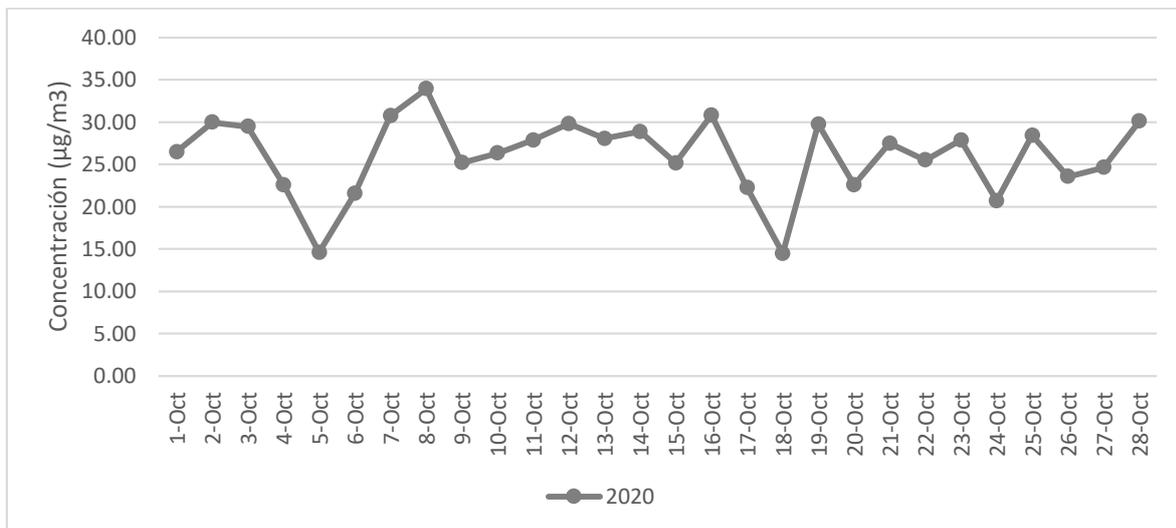


Figura 88. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) – Octubre

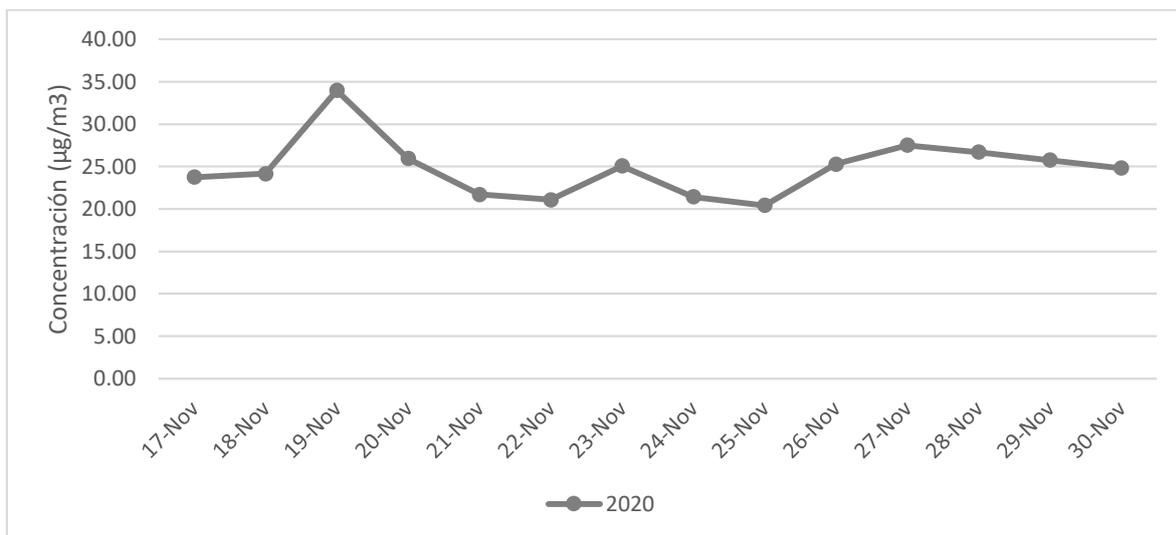


Figura 89. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) - Noviembre

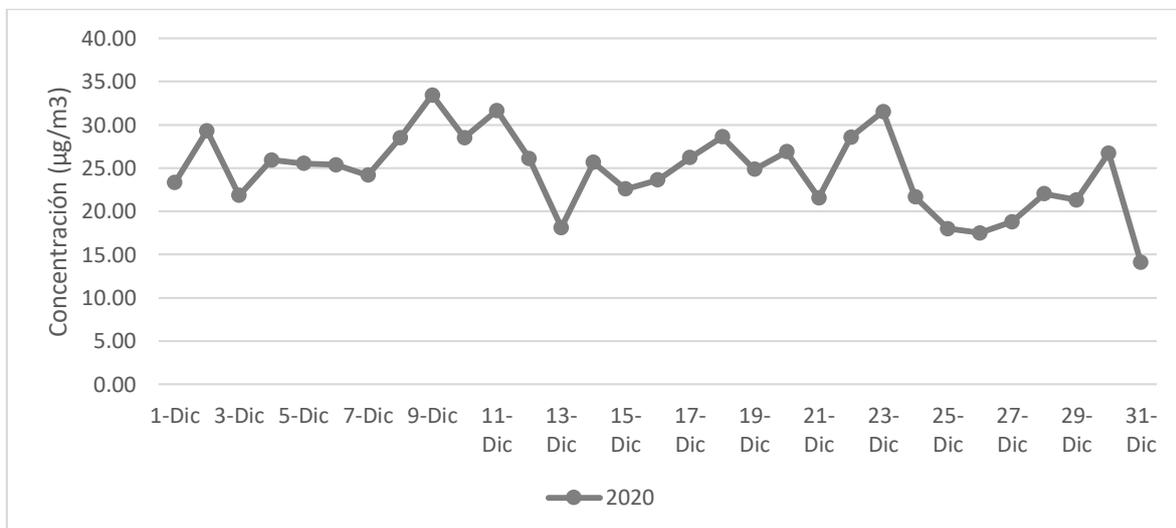


Figura 90. Variación diaria de la concentración de PM_{2.5} (µg/m³) - Diciembre

▪ **Ozono troposférico (O₃)**

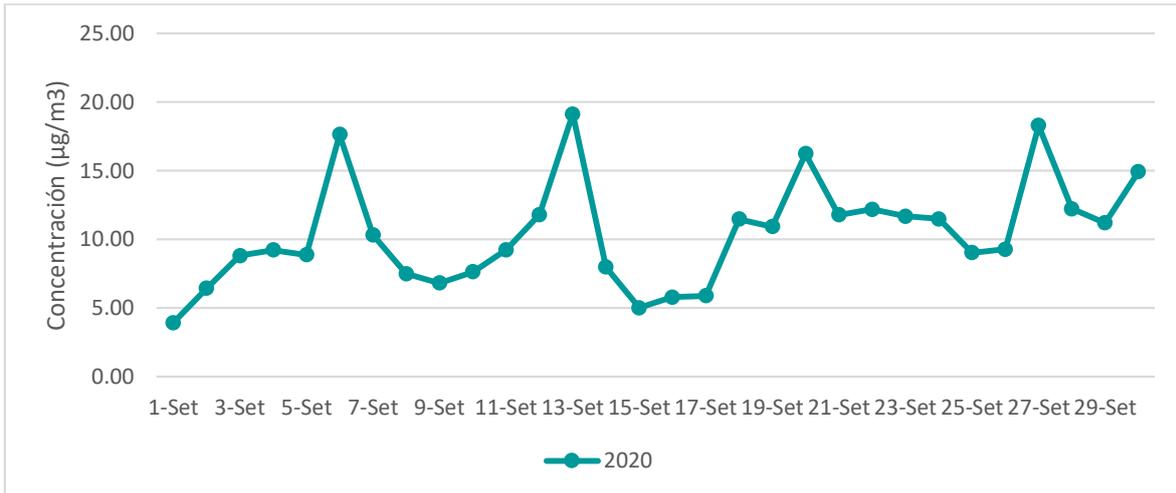


Figura 91. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Julio

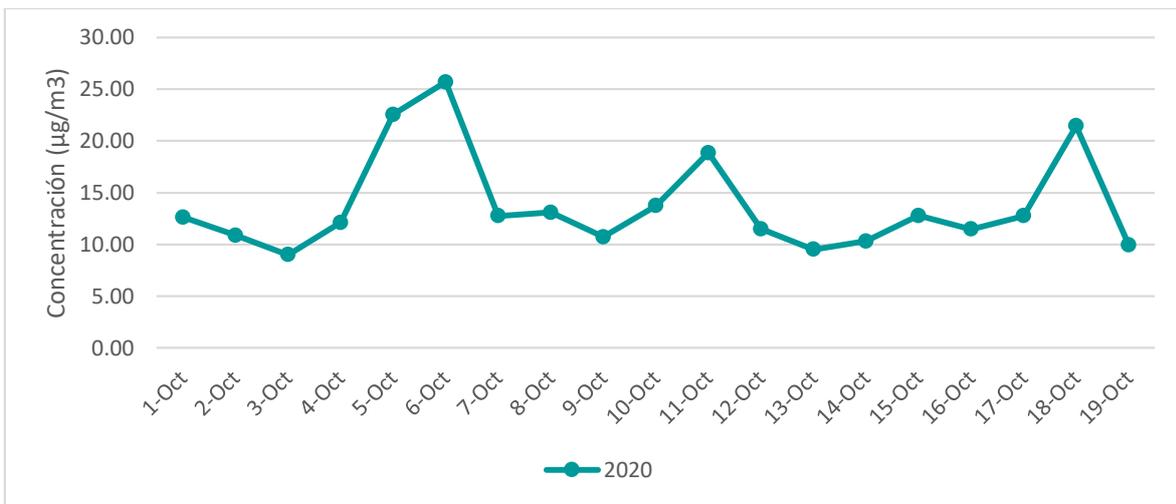


Figura 92. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) - Agosto

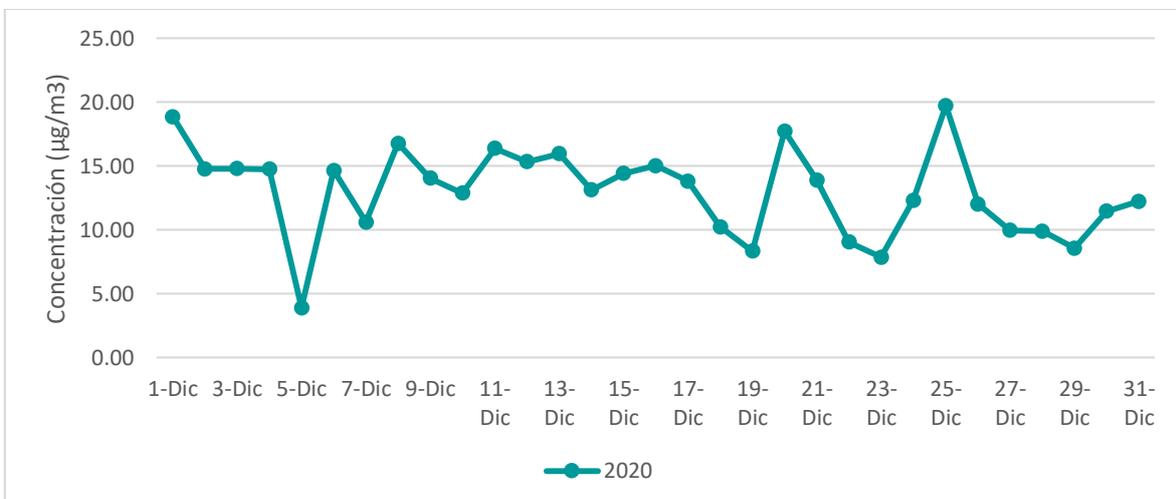


Figura 93. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) - Octubre

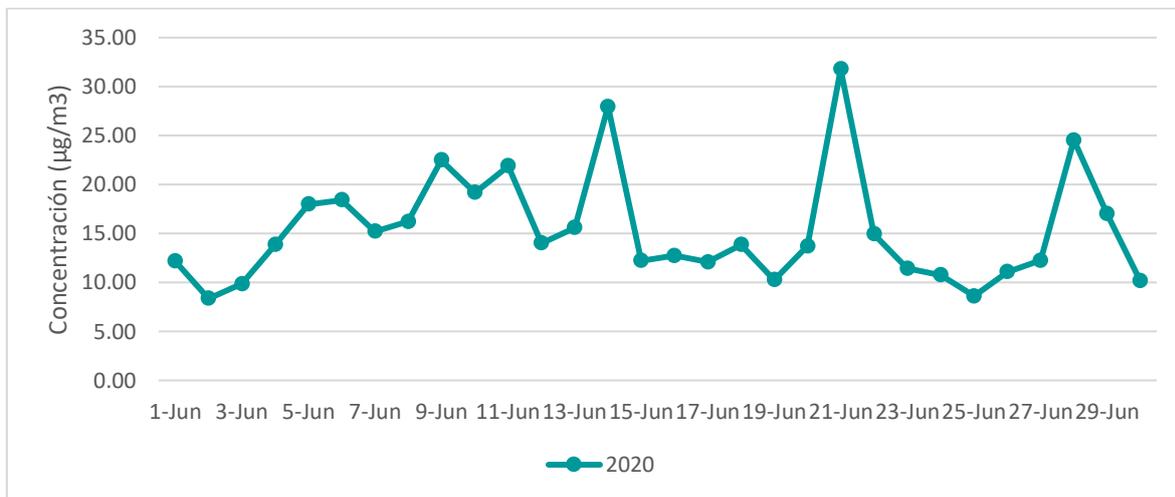


Figura 94. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) - Noviembre

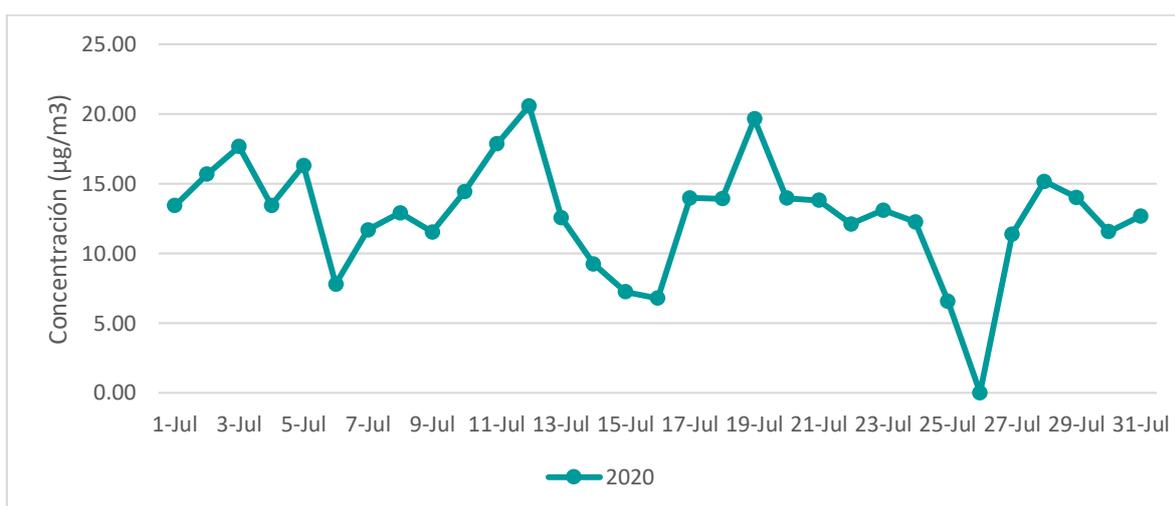


Figura 95. Variación diaria de la concentración de O₃ (µg/m³) – Diciembre

▪ **Monóxido de carbono (CO)**

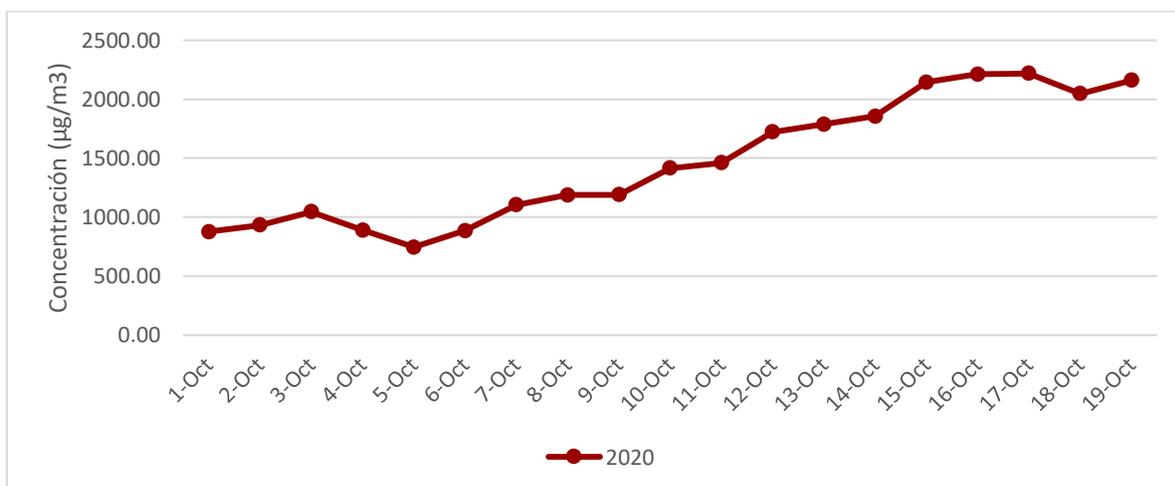


Figura 96. Variación diaria de la concentración de CO (µg/m³) - Octubre

ANEXO 6. Prueba de normalidad desarrollado en SPSS Statistics 25

Tabla 4. Prueba de normalidad para PM_{2.5}

Kolmogorov-Smirnov ^a				
	Influencia	Estadístico	gl	Sig.
PM2.5	Antes	,096	31	,200*
	Durante	,123	31	,200*
	Después	,072	30	,200*

* > ,05 tiene distribución normal

Tabla 5. Prueba de normalidad para PM₁₀

Kolmogorov-Smirnov ^a				
	Comp.añosPM10	Estadístico	gl	Sig.
PM10	2019	,093	31	,200*
	2020	,265	31	,000

* > ,05 tiene distribución normal

Tabla 6. Prueba de normalidad para SO₂

Kolmogorov-Smirnov ^a				
	Comp.añosSO2	Estadístico	gl	Sig.
SO2	2019	,121	30	,200*
	2020	,292	30	,000

* > ,05 tiene distribución normal

Tabla 7. Prueba de normalidad para CO

Kolmogorov-Smirnov ^a				
	Comp.añosCO	Estadístico	gl	Sig.
CO	2019	,118	31	,200*
	2020	,228	31	,000

* > ,05 tiene distribución normal

Tabla 8. Prueba de normalidad para O₃

Kolmogorov-Smirnov ^a				
	Comp.añosO3	Estadístico	gl	Sig.
O3	2019	,134	30	,180
	2020	,160	30	,047

* > ,05 tiene distribución normal

ANEXO 7. Prueba de hipótesis aplicando ANOVA y U de Mann-Whitney desarrollado en SPSS Statistics 25

- Contaminante PM_{2.5} (µg/m³)

Tabla 9. Prueba de hipótesis para PM_{2.5}

ANOVA					
PM2.5					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	6590,821	2	3295,411	74,774	,000
Dentro de grupos	3922,388	89	44,072		
Total	10513,209	91			

Tabla 10. Prueba de homogeneidad para PM_{2.5}

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
PM2.5	Se basa en la media	10,076	2	89	,000
	Se basa en la mediana	9,444	2	89	,000
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	9,444	2	75,830	,000
	Se basa en la media recortada	10,038	2	89	,000

Tabla 11. Prueba de post hoc para PM_{2.5}

Variable dependiente: PM2.5

T3 Dunnett

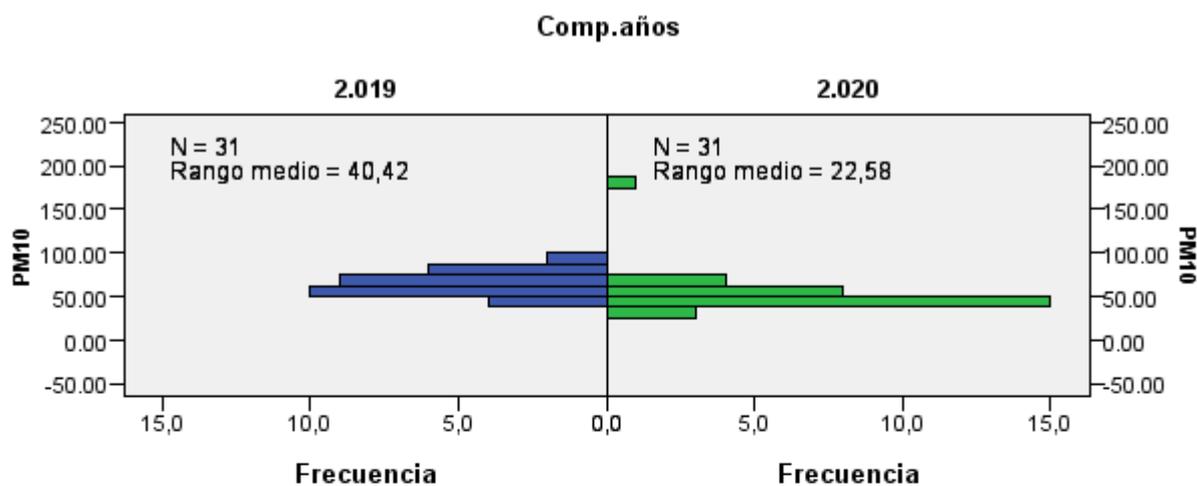
(I)		Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
Influencia	(J) Influencia				Límite inferior	Límite superior
Antes	Durante	19.66032*	1.68492	,000	15.4737	23.8469
	Después	15.27619*	1.96328	,000	10.4504	20.1019
Durante	Antes	-19.66032*	1.68492	,000	-23.8469	-15.4737
	Después	-4.38413*	1.38995	,008	-7.8243	-.9439
Después	Antes	-15.27619*	1.96328	,000	-20.1019	-10.4504
	Durante	4.38413*	1.38995	,008	.9439	7.8243

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

- Contaminante PM₁₀ (µg/m³)

Tabla 12. Prueba de hipótesis para PM₁₀

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de PM ₁₀ es la misma entre las categorías de Comp.años.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.				



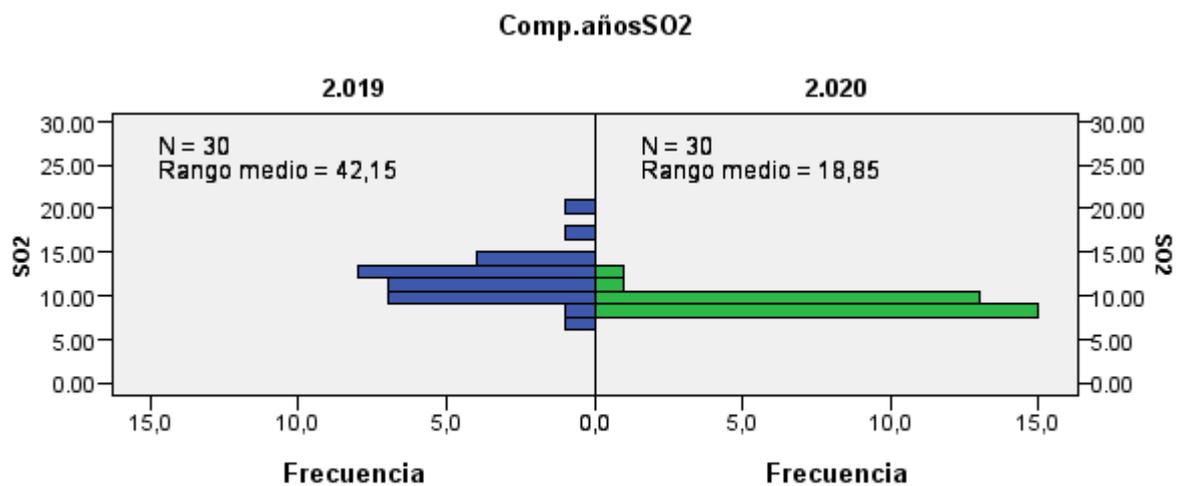
N total	62
U de Mann-Whitney	204,000
W de Wilcoxon	700,000
Estadístico de contraste	204,000
Error estándar	71,030
Estadístico de contraste estandarizado	-3,893
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Figura 97. Prueba U de Mann-Whitney para PM₁₀

- Contaminante SO₂ (µg/m³)

Tabla 13. Prueba de hipótesis para SO₂

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de SO ₂ es la misma entre las categorías de Comp.añosSO ₂ .	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.				



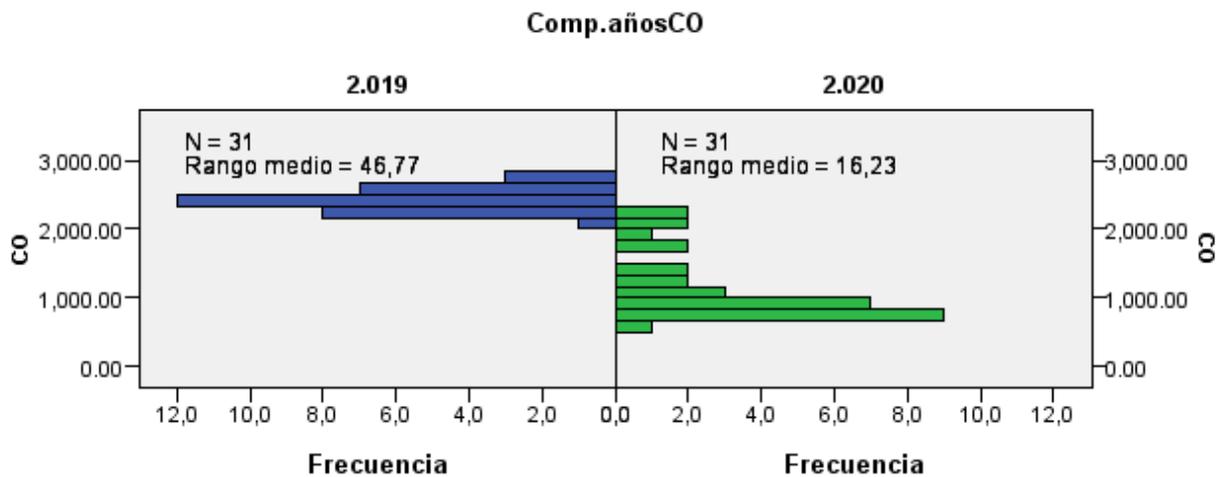
N total	60
U de Mann-Whitney	100,500
W de Wilcoxon	565,500
Estadístico de contraste	100,500
Error estándar	67,630
Estadístico de contraste estandarizado	-5,168
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Figura 98. Prueba U de Mann-Whitney para SO₂

- Contaminante CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Tabla 14. Prueba de hipótesis para CO

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de CO es la misma entre las categorías de Comp.añosCO.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.				



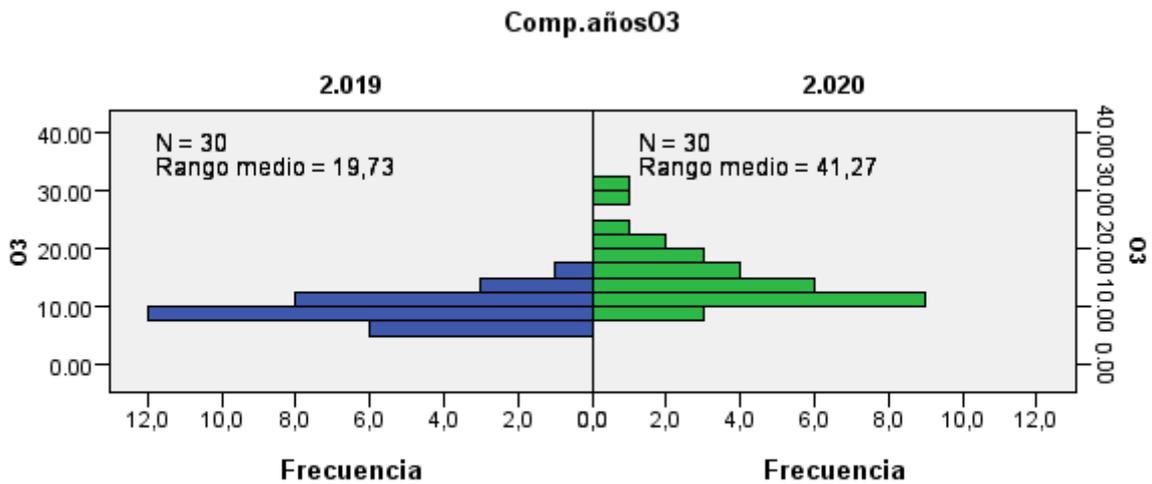
N total	62
U de Mann-Whitney	7,000
W de Wilcoxon	503,000
Estadístico de contraste	7,000
Error estándar	71,030
Estadístico de contraste estandarizado	-6,666
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Figura 99. Prueba U de Mann-Whitney para CO

- Contaminante O₃ (µg/m³)

Tabla 15. Prueba de hipótesis para O₃

Resumen de prueba de hipótesis				
	Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
1	La distribución de O ₃ es la misma entre las categorías de Comparación entre los años 2019 y 2020.	Prueba U de Mann-Whitney para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.
Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significación es de ,05.				



N total	60
U de Mann-Whitney	773,000
W de Wilcoxon	1.238,000
Estadístico de contraste	773,000
Error estándar	67,639
Estadístico de contraste estandarizado	4,775
Sig. asintótica (prueba bilateral)	,000

Figura 100. Prueba U de Mann-Whitney para O₃