



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**  
**SEDE CUENCA**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**ANÁLISIS EX POST DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE CUENCA TRAS  
EL IMPACTO CAUSADO POR LA EMERGENCIA SANITARIA COVID-19**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
título de Ingeniera Automotriz

**AUTORA: LIZBETH ESTEFANÍA MOROCHO PAÑI**

**TUTOR: ING. NÉSTOR DIEGO RIVERA CAMPOVERDE, MSc.**

Cuenca - Ecuador

2024

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Lizbeth Estefanía Morocho Pañi con documento de identificación N° 0150246445, manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cuenca, 17 de enero del 2024

Atentamente,



---

Lizbeth Estefanía Morocho Pañi

0150246445

## **CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Lizbeth Estefanía Morocho Pañi con documento de identificación N° 0150246445, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autora del Proyecto técnico: “Análisis ex post de la calidad del aire de la ciudad de Cuenca tras el impacto causado por la emergencia sanitaria Covid-19”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Automotriz, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de enero del 2024

Atentamente,



---

Lizbeth Estefanía Morocho Pañi

0150246445

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Néstor Diego Rivera Campoverde con documento de identificación N° 0103898995, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ANÁLISIS EX POST DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA CIUDAD DE CUENCA TRAS EL IMPACTO CAUSADO POR LA EMERGENCIA SANITARIA COVID-19, realizado por Lizbeth Estefanía Morocho Pañi con documento de identificación N° 0150246445, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cuenca, 17 de enero del 2024

Atentamente,



---

Ing. Néstor Diego Rivera Campoverde, MSc.

0103898995

## **DEDICATORIA**

*El presente proyecto quisiera dedicarle a mi amado abuelito Luis Pañi, quien, con esfuerzo y sacrificio, me brindó la oportunidad de alcanzar este logro en mi vida profesional. Él ha sido la persona que más ha creído en mí. A mi querida madre, Magaly Pañi, a pesar de la distancia, sus palabras de aliento han sido mi luz en este viaje.*

*Este logro también es suyo. Un abrazo a la distancia, envuelto en gratitud y amor*

***Lizbeth Estefanía Morocho Pañi***

## **AGRADECIMIENTO**

*Primero quiero agradecer a Dios, a mi amada familia. En especial a mi abuelito quien me permitió acceder a la educación. A mi mamá por ser mi pilar, su amor, paciencia y sabios consejos han sido fundamentales.*

*A mis hermanas, Dayana y Alisson expreso mi agradecimiento por su compañía, risas y experiencias. A mi fiel Oso agradezco su lealtad y su compañía en todo momento.*

*A todas las personas maravillosas que he tenido el privilegio de conocer en este trayecto, les agradezco sinceramente su apoyo, amistad y valiosos consejos.*

*Al Ing. Néstor Rivera por su asesoría y valiosos consejos los cuales fueron fundamentales para alcanzar este logro. Quien además de ser mi mentor, me brindó su amistad que valoro profundamente.*

***Lizbeth Estefanía Morocho Pañi***

## **RESUMEN**

En el presente proyecto técnico de titulación se evidencia el estudio de la calidad del aire en el centro histórico de la ciudad del cantón Cuenca, realizando un análisis ex post en relación con la pandemia que tuvo lugar en el año 2020.

Se lleva a cabo una evaluación comparativa entre los años post (2018), durante (2020) y después de la pandemia (2023) entre los meses de enero a agosto de dichos años mencionados con el objetivo de analizar el impacto de las restricciones en la movilidad que se implementaron durante la pandemia y como estas tuvieron influenciaron en los niveles de emisiones contaminantes.

Se compilaron los datos obtenidos en la estación MUN por medio de la página de la EMOV y mediante el COE antes durante y después de la emergencia sanitaria. Estos datos son analizados a través de una plataforma de programación y cálculo numérico que sirve para analizar datos.

Se concluyó que las medidas adoptadas en el año 2020 para no propagar el virus influyeron drásticamente en la calidad del aire comparándolo con el año 2018, ya que en todos los gases contaminantes el año prepandemia es el que mayor número de emisiones registra, mientras en el año post pandemia 2023 el CO y el O<sub>3</sub> registran una disminución comparada con los años pre y pro.

***Palabras Claves: Calidad de aire, Gases Contaminantes, Pandemia, Red de Monitoreo***

## **ABSTRACT**

In the present technical degree project, the study of air quality in the historic center of the city of Cuenca, performing an expost analysis in relation to the pandemic that took place in the year 2020 is evidenced.

A comparative evaluation is carried out between the years post (2018), during (2020) and after the pandemic (2023) between the months of January to August of the mentioned years with the objective of analyzing the impact of the restrictions on mobility that were implemented during the pandemic and how these had an influence on the levels of pollutant emissions.

Data obtained at the MUN station were compiled through the EMOV website and through the COE before, during and after the health emergency. These data are analyzed through a programming and numerical calculation platform used to analyze data.

It was concluded that the measures adopted in the year 2020 to avoid spreading the virus had a drastic influence on air quality compared to the year 2018, since in all pollutant gases the pre-pandemic year is the one with the highest number of emissions, while in the post-pandemic year 2023 CO and O3 register a decrease compared to the pre and pro years.

**Key words:** Air Quality, Pollutant Gases, Pandemic, Monitoring Network.



## ÍNDICE GENERAL

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>V</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>VI</b>
<b>RESUMEN.....</b>	<b>VII</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>1</b>
<b>INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>13</b>
<b>PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
Antecedentes .....	15
Importancia y Alcances.....	15
Delimitación.....	16
Posicionamiento Geográfico del Cantón de Cuenca.....	16
<b>OBJETIVOS.....</b>	<b>19</b>
Objetivo General.....	19
Objetivos Específicos.....	19
<b>CAPITULO I.....</b>	<b>20</b>
1.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca .....	20
1.1.1 Estaciones .....	23
1.1.2 Validación de muestras .....	24
1.1.3 Técnicas de Medición .....	25
1.1.4 Microsensores .....	26
1.2. Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA) .....	27
1.2.1 Calidad de aire en el cantón Cuenca .....	27

1.3. Inventario de Emisiones.....	28
1.3.1 Atribución a Emisiones ocasionadas en el cantón Cuenca .....	29
1.3.2 Vehículos aprobados en la revisión técnica vehicular (RTV) 2008 a 2022.	
30	
1.4 Ciclo de Trabajo de un Motor de Combustión.....	31
1.4.1 Fase de Admisión (Primera carrera) .....	32
1.4.2 Fase de compresión (Segunda carrera) .....	32
1.4.3 Fase de expansión (Tercera carrera) .....	32
1.4.4 Fase de escape (Cuarta carrera) .....	33
1.5 Procesos de Emisión de Contaminantes en Vehículos Automotores.....	33
1.5.1 Emisiones en Caliente.....	34
1.5.2 Emisiones en Frío .....	34
1.5.3 Emisiones Evaporativas .....	34
1.6 Emisiones Contaminantes ocasionadas por Fuentes Móviles.....	35
1.5.1 Monóxido de Carbono (CO) .....	35
1.5.2 Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> ).....	36
1.5.3 Ozono troposférico (O <sub>3</sub> ).....	36
1.5.4 Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> ).....	36
1.5.5 Material particulado .....	36
1.6 Software MATLAB .....	37
<b>CAPITULO II .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1 Proceso de Análisis de Datos .....</b>	<b>38</b>
2.1.1 Recopilación de la base de datos obtenida por la Estación MUN. ....	38

2.1.2 Organización de Datos .....	39
2.1.3 Procesamiento de Datos .....	39
<b>CAPITULO III.....</b>	<b>99</b>
3.1 CONCLUSIONES .....	99
3.2 RECOMENDACIONES.....	100
<b>CAPÍTULO IV .....</b>	<b>101</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>101</b>
4.1 Gráfica de Valores Horarios CO (Emov).....	101
4.1.1 2018 CO Post .....	101
4.1.2 2020 CO Pro .....	101
4.1.3 2018 CO Post .....	102
4.2 Gráfica de Valores Horarios O <sub>3</sub> (Emov).....	102
4.2.1 2018 O <sub>3</sub> Pre .....	102
4.2.2 2020 O <sub>3</sub> Pro .....	103
4.2.3 2023 O <sub>3</sub> Post.....	103
4.3 Gráfica de Valores Horarios SO <sub>2</sub> (Emov).....	103
4.3.1 2018 SO <sub>2</sub> Pre.....	103
4.3.2 2020 SO <sub>2</sub> Pro.....	104
4.3.3 2023 SO <sub>2</sub> Post .....	104
4.4 Gráfica de Valores Horarios NO <sub>2</sub> (Emov) .....	104
4.4.1 2018 NO <sub>2</sub> Pre .....	104
4.4.2 2020 NO <sub>2</sub> Pro.....	105
4.4.3 2023 NO <sub>2</sub> Post.....	105

4.5 Gráfica de Valores Horarios MP <sub>2.5</sub> (Emov).....	105
4.5.1 2018 MP <sub>2.5</sub> Pre.....	105
4.5.2 2020 MP <sub>2.5</sub> Pro.....	106
4.5.3 2023 MP <sub>2.5</sub> Post.....	106
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>106</b>

## Tabla de Figuras.

Figura 1 Ubicación geográfica del cantón de Cuenca .....	17
Figura 2 Parroquias Rurales del cantón de Cuenca .....	18
Figura 3 Parroquias Urbanas del cantón Cuenca .....	18
Figura 4 Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca.....	20
Figura 5 Estación automática de calidad del aire y meteorología localizada en la estación MUN .....	22
Figura 6 Estaciones de calidad del aire que cuentan con microsensores .....	26
Figura 7 Fuentes de contaminación en el cantón Cuenca .....	28
Figura 8 Porcentaje de contaminación por tráfico vehicular. ....	30
Figura 9 Histograma de Vehículos aprobados la Revisión Técnica Vehicular en el cantón de Cuenca.....	31
Figura 10 Fases de un motor de 4T.....	32
Figura 11 Proceso de Emisión de Contaminantes en Vehículos Automotores.....	34
Figura 12 Procesamiento de Datos .....	38
Figura 13 Promedios diarios de CO de enero a agosto 2018.....	41
Figura 14 Promedios diarios de CO de enero a agosto 2020 .....	41
Figura 15 Promedios diarios de CO de enero a agosto 2023.....	42
Figura 16 Promedios diarios de O <sub>3</sub> de enero a agosto 2018 .....	43
Figura 17 Promedios diarios de O <sub>3</sub> de enero a agosto 2020 .....	44
Figura 18 Promedios diarios de O <sub>3</sub> de enero a agosto 2023 .....	44
Figura 19 Promedios diarios de NO <sub>2</sub> de enero a agosto 2018 .....	46

Figura 20 Promedios diarios de NO <sub>2</sub> de enero a agosto 2020 .....	46
Figura 21 Promedios diarios de NO <sub>2</sub> de enero a agosto 2023 .....	47
Figura 22 Promedios diarios de SO <sub>2</sub> de enero a agosto 2018.....	49
Figura 23 Promedios diarios de SO <sub>2</sub> de enero a agosto 2020.....	49
Figura 24 Promedios diarios de SO <sub>2</sub> de enero a agosto 2023 .....	50
Figura 25 Promedios diarios de MP <sub>2.5</sub> de enero a agosto 2018 .....	52
Figura 26 Promedios diarios de MP <sub>2.5</sub> de enero a agosto 2020 .....	52
Figura 27 Promedios diarios de MP <sub>2.5</sub> de enero a agosto 2023 .....	53
Figura 28 Medias de Concentración de CO entre Enero y Agosto 2018.....	55
Figura 29 Medias de Concentración de CO entre Enero y Agosto 2020.....	56
Figura 30 Medias de Concentración de CO entre Enero y Agosto 2023.....	56
Figura 31 Comparación de acumulación de CO conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca .....	59
Figura 32 Comparación del promedio de CO (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023.....	60
Figura 33 Medias de Concentración de O <sub>3</sub> entre enero y agosto 2018 .....	61
Figura 34 Medias de Concentración de O <sub>3</sub> entre enero y agosto 2020 .....	61
Figura 35 Medias de Concentración de O <sub>3</sub> entre enero y agosto 2023 .....	62
Figura 36 Comparación de acumulación de O <sub>3</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca .....	64
Figura 37 Comparación del promedio de O <sub>3</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023.....	65
Figura 38 Medias de Concentración de NO <sub>2</sub> entre enero y agosto 2018 .....	66
Figura 39 Medias de Concentración de NO <sub>2</sub> entre enero y agosto 2020.....	66
Figura 40 Medias de Concentración de NO <sub>2</sub> entre enero y agosto 2023.....	67

Figura 41 Comparación de acumulación de NO <sub>2</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca .....	69
Figura 42 Comparación del promedio de NO <sub>2</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023.....	70
Figura 43 Medias de Concentración de SO <sub>2</sub> entre enero y agosto 2018.....	71
Figura 44 Medias de Concentración de SO <sub>2</sub> entre enero y agosto 2020 .....	72
Figura 45 Medias de Concentración de SO <sub>2</sub> entre enero y agosto 2023 .....	72
Figura 46 Comparación de acumulación de SO <sub>2</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca .....	75
Figura 47 Comparación del promedio de SO <sub>2</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023 .....	76
Figura 48 Medias de Concentración de MP <sub>2.5</sub> entre enero y agosto 2018 .....	77
Figura 49 Medias de Concentración de MP <sub>2.5</sub> entre enero y agosto 2020 .....	77
Figura 50 Medias de Concentración de MP <sub>2.5</sub> entre enero y agosto 2023 .....	78
Figura 51 Comparación de acumulación de MP <sub>2.5</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca .....	80
Figura 52 Comparación del promedio de MP <sub>2.5</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023.....	81
Figura 53 Crecimiento de Gases Contaminantes de enero a agosto del año 2018, en función de los períodos de semaforización implementados en el año 2020.....	83
Figura 54 Crecimiento de Gases Contaminantes de enero a agosto del año 2020, en función de los períodos de semaforización implementados por el COE .....	84
Figura 55 Crecimiento de Gases Contaminantes de enero a agosto del año 2023, en función de los períodos de semaforización implementados en el año 2020.....	85
Figura 56 Comportamiento de gases contaminantes Período del 01- Enero al 16-Marzo.....	87
Figura 57 Comportamiento de gases contaminantes Período del 17- Marzo al 20-Marzo.....	89

Figura 58 Comportamiento de gases contaminantes Período del 21- Marzo al 24-Marzo.....	91
Figura 59 Comportamiento de gases contaminantes Período del 25- Marzo al 12-Abril.....	92
Figura 60 Comportamiento de gases contaminantes Período del 13- Abril al 24-Mayo.....	94
Figura 61 Comportamiento de gases contaminantes Período del 25- Mayo al 30-Junio.....	95
Figura 62 Comportamiento de gases contaminantes Período del 1- Julio al 30-Julio.....	97
Figura 63 Comportamiento de gases contaminantes Período del 31-Julio al 31-Agosto .....	98
Figura 64 2018 CO Post.....	101
Figura 65 2020 CO Pro.....	102
Figura 66 2018 CO Post.....	102
Figura 67 2018 O3 Pre.....	102
Figura 68 2020 O3 Pro.....	103
Figura 69 2023 O3 Post .....	103
Figura 70 2018 SO2 Pre.....	103
Figura 71 2020 SO2 Pro .....	104
Figura 72 2023 SO2 Post.....	104
Figura 73 2018 NO2 Pre .....	104
Figura 74 2020 NO2 Pro.....	105
Figura 75 2023 NO2 Post .....	105
Figura 76 2018 MP2.5 Pre.....	105
Figura 77 2020 MP2.5 Pro.....	106
Figura 78 2023 MP2.5 Post .....	106



## Índice de Tablas

Tabla 1 Límites Geográficos del cantón Cuenca .....	17
Tabla 2 Código, dirección y contaminantes de las estaciones de monitoreo.....	21
Tabla 3 Descripción de las tres estaciones de monitoreo de la calidad del aire en el cantón de Cuenca.....	24
Tabla 4 Cobertura (%) de estaciones pertenecientes al sistema de monitoreo de calidad del aire del cantón Cuenca.....	24
Tabla 5 Métodos de medición de la estación MUN.....	25
Tabla 6 Sensores de la estación automática MUN.....	25
Tabla 7 Métodos de medición y características de las estaciones que dispone de microsensores	26
Tabla 8 Límites permisibles de emisión de gases según NCAA .....	27
Tabla 9 Ascendencia de emisiones de t $\alpha - 1$ .....	28
Tabla 10 Fuentes principales de emisiones de gases contaminantes en el cantón Cuenca.....	29
Tabla 11 Vehículos que aprobaron la revisión técnica vehicular. ....	30
Tabla 12 Plantilla de Excel .....	39
Tabla 13 Análisis Comparativo: CO.....	42
Tabla 14 Análisis Comparativo: O <sub>3</sub> .....	45
Tabla 15 Análisis Comparativo: NO <sub>2</sub> .....	47
Tabla 16 Análisis Comparativo: SO <sub>2</sub> .....	50
Tabla 17 Análisis Comparativo: MP <sub>2.5</sub> .....	53
Tabla 18 Periodos de Semaforización.....	54
Tabla 19 Acumulación de CO conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca.....	57

Tabla 20 Promedio de CO (Enero-Agosto) 2018, 2020,2023 .....	59
Tabla 21 Acumulación de O3 conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca.....	62
Tabla 22 Promedio de O3 (Enero-Agosto) 2018, 2020,2023 .....	64
Tabla 23 Acumulación de NO2 conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca. ....	67
Tabla 24 Promedio de NO2 (Enero-Agosto) 2018, 2020,2023 .....	70
Tabla 25 Acumulación de SO2 conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca. ....	73
Tabla 26 Promedio de SO2 (Enero-Agosto) 2018, 2020,2023 .....	75
Tabla 27 Acumulación de MP2.5 conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca. ....	78
Tabla 28 Promedio de MP2.5 (Enero-Agosto) 2018, 2020,2023 .....	81
Tabla 29 Resultados de comportamiento de gases contaminantes en el año 2018.....	83
Tabla 30 Resultados de comportamiento de gases contaminantes en el año 2020.....	84
Tabla 31 Resultados de comportamiento de gases contaminantes en el año 2023.....	86
Tabla 32 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 01-Enero al 16 Marzo 2018, 2020, 2023.....	87
Tabla 33 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 17-Marzo al 20-Marzo 2018, 2020, 2023.....	89
Tabla 34 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 21-Marzo al 24-Marzo 2018, 2020, 2023.....	91

Tabla 35 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 25-Marzo al 12-Abril 2018, 2020, 2023.....	93
Tabla 36 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 13-Abril al 24-Mayo 2018, 2020, 2023.....	94
Tabla 37 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 25-Mayo al 30-Junio 2018, 2020, 2023.....	95
Tabla 38 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 01-Julio al 30-Julio 2018, 2020, 2023.....	97
Tabla 39 Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 31-Julio al 31-Agostoo 2018, 2020, 2023.....	98

## INTRODUCCIÓN

Ante la llegada de la pandemia COVID-19 tuvo varios efectos relacionados con la calidad del aire (Barua & Nath, 2021). El confinamiento social que se ocasionó en el año 2020 en respuesta a las restricciones establecidas con el intento de frenar la propagación del virus (Secretaría General de Comunicación de la Presidencia, 2020), como las primeras restricciones declaradas el 17 de marzo que se dieron con el objetivo de poder reducir el cuadro epidemiológico de infección entre la población (Defensa.gob.ec, 2020). Entre las restricciones que adoptó el gobierno del Ecuador se encontró la oposición al libre movimiento de la sociedad con la meta de evitar la propagación masiva.

A pesar de que la pandemia del año 2020 fue una emergencia sanitaria y tuvo mayor afección en la salud humana (Ravindra et al., 2022), también indujo a la sociedad a cambiar sus comportamientos de vida, como la suspensión total o parcialmente de sus actividades (El Mercurio, 2020). Estos cambios inesperados tuvieron repercusiones notables en la calidad del aire que se manifestaron, en la reducción muy significativa de cada gas contaminante conforme a restricciones más fuertes.

Actualmente han transcurrido 4 años desde el inicio de la pandemia, y hoy por hoy la oportunidad de evaluar los impactos de las restricciones impuestas son únicas. Se pretende examinar el comportamiento de los gases contaminantes en el cantón Cuenca antes, durante y después de la crisis sanitaria, teniendo en cuenta que el tráfico vehicular es el factor que representa la mayor atribución al porcentaje de emisión de cada gas.

A través de este análisis retrospectivo se busca comprender la relación que existe entre las medidas gubernamentales adoptadas y el efecto que tienen en la calidad del aire. Esta comprensión

puede ser fundamental para futuras situaciones similares o la formulación e implementación de planes en acción destinados a la disminución de gases contaminantes.(EMOV,2022)

## **PROBLEMA**

La irrupción del COVID-19 en diciembre de 2019, según los hallazgos de (Zhu et al., 2020), tuvo un profundo impacto en la movilidad de las personas, debido a las medidas adoptadas por el presidente del Ecuador, quien decretó el estado de excepción el 16 de marzo de 2020, aplicando restricciones a la circulación en vías y espacios públicos en todo el país. (Defensa.gob.ec, 2020). A pesar de que numerosos estudios demostraron una reducción global en las emisiones contaminantes debido a las restricciones gubernamentales.(Ravindra et al., 2022), hasta la fecha actual, no se ha llevado a cabo una investigación exhaustiva que evalúe específicamente como estas medidas no solo afectaron la calidad del aire de Cuenca de manera sistemática, sino también influyeron en el desarrollo de la pandemia. Por lo tanto, es necesario realizar un estudio que analice la calidad del aire en Cuenca, específicamente en el centro histórico, antes, durante y después de la emergencia sanitaria. Este estudio no solo ayudará a comprender el impacto real de las medidas gubernamentales en la calidad del aire local, sino que también proporcionara claridad sobre cómo estas medidas influenciaron la propagación y la gestión de la pandemia, sirviendo, así como base para decisiones políticas y ambientales informadas.

### **Antecedentes**

La llegada del Covid-19 altero varios aspectos de la vida diaria, alterando significativamente los patrones de movilidad. Este cambio abrupto tuvo un efecto en los niveles de contaminación, por este motivo es fundamental realizar un análisis ex post la calidad del aire en la ciudad de Cuenca lo que nos permitirá comprender como las restricciones influyen en la calidad del aire y además como estas medidas contribuyeron en la propagación del virus.

### **Importancia y Alcances**

Este estudio ayudará a comprender el impacto real de las medidas gubernamentales en la calidad del aire local, además también proporcionará claridad sobre cómo estas medidas influenciaron la propagación y la gestión de la pandemia, sirviendo, así como base para decisiones políticas y ambientales informadas.

Brindará un beneficio significativo para el Grupo de Investigación en Ingeniería de Transporte, la línea de investigación en eficiencia energética y contaminación ambiental de la Universidad Politécnica Salesiana además de posibles futuras investigaciones.

### **Delimitación**

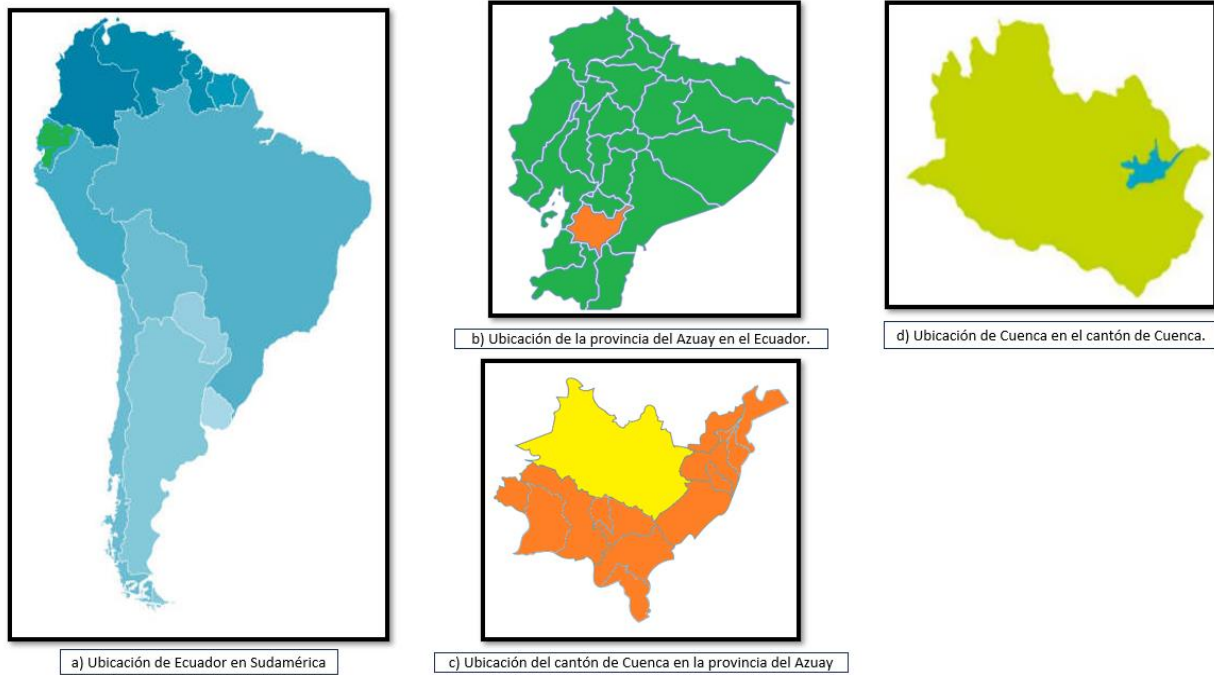
Este análisis se llevará a cabo en el centro histórico de la ciudad de Cuenca.

### ***Posicionamiento Geográfico del Cantón de Cuenca***

Cuenca, ubicada en la región centro sur de Ecuador según se evidencia en la Figura 1, es la capital de la provincia del Azuay y representa un 42% de su territorio, pertenece a la Zona 6. Con una extensión de 366532,96 hectáreas. La altitud de Cuenca es de 2538 m.s.n.m, cubriendo una superficie de 15730 hectáreas según la (Fundación Turismo Cuenca, 2020) y una población de 596101 habitantes según el (INEC, 2022).

## Figura 1

### Ubicación geográfica del cantón de Cuenca



*Nota:* Adaptado de (EMOV, 2022a)

A continuación, en la Tabla 1, se proporcionará información detallada sobre la extensión territorial del cantón Cuenca.

## Tabla 1

### Límites Geográficos del cantón Cuenca

---

#### Límites Territoriales del Cantón Cuenca

---

**Norte:** Provincia del Cañar.

**Este:** Cantones Paute, Gualaceo y Sígsig.

**Sur:** Cantones Girón, San Fernando y Santa Isabel.

**Oeste:** Provincia del Guayas.

---

*Nota:* Adaptado de (Revista Cuenca, 2016)



El municipio de Cuenca comprende un total de 22 parroquias rurales como se ilustra a detalle en la Figura 2 y 15 parroquias urbanas que se demuestra en la Figura 3.(Revista Cuenca, 2016)

**Figura 2**

*Parroquias Rurales del cantón de Cuenca*



*Nota:* Adaptada de (Unsiöntv, 2020a)

**Figura 3**

*Parroquias Urbanas del cantón Cuenca*



*Nota:* Adaptada de (Unsiöntv, 2020b)

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Analizar de forma Ex Post la calidad del aire de la ciudad de Cuenca tras el impacto causado por la emergencia sanitaria Covid-19.

### **Objetivos Específicos**

- Realizar una revisión exhaustiva de la literatura para contextualizar el conocimiento actual sobre la calidad del aire y las medidas gubernamentales Ex Post, considerando su impacto en la gestión de la pandemia. Esto enriquecerá nuestro estudio y brindará una comprensión más completa de cómo estas medidas influyeron en la calidad del aire y en el desarrollo de la pandemia.
- Evaluar el impacto de las medidas gubernamentales en el tráfico vehicular y en las emisiones ambientales en el centro histórico de Cuenca mediante la creación de una base de datos y el análisis estadístico correspondiente.
- Elaborar conclusiones y recomendaciones a partir del análisis de datos, con el propósito de evaluar el impacto de las medidas gubernamentales en el tráfico vehicular sobre la calidad del aire en la ciudad de Cuenca.

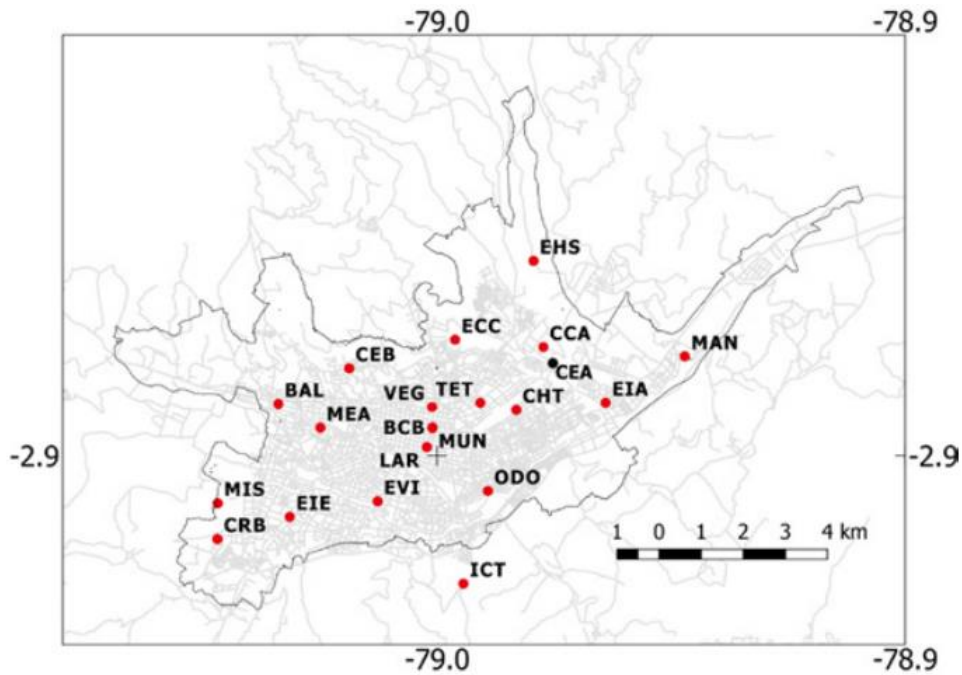
# CAPITULO I

## 1.1 Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire en la ciudad de Cuenca

Hoy en día, el sistema de monitoreo de la calidad del aire en el cantón Cuenca dispone de veinte puntos de supervisión pasiva distribuidos en diversos lugares de la ciudad como se puede observar en la (Figura 4), los cuales siguen las pautas establecidas por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA). (EMOV, 2022a)

### Figura 4

*Localización de las estaciones de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire de Cuenca*



*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

La Tabla 2 señala el código de la ubicación de los contaminantes y la escala de información de la calidad del aire de cada estación, conforme a las categorías definidas por la USEPA (EMOV, 2022a).

**Tabla 2***Código, dirección y contaminantes de las estaciones de monitoreo*

<b>Código</b>	<b>Nombre</b>	<b>Ubicación</b>	<b>Contaminantes</b>	<b>Escala</b>
MAN	Machángara	Jardines del Río y Calle Londres	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
EIA	Escuela Ignacio Andrade	Reino de Quito y Avenida González Suarez	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
EHS	Escuela Héctor Sempertegui	Camino a Ochoa León	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
CHT	Colegio Herlinda Toral	Altar Urco y Avenida Paseo de los Cañaris	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
TET	Terminal Terrestre	Avenidas Madrid y España	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
ECC	Escuela Carlos Crespi II	Calle de la Bandolia y Calle del Arpa	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
ODO	Facultad de Odontología- Universidad de Cuenca	Avenida Pasaje de Paraíso y Avenida 10 de Agosto	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
EVI	Escuela Velasco Ibarra	Avenida Felipe II y Avenida Isabel Católica	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
MEA	Mercado El Arenal	Avenida Remigio Crespo y Avenida de las Américas	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
BAL	Balzay CEA Universidad de Cuenca	Avenida Ordoñez Laso y Avenida Cerezos	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
CRB	Colegio Rafael Borja	Vía a Baños	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
VEG	Vega Muñoz	Vega Muñoz y Luis Cordero	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Microescala
CCA	Colegio Carlos Arizaga Vega	Calle J. Lavalle y Calle A. Ricaurte	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, MP <sub>10</sub> , BTEX, MP <sub>2.5</sub>	Urbana, vecinal
MUN	Municipio	Calle Simón Bolívar y Calle Presidente Borrero	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , CO, MP <sub>2.5</sub> , MP <sub>10</sub> , PS, BTEX	Urbana, vecinal
EIE	Escuela Ignacio Escandón	Avenida Loja y Calle Ignacio de Rocha	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, MP <sub>10</sub> , BTEX, MP <sub>2.5</sub>	Urbana, vecinal
BCB	Estación de Bomberos	Calle Presidente Córdova y Luis Cordero	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Microescala
LAR	Calle Larga	Calle Larga y Borrero	NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , BTEX	Microescala

ICT	Antenas de Ictocruz	Camino a Ictocruz	O <sub>3</sub>	Regional
CEB	Cebollar	Calle del Cebollar	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal
MIS	Misicata	Calle Carmela Malo	O <sub>3</sub> , NO <sub>2</sub> , SO <sub>2</sub> , PS, BTEX	Vecinal

*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

El sistema que monitoriza la calidad del aire en el cantón de Cuenca dispone de:

- Una estación automática la cual que se ubica en la estación MUN ver (Figura 5) y está registra en tiempo actual las concentraciones de los gases contaminados como (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub> y MP<sub>2.5</sub>). Estos gases específicos son los que se emplearán en el presente estudio. (EMOV, 2022a)

### **Figura 5**

*Estación automática de calidad del aire y meteorología localizada en la estación MUN*



*Nota:* Tomado de (EMOV, 2018)

- Un sensor automático de  $MP_{2.5}$  que se encuentra en operación desde el pasado 11 de junio de 2016 en el Colegio Carlos Arizaga el cual mide contaminantes en la zona del parque industrial de Cuenca. (EMOV, 2022a)
- Un sensor automático de  $MP_{2.5}$ , que se encuentra operando desde el 9 de julio de 2020 en la Escuela Ignacio Escandón el cual también mide la velocidad y dirección del viento. (EMOV, 2022a)
- Una subred pasiva de muestreo de contaminantes gaseosos en 19 estaciones la cual mide diversos contaminantes como los mencionados anteriormente y además benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos. (EMOV, 2022a)
- Una subred de medición de partículas sedimentables (PS) con un total de 17 puntos de observación. (EMOV, 2022a)
- Una subred activa para la medición de material particulado menos a 10 micras ( $MP_{10}$ ) compuesta por 3 equipos semiautomáticos de alto volumen. (EMOV, 2022a)
- Una subred de microsensores indicativos implementados a finales de noviembre de 2021 los cuales miden diversos contaminantes en los que se incluyen  $MP_{10}$ ,  $MP_{2.5}$ ,  $MP_1$ , CO,  $O_3$ ,  $NO_2$ , y finalmente  $SO_2$ . Se encuentran ubicados en áreas estratégicas. (EMOV, 2022a)
- Un dispositivo para medir partículas suspendidas de tamaño inferior a 10 micras ( $MP_{10}$ ) en la alcaldía, además de dos analizadores automáticos en la Escuela Ignacio Escandón que vigilan los niveles de CO y  $SO_2$  en tiempo real. (EMOV, 2022).\

### ***1.1.1 Estaciones***

El sistema de monitoreo de la calidad del aire tiene tres estaciones que se pueden identificar en la Tabla 3, así como su dirección y a que altura se encuentran.

**Tabla 3**

*Descripción de las tres estaciones de monitoreo de la calidad del aire en el cantón de Cuenca*

<b>Nombre</b>	<b>Dirección</b>	<b>Altura</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>
Estación01	Simón Bolívar 7-77 y Borrero	2549.0	-2.897	-79.003
Estación02	Ricaurte y Barallon Numancia	2502.0	-2.879789	-78.980213
Estación03		2502.0	-2.879889	-78.981213

*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

### **1.1.2 Validación de muestras**

A continuación, en la Tabla 4 se puede observar la cobertura que tuvieron las estaciones de los años 2018, 2020 ,2022.

**Tabla 4**

*Cobertura (%) de estaciones pertenecientes al sistema de monitoreo de calidad del aire del cantón Cuenca*

<b>Gas contaminante</b>	<b>Estaciones (Cobertura (%))</b>								
	<b>MUN</b>			<b>CCA</b>			<b>EIE</b>		
	<b>2018</b>	<b>2020</b>	<b>2022</b>	<b>2018</b>	<b>2020</b>	<b>2022</b>	<b>2018</b>	<b>2020</b>	<b>2022</b>
Monóxido de carbono (CO)	95.1	97.8	95.6						
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	90.2	97.8	99.2						
Ozono (O <sub>3</sub> )	93.7	98.6	97.0						
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	97.0	91.5	92.3						
Material particulado fino (MP <sub>2.5</sub> )	97.3	94.0	95.1	99.7	94.3	95.9	-	48.1	Se presento problemas operativos (No registra muestras)

*Nota:* Adaptado de (EMOV, 2022a)

Como se pudo observar, la estación MUN es la que mayor cobertura posee. Por esta razón los datos analizados en este estudio se obtuvieron de esta estación.

### 1.1.3 Técnicas de Medición

En la Tabla 5 y 6 se describen las técnicas de medición y los dispositivos automáticos utilizados en la estación MUN, que será la base para este proyecto.

**Tabla 5**  
*Métodos de medición de la estación MUN*

<b>Contaminante</b>	<b>Método</b>	<b>Marca/modelo</b>
Monóxido de carbono (CO)	Absorción de radiación infrarroja no dispersiva.	Teledyne. T300
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Fluorescencia por radiación ultravioleta USEPA Método de referencia EQSA-0495-100.	Teledyne. T100
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Corrimiento de fase de cavidad atenuada USEPA Método de referencia EQOA-0514-212.	Teledyne. T500U
Material particulado fino (MP <sub>2.5</sub> )	Atenuación de rayos beta USEPA Método equivalente EQPM-0308-170.	Met One BAM-1020
Material particulado fino (MP <sub>10</sub> )	Atenuación de rayos beta USEPA Método equivalente EQPM-0798-122.	Met One BAM-1020
Ozono (O <sub>3</sub> )	Absorción de radiación ultravioleta USEPA Método equivalente EQOA-0992-087.	Teledyne.T400

*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

**Tabla 6**  
*Sensores de la estación automática MUN*

<b>Parámetro</b>	<b>Sensor</b>
Velocidad y dirección del viento	WMS302
Temperatura del aire, humedad relativa	HMP155
Radiación solar global	CMP3
Precipitación	Young 52203
Presión barométrica	K17474

*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)



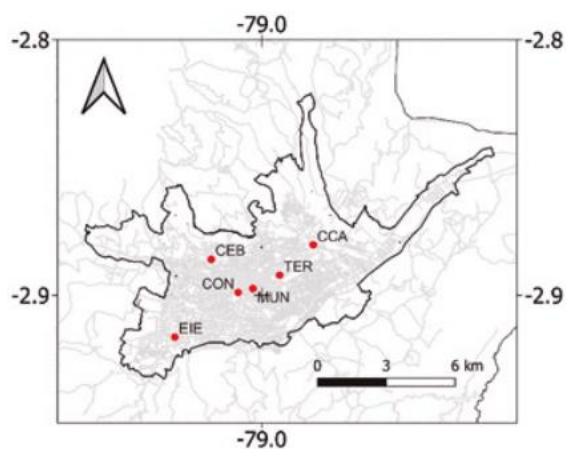
### 1.1.4 Microsensores

La EMOV EP, instalo 6 estaciones (Figura 6) de microsensores de calidad del aire ubicadas en (CON), (CCA), (EIE), (MUN), (TER) y (CEB). Aunque es importante recalcar que en la fecha de realización de este proyecto los datos generados por estos microsensores se encuentran en fase de validación el cual ayudará a definir que lo que se ha implementado cumple con los criterios.

La información sobre las propiedades de los microsensores se detalla en la Tabla 7.

**Figura 6**

*Estaciones de calidad del aire que cuentan con microsensores*



*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

**Tabla 7**

*Métodos de medición y características de las estaciones que dispone de microsensores*

Marca	Modelo	Contaminante	Rango de medición	Tecnología
ENVEA	Cairsens nmVOC	nmVOC	0-16 ppm	PID
ENVEA	Cairsens NH <sub>3</sub>	NH <sub>3</sub>	0-25 ppm	Electrochemical
ENVEA	Cairsens H <sub>2</sub> S/CH <sub>4</sub> S	H <sub>2</sub> S/CH <sub>4</sub> S	0-200 ppm	Electrochemical
ENVEA	Cairsens CO	CO	0-20 ppm	Electrochemical
ENVEA	Cairsens NO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	0-25 ppm	Electrochemical
ENVEA	Cairsens O <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub> +NO <sub>2</sub>	0-25 ppm	Electrochemical
ENVEA	Cairsens SO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	0-1 ppm	Electrochemical

*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

## 1.2. Norma de Calidad del Aire Ambiente (NCAA)

El ministerio de Ambiente modifico la NCAA mediante el Acuerdo No. 050, las concentraciones límites de los contaminantes atmosféricos se pueden observar en la Tabla 8, estos cambios entraron en vigor el 4 de abril de 2011.(EMOV, 2022a)

**Tabla 8**

*Límites permisibles de emisión de gases según NCAA*

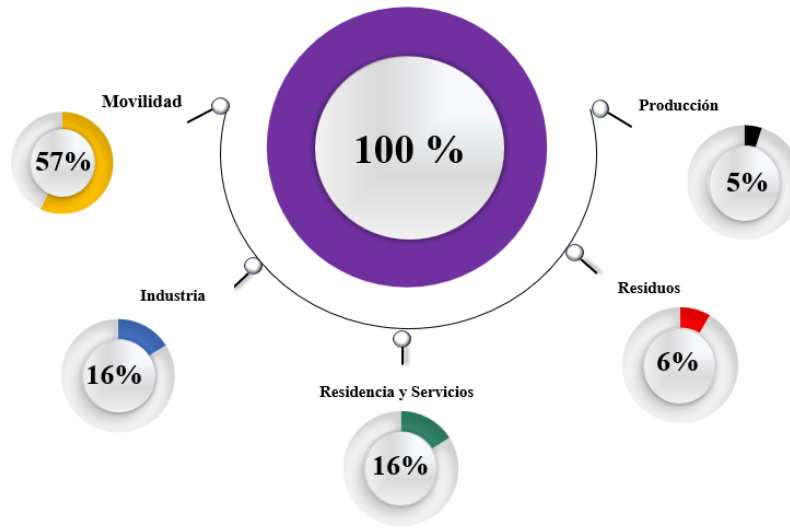
<b>Gas contaminante</b>	<b>Norma Vigente</b>
Monóxido de carbono (CO)	Promedio máximo en 8 horas: $10000 \mu/m^3$ Promedio máximo en 1 hora: $30000 \mu/m^3$
Dióxido de nitrógeno (NO <sub>2</sub> )	Promedio anual: $40 \mu/m^3$ Promedio máximo en 1 hora: $200 \mu/m^3$
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Promedio 24horas: $125 \mu/m^3$ Promedio anual: $60 \mu/m^3$ Promedio en 10 minutos: $500 \mu/m^3$
Partículas sedimentadas (PS)	$1 \text{ mg}/\text{cm}^2$ durante 30 días
(MP <sub>10</sub> )	Promedio anual: $50 \mu/m^3$ Promedio en 24 horas: $100 \mu/m^3$
MP <sub>2.5</sub> )	Promedio anual: $15 \mu/m^3$ Promedio en 24 horas: $50 \mu/m^3$
Ozono (O <sub>3</sub> )	Promedio en 8 horas: $100 \mu\text{g}/m^3$

*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

### 1.2.1 Calidad de aire en el cantón Cuenca

El inventario de gases de efecto invernadero (GEI) fue actualizado por una metodología de la (ICES), la cual es internacional y está diseñada para ayudar a las ciudades a medir y reducir sus emisiones de gases de efecto invernadero (BID, 2014). Los resultados de la actualización se pueden observar en la Figura 7.

**Figura 7**  
Fuentes de contaminación en el cantón Cuenca



Nota: Adaptado de (BID, 2014)

### 1.3. Inventario de Emisiones

De acuerdo con el más reciente inventario de emisiones realizado en el 2021 las emisiones ascienden de la siguiente manera(EMOV, 2021) (Tabla 9):

**Tabla 9**  
Ascendencia de emisiones de  $t a^{-1}$

Gas contaminante	Ascendencia
Monóxido de carbono (CO)	39547 $t a^{-1}$
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	7554 $t a^{-1}$
Compuestos Orgánicos volátiles	13214 $t a^{-1}$
Diferentes del metano (COVNM)	
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	1118 $t a^{-1}$
	822 $t a^{-1}$
Material particulado fino (MP <sub>2.5</sub> )	
	1174 $t a^{-1}$
Material particulado (MP <sub>10</sub> )	

Nota: (EMOV, 2021)

### 1.3.1 Atribución a Emisiones ocasionadas en el cantón Cuenca

Las emisiones que se mostraron en la Tabla 9 se le puede asociar según indica la Tabla 10:

**Tabla 10**

*Fuentes principales de emisiones de gases contaminantes en el cantón Cuenca*

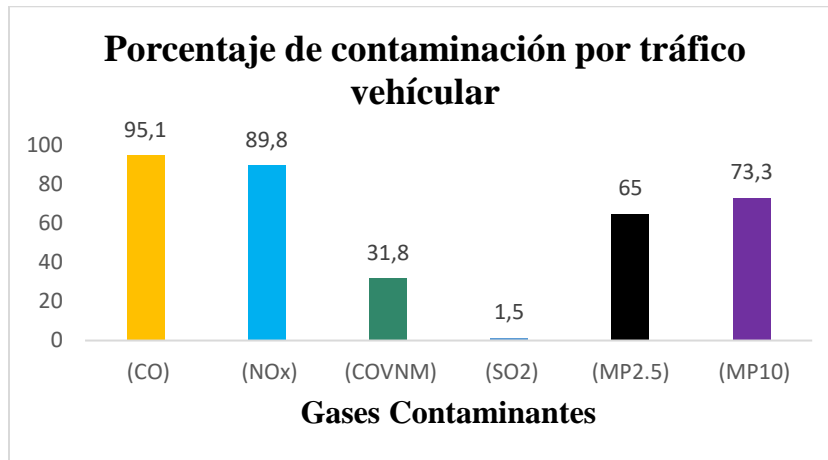
<b>Gas contaminante</b>	<b>Fuentes Importantes de Emisión</b>
Monóxido de carbono (CO)	Tráfico vehicular 95.1%
Óxidos de nitrógeno (NO <sub>x</sub> )	Tráfico vehicular 89.8% Industrias 7.4%
<b>Compuestos Orgánicos volátiles</b>	
Diferentes del metano (COVNM)	Uso de disolventes 36.0%
	Tráfico vehicular 31.8%
	Vegetación 21.3%
	Gasolineras 6.7%
Dióxido de azufre (SO <sub>2</sub> )	Industrias 98.0%
	Tráfico vehicular 1.5%
Material particulado fino (MP <sub>2.5</sub> )	Tráfico vehicular 65.0%
	Ladrilleras artesanales 27.2%
	Industrias 6.4%
Material particulado (MP <sub>10</sub> )	Tráfico vehicular 73.3%
	Ladrilleras artesanales 19.3%
	Industrias 6.1%

*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

La Figura 8 muestra la influencia del tráfico vehicular en la ascendencia anual de cada gas contaminante.

**Figura 8**

*Porcentaje de contaminación por tráfico vehicular.*



*Nota:* Tomado de(EMOV, 2022a)

### ***1.3.2 Vehículos aprobados en la revisión técnica vehicular (RTV) 2008 a 2022.***

En la Tabla 11 se puede observar la cantidad de vehículos aprobaron la RTV.

En la Figura 9 se puede observar que el año 2022 es el año con más aprobaciones del centro de RTV en comparación con los tres años de estudio, mientras que el año 2020 es el año que menos aprobaciones hubo.(EMOV, 2022b)

**Tabla 11**

*Vehículos que aprobaron la revisión técnica vehicular.*

<b>Vehículos que Aprobaron la Revisión Técnica Vehicular</b>	
<b>AÑO</b>	<b>VEHÍCULOS</b>
2008	9261
2009	35937
2010	83706
2011	89840
2012	95337
2013	102202
2014	106085

2015	114408
2016	94918
2017	85209
2018	85235
2019	84560
2020	82351
2021	90715
2022	92314

Nota: Adaptado de (EMOV, 2022b)

**Figura 9**

*Histograma de Vehículos aprobados la Revisión Técnica Vehicular en el cantón de Cuenca*

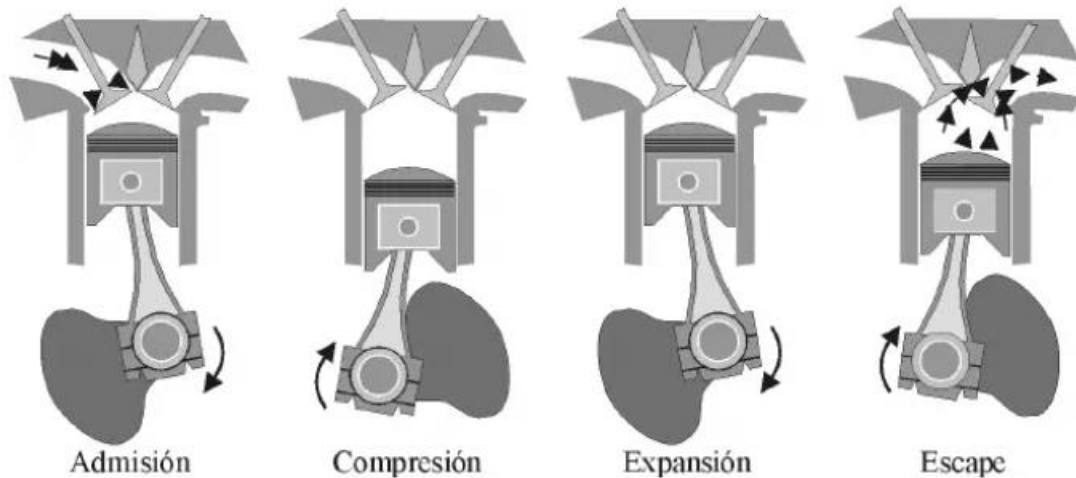


#### 1.4 Ciclo de Trabajo de un Motor de Combustión.

Los motores alternativos podrían clasificarse dependiendo del número de ciclos de trabajo que realizan en motores de cuatro y dos tiempos. La principal variación entre estos dos motores radica en el proceso de renovación de la carga, es decir la entrada de aire y combustible al cilindro y la salida de los gases de escape (Payri González & Desantes Fernández, 2011)

En este tipo de motores, el ciclo de trabajo se completa en dos vueltas completas del cigüeñal, lo que equivale a cuatro carreras del pistón como se puede observar en la Figura 6.

**Figura 10**  
*Fases de un motor de 4T*



**Nota:** Tomado de (Payri González & Desantes Fernández, 2011)

#### ***1.4.1 Fase de Admisión (Primera carrera)***

El embolo desciende desde el punto muerto superior (PMS) hasta el punto muerto inferior (PMI). Lo cual crea una depresión en el interior del cilindro que atraen la mezcla de aire y combustible. Las válvulas de admisión se cierran cuando el émbolo llega al (PMI). (Payri González & Desantes Fernández, 2011)

#### ***1.4.2 Fase de compresión (Segunda carrera)***

El embolo sube desde el PMI hasta el PMS lo que produce el comprimido de los gases de admisión. La inyección de la mezcla se produce en el PMS, lo que da lugar a la combustión. (Payri González & Desantes Fernández, 2011)

#### ***1.4.3 Fase de expansión (Tercera carrera)***

La combustión de los gases ocasionada en la fase de compresión aumenta la presión y lo que produce es que empuja el émbolo hacia el PMI, esto genera el trabajo mecánico del motor.(Payri González & Desantes Fernández, 2011)

#### ***1.4.4 Fase de escape (Cuarta carrera)***

El embolo asciende desde el PMI hasta el PMS expulsando los gases quemados. Cuando el embolo llega al PMS, las válvulas de escape se cierran y da lugar a un nuevo ciclo.(Payri González & Desantes Fernández, 2011)

### **1.5 Procesos de Emisión de Contaminantes en Vehículos Automotores**

Los vehículos que son propulsados por un motor térmico producen dos tipos de emisiones de gases de efecto invernadero y se les podría clasificar en emisiones evaporativas y de escape. Las emisiones ocasionadas dependen de varios factores, entre esas el modo de conducción, aceleración, calidad del combustible, tecnologías del vehículo.

En la Figura 11 se muestra el proceso de emisión de los contaminantes que provocan los vehículos automotores.



## Figura 11

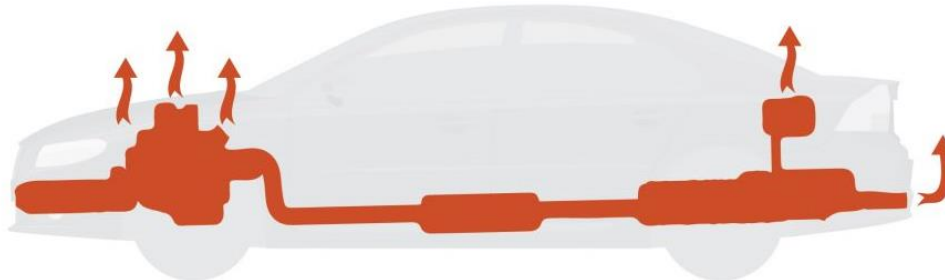
### Proceso de Emisión de Contaminantes en Vehículos Automotores

#### Evaporación de hidrocarburos:

- En reposo con el motor caliente
- En la circulación
- En reposo con el motor frío

#### Evaporación de hidrocarburos:

- Ciclo diario
- Durante la recarga de combustibles



#### Emisiones de escape:

- Hidrocarburos
- Monóxidos de carbono
- Óxidos de nitrógeno
- Partículas
- Sulfatos
- Contaminantes tóxicos

*Nota:* Tomado de (INE. SEMANART., 2005).

Según la clasificación de (EMOV, 2021)

#### 1.5.1 Emisiones en Caliente

Son provenientes del tubo de escape cuando se alcanza una temperatura operativa. La temperatura del líquido de refrigeración supera los 70 °C.(EMOV, 2021)

#### 1.5.2 Emisiones en Frío

Proviene del tubo de escape antes que el líquido de refrigeración alcance los 70 °C.(EMOV, 2021)

#### 1.5.3 Emisiones Evaporativas

Son correspondientes a los (COV) Compuestos Orgánicos Volátiles) que se producen en el tanque de almacenamiento de combustible y cárter por la evaporación del combustible.

Se clasifican de la siguiente manera(EMOV, 2021).

#### **1.5.3.1 Emisiones Diurnas.**

Surgen debido a las fluctuaciones diarias de la temperatura ambiental, son enlazadas con la expansión del vapor del combustible en el interior del tanque de almacenamiento a medida que la temperatura asciende a lo largo del día. (EMOV, 2021)

Cuando la temperatura desciende, el vapor del combustible se contrae, este proceso reduce la concentración de (COV).(EMOV, 2021)

#### **1.5.3.2 Emisiones por Detención.**

Ocurren cuando el motor del vehículo es apagado. El motor y el tubo de escape dejan un calor residual lo que ocasiona un aumento de la temperatura del combustible estático. Existe una diferencia entre las emisiones que se producen en estado por detención tibia y detención caliente.(EMOV, 2021)

#### **1.5.3.3 Emisiones Durante el Recorrido.**

Se producen cuando el vehículo se encuentra en movimiento, la emisión del vapor del combustible desde el tanque de almacenamiento. Las emisiones se producen de dos maneras, por recorrido en tibio y caliente.(EMOV, 2021)

### **1.6 Emisiones Contaminantes ocasionadas por Fuentes Móviles**

#### ***1.5.1 Monóxido de Carbono (CO)***

Este gas, invisible, sin olor y altamente tóxico, se forma gracias a la combustión no completada de los combustibles (Jiménez Edison José & Cárdenas Joel Sebastián, 2023). Este gas es liberado por los escapes de los vehículos, en exposiciones prolongadas a este gas puede

ocasionar la privación de oxígeno, alteraciones en el flujo sanguíneo, ritmo cardíaco, dolores de cabeza incluso a desmayos, convulsiones, coma y la muerte. (EMOV, 2022a)

### ***1.5.2 Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)***

Es un gas sin color, olor ni sabor que se forma cuando el azufre de los combustibles fósiles, como el carbón y el petróleo, se quema (Jiménez Edison José & Cárdenas Joel Sebastián, 2023). Tiene efectos negativos para la salud humana.

En concentraciones bajas causa irritación de ojos, nariz y garganta, por el contrario, en concentraciones altas puede causar problemas respiratorios agravados como asma, bronquitis y enfisema además de algunas enfermedades cardiovasculares (EMOV, 2022a).

### ***1.5.3 Ozono troposférico (O<sub>3</sub>)***

Es un gas oxidante que posee tres moléculas de oxígeno, aunque es un fuerte irritante y promueve la rigidez de los tejidos pulmonares. (CIEMAT, 2009)

### ***1.5.4 Dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>)***

Es un gas contaminante que se forma cuando el nitrógeno y el oxígeno del aire reaccionan a altas temperaturas, es un gas de color café rojizo (EMOV, 2022a). Su origen principal radica en los procesos de combustión, con implicaciones notables, como la contribución a la formación de lluvia ácida y la inducción de problemas respiratorios, entre otros riesgos para la salud. (Jiménez Edison José & Cárdenas Joel Sebastián, 2023)

### ***1.5.5 Material particulado***

Se trata de una amalgama de partículas sólidas y líquidas suspendidas en el aire, varían entre tamaño y forma. Proviene de diversas fuentes, como la combustión de combustibles fósiles, agricultura y polvo de suelo entre otras. (EMOV, 2022a)

Se denominan partículas sedimentadas (PS) a las que tiene un diámetro de 10  $\mu\text{m}$  o menos, no permanecen en el aire durante periodos prolongados, ocasionan irritación en los ojos, nariz y la garganta. (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal de México, 2003)

Las partículas más diminutas (PM) con un diámetro de 10  $\mu\text{m}$  o menos, se denominan partículas inhalables, poseen la capacidad de desplazarse distancias considerables y puede ingresar al organismo humano a través de la respiración. (Morawska, 2019)

Las partículas finas tienen un diámetro menor 2.5  $\mu\text{m}$  y su fuente de emisión es principalmente por los vehículos a diésel.

El material particulado es dañino para la salud humana se les otorga un mayor riesgo a enfermedades pulmonares, asma, insuficiencia cardiaca, y las personas que se exponen a tiempos prolongados a este gas tienden a desarrollar Alzheimer. (Universidad de los Andes, 2009)

## **1.6 Software MATLAB**

Es un entorno de programación y software de computación numérica ampliamente utilizada para analizar datos, debido a su eficiencia en matrices. Facilita la manipulación de datos y visualización de resultados. Su entorno gráfico ayudar a procesar los datos de una manera visualmente sencilla de entender. (Cristina & Fernández, 2016)

## CAPITULO II

### 2.1 Proceso de Análisis de Datos

La Figura 12 muestra cómo se analizarán los datos, primero obtendremos los datos del Sistema de Monitoreo de la Calidad del Aire del Cantón Cuenca de la estación MUN. Crearemos una plantilla en Excel con el fin de poder ordenar los datos y finalmente se analizarán en MATLAB.

**Figura 12**  
*Procesamiento de Datos*



#### 2.1.1 Recopilación de la base de datos obtenida por la Estación MUN.

Se accede a la página de la EMOV.

Seleccionar el apartado “Sistema de monitoreo de calidad del Aire”

Escoger “Datos de calidad de aire”

Elegir la opción “Valores horarios” y seguidamente “Reporte”

En la sección parámetros, seleccionar “CO, OZONE, NO2, SO2, PM2.5”

En la sección estaciones, seleccionar “Estacion01” la cual pertenece a la estación MUN.

En el apartado fecha de inicio, seleccionar desde el 01/01/2018,2020,2023. 00:00

En el apartado fecha de fin, seleccionar hasta 31/08/2018,2020,2023. 23:59

Seleccionar “Buscar”

Finalmente descargar los datos de cada año en formato .xlsx

### 2.1.2 Organización de Datos

Con el fin de procesar los datos en el Software MATLAB, se creó una plantilla en Excel que se puede observar en la Tabla 12 la cual ayudara a simplificar la generación de matrices correspondientes a cada mes, cada gas contaminante en función del año.

**Tabla 12**  
*Plantilla de Excel*

<b>Hora</b>	<b>Día 1</b>	<b>Día 2</b>	<b>...</b>	<b>...</b>	<b>...</b>	<b>Día n (Número de días que dure cada mes)</b>
0:00	(Valor de gas contaminante con su unidad)	(Valor de gas contaminante con su unidad)	(Valor de gas contaminante con su unidad)	(Valor de gas contaminante con su unidad)	(Valor de gas contaminante con su unidad)	(Valor de gas contaminante con su unidad)
1:00	-	-	-	-	-	-
2:00	-	-	-	-	-	-
.....	-	-	-	-	-	-
.....	-	-	-	-	-	-
21:00	-	-	-	-	-	-
22:00	-	-	-	-	-	-
23:00	-	-	-	-	-	-

### 2.1.3 Procesamiento de Datos

Con el fin de poder realizar un análisis entre los tres años 2018 (Pre), 2020 (Pro), 2023 (Post). Se procesaron los datos obtenidos entre el período Enero-Agosto.

#### 2.1.3.1 Concentraciones promedio diarias de los contaminantes del aire CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, MP<sub>2.5</sub> de Enero a Agosto de 2018, 2020 y 2023.

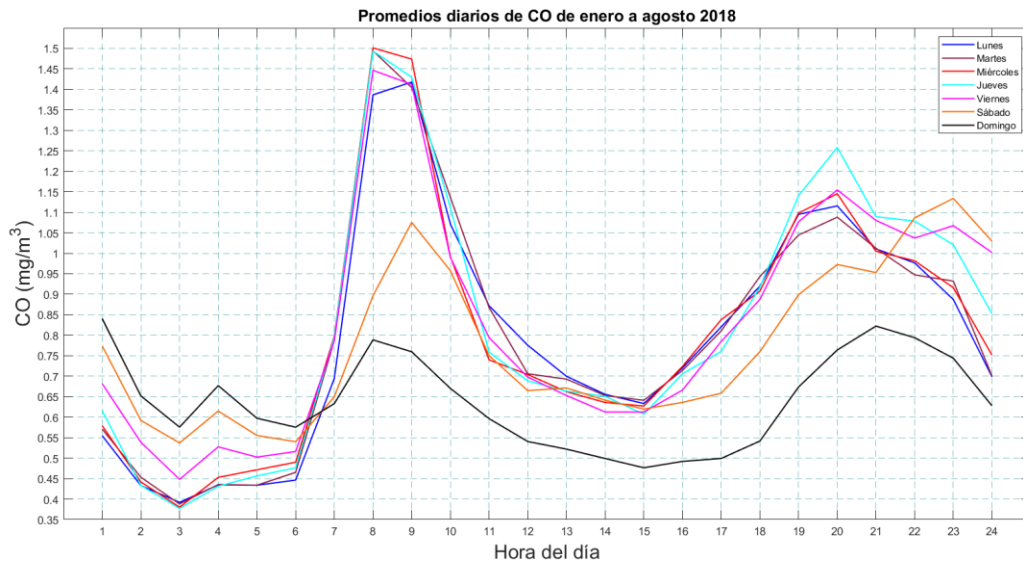
Se exhibe la media diaria de los contaminantes atmosféricos que fueron considerados en este estudio, abarca el periodo desde el 1 de enero hasta el 31 de agosto de cada año (2018, 2020,2023). Se llevo un análisis exhaustivo en cada hora de cada día de la semana, desde lunes hasta domingo. Este enfoque detallado nos permite una evaluación minuciosa de los resultados proporcionando una visión completa de la variación de los contaminantes a lo largo de diferentes días y horas de la semana.

En el eje vertical son representados los niveles de contaminación de cada gas contaminante, mientras que en el eje horizontal se registrara las horas a lo largo del día. Esta forma de diseño facilitara la identificación de los patrones de los gases promediados para cada día dentro de año especifico. De este modo se logrará discernir cuando se producirán los picos más altos y de esta manera poder realizar una comparativa entre los años mencionados anteriormente.

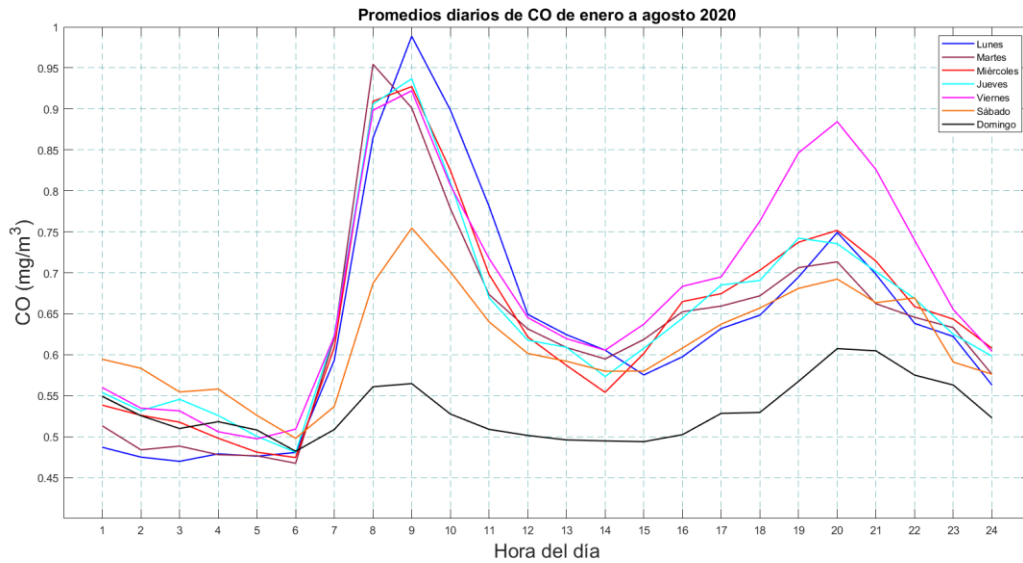
#### ***2.1.3.1.1 Mediciones de las concentraciones diarias de CO en los meses de enero a agosto 2018, 2020, 2023***

Las Figuras 13, 14 y 15 muestran la conducta del CO en los años 2018, 2020, 2023 obtenidos en el programa MATLAB luego de analizar los datos de cada año.

**Figura 13**  
*Promedios diarios de CO de enero a agosto 2018*

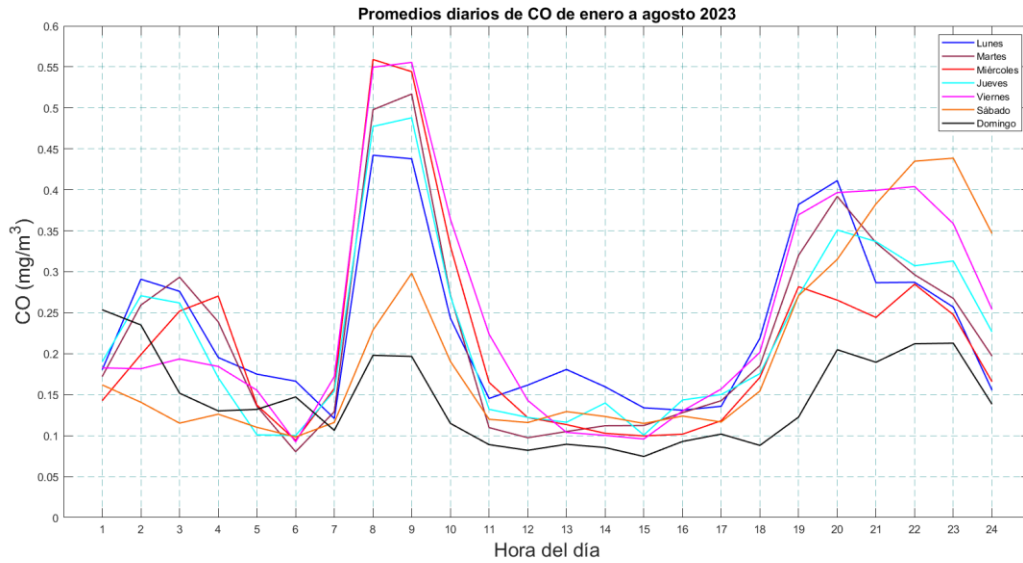


**Figura 14**  
*Promedios diarios de CO de enero a agosto 2020*





**Figura**  
Promedios diarios de CO de enero a agosto 2023



La Tabla 14 presenta los resultados obtenidos, resaltando los valores más elevados registrados, así como la hora y el día en que se produjeron con el fin de poder realizar una comparativa.

**Tabla 13**  
Análisis Comparativo: CO

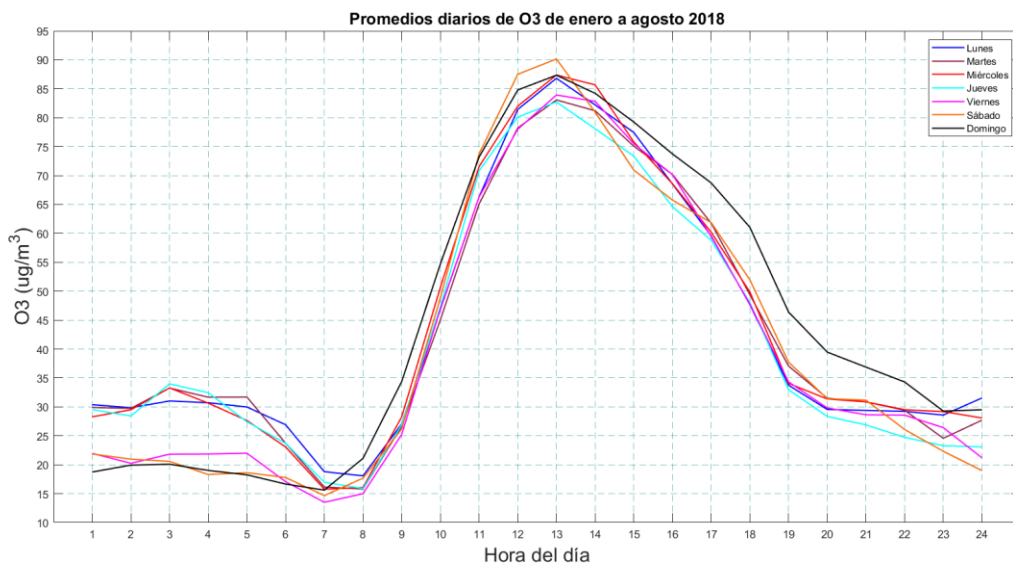
Análisis Comparativo: CO			
Años	Hora del día	Valor de gas contaminante (mg/m <sup>3</sup> )	Día de la semana
2018	08h00	1,50123	Miércoles
	08h00	1,49416	Martes
	08h00	1,49375	Jueves
2020	09h00	0,988527	Lunes
	08h00	0,954412	Martes
2023	08h00	0,558987	Miércoles
	09h00	0,555534	Viernes

- En los años 2018 y 2023, los miércoles se destacaron como los días con los picos más altos de emisión de NO<sub>2</sub>.
- El mayor nivel de CO registrado pertenece al año 2018.
- Se observa una disminución significativa de CO en el año 2020, coincidiendo con el inicio de la pandemia, reduciéndolo aproximadamente a la mitad en comparación con el 2018.
- En 2023, los niveles de CO disminuyeron en comparación con el 2018 y 2020.
- El patrón horario que se puede identificar específicamente es entre las 19h00 y 20h00 en los tres años.

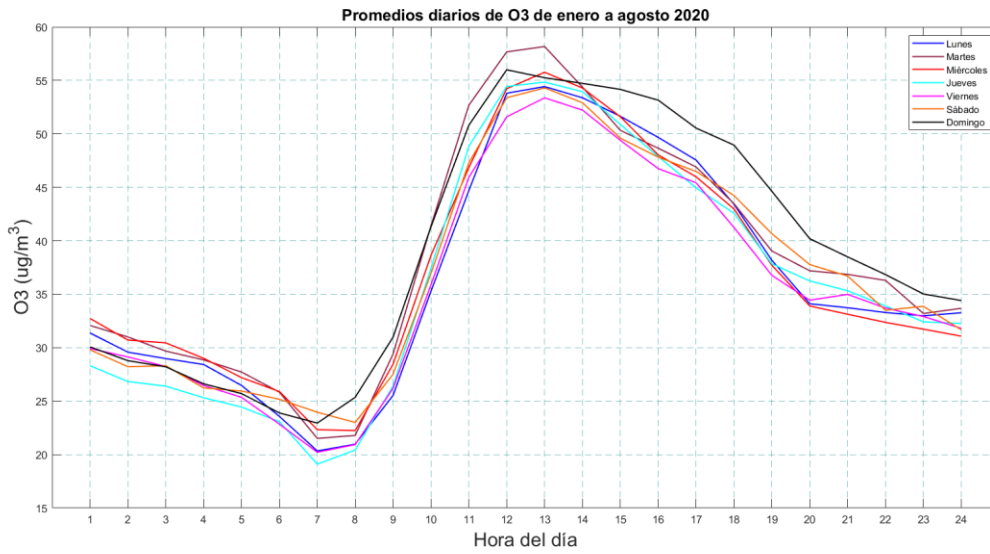
**2.1.3.1.2 Mediciones de las concentraciones diarias de O<sub>3</sub> en los meses de enero a agosto 2018, 2020, 2023**

Las Figuras 16, 17 y 18 muestran la conducta de O<sub>3</sub> en los años 2018, 2020, 2023 obtenidos en el programa MATLAB luego de analizar los datos de cada año.

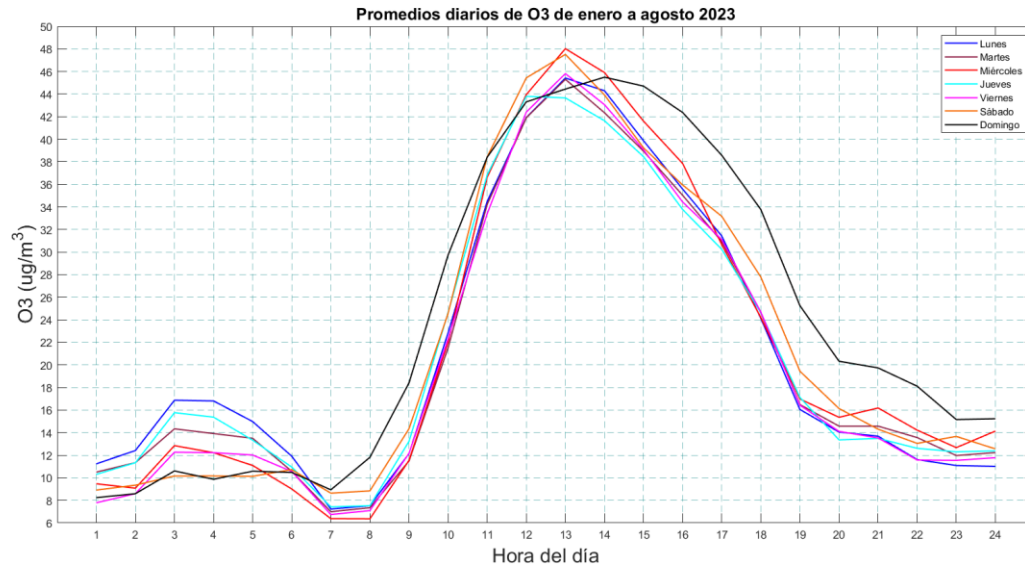
**Figura 16**  
*Promedios diarios de O<sub>3</sub> de enero a agosto 2018*



**Figura 17**  
*Promedios diarios de O<sub>3</sub> de enero a agosto 2020*



**Figura 18**  
*Promedios diarios de O<sub>3</sub> de enero a agosto 2023*



La Tabla 15 presenta los resultados obtenidos, resaltando los valores más elevados registrados, así como la hora y el día en que se produjeron con el fin de poder realizar una comparativa.

**Tabla 14***Análisis Comparativo: O<sub>3</sub>*

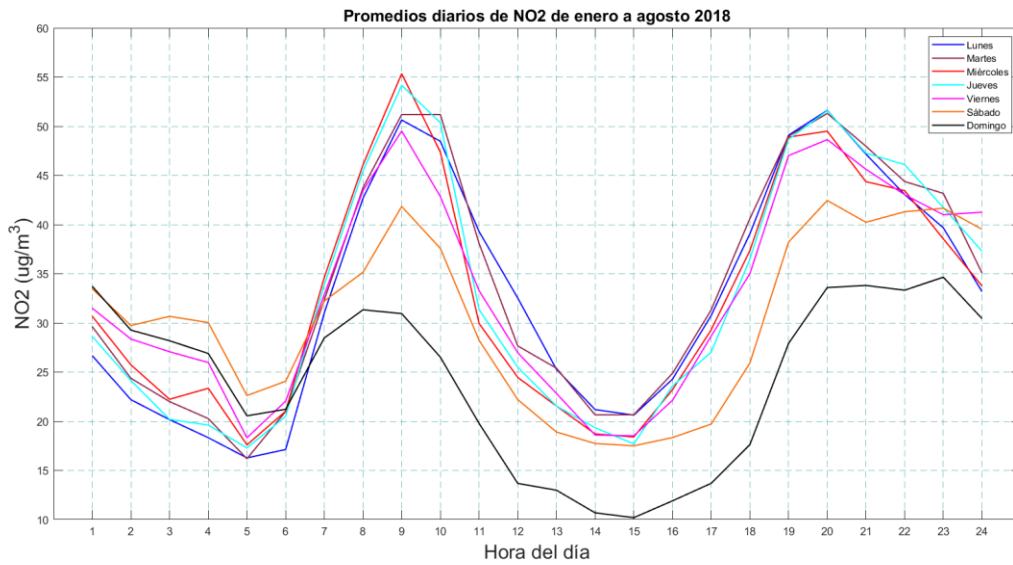
<b>Análisis Comparativo: O<sub>3</sub></b>			
<b>Años</b>	<b>Hora del día</b>	<b>Valor de gas contaminante (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Día de la semana</b>
2018	13h00	90,142	Sábado
	12h00	87,5082	
2020	13h00	58,1705	Martes
	12h00	57,6684	
2023	13h00	49,4177	Miércoles
	13h00	47,9923	Martes

- En los años 2020 y 2023, los martes se destacaron como los días con los picos más altos de emisión de O<sub>3</sub> a las 13:00 horas.
- El mayor nivel de O<sub>3</sub> registrado pertenece al año 2018.
- Se nota una disminución de O<sub>3</sub> en el año 2020 donde comenzó la pandemia.
- En comparación con los dos años anteriores el nivel de O<sub>3</sub> es menor en 2023.
- El patrón horario durante el día corresponde entre las 12h00 y las 13h00.

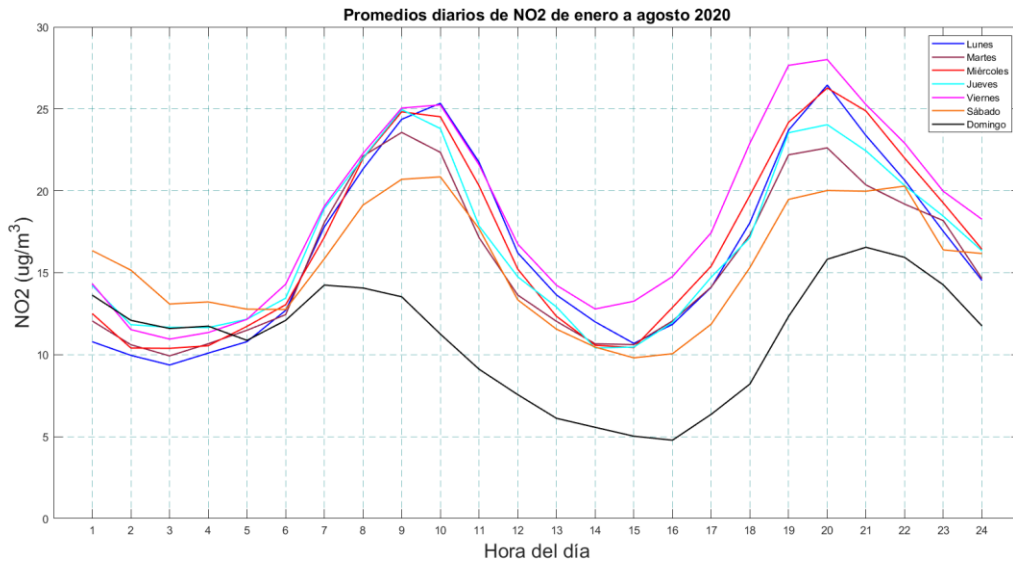
#### ***2.1.3.1.3 Mediciones de las concentraciones diarias de NO<sub>2</sub> en los meses de enero a agosto 2018, 2020, 2023***

Las Figuras 19,20 y 21 muestran la conducta de NO<sub>2</sub> en los años 2018, 2020, 2023 obtenidos en el programa MATLAB luego de analizar los datos de cada año.

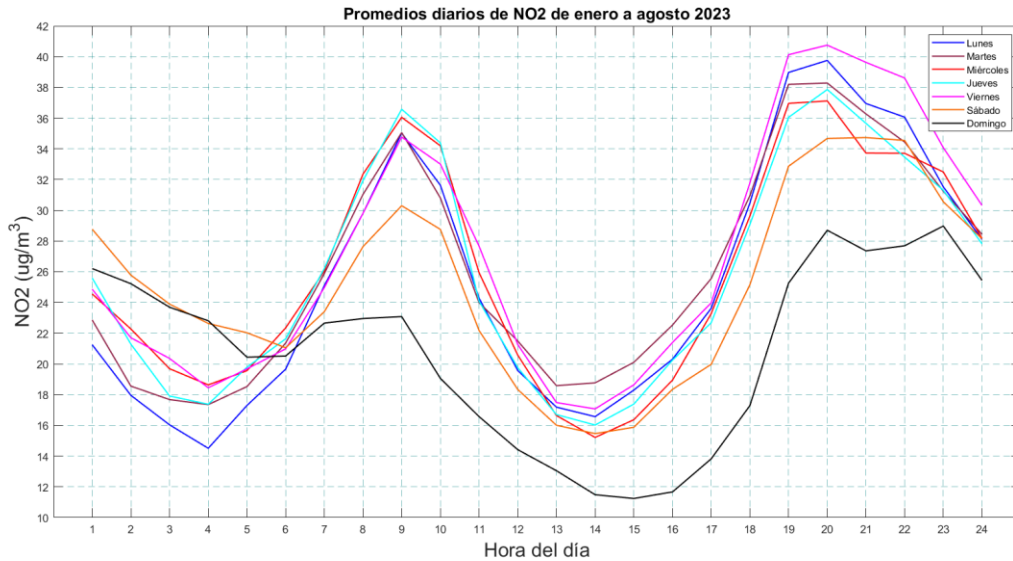
**Figura 19**  
*Promedios diarios de NO<sub>2</sub> de enero a agosto 2018*



**Figura 20**  
*Promedios diarios de NO<sub>2</sub> de enero a agosto 2020*



**Figura 21**  
*Promedios diarios de NO<sub>2</sub> de enero a agosto 2023*



La Tabla 16 presenta los resultados obtenidos, resaltando los valores más elevados registrados, así como la hora y el día en que se produjeron con el fin de poder realizar una comparativa.

**Tabla 15**  
*Análisis Comparativo: NO<sub>2</sub>*

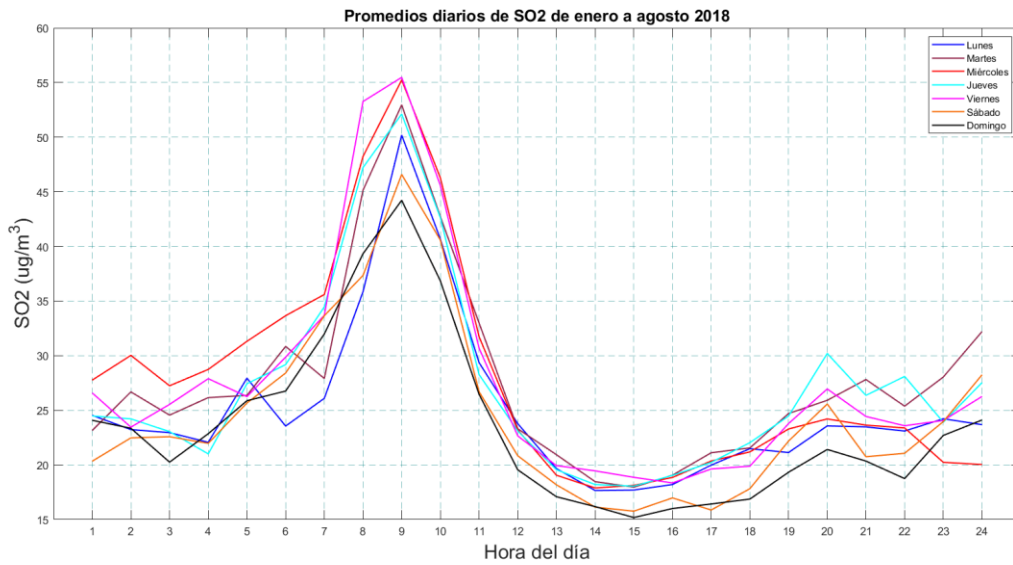
<b>Análisis Comparativo: NO<sub>2</sub></b>			
<b>Años</b>	<b>Hora del día</b>	<b>Valor de gas contaminante (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Día de la semana</b>
2018	09h00	55,3487	Miércoles
	09h00	54,1644	Jueves
2020	20h00	28,0088	Viernes
	19h00	27,6662	
2023	20h00	40,7504	Viernes
	19h00	40,1254	

- En los años 2020 y 2023, los viernes se destacaron como los días con los picos más altos de emisión de NO<sub>2</sub>.
- El mayor nivel de NO<sub>2</sub> registrado pertenece al año 2018.
- Se observa una disminución significativa de NO<sub>2</sub> en el año 2020, coincidiendo con el inicio de la pandemia, reduciéndolo aproximadamente a la mitad en comparación con el 2018.
- En 2023, los niveles de NO<sub>2</sub> aumentaron en comparación con el año 2020, probablemente debido a la eliminación de restricciones asociadas a la pandemia. Sin embargo, no supera los valores registrados en 2018.
- El patrón horario que se puede identificar específicamente es entre las 19h00 y 20h00 en los periodos 2020 y 2023.

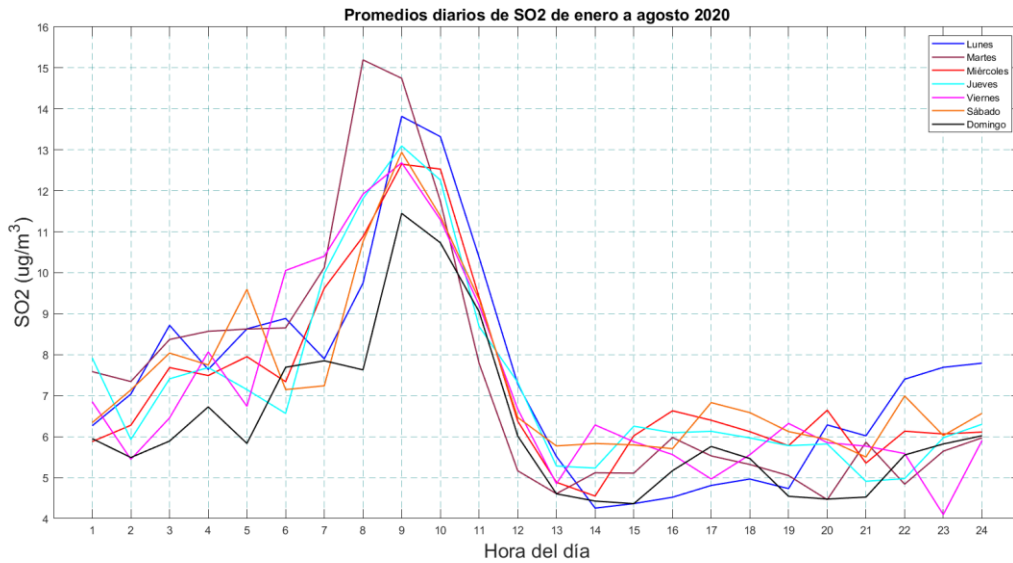
#### ***2.1.3.1.4 Mediciones de las concentraciones diarias de SO<sub>2</sub> en los meses de enero a agosto 2018, 2020, 2023***

Las Figuras 22, 23 y 24 muestran la conducta de SO<sub>2</sub> en los años 2018, 2020, 2023 obtenidos en el programa MATLAB luego de analizar los datos de cada año.

**Figura 22**  
*Promedios diarios de SO<sub>2</sub> de enero a agosto 2018*

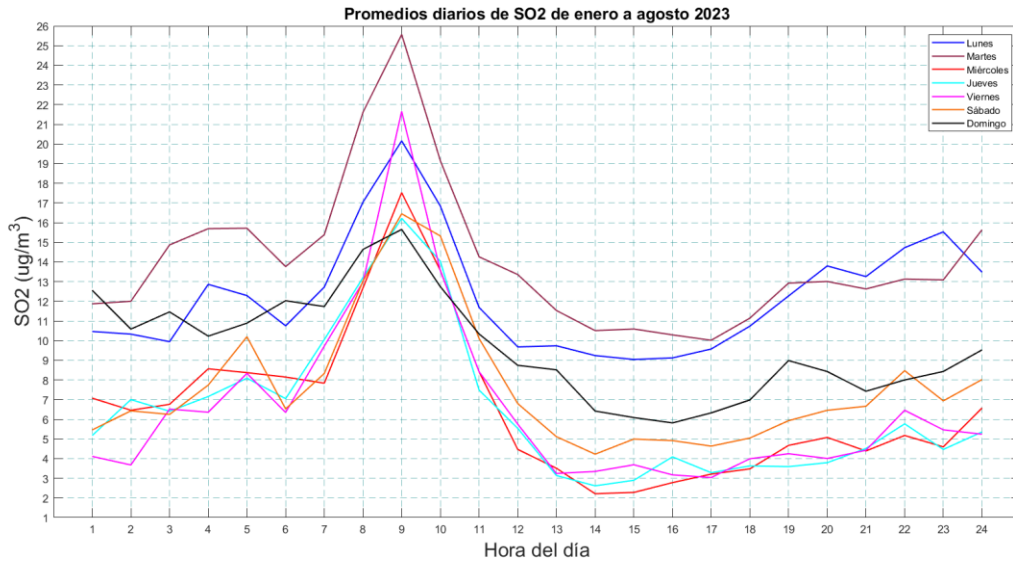


**Figura 23**  
*Promedios diarios de SO<sub>2</sub> de enero a agosto 2020*





**Figura 24**  
*Promedios diarios de SO<sub>2</sub> de enero a agosto 2023*



La Tabla 17 presenta los resultados obtenidos, resaltando los valores más elevados registrados, así como la hora y el día en que se produjeron con el fin de poder realizar una comparativa.

**Tabla 16**  
*Análisis Comparativo: SO<sub>2</sub>*

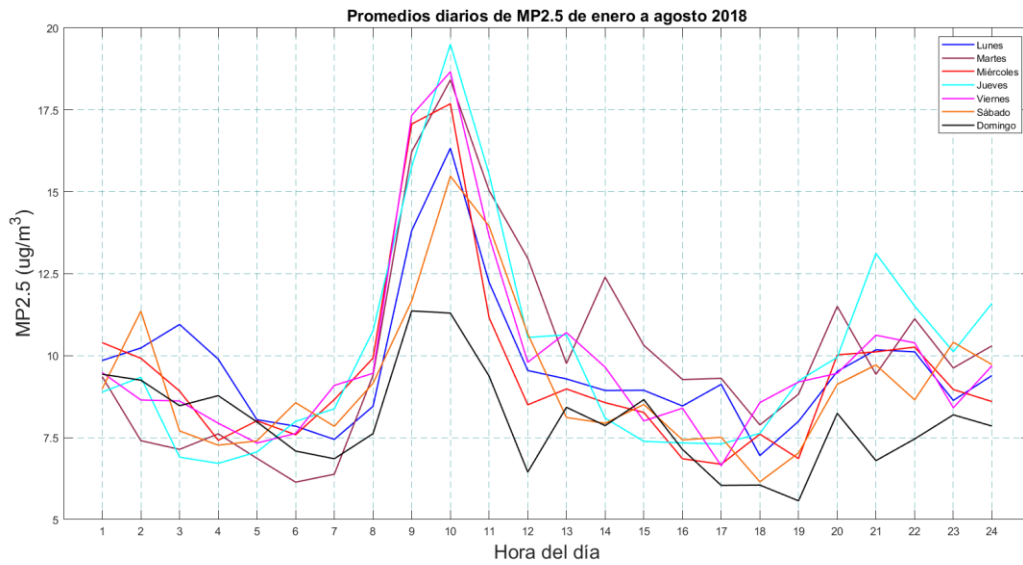
<b>Análisis Comparativo: SO<sub>2</sub></b>			
<b>Años</b>	<b>Hora del día</b>	<b>Valor de gas contaminante (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Día de la semana</b>
2018	09h00	55,4744	Viernes
	09h00	55,2331	Miércoles
2020	08h00	15,195	Martes
	09h00	14,7453	
2023	09h00	25,5627	Martes
	08h00	21,609	

- En los años 2020 y 2023, los martes se destacaron como los días con los picos más altos de emisión de SO<sub>2</sub>, mientras que, en 2018, el día martes ocupó el tercer puesto en cuanto a los niveles más altos de emisión de pico más alto de emisión
- El mayor nivel de SO<sub>2</sub> registrado pertenece al año 2018 entre los años de estudio.
- Se observa una disminución significativa de SO<sub>2</sub> en el año 2020, coincidiendo con el inicio de la pandemia, reduciéndolo a más de la mitad en comparación con el 2018.
- En 2023, los niveles de SO<sub>2</sub> aumentaron en comparación con el año 2020, probablemente debido a la eliminación de restricciones asociadas a la pandemia. Sin embargo, no supera los valores registrados en 2018.
- El patrón horario que se puede identificar específicamente es entre las 08h00 y 09h00 en los tres periodos.

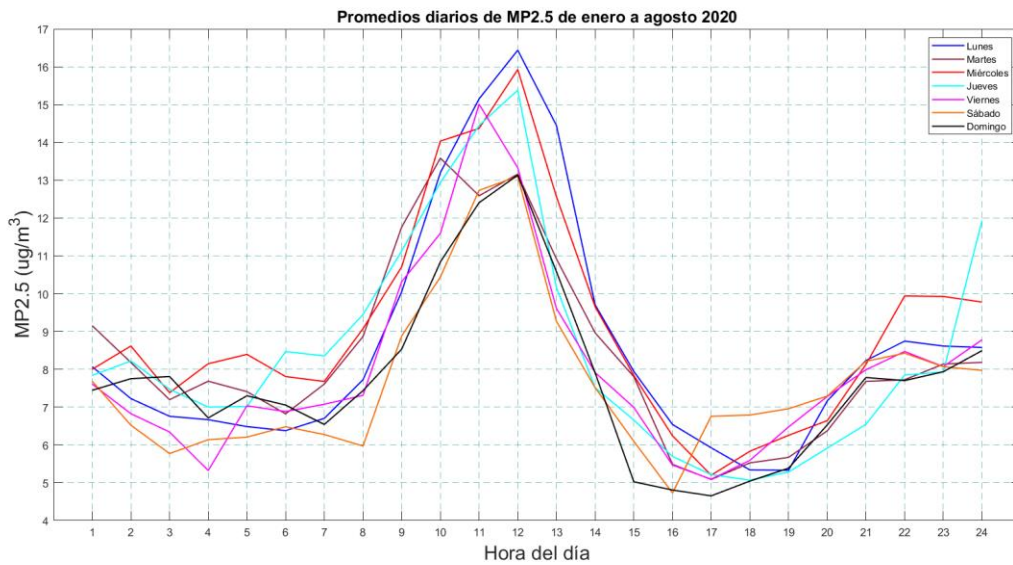
#### ***2.1.3.1.5 Mediciones de las concentraciones diarias de MP<sub>2.5</sub> en los meses de enero a agosto 2018, 2020, 2023.***

Las Figuras 25, 26 y 27 muestran la conducta de MP<sub>2.5</sub> en los años 2018, 2020, 2023 obtenidos en el programa MATLAB luego de analizar los datos de cada año.

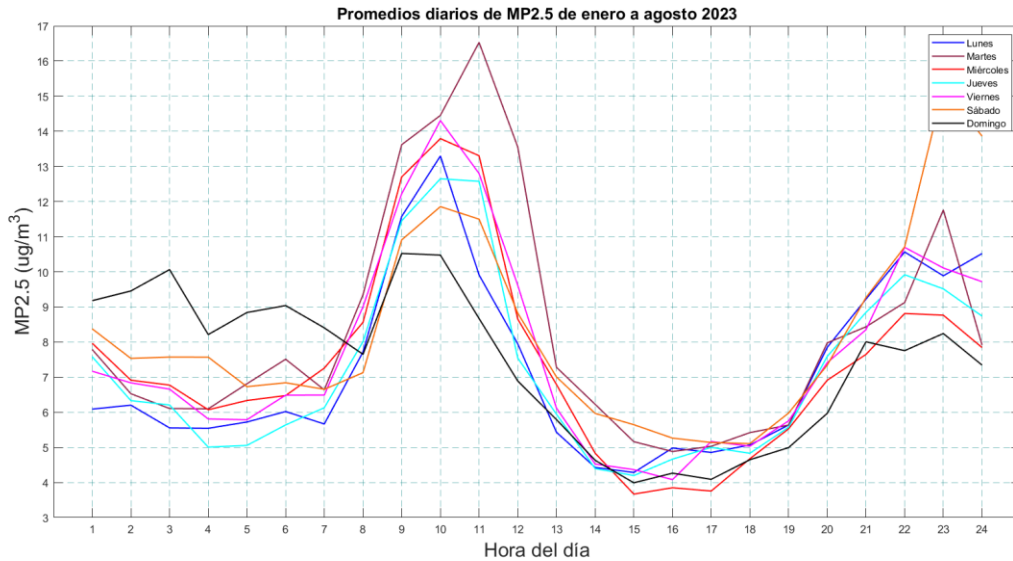
**Figura 25**  
*Promedios diarios de MP<sub>2.5</sub> de enero a agosto 2018*



**Figura 26**  
*Promedios diarios de MP<sub>2.5</sub> de enero a agosto 2020*



**Figura 27**  
*Promedios diarios de MP<sub>2.5</sub> de enero a agosto 2023*



La Tabla 18 presenta los resultados obtenidos, resaltando los valores más elevados registrados, así como la hora y el día en que se produjeron con el fin de poder realizar una comparativa.

**Tabla 17**  
*Análisis Comparativo: MP<sub>2.5</sub>*

<b>Análisis Comparativo: MP<sub>2.5</sub></b>			
<b>Años</b>	<b>Hora del día</b>	<b>Valor de gas contaminante (ug/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Día de la semana</b>
2018	09h00	19,5029	Jueves
	09h00	18,6608	Viernes
2020	12h00	16,4379	Lunes
	12h00	15,9275	Miércoles
2023	11h00	16,5308	Martes
	23h00	15,2478	Sábado

- El mayor nivel de MP<sub>2.5</sub> registrado pertenece al año 2018 entre los años de estudio.
- Se observa una disminución de MP<sub>2.5</sub> en el año 2020, coincidiendo con el inicio de la pandemia.
- En 2023, hubo un aumento de MP<sub>2.5</sub> aunque no fue tan significativo en comparación con 2020, llegando a casi igualar los valores
- El patrón horario que se puede identificar es entre las 09h00 y 12h00.

### 2.1.3.2 Medias de Concentracion de CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, y MP<sub>2.5</sub> según los intervalos de semaforización en el municipio de Cuenca.

Con el fin de llevar a cabo una comparativa y un análisis retrospectivo, se seleccionaron diversos períodos del año 2020, abarcando desde el período sin restricciones hasta los periodos con semaforización, durante el desarrollo de la pandemia. Estos lapsos fueron contrastados con el año 2018, anterior al inicio de la pandemia, y el año 2023, posterior a la misma

La Tabla muestra la semaforización del año 2020 así como sus horarios y fechas.

**Tabla 18**  
*Periodos de Semaforización*

Semaforización	Fecha	Horario	Lugar
Sin Restricciones	01/01/2020-16/03/2020	No existia	Territorio Ecuatoriano
Sin Semáforo 1	17/03/2020-20/03/2020	21:00 a 5:00	Territorio Ecuatoriano
Sin Semáforo 2	21/03/2020-24/03/2020	19:00 a 5:00	Territorio Ecuatoriano
Sin Semáforo 3	25/03/2020-12/04/2020	14:00 a 5:00	Territorio Ecuatoriano
Semáforo Rojo	13/04/2020-24/05/2020	14:00 a 5:00	Cuenca
Semáforo Amarillo 1	25/05/2020-30/06/2020	21:00 a 5:00	Cuenca
Semáforo Amarillo 2	01/07/2020-30/07/2020	23:00 a 5:00	Cuenca
Semáforo Amarillo 3	31/07/2020-31/08/2020	Lunes a Jueves 21:00 a 5:00	Cuenca

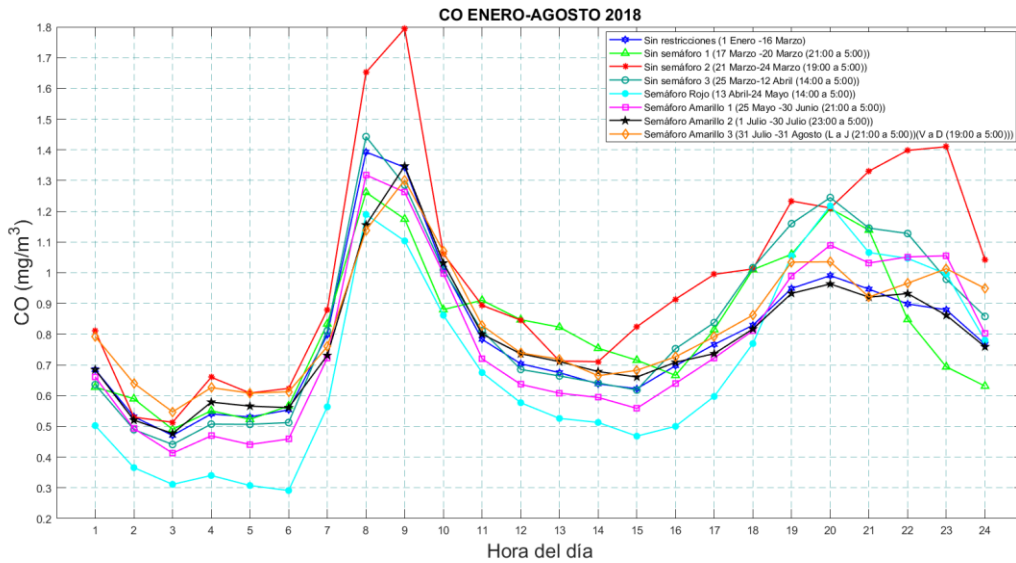
		Viernes a Domingo 19:00 a 5:00	
--	--	-----------------------------------	--

Nota: Adaptado de (Valverde William Fernando & Serrano Ortiz Bryan Michael, 2020)

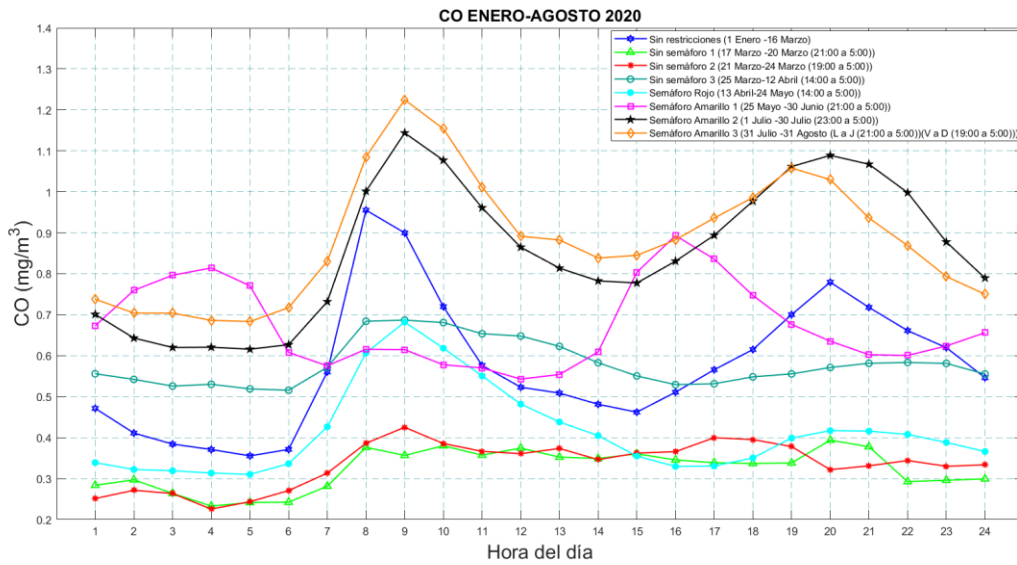
### 2.1.3.2.1 Medias de Concentracion de CO entre Enero y Agosto 2018, 2020, 2023.

En las Figuras 28, 29 y 30 se pueden observar el comportamiento de los promedios de concentración del gas contaminante (CO) para cada período en el transcurso de las 24 horas del día.

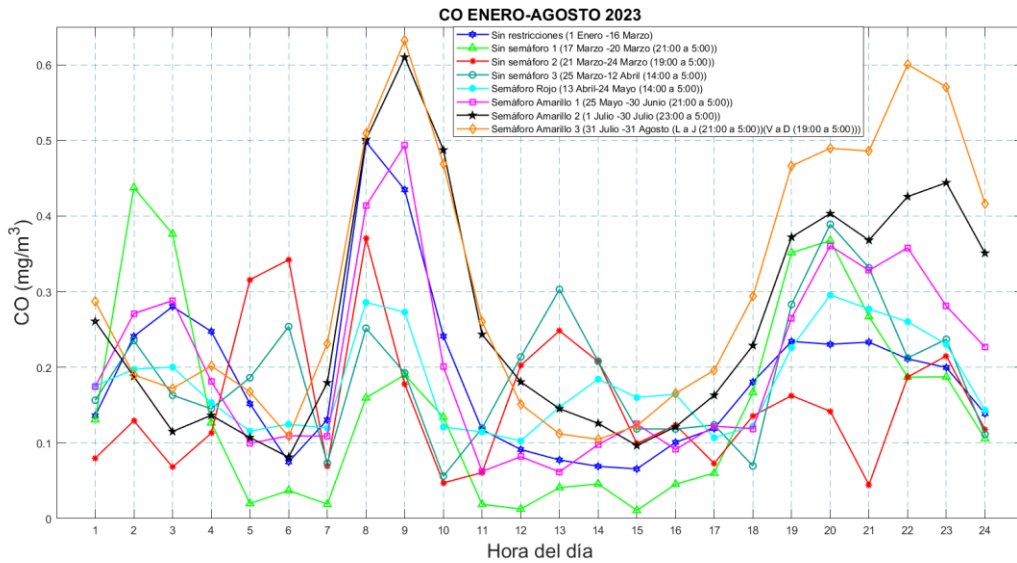
**Figura 28**  
Medias de Concentración de CO entre Enero y Agosto 2018



**Figura 29**  
*Medias de Concentración de CO entre Enero y Agosto 2020*



**Figura 30**  
*Medias de Concentración de CO entre Enero y Agosto 2023*



En la Tabla 19 se exponen las áreas bajo la curva para cada período de los tres años considerados para el estudio. Lo cual ayudará a la identificación de si existió una disminución o aumento de emisión de CO.

**Tabla 19**

*Acumulación de CO conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca.*

<b>ACUMULACIÓN DE CO CONFORME A LOS INTERVALOS DE ACTIVACIÓN DEL SEMÁFORO EN EL CANTÓN CUENCA.</b>			
<b>PERÍODO</b>	<b>EMERGENCIA SANITARIA (COVID 19)</b>	<b>AÑO</b>	<b>ÁREA BAJO LA CURVA <math>\left(\frac{mg}{m^3}\right)</math></b>
Sin restricción (1 Enero – 16 Marzo)	Pre	2018	18.2819
	Pro	2020	13.2587
	Post	2023	4.3676
Sin semáforo 1 (17 Marzo – 20 Marzo)	Pre	2018	18.9913
	Pro	2020	7.4779
	Post	2023	3.3804
Sin semáforo 2 (21 Marzo – 24 Marzo)	Pre	2018	22.7402
	Pro	2020	7.7538
	Post	2023	3.6341
Sin semáforo 3 (25 Marzo- 12 Abril)	Pre	2018	19.4370
	Pro	2020	13.3521
	Post	2023	4.4186
Semáforo rojo (13 Abril- 24 Mayo)	Pre	2018	15.9841
	Pro	2020	9.5579
	Post	2023	4.1419
Semáforo amarillo 1 (25 Mayo – 30 Junio)	Pre	2018	17.8169
	Pro	2020	15.4912
	Post	2023	4.7207
Semáforo amarillo 2 (1 Julio – 30 Junio)	Pre	2018	18.1508
	Pro	2020	19.8205
	Post	2023	6.0296
Semáforo amarillo 3 (31 Julio – 31 Agosto)	Pre	2018	19.1589
	Pro	2020	20.4924
	Post	2023	7.0521

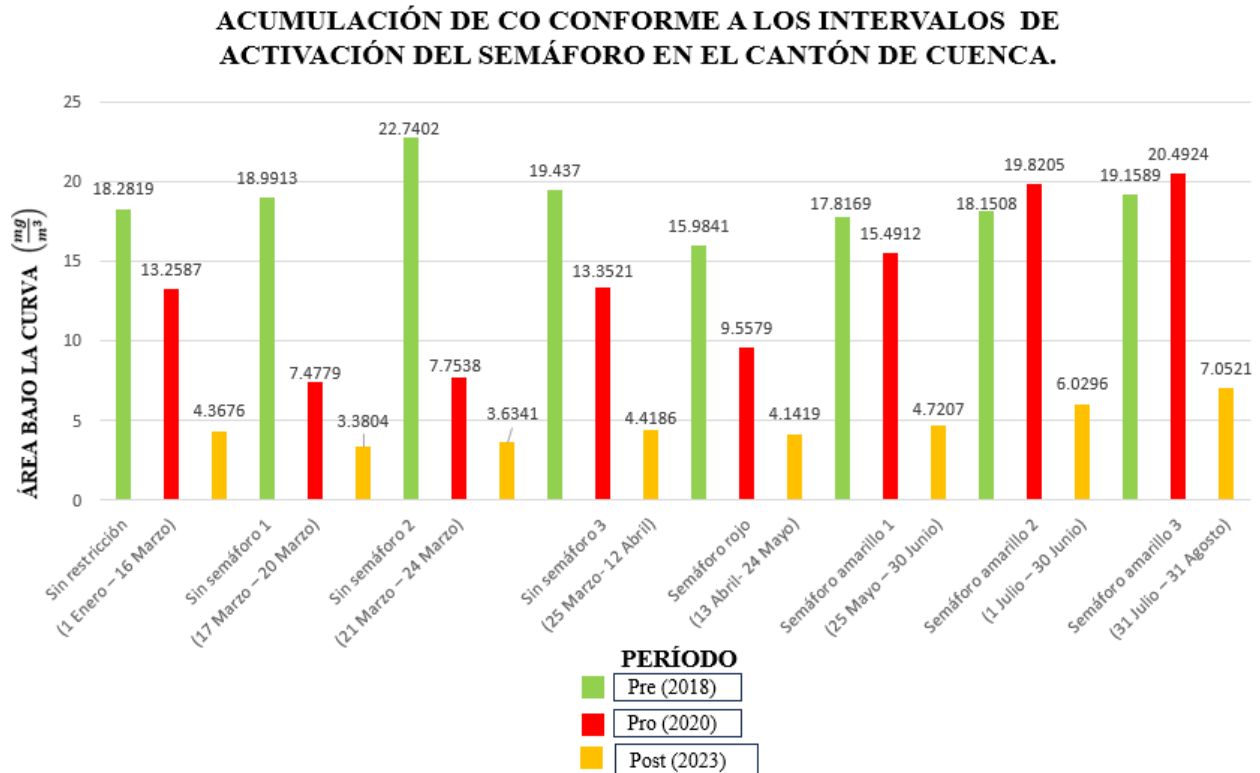


- Durante el período “Sin restricciones”, se puede contemplar que en el año 2018 se registró la mayor emisión de CO, contrastando con el año 2023 que se registró la menor cantidad de emisión con respecto a los tres años analizados.
- En el período de “Semáforo rojo” enfrentado por el cantón Cuenca se constata que en el año 2018 también se registró una mayor emisión de CO, a diferencia del año 2023 en donde se evidencia la menor cantidad de emisión.
- En los “Semáforos amarillos”, el 3 es el que mayor emisión de CO registra en el año 2020 y el que menor emisión presenta es en el semáforo amarillo 1 en el año 2023.

En la Figura 31 se puede percibir que el mayor número de emisión de CO, al comparar los ocho periodos, se registra durante el lapso de 21 al 24 de marzo del año 2018, anterior al inicio de la pandemia, designado como “Sin semáforo 2”. En tanto que la mínima emisión se registra entre el 1 de enero y 16 de marzo en el año 2023.

**Figura 31**

Comparación de acumulación de CO conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca



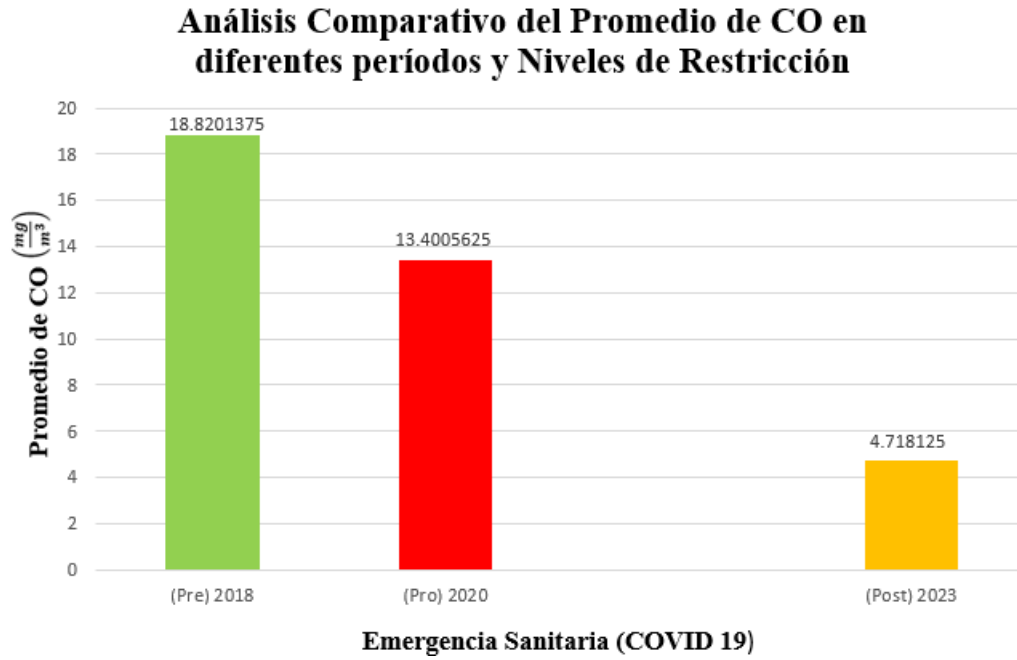
En la Tabla 20, se observa los resultados promediados de los valores de CO para los ocho periodos de los años 2018, 2020 y 2023. En la Figura 32 se evidencia que las concentraciones de CO son más altas en el año 2018, previo a la pandemia, mientras que el valor más bajo se registra en el año 2023.

**Tabla 20**  
Promedio de CO (Enero-Agosto) 2018, 2020,2023

Promedio de CO (Enero-Agosto)			
Emergencia Sanitaria COVID-19			
Estación	(Pre) 2018	(Pro) 2020	(Post) 2023
MUN	18.8201375	13.4005625	4.718125

**Figura 32**

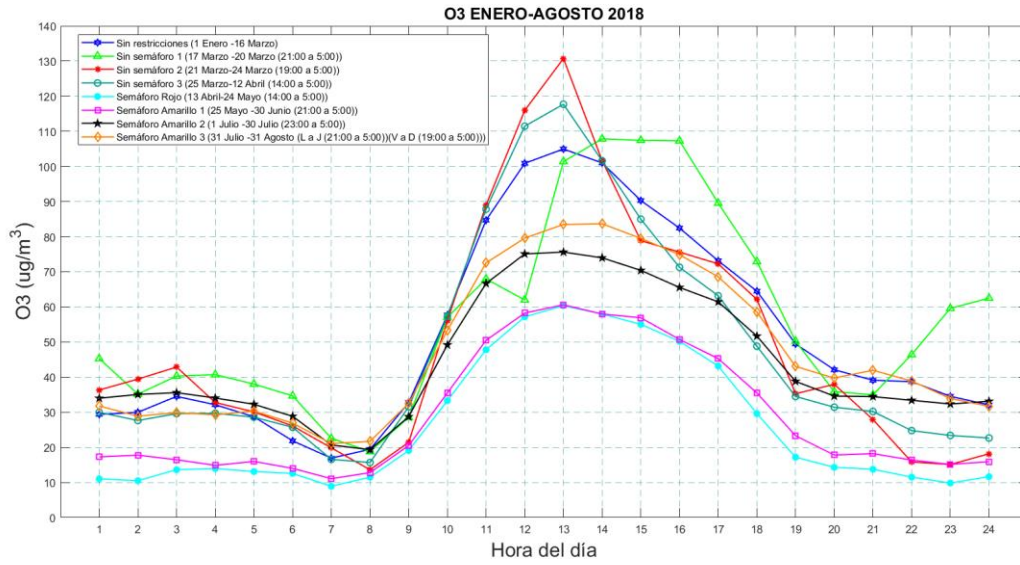
*Comparación del promedio de CO (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023*



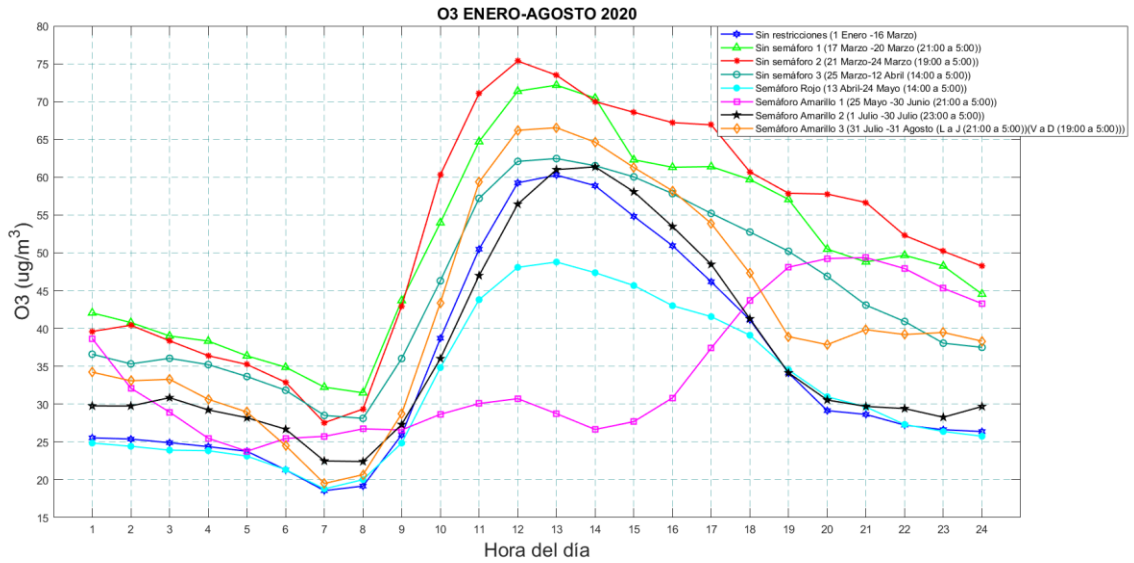
**2.1.3.2.2 Medias de Concentracion de O<sub>3</sub> entre enero y agosto 2018, 2020, 2023.**

En las Figuras 33, 34 y 35 se pueden observar el comportamiento de los promedios de concentración del gas contaminante (O<sub>3</sub>) para cada período en el transcurso de las 24 horas del día.

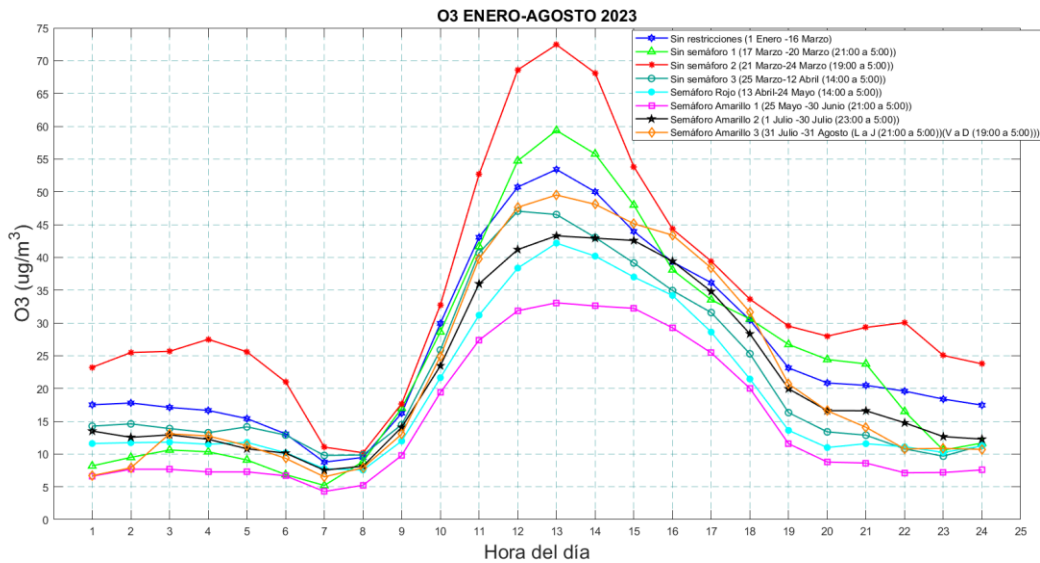
**Figura 33**  
*Medias de Concentración de O<sub>3</sub> entre enero y agosto 2018*



**Figura 34**  
*Medias de Concentración de O<sub>3</sub> entre enero y agosto 2020*



**Figura 35**  
Medias de Concentración de O<sub>3</sub> entre enero y agosto 2023



En la Tabla 21 se exponen las áreas bajo la curva para cada período de los tres años considerados para el estudio. Lo cual ayudará a la identificación de si existió una disminución o aumento de emisión de O<sub>3</sub>.

**Tabla 21**  
Acumulación de O<sub>3</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca.

ACUMULACIÓN DE O <sub>3</sub> CONFORME A LOS INTERVALOS DE ACTIVACIÓN DEL SEMÁFORO EN EL CANTÓN DE CUENCA.			
PERÍODO	EMERGENCIA SANITARIA (COVID 19)	AÑO	ÁREA BAJO LA CURVA ( $\frac{ug}{m^3}$ )
Sin restricción (1 Enero – 16 Marzo)	Pre	2018	1210.4
	Pro	2020	815.7676
	Post	2023	611.3793
Sin semáforo 1 (17 Marzo – 20 Marzo)	Pre	2018	1313
	Pro	2020	1171.9
	Post	2023	579.7127
Sin semáforo 2	Pre	2018	1167.7
	Pro	2020	1215.5

(21 Marzo – 24 Marzo)	Post	2023	795.2964
Sin semáforo 3 (25 Marzo- 12 Abril)	Pre	2018	1119.7
	Pro	2020	1034.4
	Post	2023	512.8145
Semáforo rojo (13 Abril- 24 Mayo)	Pre	2018	615.77
	Pro	2020	746.66
	Post	2023	448.0450
Semáforo amarillo 1 (25 Mayo – 30 Junio)	Pre	2018	682.0325
	Pro	2020	780.1865
	Post	2023	357.4643
Semáforo amarillo 2 (1 Julio – 30 Junio)	Pre	2018	1031.2
	Pro	2020	861.8041
	Post	2023	513.8586
Semáforo amarillo 3 (31 Julio – 31 Agosto)	Pre	2018	1103.7
	Pro	2020	971.7713
	Post	2023	531.9859

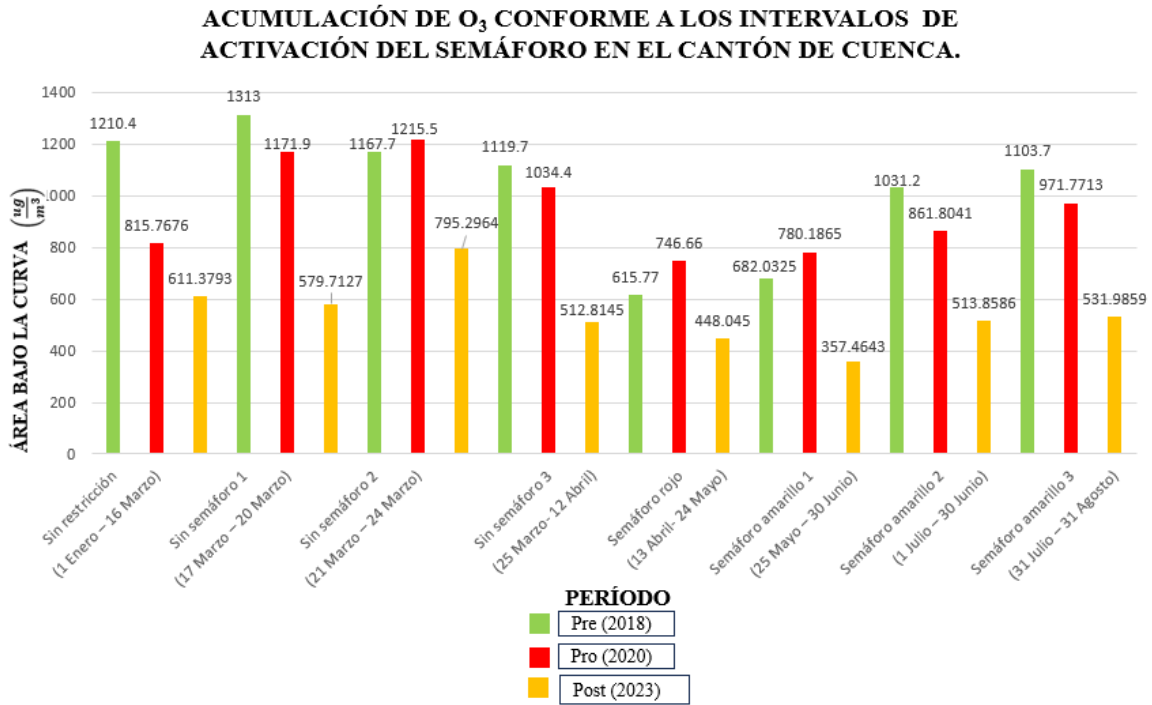
- Durante el período “Sin restricciones”, se puede contemplar que en el año 2018 se registró la mayor emisión de O<sub>3</sub>, contrastando con el año 2023 que se registró la menor cantidad de emisión con respecto a los tres años analizados.
- En el período de “Semáforo rojo” enfrentado por el cantón Cuenca se constata que en el año 2020 se registró una mayor emisión de O<sub>3</sub>, a diferencia del año 2023 en donde se evidencia la menor cantidad de emisión.
- En los “Semáforos amarillos”, el 3 es el que mayor emisión de O<sub>3</sub> registra en el año 2018 y el que menor emisión presenta es en el semáforo amarillo 1 en el año 2023.

En la Figura 36 se puede percibir que el mayor número de emisión de O<sub>3</sub>, al comparar los ocho periodos, se registra durante el lapso de 17 al 20 de marzo del año 2018, anterior al inicio de la pandemia, designado como “Sin semáforo 1”. En tanto que la mínima emisión se registra

entre el 25 de mayo al 30 de junio en el año 2023, que pertenece al período “Semáforo amarillo 1”

**Figura 36**

*Comparación de acumulación de O<sub>3</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca*



En la Tabla 22, se observa los resultados promediados de los valores de O<sub>3</sub> para los ocho periodos de los años 2018, 2020 y 2023. En la Figura 37 se evidencia que las concentraciones de O<sub>3</sub> son más altas en el año 2018, previo a la pandemia, mientras que el valor más bajo se registra en el año 2023.

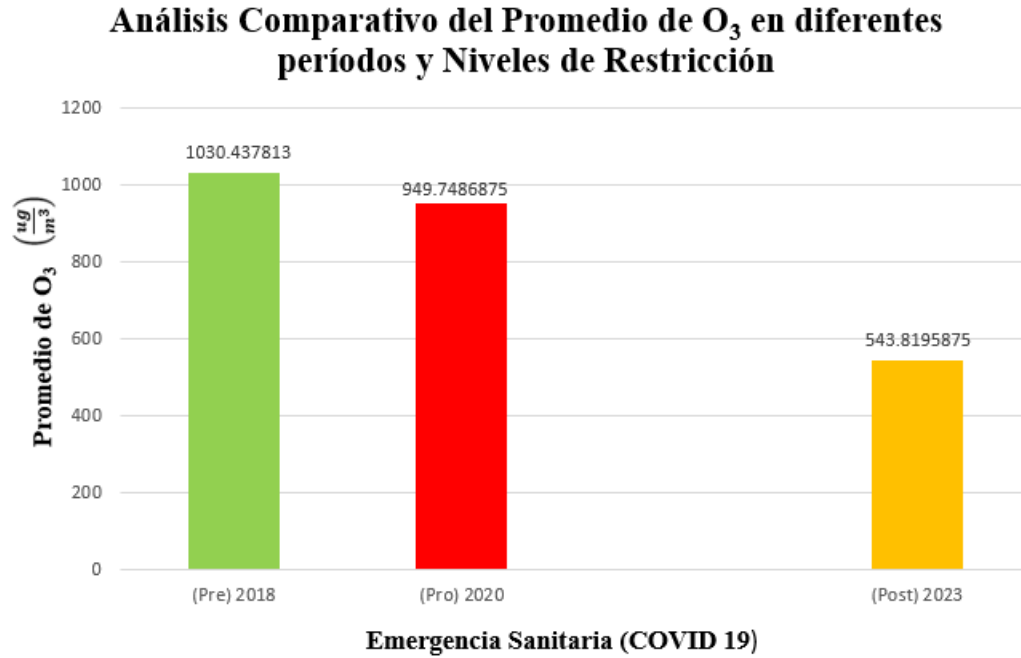
**Tabla 22**

*Promedio de O<sub>3</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020, 2023*

<b>Promedio de O<sub>3</sub> (Enero-Agosto)</b>			
<b>Emergencia Sanitaria COVID-19</b>			
Estación	(Pre) 2018	(Pro) 2020	(Post) 2023
MUN	18.8201375	13.4005625	4.718125

**Figura 37**

*Comparación del promedio de O<sub>3</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023*

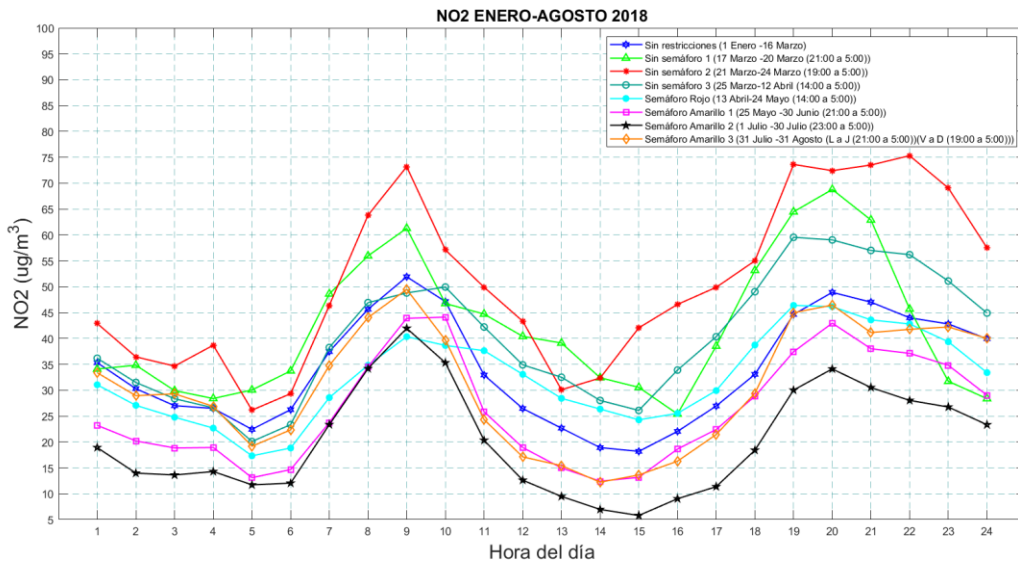


**2.1.3.2.3 Medias de Concentracion de NO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2018, 2020, 2023.**

En las Figuras 38, 39 y 40 se pueden observar el comportamiento de los promedios de concentración del gas contaminante (NO<sub>2</sub>) para cada período en el transcurso de las 24 horas del día.

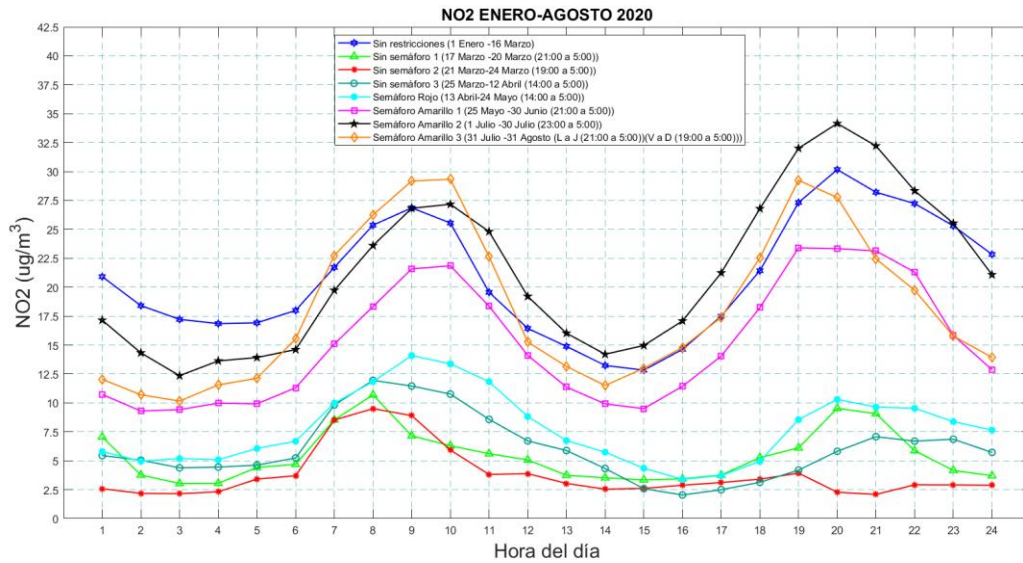


**Figura 38**  
 Medias de Concentración de NO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2018



**Figura**  
 Medias de Concentración de NO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2020

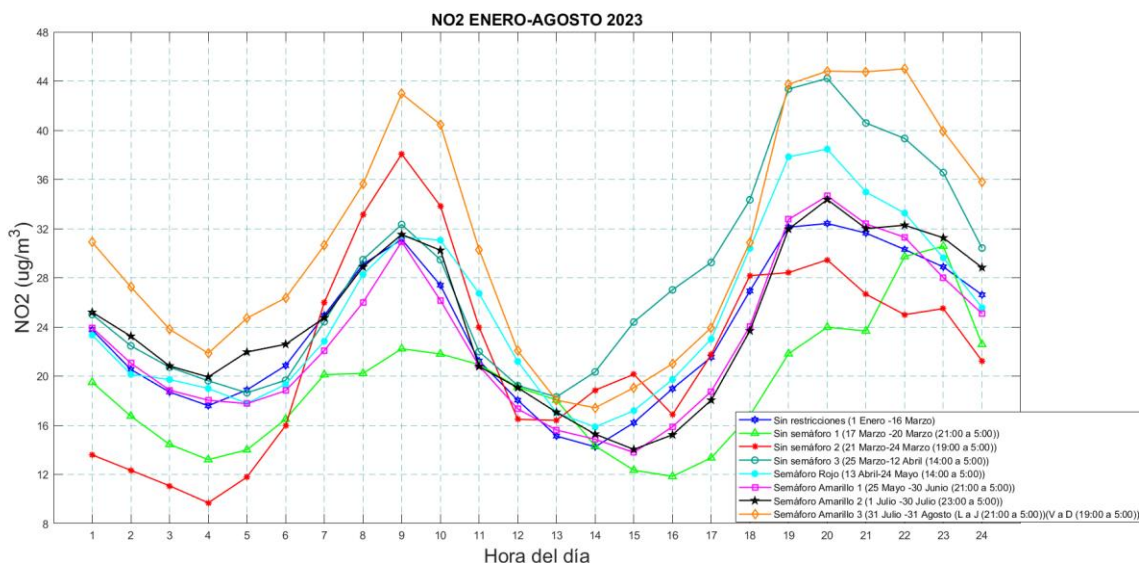
39



66

**Figura**

Medias de Concentración de NO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2023



En la Tabla 23 se exponen las áreas bajo la curva para cada período de los tres años considerados para el estudio. Lo cual ayudará a la identificación de si existió una disminución o aumento de emisión de NO<sub>2</sub>

**Tabla 23**

Acumulación de NO<sub>2</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca.

<b>ACUMULACIÓN DE NO<sub>2</sub> CONFORME A LOS INTERVALOS DE ACTIVACIÓN DEL SEMÁFORO EN EL CANTÓN DE CUENCA.</b>			
<b>PERÍODO</b>	<b>EMERGENCIA SANITARIA (COVID 19)</b>	<b>AÑO</b>	<b>ÁREA BAJO LA CURVA (<math>\frac{ug}{m^3}</math>)</b>
Sin restricción	Pre	2018	780.7395
	Pro	2020	477.5070
	Post	2023	541.9125
Sin semáforo 1	Pre	2018	978.5107
	Pro	2020	125.5404
	Post	2023	436.7527
	Pre	2018	1169

Sin semáforo 2	Pro	2020	88.7596
	Post	2023	506.97799
Sin semáforo 3	Pre	2018	924.1787
	Pro	2020	139.7146
	Post	2023	643.4399
Semáforo rojo	Pre	2018	747.4905
	Pro	2020	179.9379
	Post	2023	579.1879
Semáforo amarillo 1	Pre	2018	603.5522
	Pro	2020	352.5712
	Post	2023	542.3495
Semáforo amarillo 2	Pre	2018	464.9385
	Pro	2020	491.8515
	Post	2023	555.9025
Semáforo amarillo 3	Pre	2018	697.6406
	Pro	2020	425.8209
	Post	2023	707.9388

- Durante el período “Sin restricciones”, se puede contemplar que en el año 2018 se registró la mayor emisión de NO<sub>2</sub>, contrastando con el año 2020 que se registró la menor cantidad de emisión con respecto a los tres años analizados. Esto se puede deducir que ocurrió como resultado de las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.
- En el período de “Semáforo Rojo” enfrentado por el cantón Cuenca se constata que en el año 2018 se registró una mayor emisión de NO<sub>2</sub>, a diferencia del año 2020 en donde se evidencia la menor cantidad de emisión. Esto se puede deducir que ocurrió como resultado de las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.
- En los “Semáforos amarillos”, el 3 es el que mayor emisión de NO<sub>2</sub> registra en el año 2023 y el que menor emisión presenta es en el semáforo amarillo 1 en el año 2020. Esto se puede

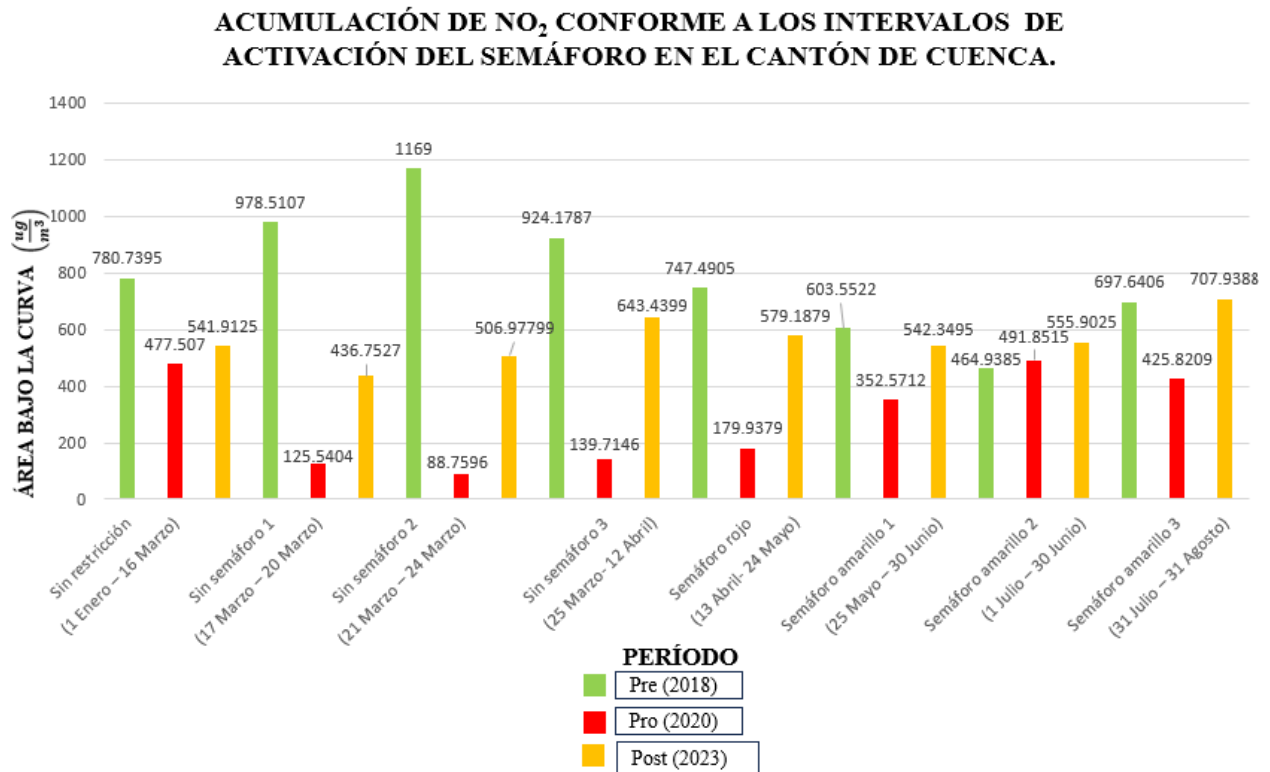
deducir que ocurrió como resultado de las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.

En la Figura 41 se puede percibir que el mayor número de emisión de NO<sub>2</sub>, al comparar los ocho periodos, se registra durante el lapso de 21 al 24 de marzo del año 2018, anterior al inicio de la pandemia, designado como “Sin semáforo 2”. En tanto que la mínima emisión se registra el mismo período, pero en diferente año, coincidiendo con el comienzo de la pandemia a nivel mundial en 2020. Esto sugiere que la reducción de este gas podría estar vinculada a las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.

**Figura**

**41**

*Comparación de acumulación de NO<sub>2</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca*



En la Tabla 24, se observa los resultados promediados de los valores de NO<sub>2</sub> para los ocho periodos de los años 2018, 2020 y 2023. En la Figura se evidencia que las concentraciones de NO<sub>2</sub> son más altas en el año 2018, previo a la pandemia, mientras que el valor más bajo se registra en el año 2020 cuando se adoptaron las medidas para evitar la propagación del virus.

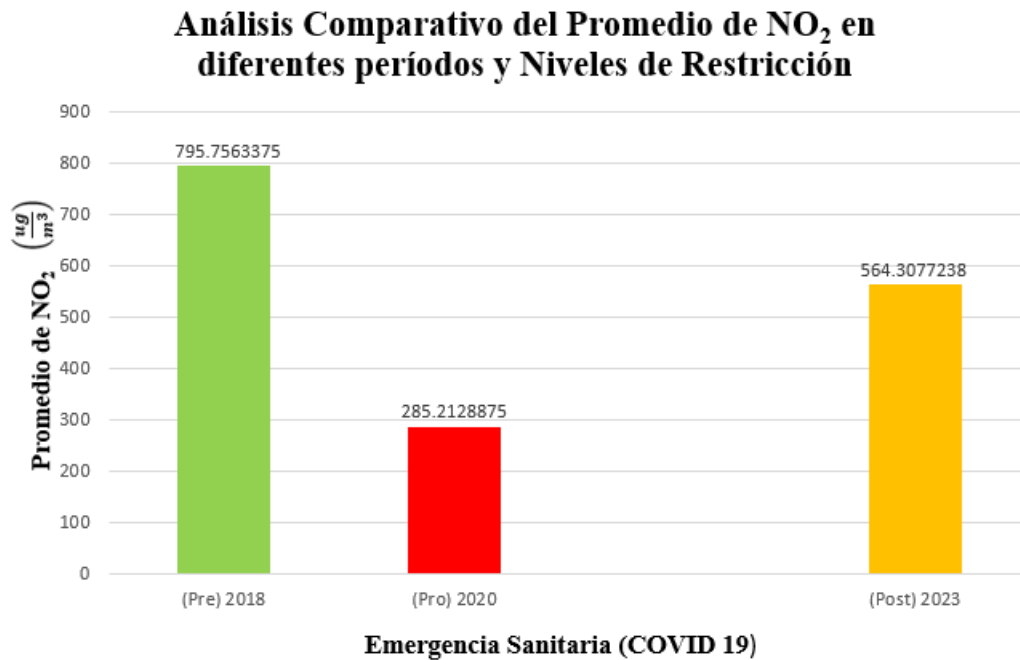
**Tabla 24**

*Promedio de NO<sub>2</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020,2023*

<b>Promedio de NO<sub>2</sub> (Enero-Agosto)</b>			
<b>Emergencia Sanitaria COVID-19</b>			
Estación	(Pre) 2018	(Pro) 2020	(Post) 2023
MUN	795.7563375	285.2128875	564.3077238

**Figura 42**

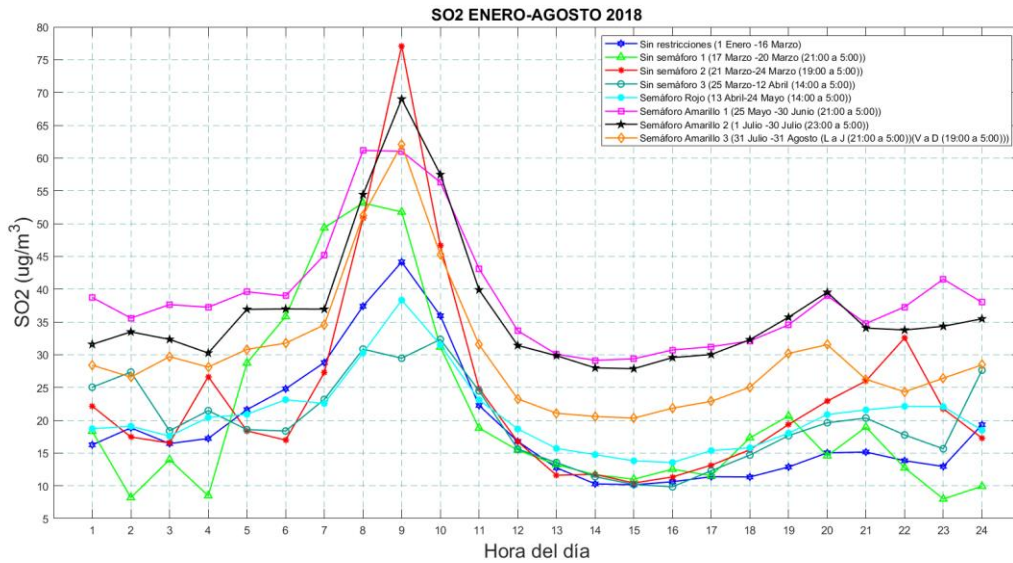
*Comparación del promedio de NO<sub>2</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023*



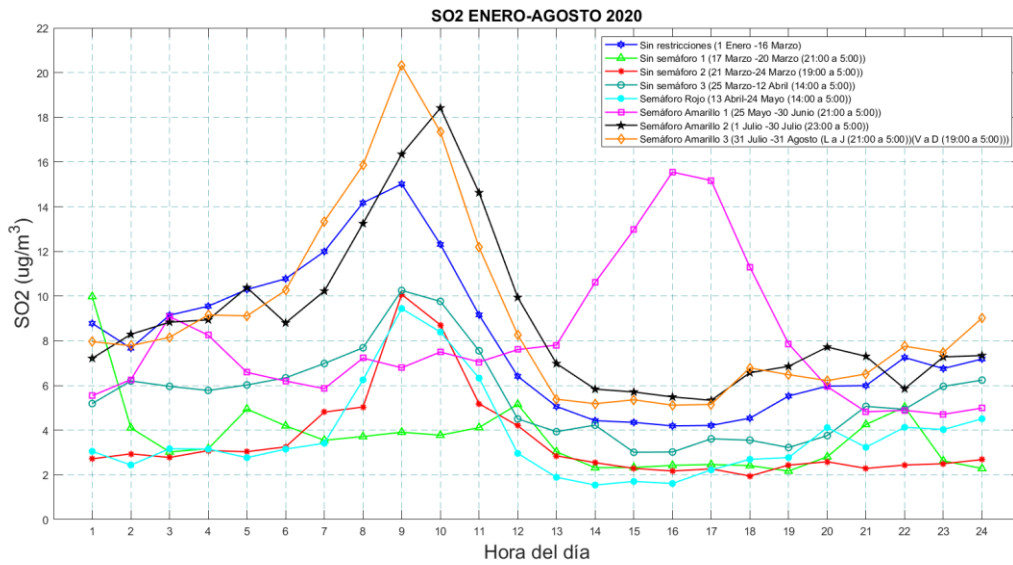
### 2.1.3.2.4 Medias de Concentración de SO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2018, 2020, 2023.

En las Figuras 43, 44 y 45 se pueden observar el comportamiento de los promedios de concentración del gas contaminante (SO<sub>2</sub>) para cada período en el transcurso de las 24 horas del día.

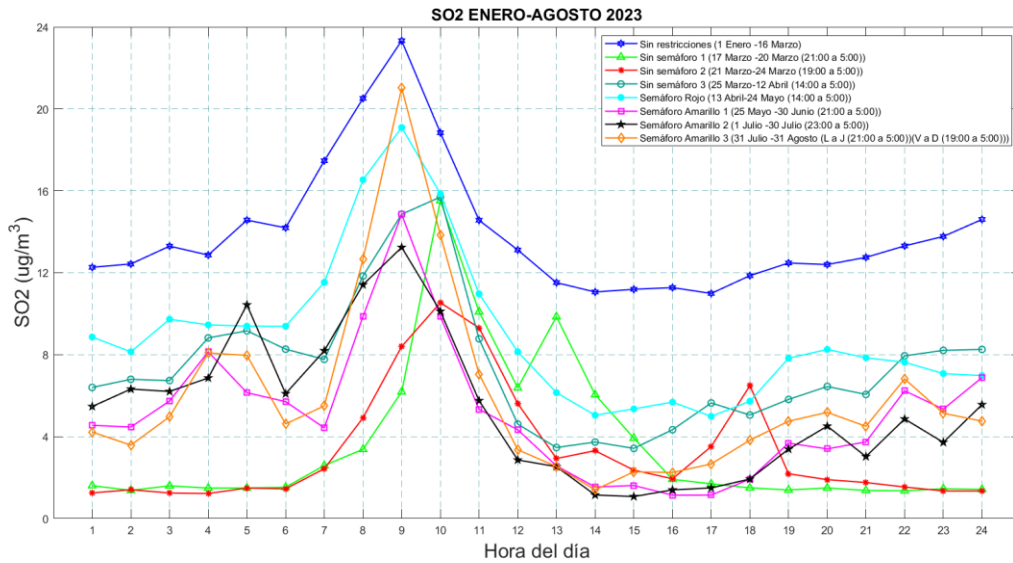
**Figura 43**  
*Medias de Concentración de SO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2018*



**Figura 44**  
*Medias de Concentración de SO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2020*



**Figura 45**  
*Medias de Concentración de SO<sub>2</sub> entre enero y agosto 2023*



En la Tabla 2 se exponen las áreas bajo la curva para cada período de los tres años considerados para el estudio. Lo cual ayudará a la identificación de si existió una disminución o aumento de emisión de SO<sub>2</sub>

**Tabla 25**

*Acumulación de SO<sub>2</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca.*

<b>ACUMULACIÓN DE SO<sub>2</sub> CONFORME A LOS INTERVALOS DE ACTIVACIÓN DEL SEMÁFORO EN EL CANTÓN DE CUENCA.</b>			
<b>PERÍODO</b>	<b>EMERGENCIA SANITARIA (COVID 19)</b>	<b>AÑO</b>	<b>ÁREA BAJO LA CURVA (<math>\frac{ug}{m^3}</math>)</b>
Sin restricción	Pre	2018	438.3919
	Pro	2020	182.7731
	Post	2023	321.2071
Sin semáforo 1	Pre	2018	481.2601
	Pro	2020	81.6944
	Post	2023	85.1983
Sin semáforo 2	Pre	2018	555.3876
	Pro	2020	82.1557
	Post	2023	78.6297
Sin semáforo 3	Pre	2018	449.3689
	Pro	2020	127.0776
	Post	2023	170.8722
Semáforo rojo	Pre	2018	477.7740
	Pro	2020	85.2301
	Post	2023	207.7497
Semáforo amarillo 1	Pre	2018	897.5254
	Pro	2020	185.3292
	Post	2023	116.9396
Semáforo amarillo 2	Pre	2018	847.6165
	Pro	2020	206.2615
	Post	2023	122.1220
Semáforo amarillo 3	Pre	2018	693.7033
	Pro	2020	201.7484
	Post	2023	138.5445

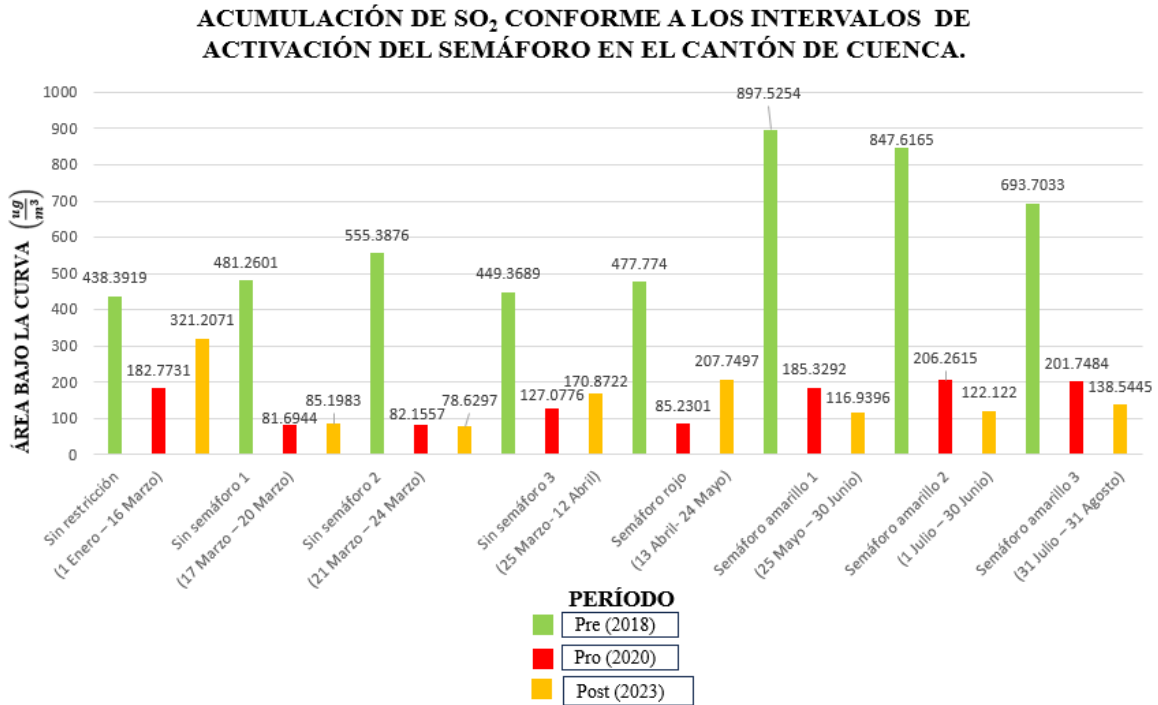


- Durante el período “Sin restricciones”, se puede contemplar que en el año 2018 se registró la mayor emisión de SO<sub>2</sub>, contrastando con el año 2020 que se registró la menor cantidad de emisión con respecto a los tres años analizados. Esto se puede deducir que ocurrió como resultado de las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.
- En el período de “Semáforo Rojo” enfrentado por el cantón Cuenca se constata que en el año 2018 se registró una mayor emisión de SO<sub>2</sub>, a diferencia del año 2020 en donde se evidencia la menor cantidad de emisión. Esto se puede deducir que ocurrió como resultado de las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.
- En los “Semáforos amarillos”, el 1 es el que mayor emisión de SO<sub>2</sub> registra en el año 2018 y el que menor emisión presenta es en el mismo período en el año 2023.

En la Figura 46 se puede percibir que el mayor número de emisión de SO<sub>2</sub>, al comparar los ocho periodos, se registra durante el lapso de 25 de mayo al 30 de junio del año 2018, anterior al inicio de la pandemia, designado como “Semáforo amarillo 1”. En tanto que la mínima emisión se registra en el período “Sin semáforo 1”, en el año 2020, coincidiendo con el inicio de la pandemia a nivel mundial en 2020. Esto sugiere que la reducción de este gas podría estar vinculada a las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.

**Figura 46**

Comparación de acumulación de SO<sub>2</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca



En la Tabla 26, se observa los resultados promediados de los valores de SO<sub>2</sub> para los ocho periodos de los años 2018, 2020 y 2023. En la Figura 47 se evidencia que las concentraciones de SO<sub>2</sub> son más altas en el año 2018, previo a la pandemia, mientras que el valor más bajo se registra en el año 2020.

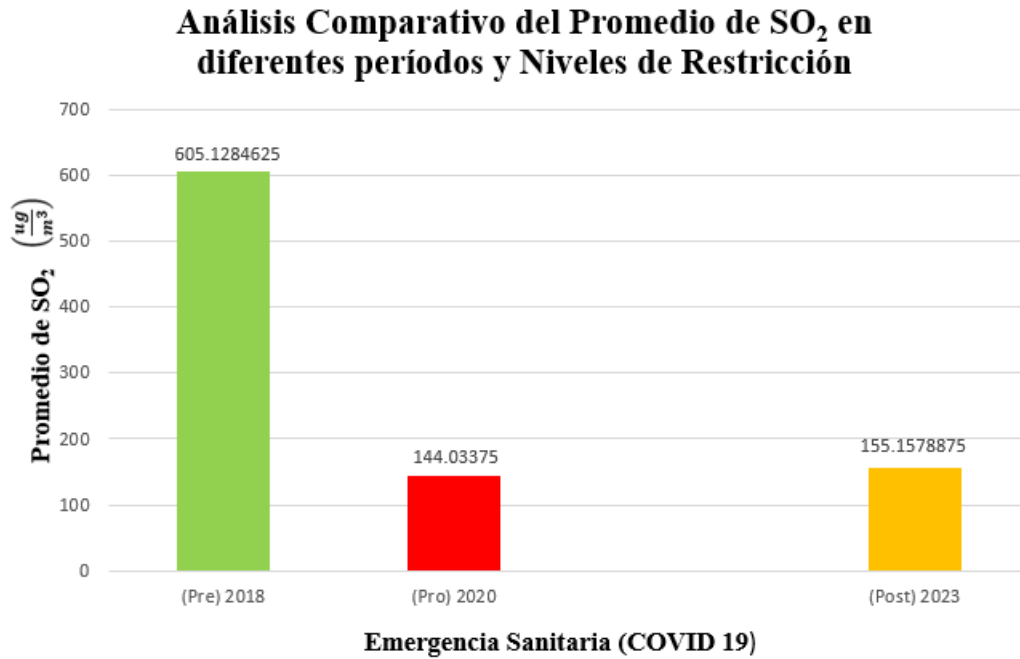
**Tabla 26**

Promedio de SO<sub>2</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020, 2023

Promedio de SO <sub>2</sub> (Enero-Agosto)			
Emergencia Sanitaria COVID-19			
Estación	(Pre) 2018	(Pro) 2020	(Post) 2023
MUN	605.1284625	144.03375	155.1578875

**Figura 47**

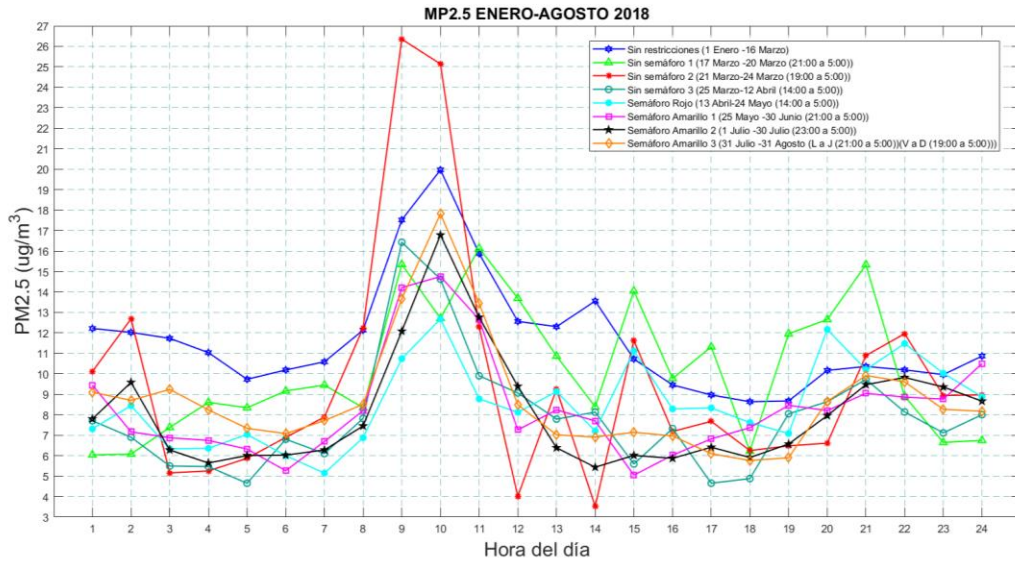
*Comparación del promedio de SO<sub>2</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023*



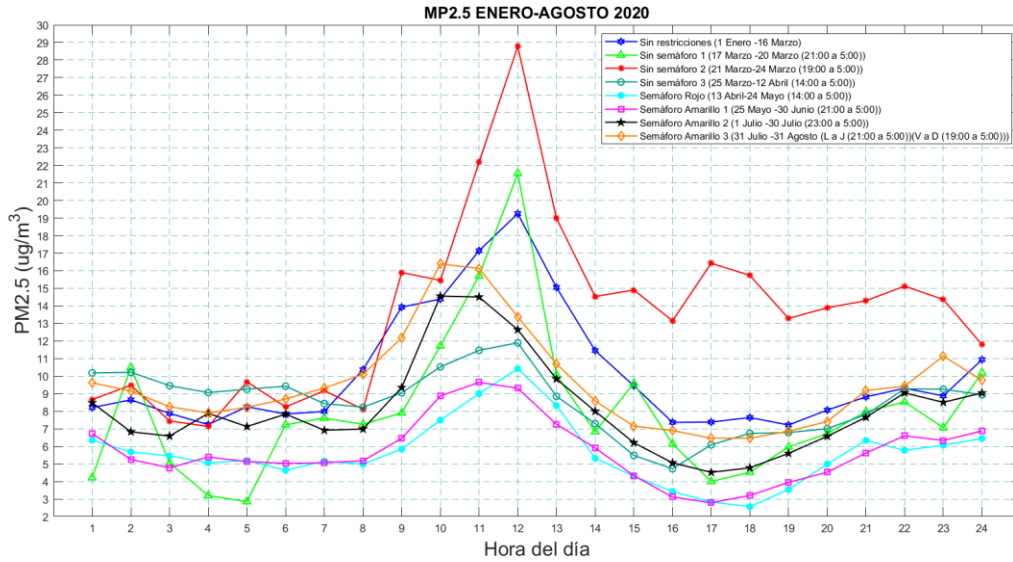
**2.1.3.2.5 Medias de Concentracion de MP<sub>2.5</sub> entre enero y agosto 2018, 2020, 2023.**

En las Figuras 48 y 49 y 50 se pueden observar el comportamiento de los promedios de concentración del gas contaminante (MP<sub>2.5</sub>) para cada período en el transcurso de las 24 horas del día.

**Figura 48**  
*Medias de Concentración de MP2.5 entre enero y agosto 2018*

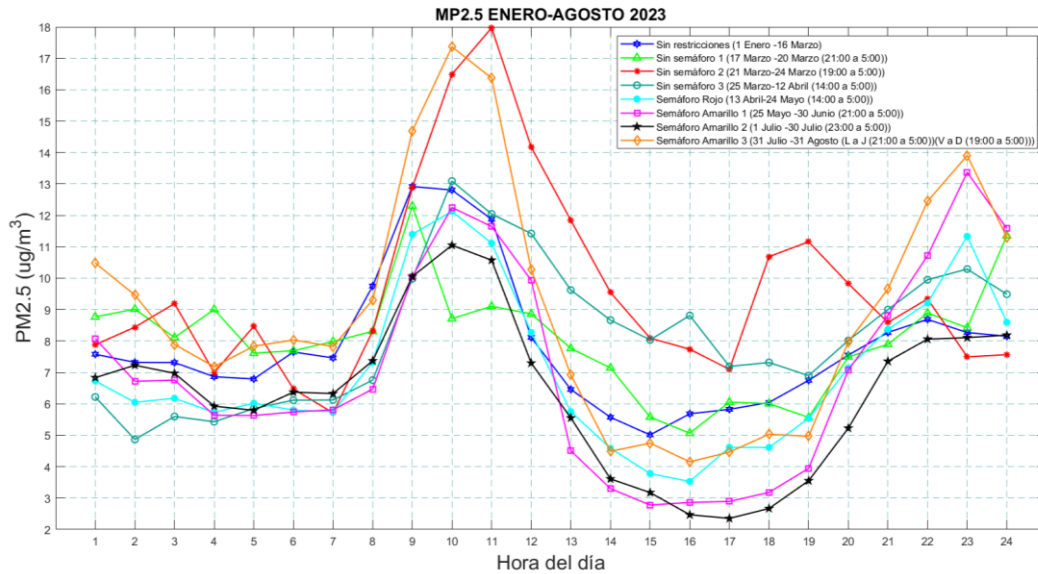


**Figura 49**  
*Medias de Concentración de MP2.5 entre enero y agosto 2020*



**Figura 50**

*Medias de Concentración de MP2.5 entre enero y agosto 2023*



En la Tabla 27 se exponen las áreas bajo la curva para cada período de los tres años considerados para el estudio. Lo cual ayudará a la identificación de si existió una disminución o aumento de emisión de MP<sub>2.5</sub>

**Tabla 27**

*Acumulación de MP<sub>2.5</sub> conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca.*

<b>ACUMULACIÓN DE MP<sub>2.5</sub> CONFORME A LOS INTERVALOS DE ACTIVACIÓN DEL SEMÁFORO EN EL CANTÓN DE CUENCA.</b>			
<b>PERÍODO</b>	<b>EMERGENCIA SANITARIA (COVID 19)</b>	<b>AÑO</b>	<b>ÁREA BAJO LA CURVA (<math>\frac{ug}{m^3}</math>)</b>
Sin restricción	Pre	2018	267.8795
	Pro	2020	233.2111
	Post	2023	180.8523
Sin semáforo 1	Pre	2018	237.7259
	Pro	2020	185.1958
	Post	2023	182.6447
	Pre	2018	223.7071

Sin semáforo 2	Pro	2020	316.5010
	Post	2023	224.2560
Sin semáforo 3	Pre	2018	181.1268
	Pro	2020	195.8944
	Post	2023	188.9184
Semáforo rojo	Pre	2018	197.2251
	Pro	2020	128.8066
	Post	2023	161.8785
Semáforo amarillo 1	Pre	2018	190.6441
	Pro	2020	130.5431
	Post	2023	159.8988
Semáforo amarillo 2	Pre	2018	185.6986
	Pro	2020	185.7484
	Post	2023	144.5870
Semáforo amarillo 3	Pre	2018	201.1017
	Pro	2020	219.6972
	Post	2023	205.8837

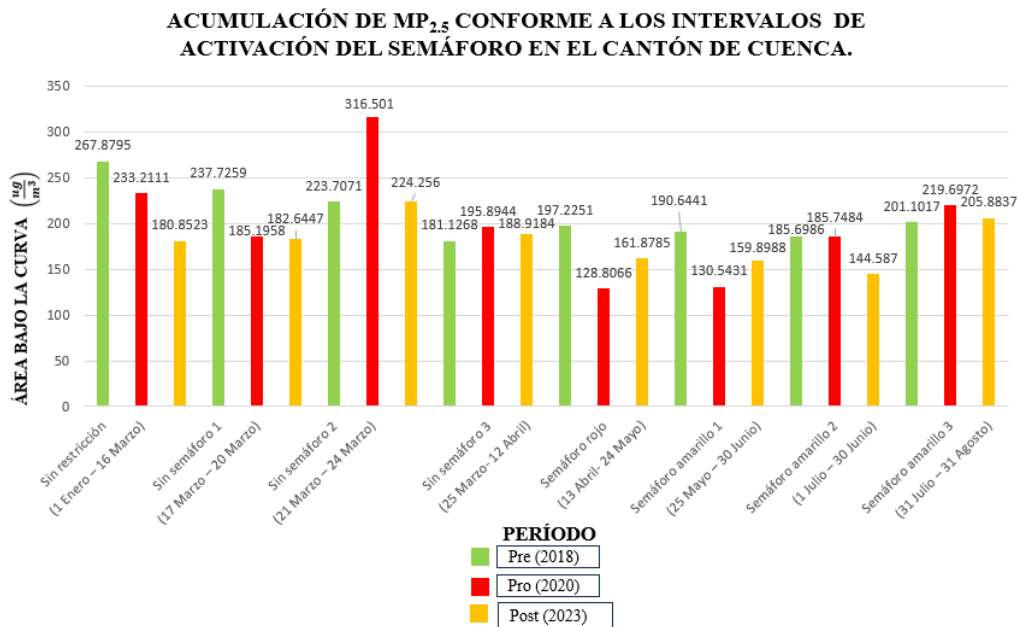
- Durante el período “Sin restricciones”, se puede contemplar que en el año 2020 se registró la mayor emisión de  $MP_{2.5}$ , contrastando con el año 2023 que se registró la menor cantidad de emisión con respecto a los tres años analizados. Debido a las medidas adoptadas para evitar la propagación de la pandemia.
- En el período de “Semáforo Rojo” enfrentado por el cantón Cuenca se constata que en el año 2018 se registró una mayor emisión de  $MP_{2.5}$ , a diferencia del año 2020 en donde se

evidencia la menor cantidad de emisión. Esto se puede deducir que ocurrió como resultado de las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.

- En los “Semáforos amarillos”, el 3 es el que mayor emisión de  $MP_{2.5}$  registra en el año 2020 y el que menor emisión presenta es en el mismo período es en el semáforo 1 en el año 2020.

En la Figura 51 se puede percibir que el mayor número de emisión de  $MP_{2.5}$ , al comparar los ocho periodos, se registra durante el lapso de 21 de marzo al 24 de marzo del año 2018, anterior al inicio de la pandemia, designado como “Sin semáforo 2”. En tanto que la mínima emisión se registra en el período “Semáforo rojo”, en el año 2020, coincidiendo con el inicio de la pandemia a nivel mundial. Esto sugiere que la reducción de este gas podría estar vinculada a las medidas adoptadas para contener la propagación de la enfermedad COVID-19.

**Figura 51**  
Comparación de acumulación de  $MP_{2.5}$  conforme a los intervalos de activación del semáforo en el cantón Cuenca



En la Tabla 28, se observa los resultados promediados de los valores de MP<sub>2.5</sub> para los ocho periodos de los años 2018, 2020 y 2023. En la Figura 52 se evidencia que las concentraciones de SO<sub>2</sub> son más altas en el año 2018, previo a la pandemia, mientras que el valor más bajo se registra en el año 2023.

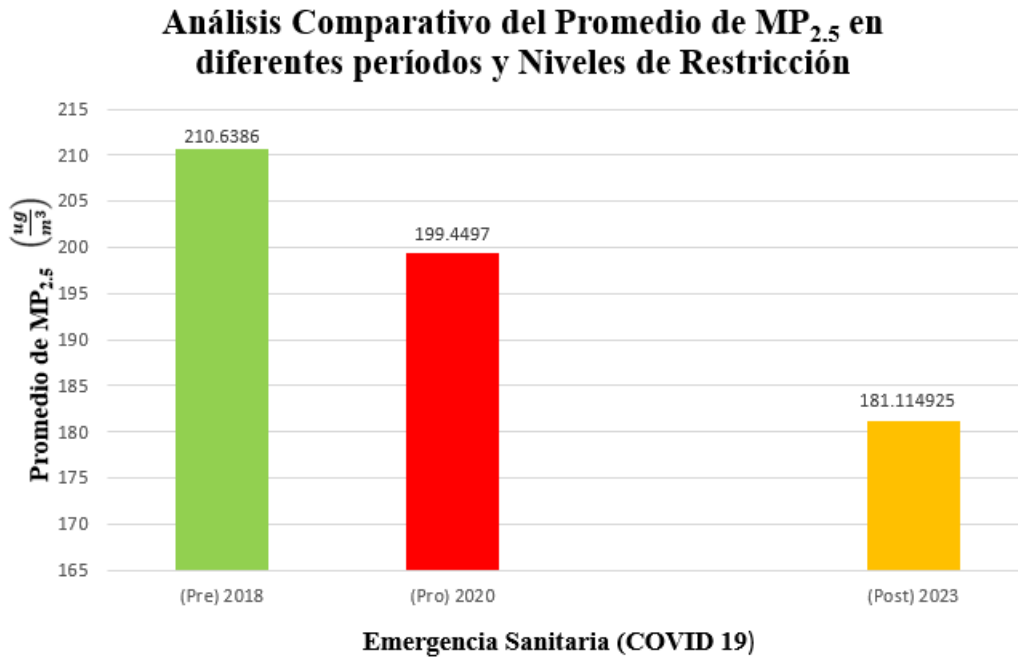
**Tabla 28**

*Promedio de MP<sub>2.5</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020, 2023*

<b>Promedio de MP<sub>2.5</sub> (Enero-Agosto)</b>			
<b>Emergencia Sanitaria COVID-19</b>			
Estación	(Pre) 2018	(Pro) 2020	(Post) 2023
MUN	210.6386	199.4497	181.114925

**Figura 52**

*Comparación del promedio de MP<sub>2.5</sub> (Enero-Agosto) 2018, 2020 2023*





### **2.1.3.3 Análisis del comportamiento de los gases contaminantes: crecimiento mayor y menor en los años 2018, 2020, 2023**

Se presenta la evolución del crecimiento de los gases contaminantes en el año 2018, 2020 y 2023 cabe recalcar que el año 2018 corresponde al periodo previo a la pandemia, mientras que el año 2023 se sitúa en la etapa posterior a la misma, sin la implementación de semaforizaciones en ese momento. Sin embargo, se llevó a cabo la comparación tomando como referencia las mismas fechas que en el año 2020 cuando se estableció semaforizaciones según las directrices declarado por el COE.

El objetivo es analizar el comportamiento de los gases en dichas fechas específicas a lo largo de Enero y Agosto entre los tres años.

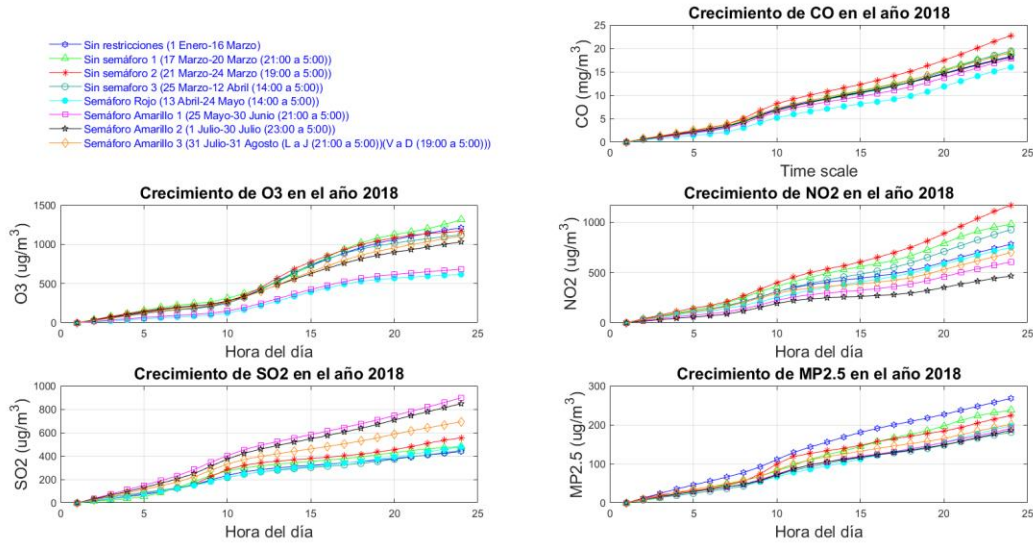
#### ***2.1.3.3.1 Análisis del Comportamiento de los Gases Contaminantes en el Año 2018 Según la Semaforización en el Año 2020.***

En la Figura 53 se puede observar el comportamiento de los gases contaminantes en el transcurso del año 2018 en diferentes periodos de semaforización.

En la Tabla 29 se puede inferir que tanto como el CO y el O<sub>3</sub> presentan un crecimiento menor cuando se asocian con el “Semáforo Rojo”. El CO como el MP<sub>2.5</sub> muestran un crecimiento mayor sin restricciones específicas de semaforización. El O<sub>3</sub> como el SO<sub>2</sub> presentan un crecimiento mayor cuando se les asocia con el “Semáforo Amarillo 1”. El NO<sub>2</sub> y el MP<sub>2.5</sub> muestran un crecimiento mayor cuando se asocia con el “Semáforo Amarillo 2”

**Figura 53**

*Crecimiento de Gases Contaminantes de enero a agosto del año 2018, en función de los períodos de semaforización implementados en el año 2020.*



**Tabla 29**

*Resultados de comportamiento de gases contaminantes en el año 2018*

Gas Contaminante	Crecimiento menor	Crecimiento mayor
CO	Semáforo Rojo	Sin semáforo 2
O <sub>3</sub>	Semáforo Rojo y Semáforo Amarillo 1	Sin semáforo 1
NO <sub>2</sub>	Semáforo Amarillo 2	Sin semáforo 2
SO <sub>2</sub>	Sin restricciones	Semáforo Amarillo 1
MP <sub>2.5</sub>	Sin semáforo 3 y Semáforo Amarillo 2	Sin restricciones

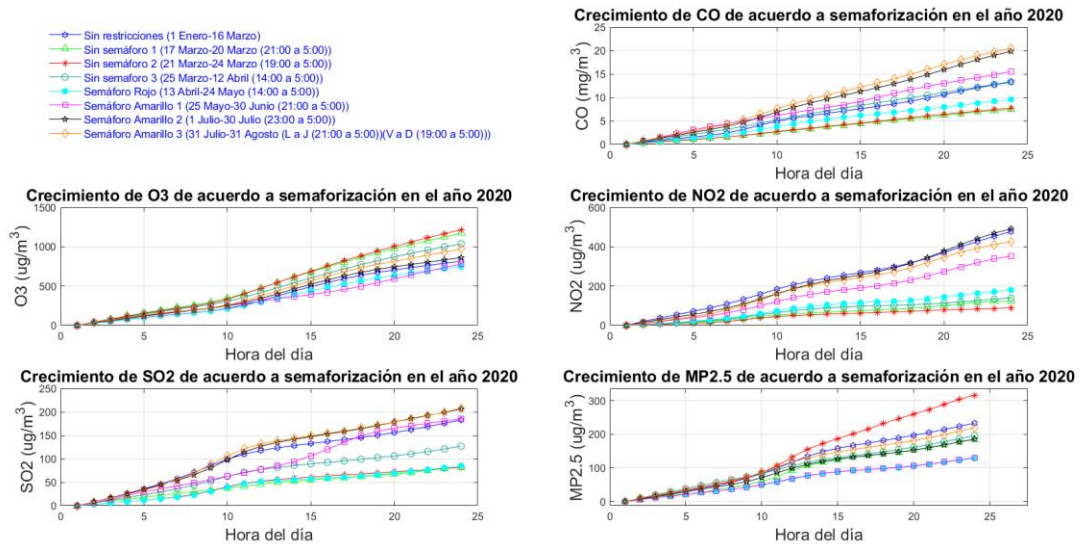
**2.1.3.3.2 Análisis del comportamiento de los gases contaminantes en el año 2020 según la semaforización implementado por el COE.**

En la Figura 54 se puede observar el comportamiento de los gases contaminantes en el transcurso del año 2020 en diferentes periodos de semaforización.

En la Tabla 30 se puede inferir que tanto como el CO y el O<sub>3</sub> presentan un crecimiento mayor cuando se asocian con el “Sin Semáforo 2”. El NO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub> comparten condiciones de crecimiento mayor cuando son vinculadas al “Semáforo Amarillo 2”. El CO presenta crecimiento mayor asociado al “Semáforo Amarillo 3”. Tanto el O<sub>3</sub> como el MP<sub>2.5</sub> muestran un crecimiento menor relacionadas con el “Semáforo Amarillo 1” y finalmente el O<sub>3</sub> y el SO<sub>2</sub> comparten condiciones de crecimiento menor vinculadas al “Semáforo Rojo”

**Figura 54**

*Crecimiento de Gases Contaminantes de enero a agosto del año 2020, en función de los períodos de semaforización implementados por el COE*



**Tabla 30**

*Resultados de comportamiento de gases contaminantes en el año 2020*

Gas Contaminante	Crecimiento menor	Crecimiento mayor
CO	Sin semáforo 1 y Sin semáforo 2	Semáforo Amarillo 3
O <sub>3</sub>	Semáforo Rojo y Semáforo Amarillo 1	Sin semáforo 2
NO <sub>2</sub>	Sin semáforo 2	Semáforo Amarillo 2
SO <sub>2</sub>	Sin semáforo 1 y Semáforo Rojo	Semáforo Amarillo 2 y Semáforo Amarillo 3

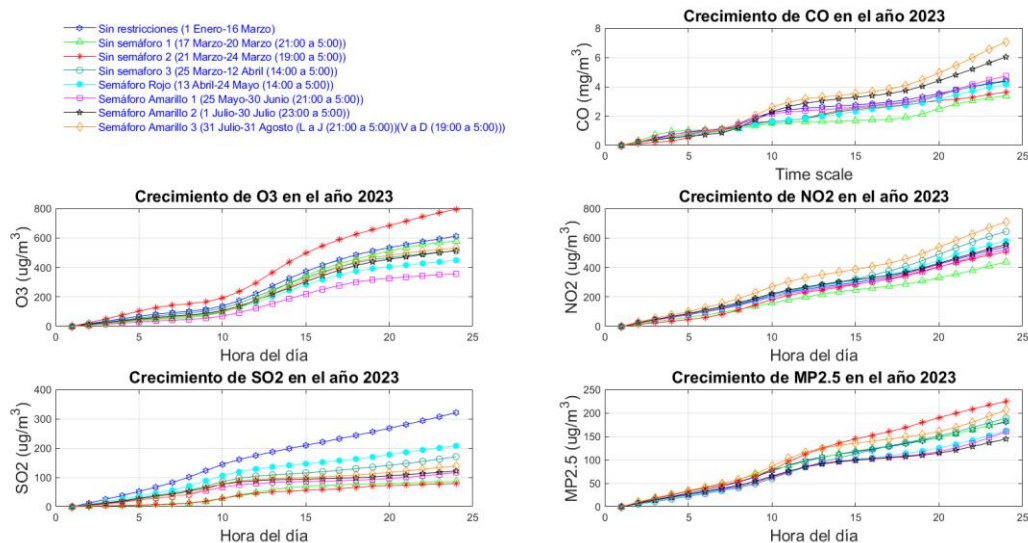
MP <sub>2.5</sub>	Semáforo Rojo y Semáforo Amarillo 1	Sin semáforo 2
-------------------	-------------------------------------	----------------

**2.1.3.3.3 Análisis del comportamiento de los gases contaminantes en el año 2020 según la semaforización implementado por el COE.**

En la Figura 55 se puede observar el comportamiento de los gases contaminantes en el transcurso del año 2023 en diferentes periodos de semaforización.

En la Tabla 31 el NO<sub>2</sub> como el SO<sub>2</sub> presentan condiciones de crecimiento menor asociadas con “Sin Semáforo 1”. El CO como el MP<sub>2.5</sub> tiene condiciones de crecimiento menor vinculadas a “Sin Semáforo 2”. El CO como el NO<sub>2</sub> presentan condiciones de crecimiento mayor relacionadas con el “Semáforo Amarillo 3”. El SO<sub>2</sub> muestra crecimiento mayor sin restricciones específicas de semaforización.

**Figura 55**  
Crecimiento de Gases Contaminantes de enero a agosto del año 2023, en función de los periodos de semaforización implementados en el año 2020.



**Tabla 31***Resultados de comportamiento de gases contaminantes en el año 2023*

<b>Gas Contaminante</b>	<b>Crecimiento menor</b>	<b>Crecimiento mayor</b>
CO	Sin semáforo 1 y 2	Semáforo Amarillo 3
O <sub>3</sub>	Semáforo Amarillo 1	Sin semáforo 2
NO <sub>2</sub>	Sin semáforo 1	Semáforo Amarillo 3
SO <sub>2</sub>	Sin semáforo 1 y 2	Sin restricciones
MP <sub>2.5</sub>	Semáforo Amarillo 2	Sin semáforo 2

Estas relaciones y patrones resaltan las variaciones en las condiciones de crecimiento para cada gas contaminante a lo largo de los años, demostrando como estas medidas de semaforización han afectado el comportamiento de los gases contaminantes en diferentes períodos.

#### **2.1.3.4 Análisis Enero-Agosto de gases contaminantes según fechas de semaforización**

Se presenta una revisión que va desde enero hasta agosto de los niveles de gases contaminantes que se basan en las fechas de semaforización. En el análisis se exhiben los promedios de contaminantes para cada intervalo durante la semaforización que se dio lugar en el año 2020 durante la emergencia sanitaria. Además se realizaron los mismo promedios para el año 2018 y 2023 con el fin de realizar un estudio ex post. Para facilitar la comprensión del comportamiento de los gases, se trazaron dos líneas verticales que son identificadas como ITQ (Inicio del Toque de Queda) y FTQ (Fin de Toque de Queda). Con estos gráficos se busca proporcionar una visión más clara de la variación de los niveles de contaminación antes durante y después de la emergencia sanitaria Covid-19 además destacar los posibles efectos de las medidas emitidas por el COE en la calidad del aire.

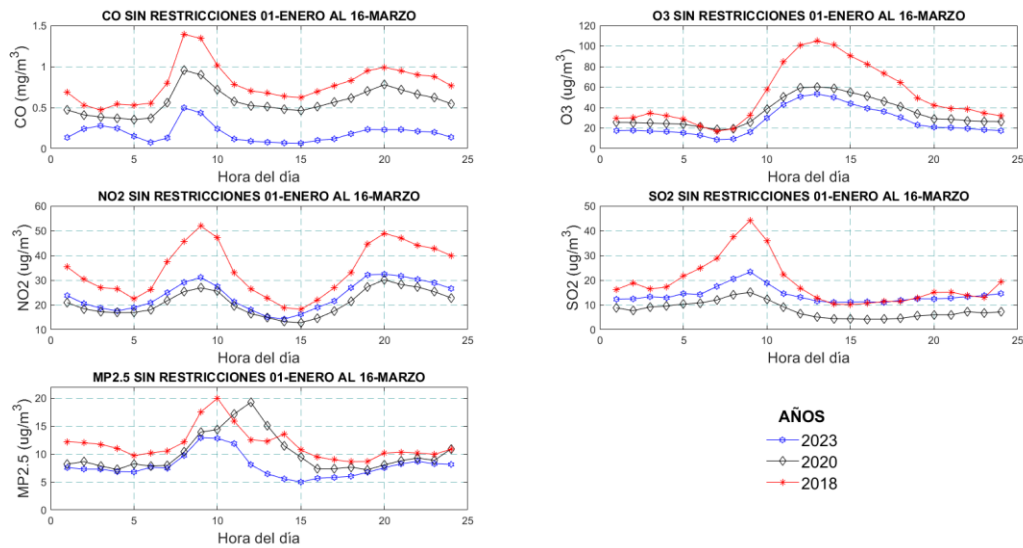
### 2.1.3.4.1 Comportamiento del período 01-Enero al 16-Marzo

La Figura 56 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 01-Enero al 16-Marzo, en este período no existía ningún tipo de restricción, ya que el COVID-19 aún no había sido declarado pandemia mundial.

En la Tabla 32 se observa una diferencia significativa en los valores máximos entre los tres años, en todos los gases contaminantes comparados el año 2018 es el que mayor contaminación posee podría deducirse que es a causa de la acumulación a lo largo de varios años.

**Figura 56**

*Comportamiento de gases contaminantes Período del 01- Enero al 16-Marzo*



**Tabla 32**

*Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 01-Enero al 16 Marzo 2018, 2020, 2023.*

1 de Enero al 16 de Marzo				
Gas Contaminante		Hora	Valor	Año
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Máx	08h00	1,39296	2018
	Mín	15h00	0,0656018	2023
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	13h00	104,95	2018

	Mín	07h00	8,76467	2023
NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	51,9194	2018
	Mín	15h00	12,8288	2020
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	44,1499	2018
	Mín	16h00	4,19181	2020
MP <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	10h00	19,9649	2018
	Mín	15h00	5,01107	2023

#### ***2.1.3.4.2 Comportamiento del período 17-Marzo al 20-Marzo***

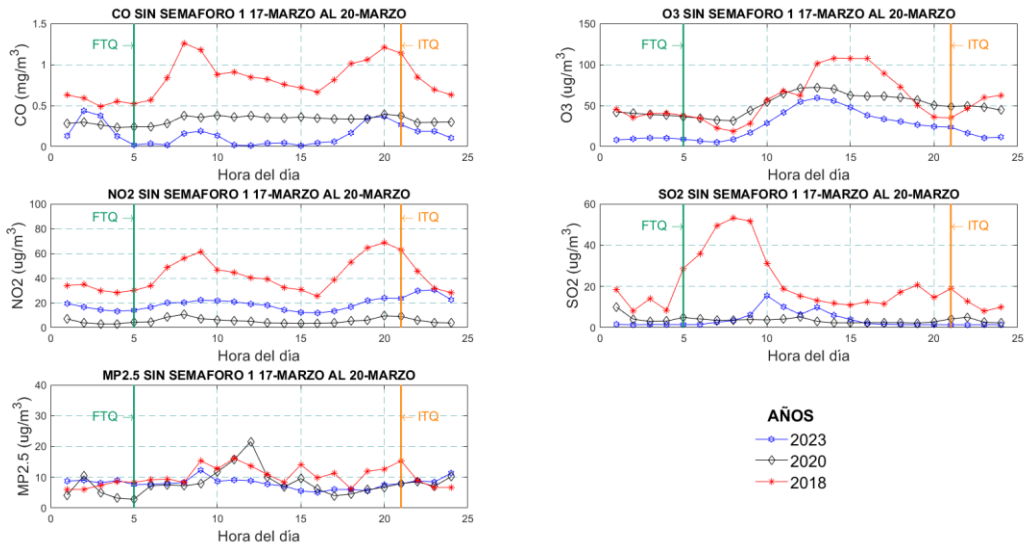
La Figura 57 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 17-Marzo al 20-Marzo, donde se impuso las primeras restricciones de movilidad en las cuáles las personas podían adquirir artículos de primera necesidad, ida y vuelta del trabajo y situaciones de fuerza mayor.

La restricción general de circulación se dio desde las 21h00 a 05:00 a partir del martes 17 al 20 de marzo. (Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, 2020a)

En la Tabla 33 se observa una diferencia significativa en los valores máximos de CO donde en el año 2018 el CO es mucho mayor en comparación con los otros dos años. El O<sub>3</sub> en el año 2023 sigue siendo menor que los dos años. En NO<sub>2</sub> se puede observar una disminución en el año 2020 mientras que el pico mas alto se sigue dando en el año 2018. El SO<sub>2</sub> los valores mas altos se dan en el año 2018 mientras que los años 2020 y 2023 mantienen valores similares. El MP<sub>2.5</sub> se registra que el valor más alto se registra a las 12:00 esto se puede decir que es por la salida de las personas a comprar artículos de primera necesidad. Mientras que el pico mas bajo se registra en el mismo año a las 5:00 y esto se podría deducir que es gracias a las restricciones de movilidad.

**Figura 57**

*Comportamiento de gases contaminantes Período del 17- Marzo al 20-Marzo*



**Tabla 33**

*Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 17-Marzo al 20-Marzo 2018, 2020, 2023.*

17 de Marzo al 20 de Marzo				
Gas Contaminante		Hora	Valor	Año
CO ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	Máx	08h00	1,26154	2018
	Mín	15h00	0,0108181	2023
O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máx	14h00	107,854	2018
	Mín	07h00	5,20436	2023
NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máx	20h00	68,7848	2018
	Mín	03h00	3,03555	2020
SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máx	08h00	53,134	2018
	Mín	21h00	1,37284	2023
MP <sub>2.5</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Máx	12h00	21,5496	2020
	Mín	05h00	2,85209	2020



#### ***2.1.3.4.3 Comportamiento del período 21-Marzo al 24-Marzo***

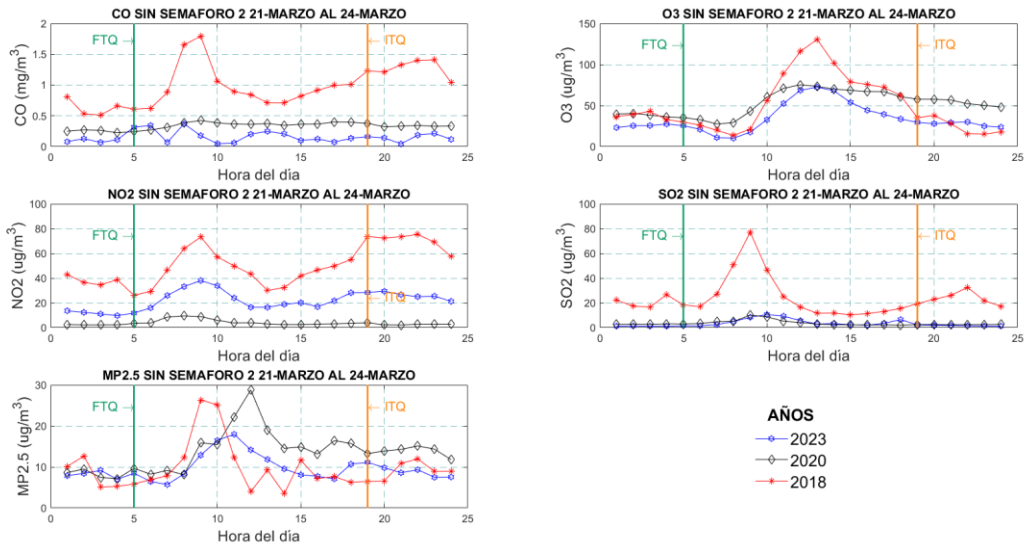
La Figura 58 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 21-Marzo al 24-Marzo.

El 21 de marzo se suspendió el trabajo presencial en todas las áreas tanto en sector público como en el privado. Se impuso que el toque de queda se extenderá desde las 19:00 hasta las 05:00 del 24 de Marzo. (Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, 2020b)

En la Tabla 34 se observa una diferencia significativa en los valores máximos de CO donde en el año 2018 el CO es mucho mayor en comparación con los otros dos años. El O<sub>3</sub> en el año 2023 sigue siendo menor que los dos años, pero se observa una tendencia y es que los valores más altos de los tres años se registran entre las 12:00 y 13:00. En NO<sub>2</sub> se puede observar una disminución en el año 2020 mientras que el pico más alto se sigue dando en el año 2018. El SO<sub>2</sub> los valores más altos se dan en el año 2018 mientras que los años 2020 y 2023 mantienen valores similares. El MP<sub>2.5</sub> se registra que los valores más altos en el año 20 y 2020 se registra a las 12:00 esto se puede decir que es por la salida de las personas a comprar artículos de primera necesidad.

**Figura 58**

*Comportamiento de gases contaminantes Período del 21- Marzo al 24-Marzo*



**Tabla 34**

*Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 21-Marzo al 24-Marzo 2018, 2020, 2023.*

21 de Marzo al 24 de Marzo				
Gas Contaminante		Hora	Valor	Año
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	1,79464	2018
	Mín	21h00	0,0446588	2023
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	13h00	130,711	2018
	Mín	08h00	10,1939	2023
NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	22h00	75,316	2018
	Mín	21h00	2,08355	2020
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	77,0832	2018
	Mín	4h00	1,22399	2023
MP <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	12h00	28,7821	2020
	Mín	14h00	3,52958	2018

### 2.1.3.4.4 Comportamiento del período 25-Marzo al 12-Abril

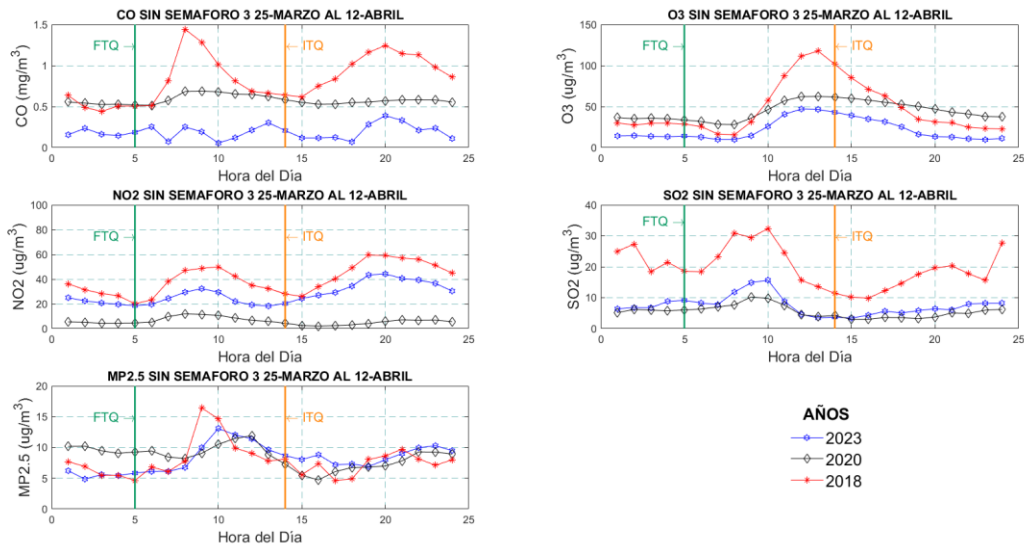
La Figura 59 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 25-Marzo al 12-Abril.

El 25 de marzo el toque de queda se extendió el toque de queda desde las 14:00 hasta las 05:00 del 12 de Abril. (Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, 2020c)

En la Tabla 35 se observó que los gases contaminantes con los picos más altos registrados se dan lugar en el año 2018. Mientras que los valores más bajos en CO, O<sub>3</sub>, se dan en el año 2023. El NO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub> se registran los valores mínimos en el año 2020 durante la pandemia y el MP<sub>2.5</sub> se registro el valor mínimo en 2018.

**Figura 59**

*Comportamiento de gases contaminantes Período del 25- Marzo al 12-Abril*



**Tabla 35**

*Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 25-Marzo al 12-Abril 2018, 2020, 2023.*

<b>25 de Marzo al 12 de Abril</b>				
<b>Gas Contaminante</b>		<b>Hora</b>	<b>Valor</b>	<b>Año</b>
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Máx	08h00	1,44288	2018
	Mín	10h00	0,0559675	2023
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	13h00	117,702	2018
	Mín	23h00	9,66799	2023
NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	19h00	59,542	2018
	Mín	16h00	2,0391	2020
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	10h00	32,3376	2018
	Mín	15h00	3,01213	2020
MP <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	9h00	16,428	2018
	Mín	17h00	4,65	2018

#### ***2.1.3.4.5 Comportamiento del período 13-Abril al 24-Mayo***

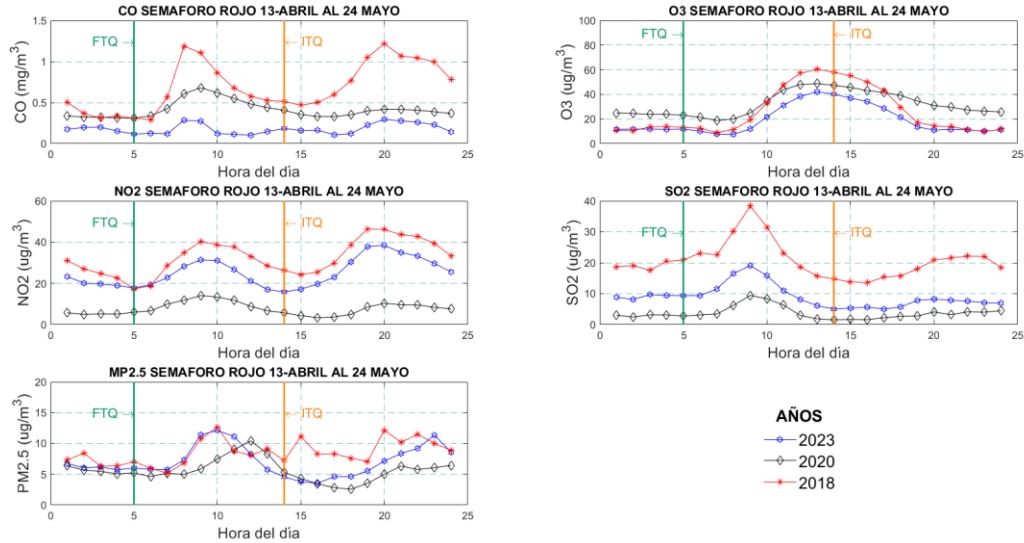
La Figura 60 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 13-Abril al 24-Mayo.

El 13 de abril el toque de queda se extendió el toque de queda desde las 14:00 hasta las 05:00 del 24 de Mayo y se dio el Semáforo Rojo en todo el territorio ecuatoriano, ya que los contagios eran numerosos (Comité de Operaciones de Emergencia Nacional, 2020d).

En la Tabla 36 se observó que los gases contaminantes con los picos más altos registrados se dan lugar en el año 2018. Mientras que los valores más bajos en CO, O<sub>3</sub>, se dan en el año 2023. El NO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub> se registran los valores mínimos en el año 2020 durante la pandemia y el MP<sub>2.5</sub> se registro el valor minimo en 2018.

**Figura 60**

*Comportamiento de gases contaminantes Período del 13- Abril al 24-Mayo*



**Tabla 36**

*Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 13-Abril al 24-Mayo 2018, 2020, 2023.*

13 de Abril al 24 de Mayo				
Gas Contaminante		Hora	Valor	Año
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Máx	20h00	1,21786	2018
	Mín	12h00	0,102651	2023
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	13h00	60,3337	2018
	Mín	08h00	7,54958	2023
NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	19h00	46,3923	2018
	Mín	16h00	3,39619	2020
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	38,3211	2018
	Mín	14h00	1,54666	2020
MP <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	10h00	12,6791	2018
	Mín	18h00	2,56216	2020

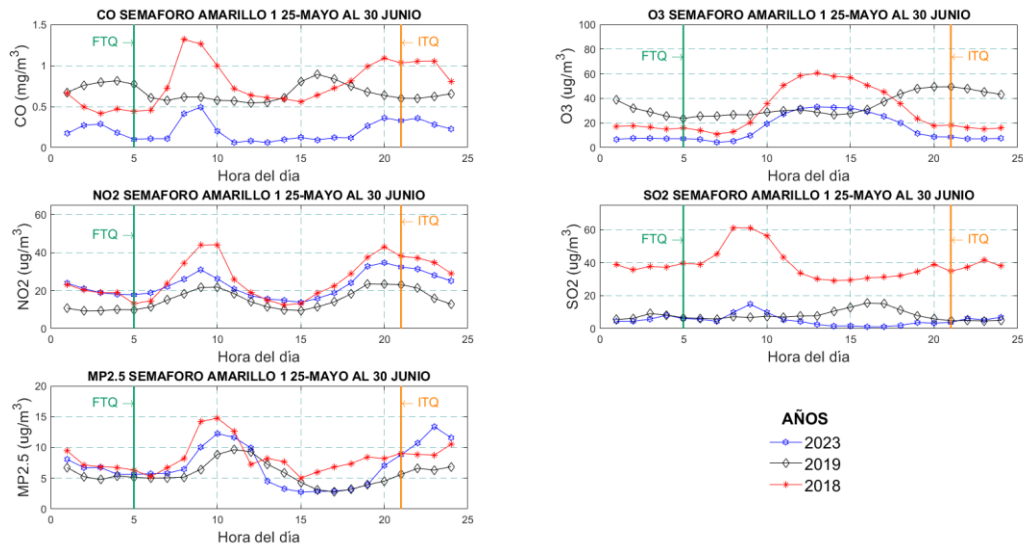
### 2.1.3.4.6 Comportamiento del período 25-Mayo al 30-Junio

La Figura 60 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 25-Mayo al 30-Junio.

El 25 de Mayo se cambio la semaforización para el cantón Cuenca, cambio a amarillo el toque de queda era desde las 21:00 hasta las 05:00 del 30 de Junio.

En la Tabla 36 se observó que los gases contaminantes con los picos más altos registrados se dan lugar en el año 2018. Mientras que los valores más bajos en CO, O<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub> y MP<sub>2.5</sub> se dan en el año 2023. El NO<sub>2</sub> se registran los valores mínimos en el año 2020 durante la pandemia.

**Figura 61**  
Comportamiento de gases contaminantes Período del 25- Mayo al 30-Junio



**Tabla 37**  
Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 25-Mayo al 30-Junio 2018, 2020, 2023.

25 de Mayo al 30 de Junio				
Gas Contaminante		Hora	Valor	Año
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Máx	08h00	1,31822	2018

	Mín	13h00	0,0618233	2023
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	13h00	60,5791	2018
	Mín	07h00	4,28658	2023
NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	10h00	44,1171	2018
	Mín	02h00	9,30142	2020
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	08h00	61,1578	2018
	Mín	16h00	1,14263	2023
MP <sub>2,5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	10h00	14,7548	2018
	Mín	15h00	2,77793	2023

#### ***2.1.3.4.7 Comportamiento del período 1-Julio al 30-Julio***

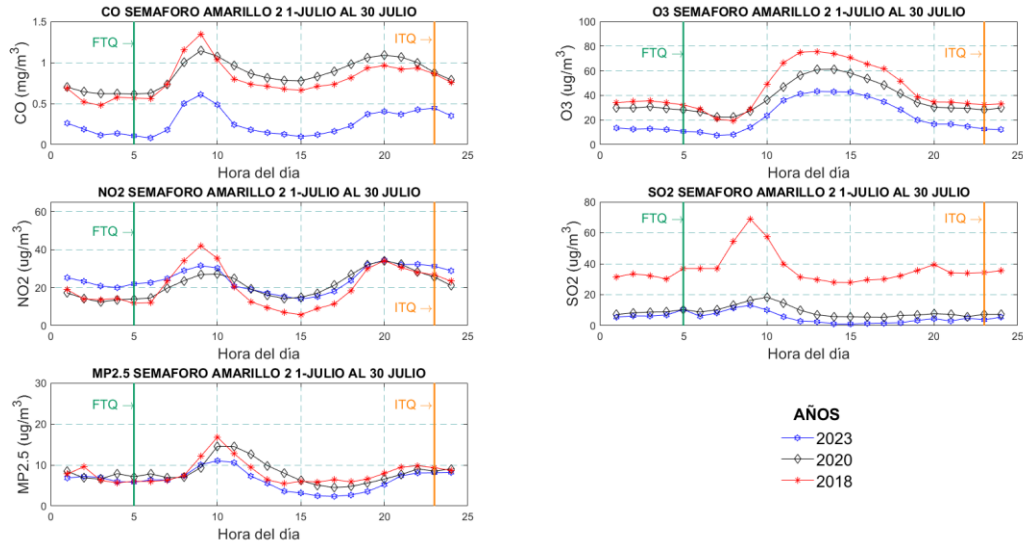
La Figura 62 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 1-Julio al 30-Julio.

El 1 de Julio el COE dispuso que el cantón Cuenca debía seguir en semáforo amarillo pero con un diferente horario de toque de queda que era desde las 23:00 hasta las 05:00 del 30 de Julio.

En la Tabla 38 se observó que los gases contaminantes con los picos más altos registrados se dan lugar en el año 2018. Mientras que los valores más bajos en CO, O<sub>3</sub>, NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, MP<sub>2,5</sub> se dan en el año 2023. Mientras que MP<sub>2,5</sub> se registro el valor minimo en 2018.

**Figura 62**

*Comportamiento de gases contaminantes Período del 1- Julio al 30-Julio*



**Tabla 38**

*Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 01-Julio al 30-Julio 2018, 2020, 2023*

1 de Julio al 30 de Julio				
Gas Contaminante		Hora	Valor	Año
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	1,34741	2018
	Mín	06h00	0,0811843	2023
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	12h00	75,6074	2018
	Mín	07h00	7,53297	2023
NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	41,9642	2018
	Mín	15h00	5,78925	2018
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	69,0003	2018
	Mín	15h00	1,07358	2023
MP <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	10h00	16,7828	2018
	Mín	17h00	2,35128	2023

**2.1.3.4.8 Comportamiento del período 31-Julio al 31-Agosto**

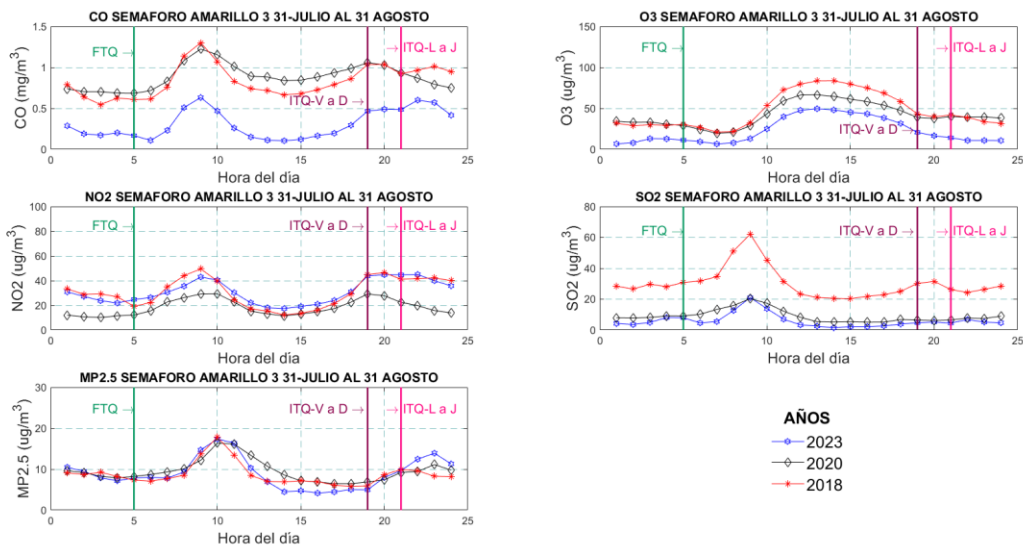
La Figura 63 muestra el comportamiento de los gases contaminantes en el período 31-Julio al 31-Agosto.



El 31 de Julio el cantón de Cuenca siguió en semáforo amarillo pero ampliando el toque de queda que era desde las 21:00 hasta las 05:00 de lunes a jueves y de 19:00 hasta las 05:00 los viernes, sábados y domingos del 31 de Agosto.

En la Tabla 39 se observó que los gases contaminantes con los picos más altos registrados se dan lugar en el año 2018. Mientras que los valores más bajos en CO, O<sub>3</sub>, se dan en el año 2023. El NO<sub>2</sub> y el SO<sub>2</sub> se registran los valores mínimos en el año 2020 durante la pandemia y el MP<sub>2.5</sub> se registro el valor mínimo en 2023.

**Figura 63**  
Comportamiento de gases contaminantes Período del 31-Julio al 31-Agosto



**Tabla 39**  
Resultados de Máximos y Mínimos de gases contaminantes 31-Julio al 31-Agosto 2018, 2020, 2023

31 de Julio al 31 de Agosto				
Gas Contaminante		Hora	Valor	Año
CO (mg/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	1,30148	2018
	Mín	14h00	0,104789	2023
O <sub>3</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	14h00	83,6742	2018
	Mín	07h00	6,5208	2023

NO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	49,4812	2018
	Mín	03h00	10,1621	2020
SO <sub>2</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	09h00	62,0715	2018
	Mín	14h00	1,40327	2023
MP <sub>2.5</sub> (ug/m <sup>3</sup> )	Máx	10h00	17,8193	2018
	Mín	16h00	4,1548	2023

## CAPITULO III

### 3.1 CONCLUSIONES

Se ha observado un aumento en los niveles de NO<sub>2</sub> en todos los períodos comparados del año 2023 en relación con los niveles registrados en el año 2020. Contrariamente, los niveles de O<sub>3</sub> muestran una disminución en el año 2023 en comparación con el año 2020.

La revisión de la literatura sugiere que la disminución de los niveles de O<sub>3</sub> en el año 2023 podría atribuirse a su reacción con el óxido nitroso (NO), lo que podría influir en la reducción de los datos medidos. Esta relación entre ambos compuestos merece un mayor análisis y estudio.

Durante el año 2020, caracterizado por la pandemia y restricciones de movilidad, se evidenció una reducción significativa de las emisiones de gases contaminantes, especialmente durante el periodo de "Semáforo Rojo". Las emisiones incluso se redujeron a la mitad en comparación con el año 2018.

Los valores registrados en el año 2023 se consideran atípicos, ya que algunos gases contaminantes muestran una reducción incluso menor que en el año 2020, periodo marcado por la reducción significativa de emisiones debido a la pandemia. Este fenómeno podría

estar influenciado por la introducción de nuevos microsensores cuyos datos aún no han sido validados para garantizar su correcto funcionamiento.

Es importante señalar que, en el año 2022, algunos sensores presentaron problemas operativos, lo que podría haber afectado la precisión de las mediciones. Esto resalta la necesidad de realizar una evaluación exhaustiva de los instrumentos de medición para garantizar la confiabilidad de los datos recopilados.

Tras examinar detenidamente los datos recopilados a lo largo de diversos períodos y comparar las emisiones en el año previo, durante y después de la pandemia ocasionada por COVID-19, se ha identificado que el año 2023 exhibe la menor cantidad de emisiones. Este hallazgo subraya la importancia de evaluar y entender las tendencias a lo largo del tiempo para tomar decisiones informadas en la gestión y mitigación de emisiones, destacando la necesidad de medidas sostenibles y eficaces para abordar este aspecto crucial en el panorama actual.

### **3.2 RECOMENDACIONES**

Se recomienda llevar a cabo una validación exhaustiva de los nuevos microsensores introducidos, asegurándose de que sus mediciones sean precisas y confiables. Esto incluye comparaciones con métodos de medición convencionales y la realización de pruebas de calibración periódicas.

Dada la posible influencia de la reacción entre O<sub>3</sub> y óxido nitroso (NO) en la reducción de los niveles de O<sub>3</sub>, se sugiere llevar a cabo un estudio más detallado para comprender la naturaleza de esta interacción y su contribución a las variaciones observadas.

Realizar comparaciones con estudios previos, especialmente aquellos realizados en años anteriores, para identificar tendencias a largo plazo y evaluar cómo las condiciones atmosféricas y las emisiones han evolucionado con el tiempo.

En la presentación de resultados, asegurar una comunicación transparente de las limitaciones del estudio, incluyendo la introducción de nuevos sensores y posibles interferencias. Esto proporcionará un marco claro para la interpretación de los resultados.

Recomendar un seguimiento a largo plazo de las tendencias en los niveles de contaminantes atmosféricos para evaluar la efectividad de posibles intervenciones y políticas ambientales a lo largo del tiempo.

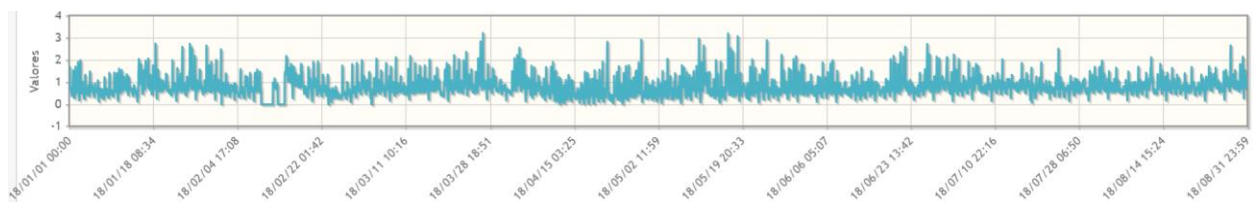
## CAPÍTULO IV

### ANEXOS

#### 4.1 Gráfica de Valores Horarios CO (Emov)

##### 4.1.1 2018 CO Post

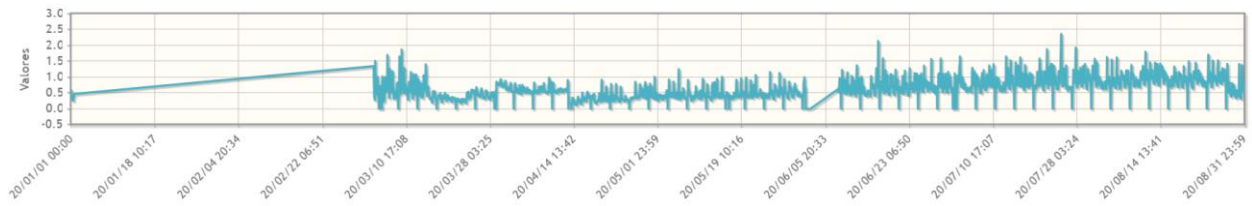
**Figura 64**  
2018 CO Post



*Nota:* EMOV EP

##### 4.1.2 2020 CO Pro

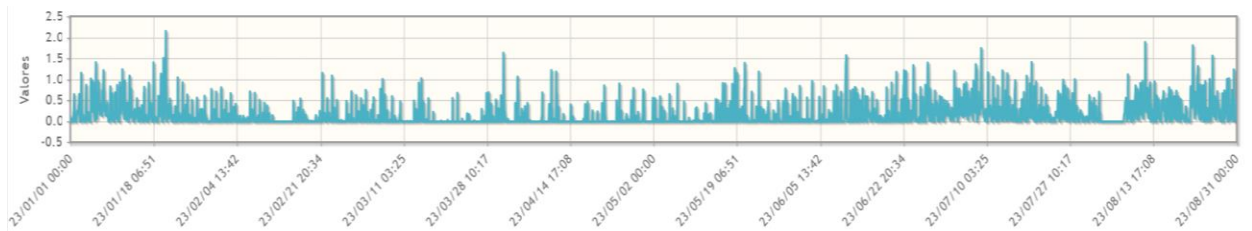
**Figura 65**  
*2020 CO Pro*



*Nota:* EMOV EP

### 4.1.3 2018 CO Post

**Figura 66**  
*2018 CO Post*

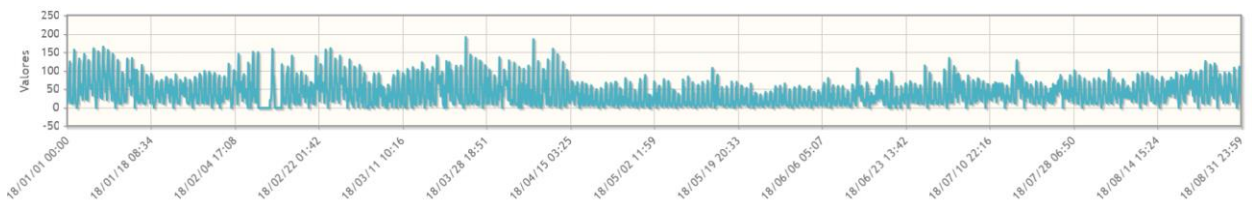


*Nota:* EMOV EP

## 4.2 Gráfica de Valores Horarios O<sub>3</sub> (Emov)

### 4.2.1 2018 O<sub>3</sub> Pre

**Figura 67**  
*2018 O3 Pre*



*Nota:* EMOV EP

## 4.2.2 2020 O<sub>3</sub> Pro

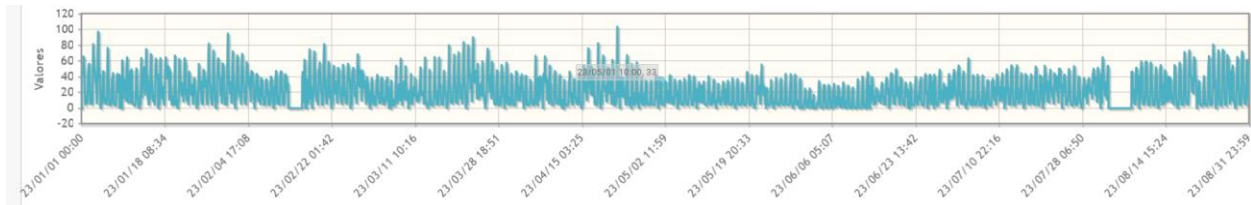
**Figura 68**  
2020 O<sub>3</sub> Pro



*Nota:* EMOV EP

## 4.2.3 2023 O<sub>3</sub> Post

**Figura 69**  
2023 O<sub>3</sub> Post

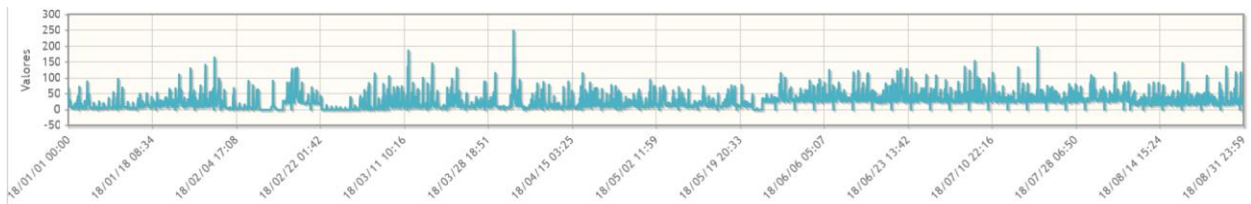


*Nota:* EMOV EP

## 4.3 Gráfica de Valores Horarios SO<sub>2</sub> (Emov)

### 4.3.1 2018 SO<sub>2</sub> Pre

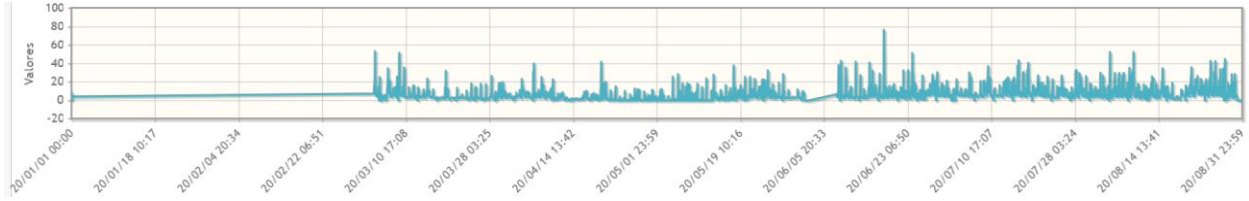
**Figura 70**  
2018 SO<sub>2</sub> Pre



*Nota:* EMOV EP

### 4.3.2 2020 SO<sub>2</sub> Pro

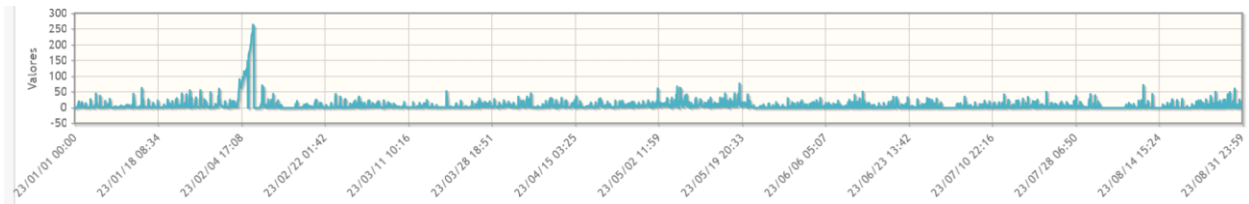
**Figura 71**  
2020 SO<sub>2</sub> Pro



*Nota:* EMOV EP

### 4.3.3 2023 SO<sub>2</sub> Post

**Figura 72**  
2023 SO<sub>2</sub> Post

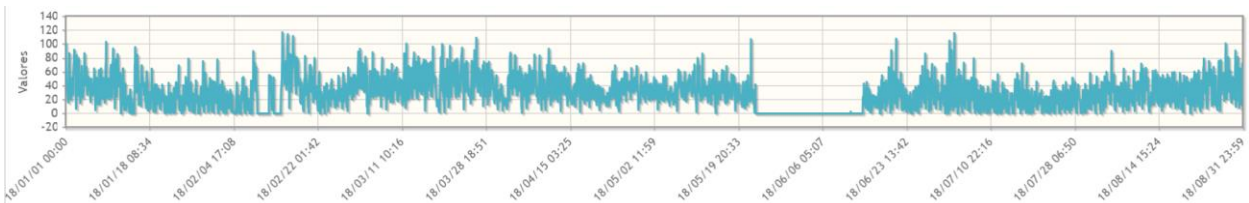


*Nota:* EMOV EP

## 4.4 Gráfica de Valores Horarios NO<sub>2</sub> (Emov)

### 4.4.1 2018 NO<sub>2</sub> Pre

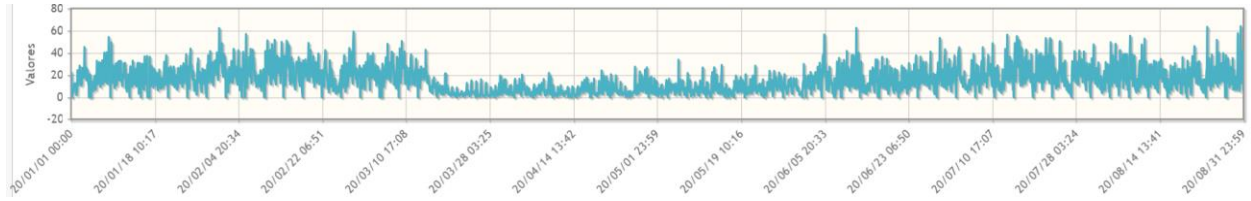
**Figura 73**  
2018 NO<sub>2</sub> Pre



*Nota:* EMOV EP

#### 4.4.2 2020 NO<sub>2</sub> Pro

**Figura 74**  
2020 NO<sub>2</sub> Pro



Nota: EMOV EP

#### 4.4.3 2023 NO<sub>2</sub> Post

**Figura 75**  
2023 NO<sub>2</sub> Post

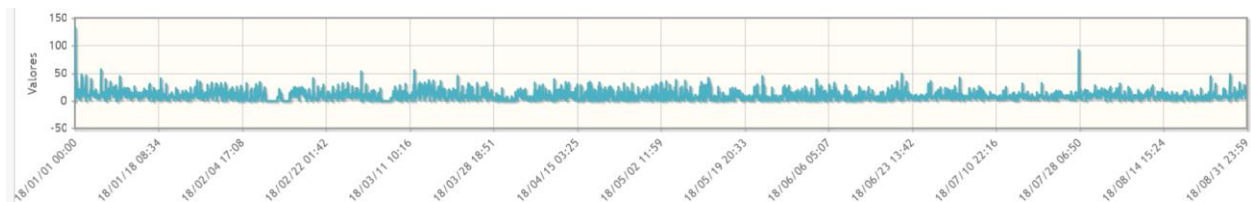


Nota: EMOV EP

### 4.5 Gráfica de Valores Horarios MP<sub>2.5</sub> (Emov)

#### 4.5.1 2018 MP<sub>2.5</sub> Pre

**Figura 76**  
2018 MP<sub>2.5</sub> Pre

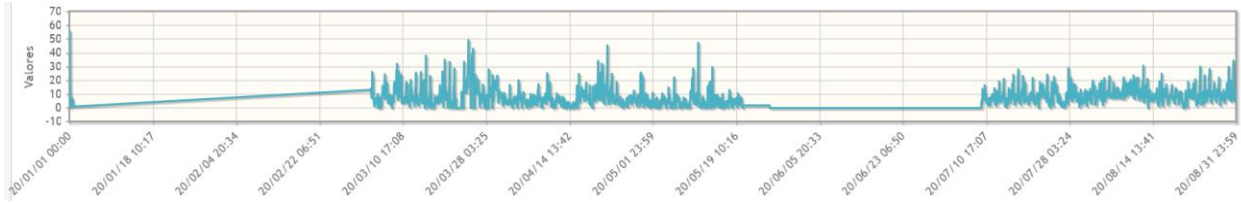


Nota: EMOV EP



#### 4.5.2 2020 MP<sub>2.5</sub> Pro

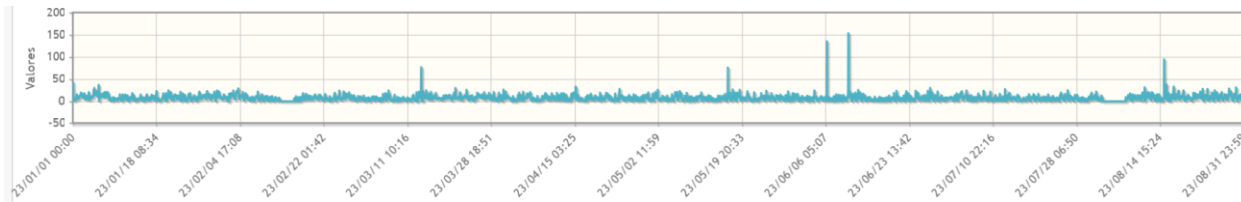
**Figura 77**  
2020 MP<sub>2.5</sub> Pro



Nota: EMOV EP

#### 4.5.3 2023 MP<sub>2.5</sub> Post

**Figura 78**  
2023 MP<sub>2.5</sub> Post



Nota: EMOV EP

### BIBLIOGRAFIA

Barua, S., & Nath, S. D. (2021). The impact of COVID-19 on air pollution: Evidence from global data. *Journal of Cleaner Production*, 298. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.126755>

BID. (2014). *CUENCA CUENCA CIUDAD SOSTENIBLE / PLAN DE ACCIÓN*.

CIEMAT, U. de C. A. (2009). *El ozono troposférico y sus efectos en la vegetación*.

Comité de Operaciones de Emergencia Nacional. (2020a). *Informe-de-Situación-No009-Casos-Coronavirus-Ecuador*.

Comité de Operaciones de Emergencia Nacional. (2020b). *Informe-de-Situación-No016-Casos-Coronavirus-Ecuador-21032020*.

Comité de Operaciones de Emergencia Nacional. (2020c). *Informe-de-Situación-No018-Casos-Coronavirus-Ecuador-24032020-17*.

Comité de Operaciones de Emergencia Nacional. (2020d). *Informe-de-Situación-No033-Casos-Coronavirus-Ecuador-14042020*.

Cristina, M., & Fernández, C. (2016). *MANUAL BÁSICO DE MATLAB*.

Defensa.gob.ec. (2020). *Decreto\_presidencial\_No\_1017\_17-Marzo2020*.

El Mercurio. (2020, March 14). *Se confirma primer caso de coronavirus en Azuay*.

<https://elmercurio.com.ec/2020/03/14/se-confirma-primer-caso-de-covid19-en-cuenca-azuay/>

EMOV. (2018). *Informe-Calidad-Aire-Cuenca-*.

EMOV. (2021). *Inventario de Emisiones Atmosféricas del Cantón Cuenca*.

EMOV. (2022a). *Informe de la calidad del aire de Cuenca durante el año*.

EMOV. (2022b). *Informe de la calidad del aire de Cuenca durante el año*.

Calidad de aire – EMOV EP. (s. f.). <https://www.emov.gob.ec/calidad-de-aire/>

Fundación Turismo Cuenca. (2020). *Conoce Cuenca*.

INE. SEMANART. (2005). *Proceso de Emisión de Contaminantes en Vehículos Automotores*.

INEC. (2022). *Info\_Azuay*.

- Jiménez Edison José, & Cárdenas Joel Sebastián. (2023). *Modelo paramétrico para la estimación de emisiones contaminantes en vehículos M1 ciclo Otto con OBD-II*.
- Morawska, L. (2019). *Ambient ultrafine particles: evidence for policy makers*.  
<https://www.helmholtz-muenchen.de/epi>
- Payri González, Francisco., & Desantes Fernández, J. M. (2011). *Motores de combustión interna alternativos*. Universitat Politècnica de València.
- Ravindra, K., Singh, T., Vardhan, S., Shrivastava, A., Singh, S., Kumar, P., & Mor, S. (2022). COVID-19 pandemic: What can we learn for better air quality and human health? In *Journal of Infection and Public Health* (Vol. 15, Issue 2, pp. 187–198). Elsevier Ltd.  
<https://doi.org/10.1016/j.jiph.2021.12.001>
- Revista Cuenca. (2016). *Atlas PDOT Cuenca 2016*.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales Distrito Federal de Mexico. (2003). *Partículas Suspendidas*.
- Secretaría General de Comunicación de la Presidencia. (2020). *Se registra el primer caso de coronavirus en Ecuador*. <https://www.comunicacion.gob.ec/se-registra-el-primer-caso-de-coronavirus-en-ecuador/#:~:text=Sin%20embargo%2C%20as%C3%AD%20como%20ya,29%20de%20febrero%20en%20Guayaquil>.
- Universidad de los Andes. (2009). *Elementos Técnicos del Plan Decenal de Descontaminación de Bogotá*.

Unsiontv. (2020a, April 8). *Parroquias Rurales*.  
<https://www.facebook.com/UnsionTV/photos/a.663913683668762/3016991815027592/?type=3>

Unsiontv. (2020b, April 8). *Parroquias Urbanas*.  
<https://twitter.com/UNSIONTV/status/1248024787877847040>

Valverde William Fernando, & Serrano Ortiz Bryan Michael. (2020). *ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL CENTRO HISTÓRICO DE LA CIUDAD DE CUENCA COMO CONSECUENCIA DE LOS CAMBIOS A LA MOVILIDAD CAUSADA POR EL COVID-19*.

Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Song, J., Zhao, X., Huang, B., Shi, W., Lu, R., Niu, P., Zhan, F., Ma, X., Wang, D., Xu, W., Wu, G., Gao, G. F., & Tan, W. (2020). A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *New England Journal of Medicine*, 382(8), 727–733. <https://doi.org/10.1056/nejmoa2001017>