



**industriales**  
etsii

**Escuela Técnica  
Superior  
de Ingeniería  
Industrial**

# **UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial**

## **COVID-19. IMPACTO DE LA CUARENTENA EN LA CALIDAD DEL AIRE DE LA COMARCA DE CARTAGENA**

**TRABAJO FIN DE MÁSTER**

**MÁSTER EN INGENIERÍA AMBIENTAL Y DE PROCESOS  
SOSTENIBLES**

**Autora: MARIEL SUAREZ SUAREZ**

**Director: JOSÉ MARÍA MORENO GRAU**

**Codirectora: ISABEL COSTA GÓMEZ**



**Universidad  
Politécnica  
de Cartagena**

Cartagena, Diciembre de 2020

## RESUMEN

El coronavirus SARS-CoV-2, responsable del COVID-19, es una enfermedad infecciosa que se ha extendido con gran rapidez por todo el mundo. Con el fin de parar esta crisis sanitaria en España se declaró el Estado de Alarma, la misma consiste en paralizar las actividades especialmente humanas, de esta manera se evita que las personas transmitan el virus. Esta situación se considera como excepcional, y permitió verificar el comportamiento de los contaminantes atmosféricos en la Comarca de Cartagena, en base a datos de las estaciones de La Aljorra, Alumbres, Mompeán y Valle.

Los resultados indican un aparente impacto de la cuarentena sobre en la calidad del aire en la Comarca de Cartagena, ya que se observó una reducción de los compuestos nitrogenados, esto puede deberse a la reducción del tráfico. Por otro lado, se observó una reducción del contaminante PM10, pero no se puede atribuir directamente a la cuarentena, siendo necesario realizar mayores estudios. En cuanto al SO<sub>2</sub>, se pudo verificar que su comportamiento no se vio afectado por la cuarentena, posiblemente por ser un contaminante de origen industrial. Sin embargo, el contaminante que aumentó sus niveles durante la cuarentena es el ozono.

Palabras clave: Coronavirus SARS-CoV-2, Confinamiento, Calidad del aire, Contaminación

## **ABSTRACT**

The SARS-CoV-2 coronavirus, responsible for COVID-19, is an infectious disease that has spread rapidly throughout the world. In order to stop this health crisis, the State of Alarm was declared in Spain, it consists of paralyzing especially human activities, by doing this, people are prevented from transmitting the virus. This is an exceptional situation, and has permitted us to verify the behavior of atmospheric pollutants in the Comarca de Cartagena, using the data collected from La Aljorra, Alumbres, Mompeán and Valle stations.

The results show that the lockdown has had apparently a impact on air quality in the Comarca de Cartagena, because a reduction in nitrogen compounds was observed, this may be due to car traffic reduction. On the other hand, pollutant PM10 was also reduced, although it cannot be directly attributed to the lockdown, it may require further studies. Regarding SO<sub>2</sub>, its behavior was not affected by the lockdown, possibly because it is an industrial pollutant. However, the pollutant that increased its levels during the lockdown is the ozono.

Keywords: SARS-CoV-2 coronavirus, Lockdown, Air quality, Pollution

## Tabla de contenido

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS.....	2
2.1. Objetivo general .....	2
2.2. Objetivos específicos .....	2
3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO .....	3
3.1. Comarca de Cartagena.....	3
3.1.1. Estación de La Aljorra.....	5
3.1.2. Estación de Alumbres .....	6
3.1.3. Estación de Mompeán .....	7
3.1.4. Estación de Valle .....	7
3.2. Proceso de Estado de Alarma en la Comarca de Cartagena .....	8
4. MARCO TEÓRICO.....	11
4.1. Calidad del Aire .....	11
4.2. Normativa en España.....	11
4.3. Contaminación atmosférica .....	12
4.3.1. Compuestos de azufre.....	12
4.3.2. Compuestos nitrogenados.....	13
4.3.3. Material particulado (PM).....	13
4.3.1. Ozono (O <sub>3</sub> ) .....	14
4.4. Herramienta para análisis estadístico SPSS.....	14
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
5.1. Recolección y tratamiento de datos.....	16
5.2. Comparación entre estaciones para 2018, 2019 y 2020 .....	18
5.3. Comparando datos del año 2020 .....	21
5.3.1. Barras de error antes y durante la cuarentena .....	22
5.3.2. Barras de error de las etapas con su respectiva ANOVA.....	26
5.3.3. Barras de error de NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> por horas .....	42

5.4. Análisis complementario para verificar el comportamiento SO <sub>2</sub> .....	44
5.5. Comparación de resultados con otros estudios .....	47
6. CONCLUSIONES.....	49
7. BIBLIOGRAFÍA.....	50
8. ANEXOS.....	i

## Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación de Comarca de Cartagena (Fundación Integra, 2020e) .....	3
Figura 2. Dársena de Cartagena (Google, s. f.-a) .....	3
Figura 3. Dársena de Escombreras (Google, s. f.-b) .....	4
Figura 4. Página Web, Red de Vigilancia de la Calidad de aire (Dirección General de Medio Ambiente, 2020a).....	4
Figura 5. Ubicación de estaciones (Fundación Integra, 2020d) .....	5
Figura 6. Estación de Aljorra (Dirección General de Medio Ambiente, 2020b).....	6
Figura 7. Estación de Alumbres (Dirección General de Medio Ambiente, 2020c).....	6
Figura 8. Estación de Mompeán (Dirección General de Medio Ambiente, 2020d) .....	7
Figura 9. Estación de Valle (Dirección General de Medio Ambiente, 2020e) .....	8
Figura 10. Cronología del estado de Alarma .....	8
Figura 11. ANOVA de un factor Comparaciones múltiples post hoc.....	15
Figura 12. Histograma de log_NO <sub>2</sub> estación Mompeán año 2020 .....	18
Figura 13. Periodos de comparación de los años 2018, 2019 y 2020 .....	18
Figura 14. Barras de error para NO <sub>2</sub> por años para las estaciones .....	19
Figura 15. Periodo antes y durante la cuarentena en el año 2020.....	21
Figura 16. Proporción de porcentaje de datos antes y durante la cuarentena .....	21
Figura 17. Periodo de enero a 13 marzo y etapas estado de alarma .....	22
Figura 18. Barras de error para SO <sub>2</sub> antes y durante la cuarentena.....	22
Figura 19. Barras de error para NO antes y durante la cuarentena.....	23
Figura 20. Barras de error para NO <sub>2</sub> antes y durante la cuarentena.....	24
Figura 21. Barras de error para PM10 antes y durante la cuarentena.....	24
Figura 22. Barras de error para NO <sub>x</sub> antes y durante la cuarentena .....	25
Figura 23. Barras de error de O <sub>3</sub> antes y durante la cuarentena.....	25
Figura 24. Matriz que agrupa resultados.....	26
Figura 25. Barras de error para SO <sub>2</sub> comparando por etapas.....	27
Figura 26. Barras de error para NO comparando por etapas.....	29
Figura 27. Barras de error para NO <sub>2</sub> comparando por etapas .....	32
Figura 28. Barras de error para PM10 comparando por etapas.....	35
Figura 29. Barras de error para NO <sub>x</sub> comparando por etapas.....	37
Figura 30. Barras de error para O <sub>3</sub> comparando por etapas .....	40
Figura 31. Barras de error de NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> por horas del día, antes de la cuarentena.....	43
Figura 32. Barras de error de NO <sub>2</sub> y O <sub>3</sub> por horas del día, durante la cuarentena .....	43
Figura 33. Comportamiento de SO <sub>2</sub> en años 2018, 2019 y 2020 estación Alumbres.....	44

Figura 34. Comportamiento de SO <sub>2</sub> en años 2018, 2019 y 2020 estación Valle .....	45
Figura 35. Comportamiento de SO <sub>2</sub> en años 2018, 2019 y 2020 estación Aljorra .....	46
Figura 36. Comportamiento de SO <sub>2</sub> en años 2018, 2019 y 2020 estación Mompeán.....	46

## Índice de tablas

Tabla 1. Estadísticos descriptivos Mompeán año 2020 .....	16
Tabla 2. Prueba de normalidad Mompeán 2020.....	17
Tabla 3. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para Mompeán 2020 .....	17
Tabla 4. ANOVA medias de NO <sub>2</sub> para estaciones Aljorra, Alumbres, Mompeán y Valle .....	20
Tabla 5. ANOVA de SO <sub>2</sub> estación de Aljorra .....	27
Tabla 6. ANOVA de SO <sub>2</sub> estación de Alumbres .....	28
Tabla 7. ANOVA de SO <sub>2</sub> estación de Mompeán.....	28
Tabla 8. ANOVA de SO <sub>2</sub> estación de Valle.....	29
Tabla 9. ANOVA de NO estación Aljorra.....	30
Tabla 10. ANOVA de NO estación Alumbres.....	30
Tabla 11. ANOVA de NO estación Mompeán.....	31
Tabla 12. ANOVA de NO estación Valle .....	31
Tabla 13. ANOVA de NO <sub>2</sub> estación Aljorra .....	33
Tabla 14. ANOVA de NO <sub>2</sub> estación Alumbres .....	33
Tabla 15. ANOVA de NO <sub>2</sub> estación Mompeán .....	34
Tabla 16. ANOVA de NO <sub>2</sub> estación Valle.....	34
Tabla 17. ANOVA de PM10 estación Aljorra .....	35
Tabla 18. ANOVA de PM10 estación Alumbres.....	36
Tabla 19. ANOVA de PM10 estación Mompeán.....	36
Tabla 20. ANOVA de PM10 estación Valle.....	37
Tabla 21. ANOVA de NO <sub>x</sub> estación Aljorra.....	38
Tabla 22. ANOVA de NO <sub>x</sub> estación Alumbres.....	38
Tabla 23. ANOVA de NO <sub>x</sub> estación Mompeán .....	39
Tabla 24. ANOVA de NO <sub>x</sub> estación Valle .....	39
Tabla 25. ANOVA de O <sub>3</sub> estación Aljorra.....	40
Tabla 26. ANOVA de O <sub>3</sub> estación Alumbres.....	41
Tabla 27. ANOVA de O <sub>3</sub> estación Mompeán .....	41
Tabla 28. ANOVA de O <sub>3</sub> estación Valle .....	42

## Índice de ANEXOS

ANEXO A. Estadística descriptiva.....	i
ANEXO B. Prueba de normalidad .....	ix
ANEXO C. Prueba de log-normalidad Kolmogórov-Smirnov.....	xiii
ANEXO D. Histogramas .....	xvii
ANEXO E. Test Levene de igualdad de varianzas .....	xxi
ANEXO F. Barras de error por años todas estaciones .....	xxv
ANEXO G. ANOVA comparando años 2018, 2019 y 2020 .....	xxxi
ANEXO H. Barras de Error Antes y durante confinamiento .....	xxxv

## 1. INTRODUCCIÓN

La COVID-19 ha traído consigo una serie de cambios en la actividad humana, debido a la facilidad de contraer esta enfermedad. La Organización Mundial de la Salud (OMS) nombra a la enfermedad como COVID-19 para efectos de comunicación, donde CO significa corona, VI para virus, D para enfermedad y 19 es para el primer año de brote de la enfermedad. Entonces como el coronavirus es el principal responsable de esta enfermedad infecciosa, el mismo ha sido nombrado por el Comité Internacional de Taxonomía de Virus (ICTV) como un síndrome respiratorio agudo severo coronavirus 2 o SARS-CoV-2 (Acter et al., 2020).

Entre las medidas que adoptaron los gobiernos para disminuir las cifras de nuevos contagios diarios la principal ha sido la cuarentena. Con esta medida se busca mantener a las personas en sus hogares. En este contexto se puede encontrar una serie de estudios que tienen como objeto verificar el efecto de esta paralización de la actividad humana sobre la calidad del aire.

Un estudio afirma que los epicentros del SARS-CoV-2 como Wuhan, Italia, España y Estados Unidos mostraron una reducción de la contaminación atmosférica en un 30%. La conclusión de dicho estudio hace énfasis en que a pesar que la pandemia afecta a la salud humana, también detiene las actividades económicas considerándola como bendición disfrazada, ya que tiene un impacto positivo sobre el medio ambiente aunque sólo sea de manera temporal. El origen de los datos para este estudio fueron Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio (NASA) y la Agencia Espacial Europea (ESA) (Muhammad, Long, & Salman, 2020).

En esta misma línea la Agencia Europea de Medio Ambiente (EEA) registra una reducción de las concentraciones de contaminantes del aire en Italia. Para ello pone especial énfasis a dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) por ser un contaminante emitido principalmente por los vehículos. Este estudio compara la época con cuarentena (entre los meses de febrero y marzo del presente año) con una situación normal. Los principales resultados muestran que en Milán se registra una reducción de 24% de NO<sub>2</sub> respecto a principio de año, en Bérgamo una disminución de 47% de NO<sub>2</sub> y al igual que en Roma la disminución de 26-35% de en relación a las mismas semanas en 2019 (European Environment Agency, 2020).

En el caso de España, según el informe publicado por Ecologistas en Acción sobre los efectos de la COVID-19 en la calidad del aire en España, se estima que existe una reducción 55% de los niveles de la contaminación atmosférica por NO<sub>2</sub> habituales en estas fechas, durante la última década, en diferentes ciudades españolas. En este mismo informe muestra que en Murcia se vio una reducción de 47% de este contaminante, en las dos primeras semanas de confinamiento del mes de marzo del año en curso (Ceballos et al., 2020).

En el contexto de la crisis mundial de COVID-19 en España se decreta el estado de alarma (el 14 de Marzo de 2020) que consiste en la paralización de actividades humanas no esenciales para la gestión de la situación de crisis sanitaria (España. Ministerio de la Presidencia, 2020a), es una oportunidad única para determinar la influencia de las actividades humanas en los parámetros de la calidad de aire. Allí radica la importancia e impacto del presente estudio que pretende seguir este lineamiento, y tiene como objetivo general determinar el impacto de la cuarentena en la calidad del aire de la Comarca de Cartagena.

## **2. OBJETIVOS**

Los objetivos se encuentran divididos en un objetivo general y objetivos específicos.

### **2.1. Objetivo general**

El objetivo general que se plantea para el estudio es: Determinar el impacto de la cuarentena en la calidad del aire de la comarca de Cartagena

### **2.2. Objetivos específicos**

Los objetivos establecidos para alcanzar el objetivo general son los siguientes:

- Plantear una línea base de la situación actual de las actividades humanas con potencial impacto sobre los parámetros de la calidad del aire, en periodo de cuarentena y situación de actividad normal en la comarca de Cartagena.
- Definir la calidad del aire de la comarca de Cartagena en periodo de estado de cuarentena y épocas con actividad normal, mediante la formulación de una base de datos de determinados parámetros.
- Determinar el impacto de la cuarentena sobre la calidad del aire de la comarca de Cartagena mediante un análisis estadístico comparativo en época bajo estudio con épocas con actividad normal.

### 3. DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

En este apartado se realiza una breve descripción de la Comarca de Cartagena que es la zona de estudio.

#### 3.1. Comarca de Cartagena

La Comarca de Cartagena se encuentra ubicada en la costa del mar Mediterráneo, en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, como se observa en la Figura 1. Cuenta con una población de 215.418 habitantes datos del año 2019 (Ayuntamiento Cartagena, 2020), siendo una de las ciudades más pobladas de la Región de Murcia, entre Murcia y Lorca. Además cuenta con un importante patrimonio cultural, por ello se ha incentivado el turismo y esto ha llevado a la llegada de cruceros (García Revilla, 2018).

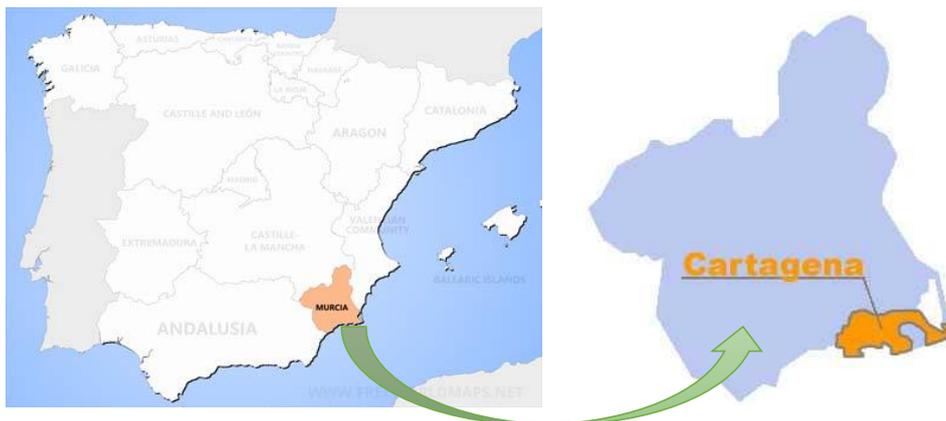


Figura 1. Ubicación de Comarca de Cartagena (Fundación Integra, 2020e)

Algunas de las principales actividades económicas se desarrollan en los muelles, siendo las dársenas de Cartagena (Figura 2) y de Escombreras (Figura 3).



Figura 2. Dársena de Cartagena (Google, s. f.-a)

En la dársena de Cartagena, se encuentran la terminal de cruceros, embarcaciones pesqueras, deportivas y de recreo, de contenedores, mercancía general y hortofrutícola. En cambio en la dársena de Escombreras, hay atraque de buques gaseros, descarga de fertilizantes, terminal para gráneles sólidos, terminal de gráneles líquidos, terminal de crudo y otros (Autoridad Portuaria de Cartagena, 2017).



Figura 3. Dársena de Escombreras (Google, s. f.-b)

En cuanto al monitoreo de la calidad del aire, la Dirección General de Medio Ambiente de la Región de Murcia cuenta con una Red de Vigilancia de la Calidad del Aire, que es una herramienta de pronóstico y diagnóstico de la calidad de aire. En la Figura 4 se puede observar el enlace por el cual se accede a la página Web (Dirección General de Medio Ambiente, 2020a).



Figura 4. Página Web, Red de Vigilancia de la Calidad de aire (Dirección General de Medio Ambiente, 2020a)

En la página se puede acceder a datos de una serie de estaciones en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. En a la Comarca de Cartagena se encuentran instaladas las estaciones de Aljorra, Alumbres, Mompeán y Valle (Dirección General de Medio Ambiente, 2018), y están ubicadas en diputaciones que llevan el mismo nombre, menos la de Mompeán que se encuentra ubicada en una zona próxima a la Estación de Autobuses de la ciudad de Cartagena. Las diputaciones se pueden distinguir en la Figura 5.



Figura 5. Ubicación de estaciones (Fundación Integra, 2020d)

Con el fin de conocer a mayor detalle la zona donde se encuentran ubicadas las estaciones a continuación se realiza una breve descripción de las mismas, además de describir las estaciones y los contaminantes que mide.

### 3.1.1. Estación de La Aljorra

La Aljorra se encuentra ubicado al norte de Cartagena, a una distancia aproximada de 12 Km. La principal característica es que cuenta con colinas redondeadas y formaciones vegetales, siendo esta típica del mediterráneo árido. Es importante destacar que en esta diputación la principal actividad económica es la agricultura. En la zona también se puede encontrar a la empresa productora de plástico, la Antigua General Electric Plastics of Spain (SABIC) (Fundación Integra, 2020b). Para efectos prácticos en este estudio a esta estación se la referirá como Aljorra.



Figura 6. Estación de Aljorra (Dirección General de Medio Ambiente, 2020b)

La ficha de la estación de Aljorra muestra que tiene un funcionamiento automático, ubicado en una zona residencial a un metro de vías de tráfico, las coordenadas UTM son: 37°41'33.0"N 1°03'57.2"W.

En esta estación se realizan mediciones del dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), monóxido de nitrógeno (NO), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), óxidos de nitrógeno totales ( $\text{NO}_x$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), partículas en suspensión menor a  $10 \mu\text{m}$  (PM10), benceno ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ), tolueno ( $\text{C}_7\text{H}_8$ ), xileno ( $\text{C}_8\text{H}_{10}$ ). También realiza otra serie de medidas como el viento y temperatura (Dirección General de Medio Ambiente, 2020b).

### 3.1.2. Estación de Alumbres

En cuanto a Alumbres se encuentra ubicada al este de la ciudad de Cartagena a unos 8 km. En esta zona se dedicaban principalmente a la minería, pero en la actualidad se encuentra rodeada por las principales empresas del sector industrial de Cartagena. También en esta diputación se dedican a la agricultura (Fundación Integra, 2020a).



Figura 7. Estación de Alumbres (Dirección General de Medio Ambiente, 2020c)

La ficha de la estación de Alumbres muestra que su funcionamiento es automático, ubicado en una zona industrial y residencial a un metro de vías de tráfico. Las coordenadas UTM son 37°36'07.3"N 0°54'51.7"W.

Esta estación puede medir los contaminantes de dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno totales, ozono, partículas en suspensión menor a 10 µm, benceno, tolueno y xileno (Dirección General de Medio Ambiente, 2020c).

### **3.1.3. Estación de Mompeán**

La estación Mompeán está ubicado a unos 50 metros de la estación de autobús de Cartagena. Lleva el nombre de Mompeán porque se encuentra situado en la calle con el mismo nombre. En esta se encuentran las estaciones de tren y autobús, además supermercados, centros educativos, zonas turísticas, entre ellas bares y otras actividades, que suelen ser realizadas por los pasajeros de los cruceros que atracan en el muelle, entre otras. Destacar que Cartagena cuenta con un alto crecimiento poblacional (Fundación Integra, 2020c).



Figura 8. Estación de Mompeán (Dirección General de Medio Ambiente, 2020d)

En la ficha de la estación de Mompeán establece que su funcionamiento es automático. Sus coordenadas UTM son las siguientes: 37°36'06.6"N 0°58'34.2"W.

En esta estación se mide el dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno totales, ozono y partículas en suspensión menor a 10 µm (Dirección General de Medio Ambiente, 2020d).

### **3.1.4. Estación de Valle**

En el Valle de escombreras se despliegan grandes empresas petroleras, de gas y químicas (Fundación Integra, 2020f). Se considera como una zona industrial dedicada al transporte y

distribución de productos energéticos de la Comarca de Cartagena. Cuenta con el muelle de Escombreras que facilita el transporte.



Figura 9. Estación de Valle (Dirección General de Medio Ambiente, 2020e)

La ficha de la estación de Valle muestra que tiene un funcionamiento automático, ubicado en la terminal de mercancías de ADIF, en el Valle de Escombreras. Sus coordenadas UTM son 37°34'28.0"N 0°55'35.6"W.

En la estación se mide el dióxido de azufre, monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, óxidos de nitrógeno totales, ozono y partículas en suspensión menor a 10 µm (Dirección General de Medio Ambiente, 2020e).

### 3.2. Proceso de Estado de Alarma en la Comarca de Cartagena

En este apartado se realiza una descripción del proceso por el cual se llevó a cabo la cuarentena, con el fin de definir el periodo de estudio. El estado de alarma es declarado en todo el territorio de España, con el objetivo de afrontar la emergencia sanitaria provocada por la COVID-19. Inicia el 14 de Marzo y tiene una duración de 15 días. Se prorroga 6 veces, y concluye en el 21 de junio del año en curso. En la Figura 10 se muestra cada una de las prórrogas y las fechas en que inician.



Figura 10. Cronología del estado de Alarma

Durante el estado de alarma se fueron tomando diferentes medidas, además de una desescalada gradual. A continuación, se explica cada etapa del estado de alarma y las restricciones que se tomaron:

- Inicio: Se declara el estado de alarma el 14 de marzo del 2020. Entre las principales medidas tomadas están limitar la circulación de las personas, estableciendo excepciones entre las cuales estaba la movilidad a los centros de trabajo, para el cuidado de mayores, ir a centros sanitarios. Se suspende la actividad educativa presencial en todos los centros educativos, incluyendo los universitarios. Suspenden la apertura de locales de comercio que sean diferentes a los dedicados a alimentación, farmacias y otros de necesidad básica. Se suspenden actividades de hostelería. Se limita el servicio de transporte evitando el movimiento entre comunidades autónomas, se cerraron fronteras terrestres (España. Ministerio de la Presidencia, 2020b).
- 1.º prórroga: Inicia el 29 de marzo, durante la cual se mantienen las medidas establecidas en la fase inicial (España. Ministerio de la Presidencia, 2020c). Añadiendo a esta situación que desde el 29 de marzo al 9 de abril se paralizan todas las actividades no esenciales, se estableció una serie de actividades denominadas esenciales (España. Ministerio de la Presidencia, 2020a).
- 2.º prórroga: Continúa a la primera prórroga, iniciando el 12 de abril, manteniendo las restricciones establecidas en la fase de inicio del estado de alarma (España. Ministerio de la Presidencia, 2020d).
- 3.º prórroga: Inicia el 26 de abril, la diferencia con las anteriores radica en que se hacen modificaciones donde establece algunas libertades de circulación, especificadas en el RD 463/2020, respetando las recomendaciones y obligaciones dictadas por las autoridades sanitarias. El 4 de mayo inicia la preparación para la desescalada denominándola como Fase 0 (España. Ministerio de la Presidencia, 2020e).
- 4.º prórroga: Comienza el 10 de mayo, donde la Comunidad Autónoma de Murcia entra a la fase 1, correspondiente al inicio de la desescalada. En esta fase se tienen ciertas libertades, entre ellas desplazamientos dentro de la misma provincia, apertura de pequeños comercios (España. Ministerio de la Presidencia, 2020f).
- 5.º prórroga: Empieza el 24 de mayo, donde la Región de Murcia entra a la fase 2 o intermedia de desescalada. Las medidas que se tomaron son la apertura de interior de locales, aperturas de lugares públicos como cines, teatros, museos entre otros, ampliación de lugares de culto con aforo limitado (España. Ministerio de la Presidencia, 2020g).

- 6.º prórroga: Inicia el 7 de junio en la cual la Región de Murcia entra a la fase 3 o avanzada de la desescalada, esta se caracteriza por tener mayor flexibilidad en la movilidad general, los comercios se limitan a 50%, se tienen menores restricciones de aforo en restaurantes y bares, manteniendo en todos los casos las medidas de seguridad establecidas (España. Ministerio de la Presidencia, 2020h).

A partir de 21 de junio se entra a la nueva normalidad en la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Sin embargo, continúan existiendo restricciones como el aforo, mantener la distancia entre personas y autoprotección. Cabe resaltar que las fases de desescalada se aplicaron de manera diferenciada en cada comunidad autónoma. Con estas medidas se esperaba evitar propagación del virus en todo el territorio español (Lamoncloa, 2020).

## **4. MARCO TEÓRICO**

Las bases teóricas requeridas para el presente estudio se muestran en los siguientes apartados.

### **4.1. Calidad del Aire**

La reducción en la contaminación del aire puede tener beneficios positivos para disminuir enfermedades prevenibles no transmisibles, teniendo como referencia que para el año 2012 unos 7 millones de personas murieron por enfermedades y dolencias directamente relacionadas a la baja calidad del aire (Organización Mundial de la Salud, 2014). Añadir a esto que la calidad del aire es responsable de más muertes cada año que los accidentes automovilísticos y que entre las muertes que se relacionan con la contaminación del aire se pueden resaltar asma agravada, bronquitis, enfermedades pulmonares y cardíacas y alergias respiratorias (Dutheil et al., 2020).

Teniendo en cuenta que se identifican dos tipos orígenes de emisiones contaminantes que son naturales y antropogénicas (Manahan, 2005), se pone especial énfasis a la segunda ya que se generan sobre todo en las ciudades. Otros factores que influyen a la contaminación del aire urbano son el viento, la turbulencia y topografía del área urbana porque estos pueden ayudar a perjudicar a escalas urbanas para transportar, diluir y eliminar los contaminantes urbanos (Oke et al., 2017).

### **4.2. Normativa en España**

La normativa a nivel comunitario la normativa sobre calidad del aire ambiente es la Directiva 2008/50/CE, de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa. Tiene como objeto establecer pautas sobre aspectos relativos a la calidad del aire, entre ellos definir y establecer objetivos de la calidad del aire, evaluar la calidad del aire, mantener la calidad del aire cuando sea buena y mejorarla en los demás casos, entre otros aspectos (BOE, Directiva 2008/50/CE). La directiva 2004/207/CE de 15 de diciembre de 2004 relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente (BOE, Directiva 2004/207/CE). Y la modificación a estas, que es la Directiva 2015/1480, de 28 agosto de 2015, con la cual se modifica los anexos de Directiva 2008/50/CE y Directiva 2004/207/CE (BOE, Directiva 2004/207/CE).

A nivel estatal se tiene la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. Que tiene como objeto establecer las bases en materia de prevención, vigilancia y reducción de la contaminación atmosférica con el fin de evitar y cuando esto no sea posible, aminorar los daños que de ésta puedan derivarse para las personas, el medio ambiente [...] (BOE, Ley 34/2007).

Además del Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Tiene por objeto definir y establecer objetivos de calidad, de acuerdo con el anexo III de la Ley 34/2007, con respecto a las concentraciones dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno y óxidos de nitrógeno, partículas, [...], ozono, [...] con la finalidad de evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias mencionadas sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza (BOE, RD 102/2011).

A nivel autonómico en la región de Murcia se cuenta con una Resolución conjunta en relación a prácticas de quemas en el sector agrícola. Que regula la quema con el fin de cumplir con los parámetros normativos de la calidad del aire y precaución en salud pública (BORM, Resolución conjunta).

### **4.3. Contaminación atmosférica**

La composición de la atmósfera seca es principalmente por nitrógeno ( $N_2$ ) que representa el 78.08% y el oxígeno ( $O_2$ ) el 20.95%, entre ambos llegan a un total de 99.03% del aire. El resto de los gases corresponden al argón (Ar) al 0.93%, dióxido de carbono ( $CO_2$ ) al 0.039% y otros 0.003% (Jones, 2000). Los movimientos del aire en toda la superficie de la Tierra es un factor crucial para la creación y dispersión de los contaminantes atmosféricos (Manahan, 2005). La exposición a contaminantes atmosféricos pueden dañar la salud humana, animal, vegetal o microbiana, también pueden dañar las infraestructura o los ecosistemas (Oke et al., 2017).

Los diferentes contaminantes de la atmósfera, de origen primario o secundario, que se estudian en el presente estudio se detallan en los siguientes apartados.

#### **4.3.1. Compuestos de azufre**

Existe una variedad de contaminantes gaseosos que son derivados del azufre, entre ellos destaca el  $SO_2$  que a temperatura ambiente se comporta como un gas tóxico, no inflamable e incoloro, más pesado que el aire. Se le puede distinguir por tener un olor fuerte, penetrante e irritante. Además se puede encontrar en la atmósfera por fuentes naturales en la actividad volcánica como pueden ser las aguas termales y gases volcánicos, otra fuente consiste en la descomposición natural de la vegetación en tierra, en humedales y océanos, o los incendio forestales. La fuente antropogénica principal es debida a los procesos de combustión en actividades industriales con materias primas o combustibles que contienen azufre (Donohue, 2018).

Una vez producido el  $SO_2$  tiene facilidad de ser eliminado en la atmósfera ya que se oxida con bastante facilidad a  $SO_3$ , luego a ácido sulfúrico ( $H_2SO_4$ ). Una vez formado el ácido sulfúrico puede caer al suelo por medio de la precipitación, la comúnmente conocida como lluvia ácida. Esta lluvia ácida reduce el pH del suelo y los cuerpos de agua dulce, produciendo

de esta manera daños al medio ambiente y a los edificios o estatuas (Donohue, 2018). En cuanto al impacto que tiene el SO<sub>2</sub> en la salud humana es que exacerba el asma causando falta de aliento, tos e inflamación del tracto respiratorio. También se tiene efectos sinérgicos con la exposición a O<sub>3</sub> y partículas (Oke et al., 2017).

#### **4.3.2. Compuestos nitrogenados**

Entre los compuestos nitrogenados se encuentran el óxido nítrico (NO) y el dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), que se consideran como contaminantes primario y secundario, generados en el proceso de combustión de vehículos de motor, centrales eléctricas de carbón, petróleo y gas, además de calderas industriales y finalmente por incineración de residuos. También se tienen emisiones a la atmósfera por fuentes naturales (Oke et al., 2017).

En cuanto a los efectos que tienen estos sobre el la salud humana cuando se está expuesto a este genera enfermedades respiratorias, ya sea tos, dolor de garganta, además que las altas concentraciones puede inflamar las vías respiratorias y afectar el funcionamiento del pulmón, también puede agravar la bronquitis y el asma. (Oke et al., 2017). El impacto ambiental radica en que contribuye a la acidificación y eutrofización del suelo y agua, lo que lleva a cambios en la diversidad de especies. También actúa como precursor del ozono y las partículas con efectos climáticos, que se explicaran en los apartados siguientes. En algunos casos tiene la capacidad de dañar las infraestructuras (European Environment Agency, 2013).

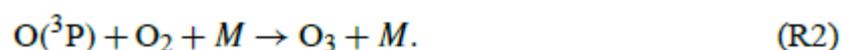
#### **4.3.3. Material particulado (PM)**

Las partículas en el aerosol atmosférico van desde agregados de unas pocas moléculas, hasta un tamaño que son visibles a simple vista (Manahan, 2005). En este trabajo se pone especial énfasis a las PM<sub>10</sub>, y PM<sub>2.5</sub>, por que pueden alcanzar partes sensibles del sistema respiratorio, estas partículas finas pueden reducir la función pulmonar, aumentar las enfermedades cardiovasculares, respiratorias y en algunos casos puede causar la mortalidad prematura (Oke et al., 2017). De la misma manera puede afectar a los animales. En cuanto al impacto en el medio ambiente afecta el crecimiento de las plantas y a la disminución de la visibilidad (European Environment Agency, 2013).

El material particulado puede ser emitido a la atmósfera como contaminante primario durante el proceso de combustión como en incendios a baja temperatura, vehículos diésel, incineradores de desechos, calefacción o cocina doméstica. También se puede liberar durante la abrasión mecánica, como el polvo de la carretera o en la construcción. Finalmente puede ser formado como contaminante secundario a partir de SO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub> y NO<sub>x</sub> (Oke et al., 2017).

### 4.3.1. Ozono (O<sub>3</sub>)

El mecanismo de formación en la troposfera es bien comprendida, sin embargo según estudios continúa siendo un desafío en la práctica. El ozono no se emite a la atmósfera, su producción en la tropósfera se basa fundamentalmente en la fotólisis de NO<sub>2</sub> como se puede ver en la reacción R1 y la posterior asociación del foto producto O(<sup>3</sup>P) (el átomo de oxígeno en estado electrónico fundamental) con O<sub>2</sub>, como se observa en la reacción R2, a través de una reacción con un catalizador (M) que puede ser un compuesto orgánico presente en la atmosfera (Monks et al., 2015) .



Ecuación: Formación de Ozono en la troposfera (Monks et al., 2015)

Estar expuesto a ozono troposférico tiene diferentes efectos negativos, entre ellos puede dañar el tracto respiratorio y deteriorar la función de los pulmones. Además que dependiendo de las actividades que realiza la persona, puede producir que se aumente la dosis de exposición, si se trata de un periodo largo de exposición puede provocar la mortalidad prematura. En cuanto al impacto sobre el medio ambiente, este afecta directamente a la vegetación y reducir el crecimiento de las plantas ya que afecta la actividad fotosintética, por tanto el O<sub>3</sub> es muy agresiva contra las plantas (Oke et al., 2017).

### 4.4. Herramienta para análisis estadístico SPSS

La herramienta IBM SPSS statistics es una plataforma que facilita el análisis estadístico avanzado. SPSS es una herramienta sencilla para editar y analizar datos. Es importante destacar que es muy flexible ya que se puede utilizar en diversos proyectos de diferente tamaño y complejidad. El significado de SPSS por viene por sus siglas en inglés *Statistical Package for the Social Sciences* (Geert, 2020).

Las funciones utilizadas en este trabajo han sido:

Estadísticos descriptivos donde el programa hace un análisis de los datos y da como resultado: el número de datos, entre ellos los válidos y los perdidos, la media, el error estándar de la media, mediana, moda, desv. Desviación, Varianza, rango, valor máximo y mínimo, finalmente muestra los percentiles. Además se utilizaron las herramientas para realizar una serie de gráficos, entre ellos las barras de error, histogramas y otras que fueron necesarias.

También se utilizó la opción pruebas de normalidad, para verificar si los datos tenían un comportamiento normal, además se utilizó la herramienta para realizas pruebas no

paramétricas como ser la Prueba de Kolmogorov Smirnov, para verificar si los datos tienen comportamiento de log-normalidad. Los resultados del mismo se interpretaron en función al nivel de significación (sig.), que cuando es menor a 0.05 la distribución no es normal y en caso de que sea mayor que 0.05 se asume que la distribución es normal. También utilizó el test de Levene para verificar la homogeneidad de las varianzas (García Bellido et al., 2010).

ANOVA, que es la abreviación de Análisis de varianza, es una técnica para testear si tres o más medias de poblaciones o muestras son iguales. La hipótesis nula de ANOVA es que todas las medias poblacionales son iguales. Se basa haciendo cálculos sobre la varianza, basándose en que cuanto mayor sea la varianza entre las medias, es más probable que las medias de la población difieran también (Geert, 2020). En la Figura 11 se puede observar las opciones que dispone SPSS para realizar el cálculo de ANOVA, donde se pueden encontrar las pruebas que asumen igualdad de varianzas y las que no asumen varianzas iguales, en este último el que se utiliza en esta investigación es T2 de Tamhane (Frías Navarro, s. f.).

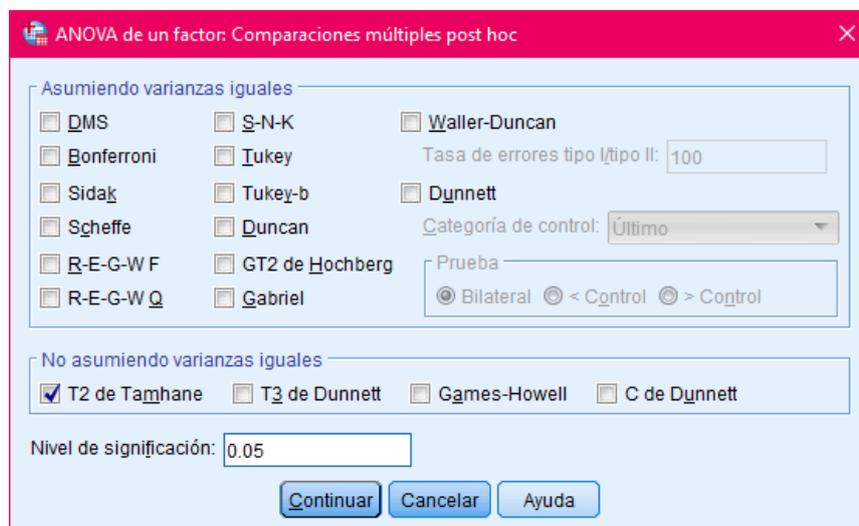


Figura 11. ANOVA de un factor Comparaciones múltiples post hoc

Una vez obtenidos los resultados se interpreta de la siguiente manera: Si el nivel de significación (sig.) es menor o igual que 0.05, se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, en caso que sea mayor se acepta la igualdad de medias, por tanto no existiría diferencia significativa entre las muestras (Bakieva, Such, & Jornet, 2010).

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Recolección y tratamiento de datos

En este apartado se ha realiza una explicación del método de obtención de los datos y el tratamiento de los mismos. En este sentido los datos de los contaminantes del aire fueron facilitados por la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia. Los datos obtenidos son de los años 2018, 2019 y 2020. Debido a que para el año 2020 los datos son desde el 1 enero hasta el 15 de junio, se realiza el análisis de los datos para este periodo de tiempo en los años 2018 y 2019.

En cuanto al monitoreo de la calidad del aire, la Dirección General de Medio Ambiente de la Región de Murcia cuenta con una Red de Vigilancia de la Calidad del Aire,

Para realizar el tratamiento de los datos, en primera instancia se realizó una descripción estadística de los contaminantes separados por año y por estación. En la Tabla 1 se puede observar un ejemplo de los estadísticos descriptivos para la estación de Mompeán año 2020. Se puede encontrar todos los estadísticos descriptivos en el ANEXO A.

		<b>Estadísticos</b>						
		SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	NO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	O3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_
		Mompeán	Mompeán	Mompeán	Mompeán	Mompeán	Mompeán	Mompeán
N	Válido	3933	3657	3886	3886	3952	3886	3936
	Perdidos	75	351	122	122	56	122	72
Media		4.90	.302	7.20	19.57	24.21	30.16	52.18
Error estándar de la media		.039	.0053	.272	.327	.355	.678	.449
Mediana		5.00	.200	2.00	13.00	20.00	15.00	58.00
Moda		5	.1	1	2	17	3	2
Desv. Desviación		2.456	.3191	16.925	20.360	22.331	42.293	28.188
Varianza		6.031	.102	286.446	414.510	498.657	1788.663	794.544
Rango		49	2.7	233	109	348	453	118
Mínimo		1	.1	1	2	2	3	1
Máximo		50	2.8	234	111	350	456	119
Suma		19271	1105.1	27964	76067	95697	117206	205373
Percentiles	25	3.00	.100	1.00	4.00	14.00	5.00	29.00
	50	5.00	.200	2.00	13.00	20.00	15.00	58.00
	75	6.00	.300	6.00	28.00	27.00	36.00	75.00

a. Año = 2020

Tabla 1. Estadísticos descriptivos Mompeán año 2020

Una vez realizado el análisis descriptivo se realizó la prueba de normalidad para todos los datos. En la Tabla 2 se observa la prueba de normalidad para la estación de Mompeán para el año 2020, en la misma se puede identificar que el nivel de significación del 0.000 siendo menor a 0.05 (95% de significación), de esta manera se rechaza la hipótesis nula, llegando a verificar que no se ajusta a una distribución normal. De la misma manera se realizaron las

pruebas de normalidad para todos los años de las estaciones de Aljorra, Alumbres, Mompeán y Valle donde se obtuvo como resultado que los datos no se ajustan a una distribución normal. Para mayor detalle se puede consultar el ANEXO B.

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.157	3653	.000	.747	3653	.000
CO(μg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.294	3653	.000	.666	3653	.000
NO(μg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.362	3653	.000	.371	3653	.000
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.201	3653	.000	.800	3653	.000
PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.219	3653	.000	.470	3653	.000
NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.265	3653	.000	.626	3653	.000
O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.095	3653	.000	.949	3653	.000

a. Año = 2020

b. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 2. Prueba de normalidad Mompeán 2020

A continuación se realiza una prueba de log-normalidad de Kolmogorov-Smirnov para todos los contaminantes. Para ello en primera instancia se calcula el logaritmo en base diez de los contaminantes para cada una de las estaciones y los diferentes años, luego se realiza la prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra. En la Tabla 3 se puede observar los resultados para la estación de Mompeán año 2020, el nivel de significación es de 0.000 siendo menor a 0.05, de esta manera se rechaza la hipótesis nula que es la normalidad del logaritmo de los datos, y se determina que los datos se ajustan a una distribución log-normal. De la misma manera se realizó este procedimiento para todos los años de las estaciones de Aljorra, Alumbres, Mompeán y Valle, verificando que los datos se ajustan a una distribución log-normal, para más información se puede consultar el ANEXO C.

		Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra <sup>a</sup>						
		Log_SO <sub>2</sub> Mompeán	Log_CO Mompeán	Log_NO Mompeán	Log_NO <sub>2</sub> Mompeán	Log_PM <sub>10</sub> Mompeán	Log_NO <sub>x</sub> Mompeán	Log_O <sub>3</sub> Mompeán
N		3933	3657	3886	3886	3952	3886	3936
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.00	-1.00	.00	.30	.30	.48	.00
	Máximo	1.70	.45	2.37	2.05	2.54	2.66	2.08
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.437	.461	.454	.199	.338	.272	.459
	Positivo	.437	.461	.454	.199	.338	.272	.022
	Negativo	-.179	.000	.000	.000	-.234	.000	-.459
Z de Kolmogorov-Smirnov		27.385	27.852	28.290	12.432	21.249	16.954	28.821
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2020

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

Tabla 3. Prueba de Kolmogorov-Smirnov para Mompeán 2020

Para verificar el comportamiento de los datos de manera gráfica se realizaron histogramas para cada contaminante y para cada estación. La Figura 12 muestra el histograma del logaritmo en base diez de NO<sub>2</sub> para la estación de Mompeán correspondiente al año 2020 donde la curva muestra la distribución log-normal. De la misma manera se realizaron los histogramas para todos los contaminantes de todos los años para las estaciones de Ajourra, Alumbres, Mompeán y Valle, los histogramas muestran que los datos no representan una distribución log-normal, dichas figuras se pueden encontrar en ANEXO D.

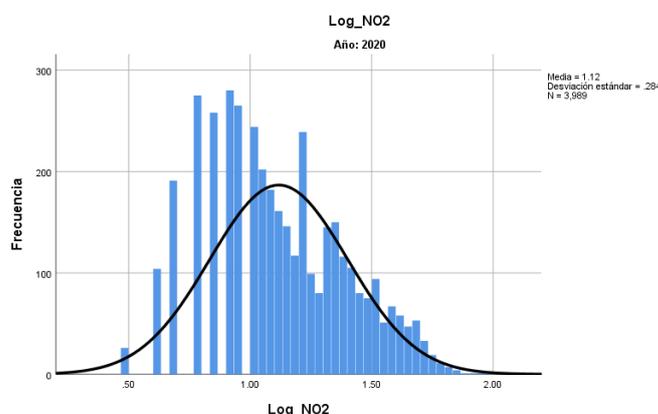


Figura 12. Histograma de log\_NO<sub>2</sub> estación Mompeán año 2020

De esta manera se logró verificar que tipos de análisis son adecuados y teniendo en cuenta que los datos no se ajustan a una distribución normal se aplicarán pruebas no paramétricas. Además se para cada estación realizó el Test Levene para cada contaminante, verificando no hay homogeneidad de las varianzas, estos datos se pueden verificar en el ANEXO E.

## 5.2. Comparación entre estaciones para 2018, 2019 y 2020

Con el fin de comparar el comportamiento de los contaminantes en las estaciones se utilizan los datos correspondientes a los años 2018, 2019 y 2020. La Figura 13 muestra los periodos temporales seleccionados que corresponden con los del Estado de Alarma en España durante la pandemia.



Figura 13. Periodos de comparación de los años 2018, 2019 y 2020

En primera instancia se realiza una comparación mediante barras de error para todos los años como se observa en Figura 14, en ella muestra las barras de error para NO<sub>2</sub>

comparándolos por años y por Estaciones. Se realiza el mismo procedimiento para SO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub> lo resultados se pueden observar en la ANEXO F.

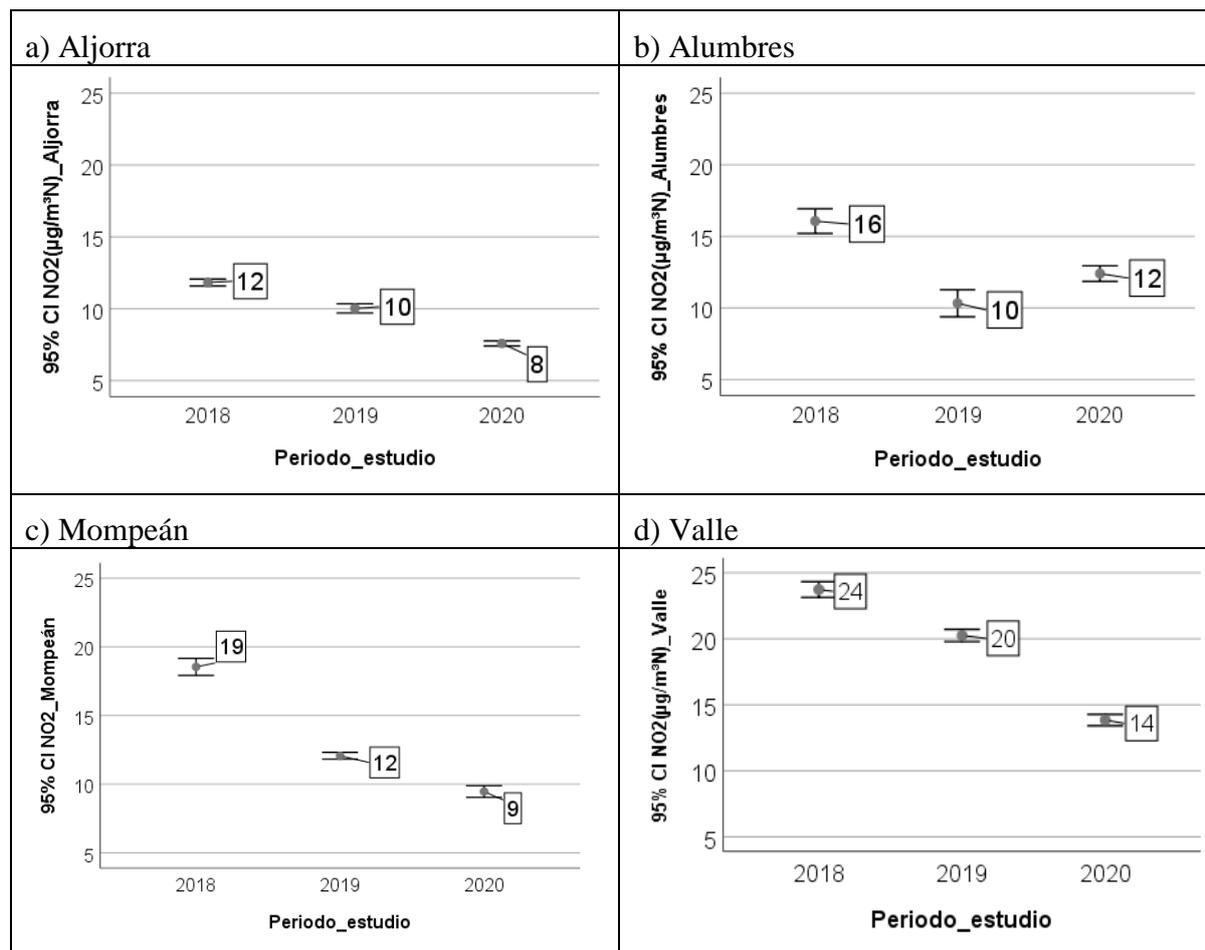


Figura 14. Barras de error para NO<sub>2</sub> por años para las estaciones

Para verificar el comportamiento de los contaminantes se utilizó la función ANOVA de comparaciones múltiples, utilizando la opción Tamhane. En la Tabla 4 muestra el análisis comparativo entre las medias de NO<sub>2</sub> de las estaciones de Aljorra, Alumbres, Mompeán y Valle, donde se observa que el valor de significación de 0.000 en todos los casos, siendo menor a 0.05 por tanto se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, concluyendo que si existe una diferencia significativa de la media para los tres años. De la misma manera se realizó este procedimiento para SO<sub>2</sub>, NO, O<sub>3</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>, los resultados obtenidos tienen la misma tendencia, en el ANEXO G se pueden encontrar todos los resultados, para cada una de las estaciones.

### Comparaciones múltiples

Tamhane

Variable dependiente	(I) Periodo estudio	(J) Periodo estudio	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>N)_ Aljorra</b>	2018	2019	1.801*	.204	.000	1.31	2.29
		2020	4.239*	.152	.000	3.88	4.60
	2019	2018	-1.801*	.204	.000	-2.29	-1.31
		2020	2.438*	.188	.000	1.99	2.89
	2020	2018	-4.239*	.152	.000	-4.60	-3.88
		2019	-2.438*	.188	.000	-2.89	-1.99
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>N)_ Alumbres</b>	2018	2019	5.740*	.652	.000	4.18	7.30
		2020	3.668*	.520	.000	2.42	4.91
	2019	2018	-5.740*	.652	.000	-7.30	-4.18
		2020	-2.073*	.557	.001	-3.41	-.74
	2020	2018	-3.668*	.520	.000	-4.91	-2.42
		2019	2.073*	.557	.001	.74	3.41
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>N)_ Mompeán</b>	2018	2019	6.475*	.340	.000	5.66	7.29
		2020	9.082*	.383	.000	8.17	10.00
	2019	2018	-6.475*	.340	.000	-7.29	-5.66
		2020	2.607*	.249	.000	2.01	3.20
	2020	2018	-9.082*	.383	.000	-10.00	-8.17
		2019	-2.607*	.249	.000	-3.20	-2.01
<b>NO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>N)_ Valle</b>	2018	2019	3.478*	.384	.000	2.56	4.39
		2020	9.882*	.375	.000	8.99	10.78
	2019	2018	-3.478*	.384	.000	-4.39	-2.56
		2020	6.404*	.325	.000	5.63	7.18
	2020	2018	-9.882*	.375	.000	-10.78	-8.99
		2019	-6.404*	.325	.000	-7.18	-5.63

Tabla 4. ANOVA medias de NO<sub>2</sub> para estaciones Aljorra, Alumbres, Mompeán y Valle

Observando estos resultados no se pudo verificar si existía alguna diferencia entre una situación de actividad normal sin cuarentena, con otra en cuarentena. Los resultados mostraban que hay diferencia significativa de las medias del año 2018 con el 2019, ambos correspondientes a un periodo sin cuarentena, y al momento de comparar con el periodo 2020 que corresponde a la cuarentena también había diferencia significativa entre las medias.

De esta manera se constata que hay mucha variabilidad de los datos y no se puede asegurar que el cambio en el comportamiento de los contaminantes atmosféricos dependa exclusivamente de los efectos de la cuarentena. Esto se puede deber a que cada año tiene su propia peculiaridad y al momento de compararlos no se están tomando en cuenta otros factores como ser que esas fechas corresponden a los de Semana Santa, o de otro tipo de actividades.

### 5.3. Comparando datos del año 2020

Para la Comarca de Cartagena se cuenta con datos del año 2020 desde el 1 de enero hasta el 15 de junio. Con el fin de comparar el comportamiento de los contaminantes en este periodo de tiempo se divide en dos partes, la primera corresponde a la etapa antes de la cuarentena y la segunda parte a la etapa durante la cuarentena, se puede observar una línea de tiempo en la Figura 15.



Figura 15. Periodo antes y durante la cuarentena en el año 2020

Con el fin de comparar la proporción del número de datos para la etapa antes y durante la, en la torta de la Figura 16 se puede observar que el 43,69% corresponde a datos antes de la cuarentena y el 56,31% corresponde al porcentaje de datos durante la cuarentena.

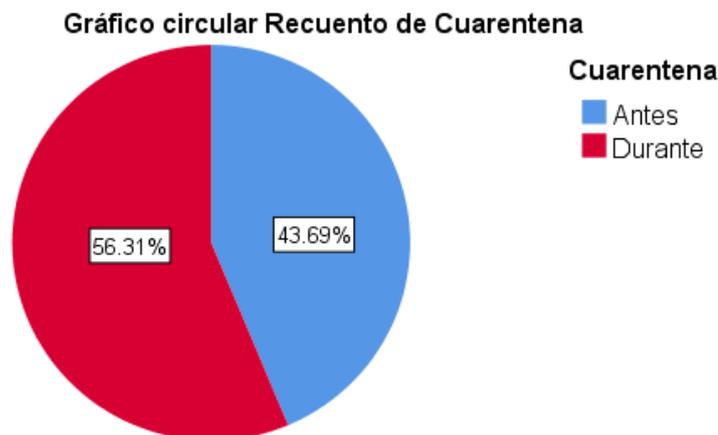


Figura 16. Proporción de porcentaje de datos antes y durante la cuarentena

Además de dividir los datos del año 2020 en datos antes y durante la cuarentena, la etapa correspondiente a durante la cuarentena se fracciona y se nombra en función a cada etapa del estado de alarma. Además que se identifica a etapa antes de la cuarentena en función al nombre de los meses que pertenece es decir los meses de enero, febrero hasta el 13 de marzo, por tanto se puso el nombre de Ene-Feb-13 Marzo. En la Figura 17 se puede observar este fraccionamiento y el porcentaje de datos correspondiente a cada etapa.

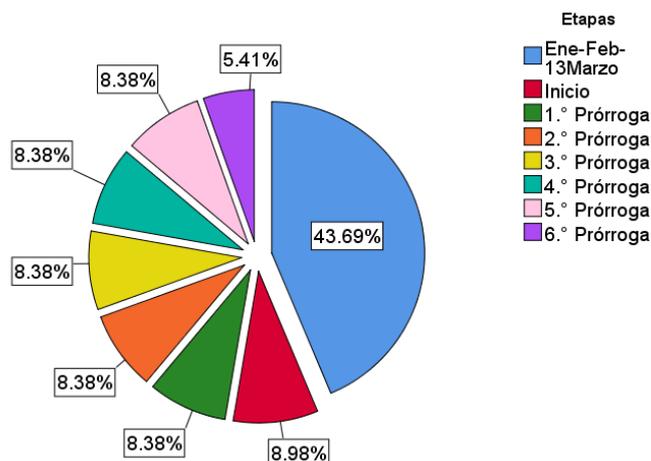


Figura 17. Periodo de enero a 13 marzo y etapas estado de alarma

Una vez establecidos estos periodos temporales, se procede a realizar el análisis estadístico, los resultados se muestran en los siguientes apartados.

### 5.3.1. Barras de error antes y durante la cuarentena

A continuación se detalla el comportamiento de los distintos contaminantes. Figura 18 los valores de SO<sub>2</sub> tienen un comportamiento diferente dependiendo de la estación. En la estación de Aljorra se observa una reducción durante la cuarentena, en cambio para Alumbres la media es mayor y los datos están más dispersos comparando con Aljorra, en el caso de Mompeán el comportamiento tiene una tendencia definida y para la estación Valle se observa un aumento durante la cuarentena.

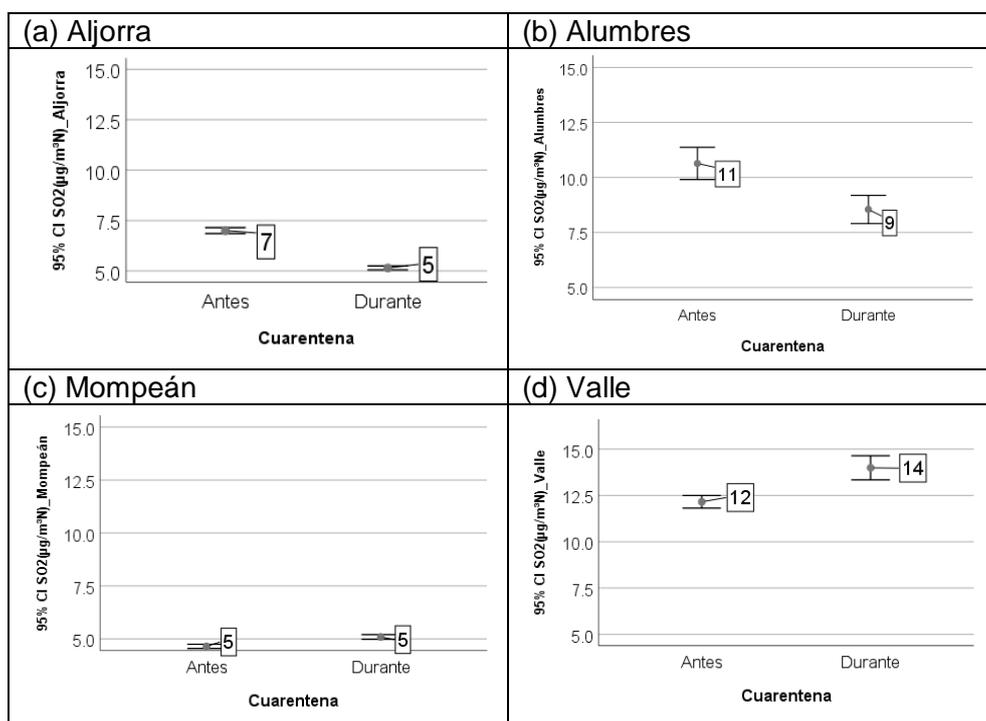


Figura 18. Barras de error para SO<sub>2</sub> antes y durante la cuarentena

En el caso del NO se observa en la Figura 19 que en todas las estaciones hay una disminución de la media comparando antes con durante la cuarentena, sin embargo se puede identificar que la estación de Mompeán la diferencia de las medias es mayor que el caso de las estaciones de Aljorra, Alumbres y Valle.

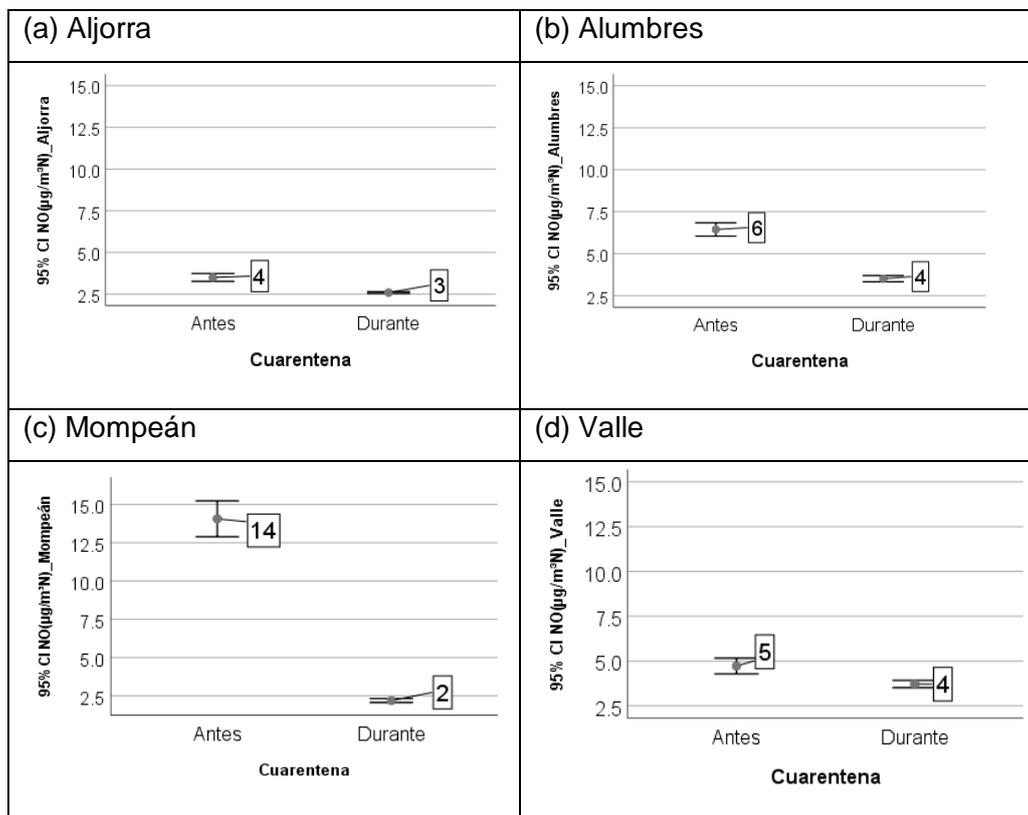


Figura 19. Barras de error para NO antes y durante la cuarentena

En el caso del NO<sub>2</sub> en las cuatro estaciones hay una disminución de la media durante la cuarentena en comparación con antes de la cuarentena como se observa en la Figura 20, destacando que en la estación de Mompeán tiene una disminución significativa, comparando con las estaciones de Aljorra, Alumbres y Valle.

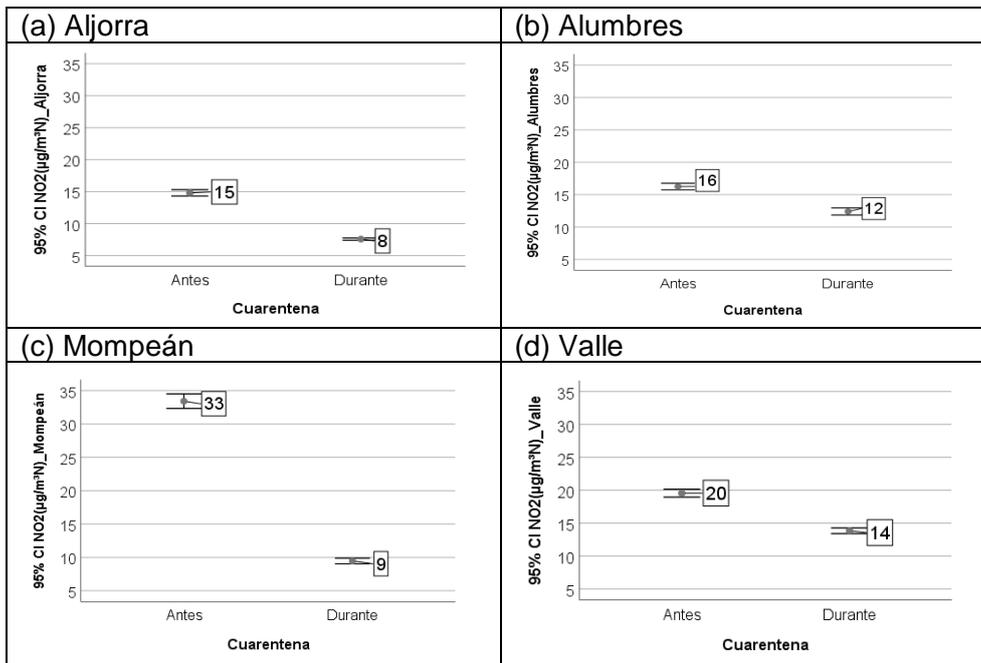


Figura 20. Barras de error para NO<sub>2</sub> antes y durante la cuarentena

En cuanto a PM<sub>10</sub>, se puede observar en la Figura 21 que en las cuatro estaciones existe una disminución de la media durante el confinamiento comparando con antes de la cuarentena.

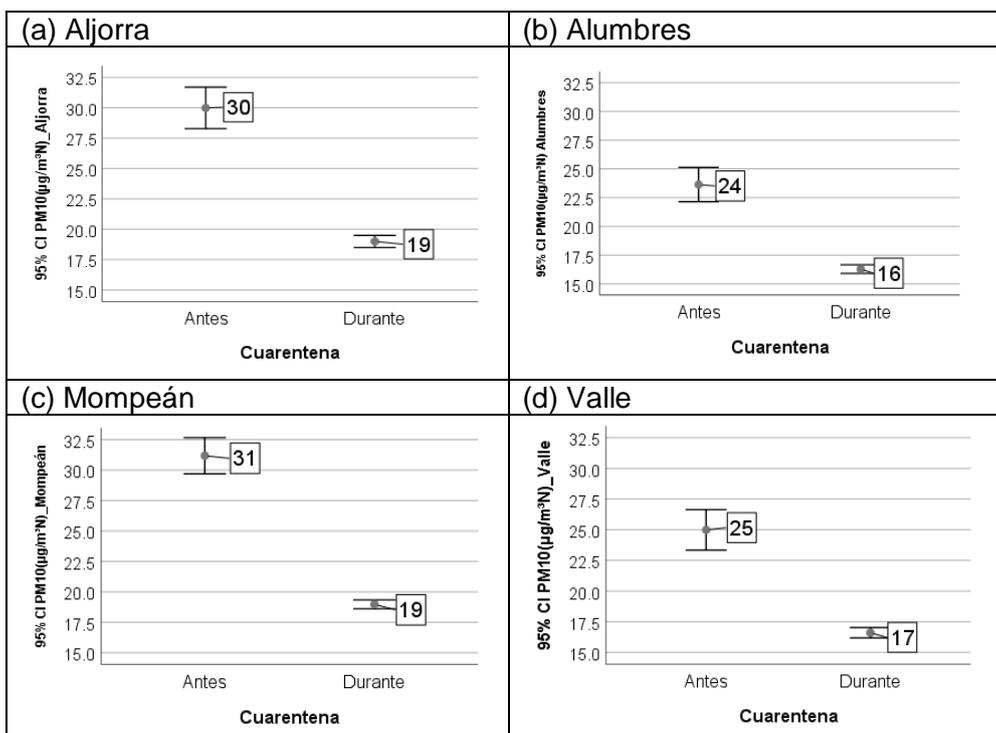


Figura 21. Barras de error para PM<sub>10</sub> antes y durante la cuarentena

Para el NO<sub>x</sub> como en los otros casos tiene una disminución durante la cuarentena, comparando con el periodo anterior de la cuarentena. La estación de Mompeán tiene una mayor disminución comparando con las otras estaciones como se observa en Figura 22.

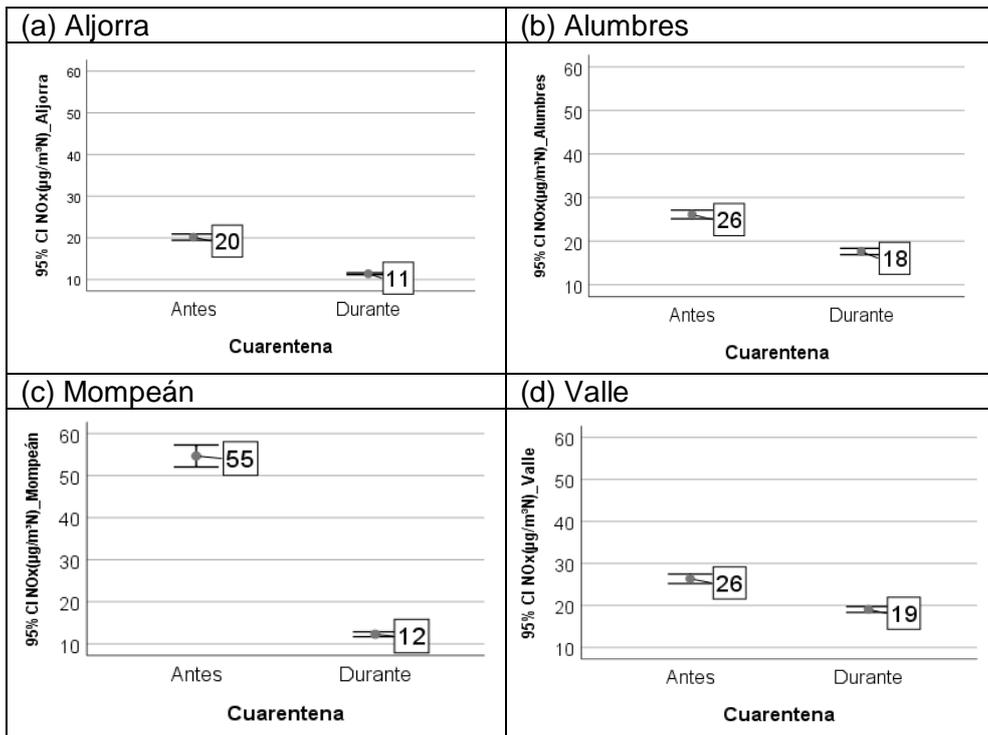


Figura 22. Barras de error para NOx antes y durante la cuarentena

Finalmente, para el O<sub>3</sub> se observa el efecto contrario a los casos anteriores, en la Figura 23 se observa un aumento de la media durante la cuarentena comparando con el periodo antes de la cuarentena. Es importante destacar que en las estaciones de Alumbres y Valle durante la cuarentena las medias con mayores cuando se compara con las estaciones de Aljorra y Mompeán.

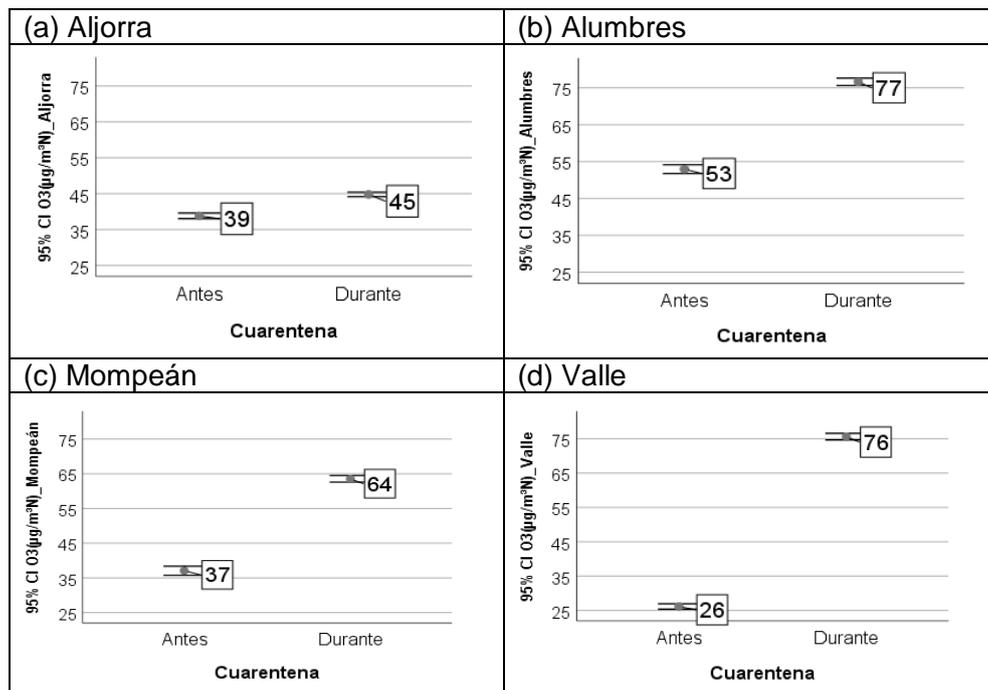


Figura 23. Barras de error de O<sub>3</sub> antes y durante la cuarentena

Con estas barras de error se pudo comparar el comportamiento del periodo anterior a la cuarentena con el de durante la cuarentena. También se hizo un análisis de Tolueno, Benceno y Xileno sin embargo al no contar con los datos en todas las estaciones, comparar el comportamiento de estos contaminante no fue posible. A pesar de que no se pueda comparar entre estaciones si se puede observar el comportamiento de estos contaminantes para las Aljorra y Alumbres que se encuentran en el ANEXO H.

### 5.3.2. Barras de error de las etapas con su respectiva ANOVA

Desglosando la cuarentena en las etapas del estado de alarma, se realizaron gráficas de barras de error. Las gráficas se generaron en una misma escala, con el fin de comparar el comportamiento de los contaminantes en cada etapa del estado de alarma, además de comparar visualmente entre estaciones. Se asocia a cada gráfica las comparaciones de análisis de varianzas o ANOVA, con el fin de verificar las diferencias son estadísticamente significativas.

Como en este caso no se asume varianzas iguales se utiliza la opción T2 de Tamhane. En los resultados obtenidos se verifica que si la significación (sig.) es menor o igual a 0.05 se rechaza la hipótesis de igualdad de medias, y si es mayor se acepta la igualdad de medias, entonces no existe diferencia significativa entre las etapas de estudio.

Se organizaron los resultados en una matriz como se observa en la Figura 24, donde se comparan etapa a etapa y se identifica los casos en que la significación es mayor a 0.05, resaltando con color amarillo.

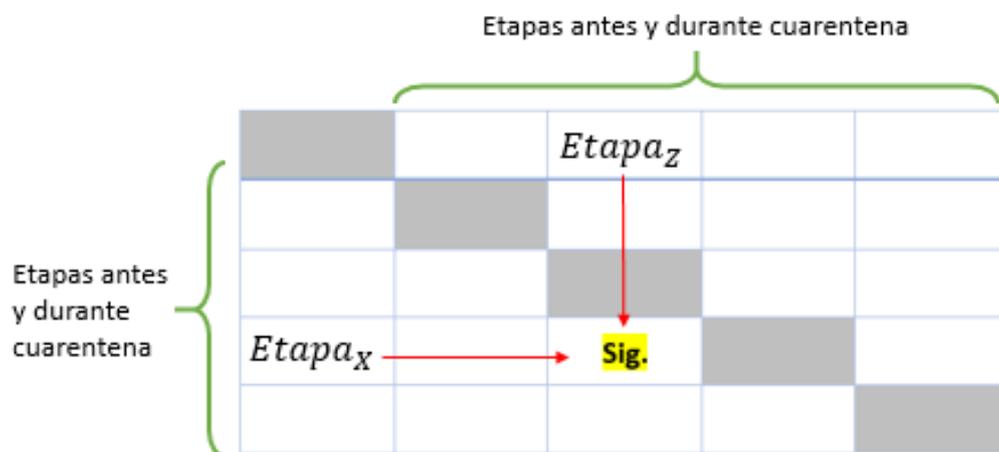


Figura 24. Matriz que agrupa resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos para cada estación para cada contaminante:

### 5.3.2.1. Análisis del dióxido de azufre

Las barras de error para SO<sub>2</sub> se muestran en la Figura 25, donde cada estación tiene su propio comportamiento.

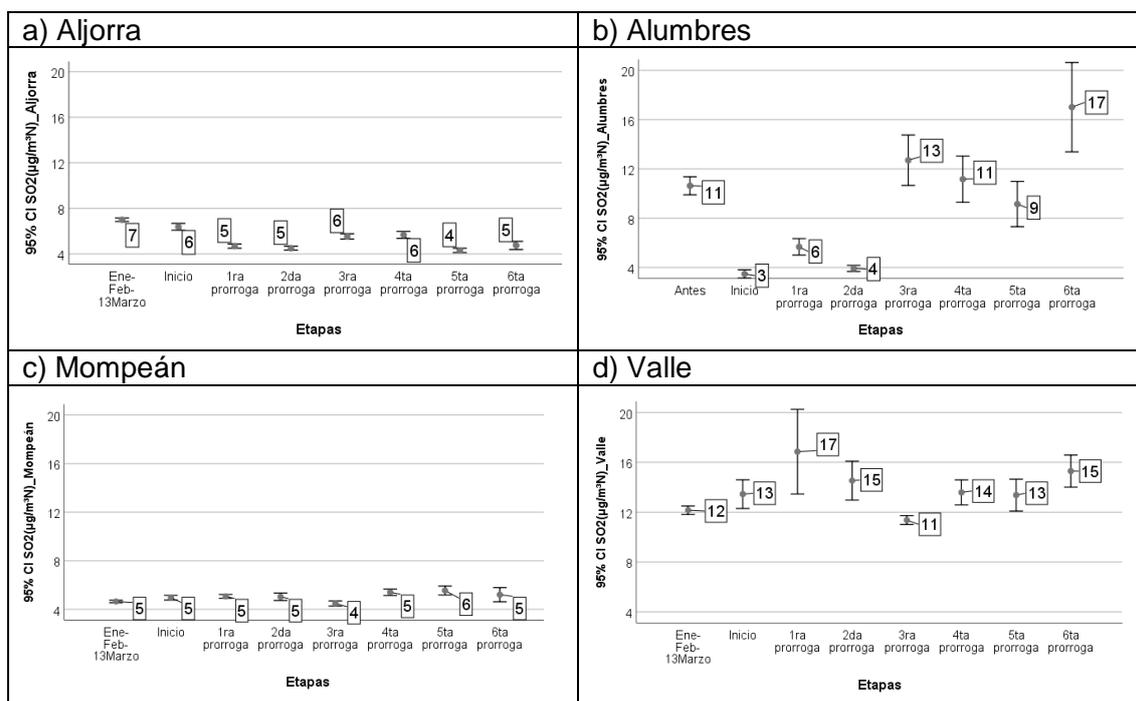


Figura 25. Barras de error para SO<sub>2</sub> comparando por etapas

En la Figura 25 a) que corresponde a la estación de Aljorra, las barras se mantienen en un rango y gráficamente no se observa una diferencia. Sin embargo realizando el análisis de ANOVA los resultados de la comparación de medias mostradas en la Tabla 5 se puede identificar que antes de la cuarentena (desde enero a 13 de marzo) y la etapa inicial del estado de alarma el p-valor es de 0.000 siendo menor a 0.05 por tanto existe una diferencia significativa entre las medias tanto entre ellas como con las otras fases. Añadir que comparando entre desde la 1.º a 6.º prórroga algunos casos la significación son menores a 0.05 y otros mayores, no se observa un comportamiento concreto. Con esto se puede deducir que la cuarentena no tiene efecto definido sobre el comportamiento de SO<sub>2</sub>.

SO <sub>2</sub>	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.007	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.007		0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.000		0.995	0.000	0.000	0.150	1.000
2.º prórroga	0.000	0.000	0.995		0.000	0.000	0.986	1.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		1.000	0.000	0.007
4.º prórroga	0.000	0.032	0.000	0.000	1.000		0.000	0.003
5.º prórroga	0.000	0.000	0.150	0.986	0.000	0.000		0.652
6.º prórroga	0.000	0.000	1.000	1.000	0.007	0.003	0.652	

Tabla 5. ANOVA de SO<sub>2</sub> estación de Aljorra

Para la estación de Alumbres las barras de error no se mantienen en un solo rango como se puede apreciar en la Figura 25 b). Además realizando un análisis de ANOVA, como se observa en la Tabla 6, al comparar la etapa antes de la cuarentena con el inicio, 1.º y 2.º prórroga del estado de alarma la significación es 0.000 menor a 0.05, entonces hay diferencia significativa de la media. Comparando con las etapas 3.º, 4.º y 5.º de la prórroga se verifica que la significación es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa en las medias. En este sentido se puede comprobar que la cuarentena no altera la concentración de SO<sub>2</sub> en esta estación, siendo posiblemente la principal fuente el Valle de Escombreras.

SO2	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.834	1.000	0.986	0.022
Inicio	0.000		0.000	0.638	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000	0.014	0.000
2.º prórroga	0.000	0.638	0.000		0.000	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.834	0.000	0.000	0.000		1.000	0.272	0.702
4.º prórroga	1.000	0.000	0.000	0.000	1.000		0.980	0.134
5.º prórroga	0.986	0.000	0.014	0.000	0.272	0.980		0.005
6.º prórroga	0.022	0.000	0.000	0.000	0.702	0.134	0.005	

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

Tabla 6. ANOVA de SO<sub>2</sub> estación de Alumbres

Para el caso de la estación de Mompeán, las barras de error se muestran en la Figura 25 c), donde el comportamiento es parecido a la estación de Aljorra. Asimismo, realizando el análisis de ANOVA, se puede observar en la Tabla 7 que comparando tanto la etapa anterior a la cuarentena con cada etapa del estado de alarma, la significación es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa de medias del SO<sub>2</sub>. Verificando que la cuarentena no afecta la presencia de SO<sub>2</sub> en esta estación, por tanto la presencia puede deberse a la cercanía de la zona industrial, el Valle de Escombreras y también por los barcos que llegan al puerto de Cartagena.

SO2	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.125	0.000	0.441	0.992	0.000	0.000	0.840
Inicio	0.125		1.000	1.000	0.028	0.219	0.136	1.000
1.º prórroga	0.000	1.000		1.000	0.000	0.651	0.405	1.000
2.º prórroga	0.441	1.000	1.000		0.104	0.892	0.617	1.000
3.º prórroga	0.992	0.028	0.000	0.104		0.000	0.000	0.458
4.º prórroga	0.000	0.219	0.651	0.892	0.000		1.000	1.000
5.º prórroga	0.000	0.136	0.405	0.617	0.000	1.000		1.000
6.º prórroga	0.840	1.000	1.000	1.000	0.458	1.000	1.000	

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

Tabla 7. ANOVA de SO<sub>2</sub> estación de Mompeán

En cuanto a la estación de Valle se puede observar las barras de error en la Figura 25 d) donde se muestra una gran variabilidad para cada etapa. Además realizando el análisis de ANOVA, se coteja en la Tabla 8 las significaciones son mayores a 0.05, concluyendo que no hay diferencia significativa entre las medias de SO<sub>2</sub> de las diferentes etapas. En este caso se

puede verificar que la cuarentena no afectó el comportamiento de SO<sub>2</sub> y que su presencia en la atmósfera se puede deber que la estación de Valle se encuentra ubicado una zona industrial, que es el Valle de Escombreras.

SO2	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.627	0.182	0.098	0.047	0.207	0.876	0.000
Inicio	0.627		0.836	1.000	0.021	1.000	1.000	0.639
1.º prórroga	0.182	0.836		0.999	0.047	0.870	0.821	1.000
2.º prórroga	0.098	1.000	0.999		0.003	1.000	1.000	1.000
3.º prórroga	0.047	0.021	0.047	0.003		0.001	0.086	0.000
4.º prórroga	0.207	1.000	0.870	1.000	0.001		1.000	0.679
5.º prórroga	0.876	1.000	0.821	1.000	0.086	1.000		0.653
6.º prórroga	0.000	0.639	1.000	1.000	0.000	0.679	0.653	

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

Tabla 8. ANOVA de SO<sub>2</sub> estación de Valle

Con estos resultados se puede deducir que la cuarentena no condiciona su presencia en la atmósfera. Añadir que la presencia de SO<sub>2</sub> en la atmósfera puede deberse a la cercanía con la zona industrial el Valle de Escombreras, y por el movimiento de los barcos que llegan a los muelles de la Comarca de Cartagena.

Como se observó una gran variabilidad de los datos en las estaciones próximas a la zona industrial, se procedió a comparar las etapas del estado de alarma, con los años 2018 y 2019, los resultados se detallan en la sección 5.4.

### 5.3.2.2. Análisis monóxido de nitrógeno

Para el NO como se observa en la Figura 26, cada estación tiene su propio comportamiento.

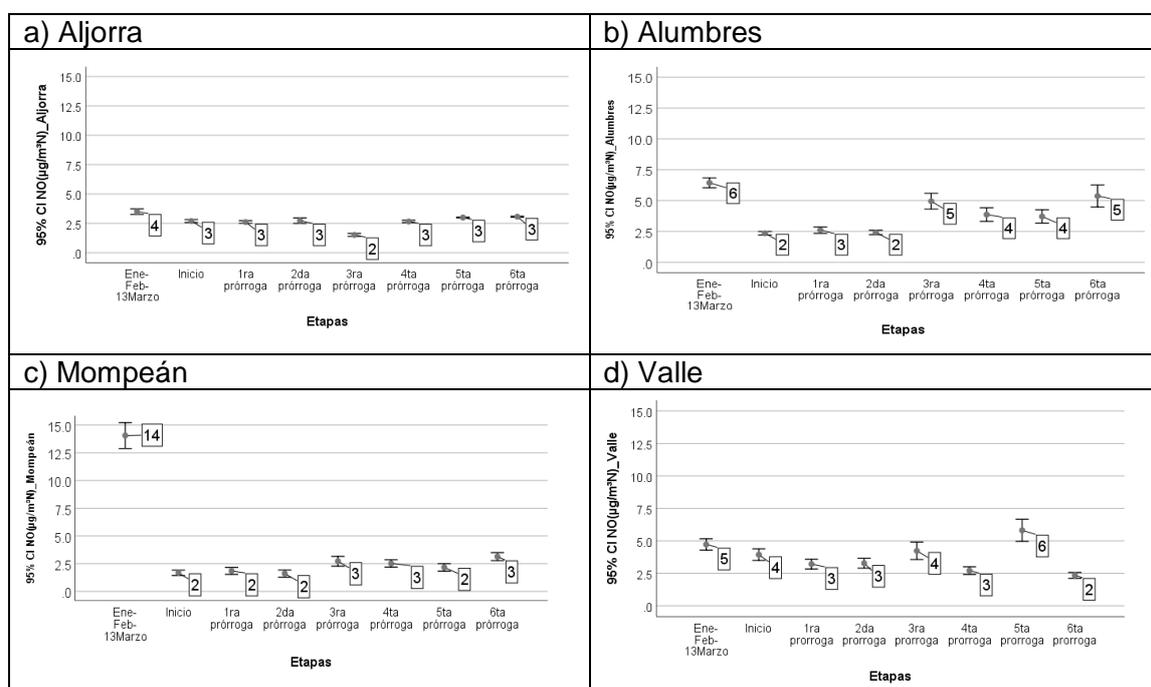


Figura 26. Barras de error para NO comparando por etapas

En la estación de Aljorra las barras de error del NO se mantienen en un mismo rango como se puede cotejar en la Figura 26 a). Además realizando un análisis de ANOVA, puede verificar que antes de la cuarentena comparando con la etapa durante la cuarentena, como se observa en la Tabla 9, la significación es menor a 0.05 por tanto hay diferencia significativa entre las medias. Por otro lado comparando la fase inicial del estado de alarma con la 1.°, 2.° y 4.° prórroga las significaciones son mayores a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa de las medias. Con este resultado se puede verificar que la cuarentena afecta el comportamiento de NO en la atmósfera y durante la cuarentena las medias no varían manteniéndose en un rango homogéneo.

NO	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.° prórroga	2.° prórroga	3.° prórroga	4.° prórroga	5.° prórroga	6.° prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.011
Inicio	0.000		1.000	1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
1.° prórroga	0.000	1.000		1.000	0.000	1.000	0.000	0.000
2.° prórroga	0.000	1.000	1.000		0.000	1.000	0.571	0.173
3.° prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
4.° prórroga	0.000	1.000	1.000	1.000	0.000		0.000	0.000
5.° prórroga	0.001	0.000	0.000	0.571	0.000	0.000		0.433
6.° prórroga	0.011	0.000	0.000	0.173	0.000	0.000	0.433	

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

Tabla 9. ANOVA de NO estación Aljorra

Para la estación de Alumbres en las barras de error para NO se muestran en la Figura 26 b), donde se observa que las etapas de inicio, 1.° y 2.°prórroga tienen los valores bajos, corresponden a las etapas de mayores restricciones de movilidad, y va aumentando las siguientes etapas. Además realizando el análisis de ANOVA como se observa en la Tabla 10, la etapa antes de la cuarentena comparado con las etapas durante el estado de alarma desde el inicio hasta la 5.° prórroga tienen significación menor a 0.05, por tanto si hay diferencia significativa de la media, en cambio comparando con la 6.° prórroga la significación es mayor a 0.05 entonces no hay diferencia significativa de las medias. Con estos resultados se puede verificar que la cuarentena afectó a la presencia de NO en la atmósfera, cambiando significativamente durante la cuarentena y regresando a su valor inicial en la última prórroga.

NO	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.° prórroga	2.° prórroga	3.° prórroga	4.° prórroga	5.° prórroga	6.° prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.003	0.000	0.000	0.601
Inicio	0.000		0.927	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.° prórroga	0.000	0.927		1.000	0.000	0.002	0.009	0.000
2.° prórroga	0.000	1.000	1.000		0.000	0.000	0.000	0.000
3.° prórroga	0.003	0.000	0.000	0.000		0.291	0.101	1.000
4.° prórroga	0.000	0.000	0.002	0.000	0.291		1.000	0.133
5.° prórroga	0.000	0.000	0.009	0.000	0.101	1.000		0.051
6.° prórroga	0.601	0.000	0.000	0.000	1.000	0.133	0.051	

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

Tabla 10. ANOVA de NO estación Alumbres

En el caso de la estación de Mompeán las barras de error por etapas de NO se observa en Figura 26 c), donde se identifica una disminución durante la cuarentena comparando con antes de la cuarentena. Asimismo, realizando el análisis de ANOVA como se muestran en la Tabla 11, la etapa antes de la cuarentena comparada con todas las etapas durante el estado de alarma tienen una significación de 0.000 siendo menor a 0.05, por tanto hay diferencia significativa de las medias. Otro dato importante es que entre las etapas durante el estado de alarma se observa que la significación es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa entre las medias. En este sentido se puede verificar que la cuarentena afectó el comportamiento de NO en esta estación, además que durante la cuarentena no se tienen diferencias significativas en las medias.

NO	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		1.000	1.000	0.002	0.002	0.457	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		1.000	0.048	0.105	0.996	0.000
2.º prórroga	0.000	1.000	1.000		0.002	0.003	0.424	0.000
3.º prórroga	0.000	0.002	0.048	0.002		1.000	0.776	0.990
4.º prórroga	0.000	0.002	0.105	0.003	1.000		0.985	0.331
5.º prórroga	0.000	0.457	0.996	0.424	0.776	0.985		0.003
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.990	0.331	0.003	

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

Tabla 11. ANOVA de NO estación Mompeán

En cuanto a la estación de Valle, las barras de error se muestran en la Figura 26 d), donde las medias se mantienen en un rango y varían en las dos últimas etapas del estado de alarma. Además realizando el análisis de ANOVA como se observa en la Tabla 12, entre la etapa antes de la cuarentena y la del inicio, la significación es 0.328 siendo mayor a 0.05, por tanto no hay diferencia significativa entre las medias, se repite mismo comparando con la 3.º prórroga y 5.º prórroga. Por otro lado durante la cuarentena desde la 1.º prórroga hasta la 4.º se tiene una significación mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa entre las medias. Con estos resultados se puede ver que el comportamiento de NO es muy variado y que no depende directamente de la cuarentena esto puede deberse a que es una zona industrial donde existe gran actividad durante las 24 horas del día.

NO	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.328	0.000	0.000	0.999	0.000	0.516	0.000
Inicio	0.328		0.354	0.559	1.000	0.000	0.004	0.000
1.º prórroga	0.000	0.354		1.000	0.229	0.702	0.000	0.003
2.º prórroga	0.000	0.559	1.000		0.351	0.456	0.000	0.001
3.º prórroga	0.999	1.000	0.229	0.351		0.001	0.112	0.000
4.º prórroga	0.000	0.000	0.702	0.456	0.001		0.000	0.757
5.º prórroga	0.516	0.004	0.000	0.000	0.112	0.000		0.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.003	0.001	0.000	0.757	0.000	

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

Tabla 12. ANOVA de NO estación Valle

Con estos resultados para el monóxido de nitrógeno se puede verificar que tiene un comportamiento muy variado en cada estación, y que el efecto de la cuarentena se ve con mayor claridad en la estación de Mompeán y Alumbres.

### 5.3.2.3. Análisis de dióxido de nitrógeno

En el caso de NO<sub>2</sub> las barras de error para todas las estaciones se puede observar en la Figura 27, donde cada estación tiene su propio comportamiento.

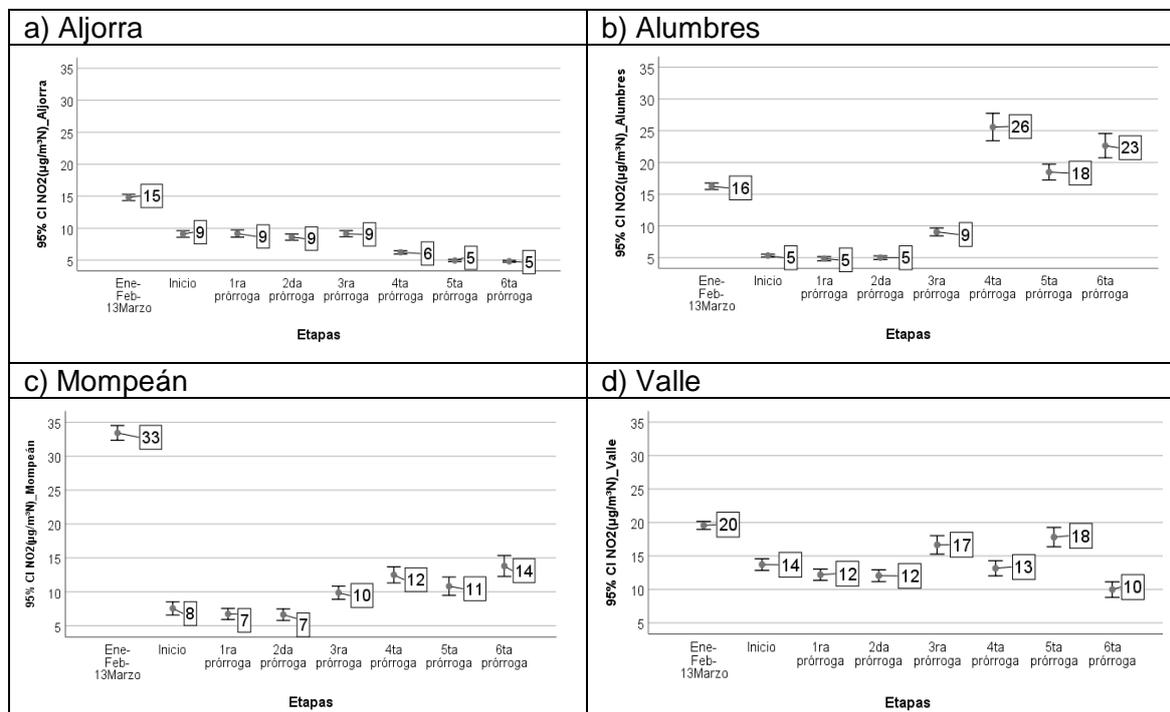


Figura 27. Barras de error para NO<sub>2</sub> comparando por etapas

Las barras de error para la estación de Aljorra de NO<sub>2</sub> se observa en la Figura 27 a), donde el valor máximo valor es antes de la cuarentena, este disminuye y se mantiene en un mismo rango. Además realizando el análisis ANOVA como se muestran en la Tabla 13, al momento de comparar la etapa antes de la cuarentena con todas las etapas del estado de alarma la significación es 0.000 siendo menor a 0.05 por tanto hay diferencia significativa de la media. Por otro lado también se observa que las medias desde la etapa inicio hasta la 3.º prórroga la significación es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa de las medias. Con este resultado se puede verificar que la cuarentena afectó el comportamiento de NO<sub>2</sub>.

NO <sub>2</sub>	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		1.000	0.997	1.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		0.986	1.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.997	0.986		0.985	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	1.000	1.000	0.985		0.000	0.000	0.000
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000
5.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		1.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	

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

Tabla 13. ANOVA de NO<sub>2</sub> estación Aljorra

Las barras de error para NO<sub>2</sub> en la estación de Alumbres se muestra en la Figura 27 b), donde el valor máximo es antes de la cuarentena y que los valores mínimos son durante la etapa de inicio, 1.º y 2.º prórroga del estado de alarma, coincidiendo con la etapa con mayores restricciones del estado de alarma. Además realizando el análisis ANOVA como se observa en la Tabla 14, al comparar las etapas de antes y durante la cuarentena la significación es menor a 0.05 por tanto si hay diferencia significativa de las medias. Por otro lado comparando las medias de las etapas inicio, 1.º y 2.º es mayor a 0.05 concluyendo que no hay diferencia significativas de las medias. Con estos resultados se observa que la cuarentena haya afectado solo las primeras etapas del estado de alarma, luego se observa una diferencia significativa entre las medias.

NO <sub>2</sub>	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.000
Inicio	0.000		0.357	0.905	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.357		1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.905	1.000		0.000	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.726
5.º prórroga	0.031	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.010
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.726	0.010	

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

Tabla 14. ANOVA de NO<sub>2</sub> estación Alumbres

En el caso de la estación Mompeán las barras de error de NO<sub>2</sub> se ilustran en la Figura 27 c), donde los valores mínimos corresponden a las etapas inicio, 1.º y 2.º prórroga de la cuarentena, aumentando durante la desescalada. Asimismo, realizando el análisis ANOVA como se puede encontrar en la Tabla 15, los resultados muestran que comparando la etapa antes de la cuarentena con todas las etapas durante la cuarentena tiene una significación de 0.000 siendo menor a 0.05 por tanto hay diferencia significativa entre las medias. Por otro lado comparando con las etapas inicio, 1.º y 2.º prórroga la significación es mayor a 0.05, además que ocurre lo mismo entre las 3 últimas prórrogas. En este sentido se puede verificar que la cuarentena tuvo impacto sobre la presencia de NO<sub>2</sub> y que durante la cuarentena las medias entre las etapas no tenían diferencias significativas.

NO2	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		0.998	0.993	0.028	0.000	0.003	0.000
1.º prórroga	0.000	0.998		1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.993	1.000		0.000	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.028	0.000	0.000		0.021	1.000	0.001
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.021		0.859	0.997
5.º prórroga	0.000	0.003	0.000	0.000	1.000	0.859		0.116
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.997	0.116	

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

Tabla 15. ANOVA de NO<sub>2</sub> estación Mompeán

En cuanto a la estación de Valle las barras de error de NO<sub>2</sub> se muestran en la Figura 27 d), donde hay una aparente disminución en las etapas al momento en las primeras etapas del estado de alarma. Además mediante el análisis ANOVA que se observa en la Tabla 16, al comparar la etapa antes de la cuarentena con las etapas durante la cuarentena, la significación es menor a 0.05 siendo que hay diferencia significativa en todas las etapas menos en la 5.º prórroga donde la significación es 0.557 siendo mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa. Con esto se puede verificar que la cuarentena afectó al comportamiento de NO<sub>2</sub> en esta estación.

NO2	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.005	0.000	0.557	0.000
Inicio	0.000		0.307	0.207	0.011	1.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.307		1.000	0.000	0.996	0.000	0.067
2.º prórroga	0.000	0.207	1.000		0.000	0.982	0.000	0.142
3.º prórroga	0.005	0.011	0.000	0.000		0.004	1.000	0.000
4.º prórroga	0.000	1.000	0.996	0.982	0.004		0.000	0.004
5.º prórroga	0.557	0.000	0.000	0.000	1.000	0.000		0.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.067	0.142	0.000	0.004	0.000	

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

Tabla 16. ANOVA de NO<sub>2</sub> estación Valle

Con estos resultados se pudo verificar que el comportamiento de monóxido de nitrógeno se vio afectado por la cuarentena sobre todo en las primeras etapas del estado de alarma, coincidiendo a las etapas con mayores restricciones.

#### 5.3.2.4. Análisis de PM10

Las barras de error para todas las estaciones se muestran en Figura 28, donde los valores máximos corresponden al periodo anterior al estado de alarma y en todas las estaciones disminuye en el inicio y 1.º prórroga del estado de alarma, coincidiendo a periodos con mayores restricciones. Además que va aumentando gradualmente en las siguientes prórrogas.

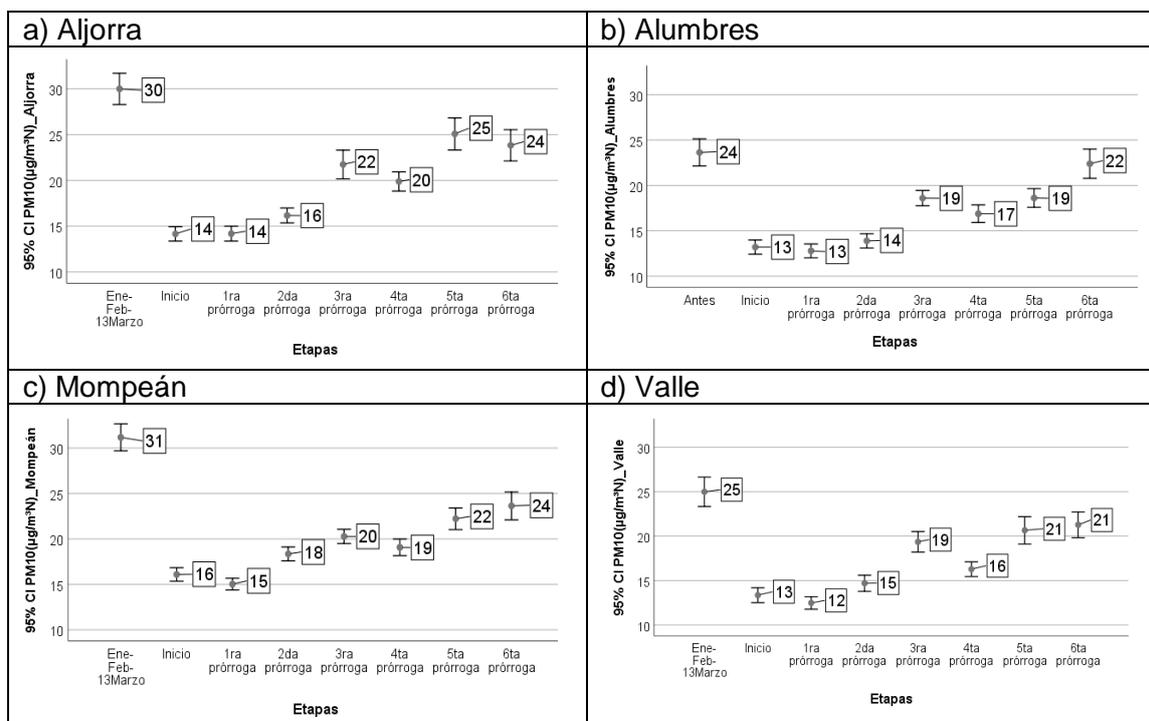


Figura 28. Barras de error para PM10 comparando por etapas

El comportamiento de las barras de error de PM10 para la estación de Aljorra se observa en la Figura 28 a), donde los valores mínimos corresponden al inicio, 1.º y 2.º prórroga y va aumentando en las últimas etapas del estado de alarma coincidiendo con la desescalada. Además mediante el análisis ANOVA, que se muestran en la Tabla 17, la comparación de fase antes de la cuarentena con todas las etapas durante la cuarentena, la significación es menor a 0.05 por tan hay una diferencia significativa de la media. Por el contrario durante la cuarentena se observa que el inicio y la 1.º prórroga no hay diferencia significativa, al mismo tiempo que las cuatro últimas prórrogas no hay diferencia significativa entre ellas.

PM10	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000
Inicio	0.000		1.000	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		0.021	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.014	0.021		0.000	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		0.791	0.142	0.893
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.791		0.000	0.003
5.º prórroga	0.002	0.000	0.000	0.000	0.142	0.000		1.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.893	0.003	1.000	

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

Tabla 17. ANOVA de PM10 estación Aljorra

En el caso de la estación de Alumbres las barras de error se muestran en la Figura 28 b), donde los valores mínimos corresponden al inicio del estado de alarma y va aumentando en las últimas etapas del estado de alarma. Además mediante el análisis ANOVA que se observa en la Tabla 18, comparando la etapa antes de la cuarentena con las etapas durante la cuarentena se puede verificar que desde el inicio de la cuarentena hasta la etapa 5.º prórroga

la significación es 0.000 siendo menor a 0.05 por tanto hay diferencia significativa, en cambio para la 6.º prórroga se puede verificar que es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa.

PM10	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000
Inicio	0.000		1.000	0.999	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		0.752	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.999	0.752		0.000	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		0.219	1.000	0.001
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.219		0.358	0.000
5.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.358		0.003
6.º prórroga	1.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.003	

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

Tabla 18. ANOVA de PM10 estación Alumbres

En cuanto a la estación de Mompeán las barras de error para PM10 se muestran en la Figura 28 c), en la cual el valor mínimo es al inicio de la cuarentena y va aumentando gradualmente. Además realizando el análisis ANOVA que se observa en la Tabla 19, al comparar antes de la cuarentena con todas las etapas del estado de alarma la significación es 0.000 siendo menor a 0.05, por tanto hay diferencia significativa de las medias. Por otro lado, se observa que comparando entre las etapas del estado de alarma, existen casos donde la significación es mayor a 0.05, concluyendo que no hay diferencia significativa de las medias.

PM10	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		0.616	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.616		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.001	0.000		0.016	0.999	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.016		0.757	0.188	0.004
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.999	0.757		0.001	0.000
5.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.188	0.001		0.990
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	0.990	

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

Tabla 19. ANOVA de PM10 estación Mompeán

Para el caso de Valle las barras de error se muestran en la Figura 28 d) donde los valores mínimos son en las etapa inicio, 1.º y 2.º prórroga, manteniéndose en un rango y luego va aumentando en las últimas etapas del estado de alarma. Asimismo realizando el análisis ANOVA como se observa en la Tabla 20, al comparar la media antes de la cuarentena con cada etapa durante la cuarentena donde la significación es menor a 0.05 por tanto si hay diferencia significativa entre las medias. Además se observa comparando entre las etapas del estado de alarma en algunos casos la significación es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa en las medias.

PM10	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.026
Inicio	0.000		0.969	0.597	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.969		0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.597	0.004		0.000	0.269	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		0.001	0.997	0.704
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.269	0.001		0.000	0.000
5.º prórroga	0.005	0.000	0.000	0.000	0.997	0.000		1.000
6.º prórroga	0.026	0.000	0.000	0.000	0.704	0.000	1.000	

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

Tabla 20. ANOVA de PM10 estación Valle

Con estos resultados se pudo verificar un aparente efecto de la cuarentena sobre el comportamiento de PM10, ya que se observa una diferencia significativa comparando el periodo anterior a la cuarentena con el inicio de estado de alarma. Sin embargo es importante destacar que la generación de PM10 no es puntual y que depende de una serie de factores, por tanto no se podría atribuir este cambio directamente a la cuarentena.

### 5.3.2.5. Análisis de óxidos de nitrógeno totales

En el caso de NOx las barras de error se pueden observar en la Figura 29, donde cada estación muestra un comportamiento propio.

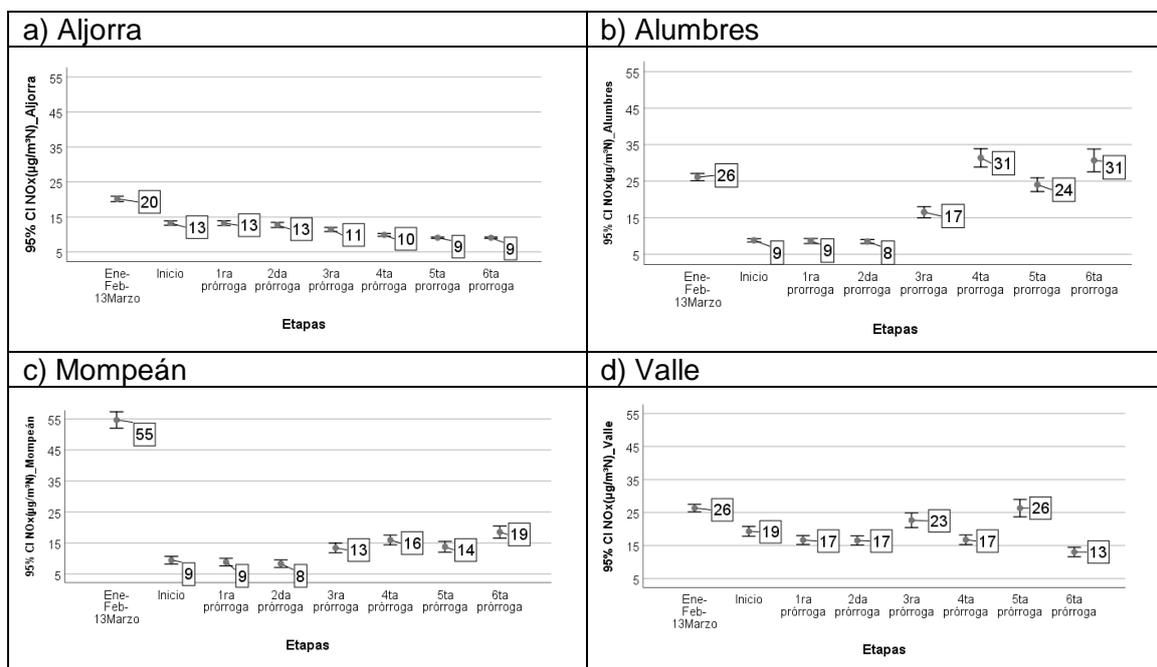


Figura 29. Barras de error para NOx comparando por etapas

Las barras de error de NOx para la estación de Aljorra se puede observar en la Figura 29 a), en la cual el valor máximo en el corresponde al periodo anterior a la cuarentena. Para comprender mejor este comportamiento se realiza un análisis ANOVA, como se muestra en la Tabla 21, comparando antes de la cuarentena con todas las etapas del estado de alarma donde significación es de 0.00 siendo menor a 0.05 por tanto hay una diferencia significativa.

También se observa que entre las etapas de inicio hasta la 3.º prórroga la significación es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa entre la media, ocurriendo lo mismo para la 5.º y 6.º prórroga.

NOx	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		1.000	1.000	0.001	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		1.000	0.003	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	1.000	1.000		0.217	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.001	0.003	0.217		0.000	0.000	0.000
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.006	0.006
5.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006		1.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	1.000	

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

Tabla 21. ANOVA de NOx estación Aljorra

En la estación de Alumbres las barras de error NOx se muestran en Figura 29 b), donde los valores mínimos corresponden al inicio, 1.º y 2.º prórroga del estado de alarma, coincidiendo con el periodo con mayores restricciones. Además realizando el análisis ANOVA que se observan en la Tabla 22, al comparando la etapa antes de la cuarentena con el inicio hasta la 4.º prórroga se tiene una significación menor a 0.05 por tanto hay diferencia significativa de la media, pero esto cambia comparando con la 5.º y 6.º prórroga siendo mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa de la media. Con estos resultados se puede verificar que la cuarentena afectó el comportamiento de NOx sin embargo regresa a su estado antes de la cuarentena en las últimas etapas del estado de alarma.

NOx	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.806	0.161
Inicio	0.000		1.000	1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	1.000	1.000		0.000	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	0.000	0.000
4.º prórroga	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000		0.000	1.000
5.º prórroga	0.806	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000		0.010
6.º prórroga	0.161	0.000	0.000	0.000	0.000	1.000	0.010	

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

Tabla 22. ANOVA de NOx estación Alumbres

En la estación de Mompeán las barras de error se muestran en Figura 29 c), donde el valor máximo corresponde al periodo anterior a la cuarentena y los valores mínimos en las primeras etapas del estado de alarma. Además realizando el análisis ANOVA se observa en la Tabla 23, al comparar la etapa antes de la cuarentena con todas las etapas del estado de alarma la significación es menor a 0.05, por tanto hay diferencia significativa de las medias. Además que entre el inicio, 1.º y 2.º prórrogas la significación es mayor a 0.05, concluyendo que no hay diferencia significativa de las medias, ocurriendo lo mismo en las etapas de 3.º a 6.º

prórrogas. Con esto se puede verificar que la cuarentena pudo afectar el comportamiento de NOx.

NOx	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		1.000	0.999	0.003	0.000	0.002	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		1.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.º prórroga	0.000	0.999	1.000		0.000	0.000	0.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.003	0.000	0.000		0.517	1.000	0.002
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.517		0.859	0.710
5.º prórroga	0.000	0.002	0.000	0.000	1.000	0.859		0.010
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.710	0.010	

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

Tabla 23. ANOVA de NOx estación Mompeán

Para la estación de Valle las barras de error para NOx se observa en la Figura 29 d), donde no es posible identificar un comportamiento como en las otras estaciones, por ello al realizar el análisis ANOVA que se muestra en la Tabla 24, al comparar la etapa antes de la cuarentena con la de inicio hasta la 2.º prórroga, se tiene una significación de 0.000 menor a 0.05 por tanto hay diferencia significativa entre las medias. Sin embargo la situación cambia para la 3.º y 5.º prórroga por tanto donde la significación es mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa. Con esto se puede ver que la cuarentena afecta a la concentración de NOx en la etapa inicial, sin embargo regresa a la concentración media en la primera etapa.

NOx	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.101	0.000	1.000	0.000
Inicio	0.000		0.248	0.203	0.311	0.379	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.248		1.000	0.000	1.000	0.000	0.009
2.º prórroga	0.000	0.203	1.000		0.000	1.000	0.000	0.018
3.º prórroga	0.101	0.311	0.000	0.000		0.000	0.657	0.000
4.º prórroga	0.000	0.379	1.000	1.000	0.000		0.000	0.011
5.º prórroga	1.000	0.000	0.000	0.000	0.657	0.000		0.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.009	0.018	0.000	0.011	0.000	

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

Tabla 24. ANOVA de NOx estación Valle

Con estos resultados se puede verificar un aparente efecto de la cuarentena sobre el comportamiento de óxidos de nitrógeno totales. Y que se observa su efecto en mayor claridad en las estaciones de Mompeán y Alumbres.

### 5.3.2.6. Análisis del ozono

Para el caso de O<sub>3</sub> en la Figura 30 se observa un aumento de ozono en todas las estaciones, destacando un mayor aumento para las estaciones de Alumbres, Valle y Mompeán, en cambio para la estación de Aljorra se observa que existe un aumento de O<sub>3</sub> sin embargo no es tan marcado como las otras estaciones.

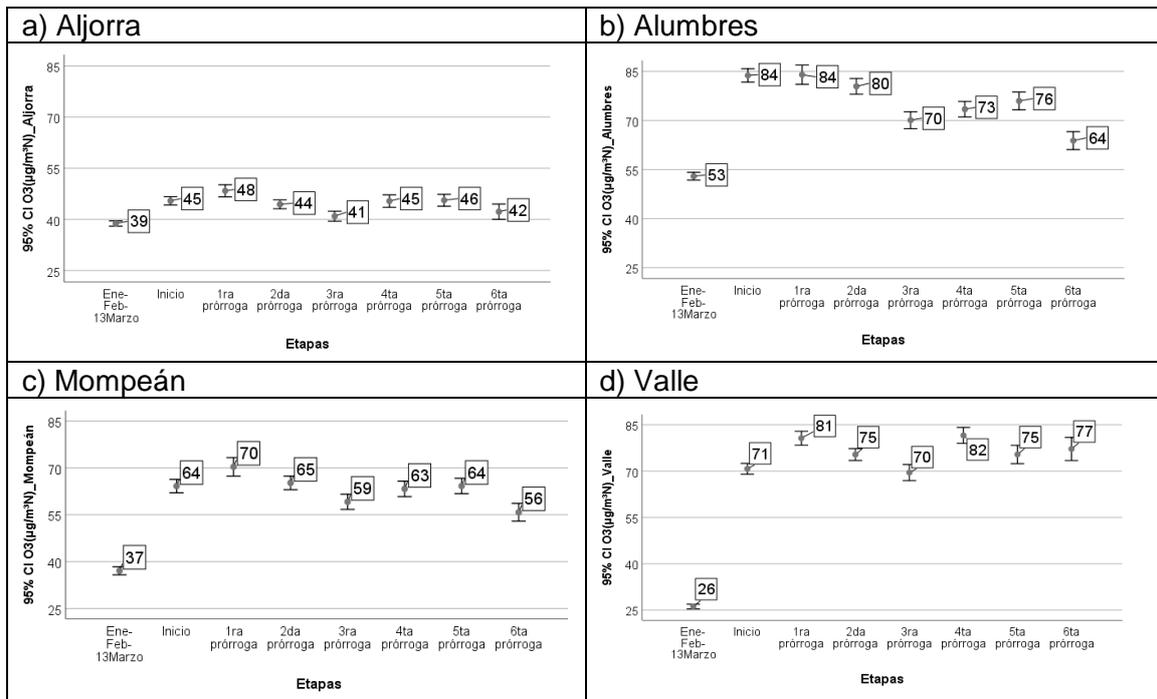


Figura 30. Barras de error para O<sub>3</sub> comparando por etapas

Para la estación de Aljorra, las barras de error se muestran en la Figura 30 a), donde se observa que la media mínima corresponde al periodo anterior de la cuarentena y que los valores de O<sub>3</sub> durante la cuarentena se mantienen en un rango. Para comprender mejor se realiza el análisis ANOVA (Tabla 25), al comparar la fase antes de la cuarentena con las etapas inicio, 1.º y 2.º prórroga la significación es 0.000 siendo menor a 0.05, por tanto hay diferencia significativa. Pero luego se puede ver que entre las etapas durante la cuarentena la significación tiende a ser mayor a 0.05 por tanto la diferencia no es significativa de las medias. Con esto se puede ver que la cuarentena afectó el comportamiento pero no es tan dramático ya que se tienen las medias homogéneas.

O <sub>3</sub>	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.278	0.000	0.000	0.118
Inicio	0.000		0.188	1.000	0.000	1.000	1.000	0.323
1.º prórroga	0.000	0.188		0.012	0.000	0.425	0.564	0.001
2.º prórroga	0.000	1.000	0.012		0.014	1.000	1.000	0.946
3.º prórroga	0.278	0.000	0.000	0.014		0.006	0.002	1.000
4.º prórroga	0.000	1.000	0.425	1.000	0.006		1.000	0.617
5.º prórroga	0.000	1.000	0.564	1.000	0.002	1.000		0.436
6.º prórroga	0.118	0.323	0.001	0.946	1.000	0.617	0.436	

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

Tabla 25. ANOVA de O<sub>3</sub> estación Aljorra

En la estación de Alumbres para O<sub>3</sub>, las barras de error se muestran en la Figura 30 b), donde el valor mínimo antes de la cuarentena y los valores máximos corresponde al inicio, 1.º y 2.º prórroga del estado de alarma, coincidiendo con el periodo con mayores restricciones. Además realizando el análisis ANOVA, los resultados se muestran en la Tabla 26, al comparar

la etapa antes de la cuarentena con las etapas durante el estado de alarma la significación es 0.000 siendo menor a 0.05, por tanto hay diferencia significativa entre las medias. Comparando entre las etapas durante la cuarentena se verifica que entre el inicio, 1.º y 2.º prórroga la significación es mayor a 0.05, por tanto no hay diferencia significativa de la media, lo mismo ocurre entre las medias de la 3.º, 4.º y 5.º prórroga. Con estos resultados se puede verificar que la cuarentena afectó a la presencia de este contaminante y que durante la cuarentena se mantienen el O<sub>3</sub> en una media.

O3	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		1.000	0.664	0.000	0.000	0.000	0.000
1.º prórroga	0.000	1.000		0.846	0.000	0.000	0.002	0.000
2.º prórroga	0.000	0.664	0.846		0.000	0.001	0.354	0.000
3.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000		0.826	0.059	0.032
4.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.001	0.826		0.994	0.000
5.º prórroga	0.000	0.000	0.002	0.354	0.059	0.994		0.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.032	0.000	0.000	

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

Tabla 26. ANOVA de O<sub>3</sub> estación Alumbres

Para la estación de Mompeán se observan las barras de error en la Figura 30 c), donde el valor mínimo corresponde a la etapa anterior al estado de alarma, y aumenta durante la cuarentena manteniéndose en un rango. Realizando el análisis ANOVA, los resultados se muestran en la Tabla 27, al momento de comparar la etapa anterior a la cuarentena con las etapas durante la cuarentena la significación es 0.000 siendo menor a 0.05 por tanto hay diferencia significativa de las medias. Y comparando entre las etapas durante la cuarentena se verifica que entre ellas hay una significación mayor a 0.05 concluyendo que no hay diferencia significativa entre medias. Con esto se puede ver que la cuarentena pudo afectar el comportamiento de O<sub>3</sub>, y que durante la cuarentena se mantuvo homogénea.

O3	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		0.026	1.000	0.066	1.000	1.000	0.000
1.º prórroga	0.000	0.026		0.157	0.000	0.010	0.047	0.000
2.º prórroga	0.000	1.000	0.157		0.008	1.000	1.000	0.000
3.º prórroga	0.000	0.066	0.000	0.008		0.428	0.109	0.900
4.º prórroga	0.000	1.000	0.010	1.000	0.428		1.000	0.003
5.º prórroga	0.000	1.000	0.047	1.000	0.109	1.000		0.000
6.º prórroga	0.000	0.000	0.000	0.000	0.900	0.003	0.000	

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

Tabla 27. ANOVA de O<sub>3</sub> estación Mompeán

En el caso de la estación de Valle se observan las barras de error en la Figura 30 d), en la cual el valor mínimo corresponde a la etapa anterior al estado de alarma y que durante la cuarentena se mantienen en un rango. Realizando el análisis ANOVA, en la Tabla 28 muestra que al comparar la etapa antes de la cuarentena con todas las que están durante la

cuarentena la significación es 0.000, siendo que hay diferencia significativa de las medias. Durante la cuarentena se verifica que la significación tiende a ser mayor a 0.05 por tanto no hay diferencia significativa entre las medias. Con estos resultados se puede observar que el O<sub>3</sub> es afectado por la cuarentena y que la media se mantiene constante durante el periodo de la cuarentena.

	Ene-feb 13 marzo	Inicio	1.º prórroga	2.º prórroga	3.º prórroga	4.º prórroga	5.º prórroga	6.º prórroga
Ene-feb 13 marzo		0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Inicio	0.000		0.000	0.015	1.000	0.000	0.209	0.067
1.º prórroga	0.000	0.000		0.013	0.000	1.000	0.144	0.971
2.º prórroga	0.000	0.015	0.013		0.012	0.005	1.000	1.000
3.º prórroga	0.000	1.000	0.000	0.012		0.000	0.099	0.030
4.º prórroga	0.000	0.000	1.000	0.005	0.000		0.057	0.816
5.º prórroga	0.000	0.209	0.144	1.000	0.099	0.057		1.000
6.º prórroga	0.000	0.067	0.971	1.000	0.030	0.816	1.000	

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

Tabla 28. ANOVA de O<sub>3</sub> estación Valle

Con estos resultados se pudo verificar un aparente efecto de la cuarentena sobre el comportamiento del ozono. Sin embargo también se observa que al momento de la desescalada los valores de ozono se mantienen altos, demostrando la posible existencia de otro parámetro que se redujo durante la cuarentena y que evita que se consuma el ozono. Y que no corresponde a ninguno de los contaminantes anteriormente estudiados.

### 5.3.3. Barras de error de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> por horas

Teniendo en cuenta que el Ozono tiene una relación inversa con los compuestos nitrogenados se realizaron las graficaron para determinar si existe alguna variación durante el día del NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> antes y durante la cuarentena. Para realizar la comparación en primera instancia se separaron los datos del año 2020 en datos que pertenecen a la etapa antes de la cuarentena y durante la cuarentena. Después de identificar a los datos se grafica mediante barras de error los datos en una situación normal es decir antes de la cuarentena, y luego se realiza la gráfica durante la cuarentena, para verificar su comportamiento.

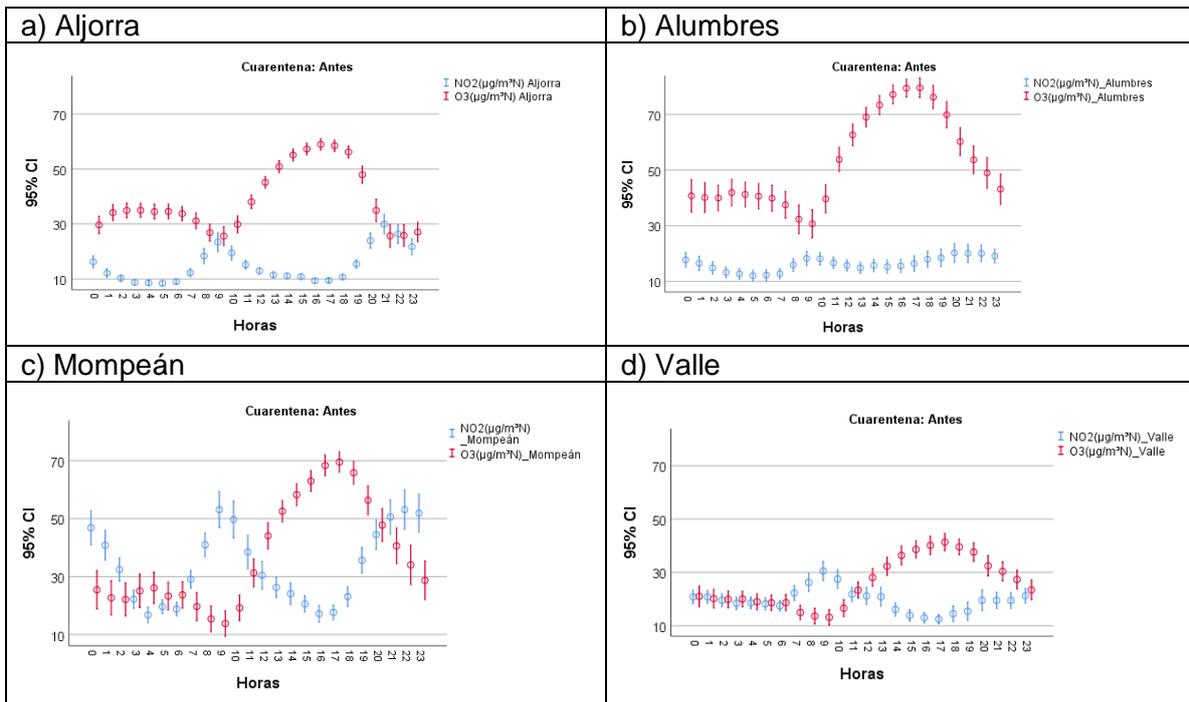


Figura 31. Barras de error de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> por horas del día, antes de la cuarentena

Como se puede observar los resultados de la etapa antes de la cuarentena en la Figura 31, cuando la media de NO<sub>2</sub> disminuye la media de O<sub>3</sub> aumenta y viceversa, comportamiento que se repite para todas las estaciones. Además se puede identificar que durante la mañana en todas las estaciones el pico de NO<sub>2</sub> es a las 9 coincidiendo con las horas picos de tráfico para todas las estaciones. En cambio en la noche en la estación de aljorra el pico es a las 21, estación de Mompeán y Valle a las 22 y para la estación de Alumbre no muestra un pico a un ahora específica.

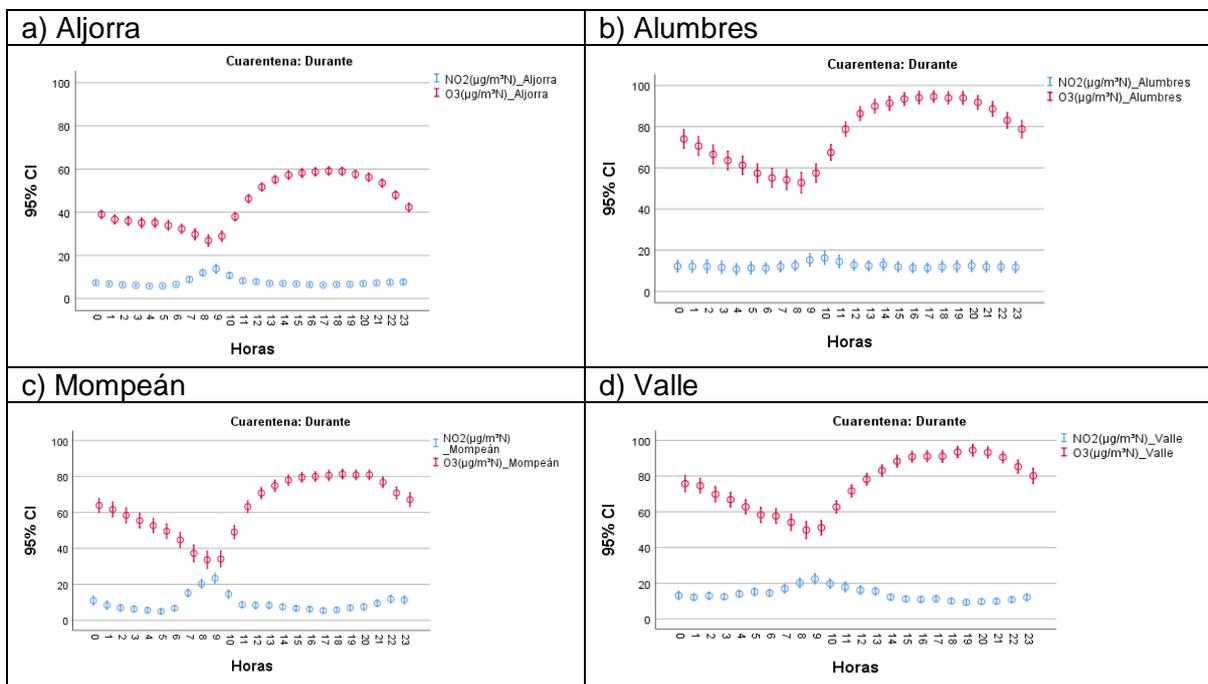


Figura 32. Barras de error de NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub> por horas del día, durante la cuarentena

El comportamiento de  $\text{NO}_2$  y  $\text{O}_3$  es diferente durante la cuarentena comparando con el periodo anterior a la cuarentena como se observa en la Figura 32. Lo que se destaca es que desaparece el pico por las noches quedando solo el pico de la mañana. Otro resultado es que las curvas no se cruzan como cuando correspondía a la etapa antes de la cuarentena. Esto se puede deber que durante la cuarentena solo estaba permitido la movilidad de vehículos durante el día y solo con autorización, es por eso que la concentración de tráfico es mayor por la mañana.

Además poniendo énfasis netamente en los datos, se puede observar que la variación de los datos en el periodo anterior a la cuarentena tiene mayor dispersión comparando con el periodo durante la cuarentena.

#### 5.4. Análisis complementario para verificar el comportamiento $\text{SO}_2$

Como se había comentado anteriormente, al realizar un estudio pormenorizado se observa una gran variabilidad en los datos de  $\text{SO}_2$ , sobre todo en las estaciones de Alumbres y Valle. En este sentido, se verifica el comportamiento del  $\text{SO}_2$  en los años 2018 y 2019, con las mismas etapas del estado de alarma.

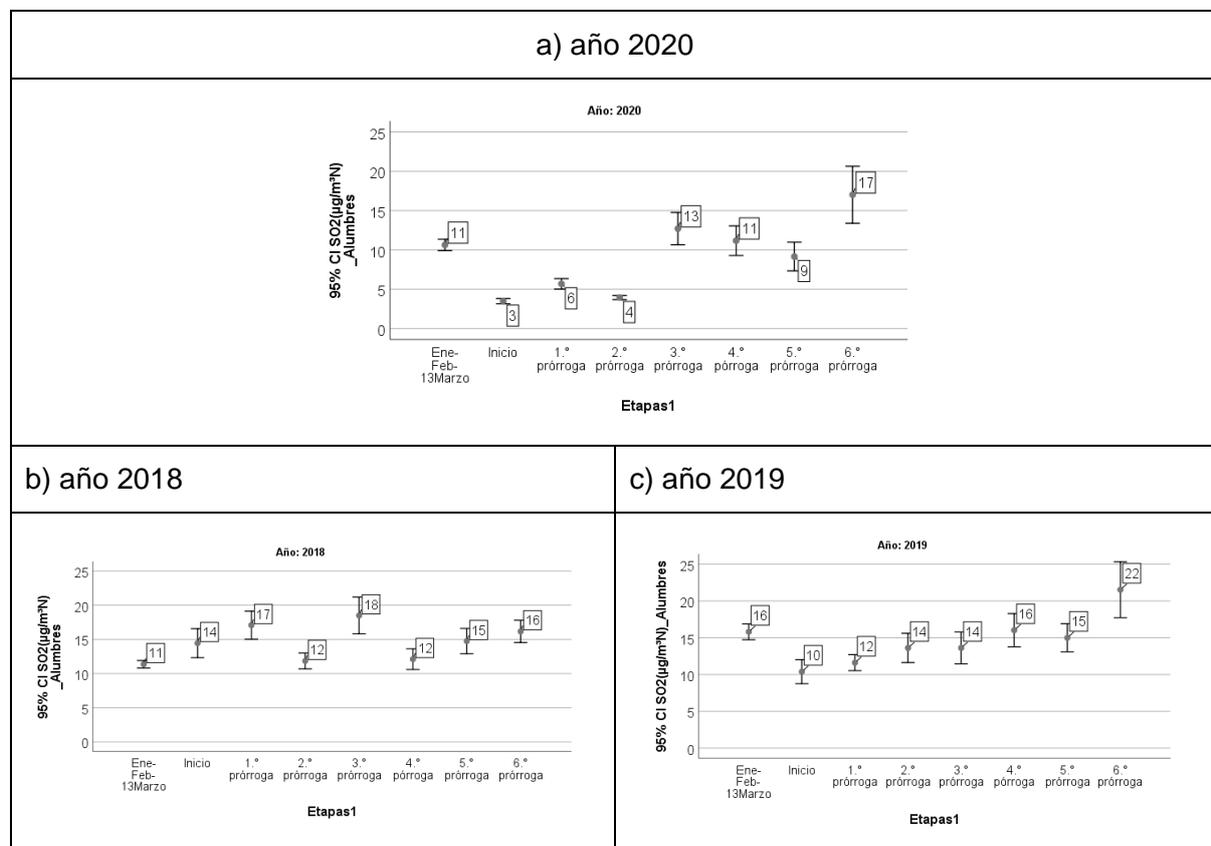


Figura 33. Comportamiento de  $\text{SO}_2$  en años 2018, 2019 y 2020 estación Alumbres

En la Figura 33 se puede observar que cada año tiene su propio comportamiento, además la dispersión de los datos los tres años aparentan estar en un rango. Las barras de error para

la estación de Alumbres no muestran una tendencia definida, y se observa una gran variabilidad en los datos para los tres años.

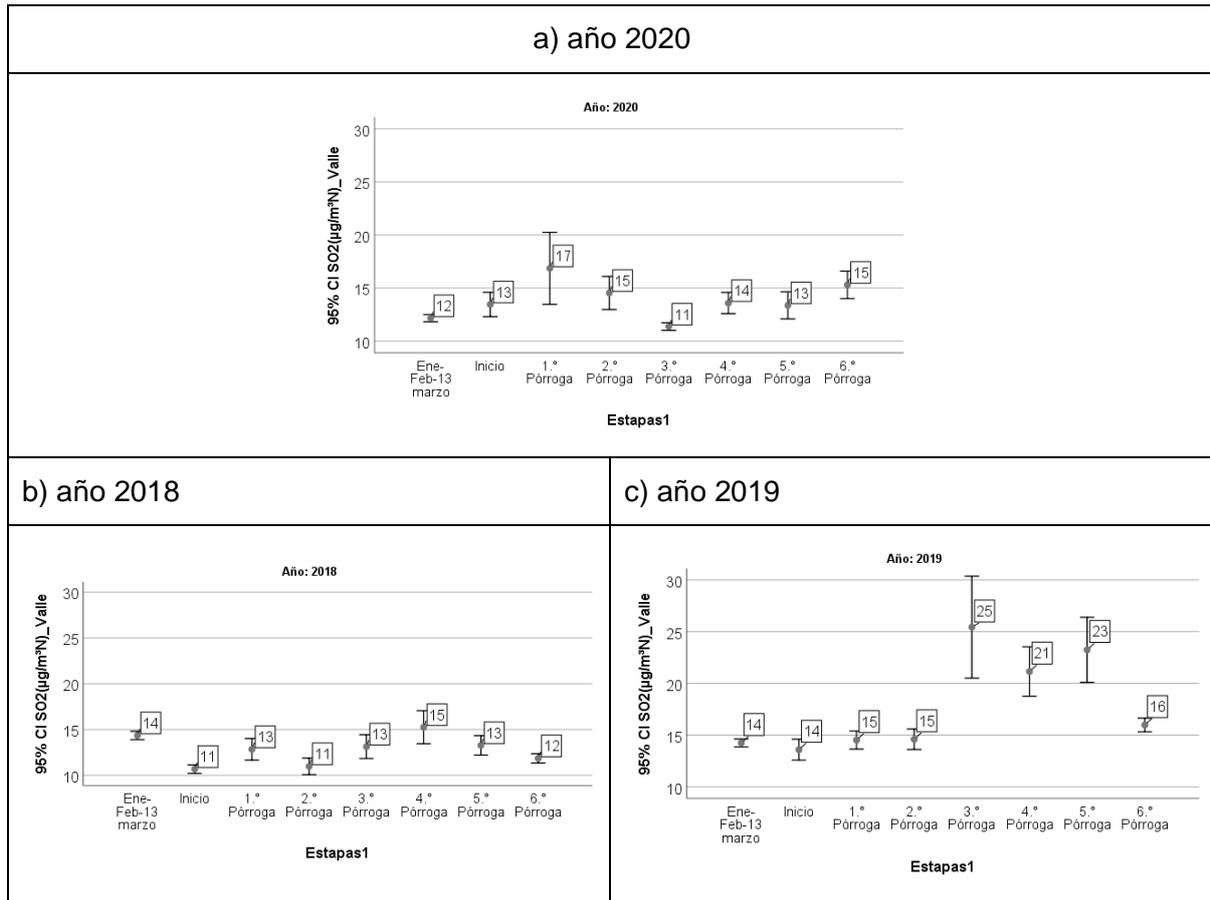


Figura 34. Comportamiento de SO<sub>2</sub> en años 2018, 2019 y 2020 estación Valle

En cuanto a la estación de Valle se puede observar en la Figura 34 que cada año tiene su propia peculiaridad, además que los datos se mantienen en un rango. Sin embargo en la Figura 34 c) correspondiente al año 2019 se identifican picos en tres etapas, y mayor dispersión de los datos, para luego regresar a la tendencia.

Con estos resultados se pueden concluir que en la estación de Valle se tiene la tendencia a variar el comportamiento de los datos, y que en momentos determinados tienden a aumentar las concentraciones de este contaminante. Esto puede explicarse, como ya se mencionó anteriormente, que esta estación se encuentra en una zona industrial.

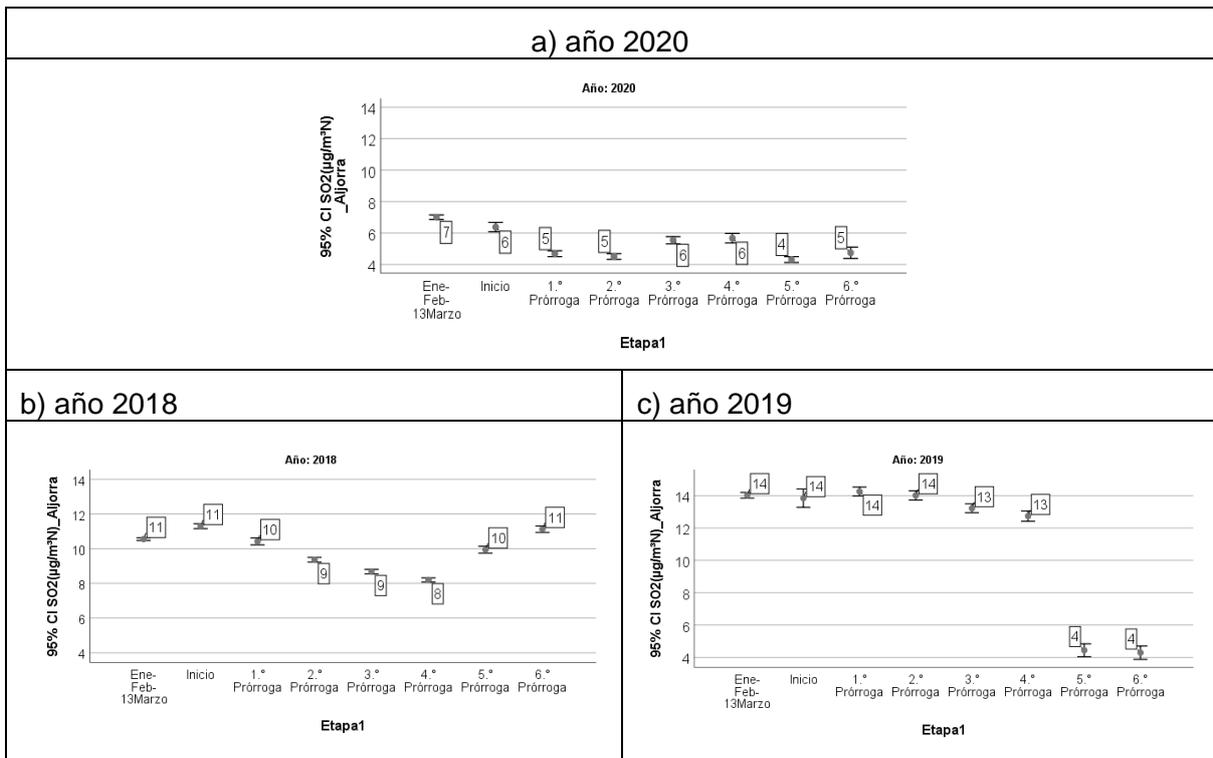


Figura 35. Comportamiento de SO<sub>2</sub> en años 2018, 2019 y 2020 estación Aljorra

La Figura 35 muestra el comportamiento de SO<sub>2</sub> para la estación de Aljorra, donde cada año tiene su propio comportamiento, por tanto no tiene una tendencia clara. Añadir que se puede observar una baja dispersión de los datos en los tres años.

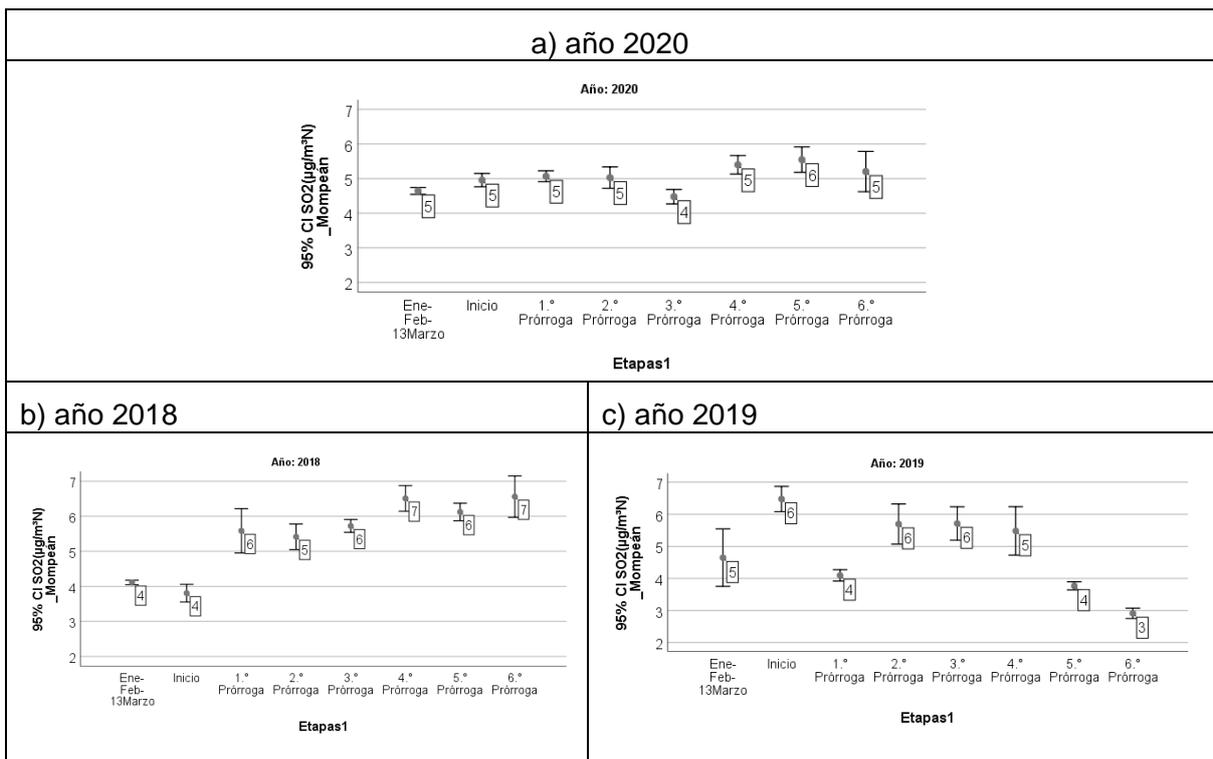


Figura 36. Comportamiento de SO<sub>2</sub> en años 2018, 2019 y 2020 estación Mompeán

En cuanto a la estación de Mompeán, en la Figura 36 se observa que cada año tiene su propio comportamiento del contaminante SO<sub>2</sub>. Además, destacar que para los años 2018 y 2019 tiene mayor variabilidad comparando con el año 2020, sería necesario verificar otras variables que afectan a este contaminante.

Para concluir, con estos resultados se puede verificar que el contaminante SO<sub>2</sub> tiene diferente comportamiento en las cuatro estaciones estudiadas, sería necesario realizar mayores estudios para entender las variables causantes. En este sentido no se podría atribuir a la cuarentena como promotor del comportamiento de este contaminante.

### **5.5. Comparación de resultados con otros estudios**

Con el fin de corroborar los resultados obtenidos para este estudio, se realizó la búsqueda de investigaciones recientes relacionadas con el tema. Entre ellos se destacan los que se describirán a continuación.

El primer artículo es una investigación realizada en España, mediante una plataforma de análisis visual para explorar indicadores climáticos y la calidad del aire asociados a la pandemia COVID-19, DatAC (por sus siglas Data Against COVID-19). Los resultados obtenidos fueron la disminución de los contaminantes NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, PM<sub>2.5</sub> y PM<sub>10</sub> durante la cuarentena y el aumento de los niveles de O<sub>3</sub>, en todo el territorio español. Este estudio fue realizado durante los meses de febrero hasta junio del presente año (Martorell-Marugán et al., 2021). Comparando con los resultados obtenidos en este estudio, estos son similares ya que también observó la disminución de los niveles de NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> y PM<sub>10</sub>, además del aumento en los niveles de O<sub>3</sub>.

Según el artículo el comportamiento de los contaminantes impactaron más en las áreas urbanas que en las rurales. En comparación con los resultados de este estudio se observó que Mompeán aparenta mayor disminución de NO<sub>2</sub>, por lo que los ambos resultados tienen la misma tendencia.

En otra investigación analizaron el comportamiento de NO<sub>2</sub> en área metropolitana de Madrid y Barcelona, los resultados obtenidos fueron la disminución significativa de este contaminante. El periodo de estudio se llevó a cabo durante el mes de marzo de 2020, con datos de 24 y 9 estaciones en Madrid y Barcelona respectivamente. En este estudio atribuyen esta disminución a la drástica reducción del tráfico (Baldasano, 2020). El presente estudio muestra una reducción del NO<sub>2</sub> en la Comarca de Cartagena, por tanto los resultados tienen la misma tendencia.

Otro artículo realiza el análisis de contaminantes atmosféricos durante la cuarentena desde el 15 de marzo al 12 de abril de 2020. Se seleccionaron 11 ciudades de España, entre las

cuales no está incluida la Región de Murcia. La metodología utilizada en este estudio es mediante un modelo de regresión para medir el comportamiento de los contaminantes, considerando la influencia meteorológica. Los resultados obtenidos muestran mejoras en los niveles de NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub> y PM10 en algunas ciudades estudiadas y un aumento de los niveles de O<sub>3</sub> (Briz-redón et al., 2021). Comparando con este estudio se puede verificar que se tiene la misma tendencia ya que se verifica que se tuvo el mismo comportamiento para estos contaminantes en la Comarca de Cartagena.

## 6. CONCLUSIONES

Se estudiaron las variaciones de los contaminantes en la atmósfera durante el estado de alarma, declarada a causa del coronavirus SARS-CoV-2. Este estudio se realizó con datos de cuatro estaciones en la Comarca de Cartagena, mediante un análisis estadístico.

Los resultados indican la reducción en los niveles de NO, NO<sub>2</sub> y NO<sub>x</sub> durante el estado de alarma, esto puede deberse a la reducción del tráfico sobre todo en la zona urbana. Por otro lado, aumentaron los niveles de O<sub>3</sub>, manteniéndose en un mismo rango, esto podría deberse a que existe otro parámetro, que se redujo durante la cuarentena evitando el consumo de ozono, sería necesario realizar mayores estudios sobre el tema.

En cuanto al PM<sub>10</sub> se observó una reducción de los niveles durante la cuarentena, sin embargo sería necesario identificar las fuentes potenciales de emisión, ya que no se puede atribuir solamente a la reducción del tráfico. En cuanto a los niveles de SO<sub>2</sub>, no se vieron afectados por la cuarentena, esto puede deberse a que es un contaminante que se origina principalmente por la industria.

Finalmente con estos resultados se verifica que hay un aparente impacto de la cuarentena sobre la calidad del aire en la Comarca de Cartagena, en especial, durante la fase inicial del estado de alarma, correspondiente a las etapas con medidas más restrictivas. Sin embargo sería recomendable tomar otros factores como ser los climáticos, para verificar su influencia.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Acter, T., Uddin, N., Das, J., Akhter, A., Choudhury, T. R., & Kim, S. (2020). Evolution of severe acute respiratory syndrome coronavirus 2 (SARS-CoV-2) as coronavirus disease 2019 (COVID-19) pandemic: A global health emergency. *Science of the Total Environment*, 730, 138996. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138996>
- Autoridad Portuaria de Cartagena. (2017). *Puerto de Cartagena. Autoridad Portuaria de Cartagena. 2016* (Autoridad). España, Cartagena: I.S.S.N.
- Ayuntamiento Cartagena. (2020). Población. Recuperado 3 de noviembre de 2020, de <https://www.cartagena.es/poblacion.asp>
- Bakieva, M., Such, J., & Jornet, J. (2010). SPSS: ANOVA de un factor. *Universidad de Valencia: Grupo de Innovación Educativa*, 1-7.
- Baldasano, J. M. (2020). COVID-19 lockdown effects on air quality by NO<sub>2</sub> in the cities of Barcelona and Madrid (Spain). *Science of the Total Environment*, 741(2). <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.140353>
- Briz-redón, Á., Belenguer-sapiña, C., & Serrano-aroca, Á. (2021). Changes in air pollution during COVID-19 lockdown in Spain: A multi-city study, 101, 16-26. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2020.07.029>
- Ceballos, M. A., Segura, P., Gutiérrez, E., Ramos, P., Cuenca, L., García, M., ... Blázquez, N. (2020). *Efectos de la crisis de la COVID-19 en la calidad del aire urbano en España. Resultados provisionales a 31 de marzo de 2020 por las 24 principales ciudades*.
- Dirección General de Medio Ambiente. (2018). INFORME FINAL . PLAN DE MEJORA DE LA CALIDAD DEL AIRE DE LA REGIÓN DE MURCIA 2016-2018 . Conclusiones Finales, 29, 1-110.
- Dirección General de Medio Ambiente. (2020a). Calidad del Aire Murcia, Red de vigilancia. Recuperado 4 de diciembre de 2020, de <https://sinqlair.carm.es/calidadaire/redvigilancia/redvigilancia.aspx>
- Dirección General de Medio Ambiente. (2020b). Ficha de la Estación Aljorra. Recuperado 11 de abril de 2020, de <https://sinqlair.carm.es/calidadaire/estaciones/estacion.aspx?Aljorra>
- Dirección General de Medio Ambiente. (2020c). Ficha de la Estación de Alumbres. Recuperado 4 de noviembre de 2020, de <https://sinqlair.carm.es/calidadaire/estaciones/estacion.aspx?Alumbres>
- Dirección General de Medio Ambiente. (2020d). Ficha de la Estación de Mompeán.

Recuperado 4 de noviembre de 2020, de <https://sinqlair.carm.es/calidadaire/estaciones/estacion.aspx?Mompeán>

Dirección General de Medio Ambiente. (2020e). Ficha de la Estación Valle. Recuperado 4 de noviembre de 2020, de <https://sinqlair.carm.es/calidadaire/estaciones/estacion.aspx?Valle de Escombreras>

Donohue, M. (2018). Sulfur Part I : Sulfur and Sulfur Compounds in the Environment Sulfur ( S ). Recuperado 12 de mayo de 2020, de [https://nanopdf.com/download/sulfur-part-i-sulfur-and-sulfur-compounds-in-the\\_pdf#](https://nanopdf.com/download/sulfur-part-i-sulfur-and-sulfur-compounds-in-the_pdf#)

Dutheil, F., Baker, J. S., & Navel, V. (2020). COVID-19 as a factor influencing air pollution? *Environmental Pollution*, 263, 2019-2021. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2020.114466>

España. Ministerio de la Presidencia. (2011). Real Decreto 102/2011, de 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. *Boletín oficial del estado*, 25, 9574-9626.

España. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto-ley 10/2020, de 29 de marzo, por el que se regula un permiso retribuido recuperable para las personas trabajadoras por cuenta ajena que no presten servicios esenciales, con el fin de reducir la movilidad de la población en el contexto de la I (2020). Recuperado de [moz-extension://bbbfae41-8f9a-41a2-95ab-1da8dec0f23e/enhanced-reader.html?openApp&pdf=https%3A%2F%2Fwww.boe.es%2Fboe%2Fdias%2F2020%2F03%2F29%2Fpdfs%2FBOE-A-2020-4166.pdf](https://www.boe.es/diario/BOL-E-ESTADO/2020/marzo/29/BOE-A-2020-4166.pdf)

España. Ministerio de la Presidencia. (2020b). Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19. *Boletín Oficial del Estado*, 67(l), 25390-25400. Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/03/14/463/dof/spa/pdf>

España. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 476/2020, de 27 de marzo, por el que se prorroga el estado de alarma por el Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19., *Boletín Oficial del Estado* § (2020).

España. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 487/2020, de 10 Abril, por el que se prorroga el estado de alarma por el Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-19, *Boletín Oficial del Estado* § (2020). Recuperado de <https://www.boe.es/eli/es-vc/l/2019/02/05/1>

España. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 492/2020, de 24 de abril, por el que se

prorroga el estado de alarma declarado por el Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID, Boletín Oficial del Estado § (2020). Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2020/04/25/pdfs/BOE-A-2020-4652.pdf>

España. Ministerio de la Presidencia. (2020f). Real Decreto 514/2020, de 8 de mayo, por el que se prorroga el estado de alarma declarado por el Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-1. *Boletín Oficial del Estado*, 129, 31952-31960.

España. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 537/2020, de 22 de mayo, por el que se prorroga el estado de alarma declarado por el Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-, Boletín Oficial del Estado § (2020).

España. Ministerio de la Presidencia. Real Decreto 555/2020, de 5 de junio, por el que se prorroga el estado de alarma declarado por el Real Decreto 463/2020, de 14 de marzo, por el que se declara el estado de alarma para la gestión de la situación de crisis sanitaria ocasionada por el COVID-, Boletín Oficial del Estado § (2020). Recuperado de <https://www.boe.es/boe/dias/2020/06/06/pdfs/BOE-A-2020-5767.pdf>

España. Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera. (2007).

España. Resolución conjunta entre las direcciones generales de: "Medio Ambiente y mar menor, salud pública y adicciones, agricultura, ganadería, pesca y agricultura y medio natural. En relación a prácticas de quemas en el sector agrícola., 55 § (2019).

European Environment Agency. (2013). *Air Quality in Europe - 2013 Report*. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. <https://doi.org/10.2800/92843>

European Environment Agency. (2020). Air pollution goes down as Europe takes hard measures to combat coronavirus. Recuperado 25 de abril de 2020, de <https://www.eea.europa.eu/highlights/air-pollution-goes-down-as>

Frías Navarro, D. (s. f.). ANALIZAR □ Comparar medias, 1-23. Recuperado de <https://www.uv.es/~friasnav/Posthoc.pdf>

Fundación Integra. (2020a). ALUMBRES. Recuperado 21 de julio de 2020, de <https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=a,320>

Fundación Integra. (2020b). LA ALJORRA. Recuperado 20 de julio de 2020, de

<https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=a,318>

Fundación Integra. (2020c). MUNICIPIO DE CARTAGENA. Recuperado 20 de julio de 2020, de <https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=a,75>

Fundación Integra. (2020d). Región, comarca, diputación. Recuperado 28 de julio de 2020, de <https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,567,m,2140,a,75>

Fundación Integra. (2020e). SITUACIÓN DE CARTAGENA. Recuperado 27 de julio de 2020, de [https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=a,51&r=MUP-3-DATOS\\_BASICOS\\_GUIA\\_BASIC](https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=a,51&r=MUP-3-DATOS_BASICOS_GUIA_BASIC)

Fundación Integra. (2020f). VALLE DE ESCOMBRERAS. Recuperado 25 de julio de 2020, de <https://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=a,301>

García Bellido, R., González Such, J., & Jornet Meliá, J. M. (2010). Pruebas no Paramétricas. SPSS. Kolmogorov Smirnov. *Grupo de innovación Educativa. Universidad de Valencia*, 1-5. Recuperado de [http://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS\\_0802A.pdf](http://www.uv.es/innomide/spss/SPSS/SPSS_0802A.pdf)

García Revilla, M. (2018). Turismo cultural en la Región de Murcia (España). *Cultural tourism in Murcia Region (Spain)*, 4(1), 549-567.

Geert, R. (2020). SPSS-What Is It? Recuperado 23 de octubre de 2020, de <https://www.spss-tutorials.com/spss-what-is-it/>

Google. (s. f.-a). Mapa de ubicación Puerto de Cartagena, Cartagena, Murcia. Recuperado 4 de diciembre de 2020, de <https://www.google.com/maps/place/Puerto+Cartagena/@37.5930652,-0.9799341,3342m/data=!3m1!1e3!4m8!1m2!2m1!1spuerto+de+cartagena!3m4!1s0x0:0x6701fc2b68438fa2!8m2!3d37.5944863!4d-0.9704393>

Google. (s. f.-b). Mapa de ubicación Puerto de Escombreras, Cartagena, Murcia. Recuperado 4 de diciembre de 2020, de <https://www.google.com/maps/place/Puerto+Escombreras+Graneles/@37.5726292,-0.9566272,591m/data=!3m2!1e3!4b1!4m5!3m4!1s0xd6341179687c1f9:0x8a1751efea9da58!8m2!3d37.572625!4d-0.9544385>

Jones. (2000). Atmospheric Structure and Composition. Recuperado 12 de mayo de 2020, de [http://samples.jbpub.com/9781284032307/9781284028775\\_CH02\\_Rohli3e\\_SECURE.pdf](http://samples.jbpub.com/9781284032307/9781284028775_CH02_Rohli3e_SECURE.pdf)

Lamoncloa. (2020). Cronología del Estado de Alarma. Recuperado 22 de julio de 2020, de [Www.lamoncloa.gob.es](http://Www.lamoncloa.gob.es)

Manahan, S. E. (2005). *Environmental Chemistry* (8th ed). Boca Ratón.

Martorell-Marugán, J., Villatoro-García, J. A., García-Moreno, A., López-Domínguez, R., Requena, F., Merelo, J. J., ... Carmona-Sáez, P. (2021). DatAC: A visual analytics platform to explore climate and air quality indicators associated with the COVID-19 pandemic in Spain. *Science of the Total Environment*, 750, 141424. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141424>

Monks, P. S., Archibald, A. T., Colette, A., Cooper, O., Coyle, M., Derwent, R., ... Williams, M. L. (2015). Tropospheric ozone and its precursors from the urban to the global scale from air quality to short-lived climate forcer. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 15(15), 8889-8973. <https://doi.org/10.5194/acp-15-8889-2015>

Muhammad, S., Long, X., & Salman, M. (2020). COVID-19 pandemic and environmental pollution: A blessing in disguise? *Science of the Total Environment*, 728, 138820. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138820>

Oke, T., Mills, G., Christen, A., & Voogt, J. (2017). *Air Pollution. In Urban Climates*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781139016476.012>

Organización Mundial de la Salud. (2014). 7 millones de muertes cada año debidas a la contaminación atmosférica. Recuperado 4 de diciembre de 2020, de <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2014/air-pollution/es/>

Parlamento Europeo, C. de la U. E. (2005). Directiva 2004/107/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de diciembre de 2004, relativa al arsénico, el cadmio, el mercurio, el níquel y los hidrocarburos aromáticos policíclicos en el aire ambiente. *Diario Oficial de la Unión Europea*, 23(26 de enero de 2005), 3-16. Recuperado de <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107&from=en>

Parlamento Europeo, C. de la U. E. Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa, Diario Oficial de la Unión Europea. Serie L § (2008). Recuperado de <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/PT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32008L0050>

Parlamento Europeo, C. de la U. E. DIRECTIVA 2015/1480 DE LA COMISIÓN de 28 de agosto de 2015 por la que se modifican varios anexos de las Directivas 2004/107/CE y 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo en los que se establecen las normas relativas a los métodos de referencia, la (2015).

## 8. ANEXOS

### ANEXO A. Estadística descriptiva

Estación Aljorra

		Estadísticos					
		SO2 (µg/m³N) Aljorra	NO (µg/m³N) Aljorra	NO2 (µg/m³N) Aljorra	PM10 (µg/m³N) Aljorra	NOx (µg/m³N) Aljorra	O3 (µg/m³N) Aljorra
N	Válido	3911	3909	3909	3855	3909	3909
	Perdidos	73	75	75	129	75	75
Media		10.12	4.53	13.72	20.55	20.59	57.71
Error estándar de la media		.029	.076	.131	.269	.219	.318
Mediana		10.00	4.00	11.00	17.00	17.00	60.00
Moda		11	4	9	7	15	76
Desv. Desviación		1.802	4.731	8.218	16.724	13.716	19.903
Varianza		3.248	22.385	67.531	279.707	188.142	396.146
Rango		17	119	65	342	226	111
Mínimo		4	2	3	1	6	2
Máximo		21	121	68	343	232	113
Suma		39588	17696	53615	79204	80487	225575
Percentiles	25	9.00	3.00	9.00	10.00	14.00	45.00
	50	10.00	4.00	11.00	17.00	17.00	60.00
	75	11.00	4.00	15.00	26.00	21.00	73.00

a. Año = 2018

		Estadísticos					
		SO2 (µg/m³N) Aljorra	NO (µg/m³N) Aljorra	NO2 (µg/m³N) Aljorra	PM10 (µg/m³N) Aljorra	NOx (µg/m³N) Aljorra	O3 (µg/m³N) Aljorra
N	Válido	3695	3545	3545	3791	3545	3754
	Perdidos	289	439	439	193	439	230
Media		12.99	5.61	15.71	24.61	24.13	60.53
Error estándar de la media		.074	.098	.212	.314	.320	.360
Mediana		13.00	4.00	12.00	21.00	19.00	63.00
Moda		13	4	8	18	17	81
Desv. Desviación		4.498	5.829	12.614	19.315	19.061	22.054
Varianza		20.231	33.973	159.105	373.054	363.324	486.378
Rango		63	101	83	405	232	123
Mínimo		0	1	2	1	3	2
Máximo		63	102	85	406	235	125
Suma		47983	19890	55709	93315	85540	227241
Percentiles	25	11.00	3.00	8.00	14.00	15.00	45.00
	50	13.00	4.00	12.00	21.00	19.00	63.00
	75	15.00	6.00	18.00	30.00	26.00	78.00

a. Año = 2019

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m³N) Aljorra	NO (µg/m³N) Aljorra	NO2 (µg/m³N) Aljorra	PM10 (µg/m³N) Aljorra	NOx (µg/m³N) Aljorra	O3 (µg/m³N) Aljorra
N	Válido	3863	3984	3984	3999	3984	3984
	Perdidos	145	24	24	9	24	24
Media		5.94	2.99	10.74	23.79	15.22	42.17
Error estándar de la media		.045	.055	.133	.415	.192	.254
Mediana		6.00	3.00	8.00	18.00	12.00	43.00
Moda		5	3	5	13	9	52
Desv. Desviación		2.826	3.460	8.420	26.234	12.112	16.044
Varianza		7.985	11.973	70.894	688.200	146.702	257.418
Rango		35	85	64	368	187	88
Mínimo		2	1	2	1	3	2
Máximo		37	86	66	369	190	90
Suma		22928	11911	42785	95142	60626	167999
Percentiles	25	4.00	2.00	5.00	12.00	9.00	31.00
	50	6.00	3.00	8.00	18.00	12.00	43.00
	75	7.00	3.00	13.00	26.00	17.00	54.00

a. Año = 2020

### Estadísticos<sup>a</sup>

		Tolueno (µg/m³N) Aljorra	Benceno (µg/m³N) Aljorra	Xileno (µg/m³N) Aljorra
N	Válido	0	0	0
	Perdidos	3984	3984	3984

a. Año = 2018

### Estadísticos<sup>a</sup>

		Tolueno (µg/m³N)_Aljorra	Benceno (µg/m³N)_Aljorra	Xileno (µg/m³N)_Aljorra
N	Válido	543	543	543
	Perdidos	3441	3441	3441
Media		.54	.15	.29
Error estándar de la media		.019	.003	.012
Mediana		.40	.10	.20
Moda		0	0	0
Desv. Desviación		.432	.079	.280
Varianza		.187	.006	.078
Rango		3	1	3
Mínimo		0	0	0
Máximo		4	1	3
Suma		291	82	156
Percentiles	25	.30	.10	.20
	50	.40	.10	.20
	75	.60	.20	.30

a. Año = 2019

### Estadísticos<sup>a</sup>

		Tolueno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	Benceno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	Xileno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra
N	Válido	3880	3880	3880
	Perdidos	128	128	128
Media		.61	.38	.65
Error estándar de la media		.012	.009	.014
Mediana		.30	.20	.20
Moda		0	0	0
Desv. Desviación		.731	.550	.846
Varianza		.534	.302	.716
Rango		18	18	18
Mínimo		0	0	0
Máximo		19	18	18
Suma		2367	1456	2517
Percentiles	25	.30	.10	.20
	50	.30	.20	.20
	75	.70	.50	1.00

a. Año = 2020

### Estación Alumbres

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	NO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	NO2 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	NOx ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	O3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres
N	Válido	3950	2589	2589	3967	2589	3804
	Perdidos	34	1395	1395	17	1395	180
Media		13.41	6.93	20.26	17.20	30.72	76.69
Error estándar de la media		.250	.138	.286	.172	.459	.430
Mediana		8.00	4.00	15.00	15.00	22.00	79.00
Moda		7	4	9	7	14	88
Desv. Desviación		15.707	7.005	14.542	10.850	23.349	26.540
Varianza		246.717	49.071	211.470	117.731	545.180	704.371
Rango		153	91	109	85	236	131
Mínimo		3	3	4	1	8	6
Máximo		156	94	113	86	244	137
Suma		52951	17935	52444	68232	79523	291744
Percentiles	25	7.00	4.00	10.00	9.00	16.00	58.00
	50	8.00	4.00	15.00	15.00	22.00	79.00
	75	11.00	7.00	26.00	23.00	37.00	97.00

a. Año = 2018

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m³N) Alumbres	NO (µg/m³N) Alumbres	NO2 (µg/m³N) Alumbres	PM10 (µg/m³N) Alumbres	NOx (µg/m³N) Alumbres	O3 (µg/m³N) Alumbres
N	Válido	3978	2197	2197	3980	2197	3978
	Perdidos	6	1787	1787	4	1787	6
Media		14.86	7.00	18.53	18.99	29.09	75.98
Error estándar de la media		.328	.122	.305	.189	.466	.460
Mediana		8.00	5.00	14.00	17.00	22.00	79.00
Moda		7	5	6	16	15	101
Desv. Desviación		20.712	5.726	14.276	11.905	21.847	29.026
Varianza		428.980	32.792	203.791	141.739	477.291	842.532
Rango		188	51	97	209	138	133
Mínimo		4	2	3	1	4	5
Máximo		192	53	100	210	142	138
Suma		59098	15380	40705	75593	63919	302246
Percentiles	25	7.00	5.00	8.00	11.00	15.00	54.00
	50	8.00	5.00	14.00	17.00	22.00	79.00
	75	11.00	7.00	25.00	24.00	35.00	100.00

a. Año = 2019

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m³N) Alumbres	NO (µg/m³N) Alumbres	NO2 (µg/m³N) Alumbres	PM10 (µg/m³N) Alumbres	NOx (µg/m³N) Alumbres	O3 (µg/m³N) Alumbres
N	Válido	3983	3978	3978	4001	3978	3982
	Perdidos	25	30	30	7	30	26
Media		9.46	4.79	14.08	19.49	21.32	66.31
Error estándar de la media		.246	.106	.195	.353	.313	.432
Mediana		5.00	2.00	11.00	15.00	14.00	69.00
Moda		3	2	4	11	6	78 <sup>b</sup>
Desv. Desviación		15.550	6.682	12.330	22.359	19.728	27.269
Varianza		241.801	44.654	152.017	499.914	389.188	743.601
Rango		132	84	103	341	185	129
Mínimo		2	1	2	1	3	4
Máximo		134	85	105	342	188	133
Suma		37660	19049	56001	77983	84815	264031
Percentiles	25	3.00	2.00	5.00	10.00	8.00	45.00
	50	5.00	2.00	11.00	15.00	14.00	69.00
	75	6.00	4.00	18.00	22.00	26.00	89.00

a. Año = 2020

b. Existen múltiples modos. Se muestra el valor más pequeño.

**Estadísticos<sup>a</sup>**

		Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres	Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres	Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres
N	Válido	3309	3309	3309
	Perdidos	675	675	675
Media		3.083	1.081	2.305
Error estándar de la media		.0478	.0190	.0295
Mediana		2.600	.600	2.300
Moda		.6	.4	.9
Desv. Desviación		2.7477	1.0905	1.6979
Varianza		7.550	1.189	2.883
Rango		55.7	18.9	29.0
Mínimo		.6	.3	.8
Máximo		56.3	19.2	29.8
Suma		10200.1	3578.4	7628.0
Percentiles	25	1.700	.400	.900
	50	2.600	.600	2.300
	75	3.850	1.600	2.800

a. Año = 2018

**Estadísticos<sup>a</sup>**

		Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres	Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres	Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres
N	Válido	2813	2813	2813
	Perdidos	1171	1171	1171
Media		3.438	.585	1.691
Error estándar de la media		.0811	.0172	.0659
Mediana		2.900	.300	.400
Moda		.7	.3	.4
Desv. Desviación		4.3039	.9122	3.4946
Varianza		18.523	.832	12.212
Rango		75.7	8.7	61.4
Mínimo		.7	.3	.4
Máximo		76.4	9.0	61.8
Suma		9669.7	1645.4	4756.1
Percentiles	25	.700	.300	.400
	50	2.900	.300	.400
	75	4.500	.300	2.100

a. Año = 2019

**Estadísticos<sup>a</sup>**

		Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres	Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres	Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ ) _Alumbres
N	Válido	3854	3854	3854
	Perdidos	154	154	154
Media		1.224	1.030	1.232
Error estándar de la media		.0216	.0150	.0310
Mediana		.800	.700	.600
Moda		.1	.5	.1
Desv. Desviación		1.3423	.9298	1.9222
Varianza		1.802	.865	3.695
Rango		13.3	8.3	41.1
Mínimo		.1	.1	.1
Máximo		13.4	8.4	41.2
Suma		4717.1	3971.0	4746.3
Percentiles	25	.300	.400	.100
	50	.800	.700	.600
	75	1.700	1.300	1.500

a. Año = 2020

## Estación Mompeán

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	CO (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	NO (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	NO2 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	PM10 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	NOx (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	O3 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán
N	Válido	3800	3967	3727	3727	3965	3727	3968
	Perdidos	184	17	257	257	19	257	16
Media		4.99	.333	12.61	23.99	20.50	43.21	70.65
Error estándar de la media		.048	.0020	.317	.290	.176	.714	.501
Mediana		5.00	.300	7.00	19.00	19.00	30.00	77.00
Moda		4	.2	6	14	20	19	96
Desv. Desviación		2.982	.1247	19.325	17.729	11.072	43.565	31.530
Varianza		8.895	.016	373.467	314.324	122.598	1897.891	994.133
Rango		69	.8	241	104	82	474	135
Mínimo		1	.1	2	1	1	4	2
Máximo		70	.9	243	105	83	478	137
Suma		18943	1320.4	47002	89425	81272	161040	280337
Percentiles	25	4.00	.200	5.00	11.00	12.00	20.00	49.00
	50	5.00	.300	7.00	19.00	19.00	30.00	77.00
	75	6.00	.400	11.00	32.00	27.00	49.00	95.00

a. Año = 2018

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	CO (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	NO (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	NO2 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	PM10 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	NOx (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán	O3 (µg/m <sup>3</sup> N) Mompeán
N	Válido	3796	0	3924	3924	3922	3924	3787
	Perdidos	188	3984	60	60	62	60	197
Media		4.87		7.85	14.09	23.68	26.06	67.35
Error estándar de la media		.196		.141	.115	.199	.301	.541
Mediana		4.00		5.00	12.00	22.00	21.00	74.00
Moda		3		4	9	17	14	95
Desv. Desviación		12.098		8.818	7.234	12.466	18.877	33.296
Varianza		146.373		77.750	52.325	155.409	356.340	1108.655
Rango		687		125	45	158	230	132
Mínimo		1		3	4	1	10	2
Máximo		688		128	49	159	240	134
Suma		18478		30802	55278	92860	102266	255044
Percentiles	25	3.00		4.00	9.00	16.00	16.00	40.00
	50	4.00		5.00	12.00	22.00	21.00	74.00
	75	5.00		7.00	18.00	29.00	29.00	95.00

a. Año = 2019

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m³N) Mompeán	CO (µg/m³N) Mompeán	NO (µg/m³N) Mompeán	NO2 (µg/m³N) Mompeán	PM10 (µg/m³N) Mompeán	NOx (µg/m³N) Mompeán	O3 (µg/m³N) Mompeán
N	Válido	3933	3657	3886	3886	3952	3886	3936
	Perdidos	75	351	122	122	56	122	72
Media		4.90	.302	7.20	19.57	24.21	30.16	52.18
Error estándar de la media		.039	.0053	.272	.327	.355	.678	.449
Mediana		5.00	.200	2.00	13.00	20.00	15.00	58.00
Moda		5	.1	1	2	17	3	2
Desv. Desviación		2.456	.3191	16.925	20.360	22.331	42.293	28.188
Varianza		6.031	.102	286.446	414.510	498.657	1788.663	794.544
Rango		49	2.7	233	109	348	453	118
Mínimo		1	.1	1	2	2	3	1
Máximo		50	2.8	234	111	350	456	119
Suma		19271	1105.1	27964	76067	95697	117206	205373
Percentiles	25	3.00	.100	1.00	4.00	14.00	5.00	29.00
	50	5.00	.200	2.00	13.00	20.00	15.00	58.00
	75	6.00	.300	6.00	28.00	27.00	36.00	75.00

a. Año = 2020

### Estación Valle

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m³N) Valle	NO (µg/m³N) Valle	NO2 (µg/m³N) Valle	PM10 (µg/m³N) Valle	NOx (µg/m³N) Valle	O3 (µg/m³N) Valle
N	Válido	3968	3881	3881	3973	3881	0
	Perdidos	16	103	103	11	103	3984
Media		13.35	7.16	26.23	17.59	37.22	
Error estándar de la media		.163	.137	.248	.203	.424	
Mediana		11.00	4.00	21.00	15.00	28.00	
Moda		9	3	16	13	21	
Desv. Desviación		10.246	8.524	15.452	12.801	26.399	
Varianza		104.984	72.662	238.750	163.875	696.893	
Rango		181	128	108	181	263	
Mínimo		7	1	9	1	13	
Máximo		188	129	117	182	276	
Suma		52964	27774	101799	69871	144464	
Percentiles	25	9.00	3.00	16.00	9.00	21.00	
	50	11.00	4.00	21.00	15.00	28.00	
	75	14.00	8.00	31.00	23.00	42.00	

a. Año = 2018

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m³N) Valle	NO (µg/m³N) Valle	NO2 (µg/m³N) Valle	PM10 (µg/m³N) Valle	NOx (µg/m³N) Valle	O3 (µg/m³N) Valle
N	Válido	3979	3979	3979	3717	3979	3979
	Perdidos	5	5	5	267	5	5
Media		16.62	6.94	24.38	21.37	34.98	48.20
Error estándar de la media		.300	.138	.219	.284	.394	.313
Mediana		13.00	4.00	19.00	18.00	26.00	51.00
Moda		12	4	14	16	20	61
Desv. Desviación		18.946	8.729	13.836	17.332	24.851	19.726
Varianza		358.948	76.193	191.447	300.395	617.552	389.098
Rango		401	134	88	371	279	92
Mínimo		9	3	9	1	14	2
Máximo		410	137	97	372	293	94
Suma		66125	27616	97021	79440	139192	191804
Percentiles	25	12.00	4.00	14.00	12.00	21.00	35.00
	50	13.00	4.00	19.00	18.00	26.00	51.00
	75	15.00	6.00	30.00	27.00	40.00	63.00

a. Año = 2019

### Estadísticos<sup>a</sup>

		SO2 (µg/m³N) Valle	NO (µg/m³N) Valle	NO2 (µg/m³N) Valle	PM10 (µg/m³N) Valle	NOx (µg/m³N) Valle	O3 (µg/m³N) Valle
N	Válido	3989	3989	3989	4001	3989	3989
	Perdidos	19	19	19	7	19	19
Media		13.19	4.16	16.33	20.26	22.23	54.03
Error estándar de la media		.201	.114	.188	.392	.327	.507
Mediana		11.00	2.00	12.00	15.00	15.00	52.00
Moda		11	2	8	12	11	3
Desv. Desviación		12.722	7.220	11.844	24.815	20.658	32.018
Varianza		161.852	52.135	140.273	615.786	426.743	1025.147
Rango		392	126	97	357	249	153
Mínimo		8	2	3	1	5	2
Máximo		400	128	100	358	254	155
Suma		52614	16576	65159	81068	88677	215531
Percentiles	25	10.00	2.00	8.00	10.00	11.00	27.00
	50	11.00	2.00	12.00	15.00	15.00	52.00
	75	12.00	3.00	21.00	22.00	26.00	82.00

a. Año = 2020

## ANEXO B. Prueba de normalidad

### Estación Aljorra

#### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.163	3838	.000	.960	3838	.000
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.350	3838	.000	.281	3838	.000
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.210	3838	.000	.737	3838	.000
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.130	3838	.000	.729	3838	.000
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.239	3838	.000	.556	3838	.000
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.067	3838	.000	.975	3838	.000

a. Año = 2018

b. Corrección de significación de Lilliefors

#### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.226	428	.000	.870	428	.000
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.209	428	.000	.554	428	.000
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.143	428	.000	.827	428	.000
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.105	428	.000	.895	428	.000
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.135	428	.000	.805	428	.000
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.034	428	.200*	.997	428	.486
Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.236	428	.000	.695	428	.000
Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.293	428	.000	.713	428	.000
Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.309	428	.000	.496	428	.000

\*. Esto es un límite inferior de la significación verdadera.

a. Año = 2019

b. Corrección de significación de Lilliefors

#### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.127	3742	.000	.888	3742	.000
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.345	3742	.000	.305	3742	.000
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.187	3742	.000	.736	3742	.000
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.242	3742	.000	.500	3742	.000
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.220	3742	.000	.605	3742	.000
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.050	3742	.000	.993	3742	.000
Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.323	3742	.000	.448	3742	.000
Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.272	3742	.000	.525	3742	.000
Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Aljorra	.296	3742	.000	.572	3742	.000

a. Año = 2020

b. Corrección de significación de Lilliefors

## Estación Alumbres

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.300	2180	.000	.518	2180	.000
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.284	2180	.000	.553	2180	.000
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.139	2180	.000	.838	2180	.000
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.103	2180	.000	.921	2180	.000
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.168	2180	.000	.762	2180	.000
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.033	2180	.000	.991	2180	.000
Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.209	2180	.000	.567	2180	.000
Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.264	2180	.000	.597	2180	.000
Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.235	2180	.000	.583	2180	.000

a. Año = 2018

b. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.340	1550	.000	.528	1550	.000
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.297	1550	.000	.612	1550	.000
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.130	1550	.000	.891	1550	.000
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.127	1550	.000	.777	1550	.000
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.165	1550	.000	.823	1550	.000
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.048	1550	.000	.984	1550	.000
Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.271	1550	.000	.486	1550	.000
Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.485	1550	.000	.341	1550	.000
Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.373	1550	.000	.313	1550	.000

a. Año = 2019

b. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.357	3831	.000	.462	3831	.000
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.302	3831	.000	.513	3831	.000
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.179	3831	.000	.804	3831	.000
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.227	3831	.000	.493	3831	.000
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.199	3831	.000	.748	3831	.000
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.063	3831	.000	.976	3831	.000
Tolueno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.201	3831	.000	.771	3831	.000
Benceno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.197	3831	.000	.791	3831	.000
Xileno( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_Alumbres	.278	3831	.000	.539	3831	.000

a. Año = 2020

b. Corrección de significación de Lilliefors

## Estación Mompeán

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.203	3558	.000	.569	3558	.000
CO(µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.214	3558	.000	.895	3558	.000
NO(µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.294	3558	.000	.455	3558	.000
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.131	3558	.000	.891	3558	.000
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.081	3558	.000	.944	3558	.000
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.210	3558	.000	.651	3558	.000
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.093	3558	.000	.944	3558	.000

a. Año = 2018

b. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.404	3654	.000	.084	3654	.000
NO(µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.330	3654	.000	.435	3654	.000
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.131	3654	.000	.898	3654	.000
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.093	3654	.000	.883	3654	.000
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.204	3654	.000	.651	3654	.000
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.092	3654	.000	.944	3654	.000

a. Año = 2019

b. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.157	3653	.000	.747	3653	.000
CO(µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.294	3653	.000	.666	3653	.000
NO(µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.362	3653	.000	.371	3653	.000
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.201	3653	.000	.800	3653	.000
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.219	3653	.000	.470	3653	.000
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.265	3653	.000	.626	3653	.000
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Mompeán	.095	3653	.000	.949	3653	.000

a. Año = 2020

b. Corrección de significación de Lilliefors

## Estación Valle

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.297	3873	.000	.391	3873	.000
NO(µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.291	3873	.000	.503	3873	.000
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.183	3873	.000	.804	3873	.000
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.115	3873	.000	.800	3873	.000
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.201	3873	.000	.692	3873	.000

a. Año = 2018

b. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.361	3713	.000	.247	3713	.000
NO(µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.329	3713	.000	.434	3713	.000
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.179	3713	.000	.834	3713	.000
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.145	3713	.000	.643	3713	.000
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.218	3713	.000	.675	3713	.000
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.072	3713	.000	.967	3713	.000

a. Año = 2019

b. Corrección de significación de Lilliefors

### Pruebas de normalidad<sup>a</sup>

	Kolmogorov-Smirnov <sup>b</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.351	3988	.000	.230	3988	.000
NO(µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.383	3988	.000	.324	3988	.000
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.163	3988	.000	.831	3988	.000
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.245	3988	.000	.467	3988	.000
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.217	3988	.000	.655	3988	.000
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_Valle	.075	3988	.000	.962	3988	.000

a. Año = 2020

b. Corrección de significación de Lilliefors

## ANEXO C. Prueba de log-normalidad Kolmogórov-Smirnov

Estación Aljorra

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>

		Log_SO2	Log_NO	Log_NO2	Log_PM10	Log_NOX	Log_O3
N		3911	3909	3909	3855	3909	3909
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.60	.30	.48	.00	.78	.30
	Máximo	1.32	2.08	1.83	2.54	2.37	2.05
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.335	.666	.267	.291	.456	.576
	Positivo	.274	.666	.267	.291	.456	.035
	Negativo	-.335	-.038	-.227	-.224	-.149	-.576
Z de Kolmogorov-Smirnov		20.944	41.665	16.683	18.063	28.540	35.991
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2018

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>

		Log_SO2	Log_NO	Log_NO2	Log_PM10	Log_NOX	Log_O3	Log_Tolueno	Log_Benceno	Log_Xileno
N		3693	3545	3545	3791	3545	3754	543	532	522
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.00	.00	.30	.00	.48	.30	-1.00	-1.00	-1.00
	Máximo	1.80	2.01	1.93	2.61	2.37	2.10	.54	-.05	.51
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.407	.474	.183	.290	.302	.555	.277	.607	.497
	Positivo	.246	.474	.183	.290	.302	.042	.277	.607	.497
	Negativo	-.407	-.177	-.179	-.280	-.198	-.555	-.248	-.002	-.166
Z de Kolmogorov-Smirnov		24.724	28.219	10.898	17.854	17.963	34.014	6.455	14.011	11.362
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2019

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>

		Log_SO2	Log_NO	Log_NO2	Log_PM10	Log_NOX	Log_O3	Log_Tolueno	Log_Benceno	Log_Xileno
N		3863	3984	3984	3999	3984	3984	3880	3880	3880
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.30	.00	.30	.00	.48	.30	-.52	-1.00	-.70
	Máximo	1.57	1.93	1.82	2.57	2.28	1.95	1.27	1.26	1.26
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.396	.607	.256	.285	.382	.518	.589	.514	.537
	Positivo	.396	.607	.256	.285	.382	.041	.589	.514	.537
	Negativo	-.060	.000	-.154	-.275	-.146	-.518	.000	.000	.000
Z de Kolmogorov-Smirnov		24.627	38.326	16.154	18.004	24.131	32.686	36.700	32.037	33.441
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2020

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

Estación Alumbres

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>**

		Log_ SO2	Log_ NO	Log_ NO2	Log_ PM10	Log_ NOx	Log_ O3	Log_ Tolueno	Log_ Benceno	Log_ Xileno
N		3950	2589	2589	3967	2589	3804	3309	3309	3309
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.48	.48	.60	.00	.90	.78	-.22	-.52	-.10
	Máximo	2.19	1.97	2.05	1.93	2.39	2.14	1.75	1.28	1.47
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.433	.543	.222	.296	.327	.511	.421	.436	.490
	Positivo	.433	.543	.222	.139	.327	.022	.421	.436	.490
	Negativo	-.123	.000	-.124	-.296	-.076	-.511	-.003	-.069	-.032
Z de Kolmogorov-Smirnov		27.226	27.613	11.271	18.667	16.648	31.491	24.228	25.082	28.193
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2018

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>**

		Log_ SO2	Log_ NO	Log_ NO2	Log_ PM10	Log_ NOx	Log_ O3	Log_ Tolueno	Log_ Benceno	Log_ Xileno
N		3978	2197	2197	3980	2197	3978	2813	2813	2813
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.60	.30	.48	.00	.60	.70	-.15	-.52	-.40
	Máximo	2.28	1.72	2.00	2.32	2.15	2.14	1.88	.95	1.79
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.506	.425	.173	.271	.216	.494	.406	.862	.652
	Positivo	.506	.425	.173	.268	.171	.020	.406	.862	.652
	Negativo	-.037	-.122	-.114	-.271	-.216	-.494	.000	.000	.000
Z de Kolmogorov-Smirnov		31.933	19.919	8.106	17.114	10.122	31.131	21.517	45.703	34.588
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2019

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>**

		Log_ SO2	Log_ NO	Log_ NO2	Log_ PM10	Log_ NOx	Log_ O3	Log_ Tolueno	Log_ Benceno	Log_ Xileno
N		3983	3978	3978	4001	3978	3982	3854	3854	3854
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.30	.00	.30	.00	.48	.60	-1.00	-1.00	-1.00
	Máximo	2.13	1.93	2.02	2.53	2.27	2.12	1.13	.92	1.61
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.507	.451	.220	.313	.252	.458	.222	.203	.338
	Positivo	.507	.451	.220	.313	.252	.026	.222	.203	.338
	Negativo	.000	-.073	-.099	-.218	-.140	-.458	.000	-.171	.000
Z de Kolmogorov-Smirnov		32.012	28.417	13.894	19.773	15.903	28.933	13.756	12.575	20.955
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2020

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

## Estación Mompeán

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>

		Log_SO2_ Mompeán	Log_CO_ Mompeán	Log_NO_ Mompeán	Log_NO2_ Mompeán	Log_PM10 Mompeán	Log_NOX Mompeán	Log_O3_ Mompeán
N		3800	3967	3727	3727	3965	3727	3968
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.00	-1.00	.30	.00	.00	.60	.30
	Máximo	1.85	-.05	2.39	2.02	1.92	2.68	2.14
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.472	.305	.417	.321	.379	.265	.512
	Positivo	.472	.228	.417	.068	.115	.265	.021
	Negativo	-.178	-.305	-.050	-.321	-.379	-.170	-.512
Z de Kolmogorov- Smirnov		29.071	19.187	25.479	19.613	23.835	16.177	32.250
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2018

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>

		Log_SO2 Mompeán	Log_NO Mompeán	Log_NO2 Mompeán	Log_PM10 Mompeán	Log_NOx_ Mompeán	Log_O3_ Mompeán
N		3796	3924	3924	3922	3924	3787
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.00	.48	.60	.00	1.00	.30
	Máximo	2.84	2.11	1.69	2.20	2.38	2.13
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.618	.555	.192	.378	.448	.466
	Positivo	.618	.555	.192	.202	.448	.013
	Negativo	-.104	-.076	-.142	-.378	-.030	-.466
Z de Kolmogorov- Smirnov		38.052	34.795	12.020	23.642	28.080	28.655
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2019

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

### Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>

		Log_SO2_ Mompeán	Log_CO_ Mompeán	Log_NO_ Mompeán	Log_NO2 Mompeán	Log_PM10 Mompeán	Log_NOx Mompeán	Log_O3_ Mompeán
N		3933	3657	3886	3886	3952	3886	3936
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.00	-1.00	.00	.30	.30	.48	.00
	Máximo	1.70	.45	2.37	2.05	2.54	2.66	2.08
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.437	.461	.454	.199	.338	.272	.459
	Positivo	.437	.461	.454	.199	.338	.272	.022
	Negativo	-.179	.000	.000	.000	-.234	.000	-.459
Z de Kolmogorov- Smirnov		27.385	27.852	28.290	12.432	21.249	16.954	28.821
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2020

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

Estación Valle

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>**

		Log_SO2	Log_NO	Log_NO2	Log_PM10	Log_NOx
N		3968	3881	3881	3973	3881
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.85	.00	.95	.00	1.11
	Máximo	2.27	2.11	2.07	2.26	2.44
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.629	.389	.275	.251	.391
	Positivo	.629	.389	.275	.251	.391
	Negativo	-.035	-.204	-.079	-.237	-.060
Z de Kolmogorov-Smirnov		39.640	24.239	17.159	15.836	24.338
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2018

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>**

		Log_SO2	Log_NO	Log_NO2	Log_PM10	Log_NOx	Log_O3
N		3979	3979	3979	3717	3979	3979
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.95	.48	.95	.00	1.15	.30
	Máximo	2.61	2.14	1.99	2.57	2.47	1.97
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.682	.605	.251	.310	.421	.521
	Positivo	.682	.605	.251	.310	.421	.024
	Negativo	-.025	.000	-.073	-.253	-.042	-.521
Z de Kolmogorov-Smirnov		43.010	38.147	15.811	18.872	26.540	32.885
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000

a. Año = 2019

b. La distribución de prueba es uniforme.

c. Se calcula a partir de datos.

**Prueba de Kolmogorov-Smirnov para una muestra<sup>a</sup>**

		Log_SO2	Log_NO	Log_NO2	Log_PM10	Log_NOx	Log_O3
N		3989	3989	3989	4001	3989	3989
Parámetros uniformes <sup>b,c</sup>	Mínimo	.90	.30	.48	.00	.70	.30
	Máximo	2.60	2.11	2.00	2.55	2.40	2.19
Máximas diferencias extremas	Absoluto	.736	.736	.222	.311	.361	.359
	Positivo	.736	.736	.222	.311	.361	.054
	Negativo	-.010	.000	-.117	-.226	-.072	-.359
Z de Kolmogorov-Smirnov		46.487	46.455	14.038	19.699	22.777	22.666
Sig. asintótica(bilateral)		.000	.000	.000	.000	.000	.000

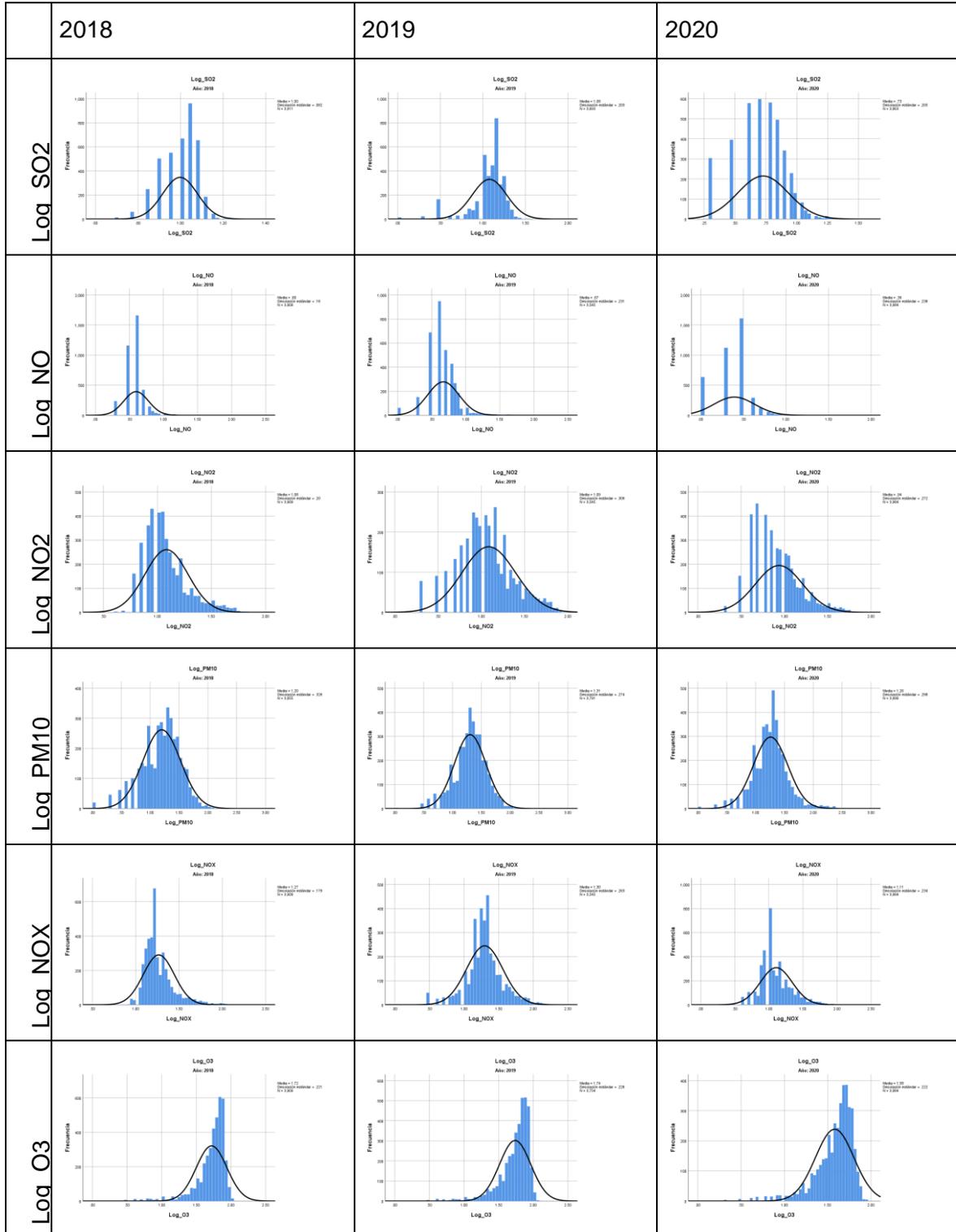
a. Año = 2020

b. La distribución de prueba es uniforme.

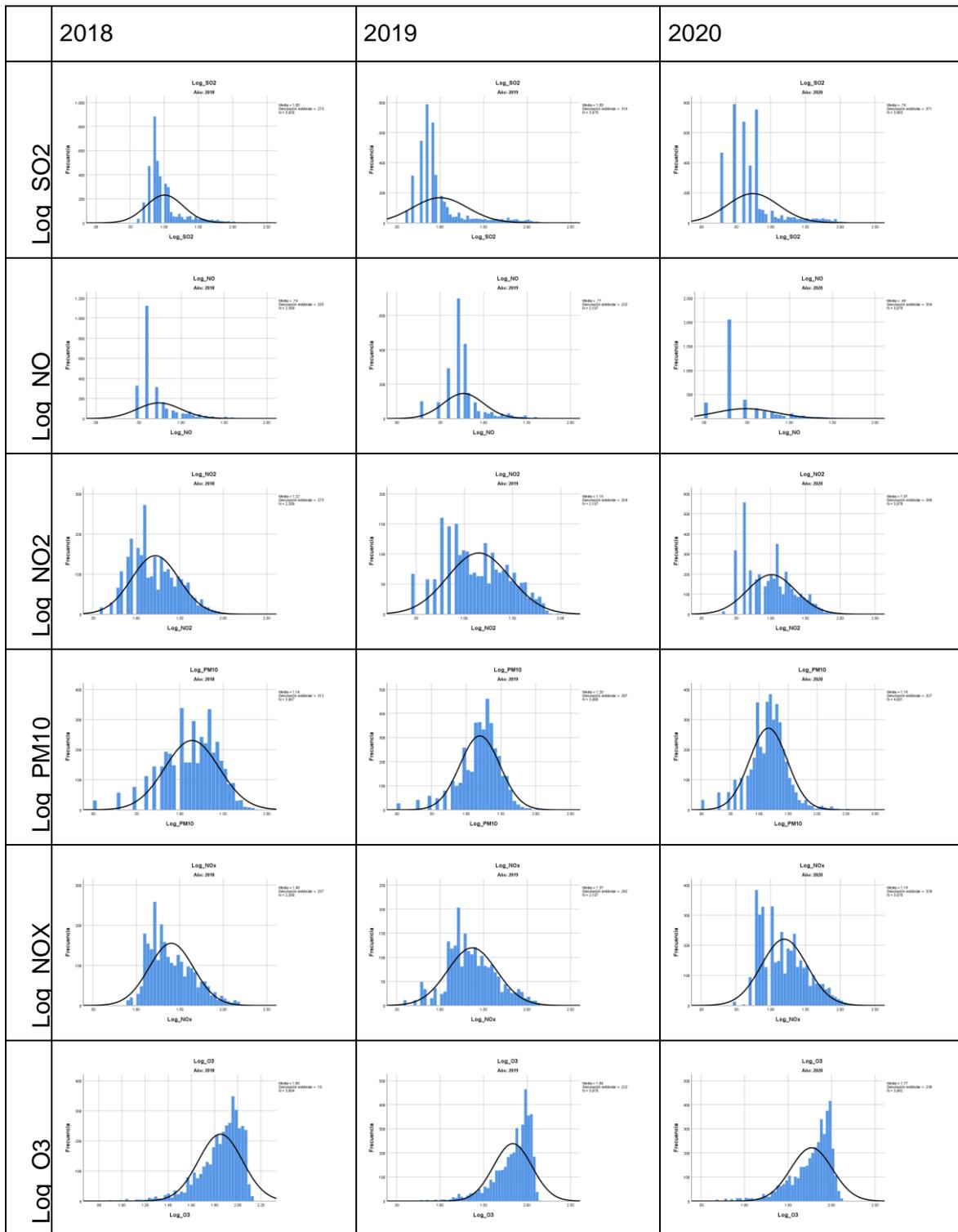
c. Se calcula a partir de datos.

## ANEXO D. Histogramas

Estación Aljorra



# Estación Alumbres



# Estación Mompeán

	2018	2019	2020
Log_SO2			
Log_CO		No hay datos	
Log_NO			
Log_NO2			
Log_PM10			
Log_NOx			
Log_O3			

# Estación Valle

	2018	2019	2020
Log_SO2			
Log_NO			
Log_NO2			
Log_PM10			
Log_NOx			
Log_O3	No hay datos		

### ANEXO E. Test Levene de igualdad de varianzas

Estación de Aljorra

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
SO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	Se asumen varianzas iguales	48.579	.000	21.284	3861	.000	1.852	.087	1.682	2.023
	No se asumen varianzas iguales			20.499	2983.172	.000	1.852	.090	1.675	2.030
NO(μg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	Se asumen varianzas iguales	162.692	.000	8.295	3982	.000	.909	.110	.694	1.124
	No se asumen varianzas iguales			7.417	1918.960	.000	.909	.123	.669	1.150
NO <sub>2</sub> (μg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	Se asumen varianzas iguales	698.466	.000	29.700	3982	.000	7.229	.243	6.752	7.706
	No se asumen varianzas iguales			27.134	2200.141	.000	7.229	.266	6.707	7.752
PM <sub>10</sub> (μg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	Se asumen varianzas iguales	278.408	.000	13.433	3997	.000	10.993	.818	9.388	12.597
	No se asumen varianzas iguales			12.123	2040.273	.000	10.993	.907	9.215	12.771
NO <sub>x</sub> (μg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	Se asumen varianzas iguales	609.544	.000	24.331	3982	.000	8.786	.361	8.078	9.494
	No se asumen varianzas iguales			21.978	2045.544	.000	8.786	.400	8.002	9.570
O <sub>3</sub> (μg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	Se asumen varianzas iguales	35.908	.000	-11.842	3982	.000	-5.966	.504	-6.954	-4.978
	No se asumen varianzas iguales			-11.675	3511.924	.000	-5.966	.511	-6.968	-4.964

Estación de Alumbres

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	5.753	.017	4.215	3981	.000	2.090	.496	1.118	3.062
_Alumbres	No se asumen varianzas iguales			4.213	3725.591	.000	2.090	.496	1.117	3.062
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	353.999	.000	14.035	3976	.000	2.927	.209	2.518	3.336
Alumbres	No se asumen varianzas iguales			13.056	2471.233	.000	2.927	.224	2.488	3.367
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	12.151	.000	9.890	3976	.000	3.852	.389	3.088	4.615
_Alumbres	No se asumen varianzas iguales			10.152	3966.405	.000	3.852	.379	3.108	4.596
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	282.160	.000	10.451	3999	.000	7.351	.703	5.972	8.729
)_Alumbres	No se asumen varianzas iguales			9.373	1965.906	.000	7.351	.784	5.813	8.888
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	48.735	.000	13.794	3976	.000	8.501	.616	7.292	9.709
_Alumbres	No se asumen varianzas iguales			13.462	3325.145	.000	8.501	.631	7.263	9.739
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	14.527	.000	-30.114	3980	.000	-23.686	.787	-25.228	-22.144
Alumbres	No se asumen varianzas iguales			-29.937	3643.860	.000	-23.686	.791	-25.237	-22.135

Estación de Mompeán

**Prueba de muestras independientes**

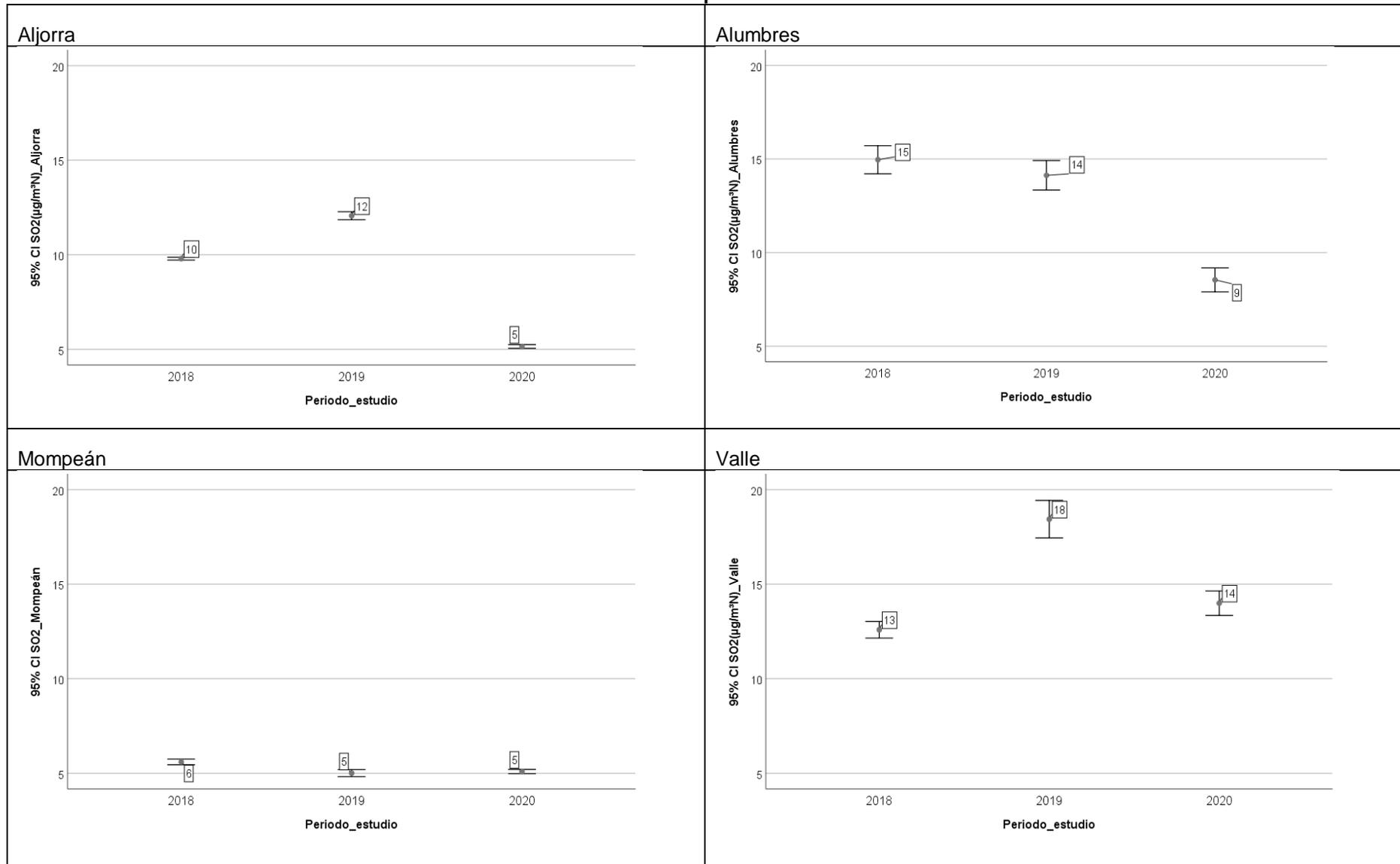
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
SO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	.568	.045	-5.660	3931	.000	-.446	.079	-.600	-.292
_Mompeán	No se asumen varianzas iguales			-5.861	3927.106	.000	-.446	.076	-.595	-.297
NO( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	Se asumen varianzas iguales	908.118	.000	23.022	3884	.000	11.873	.516	10.862	12.884
Mompeán	No se asumen varianzas iguales			19.776	1679.470	.000	11.873	.600	10.696	13.051
NO2( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	994.656	.000	44.536	3884	.000	23.965	.538	22.910	25.020
_Mompeán	No se asumen varianzas iguales			40.172	2133.183	.000	23.965	.597	22.795	25.135
PM10( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	290.516	.000	17.655	3950	.000	12.199	.691	10.844	13.554
)_Mompeán	No se asumen varianzas iguales			15.645	1901.605	.000	12.199	.780	10.670	13.728
NOx( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )	Se asumen varianzas iguales	1007.547	.000	35.506	3884	.000	42.384	1.194	40.044	44.725
_Mompeán	No se asumen varianzas iguales			30.945	1798.350	.000	42.384	1.370	39.698	45.070
O3( $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )_	Se asumen varianzas iguales	190.090	.000	-32.972	3934	.000	-26.492	.803	-28.068	-24.917
Mompeán	No se asumen varianzas iguales			-32.221	3289.178	.000	-26.492	.822	-28.105	-24.880

Estación de Valle

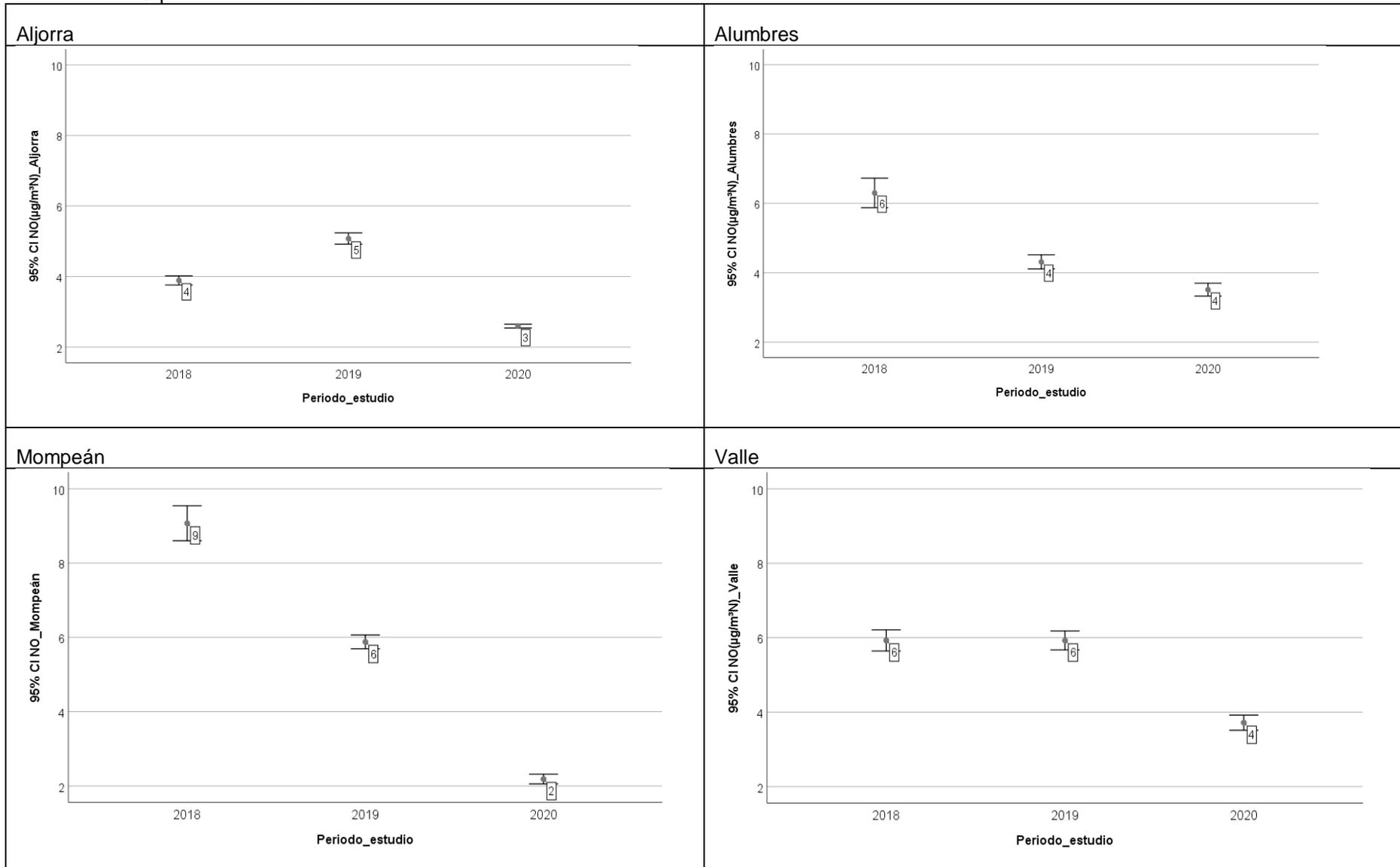
**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)	Se asumen varianzas iguales	16.620	.000	-4.534	3987	.000	-1.837	.405	-2.631	-1.043
_Valle	No se asumen varianzas iguales			-4.926	3324.506	.000	-1.837	.373	-2.568	-1.106
NO(µg/m <sup>3</sup> N)_	Se asumen varianzas iguales	63.894	.000	4.371	3987	.000	1.005	.230	.554	1.456
Valle	No se asumen varianzas iguales			4.066	2475.660	.000	1.005	.247	.521	1.490
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)	Se asumen varianzas iguales	57.177	.000	15.560	3987	.000	5.713	.367	4.993	6.433
_Valle	No se asumen varianzas iguales			15.204	3358.252	.000	5.713	.376	4.976	6.450
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)	Se asumen varianzas iguales	280.158	.000	10.752	3999	.000	8.386	.780	6.857	9.915
)_Valle	No se asumen varianzas iguales			9.655	1976.561	.000	8.386	.869	6.683	10.090
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)	Se asumen varianzas iguales	50.181	.000	11.236	3987	.000	7.297	.649	6.023	8.570
_Valle	No se asumen varianzas iguales			10.771	3002.288	.000	7.297	.677	5.968	8.625
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N)_	Se asumen varianzas iguales	193.170	.000	-75.499	3987	.000	-49.516	.656	-50.802	-48.231
Valle	No se asumen varianzas iguales			-78.699	3960.755	.000	-49.516	.629	-50.750	-48.283

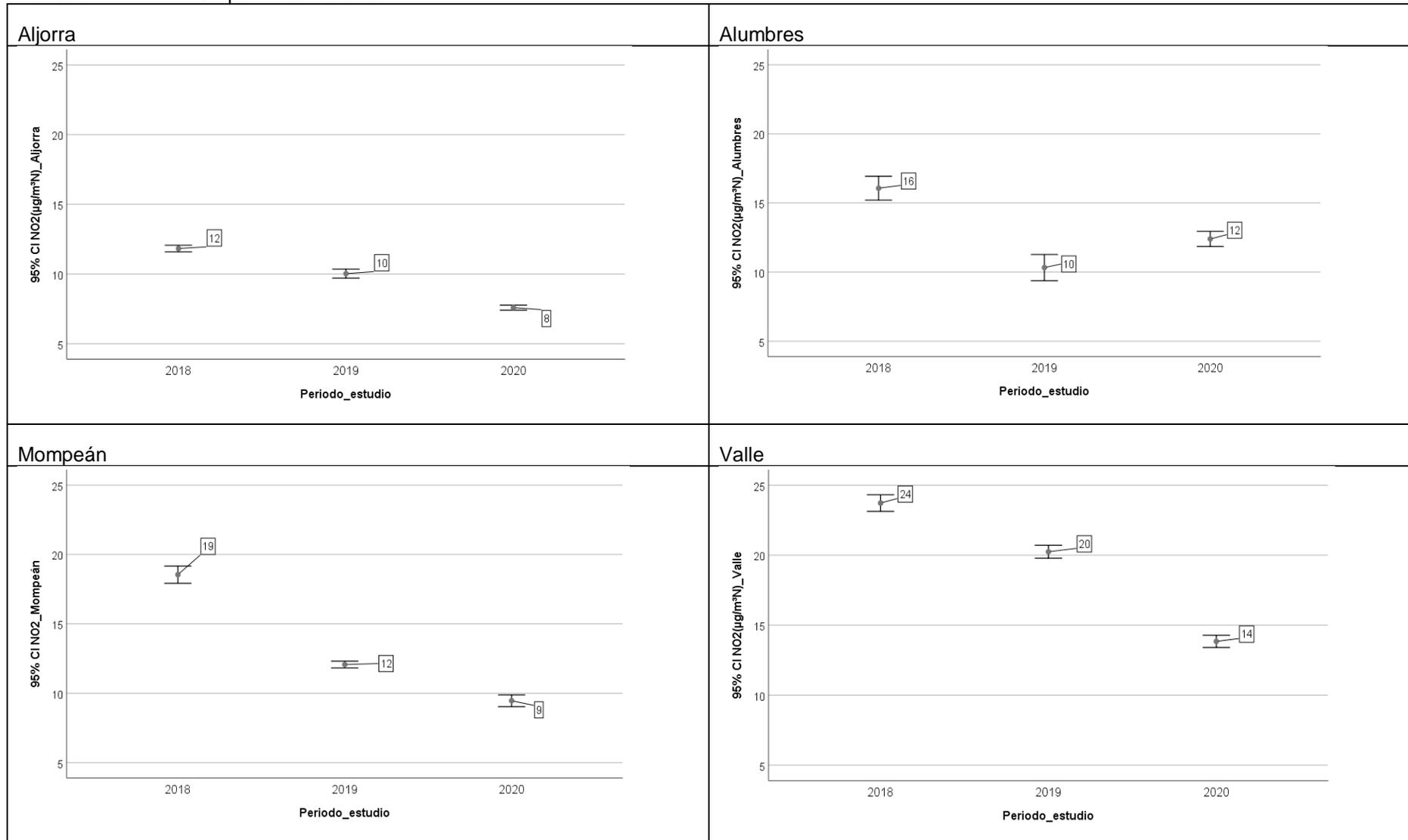
**ANEXO F. Barras de error por años todas estaciones**



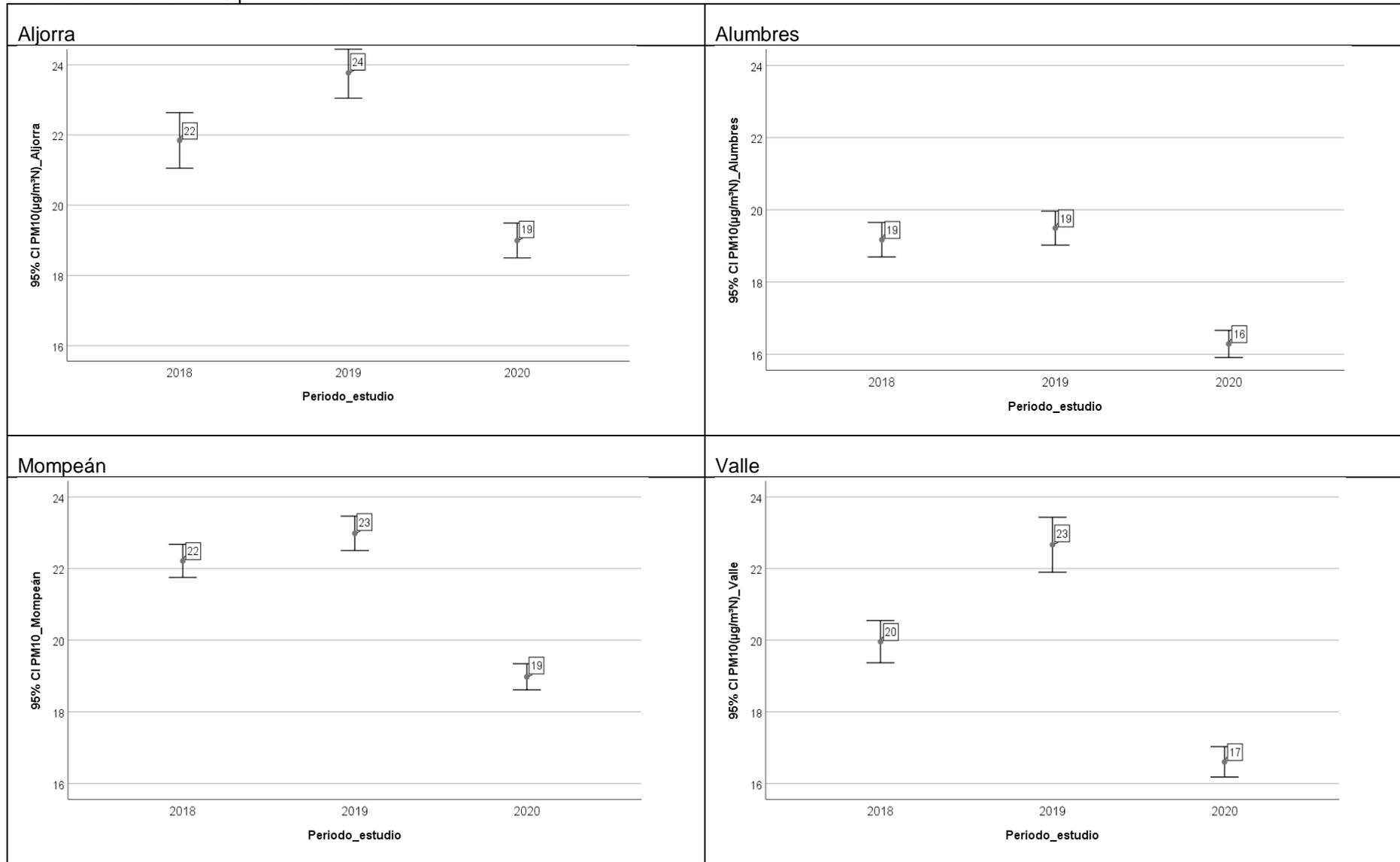
Promedio de NO para 4 estaciones



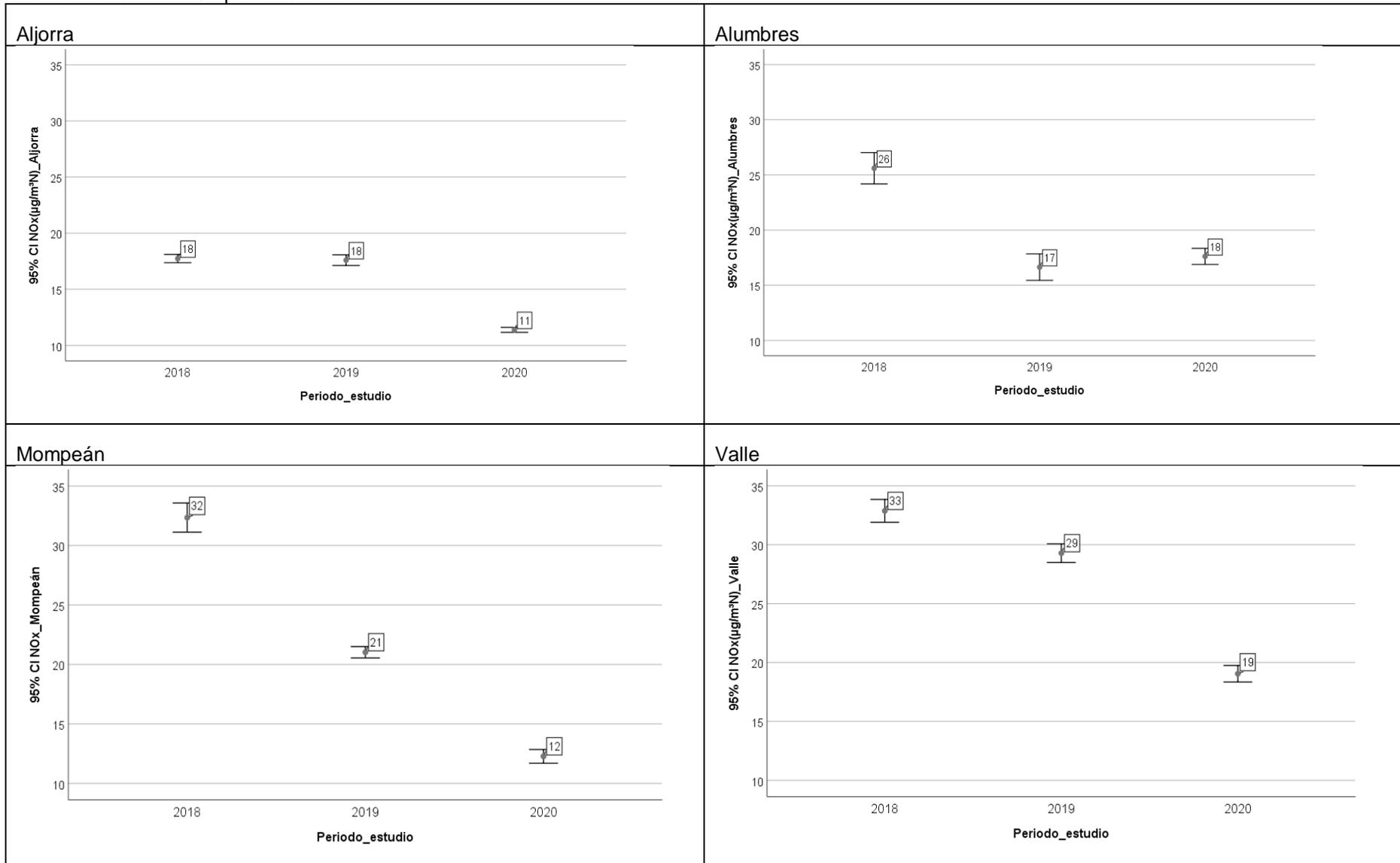
Promedio anual de NO2 para 4 estaciones



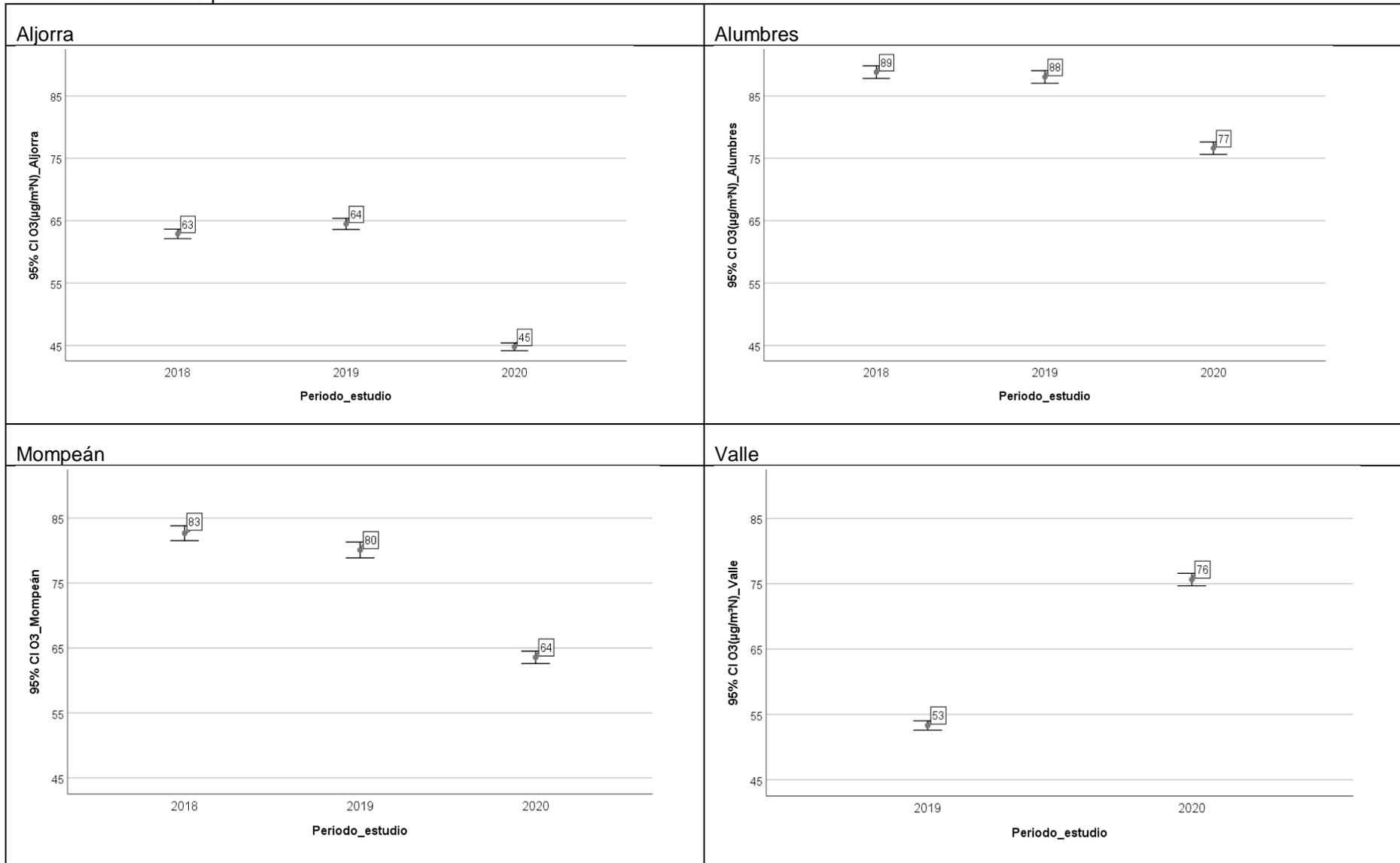
Promedio anual de PM10 para 4 estaciones



Promedio anual de NOx para 4 estaciones



Promedio anual de O3 para 4 estaciones



**ANEXO G. ANOVA comparando años 2018, 2019 y 2020**

**Aljorra**

**Comparaciones múltiples**

Variable dependiente	(I) Periodo_ estudio	(J) Periodo_ estudio	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	2018	2019	-2.272*	.115	.000	-2.55	-2.00
		2020	4.641*	.063	.000	4.49	4.79
	2019	2018	2.272*	.115	.000	2.00	2.55
		2020	6.912*	.120	.000	6.63	7.20
	2020	2018	-4.641*	.063	.000	-4.79	-4.49
		2019	-6.912*	.120	.000	-7.20	-6.63
NO(µg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	2018	2019	-1.188*	.105	.000	-1.44	-.94
		2020	1.296*	.072	.000	1.13	1.47
	2019	2018	1.188*	.105	.000	.94	1.44
		2020	2.484*	.086	.000	2.28	2.69
	2020	2018	-1.296*	.072	.000	-1.47	-1.13
		2019	-2.484*	.086	.000	-2.69	-2.28
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	2018	2019	1.801*	.204	.000	1.31	2.29
		2020	4.239*	.152	.000	3.88	4.60
	2019	2018	-1.801*	.204	.000	-2.29	-1.31
		2020	2.438*	.188	.000	1.99	2.89
	2020	2018	-4.239*	.152	.000	-4.60	-3.88
		2019	-2.438*	.188	.000	-2.89	-1.99
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) )_Aljorra	2018	2019	-1.925*	.545	.001	-3.23	-.62
		2020	2.850*	.476	.000	1.71	3.99
	2019	2018	1.925*	.545	.001	.62	3.23
		2020	4.775*	.446	.000	3.71	5.84
	2020	2018	-2.850*	.476	.000	-3.99	-1.71
		2019	-4.775*	.446	.000	-5.84	-3.71
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	2018	2019	.144	.308	.954	-.59	.88
		2020	6.353*	.221	.000	5.83	6.88
	2019	2018	-.144	.308	.954	-.88	.59
		2020	6.209*	.269	.000	5.57	6.85
	2020	2018	-6.353*	.221	.000	-6.88	-5.83
		2019	-6.209*	.269	.000	-6.85	-5.57
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Aljorra	2018	2019	-1.598*	.597	.022	-3.02	-.17
		2020	18.119*	.502	.000	16.92	19.32
	2019	2018	1.598*	.597	.022	.17	3.02
		2020	19.717*	.552	.000	18.40	21.03
	2020	2018	-18.119*	.502	.000	-19.32	-16.92
		2019	-19.717*	.552	.000	-21.03	-18.40

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

## Alumbres

### Comparaciones múltiples

Tamhane

Variable dependiente	(I) Periodo_estudio	(J) Periodo_estudio	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Alumbres	2018	2019	.834	.555	.349	-.49	2.16
		2020	6.418*	.503	.000	5.22	7.62
	2019	2018	-.834	.555	.349	-2.16	.49
		2020	5.584*	.519	.000	4.35	6.82
	2020	2018	-6.418*	.503	.000	-7.62	-5.22
		2019	-5.584*	.519	.000	-6.82	-4.35
NO(µg/m <sup>3</sup> N) Alumbres	2018	2019	1.988*	.240	.000	1.41	2.56
		2020	2.788*	.236	.000	2.23	3.35
	2019	2018	-1.988*	.240	.000	-2.56	-1.41
		2020	.800*	.140	.000	.46	1.14
	2020	2018	-2.788*	.236	.000	-3.35	-2.23
		2019	-.800*	.140	.000	-1.14	-.46
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Alumbres	2018	2019	5.740*	.652	.000	4.18	7.30
		2020	3.668*	.520	.000	2.42	4.91
	2019	2018	-5.740*	.652	.000	-7.30	-4.18
		2020	-2.073*	.557	.001	-3.41	-.74
	2020	2018	-3.668*	.520	.000	-4.91	-2.42
		2019	2.073*	.557	.001	.74	3.41
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) )_Alumbres	2018	2019	-.321	.342	.723	-1.14	.50
		2020	2.887*	.310	.000	2.15	3.63
	2019	2018	.321	.342	.723	-.50	1.14
		2020	3.208*	.307	.000	2.47	3.94
	2020	2018	-2.887*	.310	.000	-3.63	-2.15
		2019	-3.208*	.307	.000	-3.94	-2.47
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Alumbres	2018	2019	8.960*	.946	.000	6.70	11.22
		2020	7.988*	.812	.000	6.05	9.93
	2019	2018	-8.960*	.946	.000	-11.22	-6.70
		2020	-.972	.714	.436	-2.68	.74
	2020	2018	-7.988*	.812	.000	-9.93	-6.05
		2019	.972	.714	.436	-.74	2.68
O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) Alumbres	2018	2019	.774	.731	.642	-.97	2.52
		2020	12.196*	.724	.000	10.47	13.92
	2019	2018	-.774	.731	.642	-2.52	.97
		2020	11.422*	.727	.000	9.68	13.16
	2020	2018	-12.196*	.724	.000	-13.92	-10.47
		2019	-11.422*	.727	.000	-13.16	-9.68
Tolueno(µg/m <sup>3</sup> N) _Alumbres	2018	2019	.0542	.0864	.897	-.152	.261
		2020	2.1439*	.0541	.000	2.015	2.273
	2019	2018	-.0542	.0864	.897	-.261	.152
		2020	2.0897*	.0755	.000	1.909	2.270
	2020	2018	-2.1439*	.0541	.000	-2.273	-2.015
		2019	-2.0897*	.0755	.000	-2.270	-1.909

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

## Mompeán

### Comparaciones múltiples

Tamhane		Intervalo de confianza al 95%						
Variable dependiente	(I) Periodo estudio	(J) Periodo estudio	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Límite inferior	Límite superior	
SO2_Mompeán	2018	2019	.589*	.122	.000	.30	.88	
		2020	.506*	.095	.000	.28	.73	
	2019	2018	-.589*	.122	.000	-.88	-.30	
		2020	-.083	.110	.836	-.35	.18	
	2020	2018	-.506*	.095	.000	-.73	-.28	
		2019	.083	.110	.836	-.18	.35	
NO_Mompeán	2018	2019	3.192*	.258	.000	2.58	3.81	
		2020	6.885*	.249	.000	6.29	7.48	
	2019	2018	-3.192*	.258	.000	-3.81	-2.58	
		2020	3.693*	.116	.000	3.42	3.97	
	2020	2018	-6.885*	.249	.000	-7.48	-6.29	
		2019	-3.693*	.116	.000	-3.97	-3.42	
NO2_Mompeán	2018	2019	6.475*	.340	.000	5.66	7.29	
		2020	9.082*	.383	.000	8.17	10.00	
	2019	2018	-6.475*	.340	.000	-7.29	-5.66	
		2020	2.607*	.249	.000	2.01	3.20	
	2020	2018	-9.082*	.383	.000	-10.00	-8.17	
		2019	-2.607*	.249	.000	-3.20	-2.01	
PM10_Mompeán	2018	2019	-.768	.340	.070	-1.58	.04	
		2020	3.236*	.300	.000	2.52	3.95	
	2019	2018	.768	.340	.070	-.04	1.58	
		2020	4.005*	.307	.000	3.27	4.74	
	2020	2018	-3.236*	.300	.000	-3.95	-2.52	
		2019	-4.005*	.307	.000	-4.74	-3.27	
NOX_Mompeán	2018	2019	11.322*	.671	.000	9.72	12.92	
		2020	20.071*	.691	.000	18.42	21.72	
	2019	2018	-11.322*	.671	.000	-12.92	-9.72	
		2020	8.749*	.382	.000	7.84	9.66	
	2020	2018	-20.071*	.691	.000	-21.72	-18.42	
		2019	-8.749*	.382	.000	-9.66	-7.84	
O3_Mompeán	2018	2019	2.585*	.854	.007	.54	4.62	
		2020	19.119*	.761	.000	17.30	20.94	
	2019	2018	-2.585*	.854	.007	-4.62	-.54	
		2020	16.534*	.791	.000	14.65	18.42	
	2020	2018	-19.119*	.761	.000	-20.94	-17.30	
		2019	-16.534*	.791	.000	-18.42	-14.65	

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

## Valle

### Comparaciones múltiples

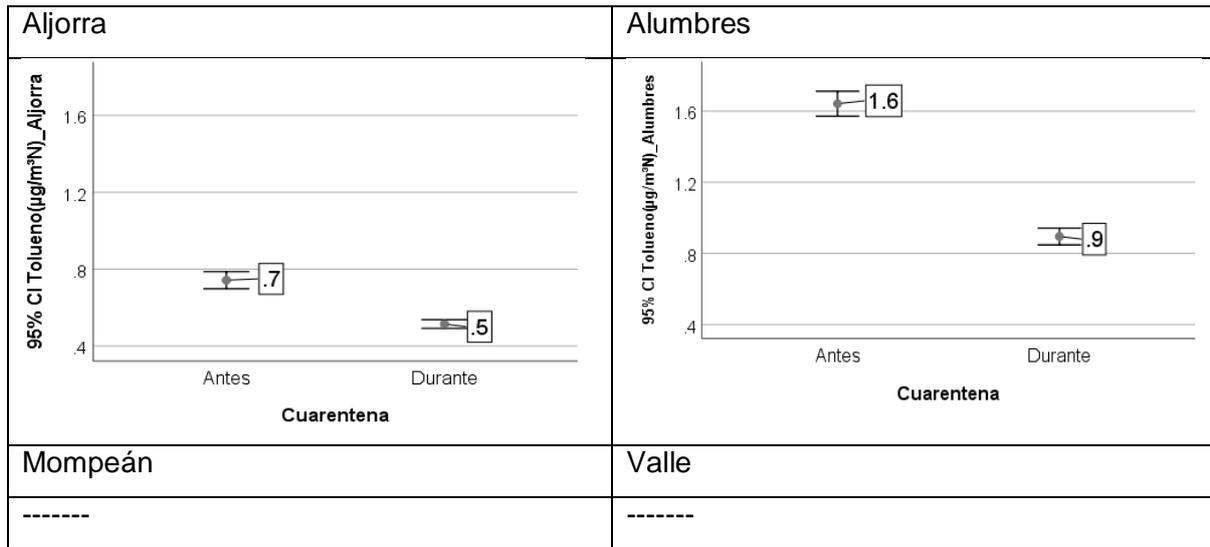
Tamhane

Variable dependiente	(I) Periodo_e studio	(J) Periodo_e studio	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
						Límite inferior	Límite superior
SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Valle	2018	2019	-5.847*	.553	.000	-7.17	-4.53
		2020	-1.404*	.399	.001	-2.36	-.45
	2019	2018	5.847*	.553	.000	4.53	7.17
		2020	4.443*	.604	.000	3.00	5.89
	2020	2018	1.404*	.399	.001	.45	2.36
		2019	-4.443*	.604	.000	-5.89	-3.00
NO(µg/m <sup>3</sup> N) Valle	2018	2019	.001	.195	1.000	-.46	.47
		2020	2.210*	.178	.000	1.78	2.64
	2019	2018	-.001	.195	1.000	-.47	.46
		2020	2.209*	.166	.000	1.81	2.61
	2020	2018	-2.210*	.178	.000	-2.64	-1.78
		2019	-2.209*	.166	.000	-2.61	-1.81
NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Valle	2018	2019	3.478*	.384	.000	2.56	4.39
		2020	9.882*	.375	.000	8.99	10.78
	2019	2018	-3.478*	.384	.000	-4.39	-2.56
		2020	6.404*	.325	.000	5.63	7.18
	2020	2018	-9.882*	.375	.000	-10.78	-8.99
		2019	-6.404*	.325	.000	-7.18	-5.63
PM <sub>10</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) )_Valle	2018	2019	-2.707*	.493	.000	-3.88	-1.53
		2020	3.355*	.370	.000	2.47	4.24
	2019	2018	2.707*	.493	.000	1.53	3.88
		2020	6.062*	.447	.000	4.99	7.13
	2020	2018	-3.355*	.370	.000	-4.24	-2.47
		2019	-6.062*	.447	.000	-7.13	-4.99
NO <sub>x</sub> (µg/m <sup>3</sup> N) _Valle	2018	2019	3.590*	.639	.000	2.06	5.12
		2020	13.832*	.611	.000	12.37	15.29
	2019	2018	-3.590*	.639	.000	-5.12	-2.06
		2020	10.241*	.540	.000	8.95	11.53
	2020	2018	-13.832*	.611	.000	-15.29	-12.37
		2019	-10.241*	.540	.000	-11.53	-8.95

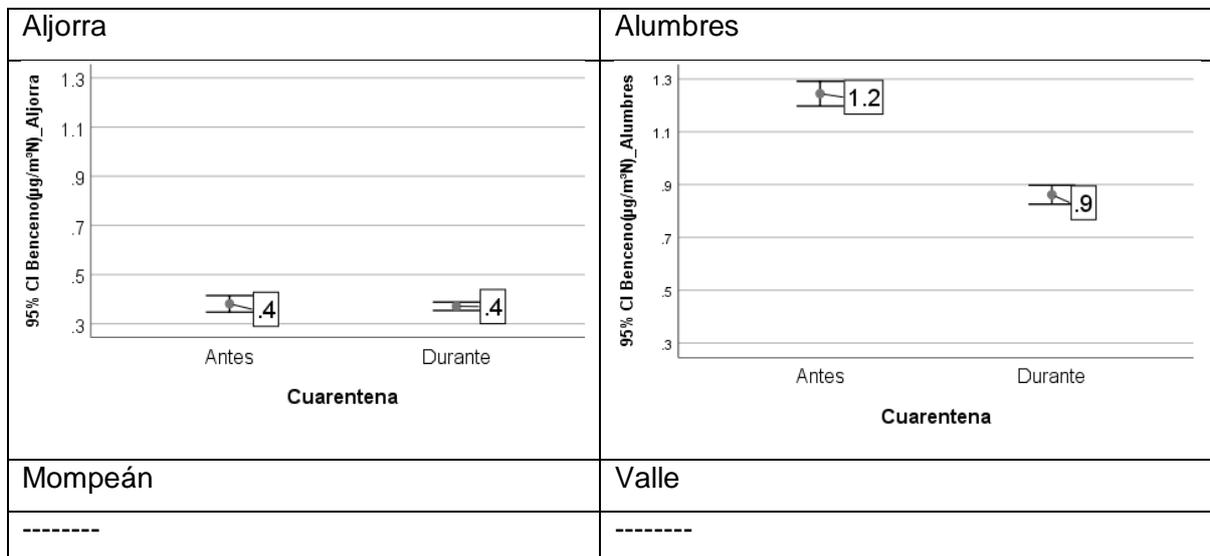
\*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

**ANEXO H. Barras de Error Antes y durante confinamiento**

**Tolueno**



**Benceno**



## Xileno

Aljorra	Alumbres												
<p>95% CI Xileno (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)_Aljorra</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>95% CI Xileno (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Antes</td> <td>0.9</td> </tr> <tr> <td>Durante</td> <td>0.5</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Cuarentena</b></p>	Periodo	95% CI Xileno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antes	0.9	Durante	0.5	<p>95% CI Xileno (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)_Alumbres</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>95% CI Xileno (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Antes</td> <td>1.2</td> </tr> <tr> <td>Durante</td> <td>1.2</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Cuarentena</b></p>	Periodo	95% CI Xileno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antes	1.2	Durante	1.2
Periodo	95% CI Xileno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )												
Antes	0.9												
Durante	0.5												
Periodo	95% CI Xileno ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )												
Antes	1.2												
Durante	1.2												
Mompeán	Valle												
-----	-----												

## CO

Aljorra	Alumbres						
-----	-----						
Mompeán	Valle						
<p>95% CI CO (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)_Mompeán</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Periodo</th> <th>95% CI CO (<math>\mu\text{g}/\text{m}^3</math>)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Antes</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>Durante</td> <td>0.2</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center;"><b>Confinamiento</b></p>	Periodo	95% CI CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Antes	0.5	Durante	0.2	-----
Periodo	95% CI CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )						
Antes	0.5						
Durante	0.2						