



**UNIDAD ASOCIADA CSIC-UHU  
CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA SOSTENIBLE**

**ASISTENCIA TÉCNICA PARA EL SUMINISTRO E INSTALACIÓN  
DE FILTROS Y EL SEGUIMIENTO (ANÁLISIS, ENSAYOS,  
INFORMES, ETC) DE EMISIONES ATMOSFÉRICAS EN LAS DOS  
ESTACIONES DE CONTROL UBICADAS EN LAS POSIBLES  
ZONAS DE INFLUENCIA DE LOS TERRENOS PORTUARIOS DE  
LA CABEZUELA (PUERTO REAL)**

**EXP CA-005-20**

**INFORME 4 y FINAL**

**Para Autoridad Portuaria Bahía de Cádiz**

**12 de noviembre de 2021**



**ELABORADO POR:**

UNIDAD ASOCIADA CSIC-UNIVERSIDAD DE HUELVA  
“CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA”

CENTRO DE INVESTIGACIÓN EN QUÍMICA SOSTENIBLE (CIQSO)  
UNIVERSIDAD DE HUELVA

Dra. Ana María Sánchez de la Campa Verdona  
(Investigadora Principal)  
[ana.sanchez@pi.uhu.es](mailto:ana.sanchez@pi.uhu.es)

Dr. Jesús D de la Rosa (Investigador)

Marisa Avilés (Técnico Especialista)

Firmado por SANCHEZ DE LA CAMPA  
VERDONA ANA MARIA - 75815501A  
el día 21/12/2021 con un  
certificado emitido por AC FNMT  
Usuarios

Firmado por DE LA ROSA DIAZ JESUS DAMIAN -  
29775115M el día 21/12/2021 con un certificado  
emitido por AC FNMT Usuarios



## Tabla de contenido

<b>Acrónimos y abreviaturas.....</b>	<b>6</b>
<b>1.- INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>7</b>
<b>2.- METODOLOGÍA .....</b>	<b>8</b>
2.1.- Red de Calidad del Aire de Junta Andalucía- Zona APBC.....	8
2.2.-Análisis de niveles gravimétricos .....	9
2.3.- Intercomparación de equipos automáticos y gravimétricos .....	10
2.4.- Tratamiento de datos .....	12
2.5.- Composición química de PM10 .....	12
<b>3.- RESULTADOS.....</b>	<b>15</b>
3.1. Intercomparación de niveles de PM10 .....	15
3.2.- Niveles y origen de gases contaminantes y PM10.....	16
3.2.1.- Periodo julio 2020 a agosto 2021 .....	16
3.2.2.- Diagramas polares .....	31
3.2.3.- Origen de masas de aire.....	69
3.2.4.- Evolución niveles de gases y PM10 en Bahía de Cádiz (2000-2021) .....	72
3.3.- Composición Química de PM10 .....	74
3.3.1.- LA CABEZUELA PM10 .....	75
3.3.2.- CN VIENTO DE LEVANTE PM10.....	76
<b>4.- CONCLUSIONES .....</b>	<b>79</b>
<b>Agradecimientos.....</b>	<b>80</b>
<b>Referencias .....</b>	<b>81</b>
<b>ANEXO 1.- Diagramas mensuales de contaminantes y estaciones de la Red de Calidad del Aire de Bahía de Cádiz y las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante entre agosto de 2020 y agosto de 2021 .....</b>	<b>82</b>
<b>ANEXO 2.- Análisis químico de metales traza y ultratrazas en PM10.....</b>	<b>139</b>

## Acrónimos y abreviaturas

AMAyA	Agencia de Medio Ambiente y Agua
AN	Masa de aire de origen atlántico norte
ANW	Masa de aire de origen atlántico noreste
APBC	Autoridad Portuaria Bahía de Cádiz
AW	Masa de aire de origen atlántico
CAR	Estación Cartuja
CIQSO	Centro de Investigación en Química Sostenible
EU	Masa de aire de origen europeo
HR	Humedad relativa
ICP-MS	Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry
JER	Estación Jerez-Chapín
MAR	Estación Avenida Marconi
ME	Masa de aire de origen mediterráneo
MPA	Material particulado atmosférico
NAF	Masa de aire de origen norteafricano
PAH	Hidrocarburos aromáticos policíclicos
PM10	Partículas de tamaño aerodinámico inferior a 10 micras
PM2.5	Partículas de tamaño aerodinámico inferior a 2,5 micras
PST	Partículas totales en suspensión de tamaño inferior a 30 micras
RE	Regional
RIO	Estación Río San Pedro
SAN	Estación San Fernando
T	Temperatura
VLD	Valor límite diario

,

# 1.- INTRODUCCIÓN

Con fecha 21 de mayo de 2020, la Universidad de Huelva ha sido adjudicataria de una licitación pública por parte de la Autoridad Portuaria Bahía de Cádiz denominada: **“Asistencia Técnica para el Suministro e instalación de filtros y el seguimiento (análisis, ensayos, informes, etc) de emisiones atmosféricas en las dos estaciones de control ubicadas en las posibles zonas de influencia de los terrenos portuarios de La Cabezuela (Puerto Real) EXP CA-005-20”**.

Hasta la actualidad se han presentado 4 informes sobre la evolución de la calidad del aire en el entorno de la Bahía de Cádiz, incluyendo la intercomparación de niveles de PM10 de los equipos automáticos (Atenuación Beta, THERMO) y gravimétricos (secuencial bajo volumen, DIGITEL) en las estaciones inicialmente temporales y empíricas de La Cabezuela y CN Viento de Levante. Además, se describieron las concentraciones de gases contaminantes y PM10 en las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz (Avda. Marconi en Cádiz, Río San Pedro en Puerto Real, San Fernando y Jerez Chapín y Cartuja en Jerez) y su comparativa con otras estaciones representativas de Andalucía de fondo rural, fondo urbano, urbano-industrial y tráfico hot-spot. Asimismo, se presentaron análisis de metales traza y ultratrazas de filtros de PM10 en días representativos de las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante. En el informe 4 se ha presentado una caracterización geoquímica de los graneles representativos que se manipulan en la zona portuaria del Muelle de la Cabezuela.

En este informe 5º y final se expondrán los factores de intercomparación de PM10 y se detallarán los niveles de gases contaminantes y PM10 en las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en la Bahía de Cádiz, pertenecientes a la Consejería de Agricultura, Pesca, Ganadería y Desarrollo Sostenible, en el periodo comprendido entre julio 2020 a agosto 2021.

## 2.- METODOLOGÍA

### 2.1.- Red de Calidad del Aire de Junta Andalucía- Zona APBC

En el mes de julio de 2020 se realizó la instalación de dos estaciones temporales de muestreo de PM10 y parámetros meteorológicos pertenecientes a la Junta de Andalucía con la colaboración de la APBC (Fig. 2.1):

- La Cabezuela: situada próxima a la estación de servicio CEPSA.
- Club Náutico Viento de Levante (CN Viento de Levante), en la ciudad de Cádiz.



**Figura 2.1.-** Estaciones de CN Viento de Levante (izquierda) y La Cabezuela (derecha).

Cada estación dispone de instrumentación para la medida automática de PM10 (equipo THERMO 5014i) y muestreo de partículas PM10 mediante captadores de bajo volumen (DIGITEL DPA14) (Fig. 2.2), los cuales muestrean diariamente PM10. Los filtros empleados en el equipo DIGITEL son Munktell®, siendo aportados previo



análisis gravimétricos por la Unidad Asociada al CSIC-UHU "Contaminación Atmosférica.

El equipo de Atenuación Beta THERMO envía mediante un integrador los niveles cada diez minutos al Centro de Datos de la Red de Calidad del Aire de Andalucía, de la Agencia de Medio Ambiente y Agua (AMAA). Ambas estaciones poseen una estación meteorológica y un integrador de datos para su envío al Centro de Datos de la Agencia de Medio Ambiente y Agua (AMAA) en Sevilla.



**Figura 2.2.-** Equipo de Atenuación Beta (Thermo 5014i) para la medida en continuo de PM10 con integrador de datos (izquierda) y captador de bajo volumen DIGITEL DPA14 para el muestreo de partículas PM10.

## 2.2.-Análisis de niveles gravimétricos

Las partículas sólidas de cada muestra son retenidas en los filtros de fibra de cuarzo MUNKTELL®. Previo al tratamiento analítico, se realizó un pre-acondicionamiento de los filtros atendiendo a los siguientes puntos:

**Choque térmico.** La volatilización de las especies orgánicas semivolátiles que puedan existir en el filtro y así facilitar la estabilización del peso de los filtros. Con este fin los filtros se colocaron en una estufa a 200°C durante un mínimo de 4 horas. Una vez finalizado el tratamiento previo, los filtros se estabilizaron a temperatura ambiente antes de acondicionarlos en la sala de pesada.

**Pesada.** Las pesadas de los filtros se realizaron a partir de las 24 horas desde su estabilización. Se efectuó un mínimo de tres pesadas cada 24h para conseguir un valor más exacto de las mismas. Las pautas de pesada y control gravimétrico han sido iguales a las descritas en el Decreto 151/2006 y según la Norma UNE-EN 12341:2015: "Aire ambiente. Método de medición gravimétrico normalizado para la determinación de la concentración másica PM10 o PM2.5 de la materia particulada en suspensión". El acondicionamiento de los filtros se realizó en una sala con control automático de T ( $20\pm 1^\circ\text{C}$ ) y HR ( $50\pm 5\%$ ).

En la Fig. 2.3 se muestra la sala de balanzas donde se efectuó el acondicionamiento y pesada de los filtros.



**Figura 2.3.-** Sala de gravimetría con control automatizado de T y HR, y balanza SARTORIUS de plato ancho para la pesada de filtros blancos y con partículas muestreadas en este estudio.

### **2.3.- Intercomparación de equipos automáticos y gravimétricos**

En este estudio se presenta la intercomparación de los equipos automáticos de medida de PM10 utilizados en las estaciones de muestreo objeto de estudio con los equipos gravimétricos de referencia.

Para ello se ha tenido en cuenta el informe “*EC working group on particulate matter: A report on guidance to member states on PM10 monitoring and intercomparisons with the reference method*”, publicado en el año 2002 (<https://bit.ly/34gCqF9>).

Los equipos automáticos considerados han sido los equipos de atenuación beta THERMO de La Cabezuela y CN Viento de Levante. Las medidas de PM10 obtenidas con estos equipos se han comparado con las concentraciones obtenidas con captadores de bajo volumen DIGITEL con cabezal de corte PM10 en las dos estaciones consideradas.

La correlación de los datos se ha llevado a cabo en una hoja Excel mediante el ajuste de mínimos cuadrados de la recta de regresión  $R^2$ , que es una medida estadística que indica qué tan bien se ajustan los datos al modelo predictivo, en este caso, entre el eje Y (automático) y el eje X (gravimétrico) usando una correlación lineal.

El valor  $R^2$  está comprendido entre el intervalo 0.0 a 1.0. Los valores más altos indican que la regresión se acercó más a los puntos, siendo un valor  $R^2$  de 1.0 un poder predictivo de modelo perfecto.

En cada análisis se ha tenido en cuenta:

- **Periodo:** periodo considerado.
- **N:** Número de datos considerados.
- **Automático**
  - **PM10:** concentración media de PM10 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) del equipo automático para el periodo considerado.
  - **NS:** número de días con valores medios diarios, obtenidos con el equipo automático, superiores al límite diario establecido por la Directiva EC 2008/50 (PM10 > 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- **Gravimétrico**
  - **PM10:** concentración media de PM10 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) del equipo gravimétrico para el periodo considerado.
  - **NS:** número de días con valores medios diarios, obtenidos con el equipo gravimétrico, superiores al límite diario establecido por la Directiva 2008/50/CE (PM10 >50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).
- **Ecuación de regresión** obtenida entre las medidas del equipo automático y el equipo gravimétrico ( $y = ax + b$ ; donde “y” es los valores obtenidos con el equipo automático y “x” los obtenidos con el equipo gravimétrico), y coeficiente de correlación ( $R^2$ ).
- **Factor:** factor de correlación obtenido a partir de la ratio entre los valores medios de concentración obtenidos con el equipo gravimétrico y el automático.
- **Automático corregido:** las medidas del equipo candidato se han corregido multiplicando por el factor obtenido a partir de la ratio de las medias obtenidas con ambos equipos para el mismo periodo y con el mismo número de muestras.
  - **PM10:** concentración media de PM10 (en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) del equipo automático, para el periodo considerado, una vez aplicada la corrección.
  - **NS:** número de días con valores medios diarios, superiores al límite diario establecido por la Directiva 2008/50/CE (50  $\mu\text{gPM10} / \text{m}^3$ ), obtenidos con el equipo automático, una vez aplicada la corrección.
  - En rojo se resaltan los valores obtenidos (**concentración media y número de superaciones**) después de aplicar la corrección cuando estos no coinciden con los obtenidos con el equipo de referencia.

Por último, se presentan los resultados y las gráficas de correlación obtenidas en cada uno de los periodos considerados.

## 2.4.- Tratamiento de datos

Con objeto de conocer la procedencia regional de las partículas, se ha empleado la metodología descrita en el informe sobre PROCEDIMIENTO PARA IDENTIFICACIÓN DE EPISODIOS NATURALES AFRICANOS DE PM10 Y PM2.5, Y LA DEMOSTRACIÓN DE CAUSA EN LO REFERENTE A LAS SUPERACIONES DEL VALOR LÍMITE DIARIO DE PM10 (<https://bit.ly/2kAl44w>):

- Cálculo de retro trayectorias: se emplea el modelo **HYSPLIT** (Stein et al., 2015; <https://bit.ly/2DcNBTi>). Con este modelo se describe dónde se encuentra una partícula que llega a la zona de estudio hace 5 días (120 horas). Las retro trayectorias se han obtenido para cada día a las 12:00 h. Se obtuvieron retro trayectorias isentrópicas para alturas de partida 750 m, 1500 m y 2500 m sobre la superficie. Las retro trayectorias se han descrito en función de su procedencia según los siguientes sectores: Atlántico Norte (AN), Atlántico Noroeste (ANW), Atlántico Oeste (AW), Norte de África (NAF), Mediterráneo (ME), Europa (EU) y Regional (RE). Se ha seleccionado el dominio de Andalucía Occidental (Lat 37° N 6° W).
- Mapas de concentración y simulación de aerosoles **SKIRON** (Kallos et al., 1997) <http://forecast.uoa.gr/dustindx.php>
- **NAAPS** <https://www.nrlmry.navy.mil/>
- **NASA Earth Data Worldview** <https://worldview.earthdata.nasa.gov/>
- **EARTH NULLSCHOOL**: <https://earth.nullschool.net/>

Además, se ha estudiado los mapas sinópticos de **Met-Office** según <https://bit.ly/2KP9KLT>.

Las series históricas de los mapas de frentes, Nasa Earth Data Worldview y retro trayectorias se encuentran actualizados en el repositorio <https://www.dropbox.com/home/MAPAS>.

Los parámetros meteorológicos han sido estudiados a partir de **METEOBLUE** (<https://www.meteoblue.com/>), incluyendo la serie desde el año 1984 hasta la actualidad a través del paquete *History+*. La estación seleccionada es CÁDIZ. Los datos incluidos en el modelo METEOBLUE son temperatura, viento (velocidad y dirección), radiación solar, presión y precipitación. Estos datos se obtienen a través de distintos modelos (NEMSGLOBAL, ERA5, NEMS12 & NEMS4, ICON, entre otros) con una resolución de 30 km (entre 1984-2007) y 4 km desde el año 2008 hasta hoy.

## 2.5.- Composición química de PM10

Se han analizado componentes inorgánicos de PM10 mediante la técnica multielemental ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry).

Después del análisis gravimétrico, se efectuó el tratamiento previo al análisis basado en el método desarrollado por Querol et al. (2002), que consiste en una digestión ácida total del filtro para el análisis de elementos mayoritarios y traza, lixiviación para el análisis iónico, y una combustión para la determinación del contenido en carbono en cada uno de las muestras de la fracción insoluble.

Los trabajos que realizan la Unidad Asociada CSIC-UHU “Contaminación Atmosférica” están validados a través de las certificaciones ISO9001 (ER 1227/2011) e ISO14001 (GA-2011/0643) a través de AENOR desde el año 2011 (<http://bit.ly/2AnQ9KL>).

En relación a la digestión ácida, se introduce 1/2 del filtro de 47 mm de diámetro en una bomba de PFA (Savillex®) de 60 ml con 0.5 ml de HNO<sub>3</sub> y 1 ml de HF y se cierra la bomba. Esta se introduce durante un mínimo de 4 horas en una estufa a 90 °C. Los ácidos utilizados son Merck® con una pureza del 65% el HNO<sub>3</sub> y 40% el HF.

Transcurrido este tiempo, se extrae la bomba de la estufa y la solución existente se deja evaporar en una placa a 180°C tras haber añadido 0.5 ml de HClO<sub>4</sub> (también Merck, 60% de pureza) y se deja evaporar entre 3 y 6 horas. La relación de los ácidos siempre debe ser de 1:2:1 (HNO<sub>3</sub>:HF:HClO<sub>4</sub>) cuando se trabaja con filtros de fibra cuarzo con material particulado. El HNO<sub>3</sub> tiene la función de disolver la materia orgánica (restos vegetales e insectos) y carbonatos, mientras que el HF disuelve partículas de aluminosilicatos y el propio filtro. Posteriormente se añade el HClO<sub>4</sub> con el fin de digerir la materia orgánica más resistente.

Una vez evaporada la solución ácida queda un residuo sólido seco o “perla” que se disuelve por la adición de 0.5 ml HNO<sub>3</sub> y agua bi-distilada (grado Mili-Q) hasta enrasar 10 ml de solución en un matraz, con lo que se obtiene una solución acidificada al 5% de HNO<sub>3</sub>. Esta solución puede analizarse tanto con ICP-OES como con ICP-MS.

La misma rutina se realiza con los filtros blancos y el material standard de referencia que se utiliza para asegurar la correcta realización y análisis de las muestras. En nuestro caso se trata de NIST1663c (ash-fly).

Los análisis se realizarán en los laboratorios del Centro de Investigación en Química Sostenible (CIQSO) de la Universidad de Huelva empleándose la técnica multielemental ICP-MS (Fig. 2.7). Las concentraciones de elementos: Ba, Cr, Cu, Ni, Pb, Sr, Zn, As, Co, Li, Be, Sc, Ga, Ge, Se, Rb, Y, Zr, Nb, Mo, Cd, Sn, Sb, Cs, Hf, Ta, Bi, Hg, Tl y W fueron determinadas mediante un equipo **ICP-MS** (AGILENT 7900®) de los Servicios de Instrumentación Científica del Centro de Investigación en Química Sostenible (SIC-CIQSO, <http://www.uhu.es/ciqso/servicios-cientificos.html>) de la Universidad de Huelva. Este equipo fue instalado en el CIQSO en octubre de 2015, tratándose de un equipo de última generación en ICPMS octopolar y celda de colisión con He, lo que permite minimizar cualquier tipo de interferencia atómica. La sintonía del equipo fue realizada mediante una solución de 10 ppb de Li, Y y Tl. La calibración externa en ICP-MS se realizó usando disoluciones patrones (1, 10, 50, 100 y 250 ppb así como un blanco de HNO<sub>3</sub> 5%) preparados a partir de disoluciones comerciales multielementales (AGILENT). Además, para eliminar las posibles fluctuaciones que pueda presentar el plasma, se usó <sup>103</sup>Rh como patrón interno, tanto en las muestras como en los patrones de calibración.

Con objeto de controlar la calidad de los resultados, se analiza al mismo tiempo en el ICP-MS el standard NIST 1633c (ash fly) obteniéndose con una precisión y exactitud entre el 5-10% en la mayoría de los elementos analizados.



**Figura 2.7.-** Equipo ICP-MS AGILENT 7900 de la Universidad de Huelva empleado en el análisis de elementos traza y ultratrazo.

### 3.- RESULTADOS

#### 3.1. Intercomparación de niveles de PM10

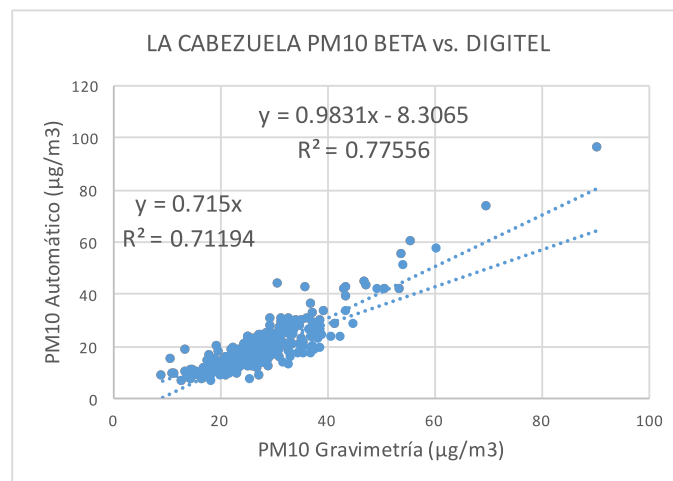
En este apartado se presenta los estudios de intercomparación de los equipos automáticos (Atenuación Beta THERMO) frente a los equipos gravimétricos (secuenciales de bajo volumen DIGITEL) en la fracción PM10, según el procedimiento descrito anteriormente.

Los factores obtenidos entre los equipos beta y secuencial de bajo volumen han sido **1.40** y **1.39** en La Cabezuela y CN Viento de Levante, respectivamente. El estudio ha comprendido un total de **299** y **220** muestras, respectivamente en ambas estaciones, durante el mes de agosto de 2020 a agosto de 2021. Estos factores se han utilizado en las concentraciones horarias determinadas por los equipos de Atenuación Beta. Se detalla a continuación los resultados de la intercomparación entre estos equipos.

#### PM10 ATENUACIÓN BETA THERMO / DIGITEL SECUENCIAL BAJO VOLUMEN LA CABEZUELA

- 1.- EQUIPO AUTOMÁTICO (A): Equipo de Atenuación BETA, THERMO
- 2.- EQUIPO GRAVIMÉTRICO (G): Secuencial Bajo Volumen, DIGITEL.
- 3.- PERIODO: 1 de agosto de 2020 al 22 de agosto de 2021.
- 4.- RESULTADOS INTERCOMPARACIÓN

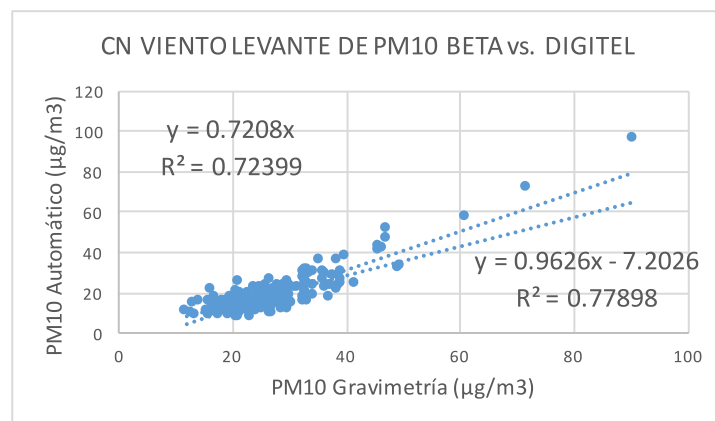
N	Gravimétrico		Automático		Ecuación regresión	Ecuación origen	Factor	Candidato corregido	
	PM10	NS	PM10	NS	$A = a \cdot G + b$ $R^2$	$A = a \cdot G$ $R^2$		PM10	NS
299	28	8	19	6	$y = 0.983x - 8.307$ $R^2 = 0.78$	$y = 0.715x$ $R^2 = 0.72$	1.40	<b>27</b>	<b>17</b>



## PM10 ATENUACIÓN BETA THERMO / DIGITEL SECUENCIAL BAJO VOLUMEN CN VIENTO DE LEVANTE

- 1.- EQUIPO AUTOMÁTICO (A): Equipo de Atenuación BETA, THERMO
- 2.- EQUIPO GRAVIMÉTRICO (G): Secuencial Bajo Volumen, DIGITEL.
- 3.- PERIODO: 13 de agosto de 2020 al 24 de agosto de 2021.
- 4.- RESULTADOS INTERCOMPARACIÓN

N	Gravimétrico		Automático		Ecuación regresión	Ecuación origen	Factor	Candidato corregido	
	PM10	NS	PM10	NS	$A = a \cdot G + b$ $R^2$	$A = a \cdot G$ $R^2$		PM10	NS
220	27	3	18	4	$y = 0.963x - 7.203$ $R^2 = 0.78$	$y = 0.721x$ $R^2 = 0.72$	1.39	<b>26</b>	<b>11</b>



### 3.2.- Niveles y origen de gases contaminantes y PM10.

En este apartado se realiza un estudio de los niveles de gases contaminantes y PM10 en el periodo comprendido entre julio 2020 y agosto 2021 en las estaciones de control de la calidad del aire de la Bahía de Cádiz. Además, se estudiará el origen de los contaminantes empleando diagramas polares y se contextualizarán los resultados en relación a estaciones representativas de la Calidad del Aire de Andalucía y desde un punto de vista histórico (años 2000 a agosto 2021).

#### 3.2.1.- Periodo julio 2020 a agosto 2021

En la [Tabla 3.1](#) se han representado las concentraciones promedio y mensuales obtenidas a través de los equipos instalados en las estaciones temporales de La Cabezuela y CN Viento de Levante para la medida de la concentración de PM10



(equipo de atenuación beta THERMO, y equipo secuencial de bajo volumen DIGITEL). El periodo analizado en este informe comprende desde julio 2020 a agosto 2021.

En la estación de La Cabezuela, la concentración promedio ha sido 28.9  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  y 26.5  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  en los equipos secuencial de bajo volumen DIGITEL y atenuación beta THERMO, respectivamente. En la estación de CN Viento de Levante, la concentración promedio ha sido ligeramente inferior, registrándose 27.4  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  y 25.3  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  en los equipos secuencial de bajo volumen DIGITEL y atenuación beta THERMO, respectivamente. En el caso de los equipos automáticos se ha aplicado los factores de intercomparación obtenidos en el apartado anterior (1.40 y 1.39, respectivamente). En La Cabezuela, las máximas concentraciones mensuales obtenidas con el equipo de atenuación beta ocurrieron en el mes de marzo de 2021 (35.4  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ), y las mínimas en diciembre de 2020 (20.0  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ). En CN Viento de Levante, las máximas concentraciones mensuales determinadas con el equipo de atenuación beta ocurrieron en el mes de febrero y marzo de 2021 (33.9 y 33.7  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ , respectivamente) y las mínimas en diciembre de 2020 (19.2  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ). Las máximas concentraciones coinciden con una importante masa de aire norteafricana con altas concentraciones de partículas procedentes de dos eventos de intrusión sahariana que ocurrieron a principios y finales del mes de marzo de 2021.

**Tabla 3.1.- Niveles de PM10 en los equipos automáticos (atenuación beta THERMO) y gravimetría (secuencial de bajo volumen DIGITEL).**

ESTACIÓN parámetro	La Cabezuela		CN Viento Levante	
	beta PM10	gravimetría PM10	beta PM10	gravimetría PM10
Unidades	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$	
jul-20		24,9		26,0
ago-20	26,6	32,0	26,4	25,9
sept-20	25,0	26,0	21,9	21,5
oct-20	24,5	28,5	21,6	28,6
nov-20	28,0	28,9	25,7	26,9
dic-20	20,0	24,7	19,2	21,1
ene-21	23,3	21,5	24,3	23,2
feb-21	30,2	29,7	33,9	40,2
mar-21	35,4	40,9	33,7	31,6
abr-21	23,9	24,6	25,4	26,1
may-21	19,8	25,7	20,2	25,6
jun-21	20,5	24,9	21,0	26,2
jul-21	25,6	36,0	26,6	33,8
ago-21	32,6	37,4	33,1	44,1
Promedio	26,5	28,9	25,3	27,4

Para ambas estaciones, en la [Tabla 3.2](#) se describen los días con influencia de masas de aire norteafricano y las superaciones del Valor Límite Diario (VLD, días con concentración superior a 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , no más de 35 días al año sin incluir días con influencia norteafricana).

**Tabla 3.2.-** Días con influencia de masas de aire norteafricano y superaciones del Valor Límite Diario (VLD >50 µg/m<sup>3</sup>, según [EU 2008/50/CE](#)).

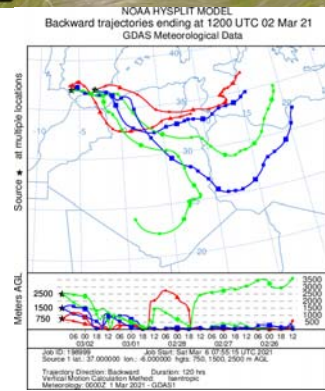
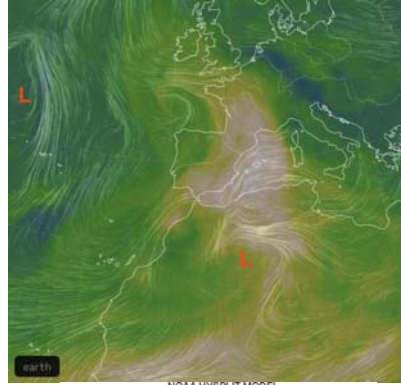
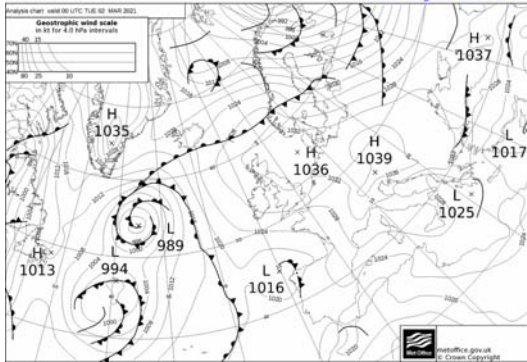
Nº días La Cabezuela	NAF	VLD>50 µg/m <sup>3</sup>	VLD>50 µg/m <sup>3</sup>	NAF	VLD>50 µg/m <sup>3</sup>	ANT
jul-20	20					
ago-20	9	0	0		0	0
sept-20	2	0	0		0	0
oct-20	4	0	0		0	0
nov-20	6	1	1		0	0
dic-20	2	0	0		0	0
ene-21	0	0	0		0	0
feb-21	9	4	4		0	0
mar-21	15	7	7		0	0
abr-21	8	1	1		0	0
may-21	8	0	0		0	0
jun-21	13	0	0		0	0
jul-21	10	0	0		0	0
ago-21	14	3	3		0	0
Total	120	16	16		0	0

Nº días CN Viento Levante	NAF	VLD>50 µg/m <sup>3</sup>	VLD>50 µg/m <sup>3</sup>	NAF	VLD>50 µg/m <sup>3</sup>	ANT
jul-20	20					
ago-20	9	0	0		0	0
sept-20	2	0	0		0	0
oct-20	4	0	0		0	0
nov-20	6	1	1		0	0
dic-20	2	0	0		0	0
ene-21	0	1	0		1	0
feb-21	9	2	2		0	0
mar-21	15	5	5		0	0
abr-21	8	2	2		0	0
may-21	8	0	0		0	0
jun-21	13	0	0		0	0
jul-21	10	0	0		0	0
ago-21	14	3	3		0	0
Total	120	14	13		1	0

La mayor incidencia de masas de aire norteafricano ha tenido lugar en julio (hasta 20 días), seguida de marzo y agosto de 2021 (hasta 15 y 14 días, respectivamente). Se ha superado el nivel de 50 µg/m<sup>3</sup>, en 16 ocasiones (1 día en noviembre, 4 días en febrero, 7 días en marzo, 1 en abril y 3 días en agosto) en la estación de La Cabezuela, y en 14 ocasiones en CN Viento de Levante (1 día en noviembre, 1 día en enero, 2 días en febrero, 5 días en marzo, 2 días en abril y 3 días en agosto). Estas superaciones son debidas a una causa natural, por lo cual no contabiliza en los 35 días permitidos de superación del VLD. Solamente se ha contabilizado un día con superación del VLD por causa antropogénica en CN Viento de Levante (día 21 de enero de 2021).

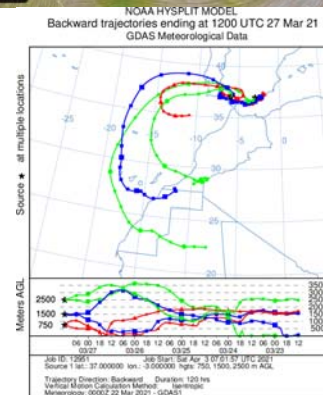
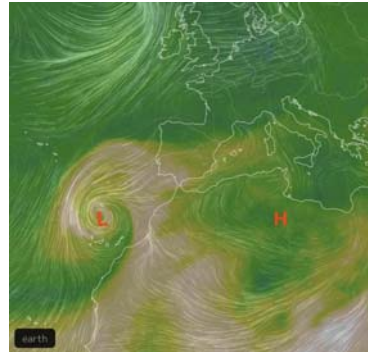
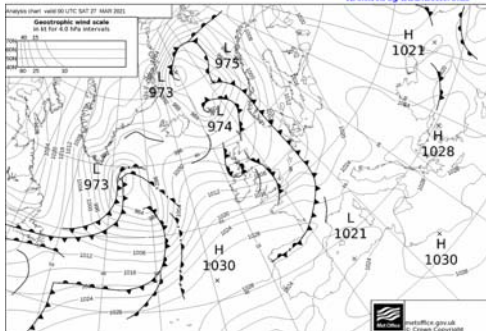
2- marzo-2021

Archived by [www.weather3.de](http://www.weather3.de)



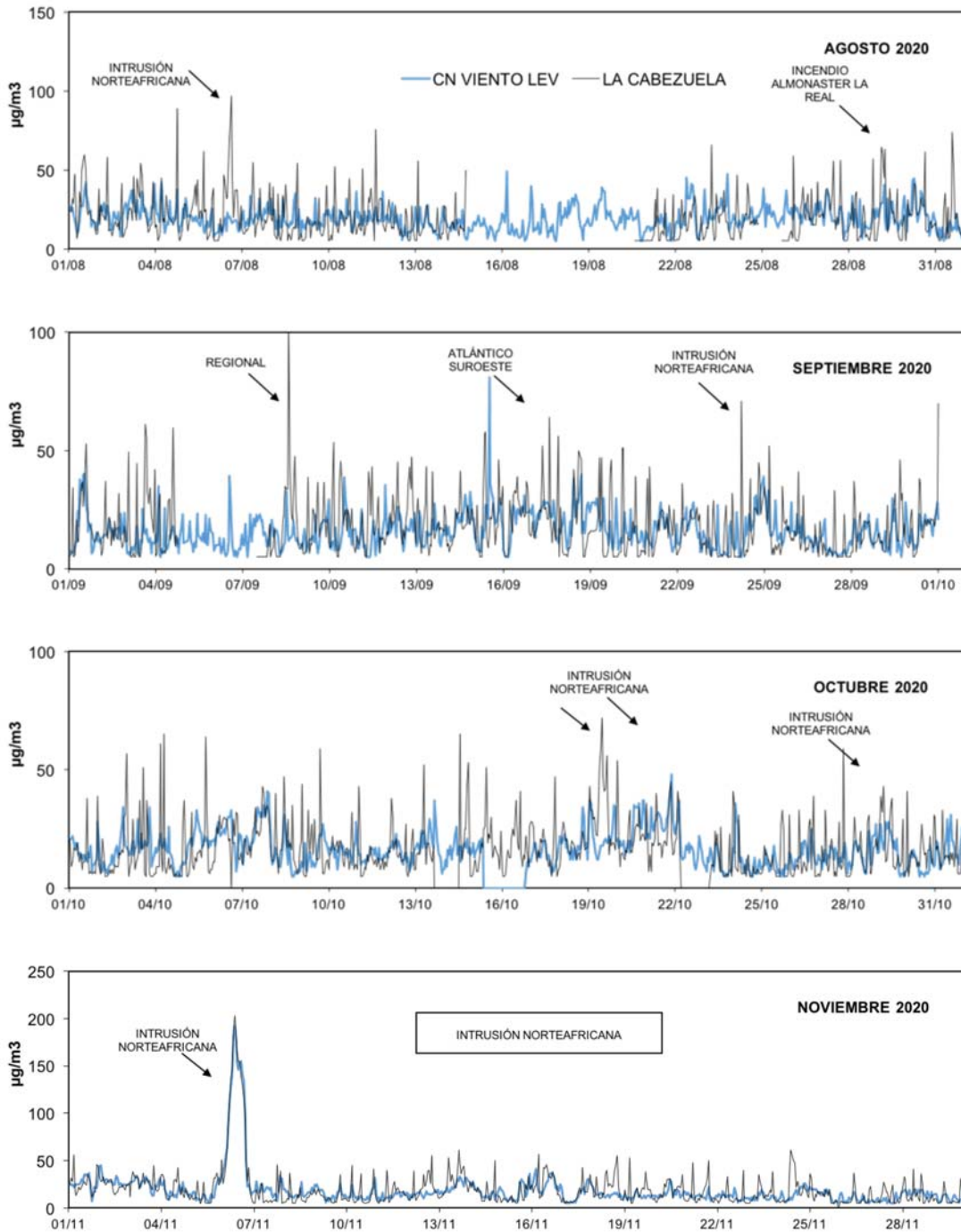
27- marzo-2021

Archived by [www.weather3.de](http://www.weather3.de)

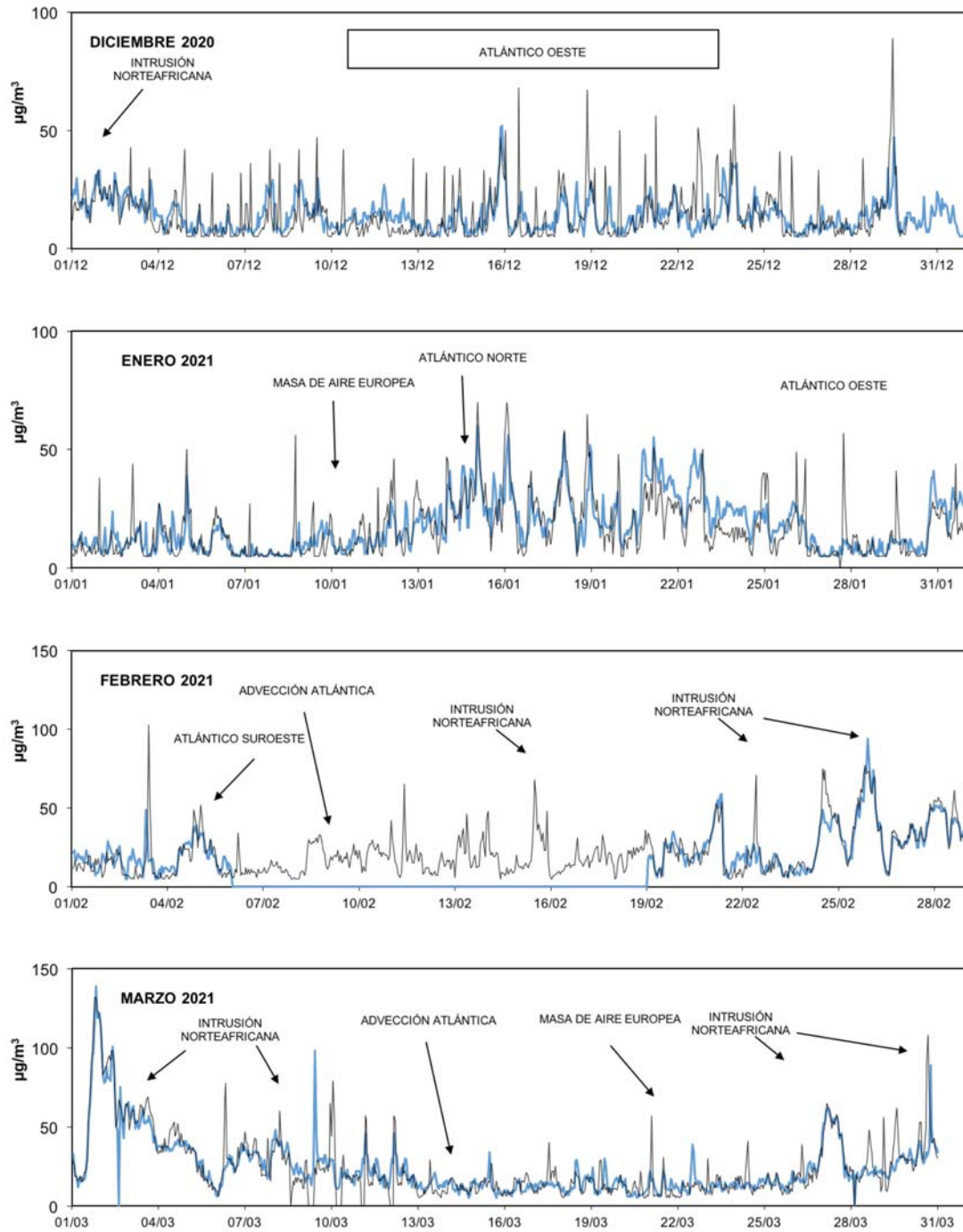


**Figura 3.1.-** Mapa de frentes (Met Office), AOD (Aerosol Optical Depth, EarthNull), imagen satélite Aqua-Terra de NOAA y retrotrayectoria según HYSPLIT durante 2 y 27 de marzo de 2021.

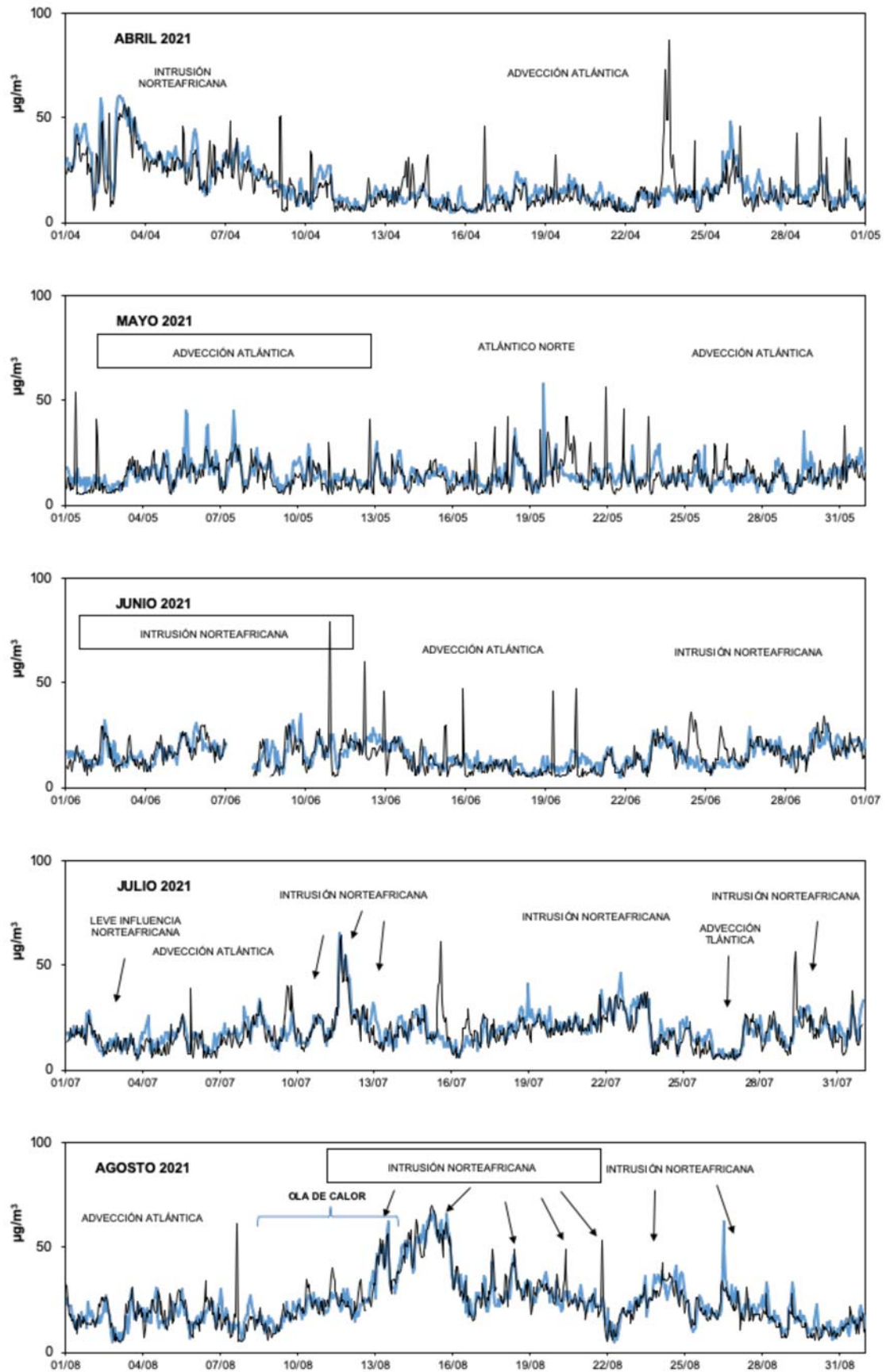
En la [Figura 3.2](#) se ha representado los niveles horarios obtenidos con los distintos equipos automáticos, destacándose además la presencia de eventos sinópticos de interés como la influencia de masas de aire de procedencia norteafricana, resultando en un aumento en las concentraciones de partículas.



**Figura 3.2.-** Niveles horarios de PM10 en las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante entre julio 2020 y agosto de 2021.



**Figura 3.2 (continuación).**- Niveles horarios de PM10 en las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante entre julio 2020 y agosto de 2021.



**Figura 3.2 (continuación).**- Niveles horarios de PM10 en las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante entre julio 2020 y agosto de 2021.

Las concentraciones de gases contaminantes –NO<sub>2</sub>, O<sub>3</sub>, CO y SO<sub>2</sub>- y PM10 registradas en las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz se muestran en la [Tabla 3.3](#) y en los mapas de la [Fig. 3.3](#). Se ha considerado el periodo de estudio completo, desde agosto de 2020 a agosto de 2021.

**Tabla 3.3.-** Concentración de gases contaminantes y niveles de PM10 en la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz, y las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante. PM10 sin factor de intercomparación automático vs gravimétrico. Periodo de estudio: agosto 2020 a agosto 2021.

ESTACIÓN	Unidades	AÑO 2020						AÑO 2021						Promedio			
		Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun		Jul	Ago	
LA CABEZUELA	VV m/s		3,3	3,8	3,4	3,3	2,9		2,8	4,2	3,8	4,3	4,2	3,6	3,9	3,1	3,4
	DD °																163
	PM10 µg/m <sup>3</sup>		19	18	17	20	14		17	22	26	17	14	15	18	23	18,5
CN VIENTO LEVANTE	VV m/s		2,7	4,0	2,6	2,8	1,2		1,1	2,7	3,0	2,9	2,1	1,0	1,7	0,5	2,5
	DD °																218
	PM10 µg/m <sup>3</sup>		19	16	17	19	14		18	25	25	18	15	16	19	24	18,5
AVDA MARCONI	SO2 µg/m <sup>3</sup>		2,8	2,9	3,7	5,1	3,2		2,1	2,7	3,2	3,8	4,2	2,1	2,9	3,2	3,2
	PM10 µg/m <sup>3</sup>		17	16	15	18	14		14	23	26	19	15	17	21	24	18,5
	NO2 µg/m <sup>3</sup>		9	10	12	12	16		14	9	9	6	8	9	9	12	10,5
	CO µg/m <sup>3</sup>		442	666	994	1185	513		811	525	473	692	845	588	714	662	706
	O3 µg/m <sup>3</sup>		65	75	67	61	49		48	68	75	86	76	80	70	69	68,2
RÍO SAN PEDRO	SO2 µg/m <sup>3</sup>																
	PM10 µg/m <sup>3</sup>		26	22	20	20	16		19	22	25	20	15	16	18	23	20,2
	NO2 µg/m <sup>3</sup>		10	8	11	10	14		14	12	8	7	8	7	9	15	10,3
	O3 µg/m <sup>3</sup>		59	75	67	59	47		46	64	71	81	76	77	64	49	64,8
SAN FERNANDO	SO2 µg/m <sup>3</sup>		7	1	2	3	2		3	3	1	2	2	2	2	2	2,4
	PM10 µg/m <sup>3</sup>		23	17	17	19	15		15	21	25	19	15	16	21	26	19,3
	NO2 µg/m <sup>3</sup>		10	9	10	9	15		12	8	9	7	8	8	8	11	9,5
	CO µg/m <sup>3</sup>		1036	616	605	472	534		677	880	670	875	852	771	1106	923	768
	O3 µg/m <sup>3</sup>		62	56	59	61	49		51	66	73	80	77	73	75	74	66,1
CARTUJA	SO2 µg/m <sup>3</sup>		5	1	2	1	3		4	3	1	3	4	1	3	2	2,6
	PM10 µg/m <sup>3</sup>		25	24	22	20	16		19	22	31	23	17	19	24	30	22,5
	NO2 µg/m <sup>3</sup>		7	8	8	7	10		9	6	7	5	6	6	6	6	7,1
	CO µg/m <sup>3</sup>		526	638	260	337	525		547	333	558	592	467	389	406	499	466
	O3 µg/m <sup>3</sup>		62	62	56	52	42		40	61	66	71	69	70	63	63	59,5
JEREZ CHAPÍN	SO2 µg/m <sup>3</sup>		2	1	2	2	4		5	3	1	3	2	2	3	1	2,4
	PM10 µg/m <sup>3</sup>		25	23	26	23	18		27	23	31	19	19	18	24	29	23,5
	NO2 µg/m <sup>3</sup>		6	10	14	16	16		17	11	11	9	8	8	9	10	11,1
	CO µg/m <sup>3</sup>		593	590	639	615	746		784	629	661	622	634	556	364	340	600
	O3 µg/m <sup>3</sup>		68	73	60	48	45		42	63	67	82	78	81	76	75	66,4

Las máximas concentraciones de NO<sub>2</sub> se registraron en las estaciones de Avenida Marconi, Río San Pedro y Jerez Chapín (10,5, 10,3 y 11,1 µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>, respectivamente), siendo inferior al límite anual de 40 µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> según [EU 2008/50/CE](#) para este contaminante. La concentración mínima se ha obtenido en la estación Cartuja de Jerez (7,1 µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). El ozono troposférico posee un comportamiento antagónico con NO<sub>2</sub>. Sin embargo, las máximas concentraciones promedio en el periodo estudiado se alcanzaron en Avenida Marconi (68 µgO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>), y la mínima en Cartuja (56 µgO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>).

Las máximas concentraciones de CO se alcanzaron en San Fernando y Avenida Marconi (768 µgCO/m<sup>3</sup> y 706 µgCO/m<sup>3</sup>, respectivamente), siendo inferior al límite promedio anual de 10 000 µgCO/m<sup>3</sup> según [EU 2008/50/CE](#) para este contaminante. La concentración mínima se ha registrado en la estación Cartuja de Jerez (466 µgCO/m<sup>3</sup>). Respecto a la concentración de SO<sub>2</sub>, destacar que se encuentra en niveles de fondo.

En relación a PM10, y al no disponer de factores de intercomparación (F) de los equipos de atenuación beta de las distintas estaciones de muestreo de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz, en la [Tabla 3.3](#) se han representado los niveles sin tener en cuenta este factor F (incluyendo La Cabezuela y CN Viento de Levante).

Las máximas concentraciones promedio en el periodo de estudio se han registrado en Jerez Chapín ( $23.5 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ), seguido por Cartuja de Jerez ( $22.5 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ), Río San Pedro ( $20.2 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ) y San Fernando ( $19.3 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ). Las mínimas concentraciones se han obtenido en Avenida Marconi, La Cabezuela y CN Viento de Levante ( $18.5 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ), todas ellas, se encuentran en el rango bajo del conjunto de las estaciones analizadas. Cabe destacar, que estos valores son bajos en comparación con el promedio anual de  $40 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  según [EU 2008/50/CE](#). El Valor Límite Diario ( $50 \mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$  hasta 35 días) se ha superado en 4 y 2 ocasiones en Jerez Chapín y Cartuja, respectivamente) (ver Fig. 3).



**Figura 3.3.-** Mapas de concentración promedio de gases contaminantes y PM10 en las estaciones de Bahía de Cádiz entre los meses de agosto 2020 y agosto 2021.



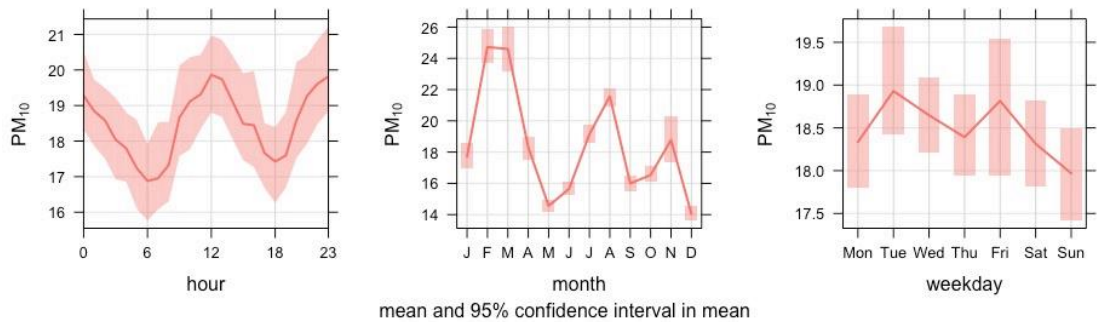
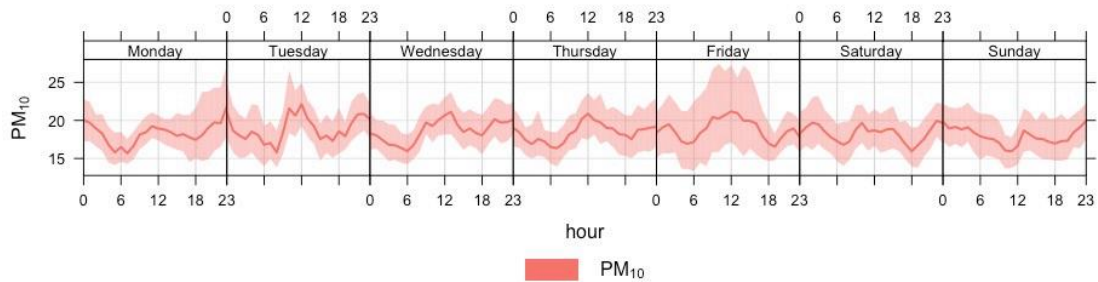
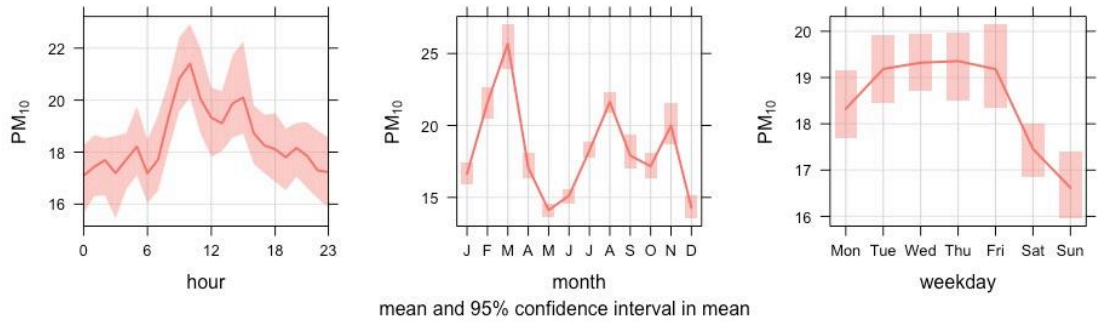
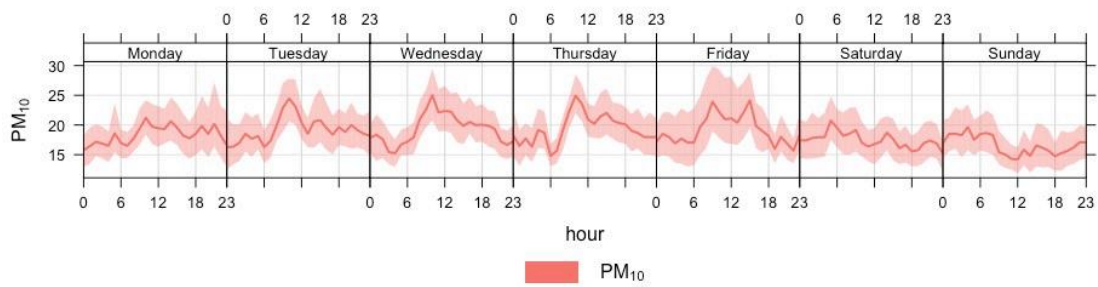
En las Figuras 3.4 y 3.5 se han representado los patrones de variación diarias, semanales y anuales en las estaciones estudiadas en relación a los gases contaminantes y PM10.

En la estación de La Cabezuela, se observa un claro descenso de niveles de PM10 durante los fines de semana en relación al resto de la semana. Las máximas concentraciones ocurrieron en marzo, febrero, agosto y noviembre y las mínimas en diciembre, mayo y junio. También se destaca un patrón diario con máximos a 9 y 14-15h. El patrón de variación de PM10 anual es similar en la estación CN Viento de Levante, sin embargo, se observa dos grandes máximos a 12h y 24h. Los niveles mínimos de PM10 ocurren durante el domingo en comparación con el resto de días de la semana.

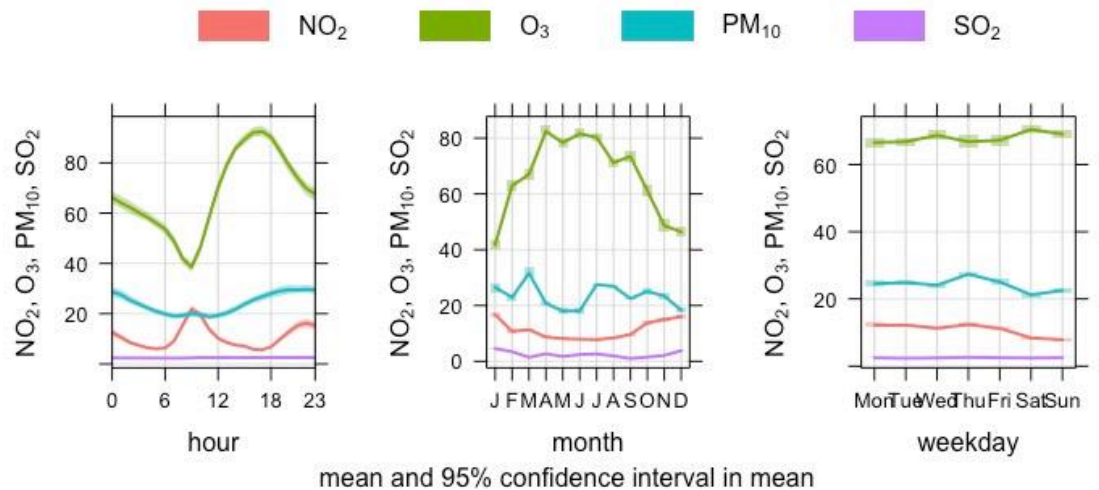
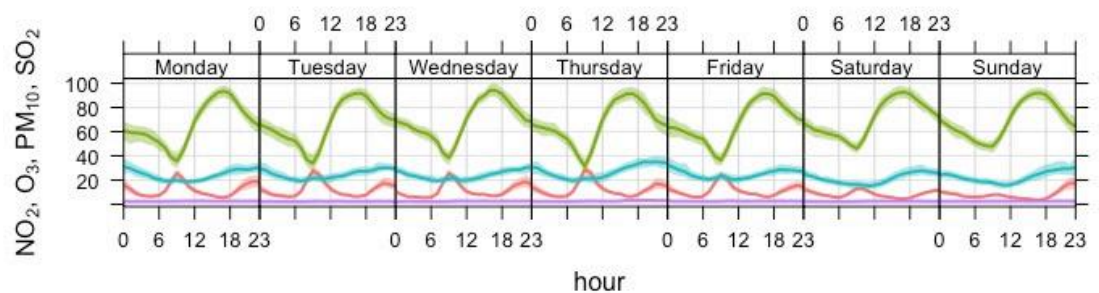
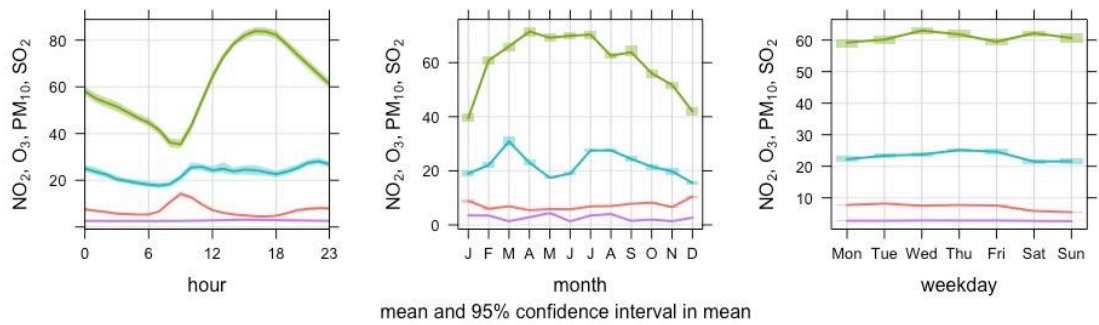
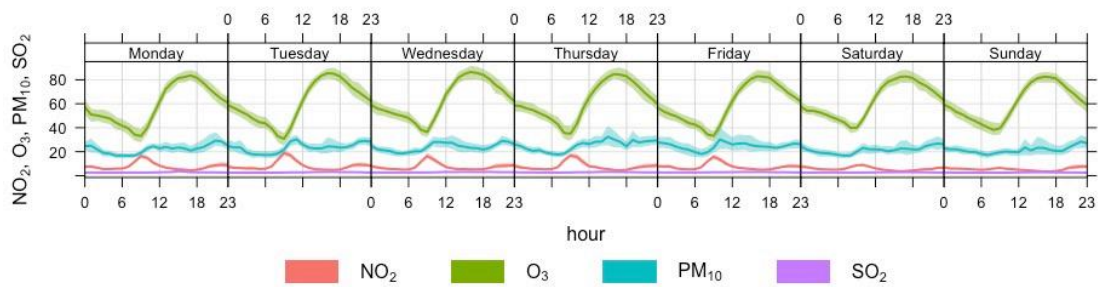
En el resto de estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Junta de Andalucía en la Bahía de Cádiz, y desde un punto de vista diario, los máximos de NO<sub>2</sub> ocurren entre 9-10h y 22 horas coincidiendo con mínimos de ozono. El primer máximo de NO<sub>2</sub> es superior al de la tarde-noche (Fig. 3.5).

Semanalmente, las máximas concentraciones de NO<sub>2</sub>, CO y PM10 ocurren en los días de laborales (lunes a viernes) en comparación con el fin de semana (sábado a domingo). El ozono troposférico alcanza los máximos valores en los fines de semana, coincidiendo con el descenso de precursores, por ejemplo, óxidos de nitrógeno.

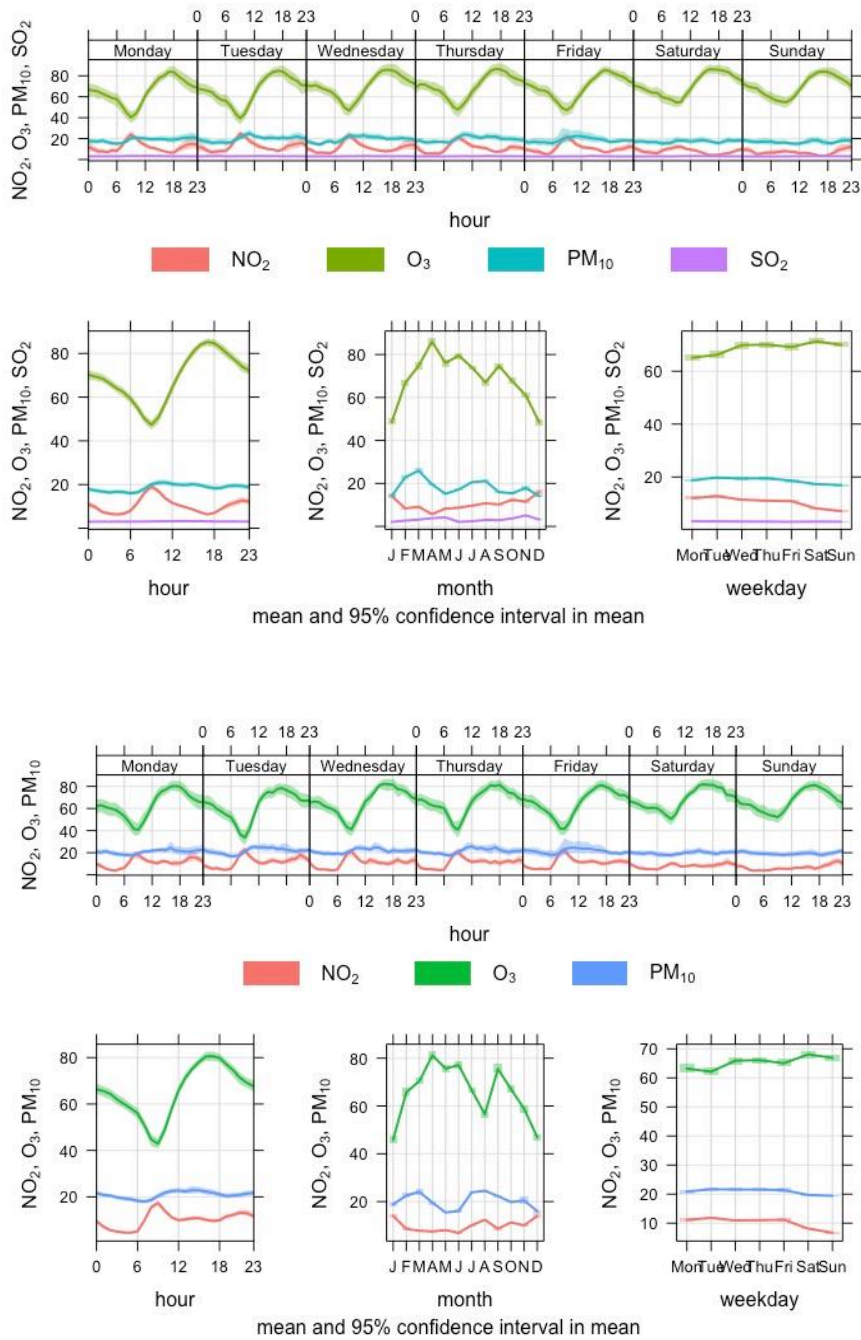
Finalmente, las máximas concentraciones de NO<sub>2</sub> tienen lugar en enero-febrero y noviembre-diciembre, ozono entre febrero y septiembre, y PM10 entre junio a septiembre, y marzo, donde ocurrió dos de las principales intrusiones de polvo norteafricano, tal como se ha descrito anteriormente (ver Fig. 3.2).



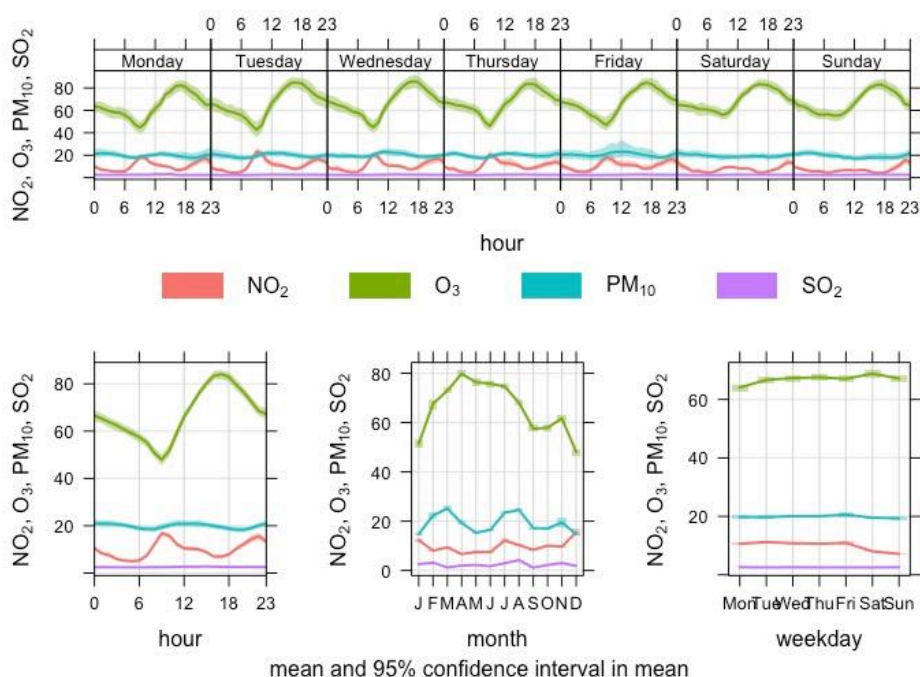
**Figura 3.4.-** Diagramas de variación diario, semanal y anual de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las estaciones de La Cabezuela (arriba) y CN Viento de Levante (abajo) en el periodo agosto 2020-agosto 2021.



**Figura 3.5.-** Diagramas de variación diario, semanal y anual de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las estaciones de Cartuja (CAR) (arriba) y Jerez-Chapín (JER) (abajo) en el periodo agosto 2020-agosto 2021.



**Figura 3.5 (continuación).**- Diagramas de variación diario, semanal y anual de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de las estaciones de Avda. Marconi (MAR) y Río San Pedro (RIO) en el periodo agosto 2020-agosto 2021.



**Figura 3.5 (continuación).**- Diagramas de variación diario, semanal y anual de PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la estación de San Fernando en el periodo agosto 2020-agosto 2021.

Los diagramas mensuales por contaminante y estaciones se encuentran en el [Anexo 1](#). Además, semanalmente se envía a la Autoridad Portuaria Bahía de Cádiz un informe sobre evolución de los niveles en las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Bahía de Cádiz y las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante. Los niveles se encuentran en el rango bajo de otras estaciones representativas de Andalucía para el periodo agosto de 2020 a agosto de 2021 ([Tabla 3.4](#), y [Figura 3.6](#) y [3.7](#)).

**Tabla 3.4.-** Niveles promedio de gases contaminantes y PM10 en el periodo agosto 2020 a agosto 2021 en estaciones representativas de la Red de Calidad del Aire de Andalucía.

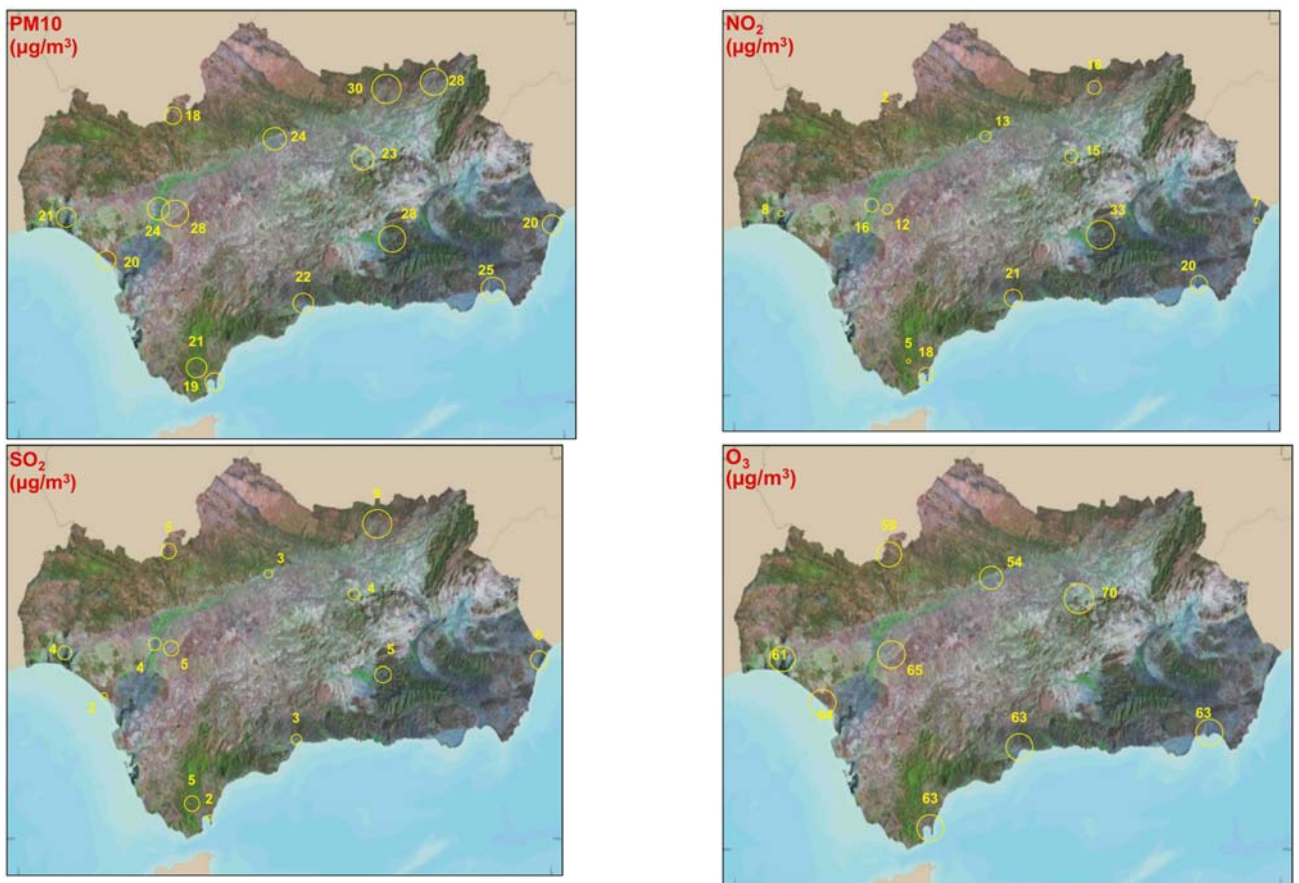
AGOSTO 2020-AGOSTO 2021										PM10		
Estación ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PROVINCIA	SO2	CO	NO	NO2	NOx	PM10	O3	NO2+O3	>VLD	SAH	ANTROP
<b>FONDO RURAL</b>												
MATALASCAÑAS	Huelva	2					20	64	66	4	4	0
SIERRA NORTE	Sevilla	5		3	2	6	18	59	61	12	11	1
ALCORNOCALLES	Cádiz	4		1	5	7	21			8	8	0
VVA ARZOBISPO	Jaén		445				28			40	23	17
<b>FONDO URBANO + INDUSTRIAL</b>												
LEPANTO	Córdoba	3	455	4	13	18	24	54	67	15	15	0
CAMPUS	Huelva	4	325	4	8	10	21	61	68	6	6	0
BAILÉN	Jaén	9		5	16	16	30			34	26	8
LA LÍNEA	Cádiz	2		6	18	24	19	63	81	7	7	0
PLAZA CASTILLO	Almería	6		2	7	10	20			13	12	1
ALCALÁ GUAD.	Sevilla	5	488	3	12	17	28	65	77	22	21	1
<b>TRÁFICO HOT SPOT</b>												
PRÍNCIPES	Sevilla	4	541	7	16	26	24			15	15	0
GRANADA NORTE	Granada	5	677	20	33	62	28			24	23	1
MEDITERRÁNEO	Almería		269	6	20	28	25	63	83	13	11	2
RONDA DEL VALLE	Jaén	4	471	6	15	23	23	70	85	15	15	0
CARRANQUE	Málaga	3		6	21	29	22	63	84	10	9	1
<b>Límite horario</b>		350 (24)		200 (18)								
<b>Límite diario</b>		125 (3)									50 (35)	
<b>Límite anual</b>				40			40					

( ) número de veces y según EC/50/2008

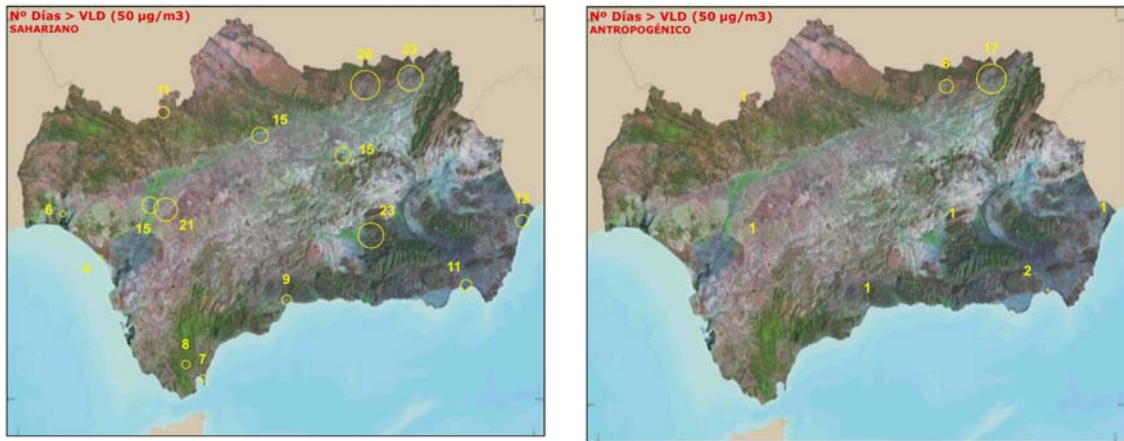
En este sentido, las máximas concentraciones de  $\text{NO}_2$  se alcanzaron en Granada Norte ( $33 \mu\text{gNO}_2/\text{m}^3$ ), Ozono troposférico en Ronda de Valle ( $70 \mu\text{gO}_3/\text{m}^3$ ), CO en Granada Norte ( $677 \mu\text{gCO}/\text{m}^3$ ) y PM10 en Bailén ( $30 \mu\text{gPM10}/\text{m}^3$ ).

Las máximas superaciones del Valor Límite Diario (VLD,  $50 \mu\text{gPM10}/\text{m}^3$ ) según EU 2008/50/CE se han alcanzado en Villanueva del Arzobispo, alcanzándose 23 días por causas saharianas y 17 por causas antropogénicas, y en Bailén siendo 26 días por causas saharianas y 8 por causas antropogénicas. Estos valores son bajos en verano-otoño, e inferiores a 35 días según EU 2008/50/CE.

Si se compara los niveles de PM10 de las estaciones de La Cabezuela ( $18.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y CN Viento de Levante ( $18.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con las estaciones de Andalucía, se destaca que estos valores son bajos, incluso inferiores a los obtenidos en la estación rural de Alcornocales ( $21 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) de la provincia de Cádiz.



**Figura 3.6.-** Mapas de concentración promedio de gases contaminantes y PM10 en el periodo agosto de 2020 a agosto de 2021 en estaciones representativas de la Red de Calidad del Aire de Andalucía.



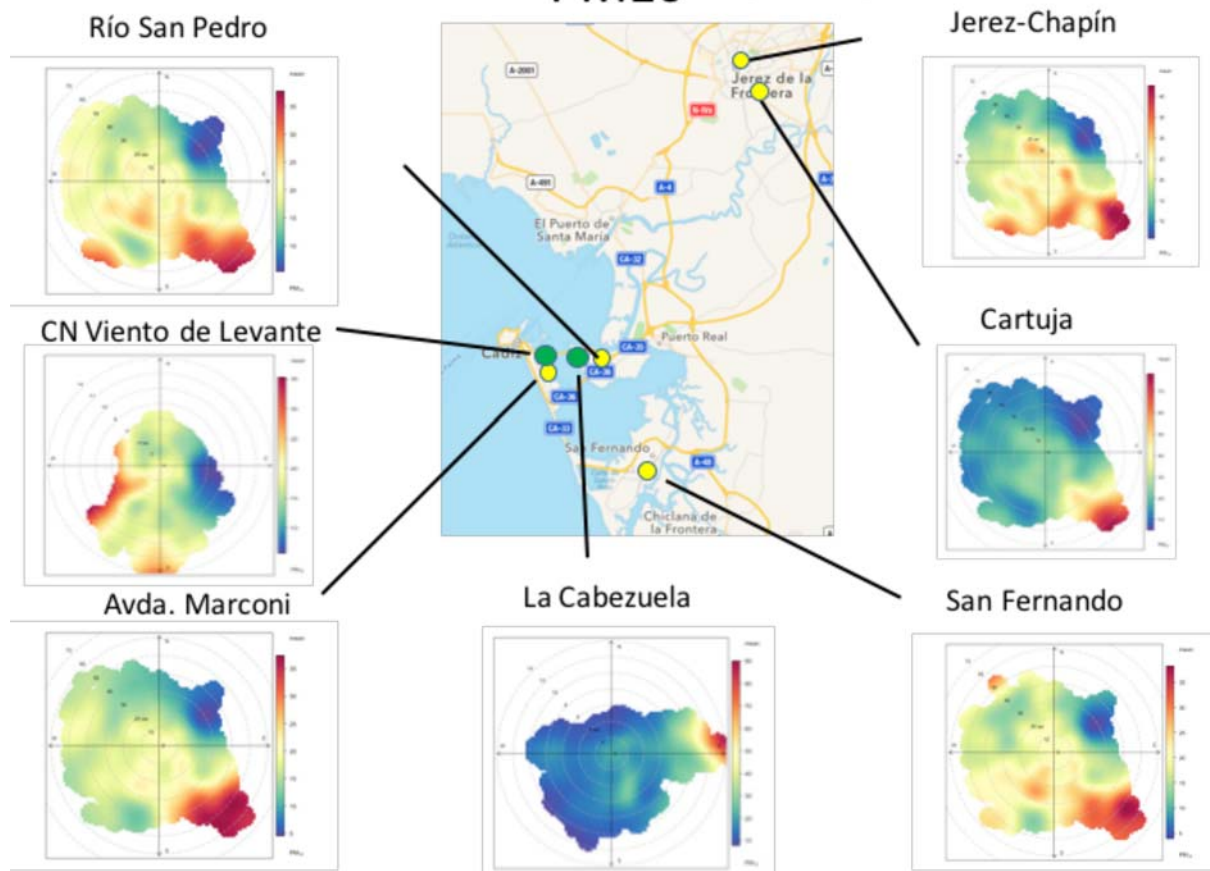
**Figura 3.7.-** Mapas de superaciones del Valor Límite Diario (VLD, 50  $\mu\text{gPM}_{10}/\text{m}^3$ ) según [EU 2008/50/CE](#) por causa de masas de aire norteafricanas y antropogénicas en estaciones representativas de la Red de Calidad del Aire de Andalucía, en el periodo agosto de 2020 a agosto de 2021.

### 3.2.2.- Diagramas polares

El uso de diagramas polares con cada uno de los contaminantes y la dirección y velocidad del viento, informarán sobre la proximidad y ubicación de las fuentes según rosa de vientos. Este tipo de diagramas se ha empleado en las siete estaciones de medida de la calidad del aire

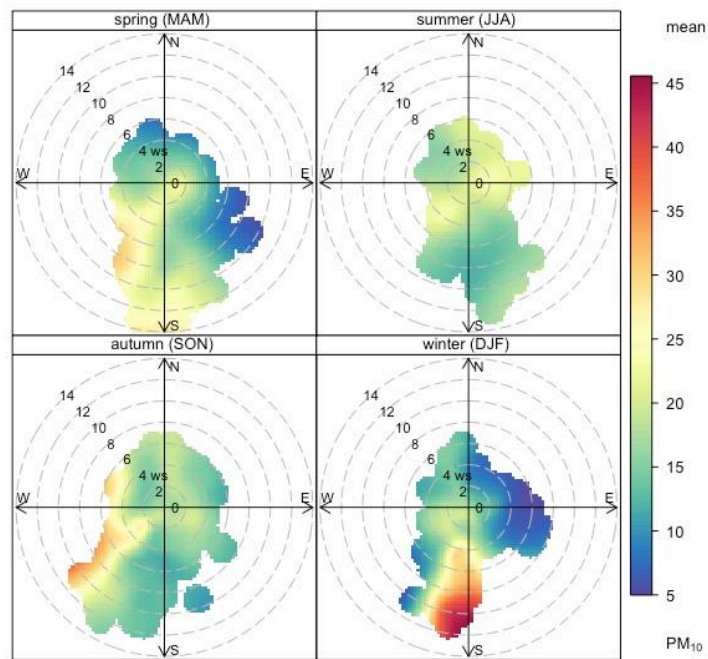
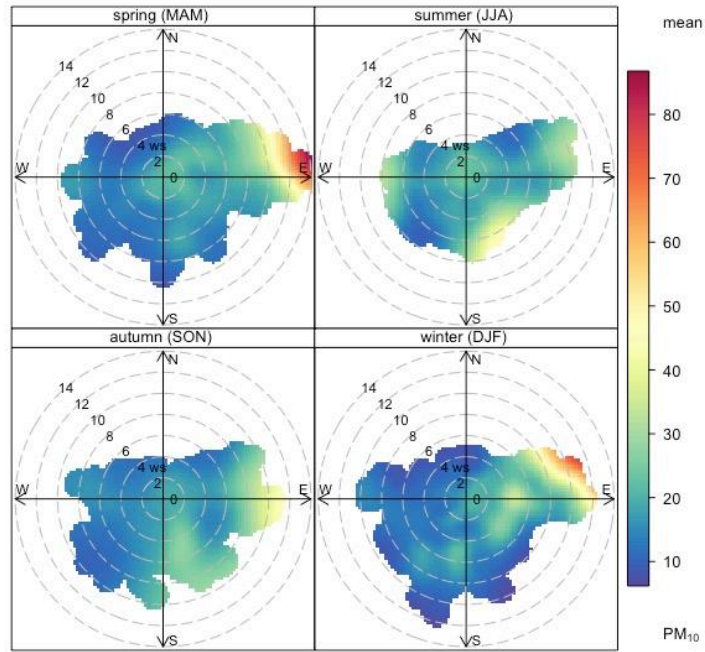
Las máximas concentraciones de PM10 en las estaciones estudiadas ocurren a larga distancia con respecto a la estación de muestreo, observándose dos focos, uno en el 2º cuadrante y otro en dirección Suroeste ([Fig. 3.8](#)). También se destaca, sobre todo Cartuja y Jerez-Chapín, como las máximas concentraciones ocurren en verano ([Fig. 3.9](#) y [Fig. 3.10](#)), y principalmente durante la tarde ([Fig. 3.11](#)).

### PM10 Ag 2020-Ag2021

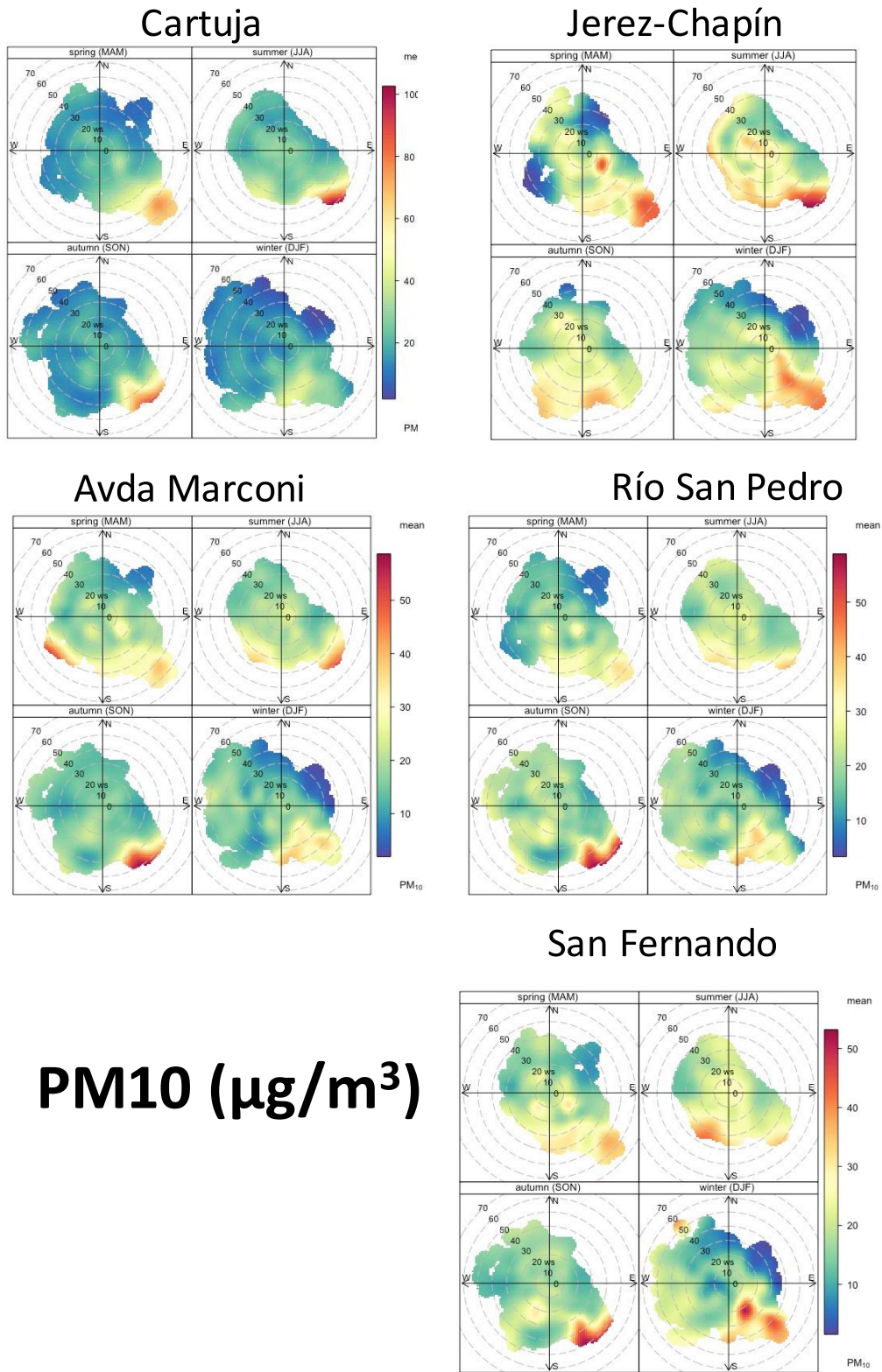


**Figura 3.8.-** Diagramas polares de PM10 en el periodo agosto 2020 a agosto 2021 de las estaciones Cartuja, Jerez-Chapín, Avda. Marconi, Río San Pedro y San Fernando.

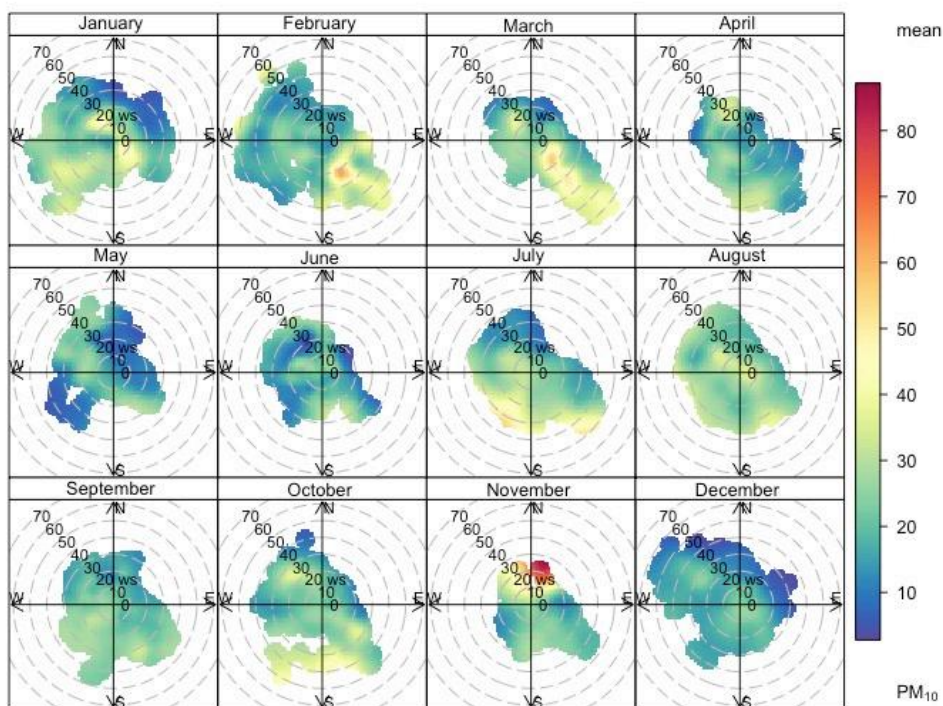
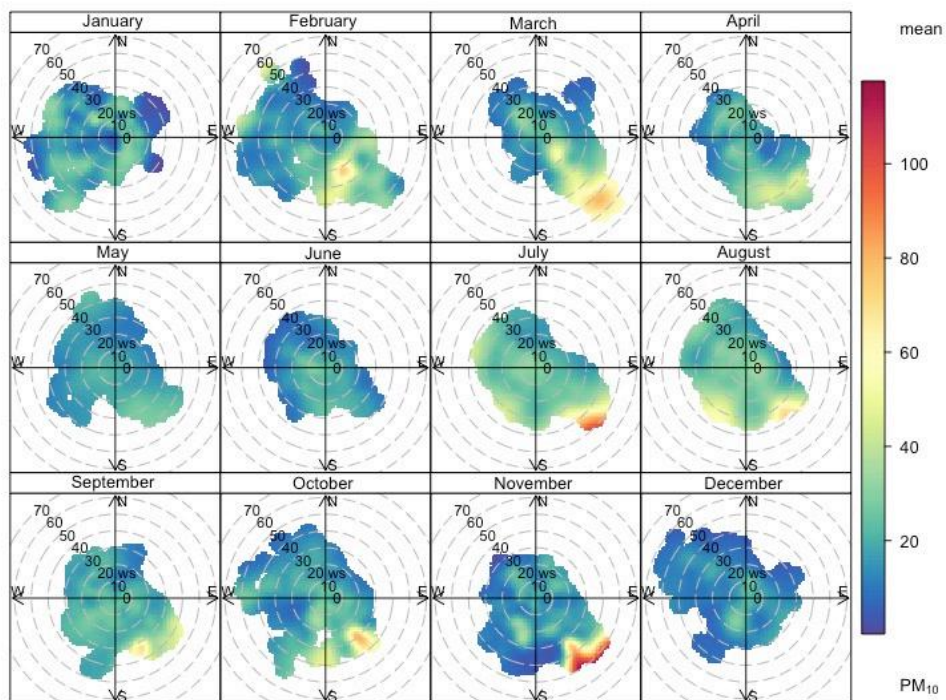




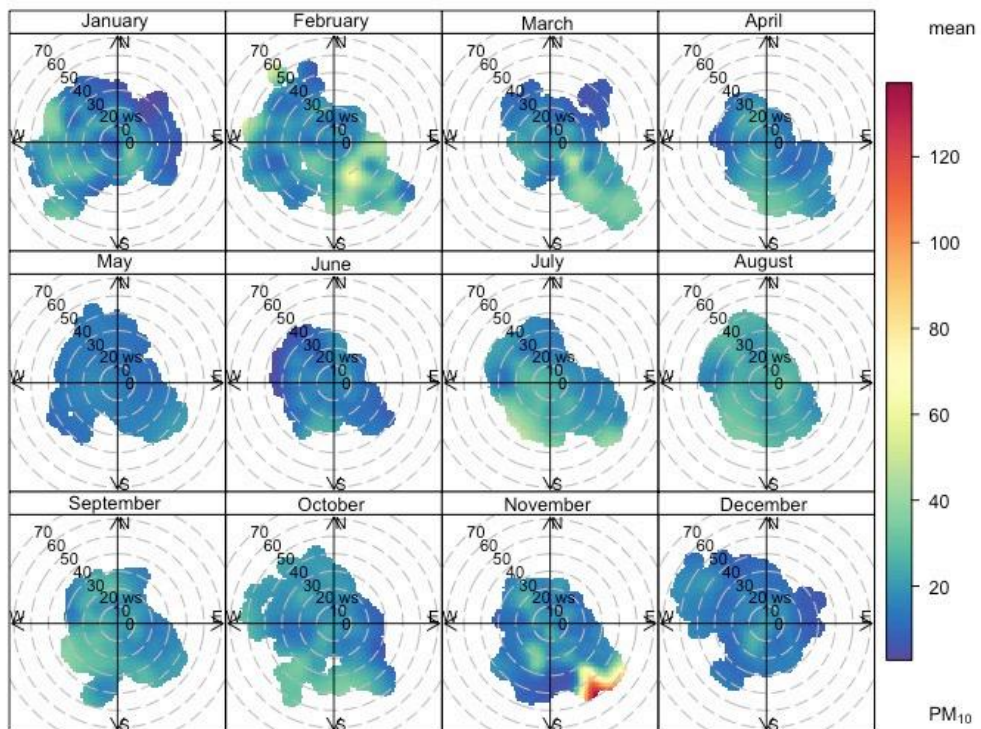
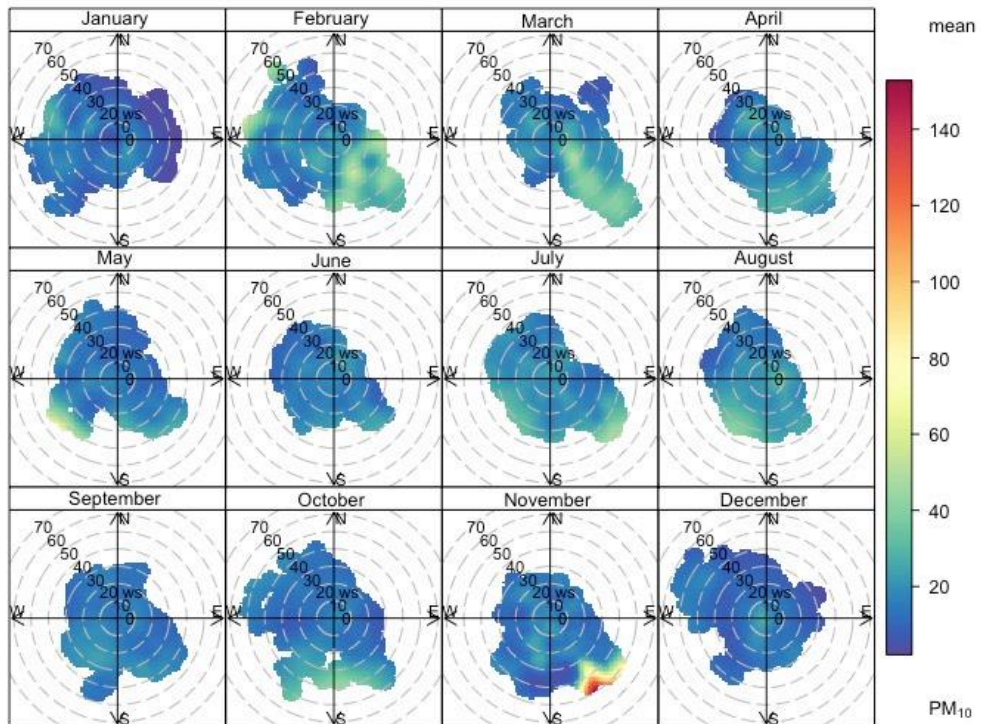
**Figura 3.9.-** Diagramas polares estacionales de PM10 de las estaciones de La Cabezuela (superior) y CN Viento de Levante (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



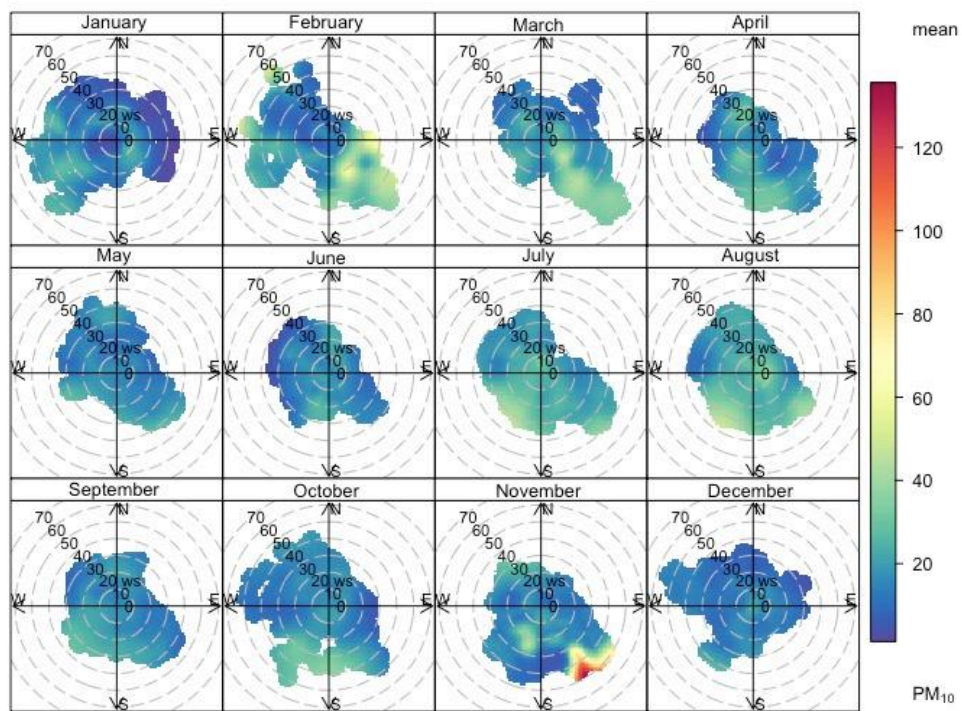
**Figura 3.9.-** Diagramas polares estacionales de PM10 de las estaciones de Bahía de Cádiz en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



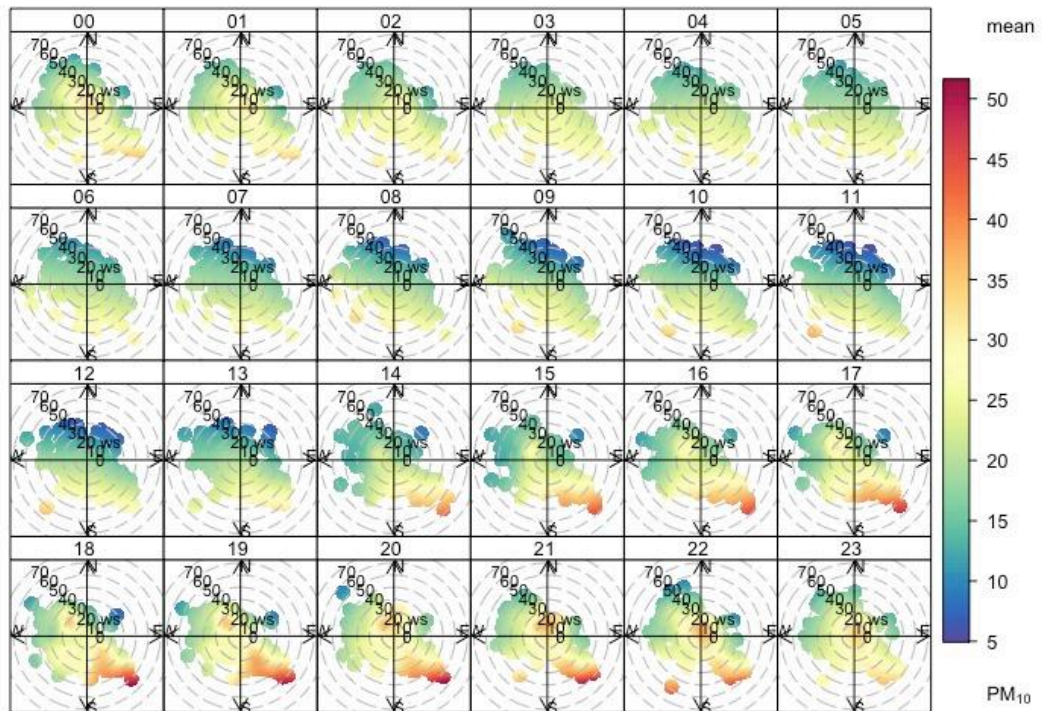
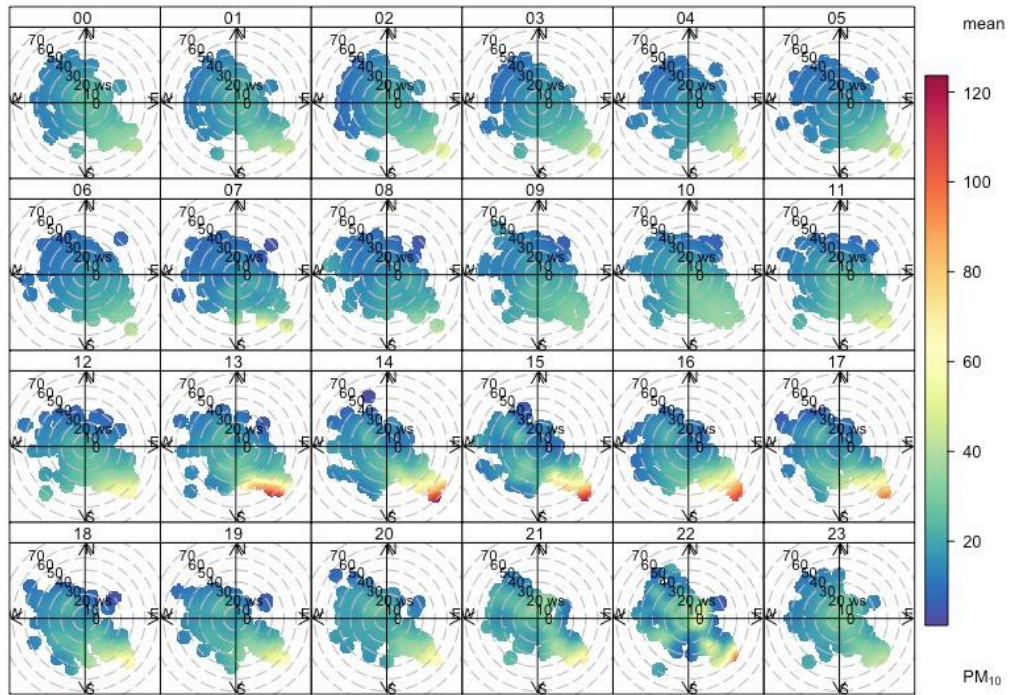
**Figura 3.10.-** Diagramas polares mensuales de PM10 de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



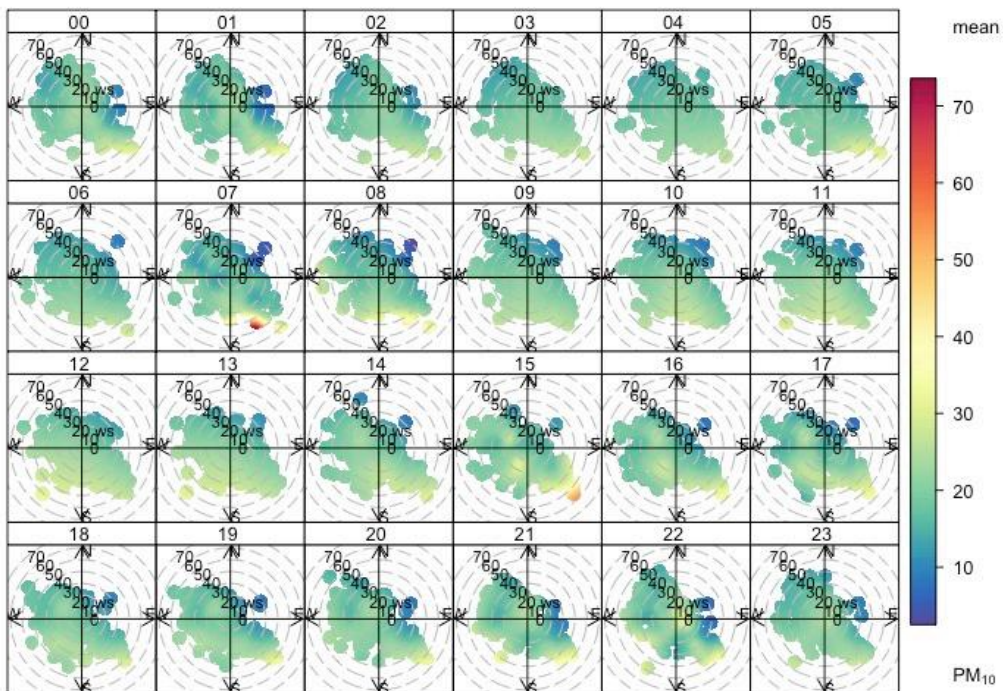
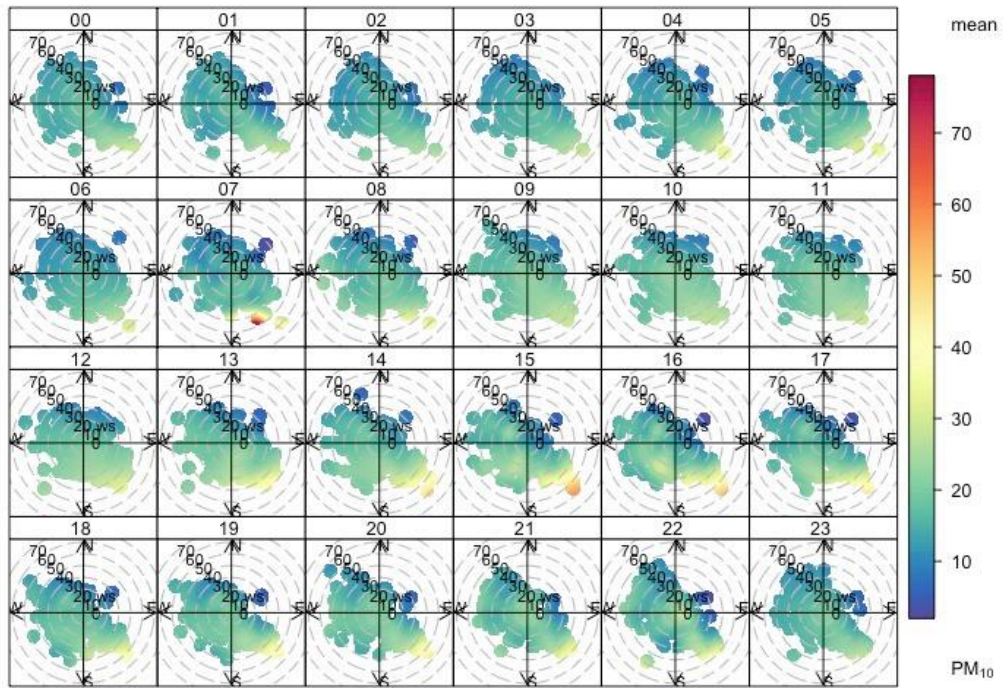
**Figura 3.10 (continuación).**- Diagramas polares mensuales de PM<sub>10</sub> de las estaciones Marconi (superior) y Río San Pedro (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



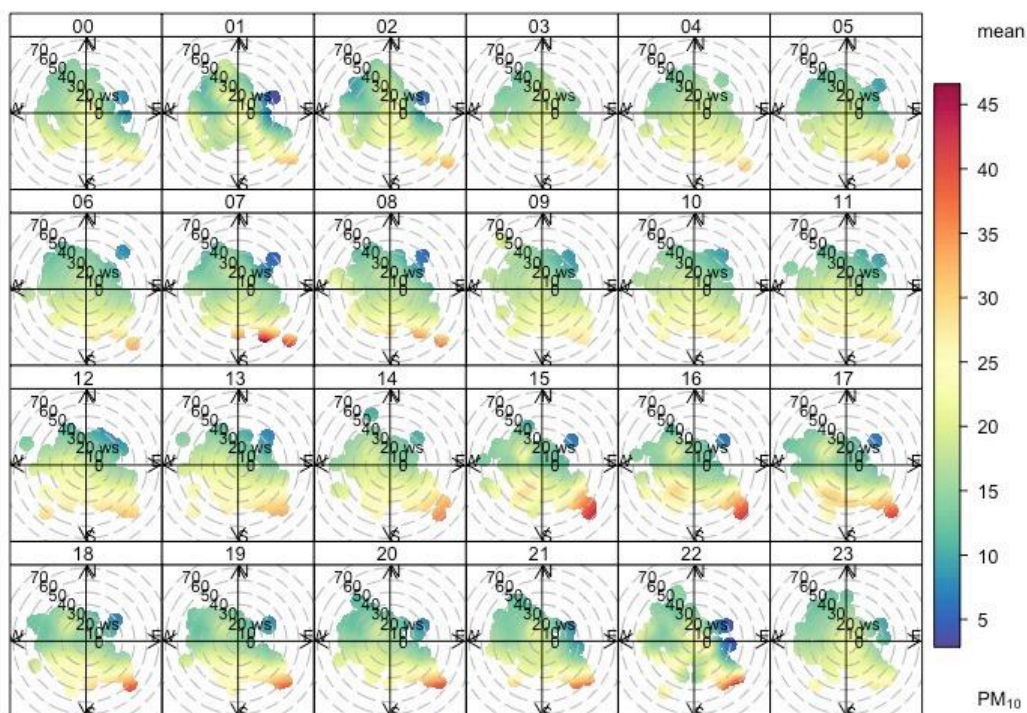
**Figura 3.10 (continuación).**- Diagramas polares mensuales de PM10 de la estación San Fernando de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.11.-** Diagramas polares horarios de PM<sub>10</sub> de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



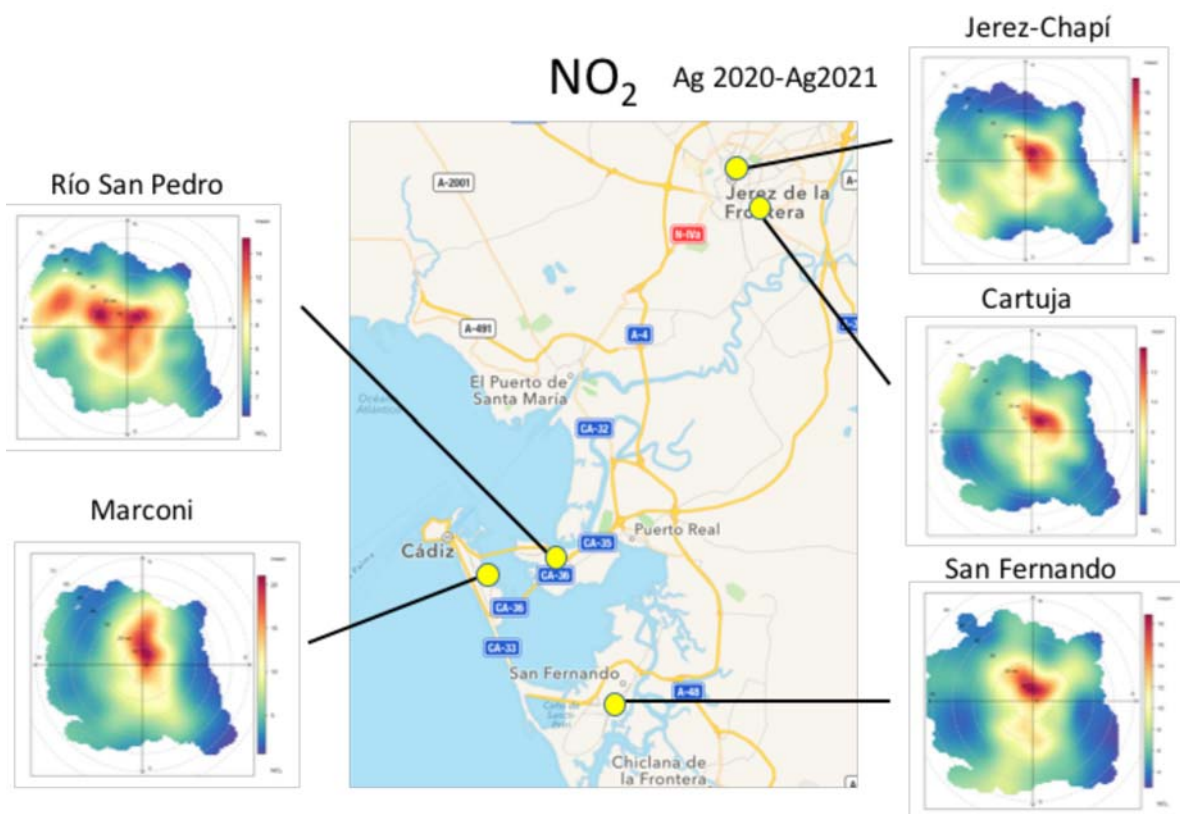
**Figura 3.11 (continuación).**- Diagramas polares horarios de PM10 de las estaciones Marconi (superior) y Río San Pedro (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.11 (continuación).**- Diagramas polares horarios de PM10 de la estación San Fernando de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.

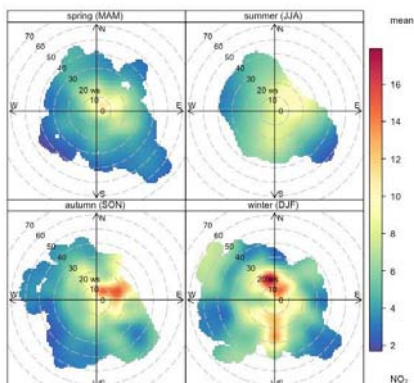
En relación a  $\text{NO}_2$ , las máximas concentraciones proceden en las proximidades de las estaciones (Fig. 3.12), salvo en Jerez-Chapín, donde la fuente principal se encuentra al Noroeste. Desde un punto de vista estacional, las máximas concentraciones ocurren en otoño-invierno (Fig. 3.13 y Fig. 3.14), y ente 9-10 horas y 20-22 horas (Fig. 3.15).



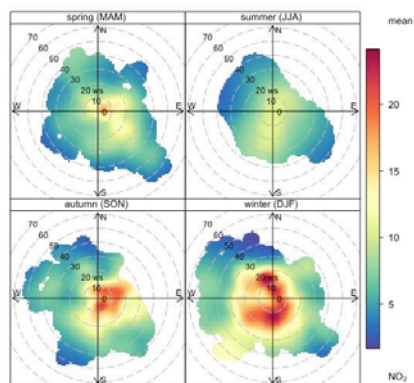


**Figura 3.12.-** Diagramas polares de NO<sub>2</sub> en el periodo agosto 2020 a agosto 2021 de las estaciones Cartuja, Jerez-Chapín, Avda. Marconi, Río San Pedro y San Fernando.

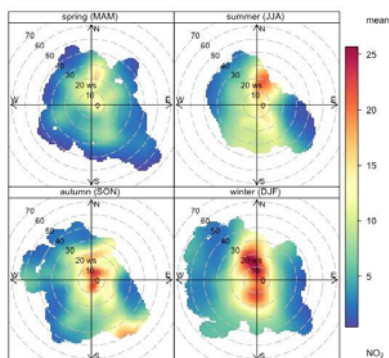
### Cartuja



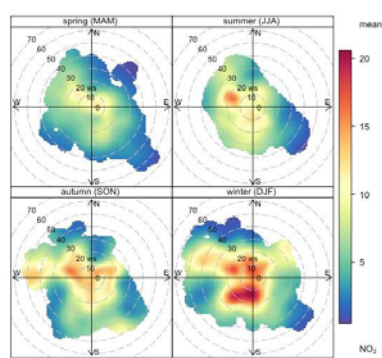
### Jerez-Chapín



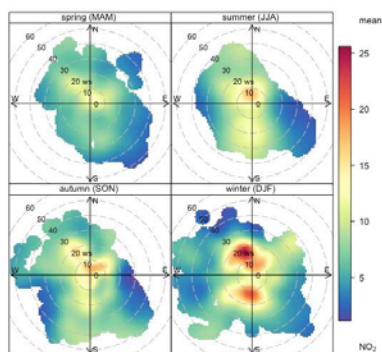
### Avda Marconi



### Río San Pedro

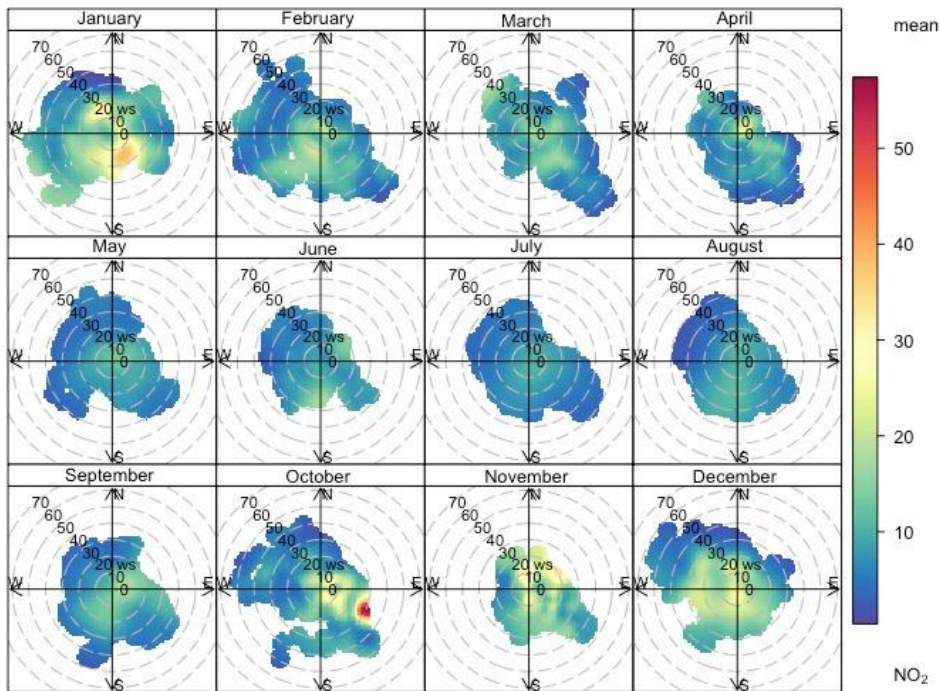
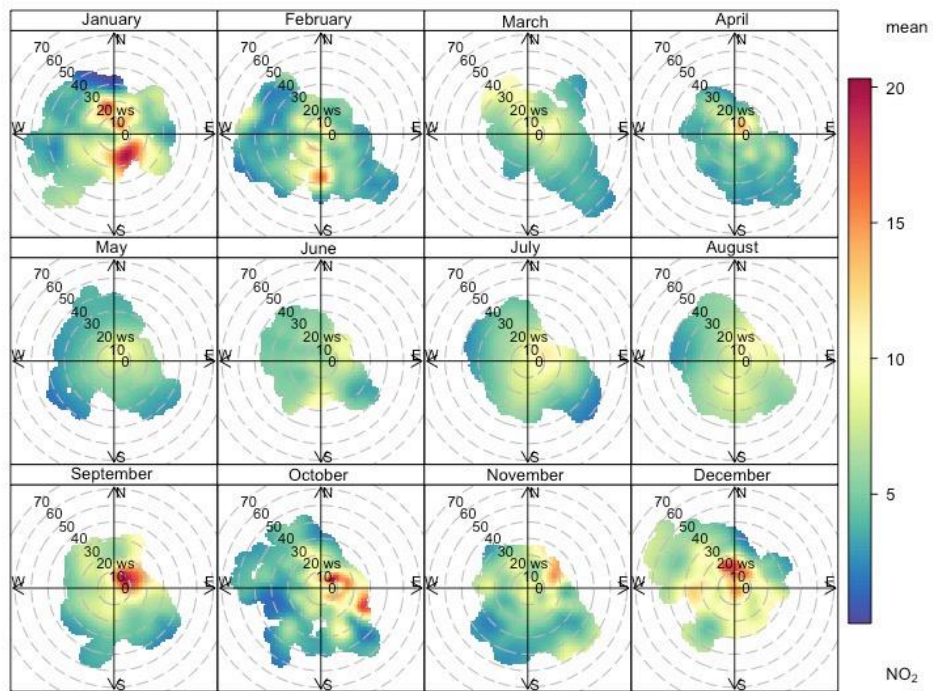


### San Fernando

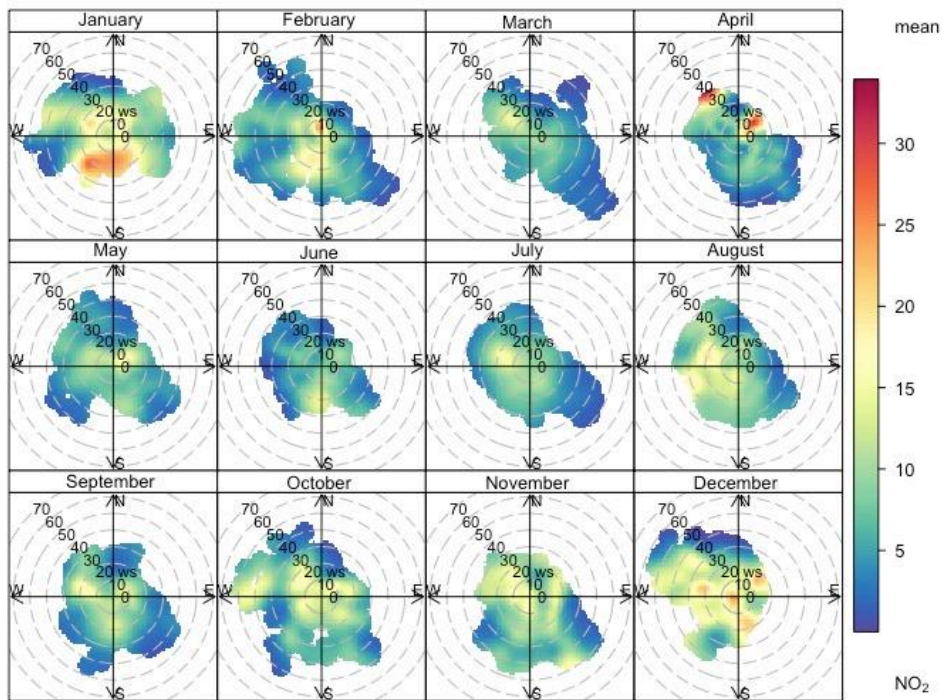
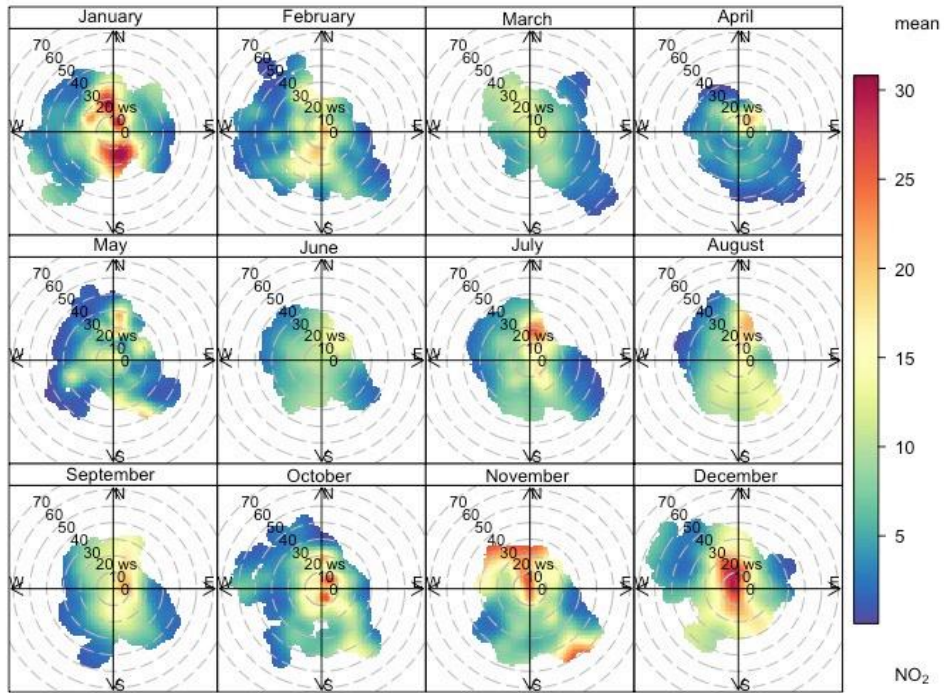


**NO<sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )**

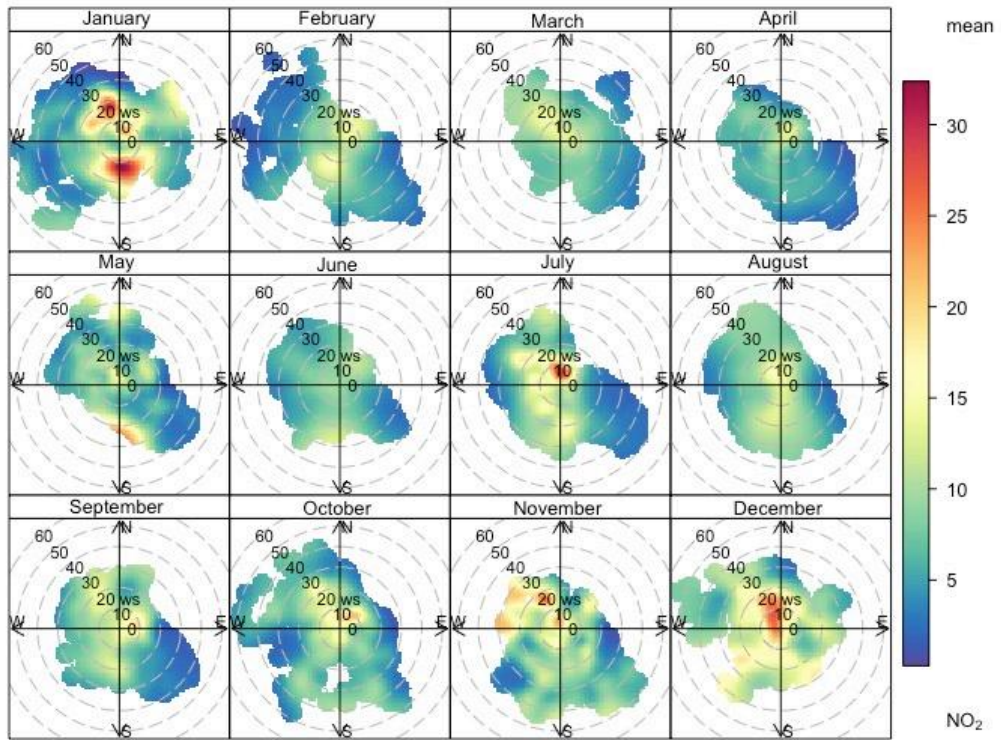
**Figura 3.13.-** Diagramas polares estacionales de NO<sub>2</sub> de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



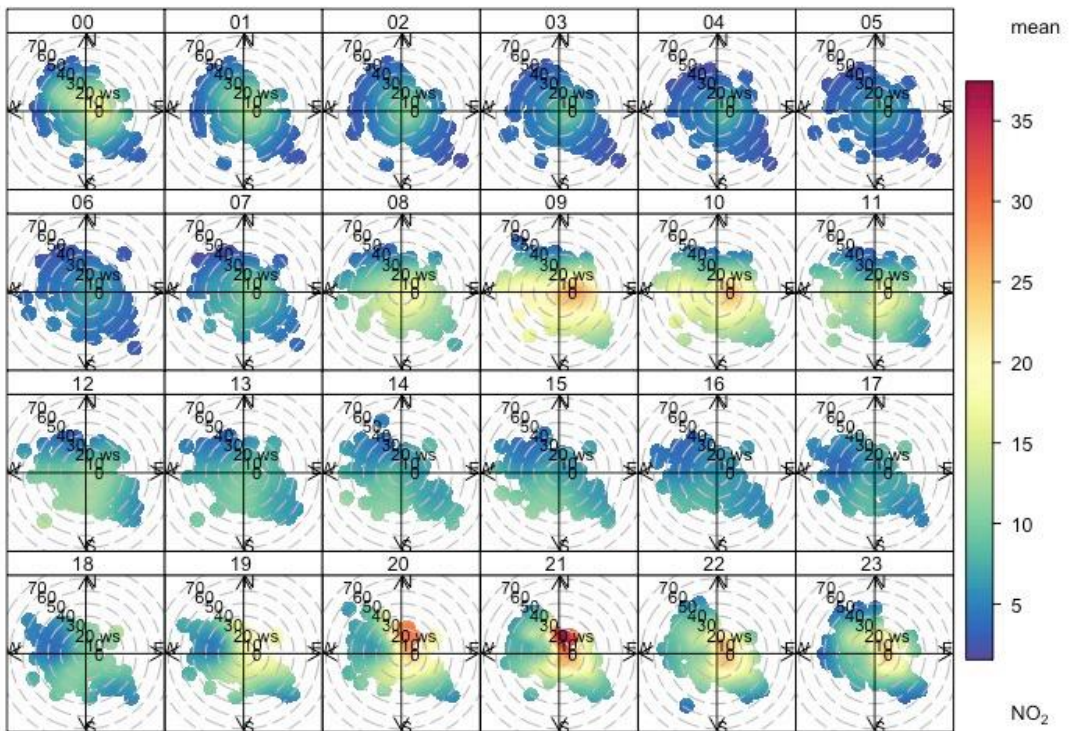
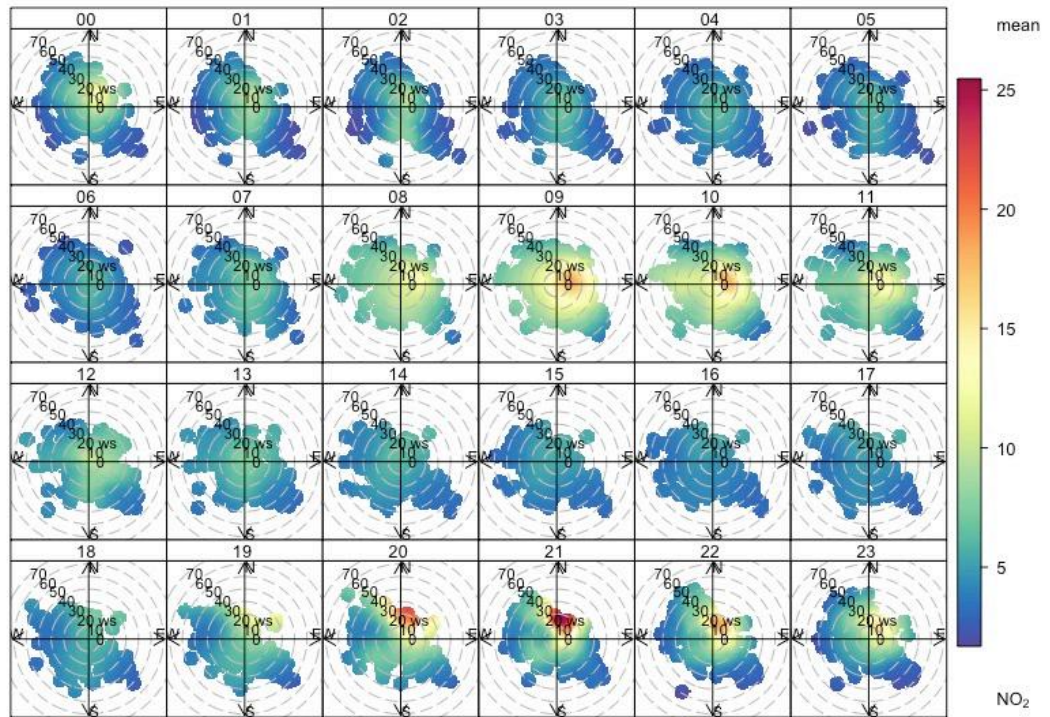
**Figura 3.14.-** Diagramas polares mensuales de NO<sub>2</sub> de las estaciones de Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



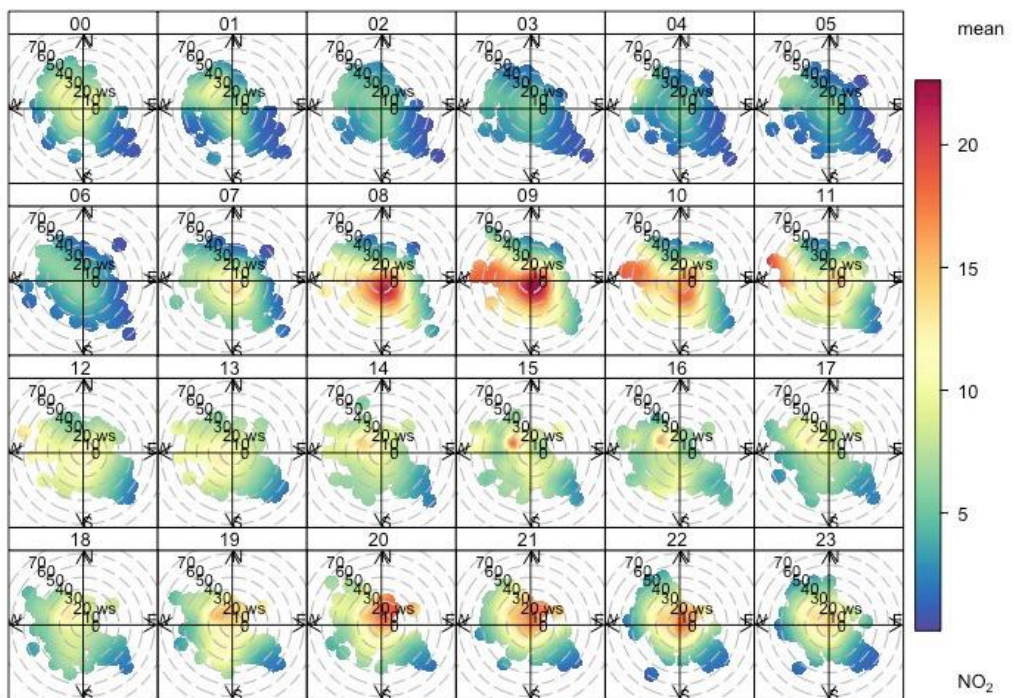
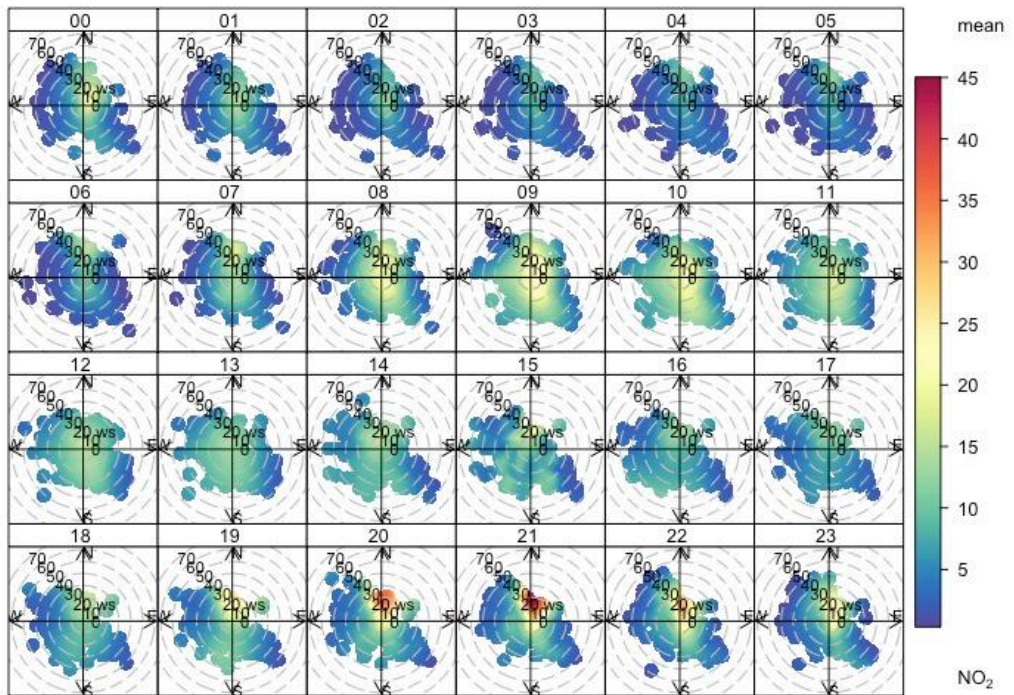
**Figura 3.14 (continuación).**- Diagramas polares mensuales de NO<sub>2</sub> de las estaciones de Marconi (superior) y Río San Pedro (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



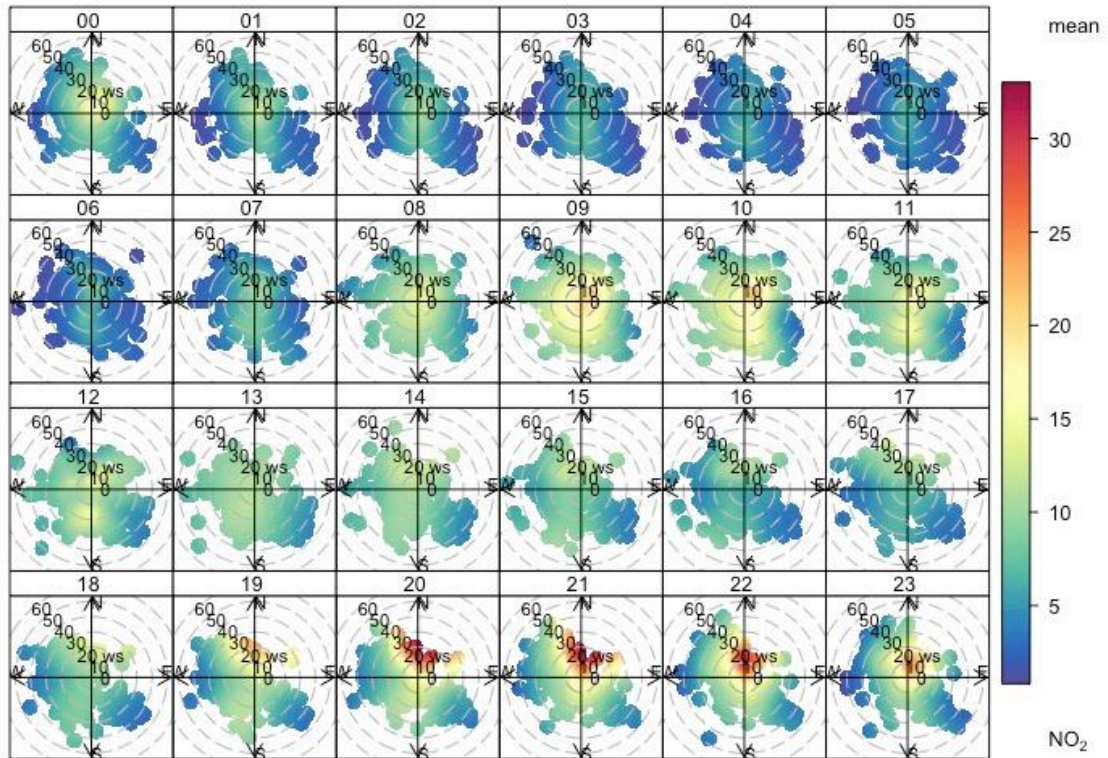
**Figura 3.14 (continuación).**- Diagramas polares mensuales de NO<sub>2</sub> de la estación San Fernando de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.15.-** Diagramas polares horarios de NO<sub>2</sub> de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



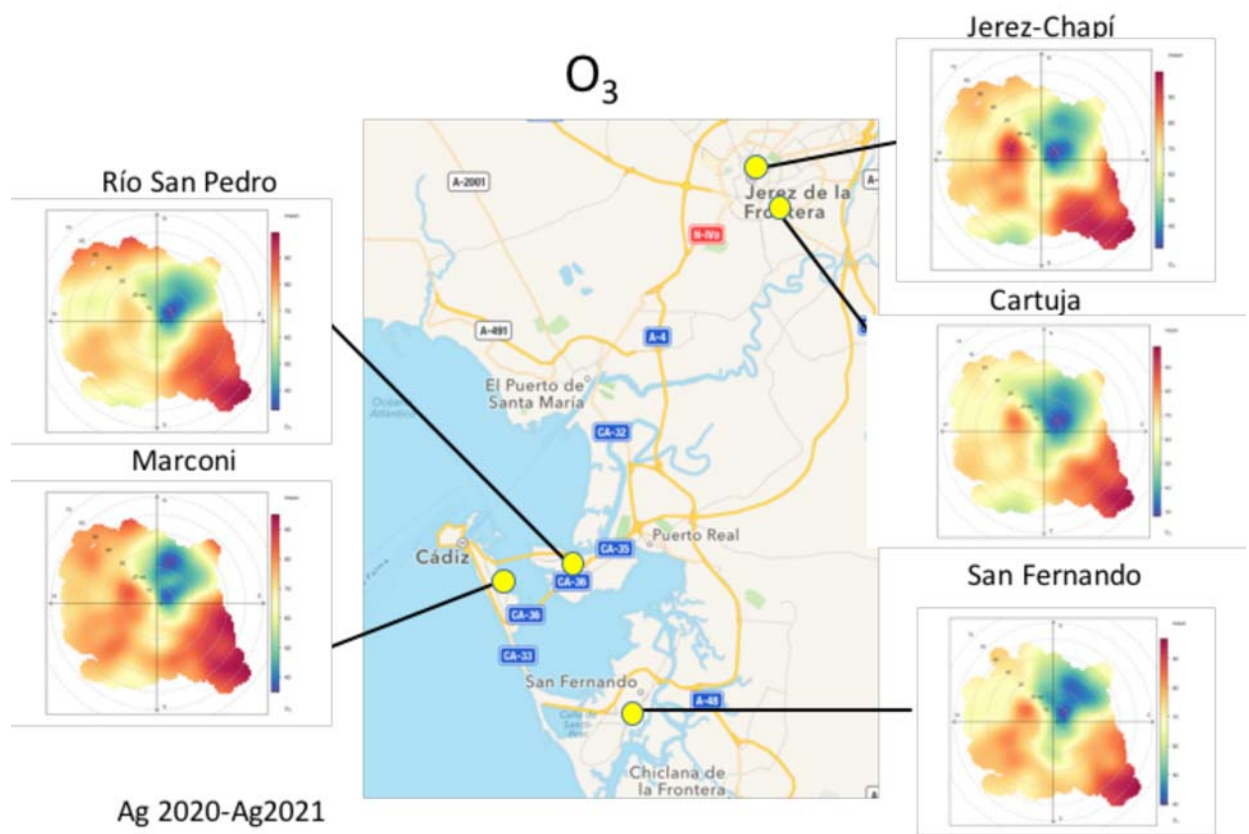
**Figura 3.15 (continuación).**- Diagramas polares horarios de NO<sub>2</sub> de las estaciones Avda Marconi (superior) y Río San Pedro (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.15 (continuación).**- Diagramas polares horarios de NO<sub>2</sub> de la estación San Fernando de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo año agosto 2020 a agosto 2021.

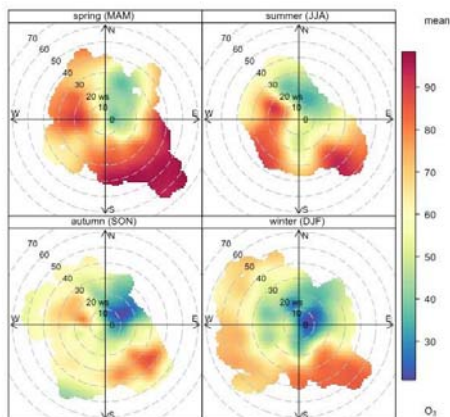
En el periodo de estudio, las máximas concentraciones de ozono proceden del segundo cuadrante y Océano Atlántico (Oeste) (Fig. 3.16), ocurriendo los máximos en los meses primavera y verano (Fig. 3.17 y Fig. 3.18) y entre las 12-21 horas (Fig. 3.19).



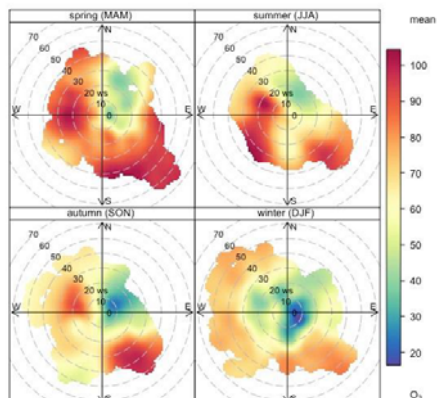


**Figura 3.16.-** Diagramas polares de  $O_3$  de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.

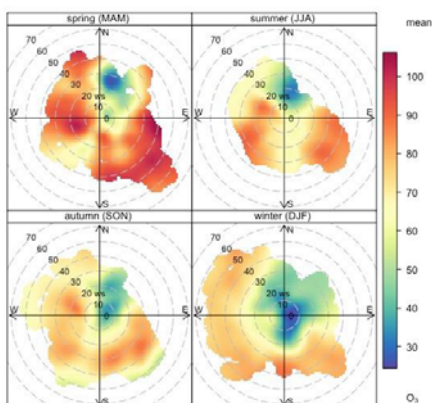
### Cartuja



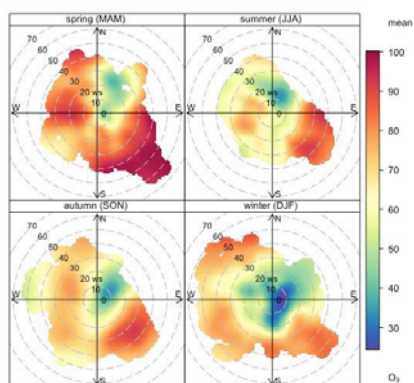
### Jerez-Chapín



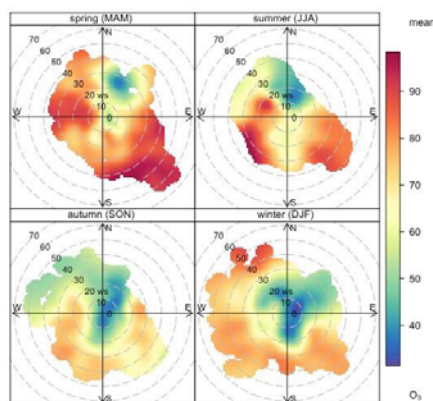
### Avda Marconi



### Río San Pedro

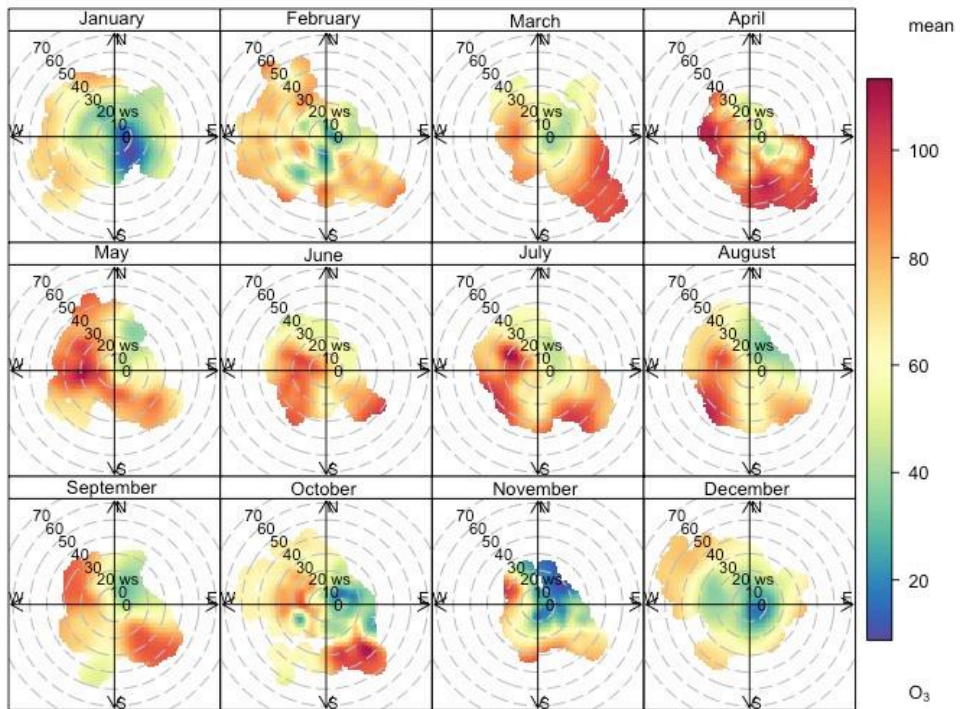
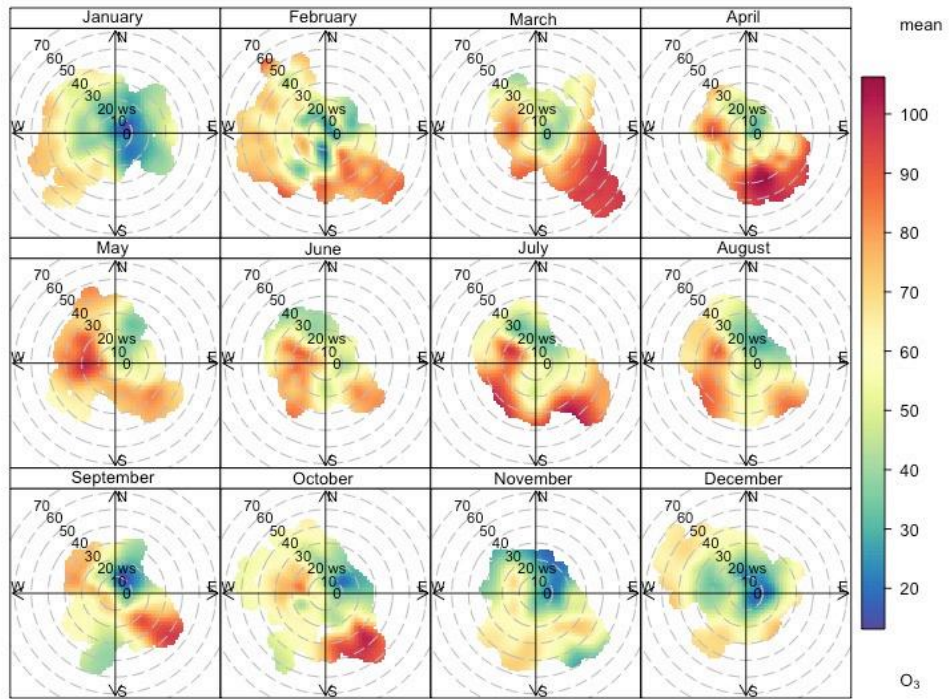


### San Fernando

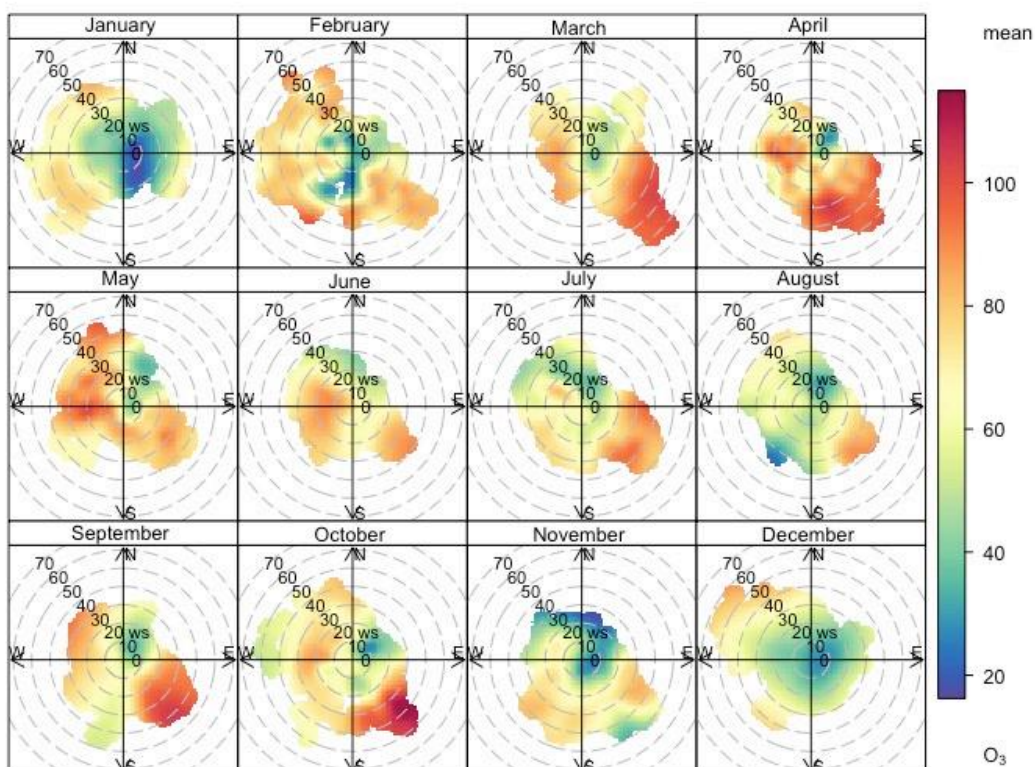
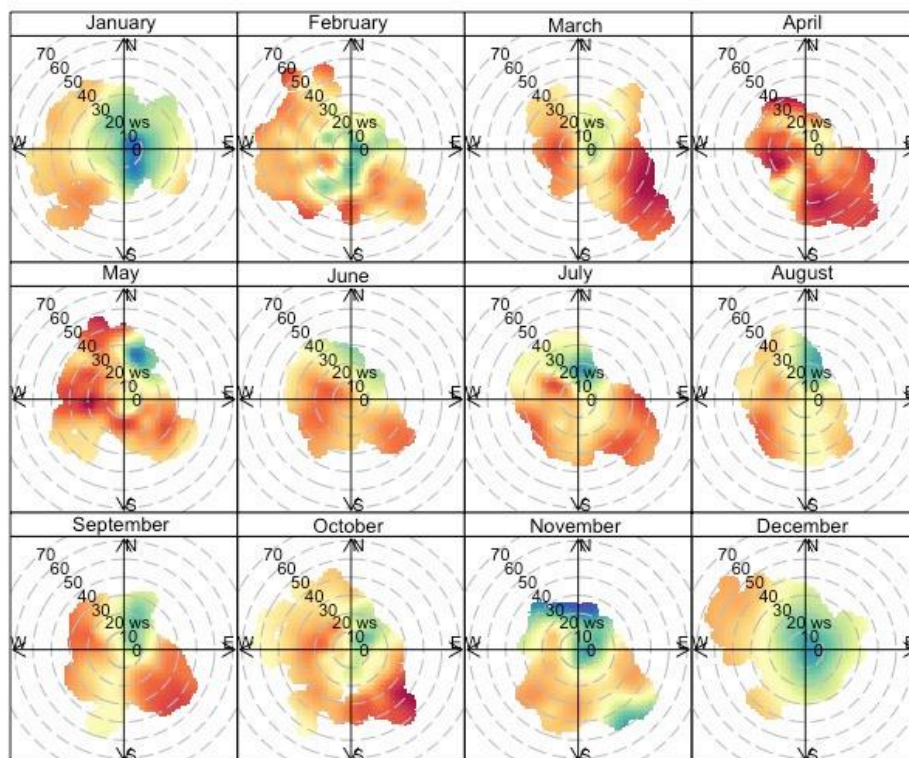


**O<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>)**

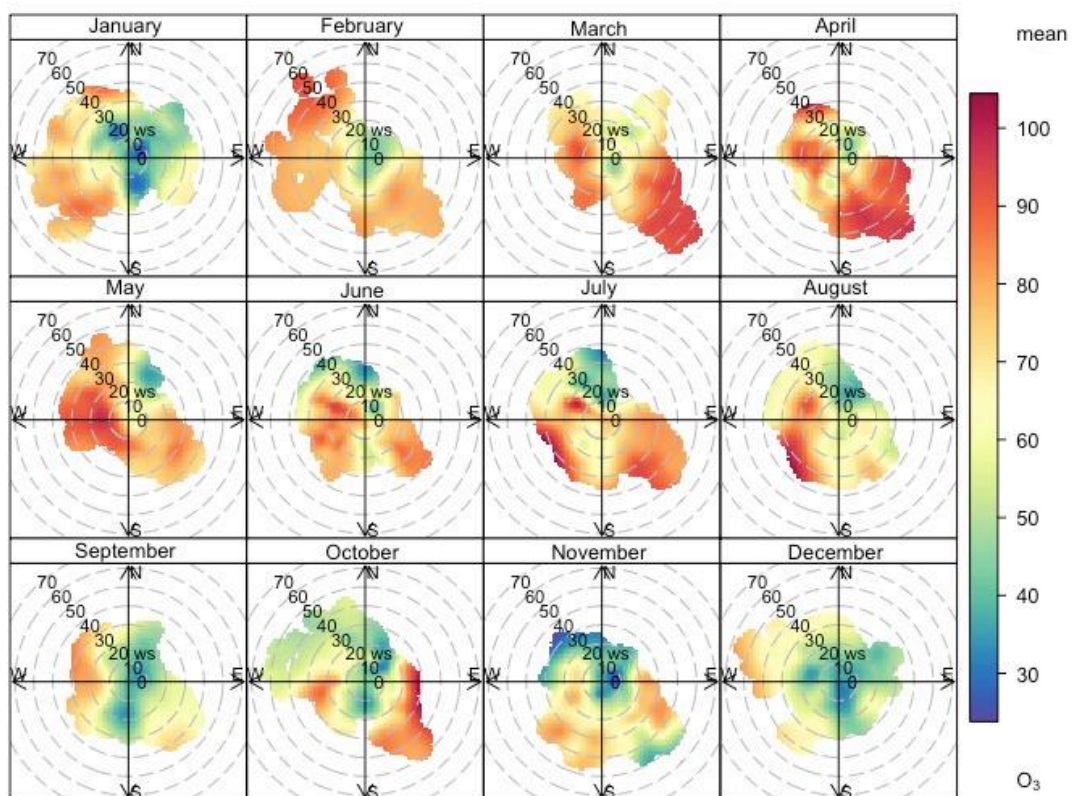
**Figura 3.17.-** Diagramas polares estacionales de O<sub>3</sub> de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



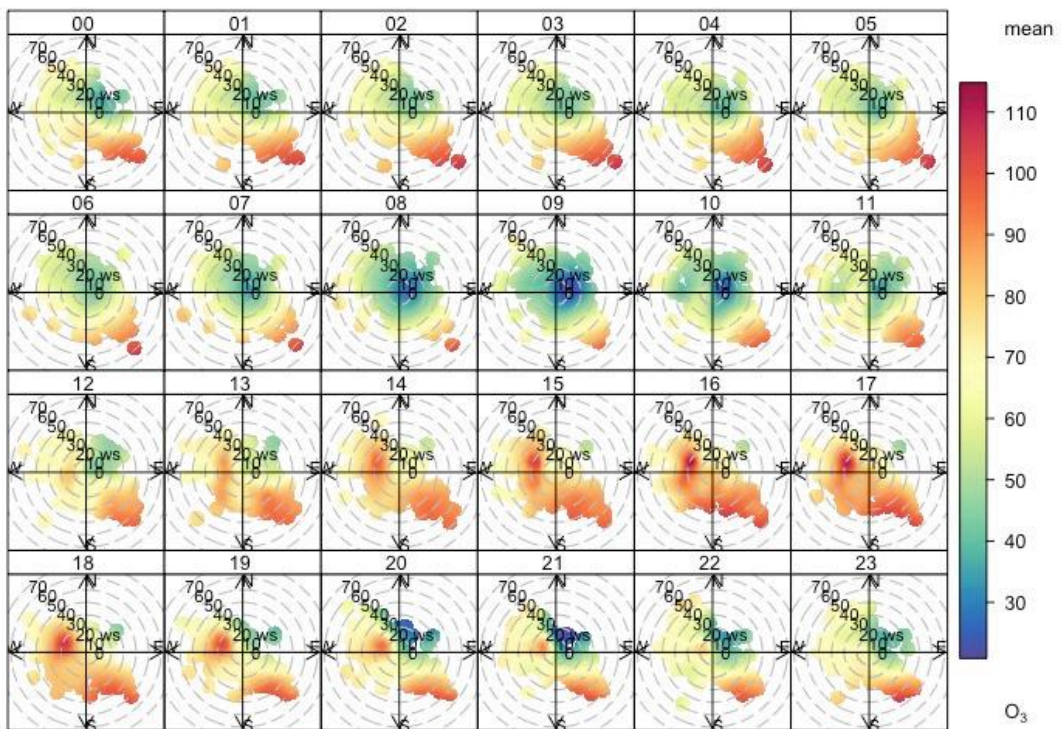
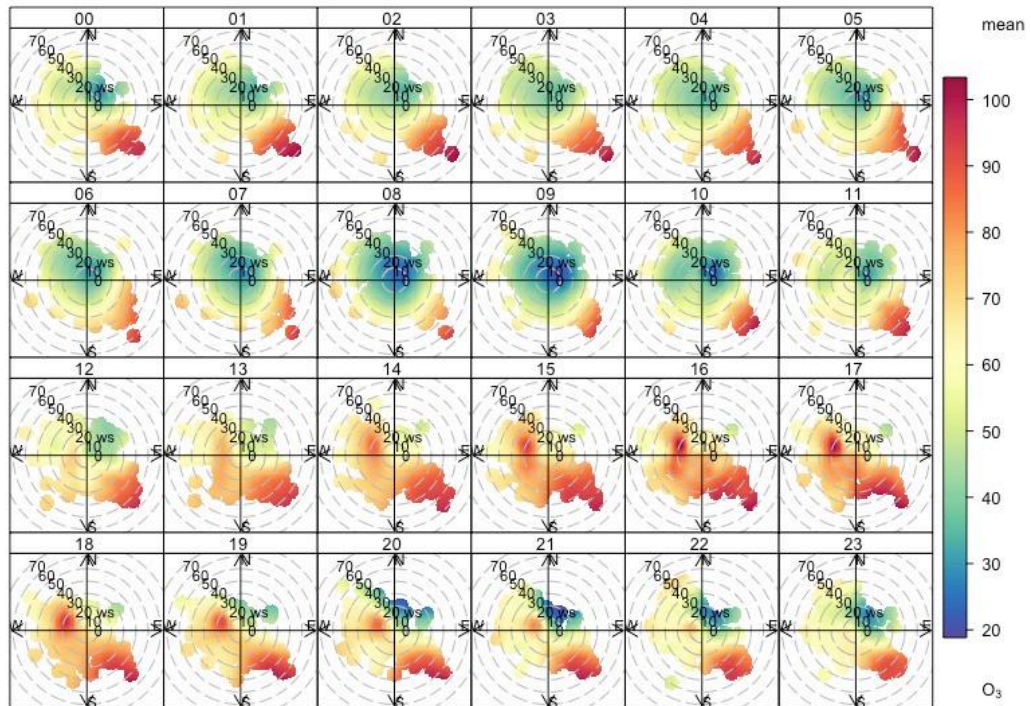
**Figura 3.18.-** Diagramas polares mensuales de O<sub>3</sub> de las estaciones de Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



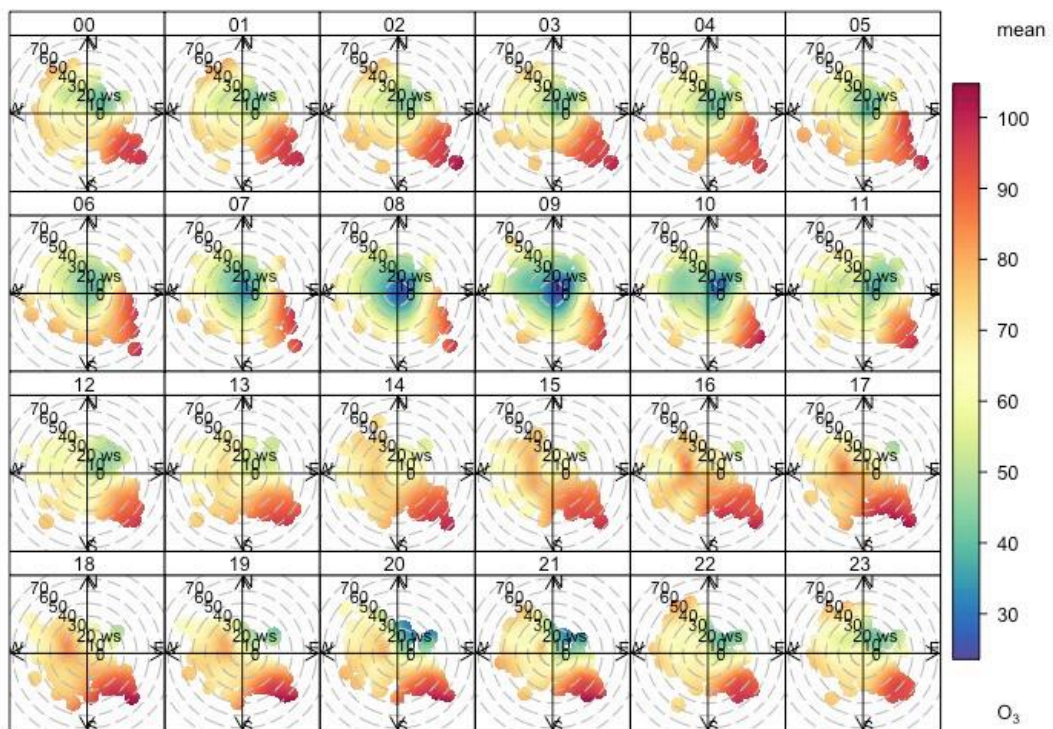
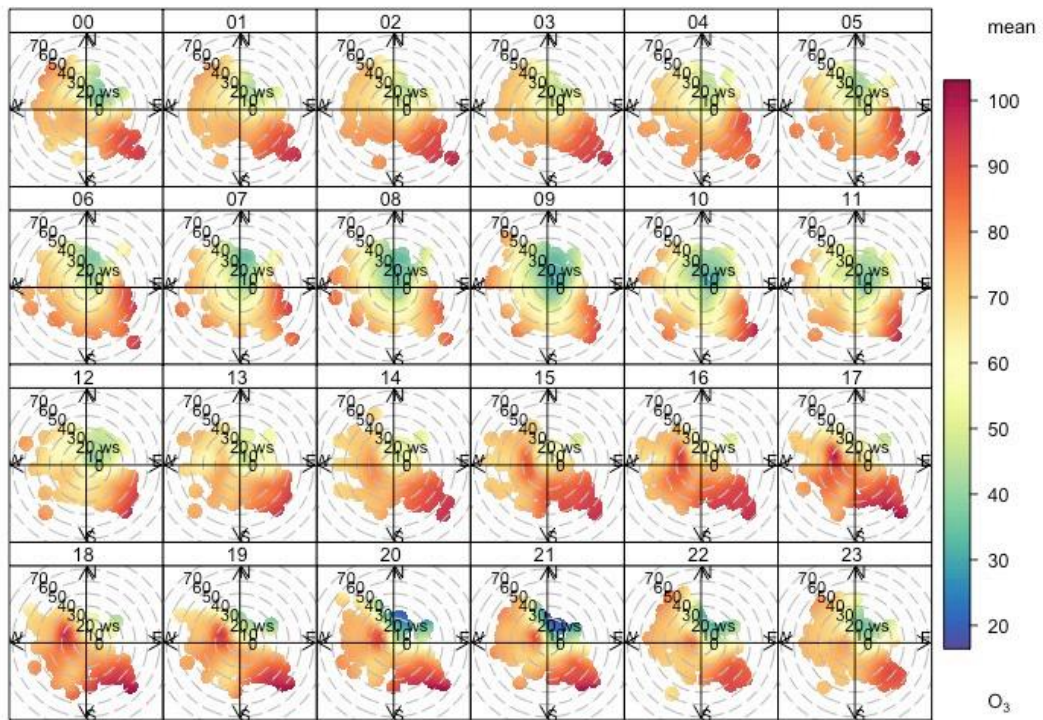
**Figura 3.18 (continuación).**- Diagramas polares mensuales de O<sub>3</sub> de las estaciones Avda Marconi (superior) y Río San Pedro (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



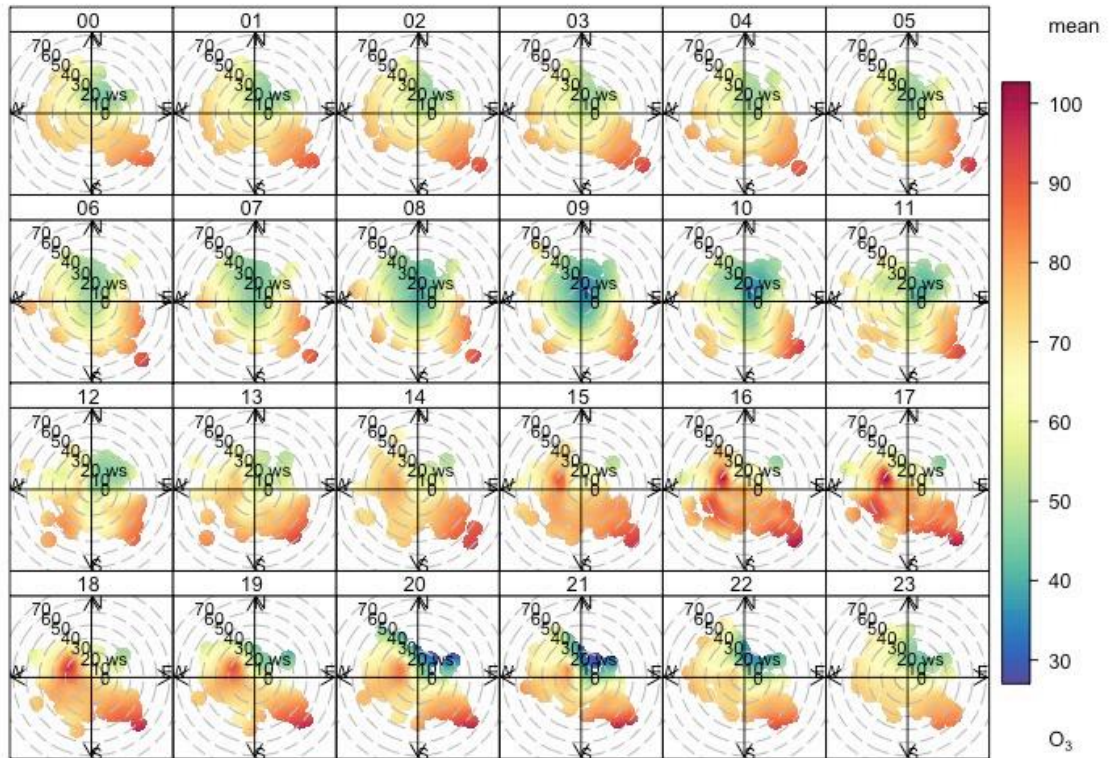
**Figura 3.18 (continuación).**- Diagramas polares mensuales de O<sub>3</sub> de la estación San Fernando de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.19.-** Diagramas polares horarios de O<sub>3</sub> de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



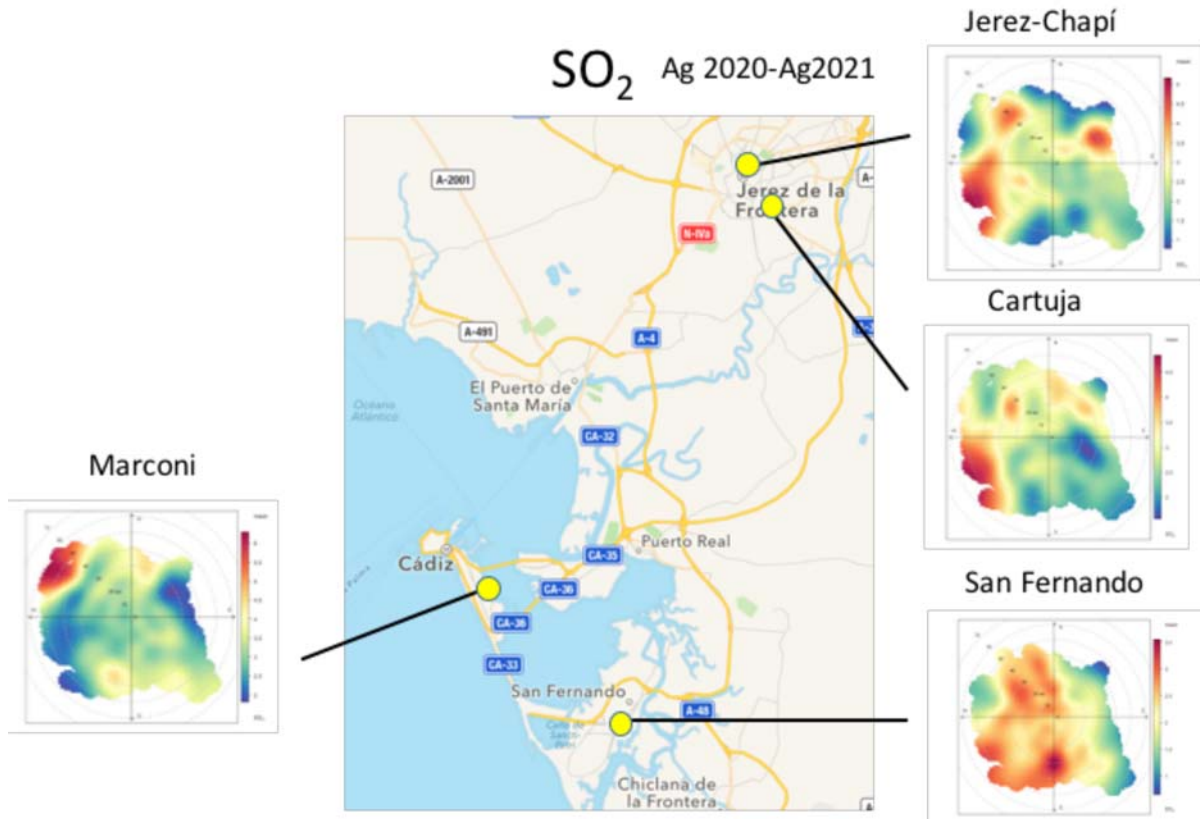
**Figura 3.19 (continuación).**- Diagramas polares horarios de O<sub>3</sub> de las estaciones Avda Marconi (superior) y Río San Pedro (inferior) de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.19 (continuación).**- Diagramas polares horarios de O<sub>3</sub> de la estación San Fernando de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz durante el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



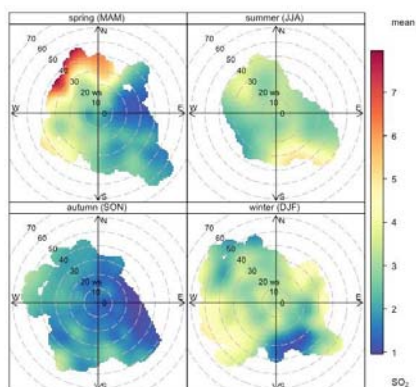
Como se describió en el apartado 3.1 de este informe, las concentraciones de SO<sub>2</sub> son muy bajas en la Bahía de Cádiz en comparación con otras zonas de la provincia de Cádiz (Campo de Gibraltar) y Entorno de la Ría de Huelva. No obstante, se destacan orígenes en el NE y SE en las estaciones de Jerez-Chapín, Cartuja, San Fernando y Avda. Marconi (Fig. 3.20). No se observa un patrón de variación uniforme desde un punto de vista estacional (Fig. 3.21) mensual (Fig. 3.22) y horario (Fig. 3.23).



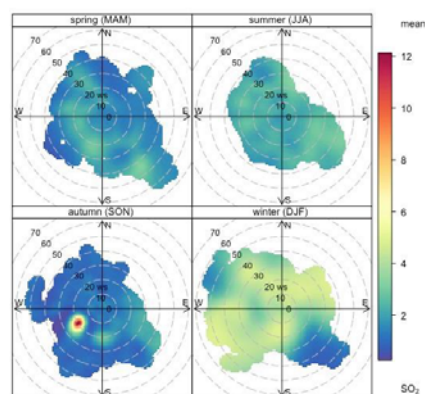
**Figura 3.20.-** Diagramas polares de SO<sub>2</sub> en el periodo agosto 2020 a agosto 2021 de las estaciones Cartuja, Jerez-Chapín, Avda. Marconi y San Fernando.

# SO<sub>2</sub> (µg/m<sup>3</sup>)

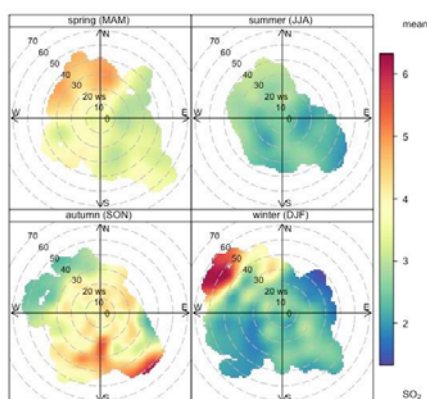
Cartuja



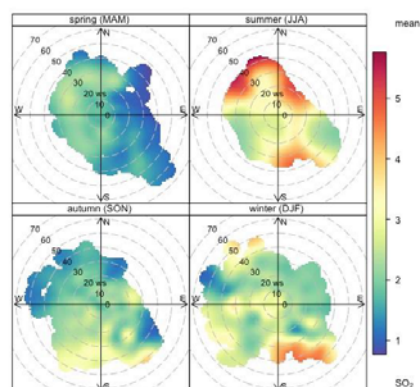
Jerez-Chapín



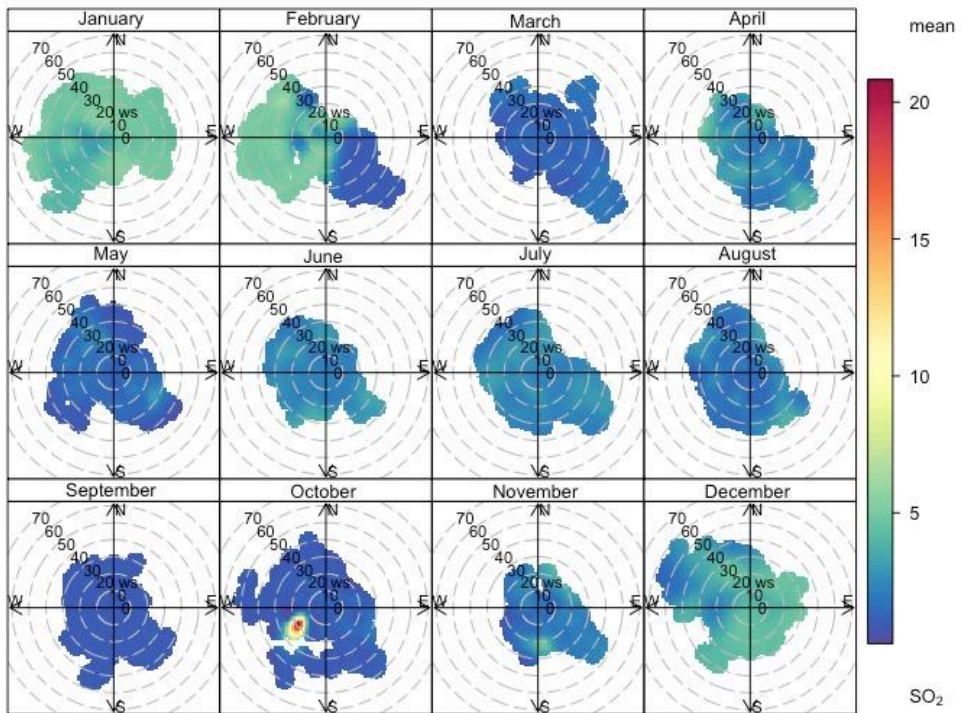
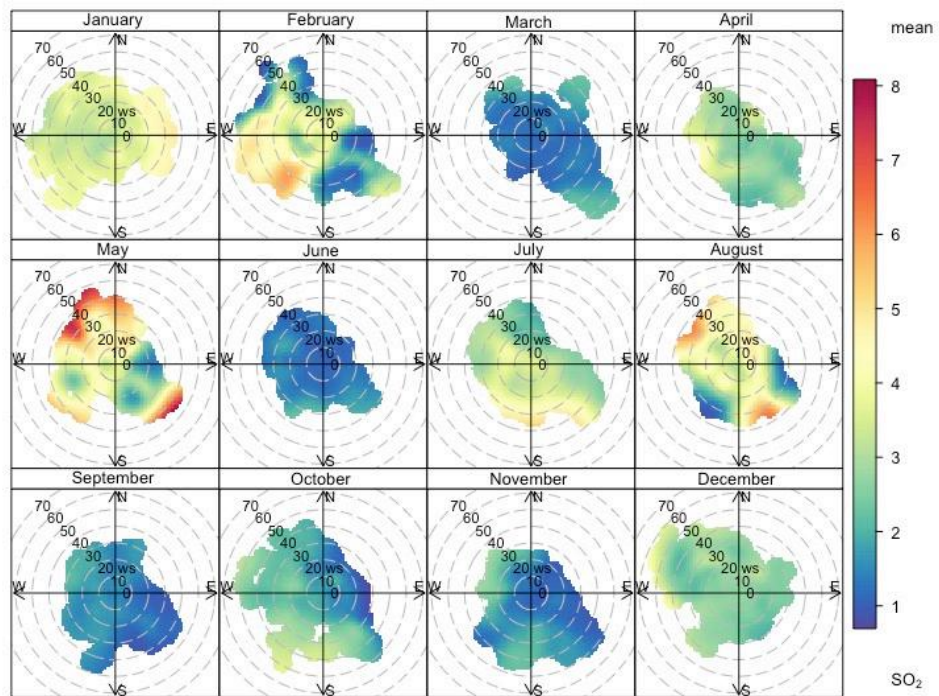
Avda Marconi



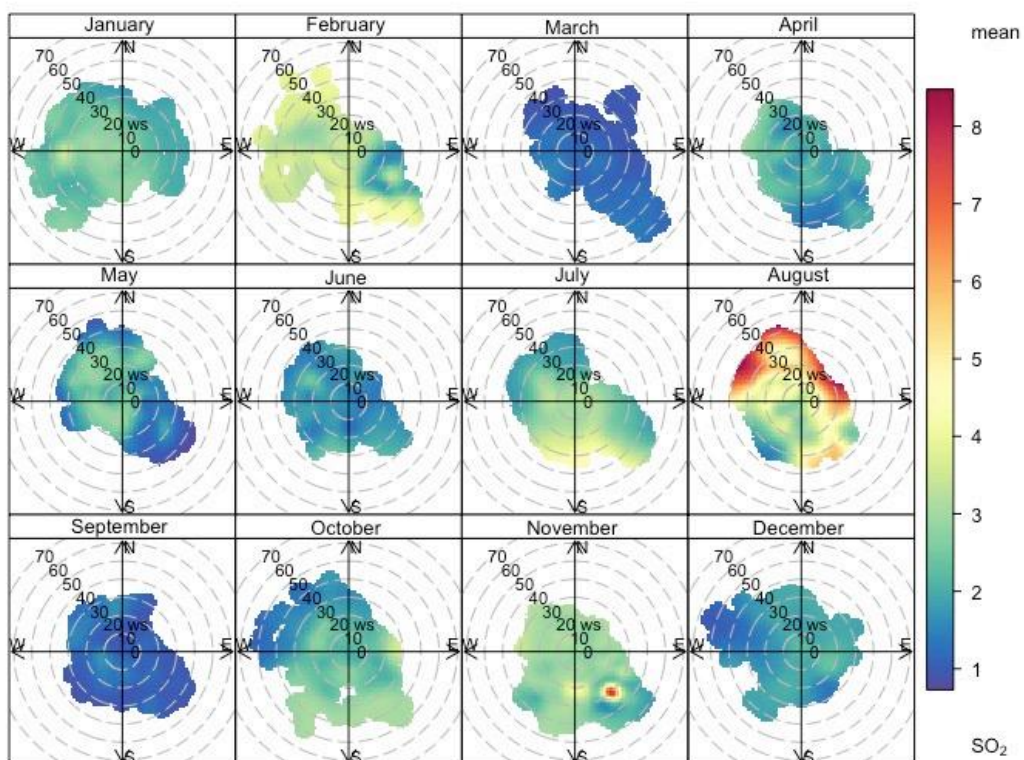
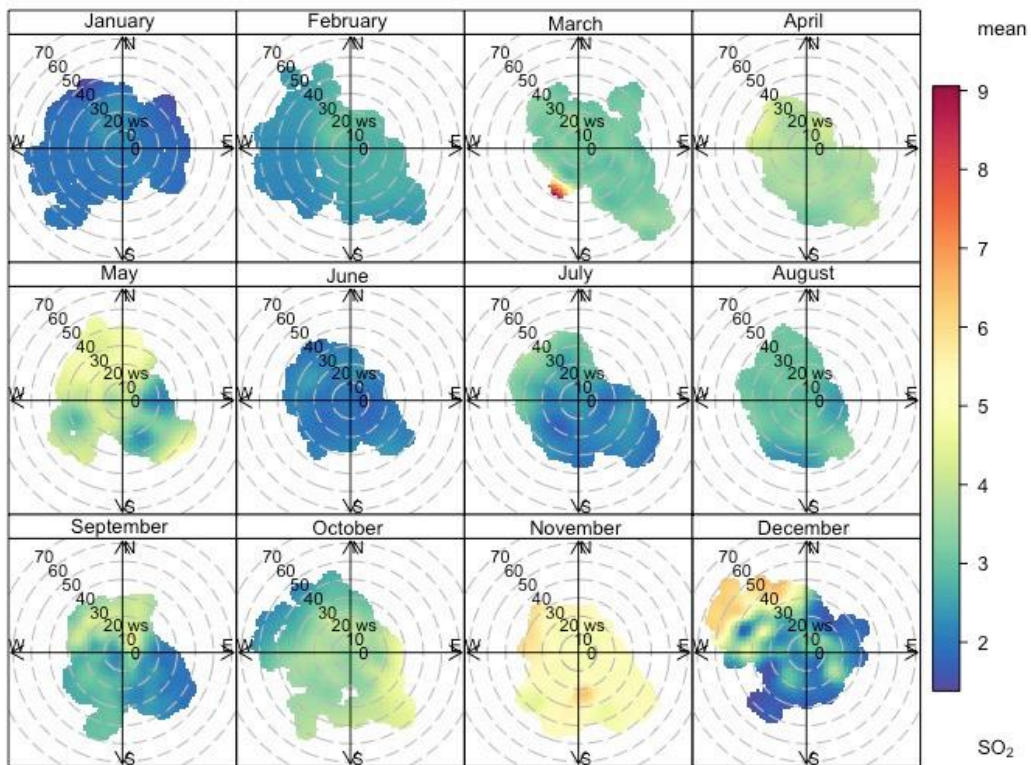
San Fernando



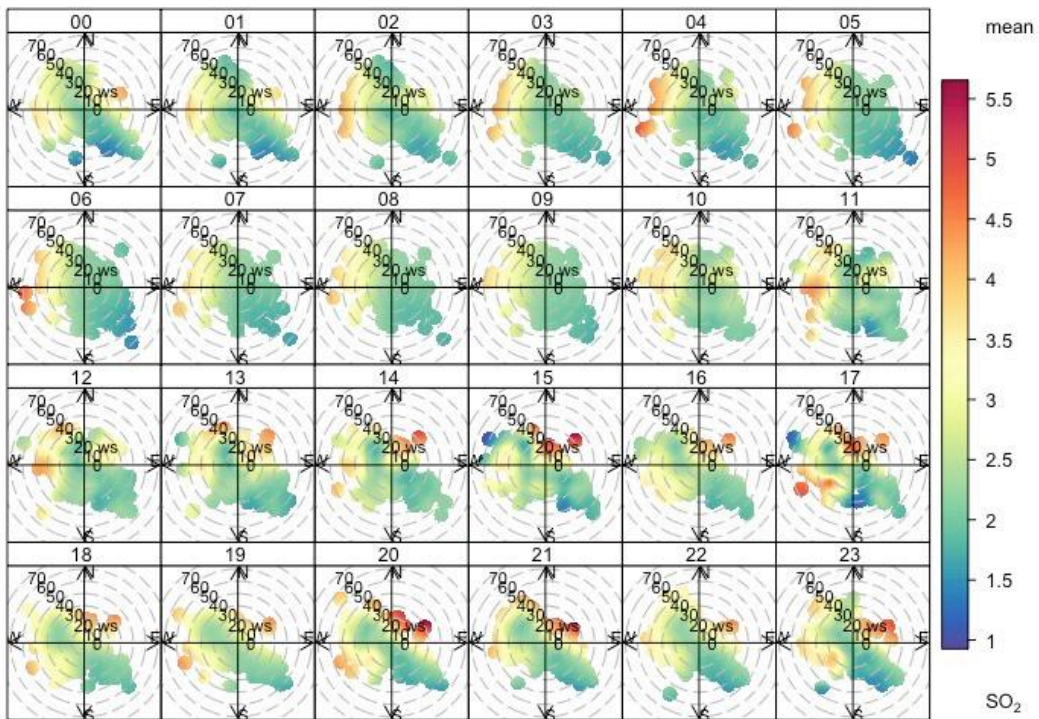
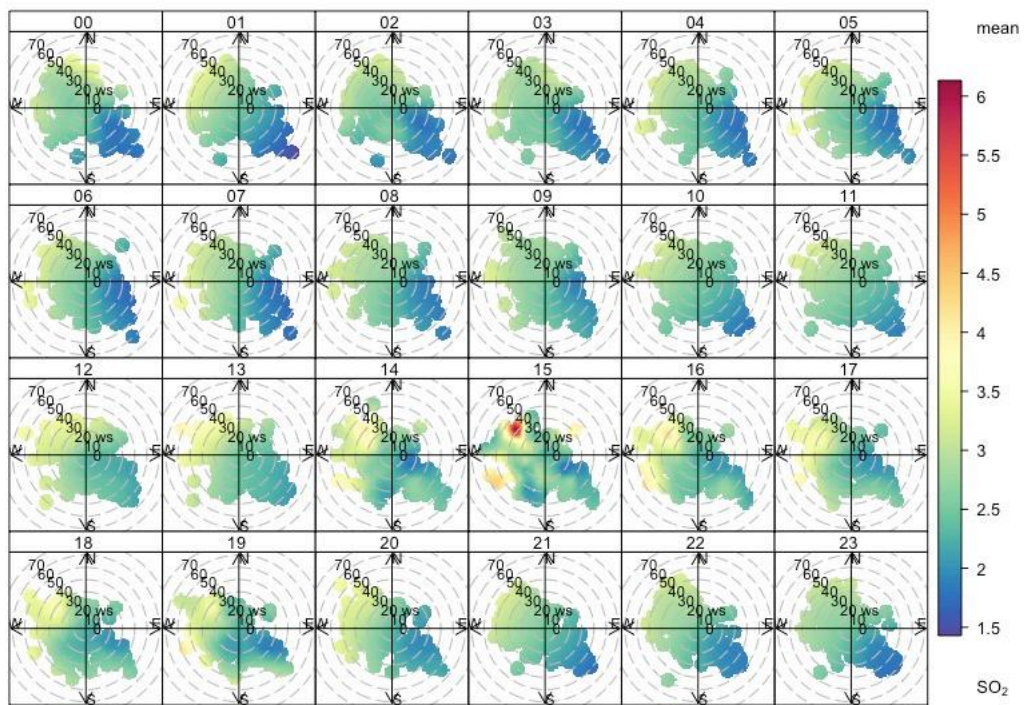
**Figura 3.21.-** Diagramas polares estacionales de SO<sub>2</sub> de las estaciones Cartuja, Jerez-Chapín, Avda. Marconi, y San Fernando en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



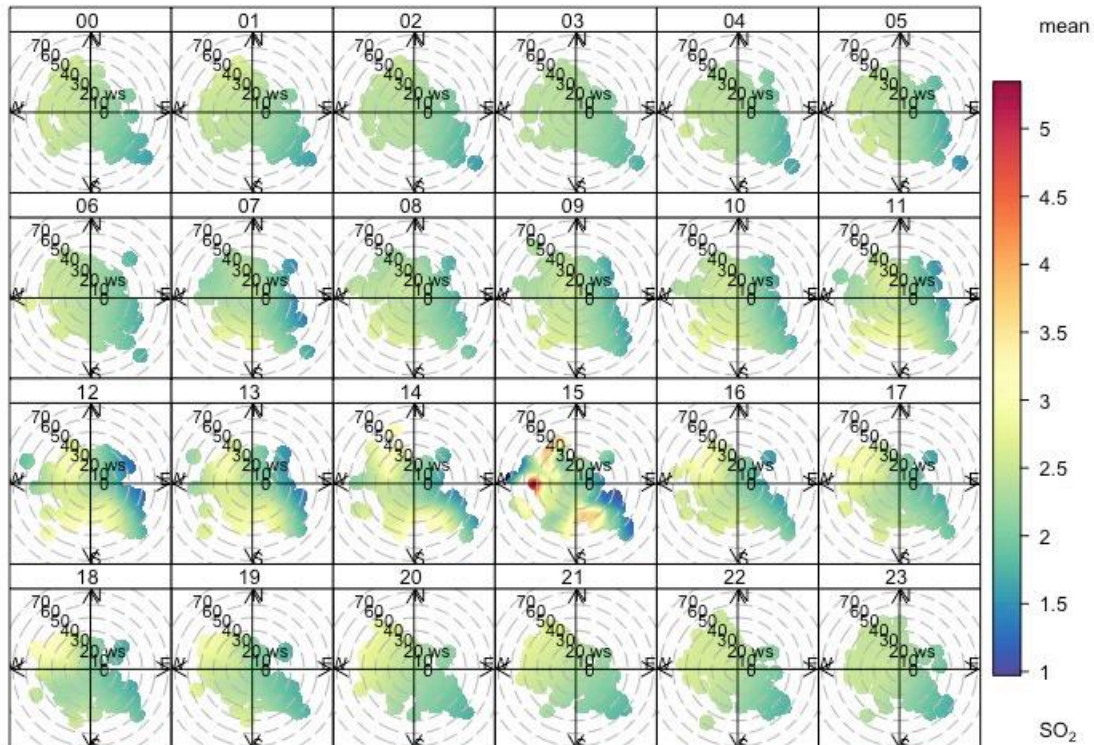
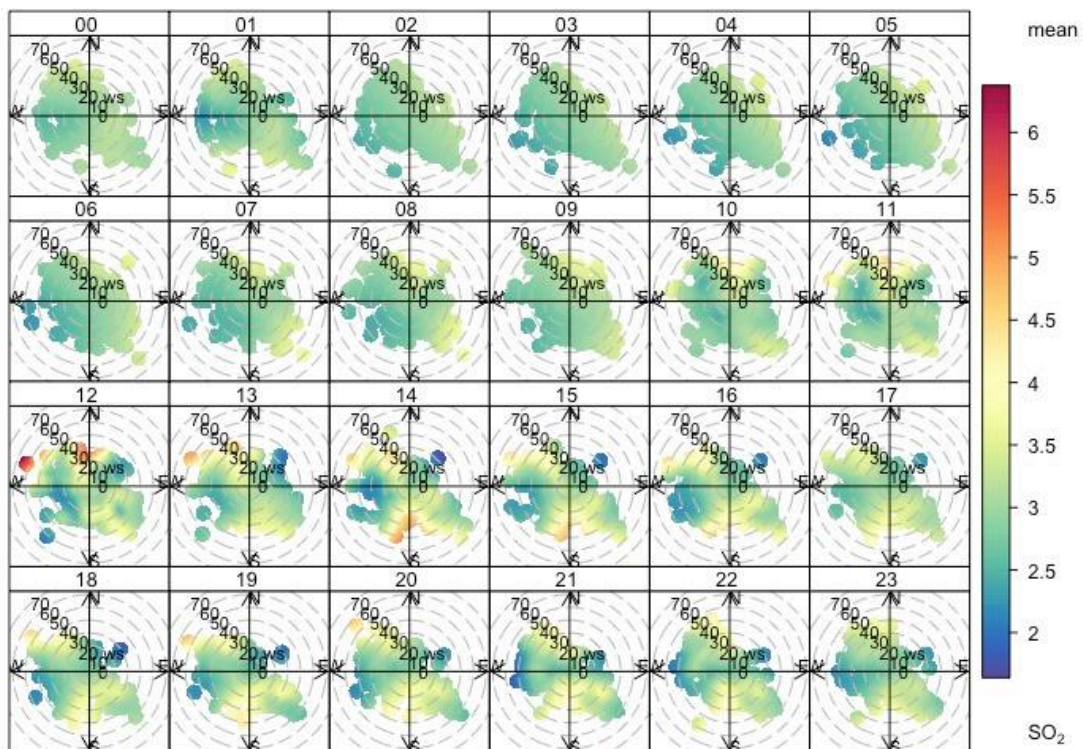
**Figura 3.22.-** Diagramas polares mensuales de SO<sub>2</sub> de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.22.-** Diagramas polares mensuales de SO<sub>2</sub> de las estaciones Avda. Marconi (superior) y San Fernando (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.

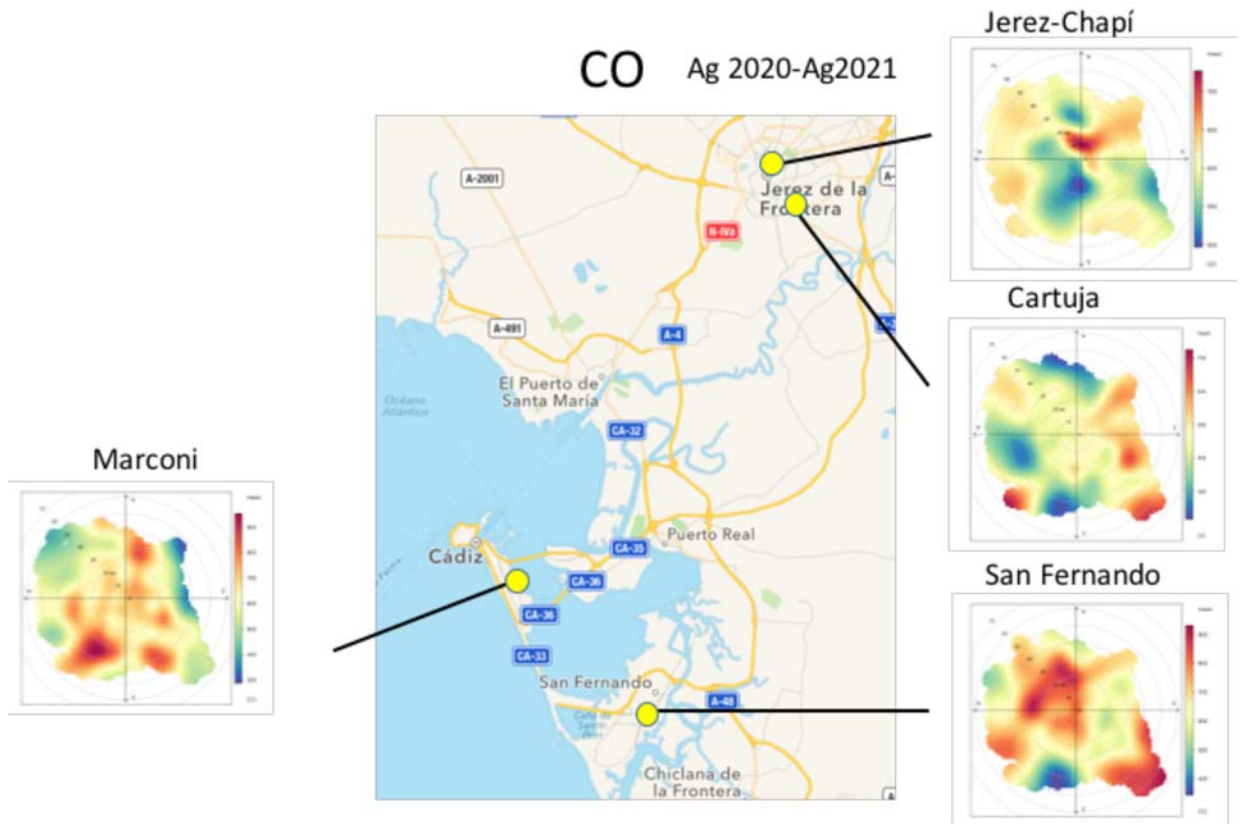


**Figura 3.23.-** Diagramas polares horarios de SO<sub>2</sub> de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.23 (continuación).**- Diagramas polares horarios de SO<sub>2</sub> de las estaciones Avda. Marconi (superior) y San Fernando (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.

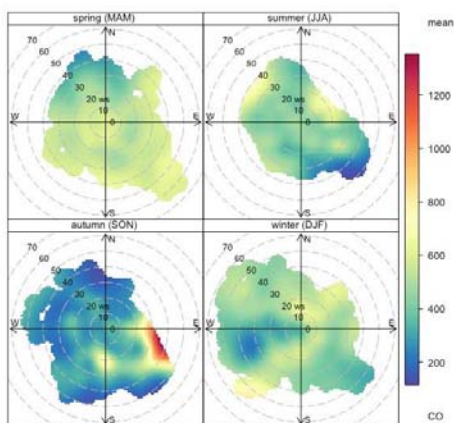
En relación a monóxido de carbono (CO), las concentraciones son también bajas (Fig. 3.24-3.27).



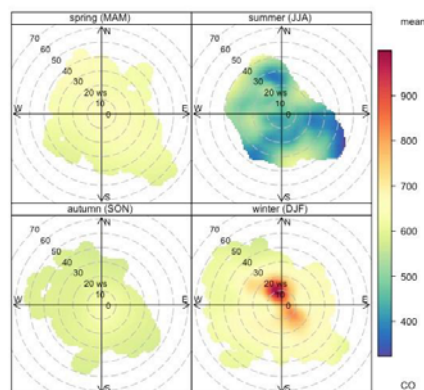
**Figura 3.24.-** Diagramas polares de CO en el periodo agosto 2020 a agosto 2021 de las estaciones Cartuja, Jerez-Chapín, Avda. Marconi, Río San Pedro y San Fernando.

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

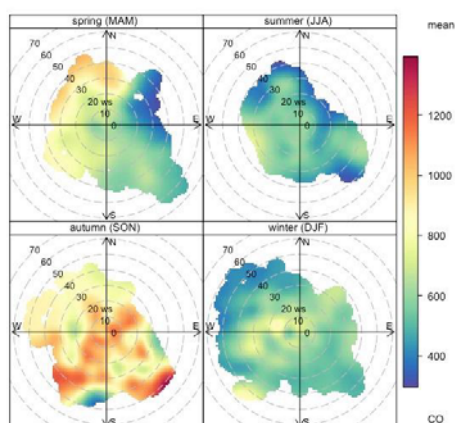
## Cartuja



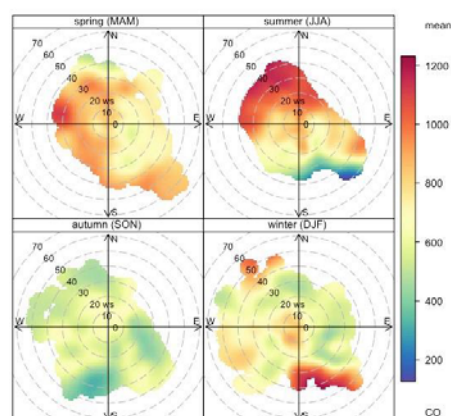
## Jerez-Chapín



## Avda Marconi

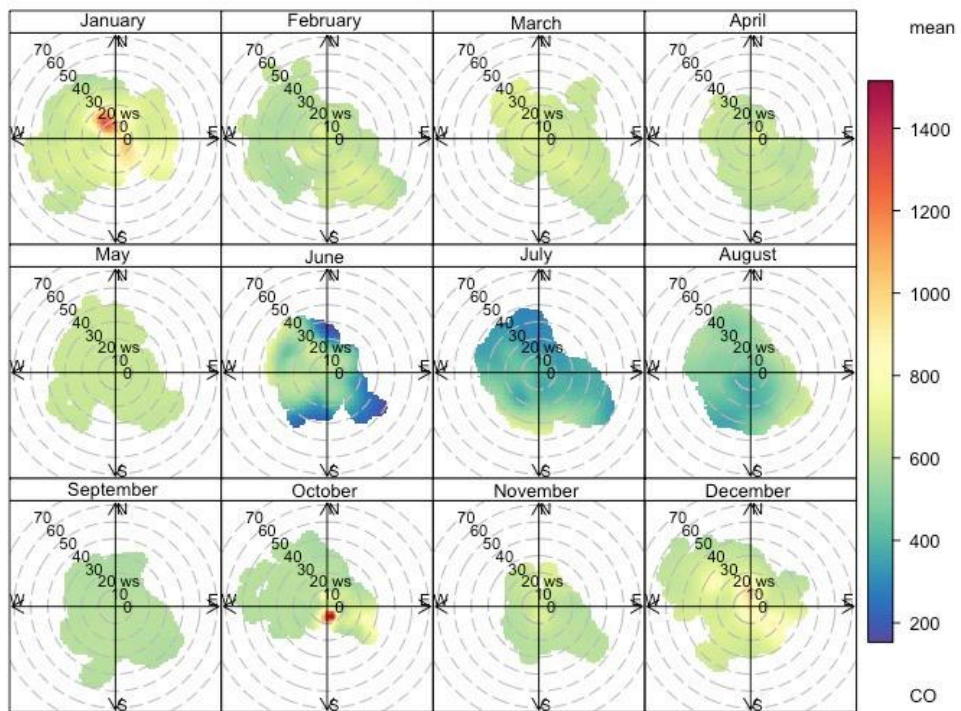
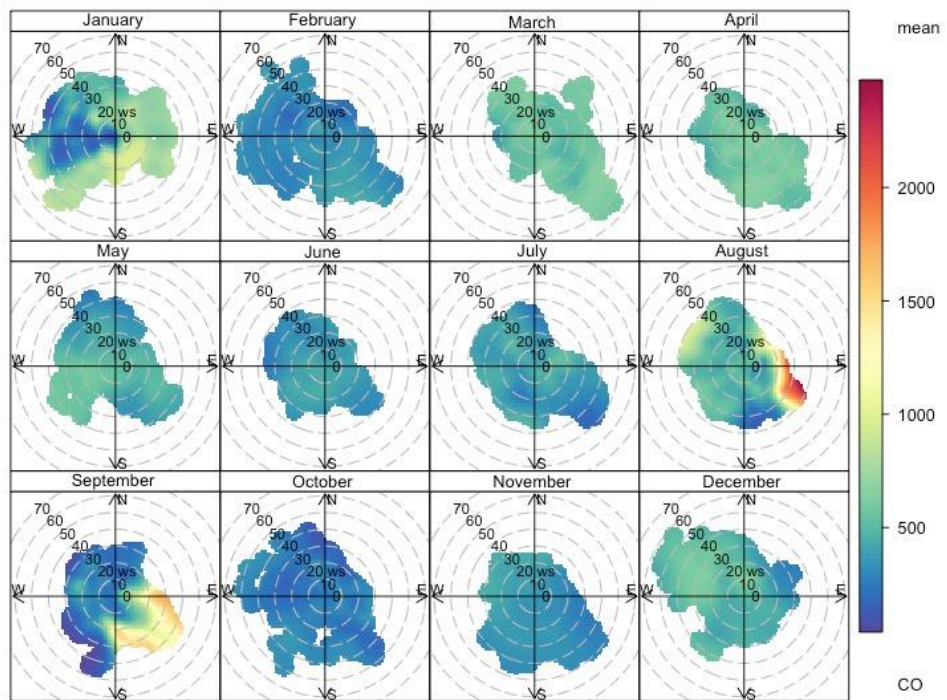


## San Fernando

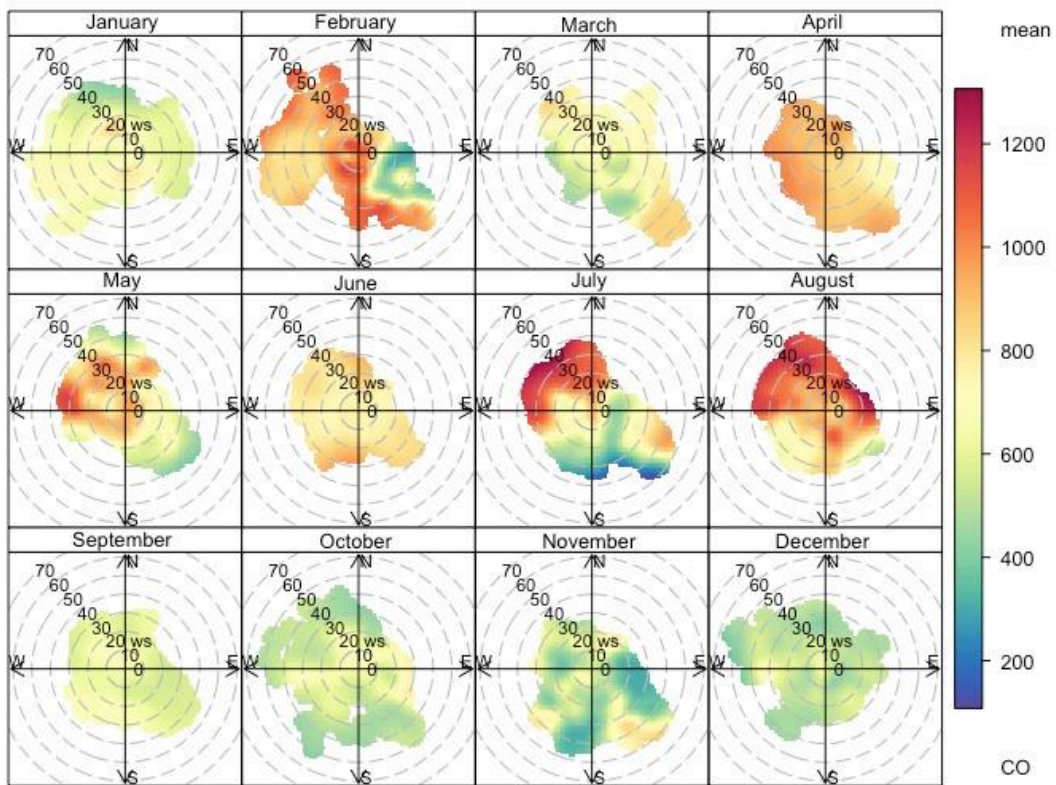
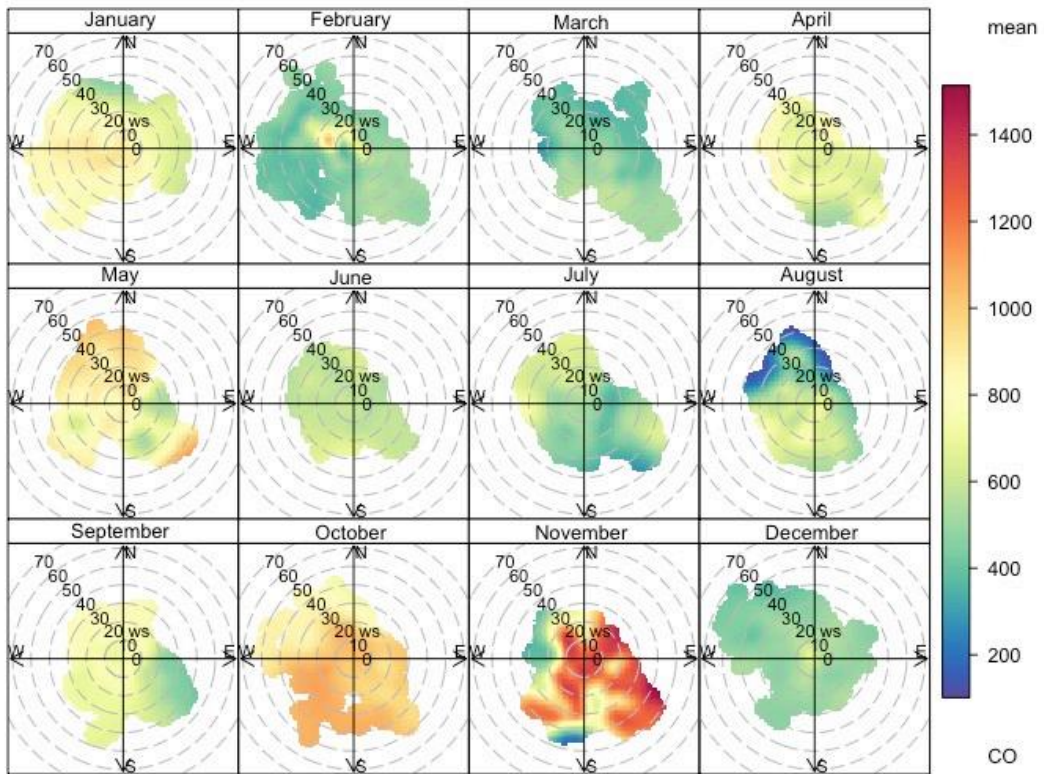


**Figura 3.25.-** Diagramas polares estacionales de CO de las estaciones Cartuja, Jerez-Chapín, Avda. Marconi, y San Fernando en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.

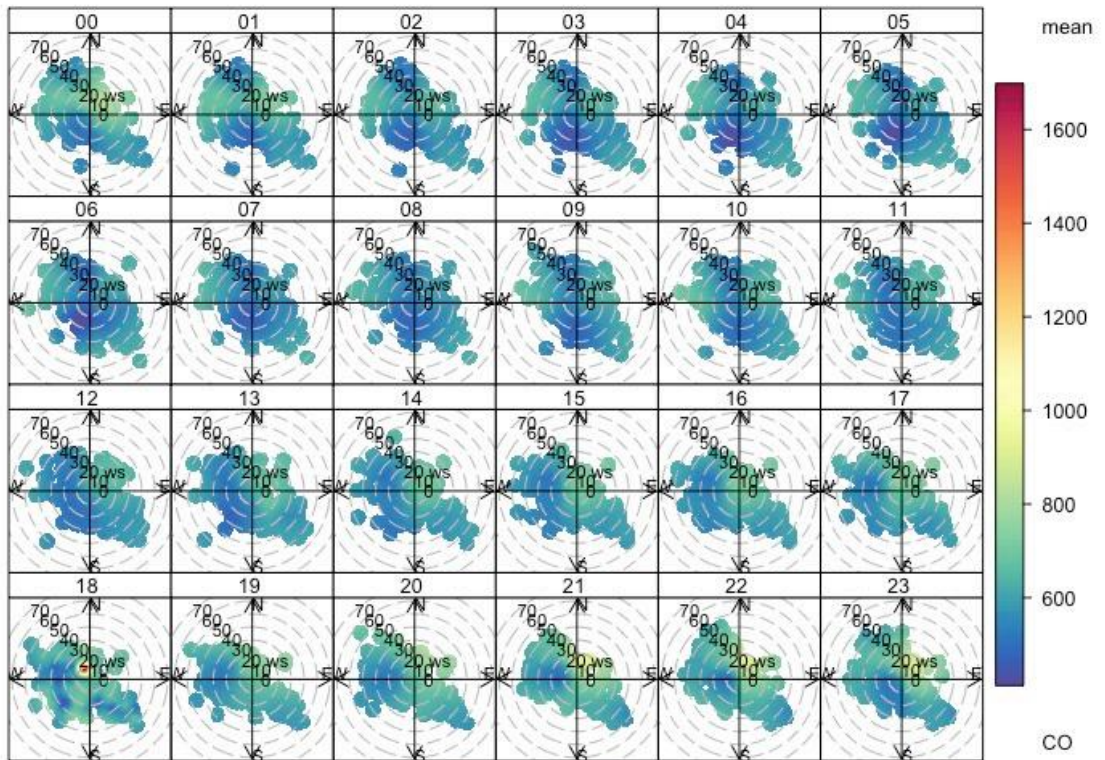
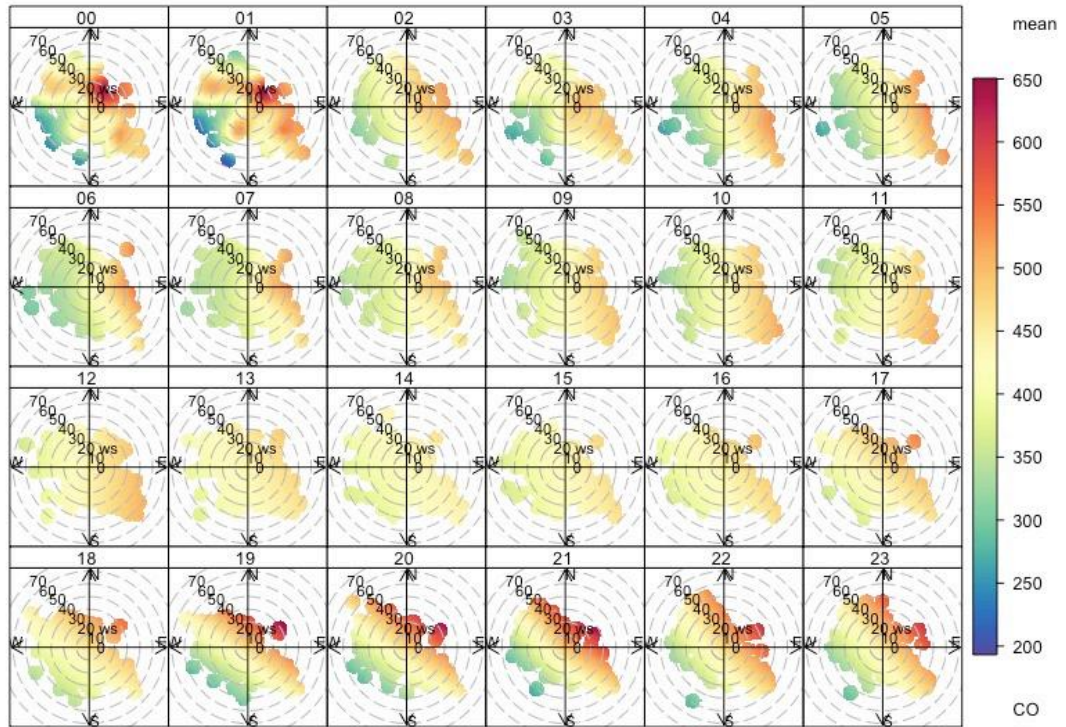




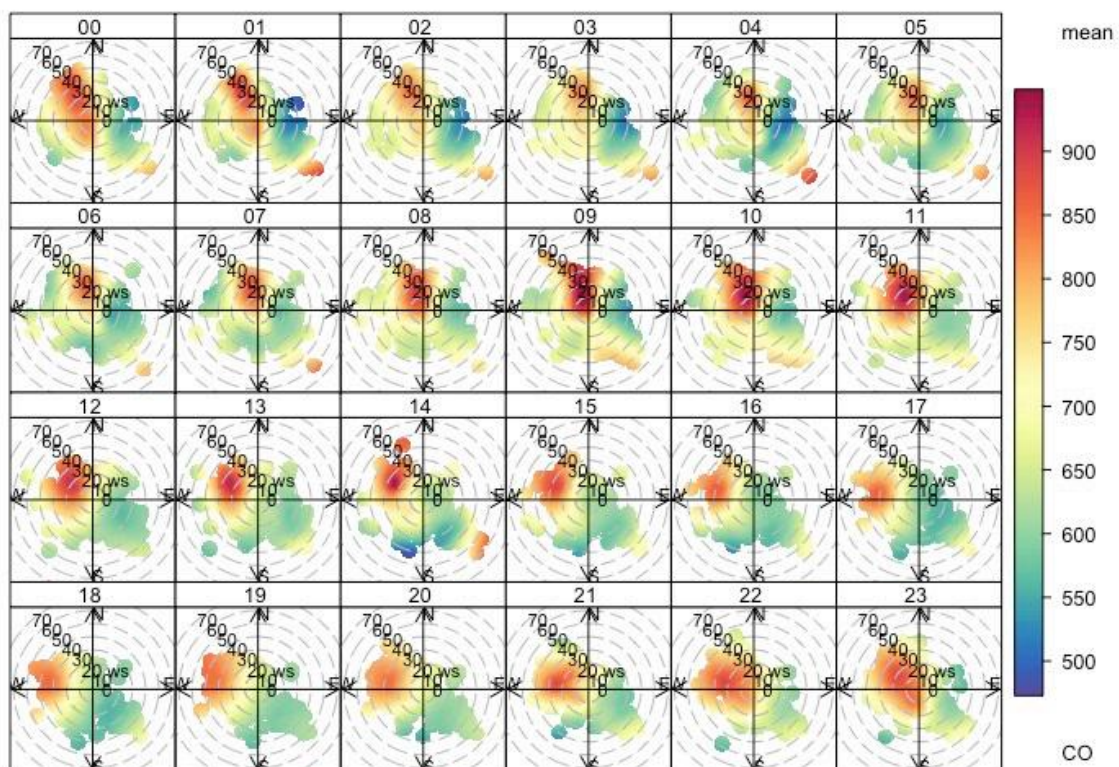
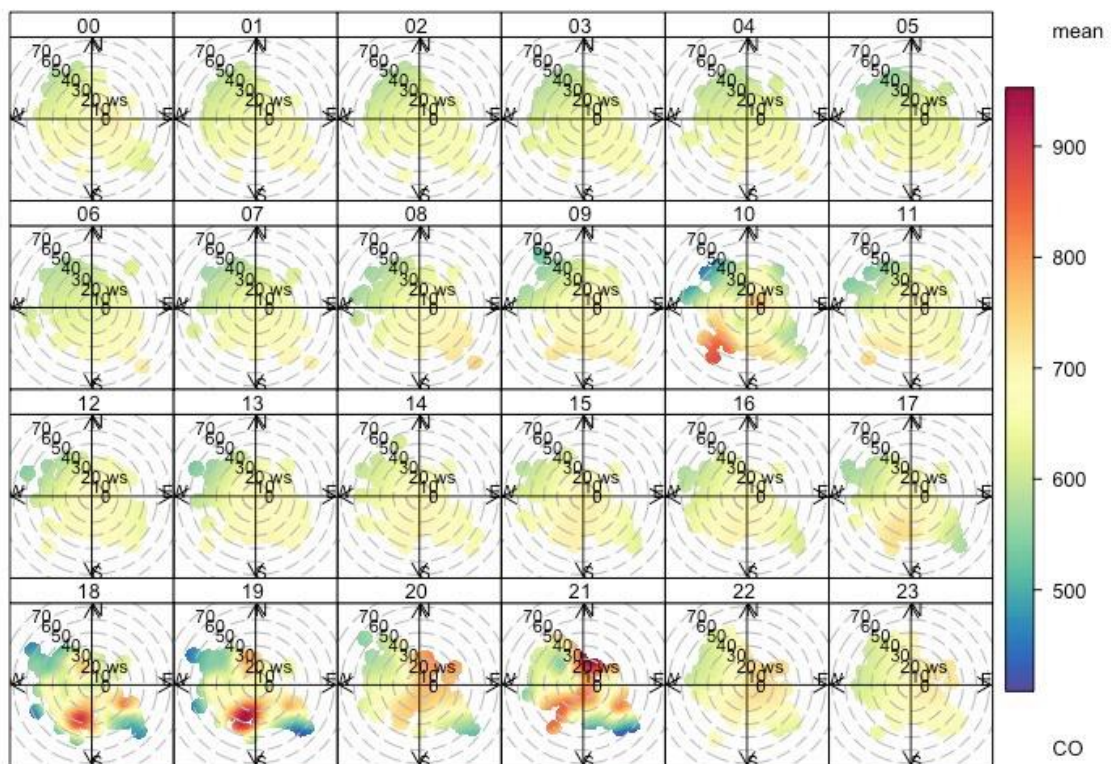
**Figura 3.26.-** Diagramas polares mensuales de CO de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.26 (continuación).**- Diagramas polares mensuales de CO de las estaciones Avda Marconi (superior) y San Fernando (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.27.-** Diagramas polares horarios de CO de las estaciones Cartuja (superior) y Jerez-Chapín (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.



**Figura 3.27 (continuación).**- Diagramas polares horarios de CO de las estaciones Avda Marconi (superior) y San Fernando (inferior) en el periodo agosto 2020 a agosto 2021.

### 3.2.3.- Origen de masas de aire

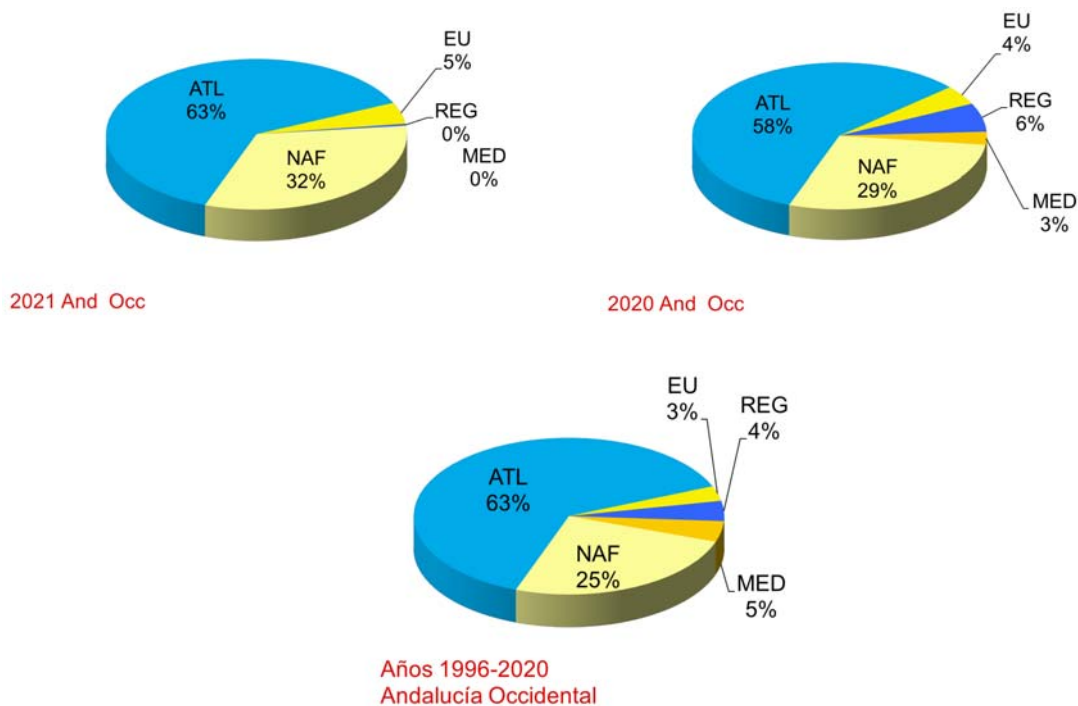
Se ha realizado un estudio de orígenes de masas de aire en Andalucía Occidental (coordenadas 37°N 6°W) entre los años 1996 y agosto 2021. Para ello se ha utilizado el modelo lagrangiano HYSPLIT5 tomando como base meteorológica los archivos de FNL (1996 a 2005) y GDAS (2006-2021 agosto).

En la [Tabla 3.5](#) se resumen los días con orígenes de masas de aire en Andalucía Occidental entre los años 1996 y 2021 (agosto). Además, se incluye el promedio anual en el mismo periodo y el porcentaje en el mismo periodo de estudio.

**Tabla 3.5.-** Orígenes de masas de aire en Andalucía en los años 1996-2021 agosto (días y % anual). Masa de aire de origen atlántico norte (AN), atlántico noreste (ANW), atlántico oeste (AW), norteafricano (NAF), mediterráneo (ME), europeo (EU) y regional (REG).

AÑO	AN	ANW	AW	NAF	ME	EU	REG
1996	47	130	89	54	21	5	20
1997	30	98	95	68	50	10	14
1998	47	139	62	71	29	8	9
1999	49	107	88	62	24	19	15
2000	36	114	94	78	24	7	13
2001	43	90	103	85	10	4	20
2002	28	112	131	74	4	13	3
2003	45	80	92	134	0	7	7
2004	56	63	80	147	6	8	6
2005	54	69	103	105	6	19	9
2006	29	73	118	115	6	8	16
2007	45	97	47	108	1	17	26
2008	36	130	62	87	6	14	5
2009	50	87	79	97	10	5	8
2010	47	109	83	92	8	2	11
2011	23	111	46	114	34	6	12
2012	54	95	79	85	6	12	17
2013	58	87	71	81	17	22	18
2014	23	134	89	72	11	5	20
2015	38	54	88	100	14	11	50
2016	30	71	118	85	33	4	9
2017	35	87	75	112	18	22	12
2018	25	81	136	67	16	14	18
2019	27	107	122	56	18	18	10
2020	8	63	130	99	10	15	22
2021	19	26	104	77	0	11	1
1996-2020	39	96	91	90	15	11	15
%	11	26	25	25	4	3	4

En la [Figura 3.28](#) se muestra la evolución de masas de aire en Andalucía Occidental en el año 2021 (hasta agosto) y 2020 y entre los años 1996-2020. En 2021, el origen más frecuente en Andalucía Occidental es Atlántico (ATL, 63% días al año) en comparación con Norteafricano (NAF, 32% días al año), mientras que en el año 2020 desciende en el caso de ATL (58%) y NAF (29%). En comparación con el periodo 1996-2020, el origen NAF es superior en 2021 (32%) y 2020 (29%).



**Figura. 3.28.-** Evolución de las masas de aire en Andalucía Occidental durante el año 2021 agosto y 2020, y entre los años 1996-2021 agosto.

La mayor contribución de masas de aire sahariano ocurre entre los meses de junio a septiembre (Tabla. 3.6). En estos momentos, y sobre todo en verano, nos encontramos en un ciclo descendente que se inició en el año 2010 si se compara con el promedio de días al año desde un punto de vista climático (25% días).

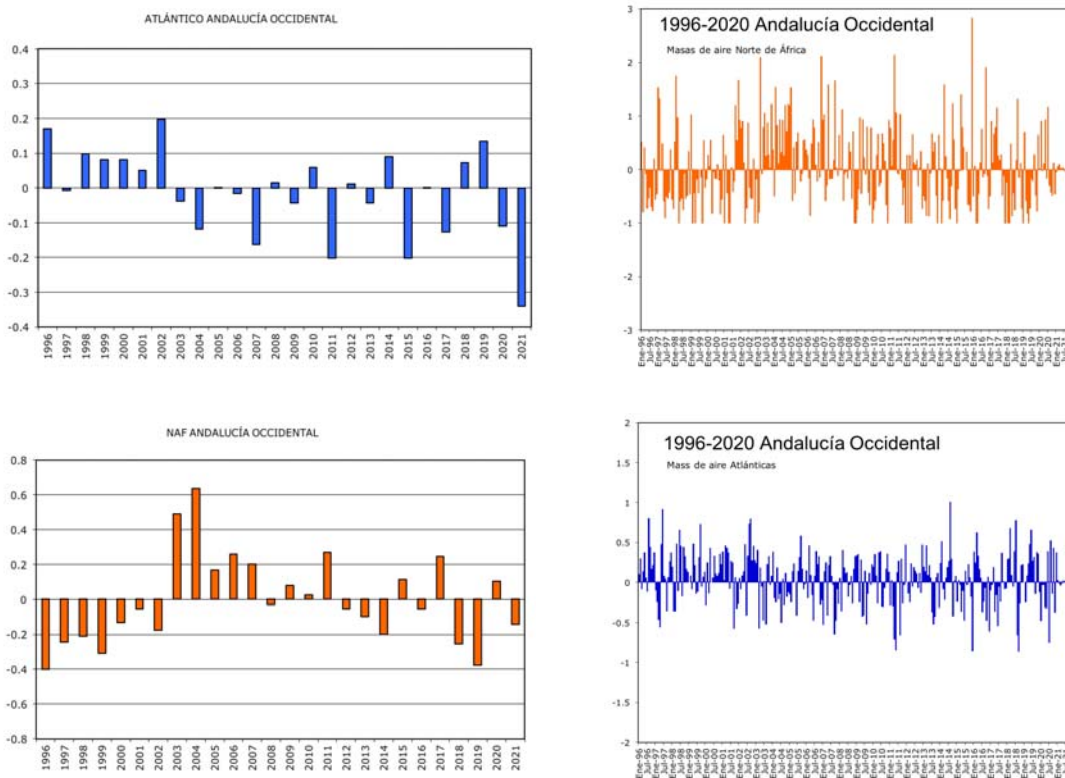
**Tabla 3.6.-** Orígenes de masas de aire en Andalucía en los años 1996-2021 agosto (días y % anual).

Días por mes	AN	ANW	AW	NAF	ME	EU	REG
Ene-20	0	1	10	4	6	3	6
Feb-20	0	0	18	9	0	0	2
Mar-20	0	12	6	7	1	5	0
Abr-20	0	0	14	6	2	1	2
May-20	0	0	13	14	0	3	1
Jun-20	0	7	14	9	0	0	0
Jul-20	0	0	4	26	0	0	1
Ago-20	0	6	16	9	0	0	0
Sept-20	0	6	6	5	1	0	10
Oct-20	2	23	2	3	0	0	0
Nov-20	1	0	12	5	0	3	0
Dic-20	5	8	15	2	0	0	0
Ene-21	14	0	12	0	0	3	0
Feb-21	0	0	17	9	0	0	0
Mar-21	5	4	2	15	0	5	0
Abr-21	0	0	18	8	0	3	1
May-21	0	5	18	8	0	0	0
Jun-21	0	4	12	13	0	0	0
Jul-21	0	6	15	10	0	0	0
Ago-21	0	7	10	14	0	0	0
Sept-21							
Oct-21							
Nov-21							
Dic-21							

En la Figura 3.29 se han representado los diagramas de orígenes de masas de aire Norteafricana (NAF) y Atlántica (ATL) del periodo 1996-2021 agosto, normalizada a la media del periodo 1996-2020 en Andalucía Occidental según promedio anual y mensual.

En el caso del promedio anual, en el año 2020 los orígenes atlánticos y norteafricanos se encuentran dentro del intervalo de variación  $\pm 10\%$ . En el año 2021, y hasta agosto, existe una importante anomalía en masas de aire atlántica (superior al  $-30\%$ ), aunque en este caso falta por contabilizar otoño y parte de invierno, donde aumentará el origen de este tipo de masas de aire.

En conclusión, se ha observado un ligero incremento en cuanto a las masas de aire norteafricanas en la Bahía de Cádiz en los años 2021 (hasta agosto) y 2020, en comparación con el promedio climático, destacándose contribuciones del 32% y 29%, respectivamente, en comparación con un 25% obtenido para el periodo 1996-2020.



**Figura 3.29.-** Diagramas de orígenes de masas de aire Norteafricana Atlántica (ATL) y (NAF) del periodo 1996-2021 agosto normalizados a la media del periodo 1996-2020 en Andalucía Occidental. Promedio anual y mensual.

### 3.2.4.- Evolución niveles de gases y PM10 en Bahía de Cádiz (2000-2021)

En la [Tabla 3.7](#) se muestra la evolución de niveles promedio horarios de NO<sub>2</sub>, PM10, O<sub>3</sub> y CO entre 2000 y agosto 2021 en las estaciones de Cartuja (CAR), Jerez-Chapín (JER), Avda. Marconi (MAR), Río San Pedro (RIO) y San Fernando (SAN).

La máxima concentración de **PM10** se alcanza en Avda. Marconi (34 µg/m<sup>3</sup>), Cartuja (33 µg/m<sup>3</sup>), Jerez-Chapín (32 µg/m<sup>3</sup>), Río San Pedro (26 µg/m<sup>3</sup>) y San Fernando (22 µg/m<sup>3</sup>). Se supera el valor límite anual de 40 µg/m<sup>3</sup> (según 2008/50/CE) en los años 2000, 2003 a 2007 en Marconi, 2002 y 2005-2007 en Cartuja, 2000-2003 en Jerez-Chapín, En el resto de estaciones no se llegó a superar el mencionado límite.

En los años 2020 y 2021, se han alcanzado valores bajos en todas las estaciones estudiadas, incluyendo La Cabezuela (18-19 µg/m<sup>3</sup>) y CN Viento Levante (17 y 19 µg/m<sup>3</sup>). Son valores mínimos junto con las estaciones de Río San Pedro (19 µg/m<sup>3</sup>) y San Fernando (19 µg/m<sup>3</sup>) en el año 2021. En este mismo año, las máximas concentraciones ocurrieron en Jerez-Chapín y Cartuja (23 µg/m<sup>3</sup>).

Teniendo en cuenta el aporte de partículas de origen norteafricano, y a partir del estudio de retrotrayectorias y análisis de imágenes satélite, el *valor límite diario* (VLD) de PM10 según 2008/50/CE (50 µg/m<sup>3</sup> no más de 35 días al año), se ha superado en:

- -Avda. Marconi: año 2000 (52 ocasiones), año 2003 (69 ocasiones), año 2004 (52 ocasiones), año 2006 (70 ocasiones) y año 2007 (en 54 ocasiones).
- -En Cartuja, las superaciones ocurrieron en el año 2002 (60 días), 2005 (59 días), 2006 (62 días) y 2007 (61 días).
- -Jerez-Chapín: año 2000 (111 ocasiones), año 2001, (85 ocasiones), y año 2002 (174 ocasiones).

En los años 2020 y 2021 no se ha superado el VLD en PM10 según 2008/50/CE debido a causas antropogénicas.

En relación a **NO<sub>2</sub>**, las máximas concentraciones promedio en el periodo considerado se han alcanzado en Jerez-Chapín (21 µg/m<sup>3</sup>), seguido por Avda. Marconi (19 µg/m<sup>3</sup>) y Río San Pedro y San Fernando (ambas 17 µg/m<sup>3</sup>). La menor concentración se obtuvo en Cartuja (8 µg/m<sup>3</sup>). El límite anual para este contaminante según 2008/50/CE es 40 µg/m<sup>3</sup>, superándose entre los años 2000 a 2003 en Jerez-Chapín. En el año 2004 no existe datos de este contaminante, continuando el registro en los siguientes años con valores promedios inferiores a 20 µg/m<sup>3</sup>, hasta el año 2019 (19 µg/m<sup>3</sup>). En el año 2020 y 2021 bajan los niveles a 11 µg/m<sup>3</sup> y 10 µg/m<sup>3</sup> en comparación al año 2019 (14 µg/m<sup>3</sup>), lo que supone una reducción de hasta 21% y 29%, respectivamente. Este descenso se debe al menor uso de vehículos durante los periodos de confinamiento de la población debido a la pandemia COVID-19.

La máxima concentración promedio anual de **Ozono Troposférico** se alcanzó en San Fernando (70 µg/m<sup>3</sup>), seguida de Avda. Marconi (67 µg/m<sup>3</sup>), Cartuja y Río San Pedro (63 µg/m<sup>3</sup>) y Jerez-Chapín (61 µg/m<sup>3</sup>). En el año 2020 el rango de variación está comprendido entre 68 y 62 µg/m<sup>3</sup>, siendo junto con el año 2014 uno de los años analizados del periodo de estudio con menores concentraciones.



**Tabla 3.7.- Niveles promedio anuales entre los años 2000-2021 (agosto) de gases contaminantes y PM10 de las estaciones de la Red de Calidad del Aire de la Junta de Andalucía en Bahía de Cádiz.**

PM10 µg/m <sup>3</sup>							VLD>50 ANT µg/m <sup>3</sup>								
	La Cabezuela	CN V Levante	Avda Marconi	Cartuja	Jerez-Chapin	Rio San Pedro	San Fernando		La Cabezuela	CN V Levante	Avda Marconi	Cartuja	Jerez-Chapin	Rio San Pedro	San Fernando
2000			41		58		37				52		111		32
2001			38		75		21				29		85		1
2002			36	41	62		31				21	62	174		6
2003			60	34	40		24	24			69	11	28		2
2004			46	36	31		32	27			52	19	4		7
2005			41	43	35		25	16			35	59	17		3
2006			50	45	37		23	32			70	62	20		0
2007			44	46	38		27	29			54	61	35		4
2008			32	34	31		25	27			17	13	10		0
2009			32	34	33		21	24			13	7	9		0
2010			35	30	24		23	22			18	5	4		1
2011			37	34	25		22	18			26	8	3		1
2012			27	25	18		22	17			1	0	0		0
2013			23	32	23		33	21			1	10	2		10
2014			25	28	26		28	22			2	5	5		3
2015			24	30	26		34	22			0	2	7		11
2016			24	25	25		32	21			0	1	1		3
2017			25	30	27		30	23			1	11	5		7
2018			25	23	25		21	21			0	3	4		1
2019			20	24	21		23	20			0	1	0		0
2020	18	17	18	27	19		21	19			0	0	0		0
2021	19	19	20	23	23		19	19			0	0	0		0
PROMEDIO	18	18	34	33	32		26	22			0	0	0		0

NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>						O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>					
	Avda Marconi	Cartuja	Jerez-Chapin	Rio San Pedro	San Fernando		Avda Marconi	Cartuja	Jerez-Chapin	Rio San Pedro	San Fernando
2000	16	0	43	19	16		67		49		67
2001	27	0	43	21	23		68		46		65
2002	32	6	43	20	23		59	71	47		74
2003	27	9	42	19	22		65	62	51		64
2004	20	13		21	21		63	63	35		60
2005	19	8	18	17	20		67	68	66		65
2006	22	8	18	17	22		66	61	69		64
2007	25	5	20	21	27		61	61	61		61
2008	20	10	19	16	21		65	65	62		62
2009	18	6	19	14	18		66	62	62		62
2010	22	4	15	17	13		71	63	62		63
2011	22	7	18	22	13		69	64	62		62
2012	19	12	16	21	15		65	63	62		60
2013	16	8	15	17	14		71	65	66		66
2014	16	9	17	15	16		64	60	60		60
2015	16	13	19	16	18		69	63	63		62
2016	15	8	18	13	13		71	62	68		64
2017	15	10	18	14	13		73	64	69		65
2018	14	9	14	12	13		70	62	67		63
2019	12	6	14	11	11		68	63	66		66
2020	10	7	11	10	10		68	62	64		64
2021	10	7	10	11	9		71	62	70		67
PROMEDIO	19	8	21	17	17		67	63	61		63

SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>				
	Avda Marconi	Cartuja	Jerez-Chapin	San Fernando
2000	10	0	16	
2001	12	0	9	11
2002	13	7	10	11
2003	11	7	6	12
2004	9	7	7	12
2005	9	8	8	11
2006	7	9	8	7
2007	5	9	10	10
2008	7	8	8	10
2009	9	7	10	14
2010	8	6	7	11
2011	9	5	8	9
2012	4	5	8	8
2013	5	5	7	9
2014	6	4	8	9
2015	5	6	6	9
2016	3	7	7	9
2017	4	4	7	9
2018	3	5	4	8
2019	3	4	2	7
2020	3	3	2	3
2021	3	2	2	2
PROMEDIO	7	6	7	9

CO µg/m <sup>3</sup>				
	Avda Marconi	Cartuja	Jerez-Chapin	San Fernando
2000	1723		1415	
2001	946		1166	870
2002	944	387	1001	943
2003	679	491	810	1046
2004	734	729	868	952
2005				
2006	591	645	423	826
2007				
2008				
2009	558	500	414	680
2010	492	422	459	477
2011	469	575	365	465
2012	455	712	292	540
2013	521	437	198	582
2014	437	520	202	500
2015	437	839	223	423
2016	314	887	186	259
2017	432	649	207	267
2018	419	717	357	211
2019	547	516	402	436
2020	667	522	508	622
2021	643	476	526	
PROMEDIO	631	593	514	571

En ningún caso se ha superado los niveles límites diarios ni horarios de SO<sub>2</sub> en el periodo de estudio en las estaciones consideradas. En Andalucía, el dióxido de azufre ha sido un contaminante principal en la década de los 80 en el Entorno de la Ría de Huelva y Campo de Gibraltar, derivado de las emisiones de los complejos petroquímicos y metalurgia (ver más en: <http://uhuaerosol.blogspot.com/p/so2.html> ).

Los niveles de CO son muy bajos en comparación con el límite anual según 2008/50/CE (10.000 µg/m<sup>3</sup>). Las máximas concentraciones se obtuvieron en Avda. Marconi (631 µg/m<sup>3</sup>), seguida por Cartuja (593 µg/m<sup>3</sup>), San Fernando (571 µg/m<sup>3</sup>) y

Jerez-Chapín ( $514 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ). Las máximas concentraciones anuales de este contaminante se obtuvieron entre los años 2000 a 2001 en la estación de Jerez-Chapín ( $1415 \mu\text{g}/\text{m}^3$  y  $1165 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , respectivamente), (ver [Tabla 3.7](#)).

### **3.3.- Composición Química de PM10**

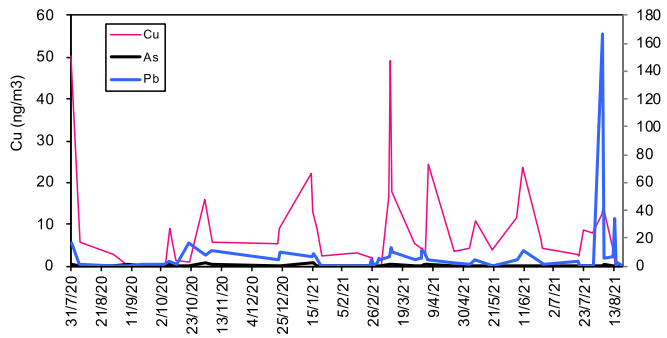
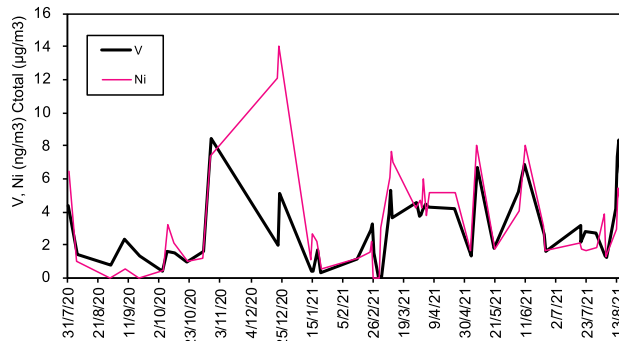
A continuación, se describen los resultados de elementos traza y ultratrazas obtenidos en las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante entre julio de 2020 y agosto de 2021. Las muestras han sido elegidas por alcanzar altas concentraciones PM10 y por encontrarse bajo influencia de escenarios sinópticos y orígenes de masas de aire representativos. Todos los análisis se encuentran en el [Anexo 2](#).

La [Directiva 2004/107/EC](#) considera un valor objetivo (no obligado cumplimiento y sí de investigación) para Níquel ( $20 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), Cadmio ( $5 \text{ ng}/\text{m}^3$ ), y Arsénico ( $6 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) en promedio anual de PM10. También se considera un valor límite, en este caso anual, para Plomo ( $500 \text{ ng}/\text{m}^3$ ) según [Directiva 2008/50/CE](#).

A pesar de tratarse de los filtros con mayor concentración en PM10, en ninguna de las dos estaciones se han superado los límites indicados, destacándose las bajas concentraciones en los elementos analizados. A continuación, se detallan las características principales:

### 3.3.1.- LA CABEZUELA PM10

LA CABEZUELA PM10 2020-2021			
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio	Máximo	Mínimo
n° filtros	41		
PM10	41,7	90,4	26,1
Ctotal			
OC			
EC			
CO3=			
SiO2			
Al2O3			
Ca			
K			
Na			
Mg			
Fe			
PO43-			
SO42-			
F-			
SO42-antropogénico			
SO42- marino			
NO3-			
Cl			
NH4+			
PO43- *10			
total			
%			
crustal			
marino			
SIC			
OM			
EC			
$\text{ng}/\text{m}^3$	Promedio	Máximo	Mínimo
Li	0,71	4,57	0,05
Be	0,05	0,18	0,05
B			
Sc	0,16	0,93	0,05
Ti			
V	3,00	8,45	0,05
Cr	3,12	13,9	0,01
Mn			
Co	0,35	3,84	0,05
Ni	3,48	14,0	0,05
Cu	7,90	50,2	0,05
Zn	16,9	75,8	0,05
Ga	0,26	1,49	0,05
Ge	0,21	1,18	0,05
As	0,60	2,87	0,05
Se	0,13	0,37	0,05
Rb	1,13	5,39	0,05
Sr	6,49	26,9	0,05
Y	0,65	2,27	0,05
Zr	2,54	9,64	0,05
Nb	0,19	0,92	0,05
Mo	7,50	52,9	0,05
Ag			
Cd	0,42	11,7	0,05
Sn	0,89	2,87	0,11
Sb	0,58	2,51	0,05
Cs	0,09	0,59	0,05
Ba	13,4	54,2	0,05
La	0,56	2,62	0,05
Ce	0,99	5,23	0,05
Pr	0,12	0,60	0,05
Nd	0,43	2,21	0,05
Sm	0,11	0,45	0,05
Eu	0,05	0,10	0,05
Gd	0,13	0,54	0,05
Tb	0,05	0,08	0,05
Dy	0,12	0,39	0,05
Ho	0,05	0,08	0,05
Er	0,07	0,21	0,05
Tm	0,05	0,05	0,05
Yb	0,06	0,18	0,05
Lu	0,05	0,05	0,05
Hf	0,12	0,42	0,05
Ta	0,05	0,05	0,05
W	0,43	9,74	0,05
TI	0,05	0,05	0,05
Pb	8,34	167	0,05
Bi	0,24	0,90	0,05
Th	0,17	0,76	0,05
U	0,17	0,83	0,05

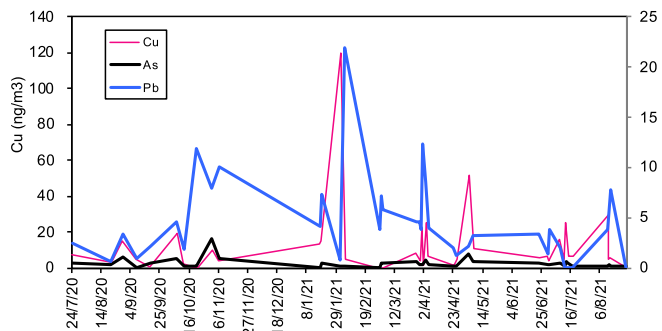
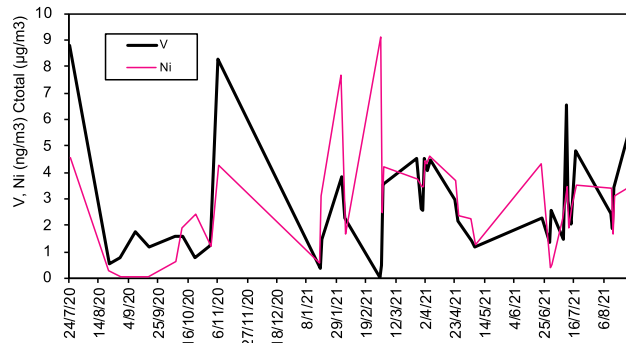


En la estación de La Cabezuela, las concentraciones de metales en PM10 obtenidas en el periodo de estudio son bajas.

Presenta máximas concentraciones en Zn (16.9  $\text{ng}/\text{m}^3$ ), Cu (7.90  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) y Ba (13.4  $\text{ng}/\text{m}^3$ ). En relación a los metales según la Directiva 2004/107/EC, ninguno supera los límites señalados: As (0.42  $\text{ng}/\text{m}^3$ ), Ni (3.48  $\text{ng}/\text{m}^3$ ), Cd (0.42  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) y Pb (8.34  $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

### 3.3.2.- CN VIENTO DE LEVANTE PM10

CN VIENTO LEVANTE PM10 2020-2021			
$\mu\text{g}/\text{m}^3$	Promedio	Máximo	Mínimo
n° filtros	39		
PM10	40	90	21
Ctotal			
OC			
EC			
CO3=			
SiO2			
Al2O3			
Ca			
K			
Na			
Mg			
Fe			
PO43-			
SO42-			
F-			
SO42-antropogénico			
SO42-marino			
NO3-			
Cl			
NH4+			
PO43- *10			
total			
%			
crystal			
marino			
SIC			
OM			
EC			
$\text{ng}/\text{m}^3$	Promedio	Máximo	Mínimo
Li	0,46	2,78	0,05
Be	0,05	0,12	0,05
B			
Sc	0,14	0,90	0,05
Ti			
V			
Cr	1,82	7,44	0,05
Mn			
Co	0,22	0,81	0,05
<b>Ni</b>	<b>2,79</b>	<b>9,12</b>	<b>0,05</b>
Cu	12,1	120	0,05
Zn	13,4	33,5	0,63
Ga	0,23	1,45	0,05
Ge	0,24	0,98	0,05
<b>As</b>	<b>0,48</b>	<b>2,89</b>	<b>0,05</b>
Se	0,11	0,34	0,05
Rb	0,89	5,27	0,05
Sr	4,39	14,5	1,13
Y	0,65	1,70	0,05
Zr	2,67	12,6	0,05
Nb	0,16	0,94	0,05
Mo	5,51	22,7	0,05
Ag			
<b>Cd</b>	<b>0,13</b>	<b>0,95</b>	<b>0,05</b>
Sn	0,76	1,92	0,05
Sb	0,42	3,98	0,05
Cs	0,07	0,32	0,05
Ba	11,9	94,4	0,05
La	0,54	2,61	0,05
Ce	0,95	5,12	0,05
Pr	0,11	0,60	0,05
Nd	0,39	2,17	0,05
Sm	0,10	0,44	0,05
Eu	0,05	0,11	0,05
Gd	0,13	0,51	0,05
Tb	0,05	0,08	0,05
Dy	0,11	0,35	0,05
Ho	0,05	0,08	0,05
Er	0,07	0,21	0,05
Tm	0,05	0,05	0,05
Yb	0,06	0,17	0,05
Lu	0,05	0,05	0,05
Hf	0,12	0,39	0,05
Ta	0,05	0,11	0,05
W	0,34	6,25	0,05
TI	0,05	0,05	0,05
<b>Pb</b>	<b>4,41</b>	<b>21,9</b>	<b>0,05</b>
Bi	0,20	2,14	0,05
Th	0,17	0,74	0,05
U	0,17	0,62	0,05



En la estación de CN Viento de Levante, las concentraciones de metales en PM10 obtenidas en el periodo de estudio son bajas. Se destacan Zn (13.4  $\text{ng}/\text{m}^3$ ), Cu (12.1  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) y Ba (11.9  $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

En relación con los metales según la Directiva 2004/107/EC, ninguno supera los límites señalados: As (0.48  $\text{ng}/\text{m}^3$ ), Ni (2.79  $\text{ng}/\text{m}^3$ ), Cd (0.13  $\text{ng}/\text{m}^3$ ) y Pb (54.41  $\text{ng}/\text{m}^3$ ).

Con objeto de comparar las concentraciones de metales traza y ultratrazas en PM10 de las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante, en la [Tabla 3.5](#) se ha considerado la composición promedio de julio de 2020 a agosto de 2021 de las estaciones de Campus (Huelva capital, fondo urbano), La Rábida (próxima al muelle Juan Gonzalo, de la Autoridad Portuaria de Huelva, fondo urbano con influencia industrial) y Matalascañas (entorno de Doñana, fondo rural).

**Tabla 3.5.-** Composición promedio anual de PM10 en estaciones representativas del Golfo de Cádiz y costa de Huelva de julio 2020 a agosto 2021. En el caso de la estación de La Rábida comprende el periodo julio 2020 hasta junio 2021.

Estación	La Cabezuela	CN Viento de Levante	La Rábida*	Campus	Matalascañas
Nº filtros	52	39	52	60	52
PM10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	41,7	40,0	29,0	28,2	26,7
ng/m <sup>3</sup>					
Li	0,71	0,46	0,33	0,47	0,31
Be	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Sc	0,16	0,14	0,12	0,14	0,11
Ti			80,2	43,8	34,5
V	3,00	2,73	2,07	2,01	1,70
Cr	3,12	1,82	2,73	1,94	2,55
Mn			6,82	6,73	4,73
Co	0,35	0,22	0,26	0,20	0,16
Ni	3,48	2,79	3,02	1,39	2,16
Cu	7,90	12,1	185	68,0	39,6
Zn	16,9	13,4	52,8	23,9	25,9
Ga	0,26	0,23	0,19	0,21	0,15
Ge	0,21	0,24	0,14	0,12	0,11
As	0,60	0,48	5,10	2,60	0,92
Se	0,13	0,11	0,20	0,14	0,10
Rb	1,13	0,89	0,75	1,01	0,68
Sr	6,49	4,39	3,00	4,23	3,24
Y	0,65	0,65	0,36	0,32	0,28
Zr	2,54	2,67	2,28	2,61	2,36
Nb	0,19	0,16	0,21	0,17	0,13
Mo	7,50	5,51	1,51	1,12	0,97
Cd	0,42	0,13	0,64	0,31	0,12
Sn	0,89	0,76	1,12	1,31	0,67
Sb	0,58	0,42	0,80	0,56	0,26
Cs	0,09	0,07	0,06	0,06	0,05
Ba	13,4	11,9	6,29	11,4	4,44
La	0,56	0,54	0,40	0,43	0,31
Ce	0,99	0,95	0,62	0,72	0,51
Pr	0,12	0,11	0,08	0,08	0,07
Nd	0,43	0,39	0,25	0,29	0,21
Sm	0,11	0,10	0,07	0,07	0,06
Eu	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Gd	0,13	0,13	0,08	0,08	0,07
Tb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Dy	0,12	0,11	0,07	0,07	0,06
Ho	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Er	0,07	0,07	0,05	0,05	0,05
Tm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Yb	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
Lu	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Hf	0,12	0,12	0,13	0,15	0,13
Ta	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
W	0,43	0,34	0,16	0,08	0,07
Tl	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Pb	8,34	4,41	20,8	8,01	3,75
Bi	0,24	0,20	0,92	0,91	0,15
Th	0,17	0,17	0,12	0,11	0,09
U	0,17	0,17	0,12	0,08	0,07

Las estaciones de la Bahía de Cádiz se caracterizan por las bajas concentraciones en metales en comparación con Huelva capital y La Rábida. En las estaciones del Entorno de la Ría de Huelva cabe resaltar: La Rábida con las altas concentraciones en Cu ( $180 \text{ ngCu}/\text{m}^3$ ), As ( $5.10 \text{ ngAs}/\text{m}^3$ ), Cd ( $0.64 \text{ ngCd}/\text{m}^3$ ), Sb ( $0.80 \text{ ngSb}/\text{m}^3$ ), Bi ( $0.92 \text{ ngCu}/\text{m}^3$ ) y Pb ( $20.8 \text{ ngCu}/\text{m}^3$ ), principalmente, las cuales están relacionadas con la carga y descarga de concentrados de Cu en la zona portuaria, así como las emisiones

canalizadas desde la fundición de Cu situada en el Polígono Industrial Punta del Sebo ([Sánchez de la Campa et al. 2018](#)).

En La Cabezuela y CN Viento de Levante se resaltan altas concentraciones relativas en elementos relacionados con el tráfico, tales como Cr, Ge y Sb, con respecto a la estación de fondo rural de Matalascañas.

## 4.- CONCLUSIONES

En este informe final se han presentado los resultados de niveles y composición química (metales traza y ultratrazas) de PM10 en las estaciones inicialmente temporales y empíricas de la Cabezuela y CN Viento de Levante durante el periodo de muestreo comprendido desde julio de 2020 a agosto de 2021.

La intercomparación de niveles obtenidos diariamente con los equipos automáticos (atenuación beta THERMO) y equipo gravimétrico (secuencia de bajo volumen DIGITEL) ha mostrado factores (F) muy similares en ambas estaciones:

- F= **1.40** en La Cabezuela (1 de agosto de 2020 al 22 de agosto de 2021), y
- F= **1.39** en CN Viento de Levante (13 de agosto de 2020 al 24 de agosto de 2021).

Los niveles promedio de PM10 obtenidos con el equipo de atenuación beta entre agosto de 2020 a agosto de 2021, han sido iguales en ambas estaciones:

- **18.5 µgPM10/m<sup>3</sup>** en La Cabezuela), y
- **18.5 µgPM10/m<sup>3</sup>** en CN Viento de Levante.

Los niveles de PM10 se sitúan en el rango bajo del intervalo de valores obtenidos en otras estaciones de la Red de Calidad del Aire de Andalucía en Bahía de Cádiz (23.5 µgPM10/m<sup>3</sup> en Jerez-Chapín y 18.5 µgPM10/m<sup>3</sup> en Avenida Marconi), y siendo muy inferior al valor límite promedio anual de 40 µgPM10/m<sup>3</sup> según la Directiva Europea 2008/50/CE y RD 102/2011. El valor límite diario (50 µgPM10/m<sup>3</sup> según 2008/50/CE) el cual se puede exceder hasta 35 días al año se ha superado en **4 ocasiones en Jerez-Chapín y 2 en Cartuja**.

Las máximas concentraciones de PM10 ocurren principalmente en verano y sobre todo bajo la influencia de masas de aire norteafricano. En este sentido, el promedio de días con intrusiones de masa de este origen son **90 días al año en el periodo 1996-2020, lo que supone hasta un 25% de días anualmente**.

Todos los contaminantes han sufrido un descenso importante en los niveles promedio anuales durante los últimos 20 años en la Bahía de Cádiz. En el año 2020, las máximas concentraciones de NO<sub>2</sub> se alcanzaron en Jerez-Chapín (11 µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>), lo que supone una reducción próxima al 50% en relación con el año 2007 (20 µgNO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>). En el caso del ozono, y al igual que otras estaciones del Valle del Guadalquivir, y resto de Andalucía, ocurren superaciones del nivel octohorario y horario de 120 µgO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup> y 180 µgO<sub>3</sub>/m<sup>3</sup>, respectivamente. Las concentraciones de SO<sub>2</sub> son también mínimas al no existir focos como fundiciones o refinería de petróleo en la Bahía de Cádiz.

En comparación con otras estaciones de Andalucía, y para el mismo periodo de estudio donde los niveles de PM10 han variado entre Bailén (30 µgPM10/m<sup>3</sup>) y Sierra Norte en Sevilla (18 µgPM10/m<sup>3</sup>), **los valores también se encuentran en el rango bajo**.

Los análisis químicos de metales traza y ultratrazas de 80 muestras de PM10 (41 en la Cabezuela y 39 en CN Viento de Levante) analizados mediante la técnica de ICP-MS

muestran **concentraciones muy bajas, no superándose los límites objetivos para los elementos señalados en la Directiva 2004/107/EC (Niquel, 20 ng/m<sup>3</sup>, Cadmio 5 ng/m<sup>3</sup>, Arsénico 6 ng/m<sup>3</sup> y Plomo 500 ng/m<sup>3</sup>) en promedio anual de PM10.**

Las concentraciones de estos elementos son ligeramente superiores en La Cabezueta en comparación a CN Viento de Levante (3.5 ngNi/m<sup>3</sup> y 2.8 ngNi/m<sup>3</sup>, 0.6 ngAs/m<sup>3</sup> y 0.50 ngAs/m<sup>3</sup>, 0.4 ngCd/m<sup>3</sup> y 0.1 ngCd/m<sup>3</sup>, y 8.3 ngPb/m<sup>3</sup> y 4.4 ngPb/m<sup>3</sup>, respectivamente). El criterio usado en la selección de las muestras es alcanzar niveles altos de PM10, aunque tal como se ha descrito, son muy inferiores al Valor Límite Diario según 2008/50/CE (50 µgPM10/m<sup>3</sup>).

En comparación con otras zonas industriales y portuarias de Andalucía (e.g. Entorno de la Ría de Huelva), **no se observan anomalías de metales importantes**, aunque sí existe un ligero enriquecimiento en Ni y Cd en La Cabezueta en comparación con CN Viento de Levante y otras zonas urbanas de Huelva.

## **Agradecimientos**

A la Agencia de Medio Ambiente y Agua (AMAyA) y Jefatura de Servicio de Calidad del Aire de la Junta de Andalucía por los datos históricos de gases contaminantes y PM10 empleados en este estudio.

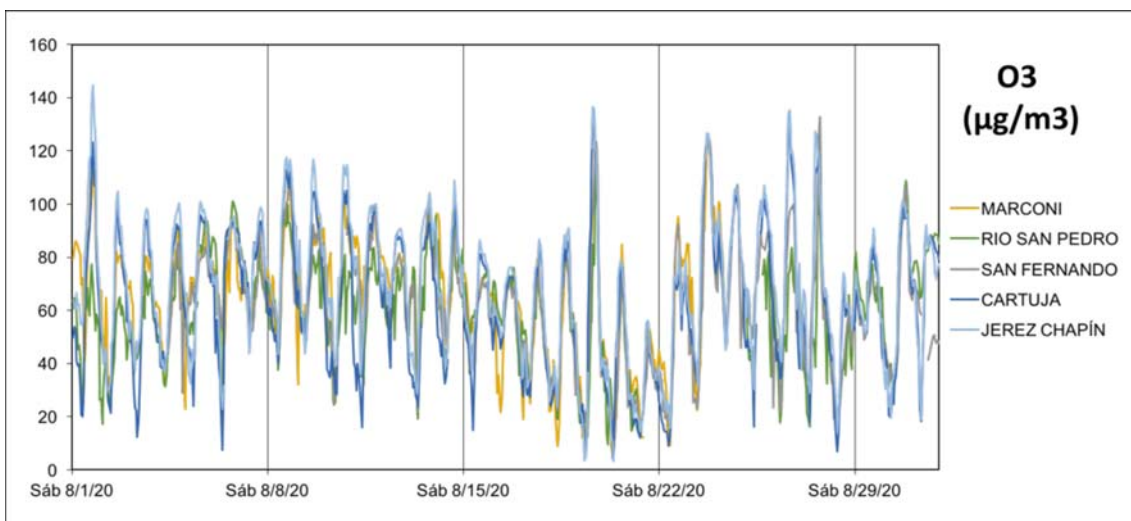
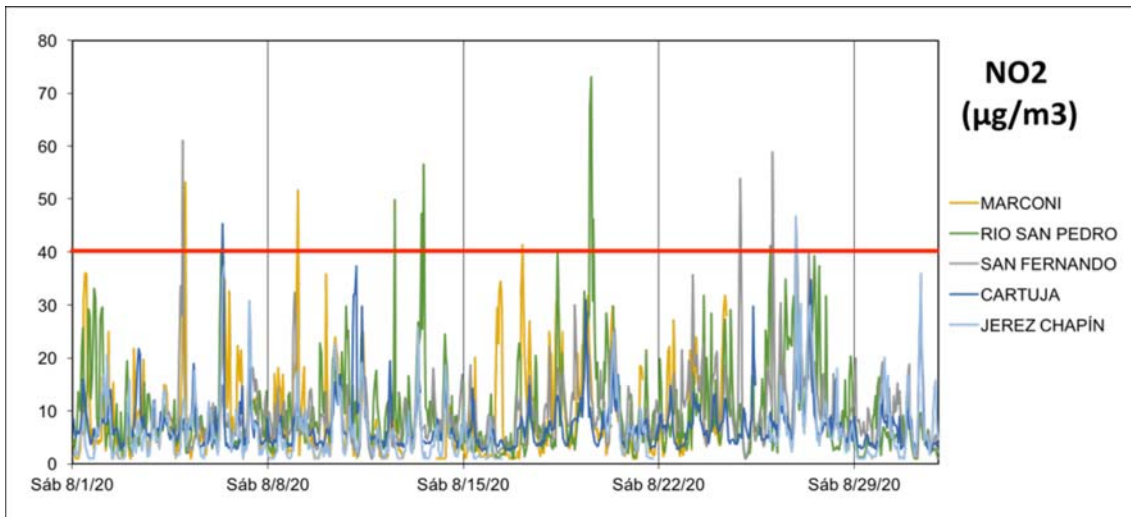
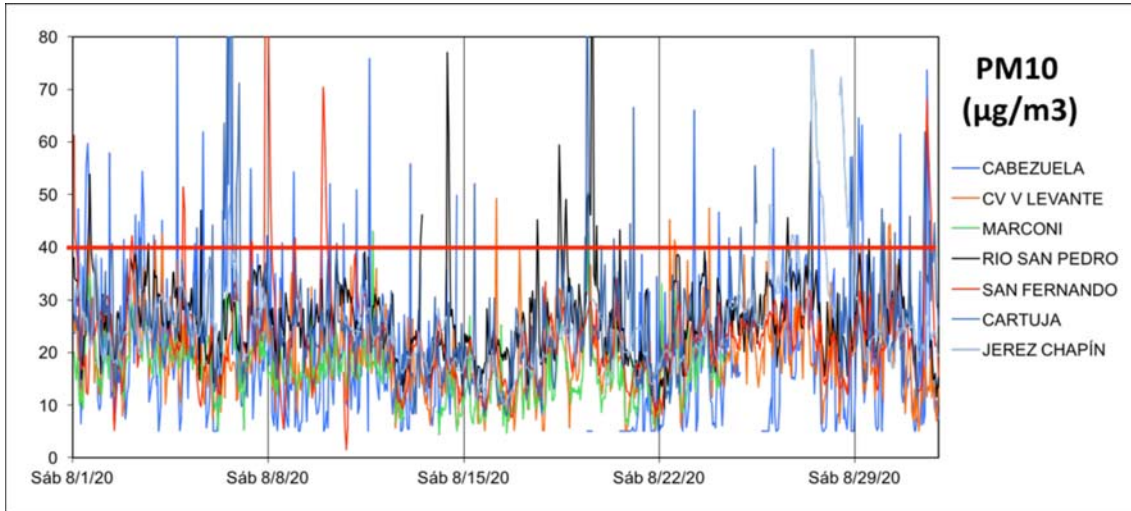


## Referencias

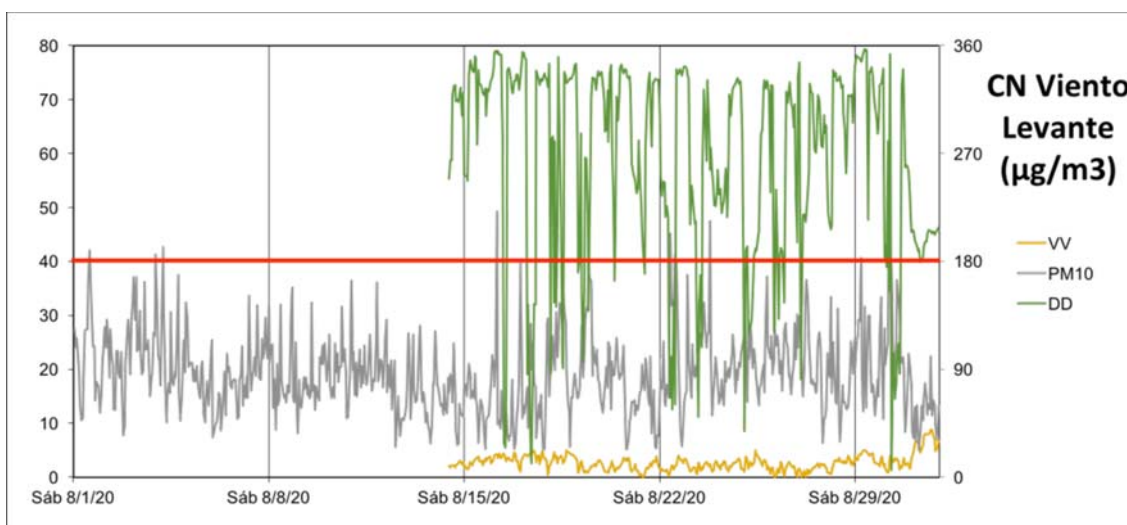
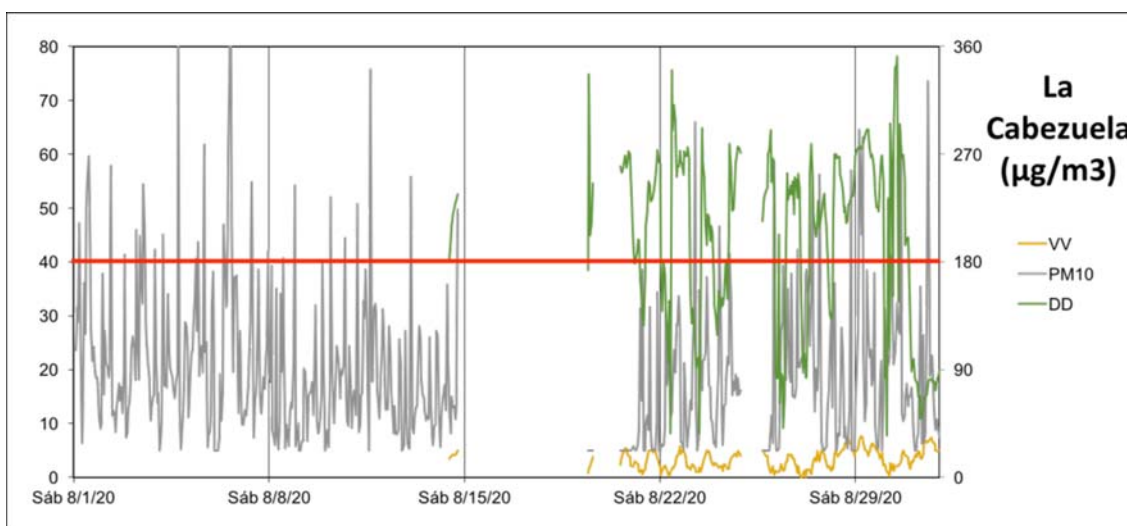
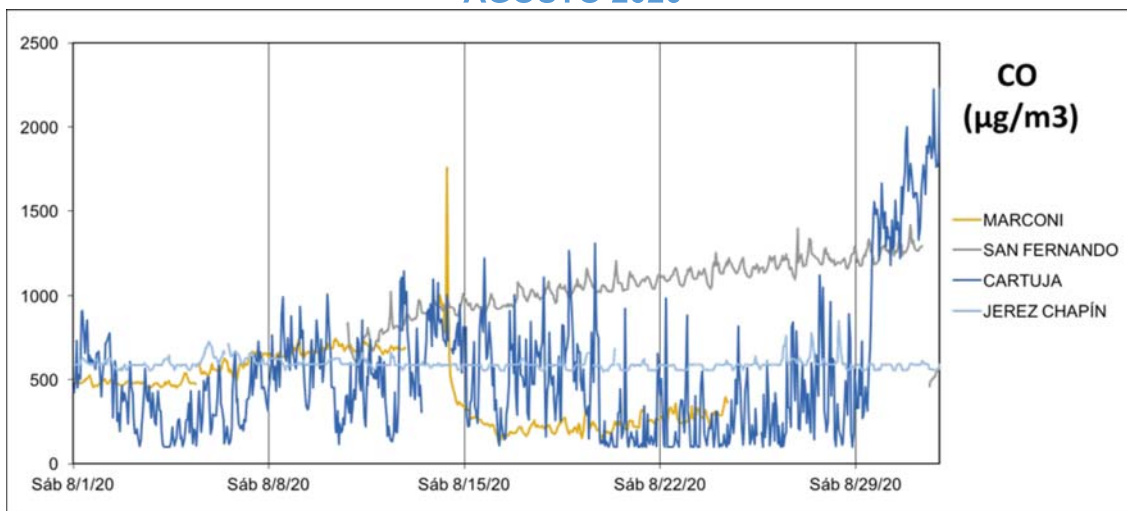
- Kallos G, Kotroni V, Lagouvardos K (1997) The regional weather forecasting system SKIRON: an overview. Proceedings of the Symposium on Regional Weather Prediction on Parallel computer Environments. University of Athens, Greece, pp. 109-122.
- Querol X, Alastuey A, de la Rosa JD, Sánchez de la Campa A, Plana F, Ruiz CR 2002. Source apportionment analysis of atmospheric particulates in an industrialised urban site in southwestern Spain Atmospheric Environment 36, 3113-3125. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1352231002002571>
- Sánchez de la Campa AM, Sánchez-Rodas D, Alsioufi L, Alastuey A, Querol X, de la Rosa JD (2018) Air quality trends in an industrialised area of SW Spain, Journal of Cleaner Production 186: 465-474. DOI: 10.1016/j.jclepro.2018.03.122.
- Stein A, Draxler R, Rolph G, Stunder B, Cohen M, Ngan F (2015) NOAA's HYSPLIT Atmospheric and dispersion modelling system. Bulletin of American Meteorological Society Dec 2015 2059-2077. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/96/12/bams-d-14-00110.1.xml>

**ANEXO 1.-** Diagramas mensuales de contaminantes y estaciones de la Red de Calidad del Aire de Bahía de Cádiz y las estaciones de La Cabezuela y CN Viento de Levante entre agosto de 2020 y agosto de 2021

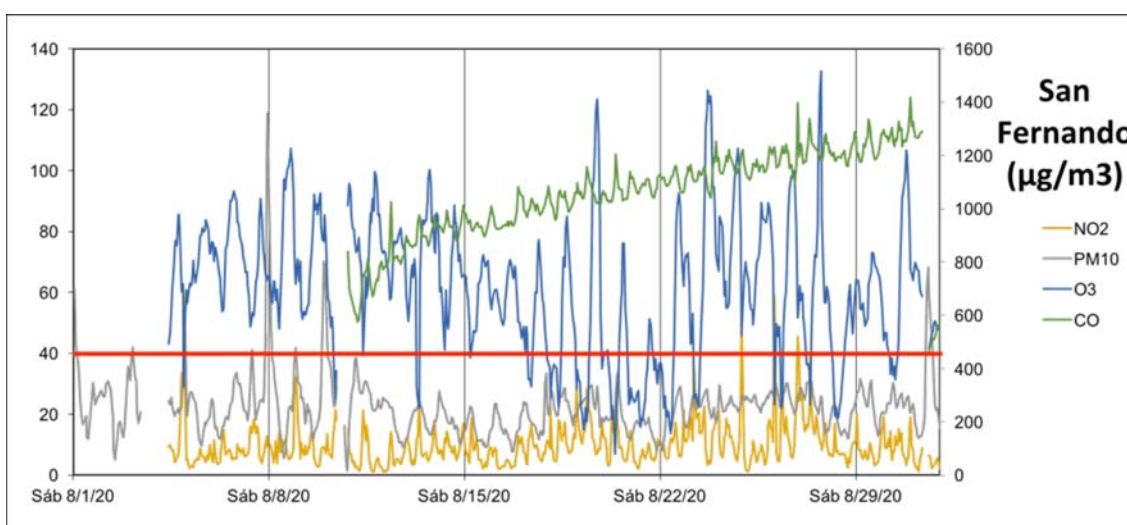
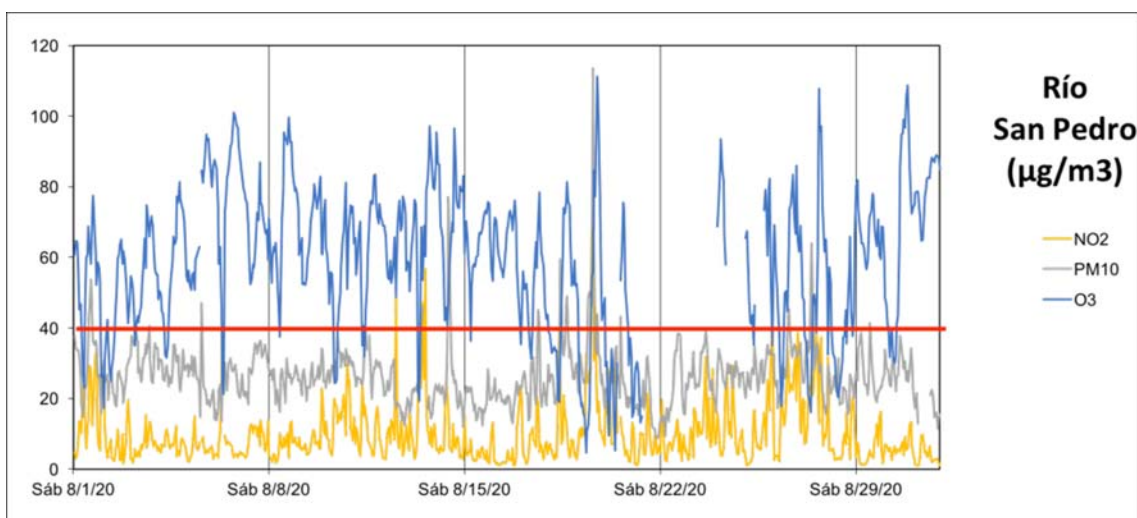
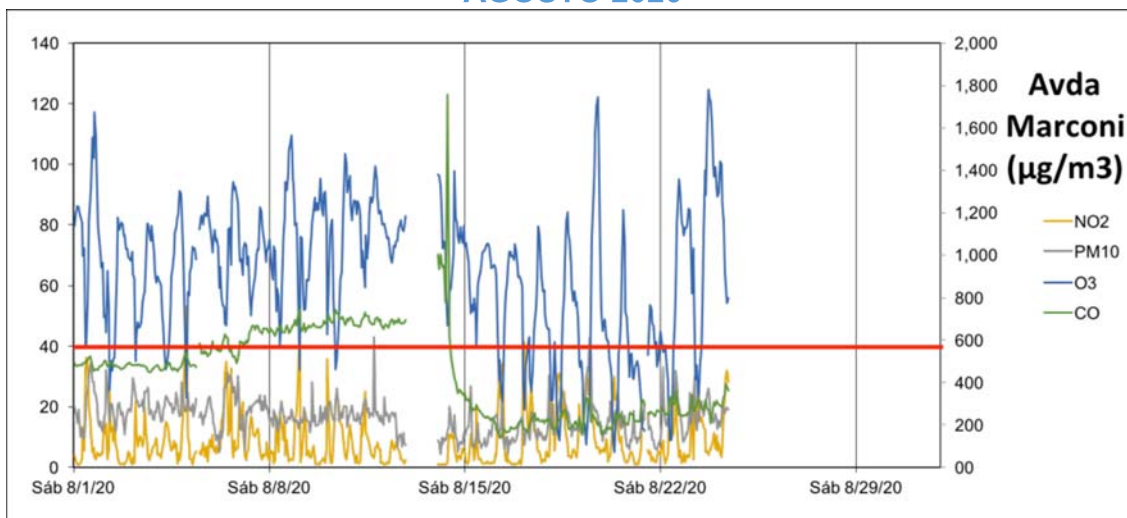
## AGOSTO 2020



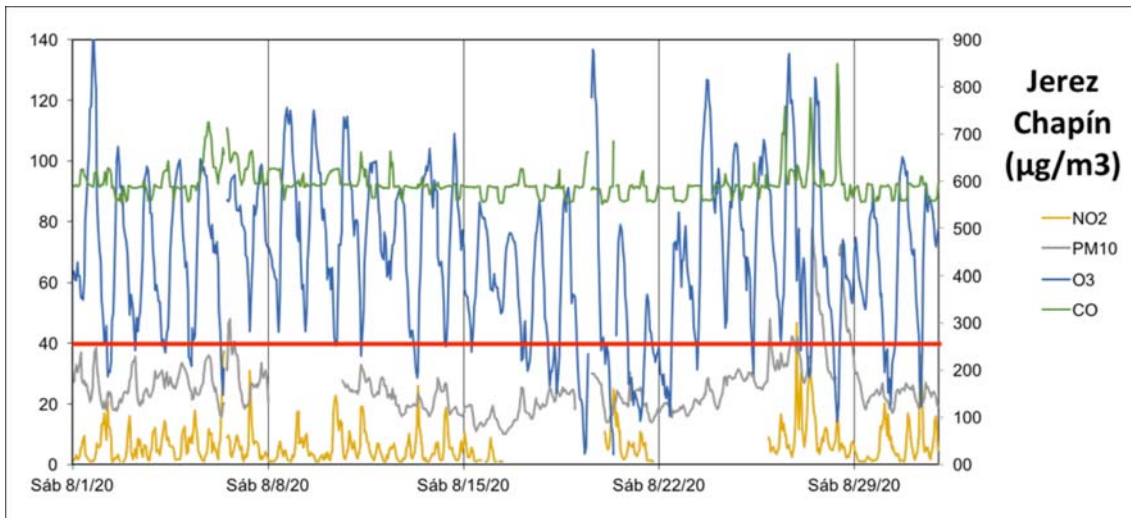
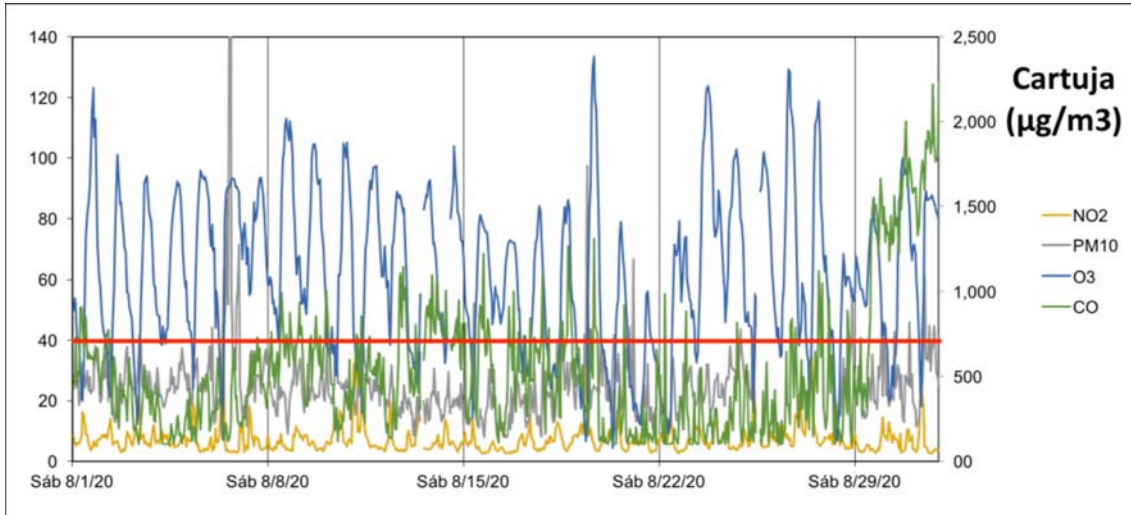
## AGOSTO 2020



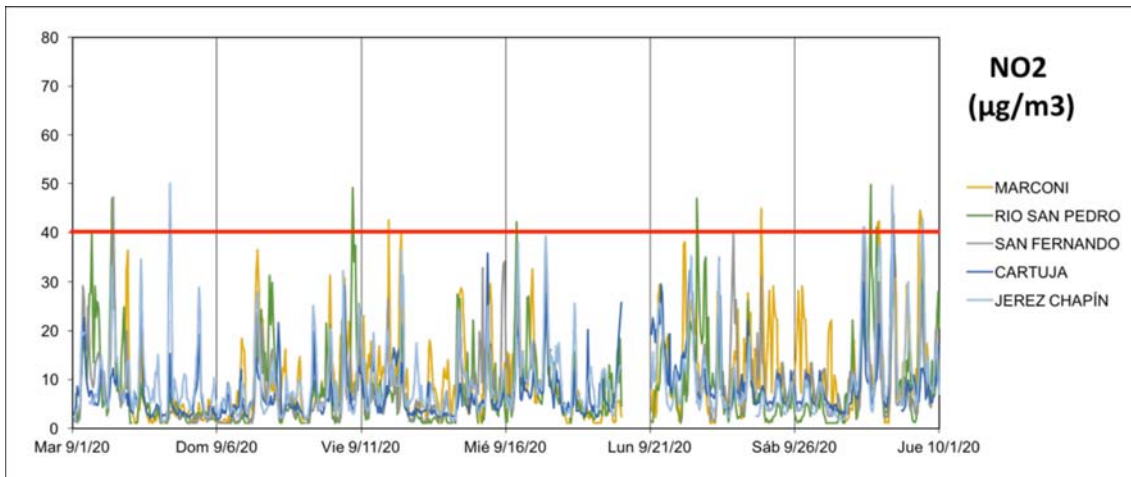
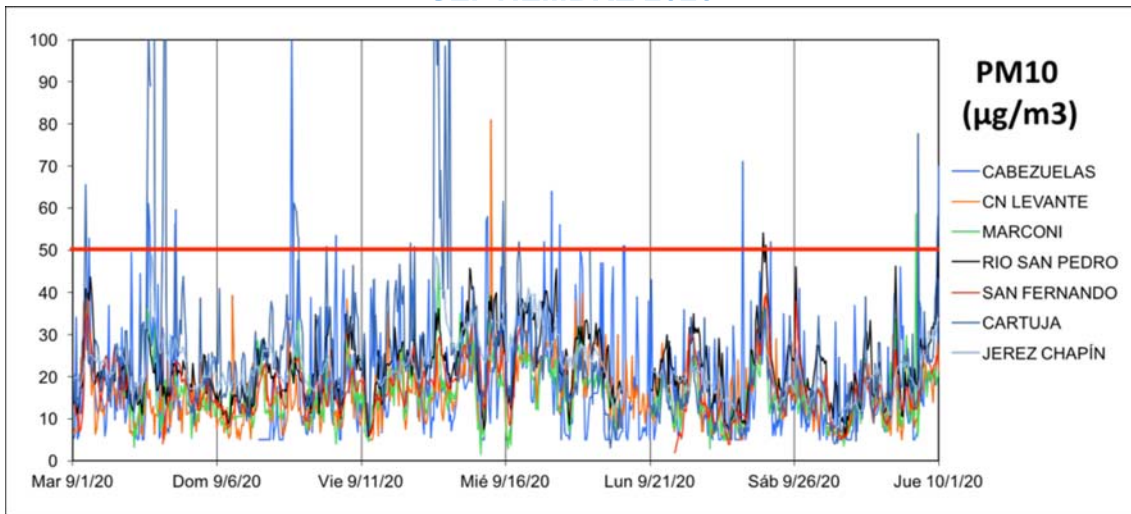
## AGOSTO 2020



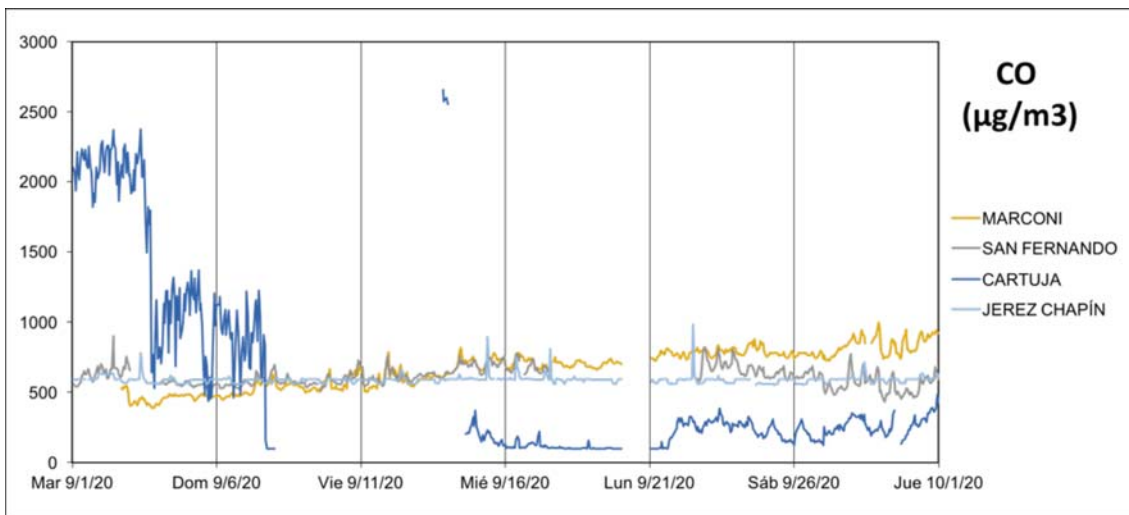
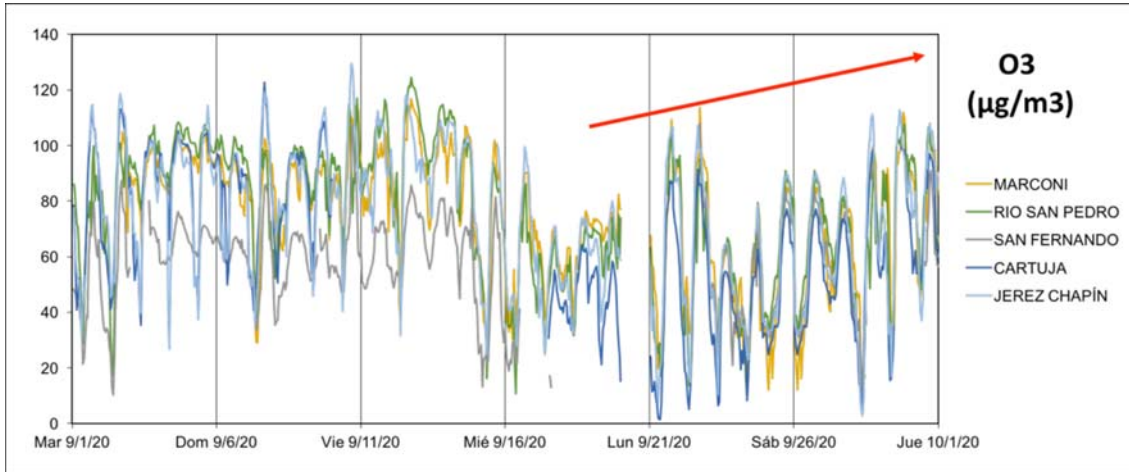
## AGOSTO 2020



## SEPTIEMBRE 2020

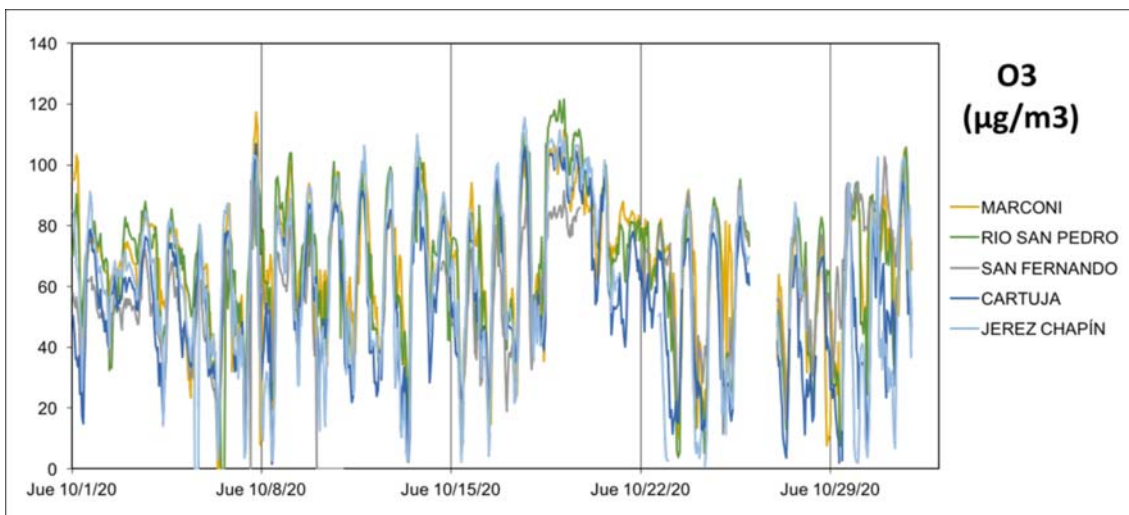
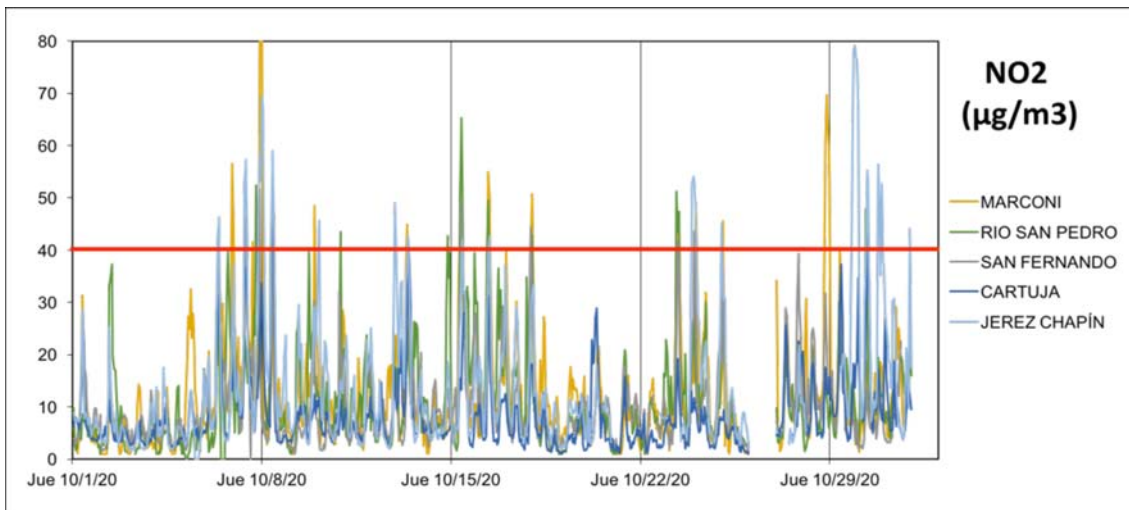
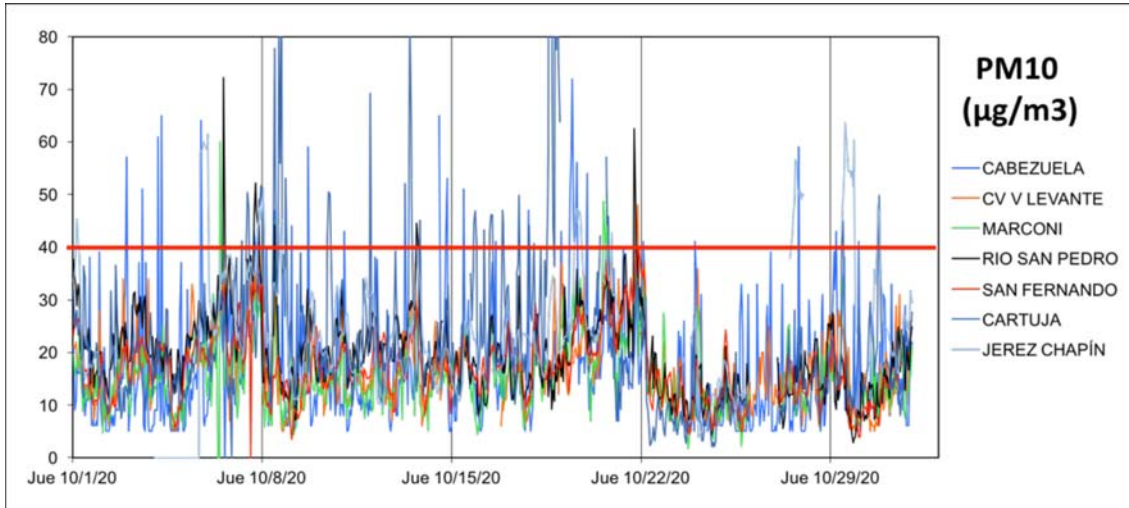


## SEPTIEMBRE 2020

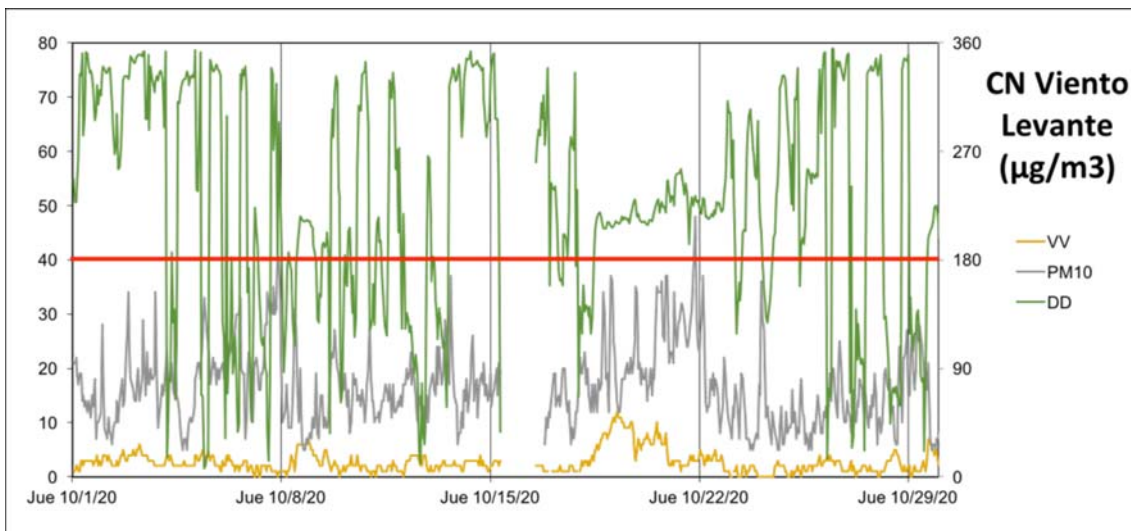
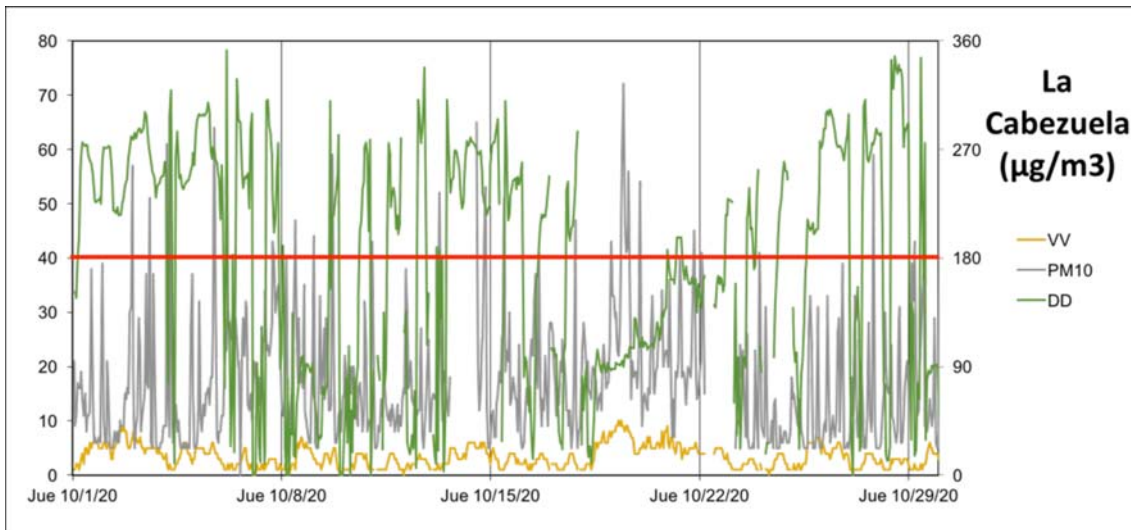
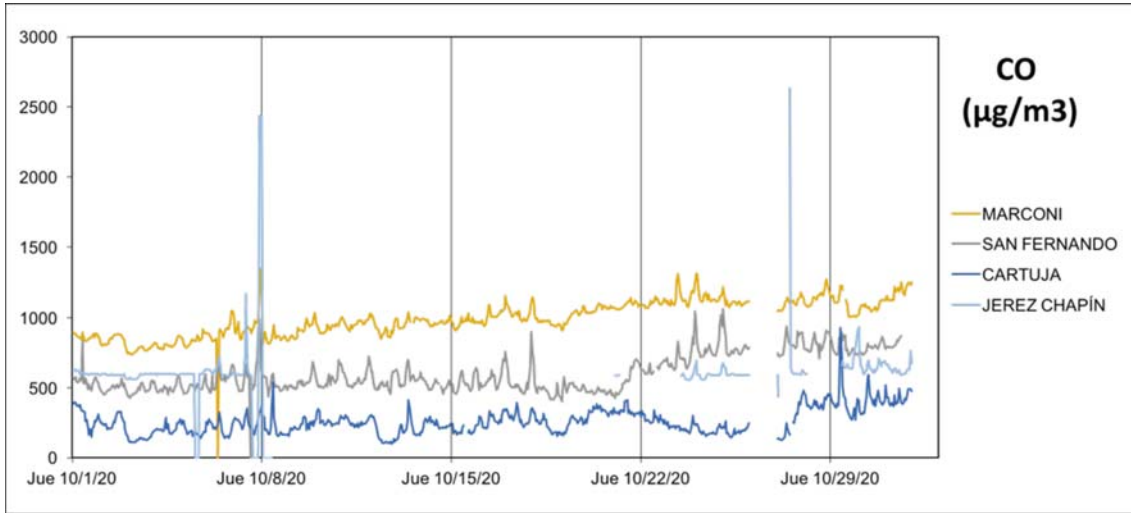




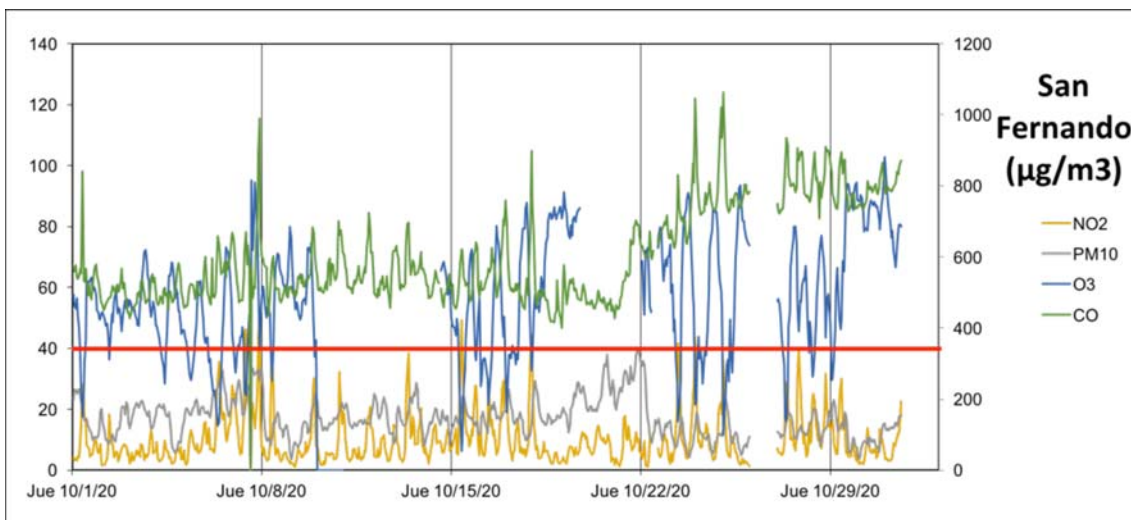
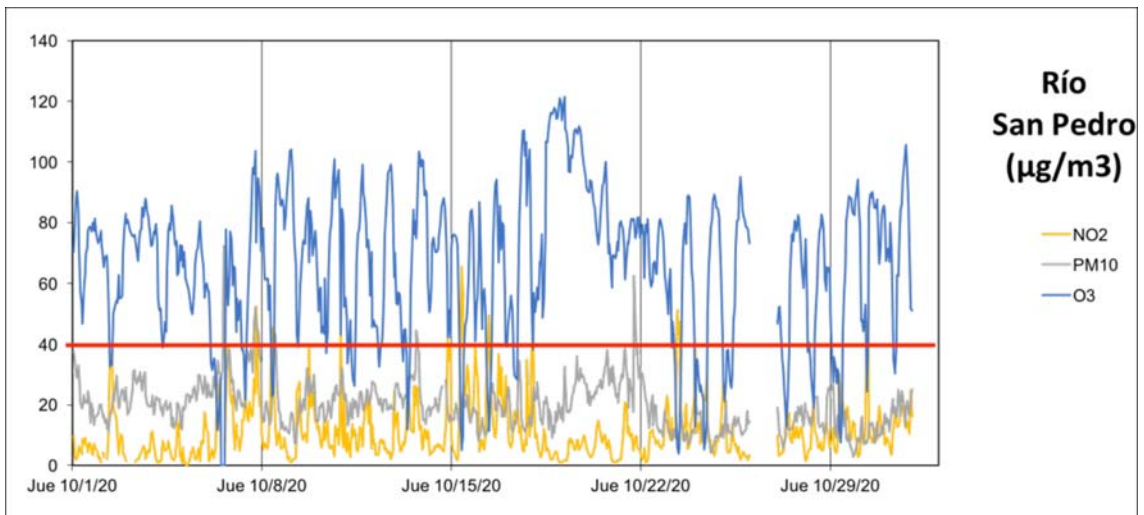
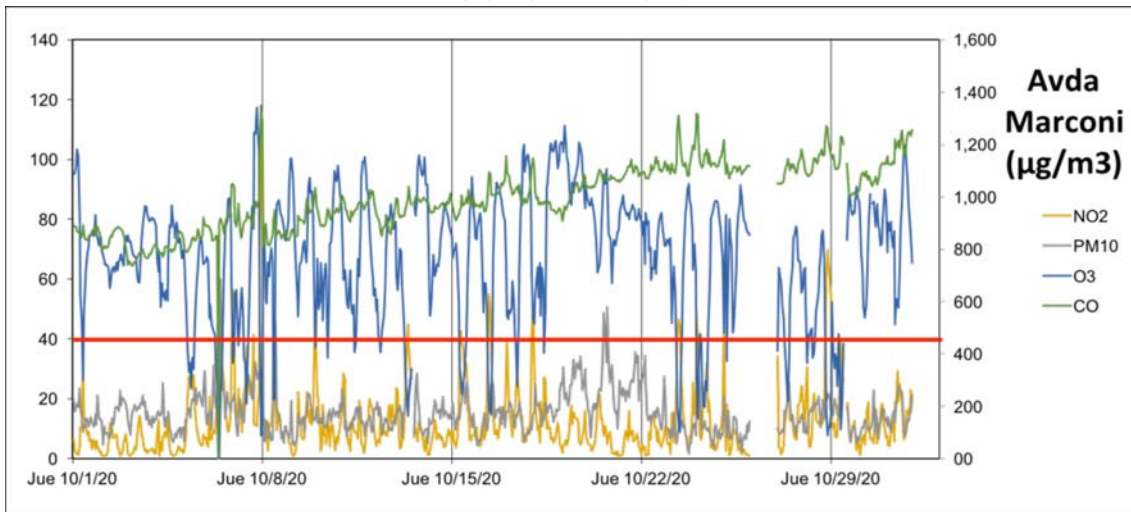
## OCTUBRE 2020



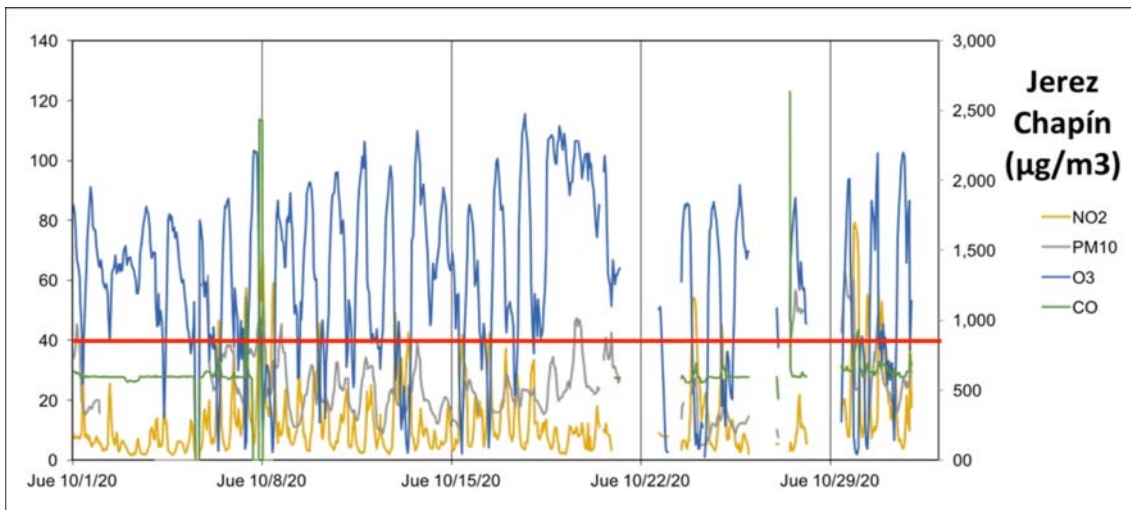
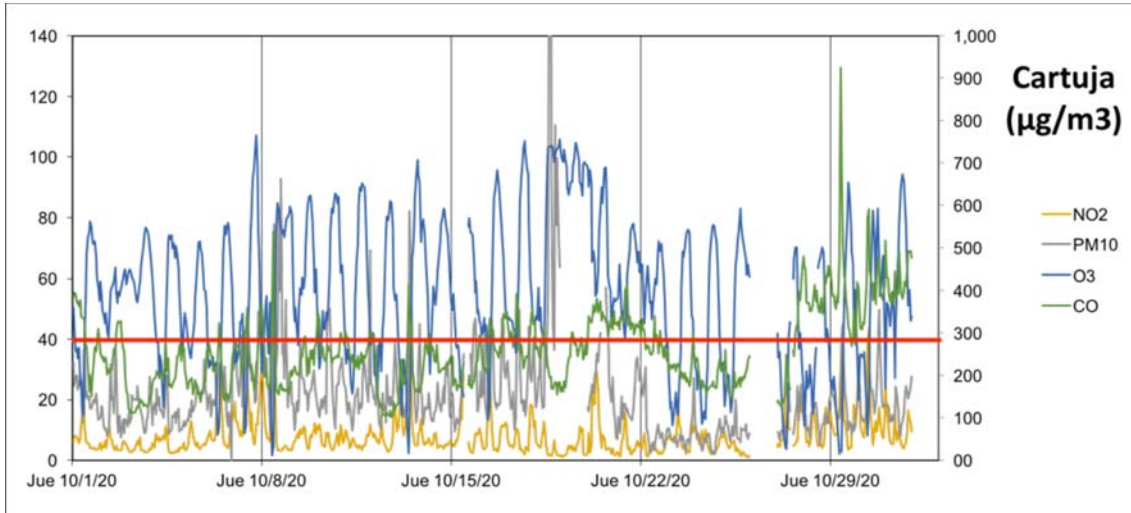
# OCTUBRE 2020



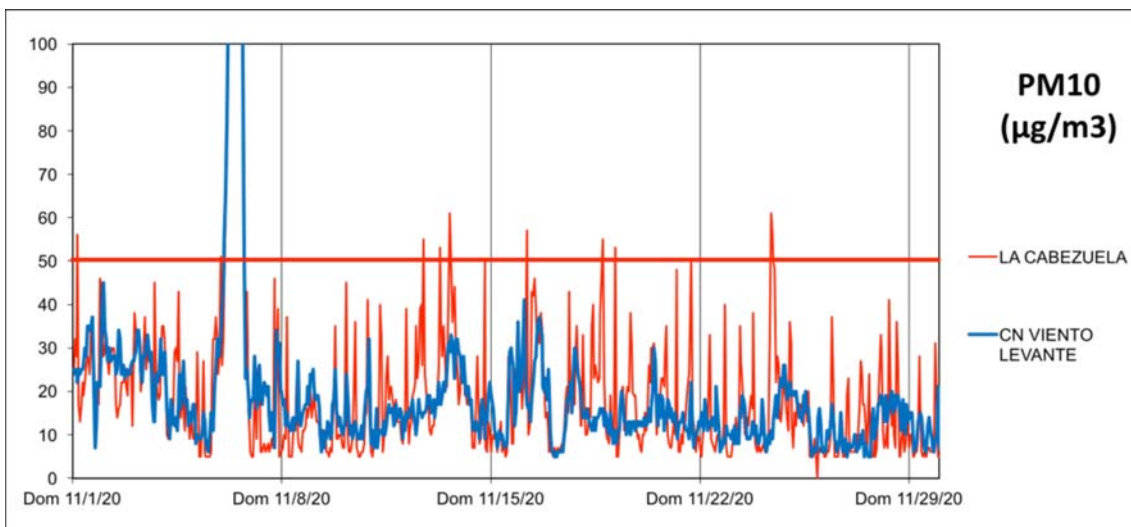
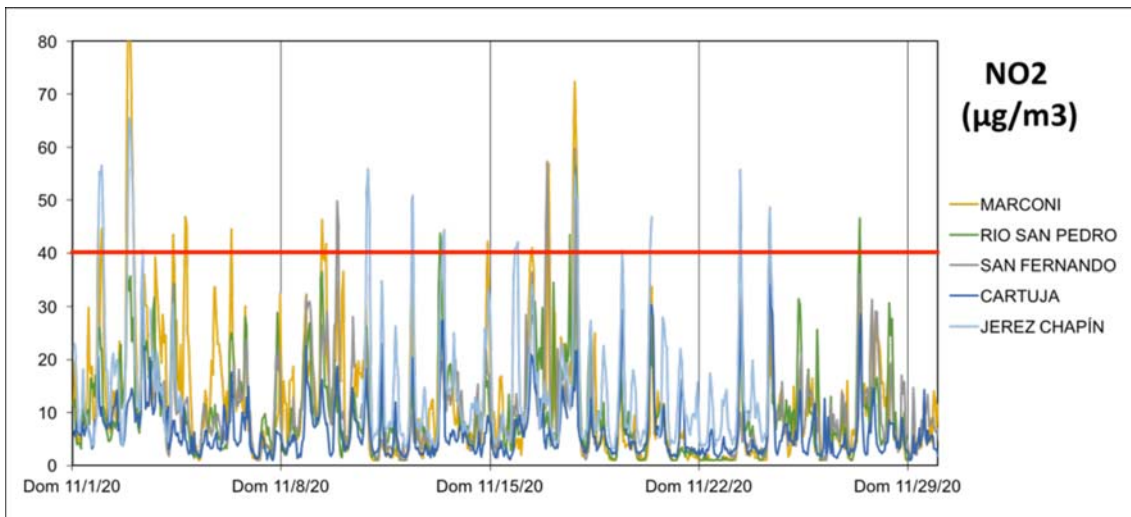
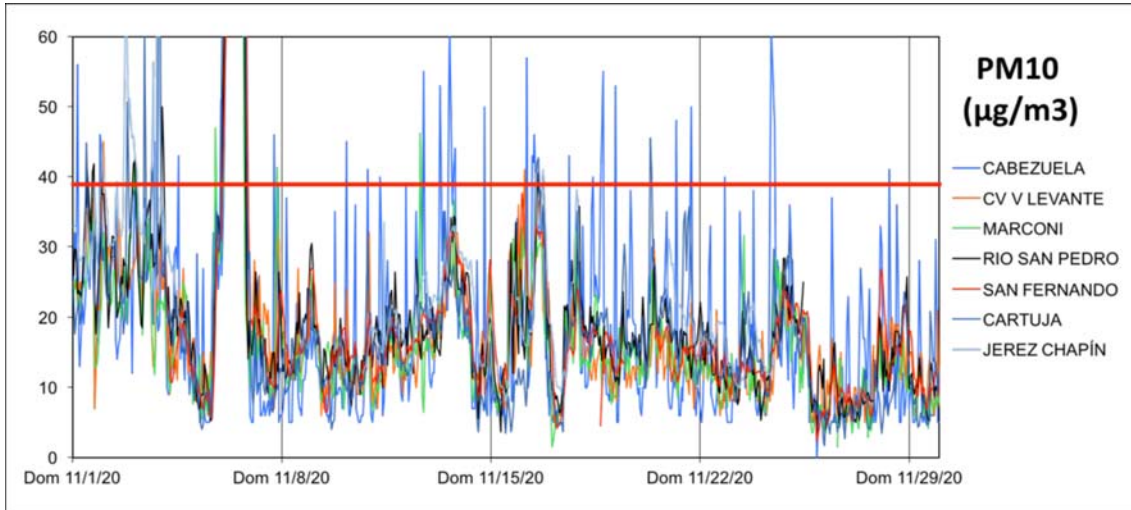
## OCTUBRE 2020



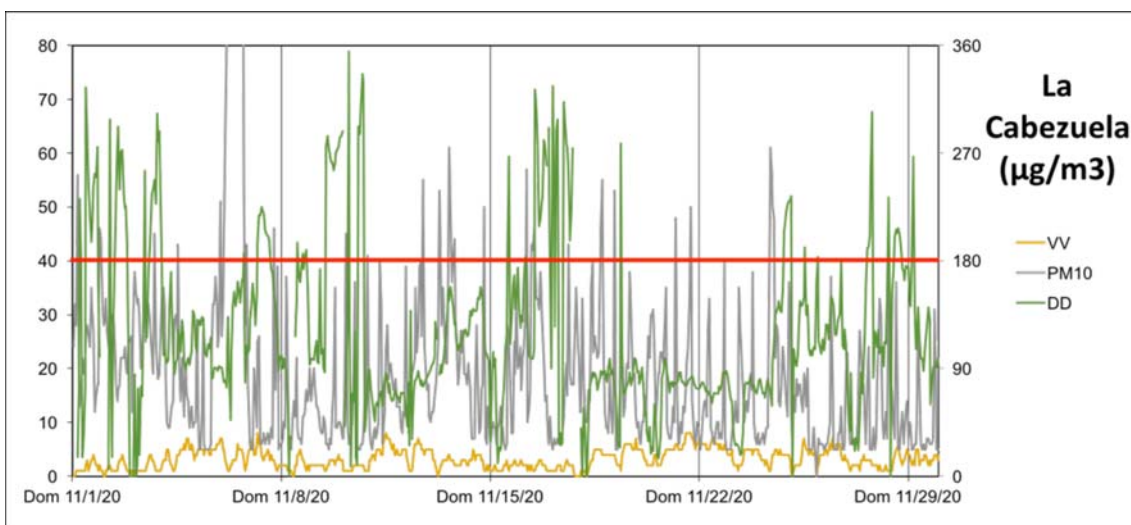
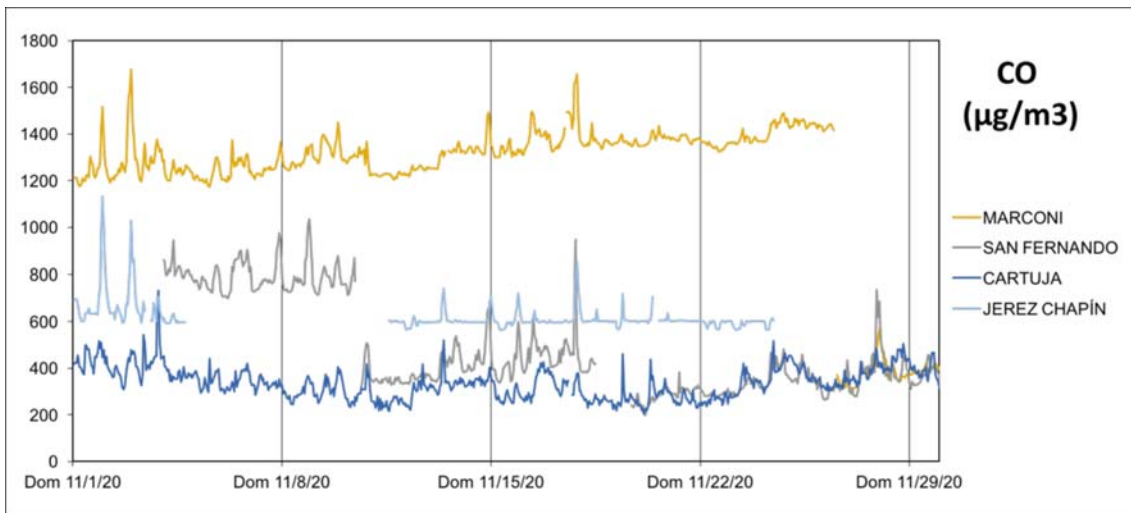
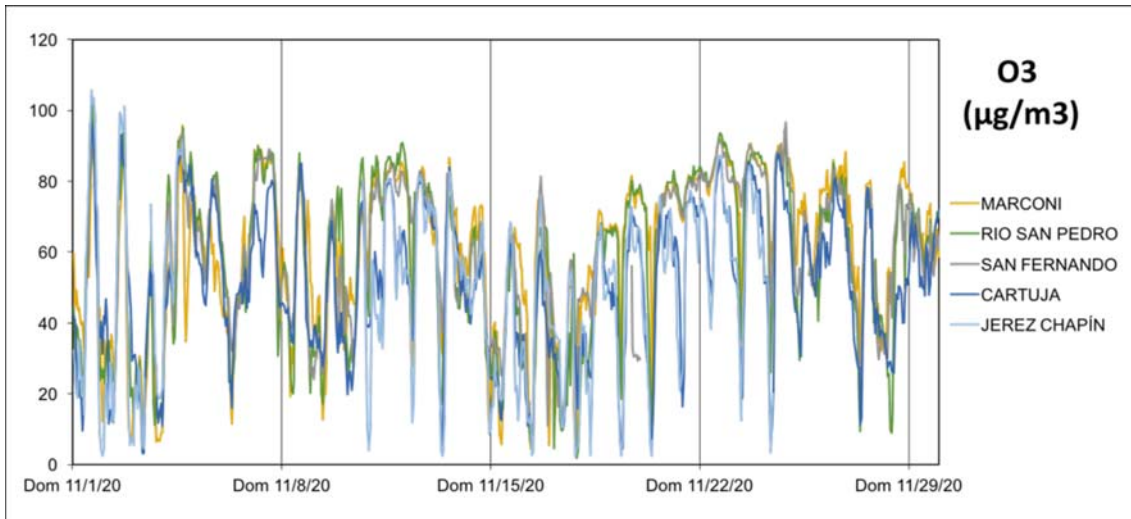
## OCTUBRE 2020



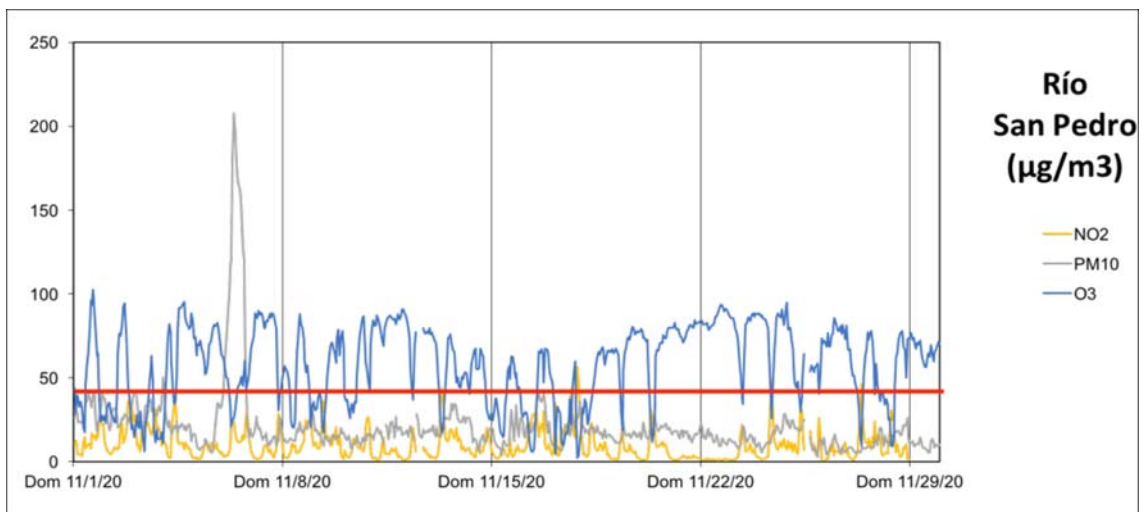
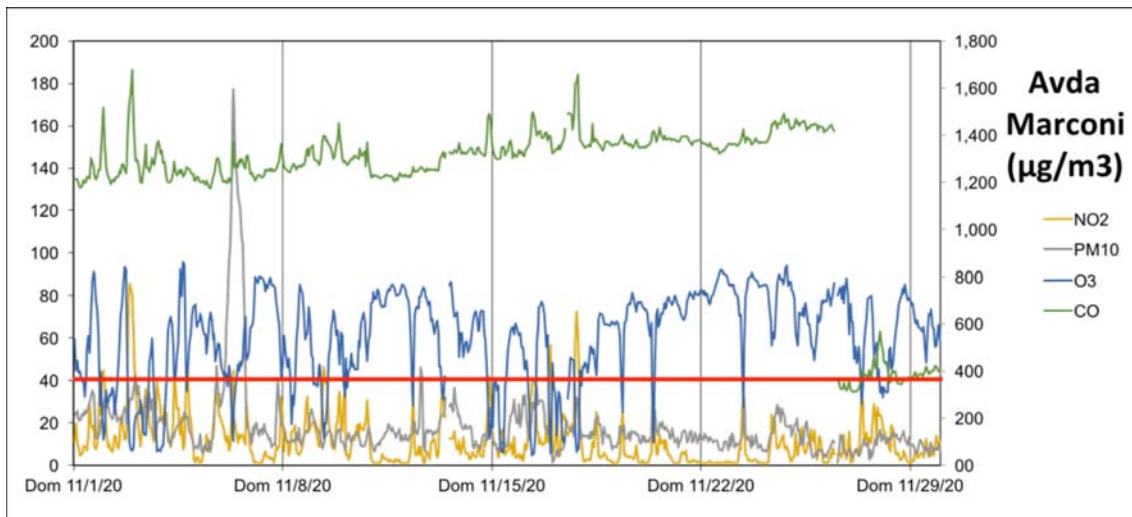
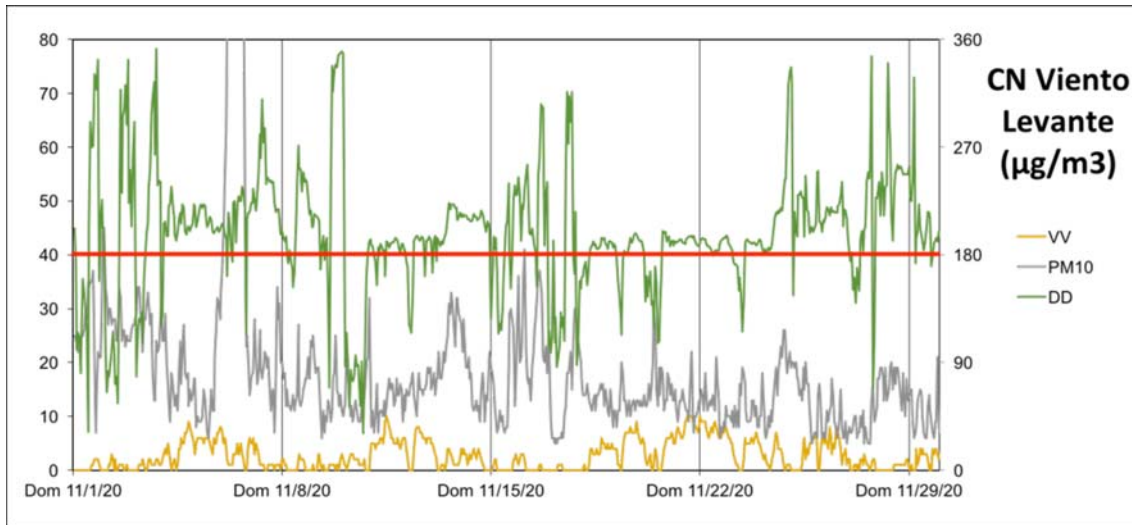
## NOVIEMBRE 2020



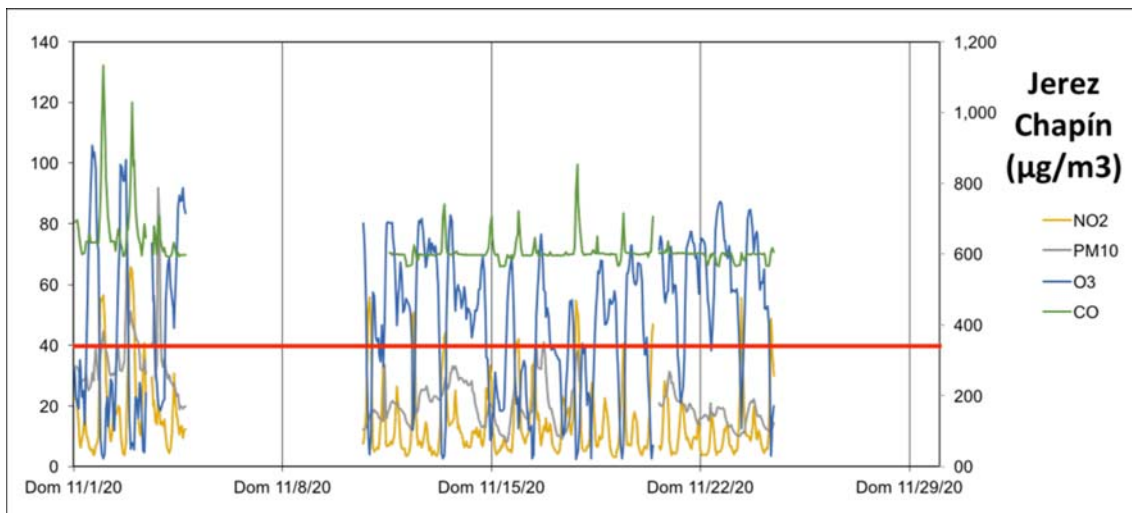
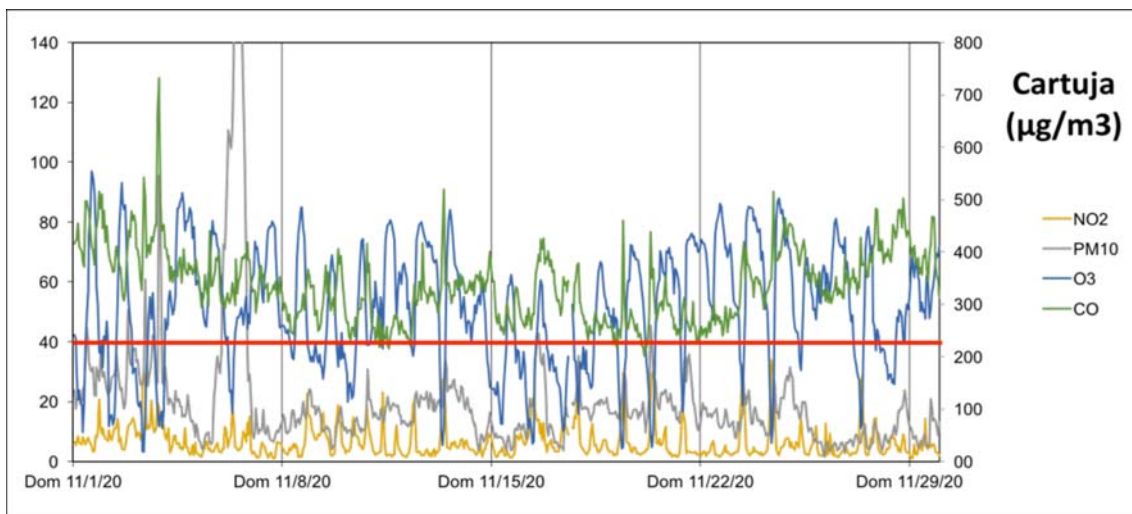
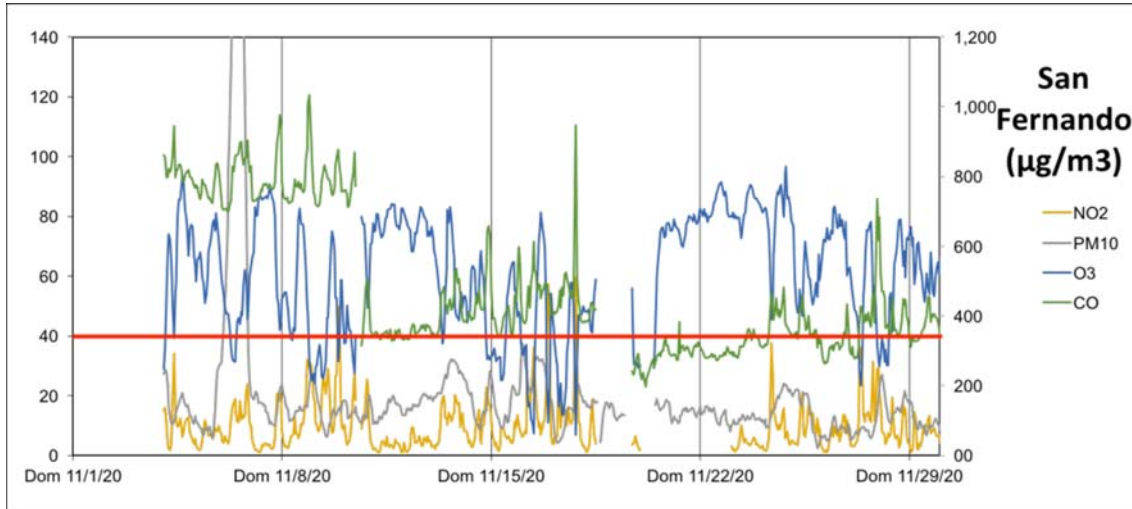
## NOVIEMBRE 2020



## NOVIEMBRE 2020



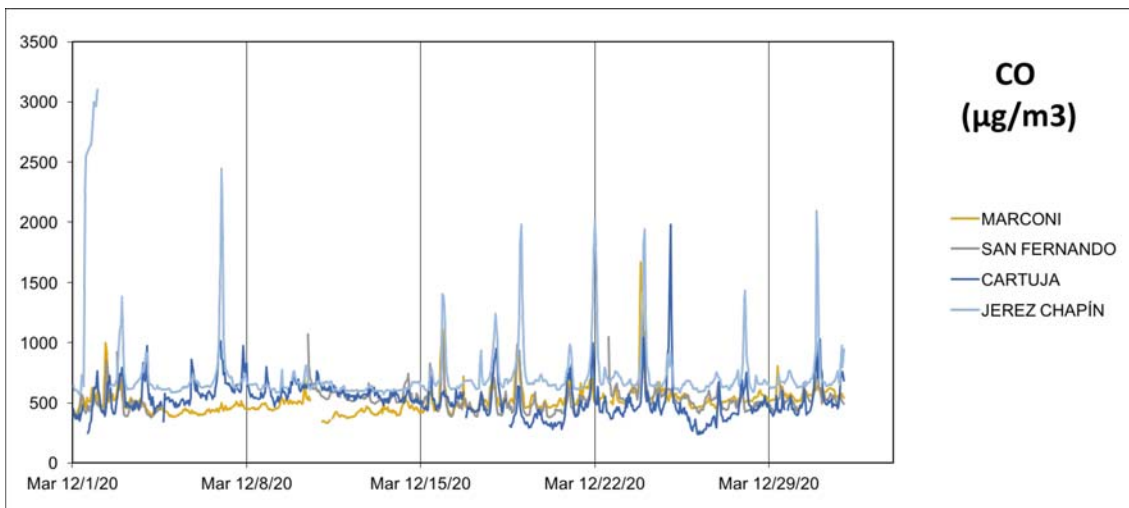
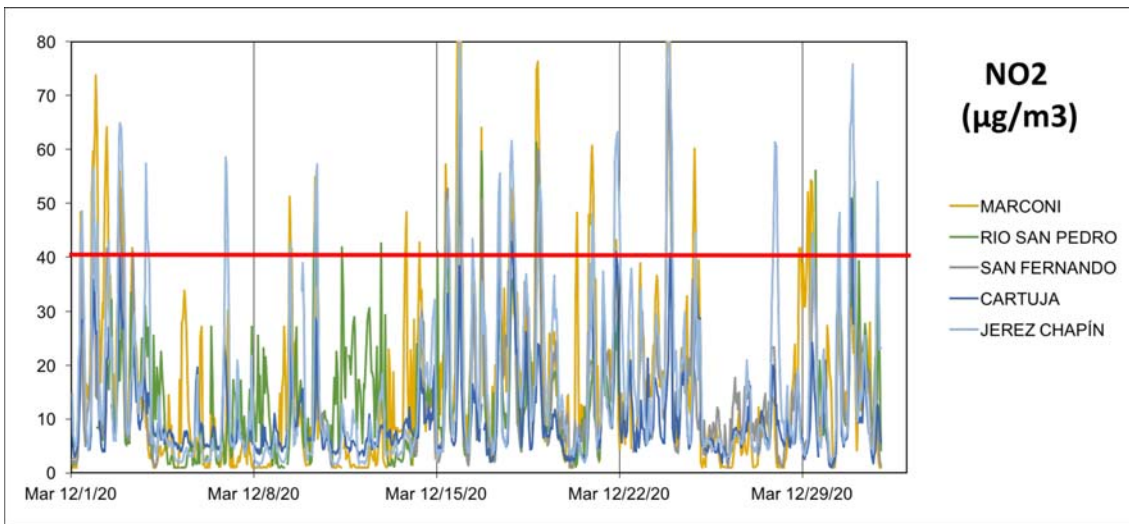
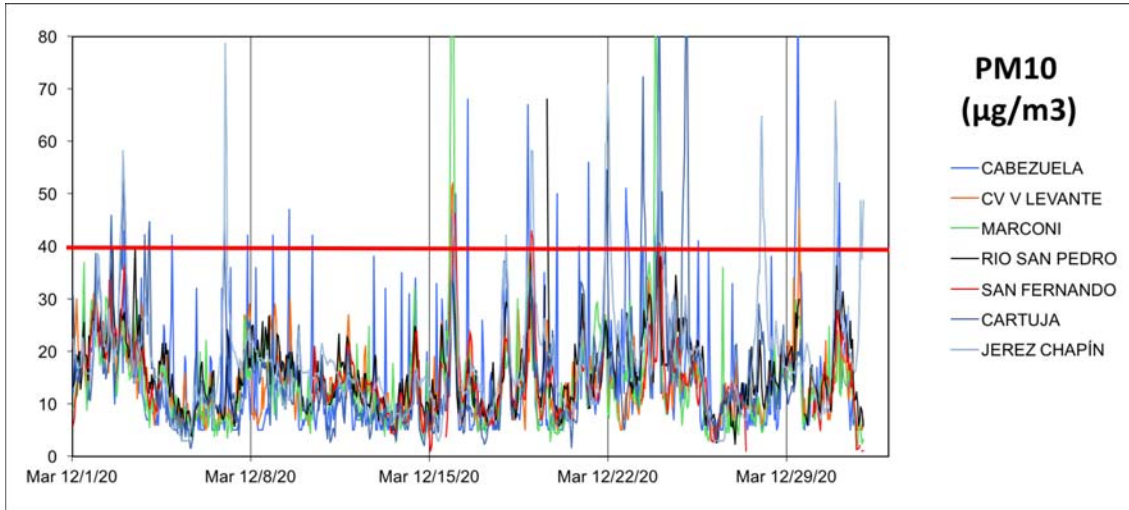
## NOVIEMBRE 2020



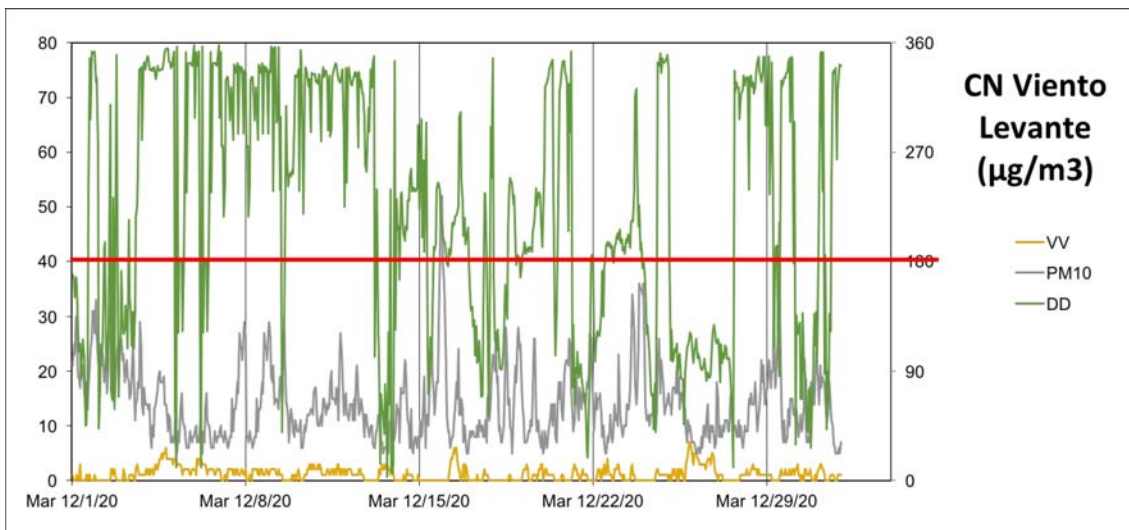
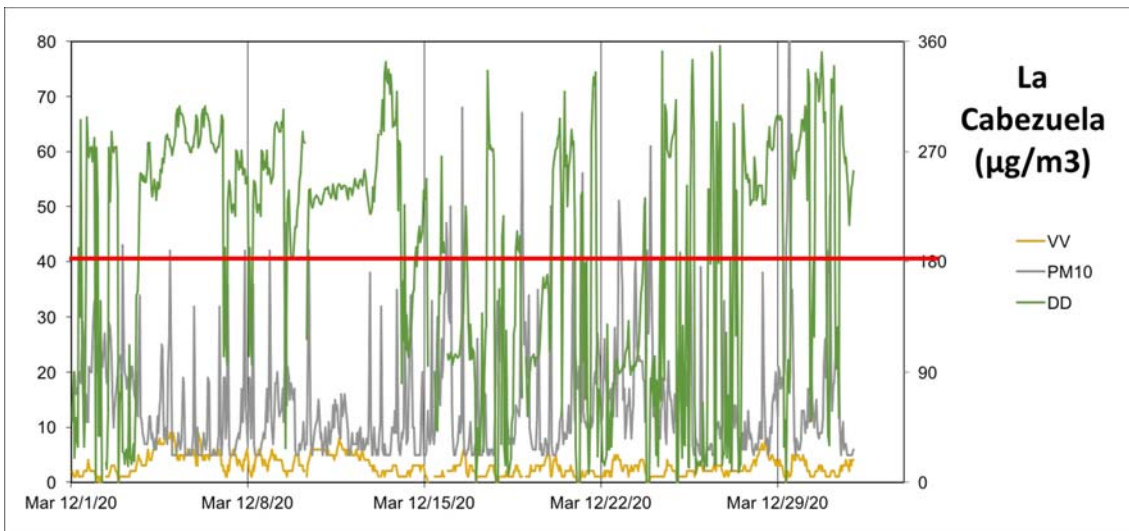
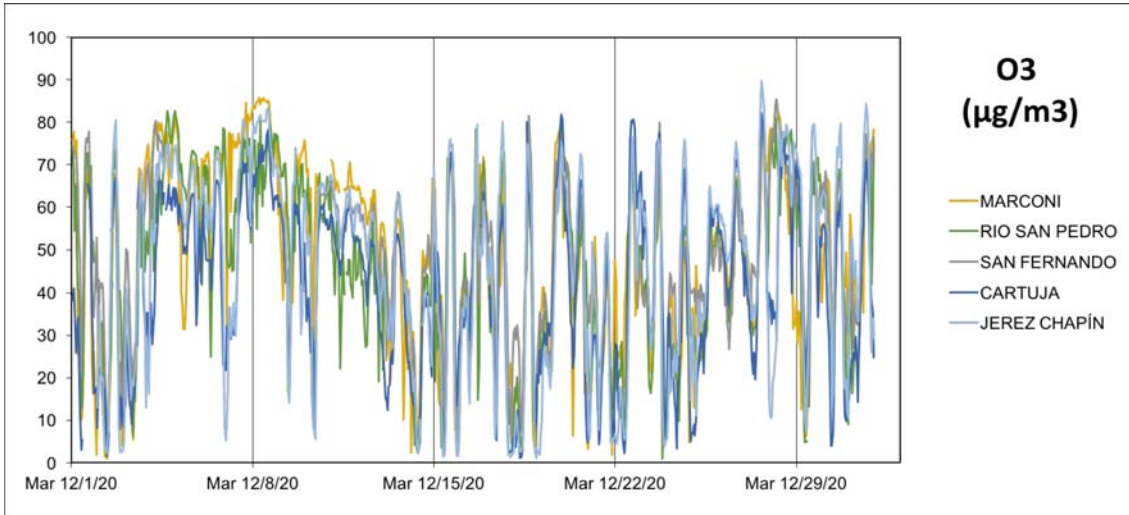




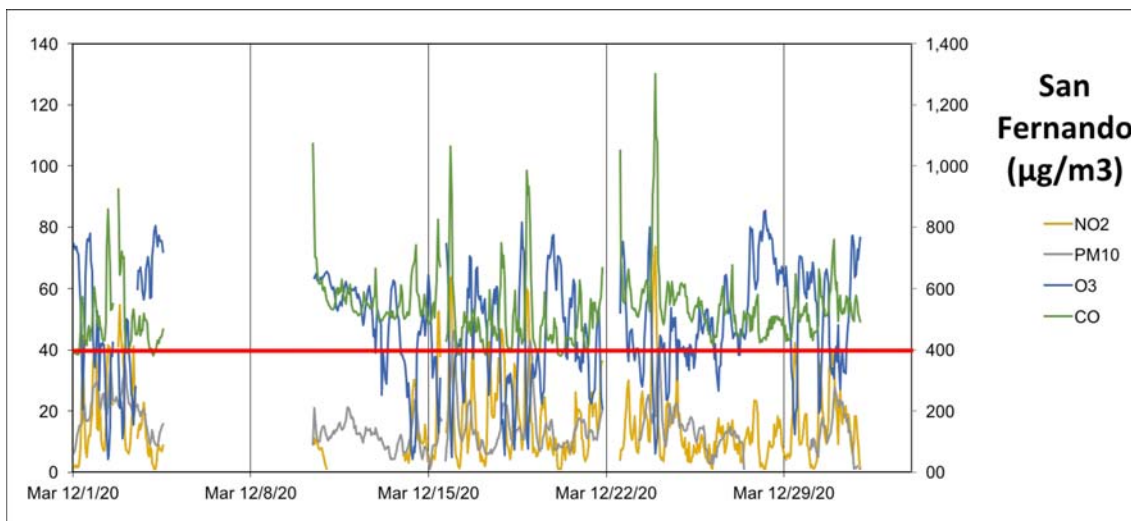
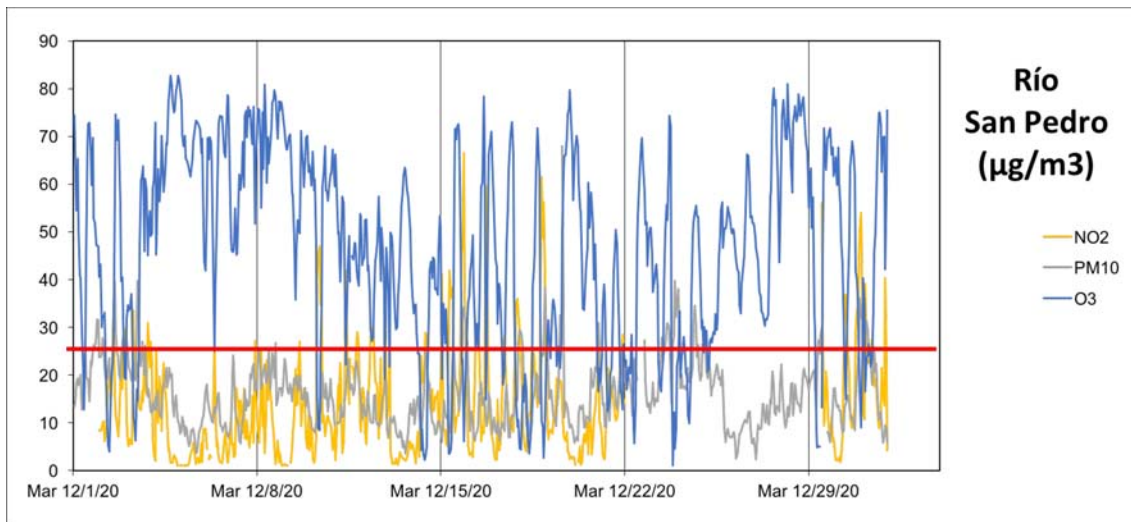
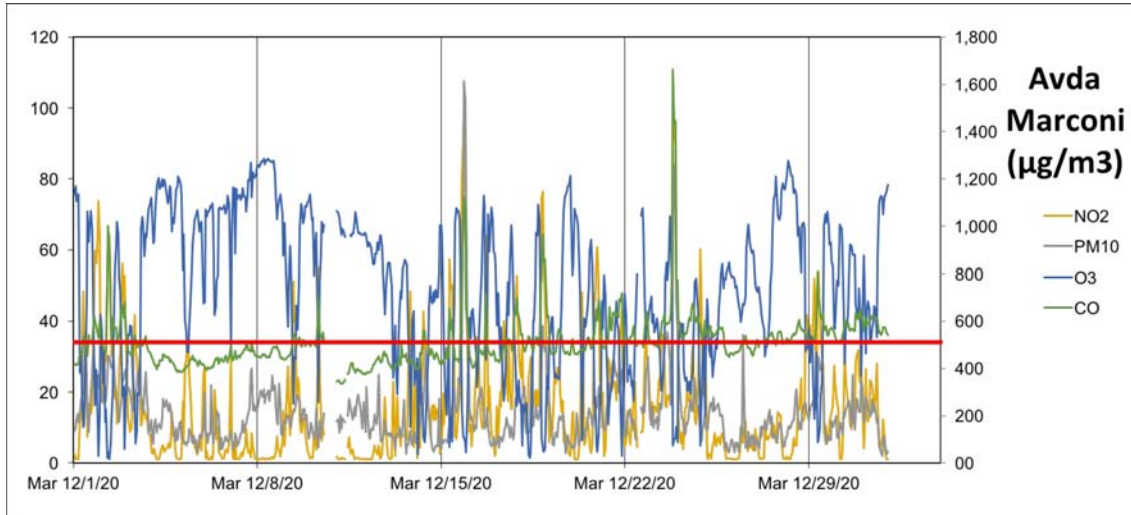
## DICIEMBRE 2020



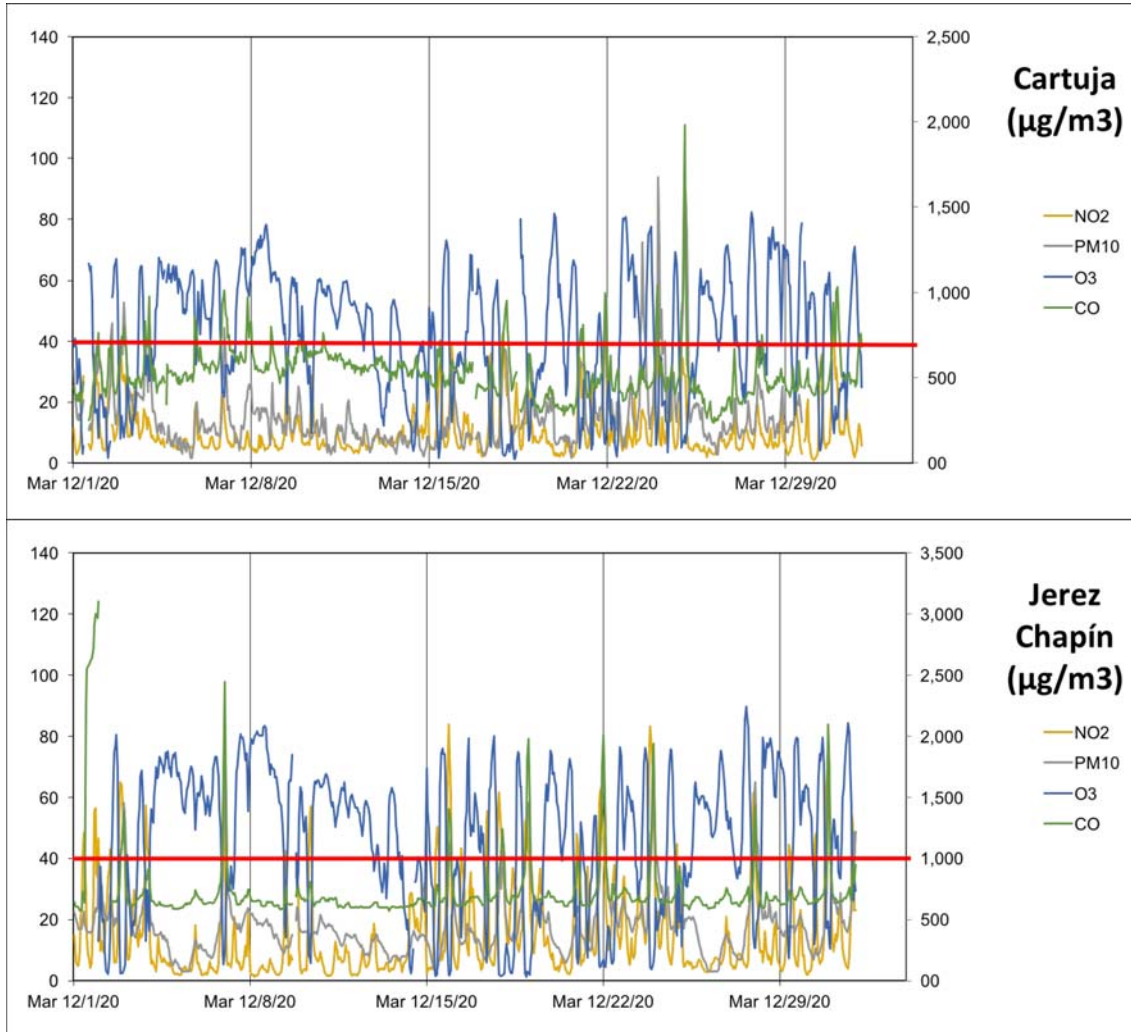
## DICIEMBRE 2020



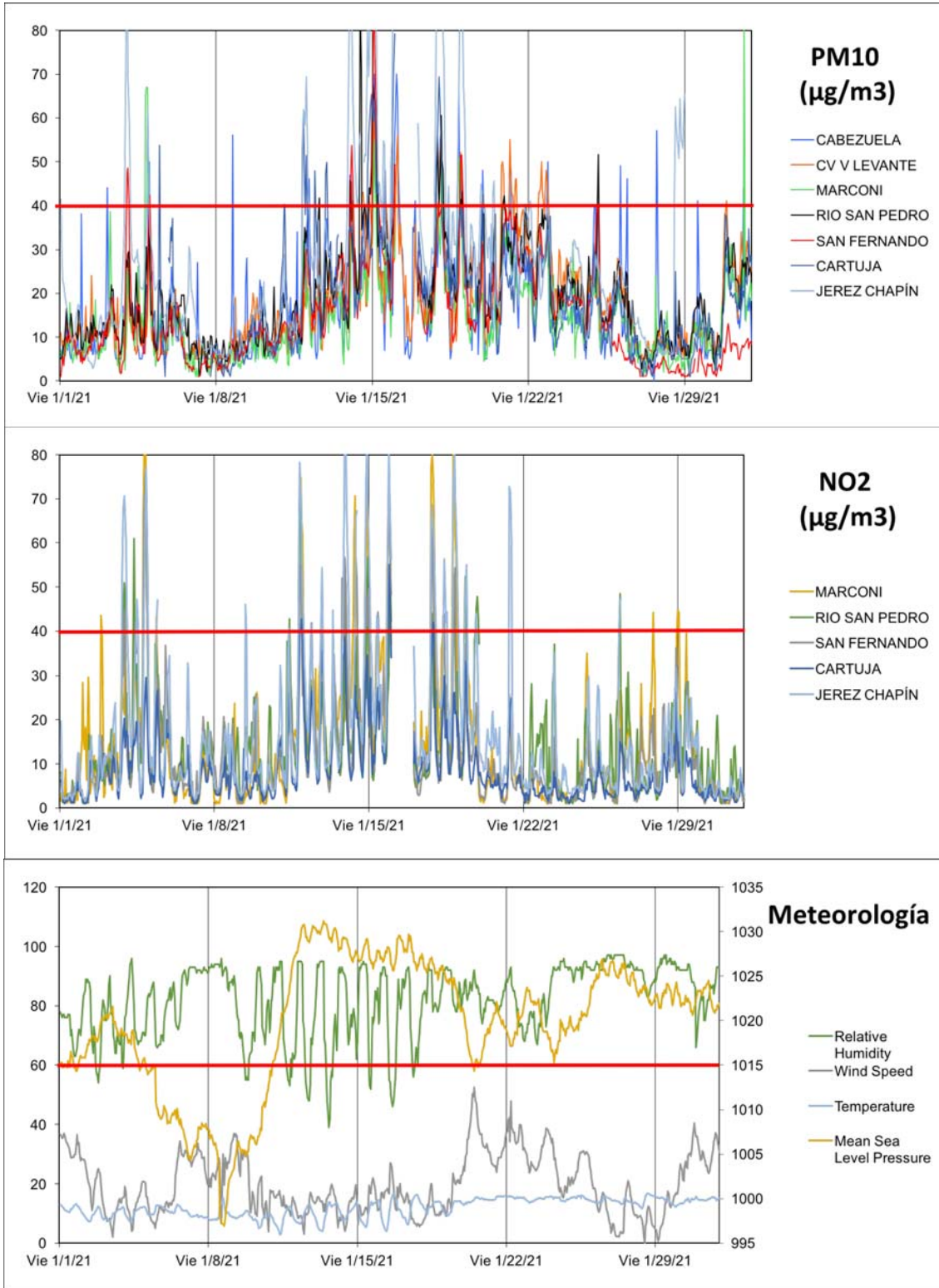
## DICIEMBRE 2020



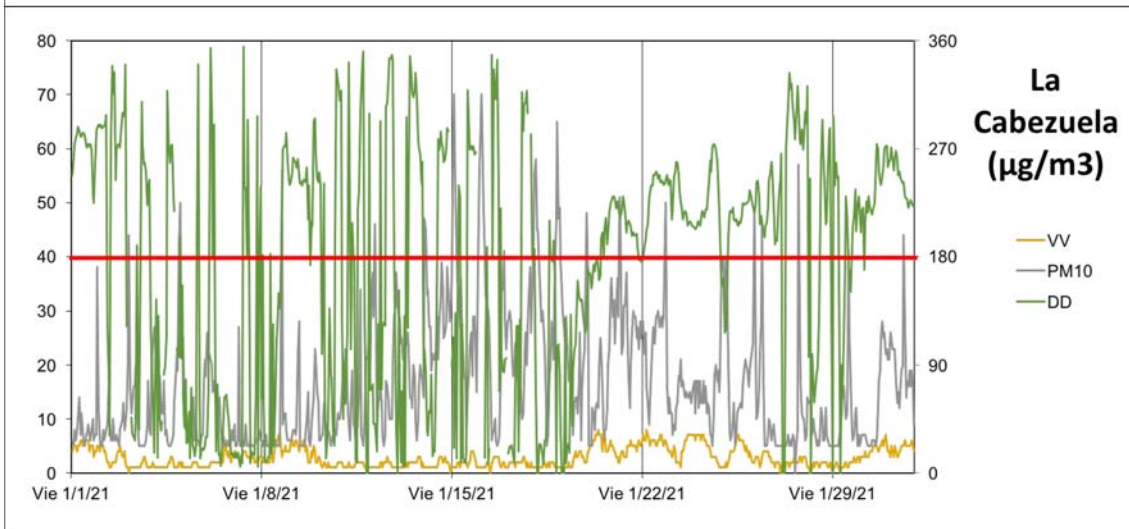
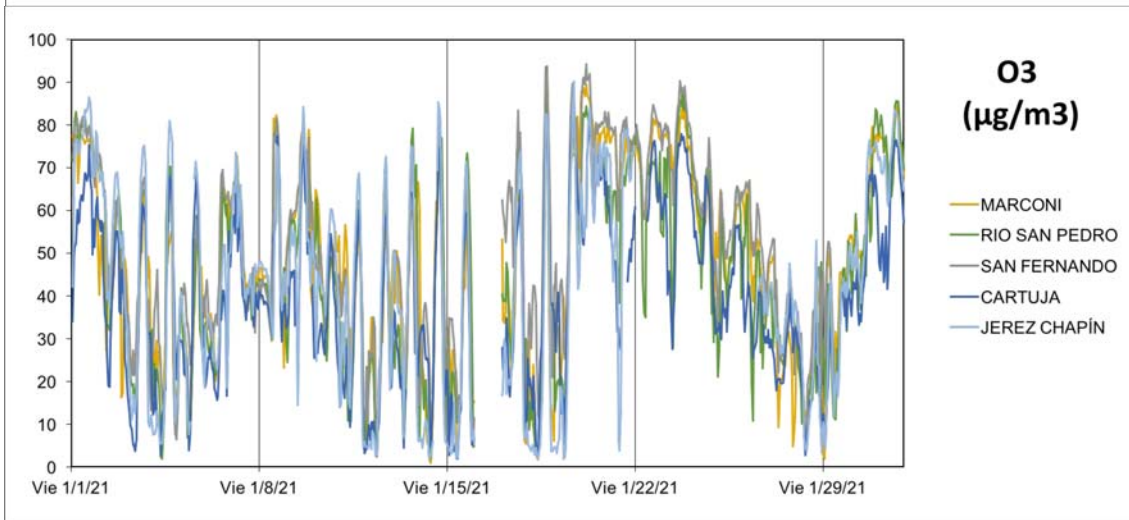
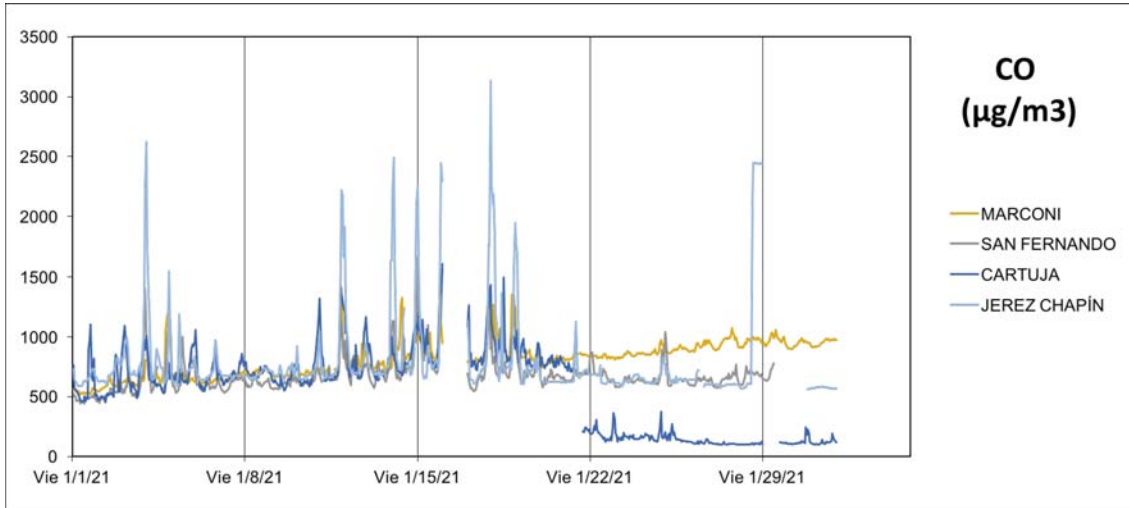
## DICIEMBRE 2020



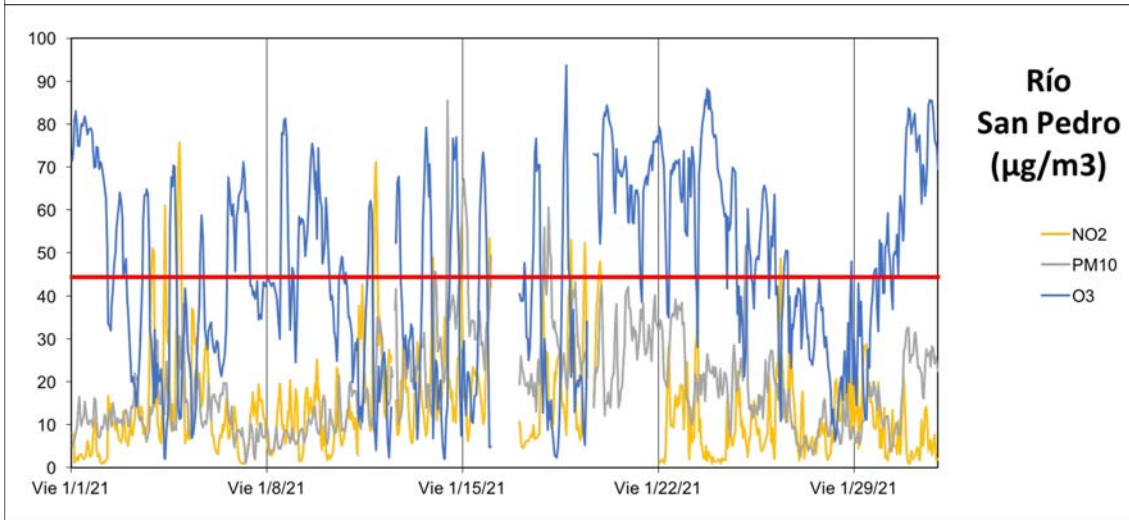
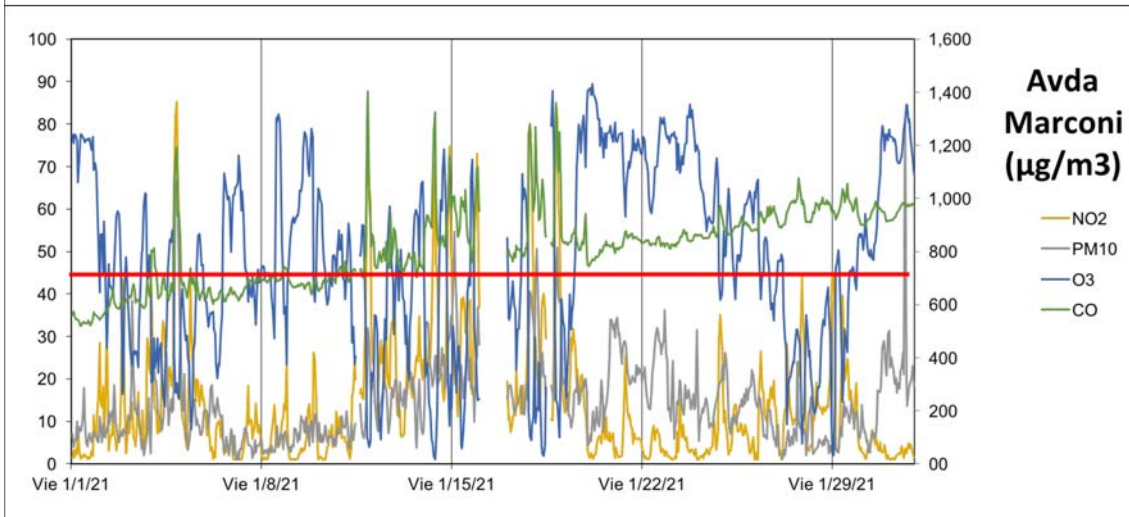
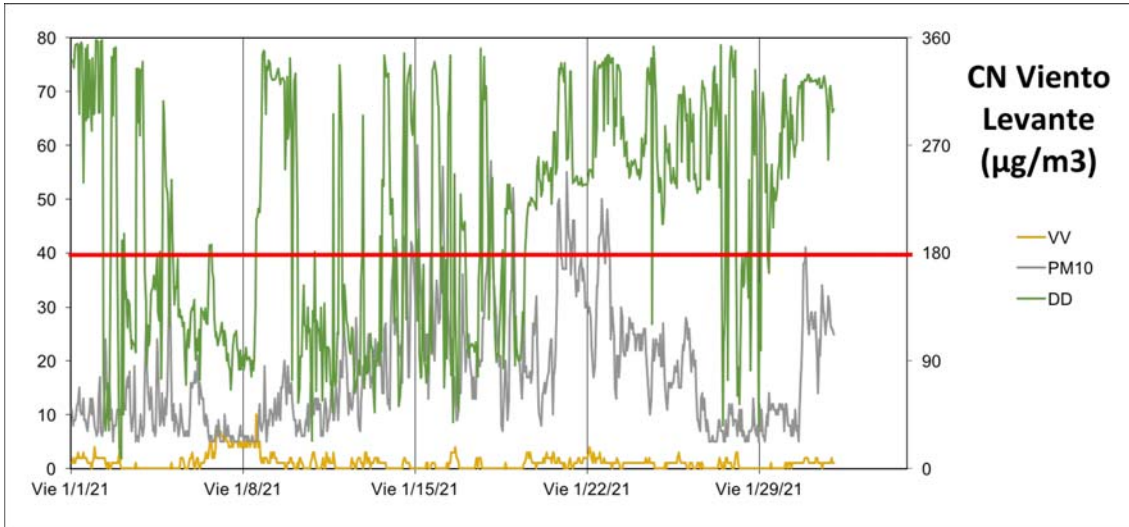
# ENERO 2021



# ENERO 2021

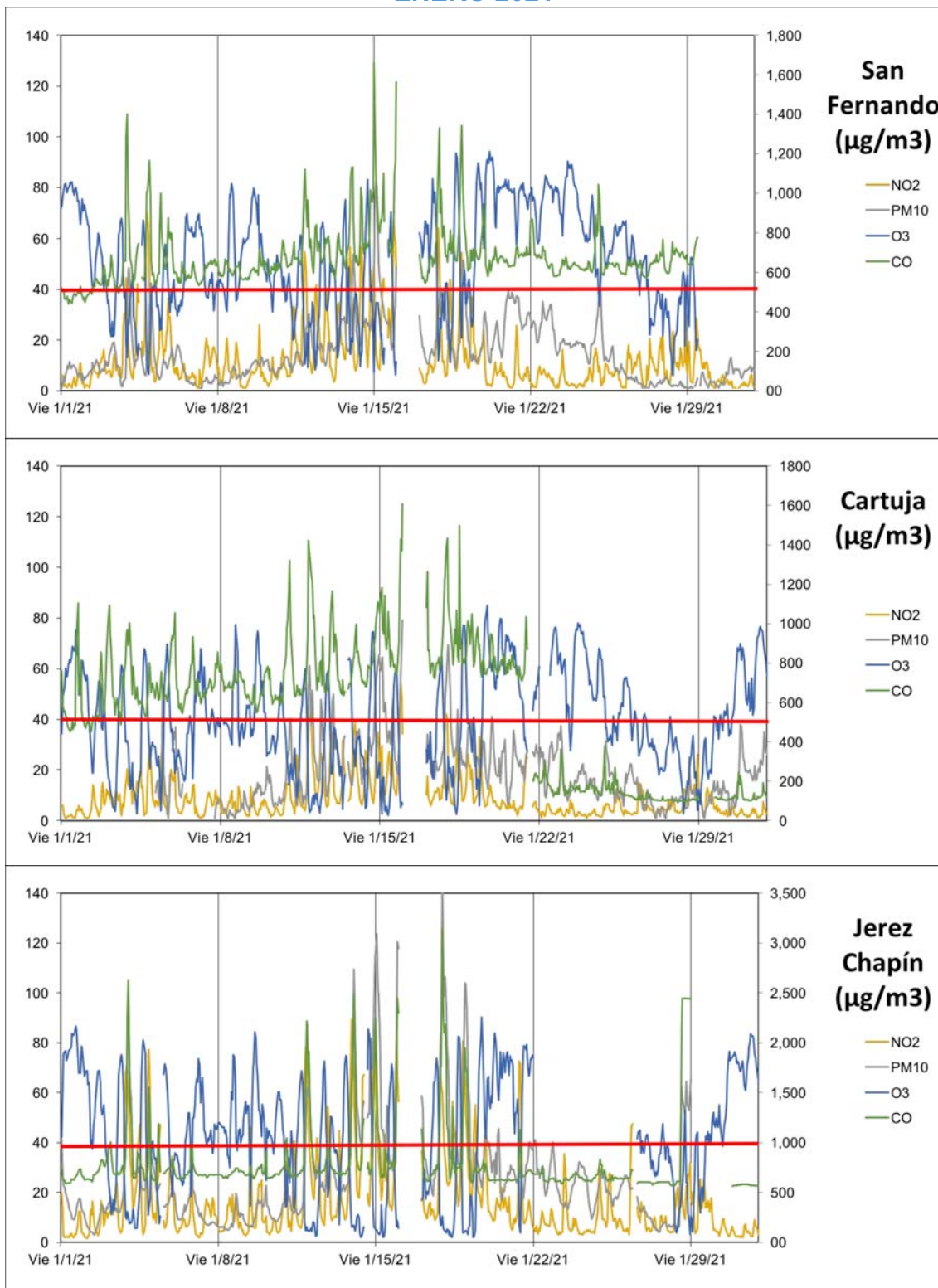


# ENERO 2021

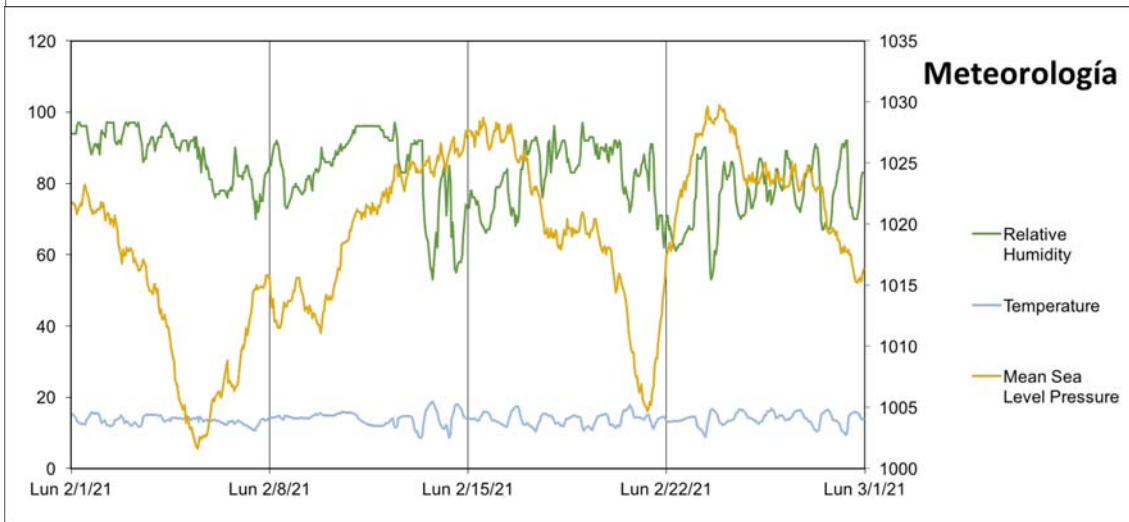
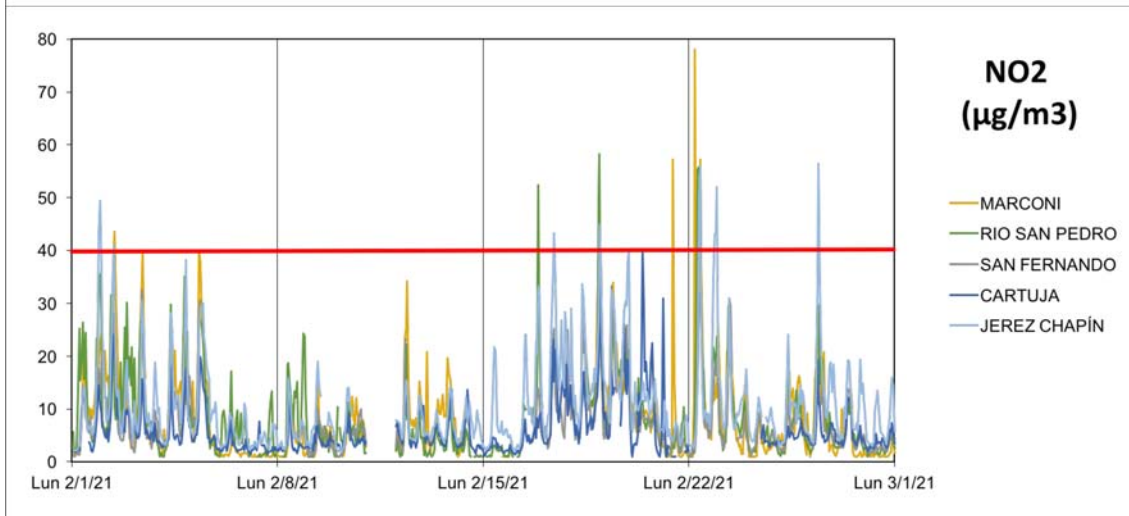
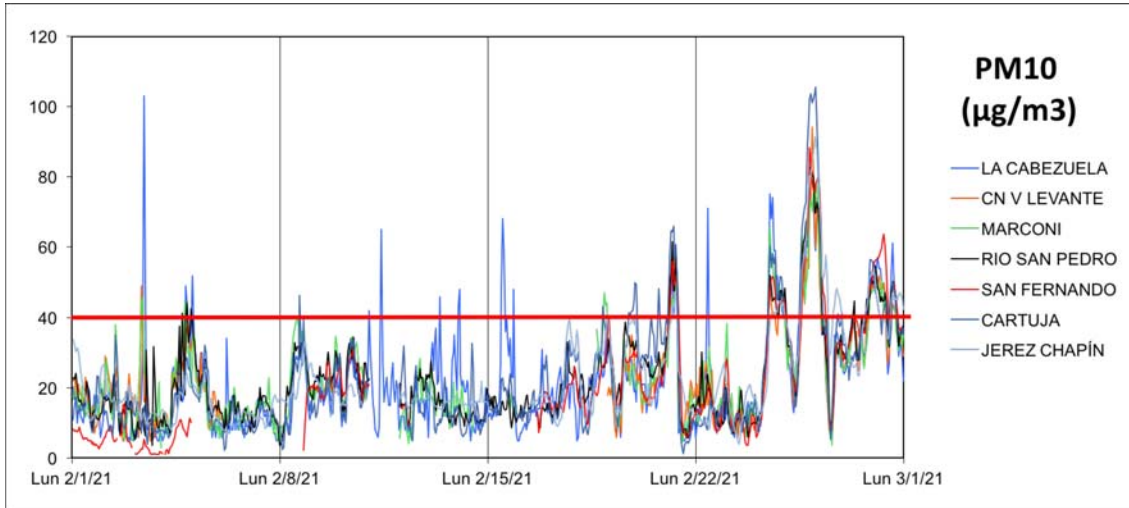




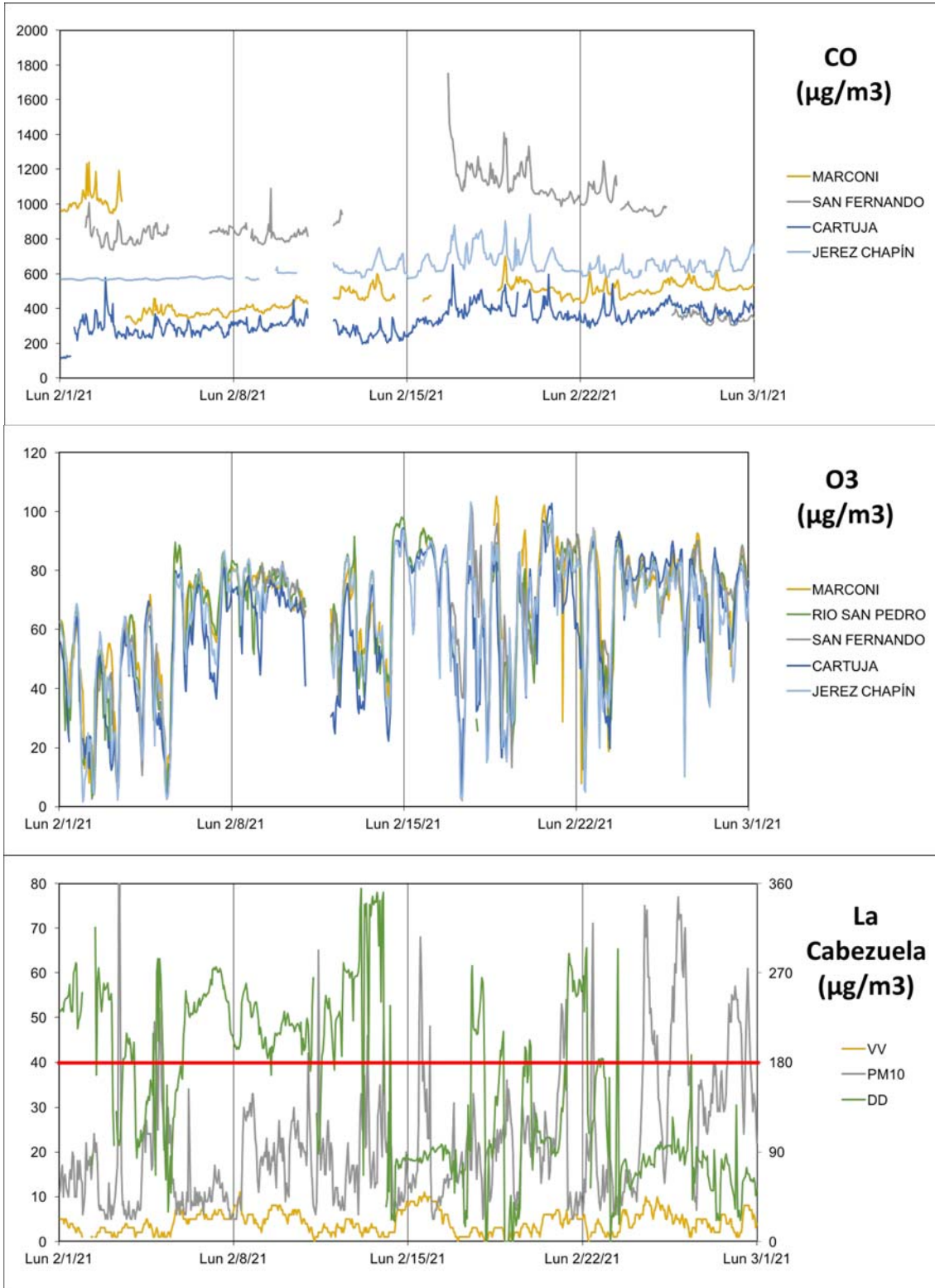
# ENERO 2021



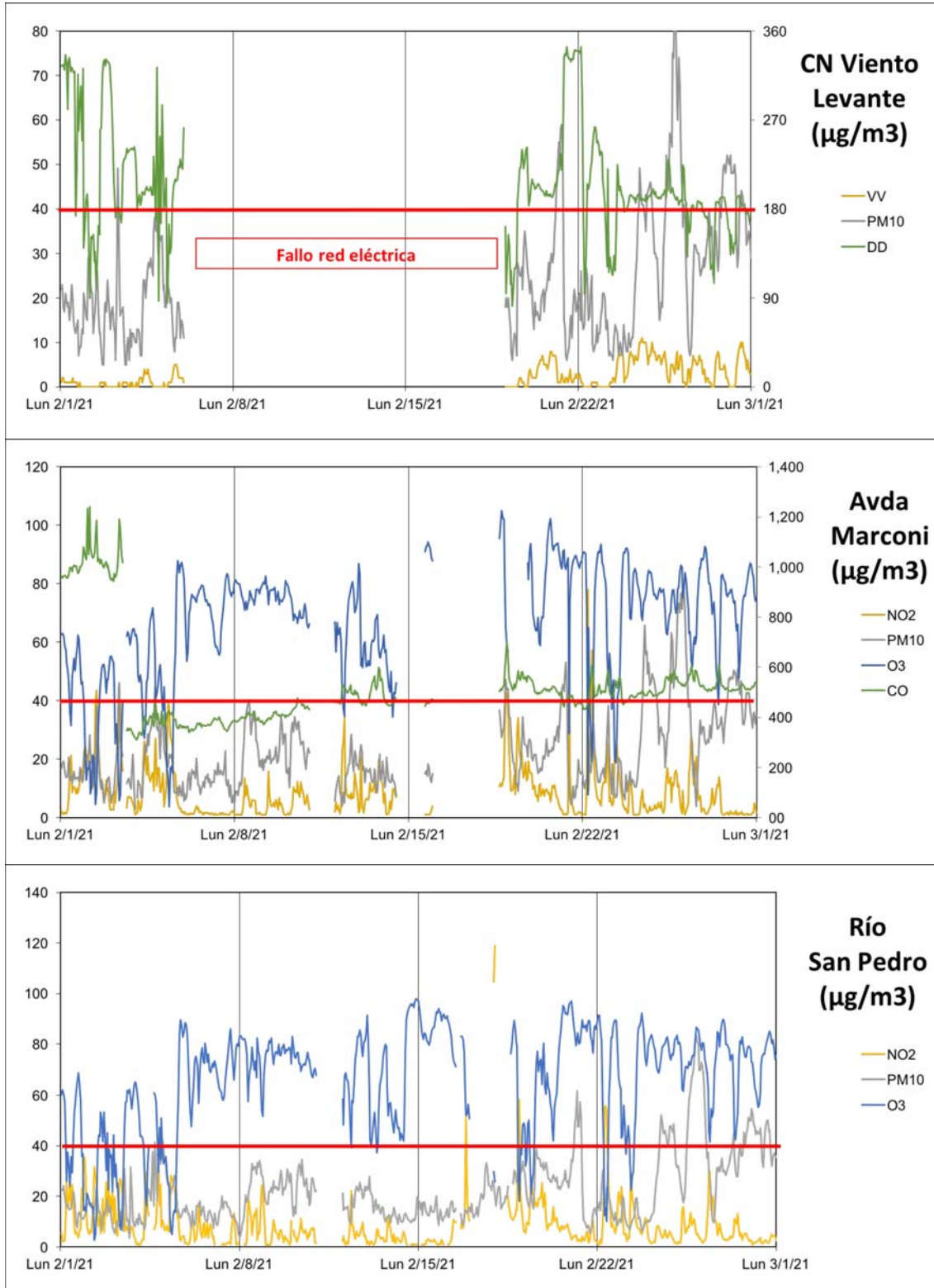
## FEBRERO 2021



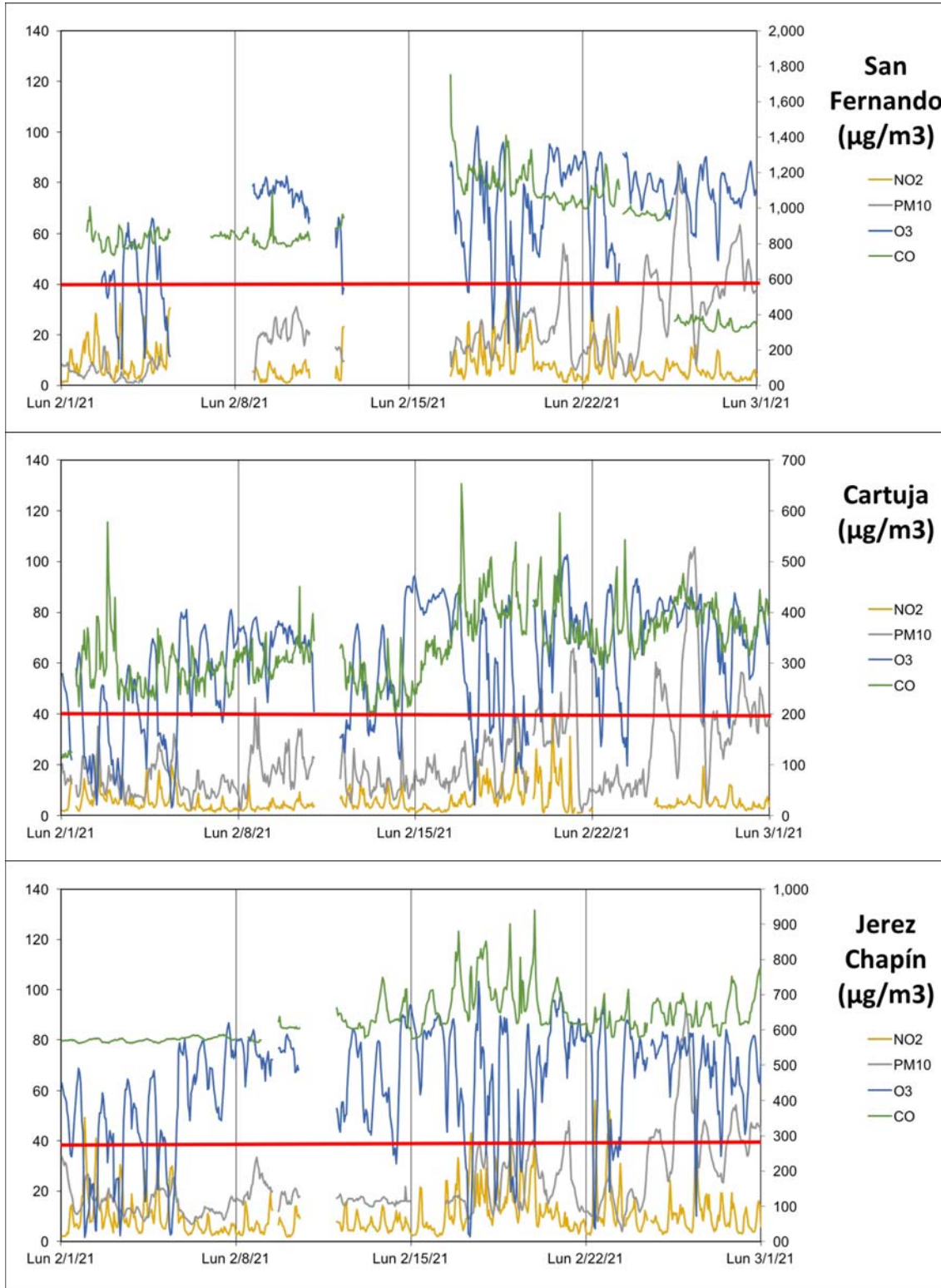
## FEBRERO 2021



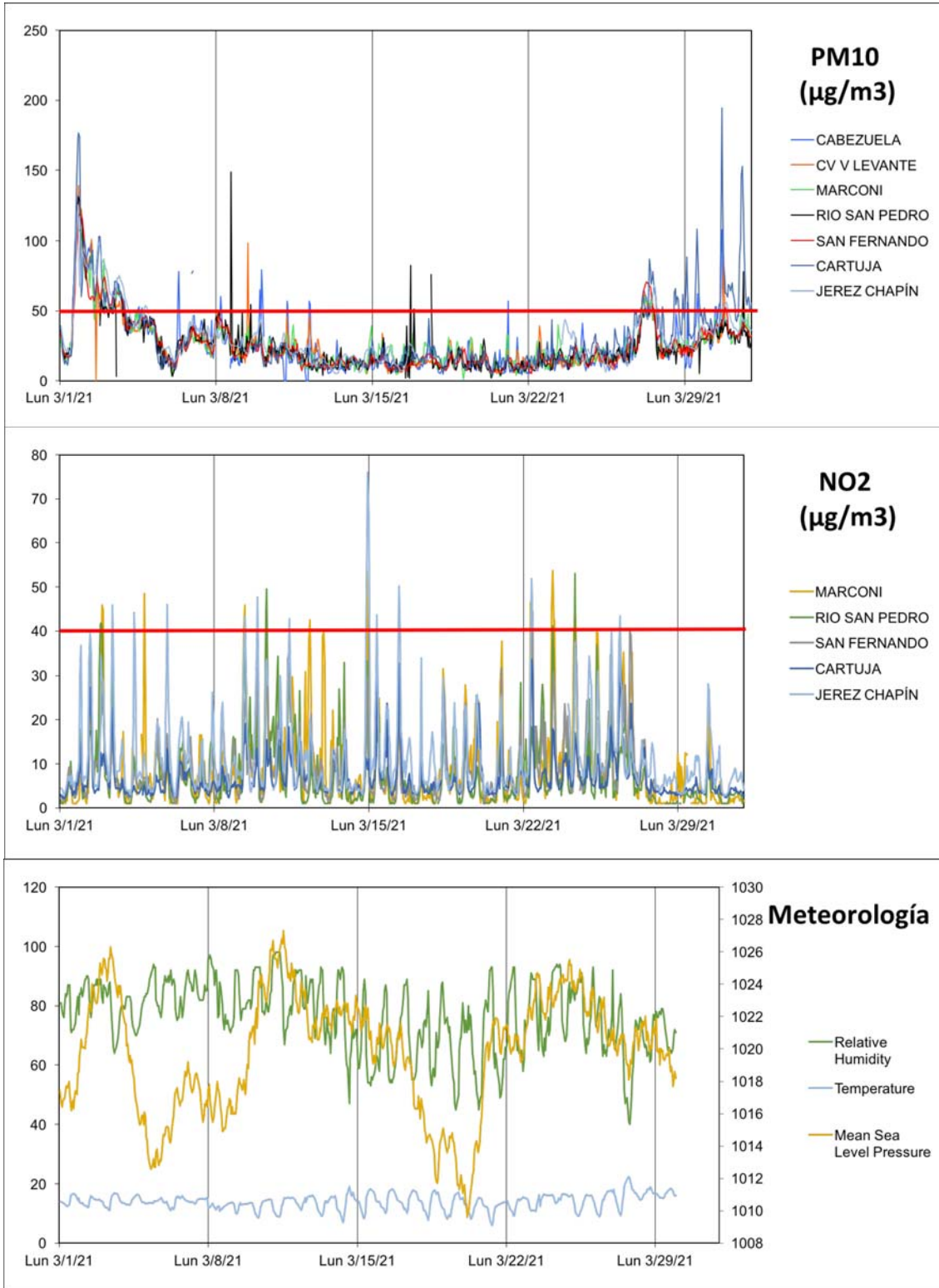
## FEBRERO 2021



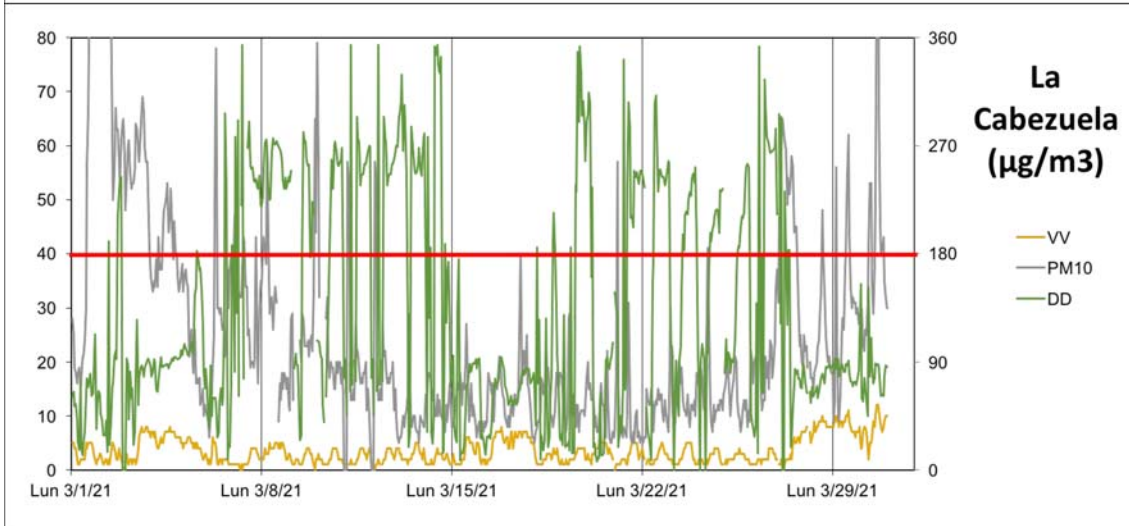
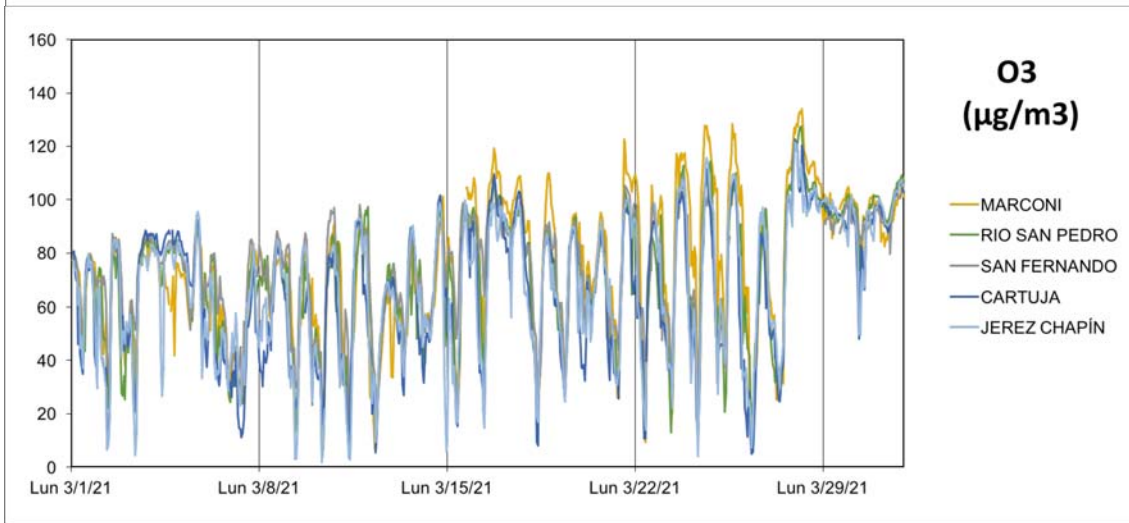
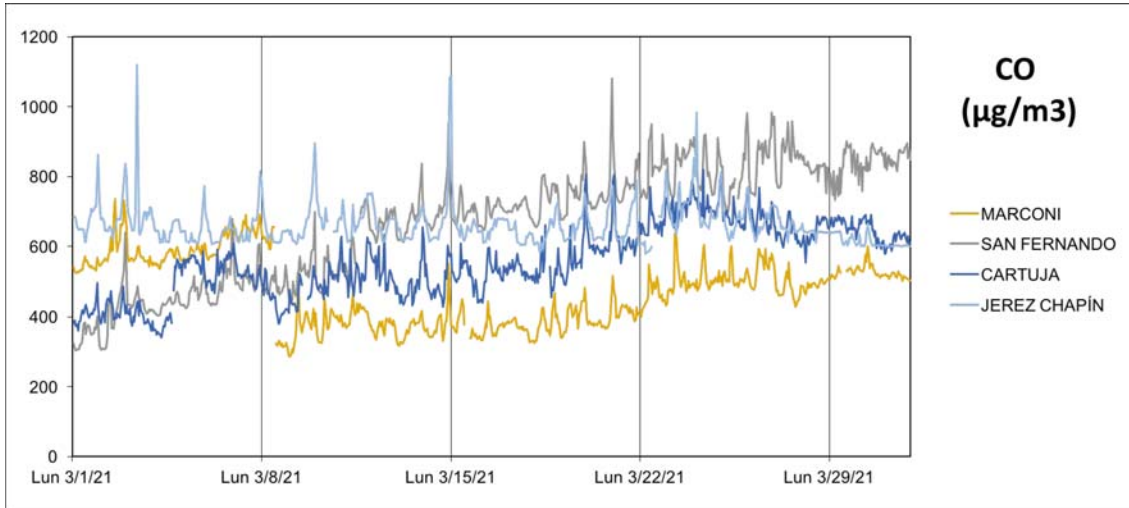
## FEBRERO 2021



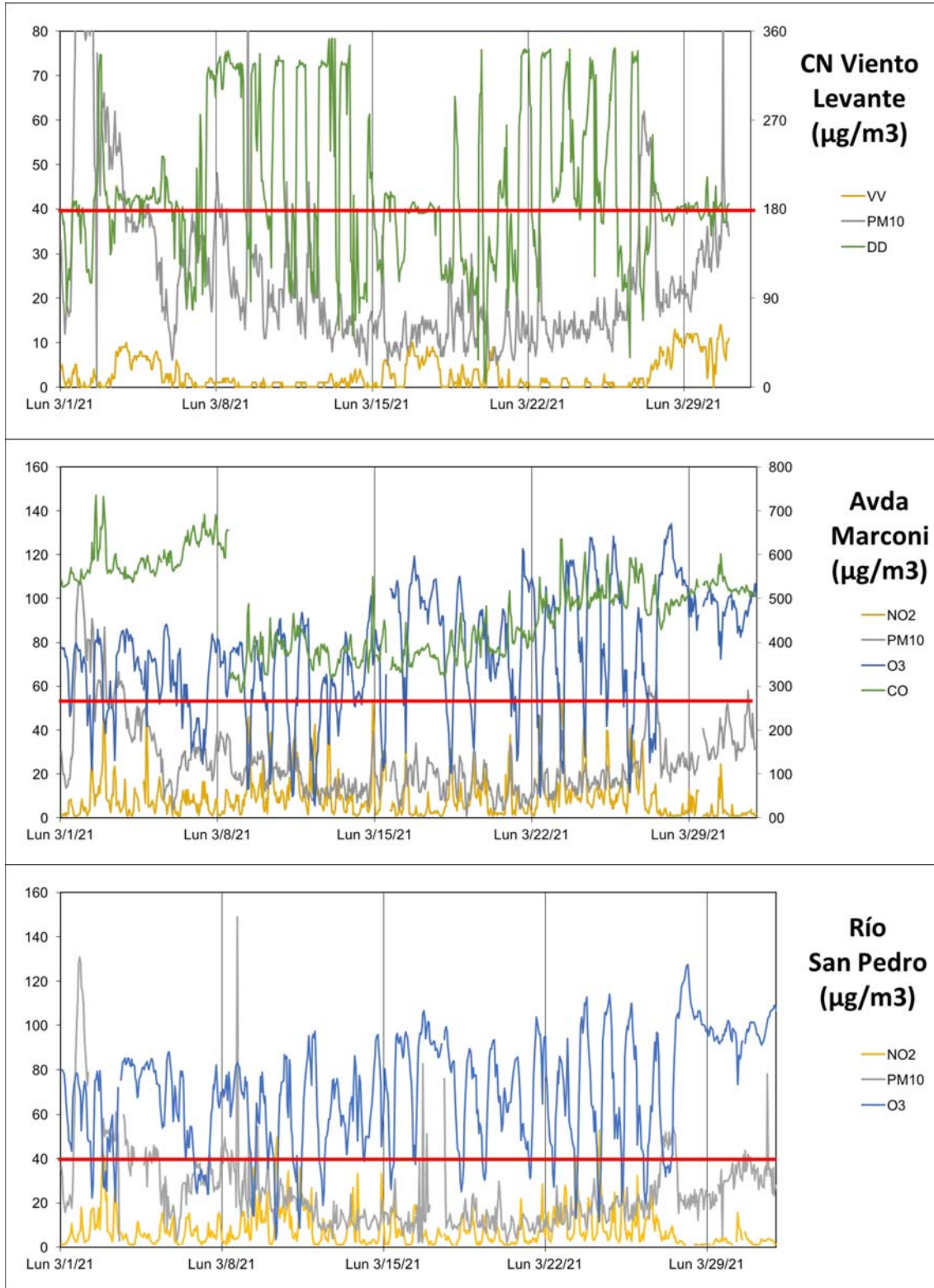
## MARZO 2021



# MARZO 2021

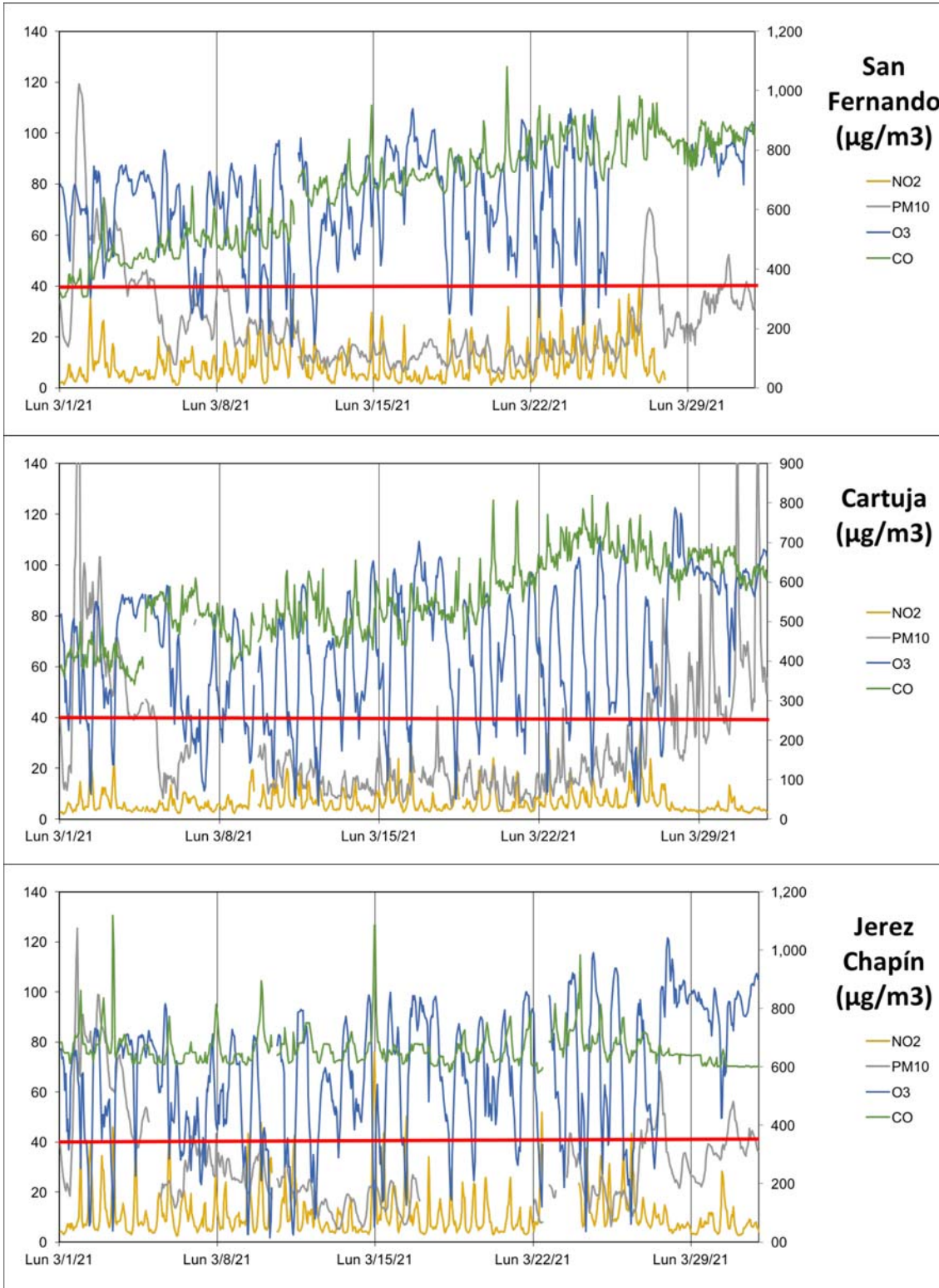


## MARZO 2021

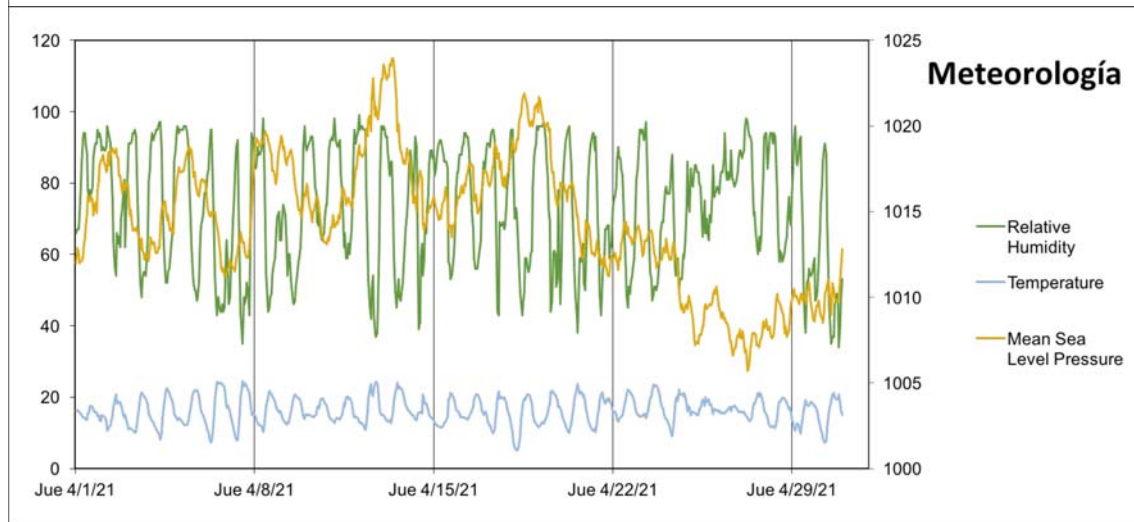
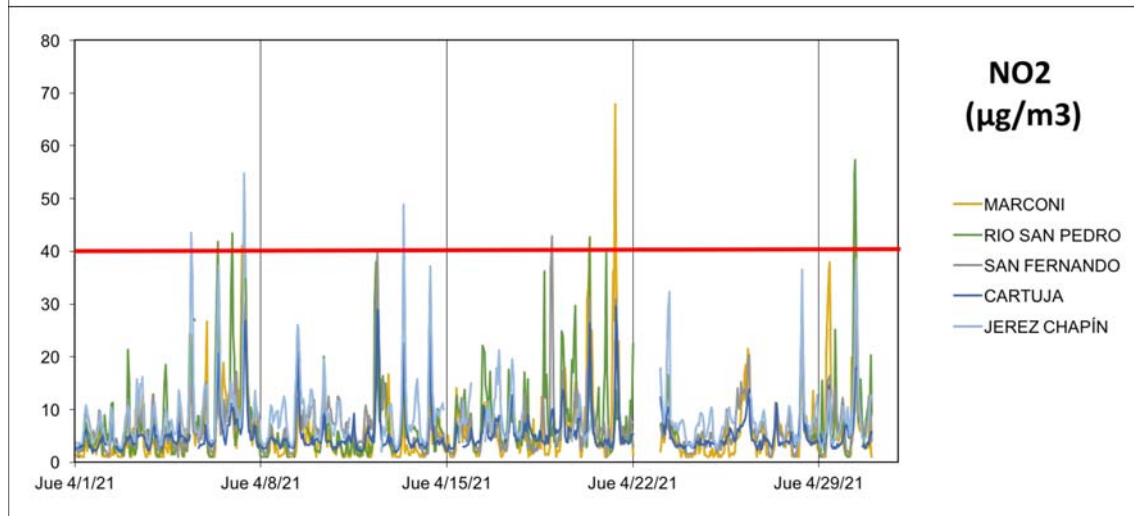
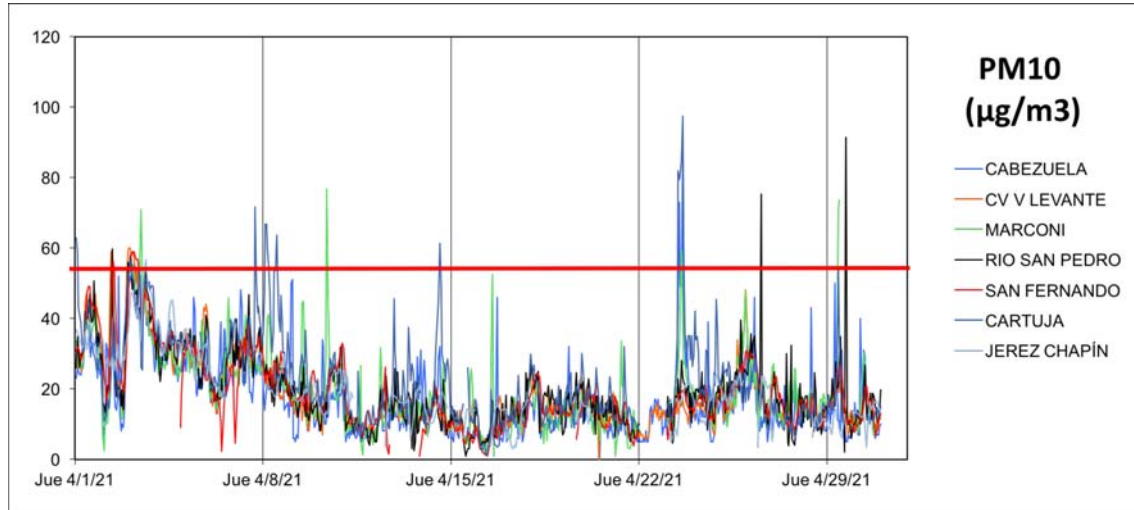




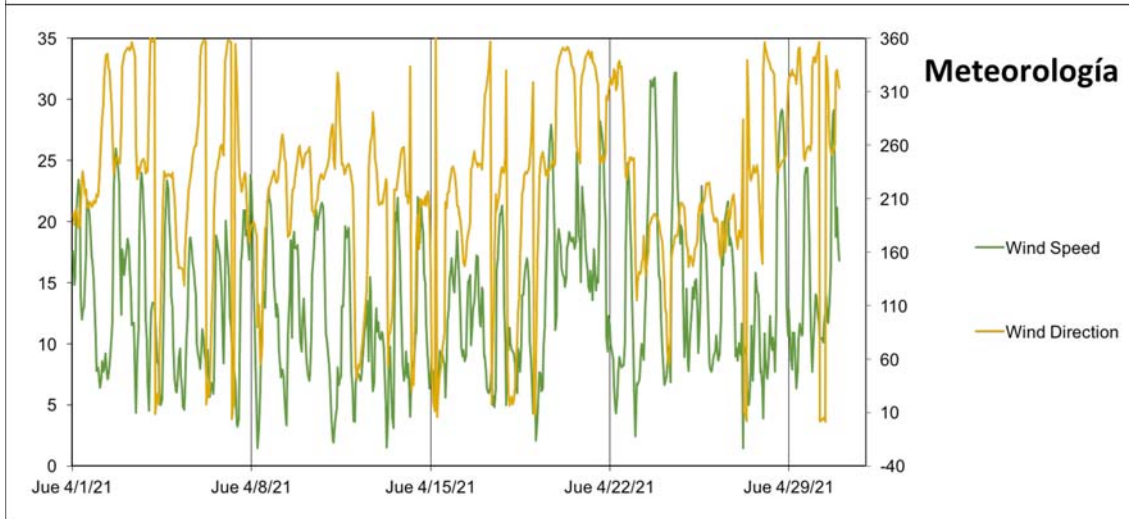
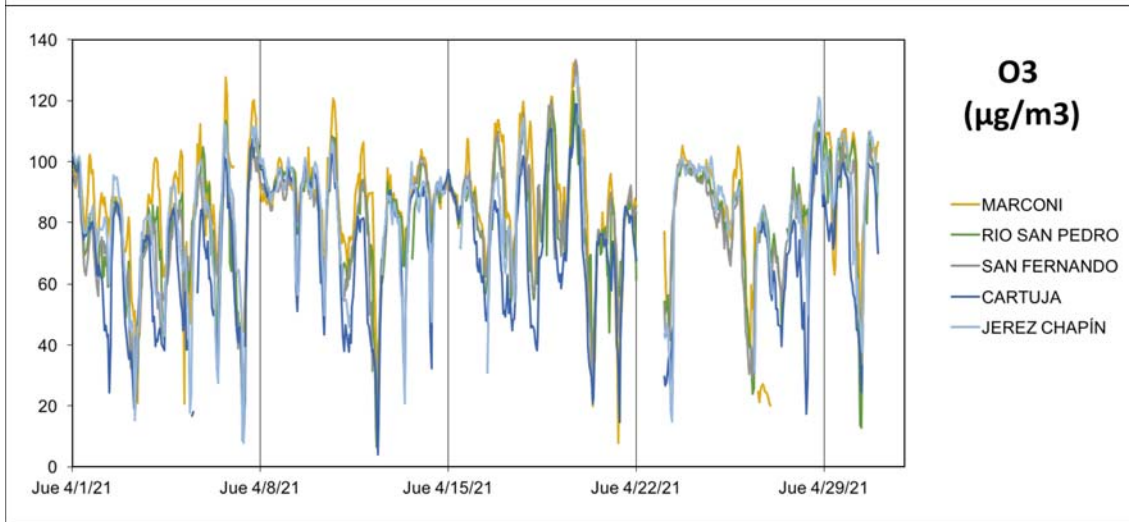
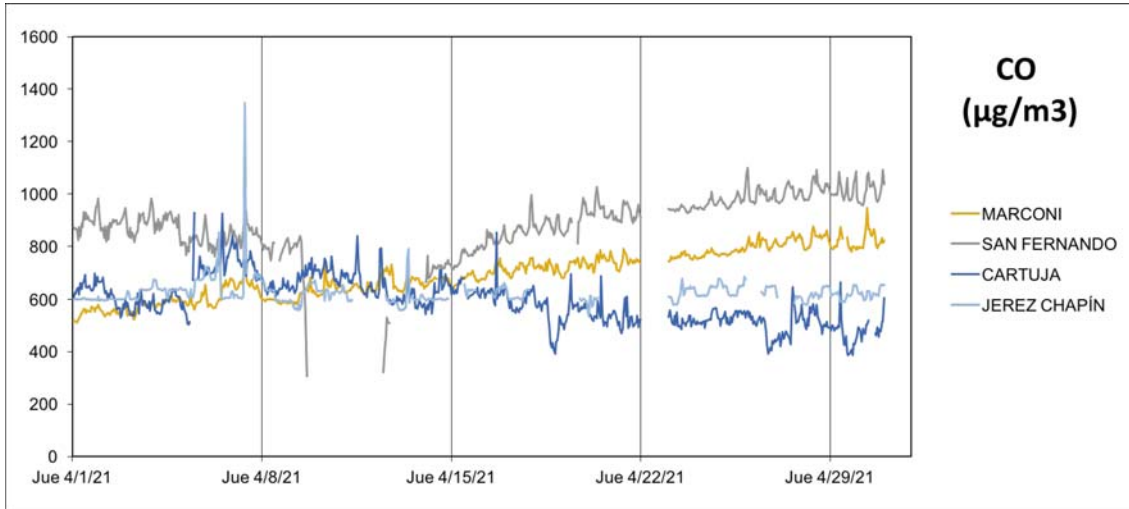
# MARZO 2021



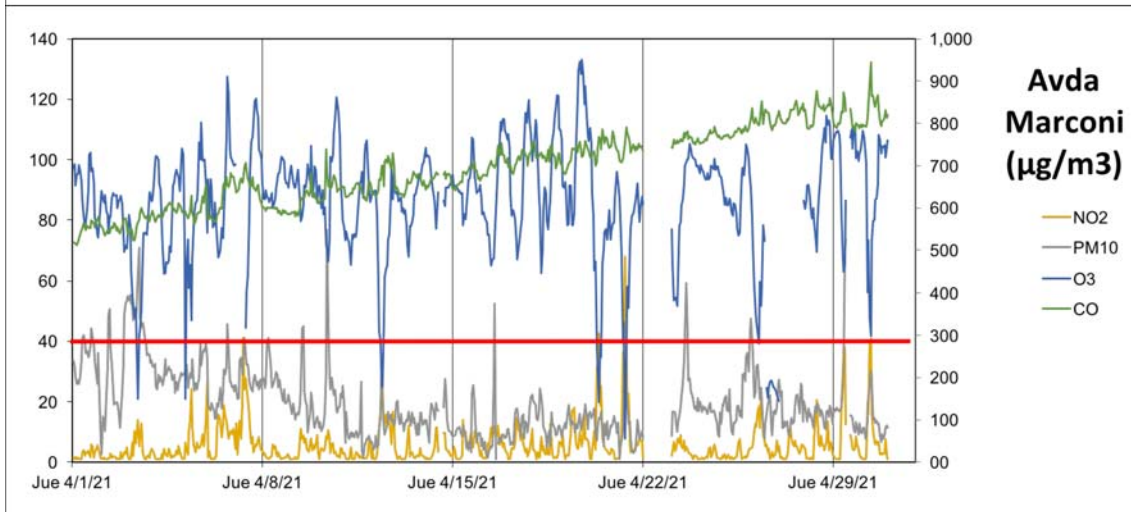
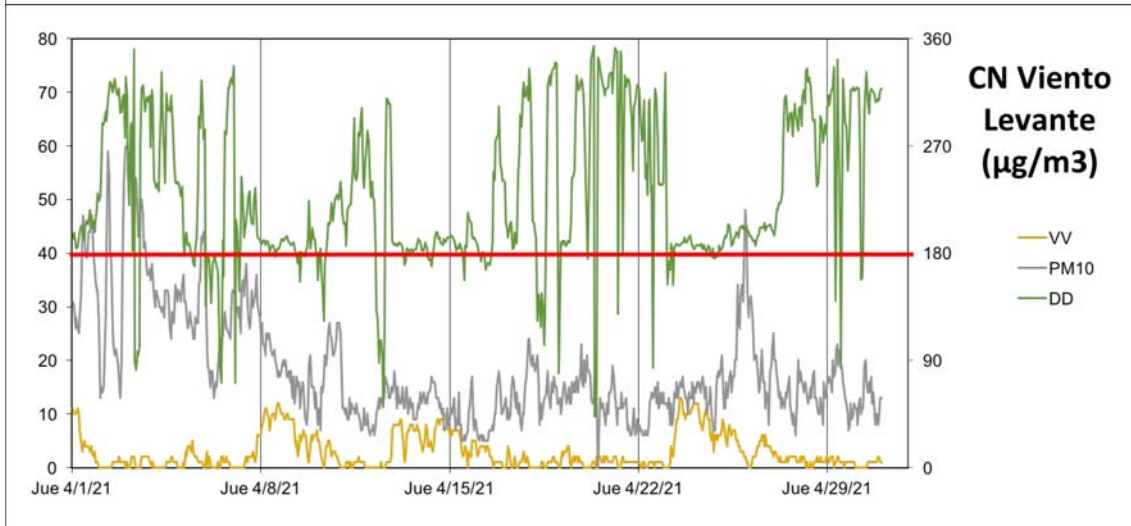
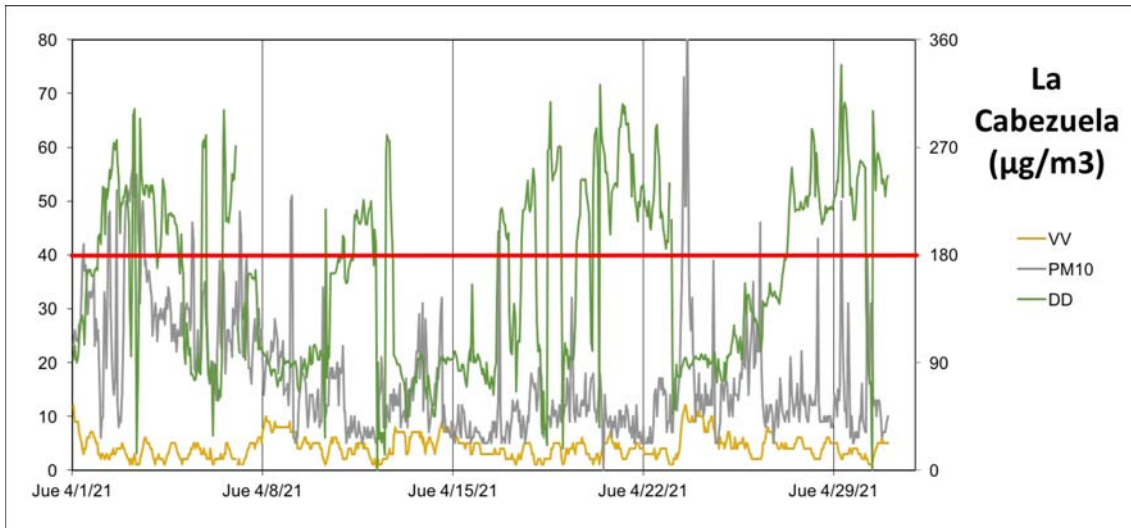
# ABRIL 2021



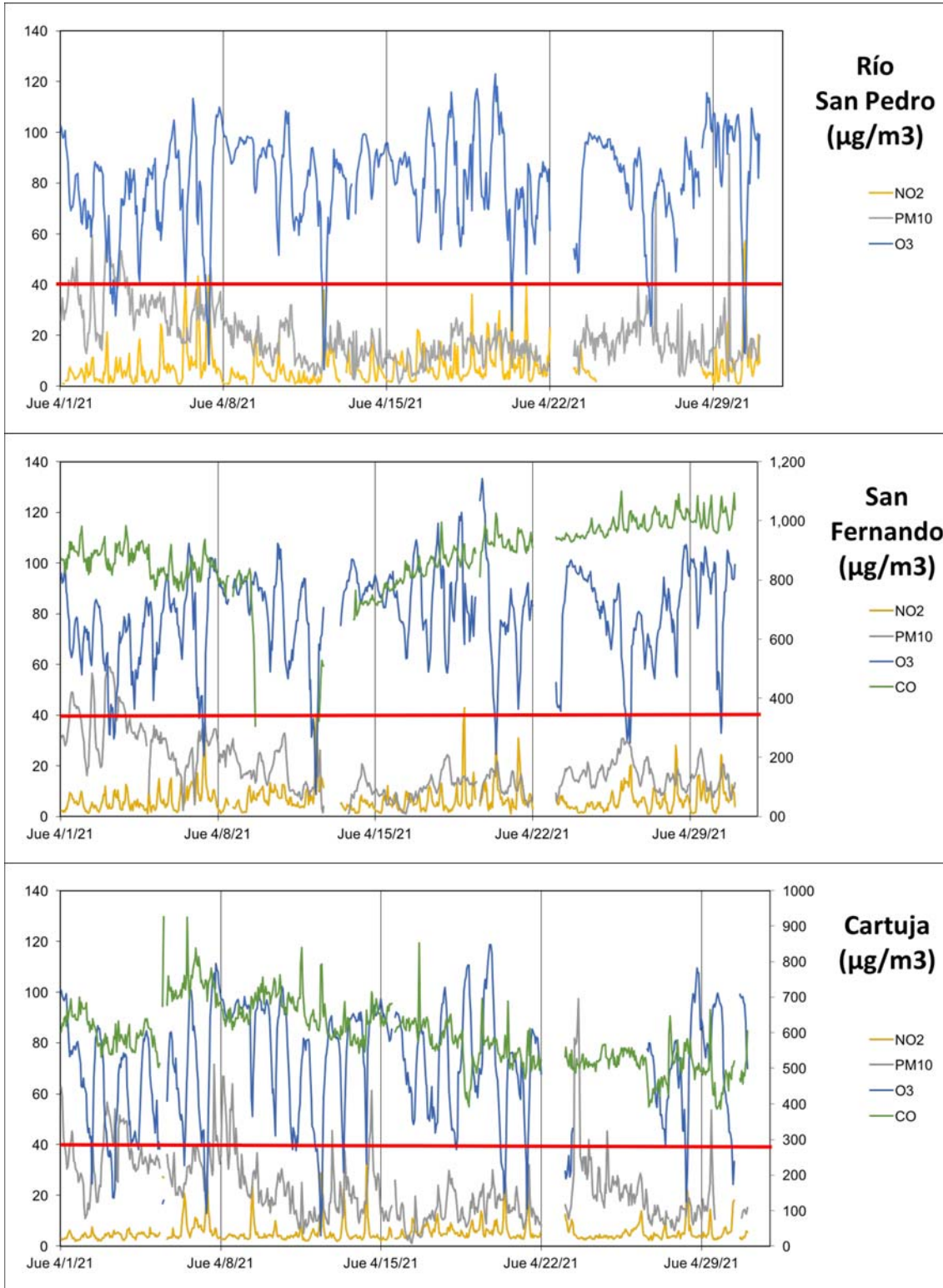
## ABRIL 2021



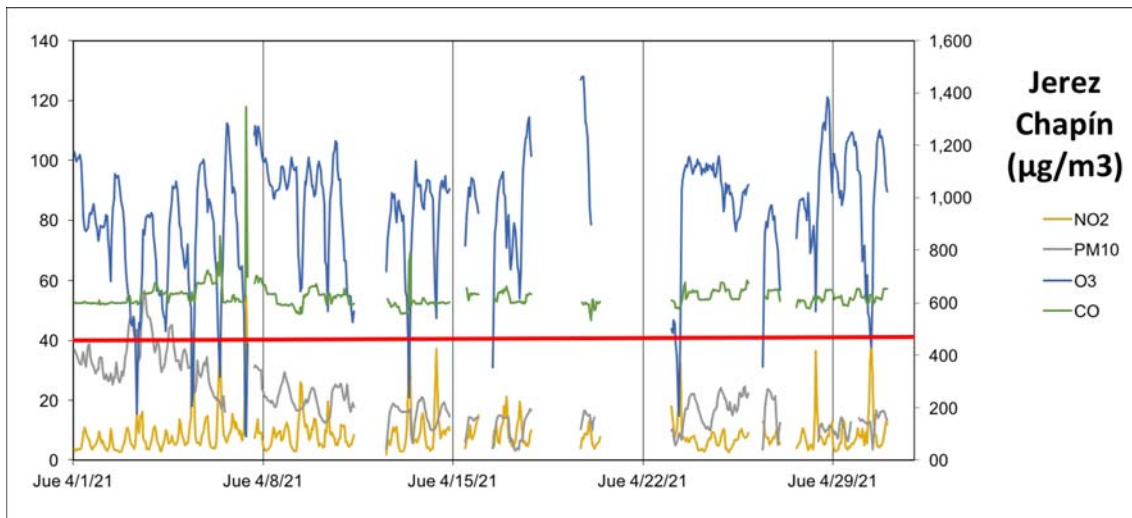
# ABRIL 2021



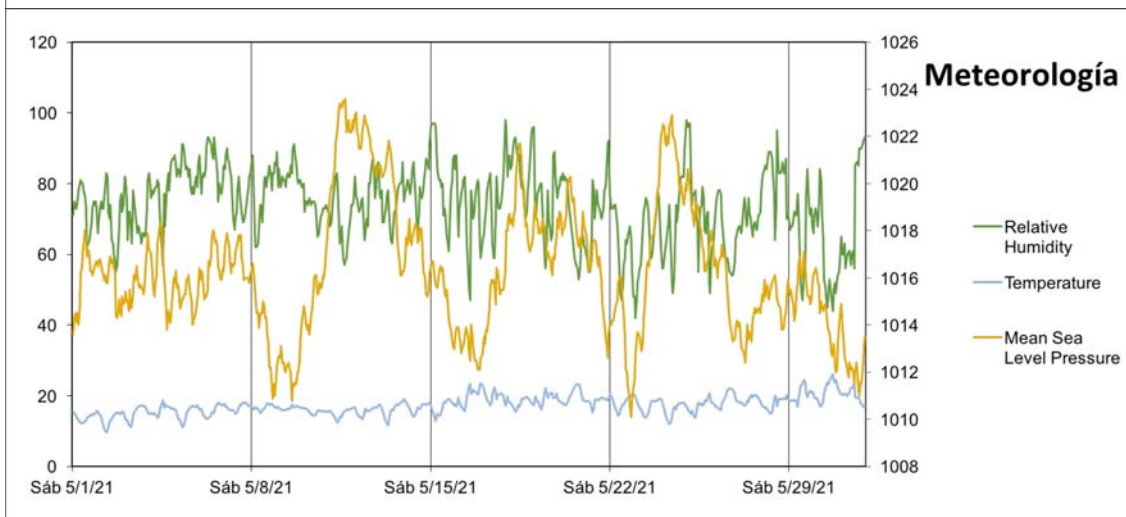
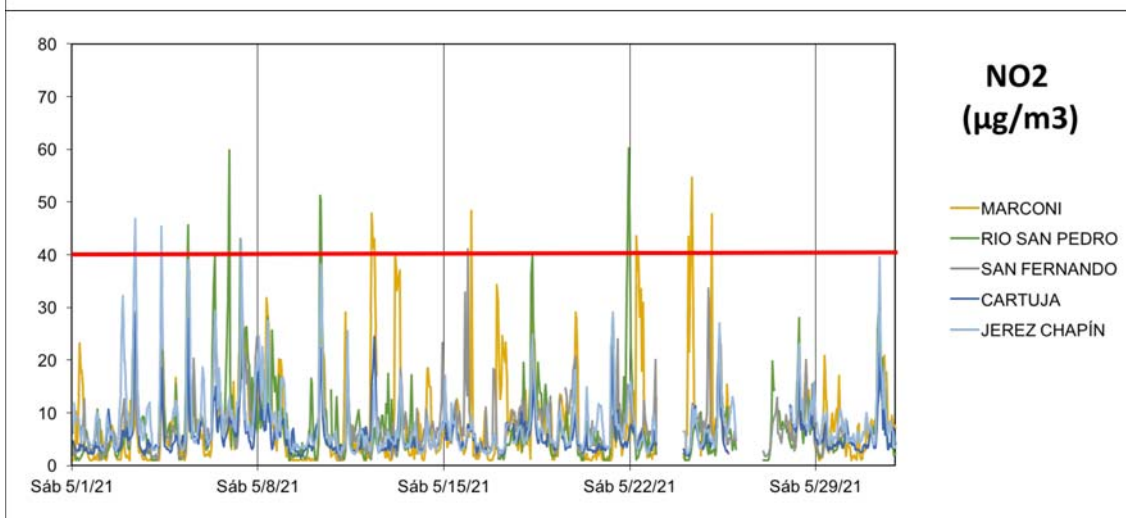
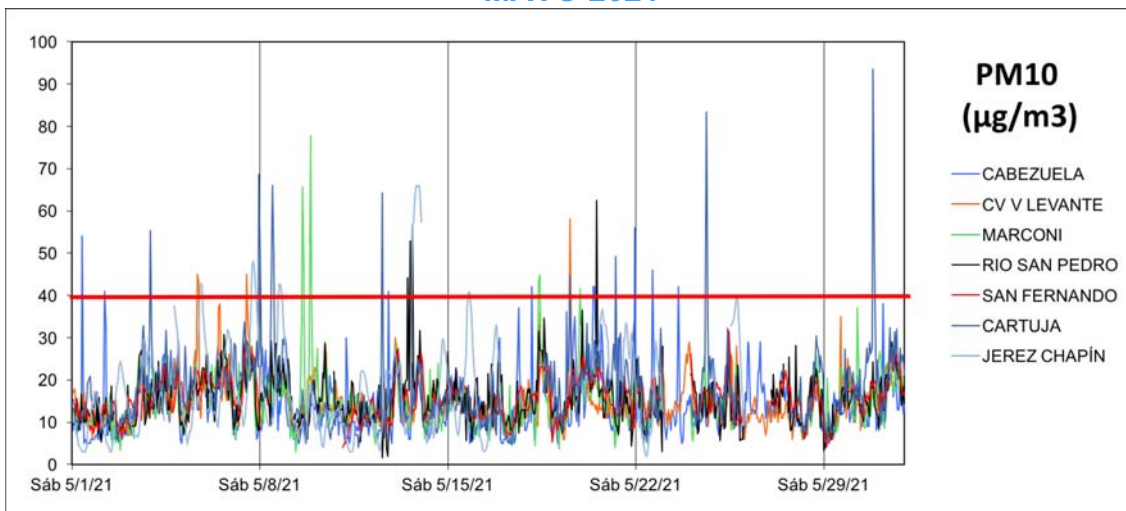
# ABRIL 2021



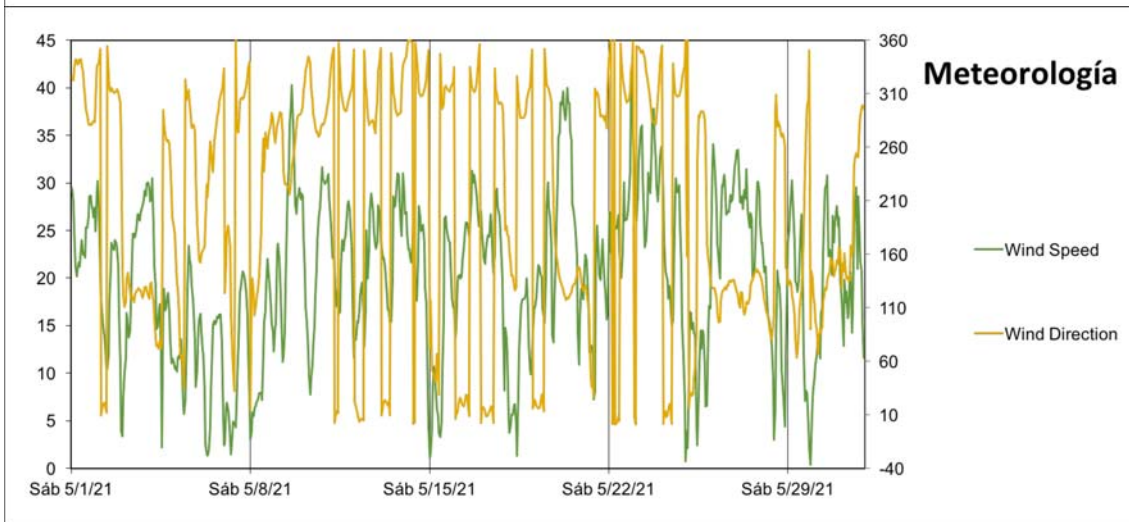
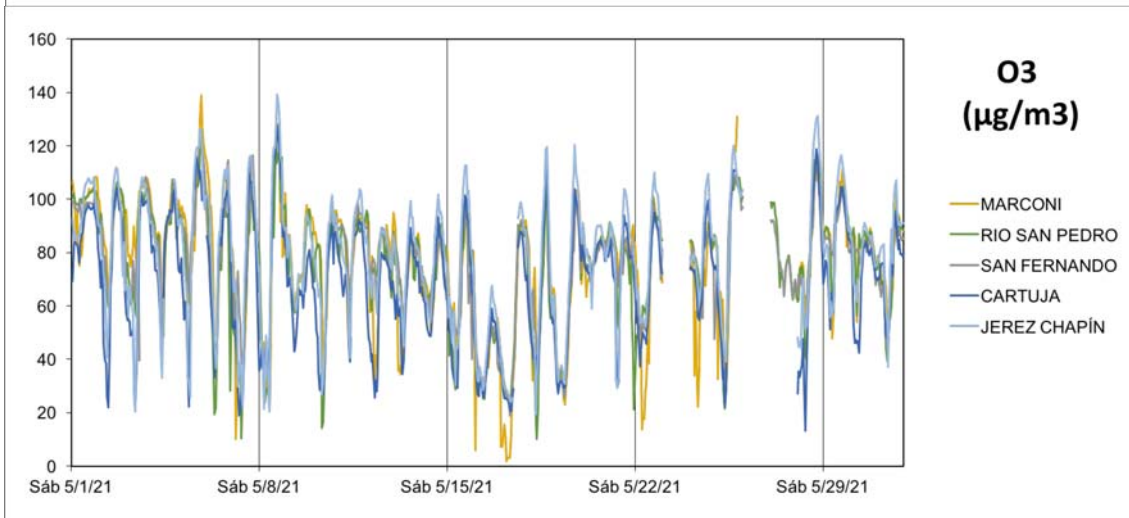
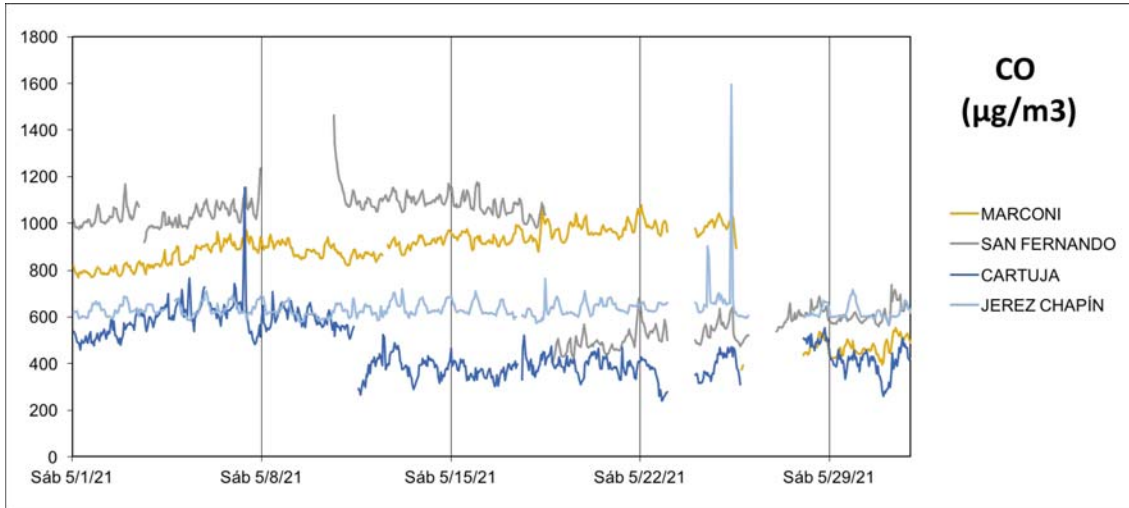
# ABRIL 2021



## MAYO 2021

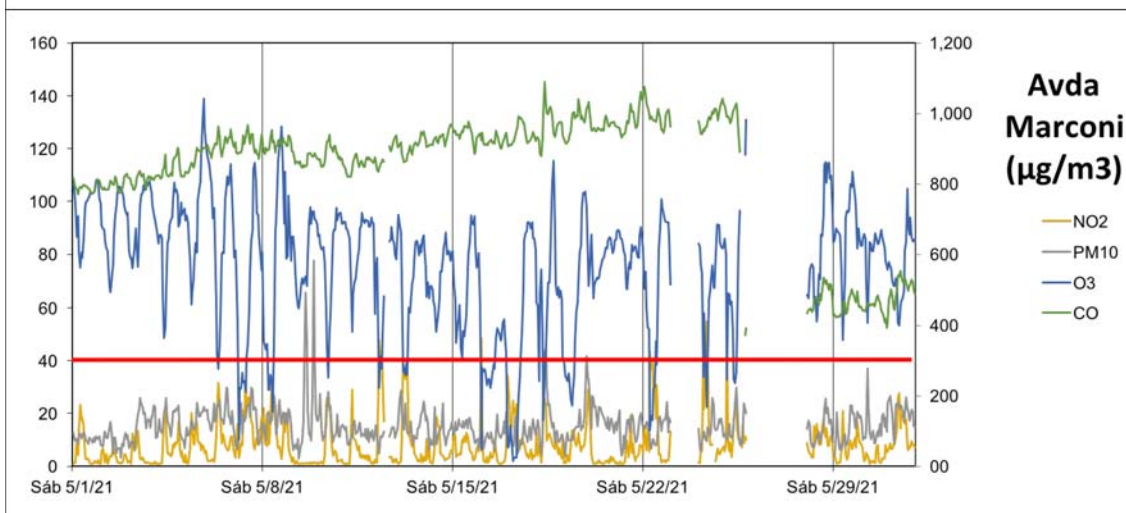
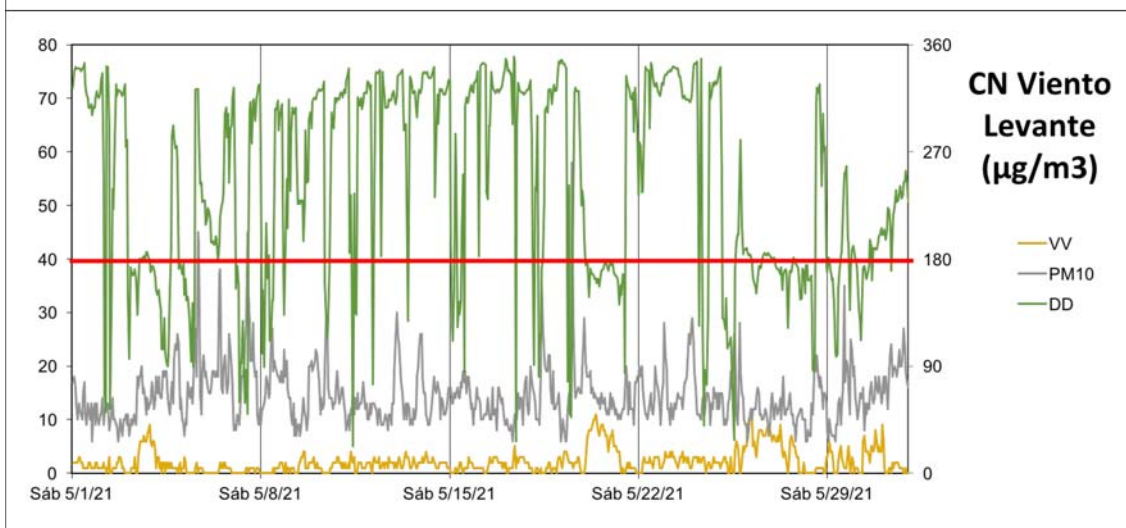
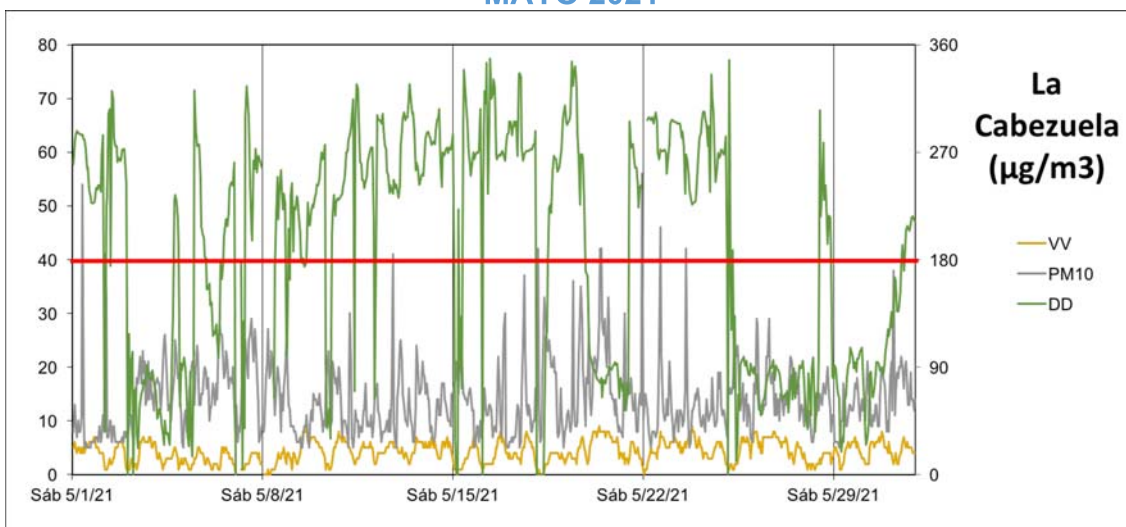


# MAYO 2021

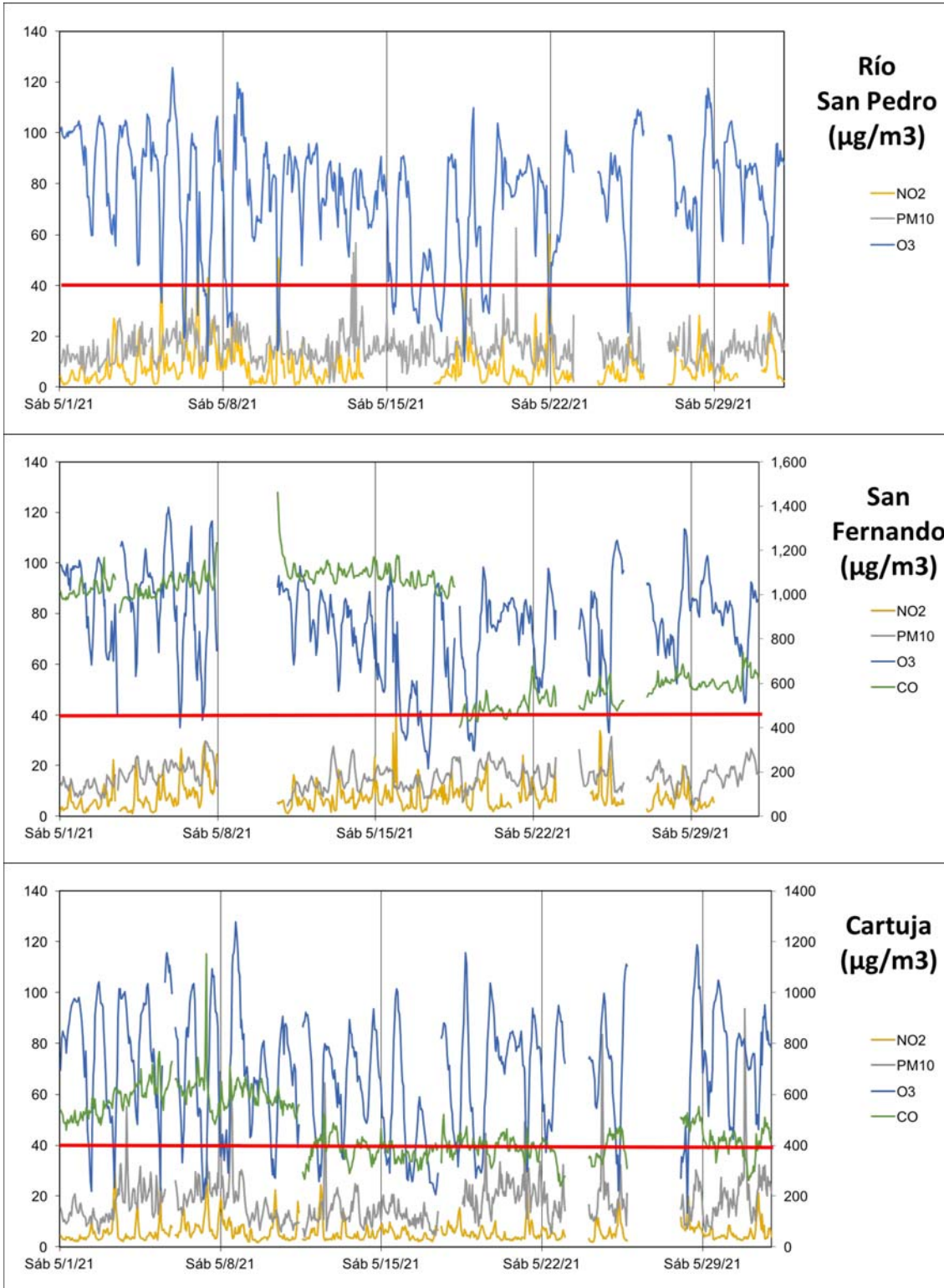




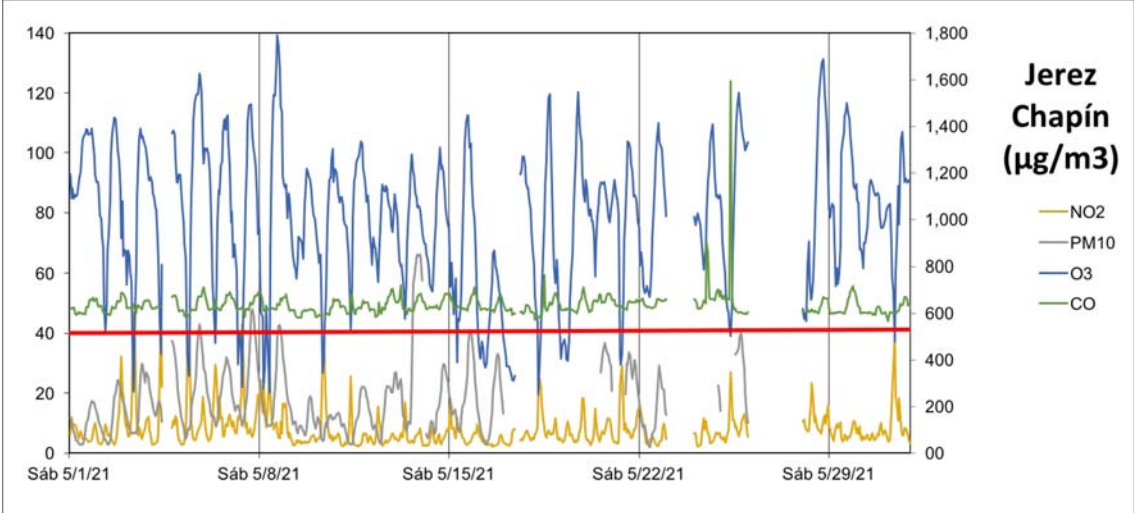
## MAYO 2021



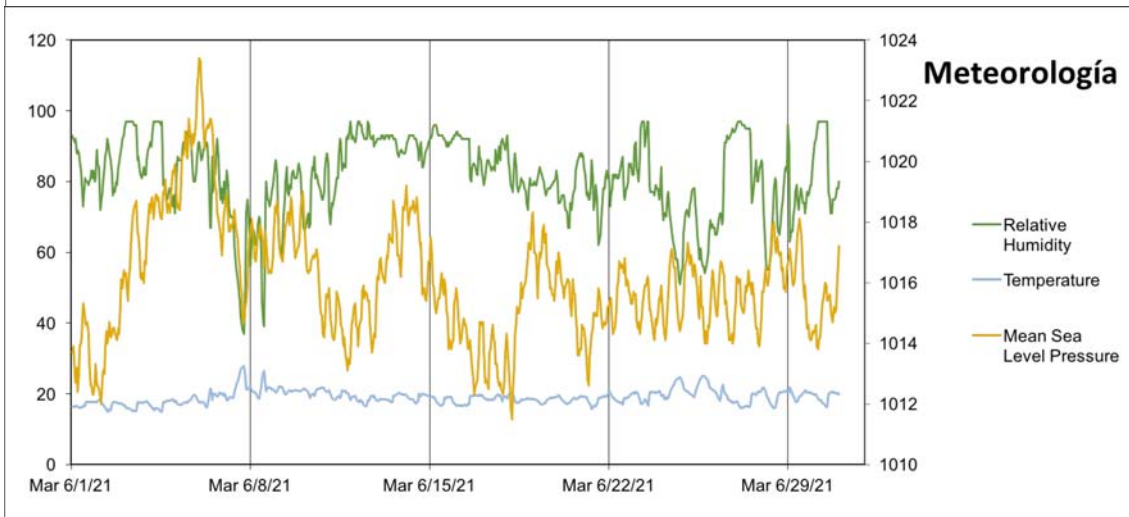
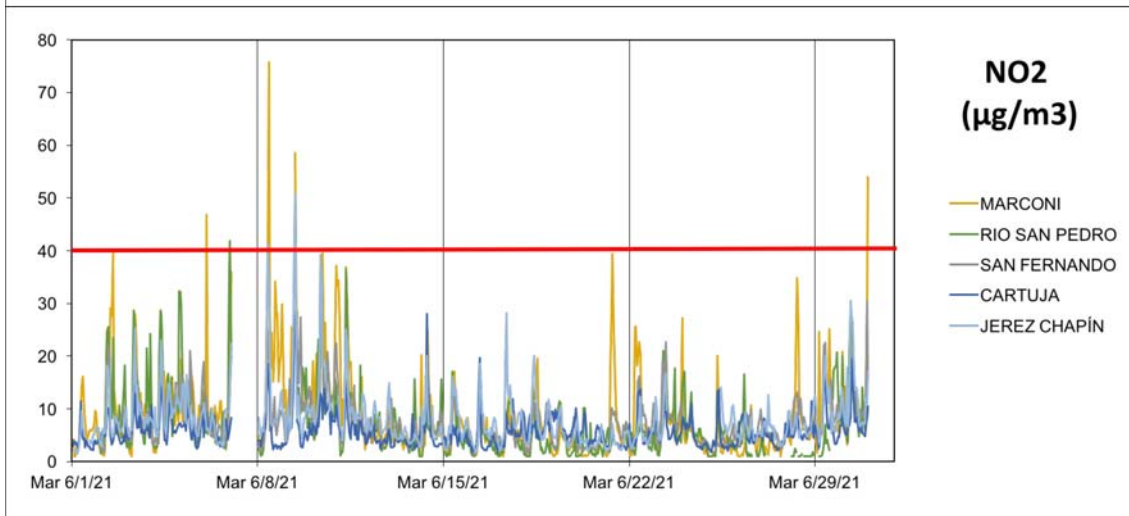
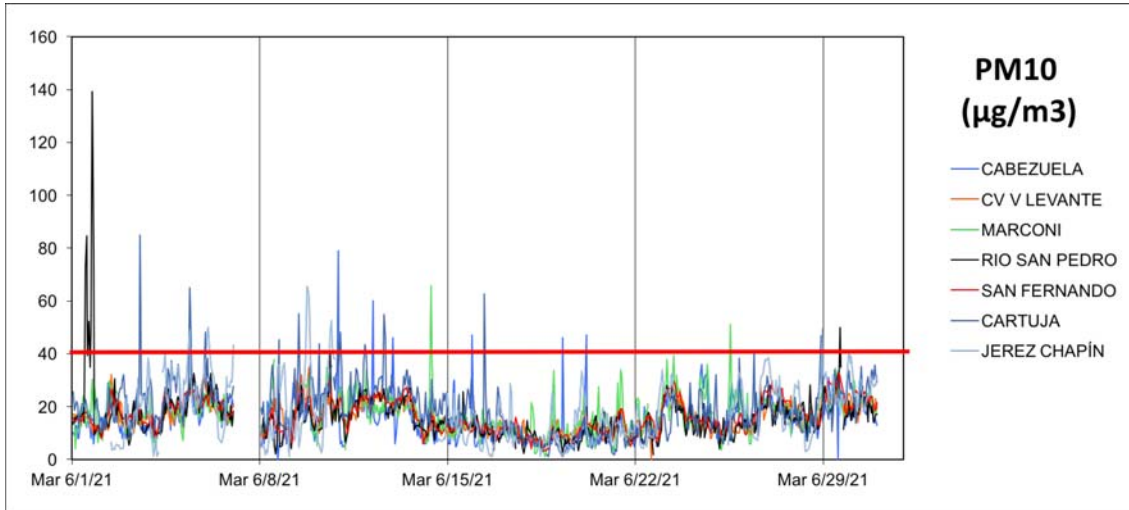
# MAYO 2021



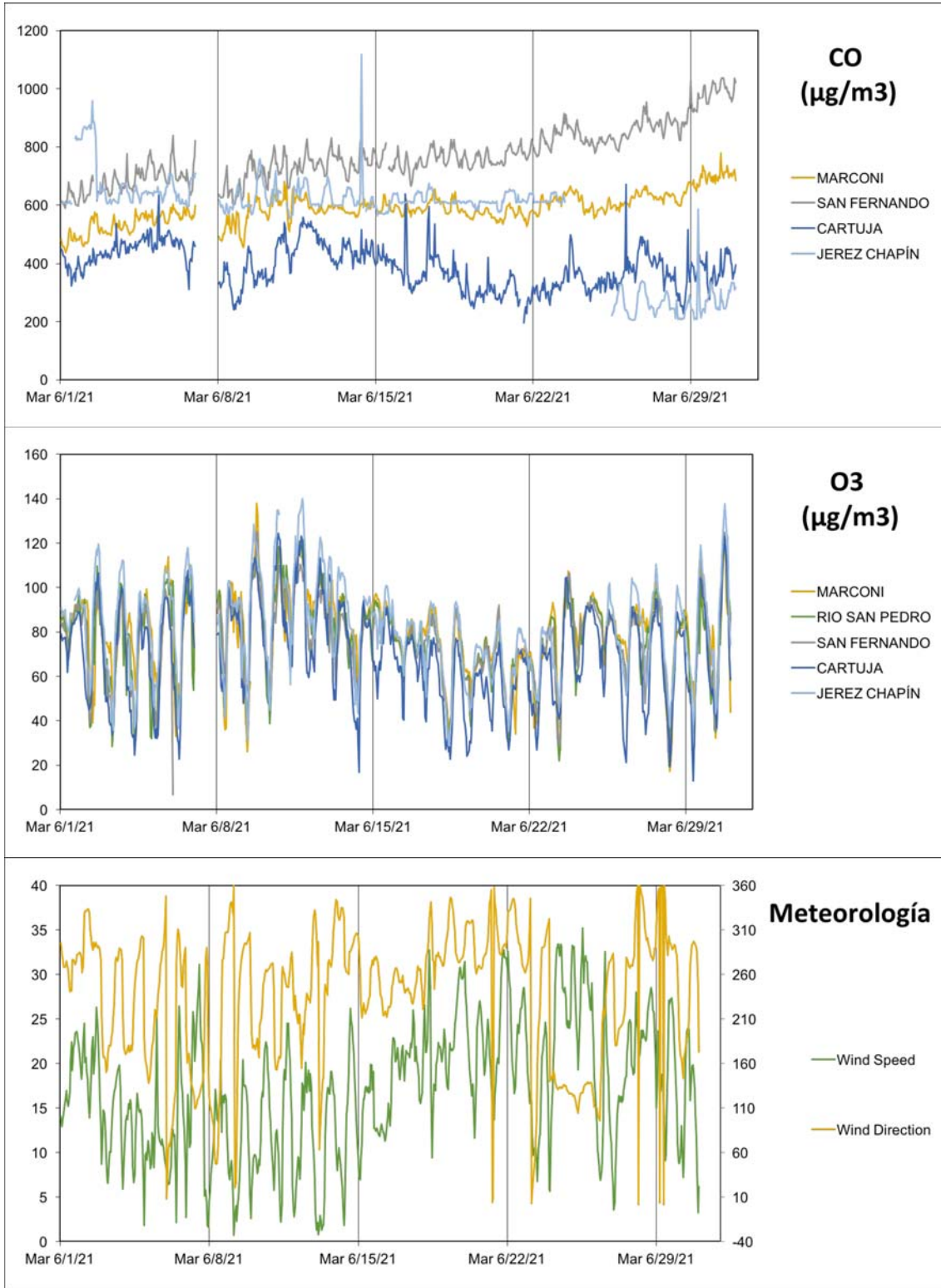
MAYO 2021



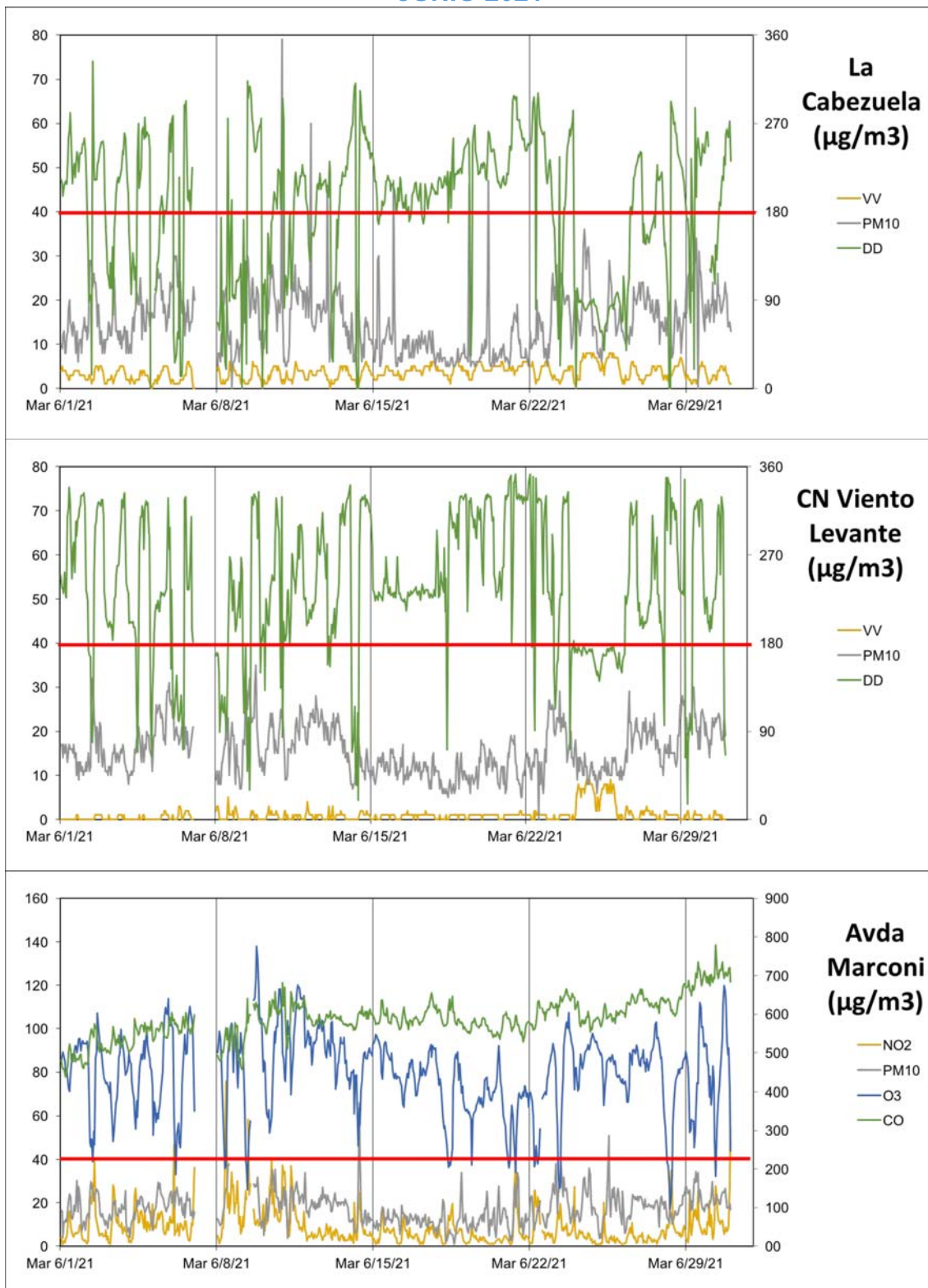
# JUNIO 2021



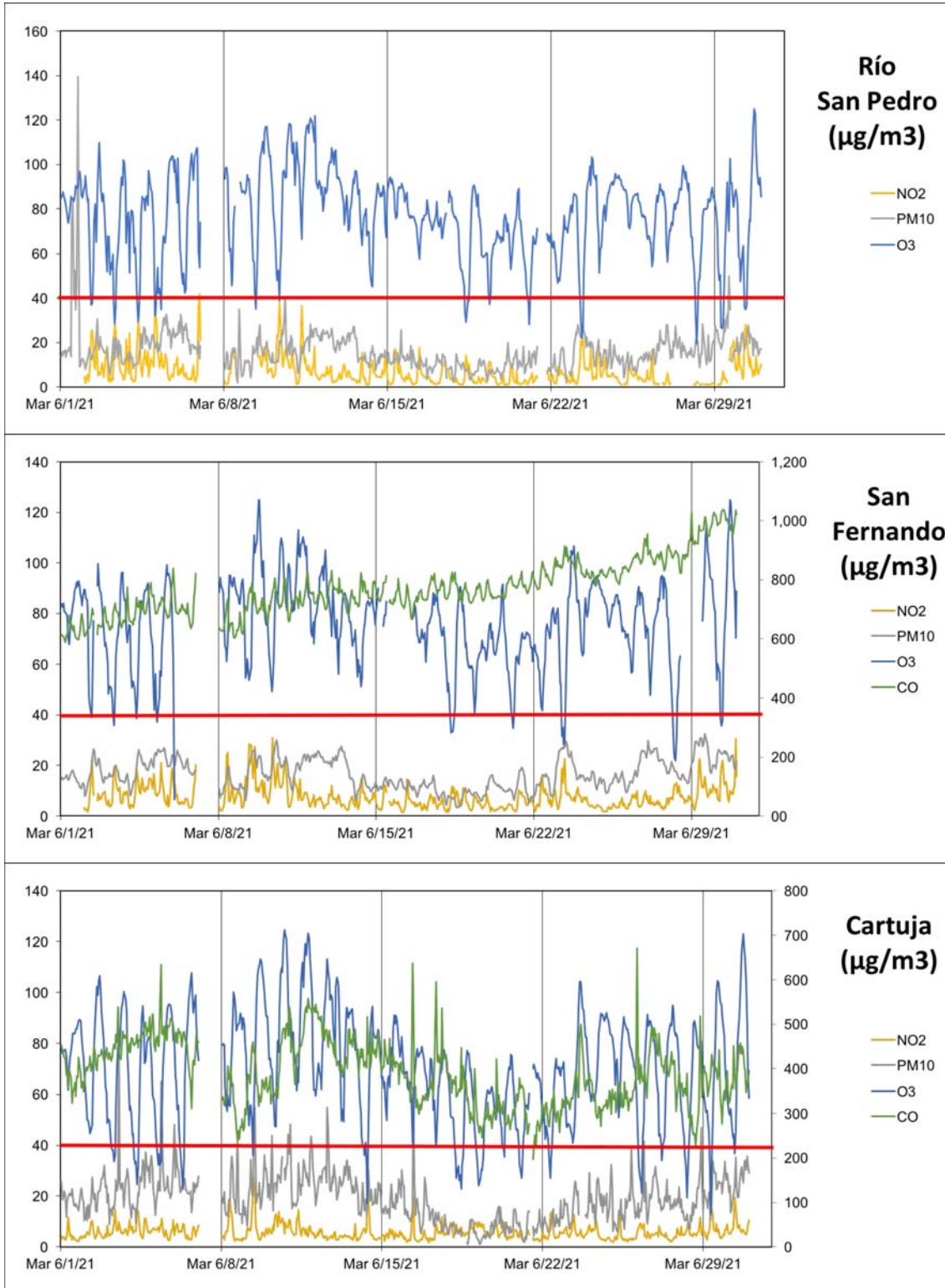
# JUNIO 2021



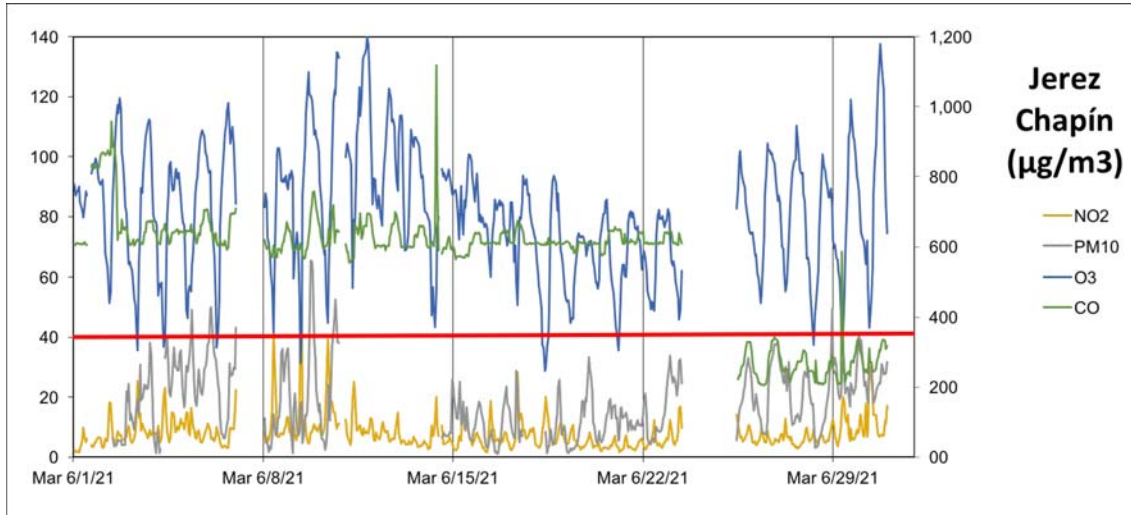
## JUNIO 2021



# JUNIO 2021

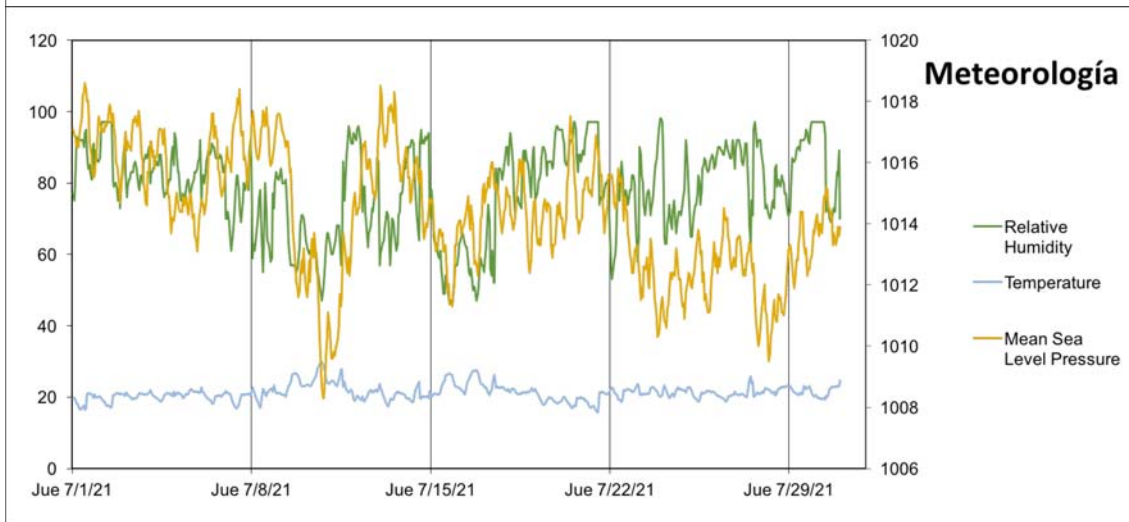
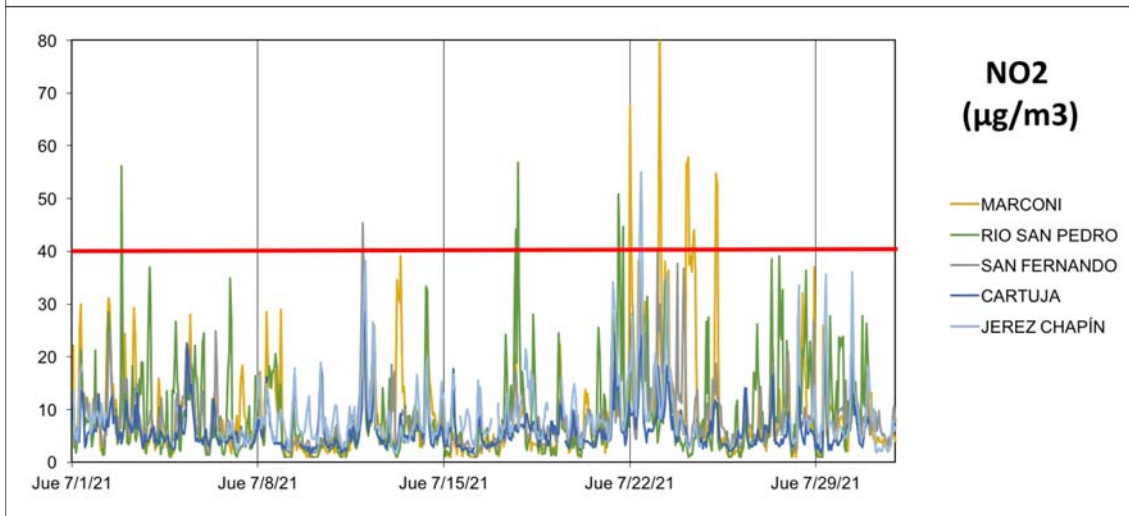
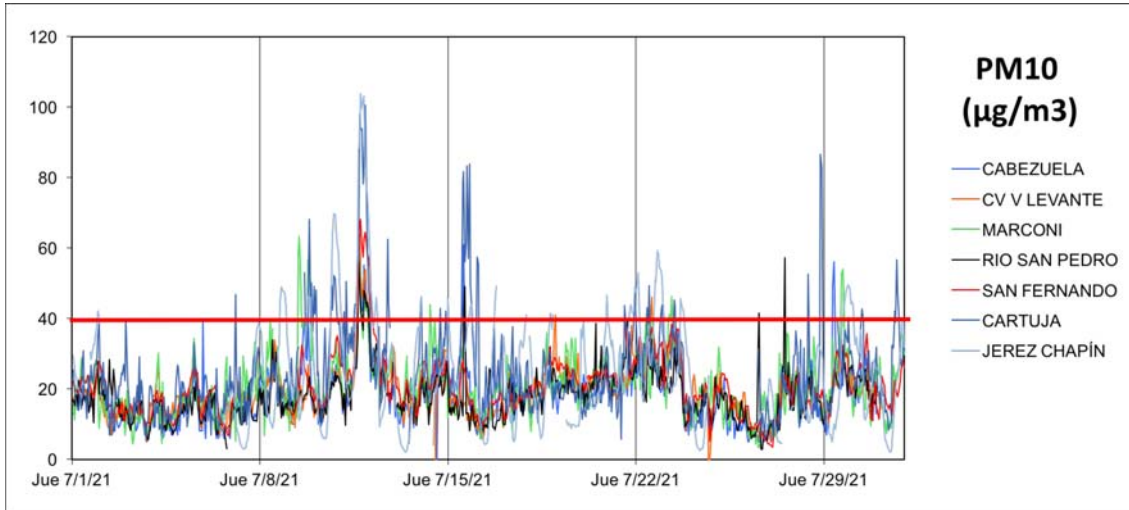


# JUNIO 2021

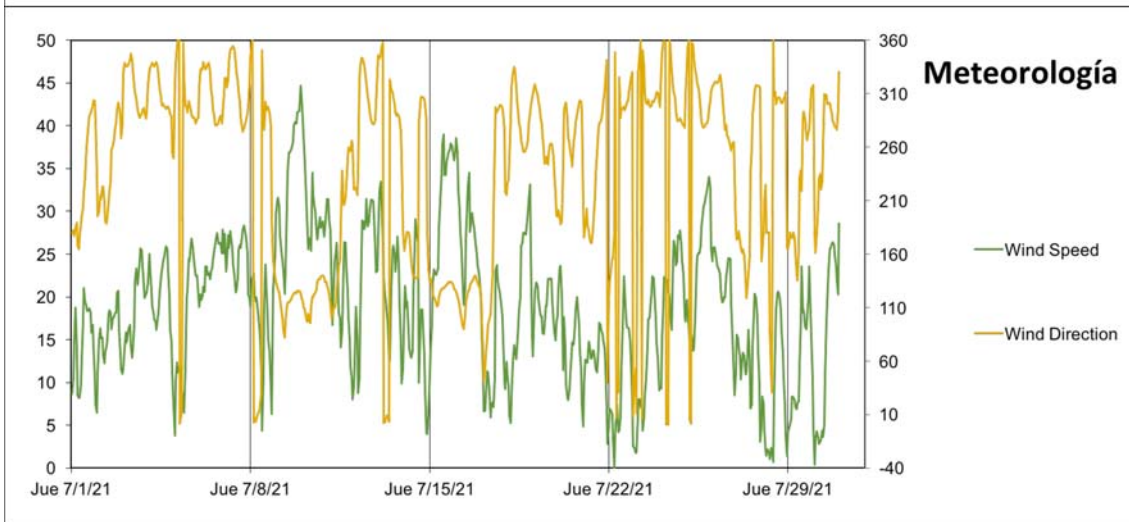
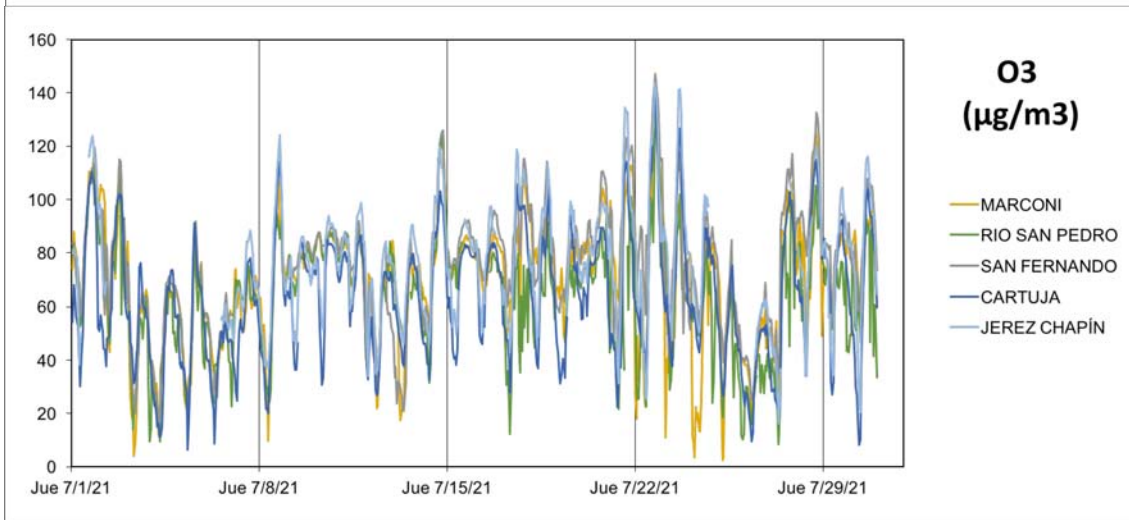
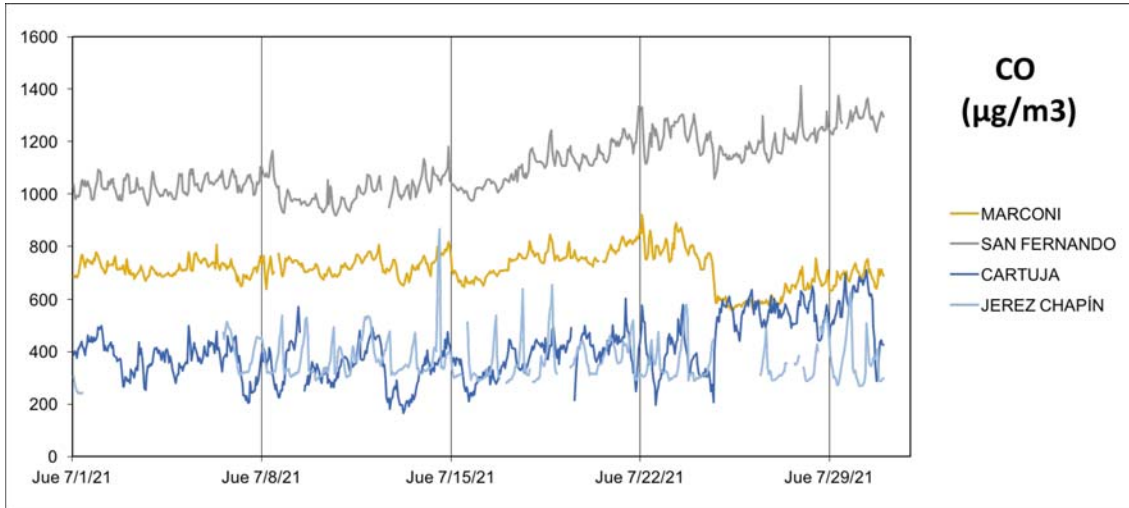




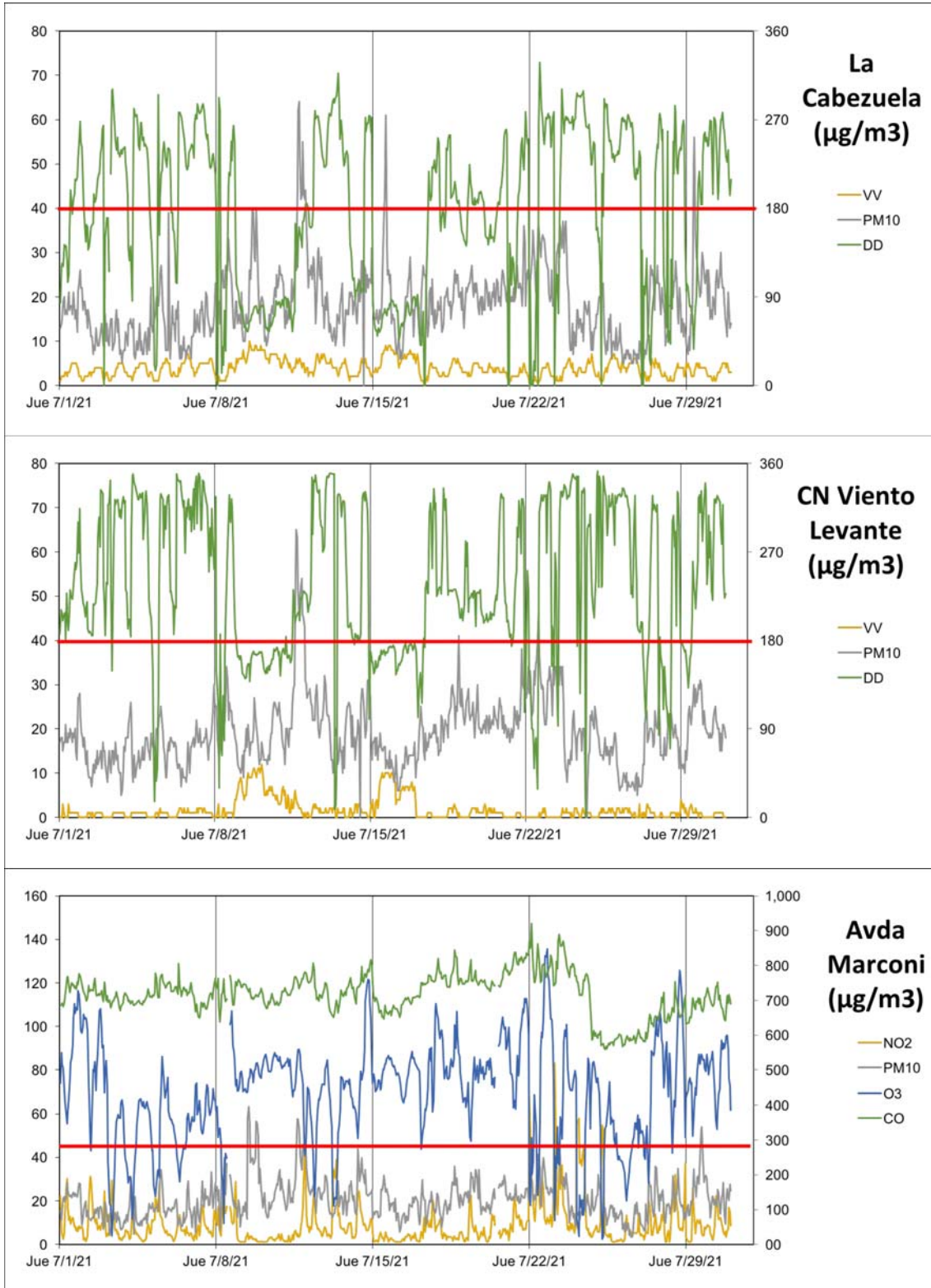
## JULIO 2021



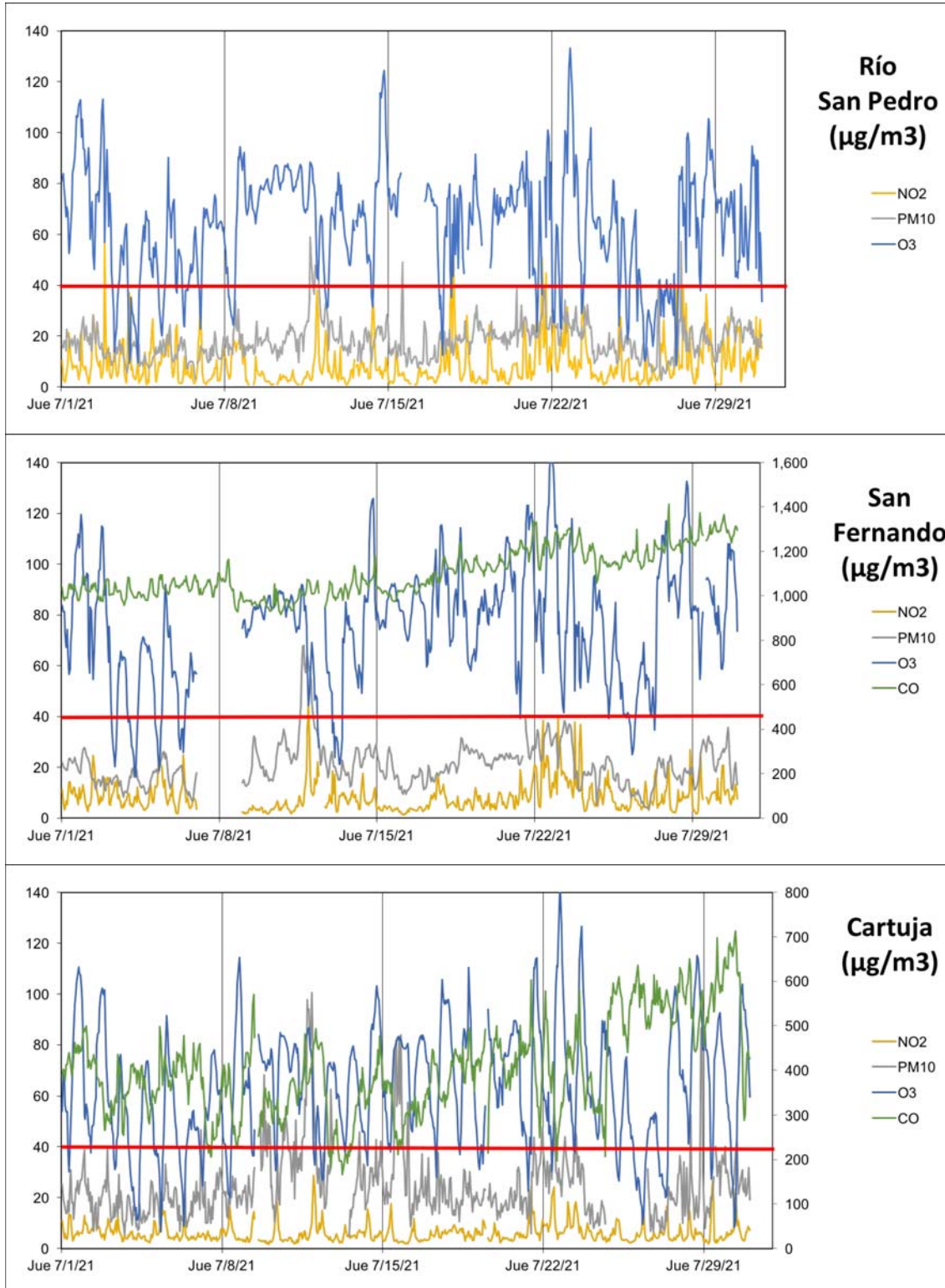
# JULIO 2021



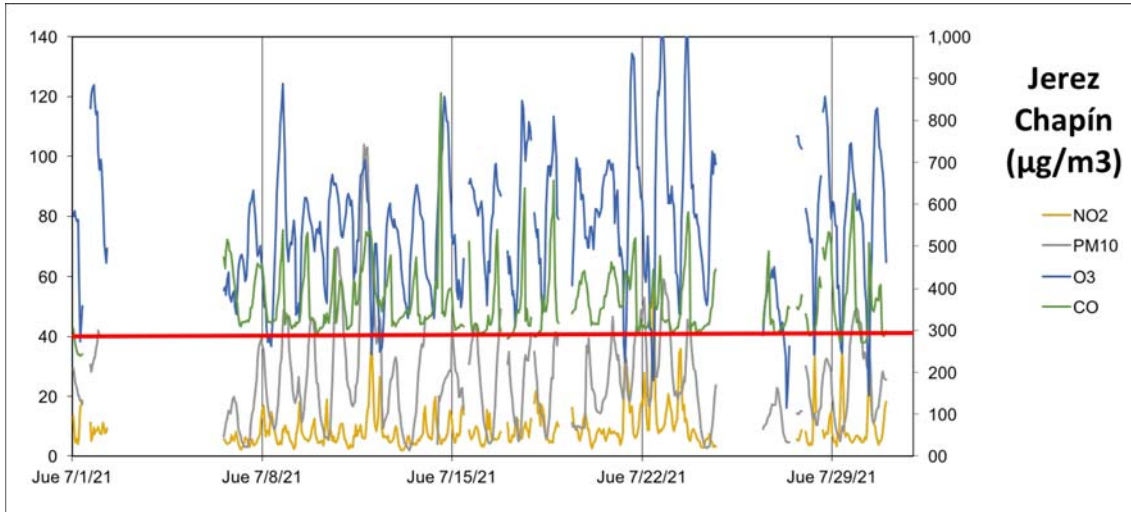
# JULIO 2021



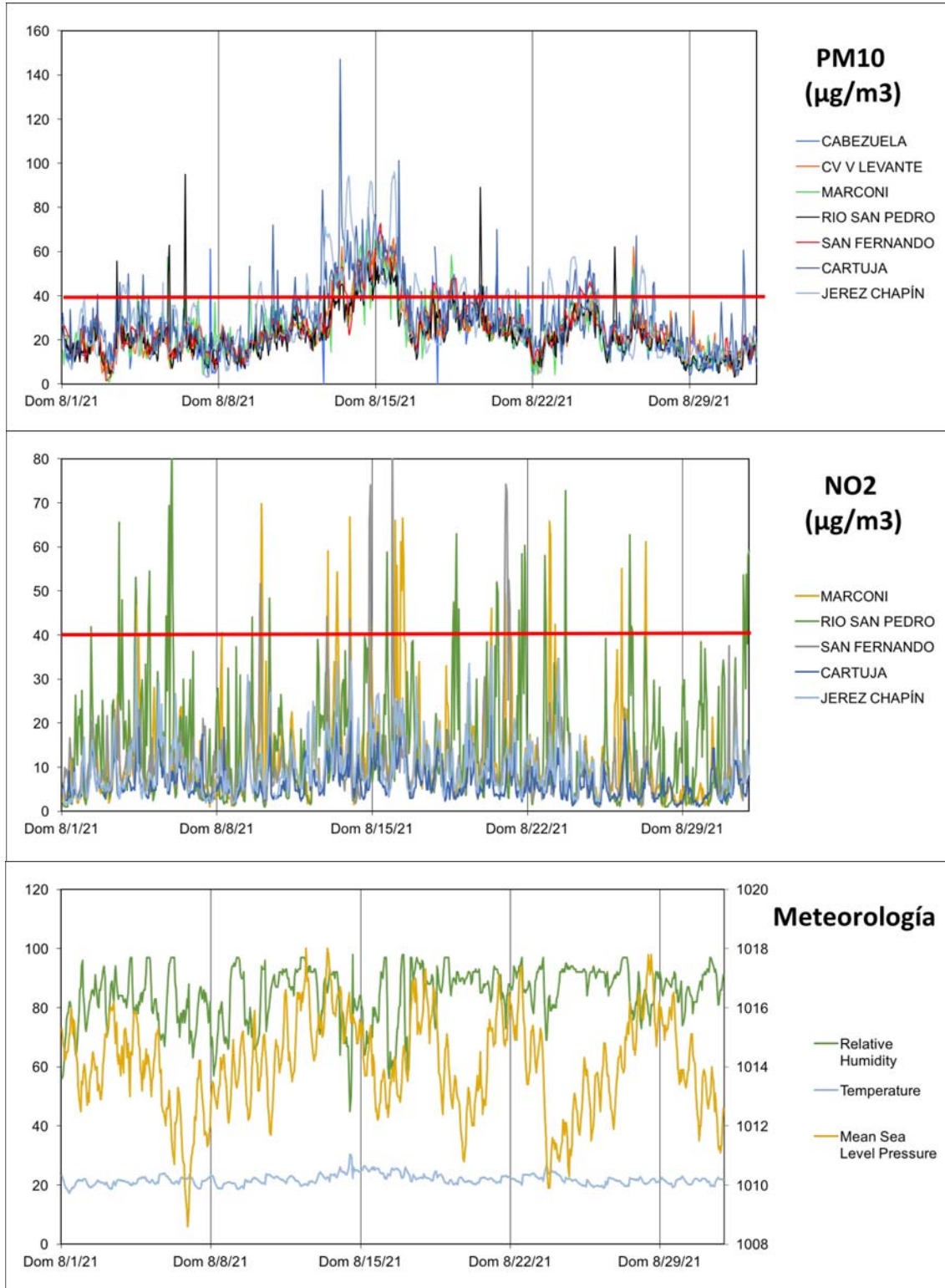
# JULIO 2021



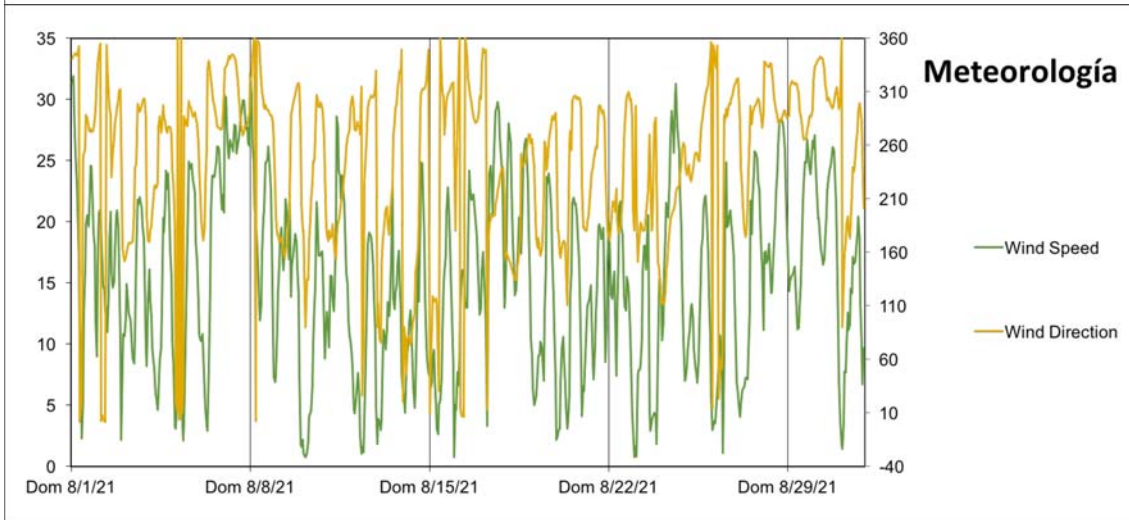
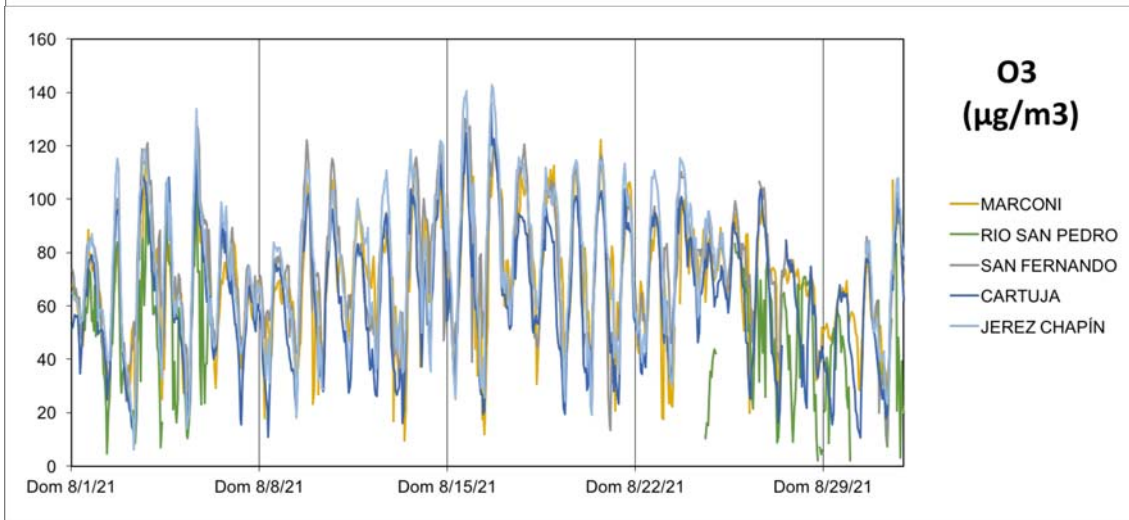
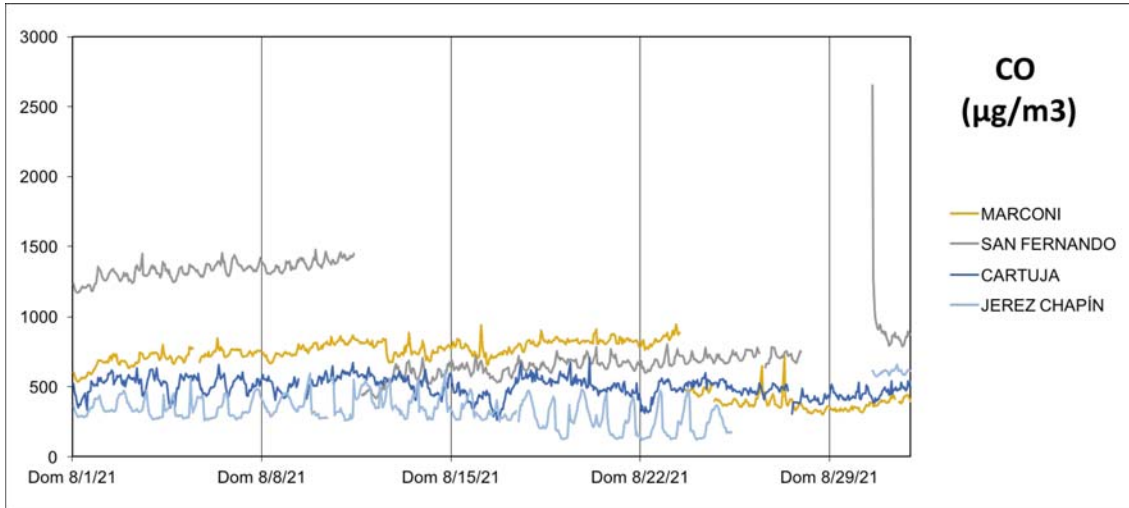
# JULIO 2021



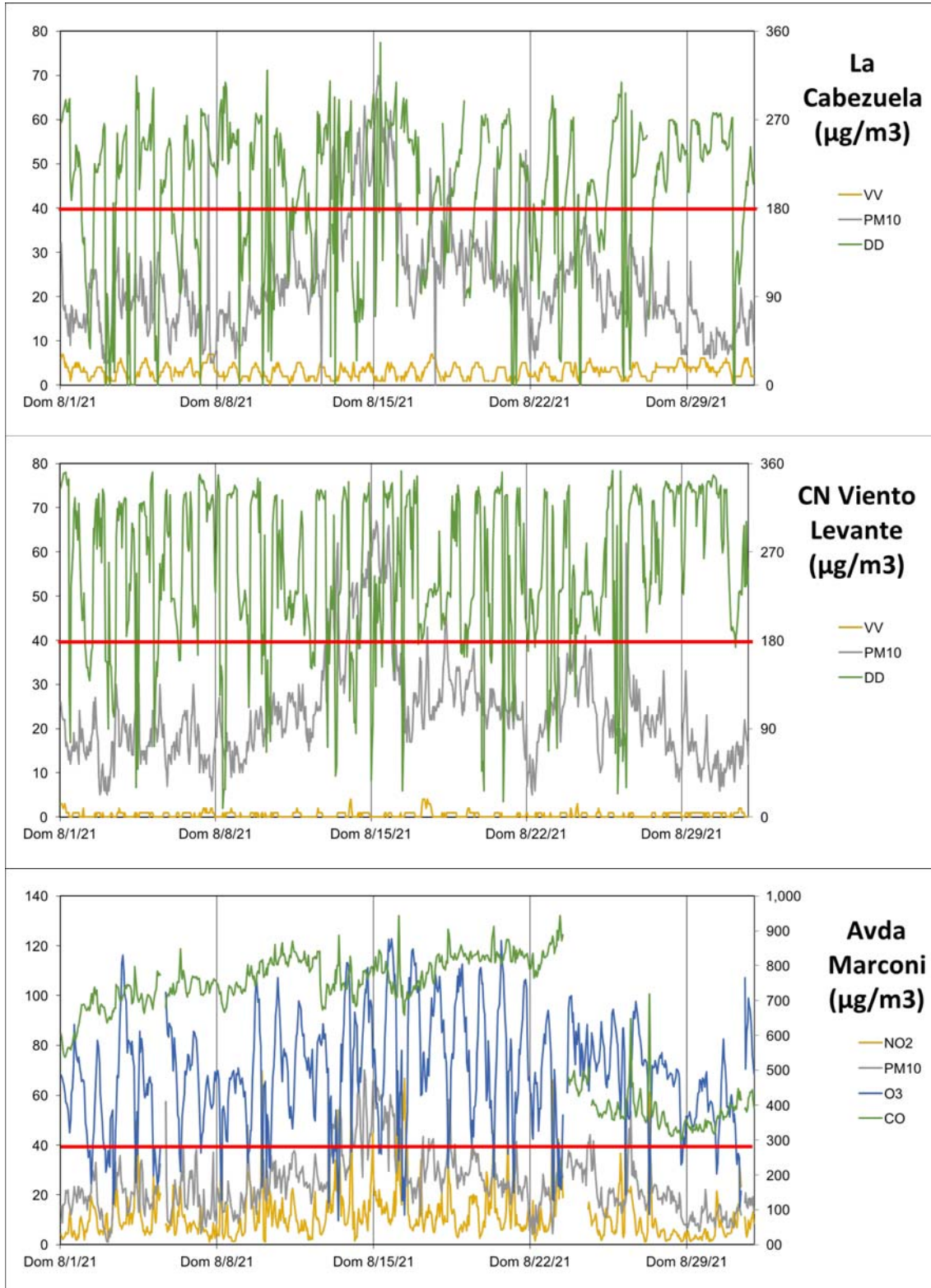
## AGOSTO 2021



# AGOSTO 2021

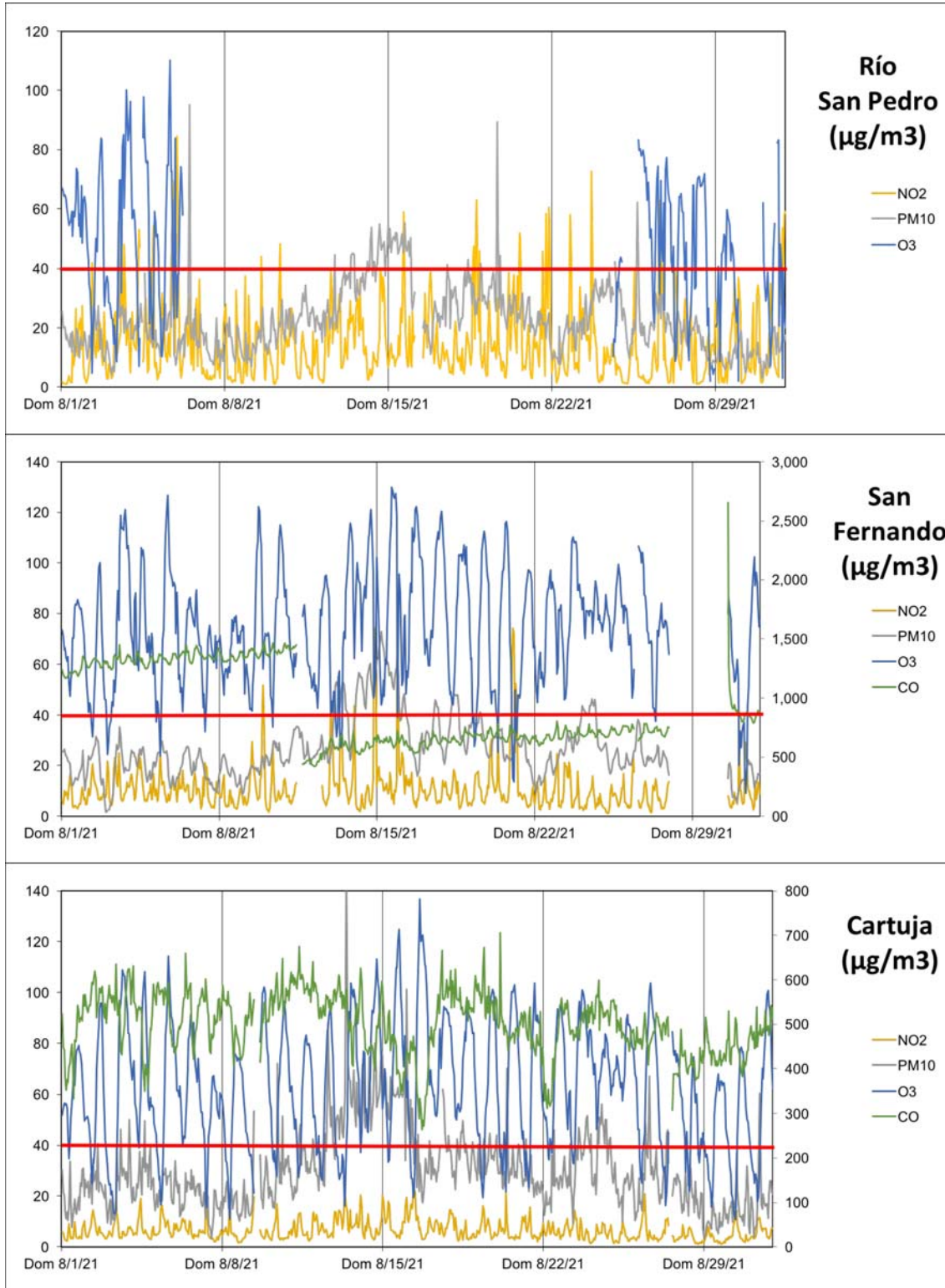


# AGOSTO 2021

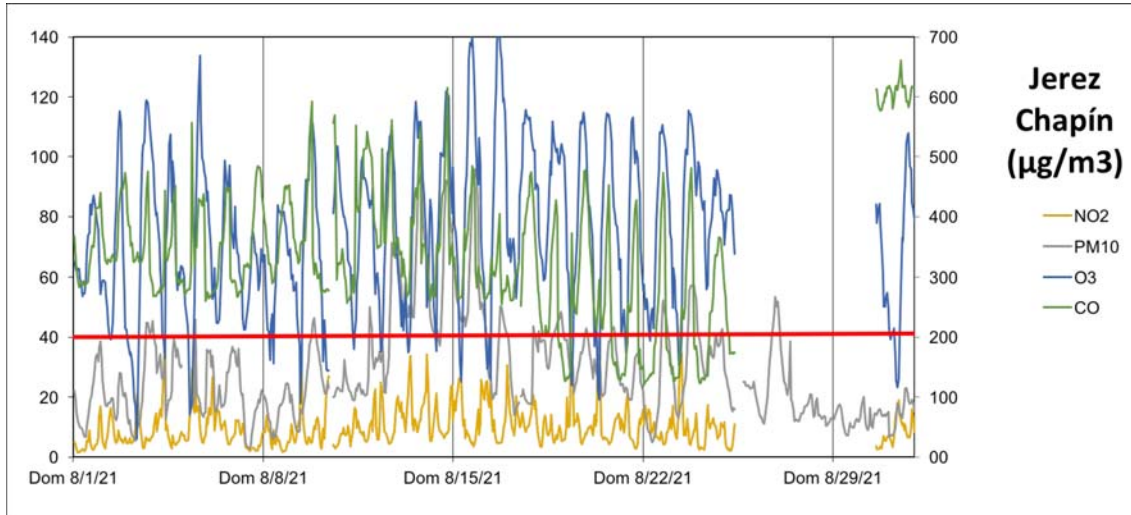




# AGOSTO 2021



## AGOSTO 2021



**ANEXO 2.- Análisis químico de metales traza y ultratrazas  
en PM10**

LOCALIDAD	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA
REF 1	DP54	DP9	DP68	DP86	DP117	DP138	DP141 BLK	DP146	DP155	DP167	DP207	
FECHA IN	31/7/20	6/8/20	29/8/20	8/9/20	18/9/20	4/10/20	7/10/20	12/10/20	21/10/20	1/11/20	6/11/20	
REF 2	1/8/20	7/8/20	30/8/20	9/9/20	19/9/20	5/10/20	8/10/20	13/10/20	22/10/20	2/11/20	7/11/20	
vol(m3)	57,6	57,7	57,9	55,7	57,8	58,3	58,2	58,1	58,2	58,3	58,2	
Concent µg/m3	32,5	35,4	33,4	31,3	26,1	26,3	37,7	27,2	34,9	33,8	90,4	
Origen												
lluvia												
TMP												
HR												
SO2												
CO												
NO												
NO2												
NOX												
O3												
PM10 beta												
DD												
PRB												
RS												
VV												
µg/m3												
PM10	32	35	33	31	26	26	38	27	35	34	90	
Ctotal												
OC												
EC												
CO3=												
SiO2												
Al2O3												
Ca												
K												
Na												
Mg												
Fe												
PO43-												
SO42-												
F-												
SO42-antropogénico												
SO42- marino												
NO3-												
Cl												
NH4+												
PO43- *10												
total												
PM10												
%												
crystal												
marino												
SIC												
OM												
EC												
ng/m3												
Li	0,37	0,32	0,28	0,30	0,19	0,07	0,35	0,18	0,05	0,15	3,02	
Be	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,18	
B												
Sc	0,05	0,05	0,10	0,08	0,06	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,93	
Ti												
V	4,42	1,41	0,77	2,32	1,30	0,39	1,57	1,48	0,93	1,62	8,45	
Cr	0,55	1,14	1,52	3,92	8,84	0,05	1,66	0,36	0,05	13,91	8,54	
Mn												
Co	0,88	0,14	0,14	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,89	
Ni	6,48	1,07	0,05	0,52	0,05	0,45	3,28	2,09	1,07	1,20	7,34	
Cu	50,24	5,63	2,63	0,41	0,37	0,05	8,87	1,38	0,91	15,91	5,84	
Zn	75,83	14,86	3,14	8,79	6,99	7,12	15,08	11,30	7,72	14,93	18,89	
Ga	0,21	0,10	0,11	0,10	0,10	0,05	0,16	0,07	0,05	0,07	1,49	
Ge	0,82	0,05	0,05	0,09	0,15	0,05	0,59	0,13	0,14	0,15	0,94	
As	1,47	0,27	0,55	0,84	0,16	0,29	0,89	0,15	0,13	2,87	0,98	
Se	0,14	0,05	0,20	0,11	0,12	0,05	0,10	0,05	0,07	0,08	0,35	
Rb	0,72	0,56	0,61	0,54	0,30	0,12	0,76	0,44	0,06	0,61	5,39	
Sr	4,79	5,53	4,59	5,22	2,19	1,71	4,37	2,56	2,84	1,88	14,93	
Y	0,56	0,05	0,96	0,62	0,50	0,06	0,31	0,08	0,14	0,22	1,91	
Zr	0,09	0,05	2,28	1,61	1,07	0,05	1,16	0,05	0,27	0,55	7,61	
Nb	0,09	0,05	0,07	0,18	0,21	0,05	0,11	0,05	0,05	0,05	0,92	
Mo	9,48	0,05	34,37	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Ag												
Cd	0,14	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,09	0,05	0,05	0,28	0,09	
Sn	1,40	0,74	0,36	0,46	0,31	0,27	1,41	0,58	0,43	1,58	0,95	
Sb	2,51	0,45	0,07	0,35	0,16	0,06	1,18	0,27	0,18	1,24	0,72	
Cs	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,31	
Ba	11,90	10,29	0,05	21,63	1,01	0,05	8,07	8,09	1,82	12,29	32,73	
La	0,49	0,18	0,38	0,28	0,24	0,05	0,32	0,23	0,05	0,28	2,62	
Ce	0,75	0,33	0,49	0,36	0,39	0,05	0,50	0,22	0,05	0,30	5,23	
Pr	0,08	0,05	0,10	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,60	
Nd	0,34	0,16	0,38	0,24	0,23	0,05	0,21	0,10	0,05	0,13	2,21	
Sm	0,08	0,05	0,15	0,08	0,07	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,45	
Eu	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	
Gd	0,12	0,05	0,21	0,12	0,11	0,05	0,08	0,05	0,05	0,06	0,54	
Tb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	
Dy	0,11	0,05	0,20	0,12	0,10	0,05	0,07	0,05	0,05	0,06	0,39	
Ho	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,08	
Er	0,05	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,21	
Tm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Yb	0,05	0,05	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,18	
Lu	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Hf	0,05	0,05	0,11	0,10	0,08	0,05	0,07	0,05	0,05	0,08	0,31	
Ta	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
W	1,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Tl	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Pb	16,21	1,18	0,45	0,53	1,12	0,75	3,60	1,65	16,87	8,16	10,64	
Bi	0,13	0,43	0,05	0,23	0,28	0,05	0,88	0,05	0,90	0,36	0,57	
Th	0,05	0,05	0,13	0,14	0,12	0,05	0,11	0,05	0,05	0,10	0,76	
U	0,22	0,05	0,41	0,19	0,15	0,05	0,10	0,05	0,08	0,13	0,32	

LOCALIDAD	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	LA CABEZUELA	CABEZUELA	CABEZUELA
REF 1	DP310	DP312	DP354	DP355	DP358	DP362	DP422	DP436	DP437	DP438	DP442	DP443	
FECHA IN	22/12/20	23/12/20	14/1/21	15/1/21	18/1/21	21/1/21	15/2/21	24/2/21	25/2/21	26/2/21	1/3/21	2/3/21	
REF 2	23/12/20	24/12/20	15/1/21	16/1/21	19/1/21	22/1/21	16/2/21	25/2/21	26/2/21	27/2/21	2/3/21	3/3/21	
vol(m3)	58,4	58,6	57,7	57,8	57,8	57,6	56,9	57,1	56,2	56,2	56,5	56,7	
Concent µg/m3	35,6	33,5	31,6	31,3	39,4	33,7	38,1	43,6	47,0	37,2	55,4	69,5	
Origen													
lluvia													
TMP													
HR													
SO2													
CO													
NO													
NO2													
NOX													
O3													
PM10 beta													
DD													
PRB													
RS													
VV													
µg/m3													
PM10	36	33	32	31	39	34	38	44	47	37	55	70	
Ctotal													
OC													
EC													
CO3=													
SiO2													
Al2O3													
Ca													
K													
Na													
Mg													
Fe													
PO43-													
SO42-													
F-													
SO42-antropogénic													
SO42- marino													
NO3-													
Cl													
NH4+													
PO43- *10													
total													
PM10													
%													
crystal													
marino													
SIC													
OM													
EC													
ng/m3													
Li	0,29	0,06	0,05	0,10	0,32	0,05	0,15	0,59	0,77	0,23	1,25	1,81	
Be	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
B													
Sc	0,06	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,21	0,24	0,05	0,38	0,42	
Ti													
V	2,01	5,12	0,38	0,42	1,74	0,34	1,18	2,87	3,24	1,50	0,05	0,05	
Cr	3,29	4,58	0,05	0,26	1,11	0,05	1,80	4,12	2,46	0,05	1,78	2,19	
Mn													
Co	0,27	0,26	0,11	0,20	0,15	0,05	0,09	0,27	0,30	0,11	0,57	0,49	
Ni	12,08	14,03	1,16	2,71	2,19	0,52	1,24	1,62	2,24	0,05	0,05	0,05	
Cu	5,52	9,03	22,25	13,13	8,70	2,46	3,06	2,11	2,15	0,70	0,05	0,05	
Zn	24,53	29,69	0,05	6,95	0,05	0,05	12,39	7,29	17,49	5,68	14,67	20,83	
Ga	0,12	0,07	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,40	0,43	0,12	0,76	0,76	
Ge	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,43	0,19	0,05	0,05	0,05	
As	0,14	0,08	2,32	1,88	0,42	0,05	0,31	0,74	0,33	0,25	0,05	0,21	
Se	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,12	0,17	0,05	0,15	0,11	
Rb	0,62	0,23	0,52	0,77	1,35	0,05	0,29	1,17	1,54	0,59	2,98	3,23	
Sr	5,51	2,86	0,05	0,36	2,22	3,11	6,14	9,24	8,39	4,22	9,74	11,98	
Y	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,16	0,58	0,51	0,05	0,75	0,56	
Zr	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,68	2,64	2,67	0,05	3,84	2,88	
Nb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,33	0,32	0,08	0,44	0,54	
Mo	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	8,42	38,81	0,05	0,05	0,05	0,05	
Ag													
Cd	0,05	0,10	0,25	0,39	0,12	0,05	0,05	0,05	0,07	0,05	0,05	0,07	
Sn	1,01	1,27	1,55	1,87	1,36	0,24	0,34	0,52	0,53	0,38	0,58	0,97	
Sb	0,79	1,73	0,68	0,71	1,58	0,10	0,05	0,12	0,12	0,05	0,22	0,86	
Cs	0,05	0,05	0,05	0,05	0,29	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	
Ba	11,76	10,77	0,05	2,56	2,72	1,22	2,89	9,85	9,62	3,13	22,83	24,90	
La	0,22	0,05	0,05	0,05	0,12	0,05	0,15	0,79	0,80	0,13	1,40	1,50	
Ce	0,16	0,05	0,05	0,05	0,17	0,05	0,22	1,55	1,61	0,27	2,90	3,01	
Pr	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,17	0,17	0,05	0,25	0,27	
Nd	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,65	0,65	0,05	1,17	1,25	
Sm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,13	0,12	0,05	0,16	0,16	
Eu	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Gd	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,15	0,13	0,05	0,15	0,13	
Tb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Dy	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,11	0,08	0,05	0,08	0,05	
Ho	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Er	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Tm	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Yb	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Lu	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Hf	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,10	0,05	0,05	0,05	
Ta	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
W	0,29	0,17	0,05	0,67	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	1,60	0,05	
Tl	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	
Pb	4,58	10,15	7,20	9,47	6,05	0,05	0,48	0,59	4,81	0,63	1,98	5,66	
Bi	0,49	0,06	0,46	0,43	0,33	0,20	0,35	0,05	0,16	0,10	0,05	0,05	
Th	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,20	0,20	0,05	0,30	0,27	
U	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,09	0,05	0,05	0,05	0,05	











