



**Intendencia  
Montevideo**

# **INFORME DE CALIDAD DE AIRE Año 2022**

**Informe anual**



Foto: Claudio Di Mauro / Intendencia de Montevideo

**Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental  
Gerencia de Gestión Ambiental  
Departamento de Desarrollo Ambiental  
Intendencia de Montevideo**

## **AUTORIDADES GOBIERNO DEPARTAMENTAL**

Intendenta  
Carolina Cosse

Secretaria General  
Olga Otegui

Sr. Director General del Departamento de Desarrollo Ambiental  
Guillermo Moncecchi

Gerenta de Gestión Ambiental  
Verónica Piñeiro

Sra. Directora (I) del Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental  
Susana González

Autores del Informe (Unidad Calidad de Aire):

**Pablo Franco**  
**Rodrigo Iglesias**

El equipo de trabajo esta integrado además por  
Pasantes de Udelar:

Pablo Mamrut  
Florencia Pólvora

**Unidad Calidad de Aire**  
**Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental**  
**Camino al Faro N°100, Punta Carretas**  
**CP 11300 - Montevideo Uruguay**  
**Teléfono - 1950 9806**  
**calidadycontrolambiental@imm.gub.uy**  
**www.montevideo.gub.uy**

---

## RESUMEN EJECUTIVO

En el año 2022, la Red de Monitoreo operó cuatro estaciones que se encuentran ubicadas con el objetivo de evaluar la calidad del aire de base del departamento de Montevideo (Ciudad Vieja, Tres Cruces, Curva de Maroñas, y Colón) y dos estaciones que se encuentran ubicadas con el objetivo de evaluar el efecto sobre la calidad del aire de alguna fuente significativa (La Teja y Palacio Legislativo).

La Red de Base de Monitoreo comenzó a funcionar en el año 2005, mayoritariamente con equipos integrativos de 24 horas. Estos equipos que permiten medir promedios diarios, están aún en funcionamiento y permiten determinar Material Particulado menor de 10 micras (PM10), Material Particulado Total (PTS), Humo Negro (HN) y dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

En forma gradual a partir del año 2009, se fueron incorporando datos de estaciones automáticas que se encuentran ubicadas en el departamento de Montevideo constituyéndose la Red orientada a fuentes significativas, tres de ellas pertenecen a la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) y una que es propiedad de Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP).

En el año 2014 se incorporaron estaciones automáticas a la Red Base. Estas estaciones están equipadas para medir PM10, PM2.5, NO<sub>2</sub> y en el año 2018 se incorporó la medida de O<sub>3</sub> en dos de ellas. También en 2018 comenzó a funcionar una nueva estación automática que pertenece a la Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental (DINACEA), aunque esta no permitió obtener suficientes datos válidos durante el año 2022.

Estos equipos permiten evaluar la concentración de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), material particulado menor de 10 y de 2.5 micras (PM10 y PM2.5) y azufres reducidos totales (TRS).

En este informe se presentan los resultados obtenidos por la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Montevideo en el año 2022. Los informes anuales anteriores y los informes semanales se encuentran publicados en el sitio web institucional: <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/ambiente/calidad-del-aire>

# 1

## ***Red de Monitoreo de Calidad del Aire***

### **1.1 Arreglos Institucionales**

En el año 2004 se inicia la operación de la Red de Monitoreo a través de diferentes estaciones ubicadas en el departamento de Montevideo.

En la actualidad la Red cuenta con el aporte de equipos de diferentes instituciones: Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental del Ministerio de Ambiente (DINACEA), Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) y Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP), además de los propios de la Intendencia de Montevideo (IM).

Los arreglos interinstitucionales son diferentes en cada caso. En lo que refiere a DINACEA se acordó compartir el equipamiento, estando el Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental (ECCA – IM) a cargo de la operación y del análisis de los datos obtenidos. En el caso de los datos provenientes de las estaciones operadas por UTE, se realiza la transferencia de datos semanalmente para ser procesados e informados por la Unidad de Calidad de Aire del ECCA. En el caso de la estación automática de ANCAP, se realiza el envío de datos semanalmente, en forma análoga a UTE, accediéndose en línea a los registros de dicha estación.

### **1.2 Parámetros determinados y métodos de medida**

#### **1.2.1 Material Particulado**

##### **1.2.1.1 Definición**

El término Material Particulado incluye partículas sólidas o líquidas que, por su pequeño tamaño, permanecen suspendidas en el aire.

La caracterización de las partículas suspendidas en el aire se realiza de acuerdo a su tamaño. El tamaño al que refiere se indica en el nombre PM<sub>n</sub>; la n corresponde al diámetro aerodinámico de las partículas retenidas (usualmente expresado en  $\mu\text{m}$ ). El diámetro aerodinámico (da) se define como diámetro de una partícula ideal perfectamente esférica, de densidad relativa igual a la unidad que tiene la misma velocidad de sedimentación en el aire que la partícula real.

El conjunto de partículas que se encuentran efectivamente suspendidas en el aire son aquellas que tienen un diámetro aerodinámico menor de 100  $\mu\text{m}$ . El material particulado total se denomina PTS (Partículas Totales en Suspensión) y es la suma de todas las partículas suspendidas hasta 100  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico. El particulado grueso o PM10 corresponde a la fracción de partículas cuyo diámetro aerodinámico es menor de 10  $\mu\text{m}$ . El material particulado fino corresponde a la fracción menor de 2.5  $\mu\text{m}$  de diámetro aerodinámico; se denomina también fracción respirable porque alcanza los alvéolos y eventualmente llega al torrente sanguíneo.

La porción de material particulado proveniente de la combustión incompleta de combustibles contiene una alta concentración de carbono orgánico en su composición. Este parámetro se puede evaluar a través de diferentes metodologías que permiten estimar la cantidad de este parámetro en el aire. Usualmente se lo conoce como Humo Negro (Black Smoke) y la definición incluye el método de medida utilizado. En este informe se define como las unidades internacionales de humo negro por metro cúbico de especies que disminuyen la reflectancia de la luz.

### 1.2.1.2 Metodología de medida

#### Muestreadores manuales de Alto Volumen (Hi Vol)

Los equipos denominados de alto volumen aspiran aproximadamente 1700 m<sup>3</sup> de aire en 24 horas. El operador debe colocar un filtro previamente pesado que es retirado luego de 24 horas de exposición. La masa recogida durante la exposición corresponde al Material Particulado y se expresa en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . El equipo que se muestra en la Ilustración 1.1 se utiliza para la determinación de PM10, con un cabezal diferente, el mismo puede utilizarse para determinar PTS.

La referencia normalizada en la calidad del aire ambiente para ambos métodos está definida para la concentración en el aire en 24 horas de exposición.

#### Tren de muestreo para Humo Negro

El Humo Negro es un parámetro método-definido. En este caso se determina en un equipo manual, haciendo circular el aire en un flujo promedio de 8 m<sup>3</sup> en 24 horas. El material particulado es retenido en un filtro donde posteriormente se determina la reflectancia y se correlaciona con un modelo de índice de oscurecimiento en función de la masa retenida. Las dimensiones del equipo, características del ensayo y curvas del modelo están descritas en los procedimientos publicados en Selected Methods of Measuring Air Pollutants por la Organización Mundial de la Salud.

Una imagen de un tren de monitoreo se muestra en la Ilustración 1.2

## Estaciones continuas de material particulado

Los equipos que se utilizan para la medición de material particulado en las estaciones automáticas utilizan como principio de medida la atenuación de rayos beta o la dispersión de luz (lightscattering). En algunos casos están configurados para la detección de PM10 y en otros para la detección de PM2.5. Una imagen de uno de estos equipos se muestra en la Ilustración 1.3.

Los de atenuación beta se basan en el bombeo de aire ambiente a flujo constante a través de un filtro continuo durante un lapso establecido. Posteriormente el filtro se expone a una fuente de radiación Beta (usualmente C14), donde se determina la atenuación de energía emitida al atravesar el filtro cargado. Esta disminución es proporcional a la variación de masa, por lo que es posible determinar la concentración en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Como el método es muy sensible a pequeñas variaciones, es posible realizar el análisis con frecuencias mayores. El estándar de comparación sigue siendo 24 horas, pero a partir de los resultados de estas estaciones se puede estudiar el perfil de inmisiones a lo largo del día y asociarlo a cambios en dirección y velocidad de viento.

Los equipos que miden material particulado por dispersión de luz se basan en la medida de la luz dispersada por las partículas cuando un haz de luz incide sobre ellas. La intensidad de esa luz dispersada es proporcional a la concentración de las partículas presentes en un flujo de aire continuo. Dichos equipos registran la concentración de material particulado cada uno o dos minutos y promedian los datos obtenidos en forma horaria para la evaluación posterior.



Ilustración 1.1 Hi Vol configurado para PM10



Ilustración 1.2 Tren de Monitoreo

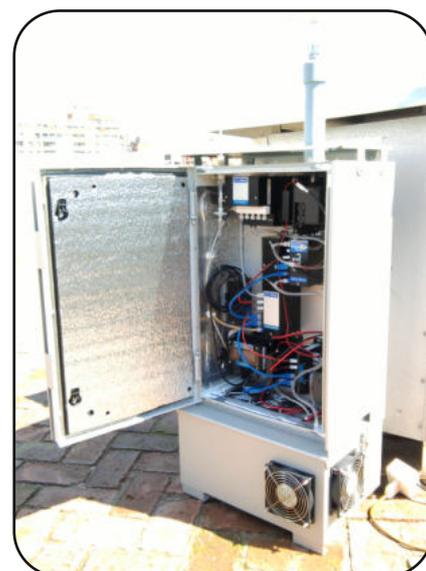


Ilustración 1.3 Equipo Automático de Material Particulado Lightscattering

## 1.2.2 Gases

### 1.2.2.1 Definición

En el año 2022 se determinaron; dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>), monóxido de carbono (CO) y azufres reducidos totales (TRS). Estos gases pueden ser generados por fenómenos naturales, pero su concentración se ve aumentada por diversos procesos asociados a la producción, transporte y generación de energía.

### 1.2.2.2 Metodología de medida

#### Equipo manual en tren de muestreo para dióxido de azufre

Se recoge aire a un flujo promedio de 8 m<sup>3</sup> en 24 horas y se hace burbujear en una solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. La determinación del SO<sub>2</sub> retenido en 24 horas se realiza midiendo la concentración del ion sulfato (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>) en la solución. Las dimensiones del equipo, características del ensayo están descritas en los procedimientos publicados en Selected Methods of Measuring Air Pollutants por la Organización Mundial de la Salud.

Durante el año 2022 la mayoría de los muestreos realizados con estos equipos presentaron resultados por debajo del límite de cuantificación del método analítico, por lo que no se presenta una evaluación numérica ni gráfica de los mismos.

#### Equipos automáticos para la detección de gases

Las estaciones automáticas para la determinación de gases se basan en metodologías analíticas diferentes para cada gas, pero el esquema de funcionamiento de cada analizador es similar. Se bombea constantemente aire ambiente a una cámara estabilizadora de la temperatura y luego se introduce en el analizador. La señal del analizador es proporcional a la concentración del gas en el aire. Dicha señal se procesa de manera de obtener el promedio de la concentración en una hora. Ejemplos de estaciones de este tipo se muestran en la Ilustración 1.4.

**Dióxido de azufre:** estos analizadores se basan en la emisión de fluorescencia. El gas al pasar por la celda de detección es excitado con una fuente de radiación UV de 216 nm. La molécula excitada emite radiación a una longitud de onda diferente (entre 240 y 420 nm). La intensidad de esta radiación es proporcional a la concentración.

**Monóxido de carbono:** Se utiliza la detección directa mediante espectroscopia infrarroja no dispersiva. El gas es irradiado con una fuente de energía infrarroja; la absorción de esta energía es proporcional a la concentración de gas presente en la cámara.

**Dióxido de nitrógeno:** Hay dos metodologías operativas en la Red.

En las estaciones La Teja y Palacio Legislativo, se utilizan analizadores que se basan en el fenómeno de quimioluminiscencia. Se hace reaccionar óxido nítrico (NO) con ozono en exceso; esto produce una especie química excitada que emite luz a 1200 nm en forma proporcional a su concentración. Para la determinación de NO<sub>2</sub>, previamente se procede a la conversión de NO<sub>2</sub> a NO, generalmente usando convertidores químicos del tipo de carbón activado o molibdeno.

En las estaciones Tres Cruces y Curva de Maroñas, se determina NO<sub>2</sub> con sensores electroquímicos sensibles al gas. Estos sensores son mucho menos sofisticados y por ende apropiados para mediciones indicativas, que cumplen con objetivos de calidad menos estrictos. (Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo -21/05/2008)

**Azufres reducidos totales:** estos analizadores tienen un principio similar a los equipos de dióxido de azufre, pero agregan un convertidor que oxida los compuestos reducidos a SO<sub>2</sub> en el aire antes que ingrese a la unidad analizadora.



Ilustración 1.4 Estación automática de gases

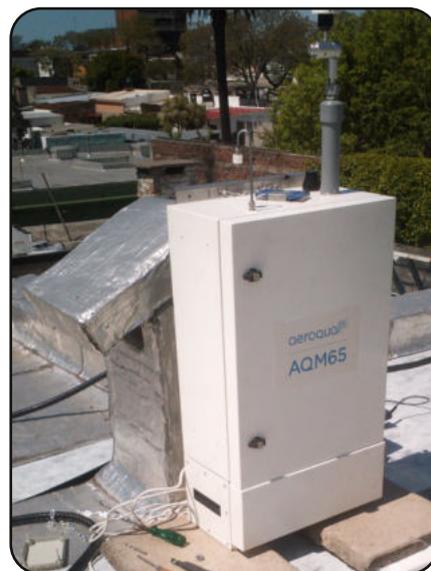


Ilustración 1.5 Estación material particulado y gases

### 1.3 Configuración de la Red de Monitoreo

#### 1.3.1 Red Base

En la Tabla 1.1 se indica la ubicación y los parámetros que se monitorean en cada estación. En la Ilustración 1.6 se muestra el mapa correspondiente.

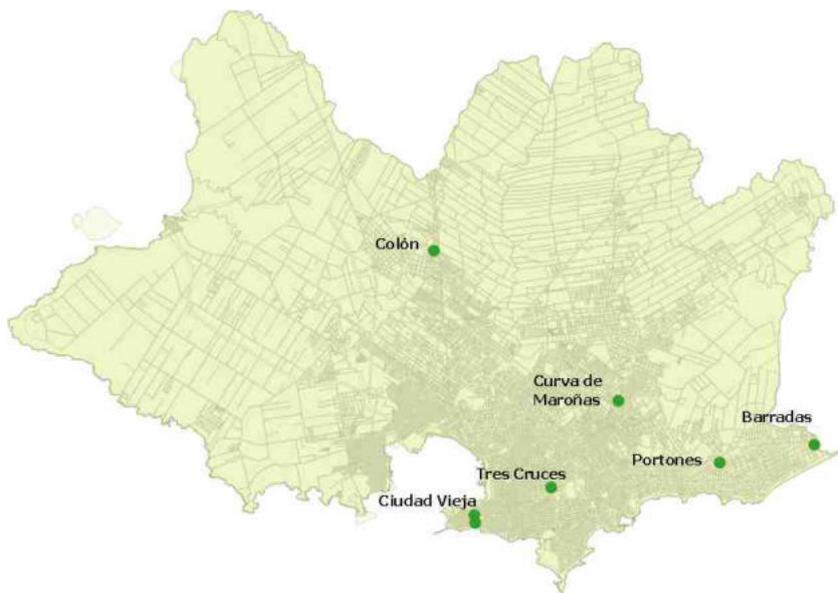


Ilustración 1.6 Mapa Red Base

Nombre	Referencia	Dirección	PTS	PM10	PM2.5	TREN MONITOREO	NO2	O3	SO2
Ciudad Vieja	Academia Uruguay AEBU Museo Romántico	Juan Carlos Gómez y 25 de mayo Camacurá y Reconquista 25 de mayo y Zabala			X	X			
Tres Cruces	Plaza Artigas	Bv Artigas y Av 8 de octubre			X		X		
Curva de Maroñas	Comunal 9	8 de octubre y M Sastre		X	X	X	X	X	
Portones de Carrasco	Policlínica Lugo	Av Italia y Av Bolivia		X		X			
Colón	MTOP	Garzón y Cno Colman	X	X				X	
Barradas	Barradas	Barradas y Av Italia			X				X

Tabla 1.1 Ubicación y parámetros por estación

### 1.3.2 Red Orientada a Fuentes Significativas

En la Tabla 1.2 se indican los parámetros monitoreados y en la Ilustración 1.7 se muestra el mapa correspondiente.

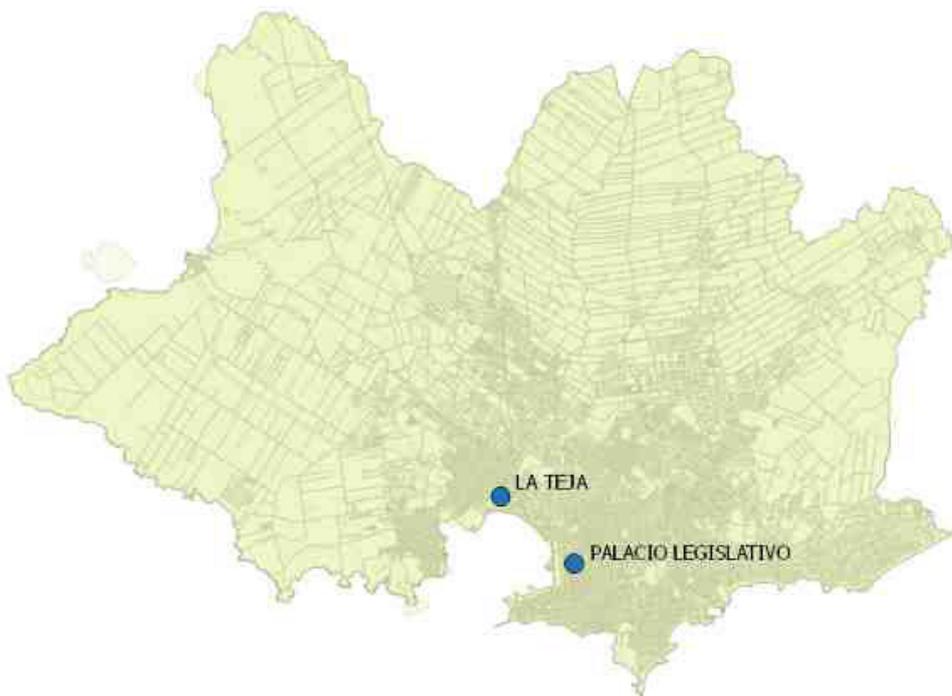


Ilustración 1.7 Mapa de Red Orientada a Vigilancia de Fuentes significativas

Nombre	Propietario	Dirección	PM10	PM2.5	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	TRS	PARAMETROS METEOROLOGICOS
La Teja	ANCAP	Del Cid y Yañez Pinzón		X	X	X	X	X	X
Palacio Legislativo	UTE	Guatemala y Acuña de Figueroa	X		X	X	X		X

Tabla 1.2 Ubicación y parámetros por estación

## 1.4 Marco Normativo

Uruguay cuenta con un decreto que establece estándares de calidad de aire desde mayo del año 2021, cuando se aprobó el decreto 135/021.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su revisión del año 2021, estableció criterios más exigentes de calidad de aire. En el documento Guías de la calidad del aire de la OMS, se presentan valores guía de calidad de aire (GCA) y objetivos intermedios. Las GCA surgen a partir de estudios de la relación entre la contaminación del aire y sus consecuencias para la salud. Los valores guías establecidos, asociados a valores de mortalidad y morbilidad, no pueden proteger plenamente la salud humana, ya que los umbrales mínimos de aparición de efectos adversos no se han podido determinar.

En las tablas que aparecen a continuación, se resumen los valores utilizados en este informe.

Contaminante	Periodo	Ministerio Ambiente	OMS-GCA	IM
PM10	24horas	75 ug/m <sup>3</sup>	45 ug/m <sup>3</sup>	
	Anual	30 ug/m <sup>3</sup>	15 ug/m <sup>3</sup>	
PM2.5	24horas	35 ug/m <sup>3</sup>	15 ug/m <sup>3</sup>	
	Anual	25 ug/m <sup>3</sup>	5 ug/m <sup>3</sup>	
PTS	24horas			150 ug/m <sup>3</sup>
	Anual			75 ug/m <sup>3</sup>
SO2	1hora	300 ug/m <sup>3</sup>		
	24horas	50 ug/m <sup>3</sup>	40 ug/m <sup>3</sup>	
NO2	1hora	200 ug/m <sup>3</sup>	200 ug/m <sup>3</sup>	
	Anual	40 ug/m <sup>3</sup>	10 ug/m <sup>3</sup>	
CO	1hora	30000 ug/m <sup>3</sup>		
	8horas	10000 ug/m <sup>3</sup>	10000 ug/m <sup>3</sup>	
O3	8horas	100 ug/m <sup>3</sup>	100 ug/m <sup>3</sup>	
TRS	24 horas	7 ug/m <sup>3</sup>		

## 1.5 Cálculos estadísticos

Para el procesamiento de los datos se utilizaron los siguientes programas:

- R (<http://www.r-project.org/>)
- Paquete openair para R Carslaw, D.C. and K. Ropkins, (2012). openair — an R package for air quality data analysis. Environmental Modelling & Software. Volume 27-28, 52-61.

# 2

## RESULTADOS DE RED MONITOREO 2022

En este capítulo se describen las características de cada estación y se muestra un resumen de los resultados en las mismas durante el año 2022.

### 2.1 Comunicación de Resultados - Categorías de calidad de aire

En la Tabla 2.1 se muestran las distintas categorías y el rango de concentraciones de cada nivel (por ejemplo: si la concentración promedio de 24 horas de PM10 es menor de 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  corresponde una calidad BUENA). Estas categorías han sido modificadas en el año 2022, considerando los valores de los objetivos de calidad de aire del Decreto 135/021.

El valor que separa las categorías MODERADA y REGULAR en cada parámetro, corresponde al objetivo de calidad de aire de esta normativa nacional.

Los informes, de frecuencia semanal, se publican en el sitio web de la Intendencia de Montevideo <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/ambiente/calidad-del-aire/informes-semanales-de-calidad-de-aire>.

CATEGORÍAS	PM 2,5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	O <sub>3</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	NO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	SO <sub>2</sub> ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	TRS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
MUY BUENA	0-15	0-45	0-60	0-40	0-10	0-3,0	0-4500
BUENA	16-25	46-50	61-80	41-75	11-20	3,1-5,0	4501-7000
MODERADA	26-35	51-75	81-100	76-200	21-50	5,1-7,0	7001-10000
REGULAR	36-75	76-150	101-160	201-500	51-125	7,1-11,0	10001-15000
MALA	>75	>150	>160	>500	>125	>11,0	>15000

Tabla 2.1 Rangos de concentraciones de las categorías de calidad de aire

## 2.2 Estación 1: Ciudad Vieja

Estación de Base

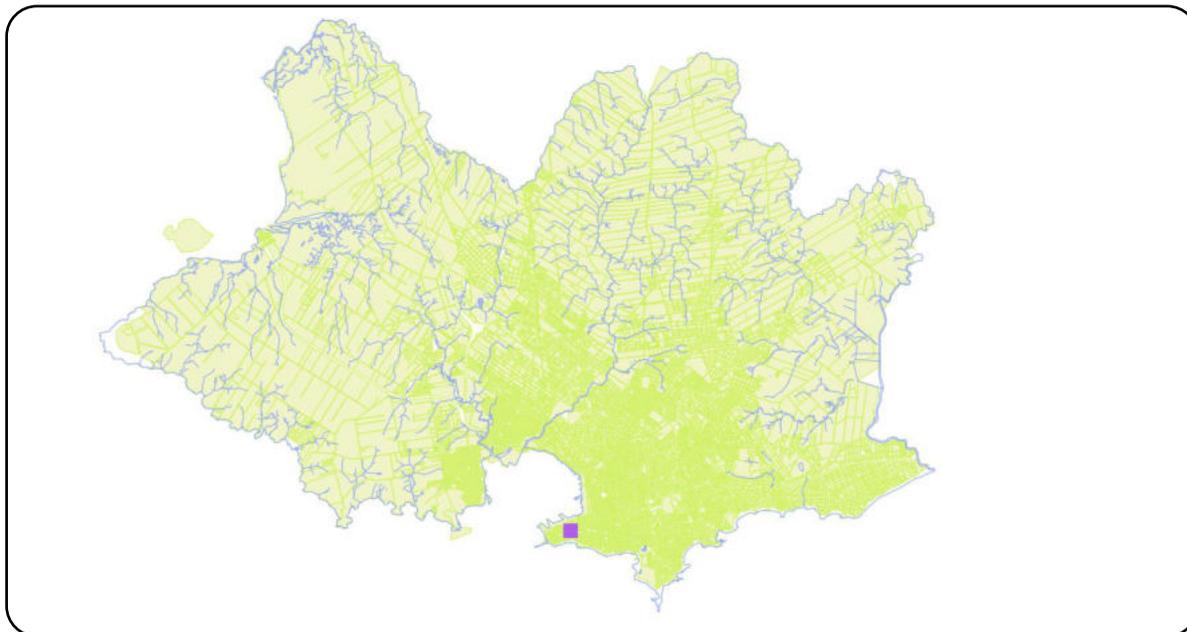
### Academia Uruguay

SIRGAS 2000	X= 572795	Altura sobre Nivel del mar 20 m
UTM ZONE 21S	Y= 6137122	Elevación desde la calzada 9 m

### Sede de Asociación de Empleados Bancarios del Uruguay

SIRGAS 2000	X= 572831	Altura sobre Nivel del mar 4 m
UTM ZONE 21S	Y= 6136774	Elevación desde la calzada 3 m

Parámetro	Unidades		Método de Medida	Frecuencia
<b>Material Particulado PM2.5</b>	PM2.5	ug/m <sup>3</sup>	Lightscattering	Horario
<b>Humo Negro</b>	HN	ug/m <sup>3</sup>	Reflectometría	24 horas cada 12 días



Mapa 2.1 Ciudad Vieja

El monitor automático de PM2.5 estuvo en la Academia Uruguay hasta el 5 de julio y luego fue trasladado al Museo Casa de Antonio Montero (Museo Romántico). Desde el 12 de julio los datos corresponden a esa ubicación.

### Humo Negro año 2022

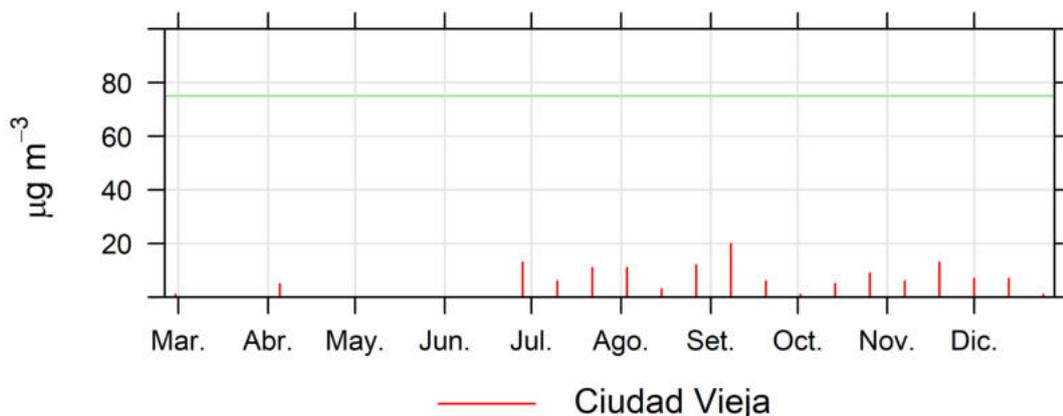


Ilustración 2.1 - Resultados de Humo Negro de la estación

### Promedios diarios PM<sub>2.5</sub> año 2022

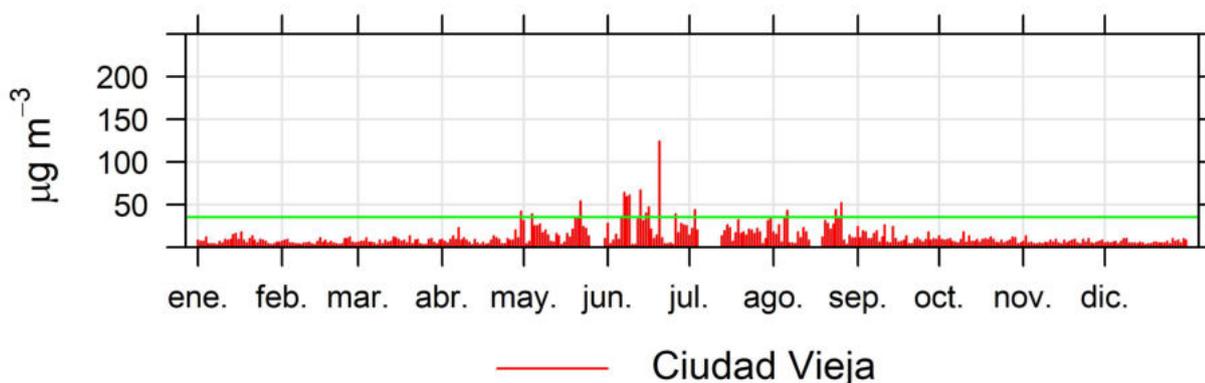


Ilustración 2.2 - Resultados de PM<sub>2.5</sub> de la estación

Durante el año 2022, se tomaron 18 muestras válidas de Humo Negro, en el tren de monitoreo. La mayoría de los resultados de SO<sub>2</sub> se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método. Por esa razón no se hace una evaluación numérica de los resultados.

En la estación automática se registraron valores válidos de PM<sub>2.5</sub> durante 348 días, lo que representa el 95% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>2.5</sub> (35 µg/m<sup>3</sup>) se superó 16 días en el año 2022 (4.6% de los días evaluados). Estos eventos se registraron entre fines de abril y agosto.

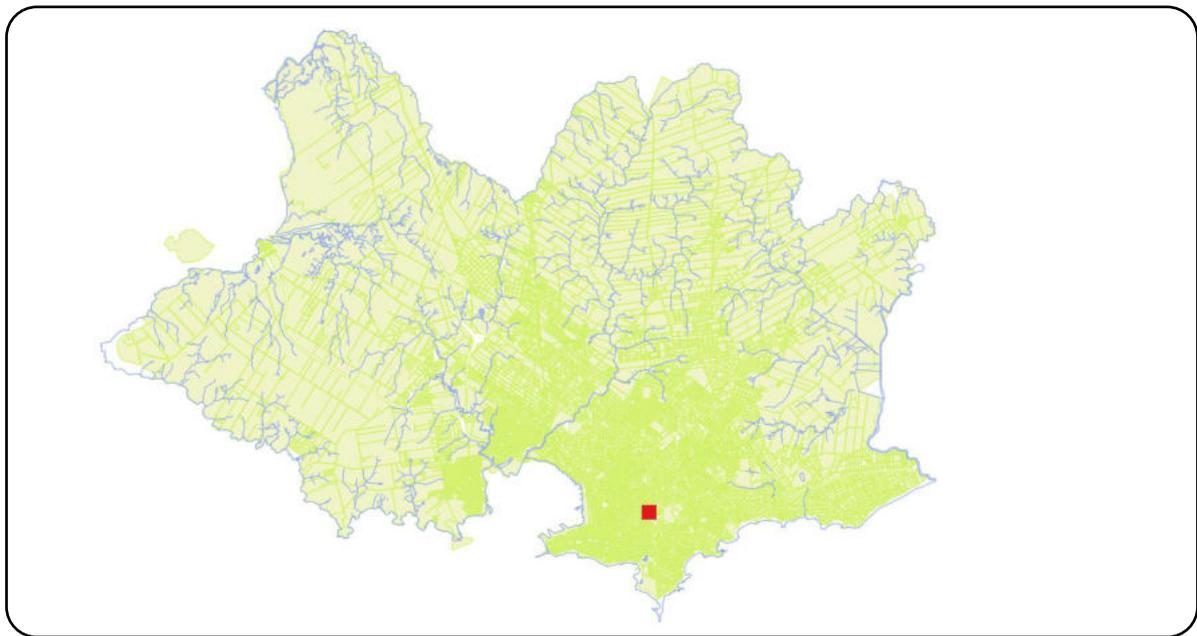
### 2.3 Estación 5: Tres Cruces

Estación de Base

#### Plaza Artigas

SIRGAS 2000 X=576324 Altura sobre Nivel del mar 45 m  
 UTM ZONE 21S Y= 6138361 Elevación desde la calzada 2m

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado 2.5	PM2.5 ug/m <sup>3</sup>	Lightscattering	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	Sensor	Horaria



Mapa 2.2 Tres Cruces

### Promedios diarios PM<sub>2.5</sub> año 2022

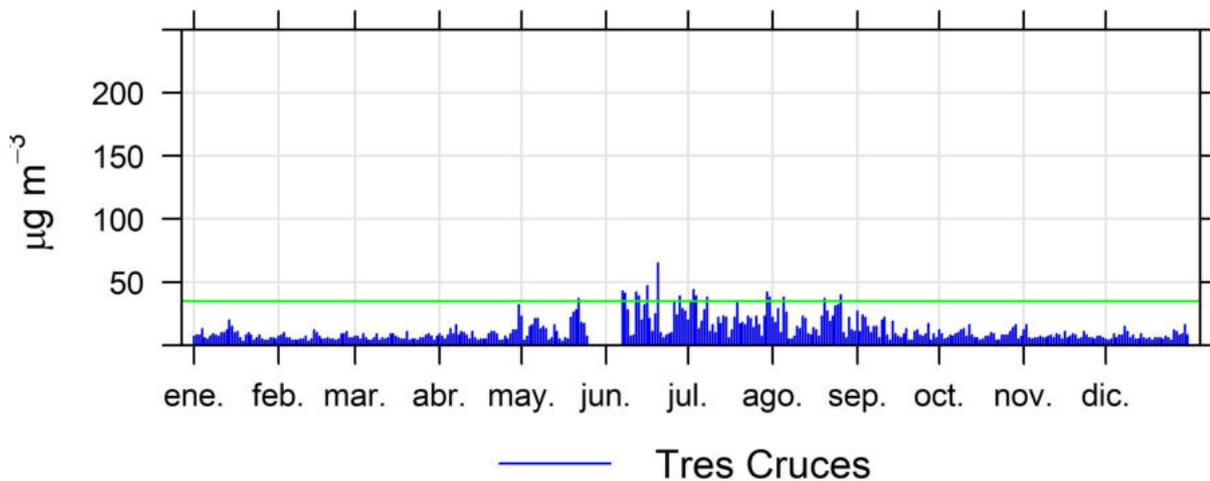
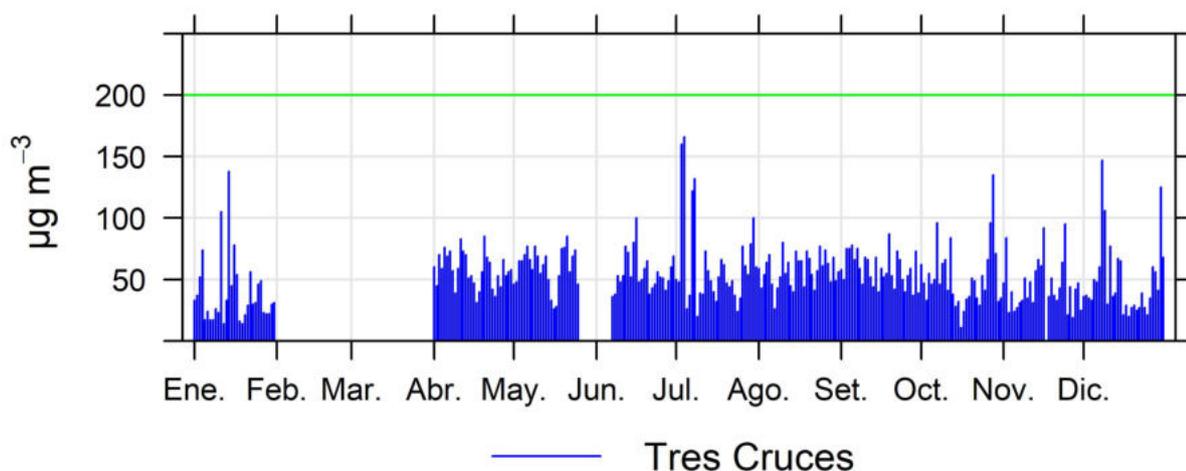


Ilustración 2.3 - Resultados PM<sub>2.5</sub> de la estación

## Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2022



**Ilustración 2.4 - Resultados NO<sub>2</sub> de la estación**

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>2.5</sub> durante 353 días, lo que representa el 97% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>2.5</sub> (35 µg/m<sup>3</sup>) se superó 16 días en el año 2022 (4.5% de los días evaluados). Estos eventos se registraron entre mayo y agosto.

Para el NO<sub>2</sub> se obtuvieron valores válidos durante 293 días, lo que representa el 80% del año. La mayoría de los datos faltantes se debió a que durante febrero y marzo el sensor no estuvo calibrado. El valor objetivo de calidad para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en ningún día del año.

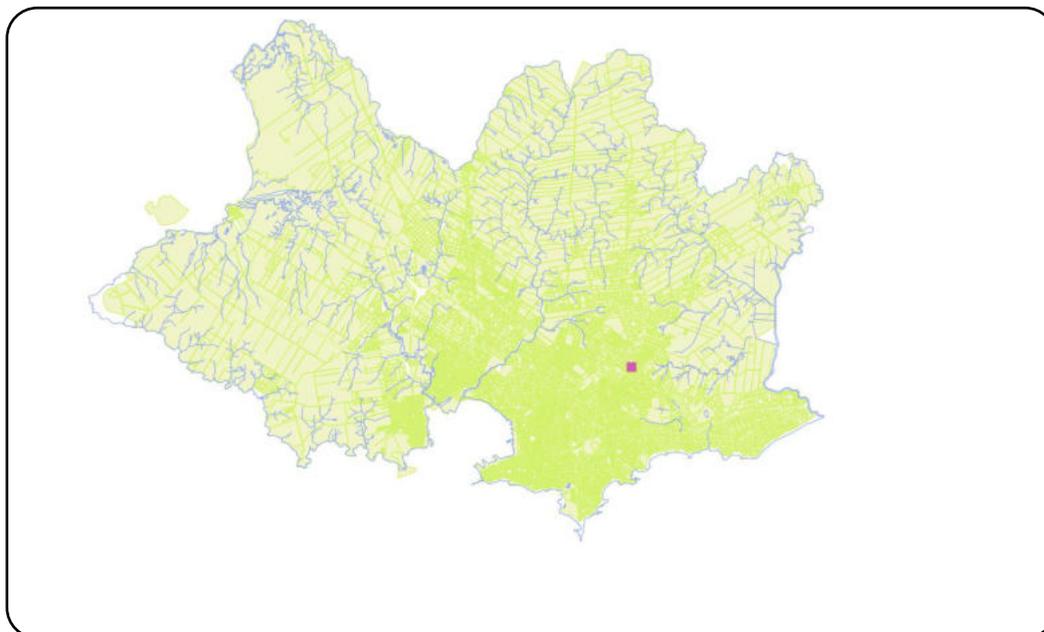
## 2.4 Estación 6 : Curva de Maroñas

Estación de Base

### Centro Comunal Zonal N° 9

SIRGAS 2000 X=579221 Altura sobre Nivel del mar 53 m  
 UTM ZONE 21S Y= 6142263 Elevación desde la calzada 5 m

Parámetro	Unidades	Medida	Frecuencia
<b>Material Particulado PM2.5</b>	PM2.5 ug/m <sup>3</sup>	Lightscattering	Horaria
<b>Dióxido de nitrógeno</b>	NO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	Sensor	Horaria
<b>Ozono</b>	O <sub>3</sub> ug/m <sup>3</sup>	Sensor	Horaria
<b>Material Particulado (manual)</b>	PM10 ug/m <sup>3</sup>	Hivol	24 horas cada 12 días
<b>Humo Negro</b>	HN ug/m <sup>3</sup>	Reflectometria	24 horas cada 12 días



**Mapa 2.3 Curva de Maroñas**

El monitor automático de la Estación Curva de Maroñas, que tiene sensores de PM2.5, NO2 y O3 estuvo fuera de servicio durante gran parte del año 2022. Por esa razón solo se obtuvieron 145 valores válidos de PM2.5, 118 de NO2 y 101 de O3. Las medidas de estos parámetros se retomaron en el mes de agosto, como se ve en las Ilustraciones 2.5, 2.6 y 2.7.

Dentro de ese período el valor objetivo de PM2.5 (35 µg/m<sup>3</sup>) se superó en 2 días del mes de agosto.

Para el NO2 no hay superaciones del valor objetivo (200 µg/m<sup>3</sup>).

### Promedios diarios PM<sub>2.5</sub> año 2022

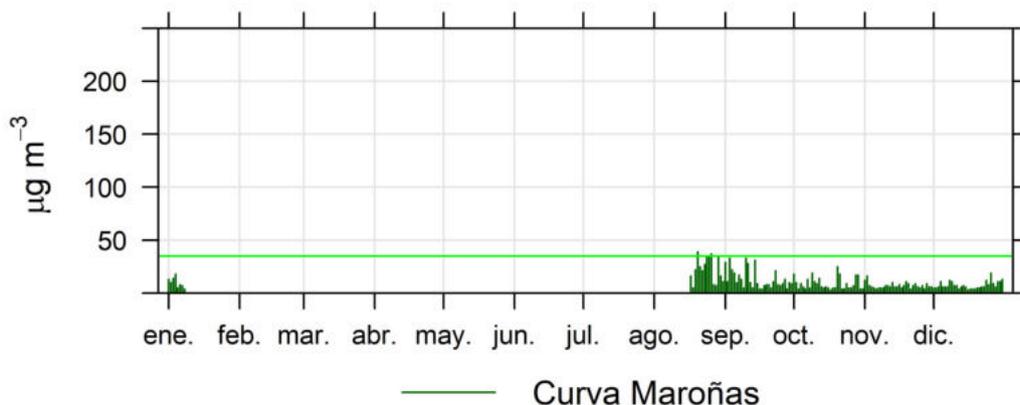


Ilustración 2.5 - Resultados PM<sub>2.5</sub> de la estación

### Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2022

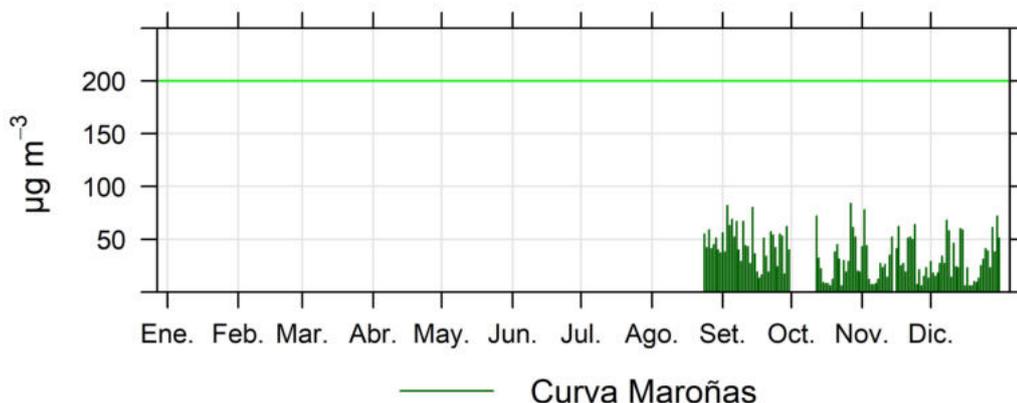


Ilustración 2.6 - Resultados NO<sub>2</sub> de la estación

### Máximos diarios O<sub>3</sub> año 2022

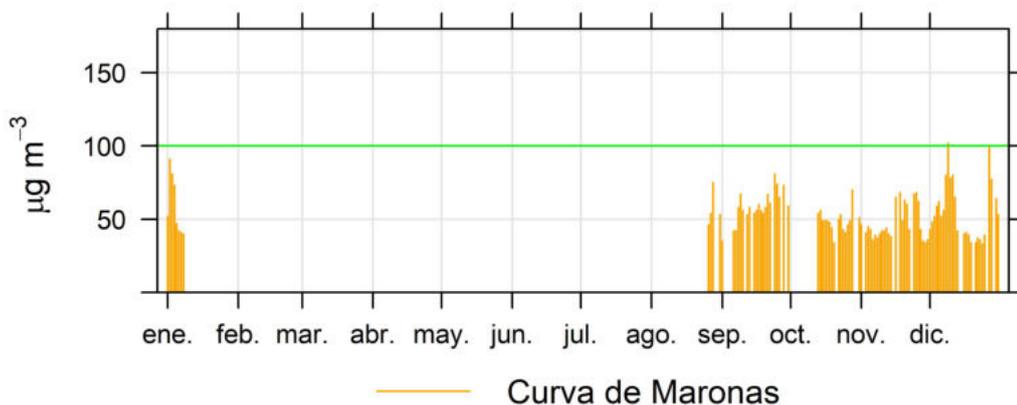


Ilustración 2.7 - Resultados O<sub>3</sub> de la estación

### PM<sub>10</sub> HiVol año 2022

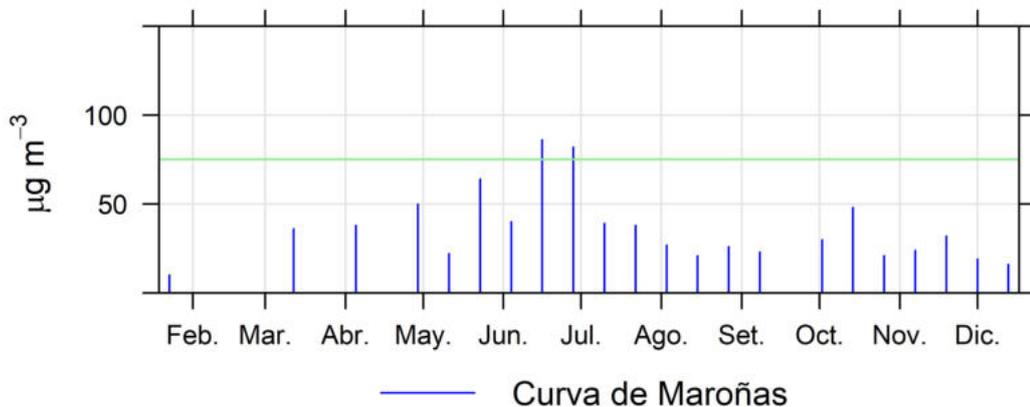


Ilustración 2.8 - Resultados PM10 (manual) de la estación

### Humo Negro año 2022

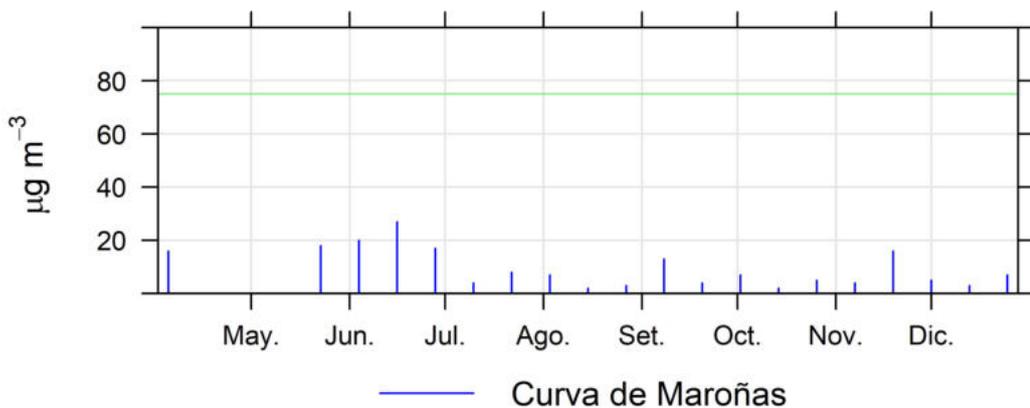


Ilustración 2.9- Resultados HN de la estación

Para el O3 el valor objetivo (100 µg/m<sup>3</sup>) se superó 1 día en el mes de diciembre.

Durante el año 2022, se obtuvieron 22 muestras válidas de PM<sub>10</sub> con el HiVol de esta estación. De ellas, 2 superaron el valor objetivo de la normativa (75 µg/m<sup>3</sup>). Las 2 excedencias se dieron el 16 y 28 de junio.

Para el HN se obtuvieron 20 muestras, todas por debajo del valor de referencia.

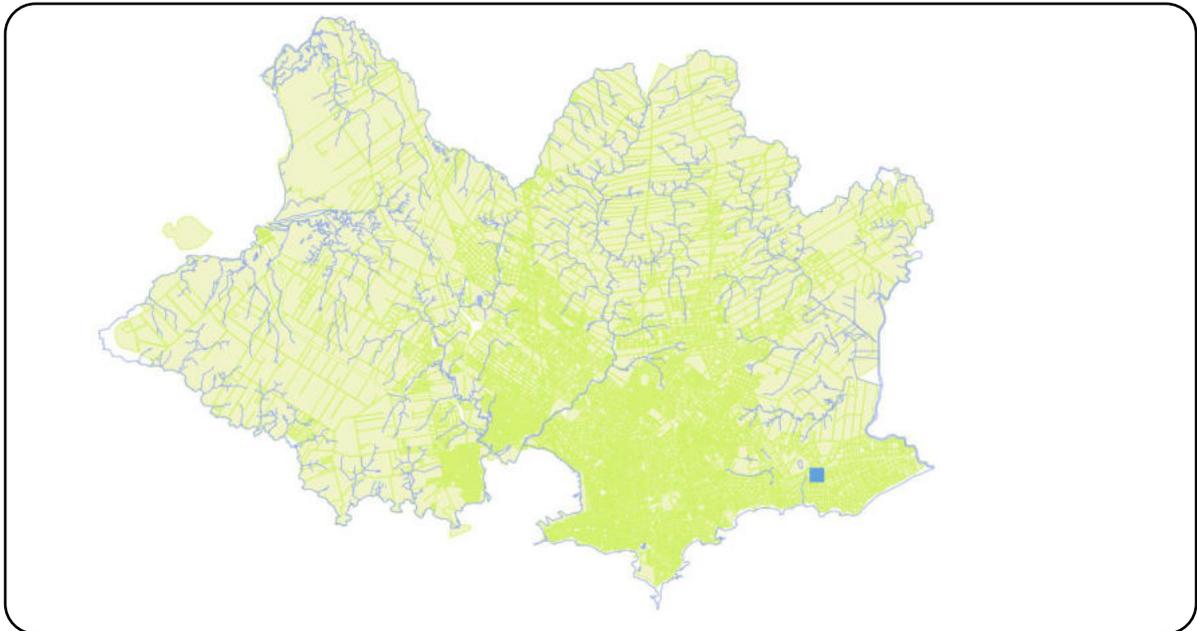
## 2.5 Estación 7 : Portones de Carrasco

Estación de Base

### Policlínica Lugo

SIRGAS 2000 X=583737 Altura sobre Nivel del mar 30 m  
UTM ZONE 21S Y= 6139481 Elevación desde la calzada 10m

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado (manual) PM10	ug/m <sup>3</sup>	HiVol	24 horas cada 12 días
Humo Negro	HN	Reflectometría	24 horas cada 12 días



Mapa 2.4 Portones de Carrasco

La estación Portones de Carrasco no estuvo operativa durante todo el 2022.

## 2.6 Estación 8 : Colón

Estación de Base

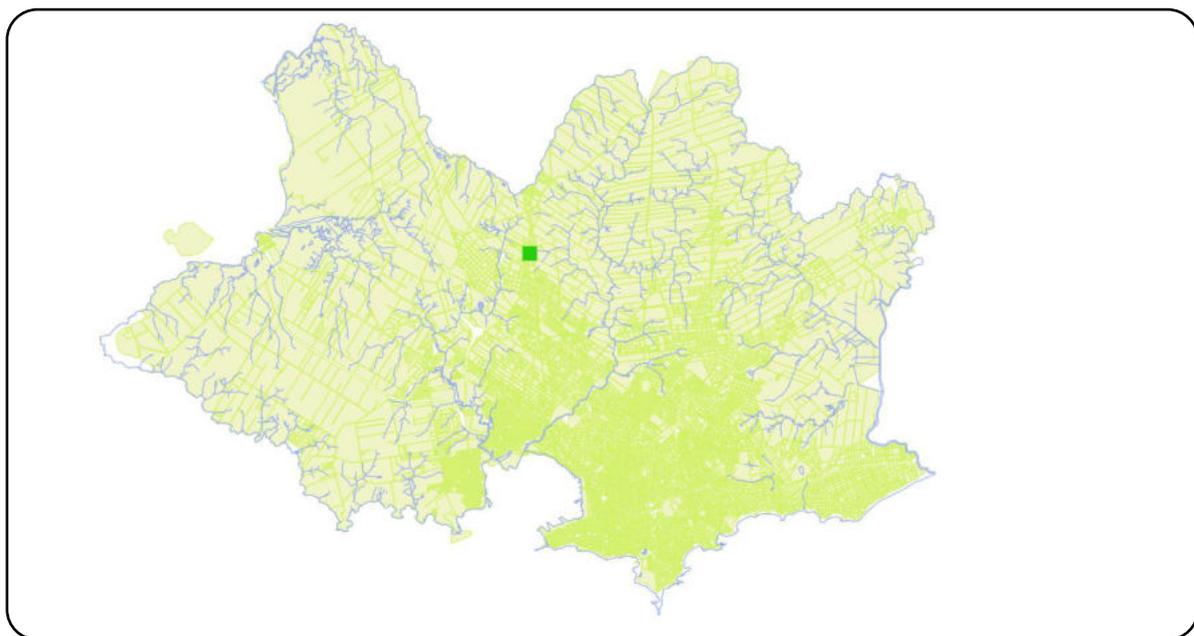
### Servicio de Máquinas - Ministerio de Transporte y Obras Públicas

SIRGAS 2000 X=570992 Altura sobre Nivel del mar 44 m  
 UTM ZONE 21S Y= 6148987 Elevación desde la calzada 3 m

### Centro Cívico Metropolitano Enrique Erro

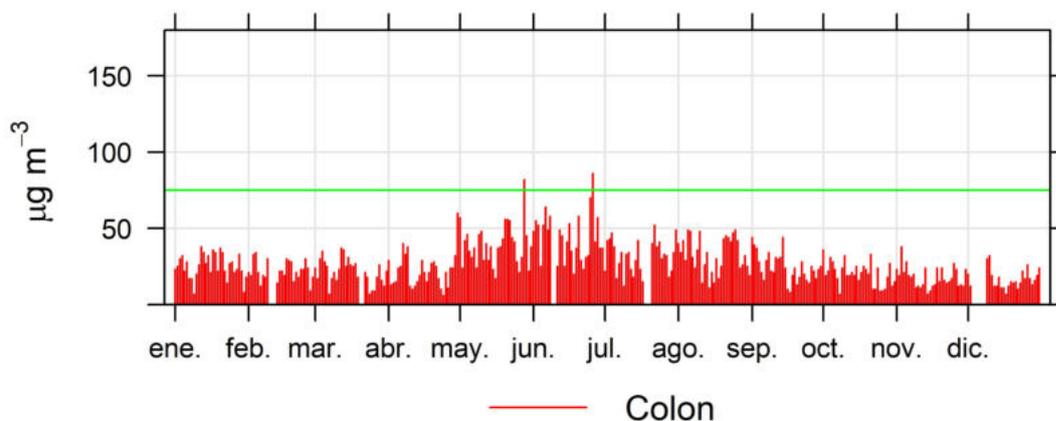
SIRGAS 2000 X=570970 Altura sobre Nivel del mar 44 m  
 UTM ZONE 21S Y= 6149046 Elevación desde la calzada 3 m

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM10	PM10 ug/m <sup>3</sup>	Lightscattering	Horaria
Ozono	O <sub>3</sub> ug/m <sup>3</sup>	Sensor	Horaria
Material Particulado (manual) PM10	PM10 ug/m <sup>3</sup>	Hivol	24 horas cada 12 días
Material Particulado (manual) PTS	PTS ug/m <sup>3</sup>	Hivol	24 horas cada 12 días



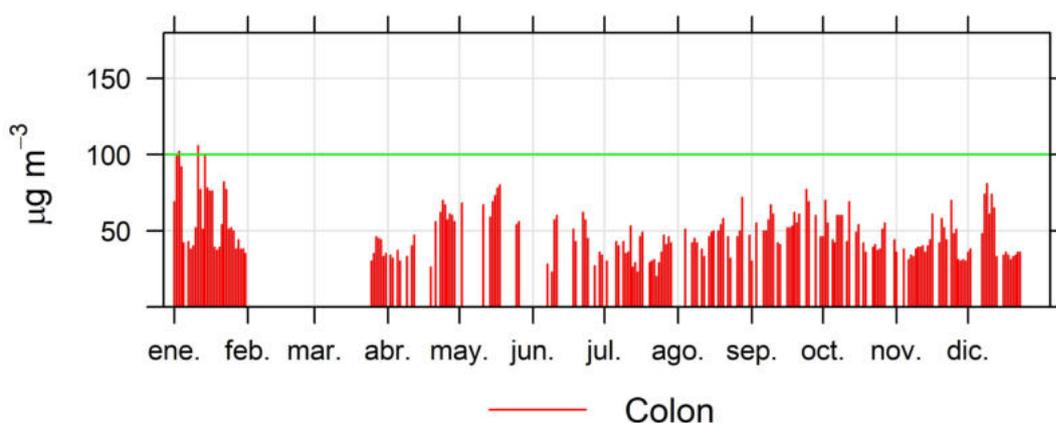
Mapa 2.5 Colón

### Promedios diarios PM<sub>10</sub> año 2022



**Ilustración 2.10 - Resultados PM10 de la estación**

### Máximos diarios O<sub>3</sub> año 2022



**Ilustración 2.11 - Resultados O3 de la estación**

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>10</sub> durante 349 días, lo que representa el 96% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>10</sub> (75 µg/m<sup>3</sup>) se superó 2 días en el año 2022 (0.6% de los días evaluados). Estos eventos se registraron en mayo y junio.

Para el O<sub>3</sub> se obtuvieron valores válidos durante 195 días, lo que representa el 53% del año. Una gran parte de los datos faltantes se debió a que durante febrero y marzo el sensor no estuvo calibrado. El resto fue debido a interferencia sobre el sensor de O<sub>3</sub>. El valor objetivo de calidad para O<sub>3</sub> (100 µg/m<sup>3</sup>) se superó 2 días durante enero de 2022.

### PM<sub>10</sub> HiVol año 2022

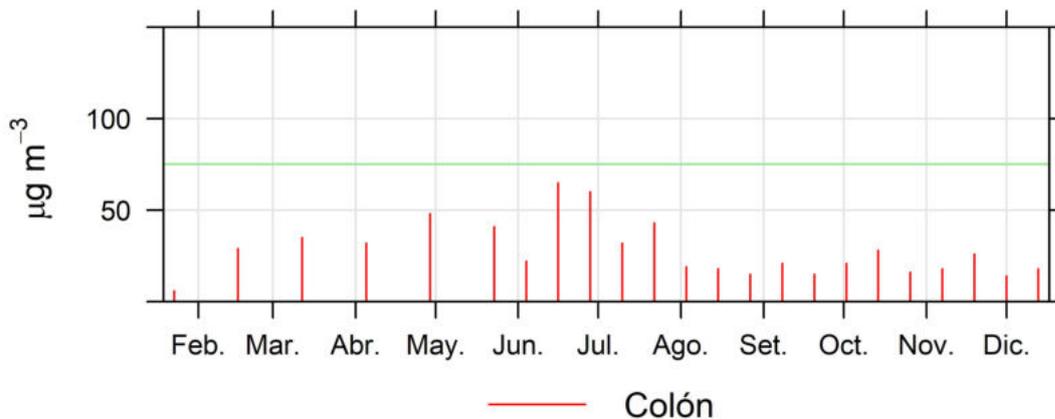


Ilustración 2.12 - Resultados PM10 (manual) de la estación

### PTS año 2022

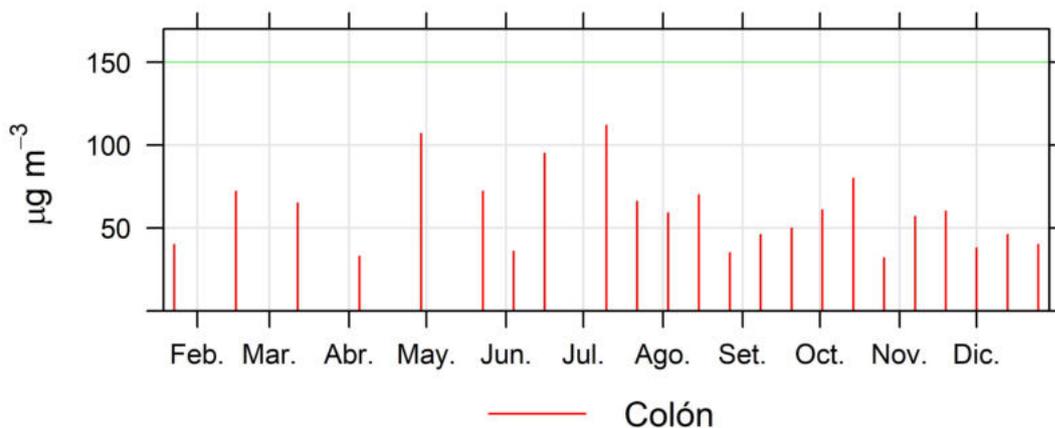


Ilustración 2.13 - Resultados PTS (manual) de la estación

Durante el año 2022, se obtuvieron 23 muestras válidas de PM<sub>10</sub> con el HiVol de esta estación. De ellas, ninguna superó el valor objetivo de la normativa.

En el HiVol destinado a medir PTS también se obtuvieron 23 muestras válidas, cuyos resultados no superaron el valor de referencia (150 µg/m<sup>3</sup>).

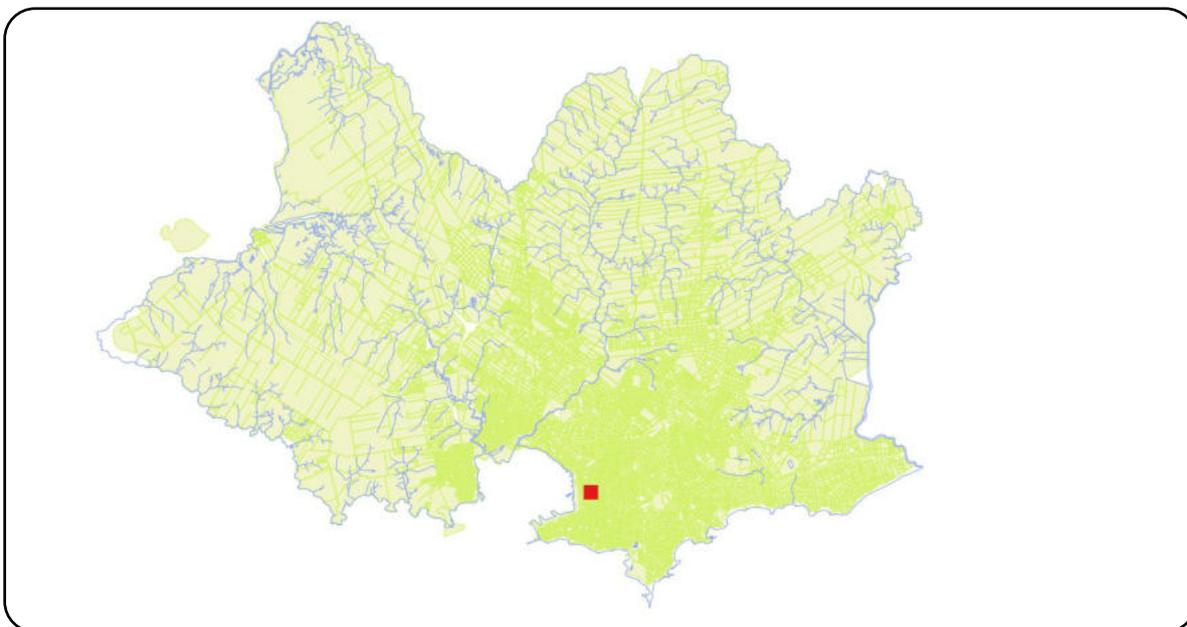
## 2.7 Estación: Palacio Legislativo

Estación orientada a Fuentes Significativas.

### Edificio Anexo a Palacio Legislativo

SIRGAS 2000 X=574079 Altura sobre Nivel del mar 9 m  
 UTM ZONE 21S Y= 6138715 Elevación desde la calzada 3 m

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado	PM10 ug/m <sup>3</sup>	Atenuacion Beta	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia	Horaria
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Horaria
Monóxido de carbono	CO ug/m <sup>3</sup>	Espectrofotometría	Horaria



Mapa 2.6 Palacio Legislativo

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>10</sub> durante 335 días, lo que representa el 92% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>10</sub> (75 µg/m<sup>3</sup>) se superó 4 días en el año 2022 (1.2% de los días evaluados). Estos eventos se registraron en junio y julio.

Para el NO<sub>2</sub> se obtuvieron valores válidos durante 348 días, lo que representa el 95% del año. El valor objetivo de calidad para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) se superó 2 días durante enero de 2022 (0.6% de los días evaluados). Una de ellas fue en junio y otra en diciembre.

### Promedios diarios PM<sub>10</sub> año 2022

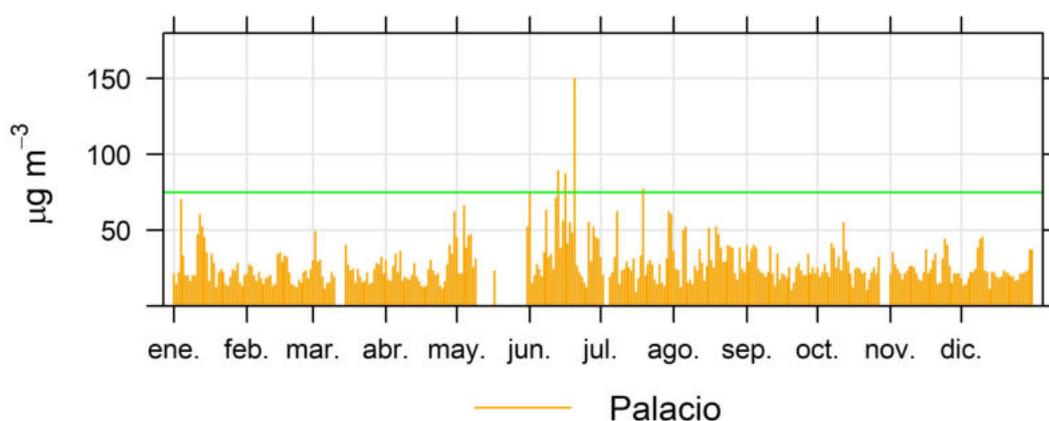


Ilustración 2.14 - Resultados PM<sub>10</sub> de la estación

### Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2022

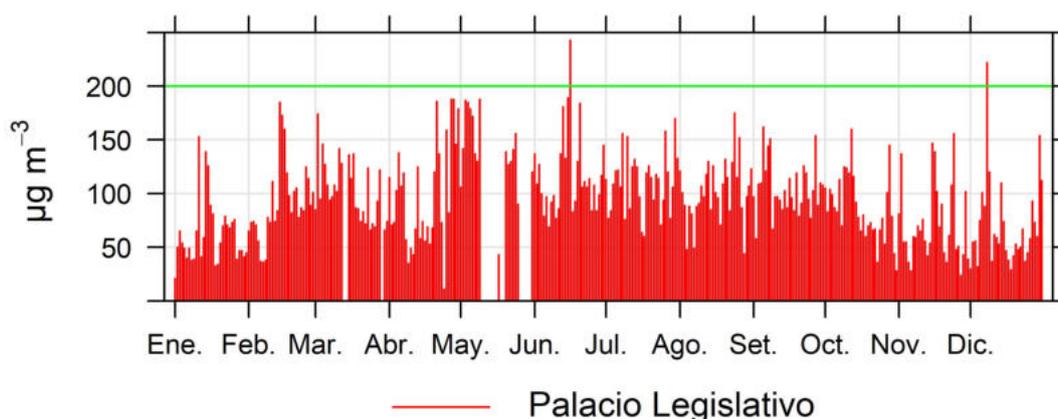


Ilustración 2.15 - Resultados NO<sub>2</sub> de la estación

En este año se registraron valores válidos de SO<sub>2</sub> durante 351 días, lo que representa el 96% del año. El valor objetivo de calidad para SO<sub>2</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en todo el año 2022.

Para el CO se obtuvieron valores válidos durante 320 días, lo que representa el 88% del año. El valor objetivo de calidad para CO (10000 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en todo el año 2022.

### Promedios diarios SO<sub>2</sub> año 2022

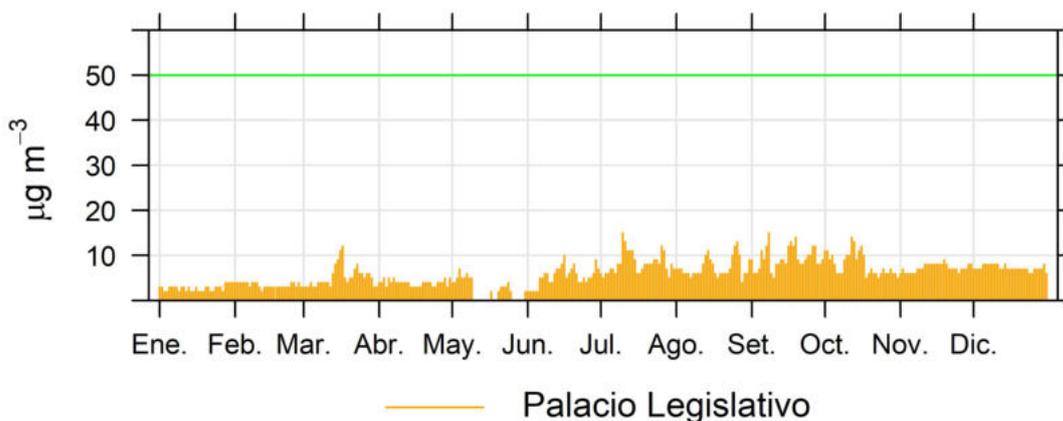


Ilustración 2.16 - Resultados SO<sub>2</sub> de la estación

### Máximos diarios CO año 2022

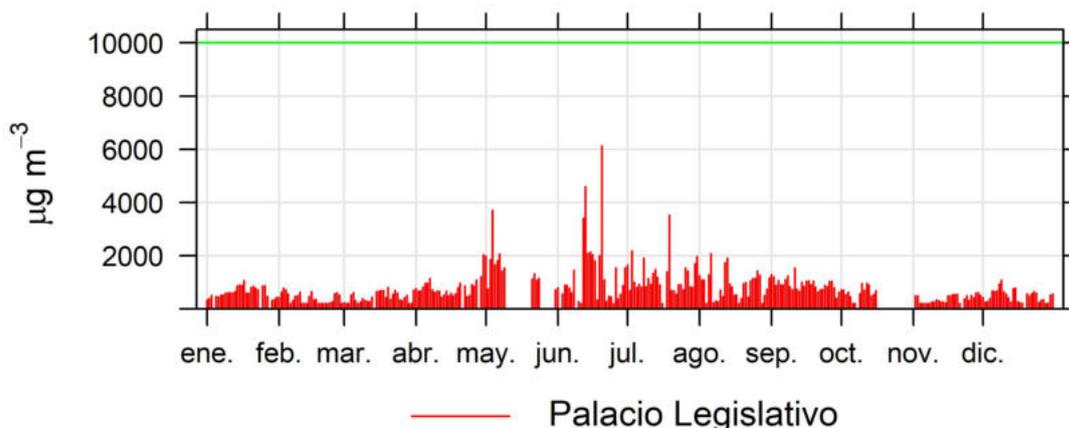


Ilustración 2.17 - Resultados CO de la estación

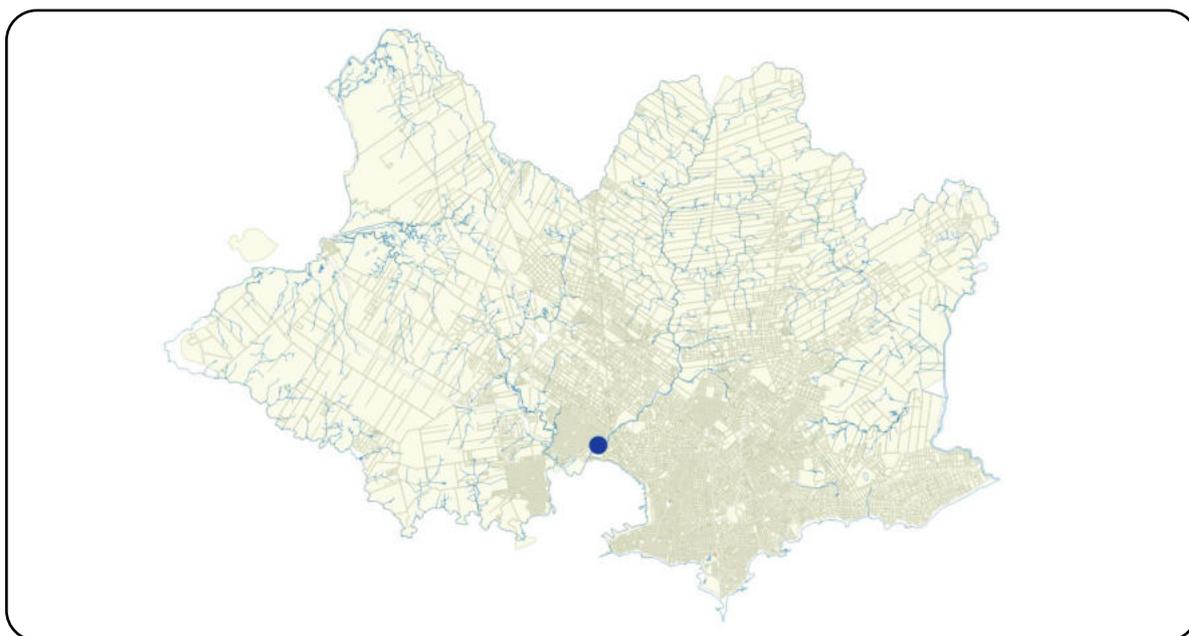
## 2.8 Estación: La Teja

Estación orientada a Fuentes Significativas.

### Estación Saneamiento-Del Cid y Yañez Pinzón

SIRGAS 2000 X=5711213 Altura sobre Nivel del mar 2 m  
 UTM ZONE 21S Y= 6141282 Elevación desde la calzada 3 m

Parámetro	Unidades		Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado	PM2.5	ug/m <sup>3</sup>	Atenuacion Beta	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia	Horaria
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Horaria
Monóxido de carbono	CO	ug/m <sup>3</sup>	Espectrofotometría	Horaria
Azufres reducidos totales	TRS	ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Horaria



Mapa 2.7 La Teja

Durante este año la estación La Teja, que había sido vandalizada en 2020, fue recuperando gradualmente mediciones en la mayoría de sus sensores de calidad de aire. El primero fue el de PM2.5, luego siguieron SO<sub>2</sub> y TRS. Por último, se retomaron las medidas de óxidos de nitrógeno.

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>2.5</sub> durante 285 días, lo que representa el 78% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>2.5</sub> (35 µg/m<sup>3</sup>) se superó 24 días en el año 2022 (8.4% de los días evaluados). Estos eventos se registraron entre fines de abril y mediados de setiembre.

Para el NO<sub>2</sub> se obtuvieron valores válidos durante 127 días, lo que representa solo el 35% del año. El valor objetivo de calidad para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en los días en que hubo medidas.

### Promedios diarios PM<sub>2.5</sub> año 2022

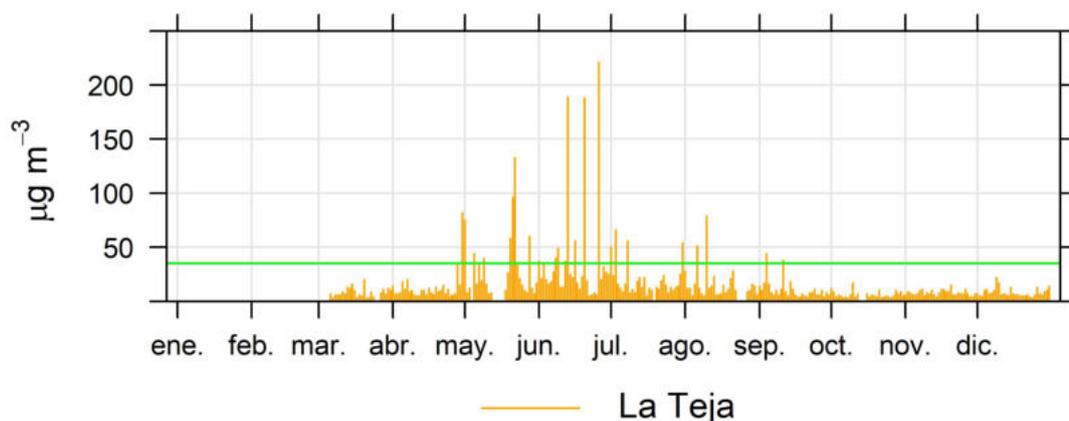


Ilustración 2.18 - Resultados PM<sub>2.5</sub> de la estación

### Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2022

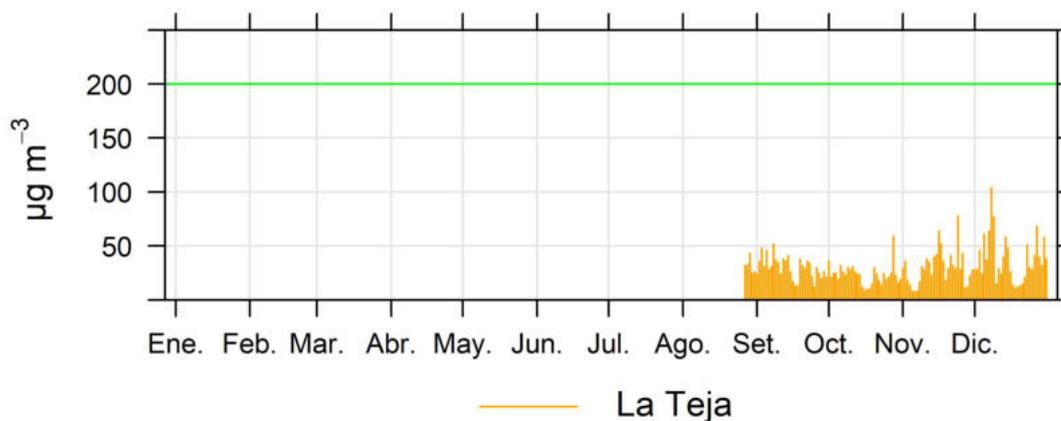


Ilustración 2.19 - Resultados NO<sub>2</sub> de la estación

En este año se registraron valores válidos de SO<sub>2</sub> durante 271 días, lo que representa el 74% del año. El valor objetivo de calidad para SO<sub>2</sub> (50 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en los días en que hubo medidas.

El sensor de CO estuvo fuera de servicio durante todo el año.

En este año se registraron valores válidos de TRS durante 275 días, lo que representa el 75% del año. El valor objetivo de calidad para TRS (7 µg/m<sup>3</sup>) se superó en 5 oportunidades dentro de los días en que hubo medidas. Una de ellas fue a fines de octubre y las restantes en diciembre.

### Promedios diarios SO<sub>2</sub> año 2022

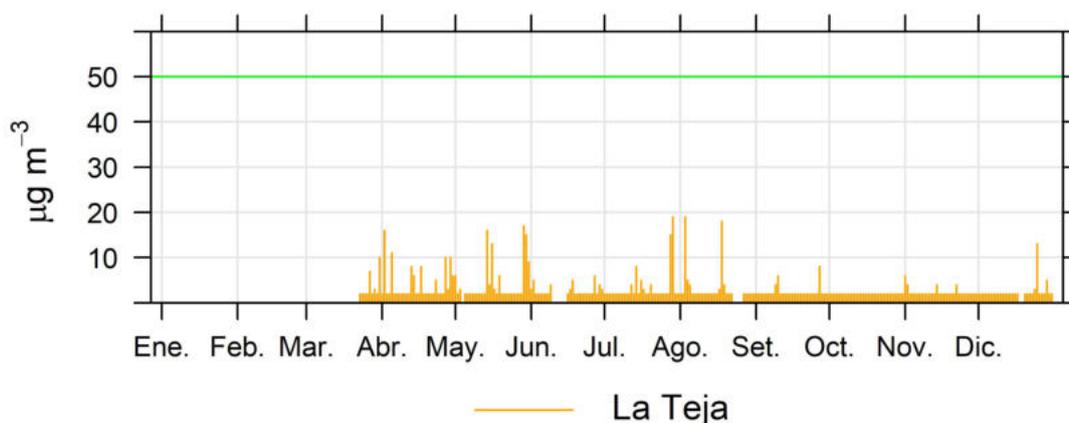


Ilustración 2.20 - Resultados SO<sub>2</sub> de la estación

### Promedios diarios TRS año 2022

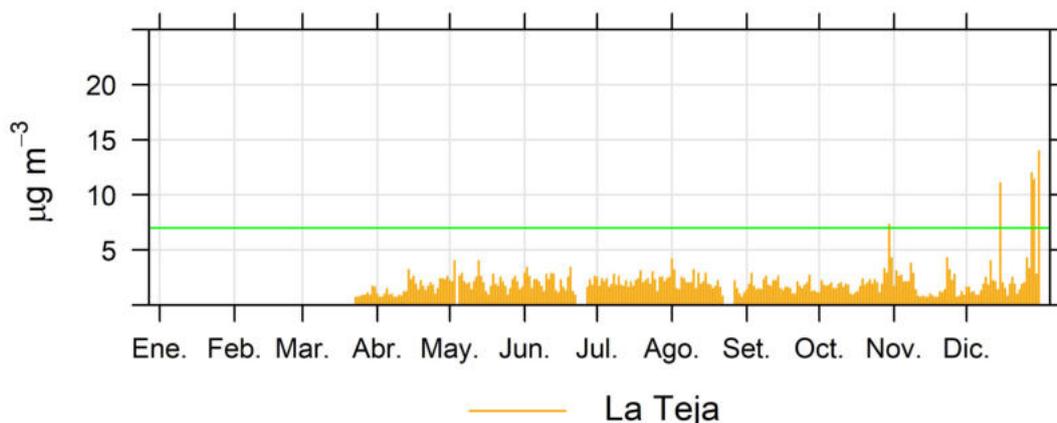


Ilustración 2.21 - Resultados TRS de la estación

# 3

## ***CALIDAD DE AIRE AÑO 2022***

En este capítulo se describe el comportamiento de los distintos parámetros evaluados, para todas las estaciones del departamento de Montevideo.

La descripción de cada parámetro se hace a partir de dos gráficos. Uno de ellos es un gráfico de cajas y bigotes que muestra la distribución de los resultados del año. El segundo es un gráfico de barras que presenta la distribución de los resultados dentro de las distintas categorías de calidad de aire (Tabla 2.1). Esta distribución también se presenta también en formato de tabla.

Por otra parte, se incluye otra tabla con el promedio anual de cada estación.

### **3.1 Material particulado**

Se determinan cuatro parámetros asociados a material particulado: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Material Particulado con partículas de diámetro menor de 10  $\mu\text{m}$  (PM10), Material Particulado con partículas de diámetro menor de 2,5  $\mu\text{m}$  (PM2.5) y Humo Negro (Black Smoke).

#### **3.1.1 Partículas totales en suspensión (PTS)**

Este contaminante se comenzó a medir en el año 2003 y se ha determinado en ocho estaciones en la historia de la Red de Monitoreo. En los últimos años se ha sustituido por la determinación de otras fracciones de material particulado, fundamentalmente debido a que no se considera actualmente un contaminante de interés para la nueva normativa ya que tiene menor asociación con su efecto en salud. Desde el año 2012 el PTS se mide exclusivamente en la estación Colón, utilizando un monitor de alto volumen (Hi-Vol). El método utilizado es EPA 600/9-76-005, con exposición de 24 horas, hasta el año 2016 cada seis días, luego cada 12 días y durante la emergencia sanitaria por Covid 19, cada 24. Ello explica la disminución del número de muestras.

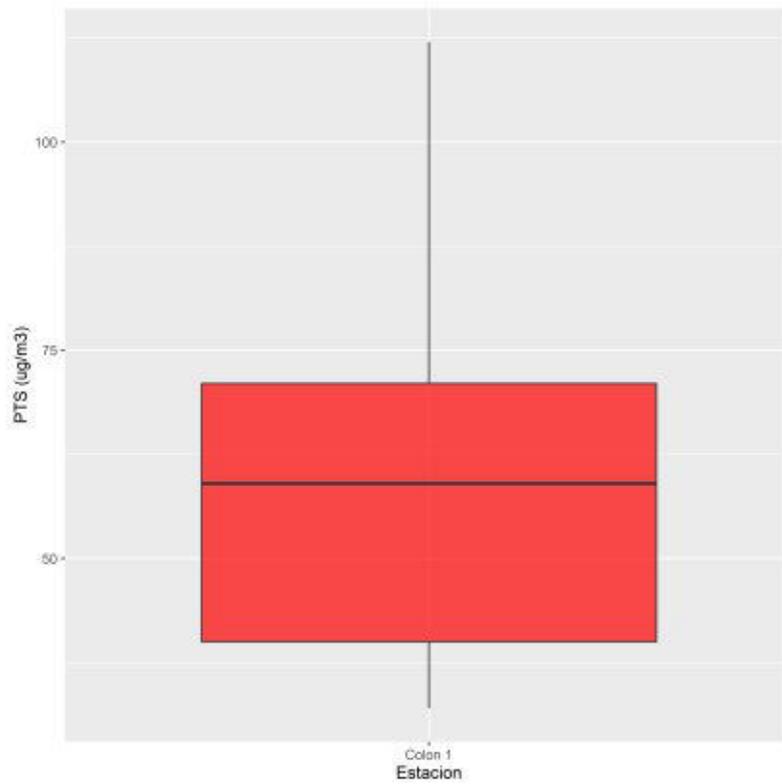


Ilustración 3.1 - Gráfico de cajas PTS 2022 por estación

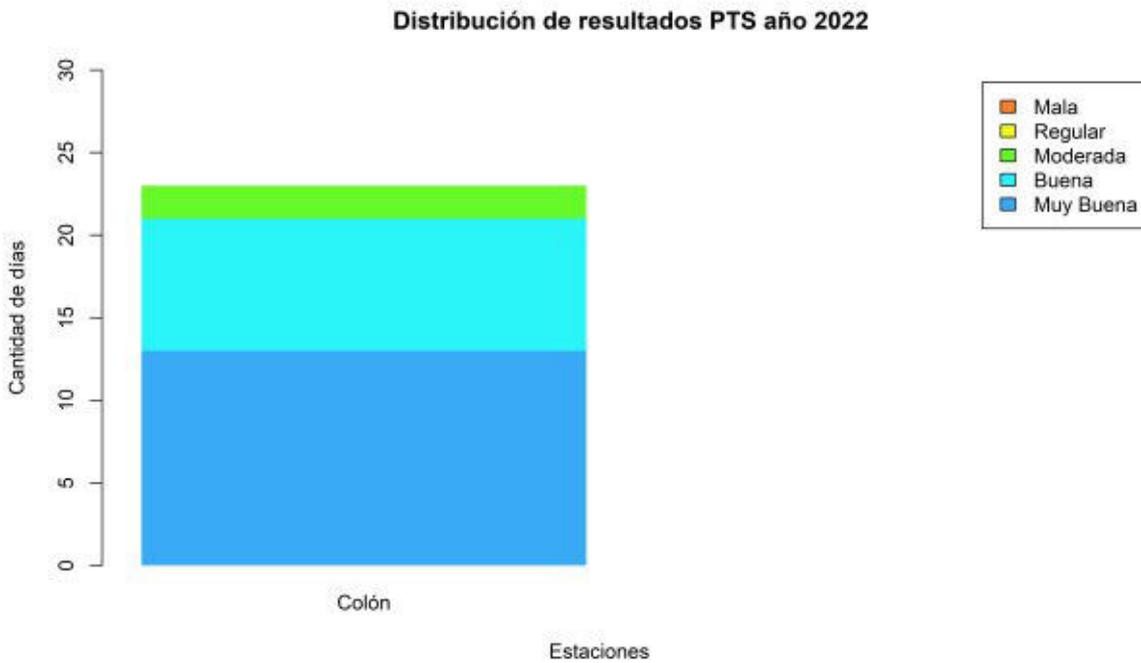


Ilustración 3.2 - Distribución por categorías PTS 2022 por estación

---

PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES
	Colón
0-60	13
61-100	8
101-150	2
151-375	0
>375	0

Tabla 3.1 - Distribución por categorías PTS 2022 por estación

PTS	ESTACIONES
	Colón
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	60

Tabla 3.2 - Resultado Anual PTS

### 3.1.2 Material Particulado menor de 10 micras (PM10)

El PM10 comenzó a medirse en Montevideo en el año 2006 en la estación Centro y actualmente se mide en tres estaciones. Las metodologías utilizadas son diversas: alto volumen, atenuación beta y dispersión de luz. Los equipos de alto volumen son de operación manual y permiten determinar la concentración de material particulado en 24 horas de exposición, usando un método de tipo integrativo. Los otros dos métodos utilizan equipos automáticos que permiten evaluar los datos en forma horaria, pero ambas metodologías tienen incertidumbres diferentes, siendo la metodología de atenuación beta de menor incertidumbre.

En el año 2022 la estación Colón operó con PM10 usando dos metodologías diferentes (alto volumen y dispersión de luz). En la estación Curva de Maroñas se usa la técnica de alto volumen y en Palacio Legislativo se utiliza atenuación beta.

Cabe destacar que las evaluaciones de los equipos de alto volumen se presentan separadas de las de monitores automáticos.

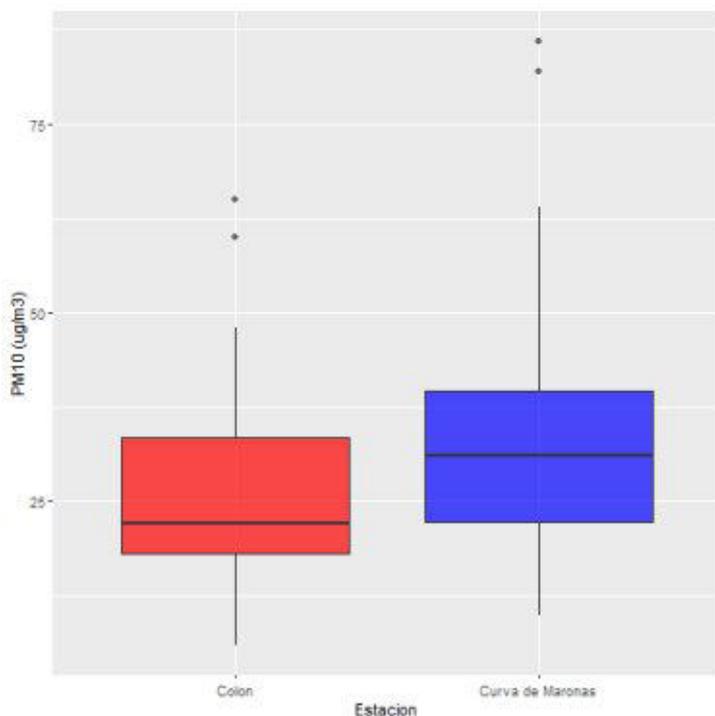


Ilustración 3.3 - Gráfico de cajas PM10 manuales 2022 por estación

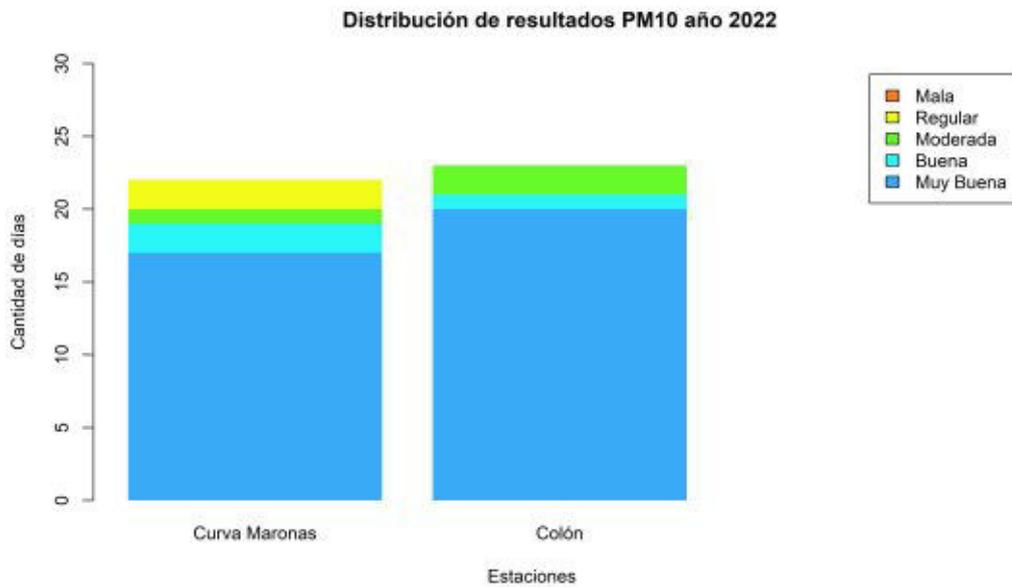


Ilustración 3.4 - Distribución por categorías PM10 manual 2022 por estación

PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES	
	Curva de Maroñas	Colón
0-45	17	20
46-50	2	1
51-75	1	2
76-150	2	0
>150	0	0

Tabla 3.3 - Distribución por categorías PM10 manual 2022 por estación

PM 10	ESTACIONES	
	Curva de Maroñas	Colón
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	36	28

Tabla 3.4 - Resultado Anual PM10 manual

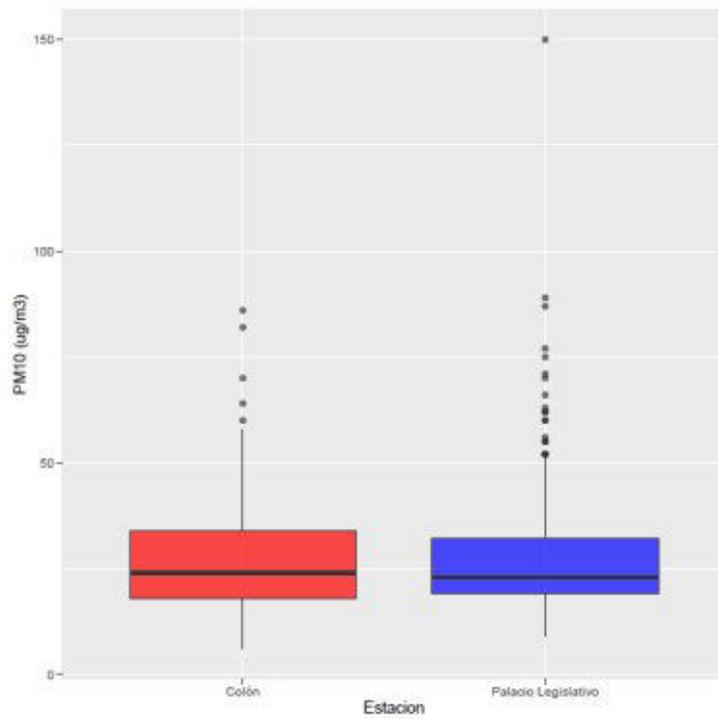


Ilustración 3.5 - Gráfico de cajas PM10 2022 por estación

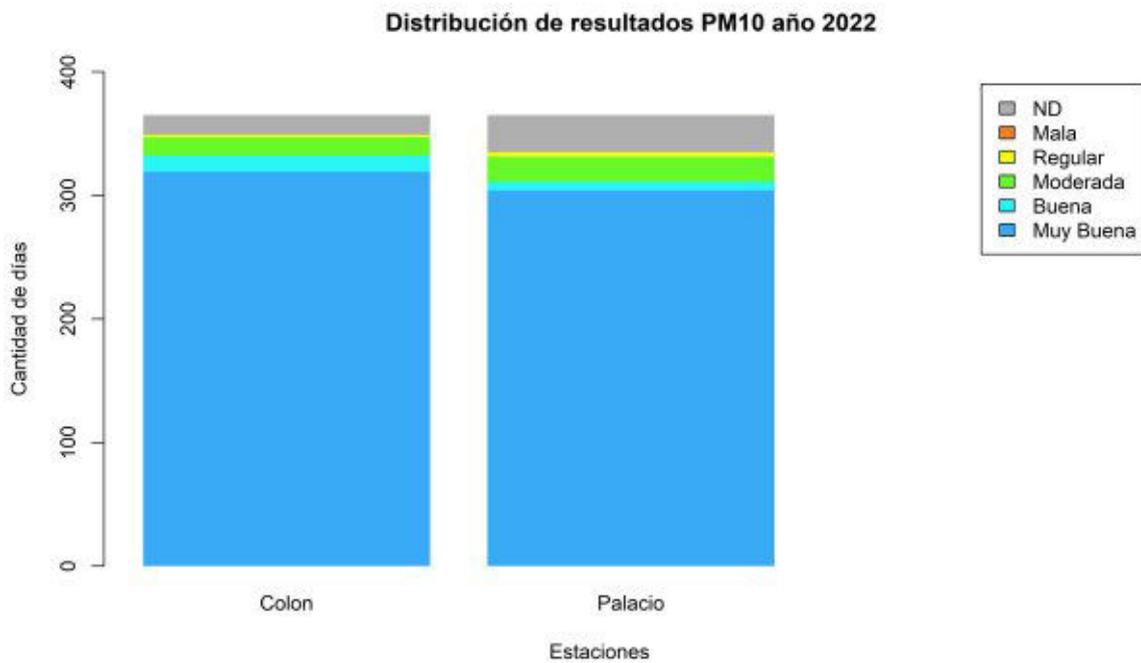


Ilustración 3.6 - Distribución por categorías PM10 2022 por estación

PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES	
	Colón	Palacio Legislativo
0-45	319	304
46-50	13	7
51-75	15	20
76-150	2	4
>150	0	0
ND	16	30

Tabla 3.5 - Distribución por categorías PM10 2022 por estación

PM 10	ESTACIONES	
	Colón	Palacio Legislativo
Días válidos	349	335
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	27	27

Tabla 3.6 - Resultado Anual PM10 automáticas

El promedio de las tres estaciones que midieron PM10 este año fue de 30  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , cuyo valor coincide con el valor objetivo de calidad de aire establecido por la normativa.

### 3.1.3 Material Particulado menor de 2.5 micras (PM2.5)

La primer estación que registra medidas de PM2.5 fue La Teja en el año 2012. A partir del año 2015 se incorporó Ciudad Vieja, en el 2017 se sumó la estación Curva de Maroñas, en el año 2018 la estación Colón y en el año 2020 la estación Tres Cruces.

Las metodologías utilizadas son dos: La Teja utiliza un equipo de atenuación beta, mientras que las otras cuatro estaciones utilizan equipo de dispersión de luz. Ambos métodos permiten la determinación en forma horaria, pero presentan características diferentes en cuanto a su incertidumbre.

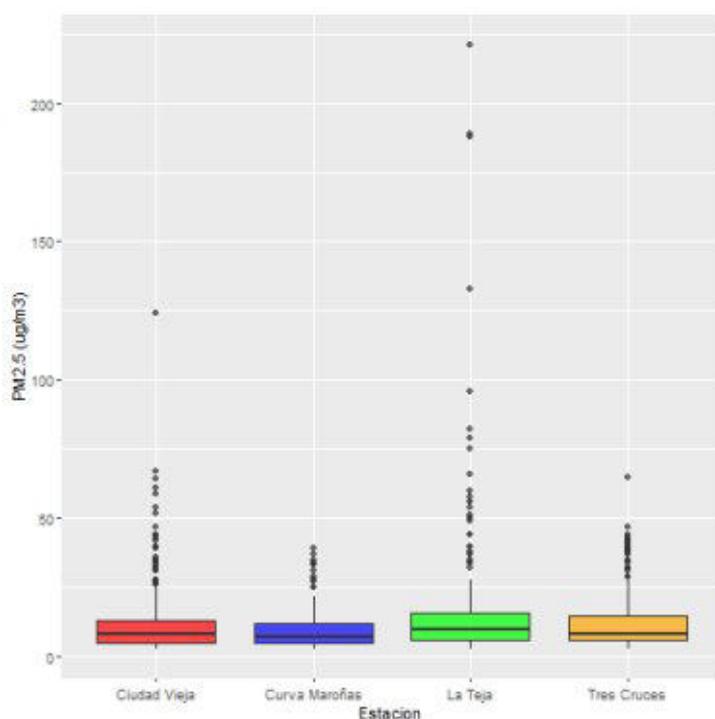


Ilustración 3.7 - Gráfico de cajas PM2.5 2022 por estación

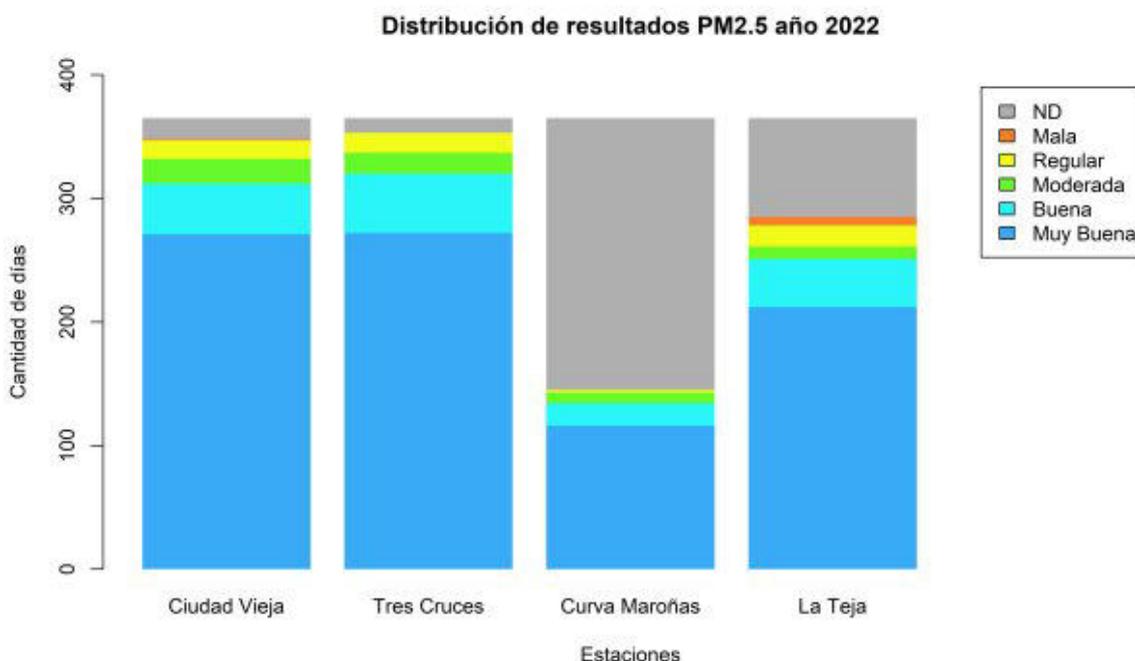


Ilustración 3.8 - Distribución por categorías PM2.5 2022 por estación

PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES	
	Colón	Palacio Legislativo
0-45	319	304
46-50	13	7
51-75	15	20
76-150	2	4
>150	0	0
ND	16	30

Tabla 3.7 - Distribución por categorías PM2.5 2022 por estación

PM 2.5	ESTACIONES			
	Ciudad Vieja	Tres Cruces	Curva de Maroñas	La Teja
Días válidos	348	353	145	285
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	12	12	11	16

Tabla 3.8 - Resultado Anual PM2.5

El promedio de las tres estaciones que tienen más del 75% de los datos válidos para PM2.5 este año fue de 13  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

Este valor es algo superior a los de años anteriores: 10  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  en 2021 y 11  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  tanto en 2019 como en 2020.

### 3.1.4 Material Particulado Humo Negro

El Humo Negro se mide en Montevideo desde el año 1968. La determinación de Humo Negro se realiza aspirando aire a través de un filtro durante 24 horas y se analiza posteriormente por reflectometría. Actualmente se mide en dos estaciones: Ciudad Vieja y Curva de Maroñas.

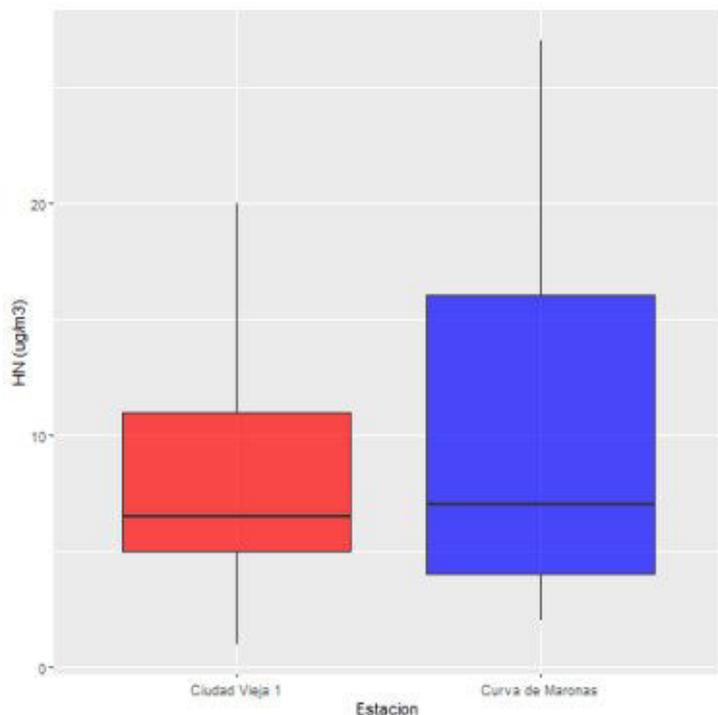


Ilustración 3.9 - Gráfico de cajas HN 2022 por estación



Ilustración 3.10 - Distribución por categorías Humo Negro 2022 por estación

HN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES	
	Ciudad Vieja	Curva de Maroñas
0-45	18	20
46-50	0	0
51-75	0	0
76-150	0	0
>150	0	0

Tabla 3.9 - Distribución por categorías HN 2022 por estación

HN	ESTACIONES	
	Ciudad Vieja	Curva de Maroñas
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8	9

Tabla 3.10 - Resultado Anual HN

El promedio de las dos estaciones que midieron HN este año fue de 9  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

## 3.2 Gases

### 3.2.1 Dióxido de azufre

El dióxido de azufre se mide en Montevideo desde el año 2009. La determinación de SO<sub>2</sub> se realiza por espectrofotometría, y los resultados se registran en forma horaria. Actualmente, se mide en dos estaciones: La Teja y Palacio Legislativo.

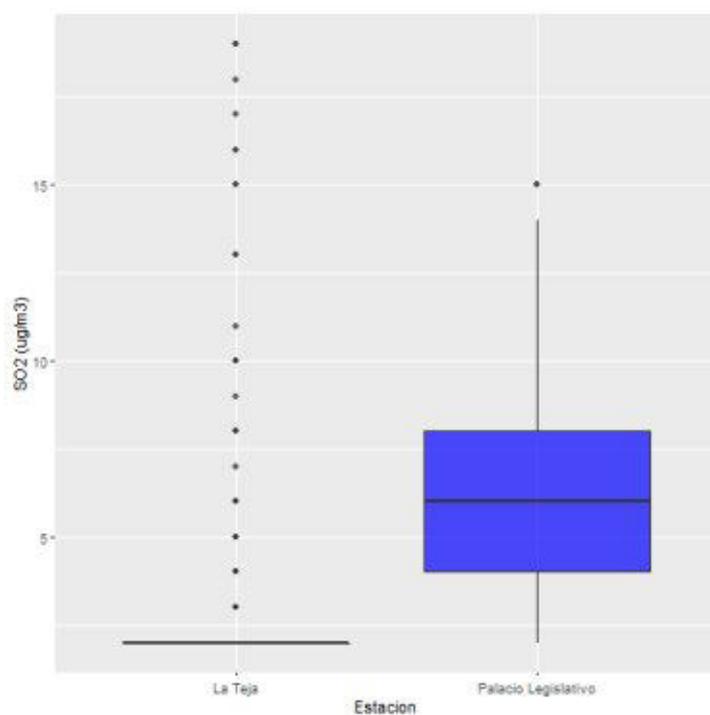


Ilustración 3.11 - Gráfico de cajas SO<sub>2</sub> 2022 por estación

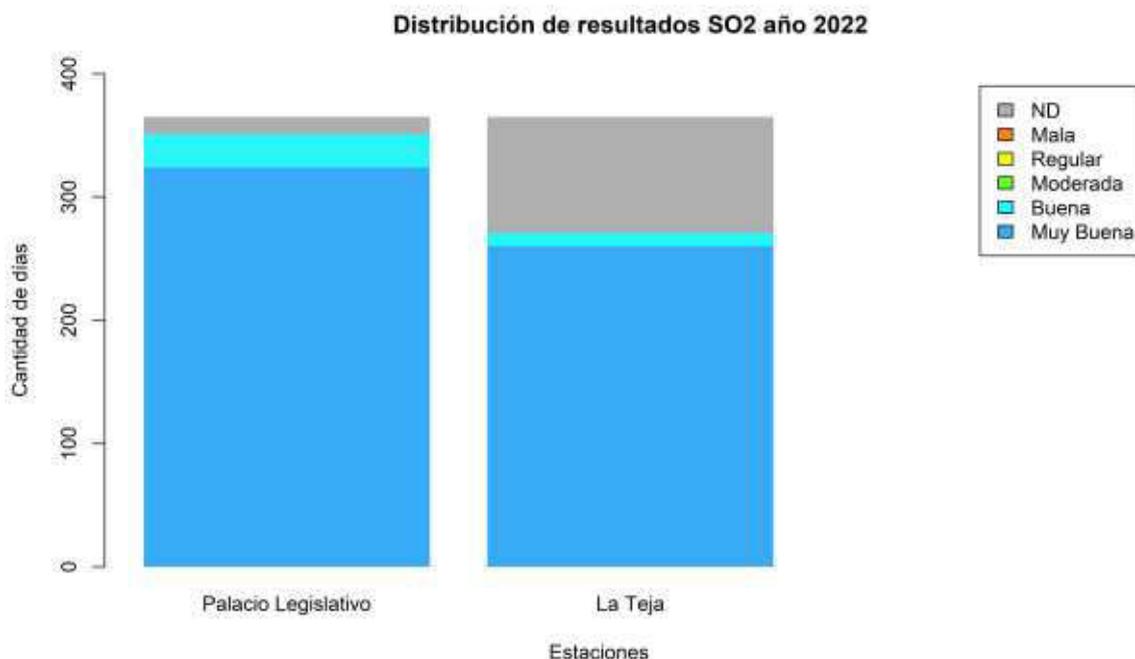


Ilustración 3.12 - Distribución por categorías SO2 2022 por estación

PM SO2 (µg/m³)	ESTACIONES	
	Palacio Legislativo	La Teja
0-10	324	260
11-20	27	11
21-50	0	0
51-125	0	0
>125	0	0
ND	14	94

Tabla 3.11 - Distribución por categorías SO2 2022 por estación

SO2	ESTACIONES	
	Palacio Legislativo	La Teja
Días válidos	351	271
Promedio anual (µg/m³)	6	3

Tabla 3.12 - Resultado Anual SO2

El comportamiento del SO2 en Montevideo luego de la desulfurización de los combustibles a finales del año 2013, se caracteriza por presentar valores debajo del límite de cuantificación de los monitores en numerosas ocasiones. Por esa razón se prefiere no informar un valor promedio para todo el departamento.

### 3.2.2 Dióxido de nitrógeno

El primer equipo de medida de dióxido de nitrógeno comenzó a operar en la Red de Monitoreo en el año 2009, en la estación La Tablada. En el año 2022 están operativas cuatro estaciones.

Las técnicas que se utilizadas para la determinación de NO<sub>2</sub> son dos. En las estaciones La Teja y Palacio Legislativo se utilizan equipos de espectrofotometría, mientras que en Tres Cruces y Curva de Maroñas se utilizan equipos con semiconductor sensible al gas como detector.

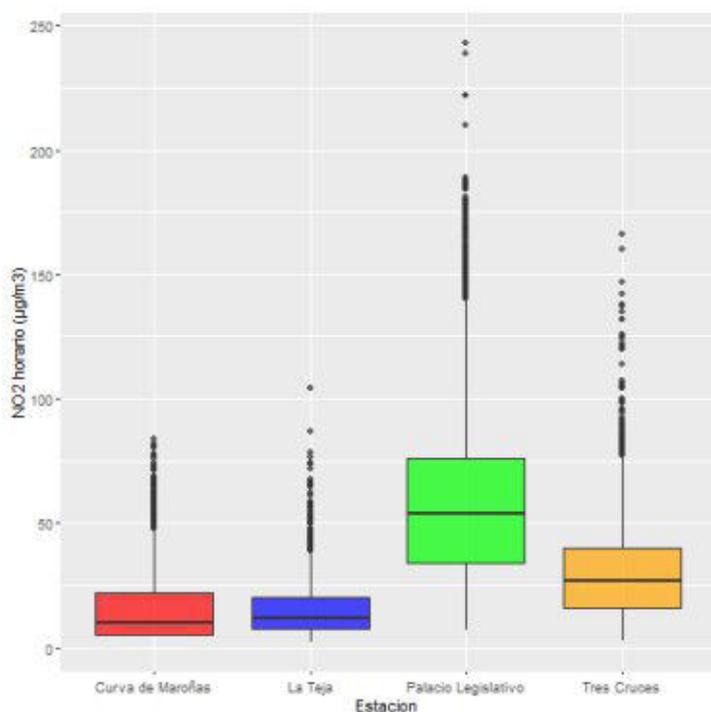


Ilustración 3.13 - Gráfico de cajas NO<sub>2</sub> 2022 por estación

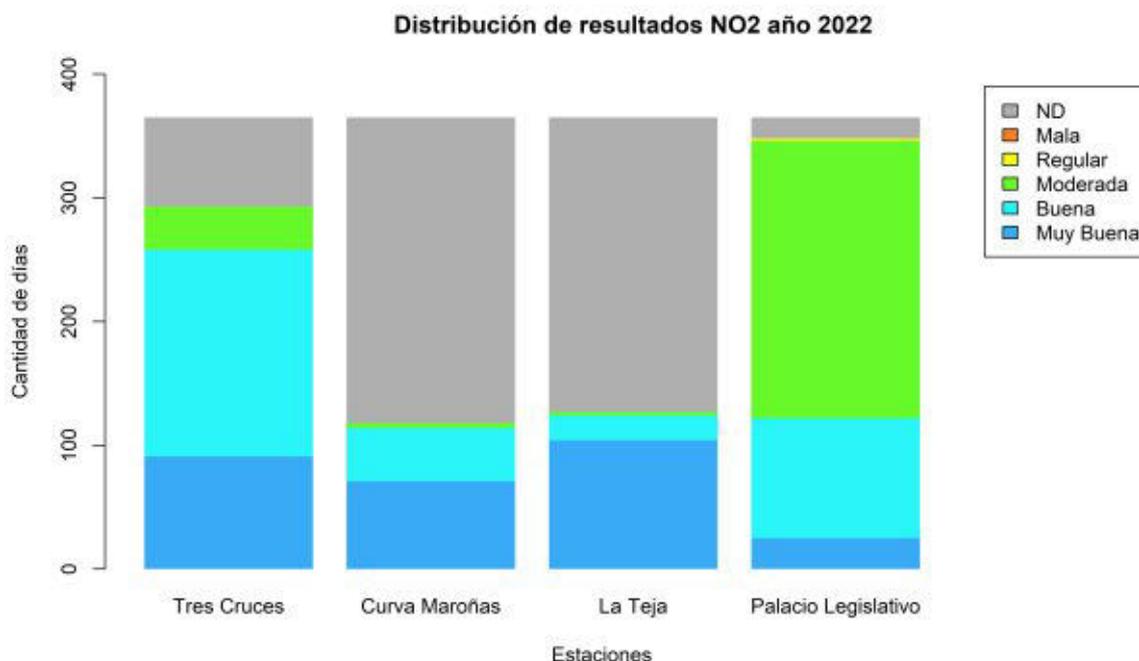


Ilustración 3.14 - Distribución por categorías NO2 2022 por estación

NO2 (µg/m³)	ESTACIONES			
	Tres Cruces	Curva de Maroñas	La Teja	Palacio Legislativo
0-40	91	71	104	25
41-75	167	43	20	97
76-200	35	4	3	224
201-500	0	0	0	2
>500	0	0	0	0
ND	72	247	238	17

Tabla 3.13 - Distribución por categorías NO2 2022 por estación

NO2	ESTACIONES			
	Tres Cruces	Curva de Maroñas	La Teja	Palacio Legislativo
Días válidos	293	118	127	348
Promedio anual (µg/m³)	30	16	15	58

Tabla 3.14 - Resultado Anual NO2

El promedio de las dos estaciones que tienen más del 75% de los datos válidos para NO2 este año fue de 44 ug/m3, algo superior al valor objetivo anual que establece la normativa uruguaya (40 ug/m3).

### 3.2.3 Monóxido de carbono

El primer equipo de monóxido de carbono comenzó a operar en la Red de Monitoreo en el año 2009, en la estación La Tablada. En el año 2022 se cuenta con equipos en dos estaciones: La Teja y Palacio Legislativo, estando solo operativa esta última. Todas utilizan equipos de espectrofotometría IR y las determinaciones se realizan en forma horaria.

Las concentraciones observadas están muy por debajo del estándar que, para valores diarios es 10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ , mientras que el máximo registrado en el año 2022 no alcanzó 6000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

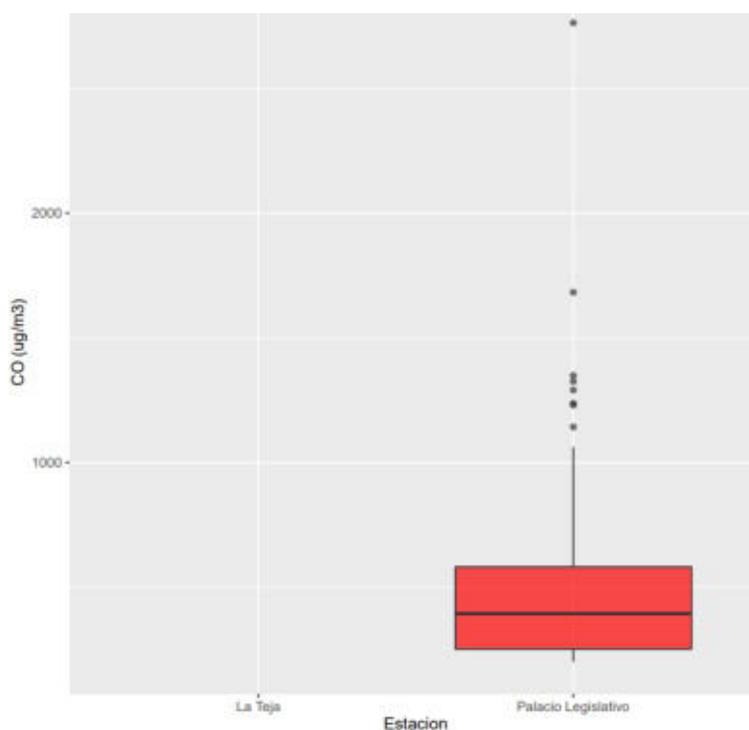


Ilustración 3.15 - Gráfico de cajas CO 2022 por estación

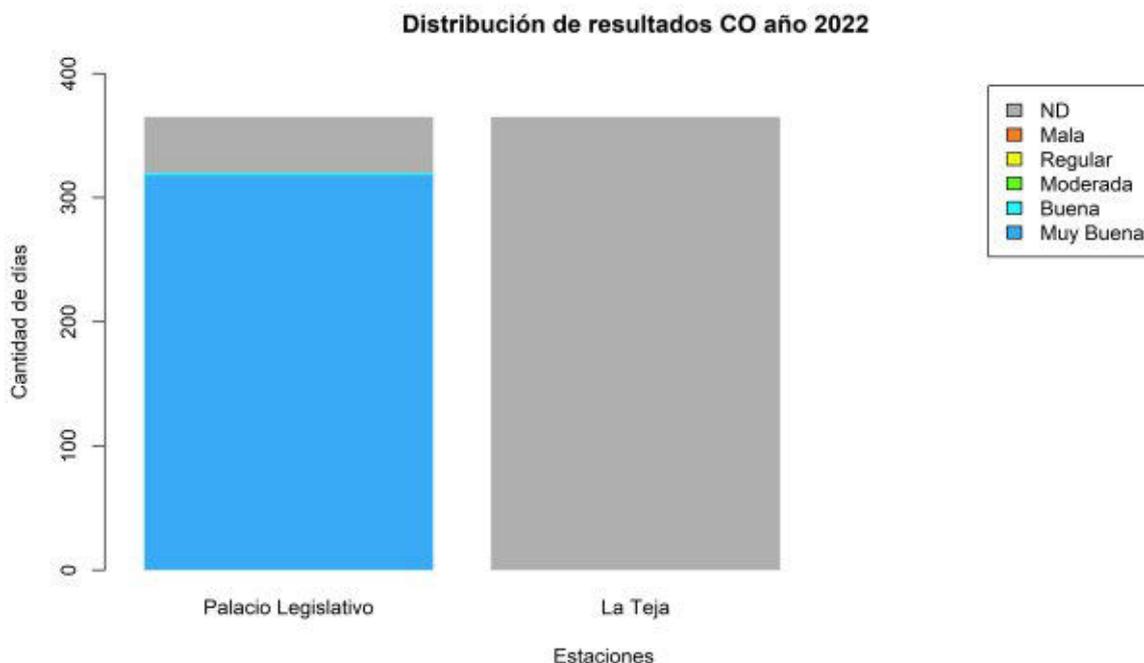


Ilustración 3.16 - Distribución por categorías CO 2022 por estación

CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES	
	Palacio Legislativo	La Teja
0-4500	318	0
4501-7000	2	0
7001-10000	0	0
10001-15000	0	0
>15000	0	0
ND	45	365

Tabla 3.15 - Distribución por categorías CO 2022 por estación

CO	ESTACIONES	
	Palacio Legislativo	La Teja
Días válidos	320	0
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	463	NA

Tabla 3.16 - Resultado Anual CO

### 3.2.4 Compuesto de Azufre Reducido Totales (TRS)

Los compuestos de azufre reducido se determinan exclusivamente en la estación La Teja desde el año 2012. Son equipos similares a los utilizados para SO<sub>2</sub> y las determinaciones se realizan en forma horaria. El estándar para este contaminante se evalúa en forma horaria y diaria.

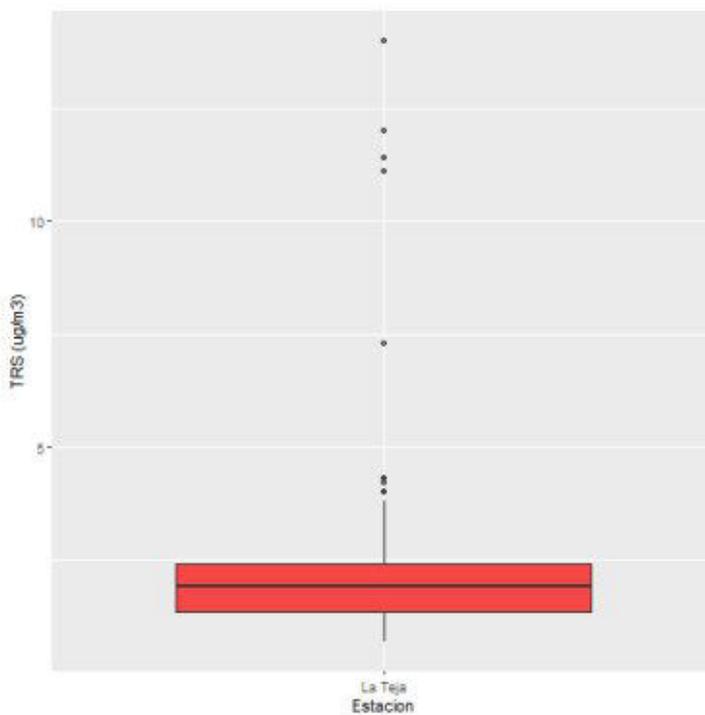


Ilustración 3.17 - Gráfico de cajas TRS 2022 por estación

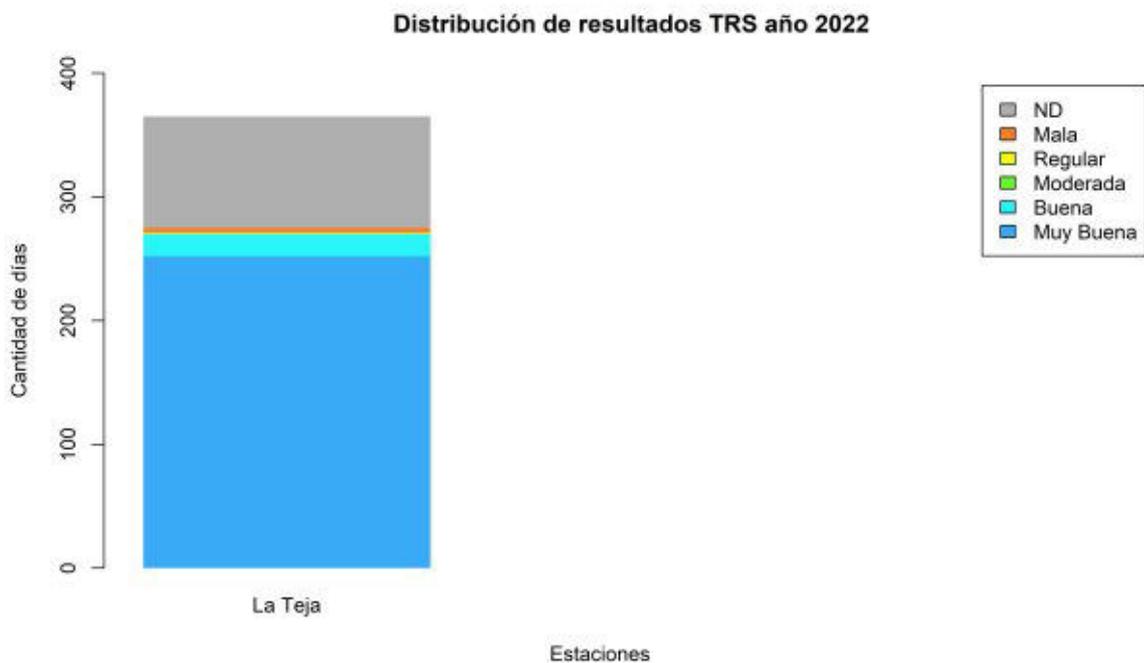


Ilustración 3.18 - Distribución por categorías TRS 2022 por estación

	ESTACIÓN
TRS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	La Teja
0-3	252
3,1-5	18
5,1-7	0
7,1-11	1
>11	4
ND	90

Tabla 3.17 - Distribución por categorías TRS 2022 por estación

	ESTACIÓN
TRS	La Teja
Días válidos	275
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2

Tabla 3.18 - Resultado Anual TRS

### 3.2.5 Ozono

En el año 2022 se midió ozono en las estaciones Curva de Maroñas y Colón. Para ello se utilizan equipos con semiconductor sensible al gas.

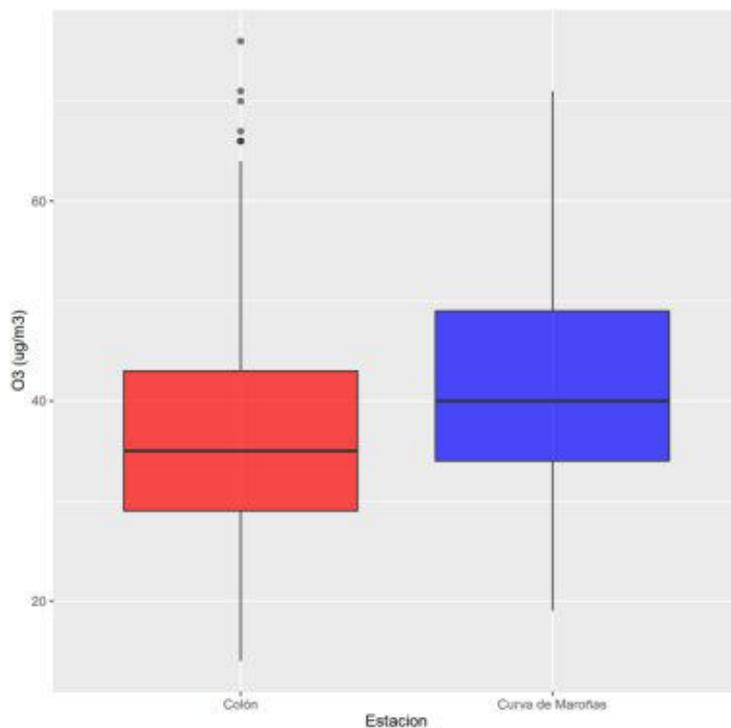


Ilustración 3.19 - Gráfico de cajas O<sub>3</sub> 2022 por estación



Ilustración 3.20 - Distribución por categorías O3 2022 por estación

O3 (µg/m³)	ESTACIONES	
	Colón	Curva de Maroñas
0-60	156	74
61-80	32	22
81-100	5	4
101-160	2	1
>160	0	0
ND	170	264

Tabla 3.19 - Distribución por categorías O3 2022 por estación

O3	ESTACIONES	
	Colón	Curva de Maroñas
Días válidos	195	101
Promedio anual (µg/m³)	37	42

Tabla 3.20 - Resultado Anual O3

No se puede obtener un promedio de concentración anual para O3 del departamento de Montevideo dado que no se alcanza un 75% de los datos válidos.

---

### 3.3 Resumen de resultados año 2022

Para el PM10 hubo superaciones diarias durante los meses de invierno, tanto en las estaciones manuales como automáticas. El promedio anual coincidió con el límite objetivo de calidad de aire establecido por la normativa uruguaya.

De manera similar para el PM2.5 existieron superaciones, aunque en mayor cantidad y en un rango de tiempo más amplio, con mayor frecuencia en los meses de invierno. Alguna de estas superaciones sobrepasa la tolerancia establecida en el decreto. En cuanto al promedio anual, el mismo se encuentra por debajo de lo establecido en la normativa uruguaya.

Con respecto al SO<sub>2</sub>, por más que no se informa un promedio global por las razones ya mencionadas, es importante destacar que tampoco hubo superaciones horarias ni diarias. En ambos casos los valores se encuentran muy por debajo de la normativa vigente.

Para el NO<sub>2</sub> hubo superaciones del objetivo para valores horarios a lo largo del año. También se obtiene un promedio anual superior a lo indicado en la normativa. Sin embargo, ese promedio se calcula en base a solo dos estaciones que logran el 75% de los datos válidos, siendo apreciable las diferencias entre sus valores.

El CO no presenta superaciones horarias ni diarias de la normativa vigente, además sus valores se encuentran significativamente por debajo de ella.

Para el TRS existen superaciones diarias a la normativa en casos puntuales. La mayoría de las superaciones sobrepasa la tolerancia establecida en el decreto.

En el caso de O<sub>3</sub> existen superaciones diarias en ambas estaciones, pero ninguna supera la tolerancia establecida en la normativa de calidad de aire.

# 4

## BIBLIOGRAFÍA

1- **IUPAC Glossary of terms used in toxicology**, 2nd edition U.S National Library of Medicine Published in Pure Appl. Chem., Vol. 79, No. 7, pp. 1153-1344, 2007. Consultado el 21/03/2019 <<http://sis.nlm.nih.gov/enviro/iupacglossary/frontmatter.html>>

2- **The National Association of Clean Air Agencies (NACAA)**. Consultado el 21/03/2019 <<http://www.4cleanair.org>>

3- **Selected Methods of Measuring air Pollutants- OECD Filter Soiling Methods** Ch1 pp 17-27, WHO 1976. ISBN 9241700246 [https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/37047/WHO\\_OFFSET\\_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/37047/WHO_OFFSET_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y) Consultado el 21/03/2019

4- **Current knowledge of particulate matter (pm) continuous emission monitoring** United States Office of Air Quality EPA-454/R-00-039 p 3-2 Setiembre 2000 <<http://nepis.epa.gov/EPA/html/Pubs/pubtitleOAR.html> > Doc\_ 454R00039. Consultado el 21/03/2019

5- **Air Pollutants- Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>)**- EPA Sulfur Dioxide Site -Air emission Sources. United States- Environmental Protection Agency. Last update 17/8/2011 consultado marzo 2015 <<http://www.epa.gov/airquality/sulfurdioxide/>>

6- **Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre**. Resumen de evaluación de los riesgos- Actualización mundial 2005. Organización Mundial de la Salud. p 19 <[https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO\\_SDE\\_PHE\\_OEH\\_06.02\\_spa.pdf;jsessionid=FE8F4A58B035C25BE9D2D574F4BEDC8C?sequence=1](https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/69478/WHO_SDE_PHE_OEH_06.02_spa.pdf;jsessionid=FE8F4A58B035C25BE9D2D574F4BEDC8C?sequence=1)>consultado marzo 2023

7- **Air Pollutants- Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>)**- EPA Nitrogen Dioxide Site . Air emission Sources United States- Environmental Protection Agency. Last update 1/11/2011 consultado marzo 2015 <<http://www.epa.gov/airquality/nitrogenoxides/>>

8- **Six common Pollutants- Carbon Monoxide** . Air emission Sources United States- Environmental Protection Agency. Last update 25/01/2012 consultado enero 2012 <<http://www.epa.gov/airquality/carbonmonoxide/>>

9- **Methods of Air Sampling and Analysis 3rd Edition**, Lewis Publishers inc. (1989) Lodge, J. P.[a] pp. 533-537.[b] pp 416-417 [c] pp296-299

- 
- 10- **National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)** United States- Environmental Protection Agency. Last update 8/11/2011 consultado enero 2012 <<http://epa.gov/air/criteria.html>>
- 11- **Guías de la calidad del aire de la OMS** - Actualización mundial 2005. Organización Mundial de la Salud 2006. <<http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/Housing-and-health/publications/pre-2009/air-quality-guidelines.-global-update-2005.-particulate-matter,-ozone,-nitrogen-dioxide-and-sulfur-dioxide> > Consultado en 21/03/2019
- 12- **WHO global air quality guidelines. 2021** <<https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329>>
- 13- **Ambient air monitoring network assessment guidance. ( 2007)** EPA United States- Environmental Protection Agency. Consultado en marzo 2015 <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/datamang/network-assessment-guidance.pdf>
- 14- **INDICE DE CALIDAD DE AIRE.** Marco conceptual y cálculos. Actualización 2010. Intendencia de Montevideo, Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental <https://montevideo.gub.uy/areas-tematicas/ambiente/calidad-del-aire/icaire> Consultado en marzo 2023
- 15- **Monitor Network . Operating schedules.** Federal Register 40-V-I-C-58-B USA (Title 40: Protection of Environment; Volumen 5; Capitulo I (Environmental Protection Agency); Subcapitulo C (Air Programs)- Parte 58 (Ambient Air quality surveillance), Subparte B (Monitor Network); Numeral 58,12).
- 16- **Decreto 135/021** <http://www.impo.com.uy/bases/decretos/135-2021>

# 5

## ABREVIATURAS

ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland
CO	Monóxido de carbono
COTAMA	Comisión Técnica Asesora de Medio Ambiente
da	Diámetro aerodinámico
DDA	Departamento de Desarrollo Ambiental (IM)
DINACEA	Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental
EPA	Environmental Protection Agency (Estados Unidos de América)
GCA	Guía de Calidad de Aire
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	Peróxido de hidrógeno
IC	Intervalo de Confianza (Inferior -Superior)
ICAire	Índice de calidad de aire
IM	Intendencia de Montevideo
IUPAC	International Union of Pure and Applied Chemistry
ECCA	Servicio de Evaluación de la Calidad y Control Ambiental (DDA - IM)
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
MEC	Ministerio de Educación y Cultura
mg	Miligramos
MTOP	Ministerio de Transporte y Obras Públicas
NACAA	National Association of Clean Air Agencies
nm	Nanómetros
NO <sub>2</sub>	Dióxido de nitrógeno
OI-1/2/3	Objetivo intermedio – 1, 2 ó 3 (categoría de OMS para las GCA)
OMS	Organización Mundial de la Salud
PM <sub>10</sub>	Partículas menores de 10 $\mu$ m de diámetro aerodinámico
PM <sub>2,5</sub>	Partículas menores de 2,5 $\mu$ m de diámetro aerodinámico
ppb	Partes por billon (1 parte en 1,000,000,000 de la misma unidad)
PTS	Partículas Totales en Suspensión
SIME	Servicio de Instalaciones Mecánicas y Eléctricas (DDA, IM)
SO <sub>2</sub>	Dióxido de azufre
TRS	Compuestos de azufre reducido
$\mu$ g	Microgramos
$\mu$ m	Micrómetros
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas
WHO	World Health Organization (OMS)

# 6

## ÍNDICE

Resumen Ejecutivo	iii
1 Red de Monitoreo de Calidad del Aire	4
1.1 Arreglos Institucionales	4
1.2 Parámetros determinados y métodos de medida	4
1.2.1 Material Particulado	4
1.2.1.1 Definición	4
1.2.1.2 Metodología de medida	5
1.2.2 Gases	7
1.2.2.1 Definición	7
1.2.2.2 Metodología de medida	7
1.3 Configuración de la Red de Monitoreo	9
1.3.1 Red Base	9
1.3.2 Red Orientada a Fuentes Significativas	10
1.4 Marco Normativo	11
1.5 Cálculos estadísticos	12
2 Resultados de red monitoreo 2022	13
2.1 Comunicación de Resultados-Categorías de calidad de aire	13
2.2 Estación 1 Ciudad Vieja	14
2.3 Estación 5 Tres Cruces	16
2.4 Estación 6 Curva de Maroñas	18
2.5 Estación 7 Portones de Carrasco	21
2.6 Estación 8 Colón	22
2.7 Estación Palacio Legislativo	25
2.8 Estación La Teja	28
3 Calidad del aire año 2022	31
3.1 Material particulado	31
3.1.1 Partículas totales en suspensión (PTS)	31
3.1.2 Material Particulado menor de 10 micras (PM10)	34
3.1.3 Material Particulado menor de 2.5 micras (PM2.5)	38
3.1.4 Material Particulado Humo Negro	40
3.2 Gases	42
3.2.1 Dióxido de azufre	42
3.2.2 Dióxido de nitrógeno	44
3.2.3 Monóxido de carbono	46
3.2.4 Compuesto de Azufre Reducido Totales (TRS)	48
3.2.5 Ozono	50
3.3 Resumen de resultados 2022	52
4 Bibliografía	53
5 Abreviaturas	55
6 Índice	56