



Intendencia  
Montevideo

**DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL**  
**GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL**  
SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL  
Unidad Calidad de Aire

# **INFORME DE CALIDAD DE AIRE**

## **Año 2023**

**Informe anual**

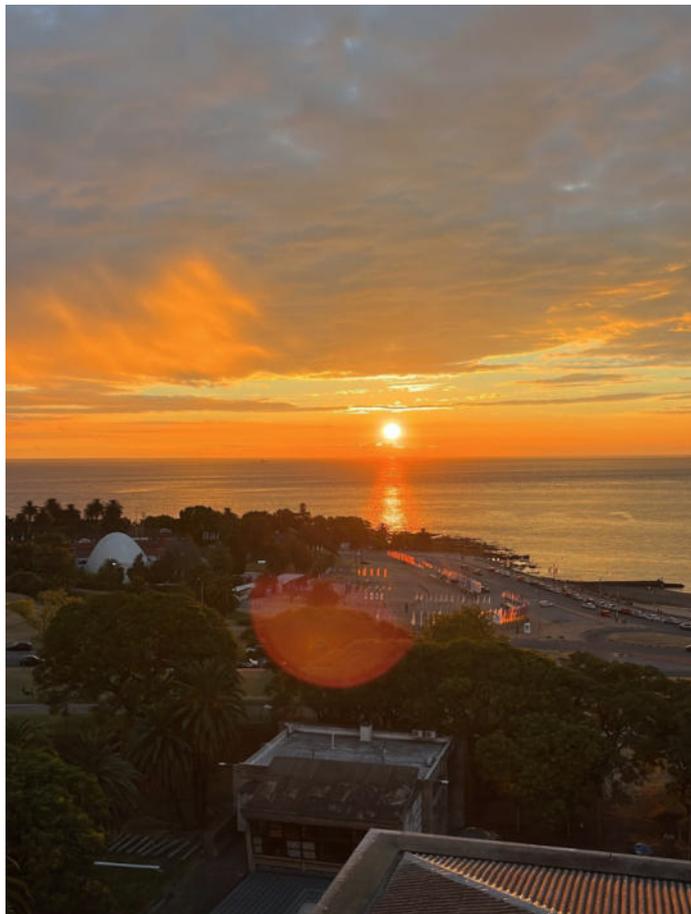


Foto: Unidad Calidad de Aire / Intendencia de Montevideo



Intendencia  
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**  
**Pablo Mamrut**  
**Florencia Pólvora**



## ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO.....	4
1. RED DE MONITOREO DE CALIDAD DEL AIRE.....	5
1.1 Arreglos Institucionales.....	5
1.2 Parámetros determinados y métodos de medida.....	5
1.2.1 Material Particulado.....	5
1.2.1.1 Definición.....	5
1.2.1.2 Metodología de medida.....	6
1.2.2 Gases.....	8
1.2.2.1 Definición.....	8
1.2.2.2 Metodología de medida.....	8
1.3 Configuración de la Red de Monitoreo.....	10
1.3.1 Red Base.....	10
1.3.2 Red Orientada a Fuentes Significativas.....	11
1.4 Marco Normativo.....	12
1.5 Cálculos estadísticos.....	13
2. RESULTADOS DE RED MONITOREO 2023.....	14
2.1 Comunicación de Resultados - Categorías de calidad de aire.....	14
2.2 Estación 1: Ciudad Vieja.....	15
2.3 Estación 5: Tres Cruces.....	17
2.4 Estación 6 : Curva de Maroñas.....	19
2.5 Estación 7 : Portones de Carrasco.....	23
2.6 Estación 8 : Colón.....	25
2.7 Estación: Palacio Legislativo.....	28
2.8 Estación: La Teja.....	31
3. CALIDAD DE AIRE AÑO 2023.....	34
3.1 Material particulado.....	34
3.1.1 Partículas totales en suspensión (PTS).....	34
3.1.2 Material Particulado menor de 10 micras (PM10).....	37
3.1.3 Material Particulado menor de 2.5 micras (PM2.5).....	41
3.1.4 Material Particulado Humo Negro.....	44
3.2 Gases.....	46
3.2.1 Dióxido de azufre.....	46
3.2.3 Monóxido de carbono.....	50
3.2.4 Compuesto de Azufre Reducido Totales (TRS).....	52
3.2.5 Ozono.....	54
3.3 Resumen de resultados año 2023.....	56
4. BIBLIOGRAFÍA.....	57
5. ABREVIATURAS.....	58



## RESUMEN EJECUTIVO

En el año 2023, la Red de Monitoreo operó cinco 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, Portones de Carrasco 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 2023.

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 2023. Los informes anuales anteriores y los informes semanales se encuentran publicados en el sitio web institucional: <https://montevideo.gub.uy/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 ( $d_a$ ) 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 <sup>(1)</sup>.

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 PM<sub>10</sub> 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 <sup>(2)</sup>.

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 <sup>(3)</sup>. 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 (light scattering). 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  $C_{14}$ ), 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.

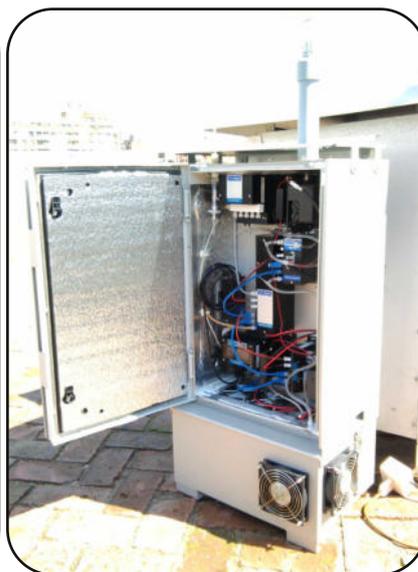
Los equipos que miden material particulado por dispersión de luz se basan en la medida de la luz dispersada por las partículas cuando un haz de luz incide sobre ellas. La intensidad de esa luz dispersada es proporcional a la concentración de las partículas presentes en un flujo de aire continuo. Dichos 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 Light scattering**



## 1.2.2 Gases

### 1.2.2.1 Definición

En el año 2023 se determinaron; dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), monóxido de carbono ( $\text{CO}$ ) 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  $8 \text{ m}^3$  en 24 horas y se hace burbujear en una solución de  $\text{H}_2\text{O}_2$ . La determinación del  $\text{SO}_2$  retenido en 24 horas se realiza midiendo la concentración del ion sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 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 2023 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.

**Ozono:** estos analizadores utilizan un semiconductor sensible al gas que queda adsorbido a su superficie, modificando la conductividad eléctrica. Estos sensores son apropiados para mediciones indicativas, que cumplen con objetivos de calidad menos estrictos. (Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo -21/05/2008)

**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.

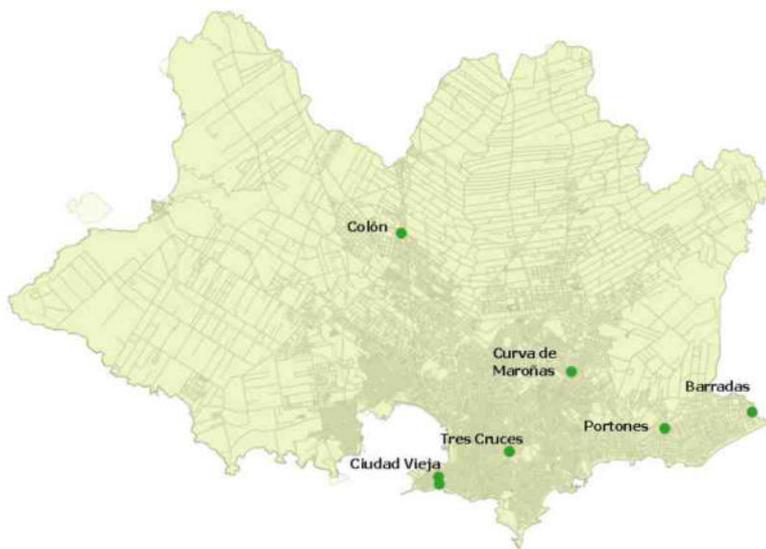


Ilustración 1.6 Mapa Red Base

Nombre	Referencia	Dirección	PTS	PM10	PM2.5	TREN MONITOREO	NO <sub>2</sub>	O <sub>3</sub>	SO <sub>2</sub>
Ciudad Vieja	AEBU Museo Romántico	Camacú 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.

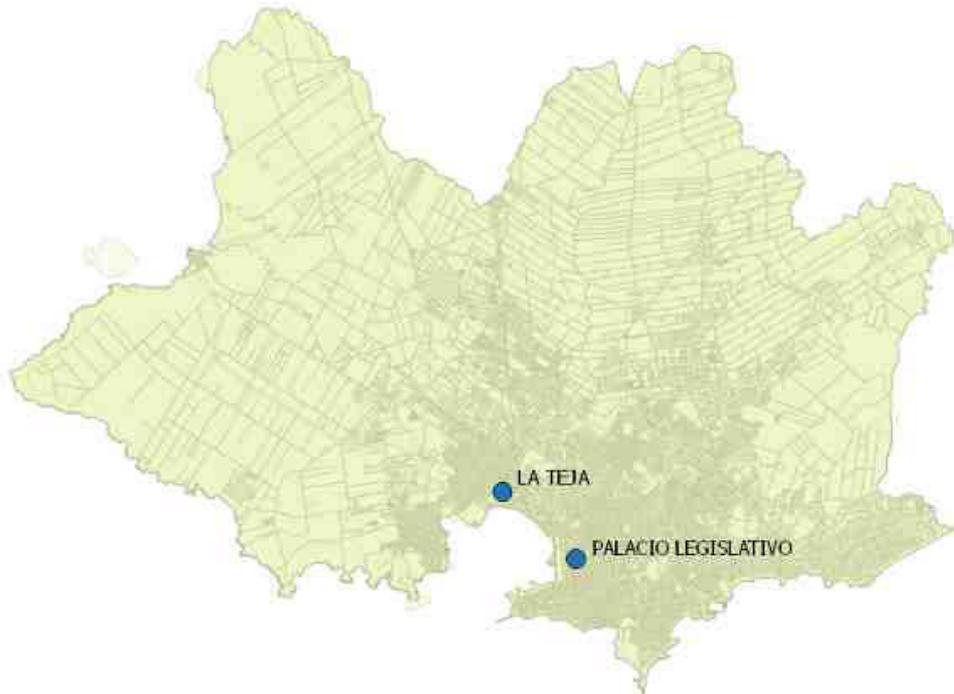


Ilustración 1.7 Mapa de Red Orientada a Vigilancia de Fuentes significativas

Nombre	Propietario	Dirección	PM10	PM2.5	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO	TRS	Parámetros Meteorológicos
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 <sup>(2)</sup>. 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.

Para evaluar los parámetros PM<sub>2.5</sub>, PM<sub>10</sub>, SO<sub>2</sub> y TRS se utiliza el promedio de 24 horas y el promedio anual. En el caso del NO<sub>2</sub>, la evaluación se realiza usando el promedio horario y el anual. Para el CO y el O<sub>3</sub>, se usa el máximo del promedio móvil de 8 horas.

En la tabla que aparece 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>		

**Tabla 1.3 Referencias normativas**



## 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 2023

En este capítulo se describen las características de cada estación y se muestra un resumen de los resultados en las mismas durante el año 2023.

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

En base a la normativa, la Intendencia de Montevideo establece cinco categorías de calidad de aire que permiten realizar una evaluación cualitativa de los resultados. Estas categorías se utilizan como herramienta para la comunicación de los resultados de la Red.

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 2023, 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.

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**

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



## 2.2 Estación 1: Ciudad Vieja

Estación de Base

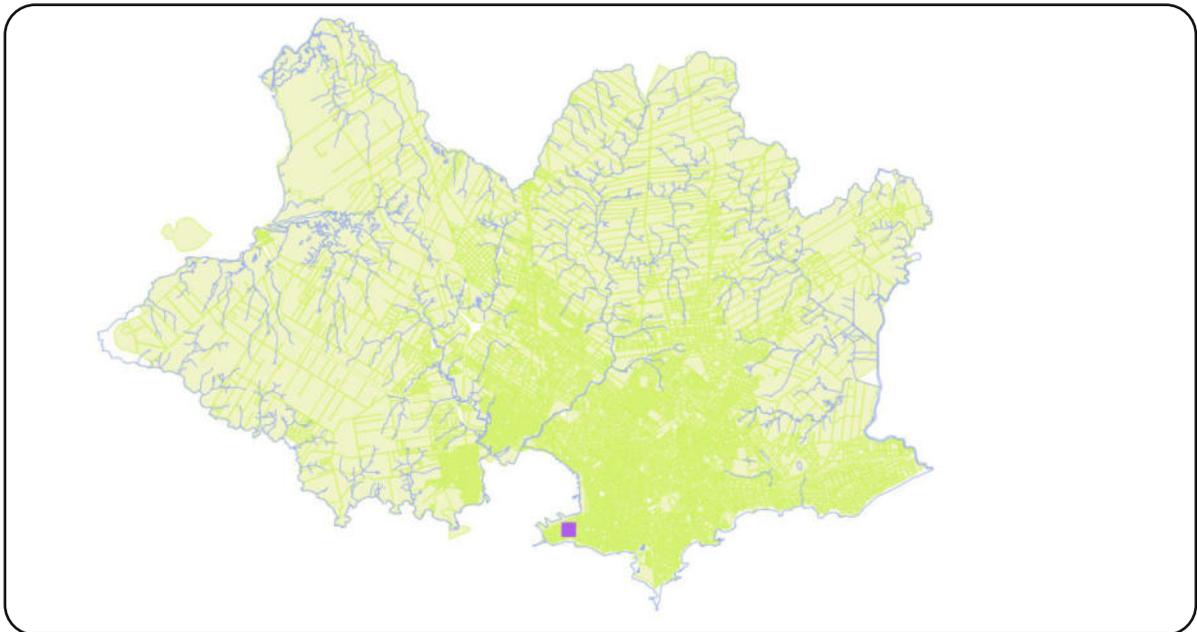
### Museo Romántico

SIRGAS 2000	X= 572796	Altura sobre Nivel del mar 16 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
Material Particulado PM2.5	PM2.5 ug/m <sup>3</sup>	Light scattering	Horario
Humo Negro	HN ug/m <sup>3</sup>	Reflectometría	24 horas cada 12 días



Mapa 2.1 Ciudad Vieja



## Humo Negro año 2023

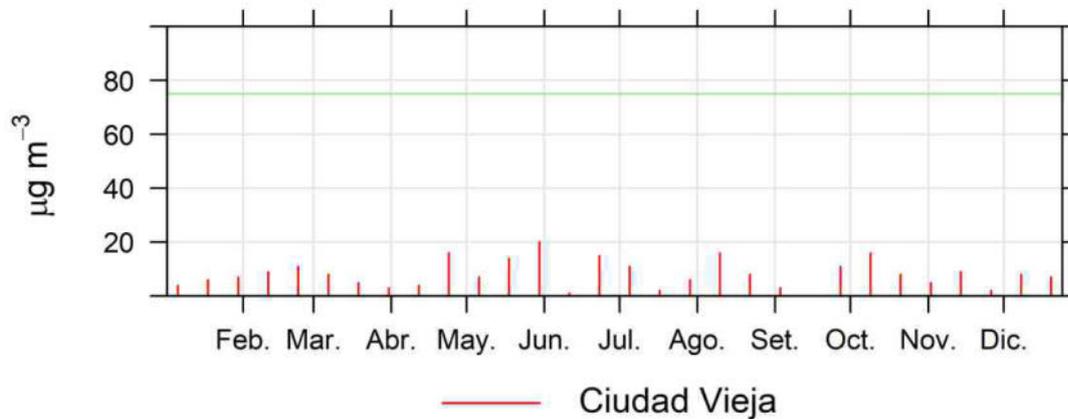


Ilustración 2.1 - Resultados de Humo Negro de la estación

## Promedios diarios $\text{PM}_{2.5}$ año 2023

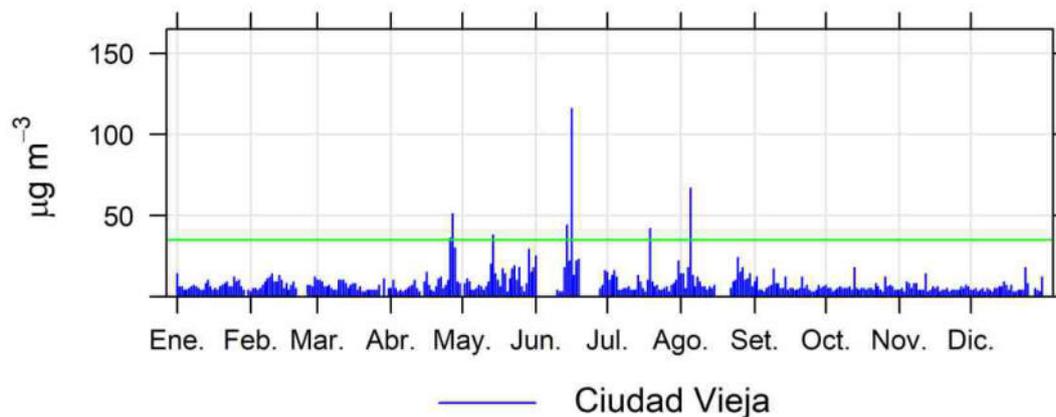


Ilustración 2.2 - Resultados de  $\text{PM}_{2.5}$  de la estación

Durante el año 2023, se tomaron 29 muestras válidas de Humo Negro, en el tren de monitoreo, de las 30 previstas en el año.

La mayoría de los resultados de  $\text{SO}_2$  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  $\text{PM}_{2.5}$  durante 332 días, lo que representa el 93% del año. El valor objetivo de calidad para  $\text{PM}_{2.5}$  ( $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se superó 7 días en el año 2023 (2,1% de los días evaluados). Estos eventos se registraron entre finales de abril y agosto.



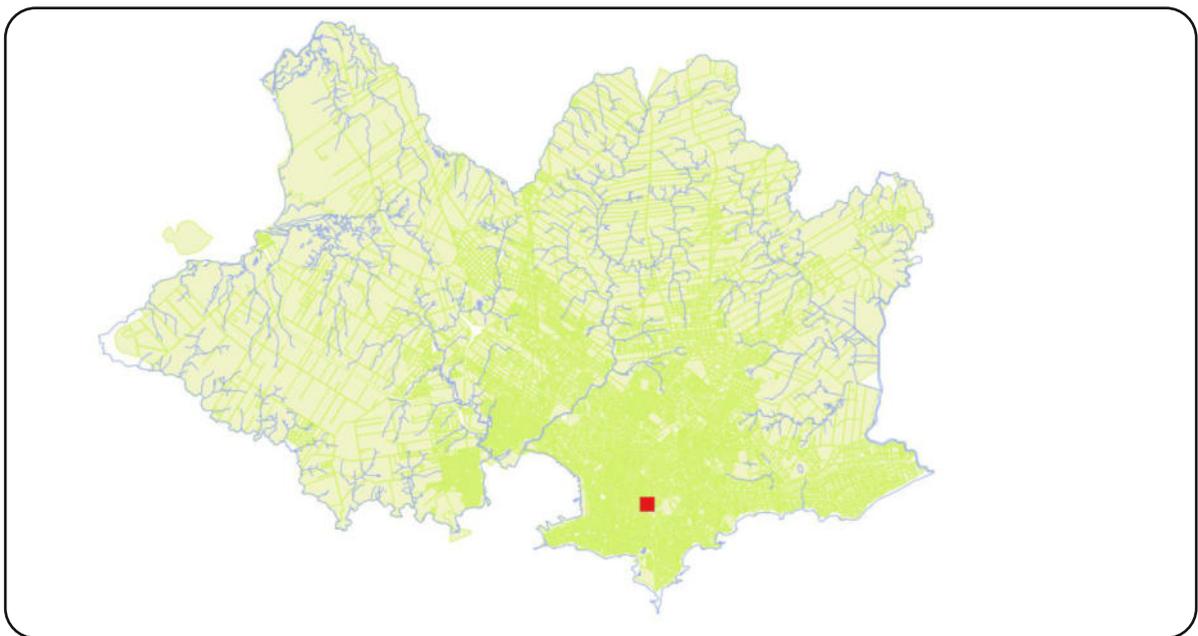
## 2.3 Estación 5: Tres Cruces

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 PM2.5	PM2.5 ug/m <sup>3</sup>	Light scattering	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 2023

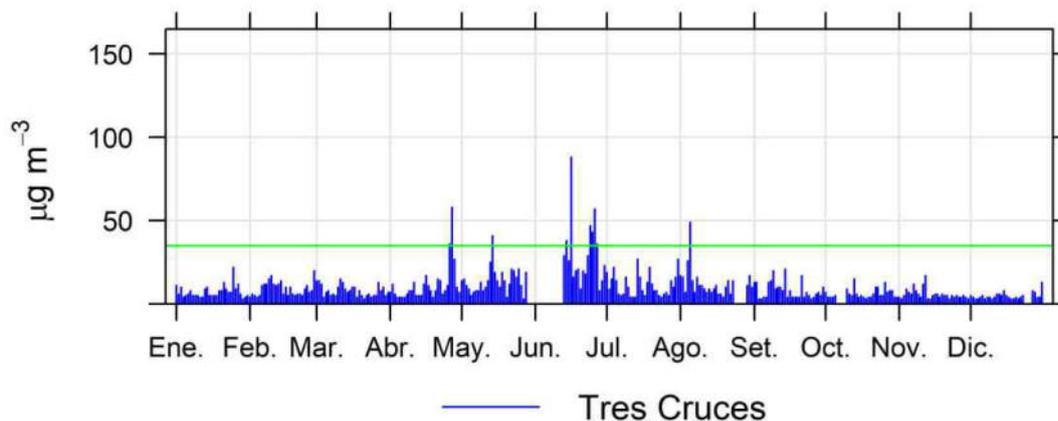


Ilustración 2.3 - Resultados PM<sub>2.5</sub> de la estación

### Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2023

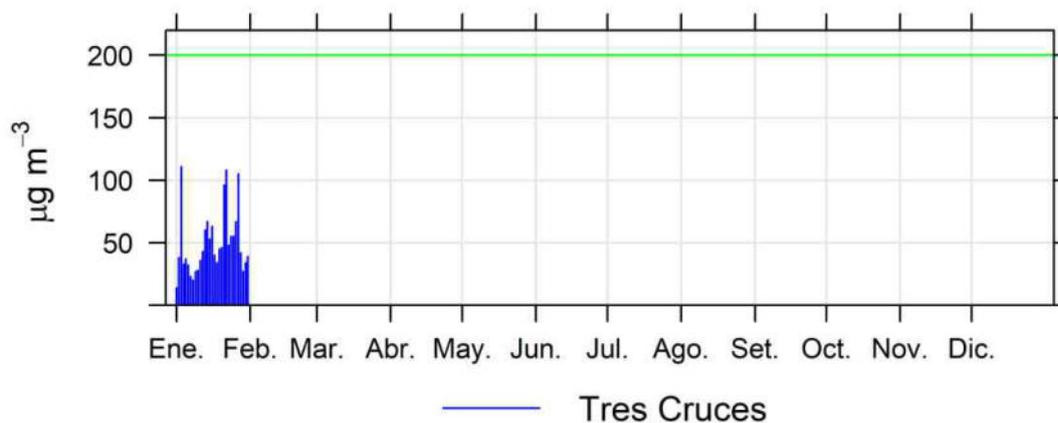


Ilustración 2.4 - Resultados NO<sub>2</sub> de la estación

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>2.5</sub> durante 338 días, lo que representa el 93% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>2.5</sub> (35 µg/m<sup>3</sup>) se superó 10 días en el año 2023 (2,7% de los días evaluados). Estos eventos se registraron entre abril y agosto.

Para el NO<sub>2</sub> solo se obtuvieron valores válidos durante 31 días, correspondiente al mes de enero, lo que representa el 8,5% del año. Los datos no informados se deben a una falta de calibración del equipo ya que el calibrador presentaba fallas operativas. El valor objetivo de calidad para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) durante esos días no fue superado.



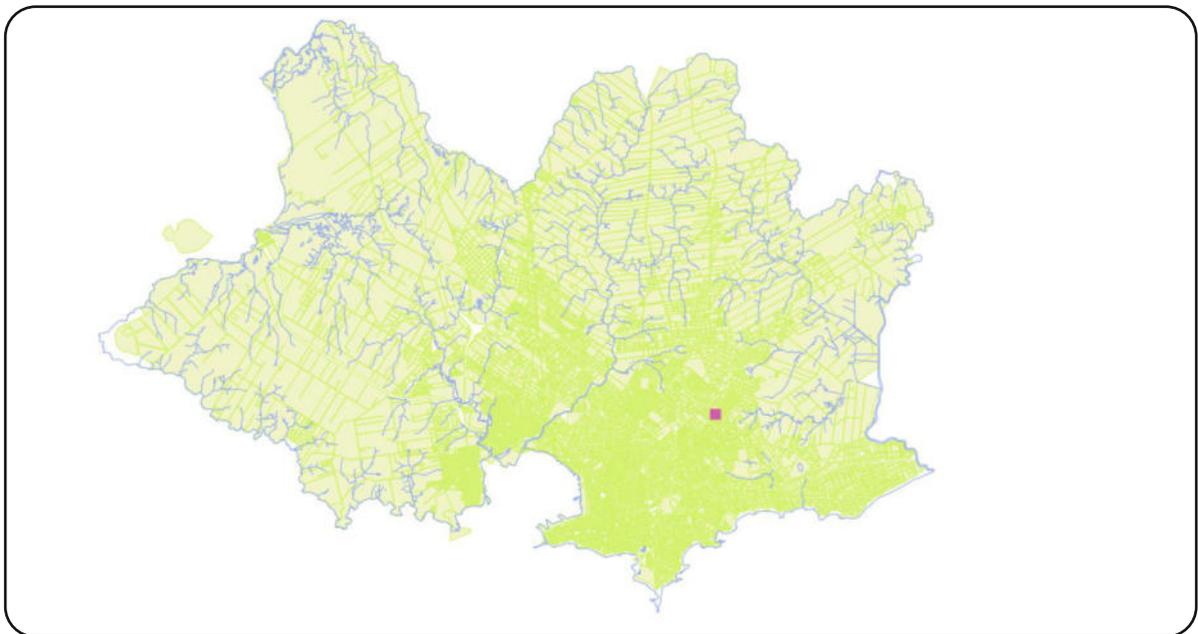
## 2.4 Estación 6 : Curva de Maroñas

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
Material Particulado PM2.5	PM2.5 ug/m <sup>3</sup>	Light scattering	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	Sensor	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
Humo Negro	HN ug/m <sup>3</sup>	Reflectometria	24 horas cada 12 días



Mapa 2.3 Curva de Maroñas



Durante el año 2023 se registraron valores válidos de PM<sub>2.5</sub> durante 365 días, lo que representa el 100% del año. Dentro de ese período el valor objetivo de PM<sub>2.5</sub> (35  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se superó en 19 oportunidades, siendo en su mayoría durante los meses de invierno.

Para el NO<sub>2</sub> solo se registraron valores válidos durante 73 días. Los datos no informados se deben a una falta de calibración del equipo ya que el calibrador presentaba fallas operativas. Durante el periodo que se lograron registrar valores no hubo superaciones del valor objetivo (200  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ).

Para el O<sub>3</sub>, se registraron valores válidos durante 291 días lo que corresponde al 80% del año. El valor objetivo (100  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) se superó 5 días en los meses de febrero y marzo.

### Promedios diarios PM<sub>2.5</sub> año 2023

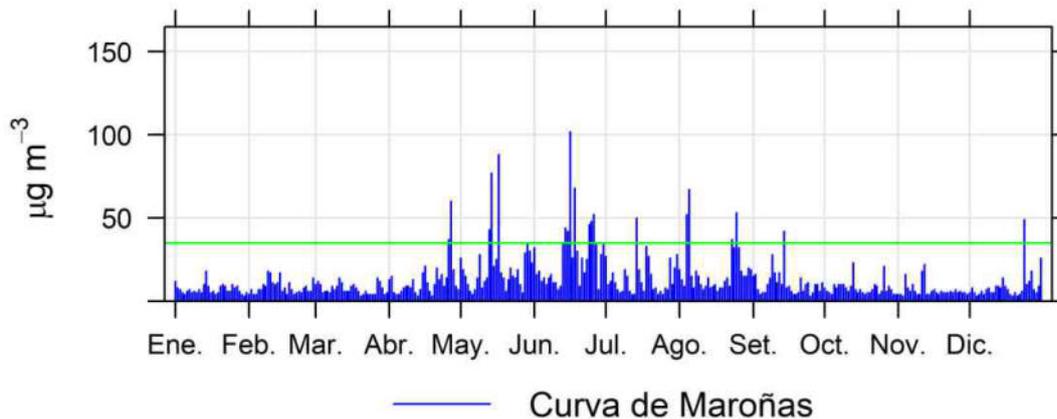


Ilustración 2.5 - Resultados PM<sub>2.5</sub> de la estación

### Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2023

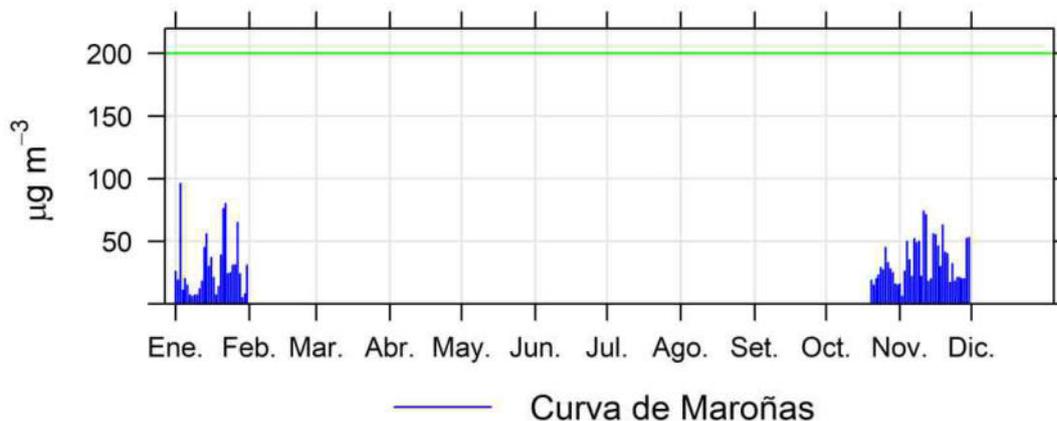
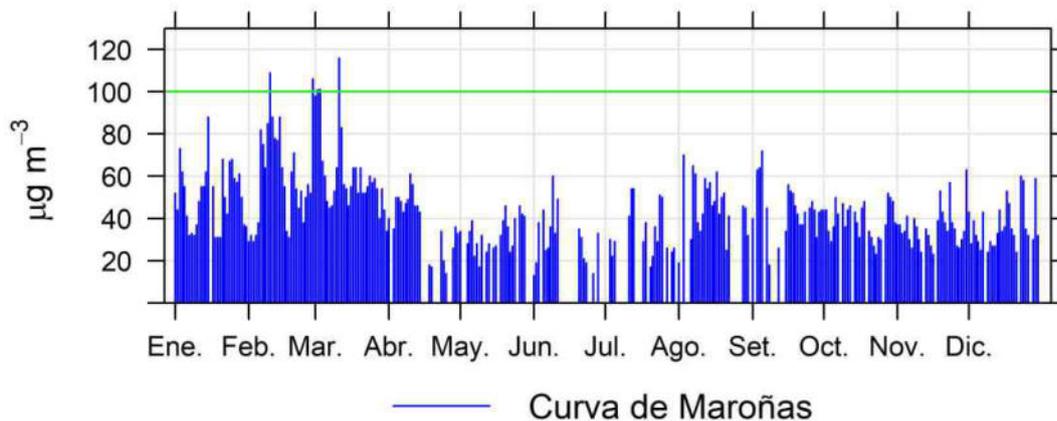


Ilustración 2.6 - Resultados NO<sub>2</sub> de la estación



### Máximos diarios O<sub>3</sub> año 2023

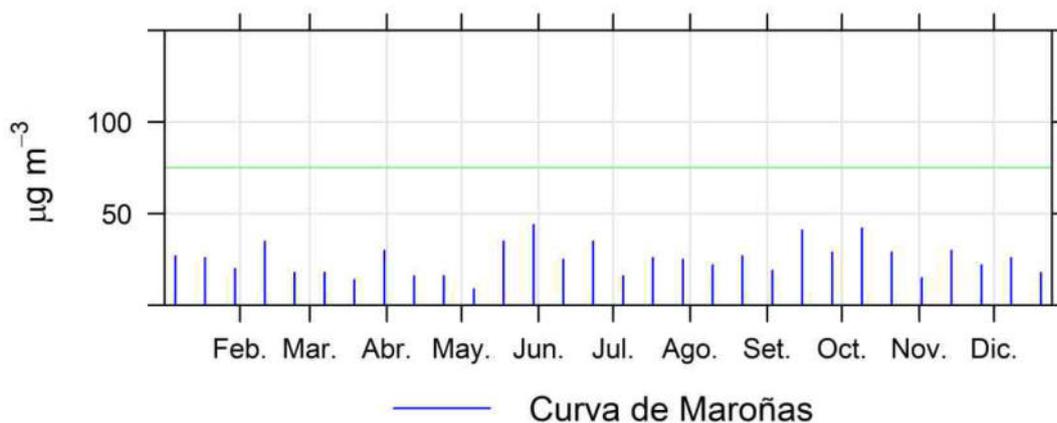


**Ilustración 2.7 - Resultados O<sub>3</sub> de la estación**

Durante el año 2023, se obtuvieron 30 muestras válidas de PM<sub>10</sub> manual en esta estación. Ninguna de estas muestras han superado el valor objetivo de la normativa (75 µg/m<sup>3</sup>).

Para el HN se obtuvieron 30 muestras, todas por debajo del valor de referencia.

### PM<sub>10</sub> HiVol año 2023



**Ilustración 2.8 - Resultados PM<sub>10</sub> (manual) de la estación**



## Humo Negro año 2023

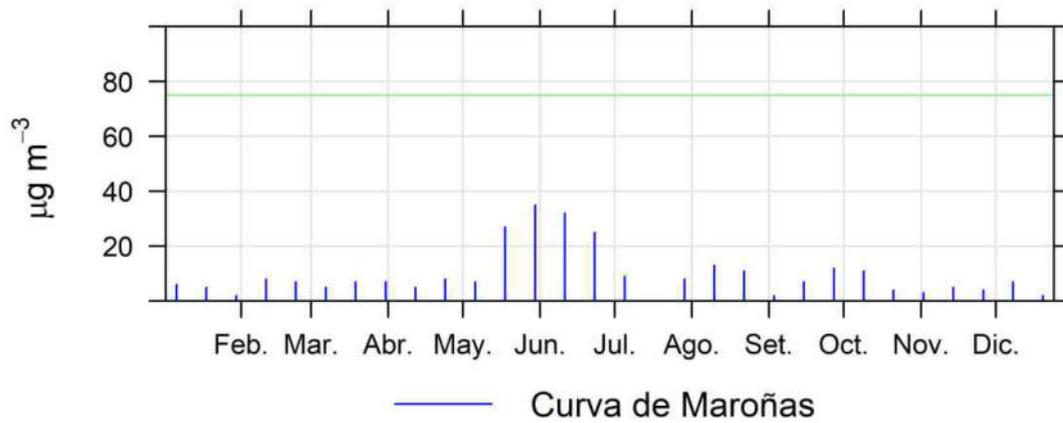


Ilustración 2.9- Resultados HN de la estación



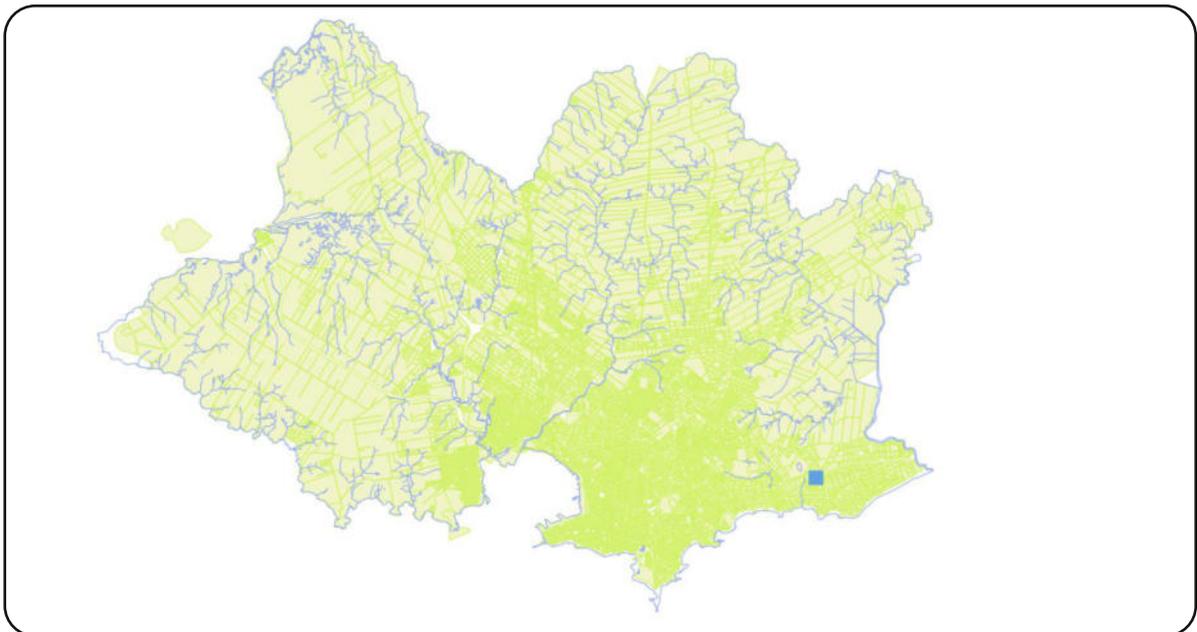
## 2.5 Estación 7 : Portones de Carrasco

Estación de Base

### Centro Médico Portones CASMU

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 volvió a estar operativa desde febrero del 2023.



### PM<sub>10</sub> HiVol año 2023

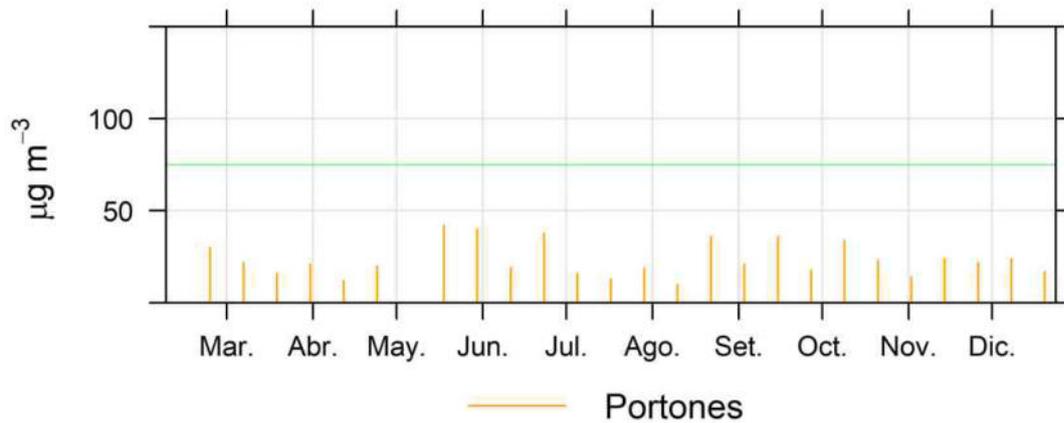


Ilustración 2.10 - Resultados PM10 (manual) de la estación

### Humo Negro año 2023

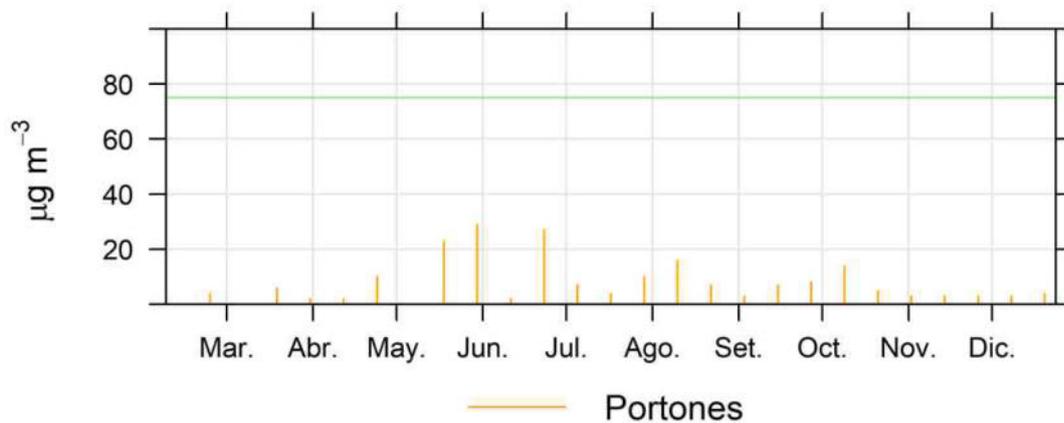


Ilustración 2.11- Resultados HN de la estación

De las 27 muestras esperadas, se obtuvieron 25 muestras válidas para PM<sub>10</sub> y 24 para Humo Negro. Ninguna de las muestras válidas han superado el valor objetivo de la normativa, tanto para PM<sub>10</sub> como para Humo Negro.



## 2.6 Estación 8 : Colón

Estación de Base

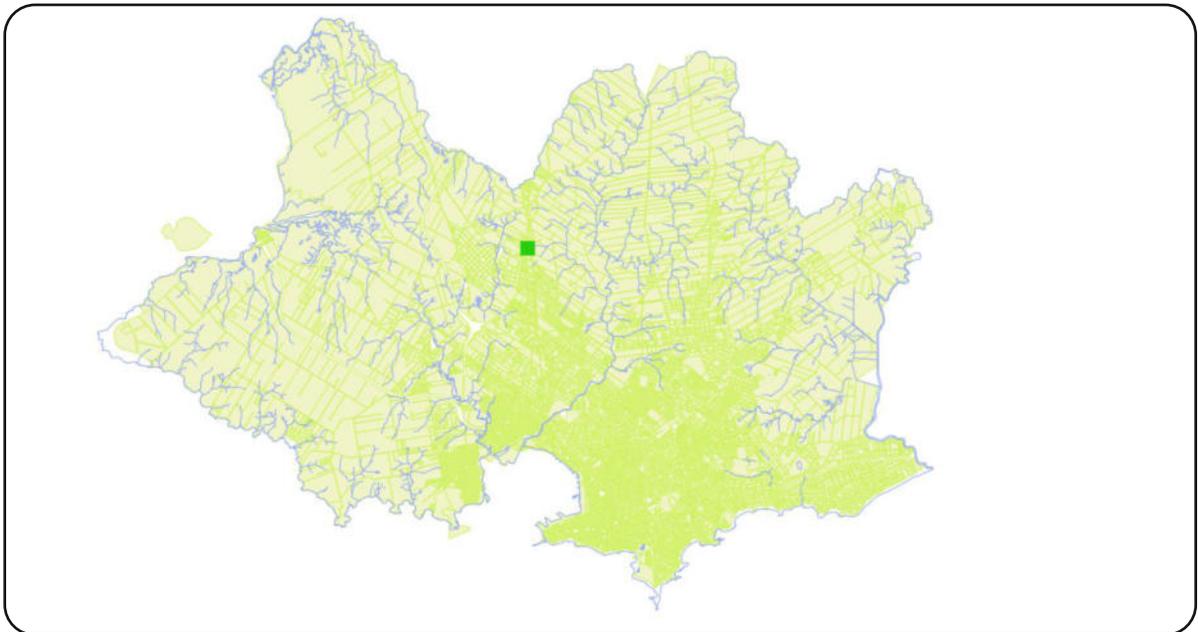
### Servicio de Máquinas - Ministerio de Transporte y Obras Públicas

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

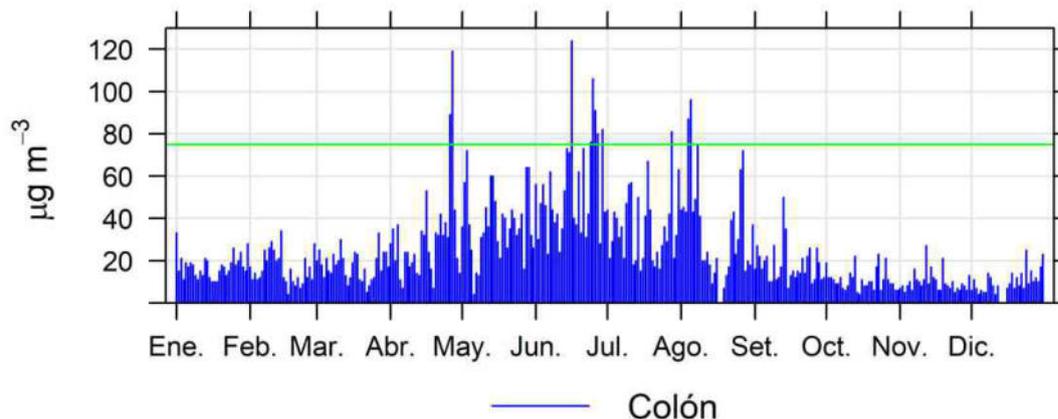
Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM10	PM10 ug/m <sup>3</sup>	Light scattering	Horaria
Ozono	O <sub>3</sub> ug/m <sup>3</sup>	Sensor	Horaria
Material Particulado (manual) PM10	PM10 ug/m <sup>3</sup>	Hivol	24 horas cada 12 días
Material Particulado (manual) PTS	PTS ug/m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



Mapa 2.5 Colón

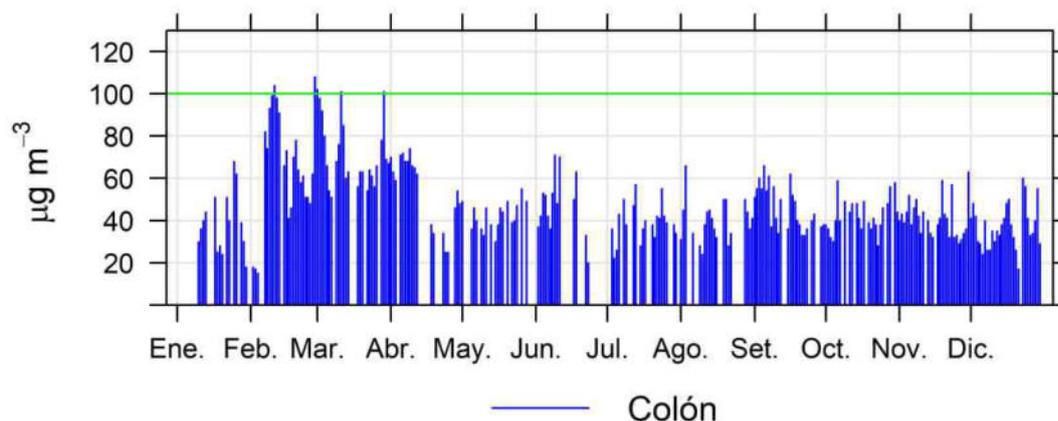


### Promedios diarios PM<sub>10</sub> año 2023



**Ilustración 2.12 - Resultados PM10 de la estación**

### Máximos diarios O<sub>3</sub> año 2023



**Ilustración 2.13- Resultados O<sub>3</sub> de la estación**

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>10</sub> durante 360 días, lo que representa el 99% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>10</sub> (75 µg/m<sup>3</sup>) se superó 11 días en el año 2023 (3.0% de los días evaluados). Estos eventos se registraron entre abril y agosto.

Para el O<sub>3</sub> se obtuvieron valores válidos durante 262 días, lo que representa el 72% del año. Los datos no válidos se debieron 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 5 días durante febrero y marzo del 2023.



## PM<sub>10</sub> HiVol año 2023

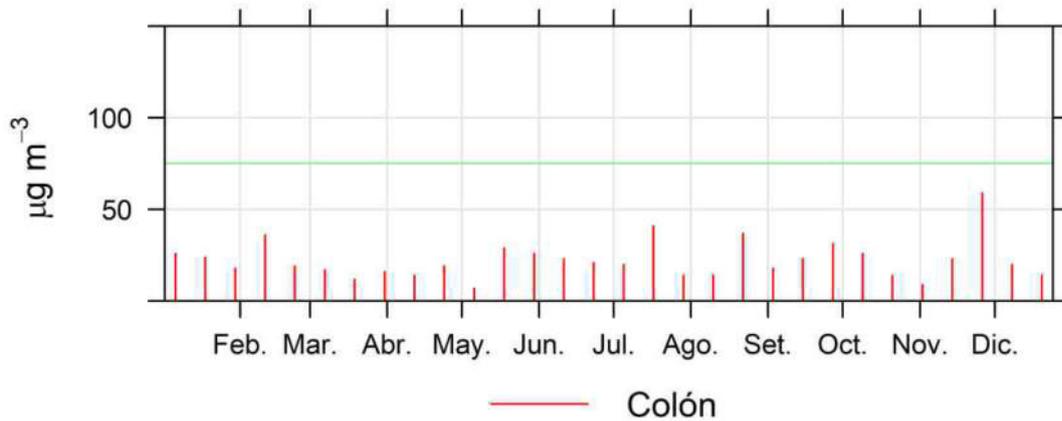


Ilustración 2.14 - Resultados PM<sub>10</sub> (manual) de la estación

## PTS año 2023

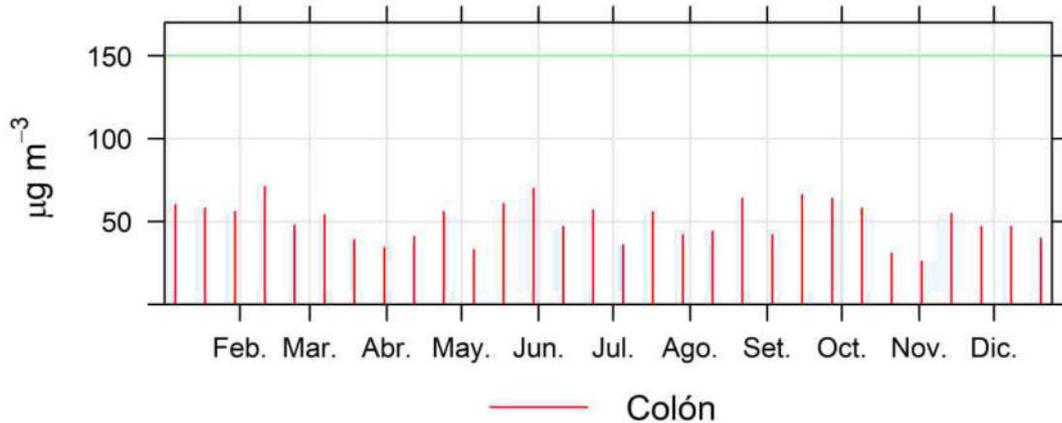


Ilustración 2.15 - Resultados PTS (manual) de la estación

Durante el año 2023, se obtuvieron 30 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 30 muestras válidas, cuyos resultados no superaron el valor de referencia (150 µg/m<sup>3</sup>).



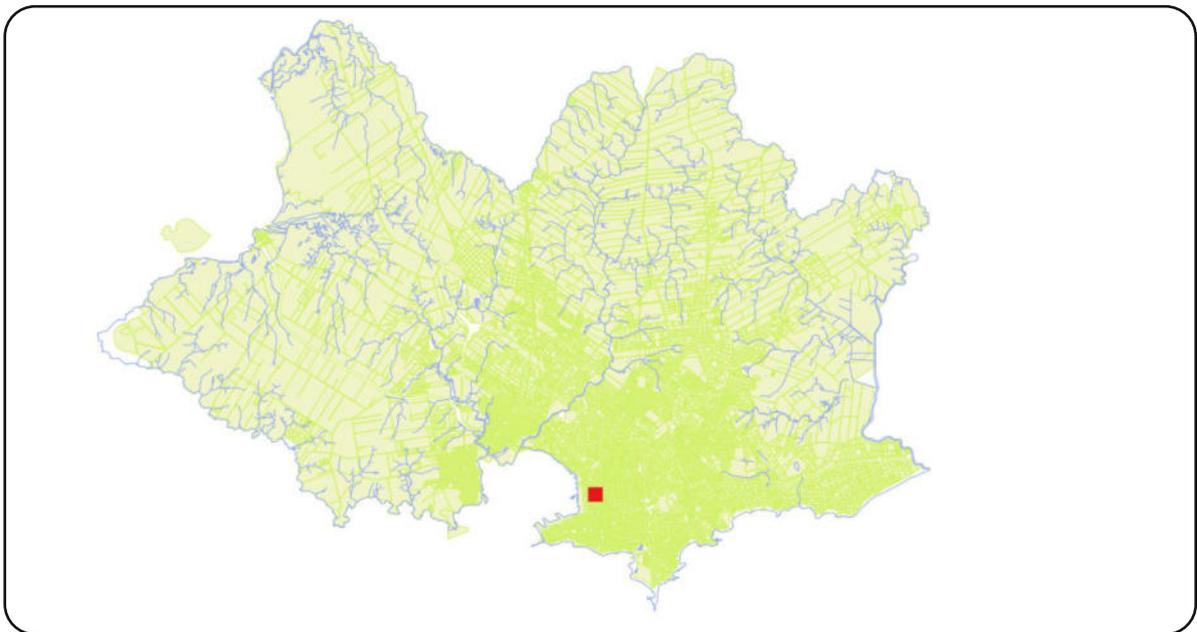
## 2.7 Estación: Palacio Legislativo

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



## Promedios diarios PM<sub>10</sub> año 2023

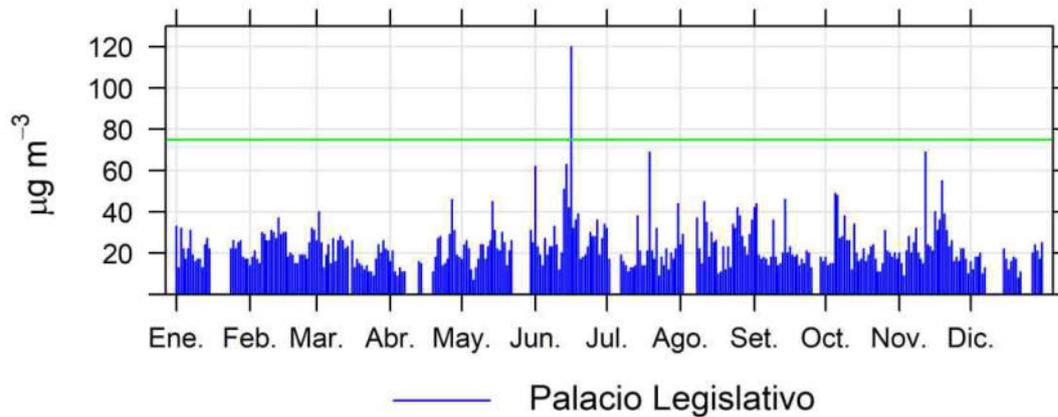


Ilustración 2.16 - Resultados PM<sub>10</sub> de la estación

## Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2023

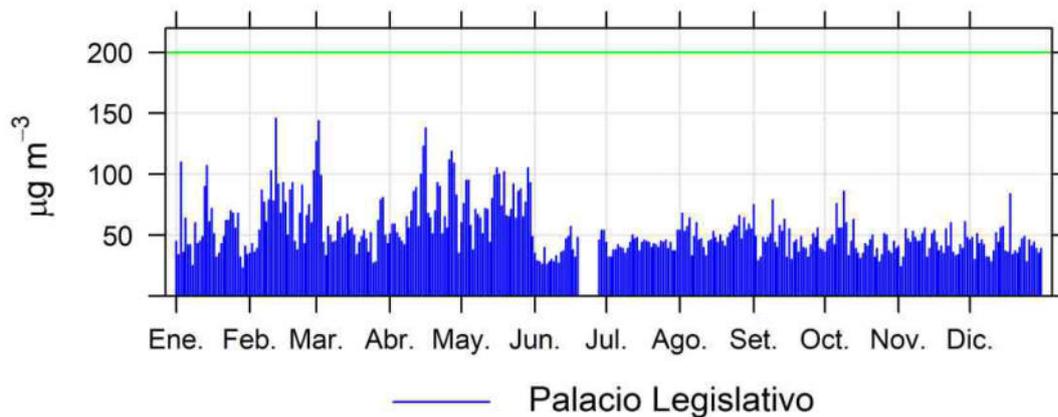


Ilustración 2.17- Resultados NO<sub>2</sub> de la estación

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>10</sub> durante 317 días, lo que representa el 87% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>10</sub> (75 µg/m<sup>3</sup>) se superó 1 día en el año 2023. Este evento se registró en junio.

Para el NO<sub>2</sub> se obtuvieron valores válidos durante 357 días, lo que representa el 98% del año. El valor objetivo de calidad para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en ninguna oportunidad durante el 2023.



### Promedios diarios SO<sub>2</sub> año 2023

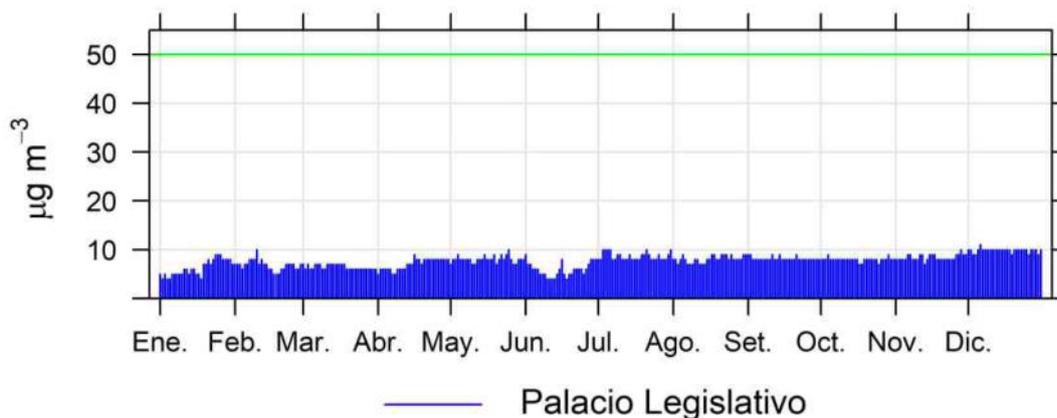


Ilustración 2.18 - Resultados SO<sub>2</sub> de la estación

### Máximos diarios CO año 2023

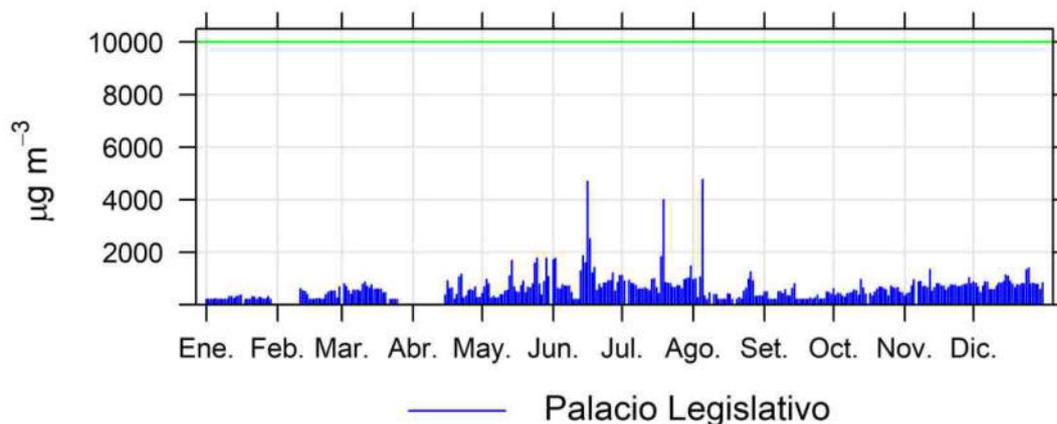


Ilustración 2.19- Resultados CO de la estación

En este año se registraron valores válidos de SO<sub>2</sub> durante 365 días, lo que representa el 100% 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 2023.

Para el CO se obtuvieron valores válidos durante 324 días, lo que representa el 89% del año. El valor objetivo de calidad para CO (10000 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en todo el año 2023.



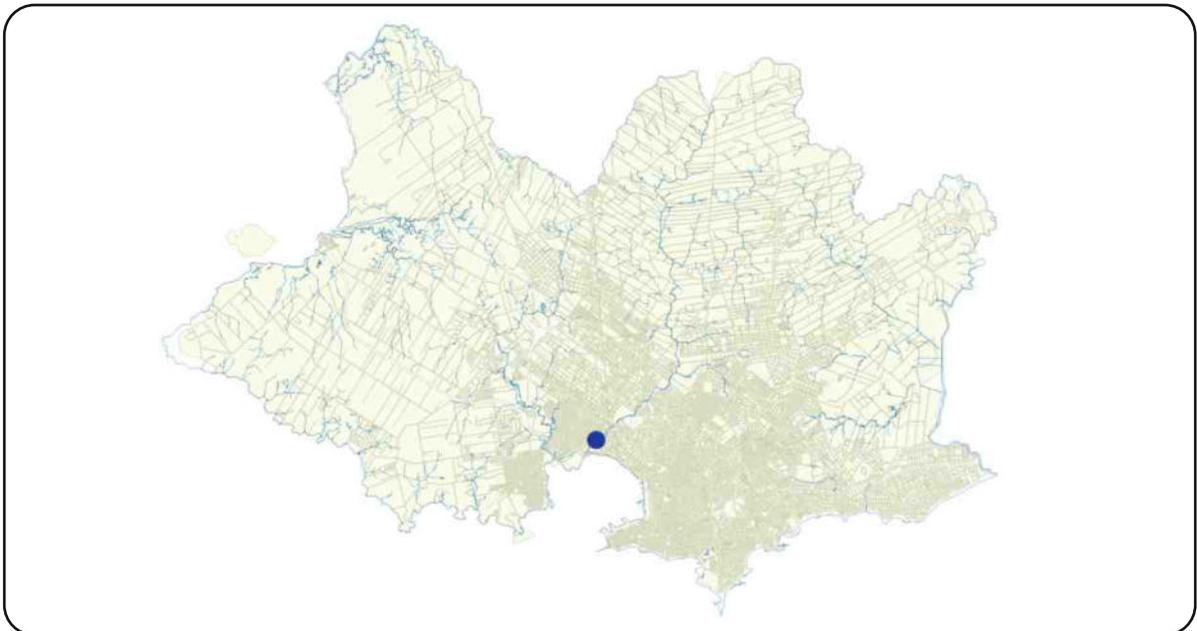
## 2.8 Estación: La Teja

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

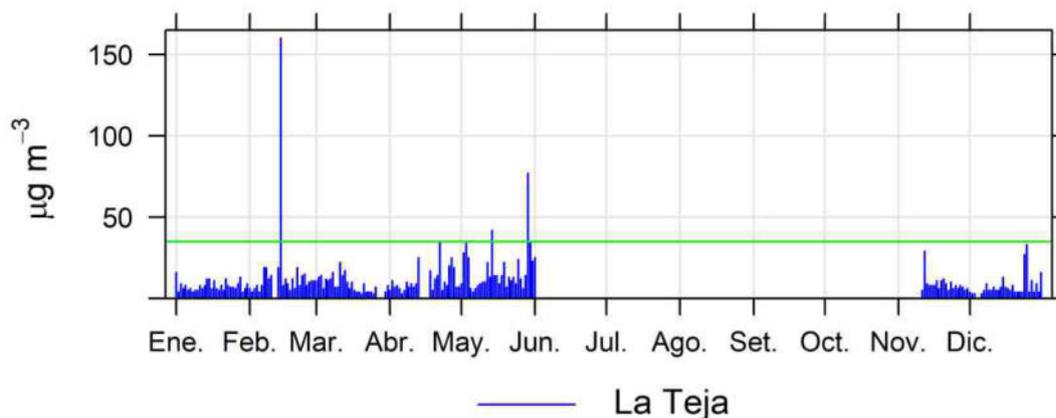
Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado	PM2.5 ug/m <sup>3</sup>	Atenuacion Beta	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia	Horaria
Dióxido de azufre	SO <sub>2</sub> ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Horaria
Monóxido de carbono	CO ug/m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



Mapa 2.7 La Teja

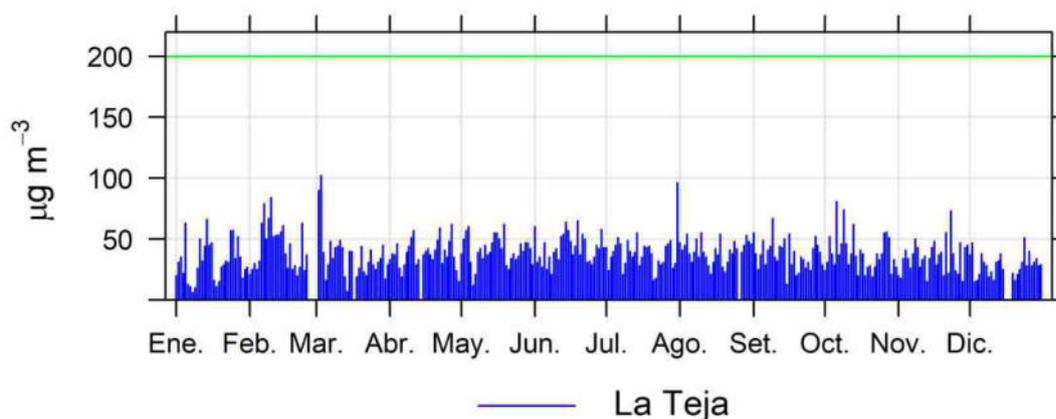


### Promedios diarios PM<sub>2.5</sub> año 2023



**Ilustración 2.20 - Resultados PM<sub>2.5</sub> de la estación**

### Máximos diarios NO<sub>2</sub> año 2023



**Ilustración 2.21 - Resultados NO<sub>2</sub> de la estación**

En este año se registraron valores válidos de PM<sub>2.5</sub> durante 192 días, lo que representa el 53% del año. El valor objetivo de calidad para PM<sub>2.5</sub> (35 µg/m<sup>3</sup>) se superó 3 días en el año 2023 (0,02% de los días evaluados). Estos eventos se registraron en los meses de febrero y mayo.

Para el NO<sub>2</sub> se obtuvieron valores válidos durante 355 días, lo que representa solo el 97% del año. El valor objetivo de calidad para NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) no se superó en este año.



## Promedios diarios SO<sub>2</sub> año 2023

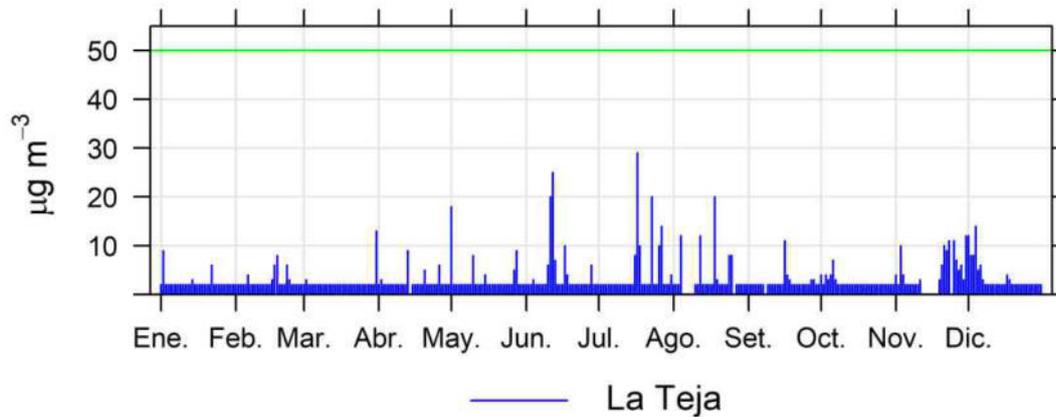


Ilustración 2.22 - Resultados SO<sub>2</sub> de la estación

## Promedios diarios TRS año 2023

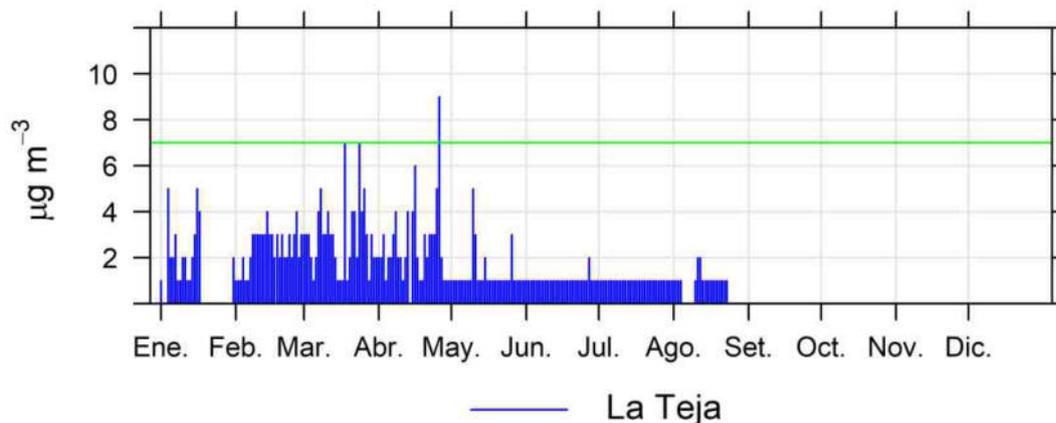


Ilustración 2.23 - Resultados TRS de la estación

Para el SO<sub>2</sub> se registraron valores válidos durante 349 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 fue superado.

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

Para el TRS se registraron valores válidos durante 214 días, lo que representa el 59% del año. A mediados del mes de agosto se dejó de contar con datos de TRS debido a fallas en el equipo. El valor objetivo de calidad para TRS (7 µg/m<sup>3</sup>) se superó en 1 oportunidad en el mes de abril.



### 3. CALIDAD DE AIRE AÑO 2023

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 promedios diarios de cada parámetro en el año. El segundo es un gráfico de barras que presenta la distribución de los resultados diarios 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 salvo durante la emergencia sanitaria por Covid 19, cada 24.

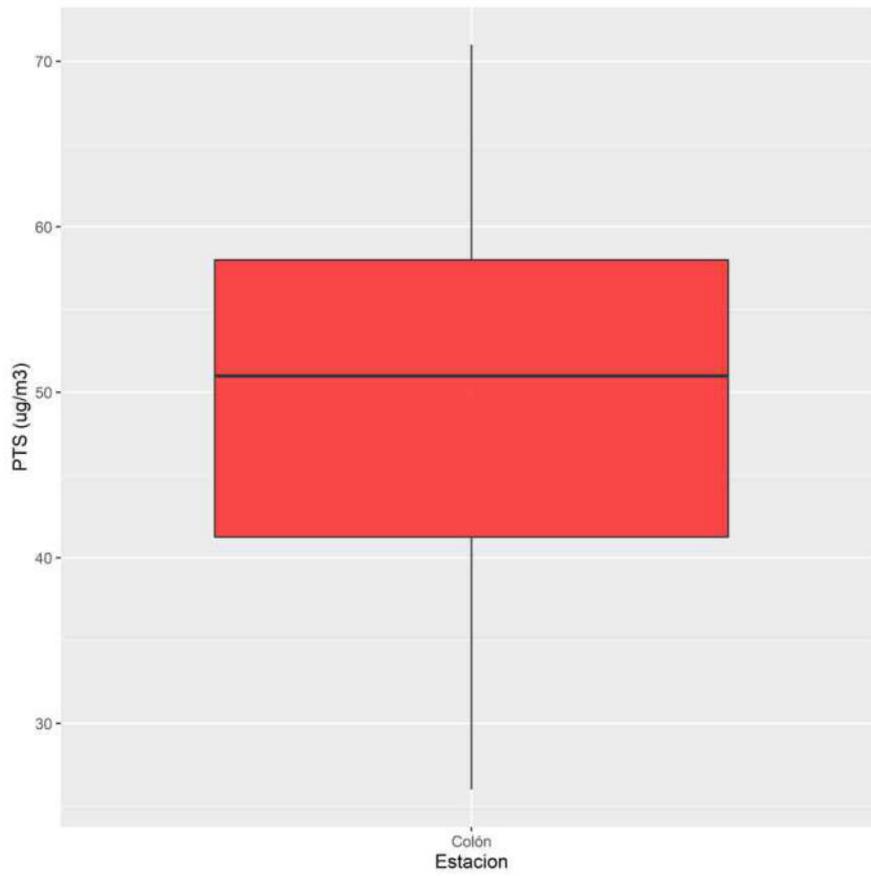
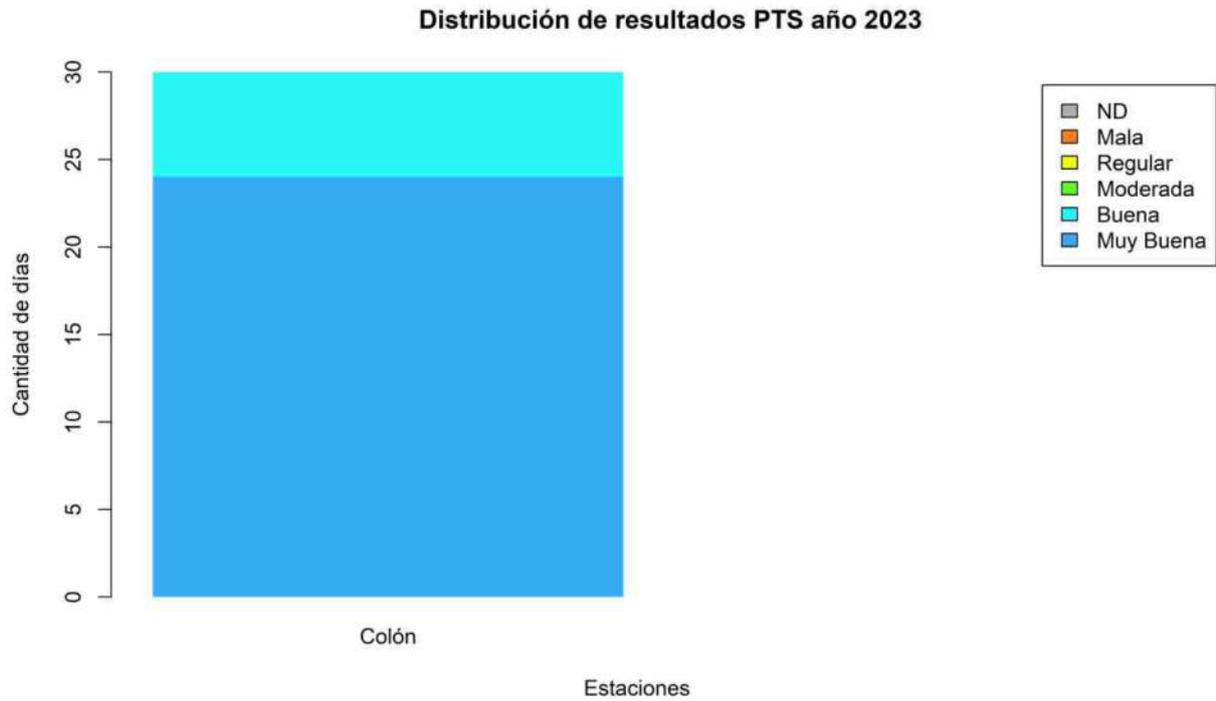


Ilustración 3.1 - Gráfico de cajas PTS 2023 por estación



**Ilustración 3.2 - Distribución por categorías PTS 2023 por estación**

PTS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES
	Colón
0-60	24
61-100	6
101-150	0
151-375	0
>375	0
ND	0

**Tabla 3.1 - Distribución por categorías PTS 2023 por estación**

PTS	ESTACIONES
	Colón
Días válidos	30
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	50

**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 cuatro 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 2023 la estación Colón operó con PM10 usando dos metodologías diferentes (alto volumen y dispersión de luz). En las estaciones Curva de Maroñas y Portones de Carrasco 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.

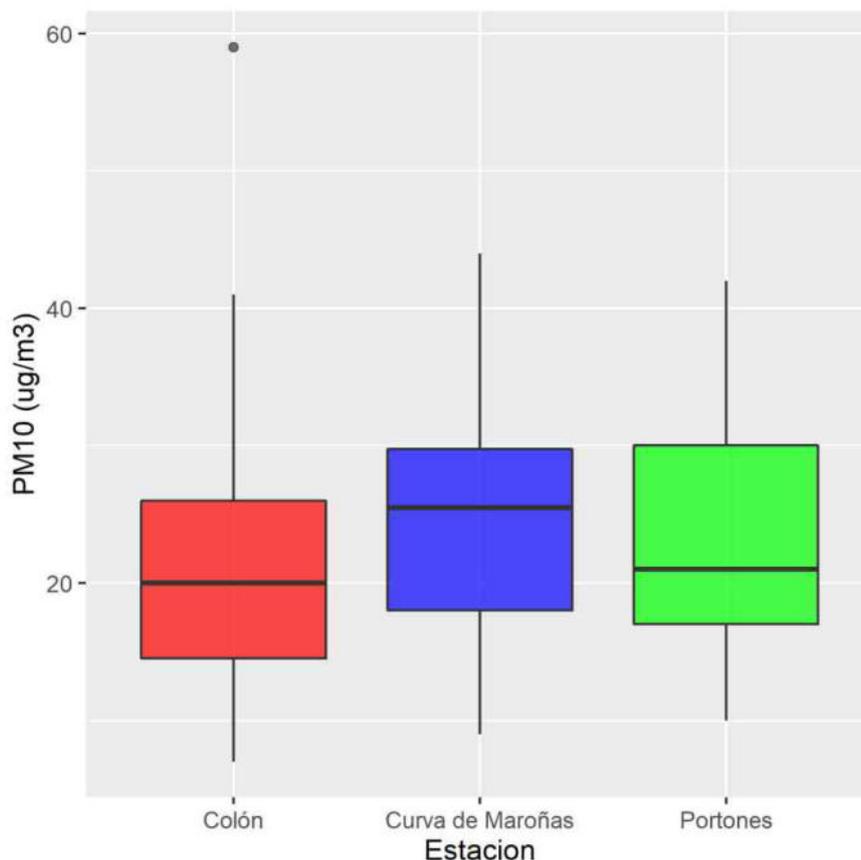
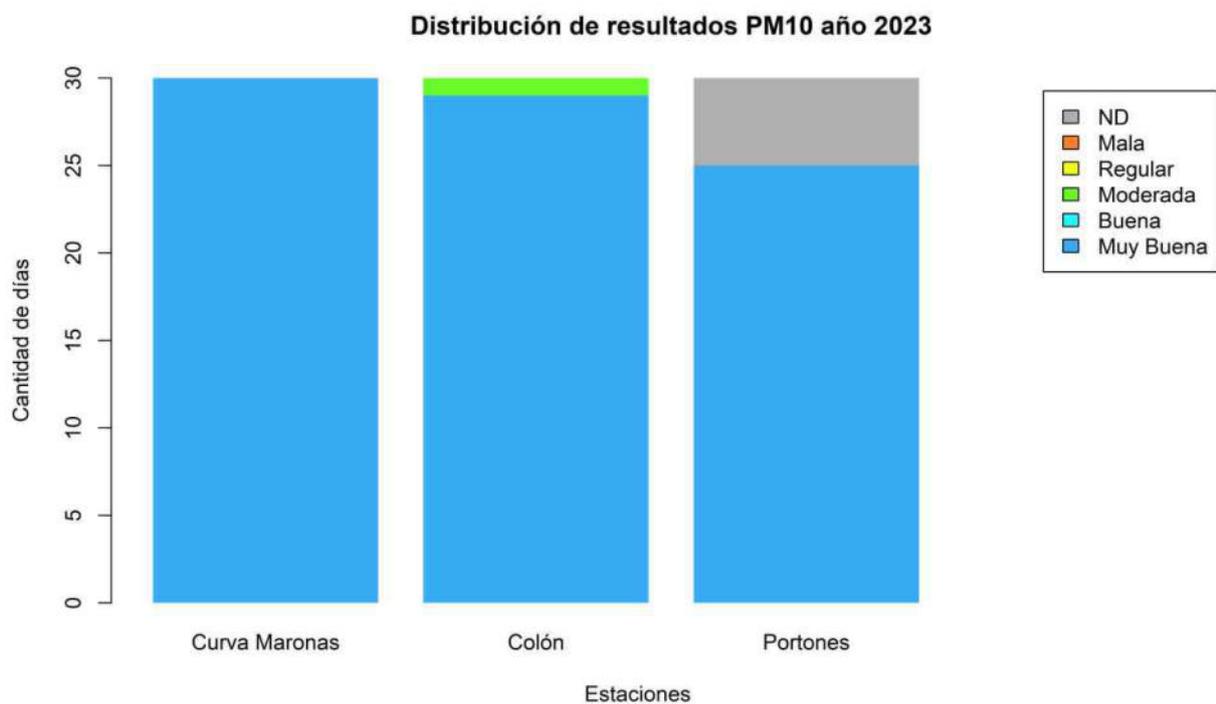


Ilustración 3.3 - Gráfico de cajas PM10 manuales 2023 por estación



**Ilustración 3.4 - Distribución por categorías PM10 manual 2023 por estación**

PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES		
	Curva de Maroñas	Colón	Portones
0-45	30	29	25
46-50	0	0	0
51-75	0	1	0
76-150	0	0	0
>150	0	0	0
ND	0	0	5

**Tabla 3.3 - Distribución por categorías PM10 manual 2023 por estación**

PM 10	ESTACIONES		
	Curva de Maroñas	Colón	Portones
Días válidos	30	30	25
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25	22	23

**Tabla 3.4 - Resultado Anual PM10 manual**

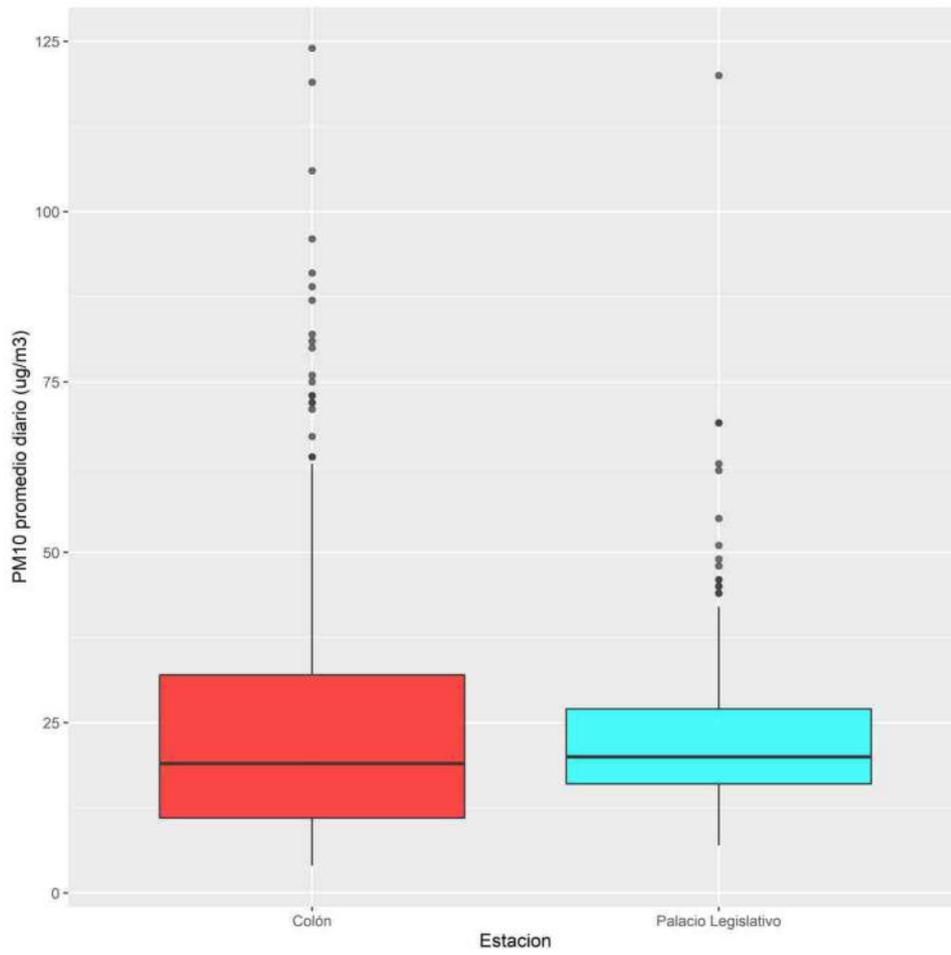
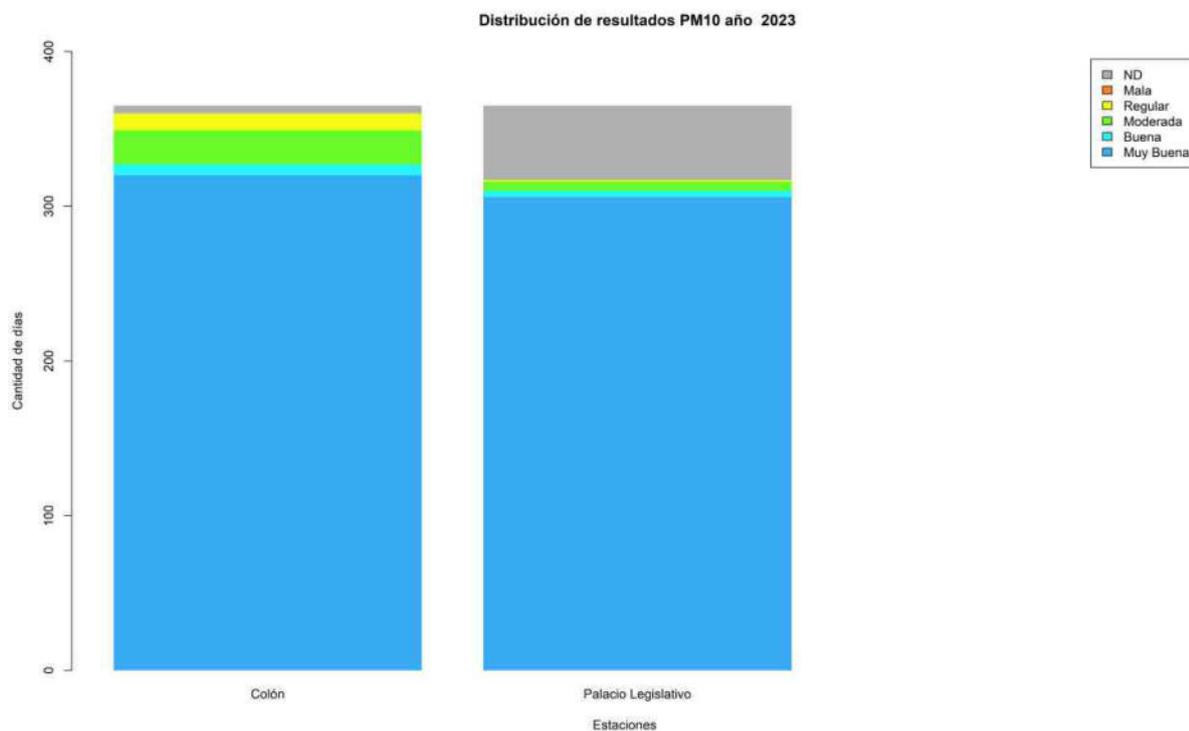


Ilustración 3.5 - Gráfico de cajas PM10 2023 por estación



**Ilustración 3.6 - Distribución por categorías PM10 2023 por estación**

PM 10 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES	
	Colón	Palacio Legislativo
0-45	320	306
46-50	7	4
51-75	22	6
76-150	11	1
>150	0	0
ND	5	48

**Tabla 3.5 - Distribución por categorías PM10 2023 por estación**

PM 10	ESTACIONES	
	Colón	Palacio Legislativo
Días válidos	360	317
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	25	23

**Tabla 3.6 - Resultado Anual PM10 automáticas**

**El promedio de las cuatro estaciones que midieron PM10 este año fue de  $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , el cual se encuentra por debajo del valor objetivo de calidad de aire establecido por la normativa ( $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).**



### 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. En año 2020 se dejó de medir en la estación Colón y se pasó a hacerlo en la estación Tres Cruces.

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

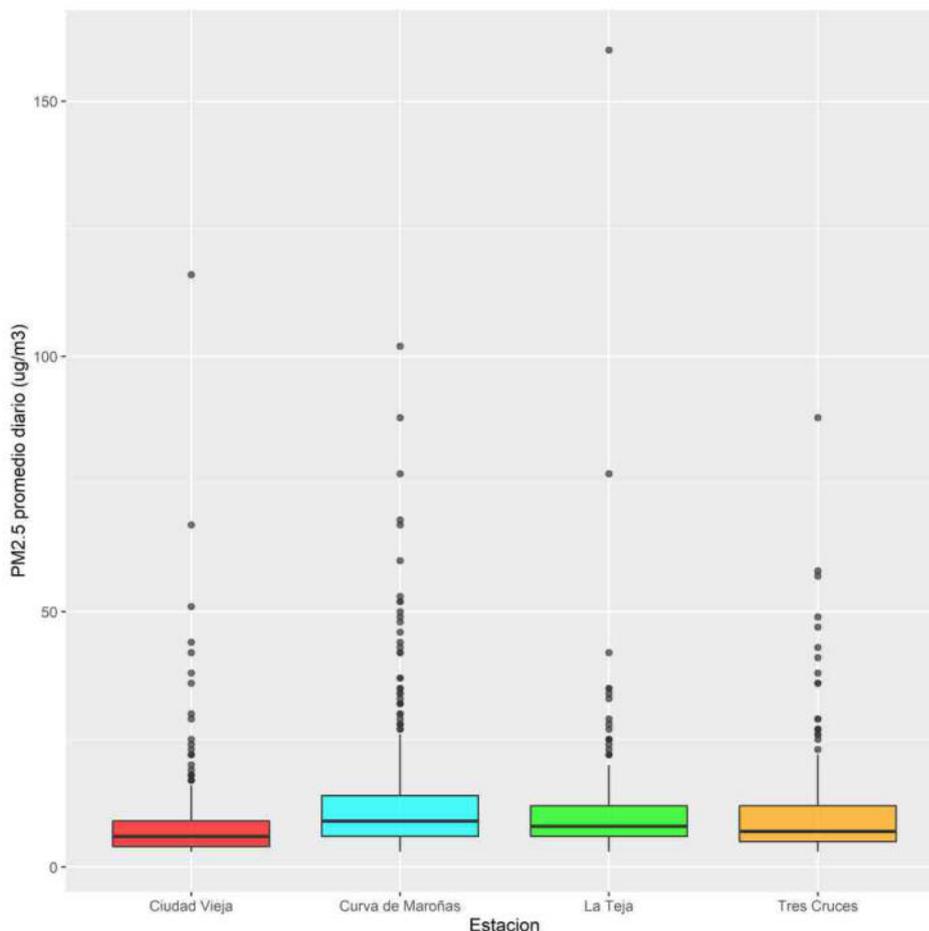
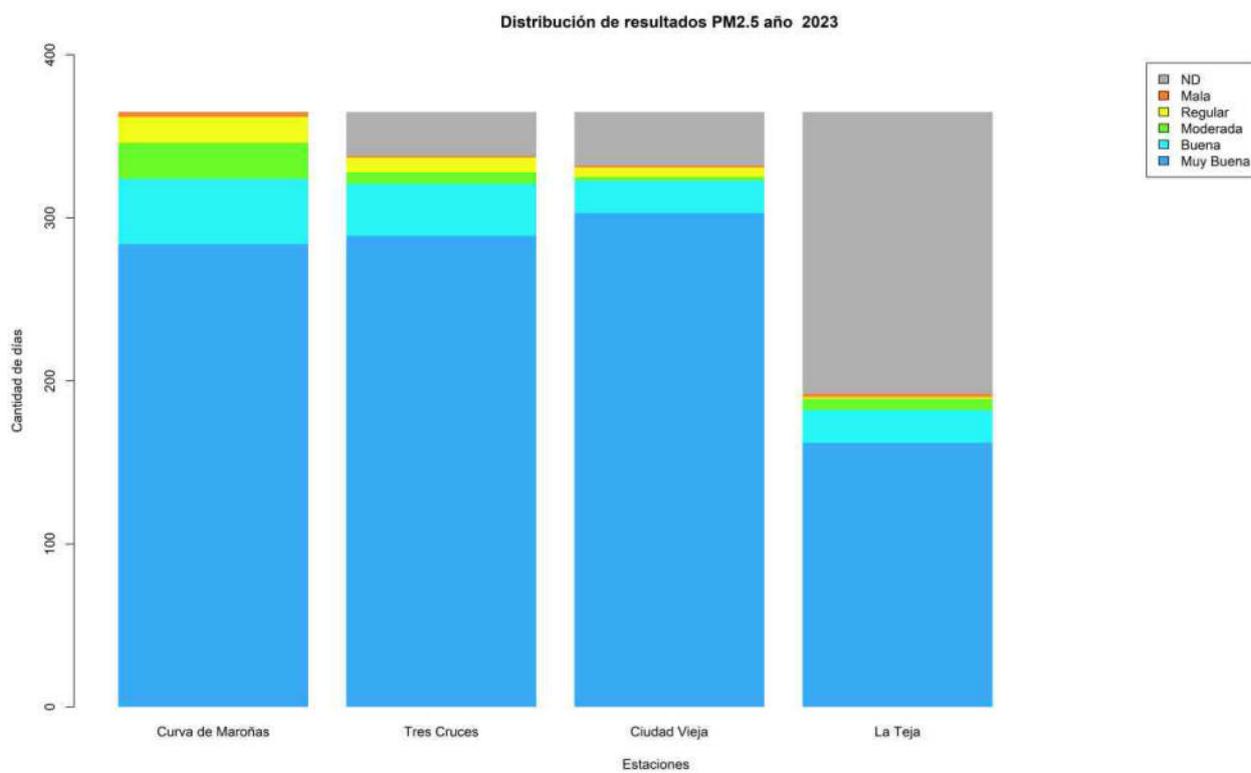


Ilustración 3.7 - Gráfico de cajas PM2.5 2023 por estación



**Ilustración 3.8 - Distribución por categorías PM2.5 2023 por estación**

PM 2.5 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES			
	Curva de Maroñas	Tres Cruces	Ciudad Vieja	La Teja
0-15	284	289	303	162
16-25	40	32	20	20
26-35	22	7	2	7
36-75	16	9	6	1
>75	3	1	1	2
ND	0	27	33	173

**Tabla 3.7 - Distribución por categorías PM2.5 2023 por estación**



PM 2.5	ESTACIONES			
	Curva de Maroñas	Tres Cruces	Ciudad Vieja	La Teja
Días válidos	365	338	332	192
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	13	10	8	11

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  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , que se encuentra por debajo del valor objetivo de calidad de aire ( $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ).



### 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 tres estaciones: Ciudad Vieja, Curva de Maroñas y Portones de Carrasco.

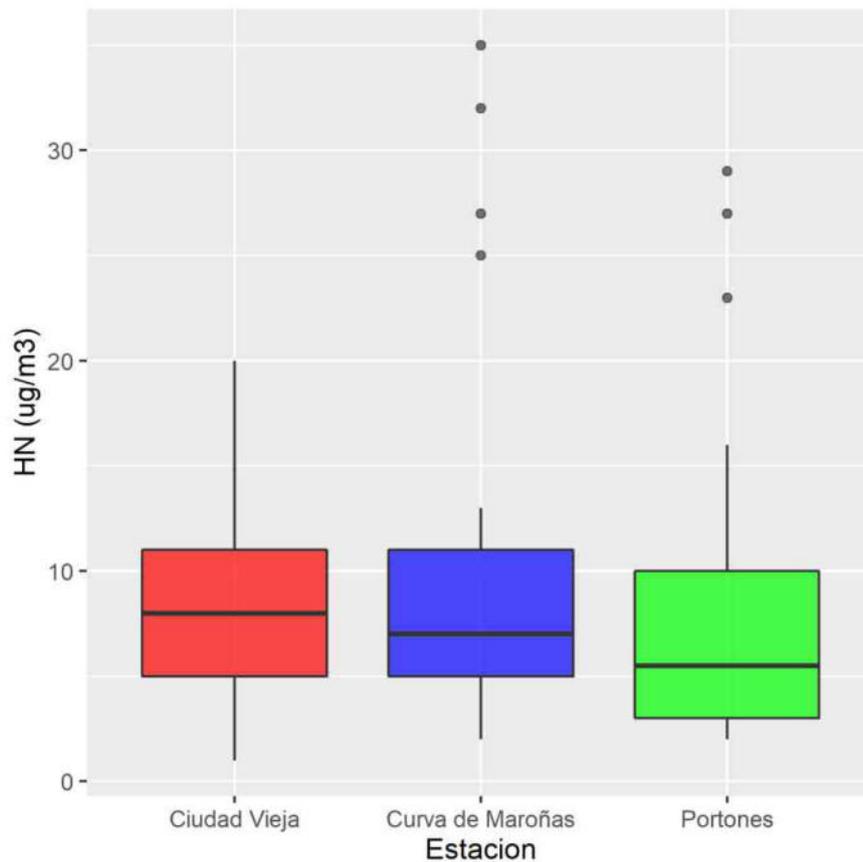
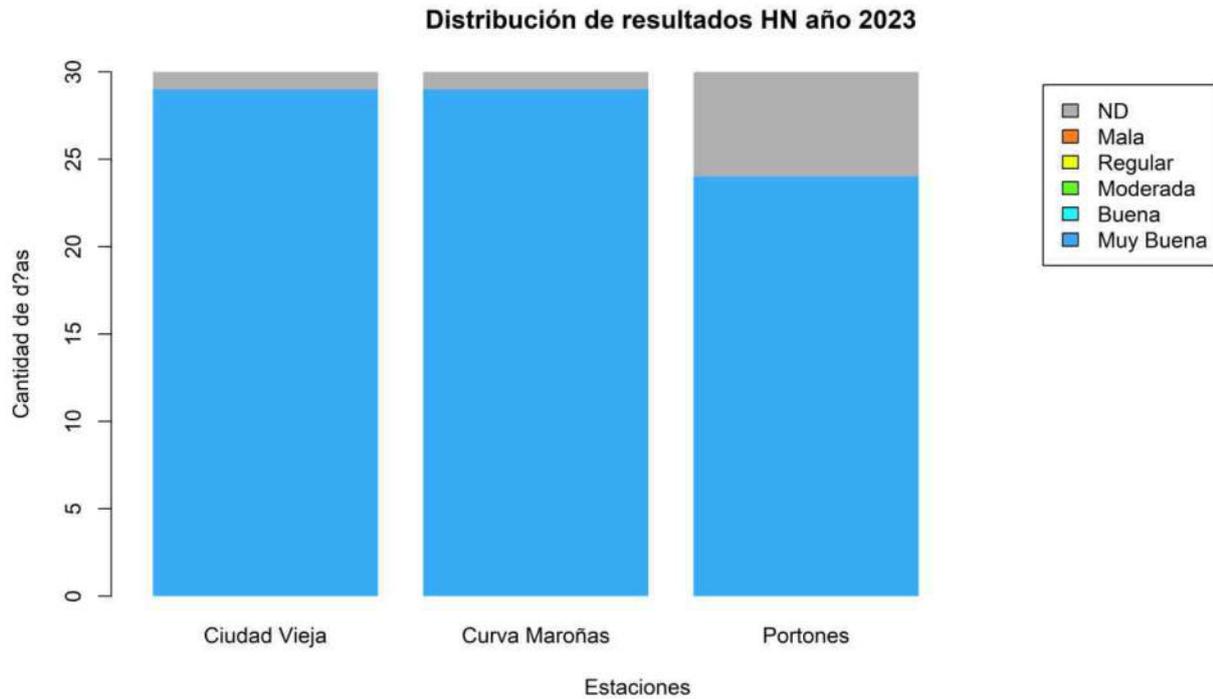


Ilustración 3.9 - Gráfico de cajas HN 2023 por estación



**Ilustración 3.10 - Distribución por categorías Humo Negro 2023 por estación**

HN ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES		
	Ciudad Vieja	Curva de Maroñas	Portones
0-45	29	29	24
46-50	0	0	0
51-75	0	0	0
76-150	0	0	0
>150	0	0	0
ND	1	1	6

**Tabla 3.9 - Distribución por categorías HN 2023 por estación**

HN	ESTACIONES		
	Ciudad Vieja	Curva de Maroñas	Portones
Días válidos	29	29	24
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	8	10	8

**Tabla 3.10 - Resultado Anual HN**

**El promedio de las tres 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  $\text{SO}_2$  se realiza por espectrofotometría, y los resultados se registran en forma horaria. Actualmente, se mide en dos estaciones: La Teja y Palacio Legislativo.

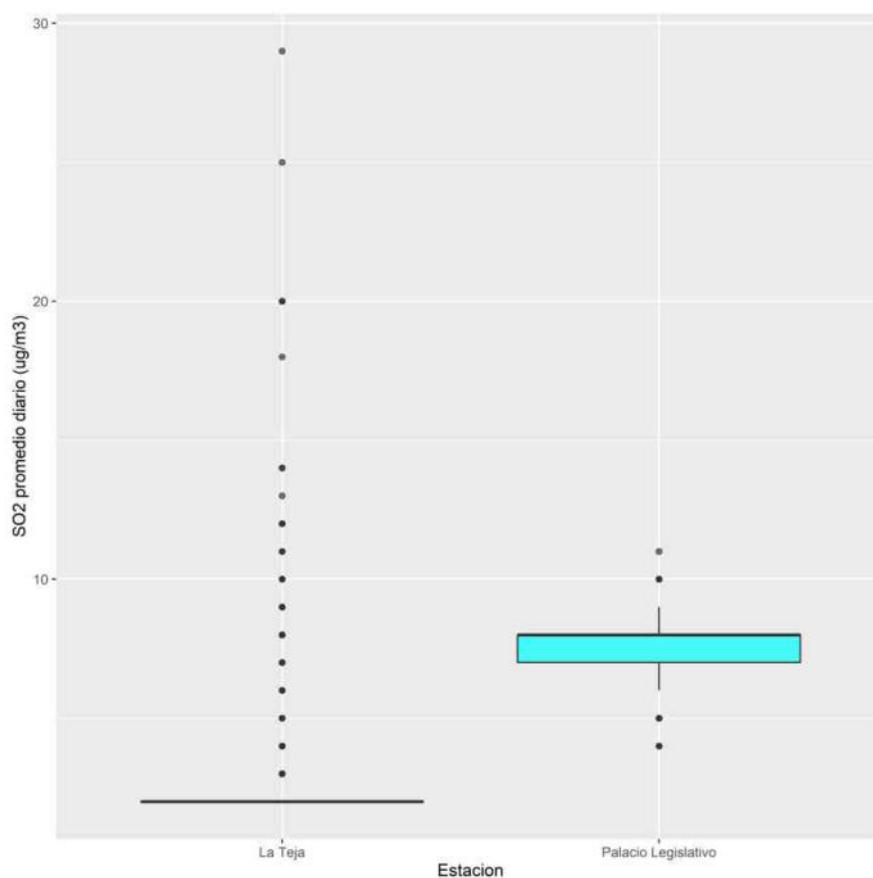
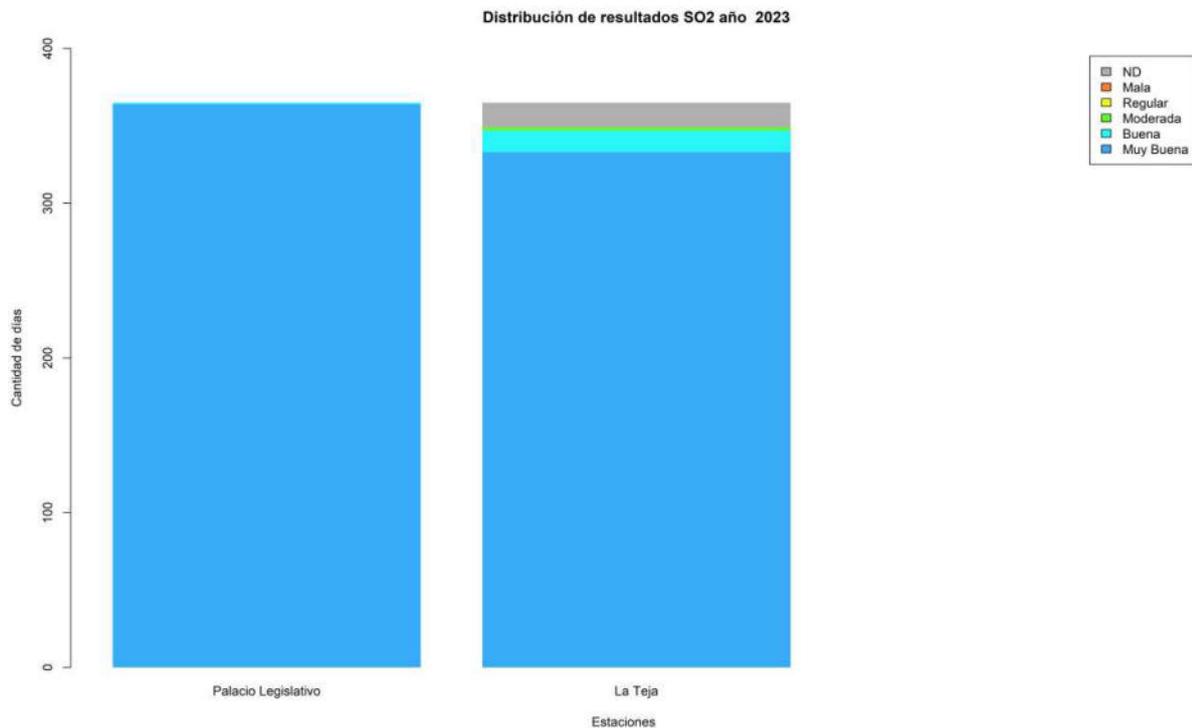


Ilustración 3.11 - Gráfico de cajas  $\text{SO}_2$  2023 por estación



**Ilustración 3.12 - Distribución por categorías SO<sub>2</sub> 2023 por estación**

SO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTACIONES	
	Palacio Legislativo	La Teja
0-10	364	333
11-20	1	14
21-50	0	2
51-125	0	0
>125	0	0
ND	0	16

**Tabla 3.11 - Distribución por categorías SO<sub>2</sub> 2023 por estación**

SO <sub>2</sub>	ESTACIONES	
	Palacio Legislativo	La Teja
Días válidos	365	349
Promedio anual (µg/m <sup>3</sup> )	8	3

**Tabla 3.12 - Resultado Anual SO<sub>2</sub>**

El comportamiento del SO<sub>2</sub> 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 2023 estuvieron operativas cuatro estaciones.

Las técnicas que se utilizadas para la determinación de  $\text{NO}_2$  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.

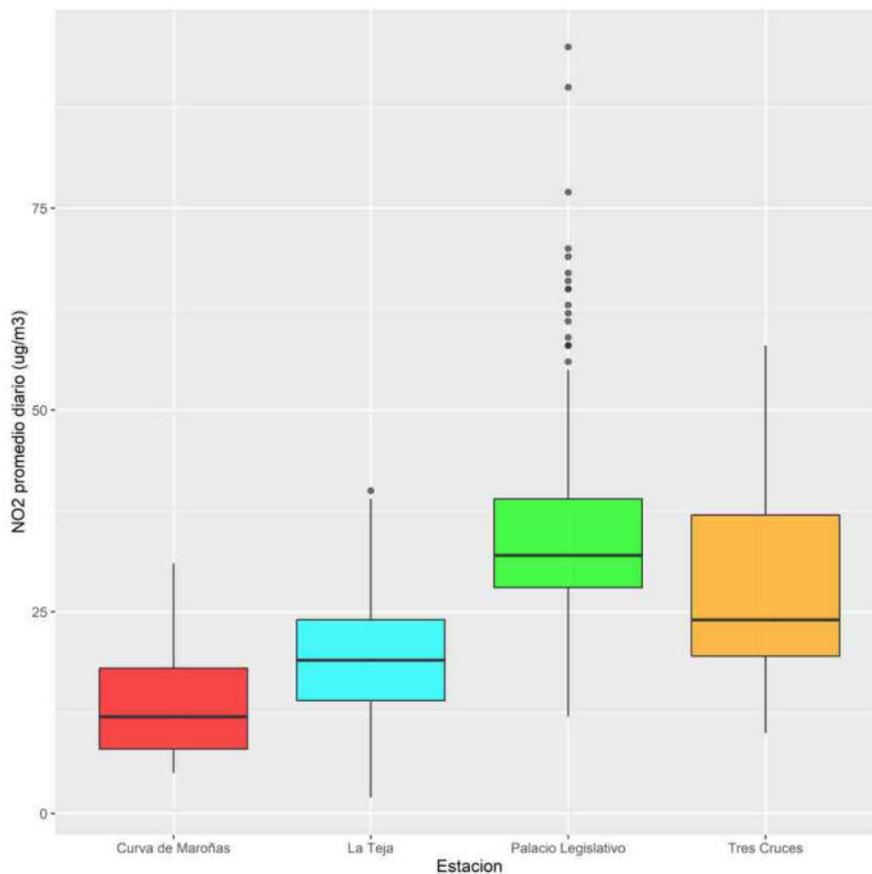
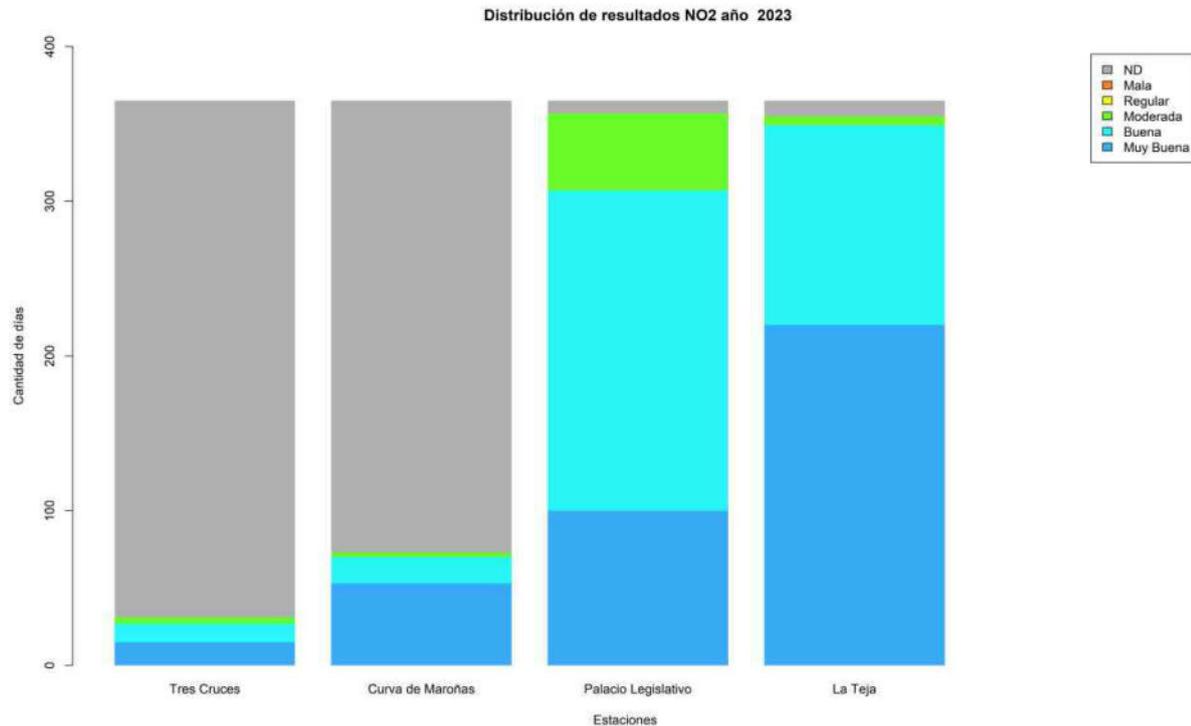


Ilustración 3.13 - Gráfico de cajas  $\text{NO}_2$  2023 por estación



**Ilustración 3.14 - Distribución por categorías NO<sub>2</sub> 2023 por estación**

NO <sub>2</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTACIONES			
	Tres Cruces	Curva de Maroñas	Palacio Legislativo	La Teja
0-40	15	53	100	220
41-75	12	17	207	129
76-200	4	3	50	6
201-500	0	0	0	0
>500	0	0	0	0
ND	334	292	8	10

**Tabla 3.13 - Distribución por categorías NO<sub>2</sub> 2023 por estación**

NO <sub>2</sub>	ESTACIONES			
	Tres Cruces	Curva de Maroñas	Palacio Legislativo	La Teja
Días válidos	31	73	357	355
Promedio anual (µg/m <sup>3</sup> )	28	14	35	20

**Tabla 3.14 - Resultado Anual NO<sub>2</sub>**

El promedio de las dos estaciones que tienen más del 75% de los datos válidos para NO<sub>2</sub> este año fue de 28 µg/m<sup>3</sup>, el cual se encuentra por debajo del valor objetivo anual que establece la normativa uruguaya (40 µg/m<sup>3</sup>).



### 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 2023 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 2023 no alcanzó 6000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

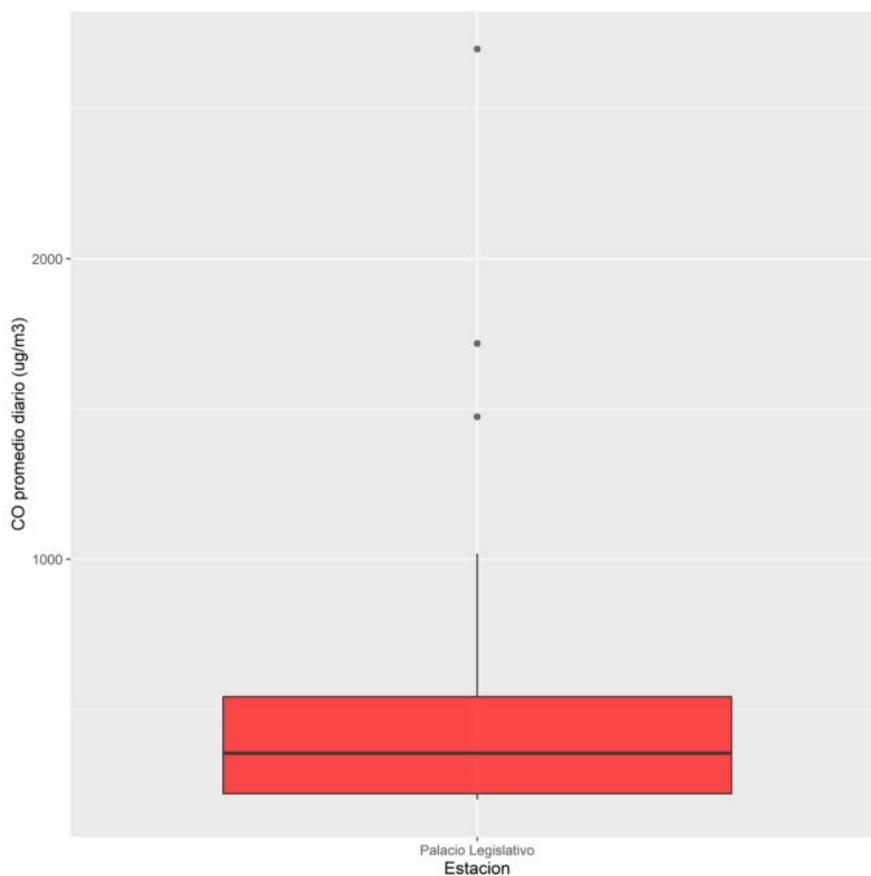
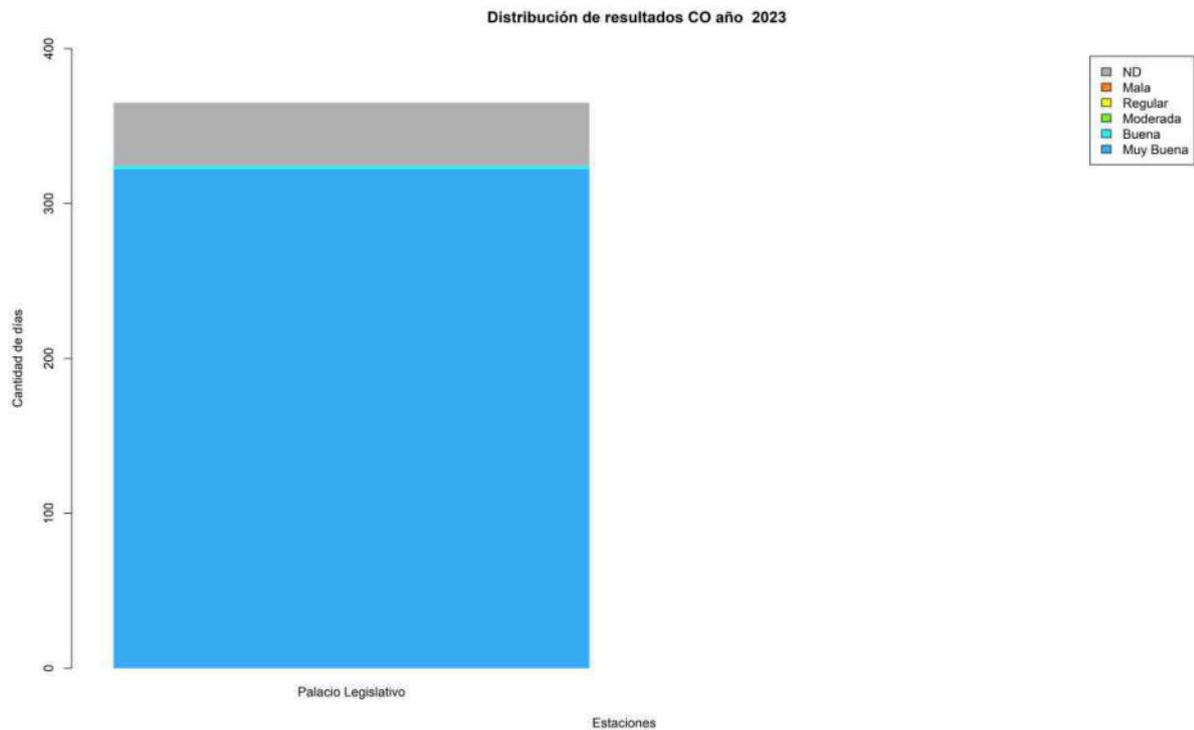


Ilustración 3.15 - Gráfico de cajas CO 2023 por estación



**Ilustración 3.16 - Distribución por categorías CO 2023 por estación**

CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIONES
	Palacio Legislativo
0-4500	322
4501-7000	2
7001-10000	0
10001-15000	0
>15000	0
ND	41

**Tabla 3.15 - Distribución por categorías CO 2023 por estación**

CO	ESTACIONES
	Palacio Legislativo
Días válidos	324
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	418

**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  $\text{SO}_2$  y las determinaciones se realizan en forma horaria. El estándar para este contaminante se evalúa en forma horaria y diaria. A partir de mediados de agosto de este año se dejaron de tener medidas de este parámetro debido a fallas operativas.

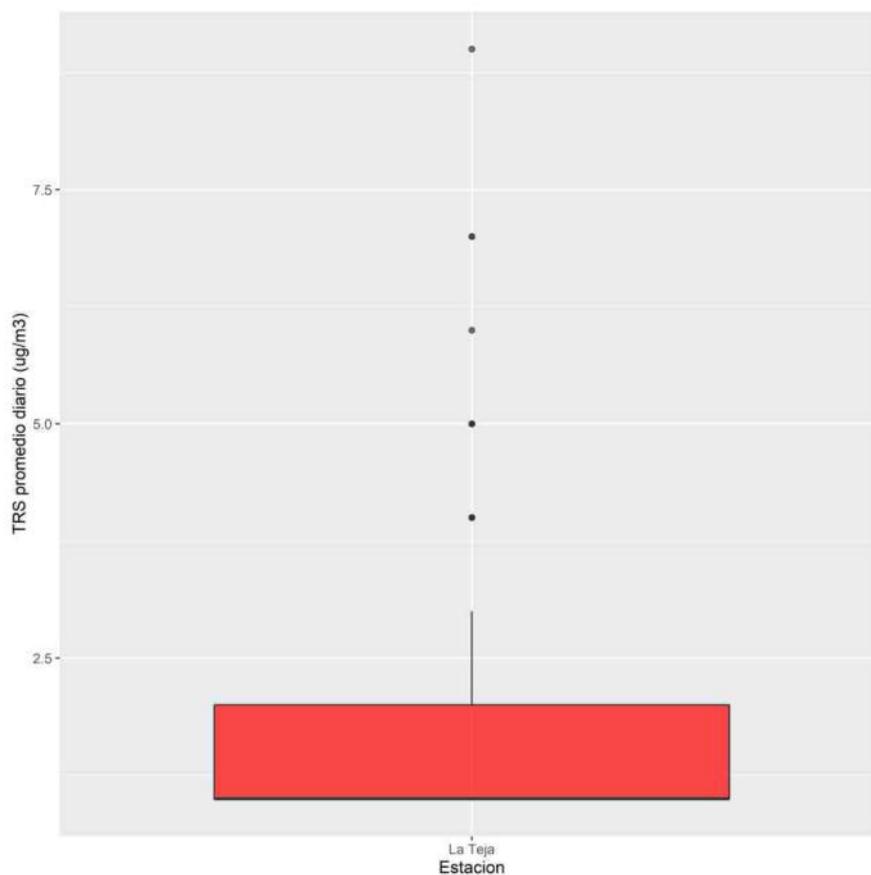
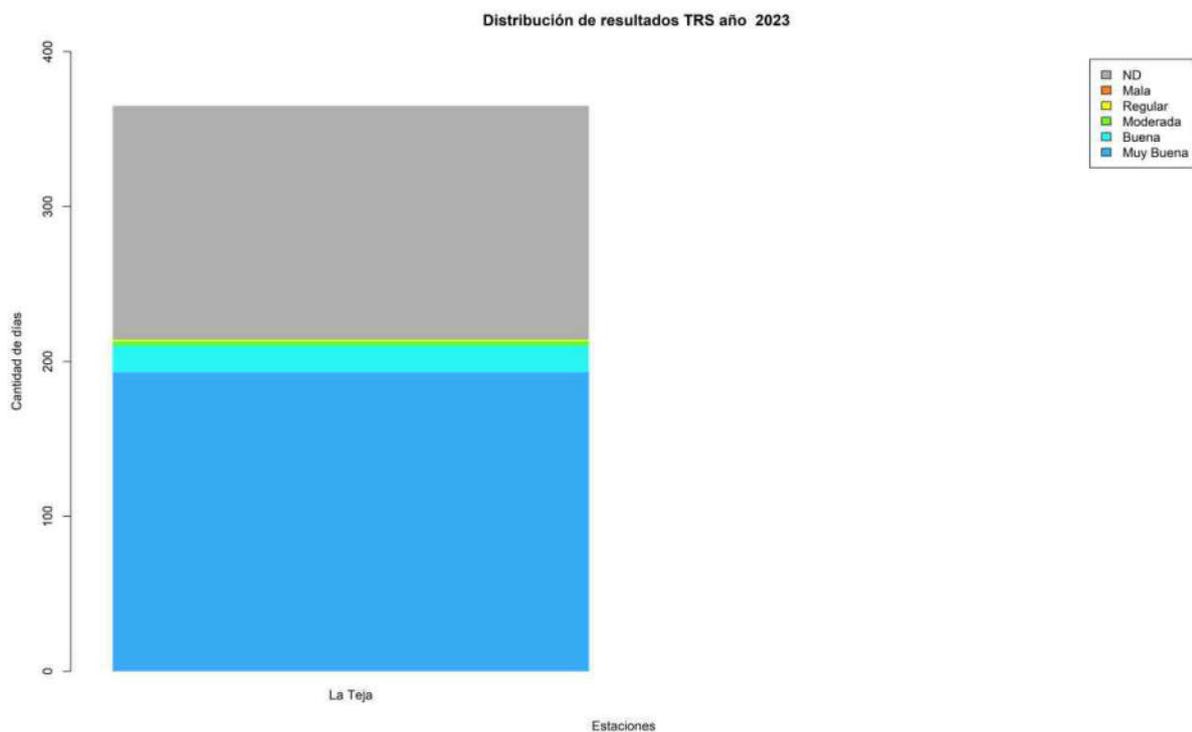


Ilustración 3.17 - Gráfico de cajas TRS 2023 por estación



**Ilustración 3.18 - Distribución por categorías TRS 2023 por estación**

TRS ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	ESTACIÓN
	La Teja
0-3	193
3,1-5	17
5,1-7	3
7,1-11	1
>11	0
ND	151

**Tabla 3.17 - Distribución por categorías TRS 2023 por estación**

TRS	ESTACIÓN
	La Teja
Días válidos	214
Promedio anual ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	2

**Tabla 3.18 - Resultado Anual TRS**



### 3.2.5 Ozono

En el año 2023 se midió ozono en las estaciones Curva de Maroñas y Colón. Para ello se utilizan equipos con semiconductor sensible al gas.

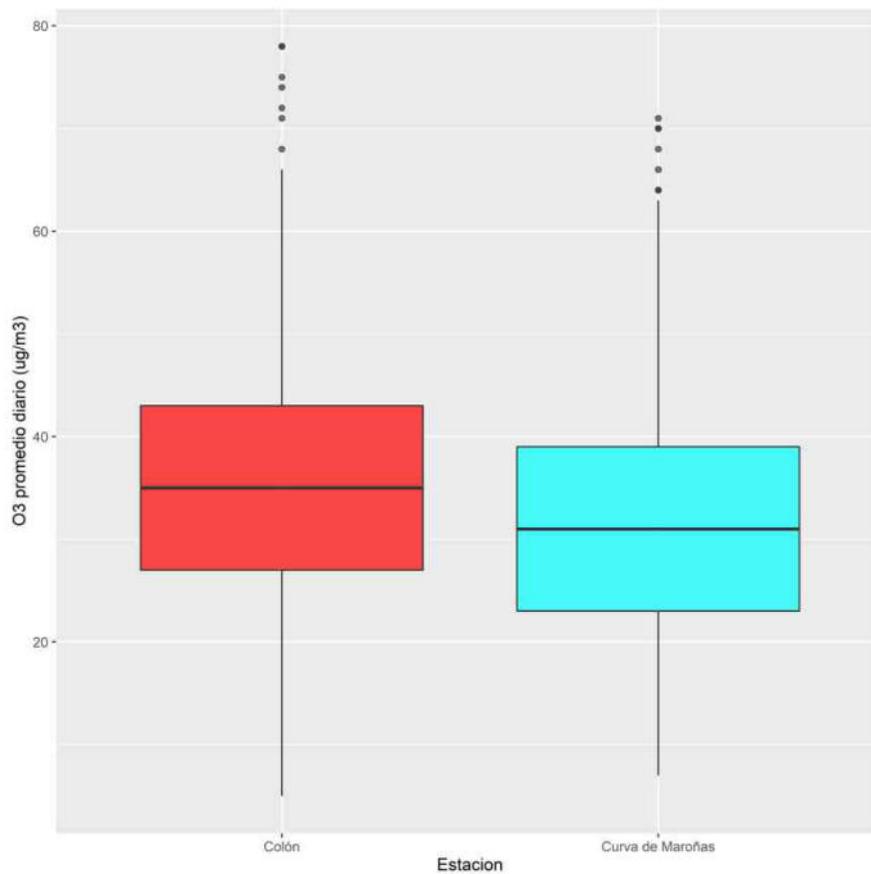
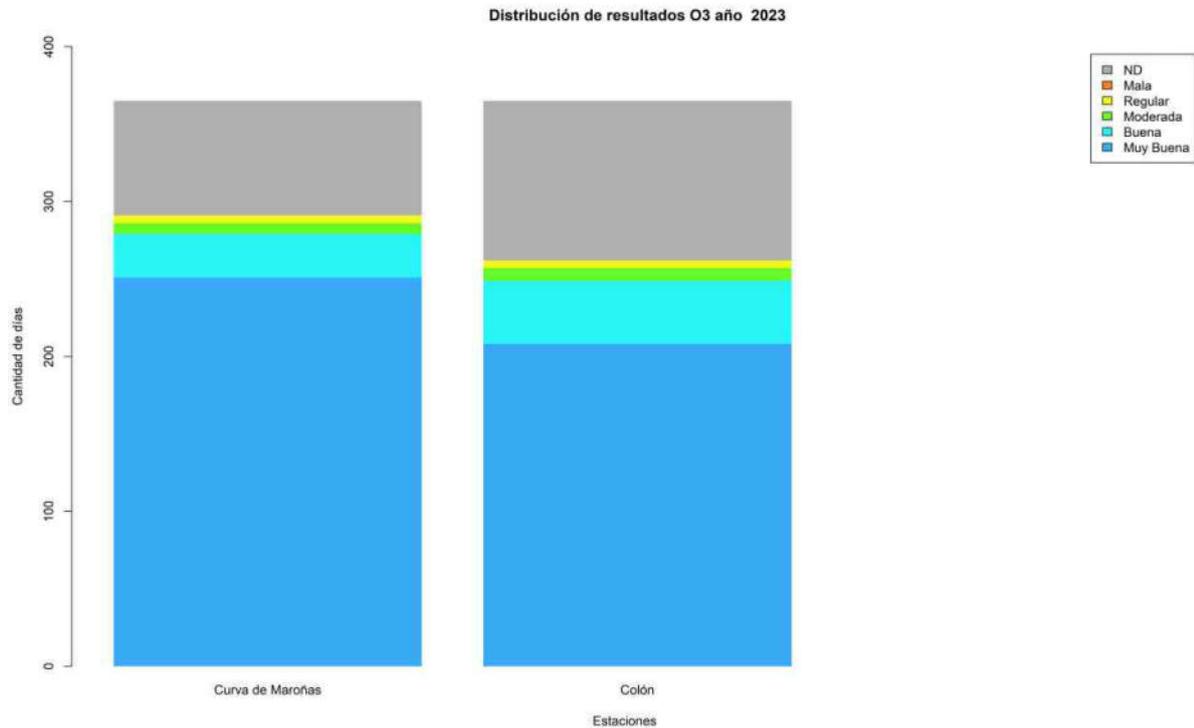


Ilustración 3.19 - Gráfico de cajas O<sub>3</sub> 2023 por estación



**Ilustración 3.20 - Distribución por categorías O<sub>3</sub> 2023 por estación**

O <sub>3</sub> (µg/m <sup>3</sup> )	ESTACIONES	
	Curva de Maroñas	Colón
0-60	251	208
61-80	28	41
81-100	7	8
101-160	5	5
>160	0	0
ND	74	103

**Tabla 3.19 - Distribución por categorías O<sub>3</sub> 2023 por estación**

O <sub>3</sub>	ESTACIONES	
	Curva de Maroñas	Colón
Días válidos	291	262
Promedio anual (µg/m <sup>3</sup> )	32	36

**Tabla 3.20 - Resultado Anual O<sub>3</sub>**

**El promedio de la estación que tiene más del 75% de los datos válidos para O<sub>3</sub> este año fue de 32 µg/m<sup>3</sup>.**



### 3.3 Resumen de resultados año 2023

Para el PM10 hubo superaciones de los promedios diarios durante los meses de invierno, en las estaciones automáticas. El promedio anual se encontró por debajo del valor 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 que para el PM10, 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> no hubo superaciones del valor objetivo para valores horarios a lo largo del año. Tampoco se obtiene un promedio anual superior a lo indicado en la normativa.

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 existió una única superación diaria a la normativa, aunque no sobrepasa la tolerancia establecida en el decreto. Sin embargo, hay que tener en cuenta que para este parámetro se tiene aproximadamente la mitad de los datos del año.

En el caso de O<sub>3</sub> existen superaciones diarias en ambas estaciones en los meses de verano, 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.

2- **WHO global air quality guidelines. 2021** <<https://iris.who.int/handle/10665/345329>> Consultado 11/03/2024.

3- **Selected Methods of Measuring air Pollutants-** OECD Filter Soiling Methods Ch1 pp 17-27, WHO 1976.ISBN 9241700246

4- **National Ambient Air Quality Standards (NAAQS)** United States- Environmental Protection Agency. <https://www.epa.gov/criteria-air-pollutants/naaqs-table> Consultado 31/05/23.

5- **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

6- **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
O <sub>3</sub>	Ozono
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)