



**Intendencia
Montevideo**

INFORME DE CALIDAD DE AIRE Año 2019

Informe anual



Foto: Unidad Calidad de Aire / 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
Pablo Mamrut
Florencia Pólvora

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

Paula Chanquet
Diego Luongo

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 2019, la Red de Monitoreo operó seis 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, Colón y Barradas) y cuatro estaciones que se encuentran ubicadas con el objetivo de evaluar el efecto sobre la calidad del aire de alguna fuente significativa (Palacio Legislativo, La Teja, La Tablada y Bella Vista).

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 (SO₂).

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, NO₂ y en el año 2018 se incorporó la medida de O₃ 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, ex DINAMA).

Estos equipos permiten evaluar la concentración de monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), 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 2019 y fue confeccionado en octubre del año 2023.

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_n; la n corresponde al diámetro aerodinámico de las partículas retenidas (usualmente expresado en μm). 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 μm . El material particulado total se denomina PTS (Partículas Totales en Suspensión) y es la suma de todas las partículas suspendidas hasta 100 μm de diámetro aerodinámico. El particulado grueso o PM10 corresponde a la fracción de partículas cuyo diámetro aerodinámico es menor de 10 μm . El material particulado fino corresponde a la fracción menor de 2.5 μm 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 m³ 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 m³ 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

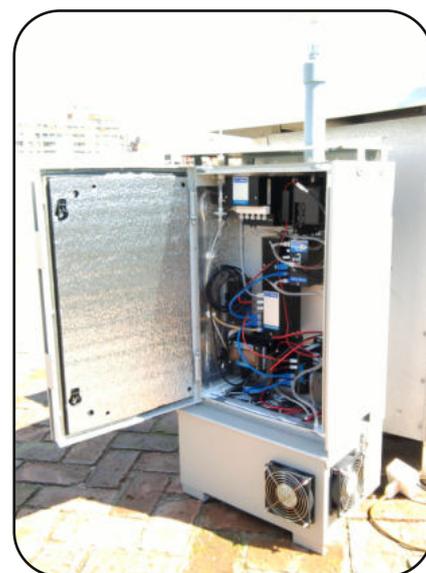


Ilustración 1.3 Equipo Automático de Material Particulado Lightscattering

1.2.2 Gases

1.2.2.1 Definición

En el año 2019 se determinaron; dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO), ozono (O₃) 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 m³ en 24 horas y se hace burbujear en una solución de H₂O₂. La determinación del SO₂ retenido en 24 horas se realiza midiendo la concentración del ion sulfato (SO₄⁼) 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.

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 NO₂, previamente se procede a la conversión de NO₂ a NO, generalmente usando convertidores químicos del tipo de carbón activado o molibdeno.

En las estaciones Tres Cruces y Curva de Maroñas, se determina NO₂ 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 SO₂ en el aire antes que ingrese a la unidad analizadora.



Ilustración 1.4 Estación automática de gases

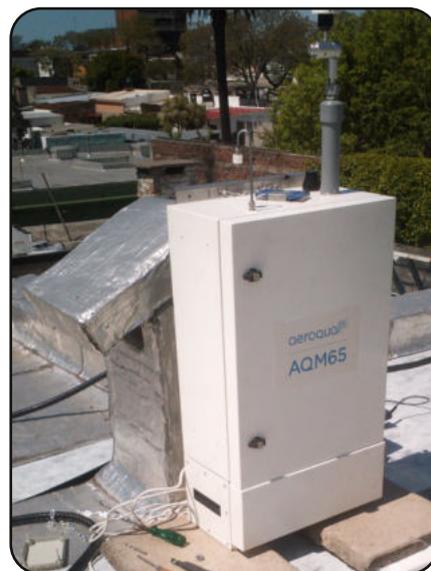


Ilustración 1.5 Estación material particulado y gases

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.

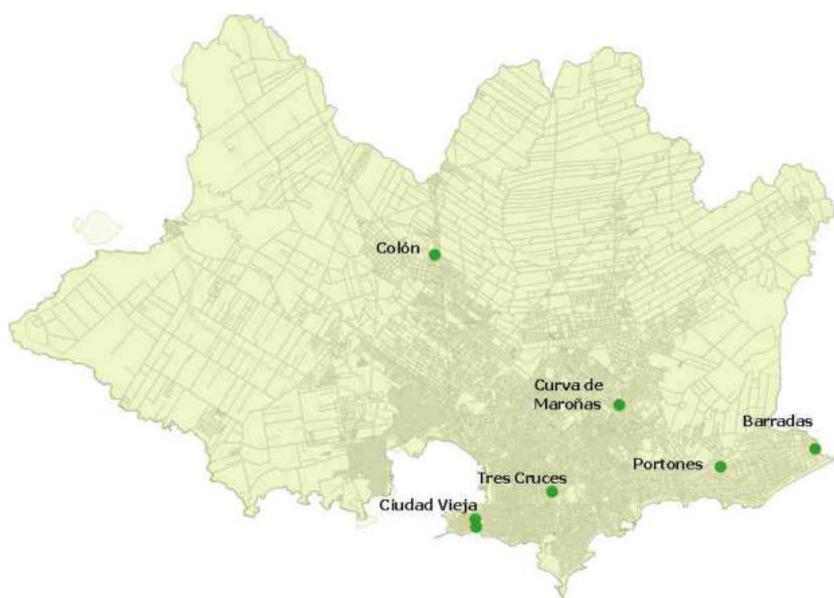


Ilustración 1.6 Mapa Red Base

Nombre	Referencia	Dirección	PTS	PM10	PM2.5	TREN MONITOREO	NO2	O3	SO2
Ciudad Vieja	Academia Uruguay AEBU	Juan Carlos Gómez y 25 de mayo Camacúa y Reconquista			X	X			
Tres Cruces	Escuela Nº254 Aquiles Lanza	Bv Artigas y Goes			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 Centro Cívico- Enrique Erro	Garzón y Cno Colman	X	X	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.

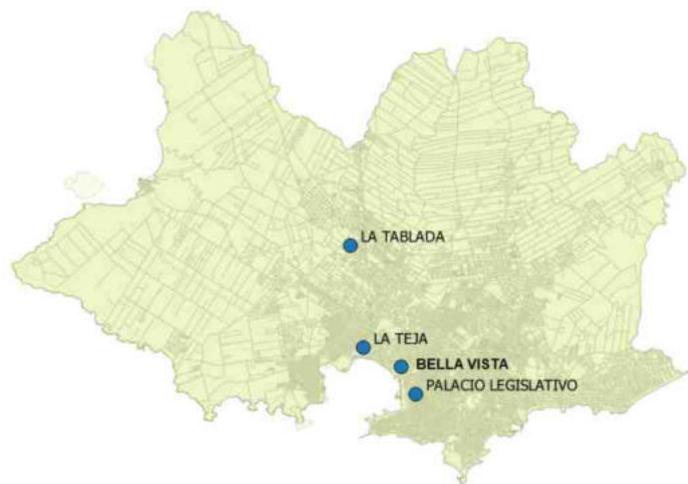


Ilustración 1.7 Mapa de Red Orientada a Vigilancia de Fuentes significativas

Nombre	Propietario	Dirección	PM10	PM2.5	NO2	SO2	CO	TRS	Parámetros Meteorológicos
La Teja	ANCAP	Del Cid y Yañez Pinzón		X	X	X	X	X	X
La Tablada	UTE	Camino Lecoq y Antonio Rubio	X		X	X	X		
Bella Vista	UTE	Rio Grande y Dionisio Carbajal	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

En el año 2019 Uruguay no contaba con un decreto que estableciera estándares de calidad de aire. Se utiliza para tal fin la propuesta presentada en diciembre del año 2011 en la Comisión Técnico Asesora de Medio Ambiente (COTAMA), elaboradas por Dinama [10].

La Organización Mundial de la Salud (OMS), en su revisión del año 2005, estableció criterios diferentes en sus guías de calidad de aire [11]. 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	Dinama	OMS-GCA	IM
PM10	24horas	100 ug/m ³	50 ug/m ³	
	Anual	50 ug/m ³	20 ug/m ³	
PM2.5	24horas	50 ug/m ³	25 ug/m ³	
	Anual	35 ug/m ³	10 ug/m ³	
PTS	24horas			150 ug/m ³
	Anual			75 ug/m ³
SO2	1hora	300 ug/m ³		
	24horas	125 ug/m ³	20 ug/m ³	
NO2	1hora	200 ug/m ³	200 ug/m ³	
	Anual	40 ug/m ³	40 ug/m ³	
CO	1hora	30000 ug/m ³		
	8horas	10000 ug/m ³	10000 ug/m ³	
O3	8horas	100 ug/m ³	100 ug/m ³	
TRS	24 horas	15 ug/m ³		

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 2019

En este capítulo se describen las características de cada estación y se muestra un resumen de los resultados en las mismas durante el año 2019.

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 MUY BUENA).

El valor que separa las categorías ACEPTABLE e INADECUADA en cada parámetro, corresponde al objetivo de calidad de aire de esta Propuesta Técnica.

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 de ICAire	VALOR ICAIRE	PTS ug/m2 *	PM10 ug/m3 *	PM2.5 ug/m3	Humo Negro ug/m3 *	SO2 ug/m3 *	NO2 ug/m3 **	O3 ug/m3 ***	CO mg/m3 ***	TRS ug/m3 *
MUY BUENA	Hasta 25	60	50	25	50	20	40	80	4.5	2.5
BUENA	26 a 50	100	75	32	75	50	75	100	7	5
ACEPTABLE	51 a 100	150	100	50	100	125	200	160	10	10
INADECUADA	101 a 200	375	150	75	150	365	500	240	15	20
MALA	201 a 300	563	225	100	225	550	1130	500	22	30
MUY MALA	> 300	> 564	> 226	> 100	> 225	> 550	>1130	> 500	>22	>30

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

2.2 Estación 1: Ciudad Vieja

Estación de Base

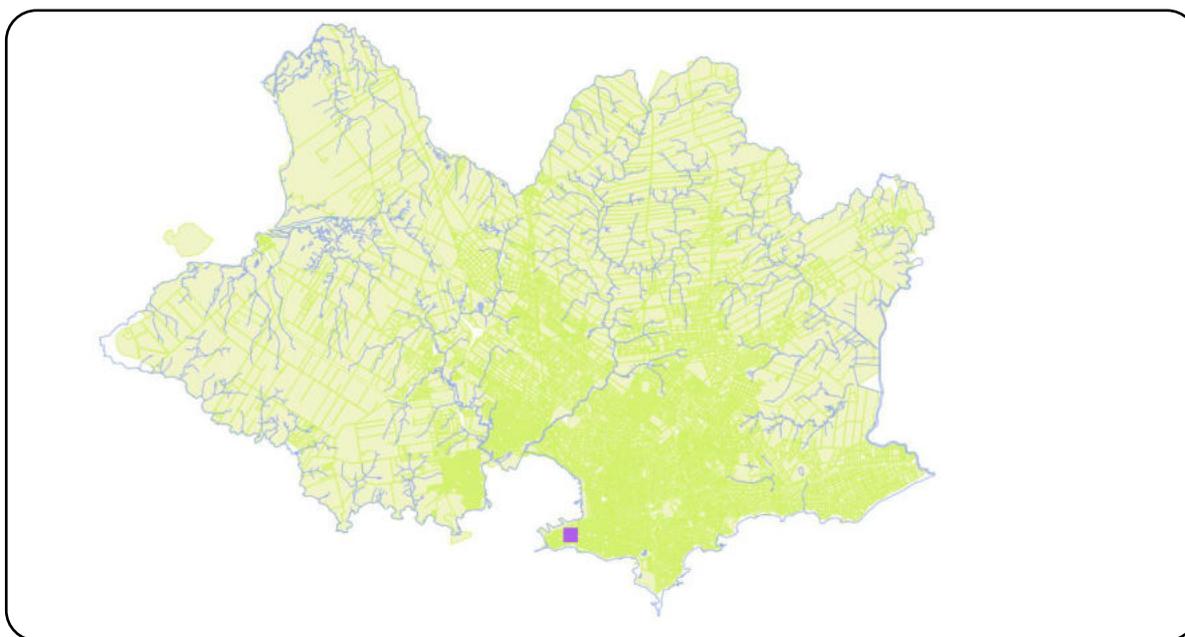
Academia Uruguay

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 14 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 ³	Lightscattering	Horario
Humo Negro	HN	ug/m ³	Reflectometría	24 horas cada 12 días



Mapa 2.1 Ciudad Vieja

En la Ciudad Vieja el monitor automático se encuentra en Academia Uruguay mientras que el tren de monitoreo en AEBU.

La mayoría de los resultados de SO₂ se encontraron por debajo del límite de cuantificación del método. Por esa razón, no se hace una evaluación numérica de los resultados. Respecto al Humo Negro, hubo 31 muestras válidas durante el año 2019.

En la estación automática se registraron valores válidos de PM2.5 durante 346 días, lo que representa el 95% del año. El valor guía de calidad para PM2.5 (50 µg/m³) se superó 3 días en el año 2019. Estos eventos se registraron entre julio y agosto.

Humo Negro año 2019

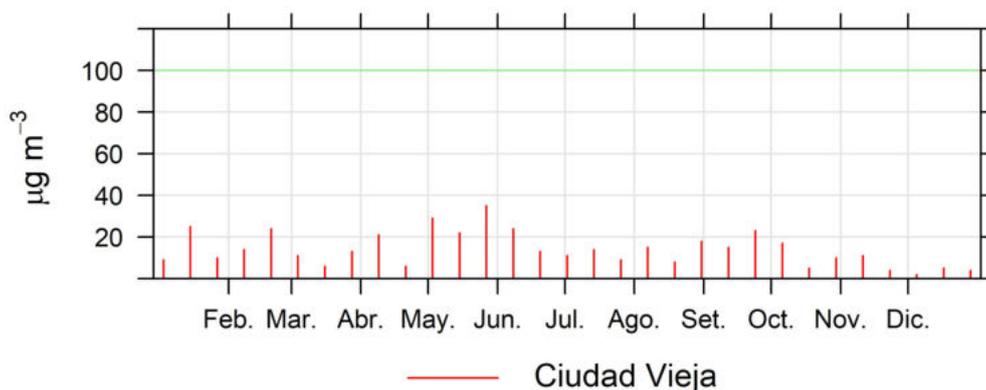


Ilustración 2.1 - Resultados de Humo Negro de la estación Ciudad Vieja

Promedios diarios PM_{2.5} año 2019

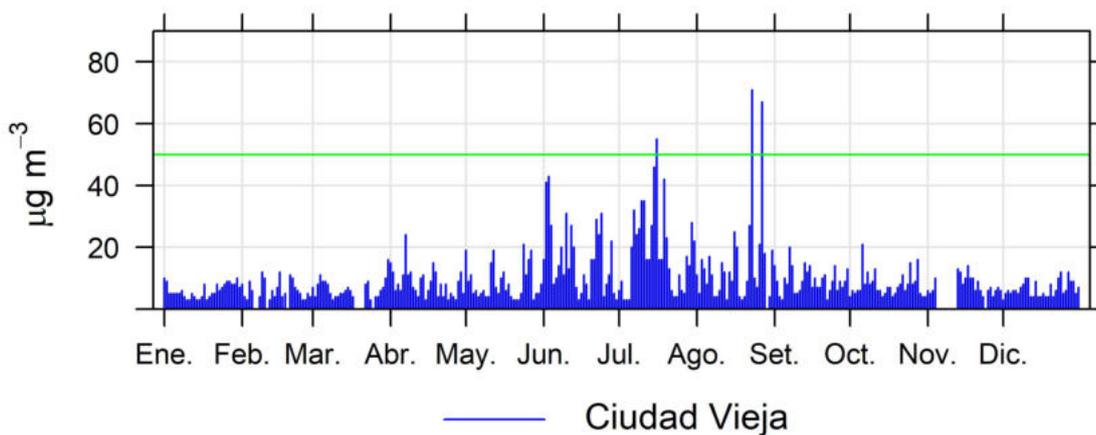


Ilustración 2.2 - Resultados de PM2.5 de la estación Ciudad Vieja

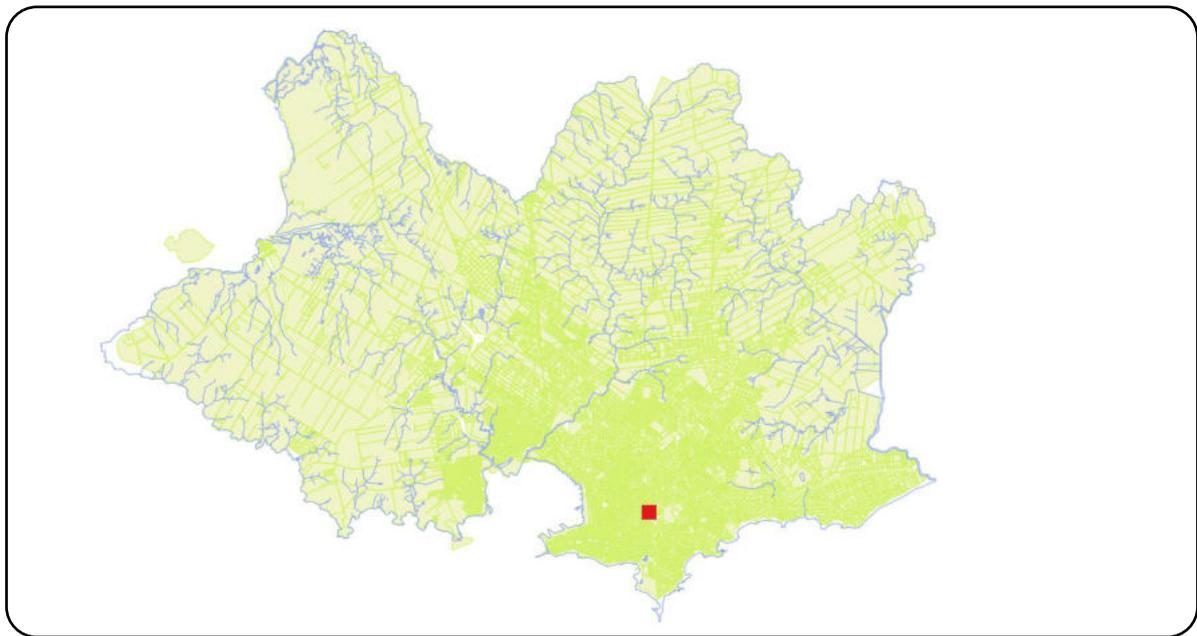
2.3 Estación 5: Tres Cruces

Estación de Base

Escuela N°254 Aquiles Lanza

SIRGAS 2000 X=576247 Altura sobre Nivel del mar 44 m
 UTM ZONE 21S Y= 6138473 Elevación desde la calzada 7m

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM2.5	PM2.5 ug/m ³	Lightscattering	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Sensor electroquímico	Horaria



Mapa 2.2 Tres Cruces

El monitor automático de la Estación Tres Cruces, que tiene sensores de PM_{2.5} y NO₂ estuvo fuera de servicio hasta mayo de este año, como se ve en las Ilustraciones 2.3 y 2.4. Por esa razón solo se obtuvieron 195 valores válidos de PM_{2.5} y 101 valores válidos de NO₂.

Durante dicho período, el valor guía de calidad para PM_{2.5} (50 µg/m³) no se superó durante este año. El valor guía de calidad para NO₂ (200 µg/m³), se superó 2 veces durante este año en los meses de setiembre y octubre respectivamente.

Promedios diarios PM_{2.5} año 2019

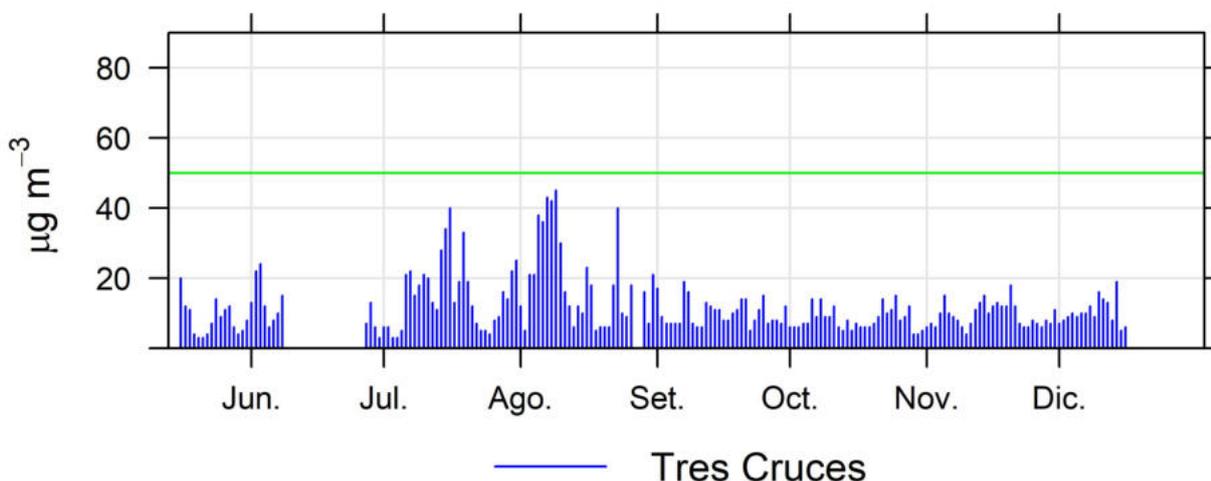


Ilustración 2.3 - Resultados PM_{2.5} de la estación Tres Cruces

Máximos diarios NO₂ año 2019

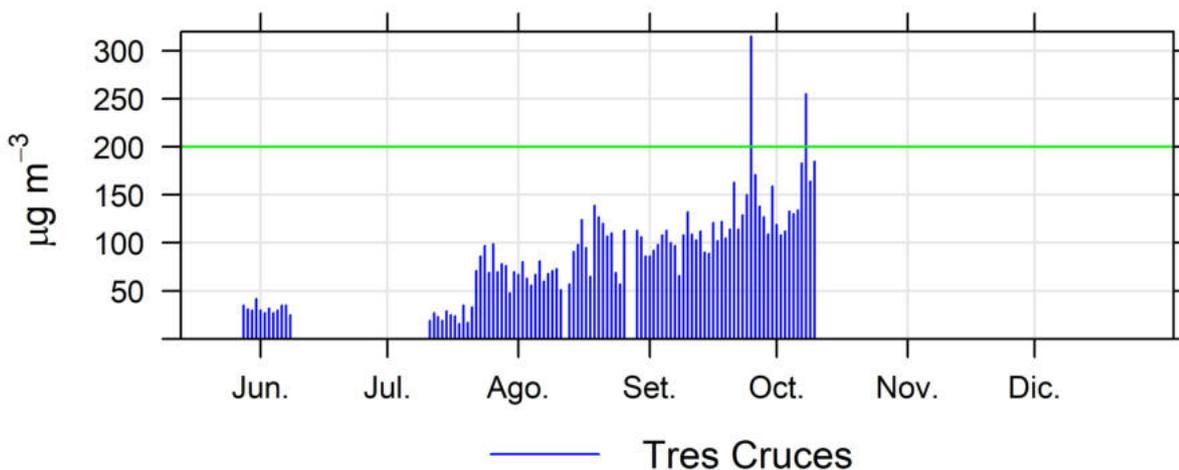


Ilustración 2.4 - Resultados NO₂ de la estación Tres Cruces

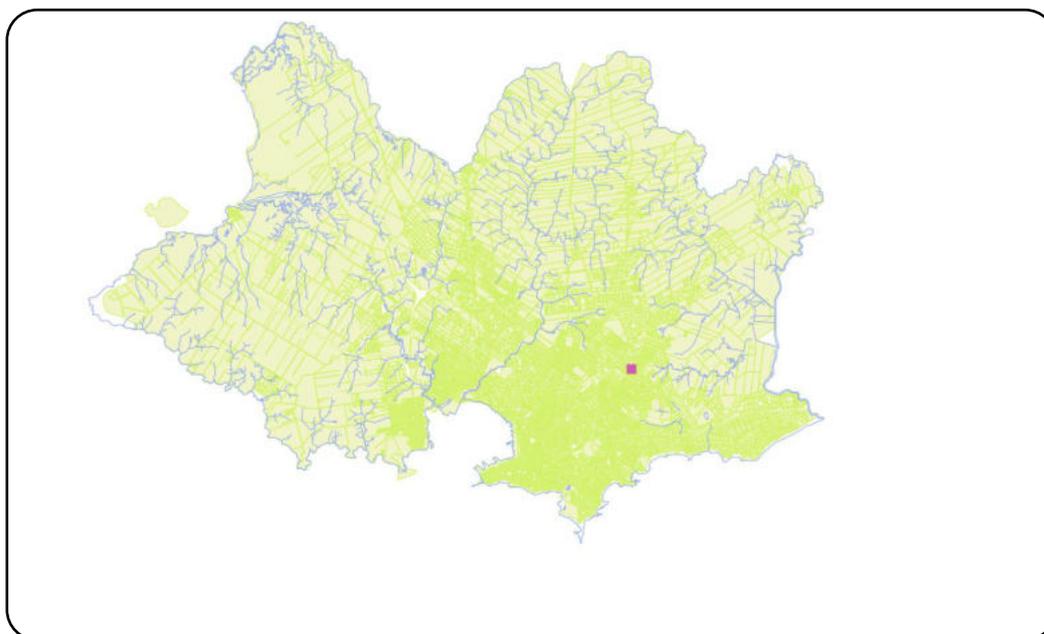
2.4 Estación 6 : Curva de Maroñas

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	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM2.5	PM2.5 ug/m ³	Lightscattering	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Sensor electroquímico	Horaria
Ozono	O ₃ ug/m ³	Semiconductor sensible al gas	Horaria
Material Particulado (manual) PM10	PM10 ug/m ³	Hivol	24 horas cada 12 días
Humo Negro	HN ug/m ³	Reflectometria	24 horas cada 12 días



Mapa 2.3 Curva de Maroñas

El monitor automático de la Estación Curva de Maroñas tiene sensores de PM2.5, NO₂ y O₃. El sensor de NO₂ estuvo fuera de servicio desde mediados de agosto del año 2019, como se ve en la Ilustración 2.6. Por esa razón solo se obtuvieron 209 valores válidos de NO₂, mientras que se obtuvieron 364 datos válidos de PM2.5 y 299 datos de O₃.

Durante el año 2019, el valor guía de PM2.5 (50 µg/m³) se superó en 5 días, en los meses de invierno.

Para el NO₂ hay una superación del valor guía (200 µg/m³) en el mes de agosto, a diferencia del O₃ donde no se registraron superaciones del valor guía (160 µg/m³).

Promedios diarios PM_{2.5} año 2019

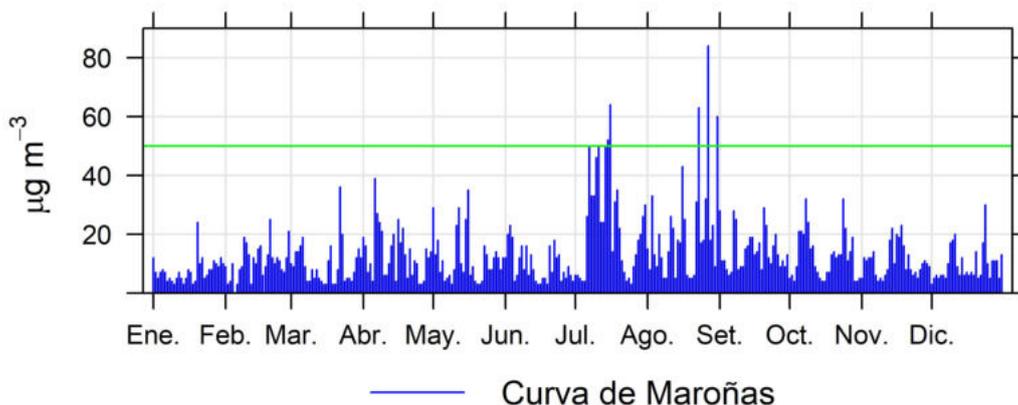


Ilustración 2.5 - Resultados PM_{2.5} de la estación Curva de Maroñas

Máximos diarios NO₂ año 2019

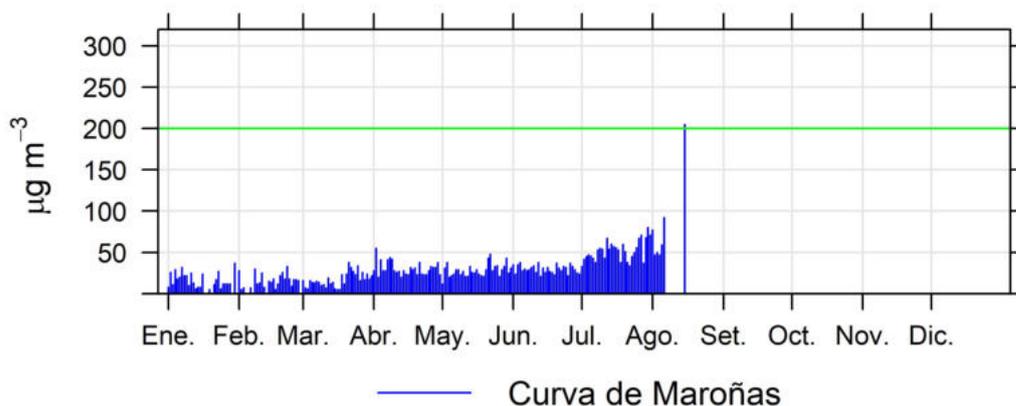


Ilustración 2.6 - Resultados NO₂ de la estación Curva de Maroñas

Máximos diarios O₃ año 2019

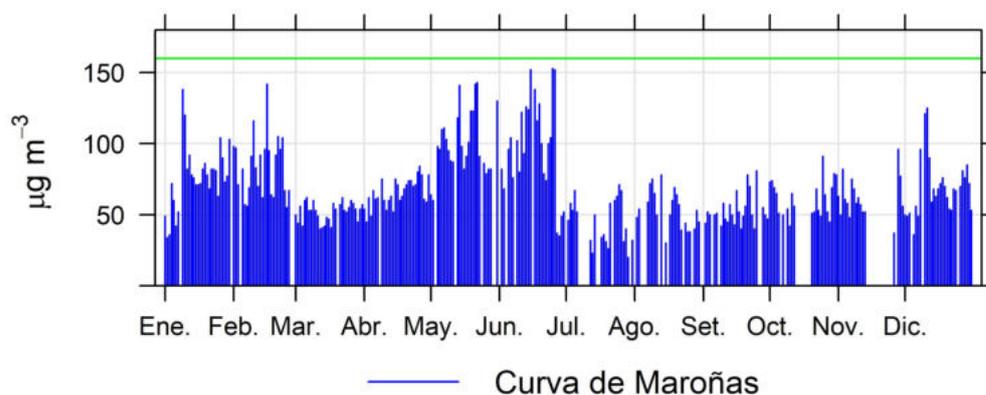


Ilustración 2.7 - Resultados O₃ de la estación Curva de Maroñas

Durante el año 2019, tanto el PM10 en el Hi Vol como el HN en el tren de monitoreo, sus resultados se encontraron por debajo del valor guía.

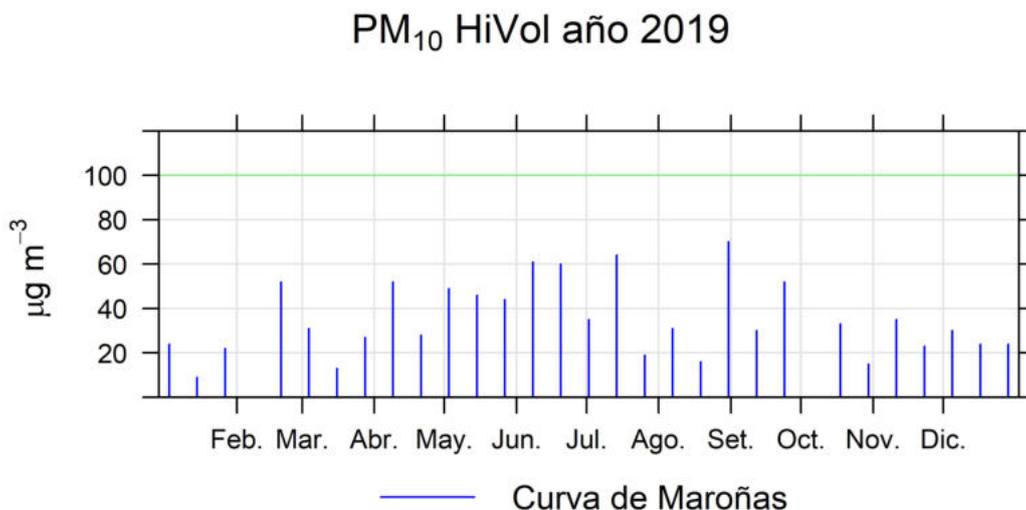


Ilustración 2.8 - Resultados PM10 (manual) de la estación Curva de Maroñas

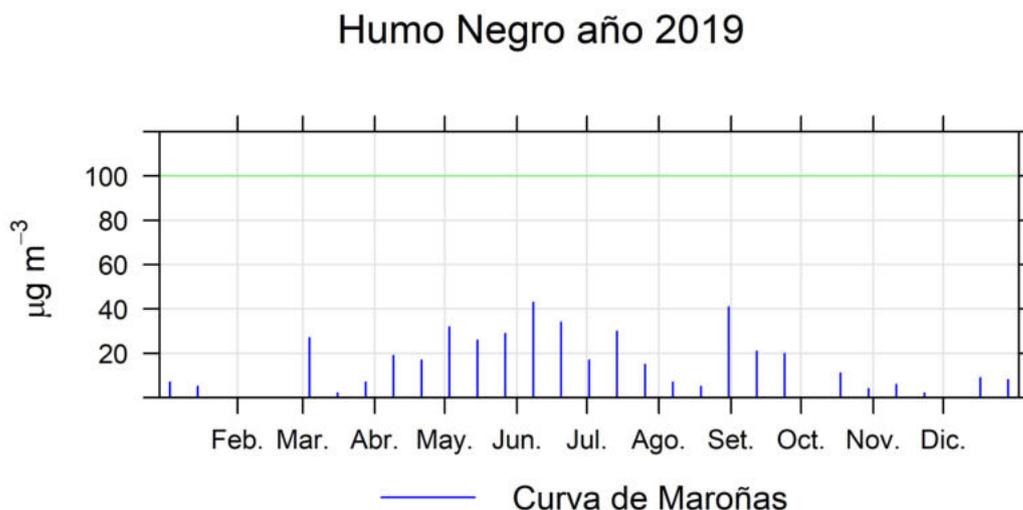


Ilustración 2.9 - Resultados HN de la estación Curva de Maroñas

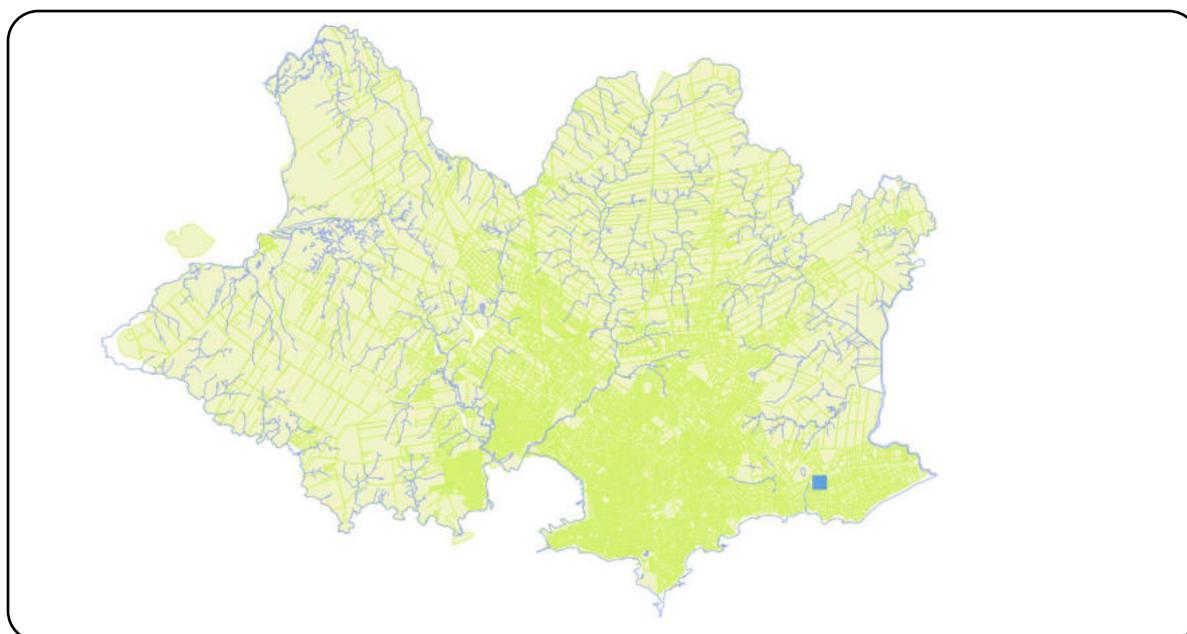
2.5 Estación 7 : Portones de Carrasco

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 ³	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 estuvo operativa durante todo el año. Tanto el PM10 en el Hi Vol como el HN en el tren de monitoreo, sus resultados se encontraron por debajo del valor guía.

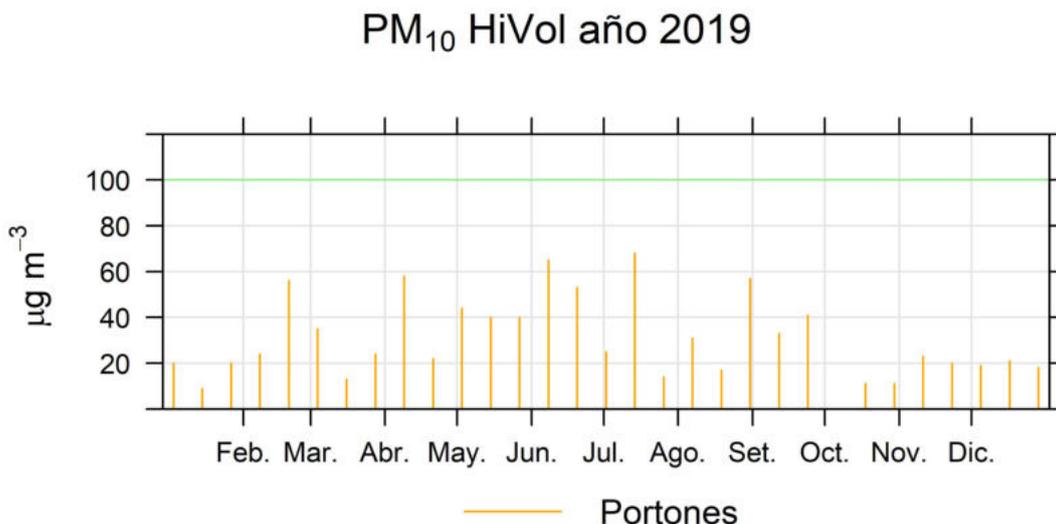


Ilustración 2.10 - Resultados PM10 (manual) de la estación Portones de Carrasco

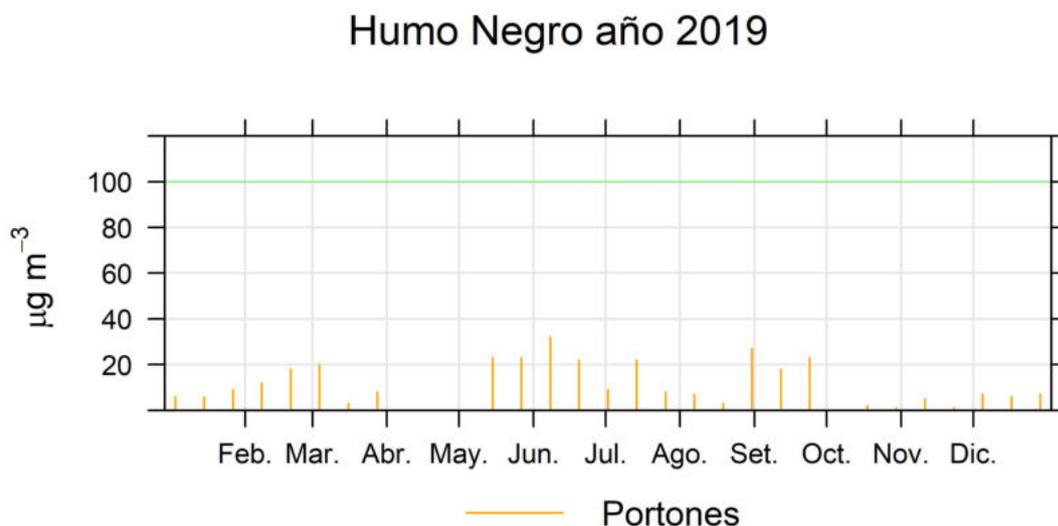


Ilustración 2.11 - Resultados HN de la estación Portones de Carrasco

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

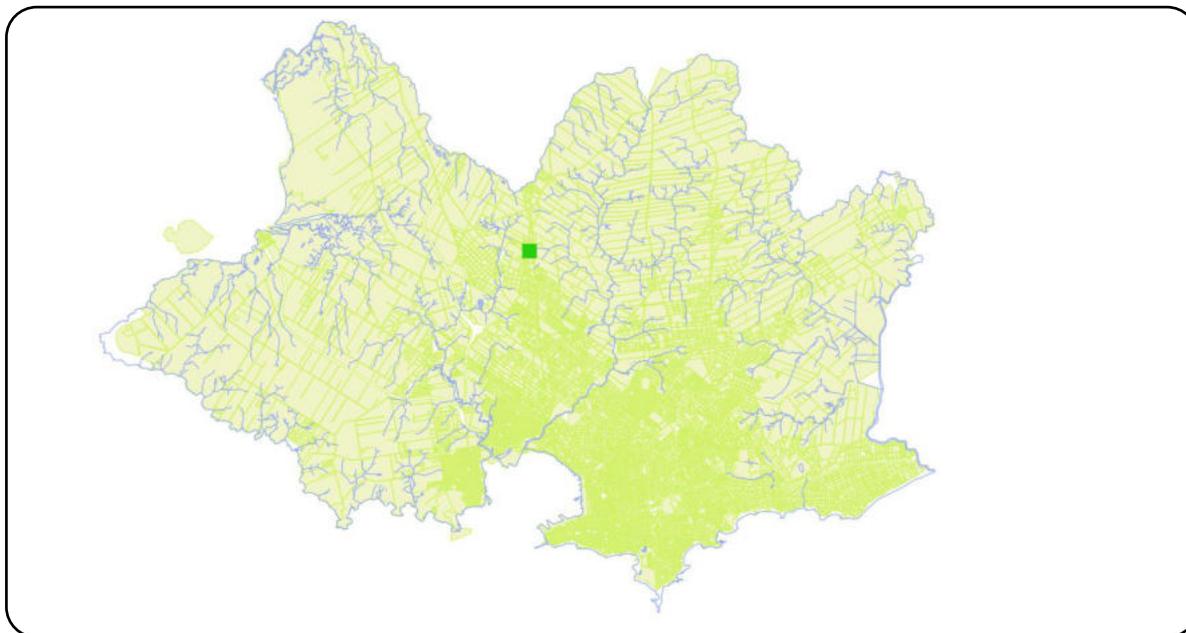
UTM ZONE 21S Y= 6148987 Elevación desde la calzada 3 m

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 ³	Dispersión de luz	Horaria
Material Particulado PM2.5	PM2.5 ug/m ³	Dispersión de luz	Horaria
Ozono	O ₃ ug/m ³	Semiconductor sensible al gas	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Sensor electroquímico	Horaria
Material Particulado (manual) PM10	PM10 ug/m ³	Hivol	24 horas cada 12 días
Material Particulado (manual) PTS	PTS ug/m ³	Hivol	24 horas cada 12 días



Mapa 2.5 Colón

En este año se registraron valores válidos de PM₁₀ durante 269 días, lo que representa el 74% del año. Los valores faltantes se debieron a que antes el equipo medía PM_{2.5}. El valor guía para PM₁₀ (100 µg/m³) no se superó durante este año.

Para el O₃ se obtuvieron valores válidos durante 278 días, lo que representa el 76% del año. Una gran parte de los datos faltantes se debió a interferencias y fallas del sensor. El valor guía para O₃ (160 µg/m³) no se superó durante este año.

Para el NO₂ se obtuvieron valores válidos durante 154 días, lo que representa el 42% del año. Durante las medidas se supera una vez el valor guía (200 µg/m³).

Respecto al PM_{2.5} se registraron valores hasta fines de marzo, contando con 81 datos válidos, lo que representa el 22% del año. El valor guía para PM_{2.5} (50 µg/m³) no se superó durante este año.

Promedios diarios PM₁₀ año 2019

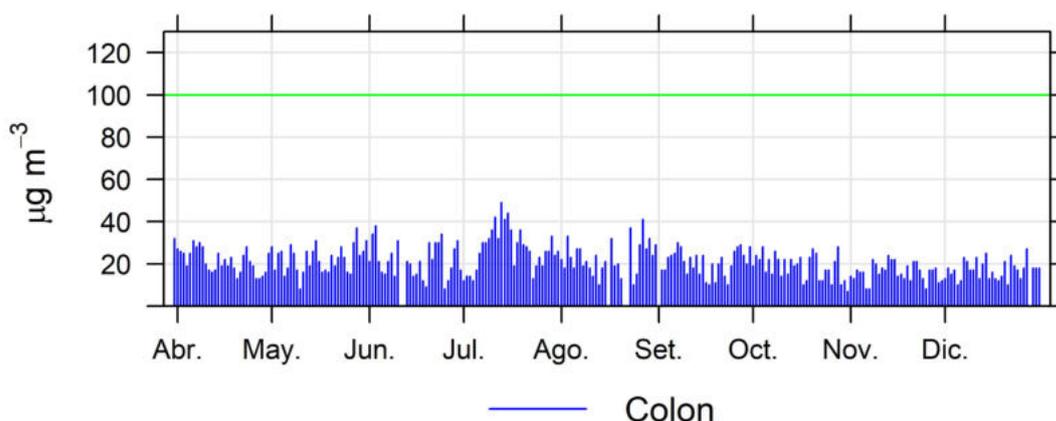


Ilustración 2.12 - Resultados PM₁₀ de la estación Colón

Máximos diarios O₃ año 2019

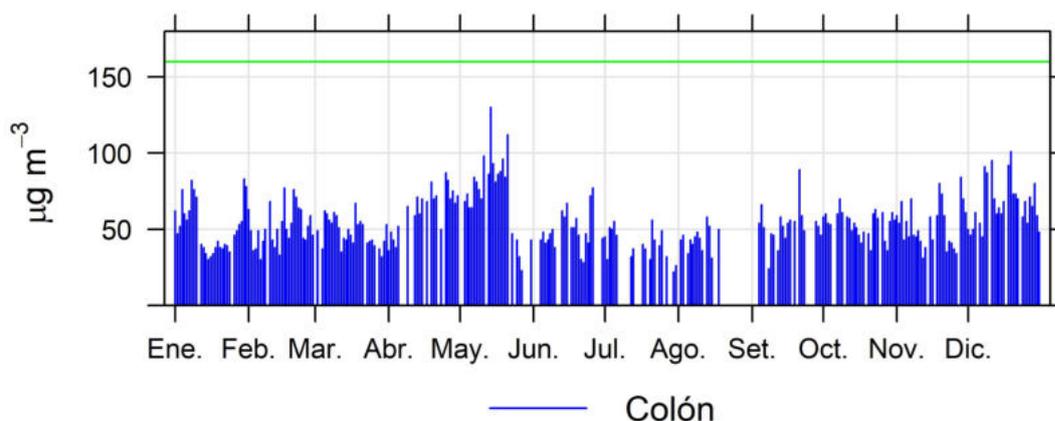


Ilustración 2.13 - Resultados O₃ de la estación Colón

Promedios diarios NO₂ año 2019

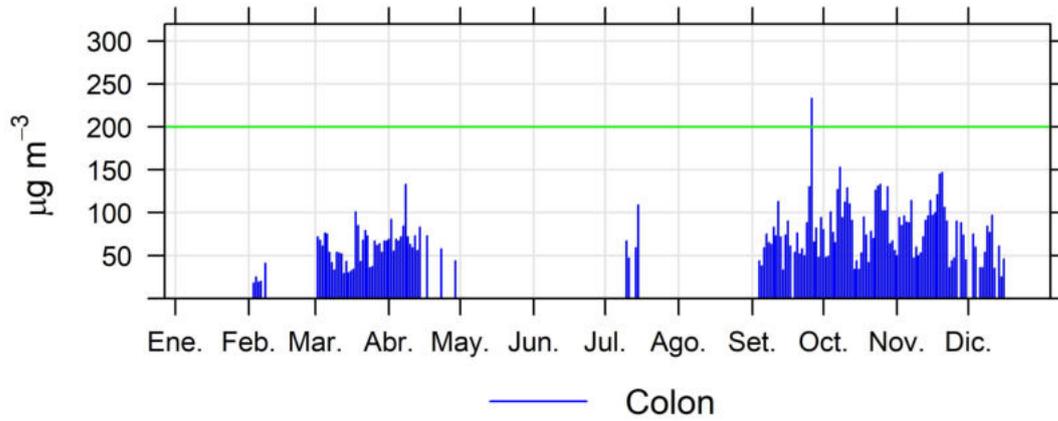


Ilustración 2.14 - Resultados NO₂ de la estación Colón

Promedios diarios PM_{2.5} año 2019

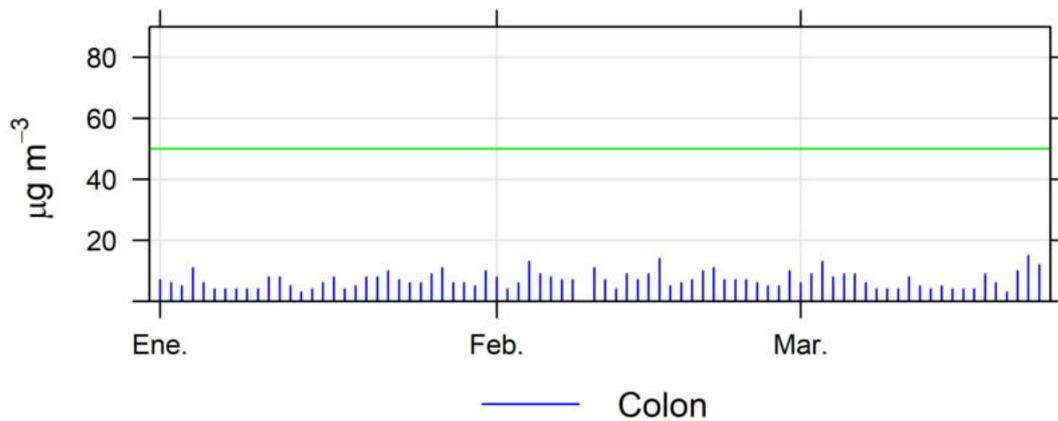


Ilustración 2.15 - Resultados PM_{2.5} de la estación Colón

La estación manual de Colón estuvo operativa durante todo el año. Tanto el PM10 como el PTS, sus resultados se encontraron por debajo del valor guía.

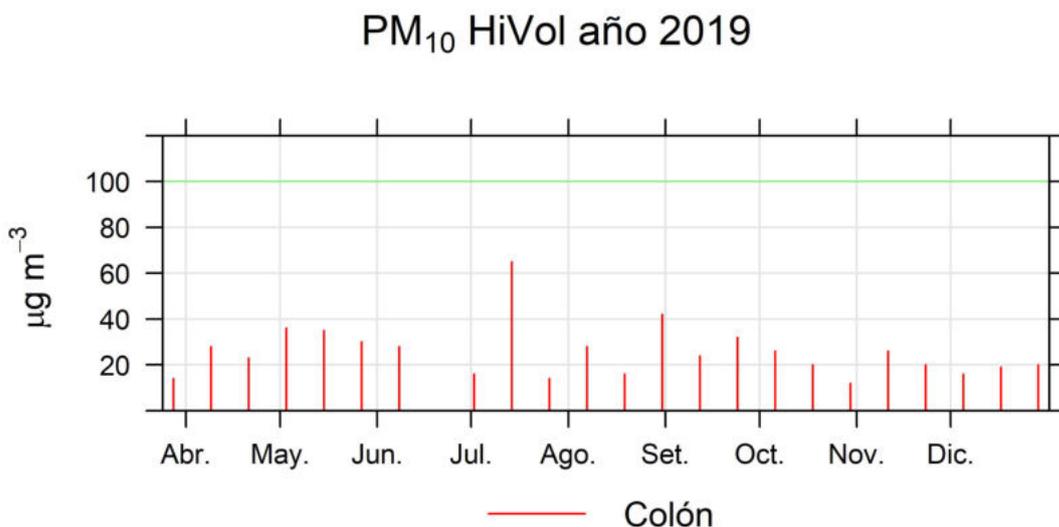


Ilustración 2.16 - Resultados PM10 (manual) de la estación Colón

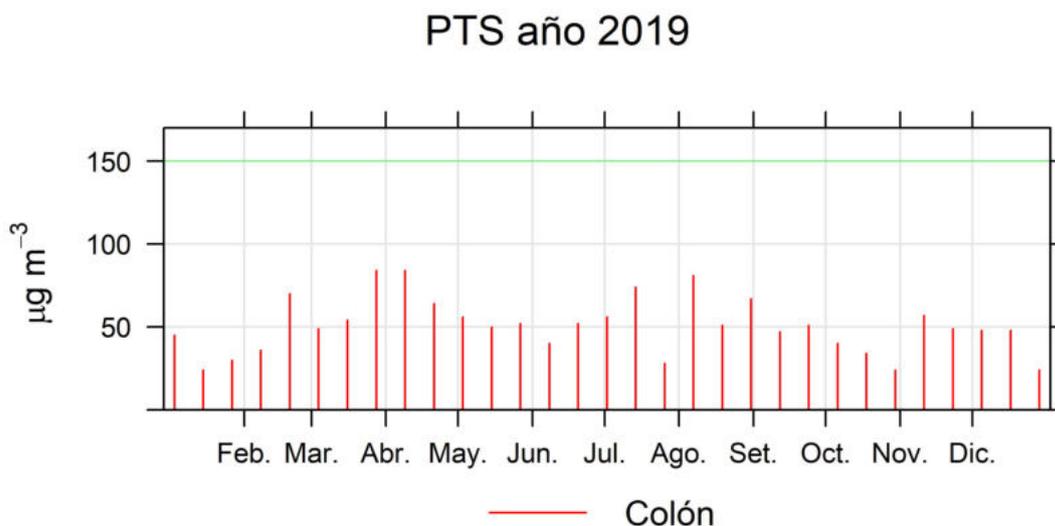


Ilustración 2.17 - Resultados PTS (manual) de la estación Colón

2.7 Estación: La Tablada

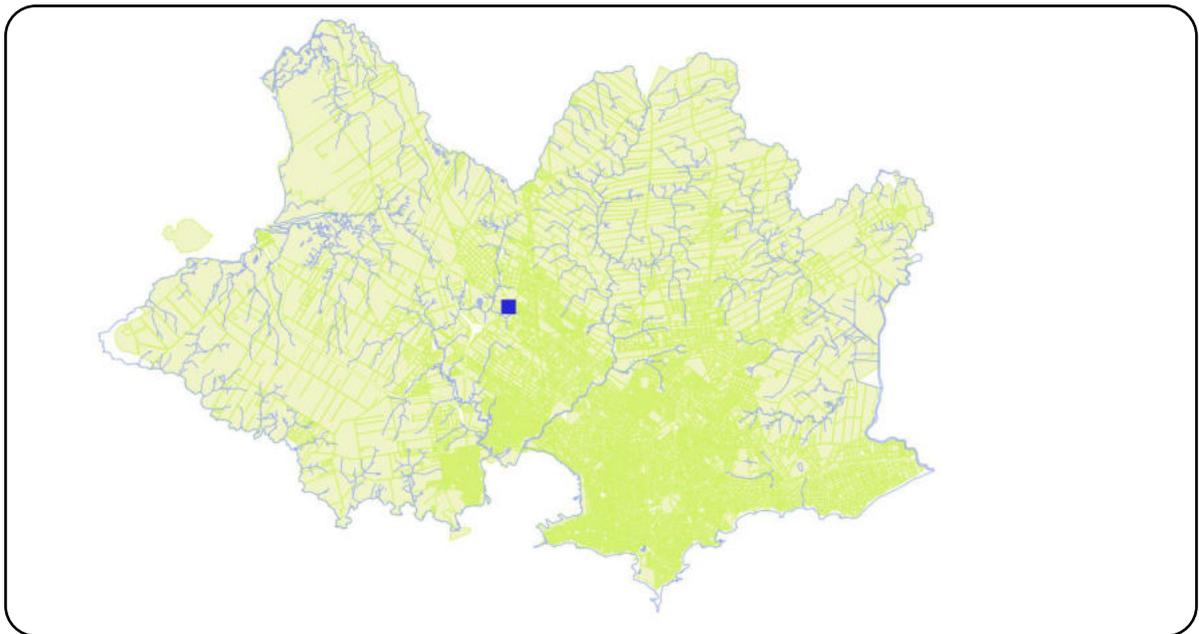
Estación orientada a Fuentes Significativas

Camino Lecoq y Antonio Rubio

SIRGAS 2000 X=569969 Altura sobre Nivel del mar 34 m

UTM ZONE 21S Y= 6147021 Elevación desde la calzada 3 m

Parámetro	Unidades		Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM10	PM10	ug/m ³	Atenuacion Beta	Horaria
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂	ug/m ³	Espectrofotometría	Horaria
Dióxido de azufre	SO ₂	ug/m ³	Espectrofotometría	Horaria
Monóxido de Carbono	CO	ug/m ³	Espectrofotometría	Horaria



Mapa 2.6 La Tablada

A partir de los primeros días de noviembre dejaron de medirse los parámetros en esta estación.

En este año se registraron valores válidos de PM10 durante 296 días, lo que representa el 81% del año. El valor guía para PM10 (100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) no se superó durante este año.

Para el SO2 se obtuvieron valores válidos durante 298 días, lo que representa el 82% del año. El valor guía para SO2 (125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) no se superó durante este año, el cual se encontraba muy lejos del mismo.

Para el NO2 se obtuvieron valores válidos durante 296 días, lo que representa el 81% del año. Durante este año no se supera el valor guía (200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

El CO midió 290 días, lo que representa el 79% de los datos válidos. Durante este año no se supera el valor guía (10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Promedios diarios PM₁₀ año 2019

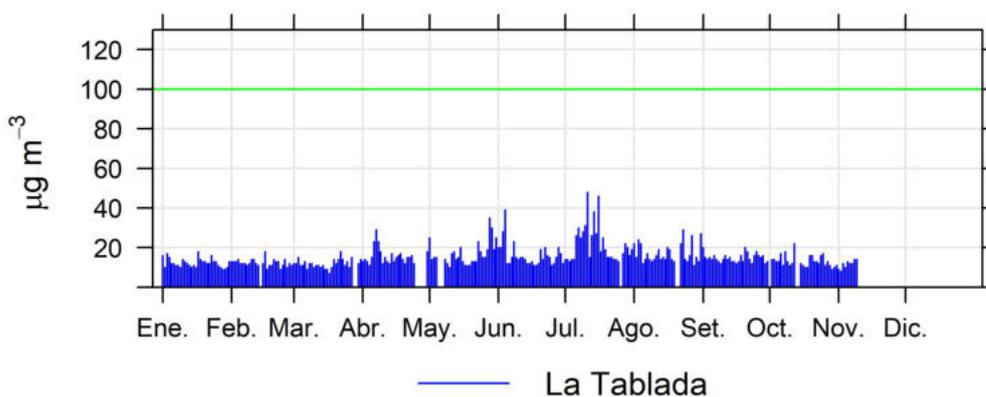


Ilustración 2.18 - Resultados PM10 de la estación La Tablada

Promedios diarios SO₂ año 2019

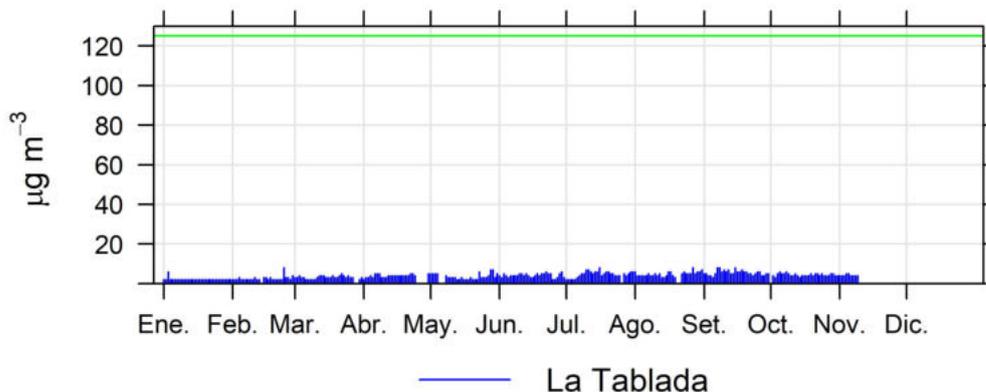


Ilustración 2.19 - Resultados SO2 de la estación La Tablada

Máximos diarios CO año 2019

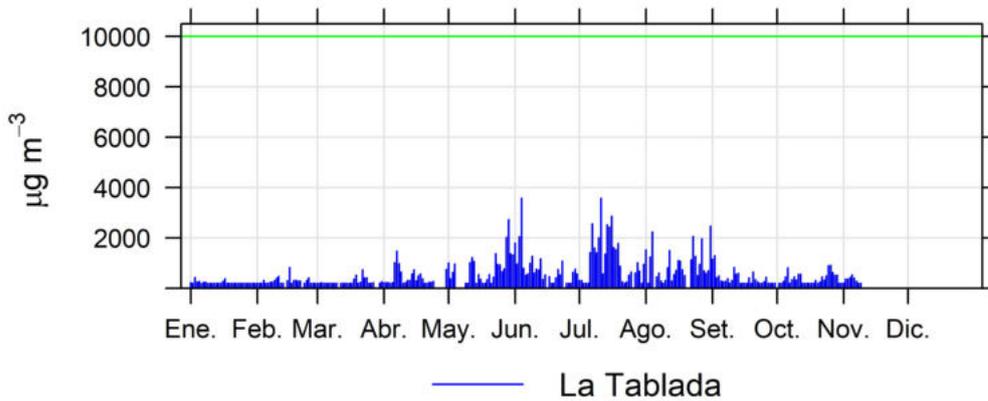


Ilustración 2.20 - Resultados NO2 de la estación La Tablada

Máximos diarios CO año 2019

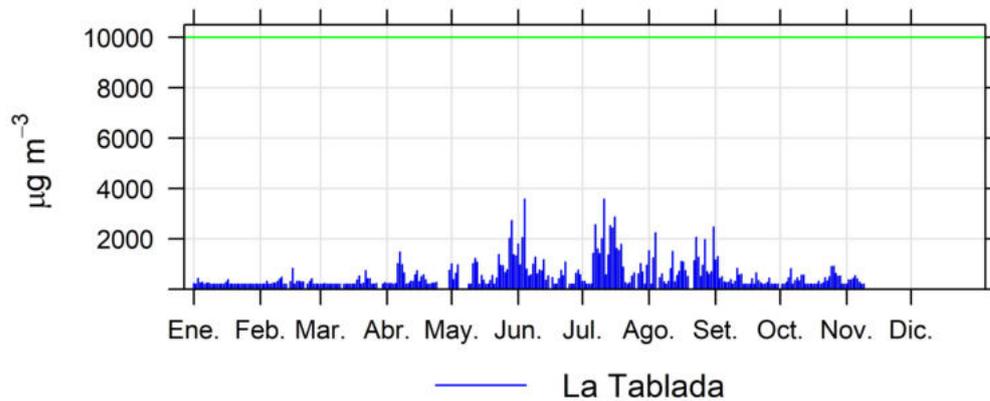


Ilustración 2.21 - Resultados CO de la estación La Tablada

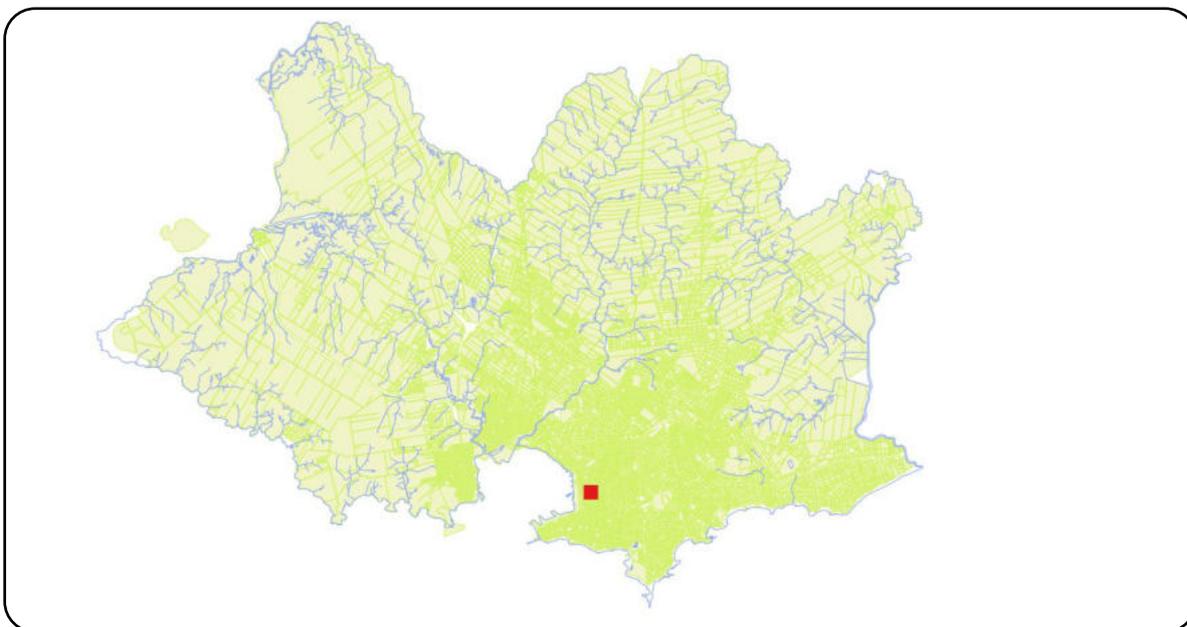
2.8 Estación: Palacio Legislativo

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	PM10 ug/m ³	Atenuacion Beta	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Quimioluminiscencia	Horaria
Dióxido de azufre	SO ₂ ug/m ³	Fluorescencia	Horaria
Monóxido de carbono	CO ug/m ³	Espectrofotometría	Horaria



Mapa 2.7 Palacio Legislativo

En este año se registraron valores válidos de PM₁₀ durante 234 días, lo que representa el 64% del año. El valor guía para PM₁₀ (100 µg/m³) no se superó durante el año 2019.

Para el NO₂ se obtuvieron valores válidos durante 348 días, lo que representa el 95% del año. El valor guía para NO₂ (200 µg/m³) no se superó durante este año.

Promedios diarios PM₁₀ año 2019

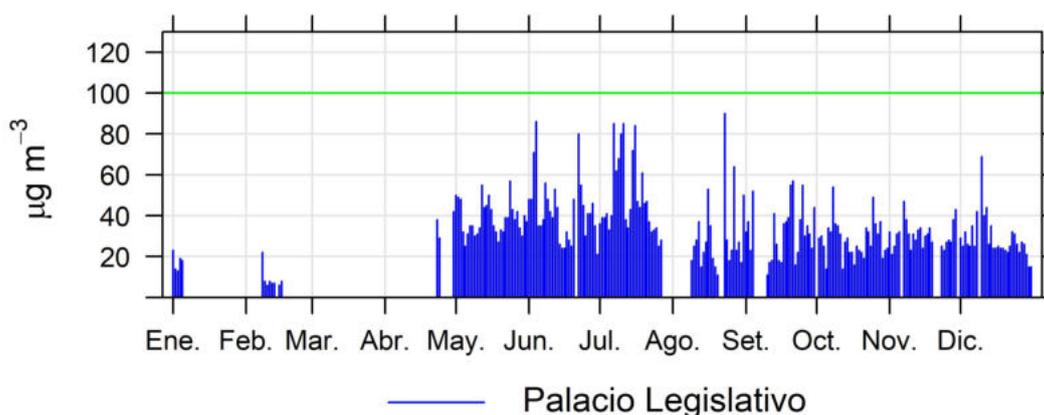


Ilustración 2.22 - Resultados PM₁₀ de la estación Palacio Legislativo

Máximos diarios NO₂ año 2019

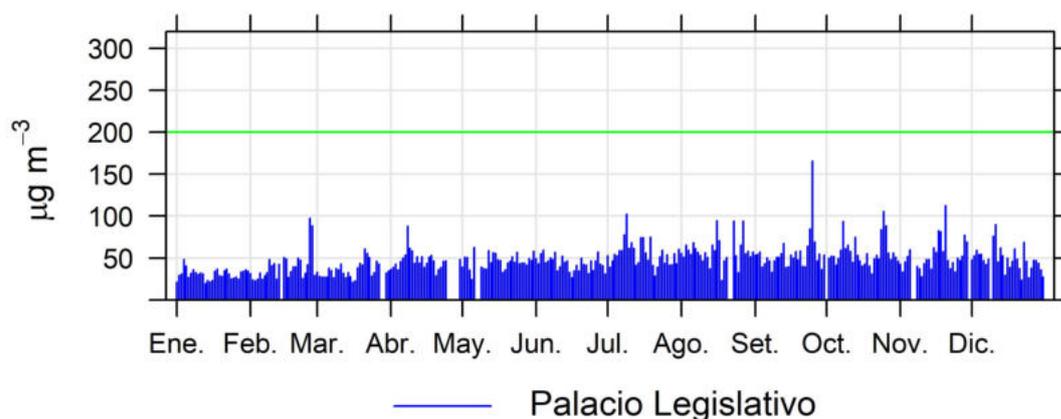


Ilustración 2.23 - Resultados NO₂ de la estación Palacio Legislativo

En este año se registraron valores válidos de SO₂ durante 352 días, lo que representa el 96% del año. El valor guía para SO₂ (125 µg/m³) no se superó en todo el año 2019.

Para el CO se obtuvieron valores válidos durante 343 días, lo que representa el 94% del año. El valor guía para CO (10000 µg/m³) no se superó en todo el año.

Promedios diarios SO₂ año 2019

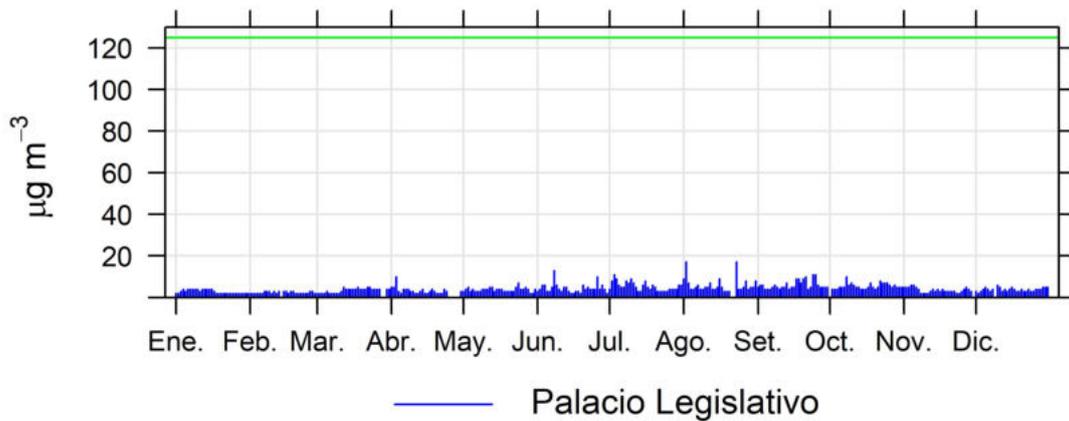


Ilustración 2.24 - Resultados SO₂ de la estación Palacio Legislativo

Máximos diarios CO año 2019

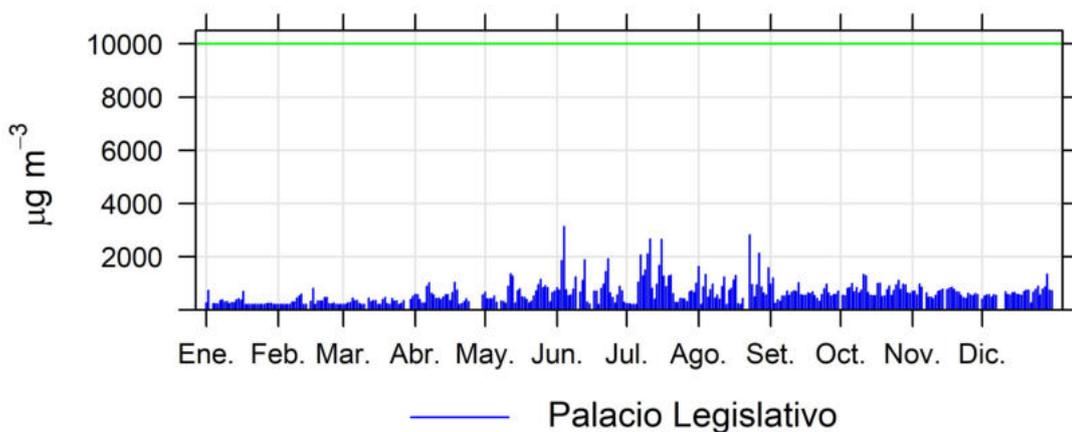


Ilustración 2.25 - Resultados CO de la estación Palacio Legislativo

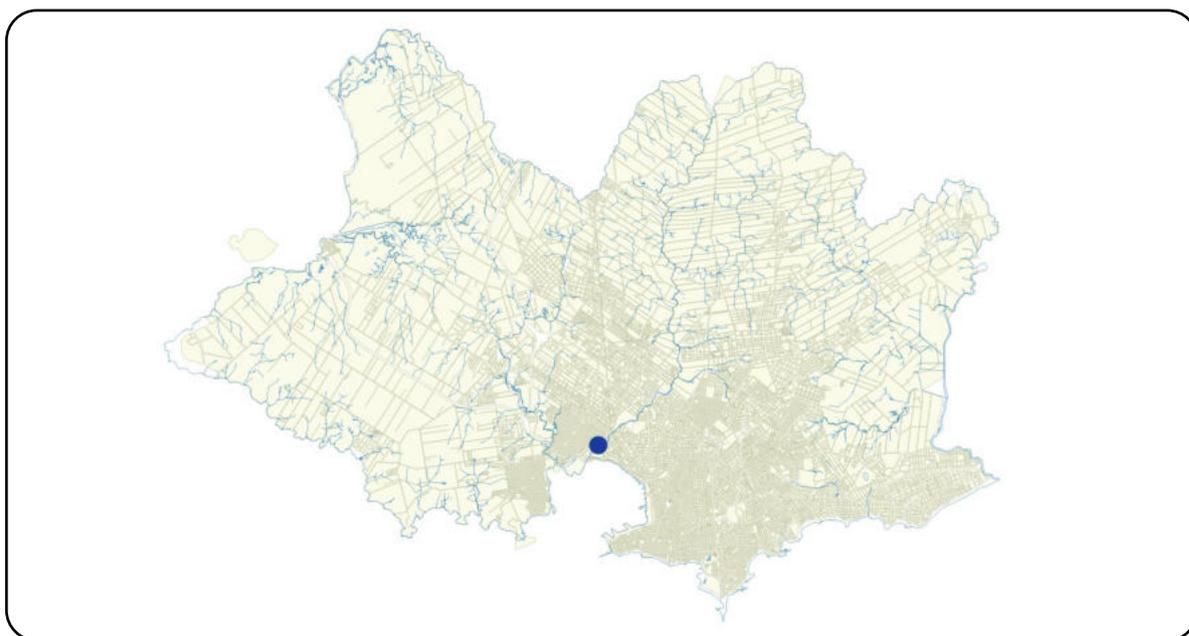
2.9 Estación: La Teja

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	PM2.5 ug/m ³	Atenuacion Beta	Horaria
Dióxido de nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Quimioluminiscencia	Horaria
Dióxido de azufre	SO ₂ ug/m ³	Fluorescencia	Horaria
Monóxido de carbono	CO ug/m ³	Espectrofotometría	Horaria
Azufres reducidos totales	TRS ug/m ³	Fluorescencia	Horaria



Mapa 2.8 La Teja

En este año se registraron valores válidos de PM2.5 durante 332 días, lo que representa el 91% del año. El valor guía para PM2.5 (50 µg/m³) se superó 1 día en el año 2019, registrándose en el mes de julio.

Para el CO se obtuvieron valores válidos durante 262 días, lo que representa solo el 72% del año. El valor guía para CO (10000 µg/m³) no se superó durante el 2019.

Promedios diarios PM_{2.5} año 2019

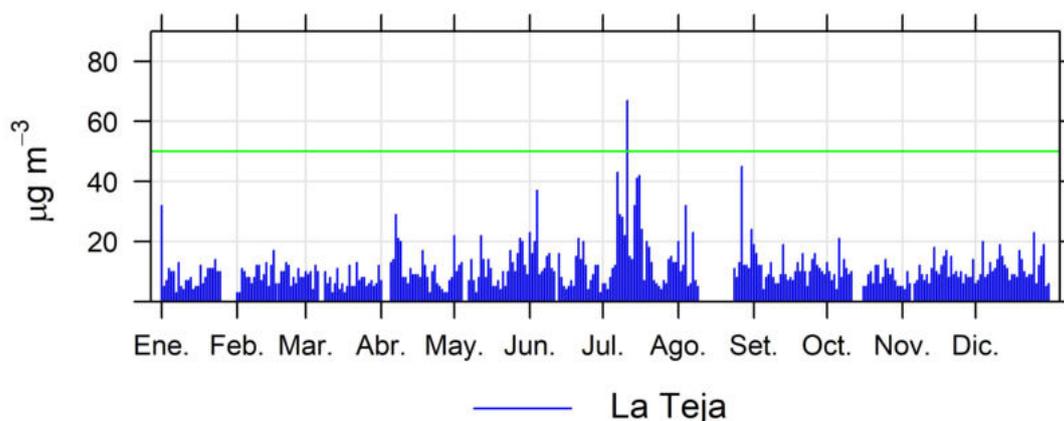


Ilustración 2.26 - Resultados PM_{2.5} de la estación La Teja

Máximos diarios CO año 2019

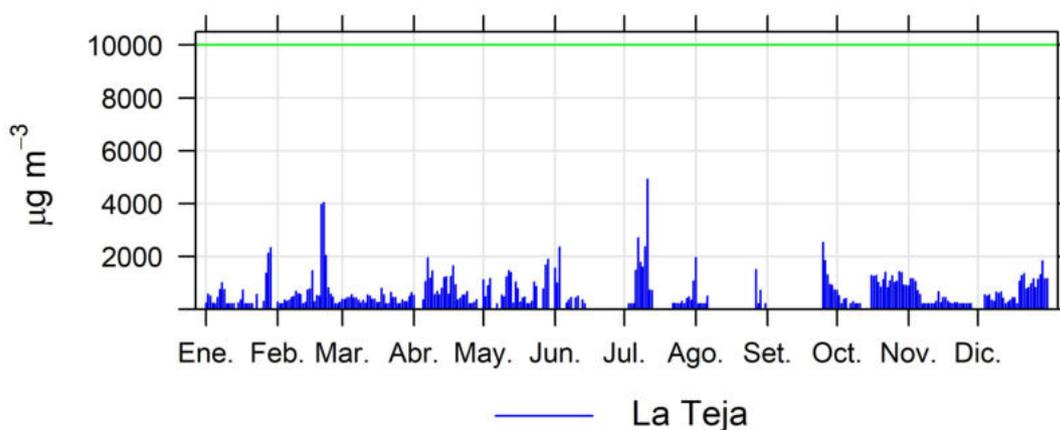


Ilustración 2.27 Resultados CO de la estación La Teja

Para las medidas de SO₂ se registraron 327 días válidos, lo que representa el 90% del año. El valor guía para SO₂ (125 µg/m³) no se superó durante el año.

En este año se registraron valores válidos de TRS durante 310 días, lo que representa el 85% del año. El valor objetivo de calidad para TRS (10 µg/m³) se superó en 1 oportunidad a mediados de diciembre.

Durante este año el monitor de NO₂ estuvo fuera de servicio desde mediados de abril. Se registraron 112 días válidos lo que representa el 31% del año. Se registró 1 superación del valor guía (200 µg/m³) en el mes de febrero.

Promedios diarios SO₂ año 2019

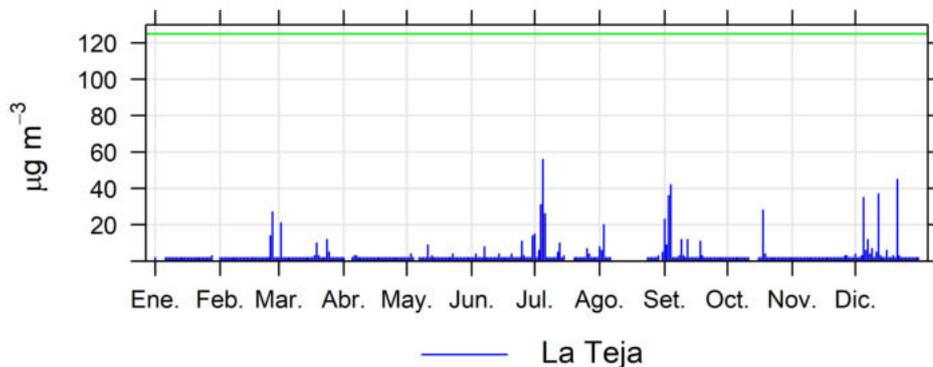


Ilustración 2.28- Resultados SO₂ de la estación La Teja

Promedios diarios TRS año 2019

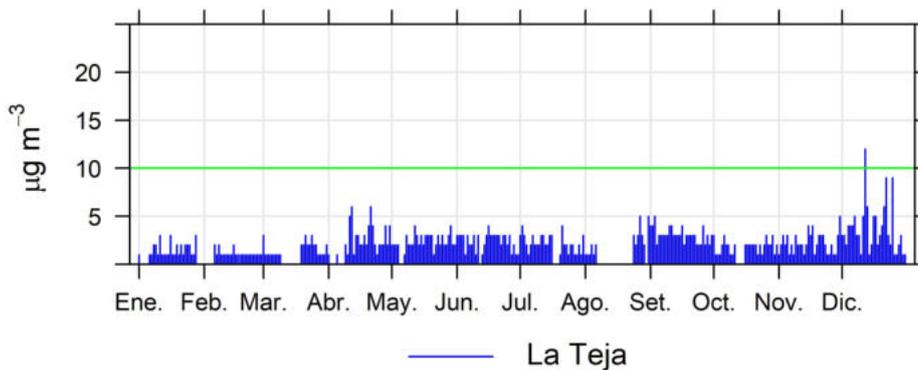


Ilustración 2.29 - Resultados TRS de la estación La Teja

Máximos diarios NO₂ año 2019

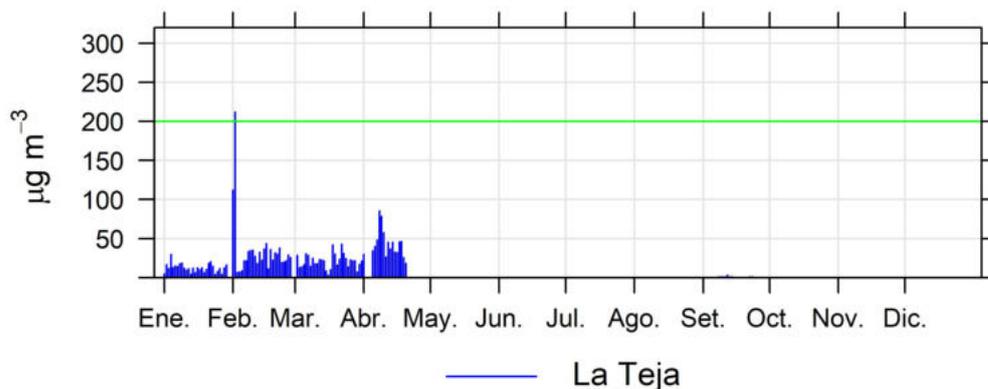


Ilustración 2.30 - Resultados NO₂ de la estación La Teja

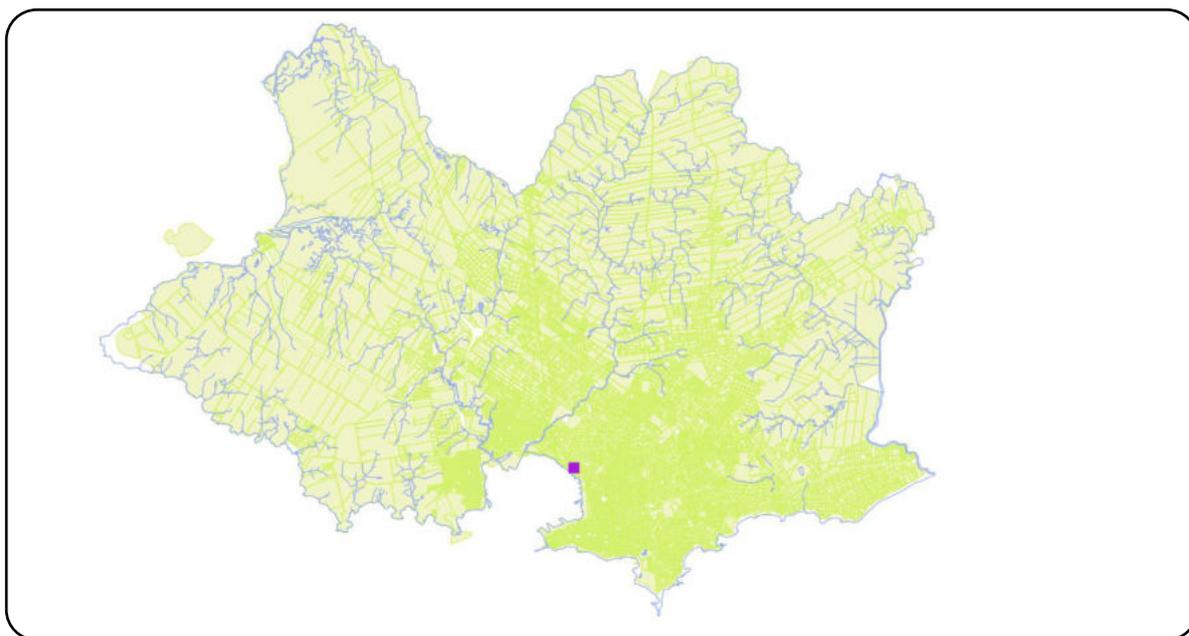
2.10 Estación: Bella Vista

Estación orientada a Fuentes Significativas

Estación Bella Vista- Rio Grande y Dionisio Carbajal

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	PM10 ug/m ³	Atenuacion Beta	Horaria
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Espectrofotometria	Horaria
Dióxido de azufre	SO ₂ ug/m ³	Espectrofotometría	Horaria
Monóxido de Carbono	CO ug/m ³	Espectrofotometría	Horaria



Mapa 2.9 Bella Vista

La estación Bella Vista que cuenta con sensores de PM10, NO2, SO2 y CO estuvo operativa hasta principios del mes de agosto del año 2019.

En este año se registraron valores válidos de PM10 durante 209 días, lo que representa el 57% del año. El valor guía para PM10 (100 µg/m3) no se registraron excedencias.

Para las medidas de SO2 se registraron 210 días válidos, lo que representa el 57% del año. El valor guía para SO2 (125 µg/m3) no se superó durante el año.

Promedios diarios PM₁₀ año 2019

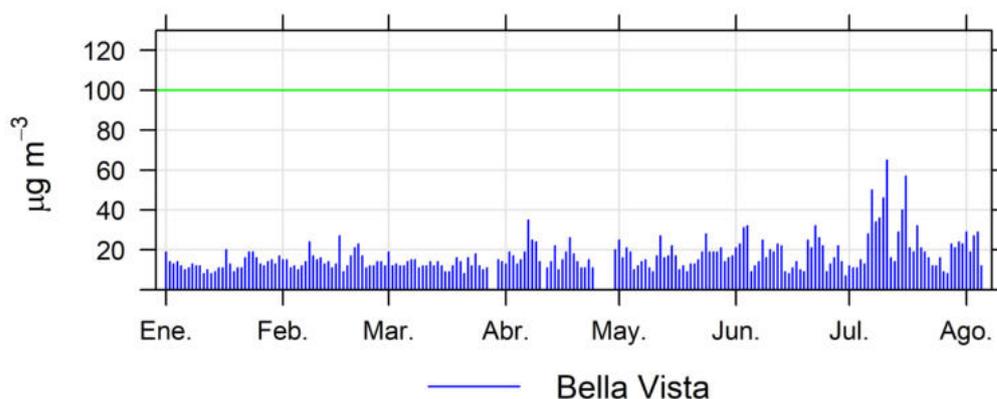


Ilustración 2.31 - Resultados PM10 de la estación Bella Vista

Promedios diarios SO₂ año 2019

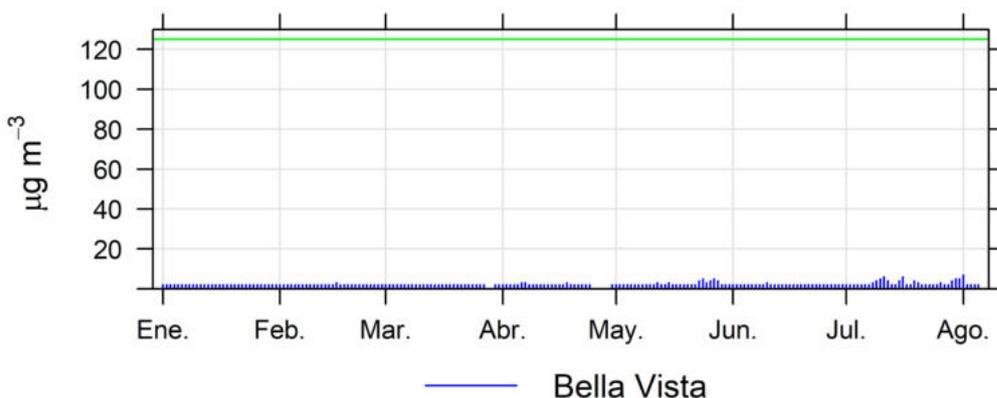


Ilustración 2.32 - Resultados SO2 de la estación Bella Vista

Respecto al NO₂ se registraron 112 días válidos lo que representa el 31% del año. Se registró 1 superación del valor guía (200 µg/m³) en el mes de febrero.

Para el CO se obtuvieron valores válidos durante 198 días, lo que representa solo el 54% del año. El valor guía para CO (10000 µg/m³) no se superó durante el periodo que hubo medidas.

Máximos diarios NO₂ año 2019

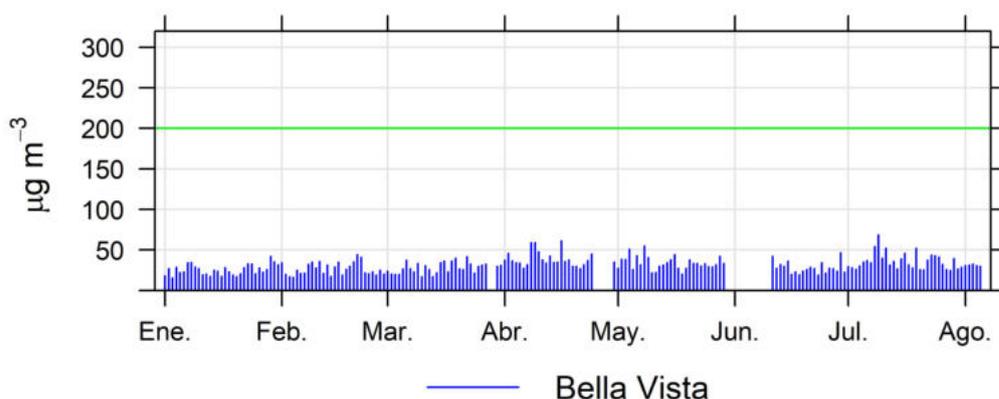


Ilustración 2.33 - Resultados NO₂ de la estación Bella Vista

Máximos diarios CO año 2019

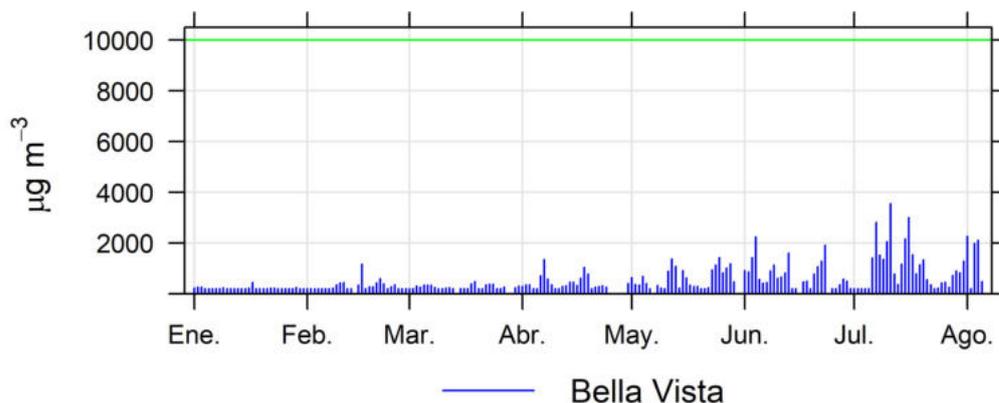


Ilustración 2.34 - Resultados CO de la estación Bella Vista

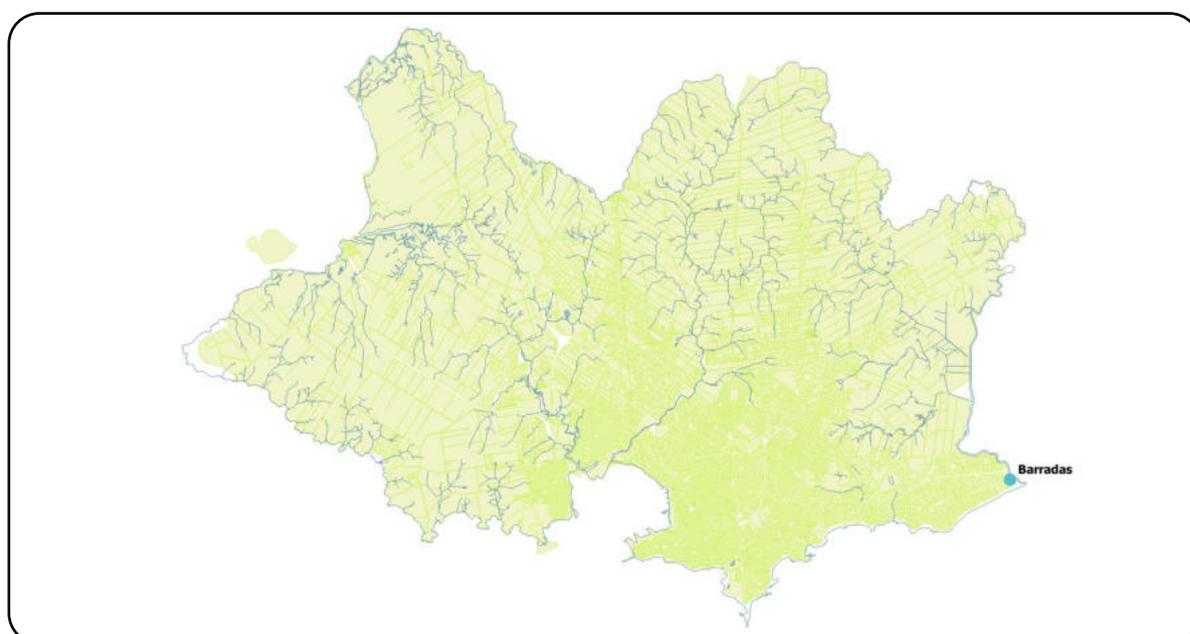
2.11 Estación: Barradas

Estación de Base.

Estación Barradas-Plaza Paul Harris

SIRGAS 2000 X=587008 Altura sobre Nivel del mar 3 m
 UTM ZONE 21S Y= 6139945 Elevación desde la calzada 3 m

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM2.5	PM2.5 ug/m ³	Atenuación Beta	Horaria
Dióxido de azufre	SO ₂ ug/m ³	Fluorescencia	Horaria



Mapa 2.10 Barradas

Respecto al SO₂ se registraron 224 días válidos lo que representa el 61% del año. No se registraron superaciones del valor (125 µg/m³) guía para este parámetro.

Para el PM_{2.5} hubo 225 días válidos lo que representa el 62% del año. Para este contaminante tampoco se registraron superaciones del valor guía (50 µg/m³).

Promedios diarios SO₂ año 2019

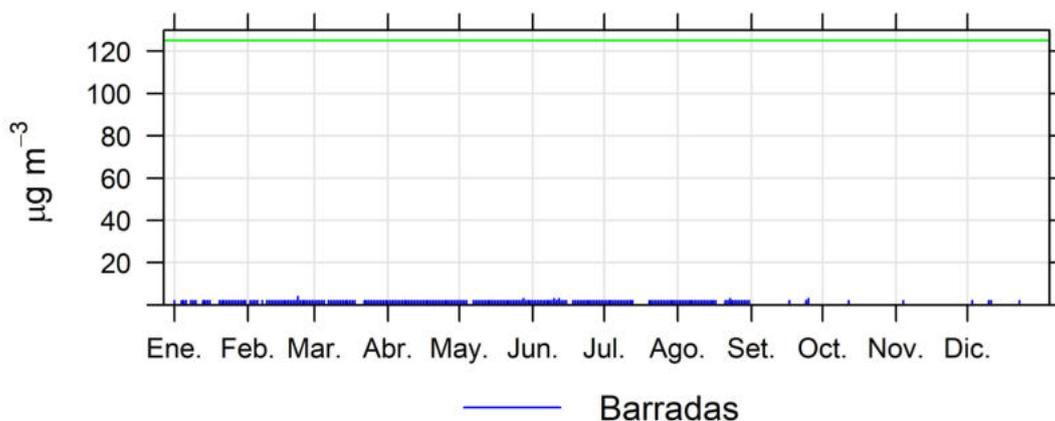


Ilustración 2.35 - Resultados SO₂ de la estación Barradas

Promedios diarios PM_{2.5} año 2019

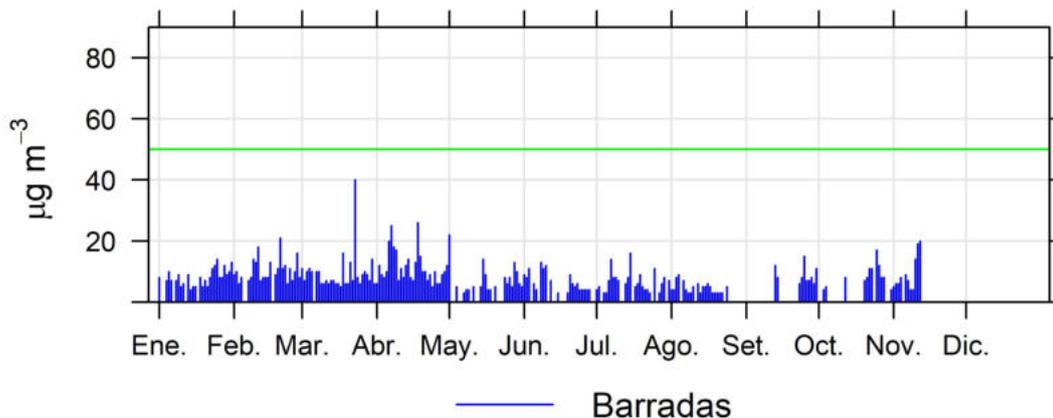


Ilustración 2.36 - Resultados PM_{2.5} de la estación Barradas

3

CALIDAD DE AIRE AÑO 2019

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 horarios del 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 μm (PM10), Material Particulado con partículas de diámetro menor de 2,5 μm (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.

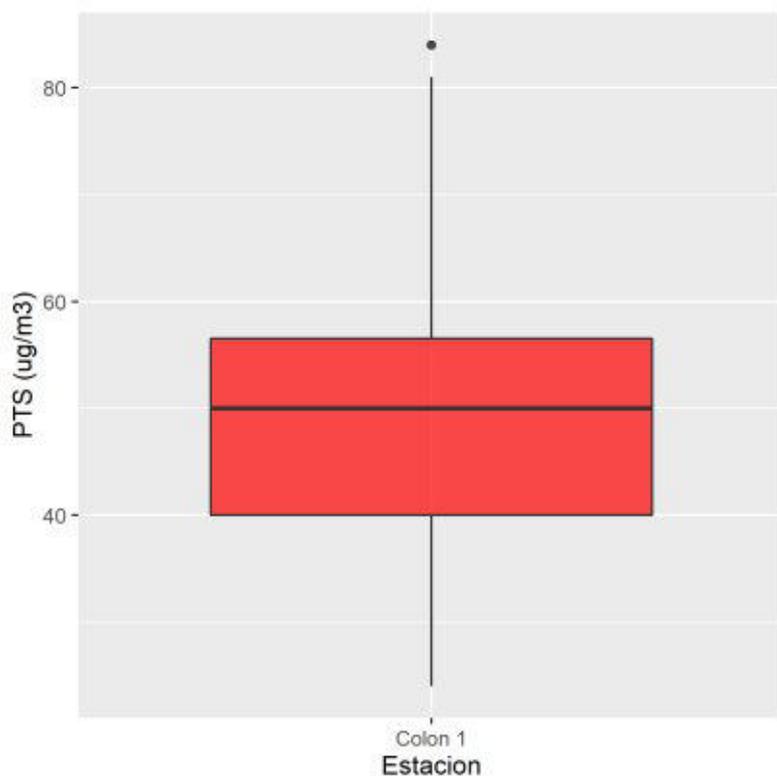


Ilustración 3.1 - Gráfico de cajas PTS 2019 por estación

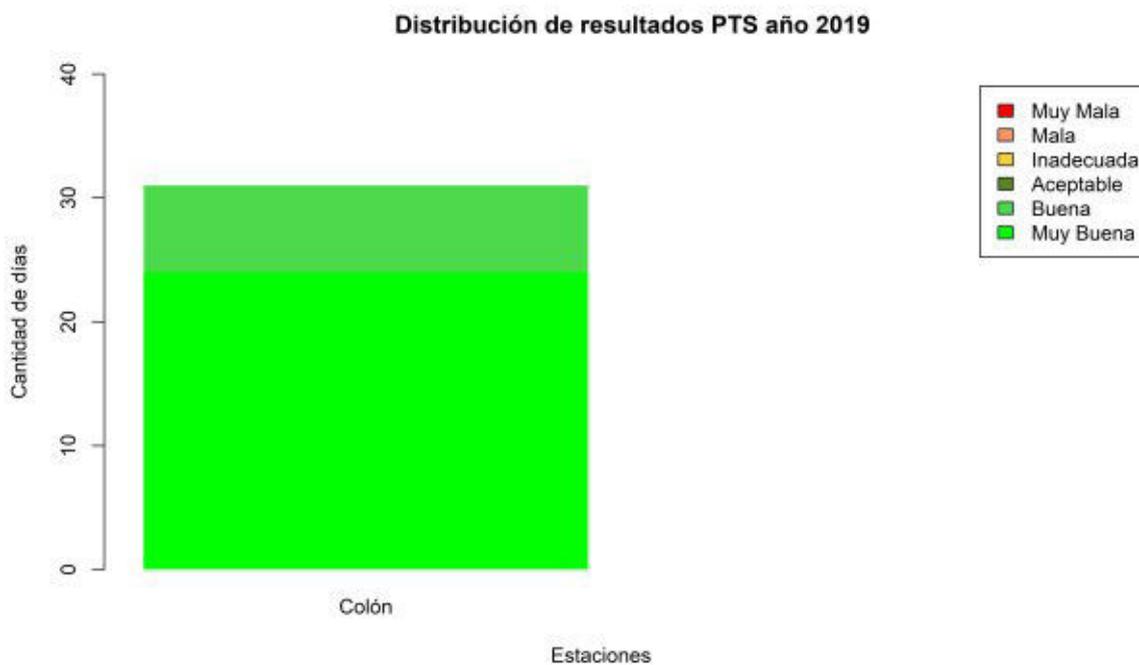


Ilustración 3.2 - Distribución por categorías PTS 2019 por estación

PTS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTACIONES
	Colón
0-60	24
61-100	7
101-150	0
151-375	0
376-563	0
>563	0

Tabla 3.1 - Distribución por categorías PTS 2019 por estación

PTS	ESTACIONES
	Colón
Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	51

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 seis 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 2019 la estación Colón operó con diferentes metodologías. Durante todo el año operó el muestreo de alto volumen. Por otro lado, se midió PM2.5 hasta fines del mes de marzo y luego PM10 ambos utilizando la dispersión de luz como metodología. En las estaciones Curva de Maroñas y Portones de Carrasco se usa la técnica de alto volumen. En La Tablada, Bella Vista y Palacio Legislativo se utiliza atenuación beta.

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

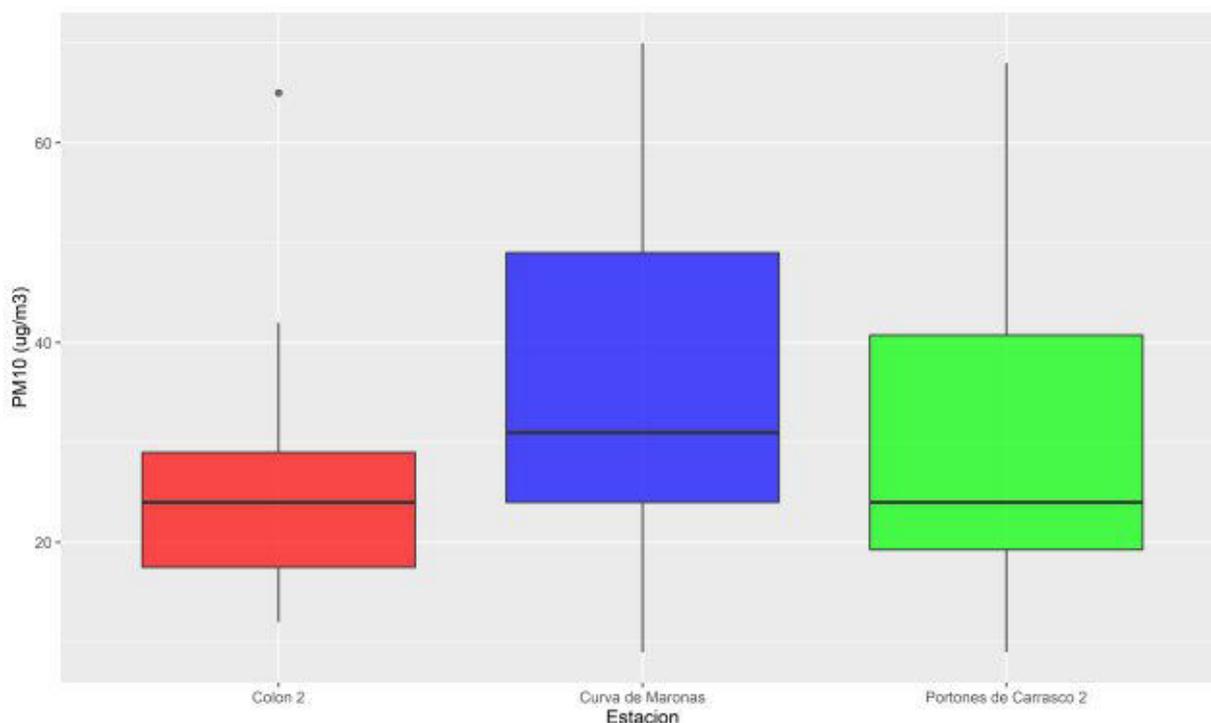


Ilustración 3.3 - Gráfico de cajas PM10 manuales 2019 por estación

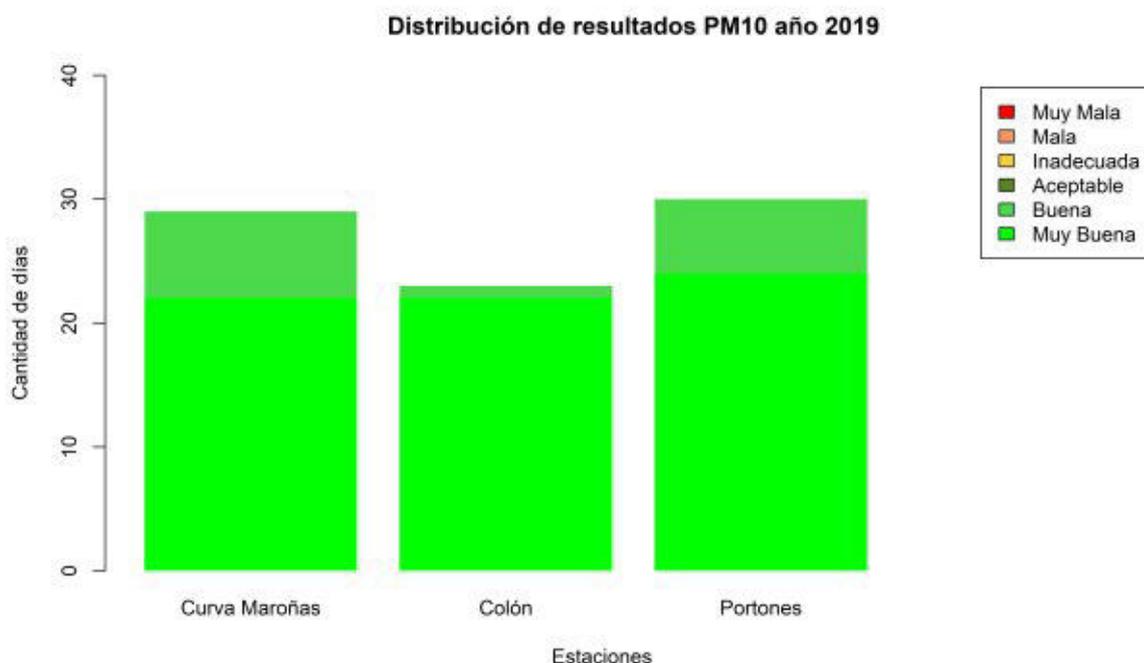


Ilustración 3.4 - Distribución por categorías PM10 manual 2019 por estación

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTACIONES		
	Curva de Maroñas	Colón	Portones
0-50	22	22	24
51-75	7	1	6
76-100	0	0	0
101-150	0	0	0
151-225	0	0	0
>225	0	0	0

Tabla 3.3 - Distribución por categorías PM10 manual 2019 por estación

PM 10	ESTACIONES		
	Curva de Maroñas	Colón	Portones
Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	35	26	31

Tabla 3.4 - Resultado Anual PM10 manual

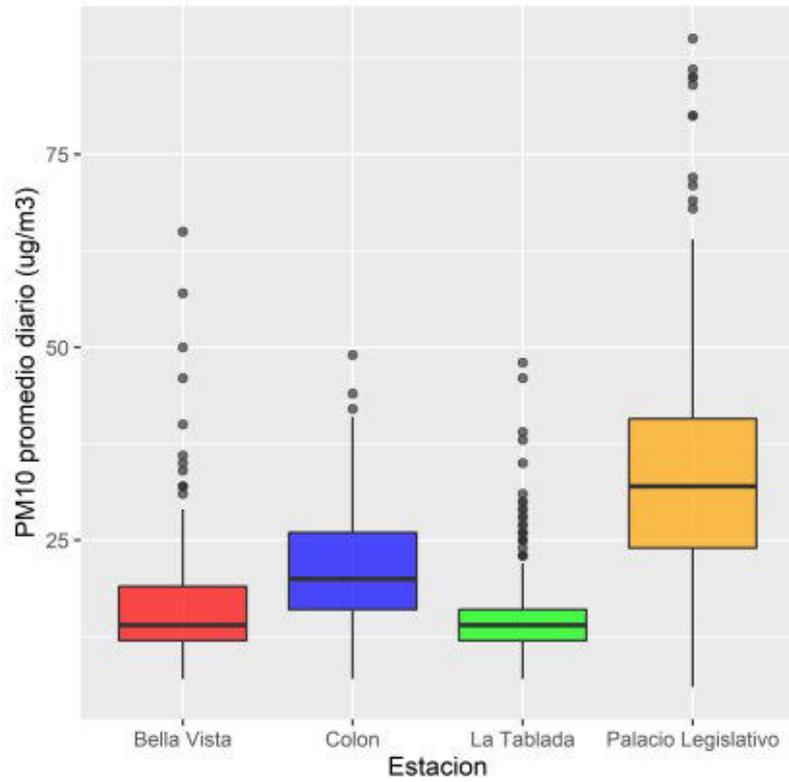


Ilustración 3.5 - Gráfico de cajas PM10 2019 por estación

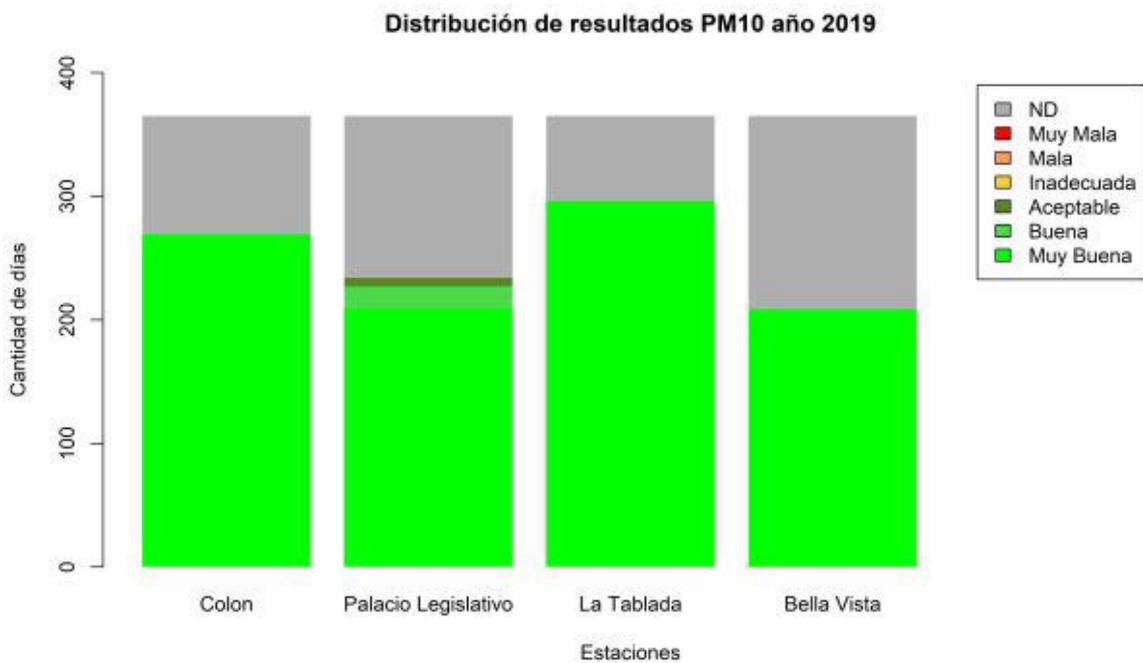


Ilustración 3.6 - Distribución por categorías PM10 2019 por estación

PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTACIONES			
	Colón	Palacio Legislativo	La Tablada	Bella Vista
0-50	269	209	296	207
51-75	0	18	0	2
76-100	0	7	0	0
101-150	0	0	0	0
151-225	0	0	0	0
>225	0	0	0	0
ND	96	131	69	156

Tabla 3.5 - Distribución por categorías PM10 2019 por estación

PM 10	ESTACIONES			
	Colón	Palacio Legislativo	La Tablada	Bella Vista
Días válidos	269	234	296	209
Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	21	34	15	17

Tabla 3.6 - Resultado Anual PM10 automáticas

El promedio de las cuatro estaciones automáticas y manuales que midieron PM10 alcanzando el 75% de los datos válidos este año fue de 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, cuyo valor está por debajo del valor que establece la guía de calidad de aire.

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

La primer estación automática que registró 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 y en el año 2018 la estación Colón. En esta última estación las medidas de PM2.5 se hicieron hasta marzo del 2019. En ese momento el monitor de Colón se destinó a PM10 y en mayo del 2019 el PM2.5 pasó a medirse en la estación Tres Cruces.

Las metodologías utilizadas son dos: En La Teja y Barradas 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.

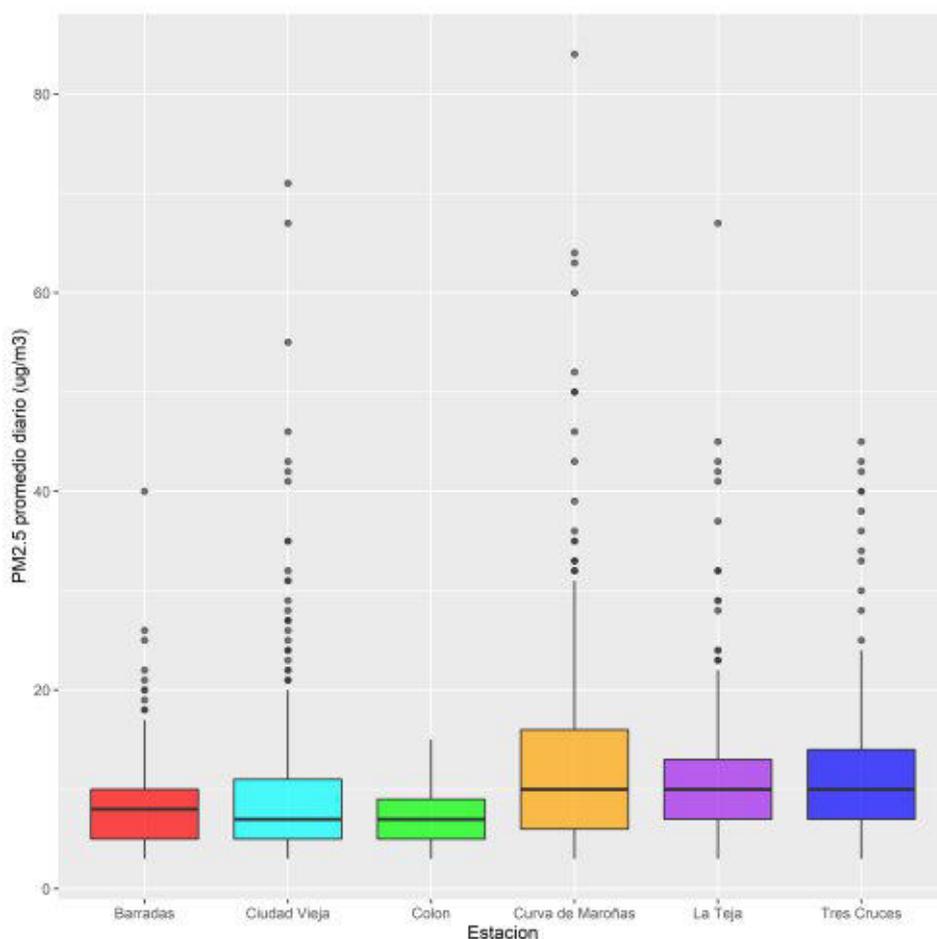


Ilustración 3.7 - Gráfico de cajas PM2.5 2019 por estación

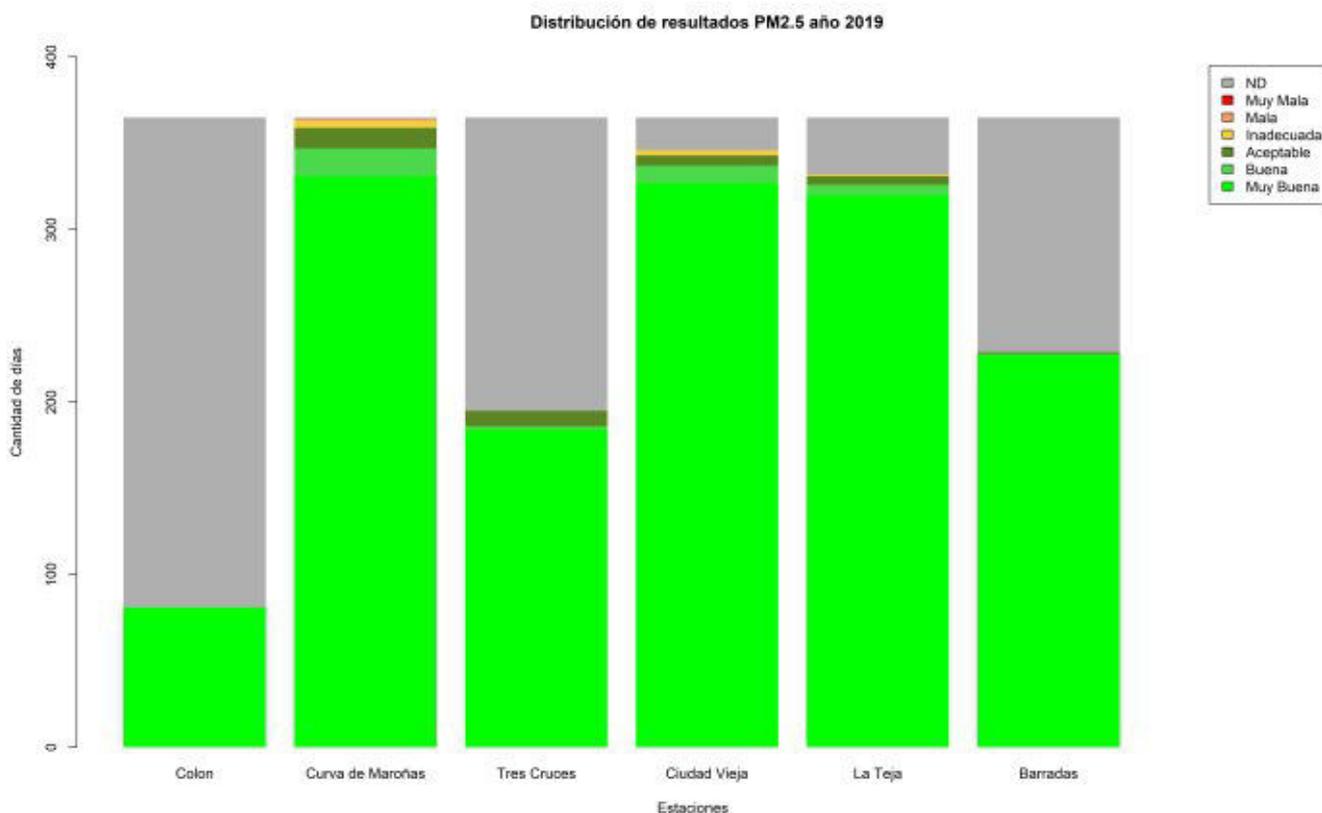


Ilustración 3.8 - Distribución por categorías PM2.5 2019 por estación

PM 2.5 (µg/m³)	ESTACIONES					
	Colón	Curva de Maroñas	Tres Cruces	Ciudad Vieja	La Teja	Barradas
0-25	81	331	184	327	320	227
26-32	0	16	2	10	6	1
33-50	0	12	9	6	5	1
51-75	0	4	0	3	1	0
76-100	0	1	0	0	0	0
>100	0	0	0	0	0	0
ND	284	1	170	19	33	136

Tabla 3.7 - Distribución por categorías PM2.5 2019 por estación

PM 2.5	ESTACIONES					
	Colón	Curva de Maroñas	Tres Cruces	Ciudad Vieja	La Teja	Barradas
Días válidos	81	364	195	346	332	229
Promedio anual (µg/m³)	7	13	12	10	11	8

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 11 ug/m3.

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. En el año 2019 se midió en tres estaciones: Ciudad Vieja, Curva de Maroñas y Portones de Carrasco.

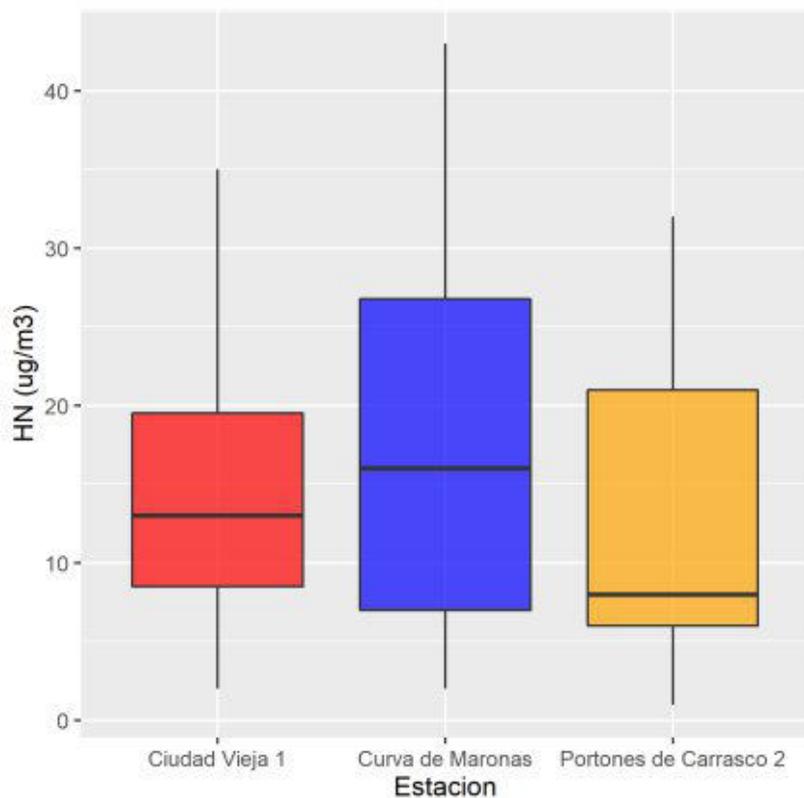


Ilustración 3.9 - Gráfico de cajas HN 2019 por estación



Ilustración 3.10 - Distribución por categorías Humo Negro 2019 por estación

HN ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTACIONES		
	Ciudad Vieja	Curva de Maroñas	Portones
0-50	31	26	27
51-75	0	0	0
76-100	0	0	0
101-150	0	0	0
151-225	0	0	0
>225	0	0	0

Tabla 3.9 - Distribución por categorías HN 2019 por estación

HN	ESTACIONES		
	Ciudad Vieja	Curva de Maroñas	Portones
Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	14	17	12

Tabla 3.10 - Resultado Anual HN

El promedio de las tres estaciones que midieron HN este año fue de 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

3.2 Gases

3.2.1 Dióxido de azufre

El dióxido de azufre se mide en Montevideo desde el año 2009. La determinación de SO₂ se realiza por espectrofotometría, y los resultados se registran en forma horaria. En el año 2019 se midió en cinco estaciones: Barradas, Bella Vista, La Tablada, La Teja y Palacio Legislativo.

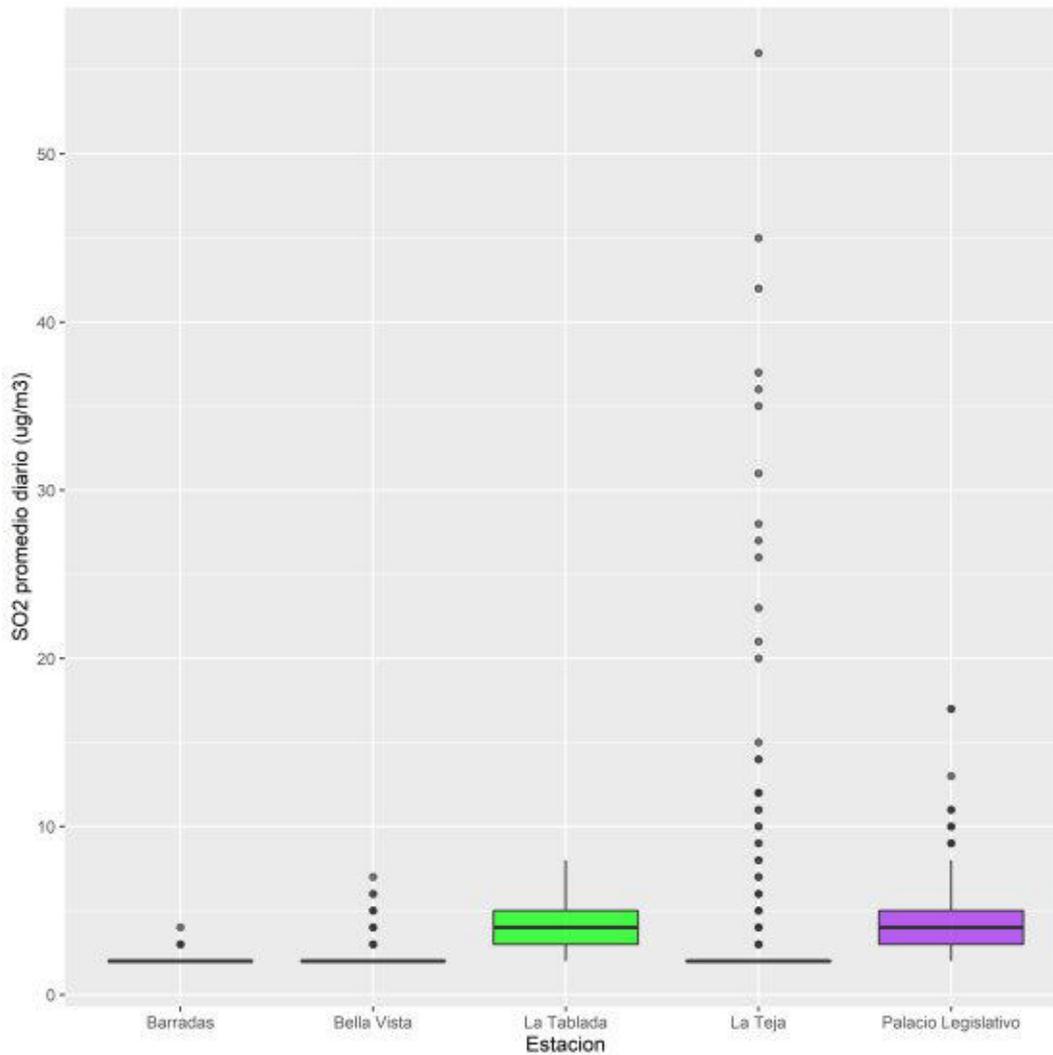


Ilustración 3.11 - Gráfico de cajas SO₂ 2019 por estación

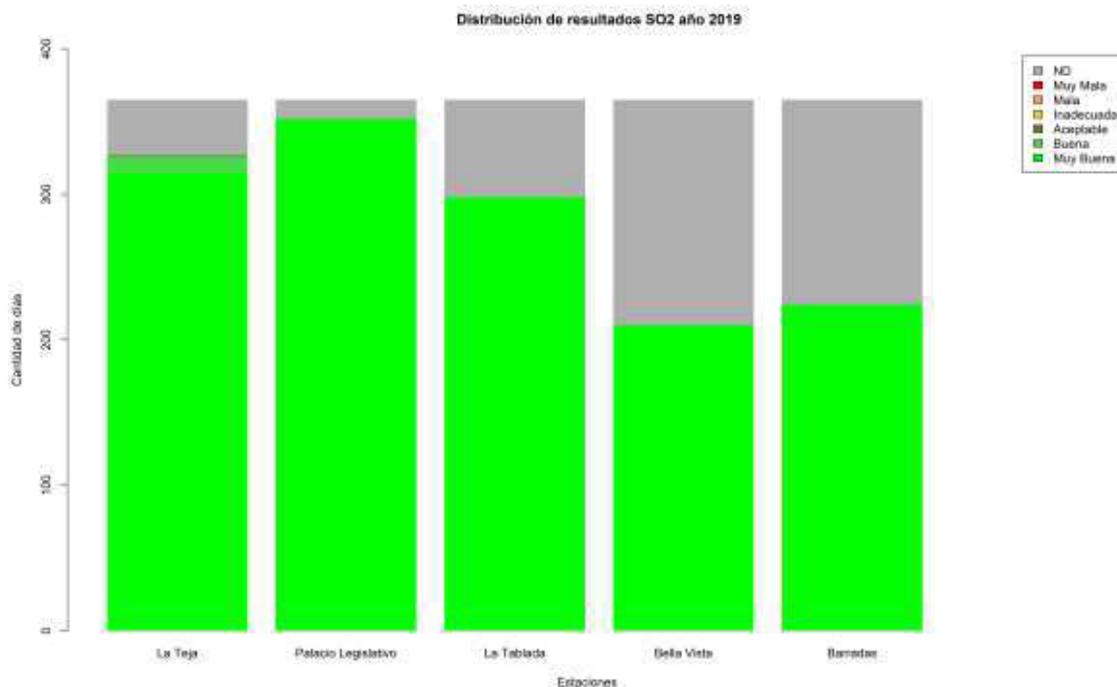


Ilustración 3.12 - Distribución por categorías SO2 2019 por estación

SO2 (µg/m³)	ESTACIONES				
	La Teja	Palacio Legislativo	La Tablada	Bella Vista	Barradas
0-20	315	352	298	210	224
21-50	11	0	0	0	0
51-125	1	0	0	0	0
126-365	0	0	0	0	0
366-550	0	0	0	0	0
>550	0	0	0	0	0
ND	38	13	67	155	141

Tabla 3.11 - Distribución por categorías SO2 2019 por estación

SO2	ESTACIONES				
	La Teja	Palacio Legislativo	La Tablada	Bella Vista	Barradas
Días válidos	327	352	298	210	224
Promedio anual (µg/m³)	4	4	4	2	2

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 2019 estuvieron operativas siete estaciones.

Las técnicas que se utilizadas para la determinación de NO2 son dos. En las estaciones Bella Vista, La Tablada, La Teja y Palacio Legislativo se utiliza equipo de espectrofotometría, mientras que en Colón, Tres Cruces y Curva de Maroñas se utilizan equipos con semiconductor sensible al gas como detector.

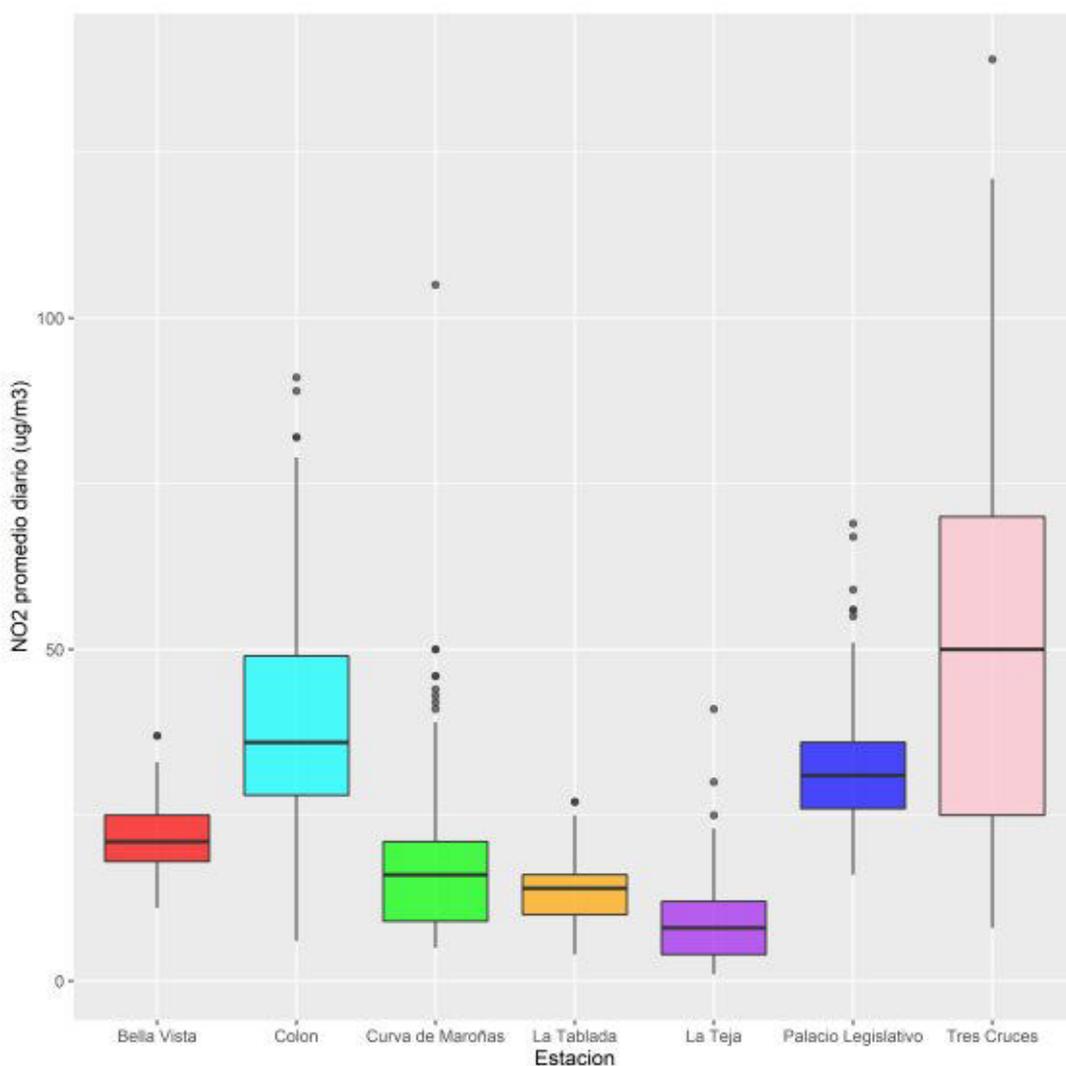


Ilustración 3.13 - Gráfico de cajas NO2 2019 por estación

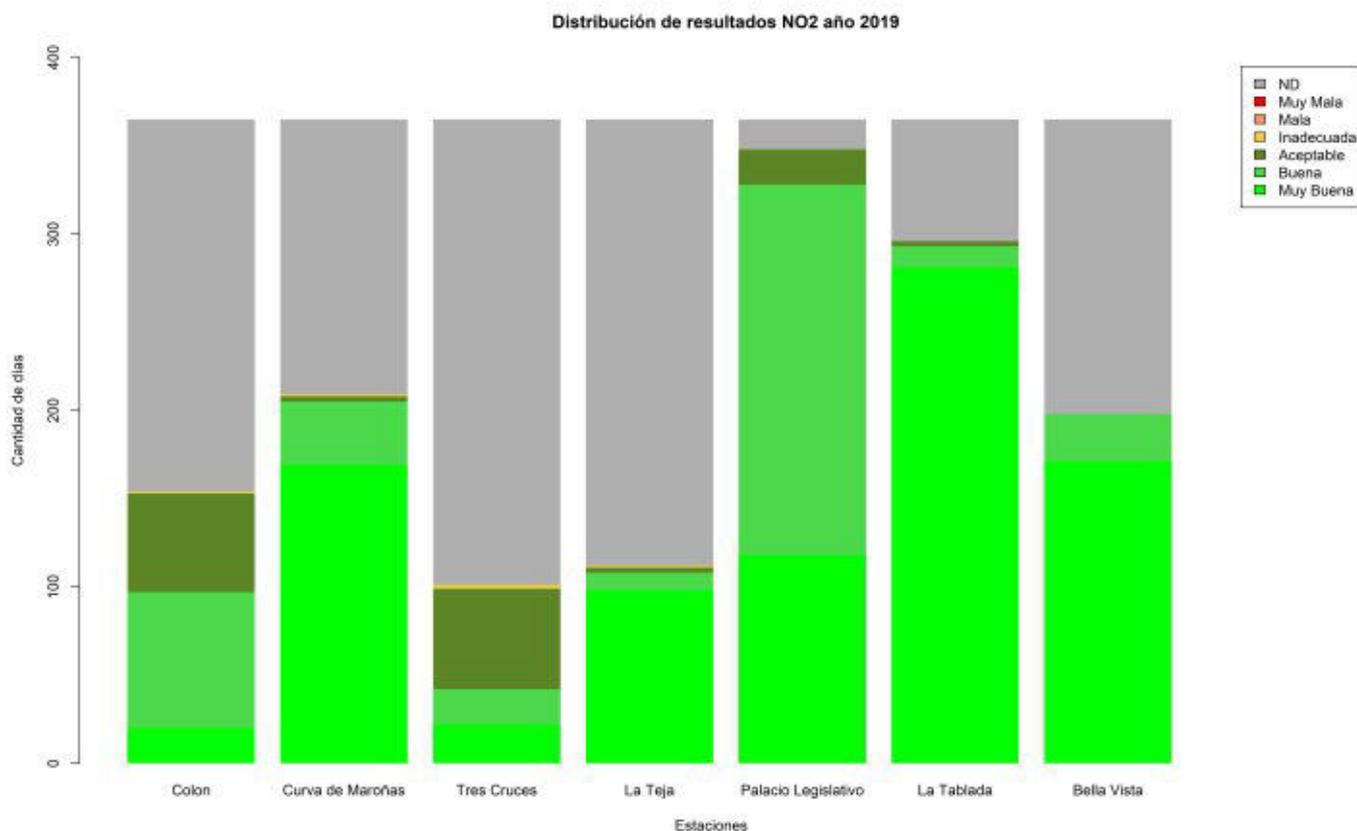


Ilustración 3.14 - Distribución por categorías NO2 2019 por estación

NO2 (µg/m³)	ESTACIONES						
	Colón	Curva de Maroñas	Tres Cruces	La Teja	Palacio Legislativo	La Tablada	Bella Vista
0-40	20	169	22	98	118	281	171
41-75	77	36	20	10	210	12	27
76-200	56	3	57	3	20	3	0
201-500	1	1	2	1	0	0	0
501-1130	0	0	0	0	0	0	0
>1130	0	0	0	0	0	0	0
ND	211	156	264	253	17	69	167

Tabla 3.13 - Distribución por categorías NO2 2019 por estación

NO2	ESTACIONES						
	Colón	Curva de Maroñas	Tres Cruces	La Teja	Palacio Legislativo	La Tablada	Bella Vista
Días válidos	154	209	101	112	348	296	198
Promedio anual (µg/m³)	39	17	51	9	32	13	22

Tabla 3.14 - Resultado Anual NO2

El promedio de las dos estaciones que tiene más del 75% de los datos válidos para NO2 este año fue de 23 µg/m³, que se encuentra por debajo del valor objetivo anual que establece la guía (40 µg/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 2019 se cuenta con equipos en cuatro estaciones. Estos equipos son de espectrofotometría IR y las determinaciones se realizan en forma horaria.

Las concentraciones observadas están muy por debajo del valor guía que, para valores diarios, es 10000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, mientras que el máximo registrado en el año 2019 no alcanzó 2000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

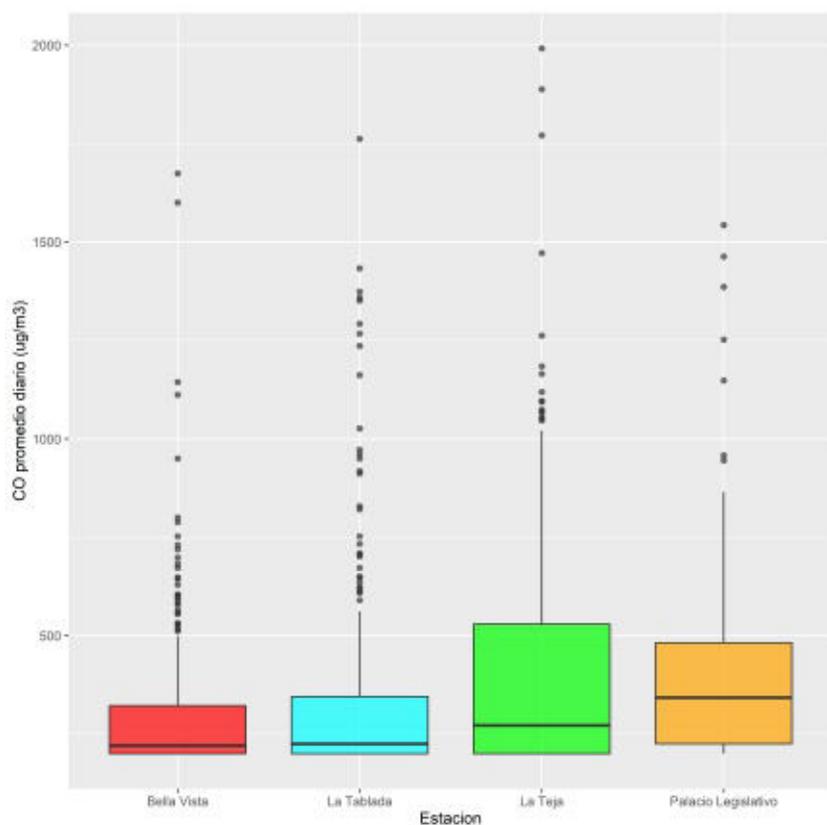


Ilustración 3.15 - Gráfico de cajas CO 2019 por estación

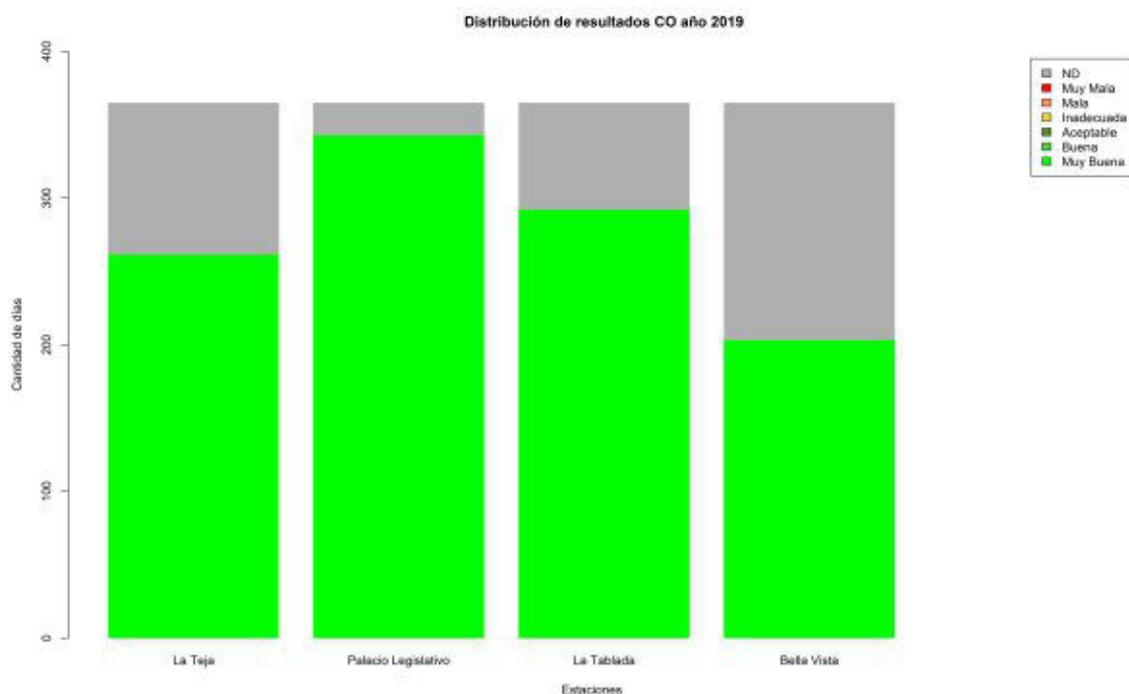


Ilustración 3.16 - Distribución por categorías CO 2019 por estación

CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	ESTACIONES			
	Palacio Legislativo	La Teja	La Tablada	Bella Vista
0-4500	343	261	292	203
4501-7000	0	1	0	0
7001-10000	0	0	0	0
10001-15000	0	0	0	0
15001-22000	0	0	0	0
>22000	0	0	0	0
ND	22	103	73	162

Tabla 3.15 - Distribución por categorías CO 2019 por estación

CO	ESTACIONES			
	Palacio Legislativo	La Teja	La Tablada	Bella Vista
Días válidos	343	262	292	203
Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	386	415	332	315

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 SO₂ y las determinaciones se realizan en forma horaria. El estándar para este contaminante se evalúa en forma horaria y diaria.

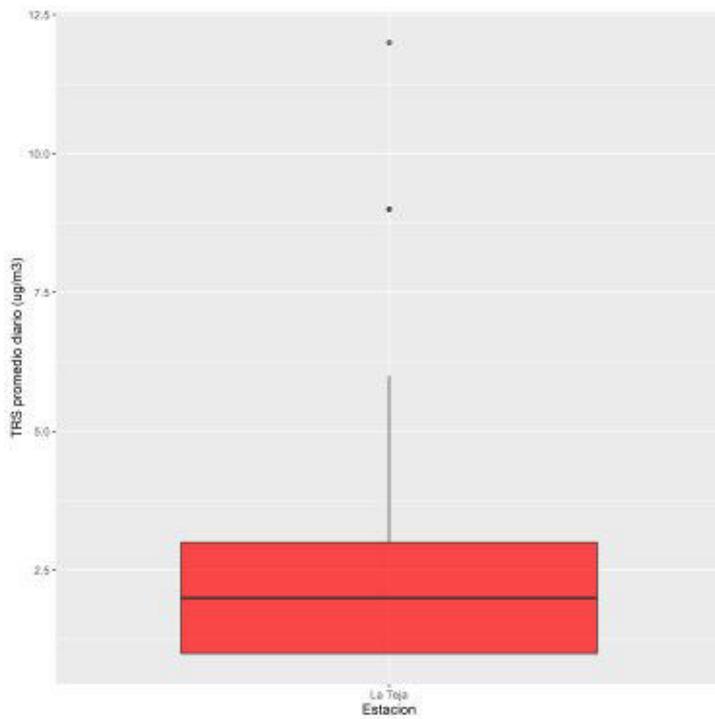


Ilustración 3.17 - Gráfico de cajas TRS 2019 por estación

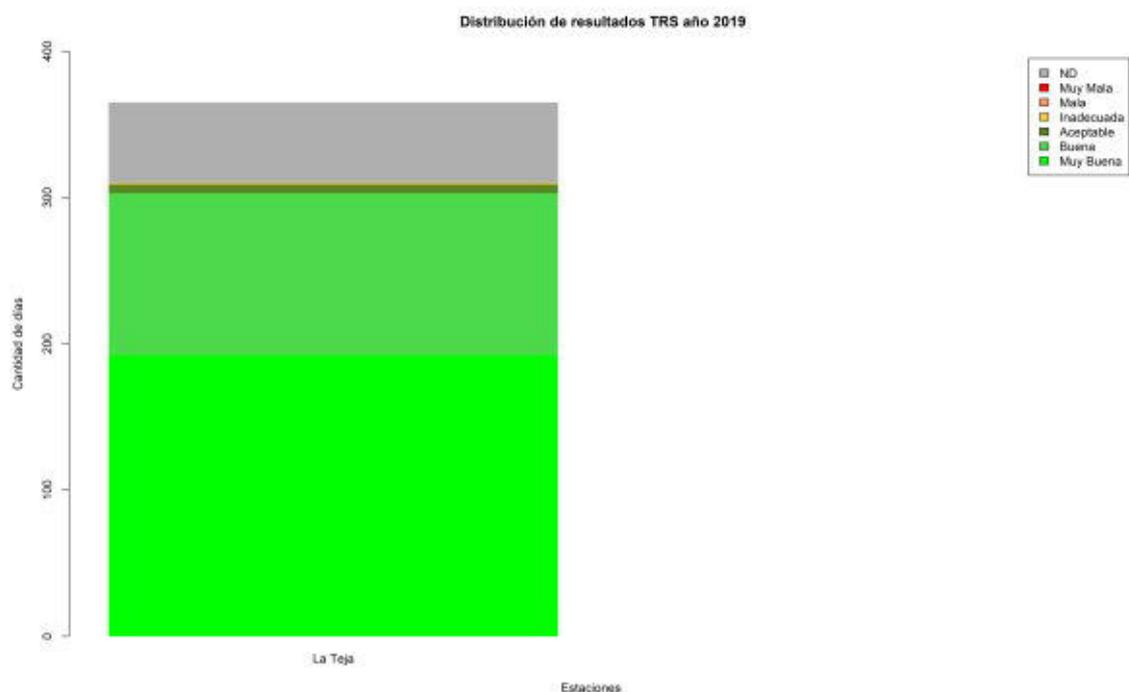


Ilustración 3.18 - Distribución por categorías TRS 2019 por estación

ESTACIÓN	
TRS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	La Teja
0-2,5	192
2,6-5	111
5,1-10	6
10,1-20	1
20,1-30	0
>30	0
ND	55

Tabla 3.17 - Distribución por categorías TRS 2019 por estación

ESTACIÓN	
TRS	La Teja
Días válidos	310
Promedio anual ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	2

Tabla 3.18 - Resultado Anual TRS

3.2.5 Ozono

En el año 2019 se midió ozono en las estaciones Curva de Maroñas y Colón. Para ello se utilizan equipos con semiconductor sensible al gas.

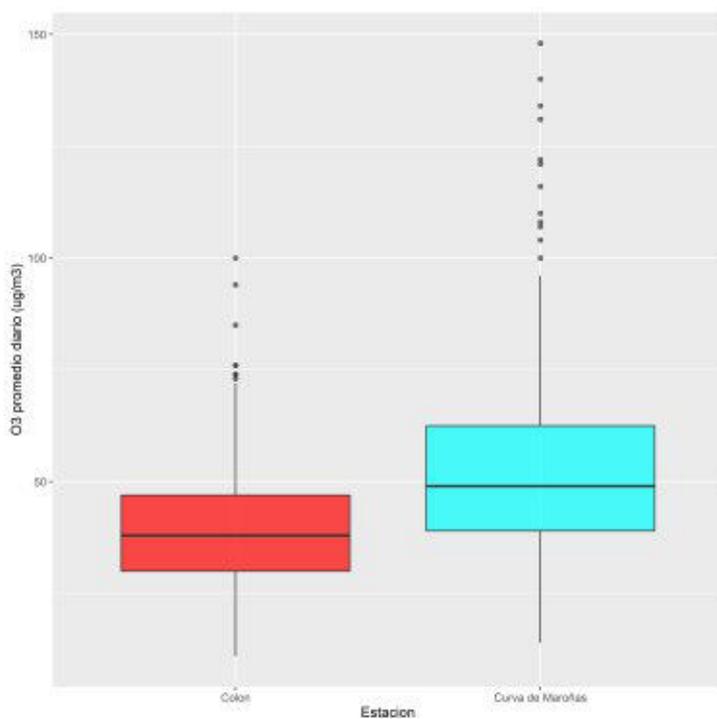


Ilustración 3.19 - Gráfico de cajas O3 2019 por estación

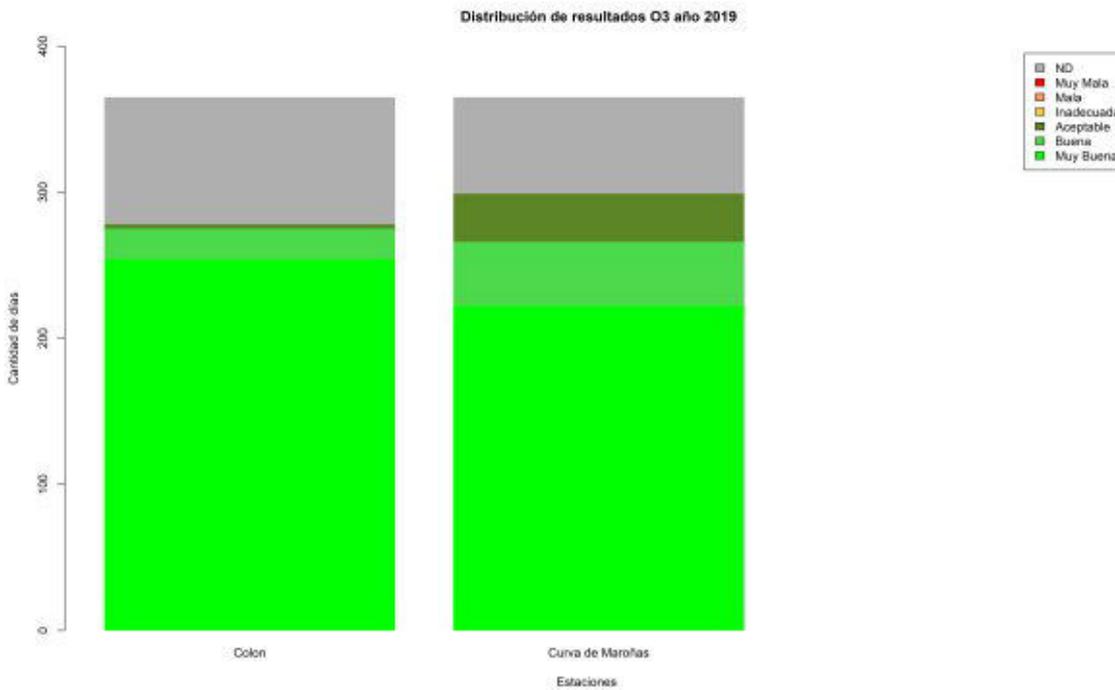


Ilustración 3.20 - Distribución por categorías O3 2019 por estación

O3 (µg/m³)	ESTACIONES	
	Colón	Curva de Maroñas
0-80	254	222
81-100	21	44
101-160	3	33
161-240	0	0
241-500	0	0
>500	0	0
ND	87	66

Tabla 3.19 - Distribución por categorías O3 2019 por estación

O3	ESTACIONES	
	Colón	Curva de Maroñas
Días válidos	278	299
Promedio anual (µg/m³)	40	53

Tabla 3.20 - Resultado Anual O3

El promedio de las dos estaciones para O3 este año fue de 47 ug/m3.

3.3 Resumen de resultados año 2019

Para el PM10 no hubo superaciones diarias durante todo el año, tanto en las estaciones manuales como automáticas. El promedio anual no superó el objetivo de calidad de aire.

Para el PM2.5 existieron superaciones, en los meses de invierno. En cuanto al promedio anual, el mismo se encuentra por debajo de lo establecido en la propuesta de estándares de Dinama [10].

Con respecto al SO₂, 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 las guías de Dinama.

Para el NO₂ hubo algunas superaciones del objetivo para valores horarios a lo largo del año. El promedio anual no supera lo indicado en las guías.

El CO no presenta superaciones horarias ni diarias de las guías, además sus valores se encuentran significativamente por debajo de ellas.

Para el TRS existe una superación diaria con respecto a las guías en el año.

En el caso de O₃ no existen superaciones diarias en ambas estaciones.

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 31/10/2023 <<https://media.iupac.org/publications/pac/2007/pdf/7907x1153.pdf>>
- 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 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 (SO₂)**- 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>consultado marzo 2023
- 7- **Air Pollutants- Nitrogen dioxide (NO₂)**- 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- **Propuesta Estándares de Calidad de Aire** presentado en COTAMA 14/09/11

11- **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>>

12- **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>

13- **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

14- **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).

5

ABREVIATURAS

ANCAP	Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland
CO	Monóxido de carbono
COTAMADA	Comisión Técnica Asesora de Medio Ambiente
DDA	Departamento de Desarrollo Ambiental (IM)
DINACEA	Dirección Nacional de Calidad y Evaluación Ambiental
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente
EPA	Environmental Protection Agency (Estados Unidos de América)
GCA	Guía de Calidad de Aire
H ₂ O ₂	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 ³	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 ₂	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 ₁₀	Partículas menores de 10 µm de diámetro aerodinámico
PM _{2,5}	Partículas menores de 2,5 µm 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 ₂	Dióxido de azufre
TRS	Compuestos de azufre reducido
µg	Microgramos
µm	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 2019	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	23
2.7 Estación La Tablada	27
2.8 Estación Palacio Legislativo	30
2.9 Estación La Teja	33
2.10 Estación Bella Vista	36
2.11 Estación Barradas	39
3 Calidad del aire año 2019	41
3.1 Material particulado	41
3.1.1 Partículas totales en suspensión (PTS)	41
3.1.2 Material Particulado menor de 10 micras (PM10)	44
3.1.3 Material Particulado menor de 2.5 micras (PM2.5)	48
3.1.4 Material Particulado Humo Negro	50
3.2 Gases	52
3.2.1 Dióxido de azufre	52
3.2.2 Dióxido de nitrógeno	54
3.2.3 Monóxido de carbono	56
3.2.4 Compuesto de Azufre Reducido Totales (TRS)	58
3.2.5 Ozono	60

3.3 Resumen de resultados 2019	62
4 Bibliografía	63
5 Abreviaturas	65
6 Índice	66