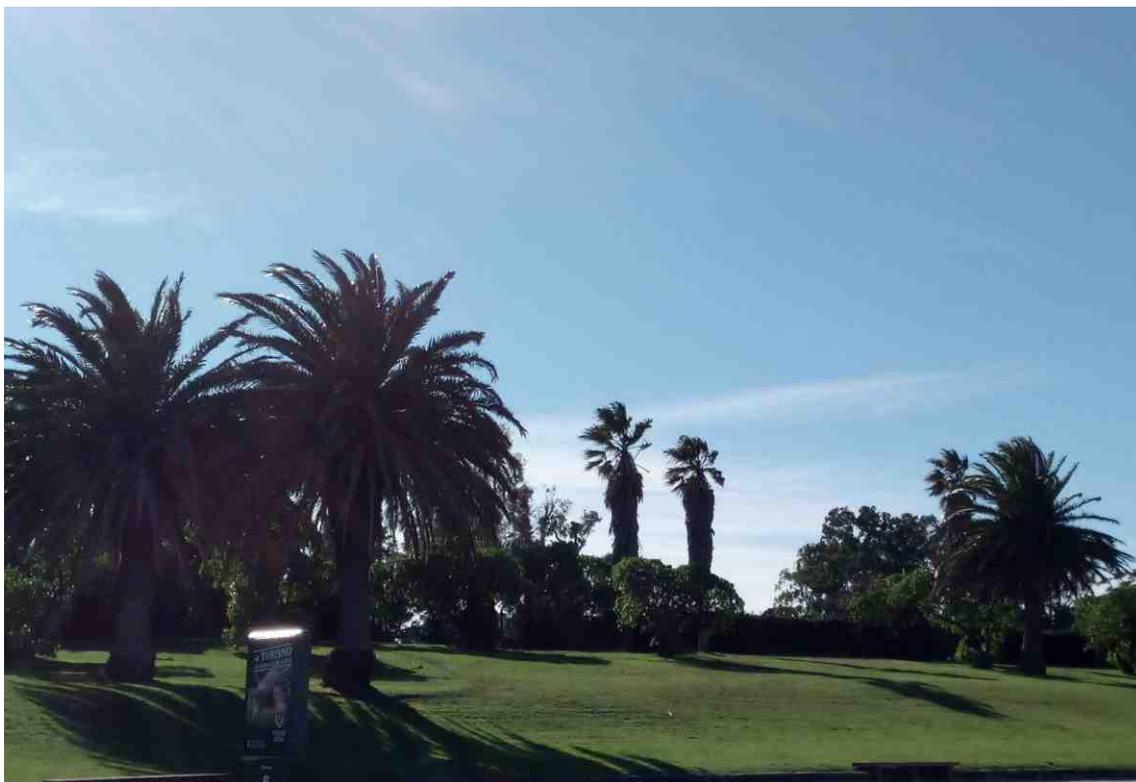


INFORME DE CALIDAD DE AIRE

Años 2018

Informe anual



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

AUTORIDADES GOBIERNO DEPARTAMENTAL

Sr. Intendente
Christian Di Candia

Sr. Secretario General
Fernando Nopitsch

Sr Director General del Departamento de Desarrollo Ambiental
Fernando Puntigliano / Fernando Nopitsch

Sr Director de Gerencia de Gestión Ambiental
Jorge Alsina

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

Autores del Informe (Unidad Calidad de Aire):

Ing. Quím. Andrea De Nigris
Ing. Quím. Pablo Franco

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

Florencia Sánchez
Paula Chanquet

Unidad Calidad de Aire
Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental
Camino al Faro N°100, Punta Carretas
CP 11300 - Montevideo Uruguay
Telefax: 598 2711 2406 al 08
calidadycontrolambiental@imm.gub.uy
www.montevideo.gub.uy

RESUMEN EJECUTIVO

En el año 2018, 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 (La Teja, La Tablada, Palacio Legislativo 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 presente año en el mes de mayo comenzó a funcionar una nueva estación automática que pertenece a la Dirección Nacional de Medio Ambiente (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).

En este informe se presentan los resultados obtenidos por la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Montevideo en el año 2018 y su comparación con años anteriores. Los informes anuales anteriores y los informes semanales se encuentran publicados en el sitio web institucional: <http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/ambiente/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 Medio Ambiente (DINAMA), 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 DINAMA se acordó compartir el equipamiento, estando el Servicio de 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 (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.

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 (partículas menores de 100 μm de diámetro aerodinámico)

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.

Equipo manual en tren de muestreo para Humo Negro

El Humo Negro es un parámetro método-definido. En este caso se determina 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 son del tipo atenuación beta o lightscattering (Ilustración 1.3) . En algunos casos está configurado para la detección de PM10 y en otros para la detección de PM2.5.

El principio de funcionamiento se basa en el bombeo a flujo constante de aire ambiente a través de un filtro continuo durante un lapso establecido. Posteriormente el filtro se expone a un 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, en este caso cada hora. 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 (lightscattering) se basan en la medida de la luz dispersada por las partículas cuando un haz de luz incide sobre ellas. 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

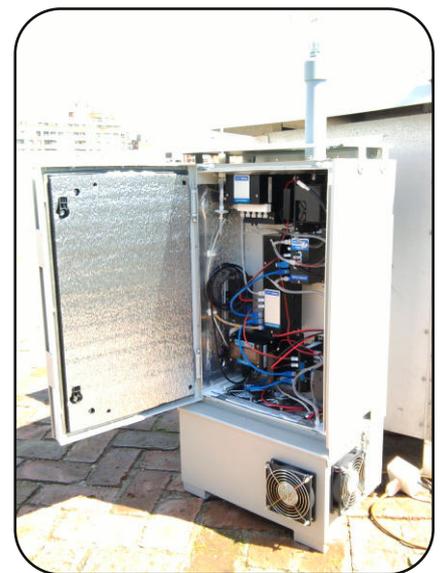


Ilustración 1.3 Equipo Automático de Material Particulado Lightscattering

1.2.2 Gases

1.2.2.1 Definición

En el año 2018 se determinaron; dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), monóxido de carbono (CO) y compuestos de azufre reducido (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 haciéndolo circular un flujo promedio de 8 m³ en 24 horas. El gas es retenido en una solución de H₂O₂ y posteriormente se determina la concentración de SO₂ y la acidez de la solución. La determinación de SO₂ retenido en 24 horas se realiza por un método analítico selectivo al ion sulfato (SO₄⁼), y la acidez mediante una valoración ácido-base. 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.

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 salida del analizador es proporcional a la concentración del gas en el aire. Dicha salida 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 UVA de 216 nm. La molécula excitada emite radiación a una longitud de onda diferente (entre 240 y 420 nm). Esta radiación es proporcional a la concentración.

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

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

En las estaciones La Teja, Palacio Legislativo, Bella Vista y La Tablada, se utilizan analizadores que se basan en el fenómeno de quimioluminiscencia. Se hace reaccionar monóxido de nitrógeno (NO) con ozono en exceso, esto produce una especie química excitada que emite luz a 1200 nm en forma proporcional a la 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 Colón, se determina NO₂ con sensores de semiconductores 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)

Compuestos de azufre reducido: estos analizadores tienen un principio similar a los equipos de dióxido de azufre, utilizan 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

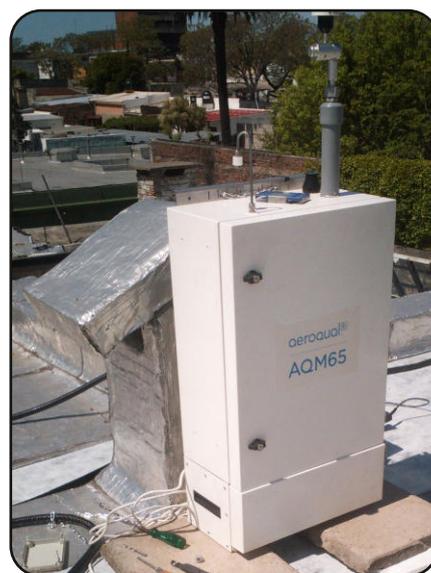


Ilustración 1.5 Estación Material particulado y Gases

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 1.5 se muestra el mapa correspondiente.

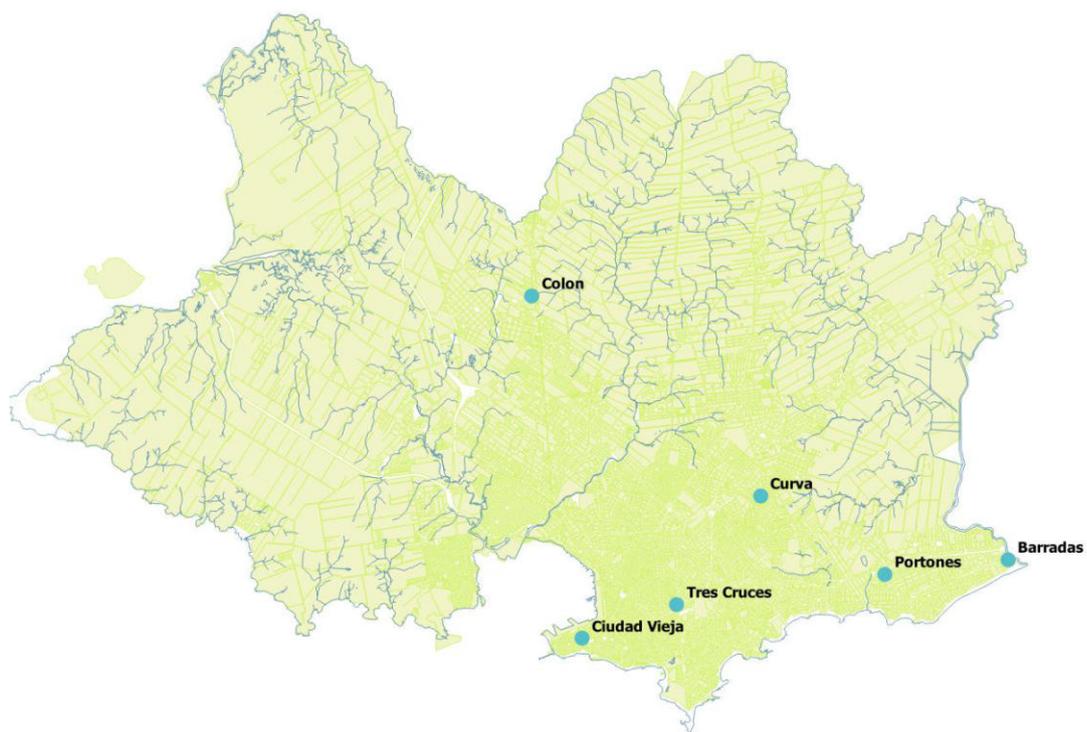


Ilustración 1.5 Mapa Red Base

Nombre	Referencia	Dirección	PTS	PM10	PM2.5	TREN MONITOREO	NO2	O3	SO2
Ciudad Vieja	Academia Uruguay-AEBU	Rincón, Camacué			X	X			
Tres Cruces	Terminal Tres Cruces	Br Artigas y V Haedo		X		X	X		
Curva de Maroñas	Municipio G	8 de Octubre y M Sastre		X	X	X	X	X	
Portones de Carrasco	Policlínica Lugo	Av Italia y Av Bolivia		X		X			
Colón	Terminal MTOP	Garzón y Cno Colman	X		X		X	X	
Barradas	Barradas	Barradas y Av Italia			X				X

1.3.2 Red Orientada a Fuentes Significativas

En la Tabla 1.2 se indican los parámetros monitoreados y en la Ilustración 1.8 se muestra el mapa correspondiente.

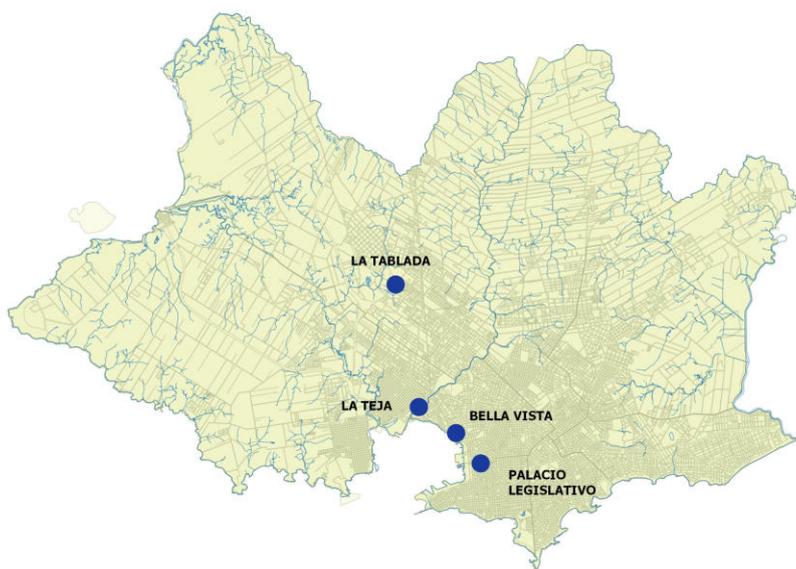


Ilustración 1.6 Mapa de Red Orientada a Vigilancia de Fuentes significativas

Nombre	Propietario	Dirección	PM10	PM2.5	SO ₂	NO ₂	CO	TRS	PARAMETROS METEOROLOGICOS
La Teja	ANCAP	Del Cid y Yañez Pinzón		X	X	X	X	X	X
Palacio Legislativo	UTE	Guatemala y Acuña de Figueroa	X		X	X	X		
La Tablada	UTE	Teófilo Días y Máximo Santos	X		X	X	X		X
Bella Vista	UTE	Rio Grande y Dionisio Carbajal	X		X	X	X		X

1.4 Marco Normativo

Uruguay no cuenta con un decreto que establezca 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), que fue elaborada por la 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. En el documento Guías de la calidad del aire de la OMS - Actualización mundial 2005, además de valores guía de calidad de aire (GCA). 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	Union Europea	OMS-GCA	IM
PM10	24horas	100 ug/m ³	50 ug/m ³	50 ug/m ³	
	Anual	50 ug/m ³	20 ug/m ³	20 ug/m ³	
PM2.5	24horas	50 ug/m ³		25 ug/m ³	
	Anual	35 ug/m ³	25 ug/m ³	10 ug/m ³	
PTS	24horas				150 ug/m ³
	Anual				75 ug/m ³
SO2	1hora	300 ug/m ³	300 ug/m ³		
	24horas	125 ug/m ³	125 ug/m ³	20 ug/m ³	
NO2	1hora	200 ug/m ³	200 ug/m ³	200 ug/m ³	
	Anual	40 ug/m ³	40 ug/m ³	40 ug/m ³	
CO	1hora	30000 ug/m ³			
	8horas	10000 ug/m ³	10000 ug/m ³	10000 ug/m ³	
O3	8horas	100 ug/m ³	120 ug/m ³	100 ug/m ³	
TRS	1 hora	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 2018

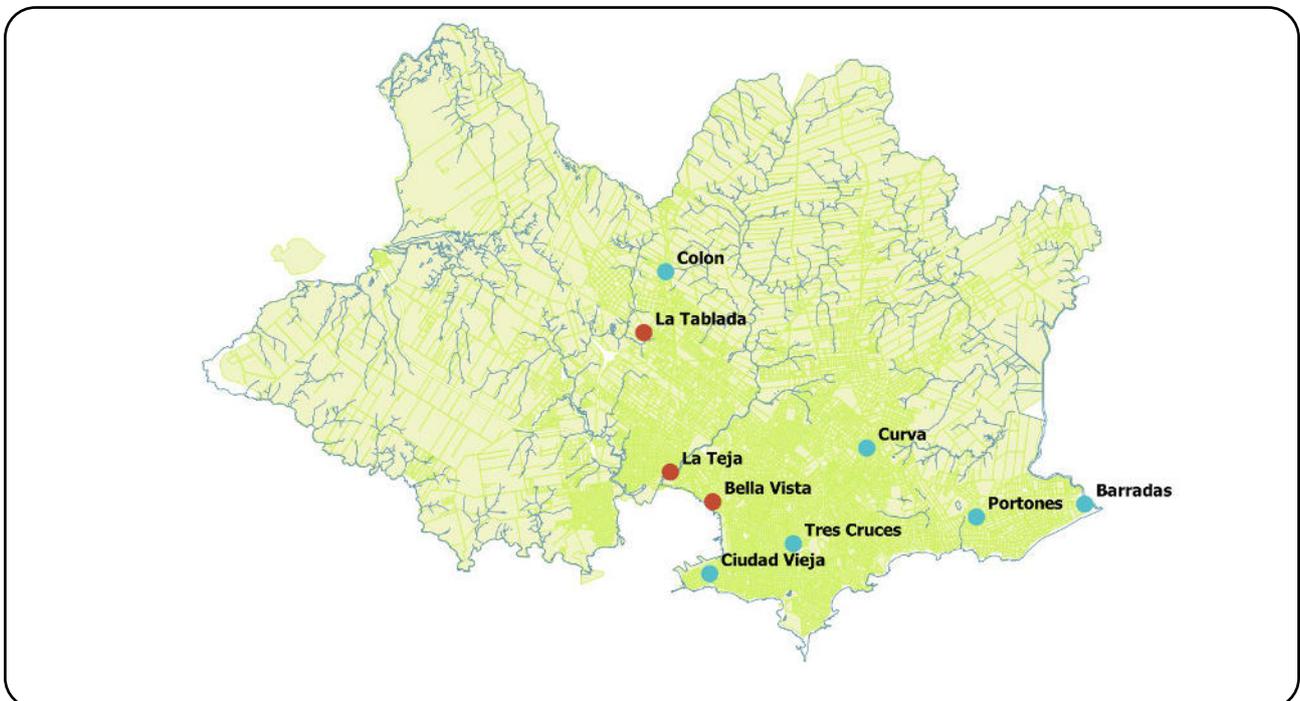
La Red de Monitoreo está conformada por equipos de operación manual y de operación automática.

Estos equipos se distribuyen en estaciones ubicadas según dos objetivos diferentes:

Las estaciones de base tienen por objetivo la evaluación de concentración de contaminantes a nivel general en el departamento de Montevideo (indicadas en el Mapa 2.1 con color azul)

Las estaciones orientadas a evaluar el impacto de algunas fuentes significativas (indicadas en el Mapa 2.1 en color rojo).

En el presente capítulo se detallan las características de cada estación y se muestra un resumen de los resultados expresados como Índice de Calidad del Aire (ICAire) en cada estación durante el año 2018.



Mapa 2.1 Red de Monitoreo 2018

2.1 ICAire - Comunicación de Resultados

Desde el año 2007 se emplea el Índice de Calidad de Aire para la comunicación de los resultados de los diversos parámetros determinados.

El Índice de Calidad de Aire (ICAire) se calcula a partir de valores medidos de concentración. El marco conceptual y metodología de cálculo del Índice de Calidad de Aire está publicada en el sitio de la Intendencia de Montevideo (<http://www.montevideo.gub.uy/calidad-del-aire>)

En la Tabla 2.1 se muestran las distintas categorías y las concentraciones del límite superior de cada nivel (por ejemplo: si la concentración promedio de 24 horas de PM10 es menor a 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ corresponde una calidad MUY BUENA). El valor correspondiente del ICAire se calcula mediante una ecuación diferente para cada parámetro.

Aquellos parámetros cuyas concentraciones están por debajo del estándar, tienen valores de ICAire menores de 100 y aquellos que los superan, presentan índices mayores de 100.

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

2.2 Estación 1: Ciudad Vieja

Estación de Base

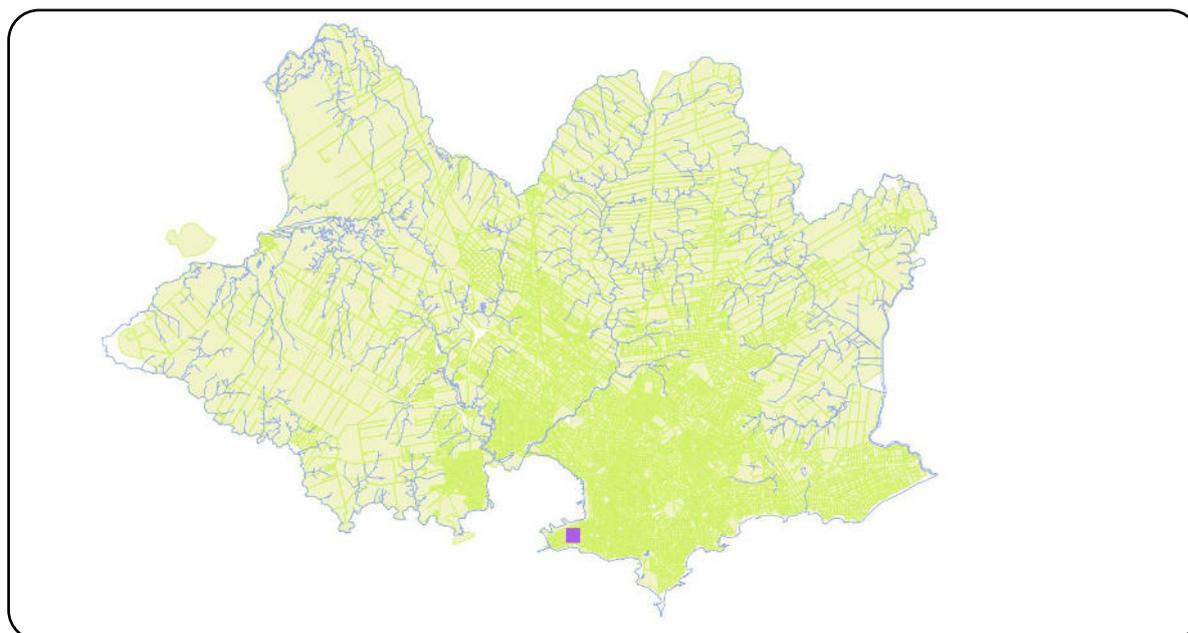
Academia Uruguay

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

Sede de Asociación de Empleados Bancarios del Uruguay

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

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM2.5	PM2.5 ug/m ³	Lights scattering	Horario
Humo Negro	HN ug/m ³	Reflectometría	24 horas cada 12 días



Mapa 2.2 Ciudad Vieja

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m ³	Número						
Humo Negro	13	11	16	0	32	27	11	29
PM2.5	10	9	11	2	80	23	7	365

Tabla 2.2 Resultados Ciudad Vieja

CIUDAD_VIEJA		
Categoría	HUMO NEGRO	MATERIAL PARTICULADO PM2.5
-Muy Buena-	96.7%	95.3%
-----Buena-----	0.0%	2.2%
--Aceptable--	0.0%	1.4%
-Inadecuada-	0.0%	0.5%
-----Mala-----	0.0%	0.3%
-No_Determinada-	3.3%	0.3%

Tabla 2.3 Resumen de resultados de la Estación

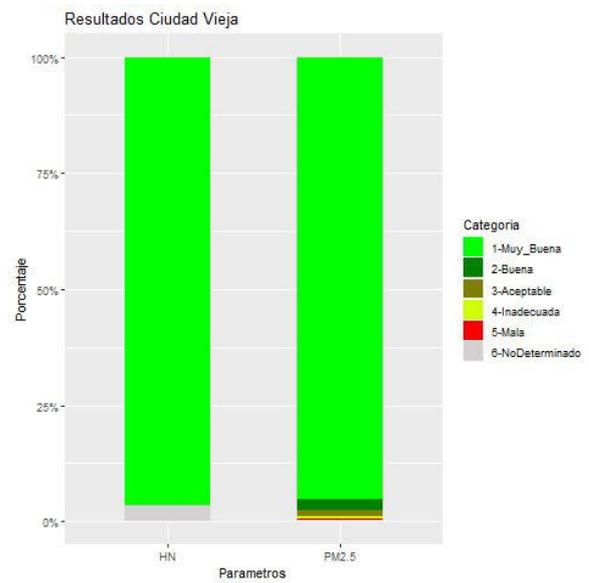


Ilustración 2.1 Distribución de resultados de la Estación

En el año 2018, se tomaron 29 muestras del tren de monitoreo, y en la estación automática se registraron valores durante 365 días, lo que representa el 99% del año.

Los porcentajes de las diversas categorías de calidad de aire reportadas se muestran en la Ilustración 2. El 97% de muestras de Humo Negro , y el 95% de PM 2.5 se encuentran dentro de la categoría MUY BUENA.

Tres días del año 2018 (0.8%) se registraron valores de PM2.5 promedios diarios mayores de 50 µg/m3, por lo que la categoría fue INADECUADA uno de estos días, la categoría fue MALA ya que el valor observado fue superior a 75 µg/m3.

Estos eventos se registraron en junio, agosto y setiembre.

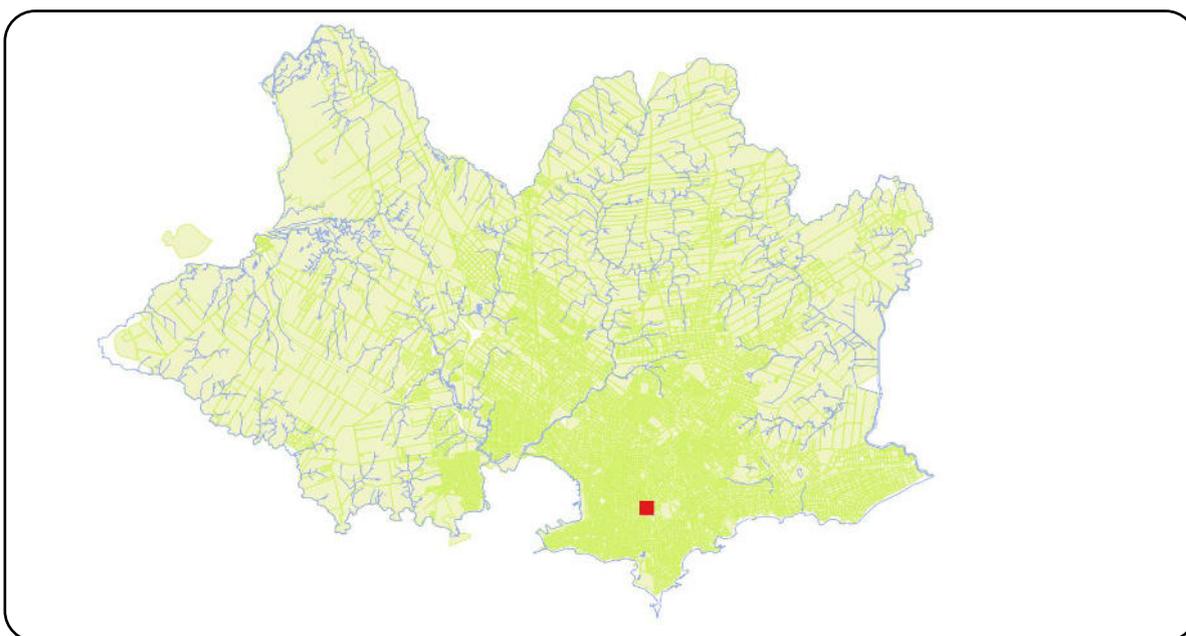
2.3 Estación 5: Tres Cruces

Estación de Base

Terminal Tres Cruces

SIRGAS 2000 X=576214 Altura sobre Nivel del mar 20 m
 UTM ZONE 21S Y= 6138373 Elevación desde la calzada 15m

Parámetro	Unidades	Método de Medida	Frecuencia
Material Particulado PM10	PM10 ug/m ³	Lightscattering	Horaria
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Sensor	Horaria
Material Particulado (manual)	PM10 ug/m ³	Hivol	24 horas cada 12 días
Humo Negro	HN ug/m ³	Reflectometría	24 horas cada 12 días



Mapa 2.3 Tres Cruces

Parámetro	Promedio	IC_inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	Número
Humo Negro	14	12	17	7	40	24	12	30
PM10	26	25	27	10	83	44	23	360
PM10man	21	18	24	9	39	36	22	30
NO2	55	52	59	6	116	99	54	245

Tabla 2.4 Resultados Tres Cruces

TRES_CRUCES				
Categoría	HUMO NEGRO	MATERIAL PARTICULADO PM10	MATERIAL PARTICULADO PM10 MANUAL	DIOXIDO DE NITROGENO
-Muy Buena-	100.0%	95.9%	96.8%	6.6%
-----Buena-----	0.0%	2.5%	0.0%	14.5%
---Aceptable---	0.0%	0.3%	0.0%	44.1%
-Inadecuada-	0.0%	0.0%	0.0%	1.9%
-----Mala-----	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
-No_Determinada-	0.0%	1.4%	3.2%	32.9%

Tabla 2.5 Resumen de resultados de la Estación

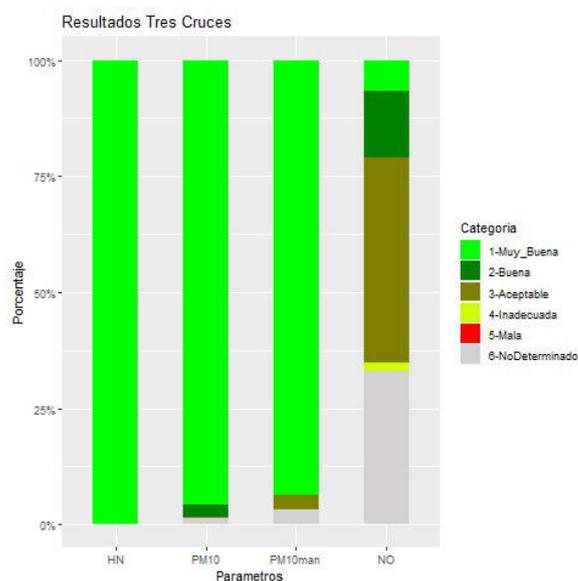


Ilustración 2.2 Distribución de resultados de la Estación

En el año 2018 se planificaron 31 muestreos de Humo Negro y PM10 determinado por el muestreador de alto volumen. Por problemas operativos se perdió 1 muestra de PM10.

Los muestreos más comprometidos de esta estación son los de NO2, donde se predieron el 33% de las muestras por problemas con el sensores. Por este motivo no es correcto considerar los promedios anuales de este contaminantes como representativos del promedio anual en la estación, o ser utilizados para la evaluación global del departamento.

Los porcentajes de las diversas categorías de calidad de aire reportadas se muestran en la Tabla 2.5. La mayoría de las muestras recabadas se encuentran dentro de la categoría MUY BUENA, PM10 (96%), Humo Negro (100%). Para el NO2 se observaron en el año nueve horas de superación del valor guía de 200 µg/m3. Esto sucedió el 19/4 y 24/5 durante dos horas cada día, el 25/5,6/9,19/9,20/9 y 21/9 una hora cada día.

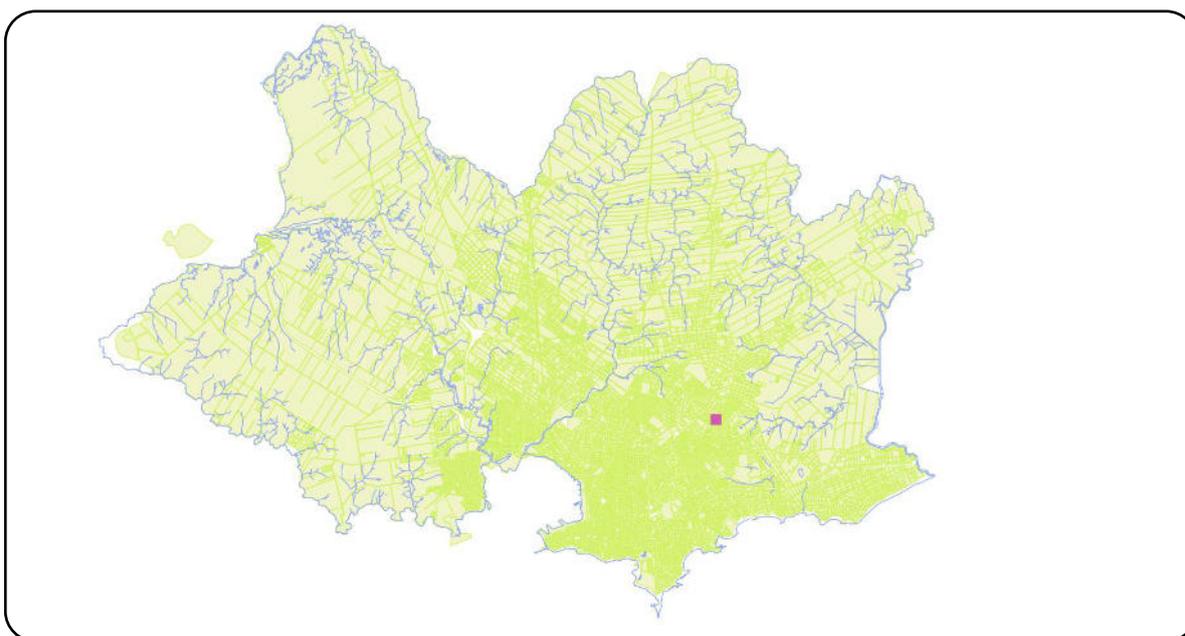
2.4 Estación 6 : Curva de Maroñas

Estación de Base

Municipio F Curva de Maroñas

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 ³	Lightscattering	Horaria
Dióxido de Nitrógeno	NO ₂ ug/m ³	Sensor	Horaria
Ozono	O ₃ ug/m ³	Sensor	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 2.4 Curva de Maroñas

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	Número
Humo Negro	13	10	17	2	46	29	10	30
PM2.5	12	11	13	2	61	32	9	359
PM10man	26	22	31	11	65	52	24	30
NO2	25	24	27	5	94	41	24	298

Tabla 2.6 Resultados Curva de Maroñas

CURVA_MARONAS				
Categoría	HUMO NEGRO	MATERIAL PARTICULADO PM2.5	MATERIAL PARTICULADO PM10 MANUAL	DIOXIDO DE NITROGENO
Muy Buena	100.0%	91.8%	90.3%	35.1%
Buena	0.0%	3.8%	6.5%	41.9%
Aceptable	0.0%	0.8%	0.0%	4.7%
Inadecuada	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
Mala	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%
No_Determinada	0.0%	2.5%	3.2%	18.4%

Tabla 2.7 Resumen de resultados de la Estación

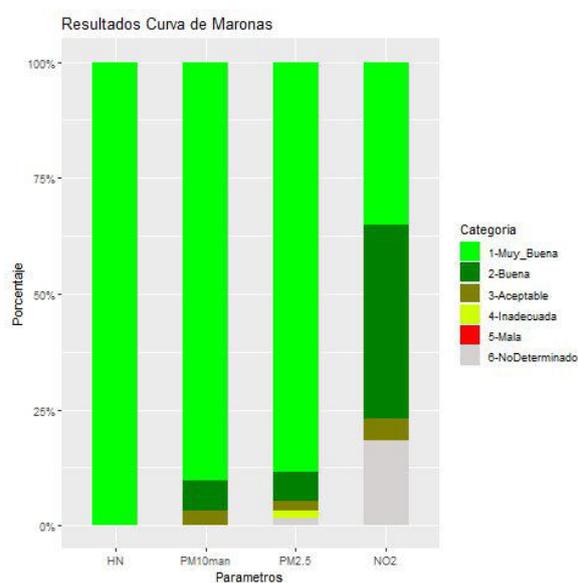


Ilustración 2.3 Distribución de resultados de la Estación

La distribución de los resultados obtenidos en el año 2018 por parámetro y por categoría del ICAire se muestra en la tabla y en la gráfica anteriores.

En esta estación, el 100% de las muestras obtenidas de Humo Negro, el 90% de PM10 y el 95% de PM2.5 corresponden a la categoría MUY BUENA.

Seis días en el año se superó el valor 50µg/m3 para PM2.5, por lo que la categoría fue INADECUADA. Estas superaciones se observaron el 23 y 24 de mayo, 16 de junio, 11 y 13 de julio y 1 de agosto.

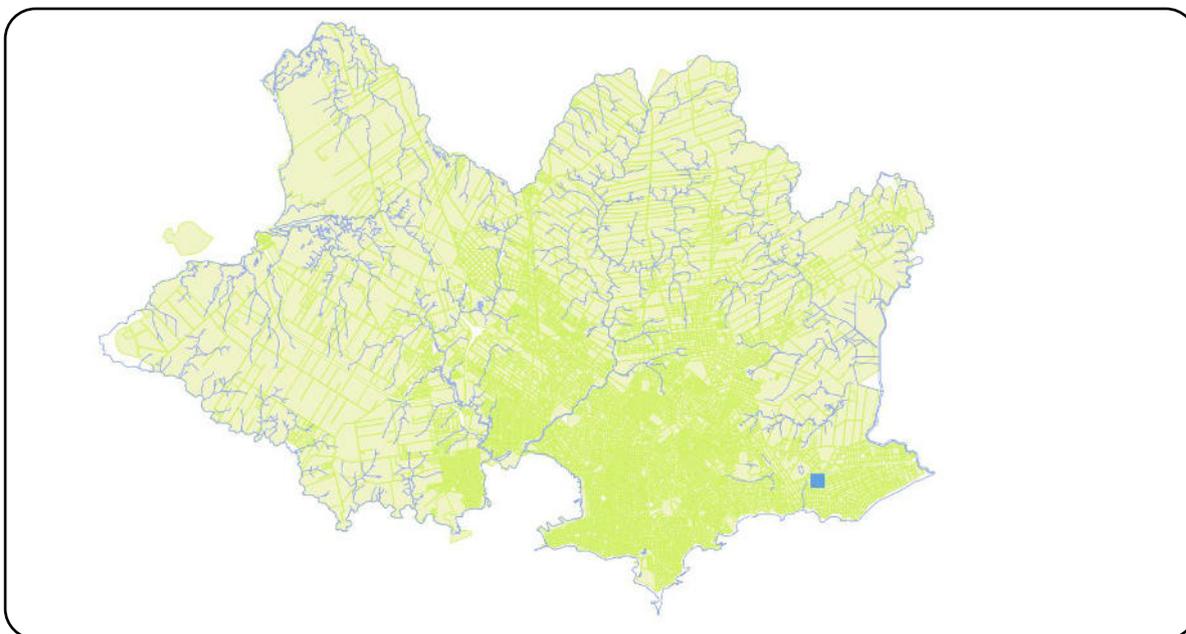
2.5 Estación 7 : Portones de Carrasco

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 PM10	PM10 ug/m ³	HiVol	24 horas cada 12 días
Humo Negro	HN ug/m ³	Reflectometría	24 horas cada 12 días



Mapa 2.5 Portones de Carrasco

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m ³	Número						
Humo Negro	11	8	14	0	30	23	10	23
PM10man	24	20	28	6	55	46	22	30

Tabla 2.8 Resultados Portones de Carrasco

PORTONES_DE_CARRASCO		
Categoría	HUMO NEGRO	MATERIAL PARTICULADO PM10 MANUAL
Muy Buena	76.7%	93.5%
Buena	0.0%	3.2%
Aceptable	0.0%	0.0%
Inadecuada	0.0%	0.0%
Mala	0.0%	0.0%
No_Determinada	23.3%	3.2%

Tabla 2.9 Resumen de resultados de la Estación

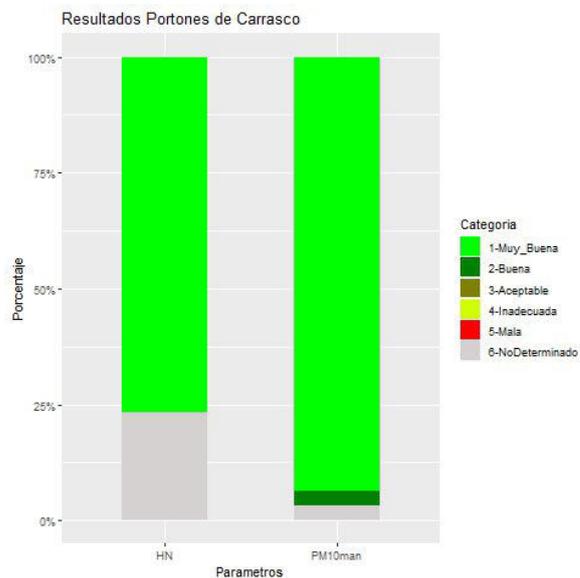


Ilustración 2.4 Distribución de resultados de la Estación

De los datos registrados, la mayoría corresponden a calidad de aire MUY BUENA. En ninguna oportunidad se registró una calidad INADECUADA.

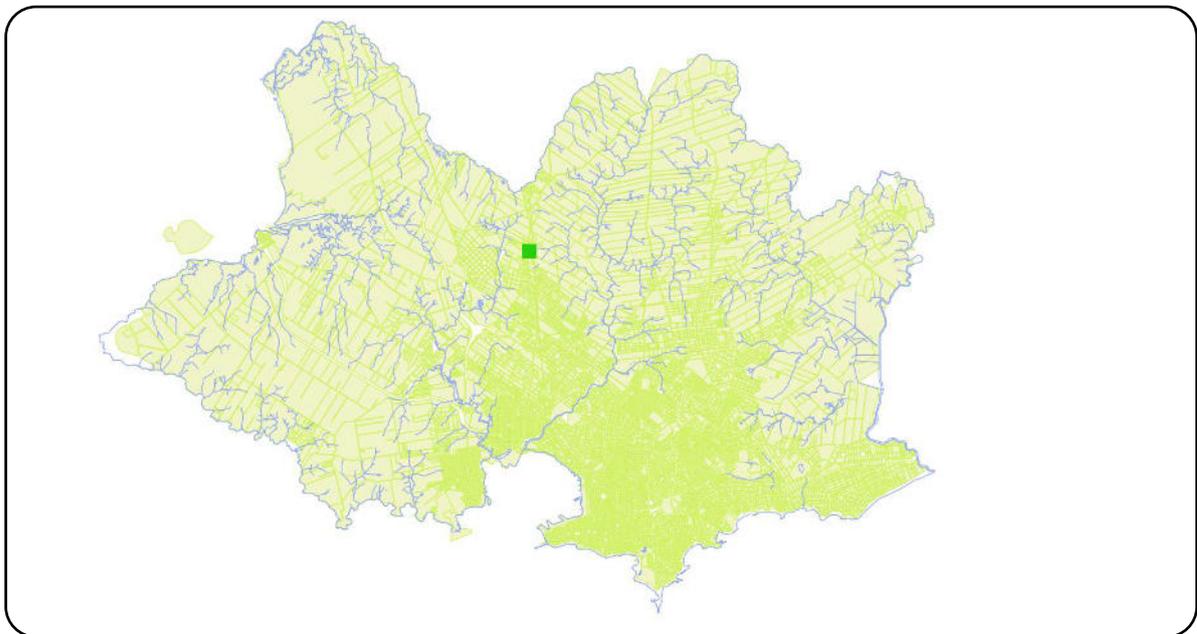
2.6 Estación 8 : Colón

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

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	Horaria
Ozono	O ₃ ug/m ³	Sensor	Horaria
Material Particulado (manual) PTS	ug/m ³	Hivol	24 horas cada 12 días



Mapa 2.6 Colón

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m ³	Número						
PTS	49	43	55	20	86	73	50	28
PM2.5	11	10	13	3	133	27	8	356
NO2	13	12	15	1	53	33	12	134
O3	49	48	50	24	77	65	49	207

Tabla 2.10 Resultados Colón

COLON				
Categoría	PARTICULADO TOTAL	MATERIAL PARTICULADO PM2.5	DIOXIDO DE NITROGENO	OZONO
Muy Buena	90.0%	91.8%	25.2%	48.5%
Buena	3.3%	3.8%	8.5%	7.1%
Aceptable	0.0%	0.8%	3.0%	1.1%
Inadecuada	0.0%	0.3%	0.0%	0.0%
Mala	0.0%	0.8%	0.0%	0.0%
No Determinada	6.7%	2.5%	63.3%	43.3%

Tabla 2.11 Resumen de resultados de la Estación

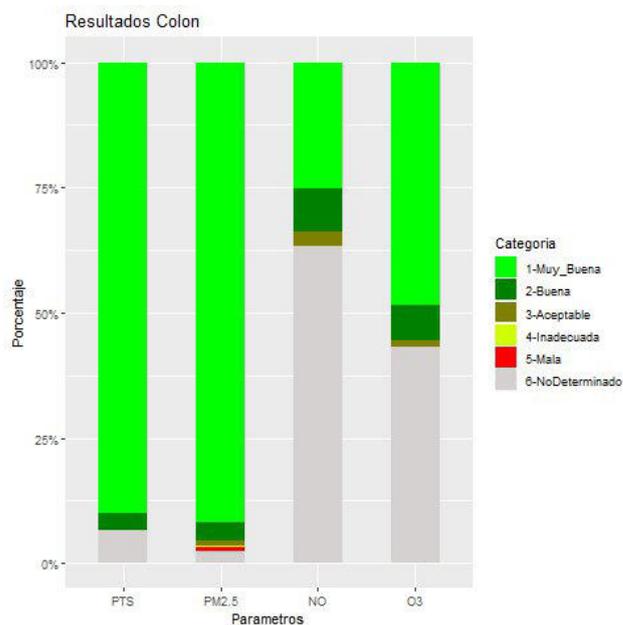


Ilustración 2.5 Distribución de resultados de la Estación

En el caso de PM2.5, se registraron 4 días con valor de concentración superior a 50µg/m3. estas superaciones se observaron el 18/7, el 21/7, el 27/7 y el 5/8.

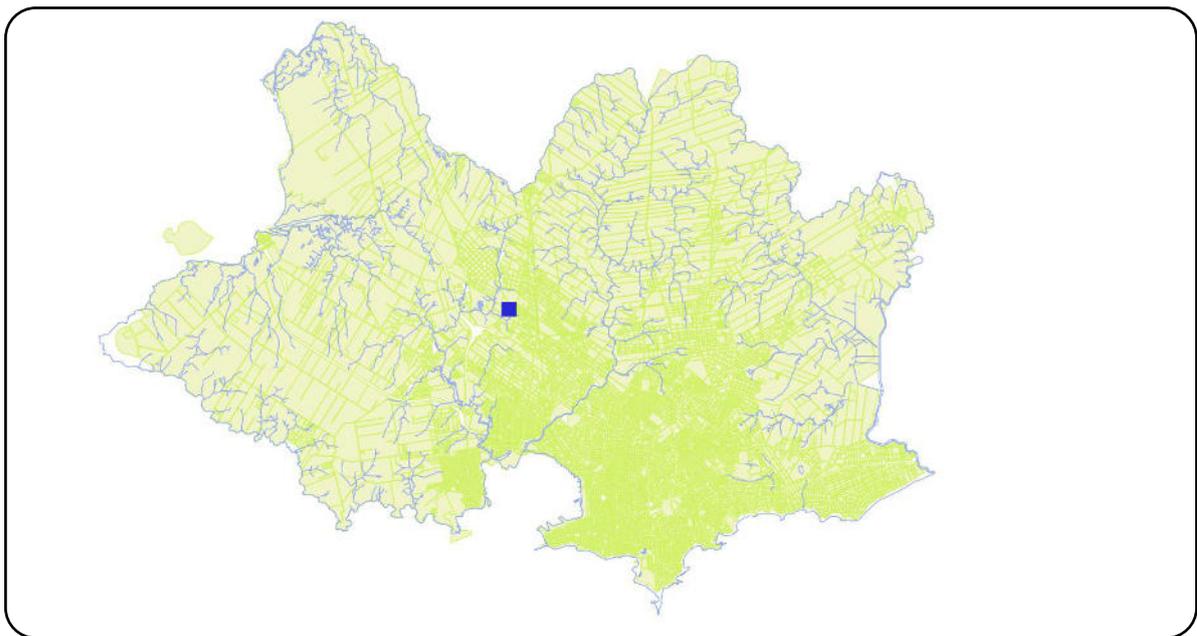
2.7 Estación: La Tablada

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 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 2.7 La Tablada

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	Número
CO	203	185	224	100	1871	480	146	356
NO2	17	16	17	4	43	26	18	365
SO2	3	3	3	2	7	4	3	365
PM10	15	14	15	4	45	22	14	361

Tabla 2.12 Resultados La Tablada

LA TABLADA				
Categoría	MONOXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE NITROGENO	DIOXIDO DE AZUFRE	MATERIAL PARTICULADO PM10
Muy Buena	99.7%	84.9%	100.0%	98.9%
Buena	0.0%	13.7%	0.0%	0.0%
Aceptable	0.0%	1.4%	0.0%	0.0%
Inadecuada	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
Mala	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
No_Determinada	0.3%	0.0%	0.0%	1.1%

Tabla 2.13 Resumen de resultados de la Estación

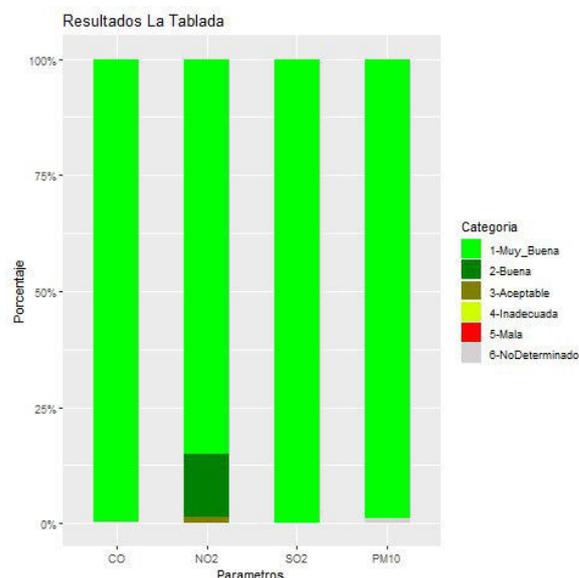


Ilustración 2.6 Distribución de resultados de la Estación

El mapa muestra la ubicación de la estación La Tablada, en las inmediaciones de la central térmica de respaldo de UTE en La Tablada.

El porcentaje de días por categoría, se muestra en la tabla y en el gráfico a continuación.

En todos los parámetros la calidad del aire fue mayoritariamente MUY BUENA; no se registró ningún valor de superación en esta estación.

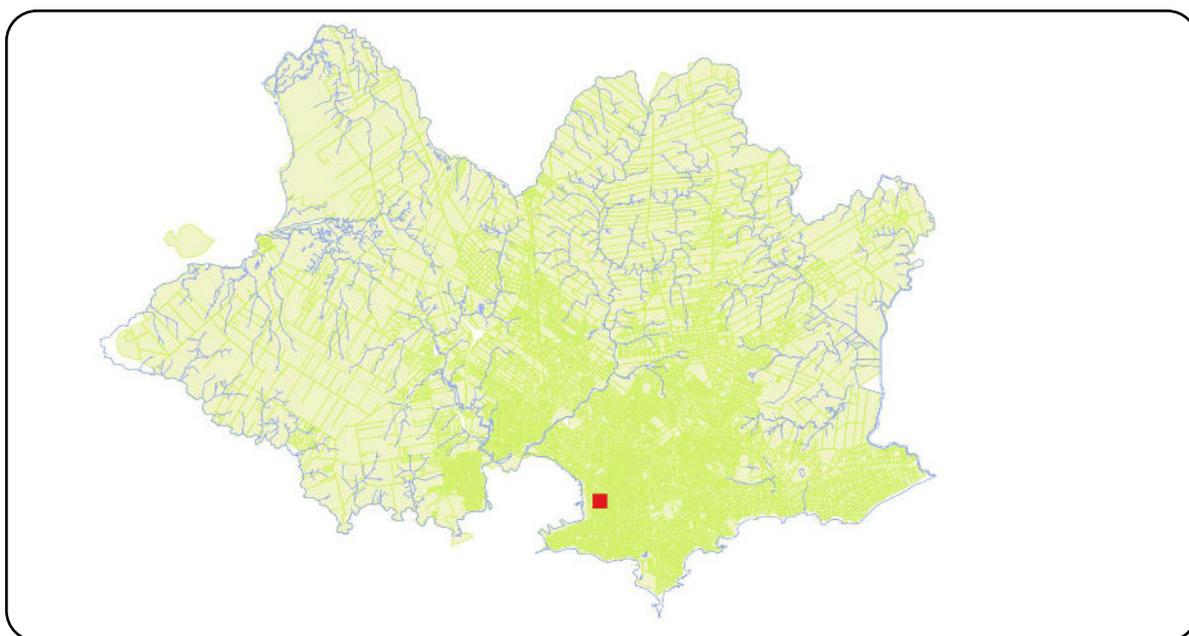
2.8 Estación: Palacio Legislativo

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	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 2.8 Palacio Legislativo

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m ³	Número						
CO	318	299	338	100	1392	657	280	364
NO2	30	29	32	7	88	54	28	362
SO2	3	3	4	2	41	9	2	356
PM10	18	17	19	4	77	30	17	364

Tabla 2.14 Resultados Palacio Legislativo

PALACIO LEGISLATIVO				
Categoría	MONOXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE NITROGENO	DIOXIDO DE AZUFRE	MATERIAL PARTICULADO PM10
-Muy Buena-	99.7%	37.5%	99.7%	98.9%
-----Buena-----	0.0%	51.8%	0.0%	0.5%
--Aceptable--	0.0%	9.9%	0.0%	0.3%
-Inadecuada-	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
-----Mala-----	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
-No_Determinada-	0.3%	0.8%	0.3%	0.3%

Tabla 2.15 Resumen de resultados de la Estación

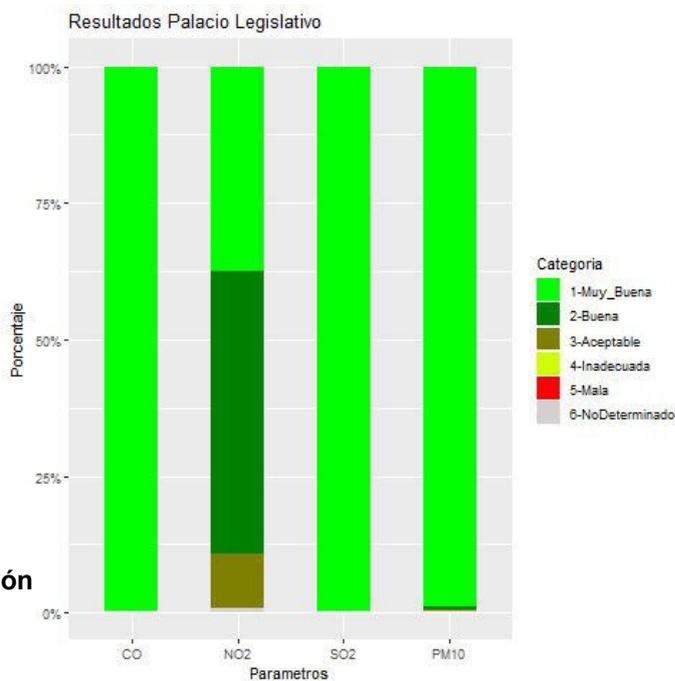


Ilustración 2.7 Distribución de resultados de la Estación

En ninguna oportunidad se registraron valores superiores a los estándares para ninguno de los parámetros monitoreados.

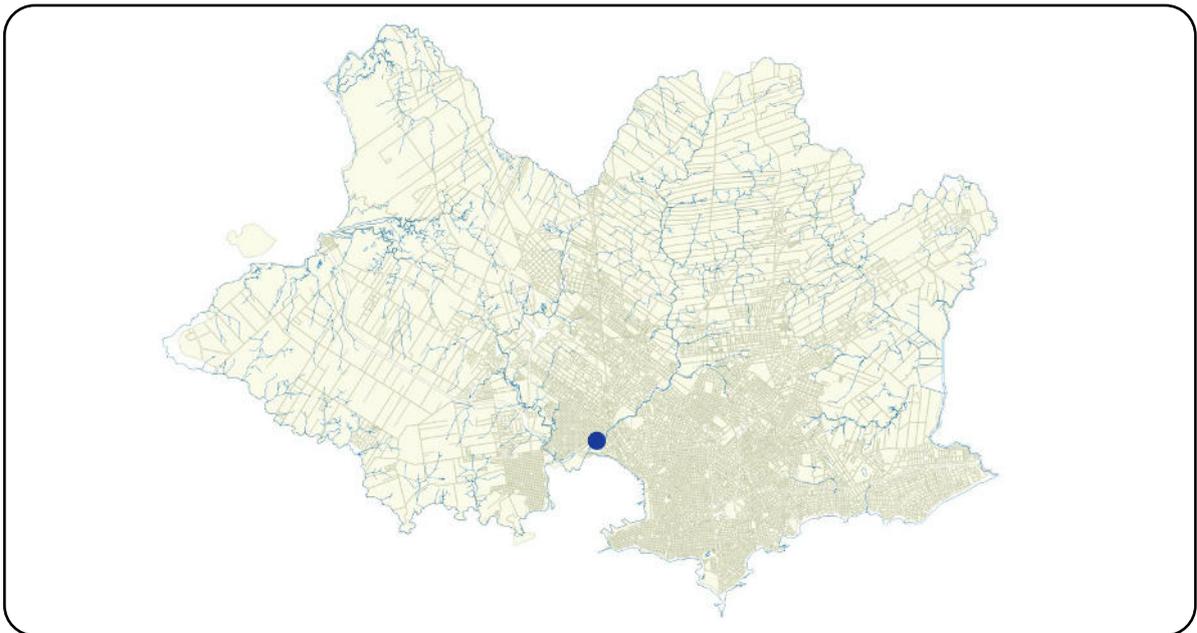
La mayoría de los valores registrados se encuentran dentro de la categoría MUY BUENA.

2.9 Estación: La Teja

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 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 La Teja

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	Número
CO	377	350	405	100	1845	896	315	359
NO2	21	20	22	2	66	44	19	358
SO2	3	3	3	2	7	5	3	364
PM2.5	12	11	13	0	87	27	10	358

Tabla 2.16 Resultados La Teja

LA TEJA				
Categoría	MONOXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE NITROGENO	DIOXIDO DE AZUFRE	MATERIAL PARTICULADO PM2.5
-Muy Buena-	99.7%	52.3%	95.6%	91.8%
---Buena---	0.0%	38.1%	1.9%	3.0%
--Aceptable--	0.0%	7.7%	0.0%	2.2%
-Inadecuada-	0.0%	0.0%	0.0%	0.8%
-----Mala-----	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%
-No_Determinada-	0.3%	1.9%	2.5%	1.9%

Tabla 2.17 Resumen de resultados de la Estación

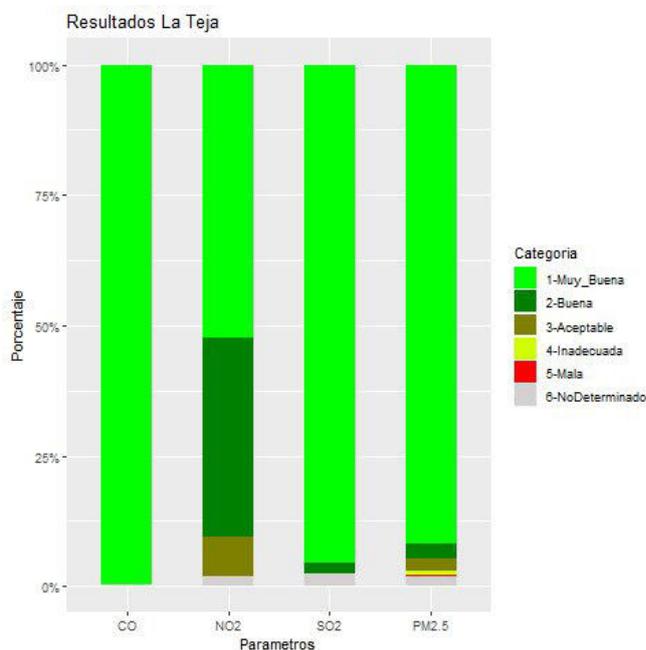


Ilustración 2.8 Distribución de resultados de la Estación

Estación orientada a Fuentes Significativas

El único parámetro donde se superaron los valores estándares fue PM2.5

Estas superaciones se dieron en cuatro oportunidades, el 24 y 25 de mayo, el 17 de junio y el 1 de agosto .

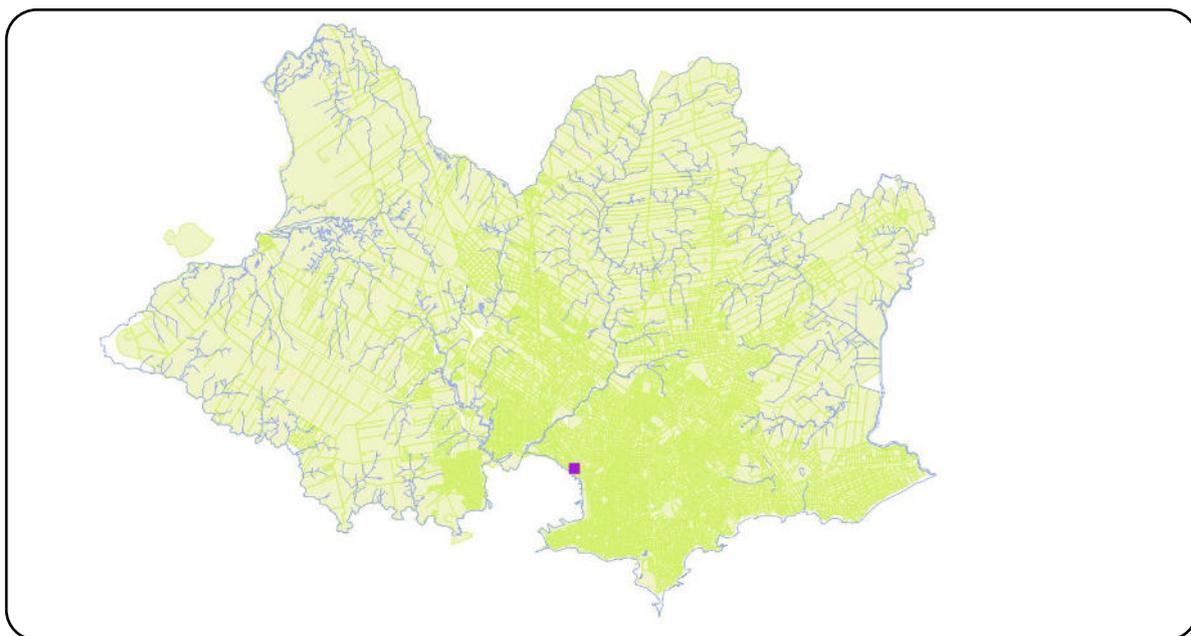
2.10 Estación: Bella Vista

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 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 2.10 Bella Vista

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	Número
CO	263	245	283	100	1449	607	215	362
NO2	26	25	27	2	54	43	25	362
SO2	2	2	2	2	11	4	2	365
PM10	15	14	15	5	53	25	13	365

Tabla 2.18 Resultados Bella Vista

BELLA VISTA				
Categoría	MONOXIDO DE CARBONO	DIOXIDO DE NITROGENO	DIOXIDO DE AZUFRE	MATERIAL PARTICULADO PM10
-Muy Buena-	99.7%	54.5%	100.0%	99.7%
-----Buena-----	0.0%	41.6%	0.0%	0.3%
--Aceptable--	0.0%	3.0%	0.0%	0.0%
-Inadecuada-	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
-----Mala-----	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%
-No_Determinada-	0.3%	0.8%	0.0%	0.0%

Tabla 2.19 Resumen de resultados de la Estación

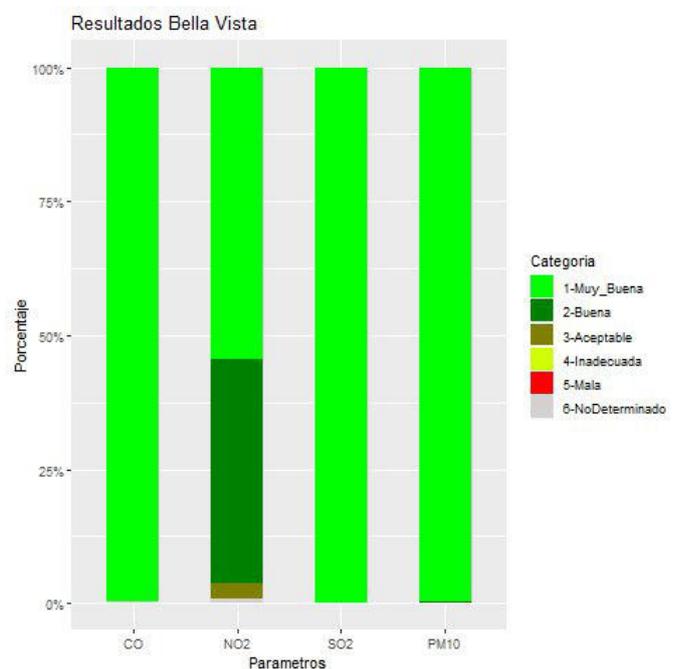


Ilustración 2.9 Distribución de resultados de la Estación

No se observaron valores de superación del estándar para ninguno de los parámetros monitoreados en el año 2018.

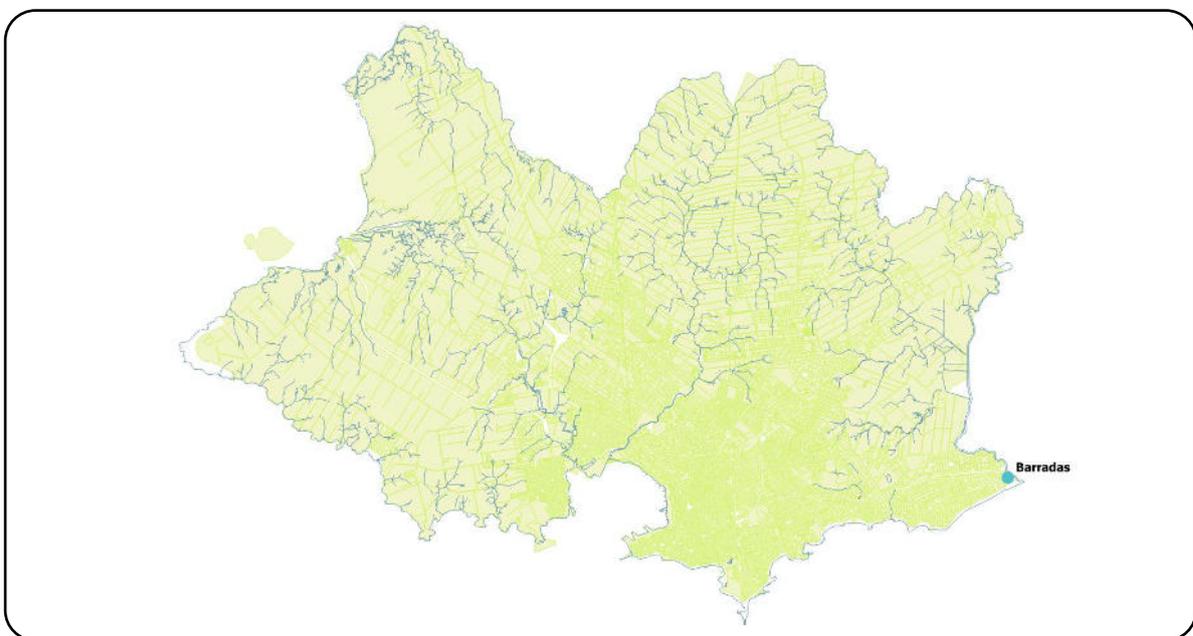
2.11 Estación: Barradas

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 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 2.11 Barradas

Parámetro	Promedio	IC_Inf	IC_sup	Mínimo	Máximo	Percentil 95	Mediana	Datos
	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	ug/m3	Número
SO2	2	2	2	2	9	3	2	200
PM2.5	12	11	14	0	82	32	10	213

Tabla 2.20 Resultados Barradas

BARRADAS			
Categoría	DIOXIDO DE NITROGENO	DIOXIDO DE AZUFRE	MATERIAL PARTICULADO PM2.5
-Muy Buena-	4.9%	100.0%	54.0%
-----Buena-----	1.4%	0.0%	2.2%
-Aceptable-	0.0%	0.0%	1.4%
-Inadecuada-	0.0%	0.0%	0.5%
-----Mala-----	0.0%	0.0%	0.3%
-No_Determinada-	93.7%	0.0%	41.6%

Tabla 2.21 Resumen de resultados de la Estación

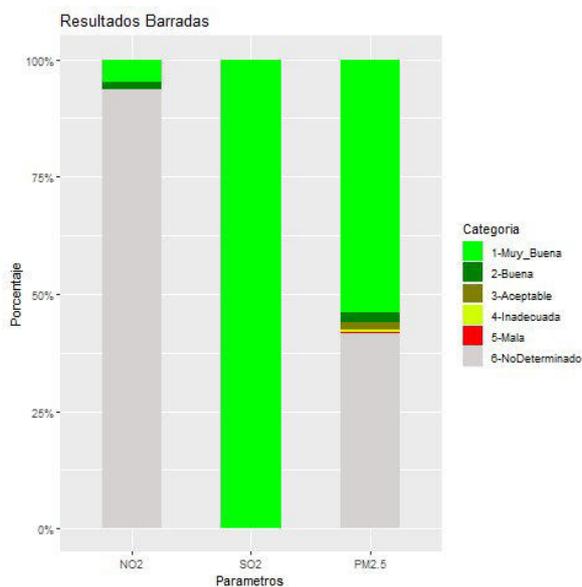


Ilustración 2.10 Distribución de resultados de la Estación

El NO2 funcionó muy pocos días. Por otra parte, el porcentaje de días en que se monitoreó el PM2.5 es cerca del 60% por lo que este parámetro no debe considerarse representativo de la calidad de aire de la zona.

Se observaron valores de superación del estándar para PM2.5 en tres ocasiones el 22 de julio, el 8 de agosto y el 26 de agosto.

2.12 Categorías de ICAire por parámetros 2018

TOTAL 2018									
Categoría	PTS	PM10	PM10Man	PM2.5	HumoNegro	CO	SO2	NO2	O3
-Muy Buena-	27	1436	166	1538	112	1456	1643	1099	406
----Buena----	1	12	6	64	0	0	7	772	39
--Aceptable--	0	2	3	28	0	0	0	269	8
-Inadecuada-	0	0	0	14	0	0	0	7	0
-----Mala-----	0	0	0	6	0	0	0	0	0
No_Determinada	2	10	11	175	8	4	175	773	277
TOTAL	30	1460	186	1825	120	1460	1825	2920	730

Tabla 2.22 Resumen de resultados del año.

Observando el total de las muestras del año 2018, se puede concluir que :

Los parámetros en los que se registraron superación del estándar para la evaluación diaria son PM2.5 y NO2.

Para PM2.5 se registraron 20 días de superación. La mayoría de estas superaciones se observaron en la estación Curva de Maroñas y la totalidad de las excedencias se observaron en los meses de mayo a setiembre, siendo los meses de mayor superación julio y agosto.

3

CALIDAD DE AIRE AÑO 2018

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 y en los últimos dos años cada 12 días. Ello explica la disminución del número de muestras.

Los resultados del año 2018 referidos a la concentración diaria de PTS, para la estación Colón se muestran en la Ilustración 1 y la Ilustración 2 muestra la tendencia de los promedios mensuales.

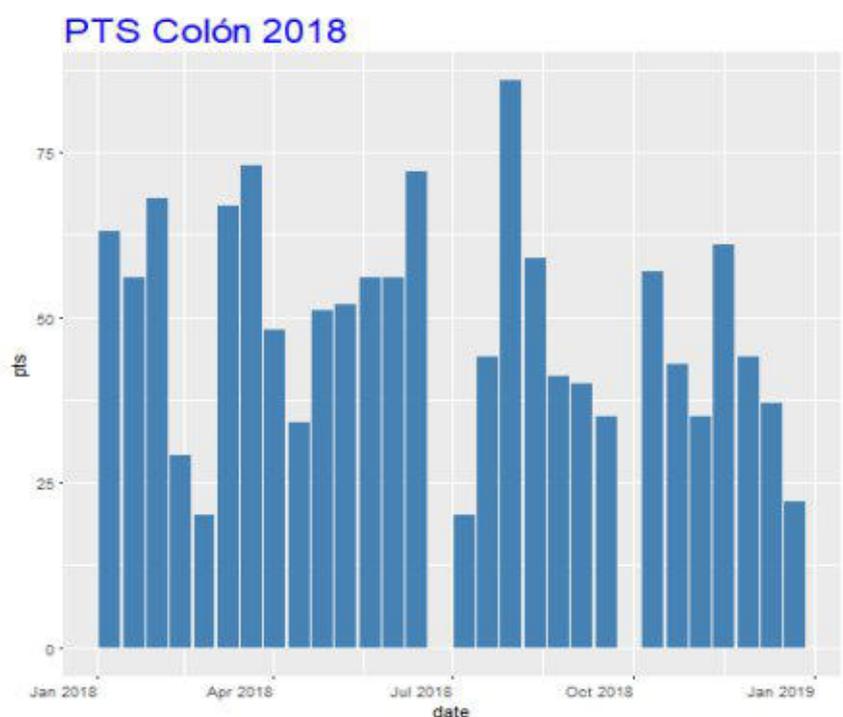


Ilustración 1 PTS 2018 Estación Colón

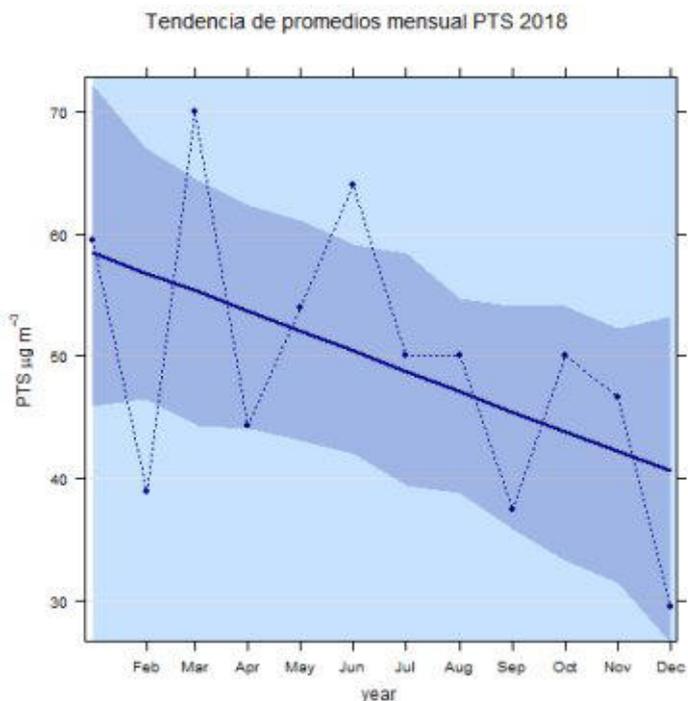


Ilustración 2 Promedio mensual 2018

La Ilustración 3 muestra el diagrama de cajas por año para la estación Colón desde que está operativa.

En la Tabla 1 se han resumido los datos de todas las estaciones de la Red.

La tabla está dividida en tres sectores, el primer sector presenta el promedio anual, el intervalo de confianza de dichos promedio (límite superior e inferior) y el número de muestras que se procesaron en el año. El segundo sector (en el medio de la tabla) muestra el mínimo y máximo valor observado en el año. El sector de la derecha indica el percentil 95 y la mediana

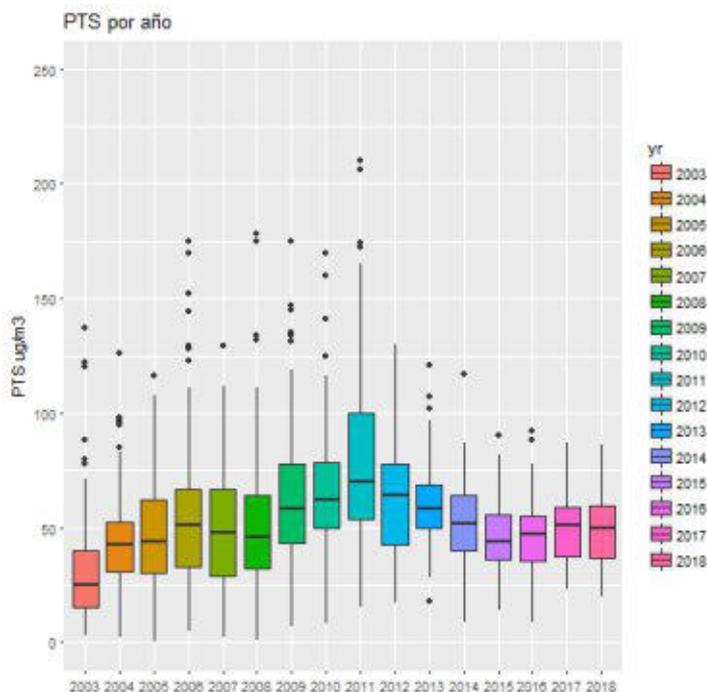


Ilustración 3 Distribución anual desde el año de inicio Estación Colón

CENTRO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2003	51	35	70	14	10	122	121	48
2004	53	48	58	52	18	98	82	49
2005	54	43	65	19	16	108	96	51
2006	71	51	93	12	11	152	139	68
LA TEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2004	36	32	40	54	3	76	61	36
2005	52	38	70	8	25	92	90	49
2006	61	49	76	35	19	175	172	50
2007	55	47	63	51	2	129	102	58
2008	62	52	73	37	4	178	116	62
2009	69	61	78	50	13	175	133	68
2010	65	58	71	40	24	115	99	64
2011	64	55	74	43	15	152	141	59
PRADO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2003	25	19	31	21	3	67	42	23
2004	36	32	40	50	2	69	63	36
TRES CRUCES								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2003	25	18	32	25	5	88	52	18
2004	39	33	45	37	2	95	60	43
2005	44	34	56	14	1	94	78	40
2006	46	36	56	24	5	111	88	46
2007	36	22	51	10	5	77	75	28
CURVA DE MARONAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2003	32	21	43	11	6	70	62	29
2004	46	42	50	57	2	83	70	46
2005	42	35	49	46	0	116	86	42
2006	53	45	62	32	17	128	91	52
2007	51	46	57	57	6	112	90	54
2008	52	45	60	53	1	175	94	49
2009	57	51	63	50	7	109	96	56
2010	57	49	65	24	8	107	86	56
PORTONES DE CARRASCO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2003	35	25	48	23	8	137	78	25
2004	40	35	46	39	4	83	71	36
COLON								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2006	69	36	105	7	14	144	138	62
2007	43	37	49	45	4	90	82	39
2008	43	36	50	53	1	132	83	38
2009	62	54	71	46	11	145	118	58
2010	75	64	86	39	24	170	143	62
2011	107	90	126	35	40	263	207	97
2012	65	55	76	32	17	130	122	64
2013	60	55	65	53	18	121	99	58
2014	52	46	57	49	9	117	84	52
2015	46	42	51	55	14	90	75	44
2016	46	41	51	48	9	92	76	47
2017	51	45	57	30	23	87	81	51
2018	49	43	55	28	20	86	73	50

Tabla 1 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación PTS

En la Ilustración 4, se graficó el promedio anual de PTS.

El mayor valor promedio, observado es en el año 2011 y se corresponde con la erupción del volcán Puyehue, cuyas cenizas alcanzaron Uruguay durante un par de meses. En esta estación fue particularmente significativo ya que además de la erupción del volcán durante ese año se estaba construyendo el corredor Garzón cuya construcción impactó directamente sobre la calidad del aire de la zona

En la Tabla 2. se informa el total anual para el departamento de Montevideo desde que se mide este contaminante. Se calcula a partir de todos los registros de PTS del año.

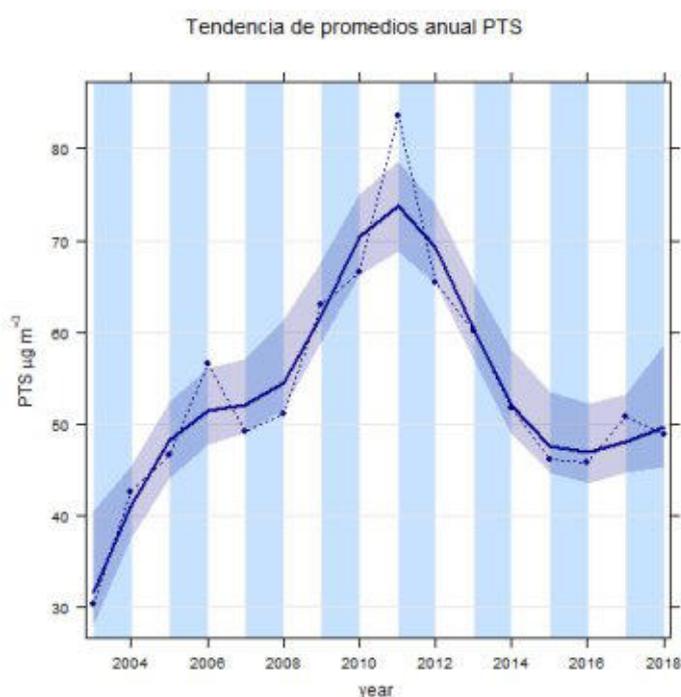


Ilustración 4 Promedios anuales de la estación Colón

Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	MATERIAL PARTICULADO TOTAL			
					Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2003	30	27	35	136	3	137	70	25
2004	43	41	45	320	2	126	72	42
2005	47	42	51	129	0	116	95	44
2006	57	50	63	113	5	175	128	51
2007	49	45	53	163	2	129	90	48
2008	51	46	56	143	1	178	104	46
2009	63	58	67	146	7	175	115	58
2010	67	61	72	103	8	170	115	62
2011	84	73	94	76	15	263	172	71
2012	65	56	76	32	17	130	122	64
2013	60	55	66	53	18	121	99	58
2014	52	46	58	49	9	117	84	52
2015	46	42	50	55	14	90	75	44
2016	46	41	51	48	9	92	76	47
2017	51	45	57	30	23	87	81	51
2018	49	43	55	28	20	86	73	50

Tabla 2 Resultados promedios anuales de Montevideo 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. Actualmente se mide en seis estaciones. Las metodologías utilizadas son diversas; alto volumen, atenuación beta y dispersión de luz. Los equipos de Alto Volumen permiten determinar la concentración de material particulado en 24 horas de exposición, es del grupo de métodos denominados integrativos. Los otros dos métodos 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 2018 la estación Tres Cruces 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 La Tablada, Palacio Legislativo y Bella Vista se utiliza atenuación beta.

En Ciudad Vieja históricamente, se utilizó un equipo lightscattering y en la estación Centro el equipo utilizado fue de alto volumen. Los resultados de PM10 para todas las estaciones en el año 2018 se muestran en la Ilustración 5.

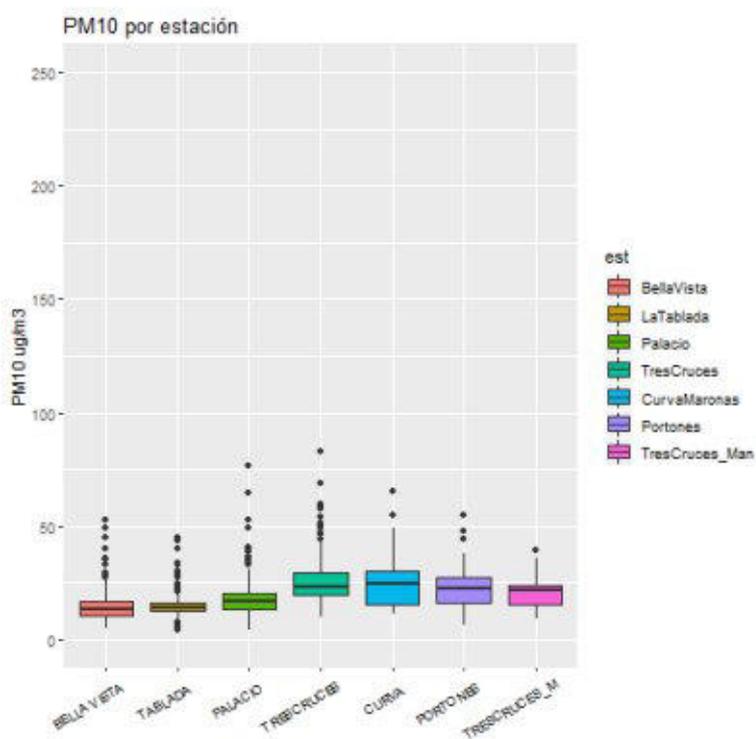


Ilustración 5 PM10 2018 por estación

La Ilustración 6 muestra los promedios mensuales de cada estación, para las 6 estaciones que operaron este año sin discriminar por tipo de equipo de medida. Se han graficado por separado las dos metodologías que actualmente operan en Tres Cruces, indicando como Tres Cruces_Man el método Alto Volumen.

El gráfico 7 muestra el diagrama de cajas por año para todos los registros de Montevideo desde que opera la Red.

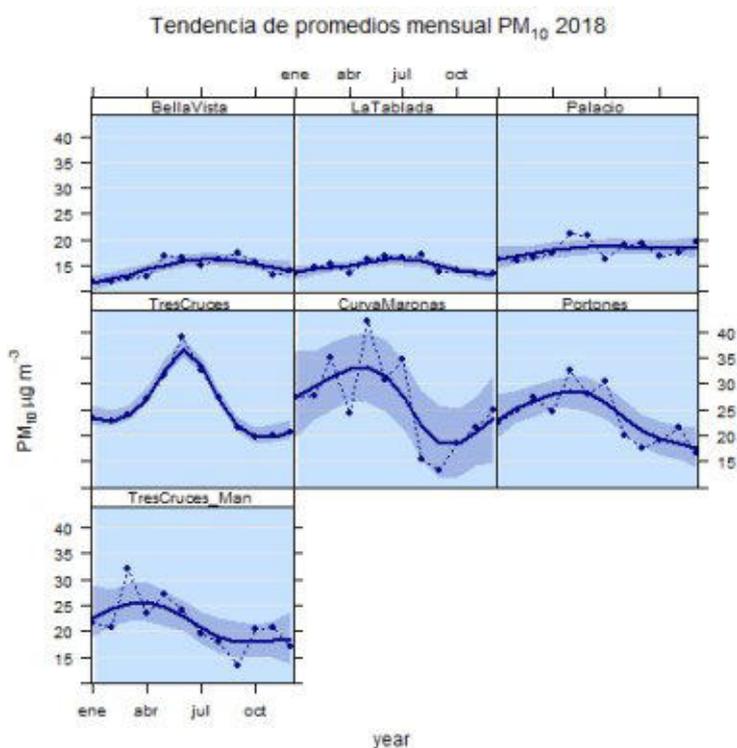


Ilustración 6 Promedios mensuales 2018

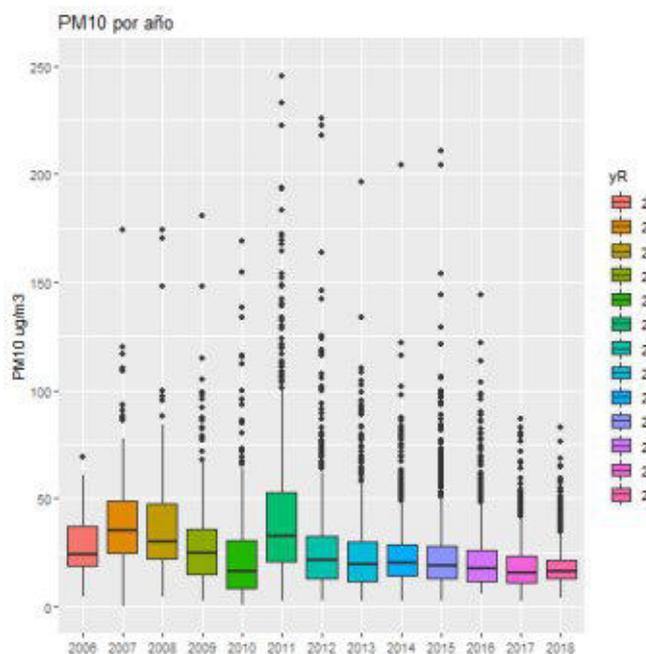


Ilustración 7 Distribución anual de PM10

En la Tabla 3 se discriminó el promedio anual para cada estación, agregándose además los cálculos de la mediana, máximo, mínimo y percentil 0.95 para cada año, así como el número de días registros válidos

En cada caso se calcularon, además, los intervalos de confianza del promedio informado para $p=0.95$ de la media.

En la Tabla 4, se informa el total anual para el departamento de Montevideo desde que se mide este contaminante. Se calcula a partir de los registros de PM10 del año, en todas las estaciones que se evaluó.

BELLA VISTA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2014	20	19	21	102	3	36	26	20
2015	17	16	19	365	6	204	37	13
2016	14	13	15	354	6	78	30	11
2017	12	11	12	353	3	53	21	10
2018	15	14	15	365	5	53	25	13

CENTRO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2006	30	23	37	26	5	69	67	24
2007	47	38	57	48	0	174	115	33
2008	40	32	49	41	9	174	88	35
2009	38	33	44	40	13	92	67	34
2010	27	24	30	53	1	56	49	26
2011	32	26	40	43	7	149	68	25
2012	31	25	38	21	13	80	59	27

CURVA DE MARONAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2010	38	32	44	20	5	69	66	38
2011	45	34	57	39	12	183	112	32
2012	37	31	46	30	14	116	66	31
2013	43	37	49	47	9	108	88	38
2014	33	29	37	60	5	79	70	31
2015	36	32	40	59	13	82	73	31
2016	34	28	41	60	9	144	75	27
2017	31	26	36	31	10	87	59	27
2018	26	22	31	30	11	65	52	24

CIUDAD VIEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2014	24	22	26	256	5	116	46	21

CIUDAD VIEJA_MANUAL								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2007	44	39	50	41	4	88	86	42
2008	53	44	62	38	13	170	97	48
2009	48	41	56	45	16	105	98	39
2010	33	28	38	50	2	85	62	33
2011	37	30	45	60	11	193	81	30
2012	40	34	46	58	4	106	77	38
2013	22	17	28	21	6	64	43	21

PORTONES DE CARRASCO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	26	20	33	15	7	61	53	23
2013	32	25	41	30	10	110	70	26
2014	29	25	33	44	8	74	57	26
2015	30	26	34	54	7	86	60	27
2016	31	26	38	46	9	98	76	25
2017	27	21	33	24	6	80	51	24
2018	24	20	28	30	6	55	46	22

LA TABLADA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	24	22	27	257	3	181	54	22
2010	19	17	22	331	3	169	63	11
2011	50	46	55	356	3	376	133	36
2012	26	22	30	362	3	351	72	15
2013	21	19	22	361	3	102	51	16
2014	21	19	23	353	4	204	57	15
2015	24	22	27	353	3	211	72	15
2016	16	15	17	352	6	114	32	13
2017	15	14	15	348	3	83	29	13
2018	15	14	15	361	4	45	22	14

PALACIO LEGISLATIVO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2011	39	35	42	285	3	328	90	33
2012	27	25	28	363	3	117	58	22
2013	24	22	26	362	3	196	57	20
2014	20	19	22	341	3	102	38	18
2015	22	21	23	362	4	106	42	19
2016	21	20	22	364	6	86	38	18
2017	18	17	19	351	3	67	31	17
2018	18	17	19	364	4	77	30	17

TRES CRUCES								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2014	27	25	28	290	6	83	50	24
2015	27	26	28	361	9	76	45	26
2016	31	30	32	357	7	90	52	28
2017	30	29	32	292	11	76	49	29
2018	26	25	27	360	10	83	44	23

TRES CRUCES_MANUAL								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2007	30	26	34	44	10	73	49	27
2008	30	25	36	55	5	148	58	25
2009	31	26	37	44	4	115	56	28
2010	26	23	29	49	9	63	44	23
2011	37	27	49	41	8	194	82	23
2012	27	22	34	33	10	100	50	24
2013	34	29	38	46	11	78	68	29
2014	27	25	30	58	5	57	45	27
2015	28	26	31	59	13	64	51	25
2016	26	23	30	61	9	98	53	22
2017	25	21	30	30	10	79	41	23
2018	21	18	24	30	9	39	36	22

Tabla 3 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación PM10

Al igual que lo visto para PTS, el mayor valor promedio, que se observa en el año 2011 corresponde a la presencia de cenizas del volcán Puyehue.

Tanto en la descripción gráfica como en la Tabla se puede apreciar la disminución de los promedios anuales de este contaminante.

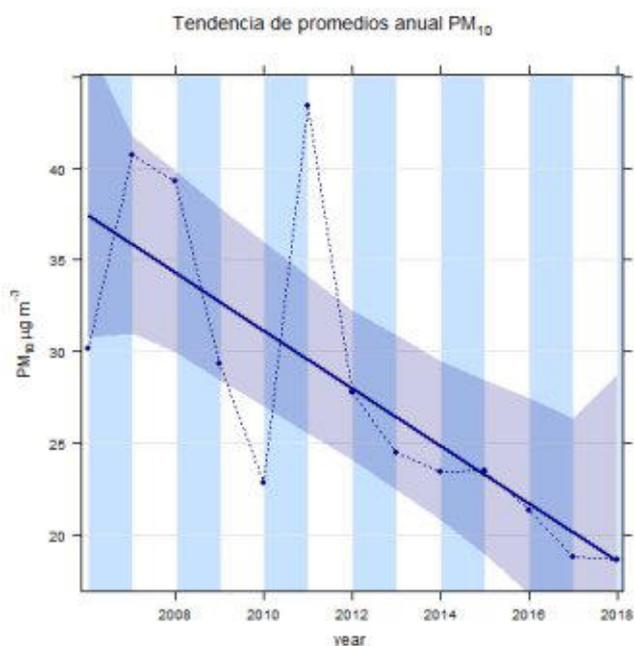


Ilustración 8 Promedios anuales PM10

Tabla 4 Resultados promedios anuales de Montevideo PM10

MATERIAL PARTICULADO PM10								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	24	22	27	257	3	181	54	22
2010	19	17	22	331	3	169	63	11
2011	45	42	48	641	3	376	117	35
2012	26	24	29	725	3	351	61	19
2013	22	21	24	723	3	196	53	18
2014	23	22	23	1,342	3	204	48	20
2015	23	22	23	1,441	3	211	48	18
2016	20	20	21	1,427	6	114	44	17
2017	18	18	19	1,344	3	83	38	15
2018	18	18	19	1,450	4	83	35	16

MATERIAL PARTICULADO PM10 MANUAL								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2006	30	24	37	26	5	69	67	24
2007	41	37	45	133	0	174	89	35
2008	39	35	44	134	5	174	88	30
2009	39	36	43	129	4	115	90	34
2010	30	28	32	172	1	85	55	29
2011	38	33	43	183	7	194	95	26
2012	34	31	37	157	4	116	74	28
2013	35	31	38	144	6	110	74	29
2014	30	28	32	162	5	79	56	28
2015	31	29	34	172	7	86	61	27
2016	31	27	34	167	9	144	69	26
2017	28	25	31	85	6	87	52	25
2018	24	22	26	90	6	65	46	22

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 y en el año 2018 la estación Colón.

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

Los resultados para las distintas estaciones en el año 2018 se muestran en la Ilustración 9, y el gráfico 10 muestra los promedios mensuales para las mismas.

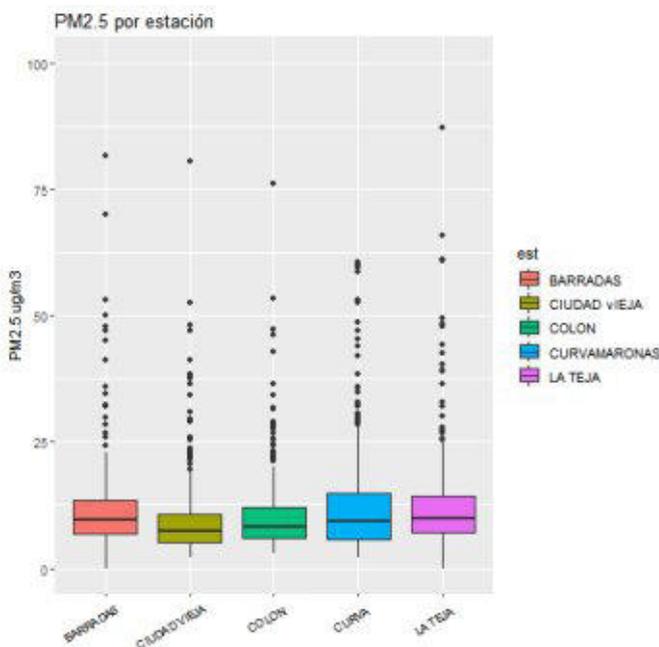


Ilustración 9 PM2.5 2018 por estación

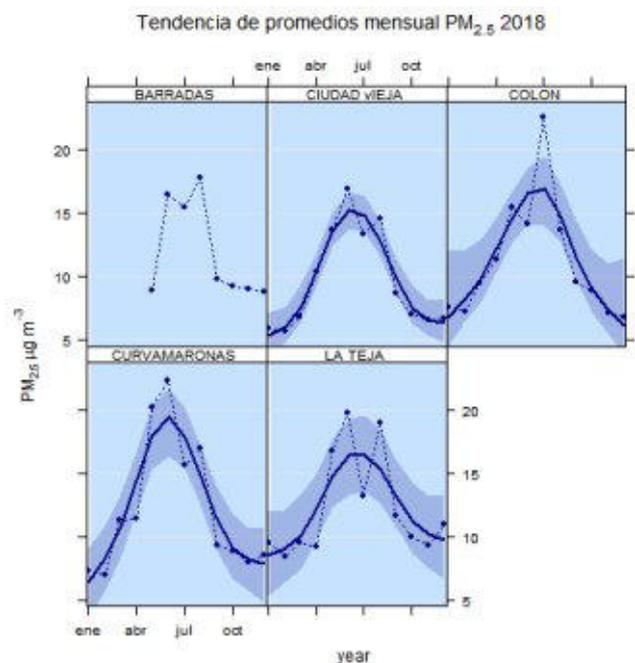


Ilustración 10 Promedios mensuales 2018

BARRADAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2018	12	11	14	213	0	82	32	10

COLON								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2017	6	5	7	57	2	26	12	6
2018	11	10	13	356	3	133	27	8

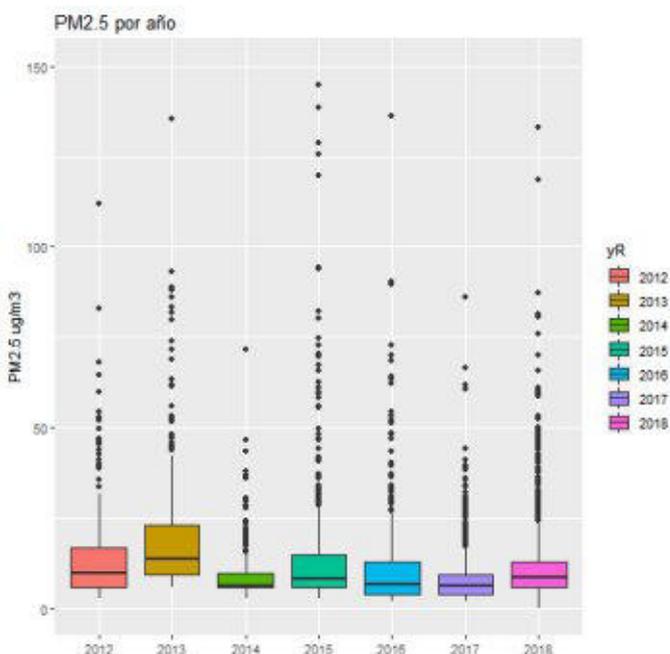
CURVA DE MARONAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2017	8	7	9	309	2	62	20	6
2018	12	11	13	359	2	61	32	9

CIUDAD VIEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2015	9	8	10	356	3	58	23	7
2016	8	7	9	349	2	70	21	6
2017	7	6	7	353	2	41	16	5
2018	10	9	11	365	2	80	23	7

LA TEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	15	13	18	355	3	309	43	10
2013	23	20	27	324	6	431	62	14
2014	10	9	12	320	3	300	21	6
2015	19	17	21	349	3	166	65	12
2016	17	14	20	227	3	191	46	12
2017	10	9	12	321	3	86	26	8
2018	12	11	13	358	0	87	27	10

Tabla 5 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación PM2.5

Ilustración 11 Distribución anual de PM2.5



En la Tabla 5, se informan el promedio anual para cada estación, la mediana, máximo, mínimo, percentil 0.95 y los intervalos de confianza para el valor promedio.

La Ilustración 11 es el diagrama de cajas por año para todos los registros de Montevideo desde que opera la Red de Monitoreo, y la Ilustración 12 grafica los promedios anuales desde que se tiene información de PM2.5 en Montevideo.

En la Tabla 6 se informa el total anual para el departamento de Montevideo. Se calcula a partir de todos los registros de PM2.5, en todas las estaciones que se evaluó. No es se visualiza una tendencia para este contaminante.

Tabla 6 Promedios anuales de Montevideo PM2.5

MATERIAL PARTICULADO PM2.5								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	15	13	18	355	3	309	43	10
2013	23	20	27	324	6	431	62	14
2014	10	9	12	320	3	300	21	6
2015	14	13	15	705	3	166	37	8
2016	12	10	13	576	2	191	31	7
2017	8	8	9	1,040	2	86	21	6
2018	12	11	12	1,651	0	133	28	9

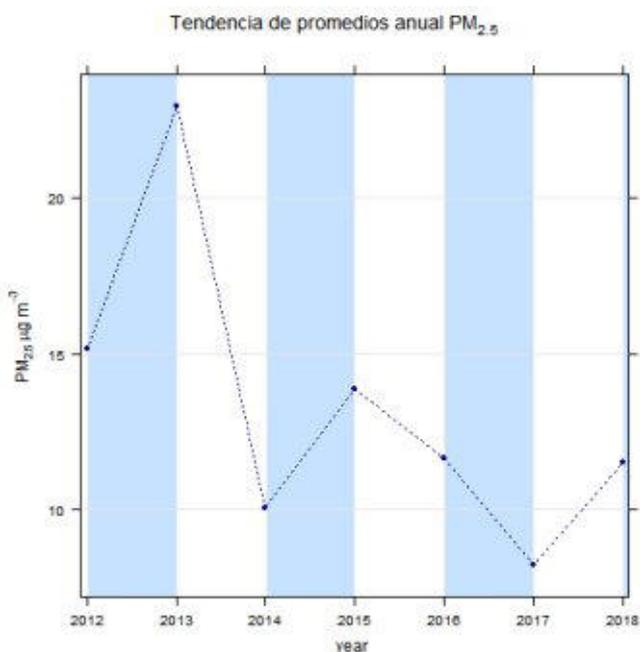


Ilustración 12 Promedios anuales de Montevideo

3.1.4 Material Particulado Humo Negro

Los resultados para todas las estaciones en el año 2018 se muestran en la Ilustración 13, y la Ilustración 14 muestra los promedios mensuales para todas las estaciones en este año.

En la Tabla 7, se presentan los resultados para cada estación de la Red, algunos datos de interés (promedio anual, mediana, máximo, mínimo, percentiles 0.95) y el número de días en que se obtuvieron muestras y los intervalos de confianza de la media con una probabilidad de 0.95.

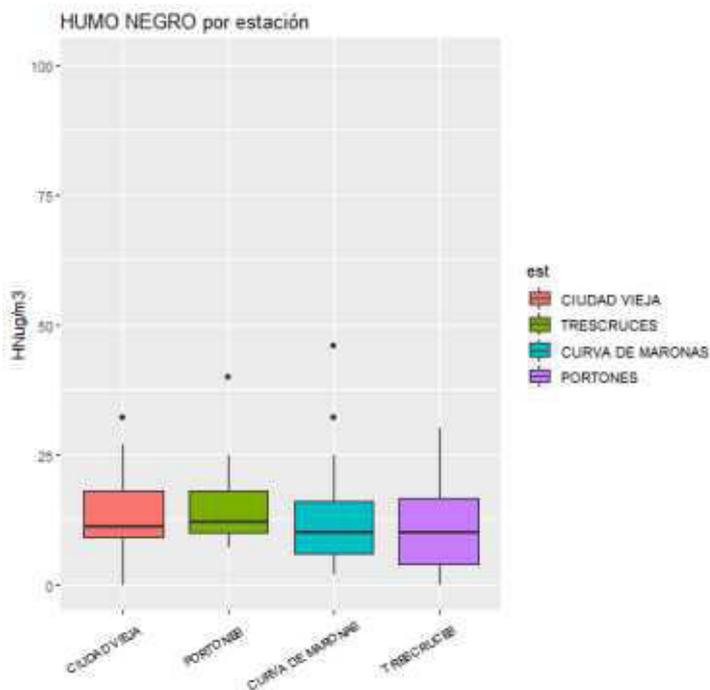


Ilustración 13 HN 2018 por estación

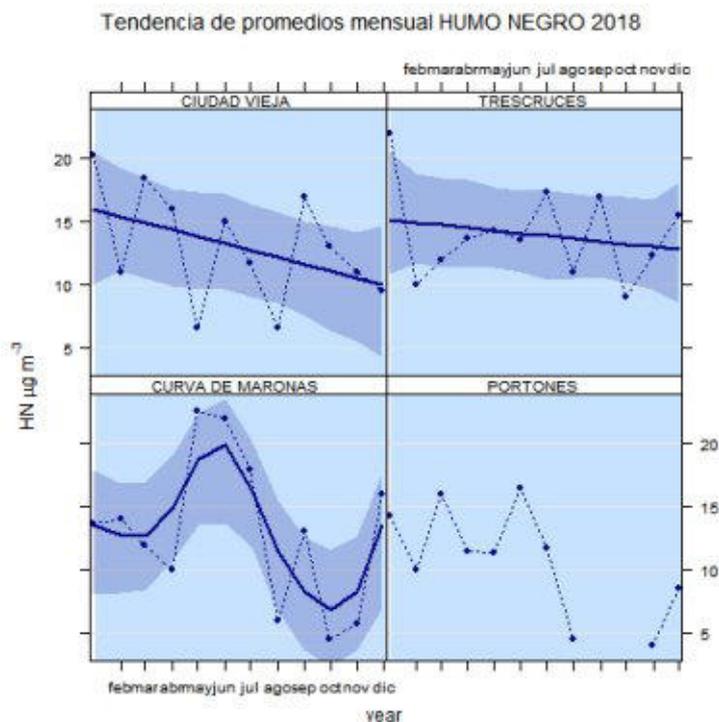


Ilustración 14 Promedio mensual 2018

CURVA DE MARONAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	20	13	30	19	3	86	52	12
2013	23	19	27	50	4	61	55	19
2014	26	22	30	60	3	73	66	22
2015	28	22	36	58	5	173	72	20
2016	18	14	24	54	1	113	40	12
2017	18	13	25	30	5	78	47	13
2018	13	10	17	30	2	46	29	10

CIUDAD VIEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2004	33	30	37	123	5	116	70	29
2005	19	12	28	54	2	161	42	12
2006	28	24	33	64	1	112	63	25
2007	21	16	25	56	0	87	55	15
2008	23	20	27	55	3	76	45	24
2009	20	17	24	59	4	68	43	18
2010	22	18	25	57	1	49	45	23
2011	23	19	28	59	1	89	54	21
2012	18	15	21	61	0	91	36	14
2013	19	17	22	58	5	44	35	20
2014	23	20	26	59	4	56	43	22
2015	22	19	25	57	3	75	46	20
2016	19	16	23	57	0	56	44	16
2017	14	11	17	30	1	49	24	13
2018	13	11	16	29	0	32	27	11

LA TEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	21	16	26	44	4	78	57	15
2010	19	16	23	55	3	83	36	17
2011	21	16	25	52	0	68	51	16
2012	14	8	20	2	8	20	19	14

PORTONES								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2004	16	14	18	123	1	58	39	13
2005	20	17	23	89	0	74	51	17
2006	23	18	29	61	1	107	51	16
2007	16	13	19	70	1	49	36	14
2008	19	15	24	55	2	101	44	16
2009	15	13	19	54	4	60	33	13
2010	15	12	17	50	3	42	32	12
2011	15	13	17	60	3	44	32	12
2012	13	10	16	50	0	51	25	10
2013	16	13	20	48	1	58	31	14
2014	22	18	27	57	3	63	52	17
2015	21	18	25	52	2	64	52	20
2016	16	12	21	48	0	59	49	10
2017	15	10	20	24	1	66	30	12
2018	11	8	14	23	0	30	23	10

PRADO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2007	15	13	18	14	9	23	23	14
2008	27	22	34	59	1	159	66	24
2009	26	20	34	57	4	149	79	17
2010	19	15	24	55	2	87	53	16
2011	17	13	23	51	0	105	50	11
2012	17	13	23	25	2	65	33	14

TRES CRUCES								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	15	11	19	29	3	62	28	12
2013	22	19	25	55	3	78	39	20
2014	28	25	31	57	8	65	47	26
2015	25	22	28	57	7	61	43	23
2016	21	18	24	60	2	59	43	17
2017	15	12	19	28	4	51	23	14
2018	14	12	17	30	7	40	24	12

Tabla 7 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación HN

La Ilustración 15 es el diagrama de cajas por año y en la Ilustración 16 se muestra la tendencia de los promedios anuales, hay una ligera tendencia a la baja en los promedios anuales de este parámetro.

En la Tabla 8 se informa el total anual para el departamento de Montevideo desde que se mide este contaminante.

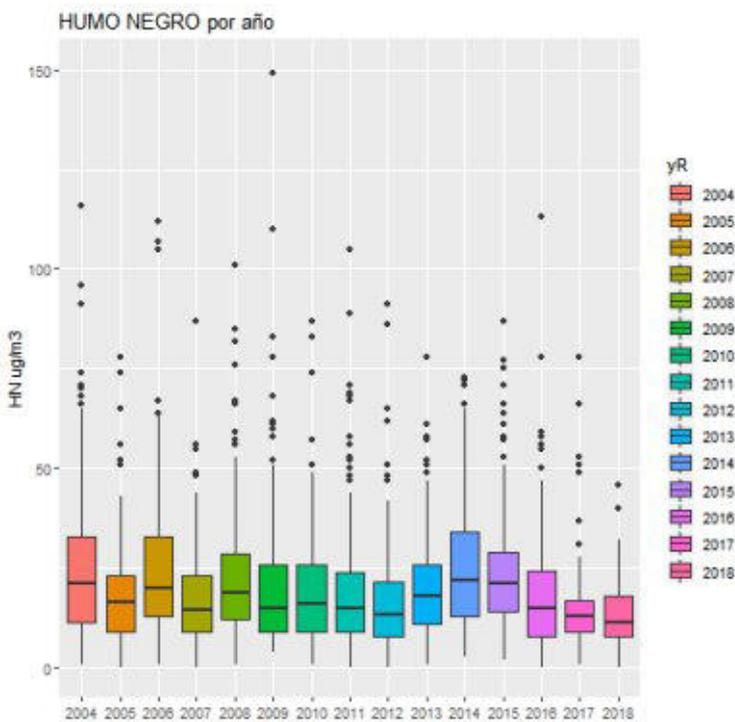


Ilustración 15 Distribución anual de Humo Negro

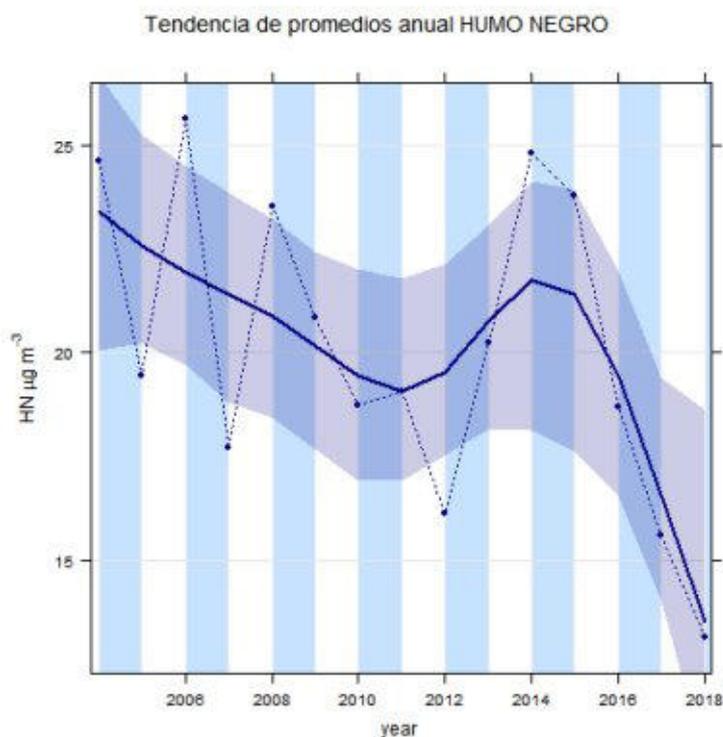


Ilustración 16 Promedios anuales HN

Fecha	Promedio ug/m3	IGinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	HUMO NEGRO	
							Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2004	25	22	27	246	1	116	58	21
2005	19	16	23	143	0	161	51	17
2006	26	22	29	125	1	112	60	20
2007	18	15	20	140	0	87	42	14
2008	24	21	26	169	1	159	57	19
2009	21	18	23	214	4	149	54	15
2010	19	17	21	217	1	87	43	16
2011	19	17	21	222	0	105	48	15
2012	16	14	18	186	0	91	36	14
2013	20	19	22	211	1	78	44	18
2014	25	23	27	233	3	73	52	22
2015	24	22	26	224	2	173	53	21
2016	19	17	21	219	0	113	45	15
2017	15	13	18	112	1	78	34	13
2018	13	12	15	112	0	46	27	12

Tabla 8 Resultados promedios anuales de Montevideo HN

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.

Los resultados para el año 2018 se muestran en la Ilustración 17, y en la Ilustración 18 se han graficado los promedios mensuales para cada estación, donde puede verse que hay faltante de datos para el año en las estaciones Ciudad Vieja, Curva de Maroñas, Portones y Tres Cruces.

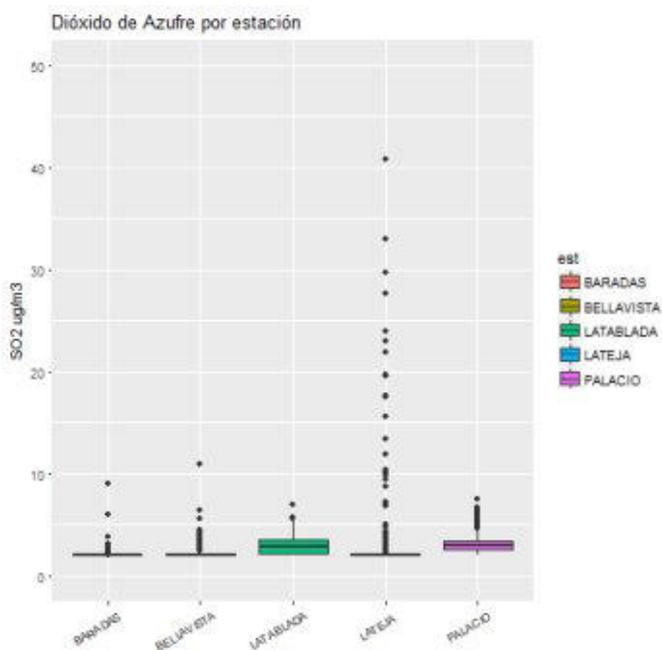


Ilustración 17 SO₂ 2018 por estación

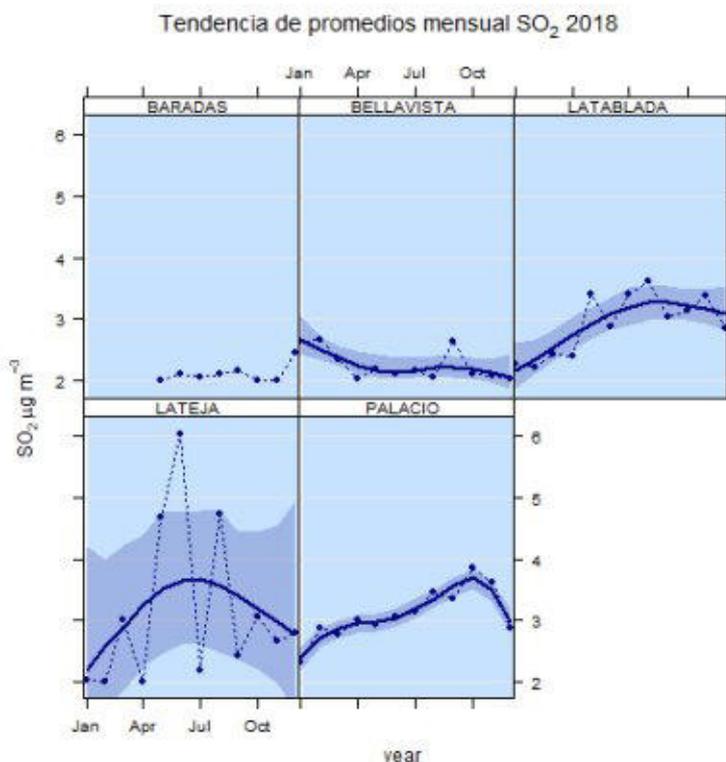


Ilustración 18 Promedios mensuales 2018

BARRADAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2018	2	2	2	200	2	9	3	2

BELLA VISTA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2014	4	4	5	98	2	15	9	4
2015	3	3	4	365	2	15	8	2
2016	3	3	3	365	2	10	6	2
2017	3	3	4	347	2	13	11	2
2018	2	2	2	365	2	11	4	2

LA TABLADA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	20	18	22	269	2	136	42	17
2010	14	13	16	331	2	89	38	10
2011	12	11	13	356	2	83	34	8
2012	8	7	9	362	2	61	23	5
2013	4	4	4	365	2	36	10	3
2014	3	2	3	355	2	12	5	2
2015	3	3	3	364	2	15	6	2
2016	3	3	3	362	2	34	4	2
2017	3	3	3	354	2	8	5	2
2018	3	3	3	365	2	7	4	3

LA TEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	15	13	18	365	2	250	57	8
2013	12	10	14	350	2	151	45	6
2014	4	3	5	330	2	88	12	2
2015	3	3	3	356	2	45	6	2
2016	6	5	7	316	2	113	17	2
2017	2	2	3	342	2	68	2	2
2018	3	3	4	356	2	41	9	2

PALACIO LEGISLATIVO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2011	19	16	23	284	2	171	104	7
2012	27	24	30	363	2	150	78	19
2013	14	12	16	362	2	149	50	7
2014	10	9	11	353	2	89	21	10
2015	9	8	9	364	2	27	17	9
2016	3	3	4	366	2	54	8	2
2017	2	2	3	354	2	7	4	2
2018	3	3	3	364	2	7	5	3

Tabla 9 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación

En la Tabla 9, se informan los datos por año desde que se mide este parámetro.

La Ilustración 18 presenta el diagrama de cajas por año, y la Ilustración 19 la tendencia de los promedios anuales. En ambas se evidencia la tendencia a la baja de este contaminante.

A partir del año 2014 la concentración promedio desciende en forma significativa, este resultado es consistente con la puesta en funcionamiento de la planta desulfurizadora de ANCAP, que redujo la concentración de azufre en los combustibles.

En la Tabla 10 se resumen los totales anuales para Montevideo.

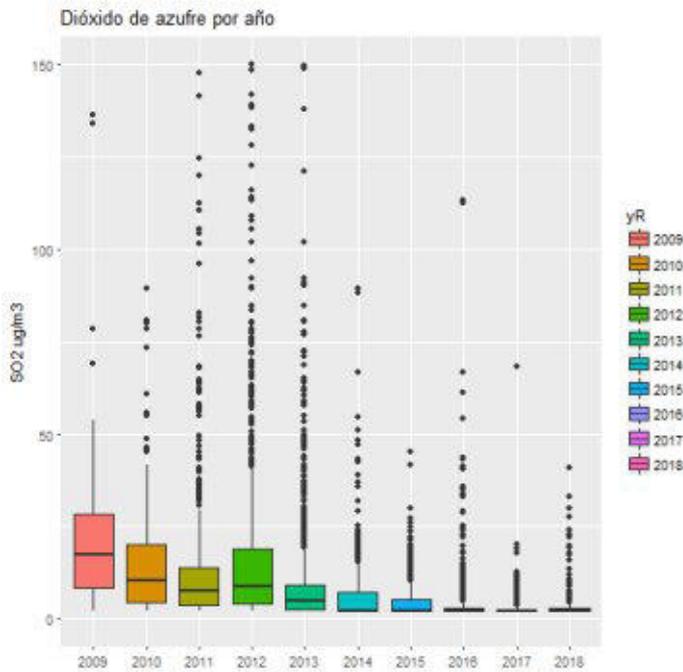


Ilustración 19 Distribución anual de SO2

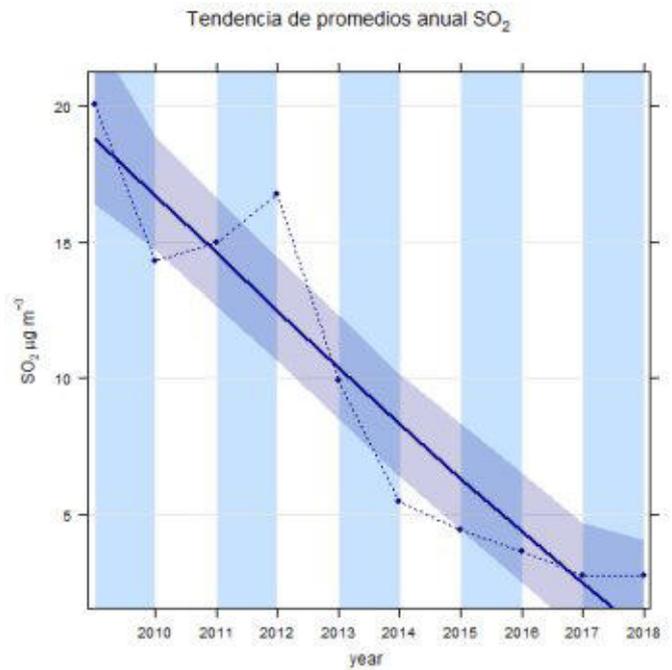


Ilustración 20 Promedios anuales de Montevideo

Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	DIOXIDO DE AZUFRE	
							Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	20	18	22	269	2	136	42	17
2010	14	13	16	331	2	89	38	10
2011	15	13	17	640	2	171	57	7
2012	17	15	18	1,090	2	250	59	9
2013	10	9	11	1,077	2	151	39	5
2014	5	5	6	1,136	2	89	15	2
2015	4	4	5	1,449	2	45	13	2
2016	4	3	4	1,409	2	113	9	2
2017	3	3	3	1,397	2	68	5	2
2018	3	3	3	1,650	2	41	4	2

Tabla 10 Resultados promedios anuales de Montevideo SO2

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 2018 están operativas siete estaciones.

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

Los diagramas de cajas para los valores horarios en el año 2018 se muestran en la Ilustración 21, y en la Ilustración 22 se han graficado los promedios mensuales para cada estación.

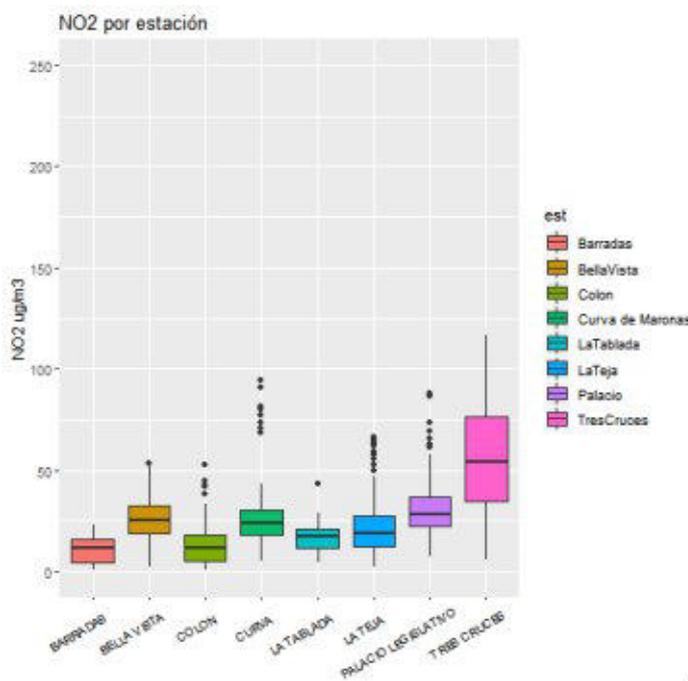


Ilustración 21 NO₂ 2018 por estación

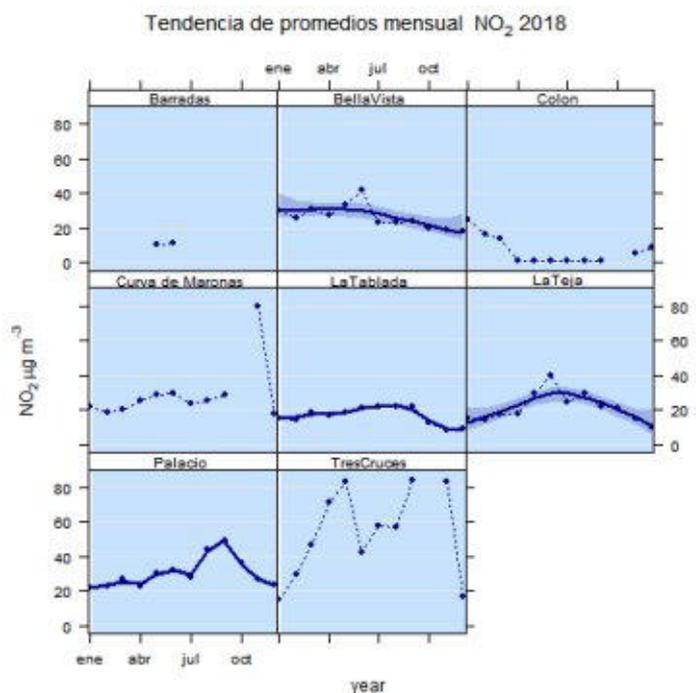


Ilustración 22 Promedios mensuales de 2018

BELLA VISTA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2014	34	32	35	102	2	53	46	34
2015	30	29	31	365	11	70	46	30
2016	16	15	16	366	8	29	23	16
2017	22	21	22	349	1	45	36	19
2018	26	25	27	362	2	54	43	25

COLON								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2017	39	38	41	354	7	87	63	38
2018	40	35	47	64	3	104	81	34
2017	30	28	33	248	4	104	73	24
2018	55	52	59	245	6	116	99	54

CURVA DE MARONAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2017	32	29	34	229	3	111	75	29
2018	25	24	27	298	5	94	41	24

LA TEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	19	18	21	365	2	57	37	19
2013	17	16	18	335	2	87	34	16
2014	21	20	23	316	2	43	36	22
2015	23	22	24	279	6	65	39	22
2016	24	22	26	59	6	41	36	25
2017	22	21	23	179	2	54	36	21
2018	21	20	22	358	2	66	44	19

PALACIO LEGISLATIVO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2011	38	35	40	285	2	136	77	34
2012	37	35	39	363	2	107	67	35
2013	28	27	30	362	2	72	52	27
2014	24	23	26	353	2	126	52	22
2015	19	18	19	364	4	35	28	19
2016	19	18	20	366	5	46	34	18
2017	22	21	23	353	4	52	41	20
2018	30	29	32	362	7	88	54	28

LA TABLADA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	26	24	27	269	2	70	48	26
2010	29	27	32	331	2	132	81	25
2011	25	23	26	356	2	105	55	22
2012	16	15	18	362	2	45	33	15
2013	16	15	16	365	2	46	28	14
2014	21	20	22	355	2	69	39	24
2015	18	17	18	364	3	39	27	17
2016	17	17	18	366	2	37	26	17
2017	16	15	16	354	5	31	27	14
2018	17	16	17	365	4	43	26	18

TRES CRUCES								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2015	39	38	41	354	7	87	63	38
2016	40	35	47	64	3	104	81	34
2017	30	28	33	248	4	104	73	24
2018	55	52	59	245	6	116	99	54

Tabla 11 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación NO2

En la Tabla 11, se informan los datos por año desde que se mide este parámetro con los estadísticos de interés. Se han incluido los Intervalos de confianza para la media anual.

La Ilustración 23 muestra el diagrama de cajas y en la Ilustración 24 los promedios anuales.

En la Tabla 11 se resumen los totales anuales para Montevideo, no se evidencia una disminución clara de los promedios anuales.

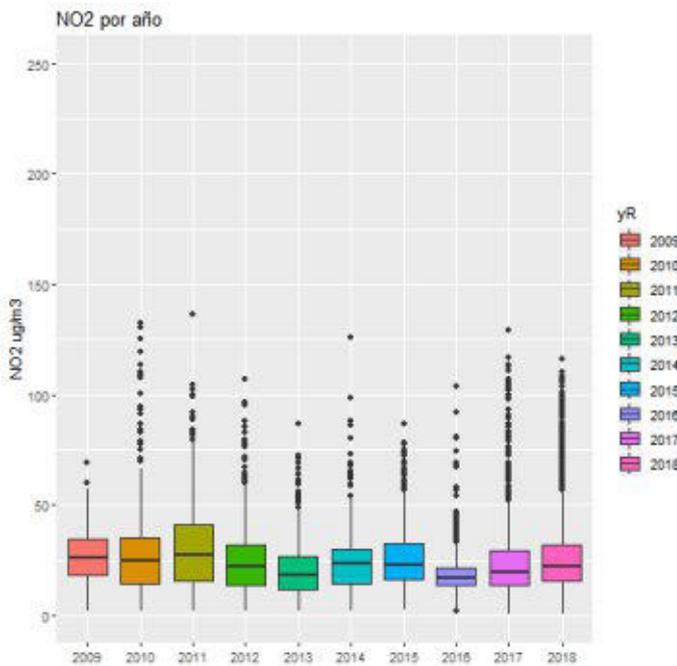


Ilustración 23 Distribución anual de NO2

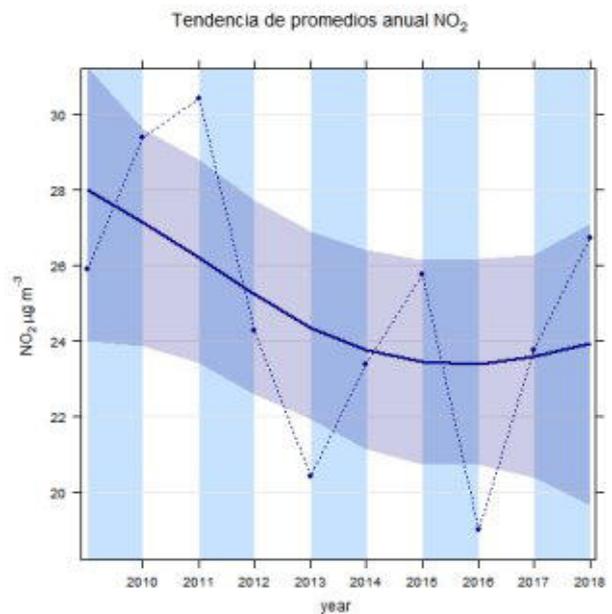


Ilustración 24 Promedios anuales de valores horarios de Montevideo

DIOXIDO DE NITROGENO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	26	24	27	269	2	70	48	26
2010	29	27	32	331	2	132	81	25
2011	30	29	32	641	2	136	68	27
2012	24	23	25	1,090	2	107	52	22
2013	20	20	21	1,062	2	87	43	18
2014	23	23	24	1,126	2	126	42	24
2015	26	25	26	1,726	3	87	51	23
2016	19	18	20	1,221	2	104	34	17
2017	24	23	24	1,762	1	129	52	20
2018	27	26	27	2,147	0	116	65	23

Tabla 12 Resultados promedios anuales de Montevideo NO2

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 2018 se cuenta con equipos operativos en cuatro estaciones. Todas utilizan equipos de espectrofotometría IR y las determinaciones se realizan en forma horaria.

Los diagramas de cajas para los valores horarios en el año 2018 se muestran en la Ilustración 25, y en la siguiente (Ilustración 26) se han graficado los promedios mensuales para cada estación.

En la Tabla 13, se informan los datos por año desde que se mide este parámetro con los estadísticos

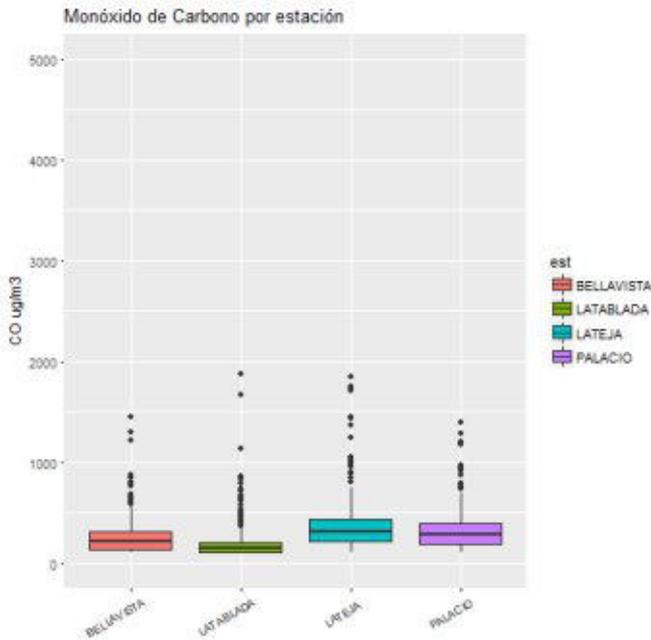


Ilustración 25 CO 2018 por estación

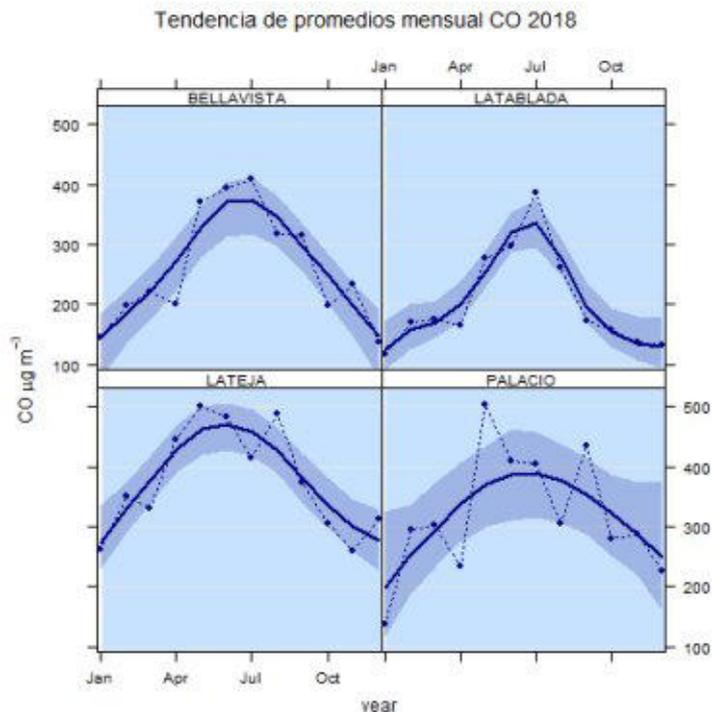


Ilustración 26 Promedios mensuales horario 2018

BELLA VISTA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2014	272	239	311	102	200	1,283	497	213
2015	410	377	445	365	200	3,683	920	288
2016	376	343	412	363	200	2,704	1,002	250
2017	441	406	476	338	200	1,904	1,145	292
2018	263	245	283	362	100	1,449	607	215

LA TABLADA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	292	274	313	269	200	1,567	565	225
2010	280	255	310	331	200	2,779	615	200
2011	1,031	901	1,175	356	200	7,879	3,847	325
2012	463	426	503	362	200	3,975	1,098	323
2013	624	598	653	365	500	2,542	1,094	517
2014	500	469	534	355	200	3,396	916	500
2015	400	368	432	364	200	2,958	958	262
2016	629	579	680	365	200	3,392	1,440	488
2017	348	318	379	354	200	2,533	920	233
2018	203	185	224	356	100	1,871	480	146

LA TEJA								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2012	551	522	584	365	200	2,554	1,180	442
2013	576	538	618	317	400	3,340	1,422	433
2014	559	524	596	332	200	3,708	1,119	479
2015	488	454	524	357	200	2,938	1,104	373
2016	464	427	505	319	200	2,471	1,151	333
2017	422	394	453	343	200	2,239	936	345
2018	377	350	405	359	100	1,845	896	315

PALACIO LEGISLATIVO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2011	406	388	424	285	200	1,086	500	500
2012	561	533	592	365	400	2,554	1,186	454
2013	595	561	632	365	400	2,625	1,352	458
2014	547	517	581	365	200	3,708	1,078	462
2015	540	502	580	364	200	3,355	1,227	421
2016	449	413	489	365	200	3,007	1,115	310
2017	302	280	325	354	100	1,696	631	252
2018	318	299	338	364	100	1,392	657	280

Tabla 13 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación CO

de interés. Se han incluido los Intervalos de confianza para la media anual.

La Ilustración 27 muestra el diagrama de cajas por año para toda la Red, en la Ilustración 28 se muestra la tendencia definida de los promedios anuales.

En la Tabla 14 se resumen los totales anuales para Montevideo.

Las concentraciones observadas, están muy por debajo del estándar que, para valores horarios es 30000µg/m3, mientras que el máximo registrado en el año 2018 no alcanzó 2000µg/m3.

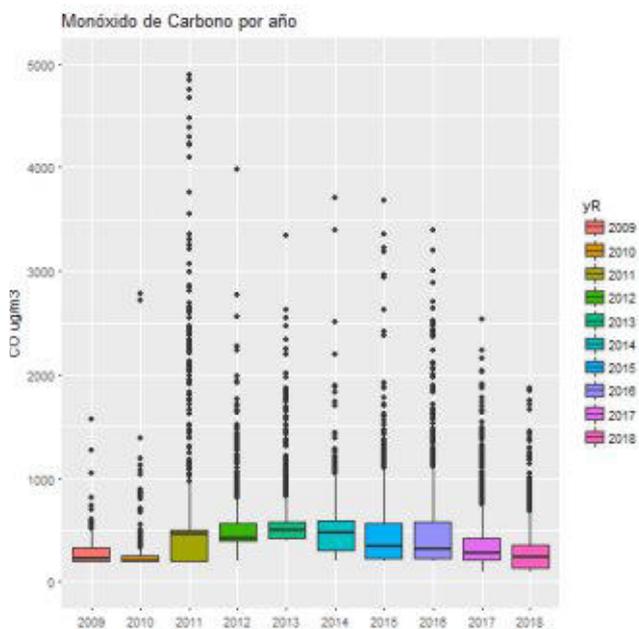
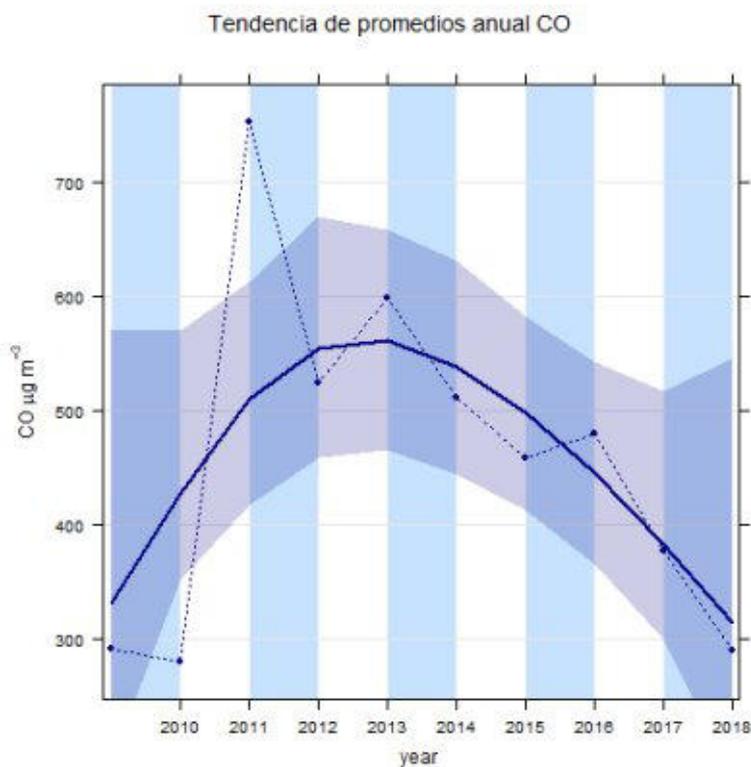


Ilustración 27 Distribución anual de CO

Ilustración 28 Promedios anuales de valores horarios en Montevideo



MONOXIDO DE CARBONO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2009	292	274	313	269	200	1,567	565	225
2010	280	256	309	331	200	2,779	615	200
2011	753	672	838	641	200	7,879	2,654	479
2012	525	506	545	1,092	200	3,975	1,181	425
2013	599	580	619	1,047	400	3,340	1,311	500
2014	512	494	530	1,154	200	3,708	1,068	479
2015	459	442	478	1,450	200	3,683	1,059	346
2016	480	458	501	1,412	200	3,392	1,219	317
2017	377	362	392	1,389	100	2,533	944	275
2018	291	280	302	1,441	100	1,871	685	241

Tabla 14 Resultados promedios anuales de Montevideo CO

3.2.4 Ozono (O₃)

En el año 2018 se midió ozono en las estaciones Curva de Maroñas y Colón. Para ello se utilizan equipos con semiconductor sensible al gas.

En la Ilustración 31 se graficó el promedio móvil de 8 horas, y en la Ilustración 32 se han graficado

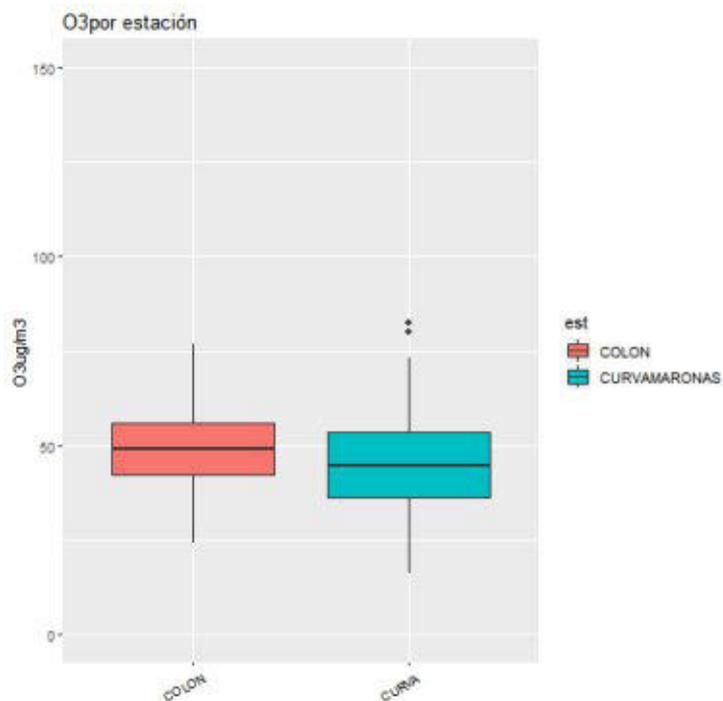


Ilustración 29 O₃ 2018 por estación

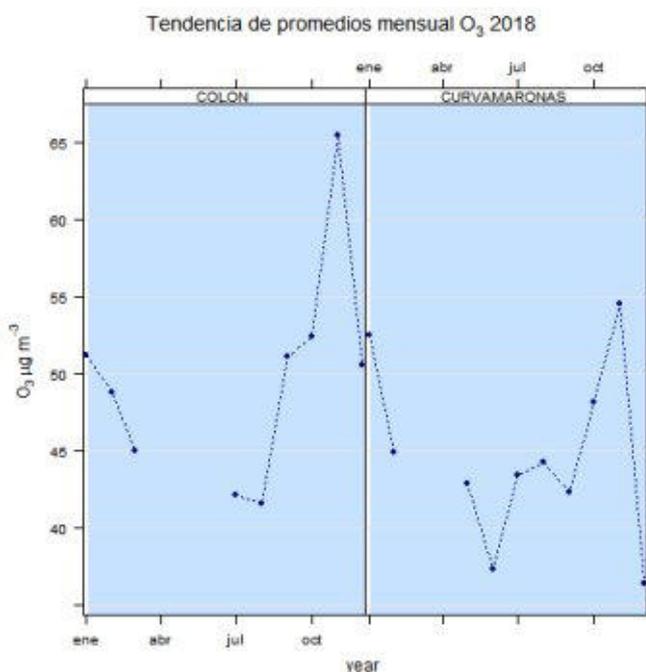


Ilustración 30 Promedios mensuales de valores horarios

Tabla 15 Resultados Anuales de todas las estaciones de Montevideo desde el comienzo de operación O3

COLON								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2017	60	57	62	57	34	86	77	58
2018	49	48	50	207	24	77	65	49

CURVA DE MARONAS								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2017	61	59	63	229	26	126	93	60
2018	45	44	47	246	16	82	65	45

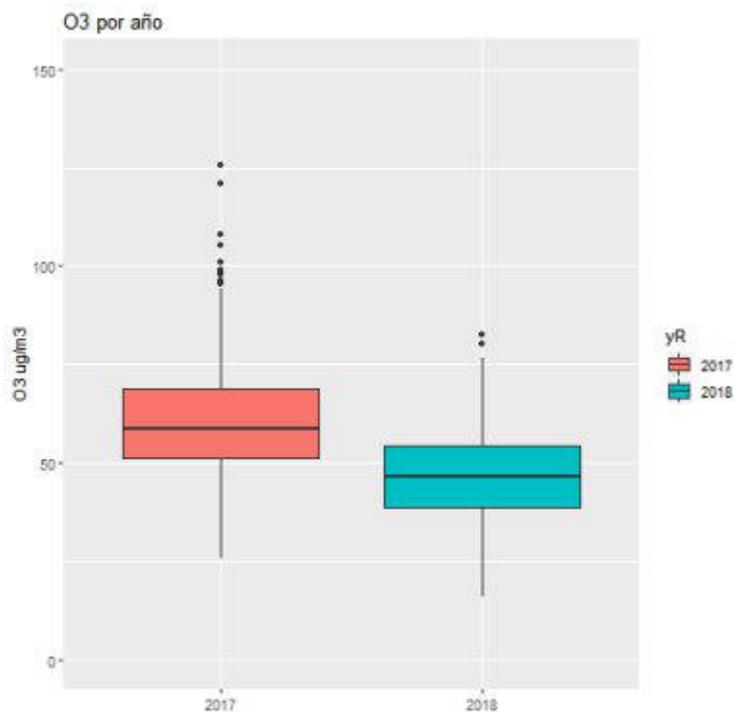


Ilustración 31 Distribución promedio anual O3

OZONO								
Fecha	Promedio ug/m3	ICinf ug/m3	ICsup ug/m3	N	Min ug/m3	Max ug/m3	Perc_0.95 ug/m3	Mediana ug/m3
2017	61	59	63	286	26	126	89	59
2018	47	46	48	453	16	82	65	47

Tabla 16 Resultados promedios anuales de Montevideo O3

los promedios mensuales. En la Tabla 17 se han resumido los datos del año 2018.

3.3 Resumen de resultados año 2018

Los resultados que se consideran relevantes a efectos de caracterizar la calidad del aire correspondiente al año 2018 se resumen en la Tabla 17

PARTICULADO TOTAL		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Colon	49	93.3%

MATERIAL PARTICULADO PM10		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Curva de Maronas	26	100.0%
Portones	24	100.0%
Tres Cruces Manual	21	100.0%

HUMO NEGRO		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Curva de Maronas	13	100.0%
Ciudad Vieja	13	96.7%
Portones	11	76.7%
Tres Cruces	14	100.0%

DIOXIDO DE NITROGENO		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Bella Vista	26	99.2%
Colon	13	36.7%
Curva de Maronas	25	81.6%
La Tablada	17	100.0%
La Teja	21	98.1%
Palacio Legislativo	30	99.2%
Tres Cruces	55	67.1%

OZONO		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Colon	49	56.7%
Curva de Maronas	45	67.4%

MATERIAL PARTICULADO PM10		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Bella Vista	15	100.0%
La Tablada	15	98.9%
Palacio Legislativo	18	99.7%
Tres Cruces	26	98.6%

MATERIAL PARTICULADO PM2.5		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Barradas	12	58.4%
Colon	11	97.5%
Curva de Maronas	12	98.4%
Ciudad Vieja	10	100.0%
La Teja	12	98.1%

DIOXIDO DE AZUFRE		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Barradas	2	54.8%
Bella Vista	2	100.0%
La Tablada	3	100.0%
La Teja	3	99.7%
Palacio Legislativo	3	97.5%

MONOXIDO DE CARBONO		
Estacion	Promedio ug/m3	N
Bella Vista	263	99.2%
La Tablada	203	97.5%
La Teja	377	98.4%
Palacio Legislativo	318	99.7%

Tabla 17 Resumen 2018

4

BIBLIOGRAFIA

- 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 en 21/03/201 <<http://sis.nlm.nih.gov/enviro/iupacglossary/frontmatter.html>>
- 2- **The National Association of Clean Air Agencies (NACAA)**. Consultado el 21/03/2019 <<http://www.4cleanair.org>>
- 3- **Selected Methods of Measuring air Pollutants- OECD Filter Soiling Methods** Ch1 pp 17-27, WHO 1976. ISBN 9241700246 https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/37047/WHO_OFFSET_24.pdf?sequence=1&isAllowed=y 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 <http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/es/> consultado marzo 2015
- 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- **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 21/03/201

13- **Ambient air monitoring network assessment guidance. (2007)** EPA United States- Environmental Protection Agency. Consultado en marzo 2015 <http://www.epa.gov/ttnamti1/files/ambient/pm25/datamang/network-assessment-guidance.pdf>

14- **INDICE DE CALIDAD DE AIRE.** Marco conceptual y cálculos. Actualización 2010. Intendencia de Montevideo, Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental <http://www.montevideo.gub.uy/servicios-y-sociedad/ambiente/aireservicios-y-sociedad/ambiente/aire/icaire> Consultado en marzo 2015

15- **Monitor Network . Operating schedules.** Federal Register 40-V-I-C-58-B USA (Title 40: Protection of Environment; Volumen 5; Capitulo I (Environmental Protection Agency); Subcapitulo C (Air Programs)- Parte 58 (Ambient Air quality surveillance), Subparte B (Monitor Network); Numeral 58,12).

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)
DINAMA	Dirección Nacional de Medio Ambiente (MVOTMA)
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 μ m de diámetro aerodinámico
PM _{2,5}	Partículas menores de 2,5 μ 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 ₂	Dióxido de azufre
TRS	Compuestos de azufre reducido
μ g	Microgramos
μ m	Micrómetros
UTE	Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas
WHO	World Health Organization (OMS)

6

INDICE

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 Resumen de los resultados por estación de monitoreo	13
2.1 ICAire Comunicación de Resultados	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	21
2.6 Estación 8 Colón	23
2.7 Estación La Tablada	25
2.8 Estación Palacio Legislativo	27
2.9 Estación La Teja	29
2.10 Estación Bella Vista	31
2.11 Estación Barradas	33
2.12 Categoría de ICAire por parámetros para todas las muestras del año 2018	35
3 Calidad del aire año 2018	36
3.1 Material particulado	36
3.1.1 Partículas totales en suspensión	36
3.1.2 Material Particulado menor de 10 micras	40
3.1.3 Material Particulado menor de 2.5 micras	45
3.1.4 Material Particulado Humo Negro	48
3.2 Gases	52
3.2.1 Dióxido de azufre	52
3.2.2 Dióxido de nitrógeno	55
3.2.3 Monóxido de carbono	58

3.2.4 Ozono	61
3.3 Resumen de resultados 2018.	63
4 Bibliografía	64
5 Abreviaturas	66
6 Índice	67