

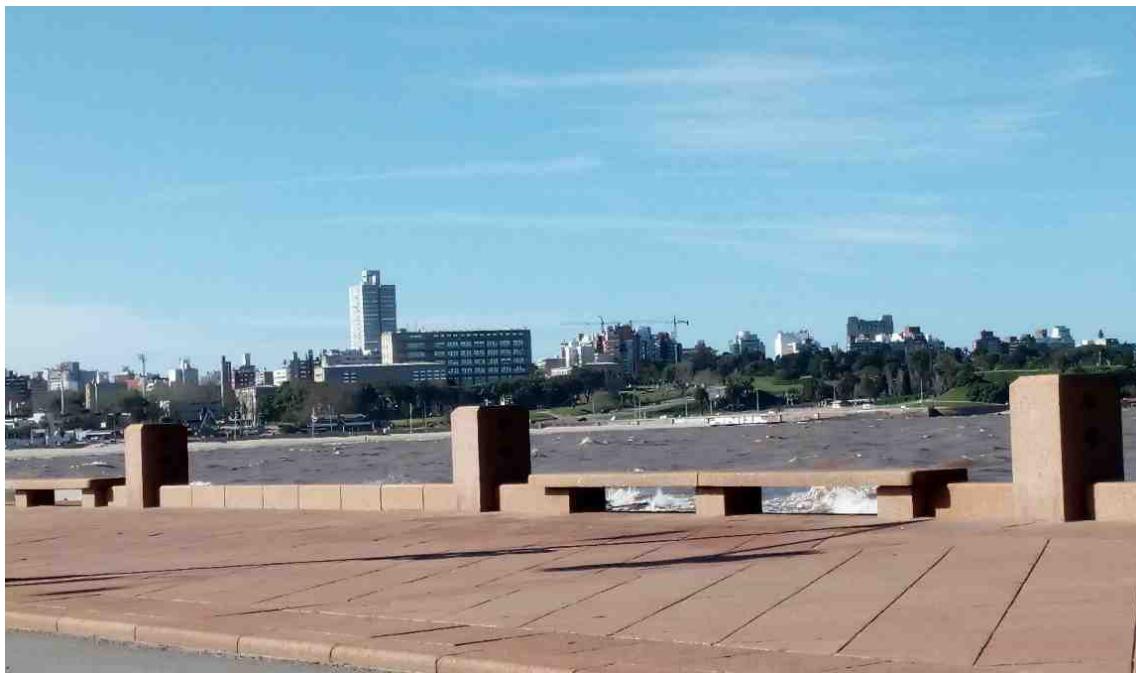


Intendencia  
de Montevideo

# INFORME DE CALIDAD DE AIRE

## Años 2016

**Informe anual**



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

## **AUTORIDADES GOBIERNO DEPARTAMENTAL**

Sr. Intendente  
Daniel Martinez

Sr. Secretario General  
Fernando Nopitsch

Sr Director General del Departamento de Desarrollo Ambiental  
Fernando Puntigliano

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:

Jorge Acevedo  
Lucía Jorcín  
Alejandro Olivera

**Unidad Calidad de Aire**

**Servicio Evaluación de la Calidad y Control Ambiental**

**Camino al Faro s/n, Punta Carretas**

**CP 11300 - Montevideo Uruguay**

**Telefax: 598 2711 2406 al 08**

**calidadcontrolambiental@imm.gub.uy**

**www.montevideo.gub.uy**

## RESUMEN EJECUTIVO

En el año 2016, la Red de Monitoreo operó cinco estaciones que se encuentran distribuidas con el objetivo de evaluar la calidad del aire de base del departamento de Montevideo. La Red Base opera mayoritariamente de forma integrativa con exposición continua de 24 horas cada seis días, con estaciones ubicadas en Ciudad Vieja, Tres Cruces, Curva de Maroñas, Portones de Carrasco y Colón. En el año 2014 se incorporaron dos equipos automáticos de material particulado en las estaciones Ciudad Vieja y Tres Cruces.

A partir del año 2009, gradualmente, se fueron incorporando datos de dos estaciones automáticas propiedad de la Administración Nacional de Usinas y Transmisiones Eléctricas (UTE) y una de la Administración Nacional de Combustibles, Alcohol y Portland (ANCAP). La primera se sumó a la Red ya existente en el año 2009, estando ubicada en la zona de Colón (La Tablada) y operada por técnicos de UTE. Durante el año 2011 se incorporaron en iguales condiciones los datos de una estación ubicada en las inmediaciones del Palacio Legislativo. Los registros son remitidos semanalmente y procesados en la Unidad Calidad de Aire. Dichas estaciones de UTE están localizadas con el objetivo de evaluar el impacto de las centrales termoeléctricas Batlle y La Tablada, equipadas para medir material particulado menor de 10 micras, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y monóxido de carbono y, en el caso de La Tablada, parámetros meteorológicos.

En el año 2012 se firmó un convenio de colaboración con ANCAP a partir del cual se cuenta con datos provenientes de una tercera estación automática, ubicada en la zona de La Teja, en las cercanías de la refinería. Se encuentra equipada para medir material particulado menor de 2.5 micras, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, compuestos de azufre reducido, monóxido de carbono y parámetros meteorológicos. La estación incluye la posibilidad de visualizar en línea las concentraciones de los diferentes parámetros determinados en la estación.

En este informe se presentan los resultados obtenidos por la Red de Monitoreo de la Calidad de Aire de Montevideo en el año 2016 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<sub>n</sub>; la n corresponde al diámetro aerodinámico de las partículas retenidas (usualmente expresado en  $\mu\text{m}$ ). El diámetro aerodinámico (da) se define como el 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 en cuestión.

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

La porción de material particulado proveniente de combustiones incompletas contiene una alta concentración de carbono inorgánico 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.

Para expresar la concentración de Humo Negro, en este informe se utiliza la cantidad de especies que disminuyen la reflectancia de la luz por metro cúbico, medida en unidades internacionales de humo negro.

### **1.2.1.2 Metodología de medida**

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

Los equipos denominados de alto volumen aspiran aproximadamente 1700  $\text{m}^3$  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  $\mu\text{m}$  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 m<sup>3</sup> en 24 horas. El material particulado es retenido en un filtro donde posteriormente se determina la reflectancia y se correlaciona con un modelo de índice de oscurecimiento en función de la masa retenida. Las dimensiones del equipo, características del ensayo y curvas del modelo están descritas en los procedimientos publicados en Selected Methods of Measuring Air Pollutants por la Organización Mundial de la Salud. Una imagen de un tren de monitoreo se muestra en la Ilustración 1.2

### Estaciones continuas de material particulado

Los equipos que se utilizan para la medición de material particulado en las estaciones automáticas son del tipo atenuación beta o dispersión de luz (Ilustración 1.3) . En algunos casos están configurado para la detección de PM10 y en otros para la detección de PM2.5.

Para los equipos de atenuación beta 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.



Ilustración 1.1 Equipo Automático de Material Particulado Lighscatering



Ilustración 1.2 Hi Vol configurado para PM10

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.

## 1.2.2 Gases

### 1.2.2.1 Definición

En los años 2016 y 2017 se determinaron; dióxido de azufre ( $\text{SO}_2$ ), dióxido de nitrógeno ( $\text{NO}_2$ ), 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.



Ilustración 1.3 Tren de Monitoreo

### 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 m<sup>3</sup> en 24 horas. El gas es retenido en una solución de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y posteriormente se determina la concentración de SO<sub>2</sub> y la acidez de la solución. La determinación de SO<sub>2</sub> retenido en 24 horas se realiza por un método analítico selectivo al ion sulfato (SO<sub>4</sub><sup>=</sup>), y la acidez mediante una valoración ácido-base. Las dimensiones del equipo y las 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 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.



Ilustración 1.4 Estación Automática de Gases



Ilustración 1.5 Equipo con sensores para medir NO<sub>2</sub> y O<sub>3</sub>

**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 NO<sub>2</sub>, previamente se procede a la conversión de NO<sub>2</sub> a NO, generalmente usando convertidores químicos del tipo de carbón activado o molibdeno.

En las estaciones Tres Cruces y Curva de Maroñas, se determina NO<sub>2</sub> con sensores de tipo electroquímico. 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 SO<sub>2</sub> en el aire antes que ingrese a la unidad analizadora.

## 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.

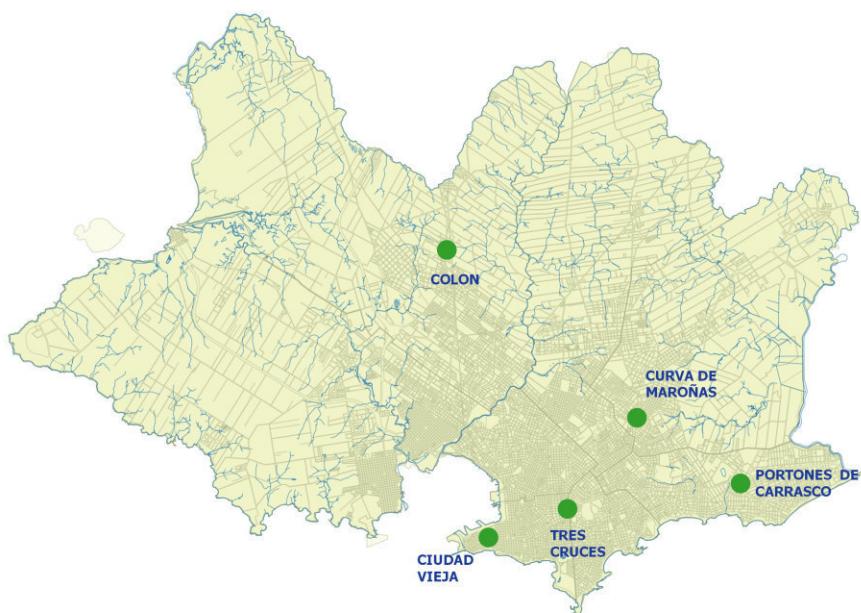


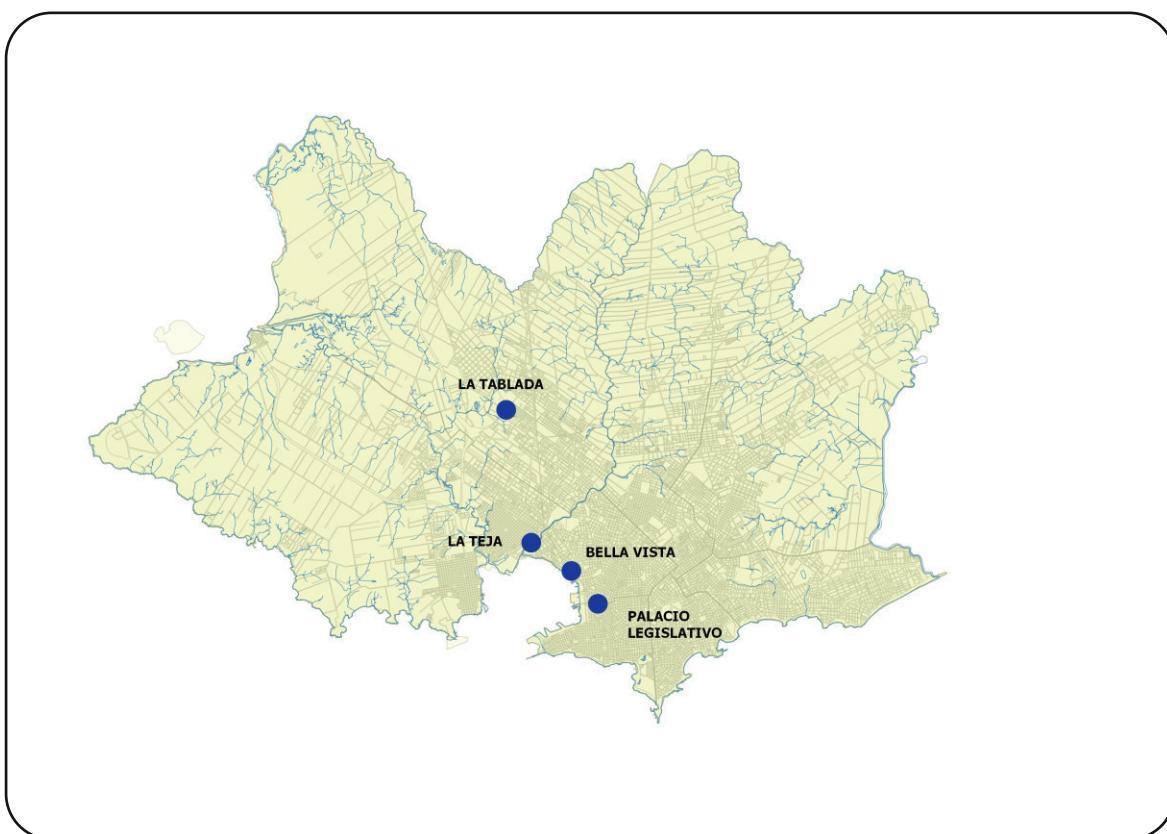
Ilustración 1.6 Mapa Red Base

Nombre	Referencia	Dirección	Material Particulado					Tras de monitoreo
			PTS	PM10	PM2,5	NO2	O3	
Ciudad Vieja	Academia Uruguay Asociación de Bancarios del Uruguay.	Rincón y JC Gómez Camacuá y Reconquista		X			X	
Tres Cruces	Shopping Tres Cruces	Br Artigas y V Haedo	X		X	X	X	
Curva de Maroñas	Centro Comunal Zonal 9	Av. 8 de Octubre y Marcos Sastre	X	X	X	X	X	
Portones de Carrasco	Policlínica Lugo – Casa de Galicia	Av Italia y Av Bolivia	X					X
Colón	Servicio de Máquinas MTOP	Garzón y Camino Colman	X		X	X	X	

Tabla 1.1 Configuración de la Red Base

### 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.



Nombre	Propietario	Dirección	PM10	PM2.5	SO2	NO2	CO	TRS	Parámetros Meteorológicos
La Teja	ANCAP	Del Cid y Yañez Pinzón		X		X	X	X	X
Palacio Legislativo	UTE	Guatemala y Acuña de Figueroa	X		X	X	X		
La Tablada	UTE	Teofilo Díaz y Máximo Santos	X		X	X	X		X
Bella Vista	UTE	Río Grande y Dionisio Carbalal	X		X	X	X		X

Tabla 1.2 Configuración de la Red Orientada a Fuentes Significativas

## 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

Contaminante	Periodo	DINAMA	Union Europea	OMS-GCA	IM
PM10	24h	100 ug/m <sup>3</sup>	50 ug/m <sup>3</sup>	50 ug/m <sup>3</sup>	
	Anual	50 ug/m <sup>3</sup>	20 ug/m <sup>3</sup>	20 ug/m <sup>3</sup>	
PM2.5	24h	50 ug/m <sup>3</sup>	—	25 ug/m <sup>3</sup>	
	Anual	35 ug/m <sup>3</sup>	25 ug/m <sup>3</sup>	10 ug/m <sup>3</sup>	
PTS	24h				150 ug/m <sup>3</sup>
	Anual				75 ug/ug/m <sup>3</sup>
SO2	1hora	300 ug/m <sup>3</sup>	300 ug/m <sup>3</sup>		
	24 horas	125 ug/m <sup>3</sup>	125 ug/m <sup>3</sup>	20 ug/m <sup>3</sup>	
NO2	1hora	200 ug/m <sup>3</sup>	200 ug/m <sup>3</sup>	200 ug/m <sup>3</sup>	
	Anual	40 ug/m <sup>3</sup>	40 ug/m <sup>3</sup>	40 ug/m <sup>3</sup>	
CO	1hora	3000 ug/m <sup>3</sup>	---	---	
	8 horas	1000 ug/m <sup>3</sup>	1000 ug/m <sup>3</sup>	1000 ug/m <sup>3</sup>	
O3	8 horas	100 ug/m <sup>3</sup>	120 ug/m <sup>3</sup>	100 ug/m <sup>3</sup>	
TRS	1hora	15 ug/m <sup>3</sup>	—	—	

informe.

## 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

# **RESUMEN DE RESULTADOS POR ESTACIÓN DE MONITOREO**

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 1 con color azul) y las estaciones orientadas a evaluar el impacto de algunas fuentes significativas (indicadas en el Mapa 1 en color negro).

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 2016.

## **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 ug/m<sup>3</sup> 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 valor guía, 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://www.montevideo.gub.uy/calidad-del-aire/informes-de-calidad-de-aire>

Categorías de ICAire	VALOR ICAIRE	PTS ug/m <sup>2</sup> *	PM10 ug/m <sup>3</sup> *	PM2.5 ug/m <sup>3</sup>	Humo Negro ug/m <sup>3</sup> *	SO2 ug/m <sup>3</sup> *	NO2 ug/m <sup>3</sup> **	O3 ug/m <sup>3</sup> ***	CO mg/m <sup>3</sup> ***	TRS ug/m <sup>3</sup> *
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 Rango de concentraciones de los diferentes parámetros para cada categoría de ICAire**

\* Promedio de 24 horas de monitoreo

\*\* Máximo horario en 24 horas de monitoreo

\*\*\* Máximo de promedio de 8 horas en 24 horas de monitoreo

**PTS:** Material Particulado Total

**PM10** Material Particulado menor de 10 micras de diámetro efectivo

**PM2.5:** Material Particulado menor de 2,5 micras de diámetro efectivo

**Humo Negro:** Black Smoke parámetro método definido

**SO2:** Dióxido de azufre

**NO2;** Dióxido de nitrógeno

**CO:** Monóxido de carbono

**O3:** Ozono

**TRS:** Compuestos de azufre reducido

## 2.2 Estación 1: Ciudad Vieja

Estación de Base

### Academia Uruguay

UTM21 S  
SIRGAS 2000      X=572795      Altura sobre Nivel del mar 20m  
Y=6137106      Elevación desde la calzada 9 m

### Sede de Asociación de Empleados Bancarios de Uruguay

UTM21 S  
SIRGAS 2000      X=572831      Altura sobre Nivel del mar 14m  
Y=6136758      Elevación desde la calzada 3 m

Parámetro	Unidades	Método de medida	Período evaluado
Material Particulado PM2.5	PM10	ug/m <sup>3</sup>	Light Scattering
Humo Negro	HN	ug/m <sup>3</sup>	Reflectometría
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Cromatografía Iónica

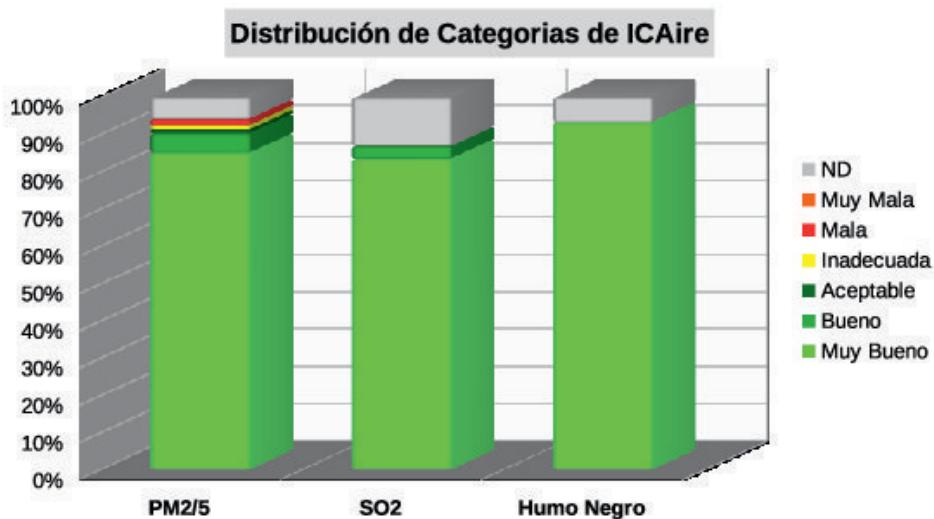


Estación Ciudad Vieja

	Promedio (ug/m <sup>3</sup> )	IC (ug/m <sup>3</sup> )	Número de Muestras	Máximo (ug/m <sup>3</sup> )	Mínimo (ug/m <sup>3</sup> )	Percentil 95 (ug/m <sup>3</sup> )
PM2.5	13	(12-15)	344	115	3	34
SO <sub>2</sub>	5	(3-6)	57	39	1	17
Humo Negro	19	(16-23)	57	115	3	34

Tabla 2.2 Resultados Estación 1 Ciudad Vieja

Categorías ICAIRE	PM2/5	SO2	Humo Negro
Muy Bueno	85%	84%	93%
Bueno	5%	3%	0%
Aceptable	1%	0%	0%
Inadecuada	1%	0%	0%
Mala	2%	0%	0%
Muy Mala	0%	0%	0%
ND	6%	13%	7%



Esta estación caracteriza a toda la zona, estando ubicada físicamente en dos sitios diferentes. En uno se encuentra el tren de monitoreo para la determinación de Humo Negro y SO<sub>2</sub>; en este sitio se realizan monitoreos integrativos de 24 horas, cada seis días. En el otro se encuentra un equipo automático que registra datos de concentración de PM 2.5 que se procesa en forma horaria.

En el año 2016, se tomaron 57 muestras del tren de monitoreo, y en la estación automática se registraron valores durante 344 días, lo que representa el 94% del año.

Los porcentajes de las diversas categorías de calidad de aire reportadas se muestran en la Ilustración 2. El 100% de muestras de Humo Negro , 96% de dióxido de azufre y el 90% de PM 2.5 se encuentran dentro de la categoría MUY BUENA.

Diez días del año 2016 (3% ) se registraron valores de PM2.5 promedios diarios mayores de 50 ug/m<sup>3</sup> por lo que la categoría fue INADECUADA (4 días) y MALA (6 días). Estos eventos se registraron en mayo (3 días), en junio (4 días) y en agosto (2 días).

## 2.3 Estación 5: Tres Cruces

### Estación de Base

#### Terminal Tres Cruces

UTM21 S  
SIRGAS 2000

X=576222      Altura sobre Nivel del mar 48m  
Y=6138371      Elevación desde la calzada 10 m

Parámetro	Unidades	Método de medida	Período evaluado
Material Particulado PM10	PM10	ug/m <sup>3</sup>	Gravimetría 24 horas cada 6 días
Humo Negro	HN	ug/m <sup>3</sup>	Reflectometría 24 horas cada 6 días
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Cromatografía Iónica 24 horas cada 6 días
Material Particulado PM 10	PM10	ug/m <sup>3</sup>	Light Scattering Promedio Horario
Dióxido de Nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Sensor Electroquímico Promedio Horario



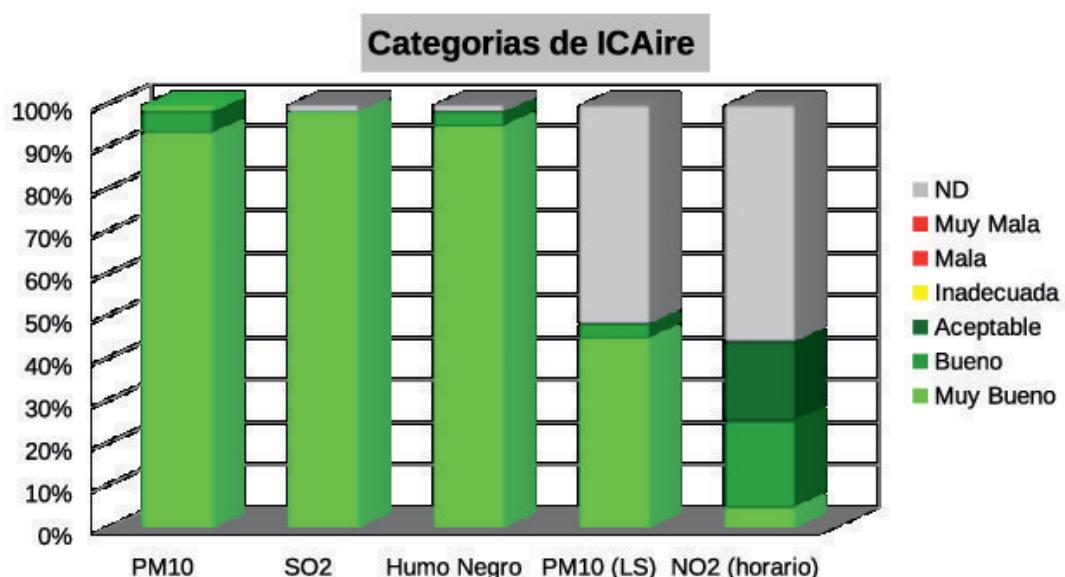
Estación Tres Cruces

	Promedio (ug/m <sup>3</sup> )	IC (ug/m <sup>3</sup> )	Número de Muestras	Máximo (ug/m <sup>3</sup> )	Mínimo (ug/m <sup>3</sup> )	Percentil 95 (ug/m <sup>3</sup> )
PM10 Manual	26	(23-30)	61	98	15	50
SO <sub>2</sub>	5	(3-6)	57	31	1	30
Humo Negro	21	(17-24)	60	59	2	43
PM10 (LS)	29	(28-31)	176	69	8	51
NO <sub>2</sub> horario	39	(38-40)	4554 h	190	1	83

PM10 (Manual); PM10 obtenido con el equipo de Alto volumen o High Vol PM10 (LS); Equipo PM10 obtenido con el equipo de dispersión de luz o Light Scattering

Tabla 2.3 Resultados Estación 5 Tres Cruces

Categorías ICAIRE	PM10	SO2	Humo Negro	PM10 (LS)	NO2 (horario)
Muy Bueno	93%	98%	95%	45%	5%
Bueno	5%	0%	3%	3%	20%
Aceptable	2%	0%	0%	0%	19%
Inadecuada	0%	0%	0%	0%	0%
Mala	0%	0%	0%	0%	0%
Muy Mala	0%	0%	0%	0%	0%
ND	0%	2%	2%	52%	56%



El mapa muestra la ubicación de la estación Tres Cruces. Para el año 2016 se perdieron 2 muestras de Humo Negro, 2 muestra de PM10 y más de la mitad de las muestras del equipo automático por problemas con los sensores. Por este motivo no es correcto considerar los promedios anuales de estos contaminantes (PM10 (LS) y NO2).

Los porcentajes de las diversas categorías de calidad de aire reportadas se muestran en la Tabla 2. Para el monitoreo integrativo, la mayoría de las muestras recabadas se encuentran dentro de la categoría MUY BUENA,PM10 (95%), Humo Negro (95%) y dióxido de azufre (100%).

En ninguna oportunidad se registraron valores de categoría INADECUADA.

## 2.4 Estación 6 : Curva de Maroñas

### Estación de Base

#### Municipio F- Intendencia de Montevideo

UTM21 S                            X=579221                            Altura sobre Nivel del mar 53m  
 SIRGAS 2000                        Y=6142263                            Elevación desde la calzada 5 m

Parámetro	Unidades	Método de medida	Período evaluado
Material Particulado PM10	PM10	ug/m3	Gravimetría
Humo Negro	HN	ug/m3	Reflectometría
Dióxido de Azufre	SO2	ug/m3	Cromatografía Iónica

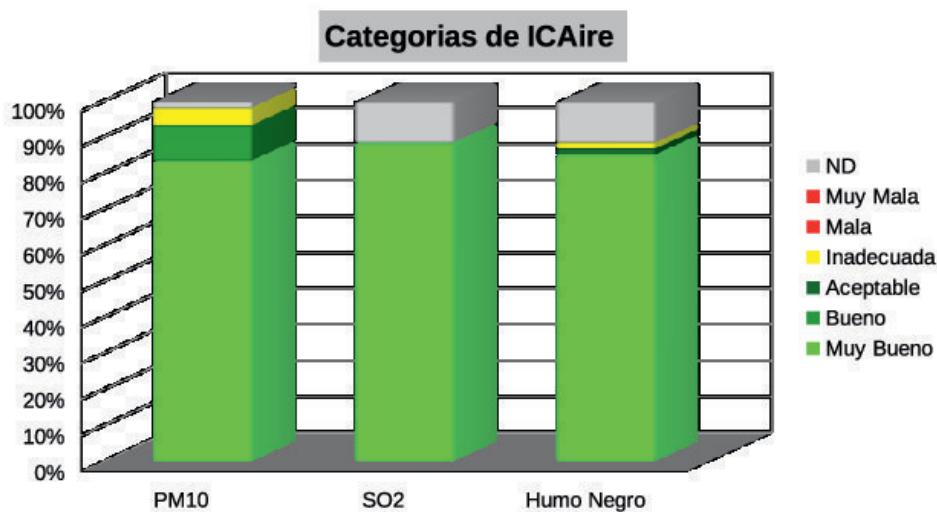


Estación Curva de Maroñas

	Promedio (ug/m3)	IC (ug/m3)	Número de Muestras	Máximo (ug/m3)	Mínimo (ug/m3)	Percentil 95 (ug/m3)
PM10 Manual	34	(28-41)	60	144	9	75
SO2	2	(1-2)	54	9	1	6
Humo Negro	18	(14-24)	54	113	1	40

Tabla 2.4 Resultados Estación 6 Curva de Maroñas

Categorías ICAIRE	PM10	SO2	Humo Negro
Muy Bueno	84%	89%	85%
Bueno	10%	0%	0%
Aceptable	0%	0%	2%
Inadecuada	5%	0%	2%
Mala	0%	0%	0%
Muy Mala	0%	0%	0%
ND	2%	11%	11%



La distribución de los resultados obtenidos en el año 2016 por parámetro y por categoría del ICAire se muestra en la tabla y en la gráfica anteriores.

En esta estación, el 85% de las muestras obtenidas de Humo Negro, el 89% de dióxido de azufre y el 84% de PM10 corresponden a la categoría MUY BUENA.

Tres veces en el año se superó el valor 100 para PM10 por lo que la categoría fue INADECUADA. Estas superaciones se observaron en los meses de mayo, junio y julio .

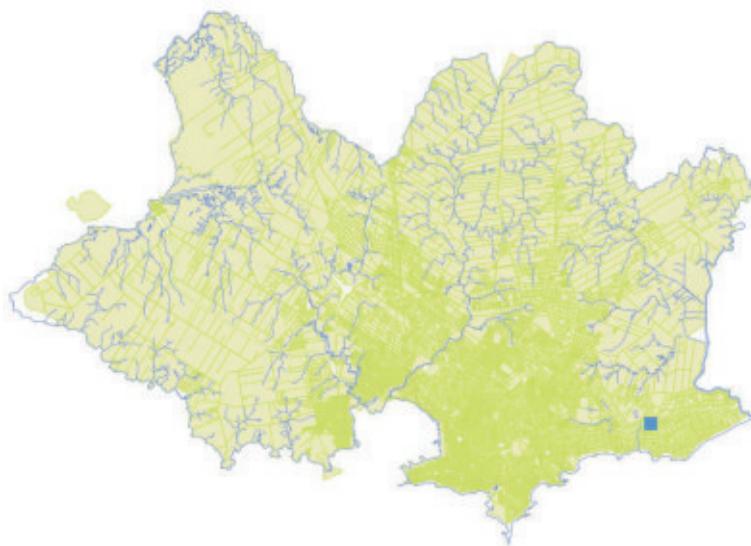
## 2.5 Estación 7 : Portones de Carrasco

### Estación de Base

#### Policlínica Lugo - Casa de Galicia

UTM21 S  
SIRGAS 2000      X=583855      Altura sobre Nivel del mar 30m  
Y=6139655      Elevación desde la calzada 10 m

Parámetro	Unidades	Método de medida	Período evaluado
Material Particulado PM10	PM10	ug/m3	Gravimetría
Humo Negro	HN	ug/m3	Reflectometría
Dióxido de Azufre	SO2	ug/m3	Cromatografía Iónica

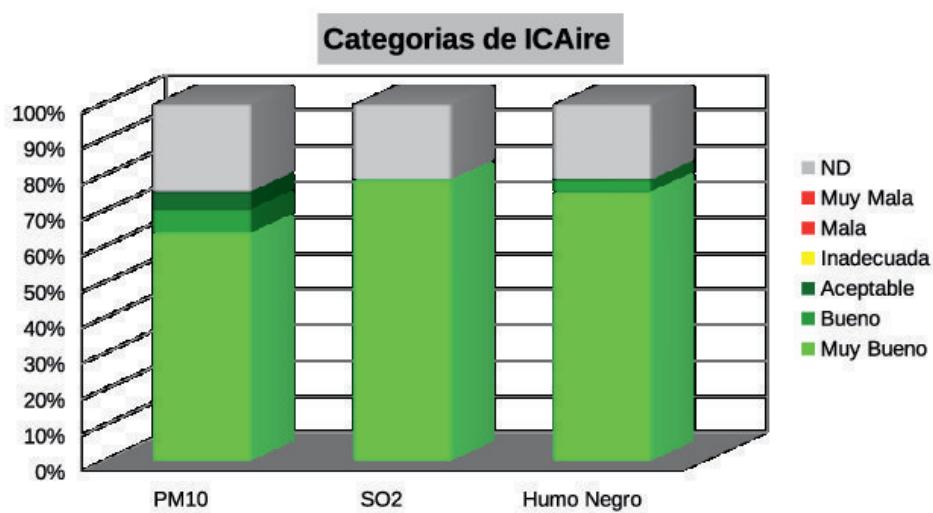


Estación Portones de Carrasco

	Promedio (ug/m3)	IC (ug/m3)	Número de Muestras	Máximo (ug/m3)	Mínimo (ug/m3)	Percentil 95 (ug/m3)
PM10 Manual	31	(25-37)	48	98	9	76
SO2	1.3	(0.9-1.8)	48	7	1	5
Humo Negro	16	(13-21)	48	59	2	49

Tabla 2.5 Resultados Estación 7 Portones de Carrasco

Categorías ICAIRE	PM10	SO2	Humo Negro
Muy Bueno	64%	79%	75%
Bueno	7%	0%	3%
Aceptable	5%	0%	0%
Inadecuada	0%	0%	0%
Mala	0%	0%	0%
Muy Mala	0%	0%	0%
ND	25%	21%	21%



El Mapa muestra la ubicación de la estación Portones de Carrasco.

Las muestras no determinadas tanto para el PM10, el humo negro y el dióxido de azufre corresponden a problemas operativos con la conexión eléctrica del equipo.

De los datos registrados, la mayoría corresponden a calidad de aire MUY BUENA (75% Humo Negro, 79% dióxido de azufre y 64% de PM10). 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

UTM21 S                    X=570992                    Altura sobre Nivel del mar 44 m  
 SIRGAS 2000                Y=6148987                Elevación desde la calzada 3m

Parámetro	Unidades	Método de medida	Período evaluado
Material Particulado Total	PTS	ug/m <sup>3</sup>	Gravimetría

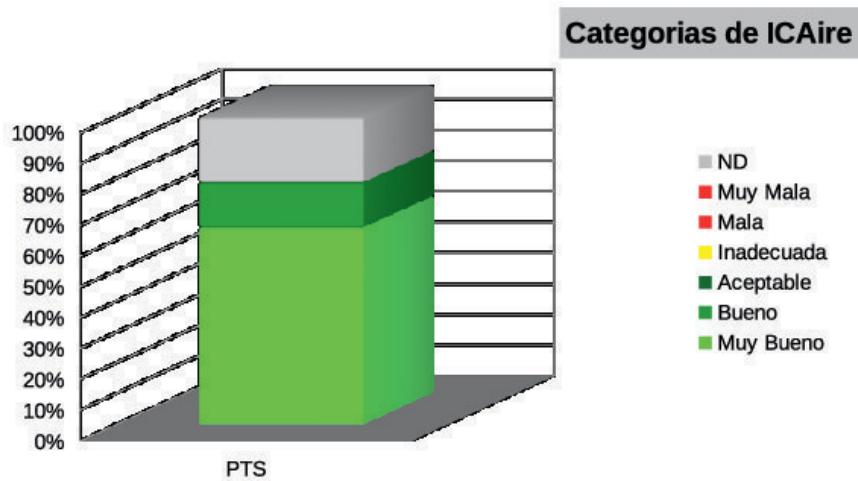


Estación Colón

	Promedio (ug/m <sup>3</sup> )	IC (ug/m <sup>3</sup> )	Número de Muestras	Máximo (ug/m <sup>3</sup> )	Mínimo (ug/m <sup>3</sup> )	Percentil 95 (ug/m <sup>3</sup> )
PTS	45	(40-50)	47	92	9	76

Tabla 2.6 Resultados Estación 8 Colón

Categorías ICAIRE	PTS (ug/m <sup>3</sup> )
Muy Bueno	64%
Bueno	15%
Aceptable	0%
Inadecuada	0%
Mala	0%
Muy Mala	0%
ND	21%



El 64% de los días en que se tiene registro la categoría de ICAire fue MUY BUENA.

No se registraron valores de ICAire mayores de 100 en todo el año 2016.

## 2.7 Estación: La Tablada

## **Estación orientada a Fuentes Significativas**

**Camino Lecoq y Antonio Rubio -Predio particular- Estación Propiedad de UTE**

UTM21 S X=569969 Altura sobre Nivel del mar 34m  
SIRGAS 2000 Y=6147021 CO

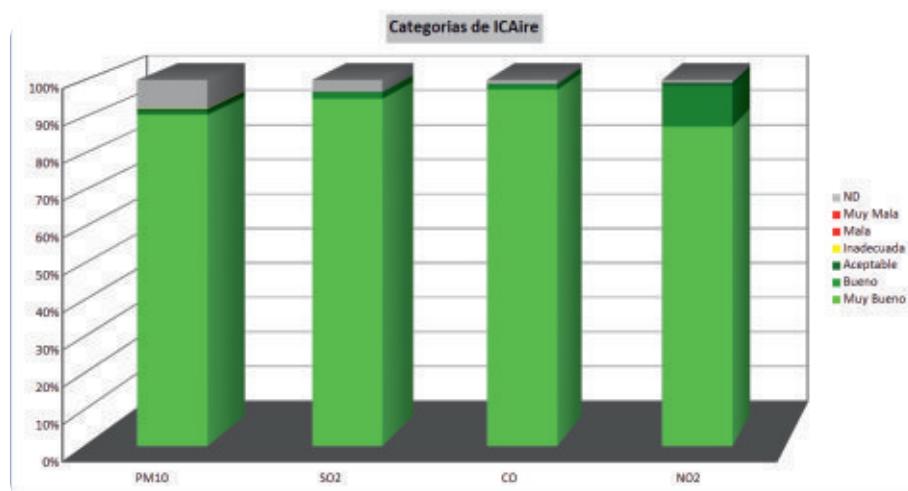
Parámetro		Unidades	Método de medida	Período evaluado
Material Particulado PM10	PM10	ug/m <sup>3</sup>	Atenuación Beta	Promedio Horario
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Promedio Horario
Dióxido de Nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia	Promedio Horario
Monóxido de Carbono	CO	mg/m <sup>3</sup>	Espectrometría IR	Promedio Horario

## Estación La Tablada

	Promedio (ug/m3)	IC (ug/m3)	Número de Muestras	Máximo (ug/m3)	Mínimo (ug/m3)	Percentil 95 (ug/m3)
PM10	16	15.3-16.3	337	114	6	32
SO2	3	0.62-0.65	353	34	2	4
CO	640	624-653	335	6	0	2
NO2	17.4	17.2-17.6	362	98	2	49

**Tabla 2.7 Resultados Estación La Tablada**

Categorías ICAIRE	PM10	SO2	CO	NO2
Muy Bueno	<b>90%</b>	<b>95%</b>	<b>97%</b>	<b>87%</b>
Bueno	<b>1%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>11%</b>
Aceptable	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>
Inadecuada	<b>0.3%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Mala	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Muy Mala	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
ND	<b>8%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>	<b>1%</b>



El mapa 6 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. El 90% de los días la categoría de PM10 fue MUY BUENA, es decir por debajo de 50 ug/m<sup>3</sup>. En una oportunidad, el dia 18/5, se registró un valor superior a 100 ug/m<sup>3</sup>.

## 2.8 Estación: Palacio Legislativo

### Estación orientada a Fuentes Significativas

#### Edificio Anexo a Palacio Legislativo- Estación propiedad de UTE

UTM21 S X=574079 Altura sobre Nivel del mar 9m  
SIRGAS 2000 Y=6138715 Elevación desde la calzada 2,5m

Parámetro		Unidades	Método de medida	Periodo evaluado
Material Particulado PM10	PM10	ug/m <sup>3</sup>	Atenuación Beta	Promedio Horario
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Promedio Horario
Dióxido de Nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia	Promedio Horario
Monóxido de Carbono	CO	mg/m <sup>3</sup>	Especrometría IR	Promedio Horario

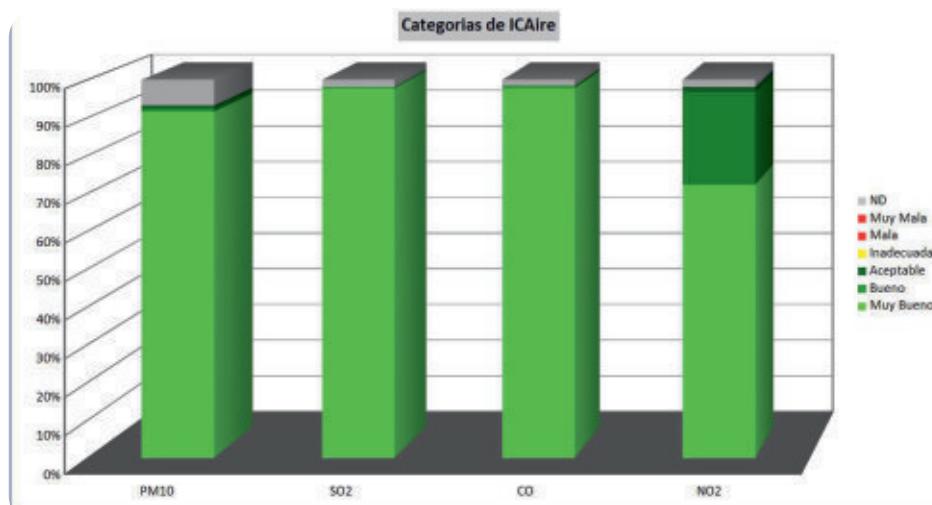


Estación Palacio Legislativo

	Promedio (ug/m <sup>3</sup> )	IC (ug/m <sup>3</sup> )	Número de Muestras	Máximo (ug/m <sup>3</sup> )	Mínimo (ug/m <sup>3</sup> )	Percentil 95 (ug/m <sup>3</sup> )
PM2.5	<b>21</b>	<b>20-21</b>	341	86	6	37
SO <sub>2</sub>	<b>3.3</b>	<b>3,1-3,4</b>	359	54	2	8
CO	<b>450</b>	<b>440-470</b>	339	5,988	200	2
NO <sub>2</sub>	<b>19</b>	<b>18,9-19,4</b>	359	94	7	59

Tabla 2.8 Resultados Estación Palacio Legislativo

Categorías ICAIRE	PM10	SO2	CO	NO2
Muy Bueno	<b>92%</b>	<b>98%</b>	<b>98%</b>	<b>72%</b>
Bueno	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>25%</b>
Aceptable	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>
Inadecuada	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Mala	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Muy Mala	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
ND	<b>7%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>	<b>2%</b>



El Mapa muestra la ubicación de la estación Palacio Legislativo.

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

## 2.9 Estación: La Teja

### Estación orientada a Fuentes Significativas

#### Estación de Saneamiento – Del Cid y Yañez Pinzón- Estación propiedad de ANCAP

UTM21 S  
SIRGAS 2000      X=5711213      Altura sobre Nivel del mar 2m  
Y=6141282      Elevación desde la calzada 2,5m

Parámetro		Unidades	Método de medida	Período evaluado
Material Particulado PM 2,5	PM2.5	ug/m <sup>3</sup>	Atenuación Beta	Promedio Horario
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Promedio Horario
Dióxido de Nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>	Quimioluminiscencia	Promedio Horario
Monóxido de Carbono	CO	mg/m <sup>3</sup>	Espectrometría IR	Promedio Horario
Compuesto de azufre reducido	TRS	ug/m <sup>3</sup>	Fluorescencia	Promedio Horario

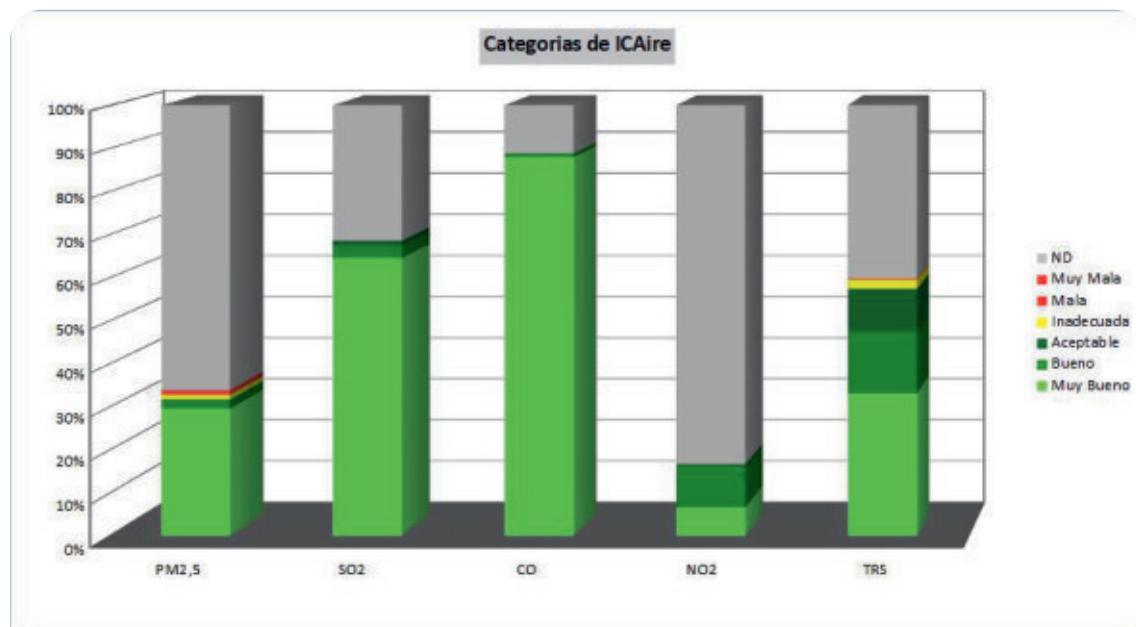


Estación La Teja

	Promedio (ug/m <sup>3</sup> )	IC (ug/m <sup>3</sup> )	Número de Muestras	Máximo (ug/m <sup>3</sup> )	Mínimo (ug/m <sup>3</sup> )	Percentil 95 (ug/m <sup>3</sup> )
PM2.5	18	(17-19)	124	180	3	62
SO <sub>2</sub>	6	(5.8-6.6)	251	113	2	25
CO	500	440-470	325	5,988	200	2
NO <sub>2</sub>	24	(23-25)	60	98	10	67
TRS	3.3	(3.1-3.5)	219	25	1	9

Tabla 2.9 Resultados Estación La Teja

Categorías ICAIRE	PM2,5	SO2	CO	NO2	TRS
Muy Bueno	<b>30%</b>	<b>64%</b>	<b>88%</b>	<b>7%</b>	<b>33%</b>
Bueno	<b>2%</b>	<b>3%</b>	<b>1%</b>	<b>10%</b>	<b>14%</b>
Aceptable	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>10%</b>
Inadecuada	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>2%</b>
Mala	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0.3%</b>
Muy Mala	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
ND	<b>66%</b>	<b>31%</b>	<b>11%</b>	<b>83%</b>	<b>40%</b>



El Mapa muestra la ubicación de la estación La Teja. Algunos equipos de esta estación, estuvieron fuera de operación durante gran parte del año, por lo que se pueden observar una gran proporción de No Determinados, particularmente en PM2.5 y en NO2.

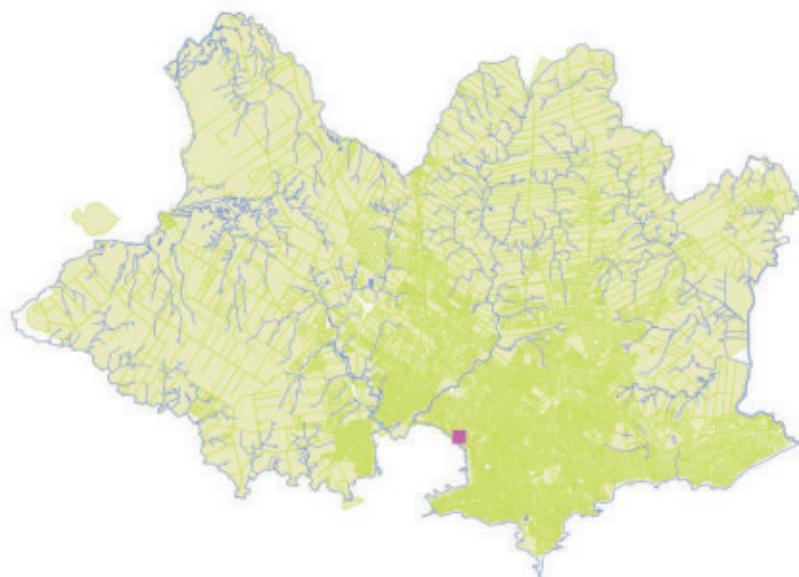
Se registraron, 8 días de superación del estándar de PM2.5. Estos eventos se registraron en los meses de mayo (2), junio (3), julio (1), agosto (1) y diciembre (1). También se registraron 9 días de superación de TRS, que sucedieron en octubre (2) noviembre (1) y diciembre (5).

## 2.10 Estación: Bella Vista

### Estación orientada a Fuentes Significativas

#### Estación Bella Vista – Rio Grande y Dionisio Carbajal

UTM21 S SIRGAS 2000	X=592350 Y=6237393	Altura sobre Nivel del mar 2m Elevación desde la calzada 2,5m
<b>Parámetro</b>		
Material Particulado PM10	PM2.5	ug/m <sup>3</sup>
Dióxido de Azufre	SO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>
Dióxido de Nitrógeno	NO <sub>2</sub>	ug/m <sup>3</sup>
Monóxido de Carbono	CO	mg/m <sup>3</sup>
		Método de medida
		Promedio Horario

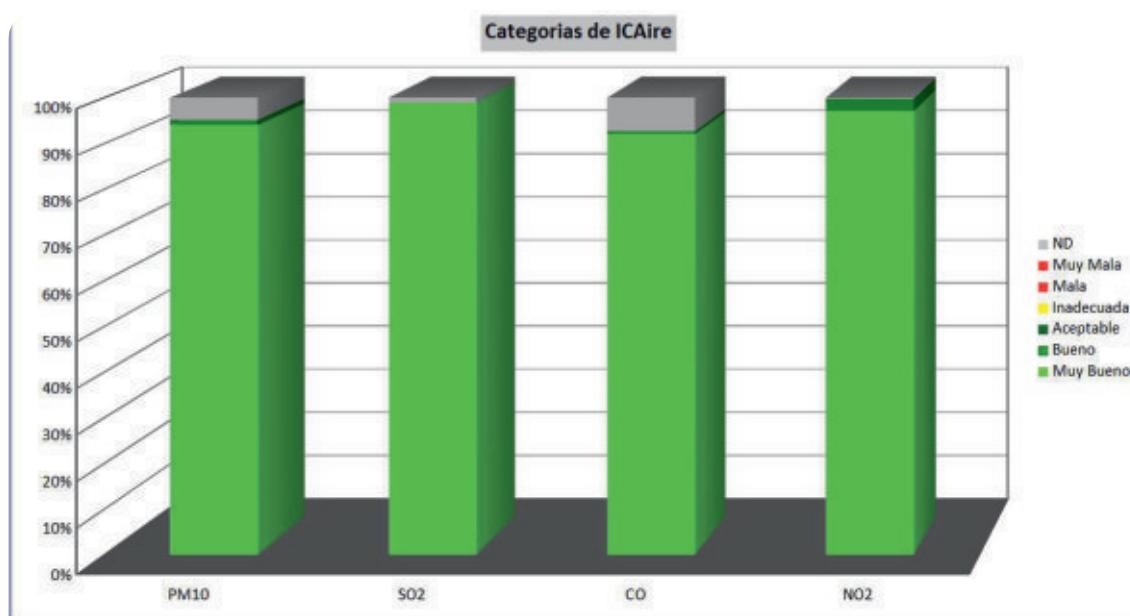


Estación Bella Vista

	Promedio (ug/m <sup>3</sup> )	IC (ug/m <sup>3</sup> )	Número de Muestras	Máximo (ug/m <sup>3</sup> )	Mínimo (ug/m <sup>3</sup> )	Percentil 95 (ug/m <sup>3</sup> )
PM10	14	13.6-14.2	348	62	6	29
SO <sub>2</sub>	2.8	2.7-2.8	362	10	2	6
CO	551	500-600	339	4913	200	1504
NO <sub>2</sub>	17.4	17,2-17,6	365	49	11	38

Tabla 2.10 Resultados Estación Bella Vista

Categorías ICAIRE	PM10	SO2	CO	NO2
Muy Bueno	<b>94%</b>	<b>99%</b>	<b>92%</b>	<b>97%</b>
Bueno	<b>1%</b>	<b>0%</b>	<b>1%</b>	<b>3%</b>
Aceptable	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Inadecuada	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Mala	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
Muy Mala	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>	<b>0%</b>
ND	<b>5%</b>	<b>1%</b>	<b>7%</b>	<b>0%</b>



El Mapa muestra la ubicación de la estación Bella Vista. No se observaron valores de superación del estándar para ninguno de los parámetros monitoreados.

## 2.10 Categorías de ICAire por parámetros para todas las muestras del año 2016

Categorías ICAIRE	PTS	PM10 mar	PM10 Autc	PM2.5	HN	SO2	NO2	CO	TRS
Muy Bueno	<b>39</b>	<b>147</b>	<b>1341</b>	<b>419</b>	<b>213</b>	<b>1516</b>	<b>980</b>	<b>1036</b>	<b>121</b>
Bueno	<b>9</b>	<b>13</b>	<b>32</b>	<b>27</b>	<b>4</b>	<b>21</b>	<b>251</b>	<b>11</b>	<b>53</b>
Aceptable	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>4</b>	<b>1</b>	<b>4</b>	<b>78</b>	<b>0</b>	<b>36</b>
Inadecuada	<b>0</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8</b>
Mala	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>10</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>
Muy Mala	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
ND	<b>13</b>	<b>16</b>	<b>82</b>	<b>263</b>	<b>25</b>	<b>167</b>	<b>521</b>	<b>51</b>	<b>147</b>
TOTAL	<b>61</b>	<b>183</b>	<b>1464</b>	<b>731</b>	<b>244</b>	<b>1708</b>	<b>1830</b>	<b>1098</b>	<b>366</b>

Tabla 2.11 Resultados de todas las muestras del año 2016

Respecto al total del muestras del año 2016 obtenidas en la Red de Monitoreo, se puede concluir que :

Se registraron 4 días de superación de PM10, de las cuales 3 fueron registradas en Curva de Maroñas y una en La Tablada.

En PM2.5 se registraron 14 días de superación; en cuatro de estos días se observó simultáneamente en las dos estaciones en que se midió PM2.5 en el presente año, Ciudad Vieja y La Teja.

En resumen, respecto a los resultados obtenidos del año 2016 para las estaciones orientadas a la evaluación de impacto de fuentes significativas, se puede concluir que:

Los resultados de CO, PM10 y PM2.5 se asocian a una calidad de aire MUY BUENA.

Para NO2 y TRS se registraron valores distribuidos en las tres categorías de aire: ACEPTABLE, BUENA y MUY BUENA.

El 98% de las muestras registradas para SO2 corresponden a calidad de aire MUY BUENA, esto es, concentraciones menores que el valor Guía Calidad de Aire (GCA) de la Organización Mundial de la Salud (OMS).

# 3

## CALIDAD DE AIRE AÑO 2016

### 3.1 Material particulado

Se determinan cuatro parámetros asociados a material particulado: Partículas Totales en Suspensión (PTS), Material Particulado con partículas de diámetro menor de 10  $\mu\text{m}$  (PM10), Material Particulado con partículas de diámetro menor de 2,5  $\mu\text{m}$  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. Ha sido paulatinamente 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 y es el 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 cada seis días.

Los resultados de la concentración diaria de PTS, para la estación Colón del año 2016 se muestran en la Ilustración 1 y la ilustración 2 muestra la tendencia de los promedios mensuales del año 2016.

PTS Colón 2016

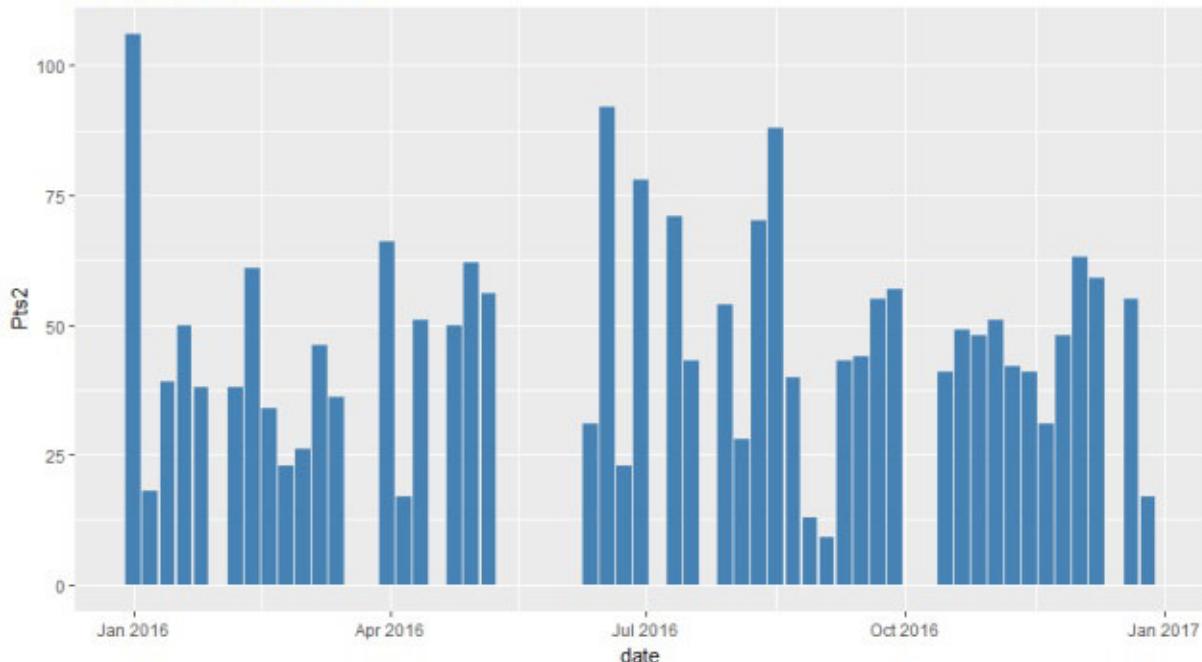
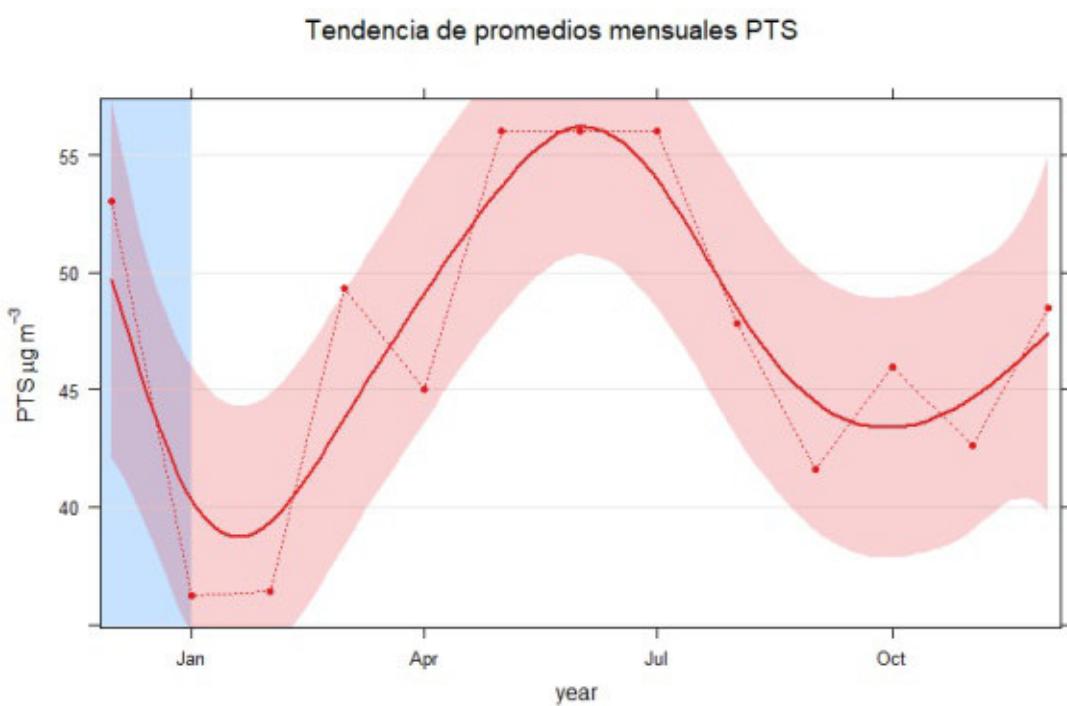
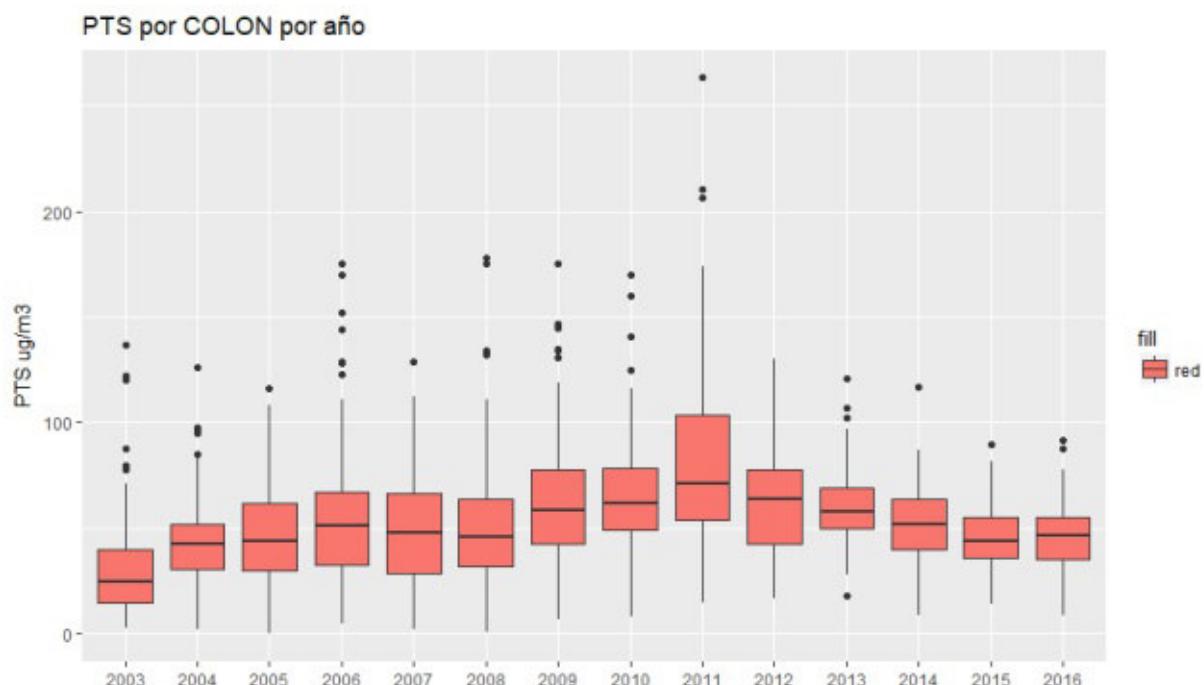


Ilustración 1



### Ilustración 2

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. En ella se han incluido, los promedios anuales, la mediana, máximo, mínimo, percentiles 0.75, 0.90 y 0.99 para cada estación, así como el número de días en que se muestreó en cada caso. En la Tabla 1 se han indicado en color rojo los datos del año 2016.



### Ilustración 3

**ESTACION CENTRO**

	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2003	51	35	70	122	10	62	121	122	48	14
2004	53	48	58	98	18	64	82	97	49	52
2005	54	43	65	108	16	69	96	106	51	19
2006	71	50	93	152	11	80	139	149	68	12

**ESTACION LA TEJA**

	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2004	36	32	40	76	3	43	61	73	36	54
2005	52	38	69	92	25	61	90	92	49	8
2006	61	49	75	175	19	69	172	175	50	35
2007	55	47	63	129	2	72	102	119	58	51
2008	62	52	73	178	4	79	116	162	62	37
2009	69	61	79	175	13	79	133	161	68	50
2010	65	58	71	115	24	77	99	111	65	40
2011	64	55	74	152	15	77	141	149	59	43

**ESTACION PRADO**

	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2003	25	19	31	67	3	36	42	62	23	21
2004	36	32	40	69	2	47	63	68	37	50

**ESTACION TRES CRUCES**

	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2003	25	18	32	88	5	31	52	80	18	25
2004	39	33	45	95	2	50	60	83	43	37
2005	45	33	56	94	1	58	78	91	40	14
2006	46	36	55	111	5	57	88	106	46	24
2007	36	22	51	77	5	48	75	77	28	10

**ESTACION CURVA DE MAROÑAS**

	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2003	32	21	43	70	6	41	62	68	29	11
2004	46	42	50	83	2	54	70	82	46	57
2005	42	35	50	116	0	55	86	106	42	46
2006	53	45	62	128	17	67	91	118	52	32
2007	51	45	58	112	6	67	90	105	54	57
2008	52	45	60	175	1	63	94	141	49	53
2009	57	51	63	109	7	73	96	107	56	50
2010	57	48	65	107	8	66	86	102	57	24

**ESTACION PORTONES DE CARRASCO**

	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2003	26	21	32	78	3	39	54	74	23	42
2004	50	42	59	126	25	59	90	118	45	29

**ESTACION COLON**

	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2006	69	36	103	144	14	103	138	143	62	7
2007	43	37	49	90	4	56	82	88	39	45
2008	43	36	50	132	1	56	83	121	38	53
2009	62	54	71	145	11	78	118	141	58	46
2010	75	64	86	170	24	102	143	166	62	39
2011	107	91	125	263	40	144	207	245	97	35
2012	65	55	76	130	17	78	122	128	64	32
2013	60	55	65	121	18	69	99	114	58	53
2014	52	47	58	117	9	64	84	103	52	49
2015	46	42	51	90	14	56	75	86	44	57
2016	45	40	50	92	9	55	76	90	47	47

**ESTACION GOES**

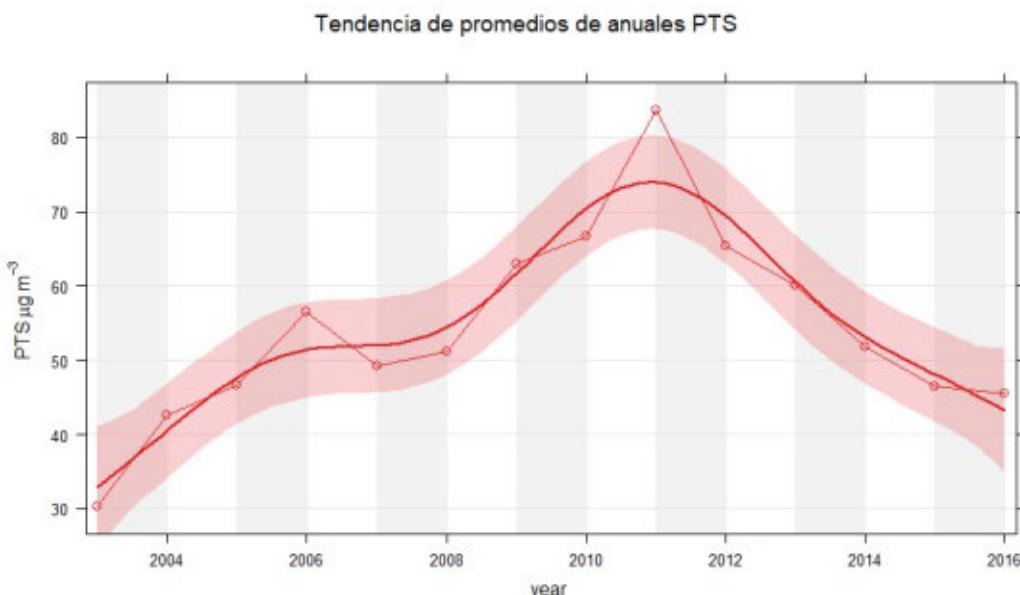
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2003	35	25	48	137	8	45	78	124	25	23
2004	40	35	45	83	4	52	71	79	36	39

**Tabla 1-PTS**

En la Ilustración 4, se graficó el promedio anual de PTS que muestra una tendencia a la disminución en el promedio total. El mayor valor promedio, que se observa en el año 2011 corresponde a la presencia de cenizas del volcán Puyehue.

Particularmente, si se observan los resultados de la Estación Colón, se puede detectar una tendencia sostenida a la baja desde el año 2011 tanto de los promedios como de los máximos registrados. En esta estación el año 2011 fue particularmente significativo ya que, además de la erupción del volcán Puyehue ya mencionado, ese año se construyó el corredor Garzón y esa obra impactó directamente sobre la estación Colón.

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, en todas las estaciones que se evaluó. En cada caso se calcularon, además, los intervalos de confianza para  $p=0.95$  de la media y el número de datos de cada año. La diferencia en este último se debe a la variación en la cantidad de estaciones que miden PTS en cada año.

**Ilustración 4**

TOTAL				
AÑO	PROMEDIO ug/m³	IC Inf ug/m³	IC sup ug/m³	Datos días
2003	30	27	35	136
2004	43	41	45	318
2005	47	42	51	87
2006	57	51	63	110
2007	49	46	53	163
2008	51	46	56	143
2009	63	58	67	146
2010	67	61	72	122
2011	84	74	94	128
2012	65	56	76	32
2013	60	55	65	53
2014	52	46	57	49
2015	46	42	51	57
2016	45	40	50	47

**Tabla 2**

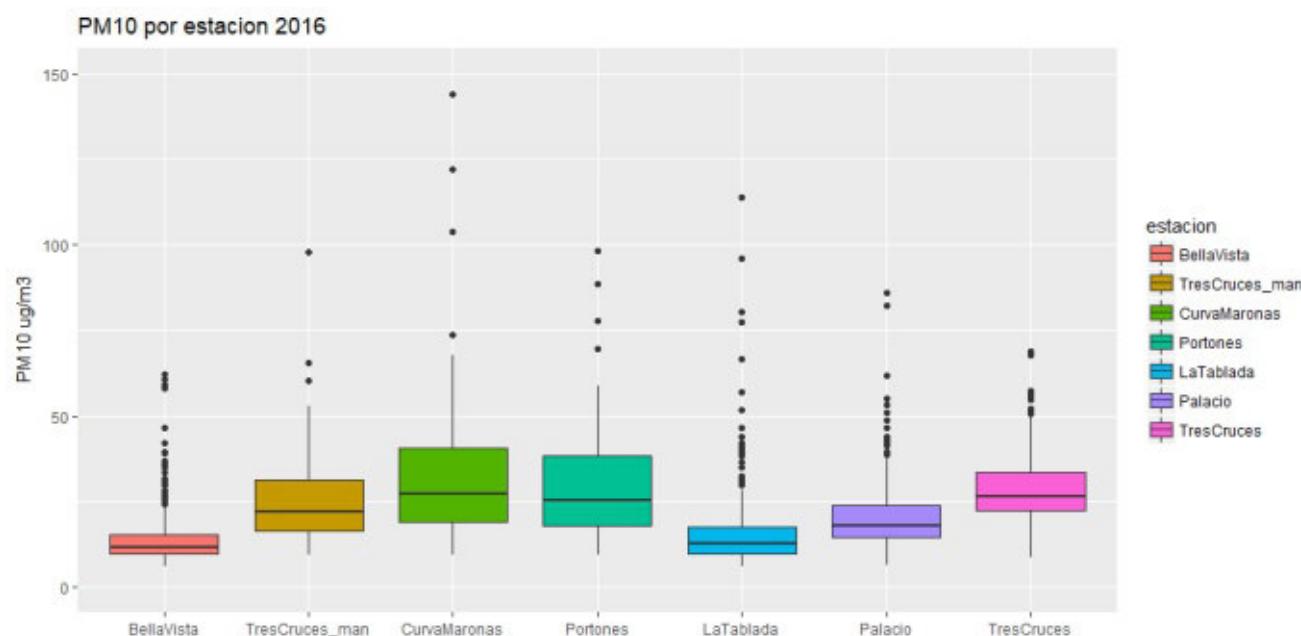
### 3.1.2 Material Particulado menor de 10 micras (PM10)

El PM10 comenzó a medirse en Montevideo en el año 2006 en la estación Centro. El número de estaciones ha ido aumentando 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 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 el denominado atenuación beta tiene menor incertidumbre que el de dispersión de luz .

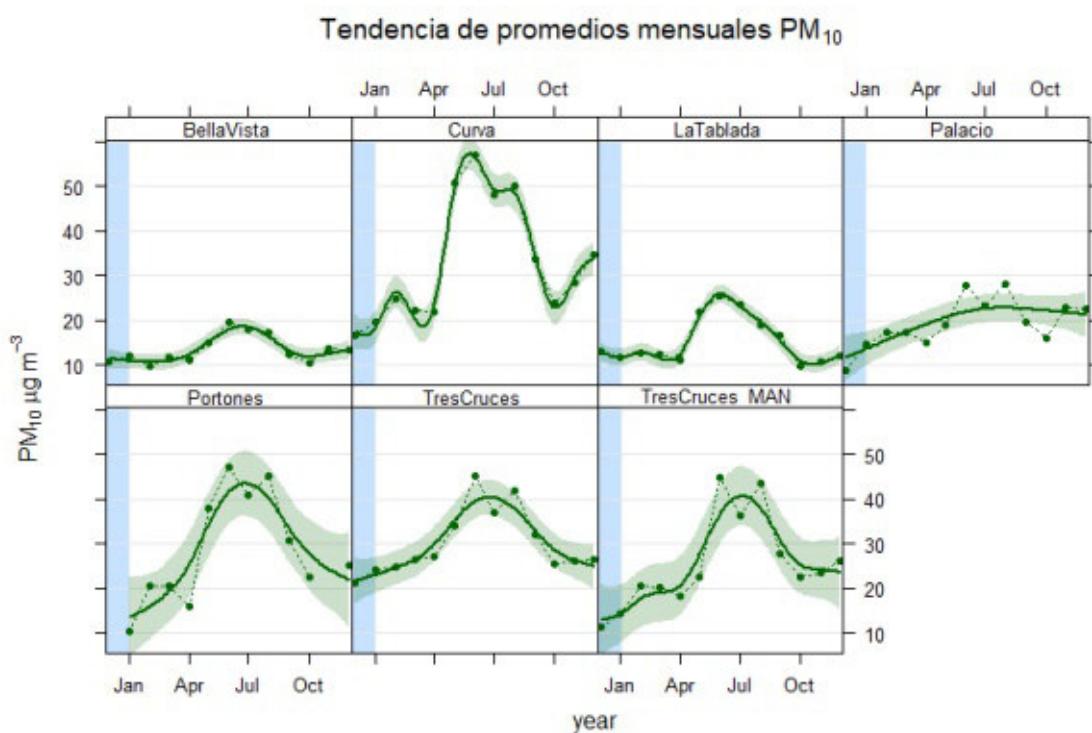
En la estación Tres Cruces se mide actualmente PM10 por dos metodologías diferentes (Alto Volumen y dispersión de luz). En las estaciones Curva de Maroñas y Portones de Carrasco se usa la técnica de Alto Volumen y en La Tablada, Palacio Legislativo y Bella Vista se utiliza atenuación beta. En la estación Ciudad Vieja, se utilizó un equipo dicotómico -que ya no está operativo- que utilizaba una metodología integrativa y permitía medir el promedio de 48 horas. En la estación Centro el equipo utilizado fue de Alto Volumen.

Los resultados de PM10 para todas las estaciones en el año 2016 se muestran en la Ilustración 5.

La Ilustración 6 muestra las promedios mensuales de cada estación, para las 6 estaciones que operaron este año sin discriminar por tipo de equipo de medida. La estación Tres Cruces tiene dos equipos de PM10, uno integrativo (Alto volumen que funciona aproximadamente 60 días en el año) y el otro de dispersión de luz (que lo hace en forma horaria). Por ese motivo la estación tiene dos resultados.



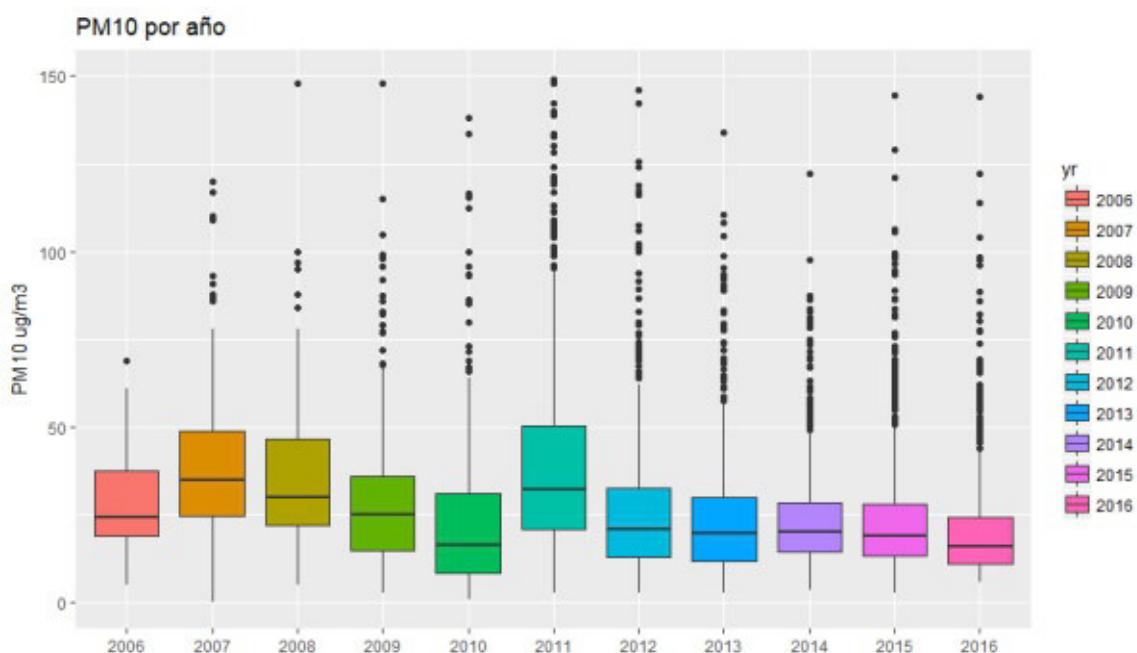
**Ilustración 5**



### Ilustración 6

Realizando el test de media apareado para cada estación, el resultados indica que las estaciones Tres Cruces, Curva de Maroñas y Portones de Carrasco pueden ser consideradas similares con una probabilidad del 0.95, otro tanto sucede con las estaciones Bella Vista y la Tablada entre si. La única que presenta características estadísticamente diferente es Palacio Legislativo.

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



### Ilustración 7

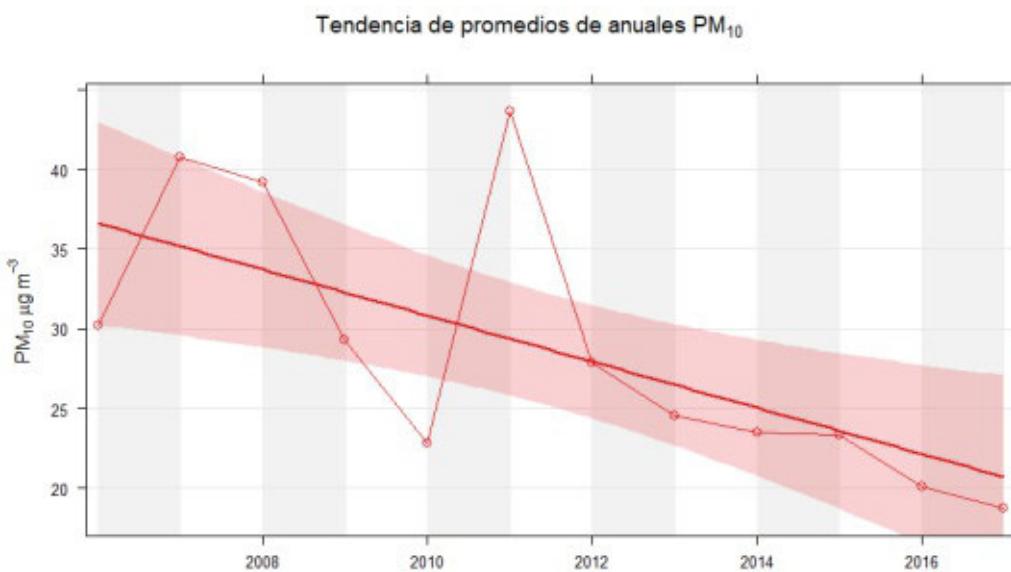
ESTACION CIUDAD VIEJA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2007	44	39	50	88	4	42	55	86	88	41
2008	52	43	62	170	13	48	70	97	144	39
2009	49	41	56	105	16	39	60	98	102	44
2010	33	28	37	85	2	33	40	62	76	50
2011	37	31	46	193	11	30	46	81	143	60
2012	40	34	46	106	4	38	54	77	99	58
2013	22	17	28	65	7	21	27	43	60	21
ESTACION CENTRO				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2006	30	24	38	69	5	25	38	67	69	26
2007	47	38	57	174	0	33	58	115	149	48
2008	40	32	49	174	9	35	46	88	142	41
2009	38	33	44	92	13	34	49	67	84	40
2010	27	24	30	56	1	26	33	49	53	53
2011	32	26	40	149	7	25	36	68	123	43
2012	31	24	38	80	13	27	31	59	76	21
ESTACION TRES CRUCES [Manual]				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2007	30	26	34	73	10	27	39	49	68	44
2008	30	25	36	148	5	25	33	58	109	55
2009	31	26	37	115	4	28	37	56	93	43
2010	26	23	29	63	9	23	32	44	56	49
2011	37	27	50	194	8	23	42	82	178	41
2012	27	23	34	100	10	24	31	50	86	33
2013	34	29	38	79	11	29	41	68	78	46
2014	27	25	30	57	5	27	32	45	53	58
2015	28	25	31	64	11	25	35	51	63	61
2016	27	23	31	98	9	22	31	53	78	60
ESTACION CURVA DE MAROÑAS				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2010	38	32	45	69	5	39	43	66	68	20
2011	45	34	58	183	12	32	52	112	179	39
2012	37	31	46	116	14	31	47	66	102	30
2013	43	37	49	108	9	38	50	88	107	47
2014	33	29	37	79	5	31	41	70	79	60
2015	35	31	39	82	13	31	43	73	79	61
2016	35	29	42	144	9	27	40	75	131	59
ESTACION PORTONES DE CARRASCO				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2012	26	20	33	61	7	23	31	53	59	15
2013	32	25	40	111	10	26	37	70	100	30
2014	29	25	33	74	8	26	36	57	68	44
2015	30	26	35	87	7	27	35	60	75	54
2016	31	26	37	98	9	25	38	76	94	46
ESTACION LA TABLADA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2009	24	22	27	181	3	22	29	52	91	255
2010	19	17	22	169	3	11	21	64	130	322
2011	50	46	55	376	3	36	65	133	239	354
2012	26	22	31	351	3	15	28	78	220	345
2013	21	19	22	95	3	16	26	51	87	345
2014	21	19	24	204	4	15	24	57	87	328
2015	24	21	26	211	3	15	29	72	114	346
2016	16	15	17	114	6	13	18	32	74	335
ESTACION PALACIO LEGISLATIVO				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2011	39	35	43	328	3	34	46	90	156	275
2012	27	25	28	117	3	23	33	58	89	354
2013	24	22	26	196	3	20	29	57	94	349
2014	20	19	21	81	3	19	24	38	56	308
2015	22	21	23	106	4	19	24	42	69	357
2016	21	20	22	86	6	18	24	37	54	340
ESTACION BELLAVISTA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2014	21	20	21	47	14	20	22	26	32	98
2015	17	15	19	204	6	13	18	37	57	361
2016	14	13	15	62	6	12	15	29	53	347
ESTACION TRES CRUCES AUTOMATICA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2014	27	26	28	83	6	24	34	50	61	290
2015	27	26	28	76	9	26	33	45	59	361
2016	31	30	32	69	8	28	35	52	73	356

Tabla 3 -PM10

En la Tabla 3 se discriminó el promedio anual para cada estación, agregándose además los cálculos de la mediana, máximo, mínimo, percentiles 0.75, 0.90 y 0.99 para cada año, así como el número de días en que se muestreó en cada caso. En cada caso se calcularon, además, los intervalos de confianza para  $p=0.95$  de la media y el número de datos de cada año. En color rojo se indican los datos del año 2016.

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 PM<sub>10</sub> del año, en todas las estaciones que se evaluó.

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

TOTAL				
AÑO	PROMEDIO ug/m <sup>3</sup>	IC Inf ug/m <sup>3</sup>	IC sup ug/m <sup>3</sup>	Datos
2006	30	24	37	26
2007	41	37	45	133
2008	39	35	44	135
2009	29	27	32	382
2010	23	21	25	494
2011	44	41	46	812
2012	28	26	30	856
2013	25	23	26	838
2014	24	22.7	24.4	1185
2015	23	22.5	24.1	1601
2016	22	20.9	22.2	1543

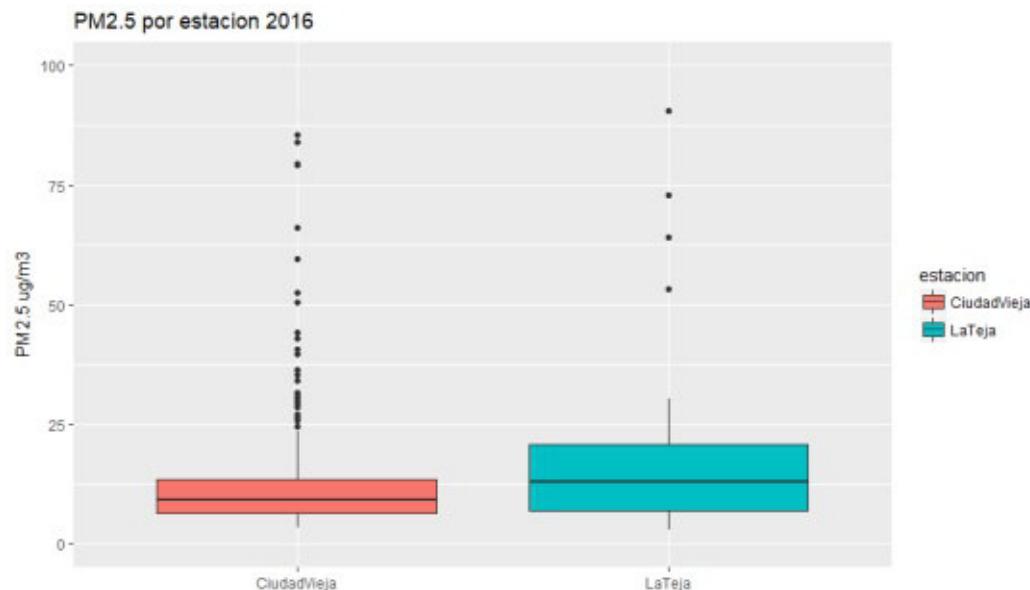
Tabla 4

### 3.1.3 Material Particulado menor de 2.5 micras (PM<sub>2.5</sub>)

La primer medida de PM<sub>2.5</sub> en la Red de Monitoreo fue en La Teja en el año 2012. A partir del año 2015 comenzó a medirse también en Ciudad Vieja. Las metodologías utilizadas son distintas en ambas estaciones, La Teja utiliza un equipo de atenuación beta y Ciudad Vieja un equipo de dispersión de luz, ambos permiten la determinación en forma horaria, pero presentan características diferentes en cuanto a su incertidumbre.

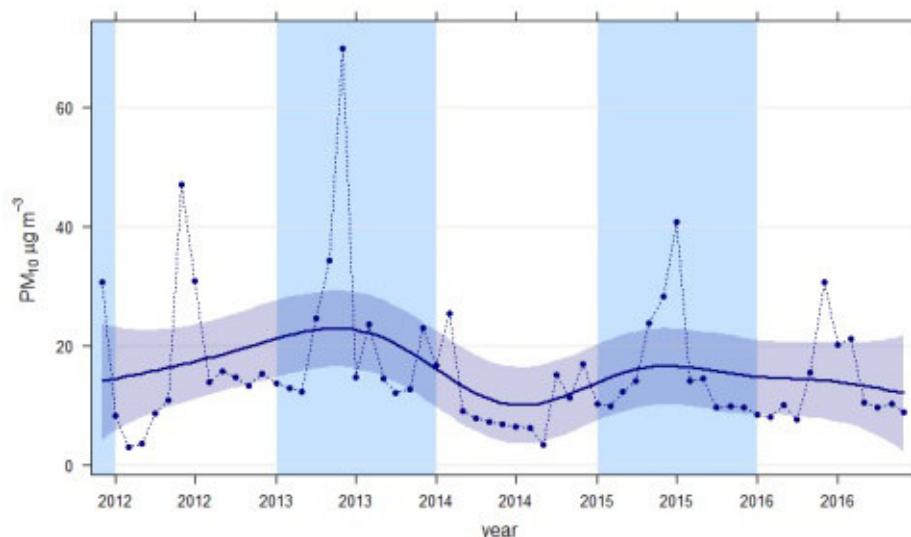
Los resultados para ambas estaciones en el año 2016 se muestran en la Ilustración 9, y la Ilustración 10 muestra los promedios mensuales para dichas estaciones. Los promedios anuales del 2016 de La Teja y Ciudad Vieja son significativamente diferentes con una probabilidad de 0.95.

En la Tabla 5, se informan el promedio anual para cada estación, la mediana, máximo, mínimo, percentiles 0.75, 0.90 y 0.99. En color rojo se indican los resultados correspondientes al año 2016.



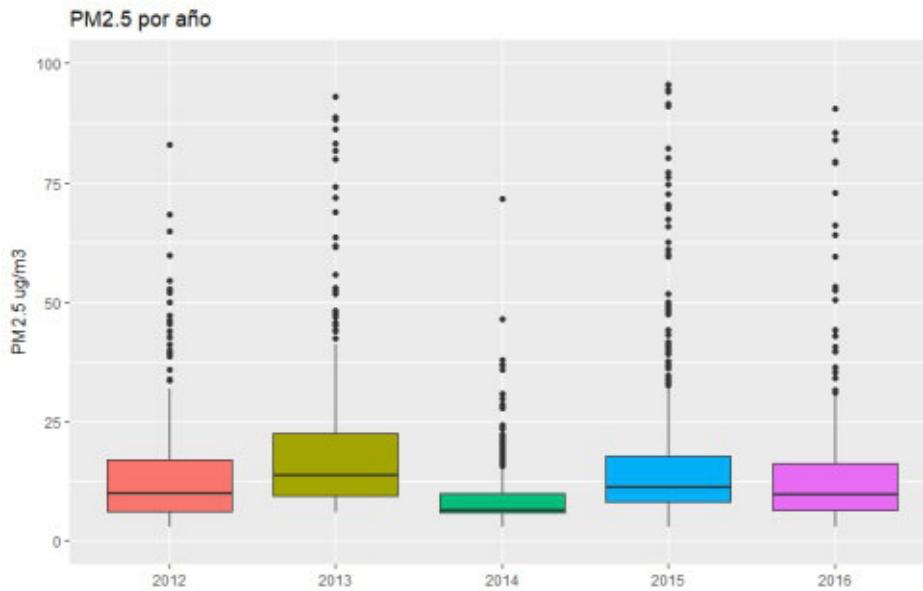
**Ilustración 9**

Tendencia de promedios anual PM<sub>2.5</sub>



**Ilustración 10**

ESTACION CIUDAD VIEJA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
Promedio	IC inf	IC sup		ug/m <sup>3</sup>	días					
2015	15	13	16	96	5	11	16	34	77	347
2016	13	12	15	115	3	9	14	34	82	344
ESTACION LA TEJA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
Promedio	IC inf	IC sup		ug/m <sup>3</sup>	días					
2012	15	13	18	309	3	10	18	43	76	348
2013	23	20	27	431	6	14	23	63	132	310
2014	9	8	10	72	3	7	10	20	37	297
2015	19	17	21	166	3	12	20	66	134	343
2016	18	14	24	180	3	13	21	49	134	105

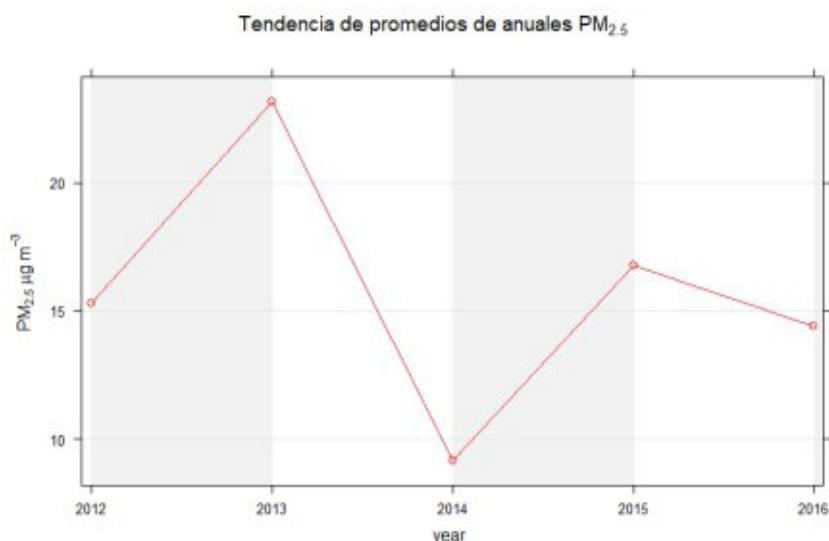
**Tabla 5 -PM2.5****Ilustración 11**

TOTAL DEPARTAMENTAL				
AÑO	PROMEDIO	IC inf	IC sup	Datos
	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	días
2012	15	13	18	348
2013	23	20	27	310
2014	9	8	10	297
2015	17	15	18	690
2016	14	13	16	449

**Tabla 6**

La Ilustración 11 es el diagrama de cajas por año para todos los registros de Montevideo desde que opera la Red de Monitoreo.

En la Tabla 6 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 PM2.5 del año, en todas las estaciones que se evaluaron. No es posible establecer una tendencia para este contaminante, debido a que son muy pocos datos anuales para considerar el estudio de tendencia.



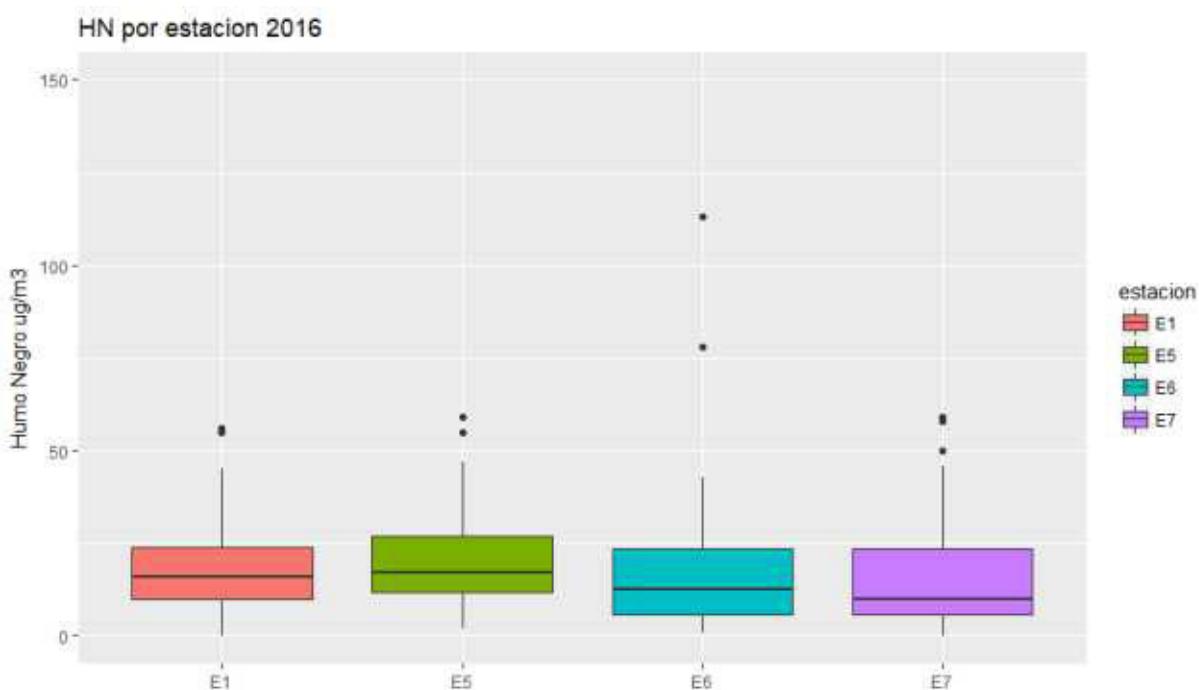
**Ilustración 12**

### 3.1.4 Material Particulado Humo Negro

Las primeras medidas de Humo Negro en Montevideo son anteriores al comienzo de operación de la Red. Debido a cambios en la metodología de determinación, en la frecuencia y forma de muestreo se considera que los mismos son consistentes desde el 2005.

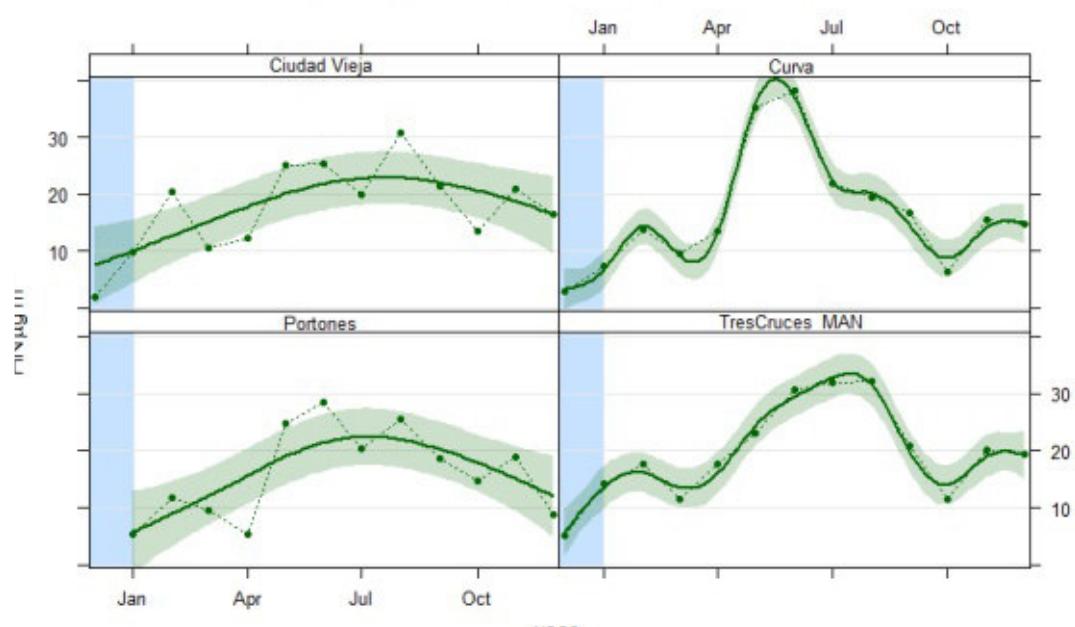
Los resultados para todas las estaciones en el año 2016 se muestran en la Ilustración 13, y la Ilustración 14 muestra los promedios mensuales para todas las estaciones en este año.

Los promedios anuales de las estaciones para el año 2016 son similares con una probabilidad de 0.95 excepto la estación Tres Cruces que es ligeramente mayor.



**Ilustración 13**

Tendencia de promedios mensuales HUMO NEGRO



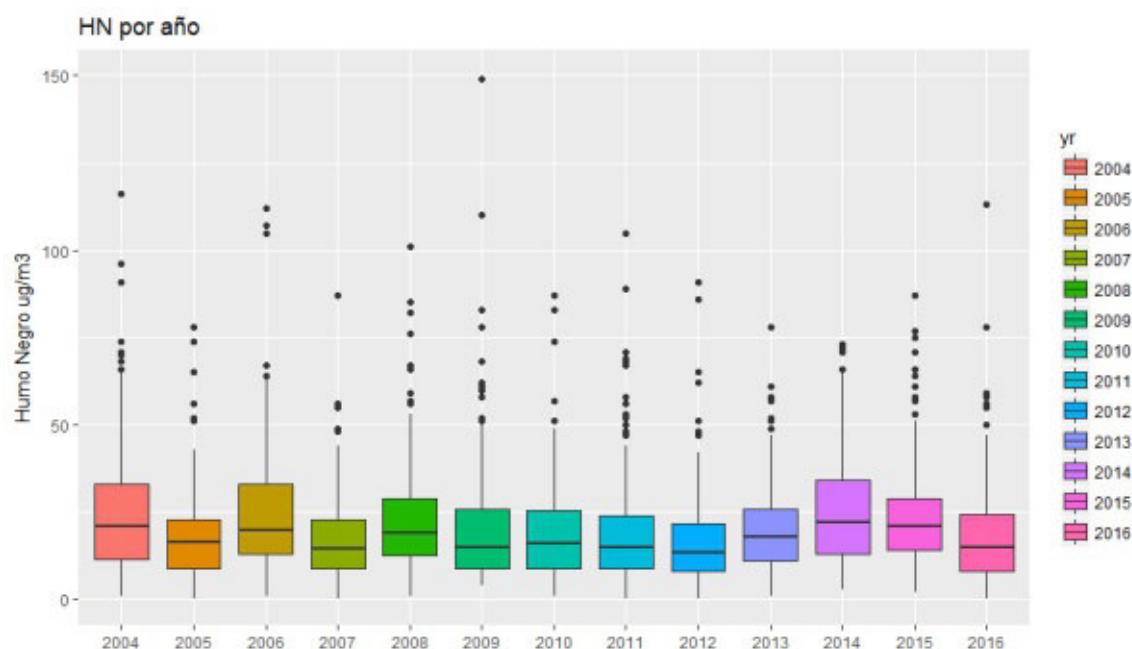
**Ilustración 14**

ESTACION CIUDAD VIEJA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2004	33	30	37	116	5	29	42	70	95	121
2005	19	12	27	161	2	12	20	42	127	42
2006	28	24	33	112	1	25	37	63	85	60
2007	21	16	25	87	2	15	28	55	70	56
2008	24	20	27	76	3	24	30	45	66	54
2009	20	17	24	68	4	18	28	43	59	58
2010	22	18	25	49	1	23	30	45	47	57
2011	23	19	28	89	1	21	27	54	77	59
2012	18	15	22	91	2	14	24	36	65	61
2013	19	17	22	44	5	20	25	35	41	58
2014	23	20	26	56	4	22	33	43	52	59
2015	21	18	25	75	3	20	26	46	63	58
2016	19	16	23	56	2	16	24	44	55	57
ESTACION LA TEJA				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
	21	16	26	78	4	15	29	57	74	43
2010	19	16	23	83	3	17	26	36	64	54
2011	21	17	25	68	2	16	29	51	67	52
2012	14	8	20	20	8	14	17	19	20	2
ESTACION PRADO				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2007	15	13	18	23	9	15	19	23	23	14
2008	27	22	34	159	1	24	34	66	114	61
2009	27	20	34	149	4	17	35	79	128	55
2010	19	15	24	87	2	16	21	53	80	54
2011	17	13	23	105	3	11	20	50	89	49
2012	17	13	23	65	2	14	23	33	58	25
ESTACION TRES CRUCES				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2012	15	11	19	62	3	12	17	28	52	29
2013	22	19	25	78	3	20	28	39	62	55
2014	28	25	32	65	8	26	36	47	62	57
2015	24	21	27	61	5	23	30	43	59	58
2016	21	18	24	59	2	17	27	43	57	60
ESTACION CURVA DE MAROÑAS				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2012	20	13	30	86	3	12	28	52	79	19
2013	23	19	27	61	4	19	30	55	61	50
2014	26	22	30	73	3	22	33	66	72	60
2015	28	22	35	173	3	21	35	72	124	59
2016	18	14	23	113	1	13	24	40	94	54
ESTACION PORTONES DE CARRASCO				Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	Promedio	IC inf	IC sup	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	ug/m³	días
2004	16	14	18	58	1	13	21	39	51	122
2005	20	17	23	70	8	17	25	51	67	75
2006	23	18	28	107	1	16	29	51	106	57
2007	16	13	19	49	1	14	22	36	44	62
2008	19	15	24	101	2	16	23	43	92	57
2009	15	12	19	60	4	13	21	33	55	51
2010	15	12	17	3	12		19	32	39	50
2011	15	13	17	44	3	12	18	32	42	60
2012	13	10	16	51	1	11	18	25	49	50
2013	16	13	20	58	1	15	24	31	48	48
2014	22	19	27	63	3	17	34	52	62	57
2015	21	18	25	64	2	20	26	52	58	52
2016	16	12	21	59	2	10	24	49	59	48

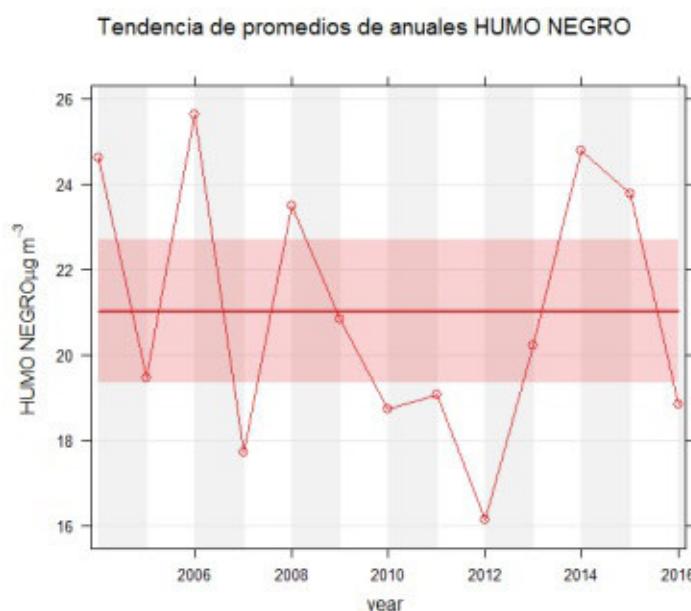
Tabla 7-Humo Negro

En la Tabla 7, al igual que para los demás parámetros estudiados, se presentan para cada estación de la Red, algunos datos de interés (promedio anual, mediana, máximo, mínimo, percentiles 0.75, 0.90 y 0.99) y el número de días en que se obtuvieron muestras. En cada caso se calcularon, además, los intervalos de confianza para  $p=0.95$  de la media y el número de datos de cada año.

La Ilustración 15 es el diagrama de cajas por año y en la Tabla 8 se informa el total anual para el departamento de Montevideo desde que se mide este contaminante. En la ilustración 16 se muestra la tendencia de los promedios anuales. No se detecta ninguna tendencia en los promedios de este parámetro.



**Ilustración 15**



**TOTAL DEPARTAMENTAL**

	2004	25	22	27	243
2005	19	16	23	117	
2006	26	22	29	117	
2007	18	16	20	132	
2008	24	21	26	172	
2009	21	18	23	207	
2010	19	17	21	215	
2011	19	17	21	220	
2012	16	14	18	186	
2013	20	19	22	211	
2014	25	23	27	233	
2015	24	22	26	227	
2016	19	17	21	219	
2017	16	13	18	107	

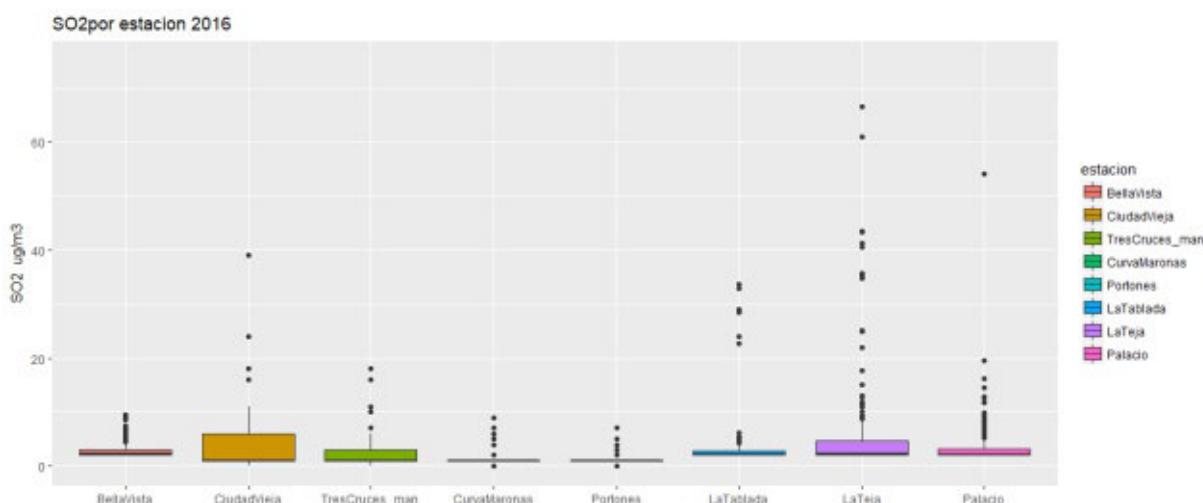
**Tabla 8**

**Ilustración 16**

## 3.2 Gases

### 3.2.1 Dióxido de azufre

El dióxido de azufre, se mide en Montevideo desde el año 2009, la determinación de SO<sub>2</sub> se realiza con dos metodologías diferentes. En las estaciones La Teja, La Tablada, Palacio Legislativo y Bella Vista se utilizan equipos de espectrofotometría, y los resultados se registran en forma horaria, en las estaciones Ciudad Vieja, Tres Cruces, Portones de Carrasco y Curva de Maroñas, se utiliza un equipo integrativo de 24 horas (Tren de monitoreo).



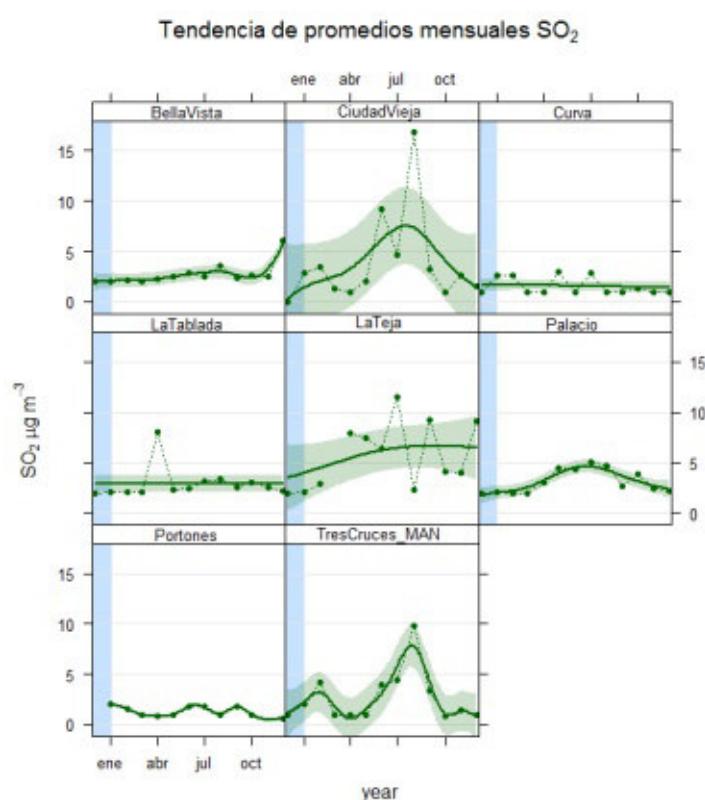
**Ilustración 17**

Los resultados para el año 2016 se muestran en la Ilustración 17, y en la Ilustración 18 se han graficado los promedios mensuales para cada estación.

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

La Ilustración 18 es el diagrama de cajas por año y en la Tabla 10 se resumen los totales anuales para Montevideo

En la ilustración 19 se muestra la tendencia de los promedios anuales,



**Ilustración 18**

ESTACION BELLA VISTA										
	Promedio ug/m <sup>3</sup>	IC inf ug/m <sup>3</sup>	IC sup ug/m <sup>3</sup>	Máximo ug/m <sup>3</sup>	Mínimo ug/m <sup>3</sup>	mediana ug/m <sup>3</sup>	P0.75 ug/m <sup>3</sup>	P0.95 ug/m <sup>3</sup>	P0.99 ug/m <sup>3</sup>	Datos días
2014	4	4	5	15	2	4	5	9	13	92
2015	3	3	4	15	2	2	4	8	11	356
2016	3	3	3	10	2	2	3	6	9	361

ESTACION CIUDAD VIEJA										
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2012	22	16	30	126	1	15	24	81	125	61
2013	17	13	22	96	1	13	21	48	79	58
2014	8	7	10	34	1	6	10	20	31	59
2015	6	5	8	32	1	5	9	19	28	58
2016	4	3	6	39	1	1	6	16	31	57

ESTACION TRES CRUCES										
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2012	14	10	18	49	1	11	17	32	45	28
2013	10	9	12	26	1	10	14	21	24	55
2014	8	7	9	17	1	7	10	14	16	57
2015	5	4	6	20	1	3	6	11	18	58
2016	3	2	4	18	1	1	3	11	17	60

ESTACION CURVA DE MAROÑAS										
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2012	14	10	18	28	1	13	21	28	28	17
2013	11	9	13	35	1	9	16	23	31	50
2014	8	7	9	27	1	7	9	17	26	60
2015	5	4	6	17	1	4	7	12	16	59
2016	1,7	1,2	2,2	9	1	1	1	6	8	54

ESTACION PORTONES DE CARRASCO										
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2012	9	7	11	48	1	7	11	23	41	50
2013	7	5	8	34	1	5	8	15	27	48
2014	6	5	7	16	1	6	7	12	16	56
2015	4	3	5	18	1	3	6	10	16	52
2016	1	1	2	7	1	1	1	5	7	48

ESTACION LA TABLADA										
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2009	20	18	22	136	2	17	28	42	72	267
2010	14	13	16	89	2	11	20	38	77	322
2011	12	10	13	83	2	8	14	34	63	354
2012	8	7	9	61	2	5	9	23	46	345
2013	4,1	3,7	4,4	36	2	3	5	10	16	356
2014	2,5	2,4	2,6	12	2	2	2	5	9	337
2015	2,8	2,6	3,0	15	2	2	2	6	13	360
2016	3,0	2,7	3,4	34	2	2	3	4	26	353

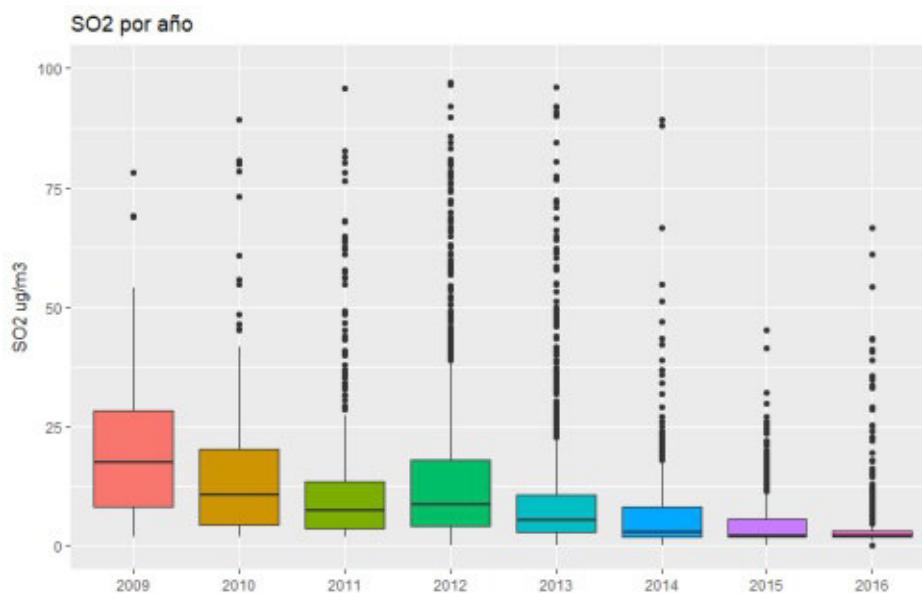
  

ESTACION LA TEJA										
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2012	16	13	19	250	2	9	16	58	140	357
2013	12	10	15	151	2	6	10	47	118	313
2014	4	4	5	88	2	2	3	13	43	314
2015	3	3	3	45	2	2	2	6	25	352
2016	6,4	4,9	8,2	113	2	2	5	25	64	245

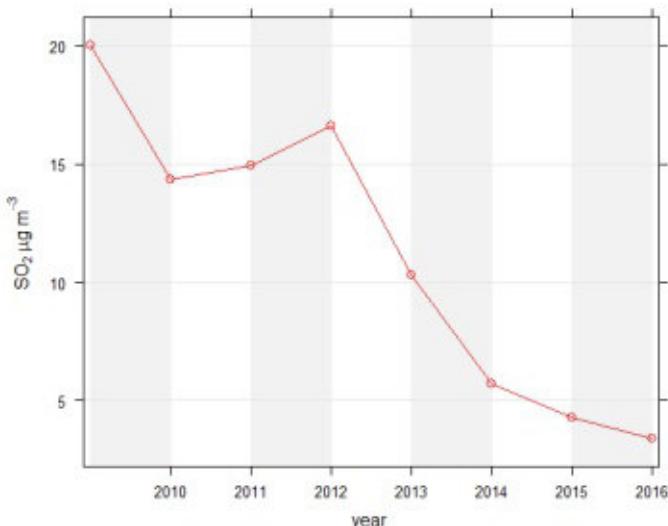
  

ESTACION PALACIO LEGISLATIVO										
	Promedio	IC inf	IC sup	Máximo	Mínimo	mediana	P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2011	19	15	23	171	2	7	15	104	158	275
2012	27	24	30	150	2	19	36	79	130	354
2013	14	12	16	149	2	8	15	52	87	350
2014	10	9	11	89	2	10	13	21	31	329
2015	8,5	8,0	9,1	27	2	9	11	17	22	362
2016	3,3	2,9	3,7	54	2	2	3	8	14	359

Tabla 9-SO2

**Ilustración 19**

TOTAL DEPARTAMENTAL				
AÑO	PROMEDIO	IC inf	IC sup	Datos
	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	días
2010	14	13	16	322
2011	15	13	17	630
2012	17	15	18	1239
2013	10	9	11	1230
2014	5,8	5,5	6,2	1304
2015	4,5	4,3	4,7	1657
2016	3,5	3,2	3,8	1537

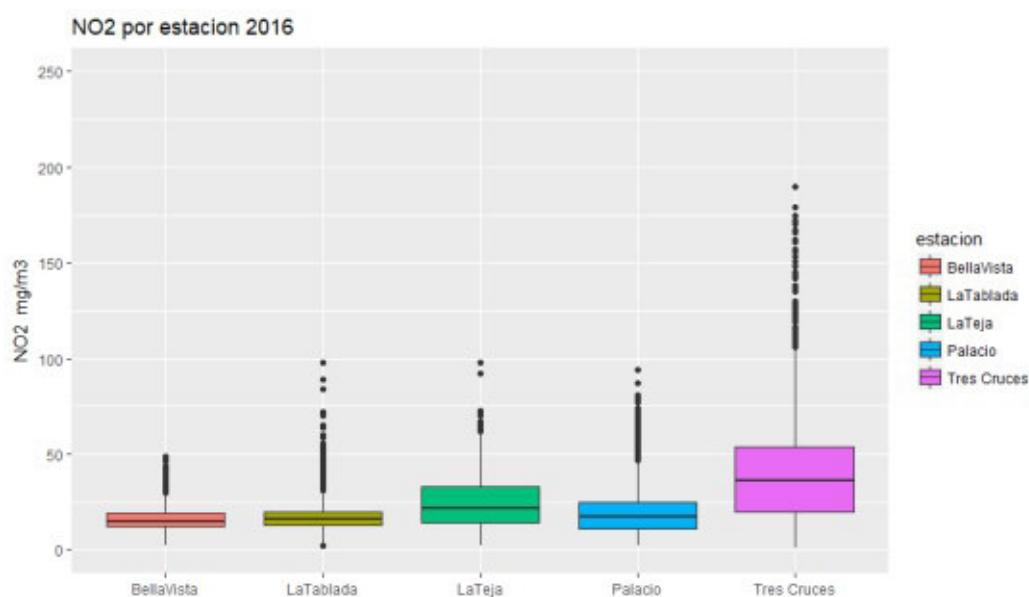
**Tabla 10****Tendencia de promedios de anuales Dióxido de Azufre****Ilustración 20**

Se evidencia la tendencia a la baja de este contaminante desde que se está midiendo.

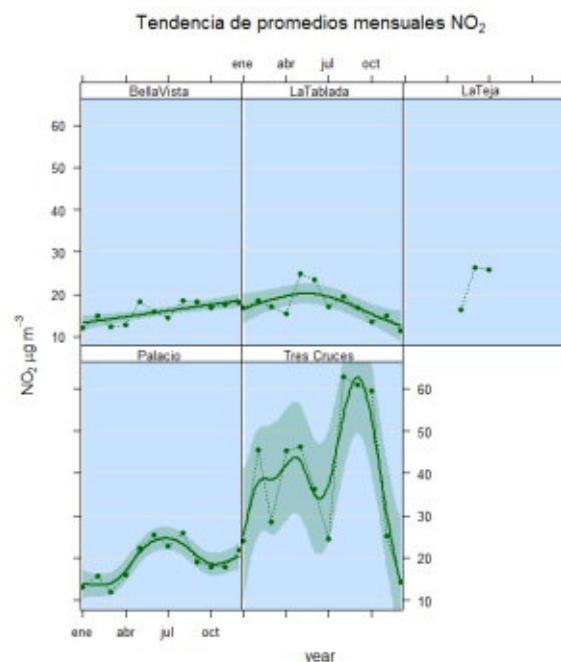
El salto más significativo se observa a partir del año que desde el año 2014 donde la concentración promedio desciende casi un 50% de los valores promedio registrados anteriormente, este resultado es consistente con la puesta en funcionamiento de la planta desulfurizadora de ANCAP, que redujo la concentración de azufre en los combustibles.

### 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 2016 se cuenta con equipos operativos en cinco estaciones. Las técnicas que se utilizadas para la determinación de NO<sub>2</sub>, son dos. En las estaciones La Teja, La Tablada, Palacio Legislativo y Bella Vista se utilizan equipos de espectrofotometría, y en Tres Cruces, un equipo con semiconductor sensible al gas. En todas las estaciones se determina el promedio horario.



**Ilustración 21**



**Ilustración 22**

El estándar para éste contaminante se evalúa en forma horaria y como promedio anual.

Los diagramas de cajas para los valores horarios en el año 2016 se muestran en la Ilustración 21, y en la Ilustración 22, se han graficado los promedios mensuales para cada estación.

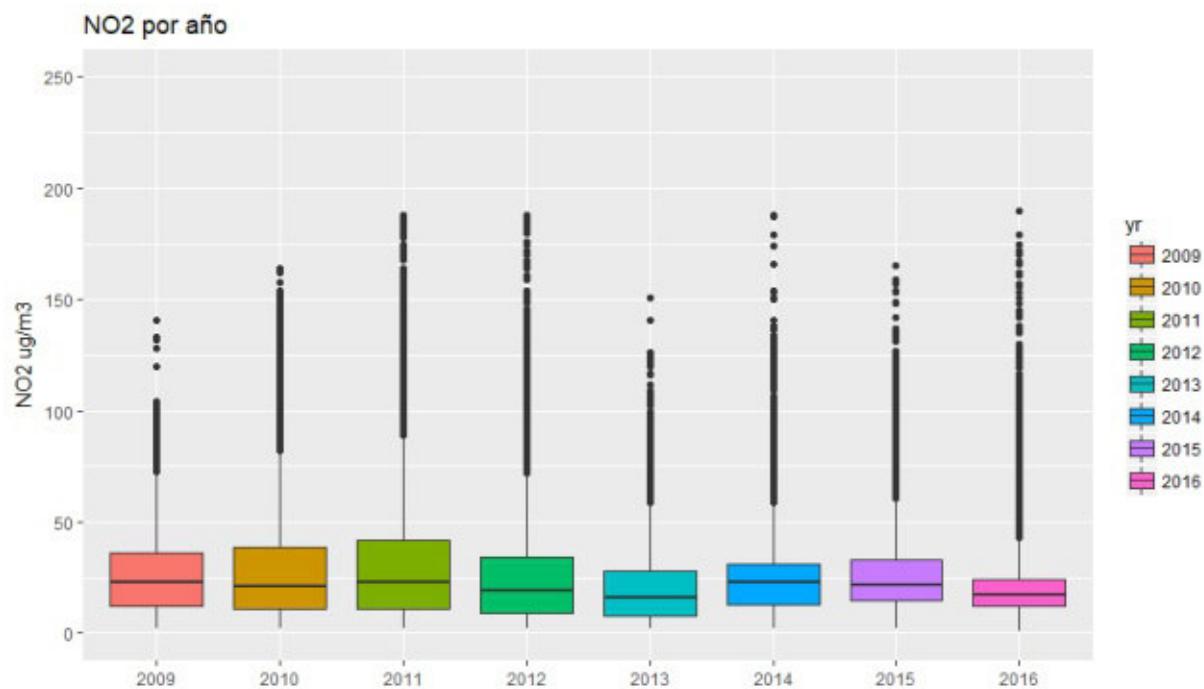
En la Tabla 11, se informan los datos por año desde que se mide este parámetro con los estadísticos de interés. Se han incluido los Intervalos de confianza para la media anual.

ESTACION BELLA VISTA				ESTACION LA TABLADA				ESTACION LA TEJA				ESTACION PALACIO LEGISLATIVO															
Promedio	IC inf	IC sup		Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos	Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos	Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos
	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>		ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>	días																
2014	34	34	35	78	2	39		52	65	33	2318																
2015	30	29	30	116	6	37		51	65	28	8698																
2016	16	16	16	49	2	19		27	34	15	8694																
ESTACION LA TABLADA				ESTACION LA TEJA				ESTACION PALACIO LEGISLATIVO				ESTACION TRES CRUCES															
Promedio	IC inf	IC sup		Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos	Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos	Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2009	26	25	26	141	2	36		61	80	23	6415																
2010	30	29	30	164	2	39		93	128	21	7762																
2011	25	24	25	320	2	35		68	104	18	8569																
2012	16	16	17	159	2	22		48	72	11	8442																
2013	16	15	16	126	2	19		42	63	12	8637																
2014	21	21	22	138	2	28		40	54	22	8227																
2015	18	18	18	80	2	22		30	38	17	8607																
2016	17	17	18	98	2	20		31	45	16	8680																
ESTACION PALACIO LEGISLATIVO				ESTACION TRES CRUCES				ESTACION TRES CRUCES				ESTACION TRES CRUCES															
Promedio	IC inf	IC sup		Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos	Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos	Máximo	Mínimo	mediana		P0.75	P0.95	P0.99	Datos
2011	38	37	39	188	2	49		98	156	31	6636																
2012	37	36	37	188	2	48		82	128	32	8570																
2013	28	28	29	141	2	37		61	81	25	8523																
2014	24	24	24	188	2	30		56	94	21	8084																
2015	19	19	19	98	2	24		32	41	19	8671																
2016	19	19	19	94	2	25		40	54	17	8640																

**Tabla 11-NO2**

La Ilustración 23 muestra el diagrama de cajas por año para toda la Red y en la Tabla 11 se resumen los totales anuales para Montevideo.

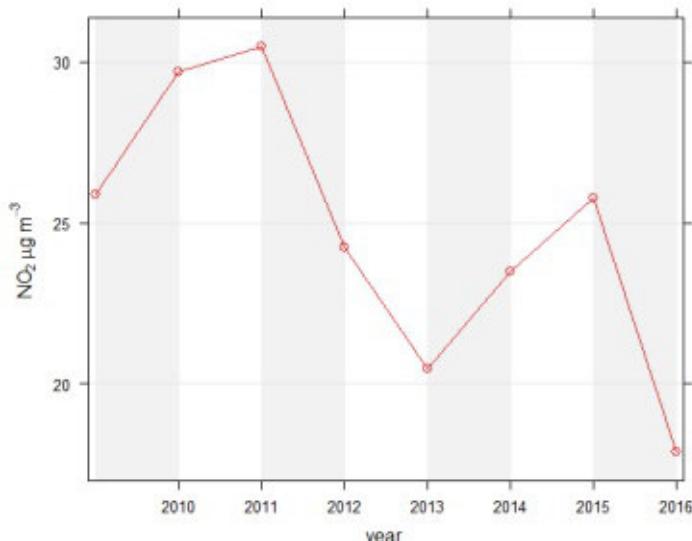
En la ilustración 24 se muestra la tendencia de los promedios anuales. En tres de las estaciones (La Tablada, Bella Vista y Palacio Legislativo), parece observarse una tendencia a la baja, pero no así en la estación de La Teja. Hay muy poca información histórica en la estación Tres Cruces. En el promedio de las estaciones se evidencia una tendencia a la baja, no tan clara como se visualiza para SO<sub>2</sub>.

**Ilustración 23**

TOTAL DEPARTAMENTAL				
AÑO	PROMEDIO	IC inf	IC sup	Datos
2009	25.9	25.4	26.3	6415
2010	29.7	29.1	30.3	7762
2011	30.5	30.1	30.9	15205
2012	24.2	24.0	24.5	25656
2013	20.5	20.3	20.7	24901
2014	23.5	23.3	23.7	25858
2015	25.8	25.6	25.9	40876
2016	20.8	20.7	21.0	31964

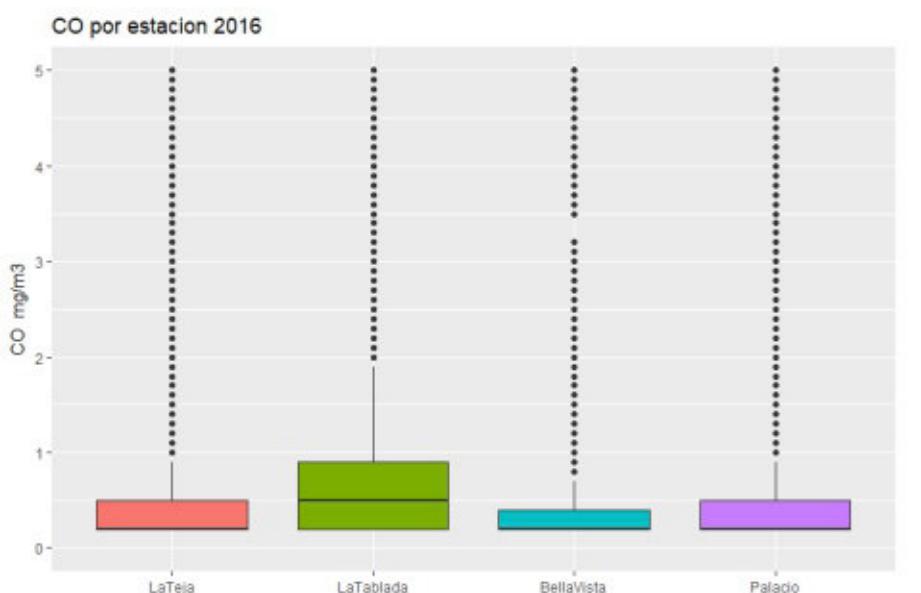
**Tabla 12**

Tendencia de promedios de anuales Dióxido de Nitrógeno

**Ilustración 24**

### 3.2.3 Monóxido de carbono

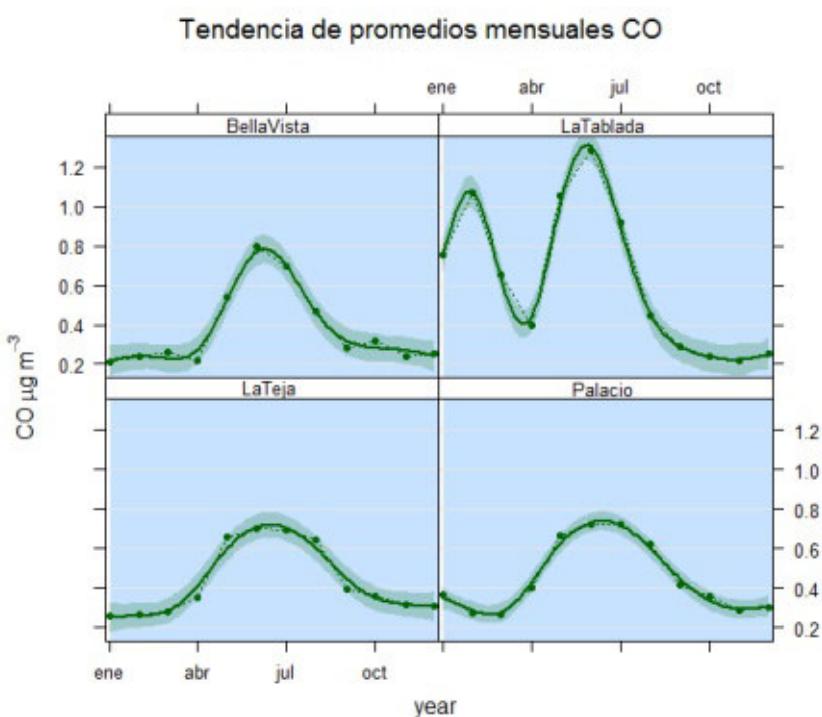
Al igual que el dióxido de nitrógeno, el primer equipo de monóxido de carbono, comenzó a operar en la Red de Monitoreo en el año 2009, en la estación La Tablada. En el año 2016 se cuenta con equipos operativos en cuatro estaciones. Las estaciones La Teja, La Tablada, Palacio Legislativo y Bella Vista utilizan equipos de espectrofotometría IR y las determinaciones se realizan en forma horaria. El estándar para este contaminante se evalúa en forma horaria y para los promedios móviles de 8 horas..



**Ilustración 25**

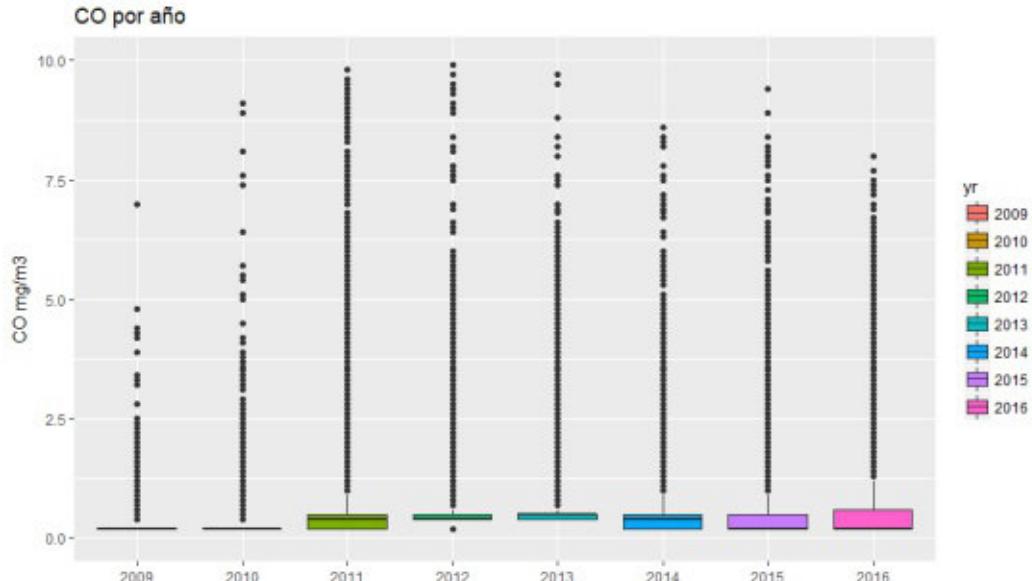
Los diagramas de cajas para los valores horarios en el año 2016 se muestran en la Ilustración 25, y en la siguiente (Ilustración 26) se han graficado los promedios mensuales para cada estación.

En la Tabla 12, 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.



**Ilustración 26**

Tabla 13-CO



## Ilustración 27

La Ilustración 27 es el diagrama de cajas por año para toda la Red y en la Tabla 13 se resumen los totales anuales para Montevideo.

En la ilustración 28 se muestra la tendencia de los promedios anuales, no parece observarse una tendencia a la baja. De todas formas las concentraciones observadas, están muy por debajo del estándar que, para valores horarios, es 30000 (el máximo registrado fue 8000).

TOTAL DEPARTAMENTAL

AÑO	PROMEDIO ug/m <sup>3</sup>	IC inf ug/m <sup>3</sup>	IC sup ug/m <sup>3</sup>	Datos días
2009	292	285	300	6415
2010	279	269	288	7762
2011	767	743	790	15205
2012	522	515	530	25730
2013	596	589	603	24684
2014	507	501	514	26973
2015	457	451	463	34485
2016	485	478	491	32086

Tabla 14

Tendencia de promedios de anuales Monóxido de Carbono

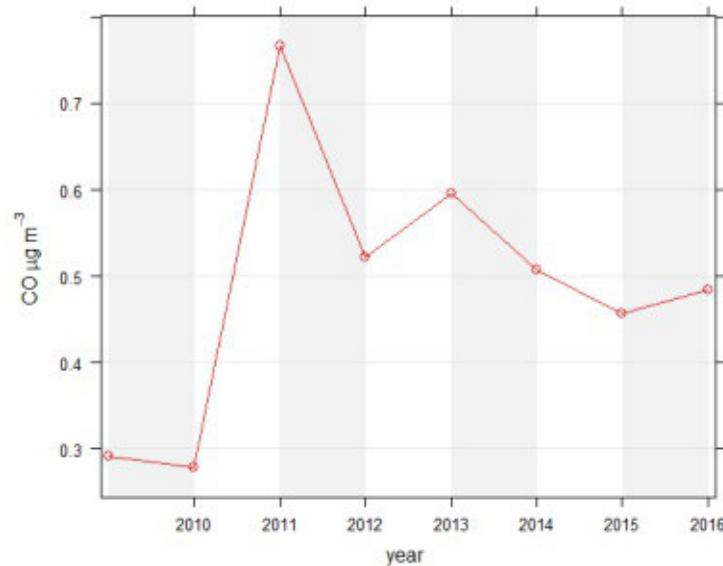


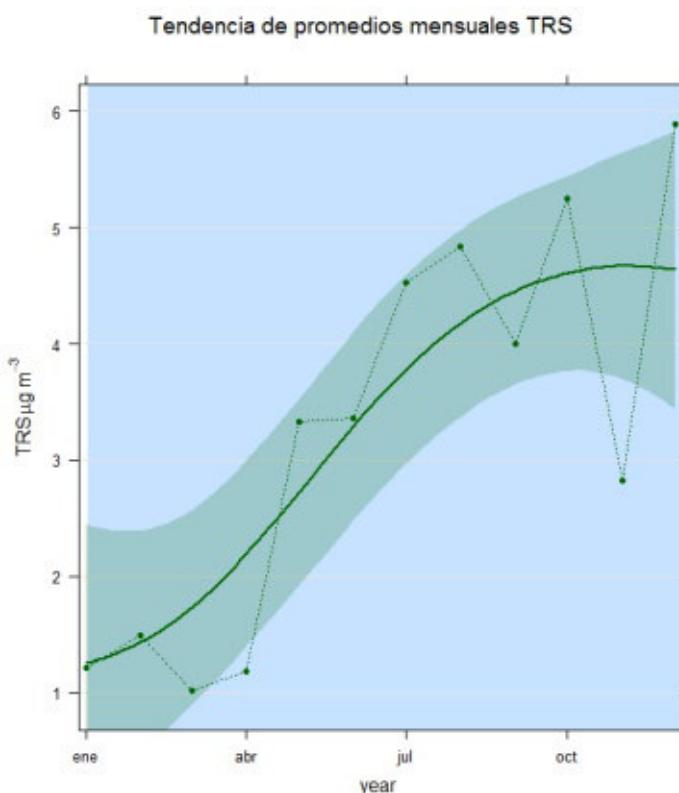
Ilustración 28

### 3.2.4 Compuestos de azufre reducido (TRS)

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

En la Ilustración 29 se han graficado los promedios mensuales de dicha estación.

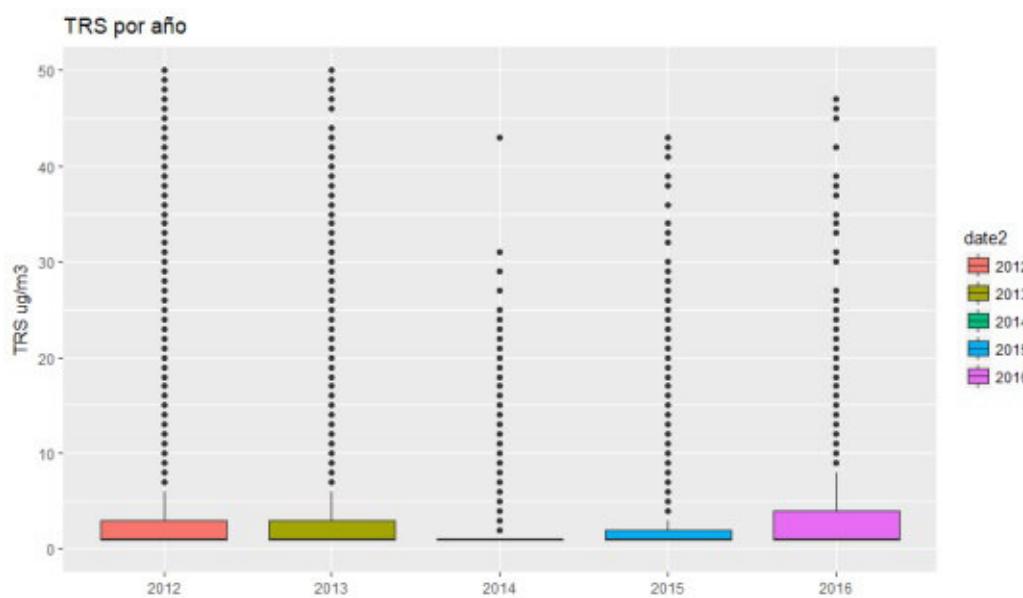
En la Tabla 15, se informan los datos por año desde que se mide este parámetro con los estadísticos de interés.



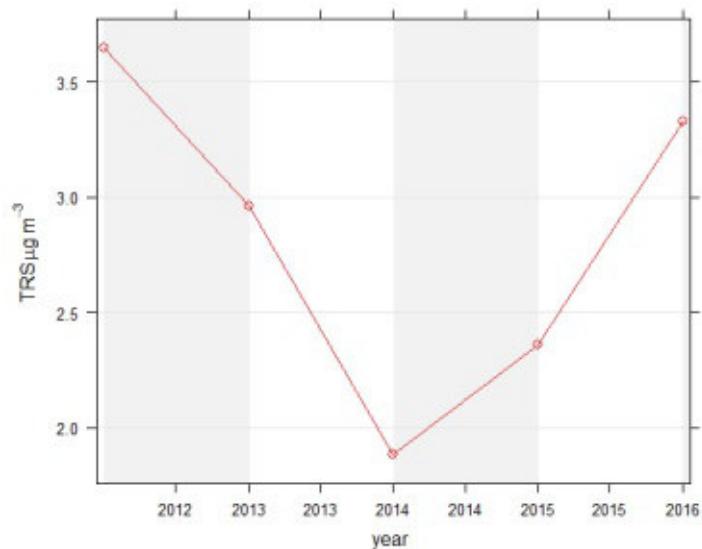
**Ilustración 29**

ESTACION LA TEJA				Máximo ug/m³	Mínimo ug/m³	mediana ug/m³	P0.75 ug/m³	P0.95 ug/m³	P0.99 ug/m³	Datos días
	Promedio ug/m³	IC inf ug/m³	IC sup ug/m³							
2012	3,6	3,5	3,8	250	1	1	3	15	40	8644
2013	3,0	2,8	3,1	144	1	1	3	10	29	8251
2014	1,88	1,83	1,94	64	1	1	1	6	15	7673
2015	2,36	2,3	2,44	115	1	1	2	8	18	8437
2016	3,3	3,2	3,5	205	1	1	4	11	20	5835

**Tabla 15-TRS**

**Ilustración 30**

Tendencia de promedios de anuales Compuestos de Azufre Reducido

**Ilustración 31**

La Ilustración 30 es el diagrama de cajas por año para toda la Red y en la Tabla 13 se resumen los totales anuales para Montevideo

En la ilustración 31 se muestra la tendencia de los promedios anuales. No parece observarse una tendencia definida.

### 3.3 Resumen de resultados año 2016

Los resultados que se consideran relevantes a efectos de caracterizar la calidad del aire correspondiente al año 2016 se resumen en la tabla 16.

Los promedios y máximos informados se calculan a partir de los valores diarios, excepto para CO y NO2 que se calculan a partir de los valores horarios.

La estación La Teja, estuvo varios meses fuera de servicio por lo que no se alcanza el porcentaje de datos para evaluar el año completo para PM2.5, NO2, SO2 y TRS.

El porcentaje indica la fracción de datos utilizados para el cálculo del promedio en el año correspondiente.

	Tipo estación	PTS			PM10			P2.5			Humo Negro		
		Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx 24h ug/m <sup>3</sup>	%	Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx 24h ug/m <sup>3</sup>	%	Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx 24h ug/m <sup>3</sup>	%	Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx 24h ug/m <sup>3</sup>	%
<b>Ciudad Vieja</b>	Base							<b>13</b>	115	94%	<b>19</b>	56	95%
<b>Tres Cruces</b>	Base				<b>31</b>	69	97%				<b>21</b>	59	100%
<b>Curva de Maroñas</b>	Base				<b>27</b>	98	100%				<b>18</b>	113	90%
<b>Portones de Carrasco</b>	Base				<b>35</b>	144	98%				<b>16</b>	59	80%
<b>Colón</b>	Base	<b>45</b>	92	78%									
<b>La Tablada</b>	Fuentes				<b>16</b>	114	92%						
<b>Palacio Legislativo</b>	Fuentes				<b>21</b>	86	93%						
<b>La Teja</b>	Fuentes							<b>18</b>	180	29%			
<b>Bella Vista</b>	Fuentes				<b>14</b>	62	95%						
CO													
		Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx hora ug/m <sup>3</sup>	%	Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx hora ug/m <sup>3</sup>	%	Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx 24h ug/m <sup>3</sup>	%	Promedio ug/m <sup>3</sup>	Máx 24h ug/m <sup>3</sup>	%
<b>Ciudad Vieja</b>	Base							<b>4</b>	39	93%			
<b>Tres Cruces</b>	Base							<b>3</b>	18	98%			
<b>Portones de Carrasco</b>	Base							<b>2</b>	9	89%			
<b>Colón</b>	Base							<b>1</b>	7	79%			
<b>La Tablada</b>	Fuentes	<b>639</b>	7700	96%	<b>17</b>	98	99%	<b>3</b>	34	96%			
<b>Palacio Legislativo</b>	Fuentes	<b>454</b>	8000	93%	<b>19</b>	94	98%	<b>3</b>	54	98%			
<b>La Teja</b>	Fuentes	<b>459</b>	8000	80%	<b>24</b>	98	16%	<b>6</b>	113	67%	<b>3</b>	205	66%
<b>Bella Vista</b>	Fuentes	<b>379</b>	6500	96%	<b>16</b>	49	99%	<b>3</b>	10	99%			

**Tabla 16**

# 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 21/03/2011 <<http://sis.nlm.nih.gov/enviro/iupacglossary/frontmatter.html>>
- 2- **The National Association of Clean Air Agencies (NACAA)**. Consultado el 21/03/2011 <<http://www.4cleanair.org>>
- 3- **Selected Methods of Measuring air Pollutants- OECD Filter Soiling Methods Ch1** pp 17-27, WHO 1976.ISBN 9241700246 <http://whqlibdoc.who.int/offset/> documento WHO\_OFFSET\_24.pdf, Consultado el 21/03/2011
- 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 21/03/2011
- 5- **Air Pollutants- Sulfur dioxide (SO<sub>2</sub>)**- EPA Sulfur Dioxide Site -Air emission Sources. United States- Environmental Protection Agency. Last update 17/8/2011 consultado marzo 2015 <<http://www.epa.gov/airquality/sulfurdioxide/>>
- 6- **Guías de calidad del aire de la OMS relativas al material particulado, el ozono, el dióxido de nitrógeno y el dióxido de azufre.** Resumen de evaluación de los riesgos- Actualización mundial 2005. Organización Mundial de la Salud. p 19 <[http://www.who.int/phe/health\\_topics/outdoorair/outdoorair\\_aqg/es/](http://www.who.int/phe/health_topics/outdoorair/outdoorair_aqg/es/)>consultado marzo 2015
- 7- **Air Pollutants- Nitrogen dioxide (NO<sub>2</sub>)**- EPA Nitrogen Dioxide Site . Air emission Sources United States- Environmental Protection Agency. Last update 1/11/2011 consultado marzo 2015 <<http://www.epa.gov/airquality/nitrogenoxides/>>
- 8- **Six common Pollutants- Carbon Monoxide** . Air emission Sources United States- Environmental Protection Agency. Last update 25/01/2012 consultado enero 2012 <<http://www.epa.gov/airquality/carbonmonoxide/>>
- 9- **Methods of Air Sampling and Analysis 3rd Edition**, Lewis Publishers inc. (1989) Lodge, J. P.[a] pp. 533-537.[b] pp 416-417 [c] pp296-299
- 10- **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; Capítulo I (Environmental Protection Agency); Subcapítulo 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
H2O2	Peróxido de hidrógeno
IC	Intervalo de Confianza
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)
m3	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
NO2	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
PM10	Partículas menores de 10 um de diámetro aerodinámico
PM2,5	Partículas menores de 2,5 um 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)
SO2	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 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	8
1.3 Configuración de la Red de Monitoreo	10
1.3.1 Red Base	10
1.3.2 Red Orientada a Fuentes Significativas	11
1.4 Marco Normativo	12
1.5 Cálculos estadísticos	13
2 Resumen de los resultados por estación de monitoreo	14
2.1 ICAire Comunicación de Resultados	14
2.2 Estación 1 Ciudad Vieja	16
2.3 Estación 5 Tres Cruces	18
2.4 Estación 6 Curva de Maroñas	20
2.5 Estación 7 Portones de Carrasco	22
2.6 Estación 8 Colón	24
2.7 Estación La Tablada	26
2.8 Estación Palacio Legislativo	28
2.9 Estación La Teja	30
2.10 Estación Bella Vista	32
2.11 Categoría de ICAire por parámetros para todas las muestras del año 2016	34
3 Calidad del aire año 2016	35
3.1 Material particulado	35
3.1.1 Partículas totales en suspensión	35
3.1.2 Material Particulado menor de 10 micras	39

3.1.3 Material Particulado menor de 2.5 micras	43
3.1.4 Material Particulado Humo Negro	46
3.2 Gases	49
3.2.1 Dióxido de azufre	49
3.2.2 Dióxido de nitrógeno	52
3.2.3 Monóxido de carbono	55
3.2.4 Compuestos de azufre reducido	58
3.3 Resumen de resultados 2016.	60
4 Bibliografía	61
5 Abreviaturas	63
6 Índice	64