

Gestión de Calidad Ambiental

Módulo
Calidad del Aire

2024



FACULTAD DE
INGENIERÍA



UNIVERSIDAD
DE LA REPÚBLICA
URUGUAY

Contenido

- Introducción
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Marco normativo nacional
- Índices de calidad del aire
- Guías de DINACEA
- Ejercicio

Contenido

- Introducción
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Marco normativo nacional
- Índices de calidad del aire
- Guías de DINACEA
- Ejercicio

- Paracelso (1493-1541): “Todas las sustancias son venenos; no hay ninguna que no lo sea. La dosis correcta diferencia un veneno de un remedio”
- Esta afirmación es la base de las regulaciones sobre calidad del aire: el objetivo es establecer *niveles ambientales aceptables* de diferentes contaminantes atmosféricos de forma tal que *las dosis resultantes no generen daño significativo en la salud pública*
- Las regulaciones de calidad del aire deben proteger la salud pública, *debiendo su cumplimiento ser practicable y económicamente sustentable*
- Además, mediante la regulación se pretende proteger a la fauna y a la flora, y contribuir a la preservación de bienes materiales

- Algunas definiciones:

- **Parámetros de calidad del aire:** permiten cuantificar características o propiedades del aire, en forma directa o indirecta
- **Guías o Criterios de calidad del aire:** son valores numéricos o enunciados descriptivos recomendados para mantener un determinado uso del aire
- **Objetivos de calidad del aire:** se refieren a metas de mejora en materia de calidad del aire (implican planes de acción, recursos y plazos)
- **Estándares de calidad del aire:** valores con fuerza legal. Toman en cuenta estudios epidemiológicos y toxicológicos, pero también el contexto local. Pretenden garantizar la preservación de la salud humana, de otras especies animales y vegetales, y evitar el daño a bienes materiales. Expresan valores de concentración máxima admisible (emisión e inmisión (ambiental u ocupacional)). Pueden ser **estratégicos** o **tácticos** y han sido efectivos

- Estándares:

- **De emisión:** definen límites de concentración o de tasa de emisión de diversos contaminantes, medidos en la fuente (escape de vehículos, chimeneas de industrias, entre otras) (permiten controlar el cumplimiento de normativa por parte de emprendimientos específicos). Sus valores pueden expresarse de diferente manera (mg/m^3 , mg/Nm^3 , kg/h , kg/ton , etc.)
- **De calidad del aire:** definen concentraciones aceptables de diversos contaminantes atmosféricos en el aire ambiente, sin importar su fuente de emisión
- **De procesos:** definen procedimientos de trabajo. Por ejemplo, la implementación de tecnologías que generen menos emisiones o el uso de combustibles con menor contenido de azufre

Componentes de un estándar de calidad del aire

- **Indicador:** lo que se va a medir (concentración de $PM_{2,5}$, SO_2 , O_3 , etc.) y cómo se va a medir
- **Tiempo de promediación:** por ejemplo 1 h, 8 h, 24 h o 1 año. Depende de si se quieren evaluar efectos sobre la salud de corto o largo plazo
- **Definición de cumplimiento:** método estadístico que defina el cumplimiento del estándar (puede incluir excedencias)
- **Nivel:** valor numérico del indicador (por ejemplo, $15 \mu g/m^3$ para el promedio anual de la concentración ambiental de $PM_{2,5}$)



Contenido

- Introducción
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Marco normativo nacional
- Índices de calidad del aire
- Guías de DINACEA
- Ejercicio

- La OMS considera que la contaminación atmosférica es un problema importante de salud ambiental, y en este sentido recomienda un conjunto de guías de calidad del aire para diversos contaminantes a escala global. La última actualización de estas guías se realizó en 2021
- Estas guías tienen por objeto ofrecer orientación sobre la manera de reducir los efectos de la contaminación del aire en la salud y constituyen un marco de referencia global
- De todas maneras, las normas nacionales varían en función del enfoque adoptado con el fin de equilibrar los riesgos para la salud, la viabilidad tecnológica, los aspectos económicos, entre otros factores políticos y sociales, que a su vez dependerán, entre otras cosas, del nivel de desarrollo y de la capacidad nacional en relación con la gestión de la calidad del aire

- En los valores guía de la OMS se tiene en cuenta esta heterogeneidad y se reconoce, en particular, que **cuando los gobiernos fijan objetivos para sus políticas deben estudiar con cuidado las condiciones locales propias antes de adoptar las guías directamente como normas con validez jurídica**
- Además, se recalca que los valores guía no pueden proteger plenamente la salud humana, porque en las investigaciones no se han identificado los umbrales por debajo de los cuales no se producen efectos adversos
- Además de los valores guía, se brindan **objetivos intermedios** para cada contaminante
- Estos valores guía aplican a **ambientes exteriores e interiores, con excepción de los lugares de trabajo**

Table 0.1. Recommended AQG levels and interim targets

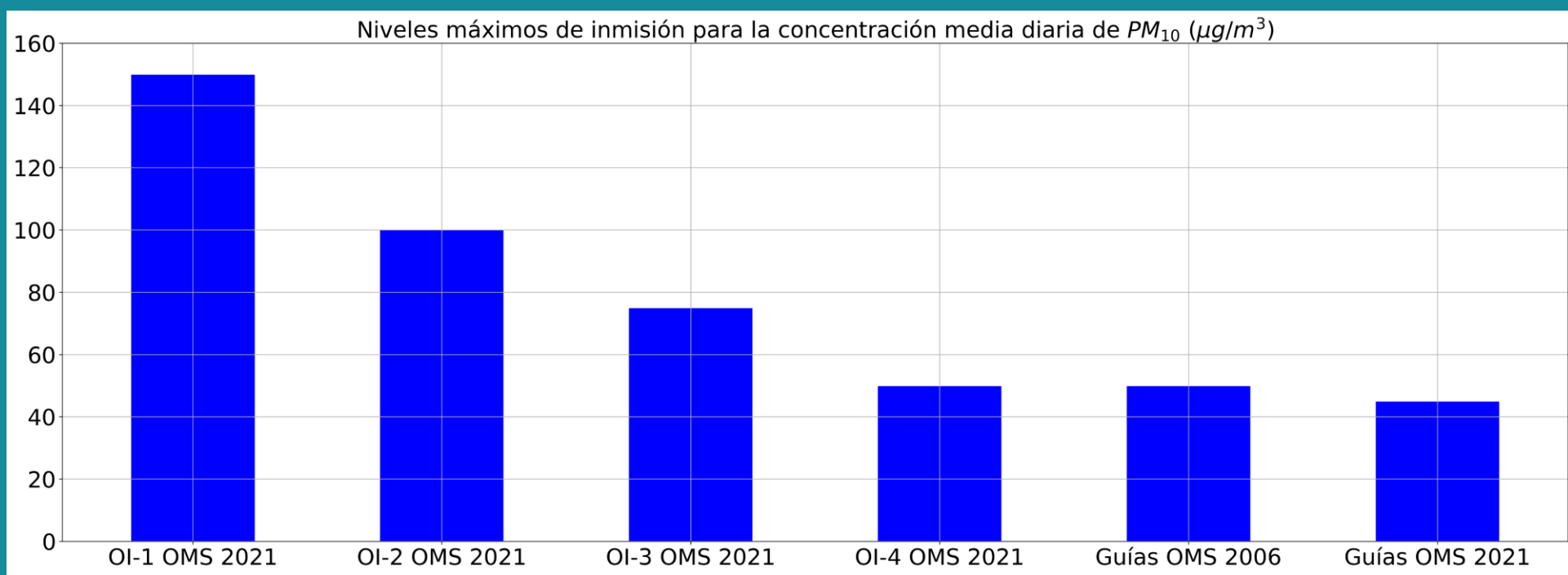
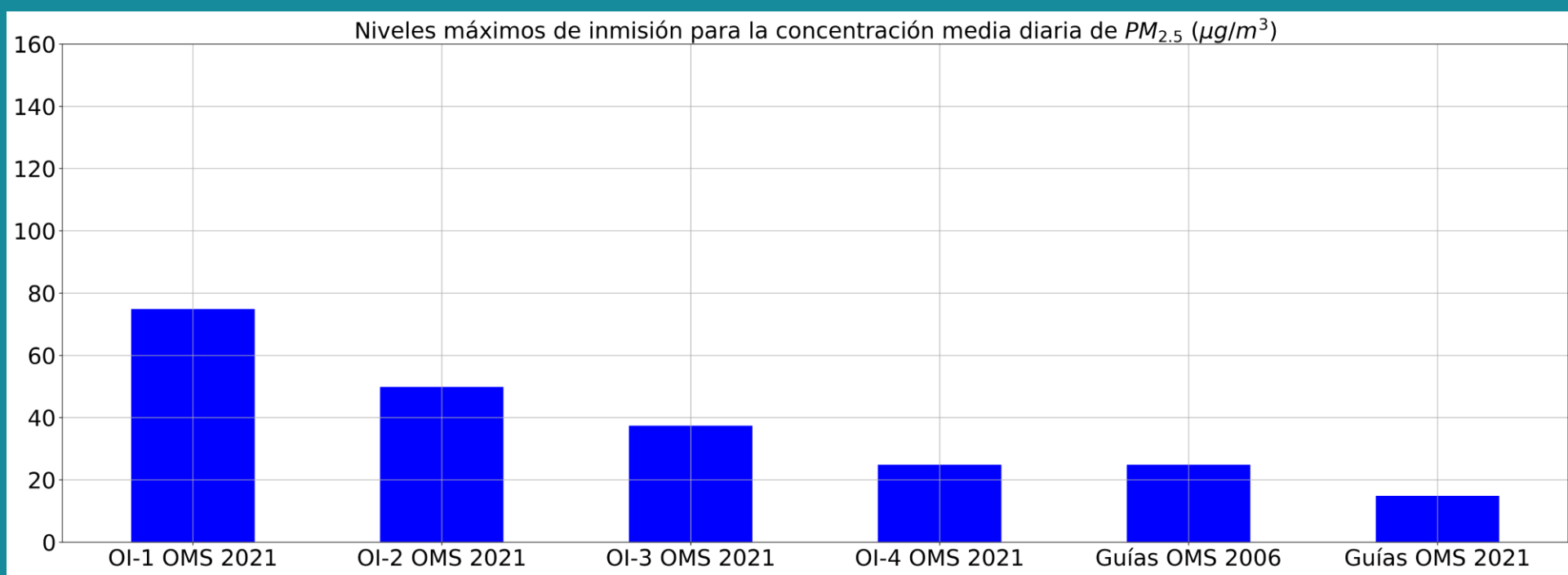
Pollutant	Averaging time	Interim target				AQG level
		1	2	3	4	
PM_{2.5}, µg/m³	Annual	35	25	15	10	5
	24-hour ^a	75	50	37.5	25	15
PM₁₀, µg/m³	Annual	70	50	30	20	15
	24-hour ^a	150	100	75	50	45
O₃, µg/m³	Peak season ^b	100	70	–	–	60
	8-hour ^a	160	120	–	–	100
NO₂, µg/m³	Annual	40	30	20	–	10
	24-hour ^a	120	50	–	–	25
SO₂, µg/m³	24-hour ^a	125	50	–	–	40
CO, mg/m³	24-hour ^a	7	–	–	–	4

^a 99th percentile (i.e. 3–4 exceedance days per year).

^b Average of daily maximum 8-hour mean O₃ concentration in the six consecutive months with the highest six-month running-average O₃ concentration.

Table 0.2. Air quality guidelines for nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide (short averaging times) that were not re-evaluated and remain valid

Pollutant	Averaging time	Air quality guidelines that remain valid
NO₂, µg/m³	1-hour	200
SO₂, µg/m³	10-minute	500
CO, mg/m³	8-hour	10
	1-hour	35
	15-minute	100



Contenido

- Introducción
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Marco normativo nacional
- Índices de calidad del aire
- Guías de DINACEA
- Ejercicio

De lo general a lo específico

- Constitución de la República:
 - ❖ En la actualización del año 2004, en el artículo N° 47, se establece que "la protección del ambiente es de interés general. Las personas deberán abstenerse de cualquier acto que cause depredación, destrucción o contaminación graves al medio ambiente. La ley reglamentará esta disposición y podrá prever sanciones para los transgresores"



De lo general a lo específico

- Ley N° 17283, General de Protección del Medio Ambiente (2000):
 - ❖ Declara de interés general (en conformidad a lo establecido en el artículo 47 de la Constitución de la República): "la protección del ambiente, de la calidad del aire, del agua, del suelo y del paisaje; la conservación de la diversidad biológica y de la configuración y estructura de la costa; la reducción y el adecuado manejo de las sustancias tóxicas o peligrosas y de los desechos cualquiera sea su tipo; la prevención, eliminación, mitigación y la compensación de los impactos ambientales negativos"

De lo general a lo específico

- El **Decreto 135/021** reglamenta el artículo 17 de esta Ley, que prohíbe liberar o emitir a la atmósfera, directa o indirectamente, sustancias, materiales o energía, por encima de los límites máximos o en contravención de las condiciones que se establezcan, teniendo en cuenta los niveles o situaciones que puedan poner en peligro la salud humana, animal o vegetal, deteriorar el ambiente o provocar riesgos, daños o molestias graves a seres vivos o bienes



Decreto 135/021

- Calidad del aire:
 - ❖ Se establecen objetivos de calidad del aire en dos etapas: 2021 a 2023, y 2024 en adelante
 - ❖ De aplicación en todo el territorio nacional
 - ❖ Corresponden al aire ambiente (quedan excluidos los lugares de trabajo y los ambientes interiores)
 - ❖ El período de medición de una hora sólo se aplicará en los monitoreos continuos

Decreto 135/021

- Calidad del aire:
 - ❖ Más allá de que no se regulan las emisiones de gases de efecto invernadero, ni de contaminantes que puedan afectar la capa de ozono, se dice que “se deberán adoptar las provisiones necesarias para minimizar las emisiones de gases que aporten al calentamiento global o que contribuyan al deterioro de la capa de ozono”
 - ❖ Las concentraciones límite corresponden a una temperatura de 293 K y a una presión atmosférica de 1013 hPa



Decreto 135/021

- Calidad del aire:
 - ❖ Las concentraciones máximas diarias son el valor resultante de promedios móviles octohorarios
 - ❖ Se entiende por tolerancia el porcentaje del valor límite en que puede superarse dicho valor durante determinado período de tiempo, sin que deba definirse un Plan de Acción



Decreto 135/021

Contaminante	Período ⁽¹⁾	Concentración ⁽²⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Tolerancia ⁽³⁾ No se podrá exceder:
Monóxido de Carbono	1 hora	30000	---
	8 horas móviles	10000	---
Dióxido de Nitrógeno	1 hora	200	260 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 18 horas al año
	Anual	40	---
Ozono	Máxima diaria ⁽⁴⁾	100	160 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 25 días en promedios de 3 años
Dióxido de Azufre	1 hora	300	450 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 24 horas en el año
	Anual	20	95 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 3 días en el año
PM2.5	24 horas	25	38 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 30 días al año
	1 año	15	---
PM10	24 horas	50	75 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en 15 días al año
	1 año	20	---
Plomo	1 año	0,5	---
Azufres Reducidos Totales	30 minutos	10	15 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta 40 veces en el año en promedios de 30 minutos
	24 horas	7	11 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ hasta 10 días en el año

⁽¹⁾ Por período se entiende la media aritmética de los datos correspondiente al tiempo que en cada caso se indica. El período de medición de 1 hora sólo será de aplicación en los monitoreos continuos.

⁽²⁾ Las mediciones de concentración corresponden a T = 293 K y P = 1013 hPa.

⁽³⁾ El exceso en el nivel de concentración de cada parámetro no podrá superar el valor máximo que se indica, en el tiempo que se señala.

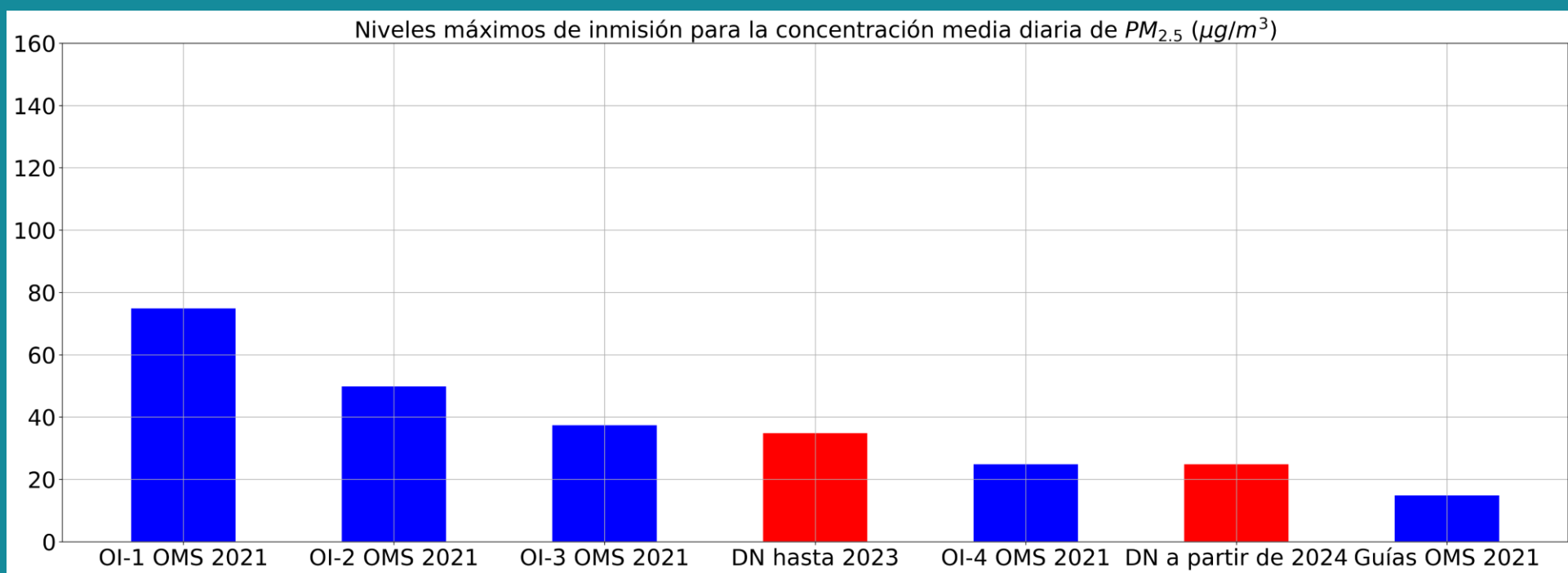
⁽⁴⁾ Máxima diaria es el valor resultante de los promedios móviles octohorarios.

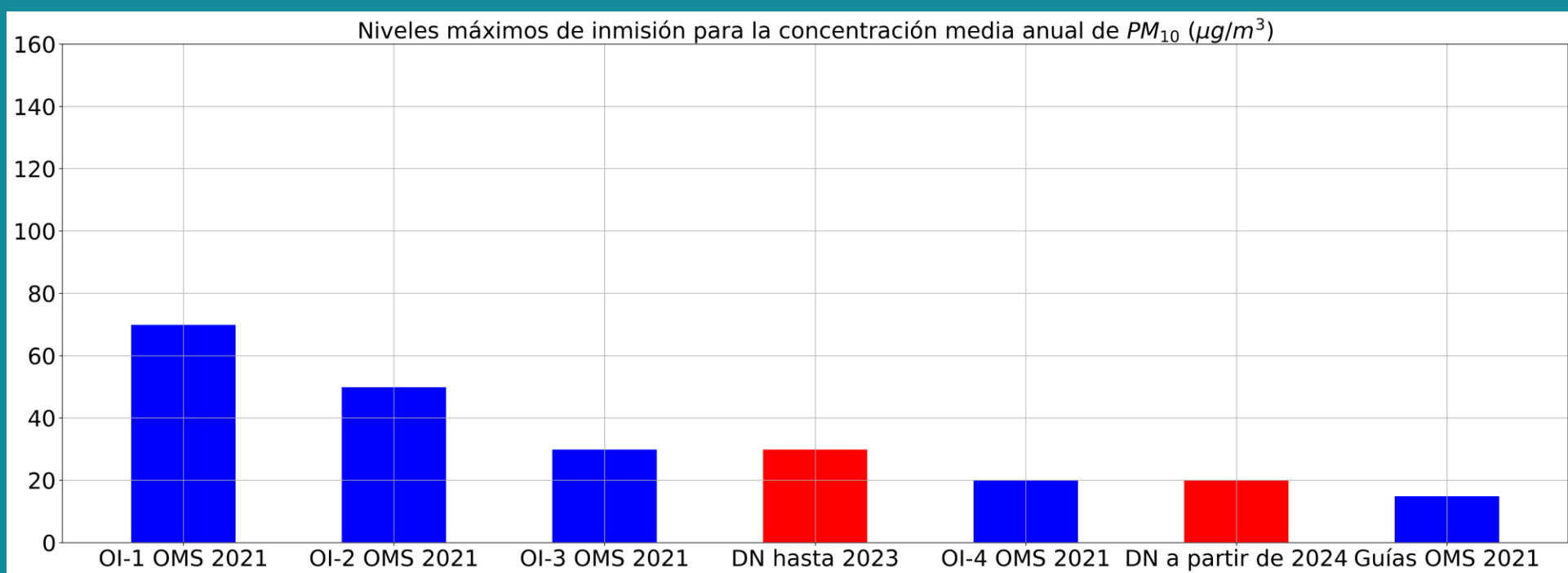
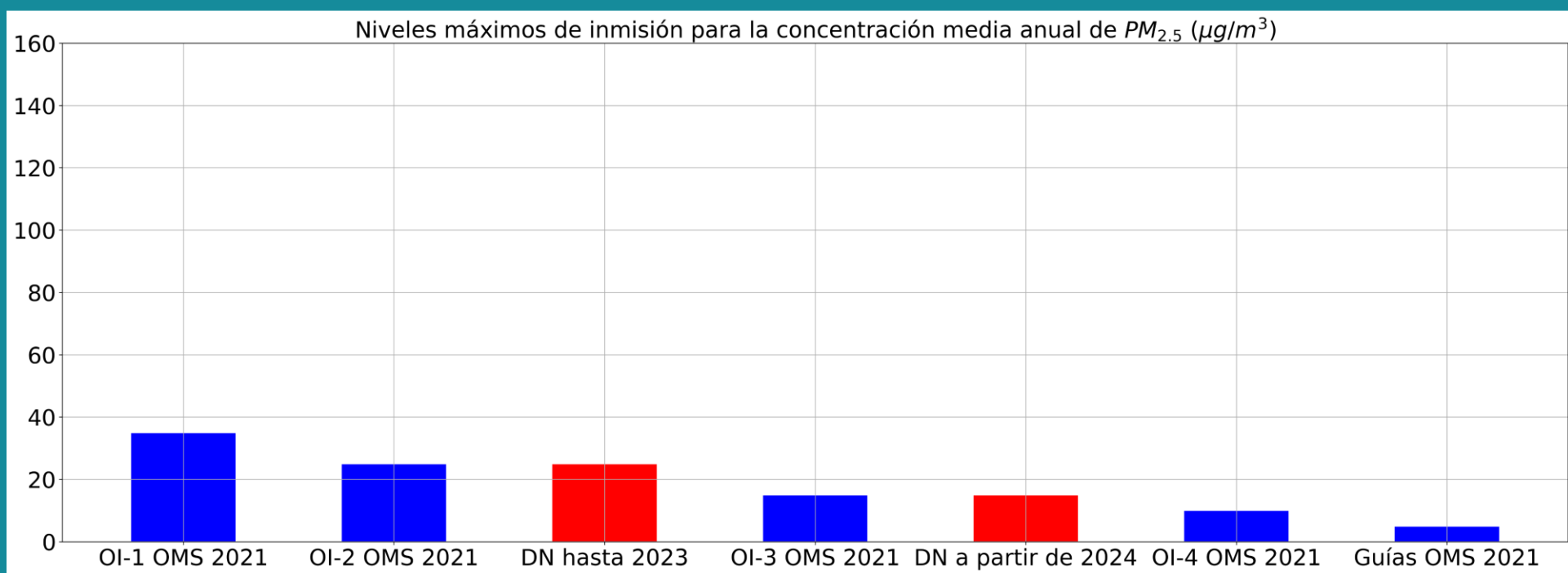
Indicador

Tiempo de promediación

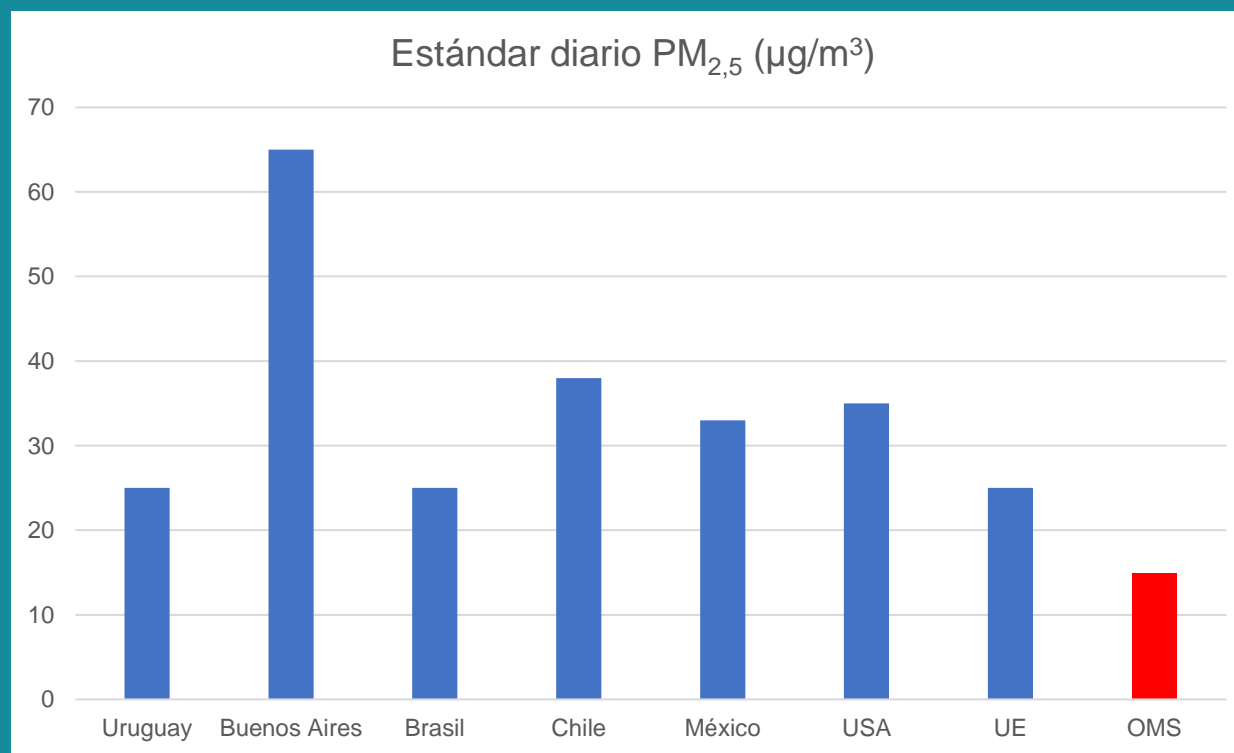
Nivel

Definición de cumplimiento



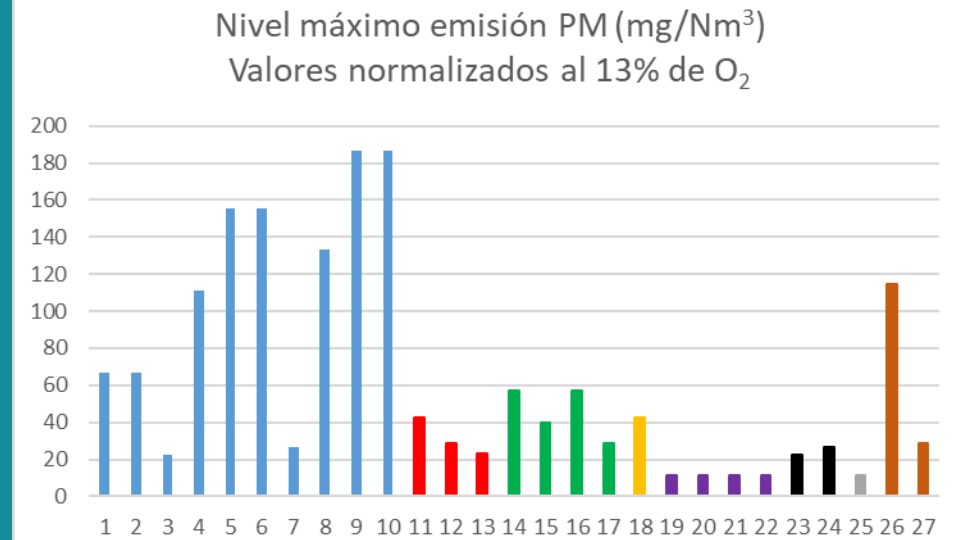


- Los estándares de calidad del aire no son iguales en todos los países. Esto ha provocado la re-localización de industrias en países con normativas menos exigentes



Decreto 135/021

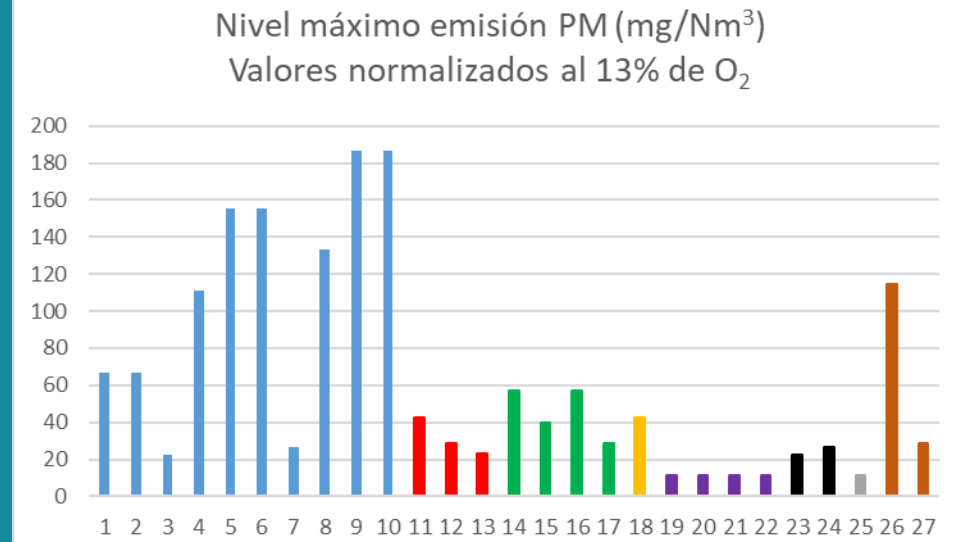
- Emisiones de fuentes fijas:
- ❖ Los estándares de emisión constituyen **límites máximos permisibles** de emisiones de gases y partículas al aire producidas por fuentes fijas (se expresan en unidades de concentración, en condiciones normales de presión y temperatura (101,3 kPa y 273,15 K), y en base seca)
- ❖ Se entiende como fuente fija la edificación o instalación, donde se realizan operaciones que dan origen a la emisión de contaminantes al aire por una chimenea, o lo que oficie como tal para la evacuación de los gases o partículas



- Generación de energía
- Fabricación de clinker y cal, y co-procesamiento en hornos de Clinker
- Fabricación de pasta de celulosa y papel
- Producción de ácido sulfúrico y fertilizantes
- Refinación de petróleo
- Producción primaria y secundaria de metales y acería
- Incineradores de residuos (quedan excluidos los residuos sanitarios para los que se aplican los estándares incluidos en el Decreto 586/009)
- Otros emisores

Decreto 135/021

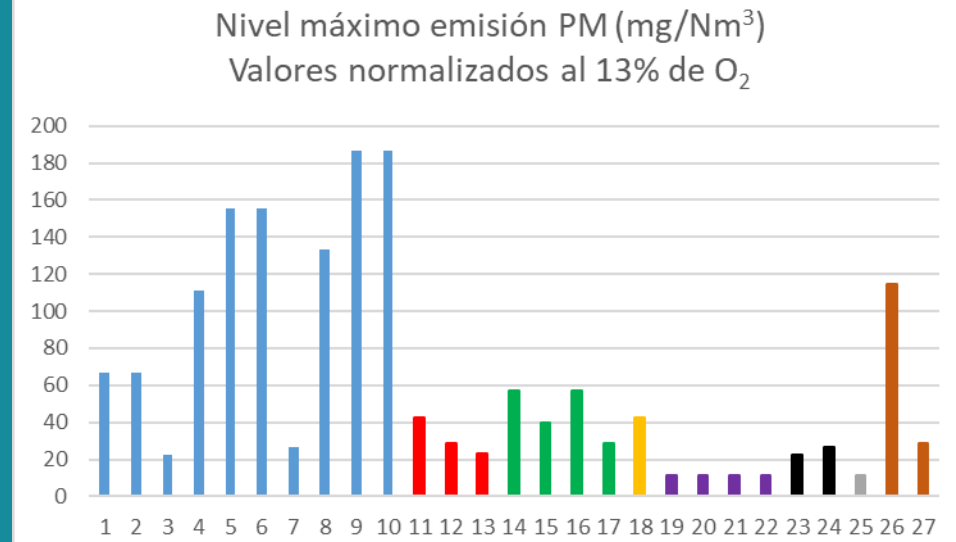
- Emisiones de fuentes fijas:
 - ❖ Con el objeto de preservar la calidad del aire, cuando el Ministerio de Ambiente constate que no se cumplen los objetivos de calidad del aire, exigirá las medidas adicionales necesarias a tomar, sin perjuicio del cumplimiento de los estándares de emisión
 - ❖ Los estándares serán de aplicación sobre toda instalación fija que tenga algún tipo de emisiones a la atmósfera, exceptuando los emisores del sector residencial individuales y pequeños emisores



- Generación de energía
- Fabricación de clinker y cal, y co-procesamiento en hornos de Clinker
- Fabricación de pasta de celulosa y papel
- Producción de ácido sulfúrico y fertilizantes
- Refinación de petróleo
- Producción primaria y secundaria de metales y acería
- Incineradores de residuos (quedan excluidos los residuos sanitarios para los que se aplican los estándares incluidos en el Decreto 586/009)
- Otros emisores

Decreto 135/021

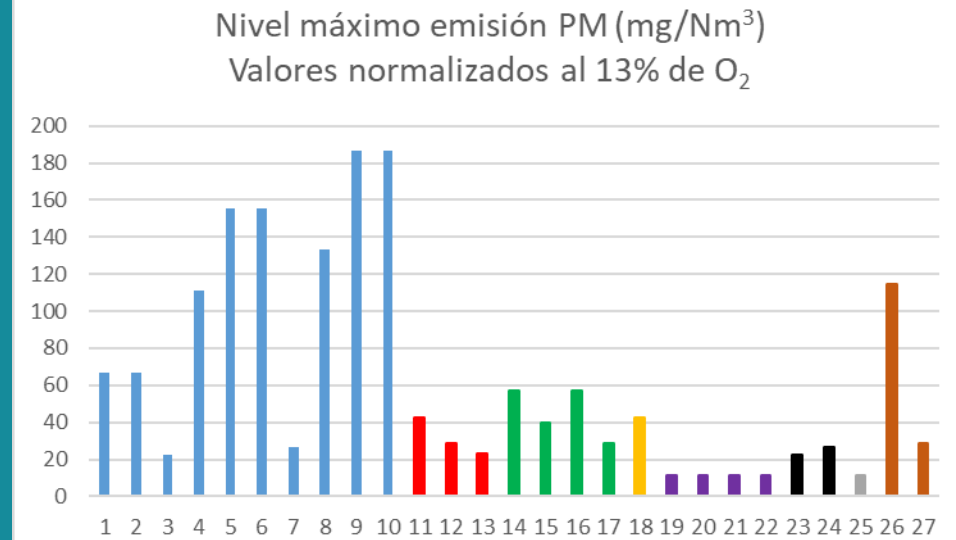
- Emisiones de fuentes fijas:
 - ❖ Se entiende por pequeños emisores, del sector residencial y de servicios y comercios, a los procesos de combustión con potencia térmica inferior a 0,5 MW, y a los emprendimientos de los restantes ramos que considere el Ministerio de Ambiente
 - ❖ El cumplimiento de estos estándares se aplica a condiciones de operación en régimen, exceptuando situaciones transitorias de operación, paradas y arranques de unidades en el caso de procesos continuos



- Generación de energía
- Fabricación de clinker y cal, y co-procesamiento en hornos de Clinker
- Fabricación de pasta de celulosa y papel
- Producción de ácido sulfúrico y fertilizantes
- Refinación de petróleo
- Producción primaria y secundaria de metales y acería
- Incineradores de residuos (quedan excluidos los residuos sanitarios para los que se aplican los estándares incluidos en el Decreto 586/009)
- Otros emisores

Decreto 135/021

- Emisiones de fuentes fijas:
 - ❖ Los procesos batch deberán cumplir con los estándares de emisión en todo momento
 - ❖ En casos particulares, el Ministerio de Ambiente podrá disminuir las exigencias establecidas para las emisiones, si a su criterio el interesado demuestra que las mismas no provocan impactos significativos al ambiente



- Generación de energía
- Fabricación de clinker y cal, y co-procesamiento en hornos de Clinker
- Fabricación de pasta de celulosa y papel
- Producción de ácido sulfúrico y fertilizantes
- Refinación de petróleo
- Producción primaria y secundaria de metales y acería
- Incineradores de residuos (quedan excluidos los residuos sanitarios para los que se aplican los estándares incluidos en el Decreto 586/009)
- Otros emisores

Decreto 135/021

- Emisiones de fuentes fijas:
 - ❖ El monitoreo de las emisiones se hará de modo continuo o discreto dependiendo del tipo de rubro considerado y/o del porte del emprendimiento

Niveles de tolerancia	
Monitoreos continuos	Monitoreos discretos
El 90 % de todos los valores medios diarios de un año deben cumplir los estándares de emisión. Ningún valor medio diario puede exceder en 130 % el estándar de emisión	El valor límite de emisión corresponde al estándar de emisión. Al momento del monitoreo, los emprendimientos deberán estar operando como mínimo al 90 % de la capacidad de operación promedio de los últimos 12 meses



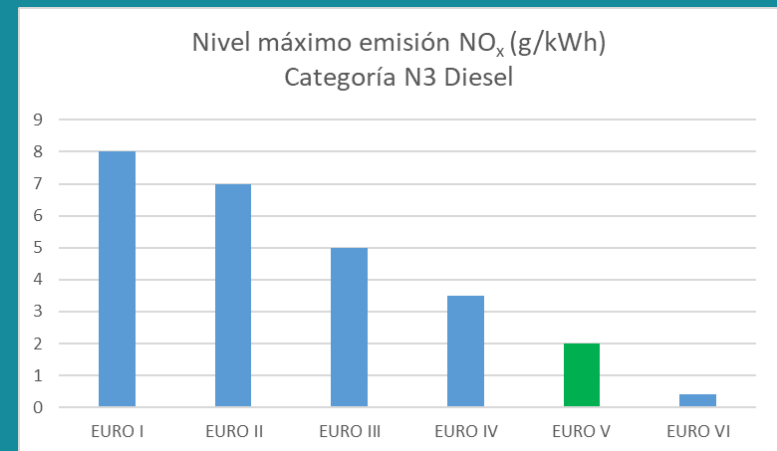
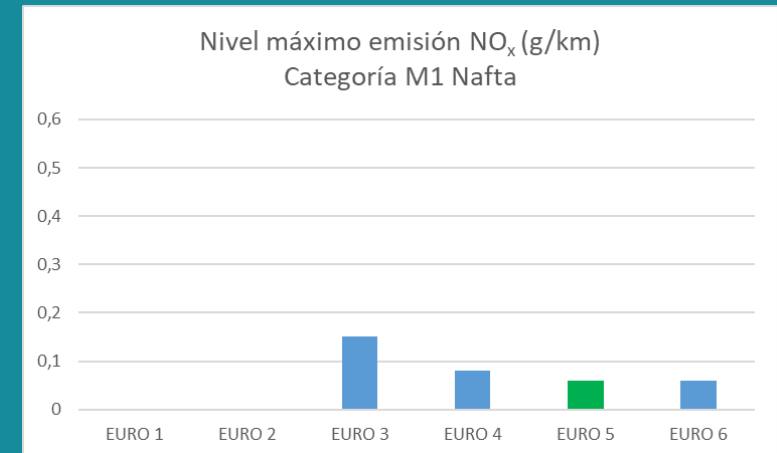
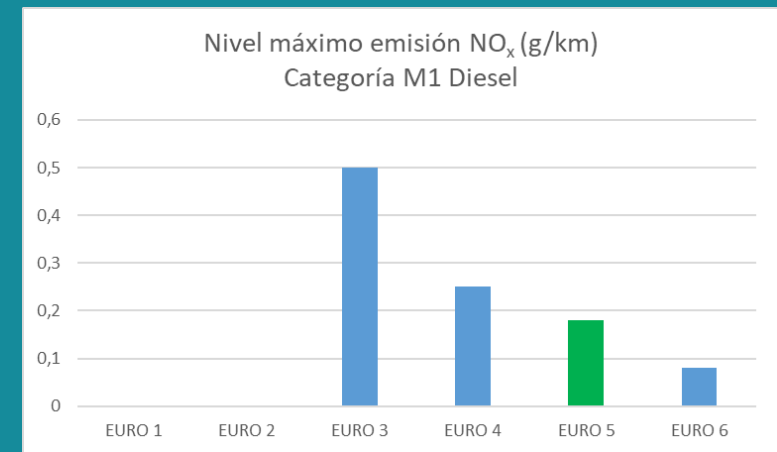
UPM Fray Bentos
(<https://www.upm.uy/novedades/todas-las-noticias/2018/06/planta-recibio-30.000-visitas/>)



UPM Paso de los Toros
(<https://www.cronicas.com.uy/sociedad/una-radiografia-de-la-planta-de-upm-paso-de-los-toros/>)

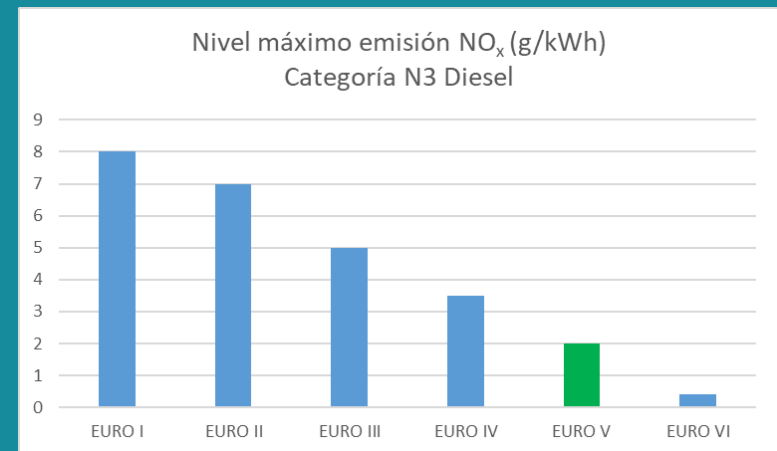
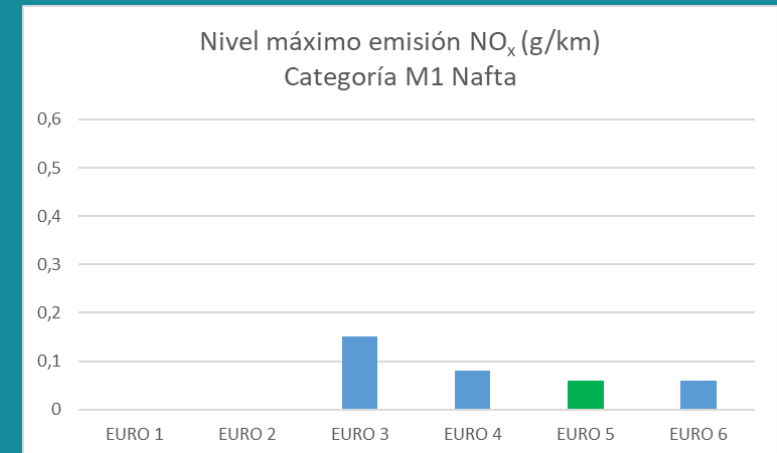
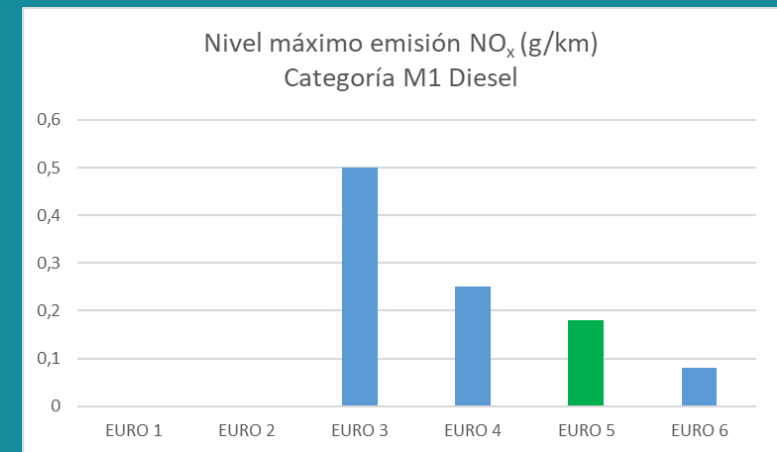
Decreto 135/021

- Emisiones de fuentes móviles (tuvo pequeñas modificaciones a través del Decreto 362/022):
- ❖ Valores máximos de gases y partículas que un motor o vehículo puede emitir bajo condiciones normalizadas
- ❖ Para los vehículos livianos, las normas se definen en mg/km, mientras que para los vehículos pesados se definen según la potencia del motor en g/kWh y por lo tanto no son comparables



Decreto 135/021

- Emisiones de fuentes móviles (tuvo pequeñas modificaciones a través del Decreto 362/022):
 - ❖ Se plantean estándares para vehículos nuevos (no se incluyen barcos ni aviones)
 - ❖ Para los vehículos en circulación se implementarán acciones para disminuir sus emisiones atmosféricas
 - ❖ Se toma como referencia la normativa europea (Euro 5)





Contents lists available at ScienceDirect

Science of the Total Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/scitotenv



First approach to exhaust emissions characterization of light vehicles in Montevideo, Uruguay



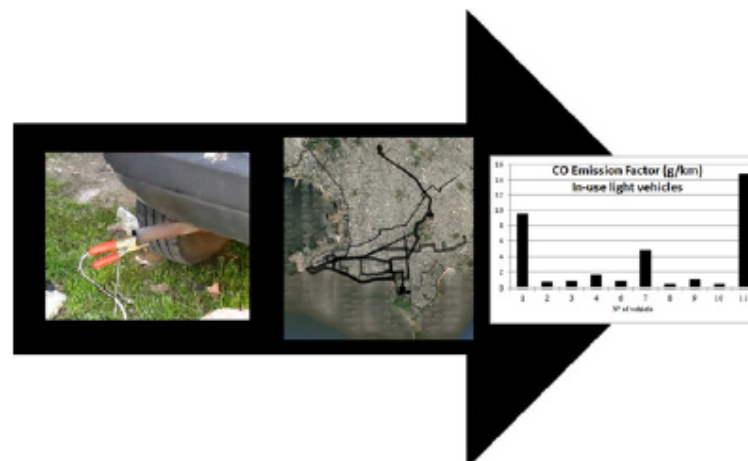
Mauro D'Angelo*, Alice Elizabeth González, Nicolás Rezzano Tizze

Instituto de Mecánica de los Fluidos e Ingeniería Ambiental, Facultad de Ingeniería, Julio Herrera y Reissig 565, CP 11300 Montevideo, Uruguay

HIGHLIGHTS

- Exhaust emissions of a sample of light in-use-vehicles were measured.
- Emission factors of NO, CO and CO₂ were calculated based on on-road measurements.
- 95% confidence intervals were estimated for the mean emission factors.
- Links between emissions and driving parameters were studied using cluster analysis.
- Low speed and fuel efficiency were found to be related to high CO emissions.

GRAPHICAL ABSTRACT



Otros Decretos:

- **Decreto N° 586/009:** los sistemas de tratamiento de residuos sanitarios basados en la tecnología de incineración deberán ajustar sus emisiones a la atmósfera a los límites máximos permitidos, a excepción de aquellos parámetros que se hubieran modificado en las autorizaciones correspondientes

Contaminante	Límite de emisión – Capacidad nominal menor de 90 kg/h	Límite de emisión – Capacidad nominal mayor de 90 kg/h
PM	40 mg/m ³	20 mg/m ³
CO	25 ppmv	25 ppmv
SO ₂	30 ppmv	20 ppmv
NO _x	210 ppmv	210 ppmv

- Capacidad nominal: suma de las capacidades de incineración de los hornos que componen la instalación
- En la tabla se incluyen algunos de los contaminantes regulados
- Los valores expresados en mg/m³, son miligramos de contaminante por metro cúbico de gas seco en condiciones estándar (T = 0° C, p = 1 atm) corregidos al 7 % de O₂

- Tecnologías “más limpias”: ómnibus eléctricos
- Combustibles “más limpios”: bajo contenido de azufre
- Mejoras de procesos industriales: secado de leña
- Reducción del uso de energía: transporte activo, aislamiento térmico de viviendas
- Prohibición de actividades: zonas de bajo tráfico vehicular
- Tecnologías de control de emisiones: soluciones “de fin de tubería”
- Diseño urbano: puede provocar cambios en los patrones de movilidad



Contenido

- Introducción
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Marco normativo nacional
- Índices de calidad del aire
- Guías de DINACEA
- Ejercicio

- Se crearon para transmitir a la población, en un lenguaje llano y fácil de comprender, cuál es la condición de calidad del aire en cierto momento y en cierto lugar
- Se pueden utilizar para advertir sobre eventos de contaminación atmosférica
- Se obtienen a partir de los valores de concentración de contaminantes atmosféricos (funciones lineales segmentadas)
- Se procura que los índices de calidad del aire contemplen por lo menos cinco puntos de corte: los correspondientes al estándar anual, estándar de 24 horas, niveles de prevención, alerta y emergencia

- El **ICAire de Montevideo** no es un índice predictivo sino meramente informativo. Su valor se publica semanalmente en el sitio web de la IM. **Se asocian a una estación de monitoreo y a un período de medición**
- El protocolo para su cálculo se generó en 2007 de forma similar al Air Quality Index, utilizado por la USEPA. En 2010 se modificó y se agregó una categoría y otros parámetros
- El índice permite comparar los diferentes contaminantes con una base común y establecer cuál es el más importante en relación con su impacto potencial, de acuerdo con la normativa vigente

CATEGORÍAS	PM 2,5 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM 10 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	TRS ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	CO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
MUY BUENA	0-15	0-30	0-60	0-40	0-10	0-3	0-4500
BUENA	16-20	31-45	61-80	41-75	11-15	4-5	4501-7000
MODERADA	21-25	46-50	81-100	76-200	16-20	6-7	7001-10000
REGULAR	26-38	51-75	101-160	201-500	21-95	8-11	10001-15000
MALA	>38	>75	>160	>500	>95	>11	>15000



DEPARTAMENTO DE DESARROLLO AMBIENTAL

GERENCIA DE GESTIÓN AMBIENTAL

SERVICIO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD Y CONTROL AMBIENTAL

UNIDAD CALIDAD DE AIRE

INFORME SEMANAL DE CALIDAD DEL AIRE EN MONTEVIDEO

Red de Monitoreo de Base

Monitoreo automático

SEMANA 31_24

7 de agosto 2024

Material Particulado – Promedio 24 horas								
Fecha	PM2.5 Ciudad Vieja		PM2.5 Tres Cruces		PM2.5 Curva de Maroñas		PM10 Colón	
	µg/m³	Calidad	µg/m³	Calidad	µg/m³	Calidad	µg/m³	Calidad
28/07/24	13	MUY BUENA	19	BUENA	35	REGULAR	106	MALA
29/07/24	21	MODERADA	37	REGULAR	64	MALA	60	REGULAR
30/07/24	10	MUY BUENA	14	MUY BUENA	16	BUENA	18	MUY BUENA
31/07/24	10	MUY BUENA	15	MUY BUENA	14	MUY BUENA	15	MUY BUENA
01/08/24	12	MUY BUENA	15	MUY BUENA	13	MUY BUENA	16	MUY BUENA
02/08/24	13	MUY BUENA	18	BUENA	16	BUENA	ND	NO DETERMINADA
03/08/24	12	MUY BUENA	15	MUY BUENA	13	MUY BUENA	ND	NO DETERMINADA

Observaciones En las noches y madrugadas de los primeros días de la semana, se registraron temperaturas bajas y condiciones meteorológicas que dificultaron la dispersión de los contaminantes. En algunas estaciones esto condujo a las categorías REGULAR y MALA.

En la estación Colón no se cuenta con suficientes datos válidos los días 02 y 03/08 debido a una falla operativa.

Dióxido de nitrógeno - Máximo horario por día				
Fecha	Tres Cruces		Curva de Maroñas	
	µg/m³	Calidad	µg/m³	Calidad
28/07/24	64	BUENA	60	BUENA
29/07/24	66	BUENA	65	BUENA
30/07/24	ND	NO DETERMINADA	58	BUENA
31/07/24	45	BUENA	40	MUY BUENA
01/08/24	55	BUENA	32	MUY BUENA
02/08/24	47	BUENA	29	MUY BUENA
03/08/24	76	MODERADA	52	BUENA

Contenido

- Introducción
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Marco normativo nacional
- Índices de calidad del aire
- Guías de DINACEA
- Ejercicio

Monitoreo de material particulado en emprendimientos de procesamiento de granos

- Se brindan lineamientos generales a tener en cuenta en la definición de monitoreos de concentraciones de PM_{10} y $PM_{2,5}$ en el entorno de emprendimientos que procesan granos
- Refiere a muestreos discretos y en zona urbana o suburbana, o en zona rural:



Asesoramiento del IMFIA a la empresa Dambo

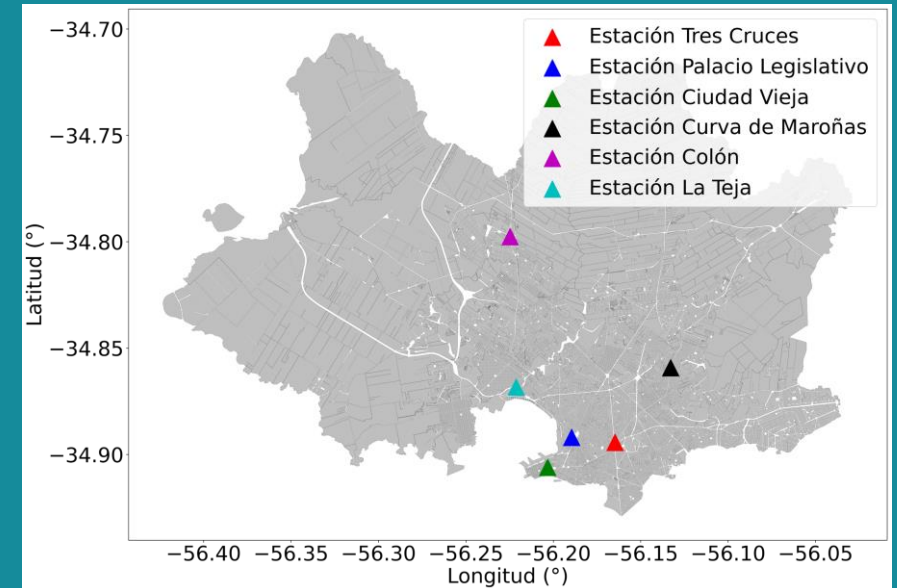
Grano	Capacidad de secado (toneladas/hora)	Muestreos mínimos	
		Zafra	Fuera de zafra
Arroz	≤ 90	2	2
	> 90	4	2
Soja, Maíz, Girasol, Sorgo Trigo, Cebada u otros	≤ 90	2	1
	> 90	3	2

Grano	Capacidad de secado (toneladas/hora)	Muestreos mínimos	
		Zafra	Fuera de zafra
Arroz	≤ 90	2	1
	> 90	2	2
Soja, Maíz, Girasol, Sorgo Trigo, Cebada u otros	≤ 90	1	1
	> 90	2	1

- Cuando el monitoreo sea continuo, las mediciones deberán contemplar campañas de medición de **una semana como mínimo**, considerando que cuanto más extendidas estén las mediciones en el período de estudio (zafra/no zafra) mejor representado estará ese período. Las mediciones en zafra deberán concentrarse en los períodos de mayor producción/operación
- Información a incluir en los reportes:
 - ❖ Mapa del sitio (ubicación de equipos de monitoreo)
 - ❖ Equipamiento utilizado
 - ❖ Parámetro(s) monitoreado(s)
 - ❖ Fechas de monitoreo
 - ❖ Condiciones meteorológicas
 - ❖ Estado de procesos y operación industrial
 - ❖ Rosa de contaminación de cada parámetro registrado
 - ❖ Análisis y evaluación del cumplimiento de las condiciones establecidas por la administración

Ubicación de estaciones de monitoreo

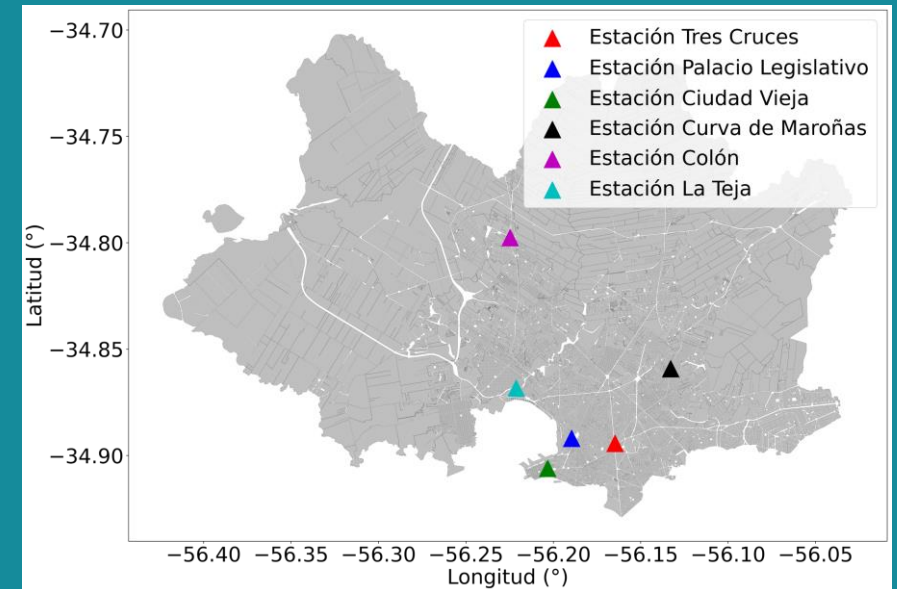
- Objetivos del muestreo:
 - ❖ Determinar las concentraciones de ciertos contaminantes como información general o en zonas de interés particular
 - ❖ Determinar el impacto significativo de una fuente o varias en la calidad del aire
 - ❖ Mediciones de contaminantes generados por fuentes móviles



Ubicación de las estaciones de calidad del aire de la Red de Monitoreo de Montevideo operativas en 2022

Ubicación de estaciones de monitoreo

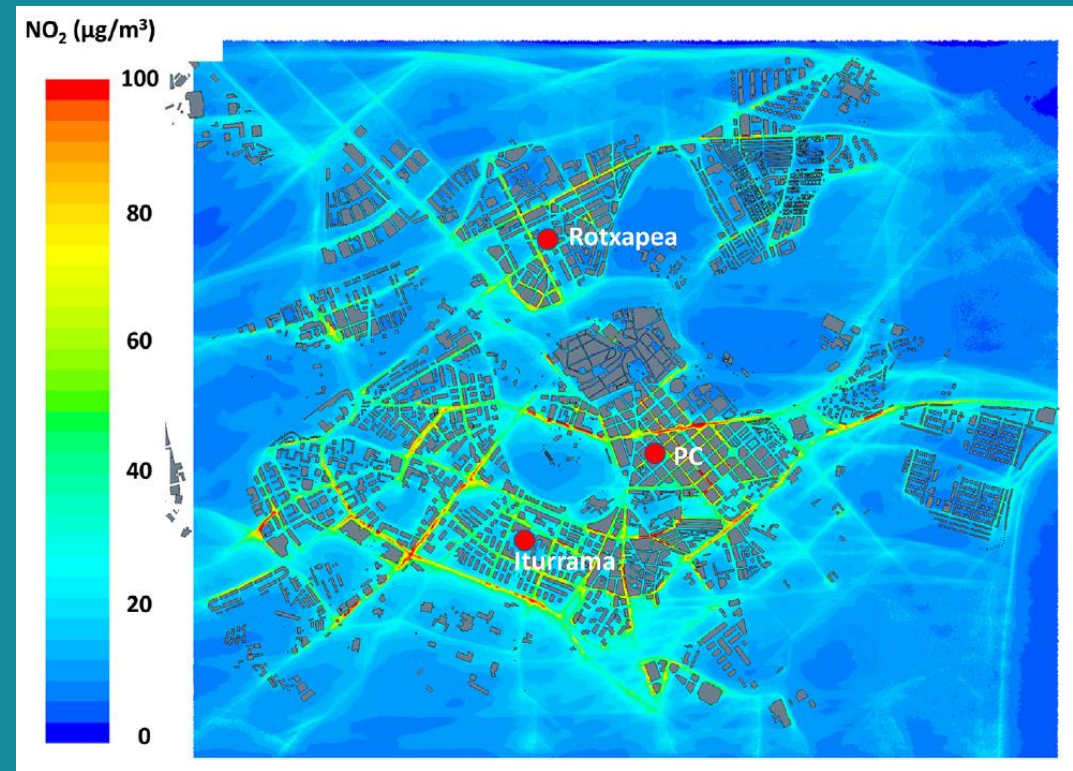
- Otros criterios de ubicación:
- ❖ Zona urbana/suburbana/rural (población susceptible de la zona (hospitales, escuelas); zonas de aglomeración de personas (centros comerciales, plazas, clubes deportivos); edificaciones cercanas)
- ❖ Velocidad y dirección predominante del viento (preferentemente registradas a 10 m de altura)
- ❖ Existencia y características de fuentes emisoras adicionales a la que se está evaluando



Ubicación de las estaciones de calidad del aire de la Red de Monitoreo de Montevideo operativas en 2022

Ubicación de estaciones de monitoreo

- La definición de la ubicación de los equipos deberá estar acompañada, siempre que sea posible, de un **modelo de dispersión que justifique la propuesta**. Esta modelación deberá tener en cuenta las condiciones meteorológicas en el lugar o en una zona igualmente representativa de donde se tengan datos disponibles para tal fin



Simulación de las concentraciones medias anuales de NO₂ en la ciudad de Pamplona, España, y ubicación de las estaciones de monitoreo de la calidad del aire

(<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0048969721071382>)

Criterios de caracterización de lugar a evaluar para la instalación de monitores						
Parámetros	Criterio	1	2	3	4	5
Operativos	Seguridad	Muy inseguro	Inseguro	Regular	Seguro	Muy seguro
	Conexión eléctrica	No disponible	Disponible de baja confiabilidad	Confiable pero difícilmente disponible	Muy confiable y disponible con restricciones	Muy confiable y disponible sin restricciones
	Accesibilidad	Problemas de acceso al sitio	Acceso dificultoso y con horarios restringidos	Acceso normal pero con horarios limitados	Acceso fácil pero con horarios limitados	Acceso fácil y sin restricciones de horario
	Propiedad del sitio (*)	Privado conflictivo	Público conflictivo	Privado no conflictivo	Público no municipal ni estatal	Público municipal o estatal
Técnicos	Arbolado	Muy profuso. Más de 10 árboles de más de 3 m a menos de 30 m	Profuso. Hasta 10 árboles de más de 3 m a menos de 30 m	Escaso	Poco crecimiento arbóreo de menor altura	Ningún árbol a menos de 10 m
	Edificación	Muy importante. Más de 10 edificios con alturas de 5 m a menos de 30 m	Importante. Hasta 10 edificios con alturas de entre 5 a 30 m	Casas bajas y algún edificio a menos de 10 m	Casas bajas y algún edificio a menos de 30 m	Ningún edificio en 30 m
	Altura	Mayor a 10 m Menor a 1.5 m	5 m	4 m	3 m	1.5 m - 2 m

(*) Aplicable solamente a organismos públicos.

Una valoración total de 22 con un mínimo de 3 en cada uno de los criterios (sin contar (*)) sería suficiente para seleccionar un sitio como posible sitio de monitoreo.

Tratamiento estadístico de datos para monitoreos continuos

- Para la realización de los cálculos y la posterior aceptación de los resultados es necesario contar con un mínimo porcentaje de datos válidos (**75 %**, descontando los datos correspondientes a operaciones de calibración). Criterio válido también para los registros de variables meteorológicas
- Por ejemplo, si se cuenta con registros por minuto, el promedio horario se calculará en caso de presentar al menos el **75 %** de las mediciones en esa hora (45 registros válidos de no haberse realizado operaciones de calibración)

Calidad del dato	Valor numérico
OK	1
Calibración cero	33
Calibración span	34
Calibración multipunto	35
Inválido	-999
Sin dato	0
Mantenimiento	50
Calidad observada	3

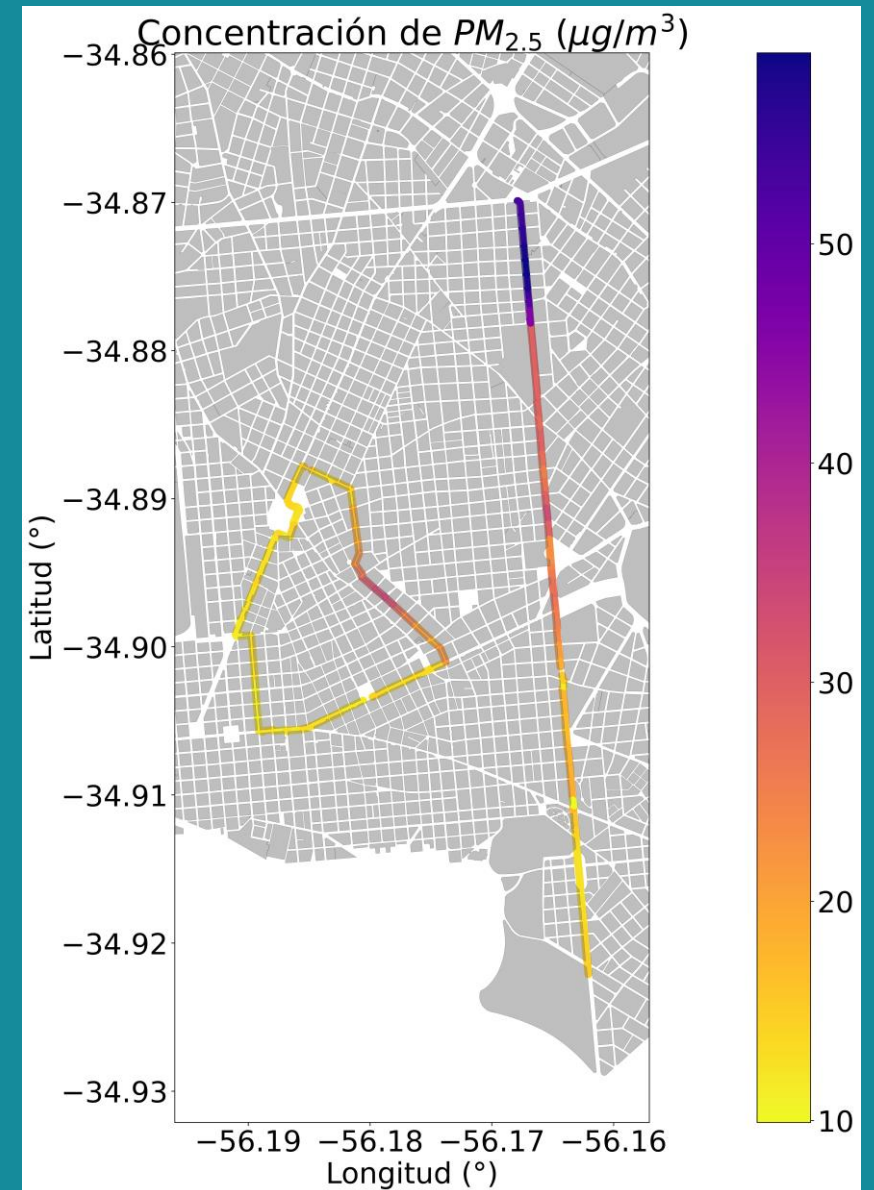
Los únicos datos que son válidos para realizar cálculos estadísticos son los correspondientes a los status de valores numérico "1 (OK)"

	15 minutos	30 minutos	Hora	8 horas móviles (partiendo de los promedios horarios)	24 horas (partiendo de los promedios horarios)	Anual (partiendo de los promedios diarios)
Contaminante x	00:15 - 00:29	00:30 - 00:59	00:00 - 00:59	01:00 - 08:59	00:00 - 23:59	01/01/yyyy 00:00 - 31/12/yyyy 23:59
Asignación de nombre al promedio	Hora 00:15	Hora 00:30	Hora 0	Hora 8	Día x	Año yyyy

Rango temporal para el cálculo de los valores medios en 15 minutos, 30 minutos, horarios, diarios y anuales de cada contaminante.

Lineamientos para evaluar el desempeño en campo de sensores para el monitoreo de calidad del aire

- Establecer los lineamientos para evaluar el desempeño en campo de los sensores para el monitoreo de la calidad del aire que no son de referencia o equivalentes
- Ensayo de co-localización de sensores candidatos y sensores de referencia



Proyecto CSIC-VUSP "Evaluación experimental de la exposición a contaminantes atmosféricos durante el transporte activo: aportes para su zonificación en Montevideo"

Contenido

- Introducción
- Guías de la Organización Mundial de la Salud (OMS)
- Marco normativo nacional
- Índices de calidad del aire
- Guías de DINACEA
- Ejercicio

Ejercicio

- Estación Curva de Maroñas:
- ❖ Utilizando los datos de monitoreo proporcionados, determinar el ICAire de la Estación para el día 1/8/2018

