



Universidad de Oviedo

Máster en Análisis de Datos e Inteligencia de Negocios

Trabajo de Fin de Máster

Contaminación atmosférica en el Principado de Asturias través de los datos

13 de mayo del 2023

Autor: Sara Álvarez Quintana

Tutor: Carlos Carleos Artime

Resumen

Este proyecto tiene como finalidad conocer la dinámica, la intensidad y la localización de la contaminación atmosférica en el Principado de Asturias entre los años 2010 y 2018. Los datos se obtuvieron gracias a la Red Ambiental del Gobierno del Principado de Asturias, que ofrece valores de concentración de PM10, dióxido de azufre, ozono, benceno, monóxido de carbono, monóxido de nitrógeno y dióxido de nitrógeno. Se elaboró, por un lado, un protocolo de limpieza de datos y, por otro lado, una interfaz que nos permitía navegar por los datos de dos formas: mediante diagramas de cajas para conocer la evolución de las concentraciones de los contaminantes y, mediante gráficas de concentración mensual, diaria u horaria. Al disponer de una clasificación de las estaciones por zonas, áreas y tipos de contaminación, se pudo obtener una visión mucho más amplia de la contaminación del Principado. Se analizaron también las ocasiones en las que los contaminantes sobrepasaban los límites que aconseja el BOE (Real Decreto 102/2011 de 28 enero). Se concluyó que las partículas relacionadas mayoritariamente con tráfico rodado y abundante en zonas pobladas sufrieron una ligera disminución. Otras, las que están más ligadas a la industria, parecen no mostrar tendencia alguna durante los años analizados. Además, se comprobó que el ozono seguía un comportamiento diferente al resto de partículas, entrando en juego factores externos como la radiación solar y las proporciones de otras partículas en el ambiente.

Abstract

The aim of this thesis is to understand the dynamic, the intensity and the location of the atmospheric pollution in the years 2010 and 2018 in Asturias. Data was obtained thanks to the Environmental Network from the Principality of Asturias, that enabled us to know concentration values of PM10, sulphur dioxide, ozone, benzene, carbon monoxide, nitrogen monoxide and nitrogen dioxide. From one side, a data cleaning protocol was developed and, in the other side, an interactive interface was created in order to be able to navigate through the data in two ways: boxplots to know how pollution concentration evolves and, finally, plotting monthly, daily and hourly concentrations. Furthermore, each station has a classification according to its zone, area and type of pollution. This classification allows us to have a more disintegrated view of the pollution in the Principality of Asturias. It has been also analysed the recommended limits advised by the BOE (Royal Decree 102/2011, 28th January). The particles related mainly with traffic and highly densely populated areas experienced a slight drop in their concentrations. On the contrary, the ones more related with industry activity did not show any tendency in those years. Besides, ozone pollution pattern seemed to be rather different from the other pollutants. The reason was found in other facts, such as solar radiation and particle proportions, that appeared to catabolize ozone particles.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.1 Partículas contaminantes analizadas.....	8
2.1.1 Monóxido de carbono (CO).....	8
2.1.2 PST (Partículas en Suspensión Totales).....	9
2.1.3 Óxidos de nitrógeno (NO _x , NO ₂ y NO).....	10
2.1.4 Dióxido de azufre (SO ₂).....	11
2.1.5 Ozono (O ₃).....	12
2.1.6 Benceno (C ₆ H ₆).....	13
2.2 ¿Cómo se miden los gases contaminantes?.....	13
2.3 Datos disponibles.....	15
2.4 Representación de datos en diagrama de caja.....	20
2.5 Limitaciones impuestas a los contaminantes.....	21
2.6 ¿Por qué se realiza un análisis octohorario en el ozono y el monóxido de carbono?....	22
2.7 Código.....	23
3. RESULTADOS DEL ANÁLISIS.....	26
3.1 Análisis de tendencia con diagramas de cajas.....	26
3.1.1 Contaminante partícula PM10.....	26
3.1.2 Monóxido de Carbono (CO).....	30
3.1.3 Dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	32
3.1.4 Monóxido de nitrógeno (NO).....	37

3.1.5 Dióxido de azufre (SO ₂).....	42
3.1.6 Ozono (O ₃).....	46
3.1.7 Benceno (C ₆ H ₆).....	50
3.2 Analizando nuestros datos anuales en formato de diagrama de cajas.....	53
3.3 Analizando patrones horarios, diarios y mensuales.....	54
3.3.1 Partícula PM10.....	54
3.3.2 Monóxido de Carbono (CO).....	56
3.3.3 Dióxido de nitrógeno (NO ₂).....	58
3.3.4 Monóxido de nitrógeno (NO).....	60
3.3.5 Dióxido de azufre (SO ₂).....	62
3.3.6 Ozono (O ₃).....	64
3.3.7 Benceno (C ₆ H ₆).....	66
4. DISCUSIÓN SOBRE LOS RESULTADOS DE ANÁLISIS.....	68
5. CONCLUSIONES	83
6. LISTA DE TABLAS.....	86
7. LISTA DE ILUSTRACIONES.....	88
8. REFERENCIAS.....	91
ANEXO: LISTA DE TABLAS ESTADÍSTICAS.....	100

1. Introducción

Conocer los patrones de contaminación y en qué ambientes es más favorable que aparezca es importante para mejorar la salud de la gente que tiene que convivir con ella día a día. Según la OMS *“la contaminación del aire provoca enfermedades respiratorias y de otros tipos y es una de las principales causas de morbilidad”* [1]. Es por ello que resulta crucial conocer y medir las concentraciones de todos los agentes contaminantes que puedan afectar al bienestar de las personas.

El Principado de Asturias es una de las comunidades autónomas más contaminadas de España, según un estudio de “Emergencia climática en España” elaborado por el Observatorio de la Sostenibilidad [2]. Por lo tanto, una continua monitorización de la concentración de las partículas contaminantes en el medio asturiano será esencial para garantizar calidad de vida a la población del Principado.

Este análisis que se va a realizar aprovechará los datos que el Principado de Asturias nos ofrece de la red de medidores de calidad del aire que tiene repartida por su territorio para analizar la exposición a la que han estado sometidos los asturianos entre los años 2010 y 2018. Se pretende contabilizar la cantidad de ocasiones que se ha sobrepasado los límites de concentración media estipulados por el BOE [3] en cada una de las estaciones. Además, la clasificación de las estaciones por zonas, tipos de contaminación y áreas nos permite buscar patrones de contaminación. Los datos a su vez nos permitirán inferir una cierta tendencia de la concentración de los contaminantes a través de los años señalados, así pues, conocer también cómo se comportan a lo largo de un día, una semana o un año. Con todo ello, conoceremos en qué momento y dónde tendremos mayor presencia de determinadas partículas en el ambiente.

Para ello, se ha creado una interfaz fácil de utilizar por un usuario inexperto que le permite navegar entre los datos. Se ha desarrollado en lenguaje Python dentro de un entorno Jupyter. Gracias a este desarrollo se han conseguido los diagramas de cajas para analizar las tendencias y con el objetivo de tener en nuestras manos valores cuantitativos de nuestros datos, se añadió la opción de calcular una tabla con los estadísticos más importantes (media, mediana, desviación típica y mediana) y el tamaño muestral. También se creó una interfaz que muestra los patrones horarios, diarios y mensuales de las distintas partículas analizadas. Además, se incluye una herramienta para contabilizar las ocasiones en las que los límites de cada contaminante han sido superados.

2. Marco teórico

Según el Boletín Oficial del Estado publicado el 29 de enero de 2011, en el artículo 2 se define como contaminante cualquier sustancia presente en el aire ambiente que pueda tener efectos nocivos sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

2.1 Partículas contaminantes analizadas

2.1.1 Monóxido de carbono (CO)

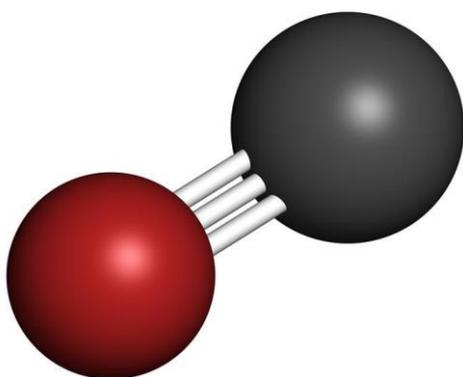


Ilustración 1: Representación molécula CO

Es un gas incoloro, inodoro e insípido; resulta ser bastante tóxico para humanos y otros seres aeróbicos. Es una molécula que contiene un átomo de carbono y otro de oxígeno. Forma un triple enlace entre el carbón y el átomo de oxígeno. Este enlace es particularmente estable, por lo que es mayoritariamente poco reactivo con otros compuestos. Está presente en la Tierra en concentraciones muy bajas. Tiene una vida media de varios meses. Normalmente reacciona con el oxígeno para formar CO_2 .

Las fuentes naturales de ese gas en la atmósfera terrestre son los volcanes e incendios. La actividad humana contribuye a incrementar estas concentraciones de CO. Algunos procesos industriales, junto con la quema de combustibles fósiles, son la mayor fuente no natural de este gas. Se produce cuando tiene lugar una combustión incompleta. Normalmente las estufas de queroseno en lugares mal ventilados producen este tipo de gas, altamente tóxico y peligroso para los humanos. Los científicos estiman que la producción anual de este gas (fuentes naturales y humanas) está aproximadamente entre 2 y 5 gigatoneladas [4].

Este gas no tiene un efecto notorio en el calentamiento global. Sin embargo, juega un papel importante dentro de la química atmosférica afectando la habilidad que tiene esta de ‘limpiarse’ de otros gases contaminantes. En combinación con otros contaminantes y la radiación solar contribuye a la formación del ozono troposférico y al “smog” urbano [5]. Smog es un acrónimo que se está formado por la palabra inglesa ‘smoke’, que es humo, y ‘fog’, que significa niebla. Se origina por la presencia de una serie de factores: presencia de sustancias contaminantes en el

ambiente y alta presión atmosférica, provocando que las capas más bajas de aire, cargado de polución, no se disipe durante largos periodos de tiempo. Suele estar provocado en las ciudades o en zonas de gran actividad industrial [6].

Altas concentraciones de CO pueden causar cambios fisiológicos y patológicos y, por último, la muerte. Se introduce en el torrente sanguíneo a través de los pulmones y reduce la entrega de oxígeno a los tejidos y órganos del cuerpo. El daño a la salud es más severo para aquellos que sufren de enfermedades cardiovasculares. En concentraciones muy altas, puede ser venenoso llegando a ocasionar discapacidad visual, reducir la capacidad de trabajo, destreza manual, baja habilidad cognitiva y dificultad para realizar tareas complejas 9[7].

2.1.2. PST (Partículas en Suspensión Totales)

Se suelen clasificar según su tamaño. Las partículas ultrafinas son las menores de 0.1 micras de diámetro (PM0.1), las partículas finas son las menores de 2.5 micras de diámetro (PM2.5) y las gruesas son las mayores de estos diámetros. Las partículas sujetas a vigilancia son las PST, las PM2.5 y las PM10 [8]. Las PM10 son las que van a estar presentes en el estudio posterior.



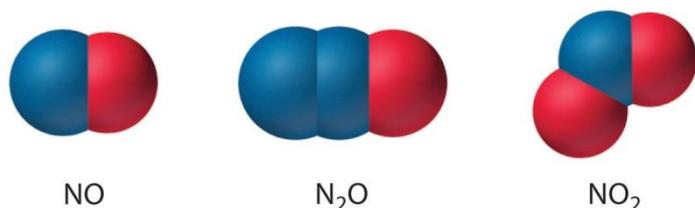
Ilustración 2: Representación de los distintos tamaños de las PST

Comprende tanto materia orgánica como inorgánica. Las partículas más pequeñas forman los aerosoles fruto de la combustión y vapores orgánicos y metálicos. Tanto las PM10 como las PM2.5 entran al cuerpo a través de la respiración, sin embargo, son las PM2.5 las que tienen mayor capacidad de penetración a los tejidos pulmonares.

Las fuentes principales son los procesos industriales, tráfico, plantas energéticas, producto de combustión de los hogares (carbón, madera...), incineración y polvo de construcción. Estas partículas caen al terreno mediante agentes húmedos o secos [9].

La alta exposición a este tipo de contaminantes puede contribuir a bronquitis crónica, asma, neumonía, cáncer de pulmón y enfisema. La composición mayoritaria de estas partículas son los aluminosilicatos y otros óxidos de elementos metálicos (Fe, Ca...). Y suelen provenir de carreteras, industria, agricultura y obras. También de combustión de combustibles fósiles [10].

2.1.3. Óxidos de nitrógeno (NO_x, NO₂ y NO)



Hay dos componentes mayoritarios nitrogenados que se emiten así: NO y NO₂. El NO₂ es un gas rojizo que se emite por efecto de la quema de combustibles. Representaremos el conjunto de óxidos de

Ilustración 3: Ilustración 5: Representación de los de óxidos de nitrógeno

nitrógeno como NO_x.

Normalmente, la proporción de NO_x es aproximadamente 90% NO y 10% NO₂. Después de unas horas en la atmósfera y, gracias a la presencia de componentes orgánicos volátiles, el NO se convierte en NO₂. Esta reacción puede ocurrir después de unos segundos o de unas horas. El NO₂ después puede llegar a reaccionar con otras sustancias en el aire para formar ácido nítrico (HNO₃) y otras partículas. También con la luz solar el NO₂ puede convertirse en NO para producir finalmente ozono. Por lo tanto, el NO₂ se trata de un importante contaminante secundario.

La exposición a concentraciones altas de estos gases está vinculada a un incremento de problemas respiratorios. Además, los resultantes de estas partículas, como el ozono, tienen su propio efecto adverso sobre el medio ambiente y la salud. Por ejemplo, los nitratos son irritantes para el ser humano, el ácido nítrico causa lluvia ácida y el ozono problemas respiratorios.

El origen de este contaminante proviene de los motores de combustión. Dentro de estos motores, la alta temperatura de reacción de los hidrocarburos de los combustibles fósiles con el aire (que contiene alrededor del 80% de N) es lo que va a producir los NO_x. También hay fuentes naturales de NO_x como los incendios forestales y caída de rayos. Pero la mayor parte de NO_x en la atmósfera viene de la actividad humana [11].

Los niveles bajos de NO_x en el aire pueden irritar los ojos, la nariz, la garganta, los pulmones, y posiblemente causar tos y una sensación de falta de aliento, cansancio y náusea. La exposición a bajos niveles también puede producir acumulación de líquido en los pulmones 1 o 2 días después de la exposición. Respirar altos niveles de NO_x rápidamente puede producir

quemaduras, espasmos y dilatación de los tejidos en la garganta y las vías respiratorias superiores, reduciendo la oxigenación de los tejidos del cuerpo, produciendo acumulación de líquido en los pulmones y la muerte [12].

2.1.4. Dióxido de azufre (SO₂)

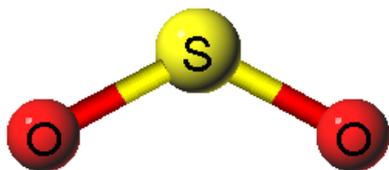


Ilustración 4: Representación de molécula de dióxido de azufre

Es un gas incoloro, oloroso y tóxico. Forman parte de un grupo de químicos llamados óxidos de azufre SO_x. Estos gases se emiten por la quema de combustibles fósiles (carbón, petróleo y diésel) u otras materias que contienen azufre.

Las principales fuentes de este gas son las plantas energéticas, procesamiento de metales y fundición, y los vehículos diésel. Tiene también sus fuentes naturales como son principalmente los volcanes [13].

Este gas reacciona con el agua de la atmósfera convirtiéndose en ácido sulfúrico (H₂SO₄) produciendo así uno de los componentes de la lluvia ácida. Los cambios en concentraciones de SO₂ tienen un gran impacto en la química atmosférica y en el equilibrio radiativo [14]. Influye en la formación de aerosoles radiativos [15]. Los aerosoles sulfatados tienen un gran impacto en el clima porque dispersan directamente la radiación solar y causa un enfriamiento en la superficie terrestre. Por ende, influye en la formación de nubes y en las precipitaciones [16].

Es un gas irritante para la piel y las membranas mucosas de los ojos, nariz, garganta y pulmones. Altas concentraciones son causa de inflamación e irritación del sistema respiratorio. Los síntomas resultantes pueden incluir: dolor al respirar, tos, garganta irritada y dificultades al respirar. Concentraciones muy altas pueden afectar a la funcionalidad de los pulmones, empeorando los ataques de asma y también, las enfermedades cardiovasculares de aquellas personas que las sufren [17].

2.1.5. Ozono (O₃)

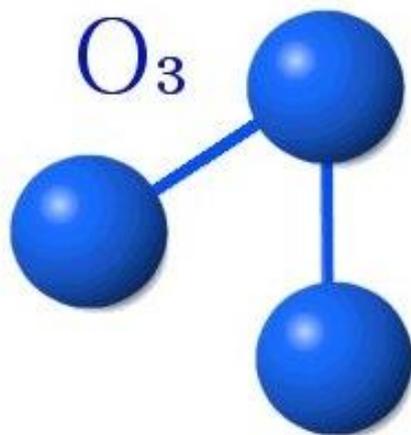


Ilustración 5: Representación molécula de ozono

Es un gas compuesto por tres átomos de oxígeno. Puede encontrarse a nivel superficial o en capas altas de la atmósfera. Dependiendo de esta localización puede ser bueno o malo. El ozono estratosférico es el llamado ozono bueno que es el que se forma naturalmente en capas altas formando una capa que absorbe rayos ultravioletas.

Sin embargo, el ozono troposférico es un contaminante y peligroso para la gente y el medio ambiente. Este ozono superficial no se emite directamente, sino que se crea como resultado de reacciones químicas de otros contaminantes del medio (como hemos visto

anteriormente con los óxidos de nitrógeno) y la luz solar [18].

El ozono tiene dos efectos importantes para la salud humana. Evita que los rayos UV lleguen a la superficie terrestre. La exposición a esta radiación incrementa casos de cánceres de piel y cataratas. Pero cuando es inhalado, reacciona con el tracto respiratorio produciendo problemas de salud [19].

Como el ozono requiere la presencia de la radiación solar, es más probable encontrarnos con altas concentraciones en días secos y calurosos. Además, puede haber picos de concentración de ozono durante los fines de semana, que es lo que se conoce como efecto “fin de semana” [20]. Esto es porque la formación del ozono troposférico no solamente depende de la concentración de elementos específicos como el NO_x, compuestos orgánicos y CO, sino en las proporciones en las que se encuentra y el nivel de radiación solar. Estos ratios influyen en gran medida a incrementar la concentración de ozono durante periodos “poco contaminados” [20].

2.1.6 Benceno (C₆H₆)

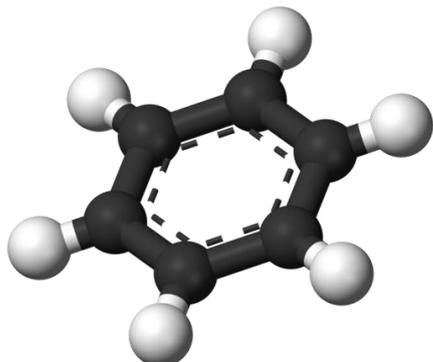


Ilustración 6: Representación molécula de benceno

Es un gas incoloro a temperatura ambiente. Tiene un olor dulce y es altamente inflamable. Se evapora rápidamente y se suele acumular en zonas bajas al ser más denso que el aire. Algunas industrias usan el benceno para hacer otros químicos precursores de plásticos, resinas, nailon, fibras sintéticas, pesticidas, tintes... [21]

Su composición química es C₆H₆ y forma parte de los componentes orgánicos volátiles. Se encuentra en fase gaseosa dentro de la atmósfera. La vida del benceno va de unas horas a días dependiendo de las condiciones ambientales y la presencia de otros contaminantes. La forma más importante de degradación del benceno es a través de oxidación. Las fuentes principales de benceno en la atmósfera pueden ser tanto naturales como humanas. Dentro de las fuentes naturales están los volcanes y los incendios forestales. Como antropogénicas nos encontramos las emisiones de combustión de petróleo, gasolina y procesos industriales. También influye el humo de los cigarrillos.

El cuerpo humano asimila el benceno a través de pulmones, tracto gastrointestinal y piel. Alrededor de la mitad de los gases benceno inhalados pasan a la sangre. Una vez que entra en el torrente sanguíneo dispara el metabolismo oxidativo de las células. Incrementa el riesgo de cáncer, jaquecas, mareos, confusión, pérdidas de conocimiento, irritación de ojos y piel [22].

2.2 ¿Cómo se miden los gases contaminantes?

La **Red de control de la calidad del aire** gestionada por el Principado de Asturias está integrada por una serie de estaciones repartidas por el territorio más un centro de proceso de datos, ubicado este último en Oviedo, y varios subcentros en los ayuntamientos con mayor población.

Cada una de las estaciones es un punto de muestreo, independientemente del número de parámetros vigilados y de la técnica analítica empleada, está compuesta por un conjunto de sistemas y procedimientos para evaluar y cuantificar la presencia de partículas contaminantes en la atmósfera asturiana. Los **contaminantes** medidos son: **partículas en suspensión** (PM10 y PM2,5), **dióxido de azufre** (SO₂), **óxidos de nitrógeno** (NO y NO₂), **monóxido de carbono** (CO), **benceno** (C₆H₆) y **ozono** (O₃), aunque no todas las estaciones miden todas las

partículas mencionadas. Hay algunas estaciones que tienen incluso la capacidad de realizar mediciones de parámetros meteorológicos

El punto neurálgico de la red de medida y vigilancia de la calidad del aire lo constituyen el “**centro de proceso de datos**” ubicado en la sede de la *Consejería con competencias en materia de medio ambiente*, y los subcentros concentradores de datos que se encuentran en los ayuntamientos más importantes. En estos centros, se reciben los datos de las distintas estaciones remotas mediante un sistema de comunicación que puede utilizarse bien de modo manual, permitiendo al operador interrogar directamente a las estaciones que considere oportuno, o de modo automático, interrogando a las estaciones en intervalos y horas prefijadas. Esto permite una eficaz explotación del sistema, pudiendo programarse en modo automático las horas a las que se comunica según las épocas del año, necesidades de la zona, etc., e incluso recibir en el centro la superación de cualquier nivel de contaminante previamente preestablecido.

En el “centro de proceso de datos”, una vez recibidos éstos, se evalúan, se validan, se procesan y se toman las decisiones oportunas. Tras su validación, se envían al “centro de proceso de datos” del Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente, desde el cual, a su vez, serán procesados y transmitidos al centro de la Unión Europea [23][24].

2.3 Datos disponibles

Dentro de la red de medición de calidad del aire del Principado de Asturias se encuentran diversas estaciones localizadas en distintos puntos del territorio. En la siguiente tabla sacada del BOPA [25] tenemos toda la información importante de las estaciones de medición:

ZONA	NOMBRE ESTACION	CODIGO		LATITUD	LONGITUD	ALTITUD	
		EOI	NACIONAL				
ES 0310 ASTURIAS INDUSTRIAL	ES0306 Ag. Área OVIEDO	PLAZA DE TOROS	ES1268A	33044029	43,35829	-5,86643	278
		PALACIO DE DEPORTES	ES1269A	33044030	43,36653	-5,83303	187
		PURIFICACIÓN TOMÁS	ES1572A	33044032	43,372675	-5,872797	276
		TRUBIA PISCINAS	ES2075A	33044033	43,34565	-5,96967	97
		LUGONES INSTITUTO	ES2051A	33066004	43,40150	-5,80287	171
	ES0307 Z. AVILES	MATADERO	ES1320A	33004048	44	-5,92726	5
		LLARANES	ES0879A	33004020	43,55031	-5,89886	10
		LLANO PONTE	ES0880A	33004053	43,55117	-5,91966	22
		PLAZA DE LA GUITARRA	ES1424A	33004049	43,55885	-5,92748	20
		SALINAS	ES2054A	33004052	43,57045	-5,95828	11
	ES0308 Z. CUENCAS	MERIÑÁN	ES0824A	33031029	43,3069	-5,705672	220
		SAMA I	ES1353A	33031032	43,294117	-5,679632	222
		LA FELGUERA	ES0825A	33031030	43,306657	-5,689716	211
		JARDINES DE JUAN XXIII	ES1651A	33037012	43,25612	-5,77594	212
		BLIMEA	ES1433A	33060003	43,275635	-5,59599	269
	ES0309 Ag. Área GIJON	CONSTITUCION	ES1272A	33024025	43,52986	-5,67350	29
		ARGENTINA	ES1271A	33024024	43,53886	-5,698921	19
		HERMANOS FELGUEROSO	ES1270A	33024023	43,53519	-5,65834	29
		AVENIDA DE CASTILLA	ES1358A	33024027	43,537771	-5,64631	19
		MONTEVIL (municipal)	ES1974A	33024031	43,51659	-5,67065	51
SANTA BARBARA		ES2069A	33024032	43,5229	-5,68945	40	
ES0311 ASTURIAS RURAL	CANGAS DEL NARCEA	ES1432A	33011001	43,17880	-6,55270	373	
	SOMIEDO			43,06964	-6,19260	1255	

Coordenadas en grados centesimalaes ETRS89

Ilustración 7: Imagen de la clasificación de las estaciones del Principado de Asturias

No todas las estaciones tienen la misma capacidad de medición. En la siguiente tabla se resume la información disponible en cada una de ellas.

	SO ₂	NO	NO ₂	CO	PM10	O ₃	Benceno
Matadero Avilés	X	X	X	X	X		
Constitución	X	X	X	X	X	X	X
Meriñán	X	X	X		X	X	
Hermanos Felgueroso	X	X	X	X	X	X	
Llaranes	X	X	X		X	X	X

Purificación Tomás	X	X	X	X	X	X	
Plaza de la Guitarra	X	X	X	X	X	X	
Mieres	X	X	X			X	X
Palacio de Deportes	X	X	X	X	X	X	X
Llano Ponte	X	X	X	X	X	X	
Sama	X	X	X	X	X	X	X
La Felguera	X	X	X	X	X	X	
San Martín	X	X	X	X	X	X	
Argentina	X	X	X	X	X	X	
Avenida de Castilla	X	X	X	X	X	X	
Plaza de Toros	X	X	X	X	X	X	
Cangas del Narcea	X	X	X	X	X	X	
Lugones Instituto	X	X	X	X		X	

Tabla 1: Estaciones y partículas medidas

Todas estas estaciones han sido clasificadas en función del tipo de contaminación que se supone que predomina en su entorno:

- **Tipo industrial**, son las emisiones de sustancias contaminantes que están generadas como consecuencia de procesos industriales.
- **Tipo tráfico**, es uno predominante en áreas urbanas.
- **Tipo fondo**, es la que existe en zonas alejadas de focos de emisión directa. Proporciona información acerca de cuál es el nivel de contaminación regional, debida tanto a fuentes antropogénicas, naturales, regionales o transfronterizas [26].

Para realizar un análisis más detallado sobre la localización de las estaciones y conocer los territorios que más riesgo tienen de padecer episodios contaminados, se clasifican en zonas:

- **Zona Avilés**
- **Zona Gijón**
- **Zona Oviedo**
- **Zona rural**
- **Zona cuencas**

Y, también, en áreas de población:

- **Área urbana**
- **Área suburbana**

- **Área rural**

La siguiente clasificación está basada en el BOPA [27]:

Zona	Nombre estación	Tipo	Área
Zona Oviedo	Plaza de Toros	Tráfico	Urbana
	Palacio de Deportes	Tráfico	Urbana
	Purificación Tomás	Fondo	Urbana
	Lugones Instituto	Industrial	Suburbana
Zona Avilés	Llaranes	Industrial	Suburbana
	Llano Ponte	Tráfico	Urbana
	Plaza de la Guitarra	Tráfico	Urbana
	Matadero	Industrial	Suburbana
Zona Cuenca	Meriñán	Industrial	Suburbana
	Sama	Fondo	Urbana
	La Felguera	Industrial	Urbana
	Mieres	Fondo	Urbana
Zona Gijón	Constitución	Tráfico	Urbana
	Argentina	Tráfico	Urbana
	Hermanos Felgueroso	Tráfico	Urbana
	Avenida de Castilla	Tráfico	Urbana
Zona rural	Cangas	Fondo	Rural
	San Martín	Fondo	Rural

Tabla 2: Clasificación en zonas, tipos y áreas de las estaciones

Las concentraciones de las partículas analizadas vienen medidas en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y mg/m^3 , para el caso del CO. En la legislación española y europea, es la unidad empleada para cuantificar la calidad de aire. Se miden así los valores de referencia de gases contaminantes presentes en el aire que respiran los seres humanos. La mayoría de los gases analizados se miden en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Sin embargo, el CO es el único cuyos niveles de concentración se miden normalmente en mg/m^3 . Para otros contaminantes con porcentajes muy bajos de presencia en el aire como las dioxinas o los hidrocarburos policíclicos aromáticos (benceno) se utilizan unidades todavía más pequeñas [28]. Pero en lo que respecta al análisis del benceno en este estudio se utilizará $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Cada csv extraído contiene información de un año en una estación. Como no en todas las estaciones tenemos la misma cantidad de información, cada csv tendrá diferente número de columnas, entre las que tenemos:

- Fecha, en formato yyyy/mm/dd
- Periodo, que viene a ser la hora (0-24h)
- SO2_HI, FL_SO2
- NO_HI, FL_NO
- NO2_HI, FL_NO2
- CO_HI, FL_CO
- O3_HI, FL_O3
- PST_HI, FL_PST

Las concentraciones vienen reflejadas en el campo X_HI. Además, existe un marcador para cada partícula que nos informa de la fiabilidad del dato, es el campo FL_X. Se han encontrado estos distintos marcadores:

- V: dato válido
- O: dato corregido
- R: dato reconstruido
- T: pendiente de validación
- F: fallo técnico o de tensión
- C: calibrado de span
- N: causa desconocida
- M: mantenimiento
- Z: calibración de cero

De todos ellos, hemos seleccionado la medición de concentración de partícula cuyo marcador estaba definido como dato válido (V). De esta manera, evitaríamos encontrarnos con más ruido del necesario y asegurarnos que todos los datos empleados son fiables.

Se recoge información desde el año 2010 hasta el 2018, de un total de 16 estaciones diferentes, sumando dos más (Matadero y Lugones Instituto) a partir del 2014. No todas las estaciones tienen información de la concentración de CO; las únicas que no tienen mediciones de esta partícula son (como viene reflejado en la Tabla 1: Estaciones y partículas medidas):

- Meriñán
- Llaranes
- Mieres

El benceno a su vez solamente se encuentra analizado en las siguientes estaciones:

- Constitución
- Llaranes
- Palacio Deportes
- Sama

En cuanto al ozono, solamente hay una estación que no lo mide o carece esta información:

- Matadero

Los tamaños muestrales, por año, que nos encontramos son los siguientes:

Año	Tamaño muestral
2010	5734
2011	5635
2012	5723
2013	5786
2014	6173
2015	6232
2016	6308
2017	6216
2018	6359

Tabla 3: Tamaño muestral por año de los datos analizados

El incremento del tamaño de la muestra entre los años 2014 y 2018 se debe a que aparecen datos de las estaciones de Lugones Instituto y Matadero.

2.4 Representación de datos en diagrama de caja

Es un tipo de gráfico que muestra y resume una gran cantidad de datos en cinco medidas estadísticas. Además, esta representación nos permite conocer la simetría de la distribución de forma muy visual. Se pueden observar a su vez los valores atípicos y comparar distribuciones se convierte en una tarea rápida con un simple vistazo.

Se pueden detectar los siguientes valores de manera inmediata:

- **Primer cuartil:** el 25% de los valores son menores o iguales a este valor.
- **Mediana o segundo cuartil:** divide en dos partes iguales la distribución, de forma que el 50% de los valores son menores o iguales a este valor.
- **Tercer cuartil:** el 75% de los valores son menores o iguales a este valor.
- **Rango Intercuartílico (RIC):** diferencia entre el valor del tercer cuartil y el primer cuartil.

De acuerdo con la posición de la mediana dentro de la caja vemos si nos encontramos con una distribución simétrica o asimétrica:

- Si la mediana se sitúa en el centro de la caja entonces la distribución es simétrica y tanto la media, mediana y moda coinciden.
- Si la mediana corta la caja en dos lados desiguales se tiene:
 - Asimetría positiva o segada a la derecha si la parte más larga de la caja es la parte superior a la mediana. Los datos se concentran en la parte inferior de la distribución. La media suele ser mayor que la mediana.
 - Asimetría negativa o sesgada a la izquierda si la parte más larga es la inferior a la mediana. Los datos se concentran en la parte superior de la distribución. La media suele ser menor que la mediana.

La representación de los datos no cubiertos por la caja continúa en dos segmentos que se denominan bigotes. Determinan el límite para la detección de valores atípicos.

Los bigotes deben tener una longitud máxima. Dicha longitud no debe ser superior al 150% del rango intercuartílico. Y, por último, están los valores atípicos que son aquellos puntos que están más allá del límite inferior o superior. A estos valores atípicos se los denomina también outliers [29].

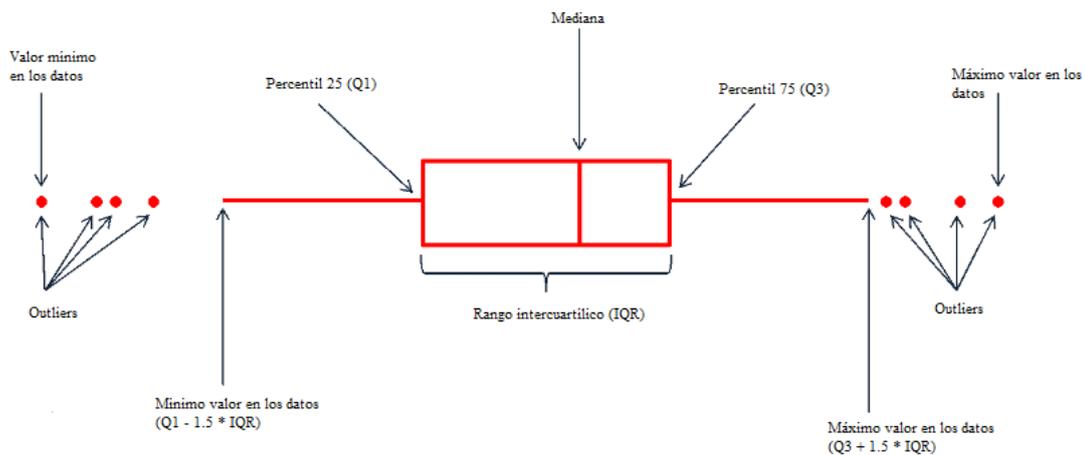


Ilustración 8: Representación de un diagrama de caja y cómo se lee

2.5 Limitaciones impuestas a los contaminantes

Los límites que se van a analizar son los correspondientes a lo publicado en el Boletín Oficial del Estado en el Real Decreto 102/2011 del 28 de enero, relativo a la mejora de la calidad del aire. Según su artículo 1 tiene como objetivo:

- Definir y establecer objetivos de calidad del aire con respecto a las concentraciones de SO_2 , NO_2 y NO_x , Pb, benceno, CO, Ar, Cd, Ni y benzopireno en el ambiente.
- Regular la evaluación, el mantenimiento y la mejora de la calidad del aire en relación con las sustancias enumeradas.
- Establecer métodos y criterios comunes de evaluación de las concentraciones de las sustancias reguladas.
- Determinar la información a la población y a la Comisión Europea sobre las concentraciones y los depósitos de las sustancias mencionadas, el cumplimiento de sus objetivos de calidad del aire, los planes de mejora y demás aspectos regulados.

Todo ello con la finalidad de evitar, prevenir y reducir los efectos nocivos de las sustancias mencionadas sobre la salud humana, el medio ambiente en su conjunto y demás bienes de cualquier naturaleza.

	Período de promedio	Valor
SO ₂	1 hora	350 µg/m ³ que no podrá superarse en más de 24 ocasiones por año civil
	24 horas	125 µg/m ³ que no podrá superarse en más de 3 ocasiones por año
NO ₂ y NO	1 hora	200 µg/m ³ no podrá superarse en más de 18 ocasiones por año civil
	1 año	40 µg/m ³
PM10	24 horas	50 µg/m ³ no podrá superarse en más de 35 ocasiones por año
	1 año	40 µg/m ³
Benceno	1 año	5 µg/m ³
CO	Máxima diario de las medias móviles octohorarias	10 mg/m ³
Ozono	Máxima diario de las medias móviles octohorarias	120 µg/m ³

Tabla 4: Límites aconsejados por el BOE para las diferentes partículas

2.6 ¿Por qué se realiza un análisis octohorario en el ozono y el monóxido de carbono?

La media móvil es un cálculo utilizado para analizar puntos de datos mediante la creación de una serie de medias de diferentes subconjuntos del conjunto de datos. Al calcular la media móvil, se mitigan los impactos de las fluctuaciones aleatorias a corto plazo [30].

Para analizar las ocasiones en las que sobrepasa los límites aconsejados por el BOE 102/2011 relativo a la mejora de la calidad del aire, tanto para el monóxido de carbono como para el ozono, se les realiza un protocolo de análisis de medias octohorarias. Este tratamiento también es dictaminado por el citado BOE. La razón por la que se necesita hacer este tipo de tratamiento previo es porque el ozono y el CO presentan unas fluctuaciones a lo largo del día más marcadas que otros compuestos. De esta manera, al hacer medias móviles de ocho horas y coger el

máximo diario de estas medias, evitamos ruidos que puedan interferir en la tendencia global de las concentraciones.

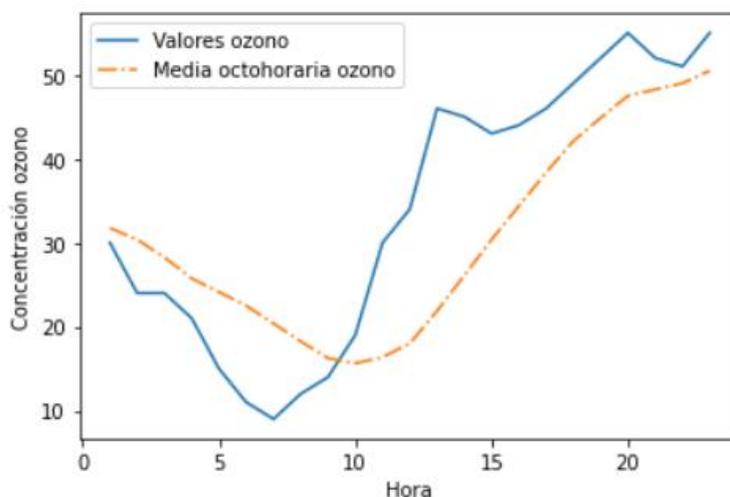


Ilustración 9: Ejemplo perteneciente a la estación de Llaranes (2018-06-18)

2.7 Código

Para la implementación de la interfaz de este trabajo se ha optado por un sistema que permite trabajar tanto en un ordenador local como en uno remoto, mediante un navegador de internet. La plataforma Jupyter permite crear notebooks, es decir, páginas web que combinan texto normal con un código fuente de algún lenguaje de programación que puede ser ejecutado y cuyo resultado se incorpora al documento, en forma de tabla o gráfico.

Para la implementación de este tipo de notebooks de Jupyter interactivos se ha utilizado una librería de Python: **ipywidgets**. Es una librería que proporciona al usuario una experiencia de uso de la aplicación mucho más satisfactoria y guiada. Dentro de esta librería existen múltiples funciones que permiten instalar selectores de datos, controles deslizantes, botones de acción...

Se han creado varios tipos de notebooks interactivos para tener una visión amplia de los datos:

- Notebook con un compendio de las ocasiones en las que se han sobrepasado los límites marcados por el BOE para cada agente contaminante, con posibilidad de disgregar por zona, áreas, tipo de contaminación y estaciones.
- Tendencias generales mediante diagrama de cajas anuales. De igual manera se utilizan disgregaciones por zona, área, tipo de contaminación y estaciones.
- Tendencias horarias a lo largo de un día.
- Tendencias mensuales a lo largo de un año.

- Tendencias diarias a lo largo de una semana.

Con estos cinco notebooks podemos tener una visión bastante completa de lo que pasa con los contaminantes en varias dimensiones: zonas, áreas, tipo de contaminación, estaciones...

En las siguientes imágenes se muestra la estética que tienen los selectores de datos:

A screenshot of a web interface for data selection. It features a 'Zona' dropdown menu with options: 'Zona Avilés', 'Zona Gijón', 'Zona Oviedo', 'Zona cuencas', and 'Zona rural'. Below this are two checkboxes: 'Sample size table' and 'Statistics table'. A 'Y_axis_limit' slider is set to 100.00, with a 'No limit y axis' checkbox below it. The 'Particle' dropdown is set to 'Mean by Day PST'. A 'Run Interact' button is at the bottom.

Ilustración 10: Captura de pantalla de la interfaz, agrupando por zonas para la representación de diagrama de cajas.

A screenshot of a web interface for data selection. It features a 'Zona' dropdown menu with options: 'Zona Avilés', 'Zona Gijón', 'Zona Oviedo', 'Zona cuencas', and 'Zona rural'. Below this is a 'Year' dropdown menu with options: '2010', '2011', '2012', '2013', and '2014'. The 'Particle' dropdown is set to 'BEN'. A 'Run Interact' button is at the bottom.

Ilustración 11: Captura de pantalla de la interfaz, agrupando por zonas para la representación de los límites sobrepasados

Zona Geog...
Zona Avilés
Zona Gijón
Zona Oviedo
Zona cuencas
Zona rural

Año
2010
2011
2012
2013
2014

Sample size table

Informative table

Particle Mean by Day PST

Run Interact

Ilustración 12: Captura de pantalla de la interfaz, agrupando por zonas para la representación de los patrones mensuales, horarios y diarios

3. Resultados del análisis

3.1 Análisis de tendencia con diagramas de cajas

3.1.1 Contaminante partícula PM10

A nivel visual, en general se presenta una ligera disminución de la concentración de PM10, observándose tanto en la media y la mediana (véase Tabla 26: Estadísticos PM10 e Ilustración 13).

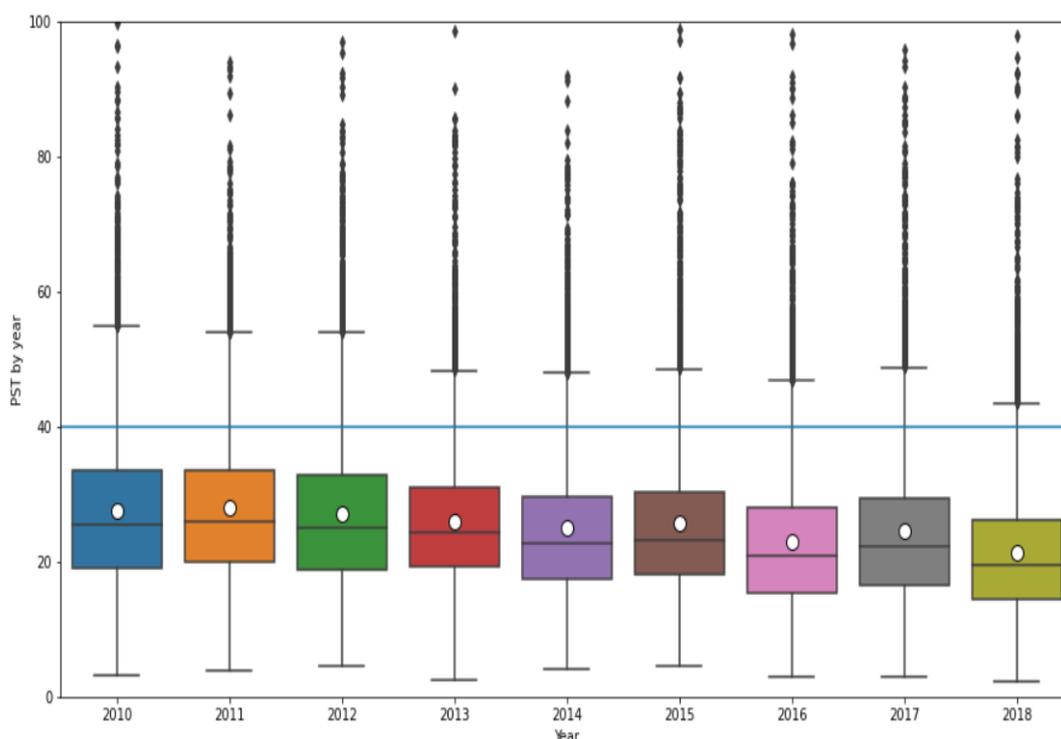


Ilustración 13: Diagrama de caja de PM10 del 2010 al 2018

Los límites que aconseja el BOE (Real Decreto 102/2011 del 28 enero relativo a la mejora de la calidad del aire) establecen que en un periodo promedio de 24 horas no se podrá superar más de $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en más de 35 ocasiones por año y el valor límite anual será de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Analizando por años la cantidad de veces que se superan los límites diarios vemos que se ha ido reduciendo respecto a los 3 primeros años de análisis. Para tener unos valores proporcionales al tamaño muestral de cada año se ha calculado la proporción de ocasiones que se supera el límite diario. Vemos que a partir del año 2013 no se ha vuelto a sobrepasar el 4% de registros con unas concentraciones mayores que $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media diaria (Tabla 5).

Año	Número de veces que se supera los límites diarios	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
2010	280	5734	4.88%
2011	262	5635	4.65%
2012	275	5723	4.8%
2013	171	5786	2.96%
2014	190	6173	3.08%
2015	232	6232	3.72%
2016	150	6308	2.38%
2017	221	6216	3.56%
2018	131	6359	2.06%

Tabla 5: Cantidad de veces superado el límite diario por año por el contaminante PM10

Los límites anuales aconsejados de $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ solamente son sobrepasados en la estación de Avilés Matadero como se ve en la Tabla 6:

Año	Estación	Media PM10
2015	Avilés Matadero	46.25
2016	Avilés Matadero	47.58
2017	Avilés Matadero	43.99

Tabla 6: Valores anuales de la concentración de PM10 en el ambiente de la estación de Avilés Matadero

Es además una estación que se clasifica como tipo industrial y suburbano.

Viendo por zonas, vemos la zona Avilés es la que tiene una media más alta a lo largo de los años (Tabla 27: Estadísticos PM10 por zonas e Ilustración 14). Además, la zona de Avilés seguida de las zonas más pobladas del Principado: Oviedo y Gijón, son las que más veces superan los límites diarios (Tabla 7).

Zona	Veces superado el límite diario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Zona Avilés	841	10761	7.82%
Zona Gijón	506	12634	4%
Zona Oviedo	359	11529	3.11%

Zona cuencas	166	12814	1.3%
Zona rural	40	6428	0.62%

Tabla 7: Cantidad de veces superado el límite diario por zonas por el contaminante PM10

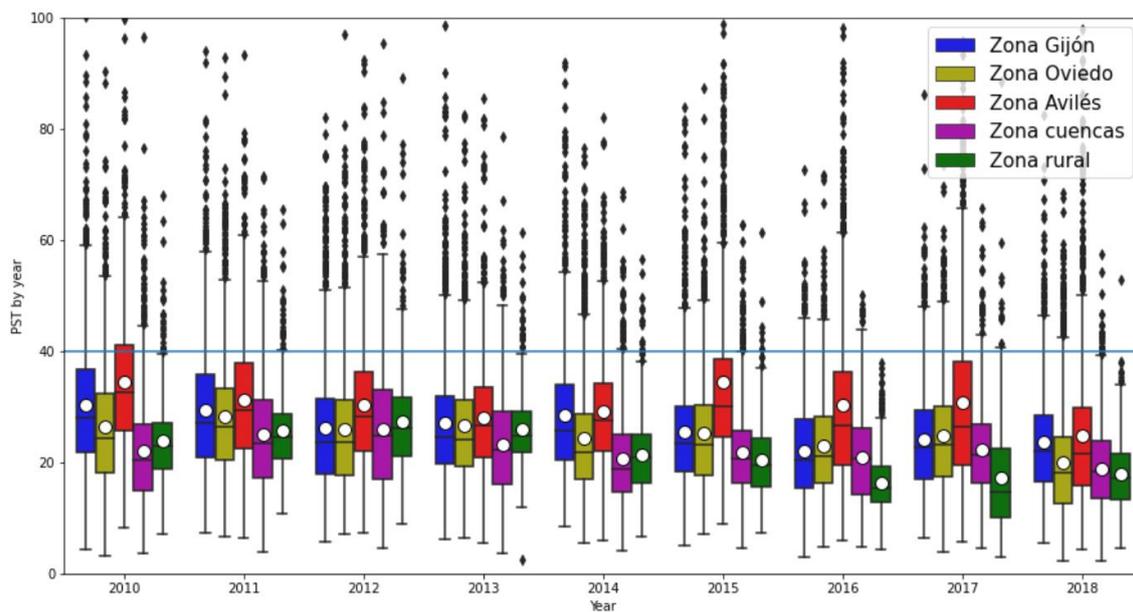


Ilustración 14: Diagrama de cajas de PM10 por zonas

Las estaciones que se clasifican como tipo tráfico preponderan sobre las industriales y las de tipo fondo (Tabla 29: Estadísticos PM10 por tipos de contaminación e Ilustración 15). También, vemos que la proporción de veces que se supera el límite diario es mayor en las estaciones de tipo tráfico (Tabla 8).

Tipo de contaminación	Veces superado el límite diario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Tipo tráfico	1506	26617	5.66%
Tipo industrial	251	14642	1.71%
Tipo fondo	155	12907	1.2%

Tabla 8: Cantidad de veces superado el límite diario por tipo de contaminación por el contaminante PM10

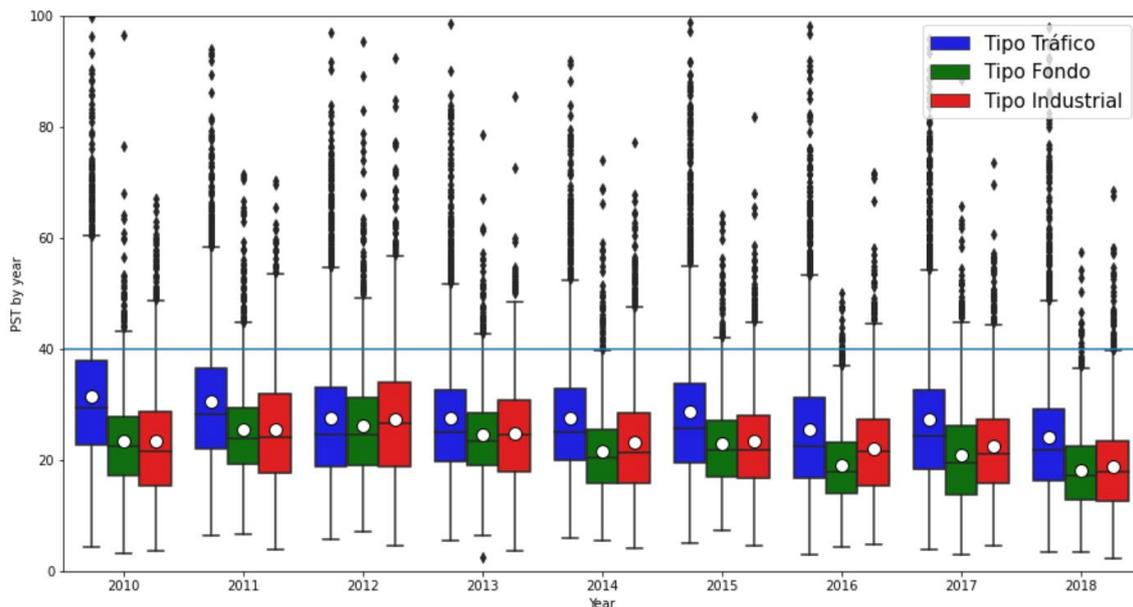


Ilustración 15: Diagrama de cajas PM10 por tipos de contaminación

El área sobre la que está situadas las estaciones también parece influir sobre las mediciones de las partículas PM10. Las áreas urbanas y suburbanas tienen las medias más elevadas que las áreas rurales en los últimos años del estudio (2014, 2015, 2016, 2017 y 2018) como aparece en la Tabla 28: Estadísticos PM10 por áreas e Ilustración 16. Sin embargo, en los demás años, los valores en las áreas rurales son comparables a los de las demás áreas. Por lo que podemos observar en la Tabla 9, las áreas suburbanas son donde hay un mayor número de ocasiones que se sobrepasan los límites aconsejados.

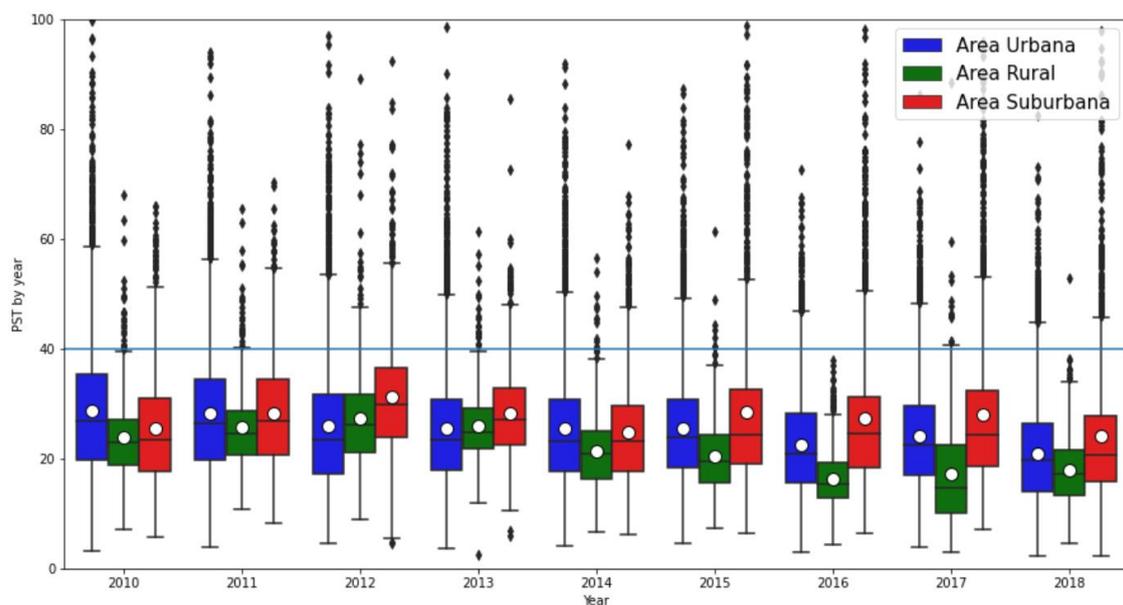


Ilustración 16: Diagrama de cajas PM10 por área

Área	Veces superado el límite diario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Área urbana	1234	35008	3.52%
Área suburbana	638	12730	5.01%
Área rural	40	6428	0.62%

Tabla 9: Cantidad de veces superado el límite diario por áreas por el contaminante PM10

3.1.2 Monóxido de Carbono (CO)

En general, parece que la tendencia sobre esta partícula contaminante es ligeramente al alza (véase Tabla 30: Estadísticos CO e Ilustración 17). El BOE establece que el límite estará en 10 mg/m³ y su periodo de promediado será la máxima diaria de las medias móviles octohorarias.

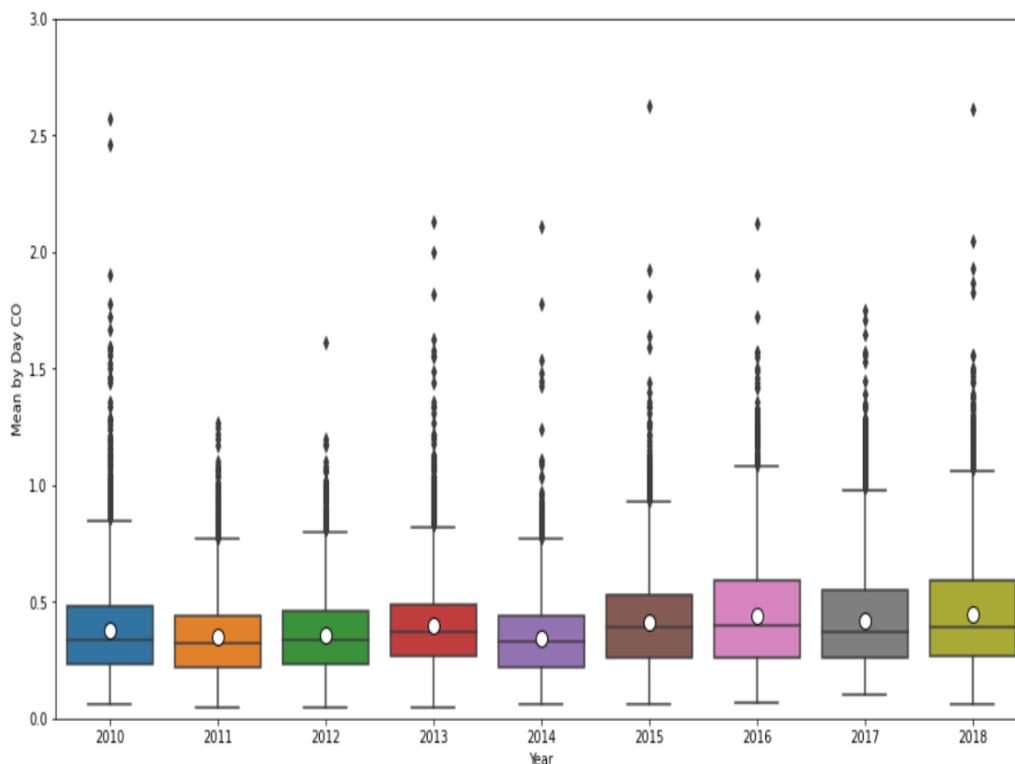


Ilustración 17: Diagrama de cajas del CO del año 2010 al 2018

Su concentración límite aconsejada parece no superarse en ninguna estación durante los años analizados. Por zonas vemos que existe un ligero incremento en Oviedo, Avilés, Gijón y cuencas (Tabla 31: Estadísticos CO por zonas e Ilustración 18). A partir del 2015 la zona de cuencas y la zona de Oviedo aumentan ligeramente. Sin embargo, existe una disminución en zonas rurales a partir del mismo año.

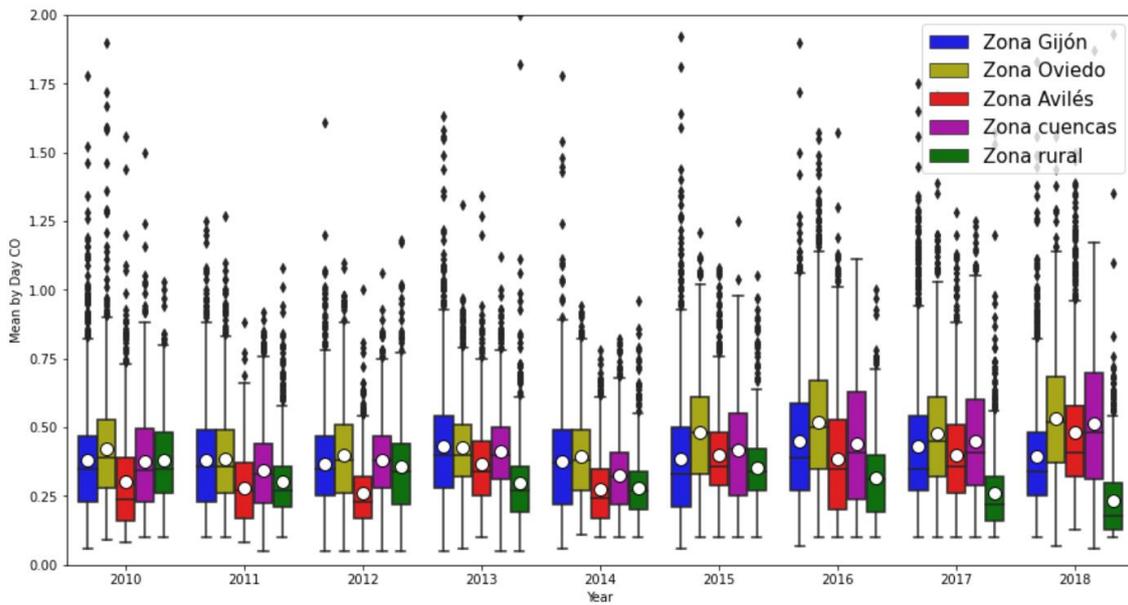


Ilustración 18: Diagrama de cajas del CO por zonas

No se observa unas tendencias muy claras diferenciando por áreas. Entre el área urbana y suburbana podemos decir que los valores son bastante similares (Tabla 32: Estadísticos CO por áreas e Ilustración 19). A partir del año 2015 observamos una tendencia a la baja en las áreas rurales en contraposición a las áreas urbanas que presentan una mayor concentración.

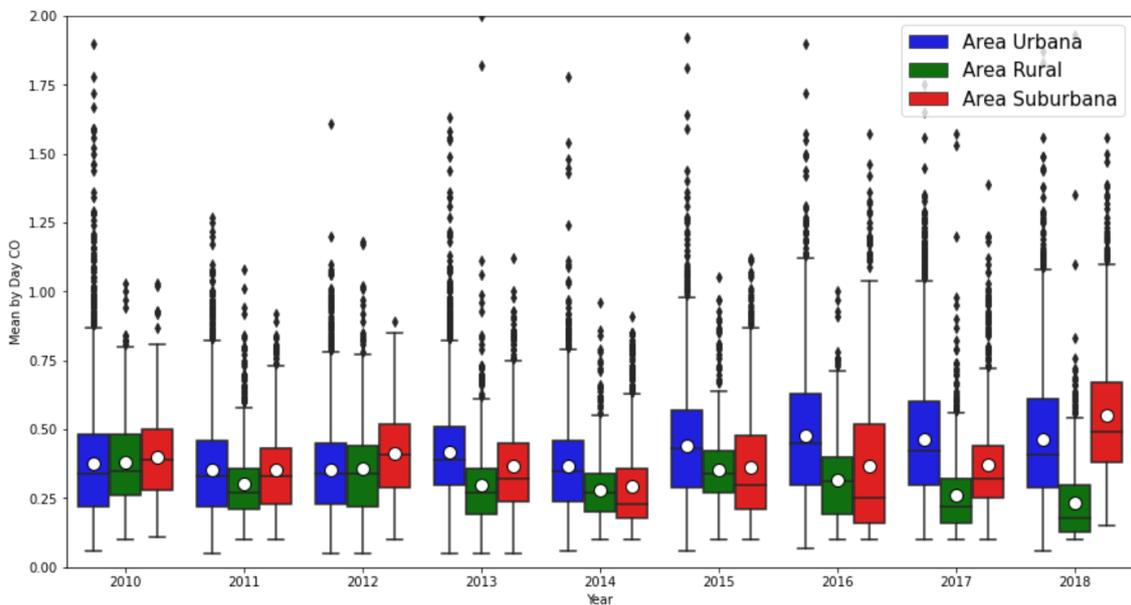


Ilustración 19: Diagrama de cajas del CO por áreas

Los últimos años parecen mostrar un repunte de concentración de CO en tipo de contaminación industrial (Tabla 33: Estadísticos por tipos de contaminación e Ilustración 20).

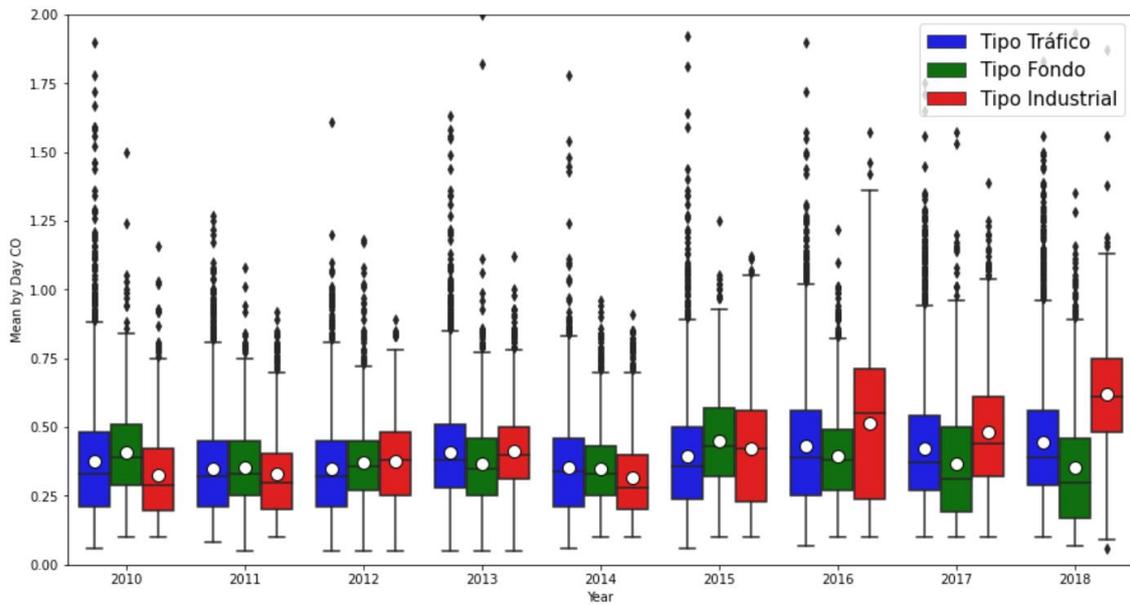


Ilustración 20: Diagrama de cajas del CO por tipos de contaminación

3.1.3 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

Se puede observar un ligero descenso a nivel general del contaminante NO₂. Tanto la media, la mediana y la desviación estándar presentan tendencia a la baja (Tabla 34: Estadísticos NO e Ilustración 21).

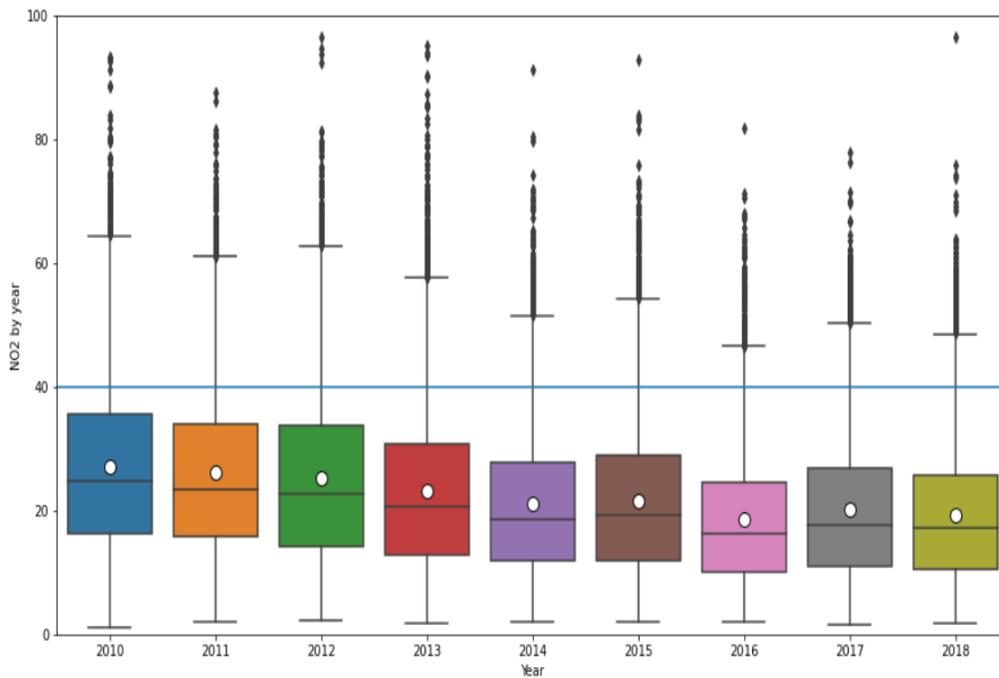


Ilustración 21: Diagrama de cajas del NO₂

El BOE aconseja que los valores límite del NO₂ para proteger la salud son de 200 µg/m³ a la hora, que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año. Además, se lanza una alerta anual de 40 µg/m³.

Este límite 40 µg/m³ anuales no es superado en ninguna ocasión. Haciendo un recuento de las ocasiones que se superan los límites horarios de 200 µg/m³ por año vemos que hay pocas ocasiones donde se sobrepasan. La proporción de veces que se supera es bastante baja y sin una tendencia clara como se puede ver en la Tabla 10.

Año	Número de veces que se supera los límites horarios	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
2010	0	134201	0%
2011	0	132770	0%
2012	2	134930	0.0015%
2013	6	136482	0.0044%
2014	2	145732	0.0014%
2015	1	146292	0.0007%
2016	0	147122	0%
2017	3	145617	0.0021%
2018	6	149151	0.004%

Tabla 10: Cantidad de veces superado el límite horario por año por el contaminante NO₂

No se ve que una caída en valores de media y mediana anuales (ver Tabla 34: Estadísticos NO) afecte al sobrepaso de límites. Normalmente, no se superan los 200 µg/m³ horarios.

Las zonas rurales son las que tienen valores de NO₂ menores, seguido de la zona cuencas. Más o menos a la par se encuentran las zonas más pobladas del Principado: Oviedo, Gijón y Avilés (Tabla 35: Estadísticos NO₂ por zonas e Ilustración 22).

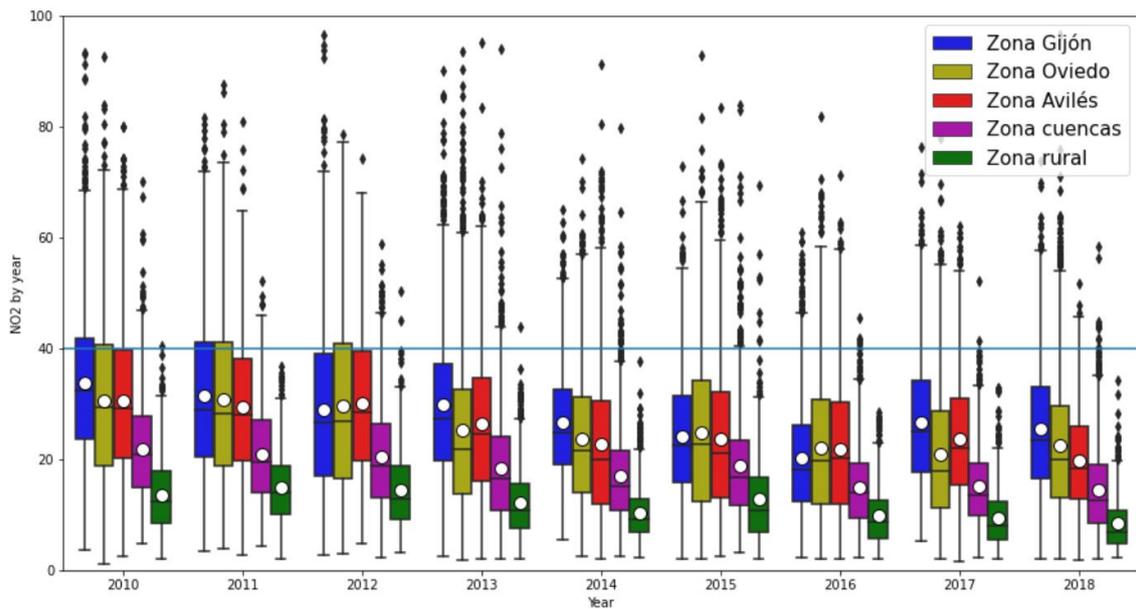


Ilustración 22: Diagrama de cajas del NO₂ por zonas

En este caso, la zona de las cuencas ha superado más veces el límite horario que las zonas más pobladas (Tabla 11), donde la media de estas zonas a lo largo de los años es superior que la de zona cuencas como se puede ver en Ilustración 22. La estación responsable es la de Sama, superando 6 veces los límites horarios en el 2018 y 3 en el 2013. Esta estación está clasificada como urbana y de contaminación tipo fondo.

Zona	Veces superado el límite horario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Zona cuencas	9	301185	0.003%
Zona Oviedo	4	270233	0.0015%
Zona Gijón	3	296435	0.001%
Zona Avilés	4	253653	0.0016%
Zona rural	0	150791	0%

Tabla 11: Cantidad de veces superado el límite horario por zonas por el contaminante NO₂

Por áreas, observamos que las urbanas son las que más NO₂ registran, seguida del área suburbana (Tabla 36: Estadísticos NO₂ por áreas e Ilustración 23).

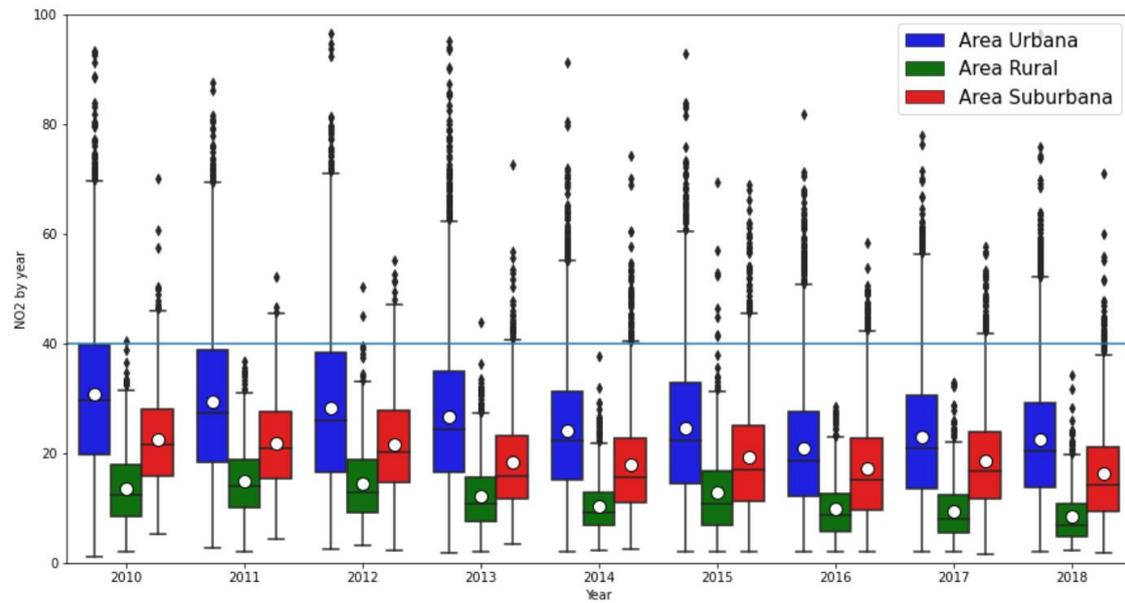


Ilustración 23: Diagrama de cajas del NO₂ por áreas

A su vez vemos que la proporción de veces que se supera el límite horario en las áreas urbanas es el doble que en las suburbanas (Tabla 12).

Área	Veces superado el límite horario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Área urbana	17	821690	0.002%
Área suburbana	3	299816	0.001%

Tabla 12: Cantidad de veces superado el límite horario por áreas por el contaminante NO₂

Las estaciones clasificadas como tipo tráfico son las que mayor presencia tienen de este contaminante (Tabla 37: Estadísticos NO₂ por tipos de contaminación e Ilustración 24).

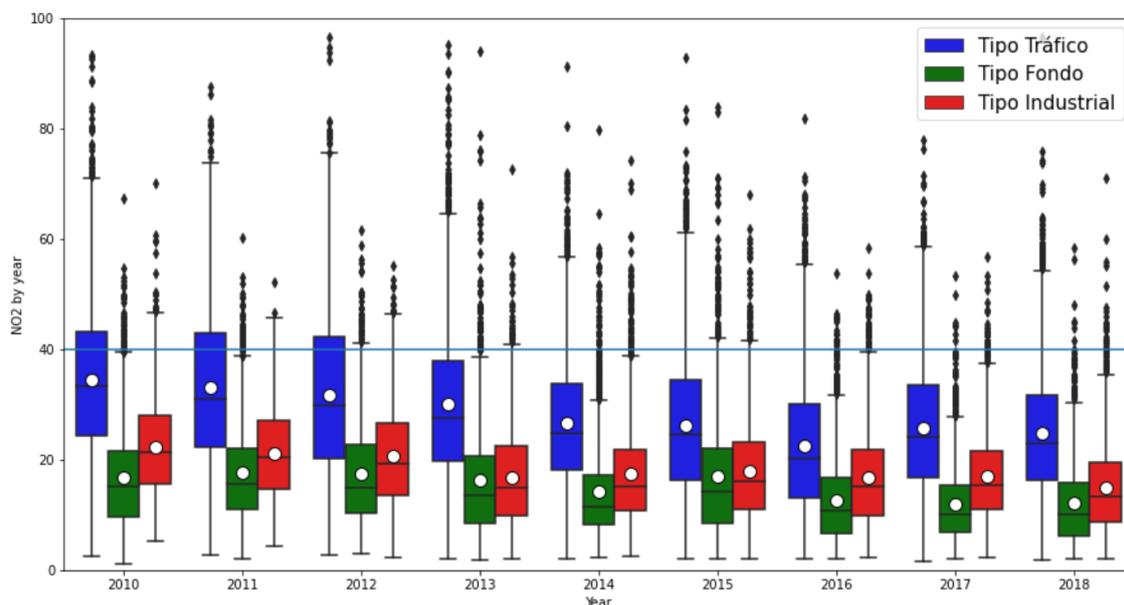


Ilustración 24: Diagrama de cajas del NO₂ por tipos de contaminación

Aunque la contaminación industrial y la de tipo tráfico sean las que tienen la media anual más alta (Ilustración 24, Tabla 37: Estadísticos NO₂ por tipos de contaminación), existen picos de contaminación de NO₂ en estaciones catalogadas como tipo fondo que llegan a reportar valores de más de 200 µg/m³ (Tabla 13). La ya citada estación de Sama es la que reporta estos picos de concentración reflejados en Tabla 13 (en la contaminación tipo fondo) y en la Tabla 11 (en la zona cuencas).

Tipo de contaminación	Veces superado el límite horario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Tipo tráfico	9	624736	0.0014%
Tipo fondo	9	302828	0.003%
Tipo industrial	2	344733	0.0006

Tabla 13: Cantidad de veces superado el límite horario por tipo de contaminación por el contaminante NO₂

3.1.4 Monóxido de nitrógeno (NO)

Se puede apreciar una ligera disminución en la media y en la mediana de la concentración de NO del 2010 al 2018 (Ilustración 26 e Tabla 38: Estadísticos NO). Ocurre igual que en el NO₂, sin embargo, observamos que la desviación estándar es más elevada en el NO. Lo podemos comparar a través de la Tabla 34: Estadísticos NO y Tabla 38: Estadísticos NO.

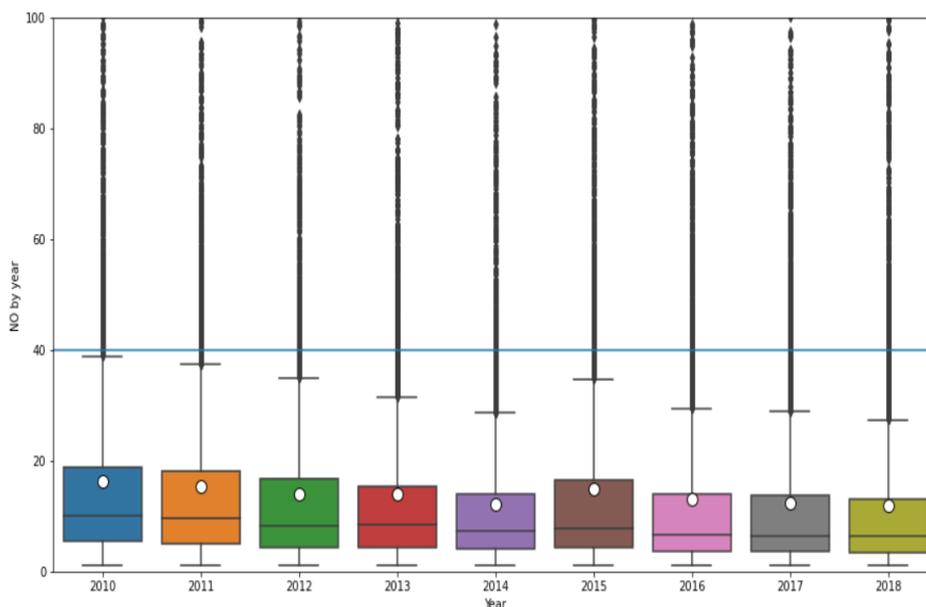


Ilustración 25: Diagramas de cajas del NO con valores límite anual señalado por la línea horizontal (hasta los 100 µg/m³ de concentración)

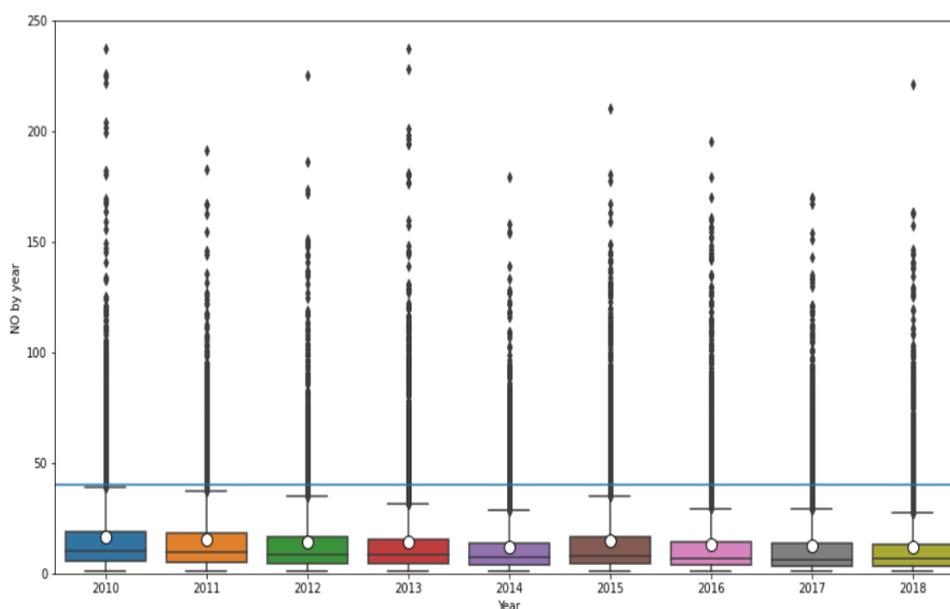


Ilustración 26: Diagrama de cajas del NO con valores límite anual señalado por la línea horizontal (hasta los 250 µg/m³ de concentración)

El BOE decreta que los valores límite del NO para proteger la salud son de 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a la hora, que no podrán superarse en más de 18 ocasiones por año. Además, se lanza una alerta anual de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Estos límites son iguales a los aconsejados para el NO₂.

El límite de 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales no es superado en ninguna ocasión. Sin embargo, los límites horarios sí que se superan en varias ocasiones. No se aprecia una tendencia a la baja de la proporción de veces que se sobrepasan los límites horarios (Tabla 14).

Año	Número de veces que se supera los límites horarios	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
2010	646	134201	0.48%
2011	477	132770	0.36%
2012	425	134930	0.31%
2013	520	136482	0.38%
2014	299	145732	0.21%
2015	682	146292	0.47%
2016	490	147122	0.33%
2017	435	145617	0.3%
2018	463	149151	0.31%

Tabla 14: Cantidad de veces superado el límite horario por año por el contaminante NO

Por zonas, se observa que las zonas rurales y la de cuencas tiene concentraciones significativamente menores a las de otras zonas. La zona de Avilés tiene una media y una mediana mayor que en las demás zonas pobladas como Oviedo o Gijón (Ilustración 27 y Tabla 39: Estadísticos NO por zonas).

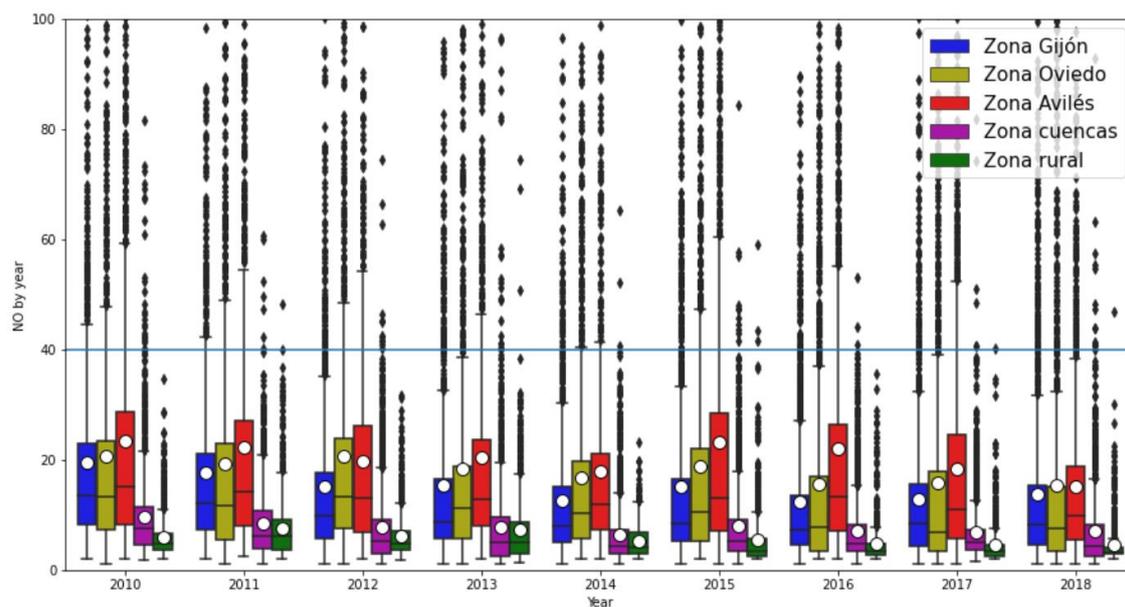


Ilustración 27: Diagrama de cajas del NO por zonas

Podemos observar que la zona de Oviedo es la que tiene una mayor proporción de ocasiones donde se superan los límites. Las zonas más pobladas son donde más se han superado los límites horarios en contraposición a las menos pobladas (Tabla 15).

Zona	Veces superado el límite horario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Zona Oviedo	1872	270233	0.69%
Zona Avilés	1619	253653	0.64%
Zona Gijón	864	296435	0.29%
Zona cuencas	65	301185	0.02%
Zona rural	17	150791	0.01%

Tabla 15: Cantidad de veces superado el límite horario por zonas por el contaminante NO

Las áreas más contaminadas por esta partícula son las urbanas y suburbanas igualándose prácticamente en los últimos años (2015 - 2018) (Tabla 40: Estadísticos NO por áreas e Ilustración 28).

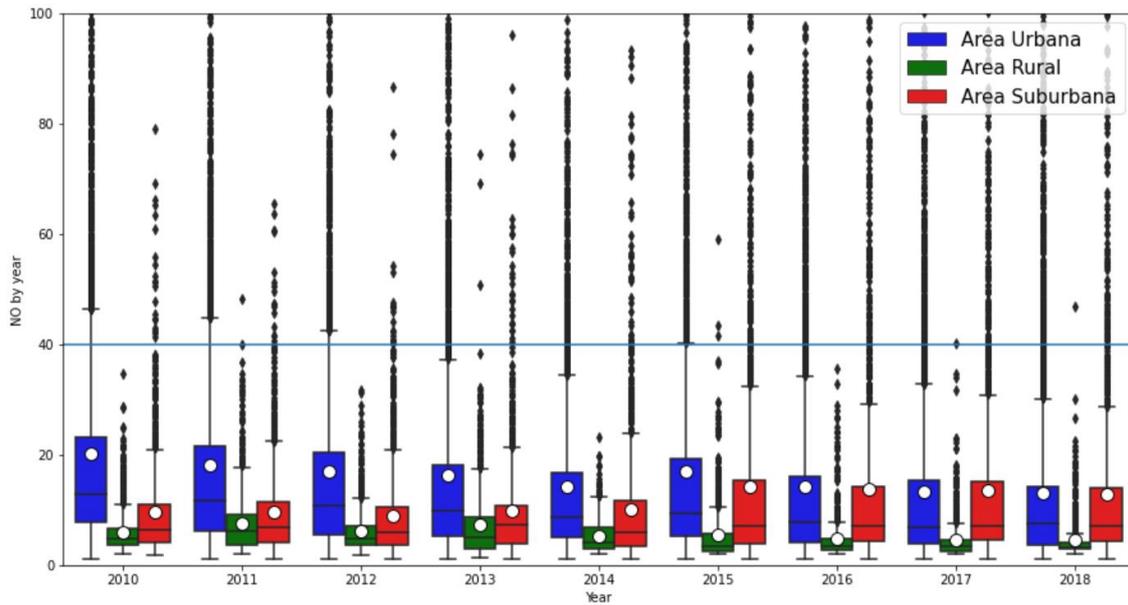


Ilustración 28: Diagrama de cajas del NO por áreas

En la Tabla 16 observamos que las áreas urbanas tienen una mayor proporción de veces donde se supera el límite con respecto a las demás.

Área	Veces superado el límite horario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Área urbana	3672	821690	0.45%
Área suburbana	748	299816	0.25%
Área rural	17	150791	0.01%

Tabla 16: Cantidad de veces superado el límite horario por áreas por el contaminante NO

A su vez, vemos que la contaminación tipo tráfico influye de forma notable en la concentración de esta partícula (Ilustración 29 y Tabla 41: Estadísticos NO por tipos de contaminación).

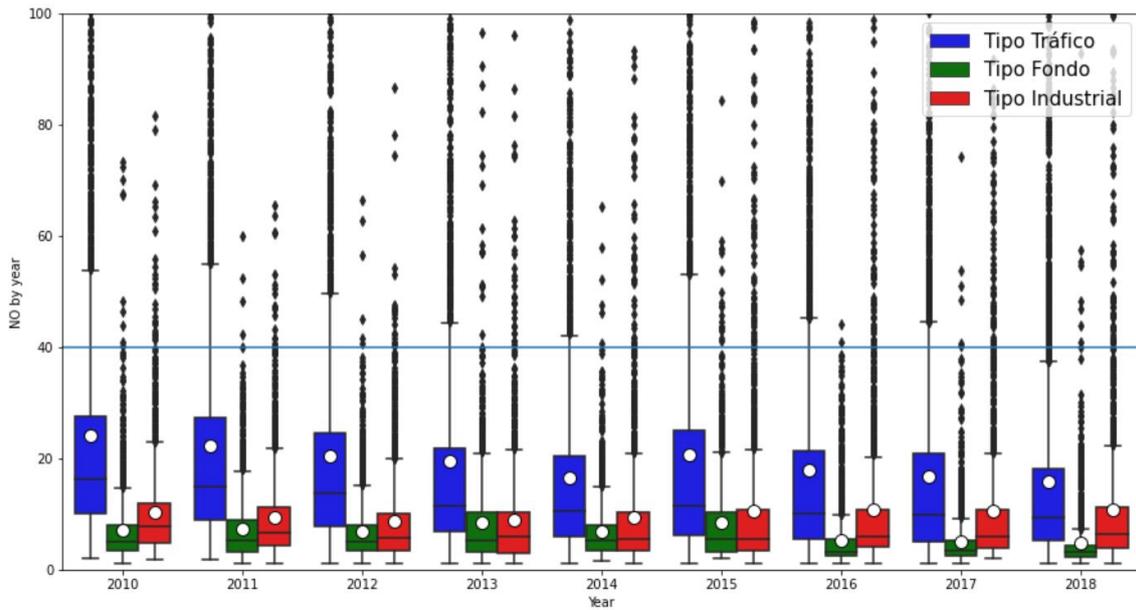


Ilustración 29: Diagrama de cajas del NO por tipos de contaminación

Las estaciones clasificadas como tipo tráfico reflejan una mayor proporción de veces con los límites horarios sobrepasados, seguidos de la industrial como se puede ver en la Tabla 17.

Tipo de contaminación	Veces superado el límite horario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Tipo tráfico	3889	624736	0.62%
Tipo industrial	468	344733	0.14%
Tipo fondo	80	302828	0.03%

Tabla 17: Cantidad de veces superado el límite horario por tipo de contaminación por el contaminante NO

3.1.5 Dióxido de azufre (SO₂)

Entre los años 2010 y 2018 parece que no se presenta ni una tendencia clara a simple vista (Tabla 42: Estadísticos SO, Ilustración 30 e Ilustración 31).

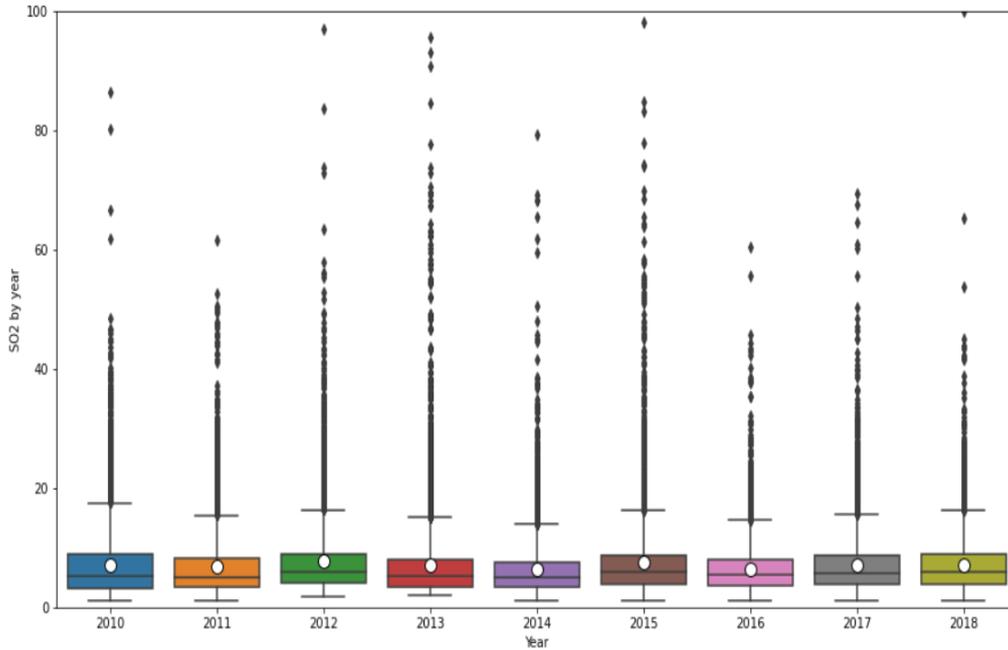


Ilustración 30: Diagrama de cajas del SO₂ (hasta 100 µg/m³)

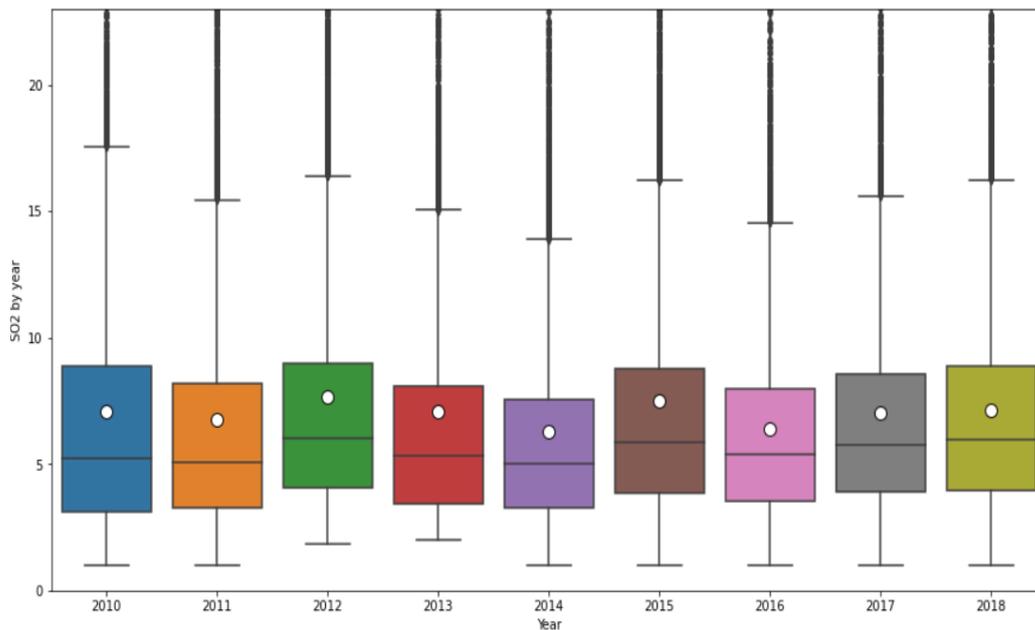


Ilustración 31: Diagrama de cajas del SO₂ (hasta 20 µg/m³)

El BOE estipula que para esta partícula el valor límite horario tiene que ser de 350 µg/m³, valor que no se podrá superar en más de 24 ocasiones por año civil. Además, existe un valor límite

diario de 125 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ que no se puede superar en más de 3 ocasiones por año civil. En la Tabla 18 podemos observar la cantidad de veces que se superan los límites horarios por año. Podemos ver que no existe tampoco ninguna tendencia en la proporción a lo largo de los años:

Año	Número de veces que se supera los límites horarios	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
2010	2	134201	0.0015%
2011	1	132770	0.0008%
2012	0	134930	0%
2013	2	136482	0.0015%
2014	0	145732	0%
2015	3	146292	0.0021%
2016	0	147122	0%
2017	0	145617	0%
2018	0	149151	0%

Tabla 18: Cantidad de veces superado el límite horario por año por el contaminante SO₂

Los límites diarios únicamente se superan en una ocasión en 2013 (concretamente el 16 de diciembre de 2013) en la estación de Plaza de Toros (Tabla 19):

Año	Número de veces que se supera los límites diarios	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
2010	0	5734	0%
2011	0	5635	0%
2012	0	5723	0%
2013	1	5786	0.02%
2014	0	6173	0%
2015	0	6232	0%
2016	0	6308	0%
2017	0	6216	0%
2018	0	6359	0%

Tabla 19: Cantidad de veces superado el límite diario por año por el contaminante SO₂

La zona de Oviedo es la que mayor concentración de SO₂ tiene, seguido de Avilés. Sin embargo, en los últimos años la zona de Oviedo ha experimentado una tendencia a la baja de la concentración de este contaminante (Ilustración 32 y Tabla 43: Estadísticos SO₂ por zonas). Además, se puede observar como las zonas rurales experimentan un ascenso a lo largo de los años. Se observan diferencias entre zonas pese a la falta de tendencia general de esta partícula.

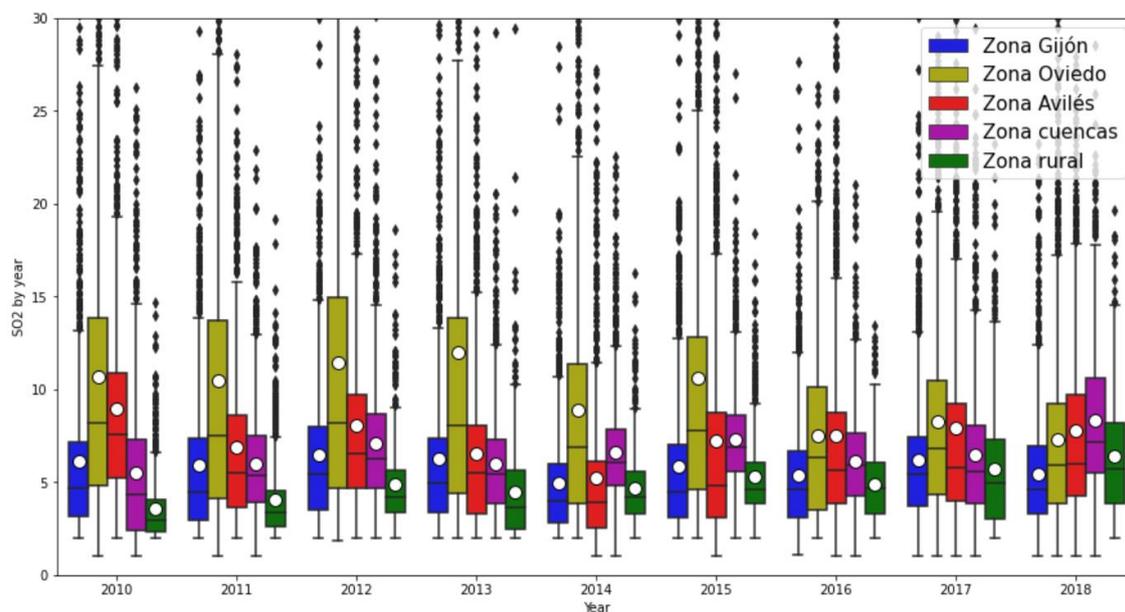


Ilustración 32: Diagrama de cajas del SO₂ por zonas

El límite horario de 350 µg/m³ (Tabla 20) y el diario de 125 µg/m³ (Tabla 21), por zonas, vemos que se supera en:

Zona	Veces superado el límite horario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Zona Oviedo	8	270233	0.003%

Tabla 20: Cantidad de veces superado el límite horario por zonas por el contaminante SO₂

Zona	Veces superado el límite diario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Zona Oviedo	1	11529	0.0087%

Tabla 21: Cantidad de veces superado el límite diario por zonas por el contaminante SO₂

Las áreas rurales presentan una menor tasa de SO₂, siendo las urbanas y las suburbanas las que mayor concentración tienen. Estas áreas tienen unas concentraciones bastante similares, sin embargo, en los últimos años las áreas suburbanas superan a las urbanas de media. En los

últimos años las áreas rurales se igualan a las urbanas. (Tabla 44: Estadísticos SO₂ por áreas e Ilustración 33).

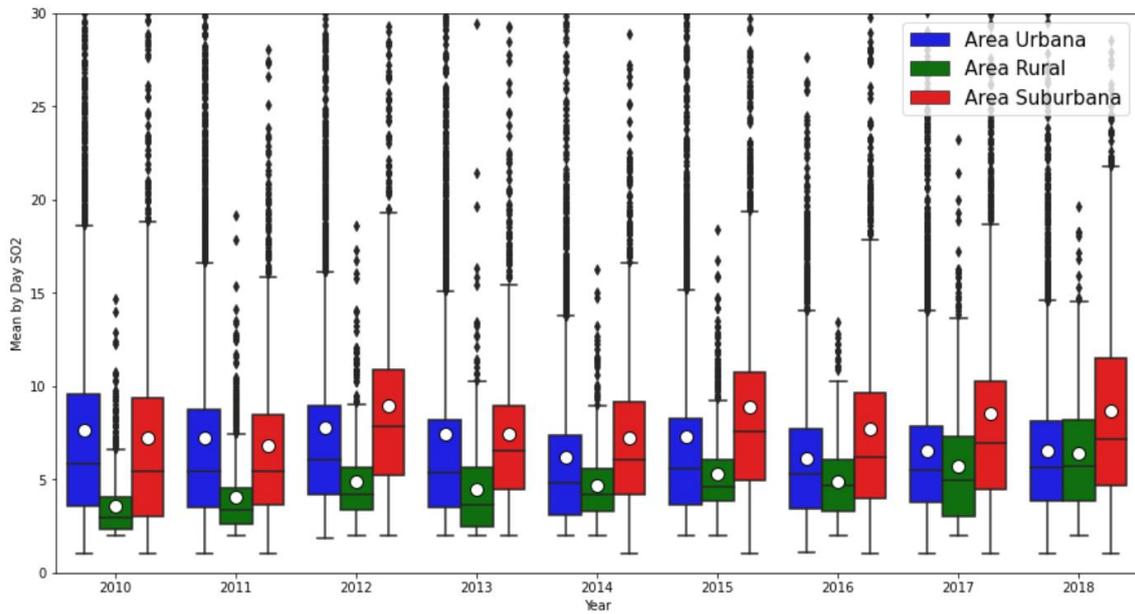


Ilustración 33: Diagrama de cajas del SO₂ por áreas

Analizando los tipos de contaminación, vemos que la industrial y la de tráfico tienen ligado una concentración de SO₂ bastante parecida siendo más similar a medida que nos acercamos al año 2018. La contaminación tipo fondo sufre un ligero incremento (Ilustración 34 y Tabla 45: Estadísticos SO₂ por tipos de contaminación).

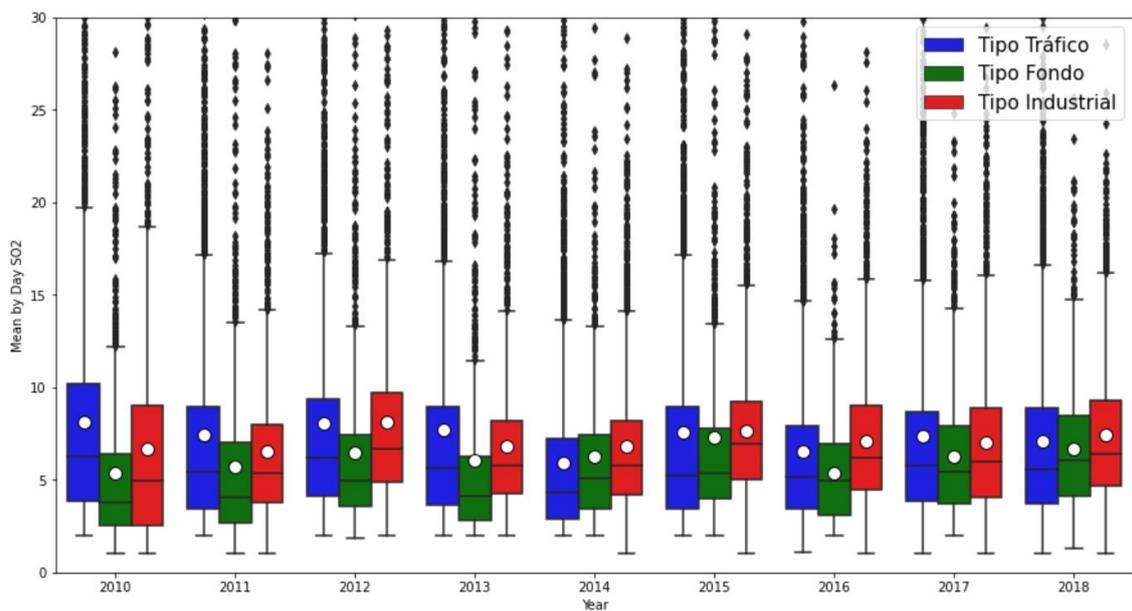


Ilustración 34: Diagrama de cajas del SO₂ por tipos de contaminación

Las estaciones que superan los límites horarios son la Plaza de Toros y Purificación Tomás. En concreto, la responsable de que se supere una vez el límite diario es la estación de la Plaza de Toros, que además está clasificada como tipo tráfico y área urbana (Tabla 19). La otra estación en cuestión, Purificación Tomás, también es de área urbana, pero contaminación tipo fondo. Ambas estaciones se encuentran en Oviedo.

3.1.6 Ozono (O₃)

A lo largo de los años, el ozono no ha observado una tendencia de incremento o de disminución (Tabla 46: Estadísticos ozono e Ilustración 35).

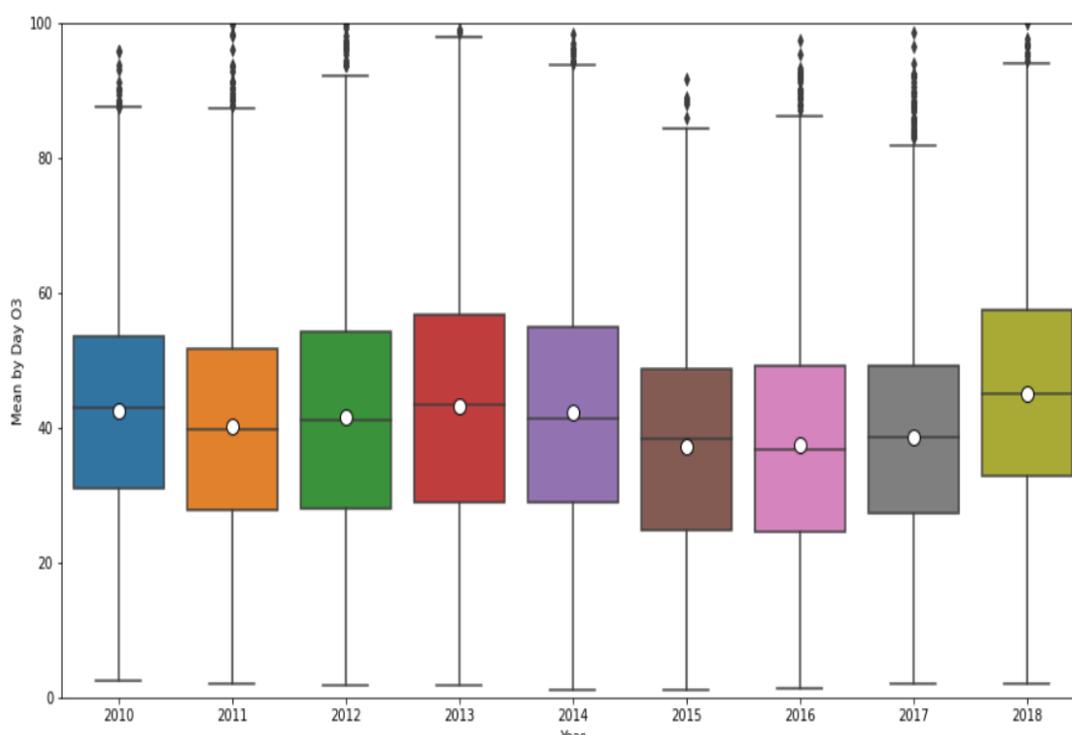


Ilustración 35: Diagrama de cajas del ozono

El BOE dictamina que la concentración de ozono tiene que ser medido a través de la máxima diaria de las medias móviles octohorarias al igual que el CO. Este límite es de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, que no deberá superarse en más de 25 días por cada año civil. Para el valor objetivo relativo a la protección de la salud humana serán validos los datos correspondientes a un año. El registro de las veces que se superan los límites diarios de ozono no muestra una tendencia de incremento o detrimento (Tabla 22):

Año	Número de veces que se supera los límites diarios	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
2010	9	5789	0.16%
2011	14	5682	0.25%
2012	29	5803	0.5%
2013	19	5840	0.33%
2014	9	6198	0.15%
2015	11	5928	0.19%
2016	17	6193	0.27%
2017	14	5985	0.23%
2018	4	6181	0.06%

Tabla 22: Cantidad de veces superado el límite diario por año por el contaminante ozono

Analizando por zonas, vemos que no se observan zonas que destaquen sobre las demás. En ciertos años, como el 2014 o 2015, sí que se observa que la media de concentración en zona rural destaca sobre las demás zonas (Ilustración 36 y Tabla 47: Estadísticos ozono por zonas).

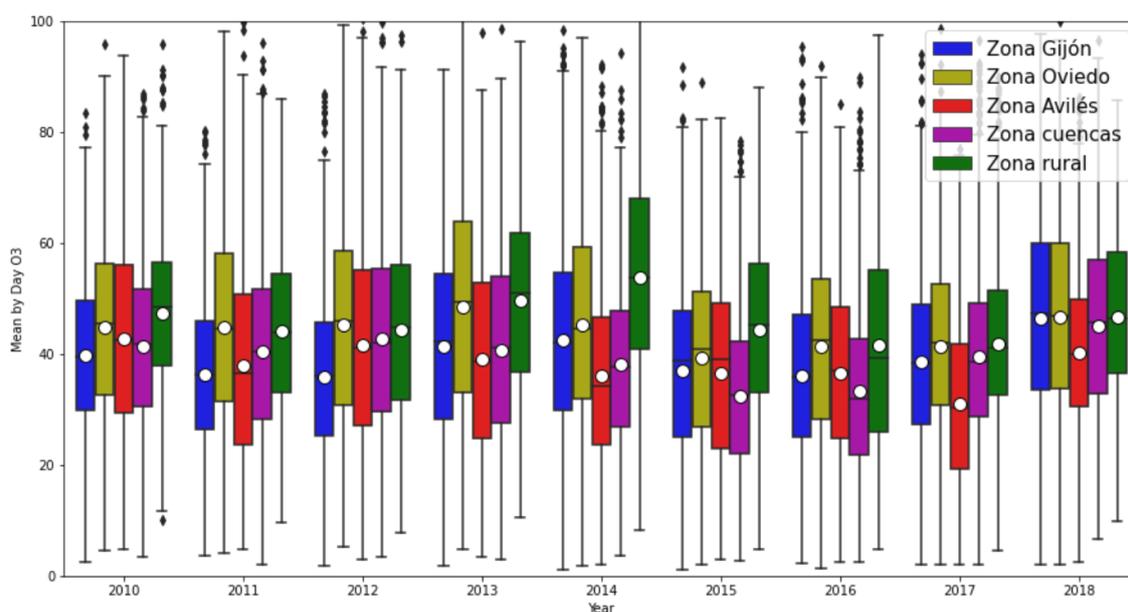


Ilustración 36: Diagrama de cajas del ozono por zonas

Zona	Veces superado el límite diario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Zona cuencas	42	13073	0.32%
Zona rural	39	6521	0.6%
Zona Oviedo	30	11667	0.26%

Zona Avilés	7	9526	0.07%
Zona Gijón	2	12827	0.02%

Tabla 23: Cantidad de veces superado el límite diario por zonas por el contaminante ozono

En la Tabla 23 podemos observar que la zona cuencas y la rural tienen un mayor porcentaje de ocasiones donde se superan los límites horarios aconsejados por el BOE. Las zonas más pobladas son las que menor tasa de sobrepaso tienen.

No observamos áreas que tengan unas concentraciones de ozono significativamente mayores que otras (Tabla 48: Estadísticos ozono por áreas e Ilustración 37). Las áreas rurales sí que parecen destacar en ciertos años (como el 2013, 2014 y 2015).

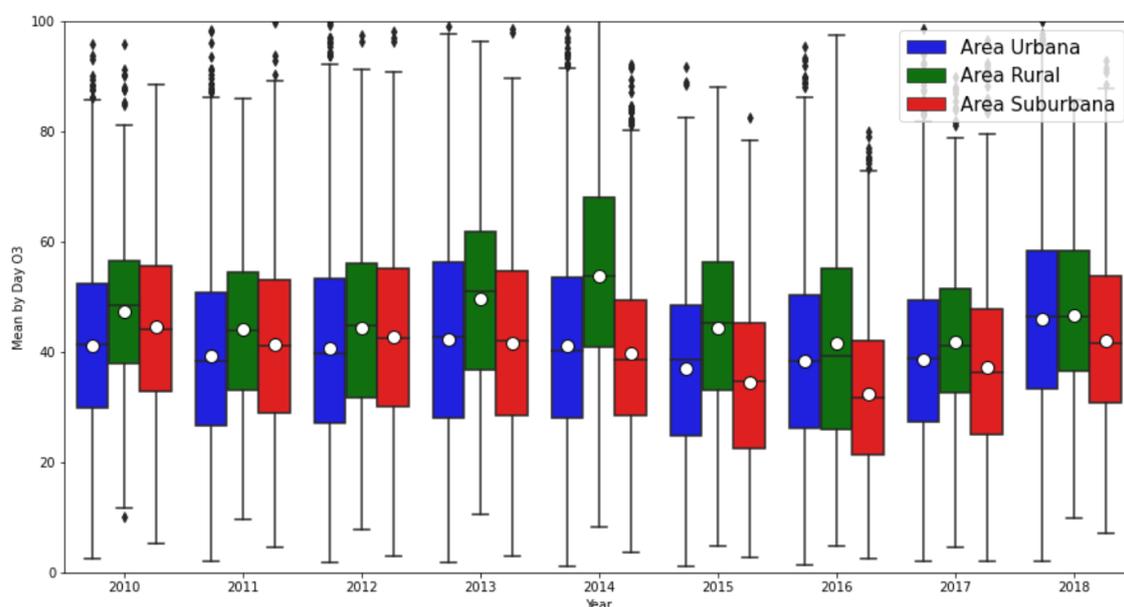


Ilustración 37: Diagrama de cajas del ozono por áreas

Área	Veces superado el límite diario	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Área urbana	41	35438	0.12%
Área suburbana	38	11655	0.33%
Área rural	38	6521	0.58%

Tabla 24: Cantidad de veces superado el límite diario por áreas por el contaminante ozono

La Tabla 24 vemos que las áreas rurales son las que tienen una mayor proporción de ocasiones donde se superan los límites. Las áreas urbanas son las que menor proporciones tienen.

La contaminación tipo fondo es la que presenta una media más elevada al resto durante todos los años. Las contaminaciones tipo industrial y de tráfico tienen medias bastante parecidas casi siempre (Ilustración 38 y Tabla 49: Estadísticos ozono por tipos de contaminación).

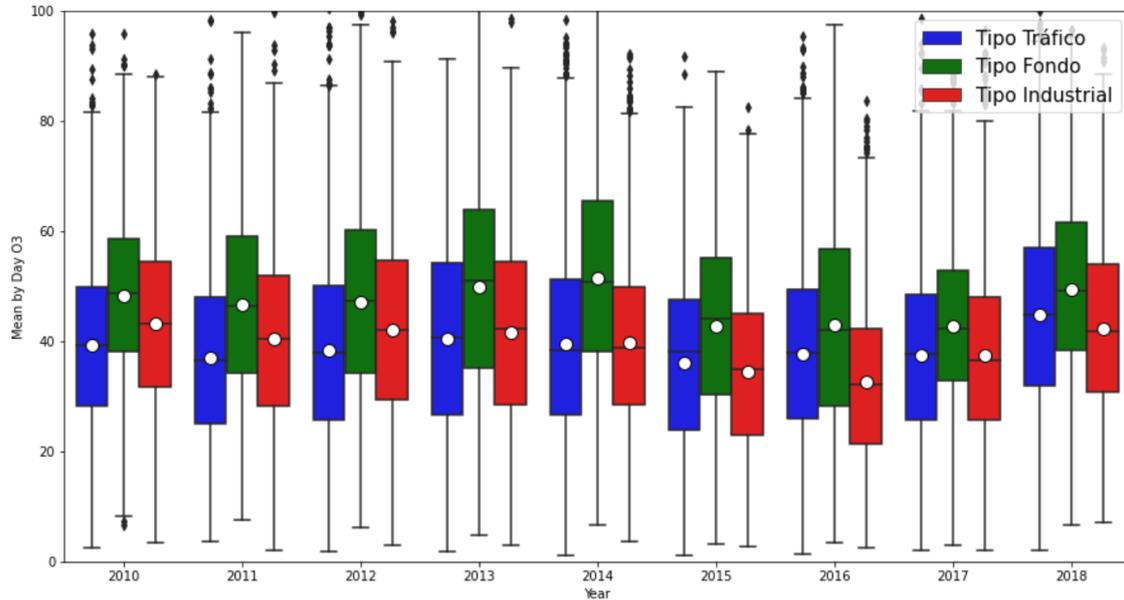


Ilustración 38: Diagrama de cajas del ozono por tipos de contaminación

Tipo de contaminación	Veces superado el límite	Tamaño muestral	Proporción de veces superado
Tipo fondo	51	13073	0.39%
Tipo industrial	38	14914	0.25%
Tipo tráfico	24	25627	0.09%

Tabla 25: Cantidad de veces superado el límite diario por tipo de contaminación por el contaminante ozono

En la tabla de arriba se observa que en las estaciones clasificadas como tipo fondo son en donde hay más picos de concentración de ozono. Su proporción de veces superado es también mayor a la del resto.

3.1.7 Benceno (C₆H₆)

Esta partícula contaminante no es analizada por muchas estaciones. Las estaciones que la estudian son las siguientes:

- Avenida Constitución
- Llaranes
- Palacio Deportes
- Sama

No se observa que tenga un patrón decreciente o creciente. La media de concentración tiene valores más elevados en torno a los años 2016 y 2010 (Tabla 50: Estadísticos benceno e Ilustración 39).

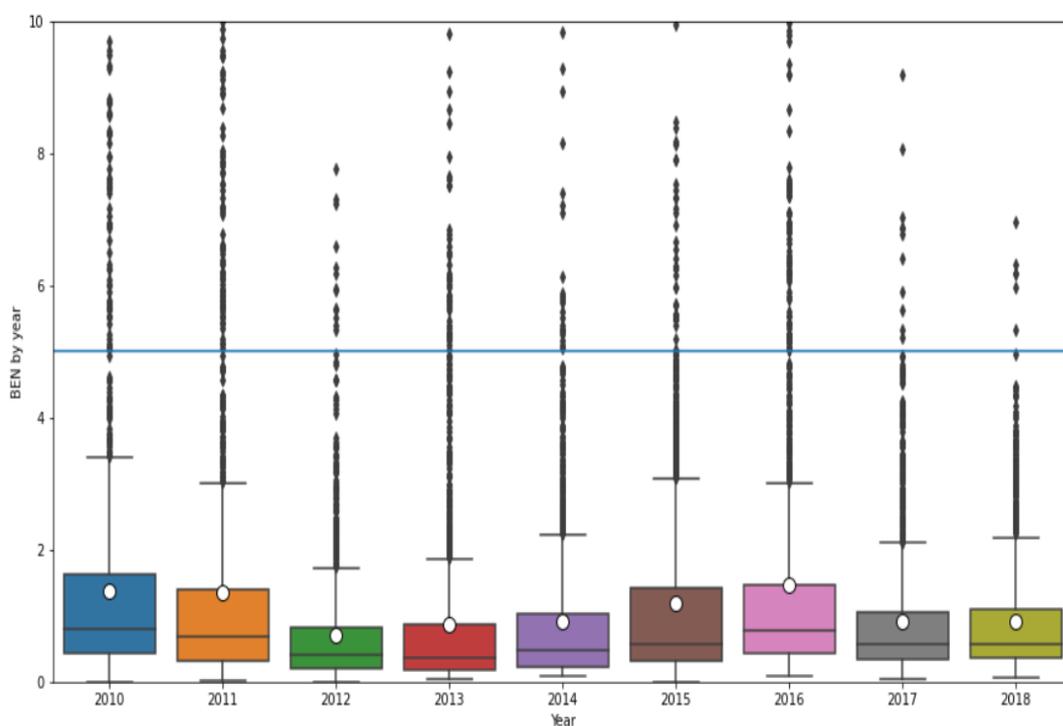


Ilustración 39: Diagrama de cajas del benceno

Lo que se puede inferir al analizarlo por zonas es que la zona de Avilés está más contaminada de benceno que el resto, siendo las medias significativamente más bajas en el resto de las zonas (Zona Oviedo, Zona cuencas y Gijón) (Ilustración 40 y Tabla 47: Estadísticos ozono por zonas).

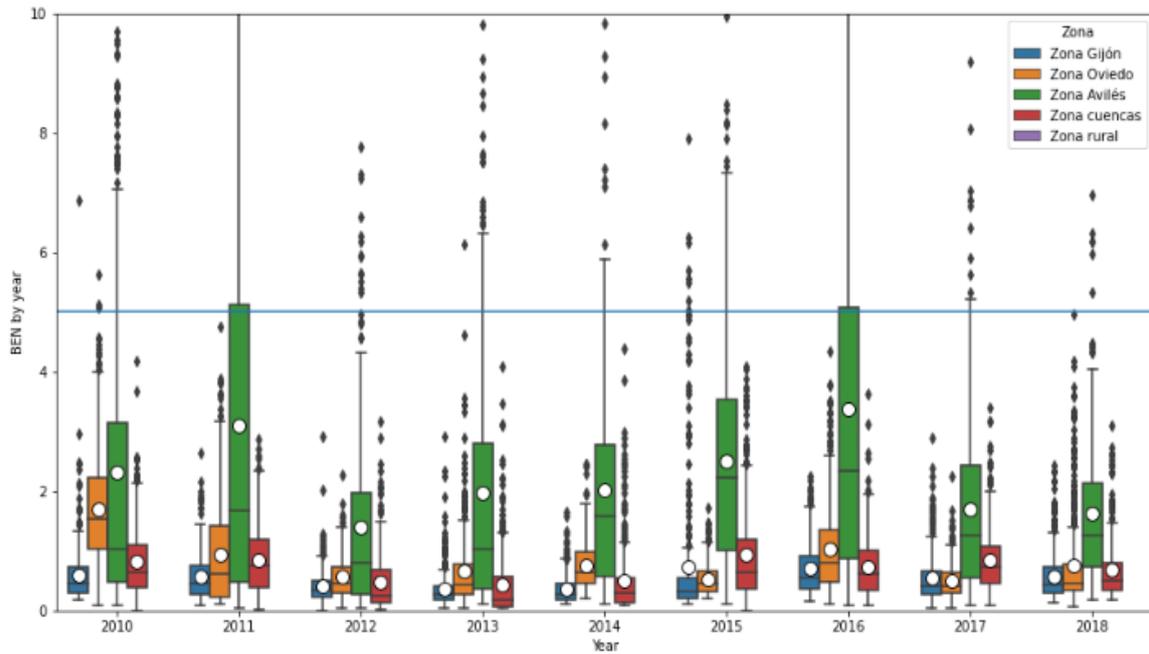


Ilustración 40: Diagrama de cajas del benceno por zonas

Según las áreas analizadas, las suburbanas están bastante más afectadas por benceno que la urbana (Tabla 52: Estadísticos benceno por áreas e Ilustración 41).

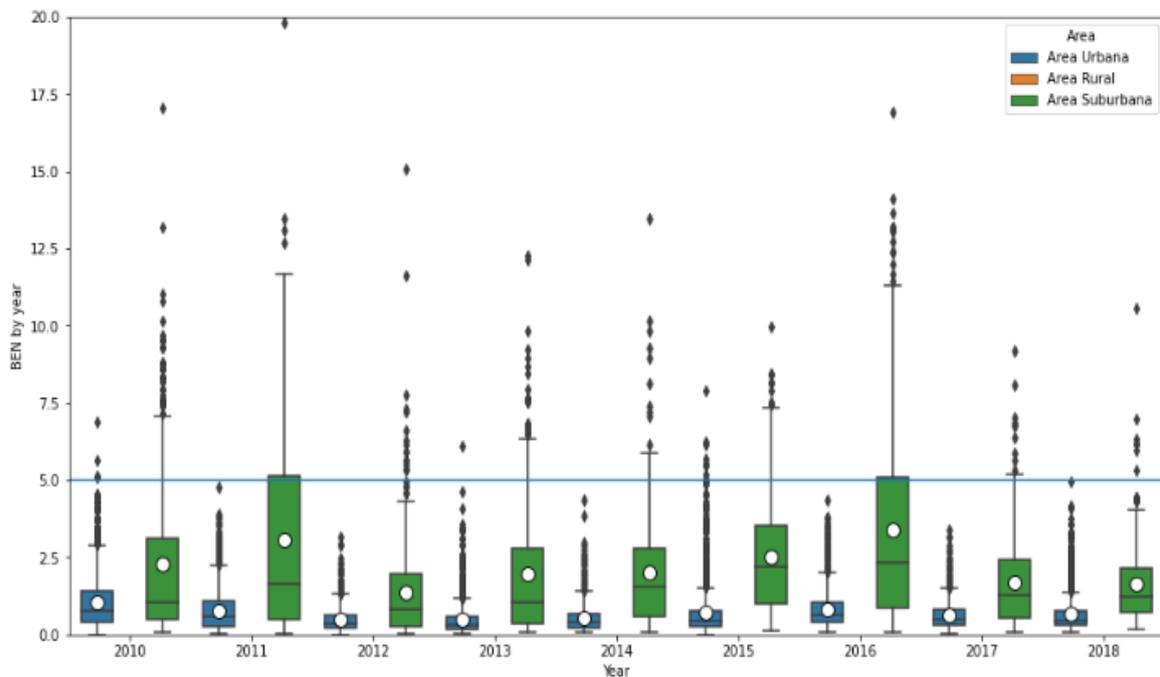


Ilustración 41: Diagrama de cajas del benceno por áreas

Además, la contaminación tipo industrial parece ser el foco principal de emisión de esta partícula (Ilustración 42 y Tabla 53: Estadísticos benceno por tipos de contaminación).

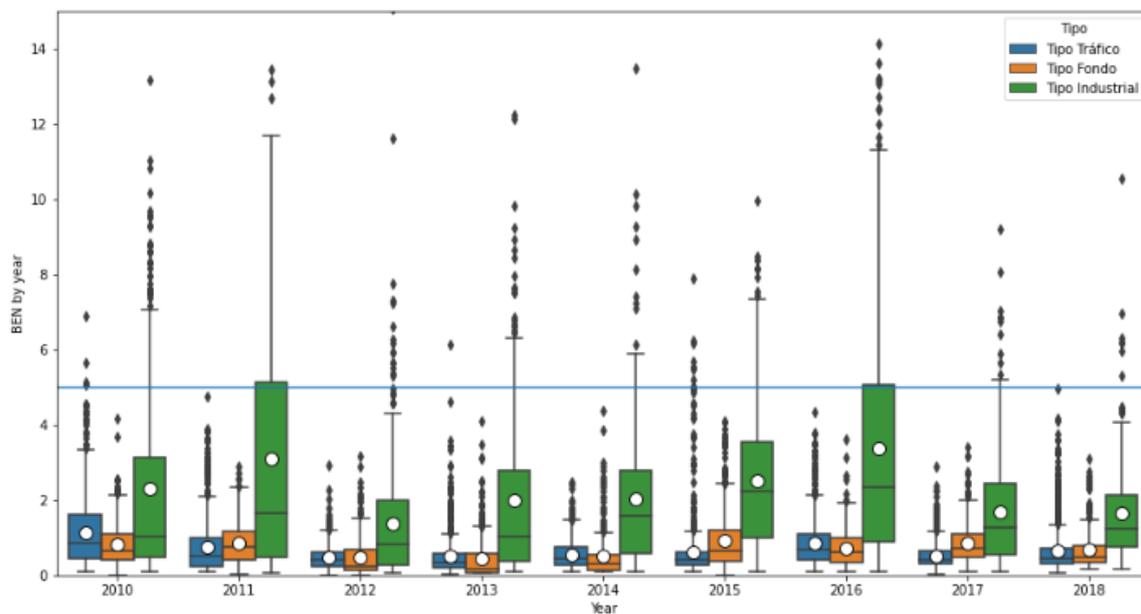


Ilustración 42: Diagrama de cajas del benceno por tipos de contaminación

El BOE decreta que el valor límite será de 5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ anuales. Ninguna estación analizada sobrepasa el límite aconsejado.

3.2 Analizando nuestros datos anuales en formato diagrama de caja

Lo que hemos encontrado en los análisis es que la media es mayor que la mediana la mayoría de las veces. Se puede observar en el contaminante PM10 (Ilustración 13), en el NO₂ (Ilustración 21), en el NO (Ilustración 25) y en el SO₂ (Ilustración 31). Esto significa que tenemos una distribución sesgada a la derecha o de asimetría positiva. En alguna ocasión, nos encontramos con que la media y la mediana tienen valores similares, por ejemplo, en el CO y el O₃ (Ilustración 17 e Ilustración 35, respectivamente). En estas ocasiones tenemos distribuciones más simétricas, como se puede observar en los diagramas de cajas de los contaminantes citados.

Finalmente, de las distribuciones del benceno cabe resaltar su particularidad (Ilustración 39). La media es notablemente más elevada que la mediana y, en muchos casos, la media se sitúa en el tercer cuartil prácticamente. La distribución es aún más asimétrica y existe un gran número de valores atípicos. El valor del tercer cuartil es aquel bajo el que se encuentra el 75% de valores en orden creciente. En el caso del benceno, la media al situarse en el tercer cuartil significa que existen valores muy elevados que crean una distribución muy asimétrica positiva.

3.3 Análisis de patrones horarios, diarios y anuales

3.3.1 PM10

A nivel mensual no observamos una tendencia clara a lo largo del año de la concentración de PM10 en el ambiente. Parece tener un comportamiento caótico que no sigue ningún patrón estacional, como se observa en la Ilustración 43.

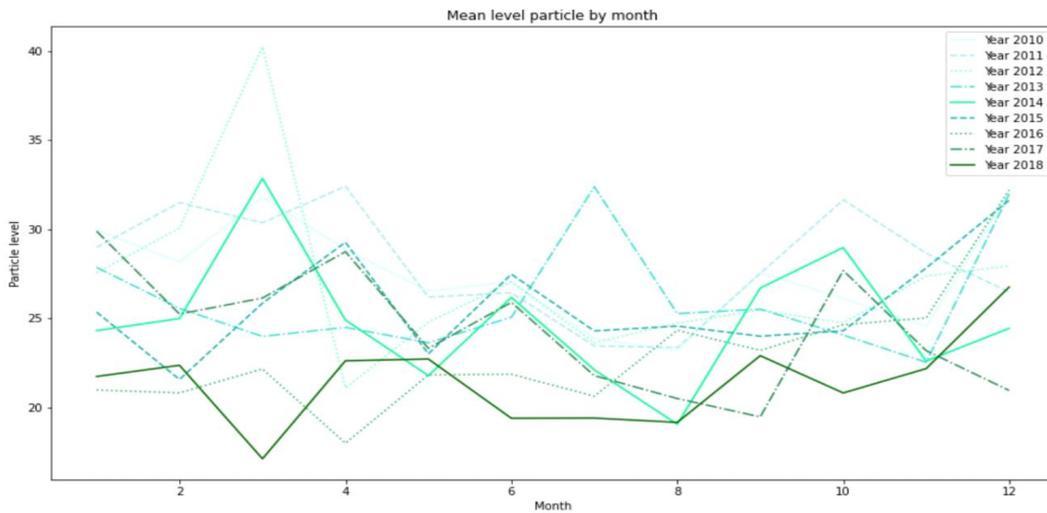


Ilustración 43: Concentración media mensual de PM10 a lo largo del año (del 2010 al 2018)

A nivel semanal sí que observamos un ligero descenso llegado el fin de semana en todos los años analizados (Ilustración 44). Esto puede deberse a la disminución de tráfico y actividad industrial que ocurre durante el fin de semana.

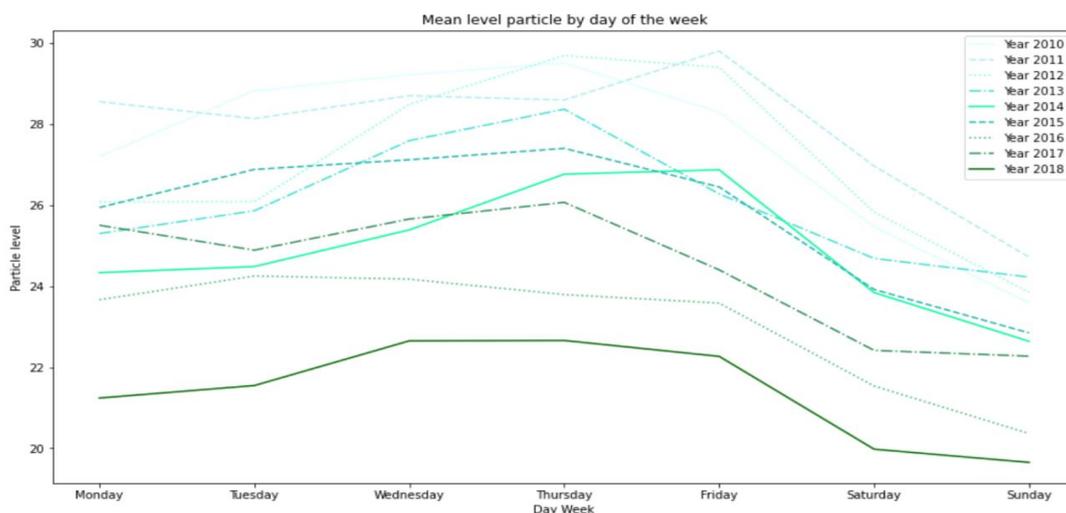


Ilustración 44: Concentración media diaria de PM10 a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)

Analizando qué es lo que pasa a lo largo del día con la concentración de PM10 (Ilustración 45) vemos que en todos los años ocurre un mismo patrón. A partir de las 20 horas aproximadamente ocurre un descenso de la concentración hasta las 5 horas. Después se produce un incremento hasta las 10 horas, disminuyendo en las horas centrales del día. Finalmente, se produce otro ascenso hasta las 20 horas. Los picos de mayor tráfico son, normalmente, a primera hora de la mañana y, al final del día, sobre últimas horas de la tarde. Estos picos representados en la Ilustración 45 van a la par junto con los patrones de tráfico diario.

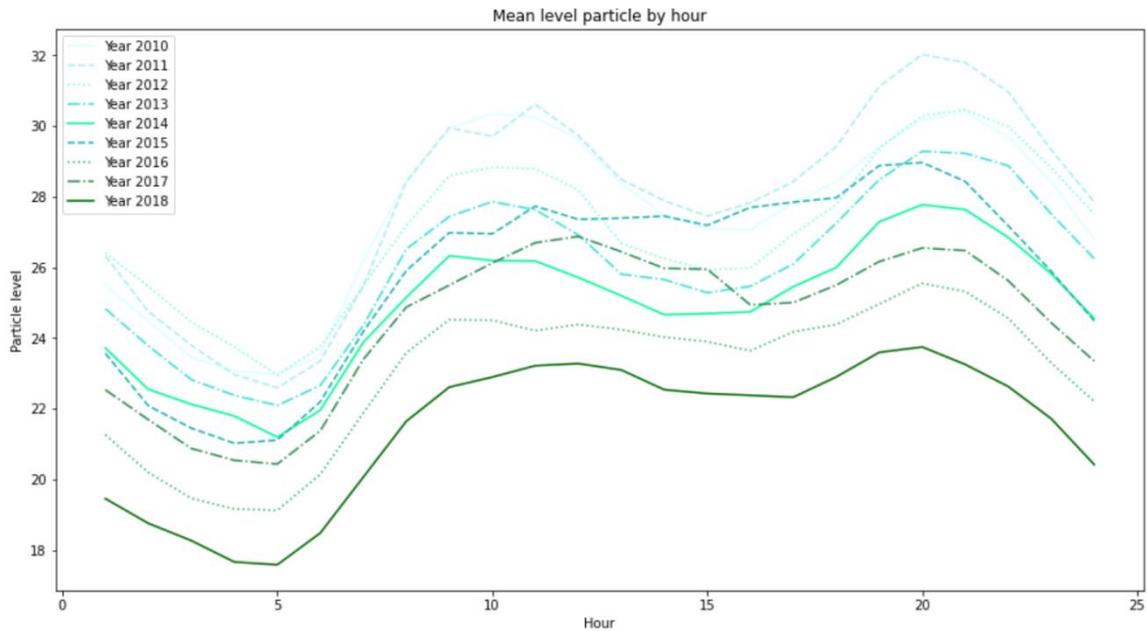


Ilustración 45: Concentración media horaria de PM10 a lo largo del día (del año 2010 al 2018)

3.3.2 Monóxido de Carbono (CO)

En este caso, a nivel mensual, observamos cómo los valores de CO se incrementan durante los meses de otoño e invierno que es cuando el uso de calderas para calentar edificios aumenta considerablemente (Ilustración 46).

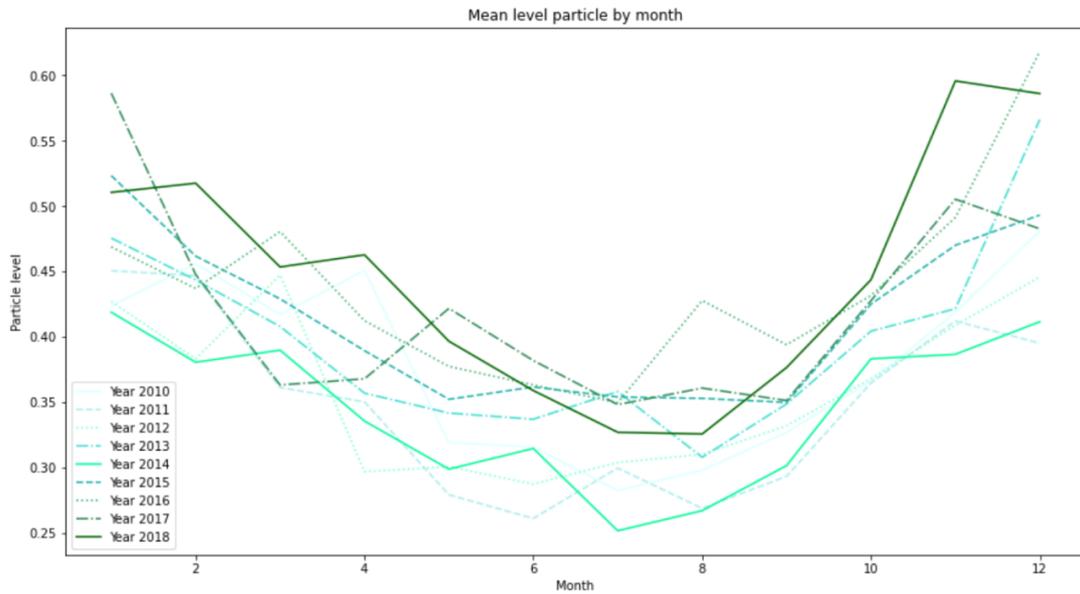


Ilustración 46: Concentración media mensual de CO a lo largo del año (del 2010 al 2018)

A nivel semanal, vemos que no hay una tendencia muy clara. Existe un ligero descenso de la concentración de CO durante el fin de semana en ciertos años (Ilustración 47).

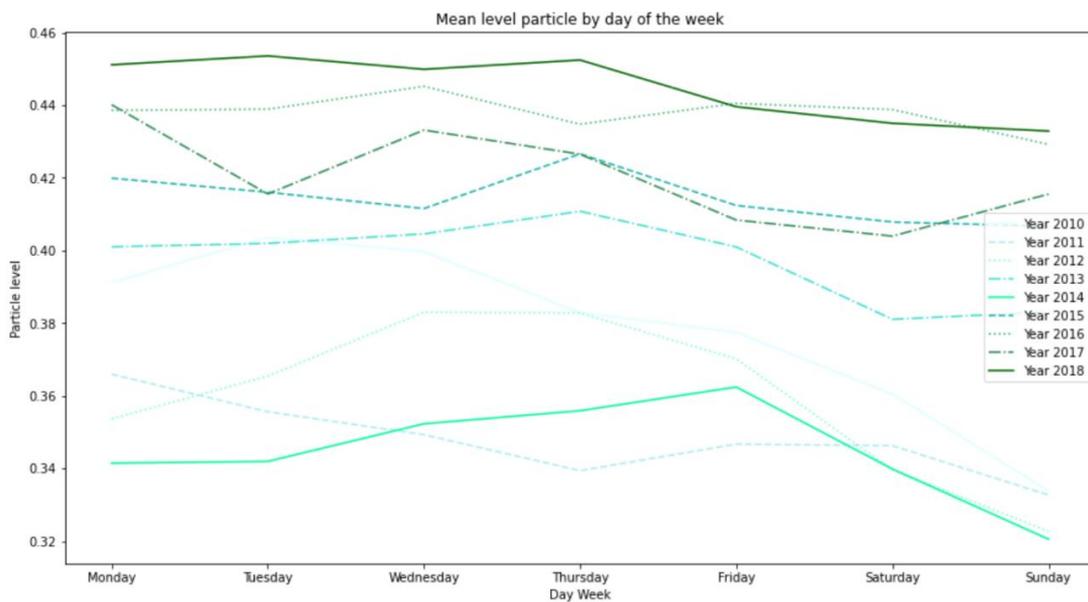


Ilustración 47: Concentración media diaria de CO a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)

A lo largo del día, existen dos picos de concentración máxima en torno a las 8 y a las 20 horas (Ilustración 48). Los resultados a nivel horario son similares a los que hemos obtenido para el contaminante PM10 en la Ilustración 45.

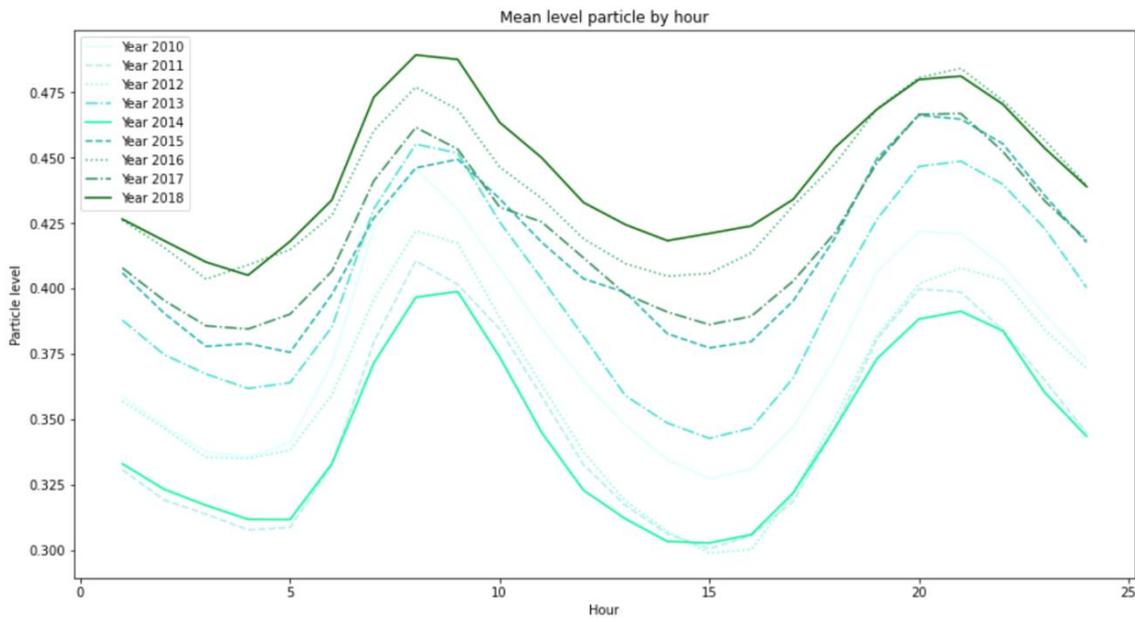


Ilustración 48: Concentración media horaria de CO a lo largo de un día (del año 2010 al 2018)

3.3.3 Dióxido de nitrógeno (NO₂)

De la misma manera que pasa con el CO (Ilustración 46), los meses más fríos presentan más concentración (Ilustración 49) de NO₂.

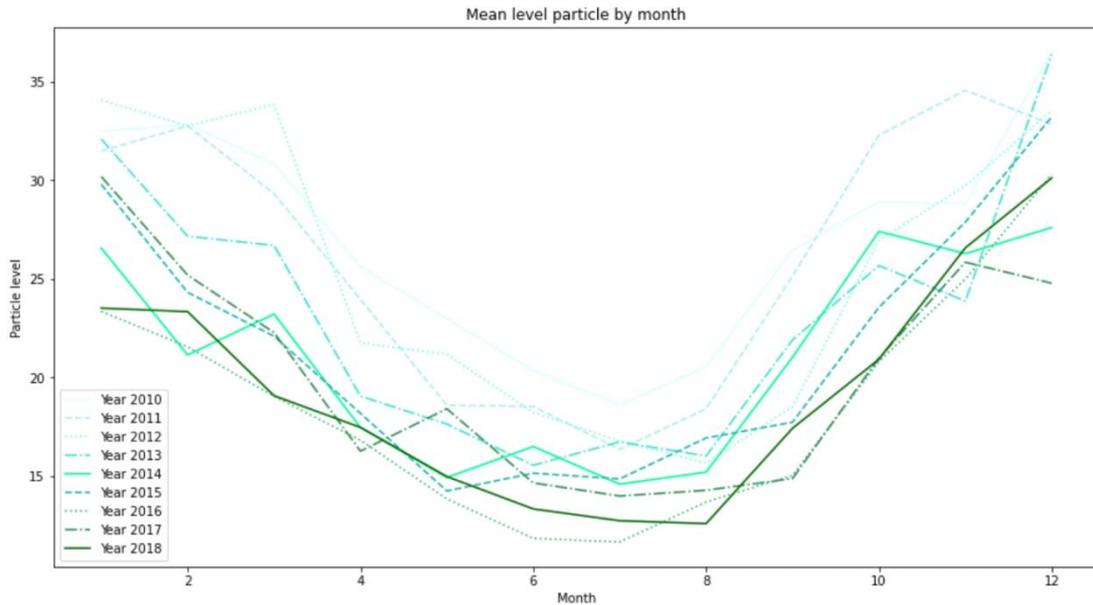


Ilustración 49: Concentración media mensual de NO₂ a lo largo de un año (del 2010 al 2018)

Durante el fin de semana se produce una caída considerable de este contaminante (Ilustración 50).

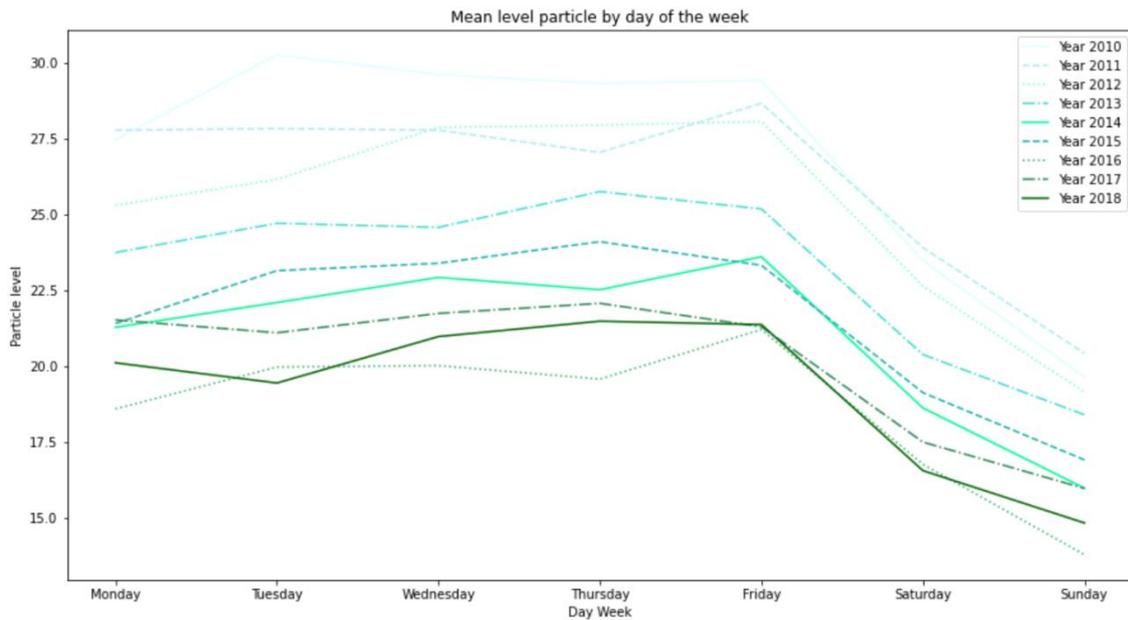


Ilustración 50: Concentración media diaria de NO₂ a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)

También existe la presencia de dos tramos horarios de mayor concentración de NO₂ (Ilustración 51) como ocurre con el CO (Ilustración 48) y las PM10 (Ilustración 45).

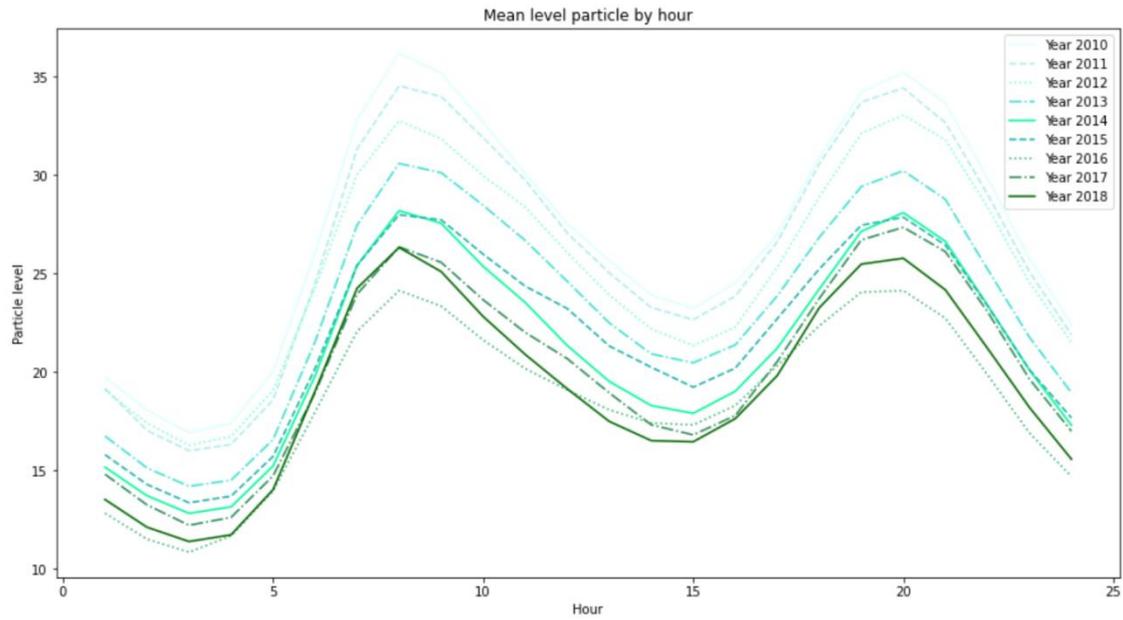


Ilustración 51: Concentración media horaria de NO₂ a lo largo de un día (del año 2010 al 2018)

3.3.4 Monóxido de nitrógeno (NO)

A nivel anual, sí que volvemos a observar el patrón de los meses fríos, repuntando ligeramente en los meses finales del año (Ilustración 52) como hemos visto ya para algunos contaminantes.

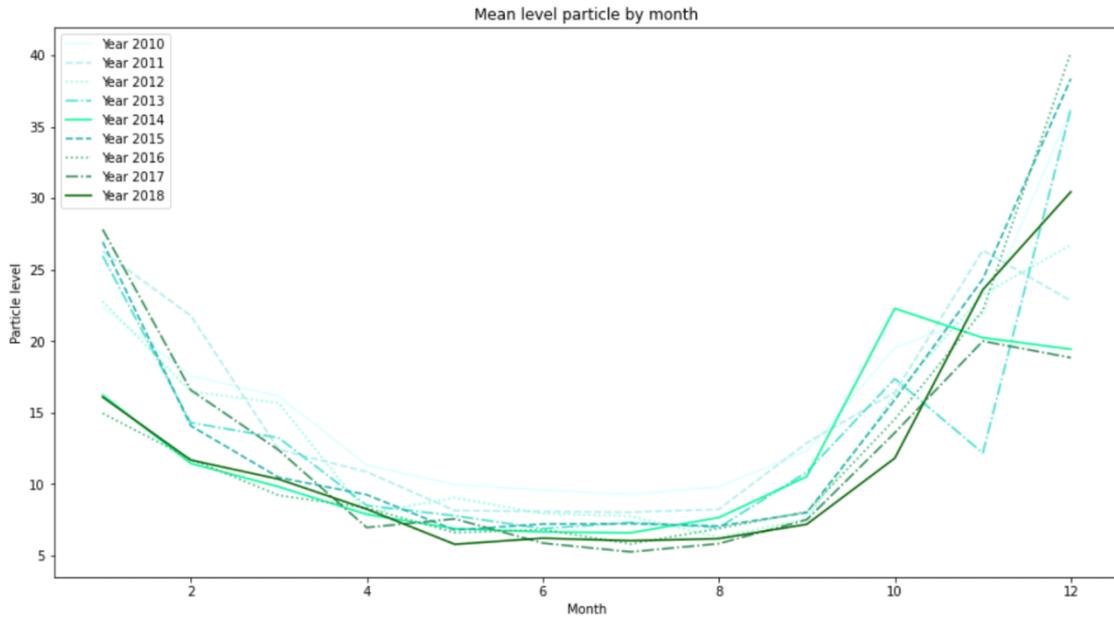


Ilustración 52: Concentración media mensual de NO a lo largo del año (del 2010 al 2018)

Se puede observar también, cómo disminuye la concentración durante el fin de semana.

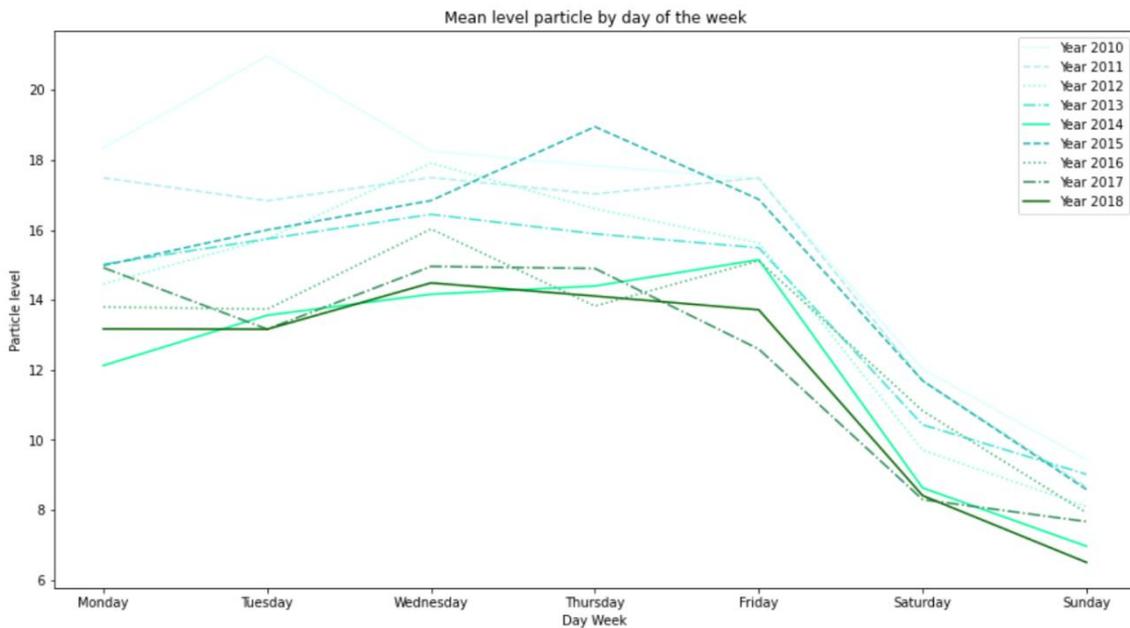


Ilustración 53: Concentración media diaria de NO a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)

Finalmente, a lo largo del día se vuelve a observar el patrón que hemos visto en los demás contaminantes, pero con una excepción. En todos los años, el pico parece más acusado en horas matutinas en contraposición a las vespertinas, que es ligeramente menor (Ilustración 54).

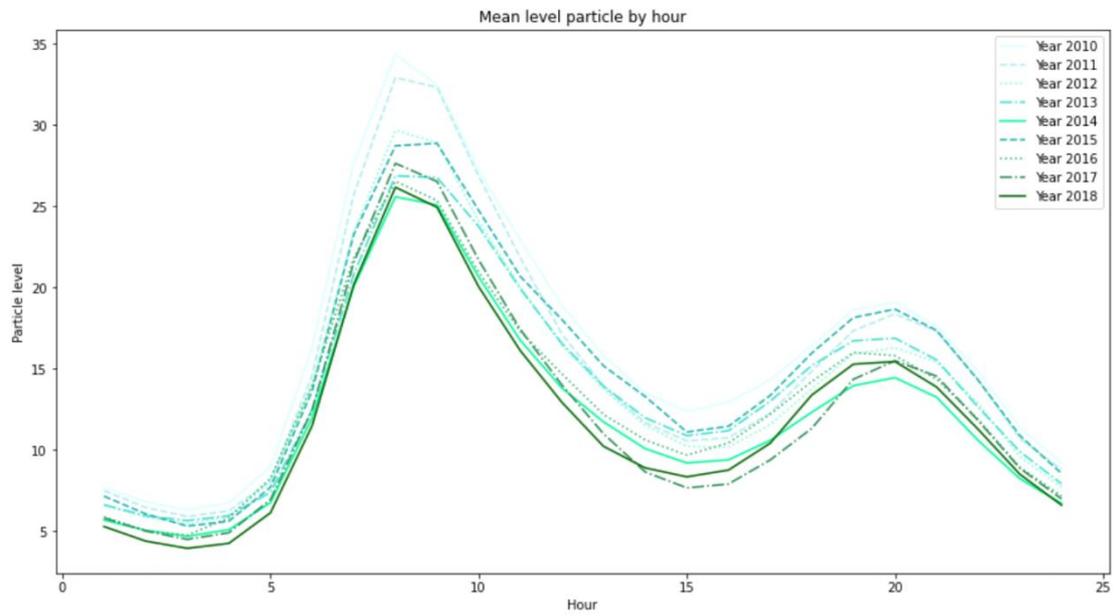


Ilustración 54: Concentración media horaria de NO a lo largo del día (del año 2010 al 2018)

3.3.5 Dióxido de azufre (SO₂)

Para este contaminante, no observamos un patrón muy claro como hemos visto en muchas de las partículas (Ilustración 55).

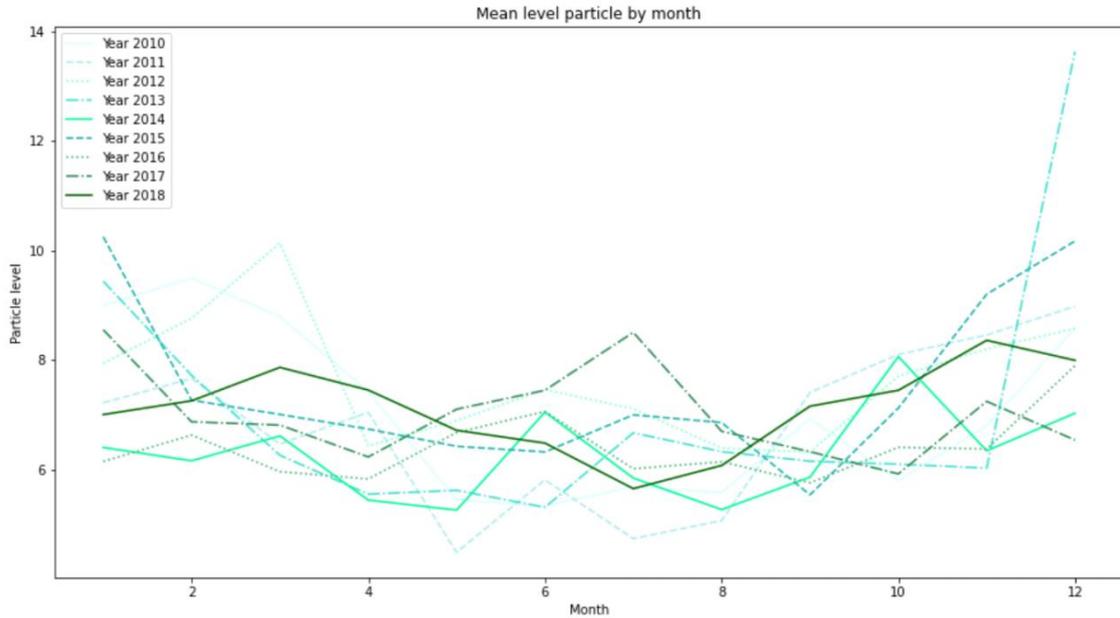


Ilustración 55: Concentración media mensual de SO₂ a lo largo del año (del 2010 al 2018)

En algunos años durante el fin de semana sí que se observa un ligero descenso en algunos años. Sin embargo, hay algunos años donde incluso llega a aumentar (Ilustración 56).

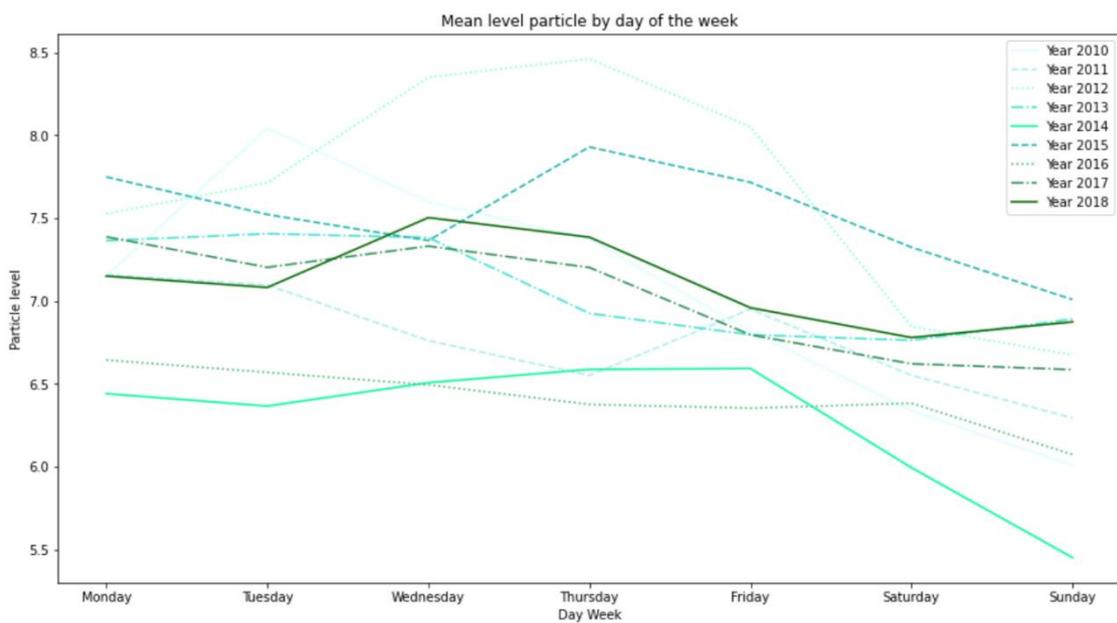


Ilustración 56: Concentración media diaria de SO₂ a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)

A nivel horario, vemos que el patrón es totalmente diferente al resto ya comentado. Solamente observamos un pico de concentración que comienza a crecer sobre las 6 horas hasta alrededor de las 12 horas (Ilustración 57), disminuyendo poco a poco hasta la madrugada, que es cuando llega al mínimo de concentración.

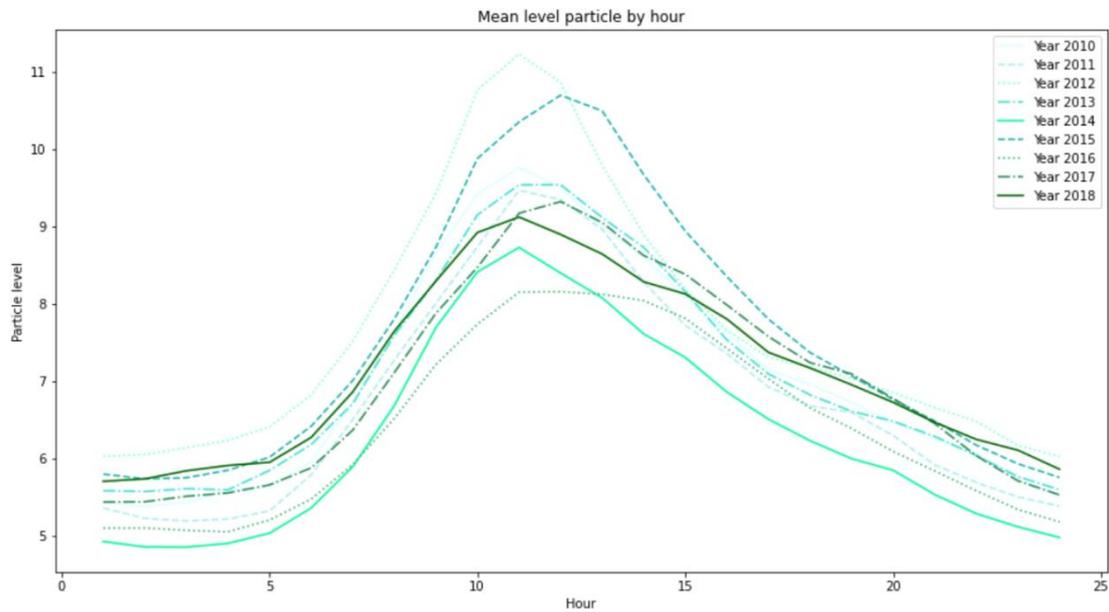


Ilustración 57: Concentración media horaria de SO₂ a lo largo del día (del año 2010 al 2018)

3.3.6 Ozono (O₃)

Para este contaminante, vemos claramente un patrón diferente que no se ha producido en el resto de partículas. Aquí, sin embargo, los meses de mayor generación de ozono son los meses centrales del año coincidiendo con la primavera y el verano (Ilustración 58).

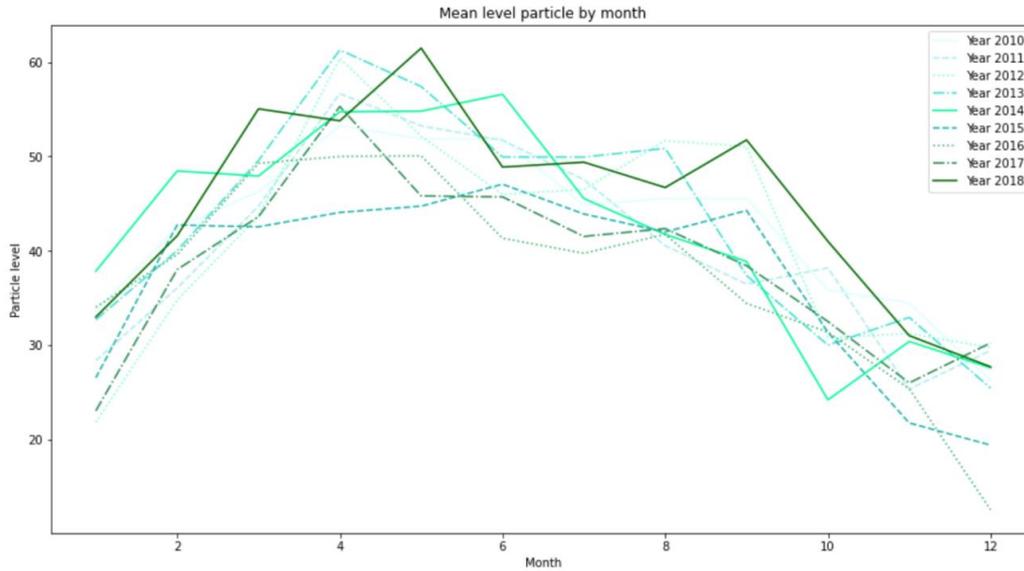


Ilustración 58: Concentración media mensual de ozono a lo largo del año (del 2010 al 2018)

A nivel diario, vemos que durante el fin de semana se produce una subida bastante notable durante todos los años analizados (Ilustración 59).

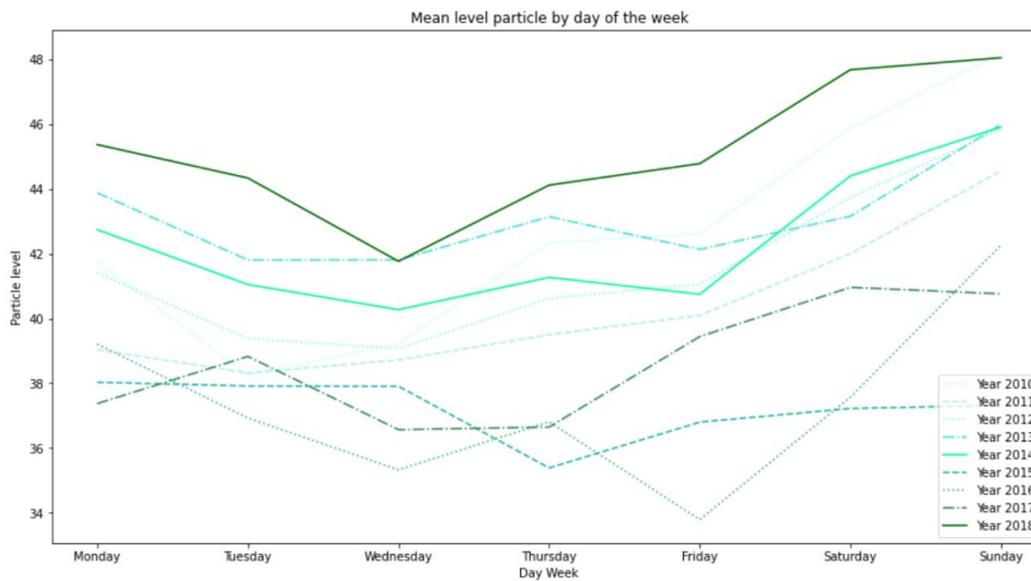


Ilustración 59: Concentración media diaria de ozono a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)

Si observamos los patrones de concentración a lo largo de un día, vemos que los picos de mayor concentración coinciden con las 15 horas aproximadamente, que es cuando mayor es la radiación solar incidente. Además, vemos un pico de menor concentración que se produce por la mañana, sobre las 7 horas (Ilustración 60).

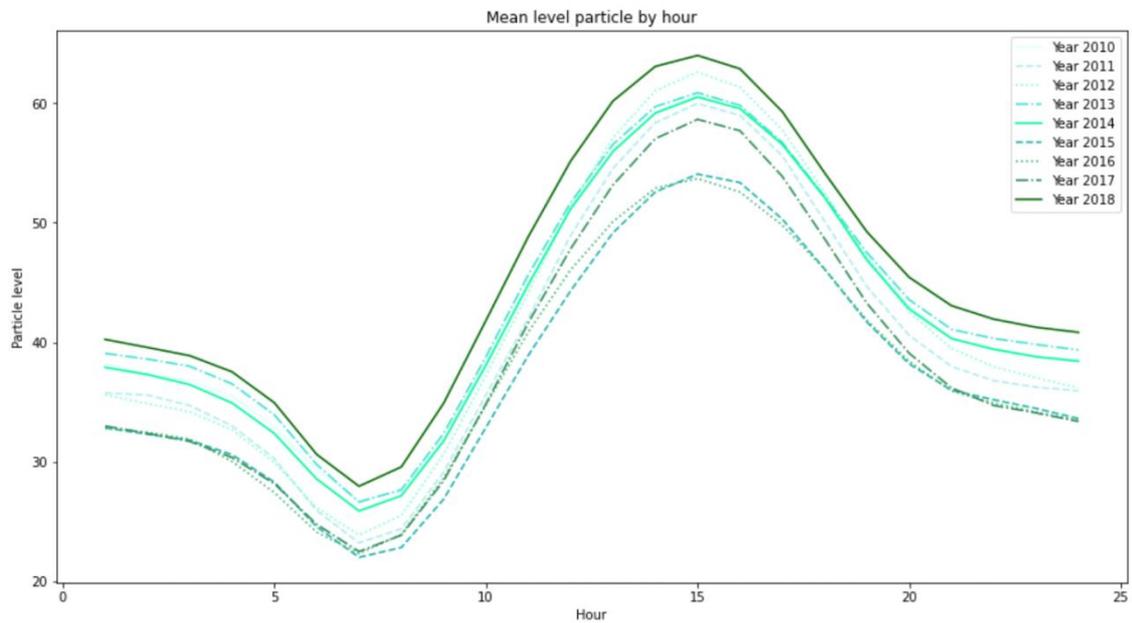


Ilustración 60: Concentración media horaria de ozono a lo largo del día (del año 2010 al 2018)

3.3.7 Benceno (C₆H₆)

Para el benceno no podemos decir a nivel anual que se produzcan patrones claros (Ilustración 61). No se observan tendencias estacionales claras como hemos observado anteriormente con algunas partículas.

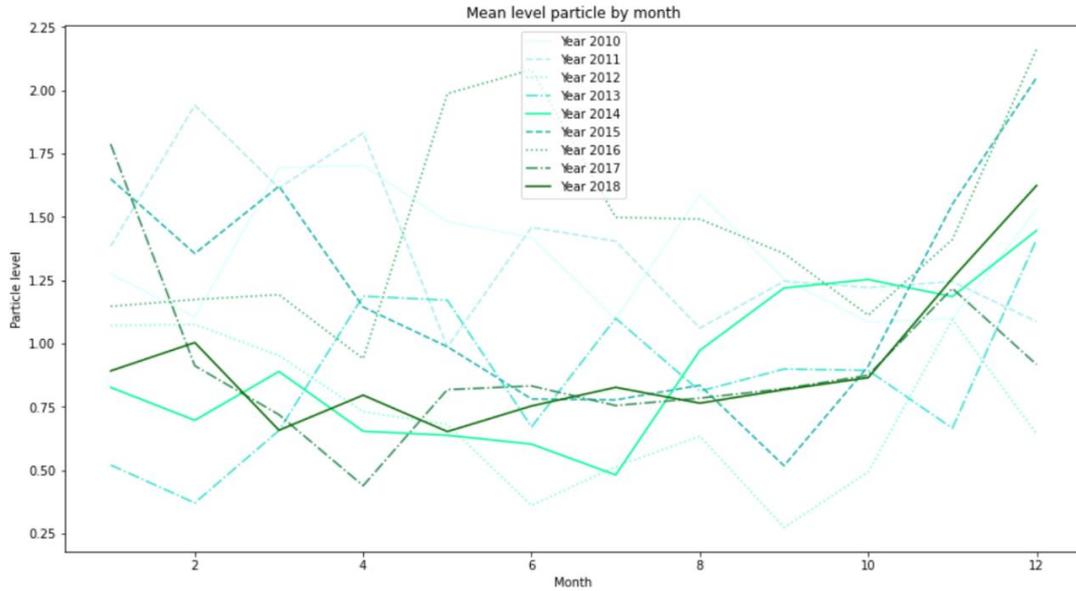


Ilustración 61: Concentración media mensual de benceno a lo largo del año (del 2010 al 2018)

Cuando miramos los niveles medios del benceno a lo largo de la semana, no encontramos patrones claros en la concentración (Ilustración 62).

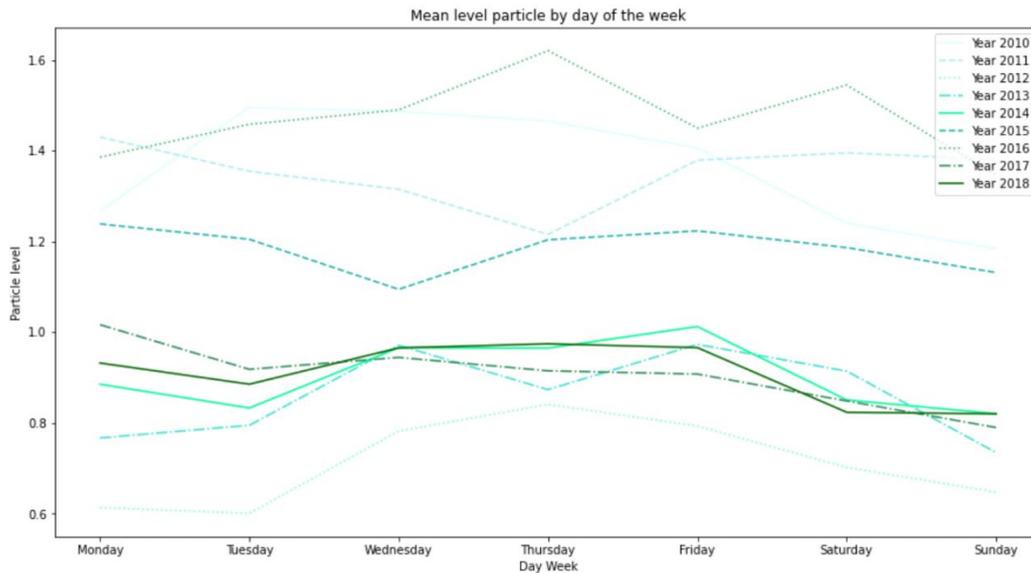


Ilustración 62: Concentración media diaria de benceno a lo largo de la semana (del 2010 al 2018)

A nivel horario, vemos que se atisba un ligero aumento de concentración al mediodía. (Ilustración 63).

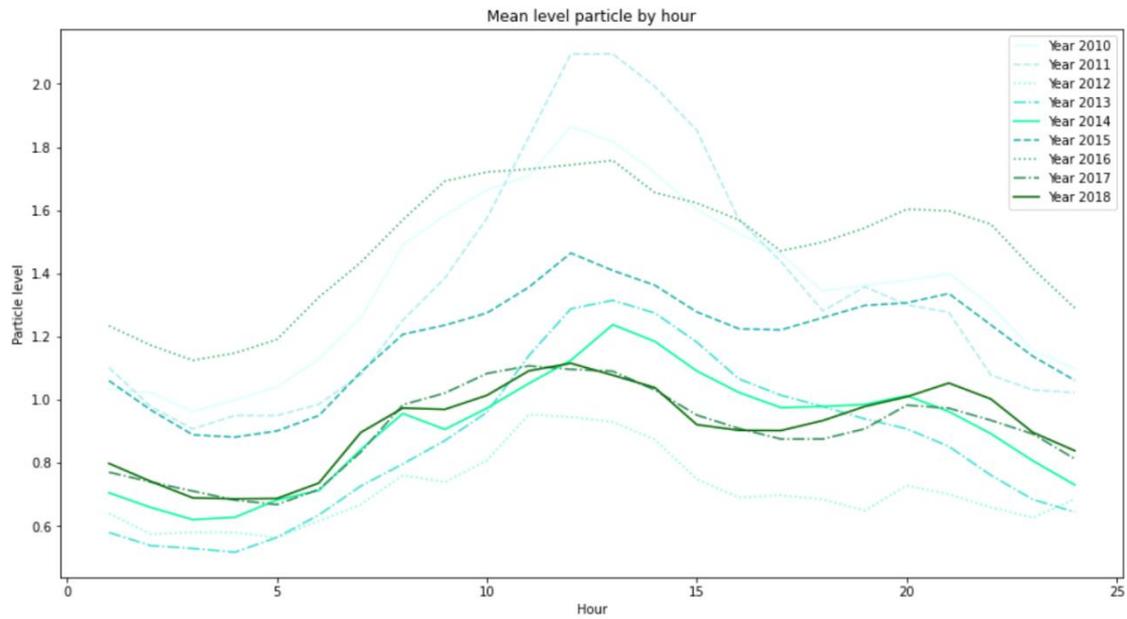


Ilustración 63: Concentración media horaria de benceno a lo largo del día (del año 2010 al 2018)

4. Discusión sobre los resultados del análisis

A través de los análisis visuales que hemos hecho desde el año 2010 hasta el 2018 se ha observado que hay cierta tendencia a la baja de contaminantes como PM10 (Ilustración 13), NO₂ (Ilustración 21) y NO (Ilustración 26). Estas partículas se ha observado que predominan en las estaciones catalogadas como tipo tráfico. En la hemeroteca de los años estudiados, sabemos que, en alguna ocasión, se ha tenido que restringir el tráfico por la alta contaminación. A finales de 2015 el acceso a Oviedo desde la Y fue cortado por los elevados niveles de micropartículas que respiraban los vecinos. Fue la primera ocasión en la que la libertad de los conductores de circular por una vía asturiana debió ceder ante la preocupación por la contaminación [31].

Recogiendo información de múltiples noticias entre los años 2010 y 2018 vemos que se ha optado por medidas de restricción de tráfico rodado. Una noticia de *El Comercio* del 27 de abril de 2012 referente a Gijón dice: “El plan de movilidad restringe el tráfico y elimina 200 aparcamientos en el centro. Plantea peatonalizar calles, vías exclusivas para residentes y nuevas zonas 30 (que es la limitación de velocidad máxima de vehículos a 30 km/h) entre el Náutico y la Plaza Mayor [32].” Este tipo de medidas también parece tomarse en Oviedo con la implantación de zona 30 en una noticia del 25 de junio de 2012: “el plan 30 de Oviedo, que ya limita la velocidad máxima a 30 kilómetros por hora en las calles del centro, cuenta entre sus grandes objetivos el fomento del uso de la bicicleta para desplazarse por la ciudad. Se trata en el modelo europeo de ‘zona calmada’ [33].” Además, como consecuencia, se sabe que el nivel de ruido en Oviedo se desplomó desde 2013 por las limitaciones al tráfico [34].

Por lo que vemos en la hemeroteca, se han ido tomando medidas de contención. Estas medidas habrán podido influir en que los niveles de las principales partículas contaminantes provenientes del tráfico se hayan podido ir reduciendo año tras año. Solamente hay una estación, Matadero de Avilés, que sobrepasa los límites anuales aconsejados por el BOE para la partícula PM10. El punto 1.1 del BOPA de 18 de junio de 2014 informa lo siguiente:” Esto se debe fundamentalmente por su proximidad a la zona de depósito y manipulación de graneles del puerto.” Y en el punto 3.2 nos explica la problemática de dicha estación: “El suelo donde se ubica es industrial; se trata de un recinto cerrado donde se encuentran las instalaciones de la ITV de Avilés; además la parcela es colindante con una carretera con intenso tráfico de vehículos pesados debido a la actividad de las industrias próximas y el puerto. En el entorno de la estación se desarrollan importantes actividades de movimiento de graneles sólidos y su almacenamiento [35]”

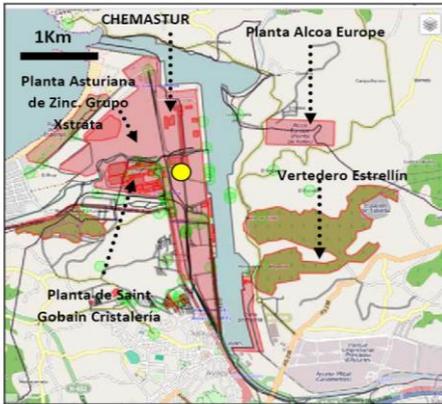


Ilustración 65: Vista general de la localización

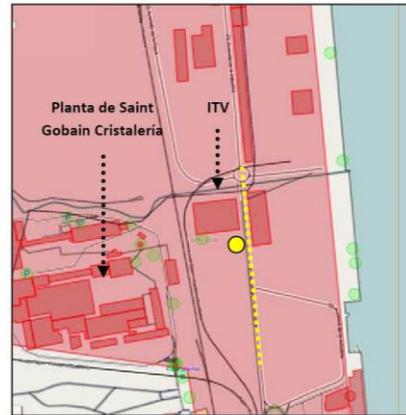


Ilustración 64: Detalle de la localización de la estación de Matadero



Ilustración 66: Fotografía de la travesía de la industria

La estación de Avilés Matadero no se le considera buen medidor de calidad de aire debido a la cercanía de puntos altamente industriales (como se puede observar en la Ilustración 65), movimiento de vehículos de transporte (Ilustración 66) o de ITV (Ilustración 64) y carga y descarga de materiales [35]. Según la Directiva 2008/50/CE relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa [36], las estaciones deberán situarse en puntos donde se evite medir microambientes muy pequeños en sus proximidades, los puntos de muestreo deberán representar la calidad del aire no a menos de 100 metros de los emplazamientos de tráfico y de al menos de 250 metros de los focos industriales. Visto así, esta estación no cumpliría con los requisitos, pero vemos que está apenas a 2 kilómetros a pie de la zona habitada más próxima, con lo cual quizá deberíamos replantear esta afirmación y hacerla más laxa al estar cerca de zona habitada.

Por otro lado, sabemos que la zona de Avilés es tradicionalmente industrial, según el BOPA de 18 de junio de 2014 [35]: “el entorno del puerto de Avilés es eminentemente industrial. En él se

encuentran algunas de las principales industrias de la comunidad autónoma. Caben destacar las siguientes: *Asturiana de Zinc*, *Alcoa Inespal*, *Arcelor Mittal*, *Saint Gobain Cristaleria*, *Asturiana de Fertilizantes* y *Galvanizados Avilés* y *Aleatur*. Además, existe un gran número de pequeñas y medianas empresas, distribuidas fundamentalmente en el entorno de la ría de Avilés y en el Parque Empresarial del Principado de Asturias.



Ilustración 67: Nube de polvo en el entorno de la planta de Arcelor en Avilés

A su vez, la estación de Matadero es la que más veces supera tanto los límites diarios como anuales (ver Tabla 6) de todas las analizadas para las partículas PM10. La zona de Avilés (ver Ilustración 14) tiene una alta presencia de este tipo de partícula contaminante. La actividad portuaria o en las industrias y el tráfico de vehículos pesados en la zona hacen que se caracterice por tener unos niveles más elevados de PM10 que cualquier otra zona de Asturias. Si observamos la Ilustración 15 vemos que este tipo de contaminante está bastante relacionado con la contaminación por tráfico.

Si observamos el comportamiento de PM10 a lo largo de un día (Ilustración 45), vemos que los picos de máxima concentración se producen justamente cuando ocurre el mayor número de desplazamientos de vehículos. Los NO_x tienen el mismo patrón de comportamiento a lo largo del día. Sin embargo, fijándonos en las gráficas de tendencia horaria del NO (Ilustración 54) y el NO₂ (Ilustración 51) vemos que los picos son algo diferentes. El primer pico se produce para ambas sobre las 9 horas y el segundo sobre las 20 horas. Entre ambos hay unas horas donde baja considerablemente la concentración hasta alcanzar el segundo pico, donde vuelve a subir. Vemos que en el caso del NO₂ los picos son prácticamente de igual magnitud, pero no es así para el NO, donde el segundo pico es aproximadamente la mitad. Este fenómeno se produce durante todos los años analizados, por lo que descartamos que sea un hecho puntual de un año en concreto. Estos patrones se podrían explicar en base a la química y dinámica atmosférica.

En las capas bajas de la atmósfera, el estado de oxidación del nitrógeno puede depender de algunos factores como la intensidad de la luz solar, la temperatura, la emisión de contaminantes... así puede diferenciarse la química del dióxido de nitrógeno entre el día y la noche. El origen de los contaminantes nitrogenados es principalmente la combustión de combustibles fósiles, en su mayor forma como monóxido de nitrógeno. Éste es oxidado a NO₂ de la siguiente forma:



La tasa de esta reacción depende de la concentración de NO, así pues, las zonas situadas cerca de los focos de emisión, la conversión de a NO₂ es rápida, pero si los niveles de NO no son tan altos, la tasa de reacción disminuye notablemente.

Se sabe que la reacción entre NO y el ozono es la vía principal de producción de NO₂:



Durante las horas de luz diurnas, el NO₂ sufre un proceso de reconversión a NO como resultado de la fotólisis, permitiéndose en igual manera la generación de O₃:



Todas estas fórmulas nos permiten explicar los patrones representados en la Ilustración 51, Ilustración 54 e Ilustración 60, que representan las dinámicas horarias a lo largo de un día de los NO_x y el ozono. Por la mañana, se produce un incremento de emisión de NO que a su vez propicia la formación de NO₂ como se ve en (1). Se observa en la Ilustración 60 que hay una ligera disminución de la concentración de ozono justamente cuando se produce el incremento de los NO. Esto ocurre porque la partícula de NO actúa favoreciendo la destrucción de ozono, como podemos observar en la (2), incrementando, a su vez, la concentración de NO₂ (Ilustración 51). A medida que avanza el día, la presencia de contaminantes NO_x disminuye y, el ozono alcanza su pico máximo en las horas centrales del día, cuando la radiación solar es mayor (Ilustración 60) y hay presencia de NO₂ en el ambiente. Vemos en (3) que el NO₂ actúa como precursor de ozono, siempre y cuando exista un catalizador, como es la energía solar. Por la tarde, se vuelve a incrementar la emisión de NO y esto provoca la destrucción del ozono que se encuentra en el ambiente y convirtiéndose en NO₂. Como la radiación solar a esas horas del día es menor, la tasa de creación de ozono se ve altamente reducida. De esta manera, en las gráficas de patrones horarios a lo largo de un día percibimos cómo la concentración de NO₂ es más acusada que la del NO. En definitiva, la presencia de NO y de ozono propicia la formación de NO₂ en detrimento del ozono como se ve en (2).

Como hemos visto la dinámica de producción de ozono troposférico está íntimamente ligada a los NO_x , que actúan como precursores. Mientras que el NO_2 participa en la formación de ozono, el NO lo destruye para formar O_2 y NO_2 (2). Por esta razón los niveles de ozono no son tan altos en áreas urbanas como si en áreas rurales (Ilustración 36, Ilustración 37). El NO que no participó en reacciones de destrucción del ozono es oxidado a NO_2 , el cual participa en la formación de ozono.

Desde que el ozono mismo es fotodisociado, al dividirse por acción de la luz solar para formar radicales libres, este promueve la oxidación química y cataliza su propia formación (ejemplo de autocatálisis) [38].

Si nos fijamos en el comportamiento horario del ozono vemos que solamente existe un pico de concentración en torno a las 15 horas que coincide con las horas donde la incidencia solar es mayor (Ilustración 60).

De igual manera, es curioso observar como las zonas más supuestamente tranquilas y alejadas de focos de contaminación son las que presentan una concentración de ozono mayor (Ilustración 36, Ilustración 37, Ilustración 38). Esto se llama *paradoja del ozono*. Esta circunstancia encuentra su explicación en el transporte atmosférico que experimentan las emisiones urbanas. La formación del ozono troposférico no es inmediata, así que mientras se producen las diferentes reacciones, los precursores que dan lugar al ozono pueden ser arrastrados a varios km de distancia. En las ciudades, de hecho, la reacción química hace que el ozono se degrade al reaccionar con los NO_x (3). Este mecanismo permite que en los centros urbanos el ozono se mantenga en equilibrio con los NO_x . Cabe comentar también el singular comportamiento que muestra el ozono en algunas ciudades generando lo que en el ámbito científico se conoce como el “efecto fin de semana” y que se caracteriza por un incremento de las concentraciones de ozono a pesar de la reducción de sustancias precursoras (Ilustración 59). Una de las hipótesis formuladas para explicar este fenómeno es que la menor concentración de NO derivada de un menor tráfico durante el fin de semana (Ilustración 53) reduce la degradación del ozono haciendo que aumente su cantidad [39]. Este efecto puede observarse en las gráficas de concentración media de ozono a nivel semanal, presentando un ligero incremento durante el sábado y el domingo en todos los años (Ilustración 59).

En muchas ocasiones, tanto la orografía como la meteorología, juegan un papel crucial en el transporte de sustancias precursoras de ozono. El relieve asturiano está marcado por la Cordillera Cantábrica entre la sierra de Ancares y los Picos de Europa. Tiene disposición paralela a la costa. La altura del terreno desciende a medida que se aproxima a la costa y tiene numerosos valles perpendiculares a esta. La gran mayoría de los valles asturianos tienen una orientación N-S.

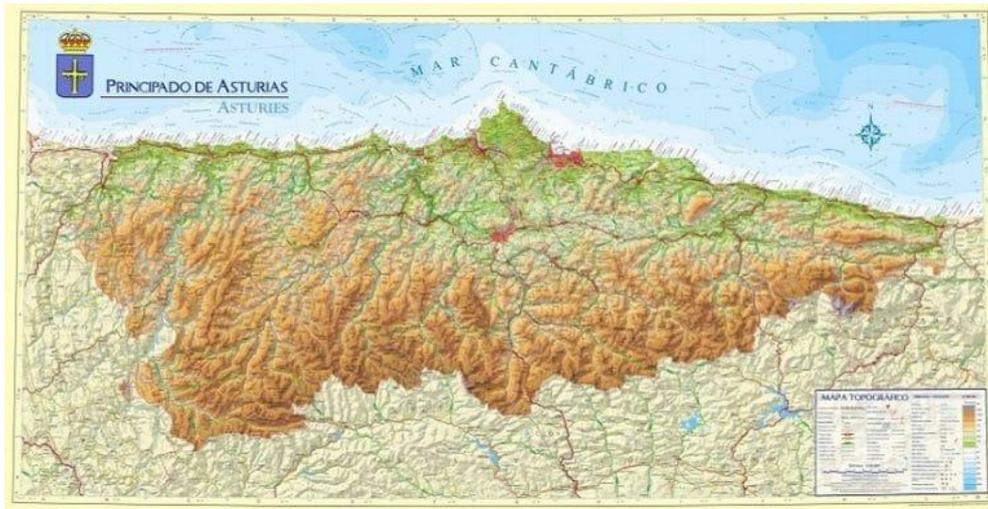


Ilustración 68: Mapa físico del Principado de Asturias

Esta orografía favorece el desarrollo de brisas y de vientos de valle en los meses de verano. La costa queda conectada con el interior del Principado gracias a la existencia de estos vientos. Como consecuencia, el transporte de contaminantes durante el día sigue rutas habituales de norte a sur, a través de los cauces naturales que marca el relieve, y se traducirá en niveles de ozono más elevados en las zonas interiores, especialmente en la parte central donde se concentran las emisiones urbanas e industriales [40].

Las estaciones que más veces sobrepasan los límites estipulados por el BOE para el ozono son la de Cangas (área rural y contaminación tipo fondo) y Mieres (situado en la zona cuencas, área suburbana y tipo industrial), muy seguido de la de Sama (situado también en cuencas, área urbana y tipo fondo). Aunque estas estaciones sean de diversa índole, todas coinciden en que están alejadas de focos muy contaminados como zonas muy industriales o de tráfico denso. Además, todas las estaciones mencionadas coinciden en que son de interior y los momentos donde se registran estos picos es en verano. Como hemos observado en la Ilustración 58, la concentración es mayor durante los meses más cálidos del año. Si se hubiera analizado los vientos que predominaban en esos días, con mucha probabilidad tendrían componente norte, facilitando así la entrada de vientos provenientes de la costa, arrastrando consigo los contaminantes de los grandes núcleos urbanos e industriales (como Avilés, Oviedo y Gijón).

Por ejemplo, la estación de Mieres, situada en los Jardines de Juan XXIII, está en una zona residencial. No se encuentra dentro de grandes focos industriales. Muchas veces, quizá por la acción del viento sí que se pueden ver afectadas las mediciones por emisiones de industrias o autopistas lejanas.



Ilustración 69: Localización de la estación de los Jardines de Juan XXIII (Fuente: Google Earth)



Ilustración 70: Estación de los Jardines de Juan XXIII (Fuente: Google Earth)

Esto crea la atmósfera perfecta para que la zona reciba precursores del ozono (como el NO_x). La época del año donde se sobrepasan los límites recomendados de ozono son meses estivales o primaverales (Ilustración 58).

Otra estación que sobrepasa los límites de ozono es la estación de Cangas:



Ilustración 71: Localización de la estación de Cangas del Narcea (Fuente: Google Earth)



Ilustración 72: Fotografía de la estación de Cangas del Narcea (Fuente: Google Earth)

Como vemos tiene un emplazamiento rural al lado del río Narcea y cerca de un centro escolar. A simple vista parece estar alejado de grandes autopistas y zonas industriales. Además, al otro lado del río se encuentra una zona arbolada y la calle en la que está situada no parece de tránsito muy concurrido. Los días donde se sobrepasan los límites son también en torno a los más cálidos del año. El hecho por el que la estación de Cangas tiene niveles de ozono destacados es por el mismo efecto que la de Mieres, ya explicado anteriormente.

En cuanto al NO_2 , si nos fijamos a nivel de estaciones vemos que no existen muchas ocasiones donde se sobrepase el límite horario. Cabe destacar la estación de Sama en Langreo, que es la que sobrepasa los límites horarios más veces (tres veces en el 2013 y 6 en el 2018). En todas las ocasiones se ha sobrepasado durante el día y en horas consecutivas. Como podemos observar, está situada en una zona aparentemente tranquila rodeada de zona ajardinada, con focos industriales alejados y al lado del río Nalón. Por lo que se ve, al otro lado del río se encuentra un polideportivo y centros escolares, lo que nos hace pensar que las causas de estos picos de contaminación de NO_2 se deban quizá a algún momento de tráfico puntual, alguna obra o incendio.

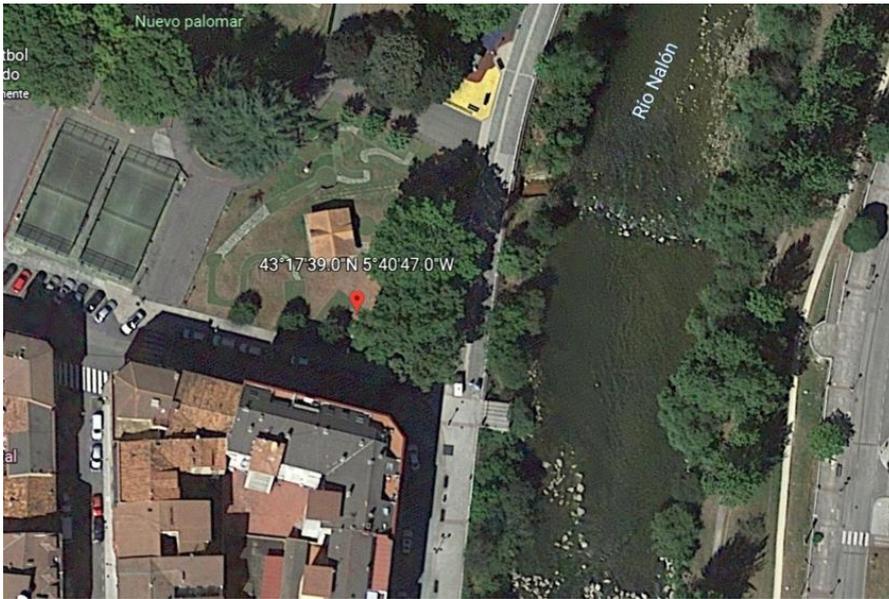


Ilustración 73: Localización de la estación de Sama (Langreo) (Fuente: Google Earth)



Ilustración 74: Fotografía de la estación de Sama (Fuente: Google Earth)

En cuanto al NO, vemos que la estación de Palacio de los Deportes en Oviedo es la que más veces se ha superado los límites horarios:



Ilustración 75: Localización de la estación del Palacio de los Deportes en Oviedo (Fuente: Google Earth)



Ilustración 76: Fotografía de la estación Palacio de los Deportes (Fuente: Google Earth)

Esta estación está clasificada como entorno urbano y de tipo tráfico. Como se ha comentado, el contaminante NO es típico de zonas con densidad de tráfico alta (Ilustración 29), como es el caso de esta estación. Está situada dentro de un recinto escolar y muy cerca de uno de los accesos más importantes a la ciudad de Oviedo a través de la Y asturiana, razón por la que quizá esta autovía influya los valores de NO.

Hay otras partículas por el contrario que parecen no haber experimentado ningún tipo de tendencias, como el SO₂ (Ilustración 31), el ozono (Ilustración 35) y el benceno (Ilustración 39).

El SO₂ proviene de la quema de combustibles fósiles que contienen azufre. Los datos analizados permiten identificarla como una partícula que se genera a través de la actividad industrial y por el tráfico rodado (Ilustración 34). Obviamente, las zonas más pobladas son las que por intuición

más concentración tendrán. Oviedo es la zona con mayor incidencia, seguida de Avilés y Gijón. En los últimos años la concentración de esta partícula ha disminuido en la zona de Oviedo, en contraposición a las zonas rurales que sufren un aumento progresivo (Ilustración 32). Según un informe de la calidad del aire en el Estado español durante 2010 de Ecologistas en acción: “La contaminación por SO₂, aunque antes eran muy frecuentes las superaciones de los niveles legales a causa de la actividad industrial (sobre todo en el caso de las centrales térmicas de carbón), estas superaciones se han reducido de forma importante. Esto es debido al cambio de producción energética, con una importante disminución de la actividad en las centrales térmicas de carbón. Sin embargo, aún se superan los límites establecidos por la OMS, especialmente en las estaciones de Purificación Tomás y Plaza de Toros en Oviedo, y en la Avenida de la Argentina, en Gijón, relacionadas con las centrales de Aboño y Soto, que mantienen un nivel importante de actividad. También la de Llaranes y Matadero de Avilés, ligadas a la actividad industrial [41]”. Por lo que vemos en las fuentes, una parte importante de esta contaminación puede provenir de las centrales térmicas de carbón que aún siguen en funcionamiento.

Para el dióxido de azufre, a nivel diario, observamos que existe un pico de concentración situado en torno a las 11 horas (Ilustración 57). Se puede apreciar que no está influido claramente por los patrones de movilidad de las personas, sino que aparentemente se rige más por la actividad industrial. La principal fuente de emisión de dióxido de azufre a la atmósfera es la combustión de productos petrolíferos y la quema de carbón en centrales eléctricas y calefacciones centrales [42]. Se puede observar que a lo largo del año parece haber un ligero descenso en los meses de verano (no tan acusado como los NO_x o el CO) (Ilustración 55 e Ilustración 46). Esto nos puede llevar a pensar que este contaminante es predominantemente industrial, donde apenas se notan los meses estivales. Las centrales térmicas también, supuestamente, siguen funcionando durante los meses de verano. Por estas razones, parece más o menos uniforme la concentración a lo largo del año.

La estación que ha superado más veces los límites horarios de SO₂ a lo largo de los años analizados es la de Purificación Tomás en Oviedo. Es una estación catalogada como urbana y de contaminación tipo fondo. Está situada en una zona verde muy cerca del hospital Monte Naranco y un centro escolar.



Ilustración 77: Localización de la estación de Purificación Tomás en Oviedo (Fuente: Google Earth)



Ilustración 78: Fotografía de la estación de Purificación Tomás en Oviedo

Aparentemente, no es una zona que por intuición nos diga que pueda estar muy contaminada ya que está en una zona verde, alejada de zonas industriales y de tráfico. Los momentos en los que se registraron los picos fueron de apariencia puntuales (separados en el tiempo y en horas contiguas). Por ejemplo, se registraron 2 horas (de 7 a 9 de la mañana) el día 22 de diciembre del 2015. Las causas de este pico de concentración se desconocen. Quizá pueda deberse a algún pequeño incendio ocurrido por la zona por esas fechas o algún acontecimiento por determinar. Estos picos de concentración los podríamos considerar como ruido porque el resto de la serie de datos tienen valores normales para una estación alejada de focos emisores de partículas contaminantes (por ello está clasificada como estación con contaminación tipo fondo).

Por otro lado, tenemos el monóxido de carbono. Se sabe que proviene de la quema de combustibles fósiles también, sobre todo al producirse una quema incompleta con cierta falta de oxígeno. Por lo que podemos observar, se ha producido una ligera tendencia al alza durante los años analizados (Ilustración 17 y Tabla 30). Es una partícula que típicamente incrementa su concentración en época invernal, como bien hemos visto en la tendencia a lo largo de un año

(Ilustración 46). Su concentración es mayor en meses fríos, lo que nos lleva a pensar que el uso de medios de calefacción y un aumento del tráfico parecen ser sus causas principales. De hecho, observamos que las estaciones clasificadas como tipo tráfico y tipo industrial son las que mayor tasa de CO registran (Ilustración 20 y Tabla 33). Ninguna estación ha sobrepasado los límites estipulados por el BOE de 10 mg/m³.

Observamos que tanto el CO como los NO_x tienen un marcado sentido estacional, esto es que a lo largo del año en los meses más cálidos su concentración es menor (ver Ilustración 46 para el CO, Ilustración 49 para el NO₂ e Ilustración 52 para el NO). Por tanto, una de las mayores causas de aumento en concentración de estas partículas podría ser el uso de calefacciones, además de un aumento de tráfico rodado durante las épocas de mal tiempo. Con todos estos razonamientos, podemos decir que no deberíamos observar solamente un solo tipo de gráfico para determinar qué tipo de contaminación es el origen de las partículas analizadas. Hemos visto que en las gráficas de cajas era complicado decidir el tipo de contaminación (industrial o tráfico) en alguna ocasión, hasta que se observan las gráficas de contaminación durante un día.

Por último, existe un compuesto perteneciente a los COV (compuesto orgánico volátil) que es el benceno. Su origen más común es debido a emisiones provocadas por la actividad humana en las ciudades. La fuente más común es el uso del automóvil, la evaporación de gasolinas y gasóleos, la producción de diferentes compuestos químicos, las emisiones procedentes de la combustión incompleta del carbón y de productos derivados del petróleo, y la manufactura de pinturas o su utilización por cualquier tipo de industria. También se han detectado emisiones de este compuesto en vertederos de residuos sólidos de media y alta densidad [43].

Nuestros datos analizados muestran la zona de Avilés (Ilustración 40 y Tabla 51) como la zona más afectada por este compuesto con bastante diferencia respecto a las demás. Las áreas afectadas son claramente las áreas suburbanas, que es donde comúnmente se concentran las industrias y, en muchas ocasiones, también existe bastante tráfico rodado (Ilustración 41 y Tabla 52). Vemos que la contaminación es predominantemente industrial (Ilustración 42 y Tabla 53). Esto también lo podemos observar en los patrones diarios y anuales de este compuesto. Se observa un comportamiento de alta concentración sobre las 12 horas aproximadamente, presentando dos picos ligeramente destacables en torno a las 12 y a las 20 horas (Ilustración 63). De ello podemos concluir que el compuesto presenta un patrón típico de compuestos provenientes del tráfico (como los NO_x) por la presencia de dos incrementos diarios durante las horas de mayor densidad de tráfico y, también, un patrón típico de los compuestos emitidos por focos industriales como es el caso del SO₂ que tiene su máximo diario sobre las 12 horas. Analizando a nivel anual, vemos que no hay presencia de patrones ligados a meses cálidos – meses fríos (Ilustración 61). De esto, se podría decir que la emisión es más o menos homogénea

a nivel anual. En nuestro caso, como únicamente tenemos disponibles 4 estaciones donde sí que tenemos información de contaminación por benceno, no va a ser una muestra muy significativa de lo que ocurre con este contaminante. La estación de Llaranes en Avilés es la que mayor concentración de benceno tiene, pero, aun así, ningún año ha superado la media de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Esta estación está situada en una zona residencial con zonas ajardinadas. Sin embargo, vemos que la zona industrial no está muy alejada y pasa muy cerca la circunvalación de Avilés.



Ilustración 79: Localización de la estación de Llaranes en Avilés (Fuente: Google Earth)



Ilustración 80: Fotografía de la estación de Llaranes en Avilés (Fuente: Google Earth)

Según un artículo [44]: “El Principado de Asturias se corona el no muy honroso primer puesto de ser la comunidad autónoma que más gases contaminantes expulsa a la atmósfera por número de habitantes de España. En sus poco más de 10000 km^2 concentra la mayor potencia instalada de centrales térmicas de carbón de todo el país, empata con Aragón en el valor total de su producción minera, la extracción de carbón ha representado casi el 40% del total nacional y concentra una industria básica a partir del mineral (siderúrgicas, metalúrgicas y dos grandes cementeras) que contribuye a que lidere ese ranking. Detrás de las térmicas, otro foco de

contaminación es la industria electrointensiva. Asturias alberga factorías de aluminio, hierro, zinc, acero y cemento, con algunas de las compañías más grandes del país, como es el caso de *Asturiana de Zinc, ArcelorMittal* o *Tudela Veguín*.”

Sería de alto interés poder comparar con otras zonas de España para poder tener una referencia estatal. Un estudio interesante hubiera sido comparar nuestros datos en el mismo marco temporal con los de otras zonas comúnmente contaminadas como las grandes ciudades de Madrid o Barcelona.

La alta disponibilidad del carbón ha hecho de Asturias una región agraciada con industrias que sería más costoso instalar en otro lugar, pero, por otro lado, los asturianos tienen que respirar un aire más contaminado que en otras regiones de España. Además, se sabe que el carbón es el combustible fósil más contaminante. Según un artículo de *La Voz de Asturias*: “Asturias es la CA con mayor riesgo de mortalidad debido a las emisiones del carbón, al contar con el mayor nivel de concentración media anual de partículas PST. Entre 2015 y 2016 se redujo en un 30% la producción de energía del carbón que se asoció con una disminución del 40.5% en los impactos sobre la salud asociados [45].”

5. Conclusiones

Tras este análisis visual de los datos de contaminación del Principado de Asturias entre los años 2010 y 2018 hemos podido descubrir las tendencias de los principales contaminantes (CO, NO, NO₂, SO₂, O₃, PM10 y benceno) y sus patrones de comportamiento horario, diario y mensual. Además, se ha podido analizar por zonas (Oviedo, Avilés, Gijón, cuencas y rural), por áreas (urbana, suburbana y rural) y por tipos de contaminación (industrial, tráfico y fondo).

Este proyecto se desarrolló en lenguaje Python dentro de un entorno de Jupyter, que permite realizar documentos online y compartirlos. Para facilitar el análisis con las múltiples variables (tipo de contaminación, zona, área y partícula) se creó una interfaz con Python. Se utilizó una librería especializada (*ipywidgets*) para su desarrollo. De esta manera, al usuario se le permite navegar dentro de los datos sin necesidad de programar. Se desarrollaron tres formatos de widgets: concentración de partículas en formato de diagrama de cajas en función de los años (ver formato de la interfaz en Ilustración 10). Otro formato desarrollado fue crear gráficas de líneas de las concentraciones horarias a lo largo del día, diarias a lo largo de la semana o mensuales a lo largo del año (Ilustración 12). Por último, para conocer las ocasiones en las que se sobrepasaban los límites aconsejados por el BOE se creó otra interfaz en la que se mostraban las veces donde esto ocurría (Ilustración 11). A estos tres formatos se les concedió la disponibilidad de analizarlo por zonas, áreas, tipos de contaminación o por estaciones. Para obtener información más cuantitativa se añadió la posibilidad de mostrar una tabla con los valores estadísticos de los datos seleccionados. Estas tablas estadísticas son las que se encuentran en el anexo de este proyecto (por ejemplo, Tabla 42: Estadísticos SO₂, Tabla 43: Estadísticos SO₂ por zonas, Tabla 44: Estadísticos SO₂ por áreas y la Tabla 45: Estadísticos SO₂ por tipos de contaminación para el caso del dióxido de azufre). También hay la opción de mostrar el tamaño muestral de nuestra muestra de datos a nivel anual.

La tendencia a la baja se ha podido observar en las partículas que se han demostrado íntimamente ligadas al tráfico, como son la PM10 (Ilustración 13 y Tabla 26: Estadísticos PM10) y los óxidos de nitrógeno (Ilustración 21 e Ilustración 26, junto con Tabla 34: Estadísticos NO y Tabla 38: Estadísticos NO). Estas partículas a su vez están relacionadas con las zonas más pobladas donde abundan los picos de tráfico denso (Ilustración 14, Ilustración 22 e Ilustración 27). Es curioso observar cómo el comportamiento a lo largo de un día de estas tres partículas es similar (Ilustración 45, Ilustración 51 e Ilustración 54). Justamente, se producen dos episodios de concentraciones altas en torno a las horas de mayor desplazamiento de vehículos. Sin embargo, a nivel anual las concentraciones de óxidos de nitrógeno parecen concentrarse en torno a meses fríos donde el uso de calefacciones se dispara (Ilustración 49 e Ilustración 52). No ocurre esto con la partícula PM10 (Ilustración 43).

La única partícula contaminante que parece sufrir un ligero incremento de la concentración durante los ocho años analizados es el monóxido de carbono (Ilustración 17 y Tabla 30: Estadísticos CO). A nivel general, a excepción de la zona rural, parece incrementarse ligeramente en todas las zonas (Ilustración 18). Se observa que tiene un marcado sentido estacional al igual que los óxidos de nitrógeno (Ilustración 46, Ilustración 49 e Ilustración 52). Esto nos da pistas acerca de uno de sus principales focos de emisión: calefacciones y aumento de tráfico rodado en meses fríos (Ilustración 20). A su vez, los patrones horarios muestran comportamientos semejantes a los de los óxidos de nitrógeno y PM10 (Ilustración 48, Ilustración 51 e Ilustración 54).

Por último, se han analizado otras partículas que no han sufrido aparentemente ningún tipo de tendencia. Una de ellas es el dióxido de azufre (Ilustración 31) que parece estar muy ligada a la zona de Oviedo (sobre todo los primeros años). Sin embargo, durante los últimos años se ha reducido la concentración, aumentando a su vez la de zona de cuencas y la rural (Ilustración 32). Por lo que se puede observar a lo largo de un día, su concentración es más alta en las horas centrales del día, ligando esto a la actividad industrial (Ilustración 57). Carece de un comportamiento estacional claro (Ilustración 55).

Por otro lado, tenemos el benceno que es una partícula muy vinculada a la actividad industrial y la zona de Avilés (Ilustración 40 e Ilustración 42). También carece de un comportamiento estacional marcado (Ilustración 61). No hay que olvidar que parte de las emisiones de este compuesto provienen del tráfico rodado, las gasolineras etc. Se puede observar en el comportamiento de la concentración a lo largo de un día con dos ligeros incrementos de concentración en torno a las horas donde se producen la mayor parte de los desplazamientos (Ilustración 63). Sin embargo, no son tan acusados como ocurre en el caso de PM10 y los óxidos de nitrógeno.

La última partícula a comentar en las conclusiones es el ozono. Esta partícula tiene el comportamiento inesperado de estar más presente en zonas alejadas de focos de emisión o de tráfico intenso (Ilustración 36, Ilustración 37 e Ilustración 38). Las estaciones donde en más ocasiones se han superado los límites estipulados por el BOE son aquellas que están alejadas de focos contaminados y de interior. Las causas las podemos encontrar en que son zonas orográficamente favorables a recibir partículas precursoras del ozono, como son los óxidos de nitrógeno, provenientes de los focos urbanos como son los núcleos de Oviedo y Gijón o las zonas industriales de Avilés. Las reacciones atmosféricas que produce el ozono implican a diversos compuestos y agentes: óxidos de nitrógeno, COVs, radiación solar, etc. La mantención del ozono troposférico en el ambiente es resultado del equilibrio químico entre los precursores. Por ejemplo, un ambiente con concentraciones bajas de monóxido de nitrógeno propicia la

oxidación a dióxido de nitrógeno y evita la destrucción de moléculas de ozono. Esta es la razón de las altas concentraciones de ozono en las zonas rurales y durante el fin de semana, en contra de la intuición. Cabe destacar un marcado patrón estacional de alta concentración en los meses cálidos, cuando una mayor cantidad de radiación solar permite llevar a cabo la producción de ozono con mayor facilidad (Ilustración 58).

6. Lista de tablas

Tabla 1: Estaciones y partículas medidas.....	16
Tabla 2: Clasificación en zonas, tipos y áreas de las estaciones	17
Tabla 3: Tamaño muestral por año de los datos analizados	19
Tabla 4: Límites aconsejados por el BOE para las diferentes partículas	22
Tabla 5: Cantidad de veces superado el límite diario por año por el contaminante PM10	27
Tabla 6: Valores anuales de la concentración de PM10 en el ambiente de la estación de Avilés Matadero	27
Tabla 7: Cantidad de veces superado el límite diario por zonas por el contaminante PM10.....	28
Tabla 8: Cantidad de veces superado el límite diario por tipo de contaminación por el contaminante PM10	28
Tabla 9: Cantidad de veces superado el límite diario por áreas por el contaminante PM10.....	30
Tabla 10: Cantidad de veces superado el límite horario por año por el contaminante NO ₂	33
Tabla 11: Cantidad de veces superado el límite horario por zonas por el contaminante NO ₂	34
Tabla 12: Cantidad de veces superado el límite horario por áreas por el contaminante NO ₂	35
Tabla 13: Cantidad de veces superado el límite horario por tipo de contaminación por el contaminante NO ₂	36
Tabla 14: Cantidad de veces superado el límite horario por año por el contaminante NO	38
Tabla 15: Cantidad de veces superado el límite horario por zonas por el contaminante NO.....	39
Tabla 16: Cantidad de veces superado el límite horario por áreas por el contaminante NO.....	40
Tabla 17: Cantidad de veces superado el límite horario por tipo de contaminación por el contaminante NO	41
Tabla 18: Cantidad de veces superado el límite horario por año por el contaminante SO ₂	43
Tabla 19: Cantidad de veces superado el límite diario por año por el contaminante SO ₂	43
Tabla 20: Cantidad de veces superado el límite horario por zonas por el contaminante SO ₂	44
Tabla 21: Cantidad de veces superado el límite diario por zonas por el contaminante SO ₂	44
Tabla 22: Cantidad de veces superado el límite diario por año por el contaminante ozono	47
Tabla 23: Cantidad de veces superado el límite diario por zonas por el contaminante ozono	48
Tabla 24: Cantidad de veces superado el límite diario por áreas por el contaminante ozono.....	48
Tabla 25: Cantidad de veces superado el límite diario por tipo de contaminación por el contaminante ozono	49
Tabla 26: Estadísticos PM10.....	100
Tabla 27: Estadísticos PM10 por zonas	100
Tabla 28: Estadísticos PM10 por áreas	101
Tabla 29: Estadísticos PM10 por tipos de contaminación	101

Tabla 30: Estadísticos CO.....	102
Tabla 31: Estadísticos CO por zonas.....	102
Tabla 32: Estadísticos CO por áreas	103
Tabla 33: Estadísticos por tipos de contaminación	103
Tabla 34: Estadísticos NO ₂	104
Tabla 35: Estadísticos NO ₂ por zonas	104
Tabla 36: Estadísticos NO ₂ por áreas	105
Tabla 37: Estadísticos NO ₂ por tipos de contaminación	105
Tabla 38: Estadísticos NO.....	106
Tabla 39: Estadísticos NO por zonas	106
Tabla 40: Estadísticos NO por áreas	107
Tabla 41: Estadísticos NO por tipos de contaminación	107
Tabla 42: Estadísticos SO ₂	108
Tabla 43: Estadísticos SO ₂ por zonas.....	108
Tabla 44: Estadísticos SO ₂ por áreas.....	109
Tabla 45: Estadísticos SO ₂ por tipos de contaminación.....	109
Tabla 46: Estadísticos ozono.....	110
Tabla 47: Estadísticos ozono por zonas	110
Tabla 48: Estadísticos ozono por áreas	111
Tabla 49: Estadísticos ozono por tipos de contaminación	111
Tabla 50: Estadísticos benceno	112
Tabla 51: Estadísticos benceno por zonas.....	112
Tabla 52: Estadísticos benceno por áreas.....	113
Tabla 53: Estadísticos benceno por tipos de contaminación.....	113

7. Lista de ilustraciones

Ilustración 1: Representación molécula CO	8
Ilustración 2: Representación de los distintos tamaños de las PST	9
Ilustración 3: Ilustración 5: Representación de los de óxidos de nitrógeno	10
Ilustración 4: Representación de molécula de dióxido de azufre	11
Ilustración 5: Representación molécula de ozono	12
Ilustración 6: Representación molécula de benceno	13
Ilustración 7: Imagen de la clasificación de las estaciones del Principado de Asturias	15
Ilustración 8: Representación de un diagrama de caja y cómo se lee	21
Ilustración 9: Ejemplo perteneciente a la estación de Llaranes (2018-06-18)	23
Ilustración 10: Captura de pantalla de la interfaz, agrupando por zonas para la representación de diagrama de cajas.	24
Ilustración 11: Captura de pantalla de la interfaz, agrupando por zonas para la representación de los límites sobrepasados	24
Ilustración 12: Captura de pantalla de la interfaz, agrupando por zonas para la representación de los patrones mensuales, horarios y diarios	25
Ilustración 13: Diagrama de caja de PM10 del 2010 al 2018.....	26
Ilustración 14: Diagrama de cajas de PM10 por zonas	28
Ilustración 15: Diagrama de cajas PM10 por tipos de contaminación	29
Ilustración 16: Diagrama de cajas PM10 por área	29
Ilustración 17: Diagrama de cajas del CO del año 2010 al 2018	30
Ilustración 18: Diagrama de cajas del CO por zonas	31
Ilustración 19: Diagrama de cajas del CO por áreas	31
Ilustración 20: Diagrama de cajas del CO por tipos de contaminación	32
Ilustración 21: Diagrama de cajas del NO ₂	32
Ilustración 22: Diagrama de cajas del NO ₂ por zonas	34
Ilustración 23: Diagrama de cajas del NO ₂ por áreas.....	35
Ilustración 24: Diagrama de cajas del NO ₂ por tipos de contaminación	36
Ilustración 25: Diagramas de cajas del NO con valores límite anual señalado por la línea horizontal (hasta los 100 µg/m ³ de concentración)	37
Ilustración 26: Diagrama de cajas del NO con valores límite anual señalado por la línea horizontal (hasta los 250 µg/m ³ de concentración)	37
Ilustración 27: Diagrama de cajas del NO por zonas	39
Ilustración 28: Diagrama de cajas del NO por áreas	40
Ilustración 29: Diagrama de cajas del NO por tipos de contaminación	41

Ilustración 30: Diagrama de cajas del SO ₂ (hasta 100 µg/m ³).....	42
Ilustración 31: Diagrama de cajas del SO ₂ (hasta 20 µg/m ³).....	42
Ilustración 32: Diagrama de cajas del SO ₂ por zonas.....	44
Ilustración 33: Diagrama de cajas del SO ₂ por áreas	45
Ilustración 34: Diagrama de cajas del SO ₂ por tipos de contaminación.....	45
Ilustración 35: Diagrama de cajas del ozono.....	46
Ilustración 36: Diagrama de cajas del ozono por zonas	47
Ilustración 37: Diagrama de cajas del ozono por áreas	48
Ilustración 38: Diagrama de cajas del ozono por tipos de contaminación	49
Ilustración 39: Diagrama de cajas del benceno	50
Ilustración 40: Diagrama de cajas del benceno por zonas.....	51
Ilustración 41: Diagrama de cajas del benceno por áreas.....	51
Ilustración 42: Diagrama de cajas del benceno por tipos de contaminación.....	52
Ilustración 43: Concentración media mensual de PM10 a lo largo del año (del 2010 al 2018)..	54
Ilustración 44: Concentración media diaria de PM10 a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)	54
Ilustración 45: Concentración media horaria de PM10 a lo largo del día (del año 2010 al 2018)	55
Ilustración 46: Concentración media mensual de CO a lo largo del año (del 2010 al 2018).....	56
Ilustración 47: Concentración media diaria de CO a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)	56
Ilustración 48: Concentración media horaria de CO a lo largo de un día (del año 2010 al 2018)	57
Ilustración 49: Concentración media mensual de NO ₂ a lo largo de un año (del 2010 al 2018). 58	
Ilustración 50: Concentración media diaria de NO ₂ a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)	58
Ilustración 51: Concentración media horaria de NO ₂ a lo largo de un día (del año 2010 al 2018)	59
Ilustración 52: Concentración media mensual de NO a lo largo del año (del 2010 al 2018).....	60
Ilustración 53: Concentración media diaria de NO a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)	60
Ilustración 54: Concentración media horaria de NO a lo largo del día (del año 2010 al 2018)..	61
Ilustración 55: Concentración media mensual de SO ₂ a lo largo del año (del 2010 al 2018).....	62
Ilustración 56: Concentración media diaria de SO ₂ a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)	62

Ilustración 57: Concentración media horaria de SO ₂ a lo largo del día (del año 2010 al 2018)..	63
Ilustración 58: Concentración media mensual de ozono a lo largo del año (del 2010 al 2018)..	64
Ilustración 59: Concentración media diaria de ozono a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)	64
Ilustración 60: Concentración media horaria de ozono a lo largo del día (del año 2010 al 2018)	65
Ilustración 61: Concentración media mensual de benceno a lo largo del año (del 2010 al 2018)	66
Ilustración 62: Concentración media diaria de benceno a lo largo de la semana (del año 2010 al 2018)	66
Ilustración 63: Concentración media horaria de benceno a lo largo del día (del año 2010 al 2018)	67
Ilustración 64: Detalle de la localización de la estación de Matadero	69
Ilustración 65: Vista general de la localización.....	69
Ilustración 66: Fotografía de la travesía de la industria	69
Ilustración 67: Nube de polvo en el entorno de la planta de Arcelor en Avilés.....	70
Ilustración 68: Mapa físico del Principado de Asturias	73
Ilustración 69: Localización de la estación de los Jardines de Juan XXIII (Fuente: Google Earth)	74
Ilustración 70: Estación de los Jardines de Juan XXIII (Fuente: Google Earth).....	74
Ilustración 71: Localización de la estación de Cangas del Narcea (Fuente: Google Earth).....	74
Ilustración 72: Fotografía de la estación de Cangas del Narcea (Fuente: Google Earth).....	75
Ilustración 73: Localización de la estación de Sama (Langreo) (Fuente: Google Earth).....	76
Ilustración 74: Fotografía de la estación de Sama (Fuente: Google Earth).....	76
Ilustración 75: Localización de la estación del Palacio de los Deportes en Oviedo (Fuente: Google Earth)	77
Ilustración 76: Fotografía de la estación Palacio de los Deportes (Fuente: Google Earth).....	77
Ilustración 77: Localización de la estación de Purificación Tomás en Oviedo (Fuente: Google Earth).....	79
Ilustración 78: Fotografía de la estación de Purificación Tomás en Oviedo.....	79
Ilustración 79: Localización de la estación de Llaranes en Avilés (Fuente: Google Earth).....	81
Ilustración 80: Fotografía de la estación de Llaranes en Avilés (Fuente: Google Earth).....	81

8. Referencias

[1]: Contaminación atmosférica, Organización Mundial de la Salud [en línea]
https://www.who.int/es/health-topics/air-pollution#tab=tab_1

[Último acceso: 6 de noviembre 2022]

[2]: *Flórez A.*, 29 de noviembre 2019, Asturias, una de las comunidades que emiten más gases contaminantes, El Comercio.

<https://www.elcomercio.es/asturias/asturias-comunidades-gases-efecto-invernadero-emiten-20191129133117-nt.html>

[3]: BOE Real Decreto 102/2011 de 28 enero, relativo a la calidad del aire. Boletín Oficial del Estado, 25, de 29 de enero de 2011

<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-1645>

[4]: Carbon Monoxide. UCAR Center for science education [en línea]
<https://scied.ucar.edu/learning-zone/air-quality/carbon-monoxide>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[5]: Significado de Smog, Significados [en línea]

<https://www.significados.com/smog/>

[Último acceso: 6 de noviembre 2022]

[6]: *Przyborski Paul.* Carbon Monoxide. Earth observatory NASA [en línea]
https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MOP_CO_M#:~:text=Carbon%20monoxide%20is%20a%20trace,of%20many%20other%20polluting%20gases.

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[7]: *Miller Bruce G.*, December 2017. The Effect of Coal Usage on Human Health and the Environment. Clean Coal Engineering Technology.

[8]: Contaminantes medidos, Calidad del aire. Universidad de Alicante [en línea]
<https://web.ua.es/es/calidad-aire/contaminantes-medidos.html>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[9]: Suspended particulates (TSP/SPM). European Environment Agency [en línea].
<https://www.eea.europa.eu/publications/2-9167-057-X/page021.html>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[10]: *Lippmann M.*. Total Suspended Particles (TSP). Encyclopedia.com [en línea].
<https://www.encyclopedia.com/education/encyclopedias-almanacs-transcripts-and-maps/total-suspended-particles-tsp>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[11]: Nitrogen Dioxide (NO₂) in our atmosphere. World Air Quality Index Project [en línea]
<https://aqicn.org/faq/2017-01-10/nitrogen-dioxyde-no2-in-our-atmosphere/>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[12]: ToxFAQs, óxidos de nitrógeno (monóxido de nitrógeno, dióxido de nitrógeno, etc.). Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades [en línea]
https://www.atsdr.cdc.gov/es/toxfaqs/es_tfacts175.html#:~:text=Respirar%20altos%20niveles%20de%20C3%B3xidos,los%20pulmones%20y%20la%20muerte.

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[13]: Sulfur dioxide. Minnesota Pollution Control Agency [en línea]
<https://www.pca.state.mn.us/air/sulfur-dioxide-so2>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[14]: Sulphur dioxide, SO₂ gas in the Earth's atmosphere. Royal Belgian Institute for Space Aeronomy [en línea]
<https://www.aeronomie.be/en/encyclopedia/sulphur-dioxide-so2-gas-earths-atmosphere>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[15]: *Chung Chul E.*. September 2012. Aerosol Direct Radiative Forcing: a Review. *Atmospheric Aerosols*.

<https://www.intechopen.com/chapters/38765>

[16]: Aas W., Mortier A., Bowersox V., et al. Global and regional trends of atmospheric sulfur. *Scientific Reports* 9, 953 (2019)

<https://www.nature.com/articles/s41598-018-37304-0>

[17]: Sulfur Dioxide Effects on Health. National Park Service [en línea]

<https://www.nps.gov/subjects/air/humanhealth-sulfur.htm>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[18]: Ground-level Ozone Basics. United States Environmental Protection Agency [en línea]

<https://www.epa.gov/ground-level-ozone-pollution/ground-level-ozone-basics>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[19]: What is ozone? United States Environmental Protection Agency [en línea]

<https://www.epa.gov/ozone-pollution-and-your-patients-health/what-ozone>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[20]: Sicard P., Paoletti E., et al. Diciembre 2020. Ozone weekend effect in cities: Deep insights for urban air pollution control. *Environmental Research* vol 191

[21]: Adler Katz G., 24 de abril 2022. Good Ozone Vs. Bad Ozone: What's the Difference?. BreezoMeter [en línea]

<https://blog.breezometer.com/good-ozone-bad-ozone>

[Último acceso 3 de septiembre 2022]

[22]: Facts About Benzene. Centers for Disease Control and Prevention [en línea]

<https://emergency.cdc.gov/agent/benzene/basics/facts.asp>

[Último acceso 3 de septiembre 2022]

[23]: Sekar A., Varghese George K., Varma Ravi M.K., November 2019. Analysis of benzene air quality standards, monitoring methods and concentrations in indoor and outdoor environment, Heliyon vol 5

[24]: Red Ambiental de Asturias, Red de control de la calidad del aire, Principado de Asturias [en línea]

https://medioambiente.asturias.es/detalle/-/categories/765792?_com_liferay_asset_categories_navigation_web_portlet_AssetCategoriesNavigationPortlet_articleId=786889&articleId=786889&title=Red%20de%20control%20de%20la%20calidad%20del%20aire%20del%20Principado%20de%20Asturias&redirect=https%3A%2F%2Fmedioambiente.asturias.es%2Fgeneral%2F-%2Fcategories%2F765792

[Último acceso 8 de septiembre 2022]

[25]: BOPA, Resolución de 13 de enero de 2022, de la Consejería de Administración Autonómica, Medio Ambiente y Cambio Climático, 37, de 23 de febrero 2022.

https://sede.asturias.es/ast/bopa-disposiciones?p_p_id=pa_sede_bopa_web_portlet_SedeBopaDispositionWeb&p_p_lifecycle=0&_pa_sede_bopa_web_portlet_SedeBopaDispositionWeb_mvcRenderCommandName=%2Fdisposition%2Fdetail&p_r_p_dispositionText=2022-01011&p_r_p_dispositionReference=2022-01011&p_r_p_dispositionDate=23%2F02%2F2022

[26]: Vigilancia de la Contaminación Atmosférica de Fondo Regional. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico [en línea]

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/Cap6_Fondo_tcm30-183390.pdf

[Último acceso 9 de septiembre 2022]

[27]: BOPA, Resolución de 18 de julio de 2017 de la Consejería de Infraestructuras, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, 186, de 11 de agosto 2017.

<https://sede.asturias.es/bopa/2017/08/11/2017-08819.pdf>

[28]: Unidades de medición de la Calidad del Aire, Siberzone [en línea]
<https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/unidades-de-medicion-calidad-del-aire-ppm-o-parte-por-millon/#:~:text=Una%20ppm%20se%20utiliza%20para,mill%C3%B3n%20de%20litros%20de%20aire.>
[Último acceso 9 de septiembre 2022]

[29]: *Montes D.*. Diagrama BoxPlot. Proyectos Gestión Conocimiento [en línea]
<https://www.pgconocimiento.com/diagrama-boxplot/>
[Último acceso 14 de septiembre 2022]

[30]: ¿Qué son las medias móviles (MA)?, Inversiones en Bolsa.online [en línea],
<https://inversionesenbolsa.online/que-son-las-medias-moviles-ma/>
[Último acceso 15 de septiembre 2022]

[31]: Muñiz, Ramón. 5 agosto de 2019. El área central en Asturias restringirá el tráfico y encarecerá su zona azul para reducir la contaminación. El Comercio [en línea]
<https://www.elcomercio.es/asturias/area-central-restringira-20190805001709-ntvo.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F>
[Último acceso 4 de octubre 2022]

[32]: *Moro M.*. 27 abril de 2012. El plan de movilidad restringe el tráfico y elimina 200 aparcamientos en el centro. El Comercio [en línea]
<https://www.elcomercio.es/v/20120427/gijon/plan-movilidad-restringe-traffic-20120427.html>
[Último acceso 4 de octubre 2022]

[33]: *Ordóñez J. A.*, 25 de junio 2012. Tráfico adopta el “plan 30” de Oviedo. La Nueva España [en línea]
<https://www.lne.es/asturias/2012/06/25/traffic-adopta-plan-30-oviedo-20863255.html>
[Último acceso 4 de octubre 2022]

[34]: *Ordóñez J. A.*, 30 de diciembre 2020. El nivel de ruido en Oviedo se desplomó desde 2013 por las limitaciones al tráfico, La Nueva España [en línea]
<https://www.lne.es/oviedo/2020/12/30/nivel-ruido-oviedo-desplomo-2013-26869074.html>
[Último acceso 4 de octubre 2022]

[35]: BOPA, Resolución de 18 de junio de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, 153, 3 de julio 2014.

https://sede.asturias.es/bopa-disposiciones?p_p_id=pa_sede_bopa_web_portlet_SedeBopaDispositionWeb&p_p_lifecycle=0&_pa_sede_bopa_webweb_portlet_SedeBopaDispositionWeb_mvcRenderCommandName=%2Fdisposition%2Fdetail&p_r_p_dispositionText=2014-11087&p_r_p_dispositionReference=2014-11087&p_r_p_dispositionDate=03%2F07%2F2014

[36]: Diario Oficial de la Unión Europea, Directiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de mayo de 2008 relativa a la calidad del aire ambiente y a una atmósfera más limpia en Europa.

<https://www.boe.es/doue/2008/152/L00001-00044.pdf>

[37]: *Galán Madruga D., Fernández Patier R.*, 22 de diciembre 2006, Implicación de los NO_x en la química atmosférica, Revista electrónica de Medioambiente UCM, Instituto de Salud Carlos III,

<https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-41377/2006%202%20david%20galan%20y%20otro.pdf>

[38]: Ozono troposférico, IDEAM – Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [en línea]

<http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/ozono-troposferico>
[Último acceso 12 de octubre 2022]

[39]: ¿Qué es la contaminación por ozono?, enviraIOT [en línea]

<https://enviraIoT.es/que-es-la-contaminacion-por-ozono/#:~:text=En%20la%20contaminaci%C3%B3n%20por%20ozono,que%20experimentan%20las%20emisiones%20urbanas.>

[Último acceso 12 de octubre 2022]

[40]: *Diéguez Rodríguez J. J., Millán Muñoz M.*, et al, Julio 2009, Estudio y evaluación de la contaminación atmosférica por ozono troposférico en España, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino,

https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/atmosfera-y-calidad-del-aire/8_A_Informe%20final%20ozono-ceam%20Julio%202009_tcm30-188048.pdf

[41]: Informe la calidad del aire en el Estado español durante 2010, septiembre 2011, Ecologistas en acción, <http://ibdigital.uib.es/greenstone/sites/localsite/collect/cd2/index/assoc/eea0030.dir/eea0030.pdf>

[42]: El dióxido de azufre SO₂, Instituto para la Salud Geoambiental [en línea] <https://www.saludgeoambiental.org/dioxido-azufre-so2/>

[Último acceso 12 de octubre 2022]

[43]: Benceno, Troposfera Portal temático de contaminación atmosférica [en línea] <https://www.troposfera.org/conceptos/contaminantes-quimicos-de-la-atmosfera/compuestos-organicos-volatiles/benceno/>

[Último acceso 13 de octubre 2022]

[44]: *Ojea L.*, 3 de mayo 2018, Asturias, el punto más negro de emisiones contaminantes por habitante de toda España, el Periódico de la Energía, <https://elperiodicodelaenergia.com/asturias-el-punto-mas-negro-de-emisiones-contaminantes-por-habitante-de-toda-espana/>

[45]: Las emisiones de carbón disparan el riesgo de mortalidad en Asturias, 7 de agosto 2019, la Voz de Asturias

<https://www.lavozdeasturias.es/noticia/asturias/2019/08/07/emisiones-carbon-disparan-riesgo-mortalidad-asturias/00031565175010554679942.htm>

[Ilustración 1]: *McMillan D.*, 22 de agosto 2012, Carbon monoxide, Chemistry World [en línea]

<https://www.chemistryworld.com/podcasts/carbon-monoxide/3005729.article>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[Ilustración 2]: Partículas en suspensión, Troposfera Portar temático de contaminación atmosférica [en línea]

<https://www.troposfera.org/conceptos/contaminantes-quimicos-de-la-atmosfera/particulas-pm10/>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[Ilustración 3]: Nitrogen Oxides, ENVIS Centre on Plants and Pollution [en línea]

http://www.nbrienvic.nic.in/Database/1_2039.aspx

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[Ilustración 4]: Sulfur dioxide, English wikipedia [en línea]

<https://en.m.wikipedia.org/wiki/File:Sulfur-dioxide-3D-balls.png>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[Ilustración 5]: Méndez A., Molécula de Ozono, La Guía [en línea]

<https://quimica.laguia2000.com/general/molecula-de-ozono>

[Último acceso: 3 de septiembre 2022]

[Ilustración 6]: Bolívar G., Benceno: historia, estructura, propiedades, derivados, usos, lifeder [en línea]

<https://www.lifeder.com/benceno/>

[Último acceso: 3 de septiembre]

[Ilustración 8]: Coleman D., 22 de diciembre 2015, Box Plot with Minitab, Lean Sigma Corporation [en línea]

<https://www.leansigmacorporation.com/box-plot-with-minitab/>

[Último acceso: 14 de septiembre 2022]

[Ilustración 64, Ilustración 65 e Ilustración 66]: BOPA, Resolución de 18 de junio de 2014, de la Consejería de Fomento, Ordenación del Territorio y Medio Ambiente, 153, 3 de julio 2014.

https://sede.asturias.es/bopa-disposiciones?p_p_id=pa_sede_bopa_web_portlet_SedeBopaDispositionWeb&p_p_lifecycle=0&_pa_sede_bopa_webweb_portlet_SedeBopaDispositionWeb_mvcRenderCommandName=%2Fdisposition%2Fdetail&p_r_p_dispositionText=2014-11087&p_r_p_dispositionReference=2014-11087&p_r_p_dispositionDate=03%2F07%2F2014

[Ilustración 67]: Rodríguez, N., 28 de mayo 2017, Estas son las empresas que más contaminan en Avilés, La Voz de Asturias, [en línea], <https://www.lavozdeasturias.es/noticia/aviles/2017/05/26/empresas-contaminan-aviles/00031495774655156340618.htm>

ANEXO

	Año	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	27.46	12.38	25.46
1	2011	27.93	11.5	26.04
2	2012	27.06	12.04	25.04
3	2013	26.05	10.43	24.38
4	2014	24.9	10.65	22.83
5	2015	25.8	12.82	23.25
6	2016	23.06	11.32	20.96
7	2017	24.46	12.46	22.25
8	2018	21.43	10.75	19.54

Tabla 26: Estadísticos PM10

	Año	Zona	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Zona Avilés	34.43	12.38	32.56
1	2010	Zona Gijón	30.34	13.38	28.12
2	2010	Zona Oviedo	26.33	11.82	24.38
3	2010	Zona cuencas	22.01	10.26	20.44
4	2010	Zona rural	23.87	7.38	22.91
5	2011	Zona Avilés	31.29	12.31	29.29
6	2011	Zona Gijón	29.42	12.26	27.2
7	2011	Zona Oviedo	28.13	11.58	26.48
8	2011	Zona cuencas	24.95	10.63	23.42
9	2011	Zona rural	25.65	7.68	24.46
10	2012	Zona Avilés	30.39	12.99	28.17
11	2012	Zona Gijón	26.17	11.89	23.54
12	2012	Zona Oviedo	26.05	12.19	23.54
13	2012	Zona cuencas	25.99	12.13	24.75
14	2012	Zona rural	27.41	9.16	26.21
15	2013	Zona Avilés	27.93	11.19	26.67
16	2013	Zona Gijón	27.2	11.18	24.56
17	2013	Zona Oviedo	26.57	10.98	24.17
18	2013	Zona cuencas	23.19	9.68	22.33
19	2013	Zona rural	25.85	6.31	24.87
20	2014	Zona Avilés	29.05	10.61	27.46
21	2014	Zona Gijón	28.53	11.64	25.79
22	2014	Zona Oviedo	24.32	10.74	21.88
23	2014	Zona cuencas	20.58	8.5	18.88
24	2014	Zona rural	21.31	6.86	20.94
25	2015	Zona Avilés	34.46	19	30.04
26	2015	Zona Gijón	25.47	10.52	23.46
27	2015	Zona Oviedo	25.14	10.38	23.21
28	2015	Zona cuencas	21.84	7.96	20.74
29	2015	Zona rural	20.45	6.57	19.51
30	2016	Zona Avilés	30.22	16.04	26.56
31	2016	Zona Gijón	22.1	9.28	20.46
32	2016	Zona Oviedo	23.05	9.33	21.21
33	2016	Zona cuencas	20.8	8.07	20.67
34	2016	Zona rural	16.31	5.35	15.4
35	2017	Zona Avilés	30.86	17.38	26.38
36	2017	Zona Gijón	24.13	9.66	22.71
37	2017	Zona Oviedo	24.81	10.08	23.17
38	2017	Zona cuencas	22.18	8.28	21.29
39	2017	Zona rural	17.2	12.21	14.75
40	2018	Zona Avilés	24.87	13.92	21.46
41	2018	Zona Gijón	23.69	10.14	21.96
42	2018	Zona Oviedo	19.87	10.16	18.17
43	2018	Zona cuencas	18.89	8.14	18.33
44	2018	Zona rural	17.85	6.2	17.12

Tabla 27: Estadísticos PM10 por zonas

	Año	Area	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Area Rural	23.87	7.38	22.91
1	2010	Area Suburbana	25.38	10.76	23.33
2	2010	Area Urbana	28.68	13.28	26.76
3	2011	Area Rural	25.65	7.68	24.46
4	2011	Area Suburbana	28.23	10.06	26.79
5	2011	Area Urbana	28.25	12.37	26.35
6	2012	Area Rural	27.41	9.16	26.21
7	2012	Area Suburbana	31.11	11	29.79
8	2012	Area Urbana	25.87	12.52	23.46
9	2013	Area Rural	25.85	6.31	24.87
10	2013	Area Suburbana	28.17	8.26	27.04
11	2013	Area Urbana	25.5	11.44	23.33
12	2014	Area Rural	21.31	6.86	20.94
13	2014	Area Suburbana	24.85	9.87	23.29
14	2014	Area Urbana	25.58	11.34	23.21
15	2015	Area Rural	20.45	6.57	19.51
16	2015	Area Suburbana	28.55	17.67	24.29
17	2015	Area Urbana	25.5	10.31	23.83
18	2016	Area Rural	16.31	5.35	15.4
19	2016	Area Suburbana	27.33	14.9	24.5
20	2016	Area Urbana	22.48	9.48	20.83
21	2017	Area Rural	17.2	12.21	14.75
22	2017	Area Suburbana	27.99	15.35	24.25
23	2017	Area Urbana	24.17	10.12	22.46
24	2018	Area Rural	17.85	6.2	17.12
25	2018	Area Suburbana	23.99	13.38	20.54
26	2018	Area Urbana	20.99	9.87	19.62

Tabla 28: Estadísticos PM10 por áreas

	Año	Tipo	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Tipo Fondo	23.38	9.38	22.42
1	2010	Tipo Industrial	23.34	10.89	21.6
2	2010	Tipo Tráfico	31.57	13.02	29.38
3	2011	Tipo Fondo	25.42	9.34	23.83
4	2011	Tipo Industrial	25.48	10.63	24.17
5	2011	Tipo Tráfico	30.48	12.35	28.29
6	2012	Tipo Fondo	26.13	10.47	24.54
7	2012	Tipo Industrial	27.23	12.35	26.73
8	2012	Tipo Tráfico	27.44	12.59	24.5
9	2013	Tipo Fondo	24.48	8.07	23.48
10	2013	Tipo Industrial	24.69	9.88	24.46
11	2013	Tipo Tráfico	27.52	11.49	25.08
12	2014	Tipo Fondo	21.68	8.27	20.42
13	2014	Tipo Industrial	23.11	9.92	21.44
14	2014	Tipo Tráfico	27.65	11.43	25.04
15	2015	Tipo Fondo	22.86	8.2	21.71
16	2015	Tipo Industrial	23.3	8.83	21.71
17	2015	Tipo Tráfico	28.75	15.73	25.64
18	2016	Tipo Fondo	19.12	7.31	17.83
19	2016	Tipo Industrial	22.14	9.02	21.62
20	2016	Tipo Tráfico	25.42	13.28	22.42
21	2017	Tipo Fondo	20.98	11.41	19.46
22	2017	Tipo Industrial	22.38	8.91	21.17
23	2017	Tipo Tráfico	27.27	13.95	24.29
24	2018	Tipo Fondo	18.16	7.51	17.25
25	2018	Tipo Industrial	18.89	8.9	17.92
26	2018	Tipo Tráfico	24.21	12.05	21.83

Tabla 29: Estadísticos PM10 por tipos de contaminación

	Año	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	0.38	0.23	0.34
1	2011	0.35	0.17	0.32
2	2012	0.36	0.17	0.34
3	2013	0.4	0.19	0.37
4	2014	0.34	0.16	0.33
5	2015	0.41	0.2	0.39
6	2016	0.44	0.23	0.4
7	2017	0.42	0.22	0.37
8	2018	0.44	0.24	0.39

Tabla 30: Estadísticos CO

	Año	Zona	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Zona Avilés	0.3	0.21	0.24
1	2010	Zona Gijón	0.38	0.28	0.35
2	2010	Zona Oviedo	0.42	0.23	0.39
3	2010	Zona cuencas	0.38	0.19	0.34
4	2010	Zona rural	0.38	0.16	0.35
5	2011	Zona Avilés	0.28	0.14	0.27
6	2011	Zona Gijón	0.38	0.19	0.36
7	2011	Zona Oviedo	0.39	0.17	0.36
8	2011	Zona cuencas	0.35	0.16	0.33
9	2011	Zona rural	0.3	0.15	0.27
10	2012	Zona Avilés	0.26	0.12	0.23
11	2012	Zona Gijón	0.37	0.18	0.35
12	2012	Zona Oviedo	0.4	0.18	0.38
13	2012	Zona cuencas	0.38	0.15	0.38
14	2012	Zona rural	0.36	0.17	0.34
15	2013	Zona Avilés	0.37	0.17	0.34
16	2013	Zona Gijón	0.43	0.22	0.4
17	2013	Zona Oviedo	0.43	0.16	0.4
18	2013	Zona cuencas	0.41	0.16	0.4
19	2013	Zona rural	0.3	0.17	0.27
20	2014	Zona Avilés	0.27	0.13	0.24
21	2014	Zona Gijón	0.38	0.2	0.37
22	2014	Zona Oviedo	0.39	0.16	0.38
23	2014	Zona cuencas	0.33	0.13	0.32
24	2014	Zona rural	0.28	0.12	0.27
25	2015	Zona Avilés	0.4	0.16	0.36
26	2015	Zona Gijón	0.39	0.24	0.33
27	2015	Zona Oviedo	0.48	0.2	0.48
28	2015	Zona cuencas	0.42	0.19	0.42
29	2015	Zona rural	0.35	0.14	0.34
30	2016	Zona Avilés	0.39	0.22	0.35
31	2016	Zona Gijón	0.45	0.24	0.39
32	2016	Zona Oviedo	0.52	0.24	0.5
33	2016	Zona cuencas	0.44	0.22	0.41
34	2016	Zona rural	0.32	0.15	0.31
35	2017	Zona Avilés	0.4	0.2	0.36
36	2017	Zona Gijón	0.43	0.24	0.35
37	2017	Zona Oviedo	0.48	0.22	0.45
38	2017	Zona cuencas	0.45	0.21	0.41
39	2017	Zona rural	0.26	0.16	0.22
40	2018	Zona Avilés	0.48	0.23	0.41
41	2018	Zona Gijón	0.4	0.22	0.34
42	2018	Zona Oviedo	0.53	0.23	0.52
43	2018	Zona cuencas	0.51	0.24	0.48
44	2018	Zona rural	0.24	0.16	0.18

Tabla 31: Estadísticos CO por zonas

	Año	Area	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Area Rural	0.38	0.16	0.35
1	2010	Area Suburbana	0.4	0.17	0.39
2	2010	Area Urbana	0.38	0.24	0.34
3	2011	Area Rural	0.3	0.15	0.27
4	2011	Area Suburbana	0.36	0.18	0.33
5	2011	Area Urbana	0.36	0.17	0.33
6	2012	Area Rural	0.36	0.17	0.34
7	2012	Area Suburbana	0.41	0.18	0.41
8	2012	Area Urbana	0.36	0.17	0.34
9	2013	Area Rural	0.3	0.17	0.27
10	2013	Area Suburbana	0.37	0.2	0.32
11	2013	Area Urbana	0.42	0.18	0.39
12	2014	Area Rural	0.28	0.12	0.27
13	2014	Area Suburbana	0.29	0.17	0.23
14	2014	Area Urbana	0.37	0.16	0.35
15	2015	Area Rural	0.35	0.14	0.34
16	2015	Area Suburbana	0.36	0.2	0.3
17	2015	Area Urbana	0.44	0.21	0.43
18	2016	Area Rural	0.32	0.15	0.31
19	2016	Area Suburbana	0.37	0.27	0.25
20	2016	Area Urbana	0.48	0.22	0.45
21	2017	Area Rural	0.26	0.16	0.22
22	2017	Area Suburbana	0.37	0.19	0.32
23	2017	Area Urbana	0.46	0.23	0.42
24	2018	Area Rural	0.24	0.16	0.18
25	2018	Area Suburbana	0.55	0.24	0.49
26	2018	Area Urbana	0.46	0.23	0.41

Tabla 32: Estadísticos CO por áreas

	Año	Tipo	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Tipo Fondo	0.41	0.17	0.39
1	2010	Tipo Industrial	0.33	0.17	0.29
2	2010	Tipo Tráfico	0.38	0.26	0.33
3	2011	Tipo Fondo	0.35	0.15	0.33
4	2011	Tipo Industrial	0.33	0.17	0.3
5	2011	Tipo Tráfico	0.35	0.18	0.32
6	2012	Tipo Fondo	0.37	0.15	0.36
7	2012	Tipo Industrial	0.37	0.16	0.38
8	2012	Tipo Tráfico	0.35	0.18	0.32
9	2013	Tipo Fondo	0.37	0.17	0.35
10	2013	Tipo Industrial	0.41	0.17	0.4
11	2013	Tipo Tráfico	0.41	0.2	0.38
12	2014	Tipo Fondo	0.35	0.14	0.33
13	2014	Tipo Industrial	0.32	0.16	0.28
14	2014	Tipo Tráfico	0.35	0.18	0.34
15	2015	Tipo Fondo	0.45	0.18	0.43
16	2015	Tipo Industrial	0.42	0.2	0.42
17	2015	Tipo Tráfico	0.4	0.21	0.36
18	2016	Tipo Fondo	0.4	0.18	0.38
19	2016	Tipo Industrial	0.51	0.27	0.55
20	2016	Tipo Tráfico	0.43	0.23	0.39
21	2017	Tipo Fondo	0.37	0.22	0.31
22	2017	Tipo Industrial	0.48	0.22	0.44
23	2017	Tipo Tráfico	0.42	0.22	0.37
24	2018	Tipo Fondo	0.35	0.23	0.3
25	2018	Tipo Industrial	0.62	0.21	0.61
26	2018	Tipo Tráfico	0.45	0.23	0.39

Tabla 33: Estadísticos por tipos de contaminación

	Año	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	27.05	14.26	24.88
1	2011	26.21	13.63	23.5
2	2012	25.3	14.32	22.67
3	2013	23.26	14.09	20.54
4	2014	21.01	11.86	18.62
5	2015	21.64	12.77	19.17
6	2016	18.58	11.19	16.21
7	2017	20.18	11.78	17.71
8	2018	19.27	11.55	17.12

Tabla 34: Estadísticos NO₂

	Año	Zona	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Zona Avilés	30.52	13.77	29.17
1	2010	Zona Gijón	33.84	13.95	32.42
2	2010	Zona Oviedo	30.43	15.69	29.5
3	2010	Zona cuencas	21.88	9.27	20.8
4	2010	Zona rural	13.49	7.1	12.46
5	2011	Zona Avilés	29.48	12.75	27.92
6	2011	Zona Gijón	31.55	14.38	28.92
7	2011	Zona Oviedo	30.69	15.48	28.24
8	2011	Zona cuencas	20.85	8.61	19.56
9	2011	Zona rural	14.81	6.07	13.9
10	2012	Zona Avilés	30.14	12.95	28.46
11	2012	Zona Gijón	28.9	15.96	26.62
12	2012	Zona Oviedo	29.63	16.28	26.83
13	2012	Zona cuencas	20.42	9.53	18.88
14	2012	Zona rural	14.33	7.03	12.83
15	2013	Zona Avilés	26.35	13.26	24.54
16	2013	Zona Gijón	29.92	13.92	27.43
17	2013	Zona Oviedo	25.36	15.81	21.85
18	2013	Zona cuencas	18.28	10.97	16.46
19	2013	Zona rural	12.18	6.42	10.71
20	2014	Zona Avilés	22.62	13.67	19.88
21	2014	Zona Gijón	26.63	10.11	24.88
22	2014	Zona Oviedo	23.6	12.47	21.46
23	2014	Zona cuencas	17	8.67	15.12
24	2014	Zona rural	10.28	4.83	9.15
25	2015	Zona Avilés	23.74	13.36	21.12
26	2015	Zona Gijón	24.06	11.68	22.54
27	2015	Zona Oviedo	24.89	14.91	22.83
28	2015	Zona cuencas	18.72	9.74	16.83
29	2015	Zona rural	12.73	8.16	10.83
30	2016	Zona Avilés	21.91	12.23	20.25
31	2016	Zona Gijón	20.14	10.39	18.19
32	2016	Zona Oviedo	22.04	12.93	19.75
33	2016	Zona cuencas	14.94	7.04	13.96
34	2016	Zona rural	9.79	5.32	8.78
35	2017	Zona Avilés	23.71	11.12	22.08
36	2017	Zona Gijón	26.67	11.72	24.96
37	2017	Zona Oviedo	20.83	12.69	17.81
38	2017	Zona cuencas	15.03	6.89	13.58
39	2017	Zona rural	9.47	5.35	8
40	2018	Zona Avilés	19.62	9	18.4
41	2018	Zona Gijón	25.57	11.92	23.5
42	2018	Zona Oviedo	22.49	12.74	20.04
43	2018	Zona cuencas	14.38	8.12	12.7
44	2018	Zona rural	8.41	4.93	6.79

Tabla 35: Estadísticos NO₂ por zonas

	Año	Area	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Area Rural	13.49	7.1	12.46
1	2010	Area Suburbana	22.48	8.83	21.54
2	2010	Area Urbana	30.75	14.6	29.6
3	2011	Area Rural	14.81	6.07	13.9
4	2011	Area Suburbana	21.75	8.15	20.83
5	2011	Area Urbana	29.48	14.37	27.29
6	2012	Area Rural	14.33	7.03	12.83
7	2012	Area Suburbana	21.67	9.19	20.17
8	2012	Area Urbana	28.31	15.24	26.04
9	2013	Area Rural	12.18	6.42	10.71
10	2013	Area Suburbana	18.24	9.3	15.75
11	2013	Area Urbana	26.64	14.73	24.29
12	2014	Area Rural	10.28	4.83	9.15
13	2014	Area Suburbana	18	9.95	15.67
14	2014	Area Urbana	24.06	11.99	22.29
15	2015	Area Rural	12.73	8.16	10.83
16	2015	Area Suburbana	19.17	10.74	16.96
17	2015	Area Urbana	24.58	13.34	22.25
18	2016	Area Rural	9.79	5.32	8.78
19	2016	Area Suburbana	17.15	9.85	15.06
20	2016	Area Urbana	20.81	11.61	18.67
21	2017	Area Rural	9.47	5.35	8
22	2017	Area Suburbana	18.64	9.54	16.71
23	2017	Area Urbana	22.95	12.32	20.83
24	2018	Area Rural	8.41	4.93	6.79
25	2018	Area Suburbana	16.19	9.17	14.29
26	2018	Area Urbana	22.53	11.75	20.46

Tabla 36: Estadísticos NO₂ por áreas

	Año	Tipo	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Tipo Fondo	16.75	9.78	15.04
1	2010	Tipo Industrial	22.36	9.05	21.32
2	2010	Tipo Tráfico	34.55	14.08	33.38
3	2011	Tipo Fondo	17.71	9.15	15.67
4	2011	Tipo Industrial	21.22	8.23	20.31
5	2011	Tipo Tráfico	33.12	14.19	31.04
6	2012	Tipo Fondo	17.45	9.86	14.79
7	2012	Tipo Industrial	20.62	9.22	19.33
8	2012	Tipo Tráfico	31.67	15.43	29.83
9	2013	Tipo Fondo	16.26	10.9	13.58
10	2013	Tipo Industrial	16.83	9.7	14.92
11	2013	Tipo Tráfico	30.01	14.14	27.54
12	2014	Tipo Fondo	14.3	9.47	11.56
13	2014	Tipo Industrial	17.43	9.43	15.23
14	2014	Tipo Tráfico	26.61	11.7	24.88
15	2015	Tipo Fondo	16.95	11.77	14.17
16	2015	Tipo Industrial	17.95	9.48	15.96
17	2015	Tipo Tráfico	26.16	13.41	24.54
18	2016	Tipo Fondo	12.61	8	10.75
19	2016	Tipo Industrial	16.63	8.97	15.02
20	2016	Tipo Tráfico	22.48	12.05	20.21
21	2017	Tipo Fondo	12	7.42	10
22	2017	Tipo Industrial	16.95	8.21	15.43
23	2017	Tipo Tráfico	25.81	12.24	24.17
24	2018	Tipo Fondo	12.03	7.81	10.1
25	2018	Tipo Industrial	14.92	8.56	13.29
26	2018	Tipo Tráfico	24.76	11.56	23

Tabla 37: Estadísticos NO₂ por tipos de contaminación

	Año	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	16.37	19.78	10.17
1	2011	15.26	17.47	9.54
2	2012	14.04	17.22	8.33
3	2013	14.02	19.15	8.38
4	2014	12.15	14.58	7.29
5	2015	14.87	19.94	7.74
6	2016	13.05	17.97	6.71
7	2017	12.37	16.42	6.32
8	2018	11.96	16.77	6.5

Tabla 38: Estadísticos NO

	Año	Zona	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Zona Avilés	23.49	24.67	15.06
1	2010	Zona Gijón	19.56	20.47	13.58
2	2010	Zona Oviedo	20.72	24.25	13.25
3	2010	Zona cuencas	9.66	8.72	7.49
4	2010	Zona rural	6.02	4.33	4.67
5	2011	Zona Avilés	22.26	22.62	14.25
6	2011	Zona Gijón	17.61	16.49	12.04
7	2011	Zona Oviedo	19.19	21.9	11.71
8	2011	Zona cuencas	8.45	6.84	6.17
9	2011	Zona rural	7.64	6.21	6.06
10	2012	Zona Avilés	19.73	19.37	13.08
11	2012	Zona Gijón	15.06	17.15	9.88
12	2012	Zona Oviedo	20.57	23.5	13.29
13	2012	Zona cuencas	7.77	7.7	5.25
14	2012	Zona rural	6.2	4.33	4.79
15	2013	Zona Avilés	20.39	22	12.78
16	2013	Zona Gijón	15.39	20.28	8.79
17	2013	Zona Oviedo	18.45	25.08	11.33
18	2013	Zona cuencas	7.88	9.16	5
19	2013	Zona rural	7.4	8.05	4.92
20	2014	Zona Avilés	17.79	18.15	11.83
21	2014	Zona Gijón	12.65	12.7	7.96
22	2014	Zona Oviedo	16.65	18.87	10.29
23	2014	Zona cuencas	6.39	5.74	4.42
24	2014	Zona rural	5.28	3.08	4.12
25	2015	Zona Avilés	23.26	25.78	13.02
26	2015	Zona Gijón	15.04	16.98	8.54
27	2015	Zona Oviedo	18.9	24.71	10.46
28	2015	Zona cuencas	7.97	7.99	5.25
29	2015	Zona rural	5.47	5.65	3.33
30	2016	Zona Avilés	22.04	24.21	13.19
31	2016	Zona Gijón	12.34	13.59	7.4
32	2016	Zona Oviedo	15.65	22.41	7.67
33	2016	Zona cuencas	7.08	6.4	4.79
34	2016	Zona rural	4.72	4.19	3.33
35	2017	Zona Avilés	18.44	19.26	11.04
36	2017	Zona Gijón	12.79	13.5	8.38
37	2017	Zona Oviedo	15.75	22.64	6.88
38	2017	Zona cuencas	6.85	6.26	4.96
39	2017	Zona rural	4.47	3.9	3.29
40	2018	Zona Avilés	15.05	15.16	9.85
41	2018	Zona Gijón	13.8	16.42	8.25
42	2018	Zona Oviedo	15.34	24.39	7.54
43	2018	Zona cuencas	6.99	8.42	4.42
44	2018	Zona rural	4.45	3.75	3.26

Tabla 39: Estadísticos NO por zonas

	Año	Area	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Area Rural	6.02	4.33	4.67
1	2010	Area Suburbana	9.59	9.91	6.29
2	2010	Area Urbana	20.1	22.22	12.92
3	2011	Area Rural	7.64	6.21	6.06
4	2011	Area Suburbana	9.62	8.69	6.83
5	2011	Area Urbana	18.19	19.72	11.67
6	2012	Area Rural	6.2	4.33	4.79
7	2012	Area Suburbana	8.92	9.11	5.83
8	2012	Area Urbana	16.88	19.49	10.71
9	2013	Area Rural	7.4	8.05	4.92
10	2013	Area Suburbana	9.78	11.32	7.25
11	2013	Area Urbana	16.39	21.64	9.73
12	2014	Area Rural	5.28	3.08	4.12
13	2014	Area Suburbana	10.15	12.9	6.04
14	2014	Area Urbana	14.13	15.88	8.71
15	2015	Area Rural	5.47	5.65	3.33
16	2015	Area Suburbana	14.15	19.51	7.08
17	2015	Area Urbana	17.05	21.33	9.29
18	2016	Area Rural	4.72	4.19	3.33
19	2016	Area Suburbana	13.85	19.2	7.12
20	2016	Area Urbana	14.26	18.59	7.74
21	2017	Area Rural	4.47	3.9	3.29
22	2017	Area Suburbana	13.49	16.43	7.12
23	2017	Area Urbana	13.34	17.45	6.92
24	2018	Area Rural	4.45	3.75	3.26
25	2018	Area Suburbana	12.77	16.43	7.08
26	2018	Area Urbana	12.97	17.96	7.46

Tabla 40: Estadísticos NO por áreas

	Año	Tipo	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Tipo Fondo	7.11	6.96	5.08
1	2010	Tipo Industrial	10.35	9.57	7.79
2	2010	Tipo Tráfico	24.01	24.38	16.17
3	2011	Tipo Fondo	7.26	6.41	5.3
4	2011	Tipo Industrial	9.45	8.14	6.73
5	2011	Tipo Tráfico	22.35	21.52	14.96
6	2012	Tipo Fondo	6.96	6.36	5.04
7	2012	Tipo Industrial	8.58	8.65	5.67
8	2012	Tipo Tráfico	20.41	21.41	13.67
9	2013	Tipo Fondo	8.37	9.53	5.34
10	2013	Tipo Industrial	8.81	10.38	6
11	2013	Tipo Tráfico	19.49	24	11.54
12	2014	Tipo Fondo	6.94	5.92	5.21
13	2014	Tipo Industrial	9.32	11.81	5.53
14	2014	Tipo Tráfico	16.54	17.59	10.56
15	2015	Tipo Fondo	8.43	8.79	5.42
16	2015	Tipo Industrial	10.51	14.95	5.58
17	2015	Tipo Tráfico	20.64	24.37	11.38
18	2016	Tipo Fondo	5.31	5.7	3.21
19	2016	Tipo Industrial	10.78	14.63	6.04
20	2016	Tipo Tráfico	17.97	21.59	10.04
21	2017	Tipo Fondo	5	5.49	3.5
22	2017	Tipo Industrial	10.51	13.66	6
23	2017	Tipo Tráfico	16.84	19.52	9.92
24	2018	Tipo Fondo	4.75	6.57	3.08
25	2018	Tipo Industrial	10.87	14.73	6.33
26	2018	Tipo Tráfico	15.74	19.55	9.32

Tabla 41: Estadísticos NO por tipos de contaminación

	Año	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	7.05	6.08	5.21
1	2011	6.77	5.76	5.08
2	2012	7.66	6.12	6
3	2013	7.08	7.41	5.33
4	2014	6.28	4.93	5.04
5	2015	7.52	6.72	5.86
6	2016	6.41	4.33	5.38
7	2017	7.02	5.13	5.75
8	2018	7.11	4.76	5.96

Tabla 42: Estadísticos SO₂

	Año	Zona	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Zona Avilés	8.98	5.72	7.6
1	2010	Zona Gijón	6.12	4.81	4.68
2	2010	Zona Oviedo	10.7	8.84	8.21
3	2010	Zona cuencas	5.48	4.14	4.31
4	2010	Zona rural	3.55	1.86	2.92
5	2011	Zona Avilés	6.86	4.78	5.5
6	2011	Zona Gijón	5.89	4.29	4.5
7	2011	Zona Oviedo	10.46	9.49	7.52
8	2011	Zona cuencas	5.99	3.08	5.38
9	2011	Zona rural	4.08	2.35	3.36
10	2012	Zona Avilés	8.05	5.49	6.57
11	2012	Zona Gijón	6.45	4.17	5.46
12	2012	Zona Oviedo	11.44	10.11	8.21
13	2012	Zona cuencas	7.07	3.66	6.26
14	2012	Zona rural	4.88	2.27	4.21
15	2013	Zona Avilés	6.53	4.49	5.5
16	2013	Zona Gijón	6.24	4.84	4.96
17	2013	Zona Oviedo	12	13.94	8.04
18	2013	Zona cuencas	5.98	3.02	5.46
19	2013	Zona rural	4.45	2.66	3.67
20	2014	Zona Avilés	5.22	4.21	3.92
21	2014	Zona Gijón	4.92	3.13	3.96
22	2014	Zona Oviedo	8.86	7.67	6.88
23	2014	Zona cuencas	6.62	2.93	6.04
24	2014	Zona rural	4.7	2.11	4.19
25	2015	Zona Avilés	7.26	7.49	4.83
26	2015	Zona Gijón	5.84	4.27	4.46
27	2015	Zona Oviedo	10.61	10.1	7.79
28	2015	Zona cuencas	7.33	2.89	6.88
29	2015	Zona rural	5.3	2.35	4.61
30	2016	Zona Avilés	7.52	6.15	5.67
31	2016	Zona Gijón	5.36	3.07	4.58
32	2016	Zona Oviedo	7.51	4.86	6.33
33	2016	Zona cuencas	6.1	2.82	5.92
34	2016	Zona rural	4.9	2.11	4.71
35	2017	Zona Avilés	7.9	7.03	5.79
36	2017	Zona Gijón	6.17	3.59	5.46
37	2017	Zona Oviedo	8.25	5.76	6.79
38	2017	Zona cuencas	6.49	3.86	5.58
39	2017	Zona rural	5.69	3.37	4.96
40	2018	Zona Avilés	7.8	6.34	5.96
41	2018	Zona Gijón	5.46	3.28	4.6
42	2018	Zona Oviedo	7.3	4.89	5.89
43	2018	Zona cuencas	8.3	4.1	7.17
44	2018	Zona rural	6.41	3.16	5.73

Tabla 43: Estadísticos SO₂ por zonas

	Año	Area	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Area Rural	3.55	1.86	2.92
1	2010	Area Suburbana	7.21	6.17	5.43
2	2010	Area Urbana	7.64	6.34	5.88
3	2011	Area Rural	4.08	2.35	3.36
4	2011	Area Suburbana	6.81	4.88	5.44
5	2011	Area Urbana	7.23	6.26	5.42
6	2012	Area Rural	4.88	2.27	4.21
7	2012	Area Suburbana	8.97	5.72	7.83
8	2012	Area Urbana	7.81	6.54	6.04
9	2013	Area Rural	4.45	2.66	3.67
10	2013	Area Suburbana	7.42	4.46	6.54
11	2013	Area Urbana	7.46	8.47	5.38
12	2014	Area Rural	4.7	2.11	4.19
13	2014	Area Suburbana	7.21	4.57	6.08
14	2014	Area Urbana	6.22	5.34	4.83
15	2015	Area Rural	5.3	2.35	4.61
16	2015	Area Suburbana	8.88	6.84	7.57
17	2015	Area Urbana	7.28	7.08	5.54
18	2016	Area Rural	4.9	2.11	4.71
19	2016	Area Suburbana	7.69	5.83	6.19
20	2016	Area Urbana	6.15	3.7	5.33
21	2017	Area Rural	5.69	3.37	4.96
22	2017	Area Suburbana	8.52	6.6	6.92
23	2017	Area Urbana	6.56	4.39	5.5
24	2018	Area Rural	6.41	3.16	5.73
25	2018	Area Suburbana	8.67	6.33	7.17
26	2018	Area Urbana	6.57	4.01	5.62

Tabla 44: Estadísticos SO₂ por áreas

	Año	Tipo	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Tipo Fondo	5.34	5.09	3.75
1	2010	Tipo Industrial	6.66	5.74	4.98
2	2010	Tipo Tráfico	8.1	6.47	6.25
3	2011	Tipo Fondo	5.74	5.66	4.09
4	2011	Tipo Industrial	6.54	4.39	5.38
5	2011	Tipo Tráfico	7.41	6.32	5.42
6	2012	Tipo Fondo	6.44	5.57	4.92
7	2012	Tipo Industrial	8.12	5.25	6.71
8	2012	Tipo Tráfico	8.05	6.69	6.21
9	2013	Tipo Fondo	6.05	8.71	4.12
10	2013	Tipo Industrial	6.82	4.09	5.79
11	2013	Tipo Tráfico	7.73	7.91	5.67
12	2014	Tipo Fondo	6.26	5.63	5.08
13	2014	Tipo Industrial	6.84	4.2	5.79
14	2014	Tipo Tráfico	5.94	4.95	4.33
15	2015	Tipo Fondo	7.27	7.89	5.38
16	2015	Tipo Industrial	7.66	4.48	6.96
17	2015	Tipo Tráfico	7.56	7.21	5.25
18	2016	Tipo Fondo	5.35	2.85	4.92
19	2016	Tipo Industrial	7.11	4.15	6.21
20	2016	Tipo Tráfico	6.51	4.87	5.15
21	2017	Tipo Fondo	6.27	3.59	5.46
22	2017	Tipo Industrial	7.05	4.36	5.96
23	2017	Tipo Tráfico	7.35	6.02	5.79
24	2018	Tipo Fondo	6.7	3.42	6.04
25	2018	Tipo Industrial	7.44	4.23	6.38
26	2018	Tipo Tráfico	7.11	5.46	5.6

Tabla 45: Estadísticos SO₂ por tipos de contaminación

	Año	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	42.58	16.63	42.92
1	2011	40.3	17.15	39.71
2	2012	41.58	18.16	41
3	2013	43.12	19.15	43.5
4	2014	42.33	18.66	41.28
5	2015	37.22	16.9	38.44
6	2016	37.39	17.9	36.75
7	2017	38.65	16.3	38.58
8	2018	45.14	17.74	45.08

Tabla 46: Estadísticos ozono

	Año	Zona	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Zona Avilés	42.67	18.4	42.49
1	2010	Zona Gijón	39.67	14.92	39.48
2	2010	Zona Oviedo	44.79	17.39	45.48
3	2010	Zona cuencas	41.34	16.21	41.88
4	2010	Zona rural	47.34	15.13	48.43
5	2011	Zona Avilés	37.82	18.38	36.5
6	2011	Zona Gijón	36.37	13.94	36.29
7	2011	Zona Oviedo	44.9	18.83	44.62
8	2011	Zona cuencas	40.45	16.93	40.38
9	2011	Zona rural	44.19	15.81	43.96
10	2012	Zona Avilés	41.67	19.47	41.17
11	2012	Zona Gijón	35.93	15.27	35.96
12	2012	Zona Oviedo	45.24	19.32	45.83
13	2012	Zona cuencas	42.65	17.74	42
14	2012	Zona rural	44.37	17.7	44.75
15	2013	Zona Avilés	39.04	18.93	38.67
16	2013	Zona Gijón	41.29	18.4	42.21
17	2013	Zona Oviedo	48.56	21.31	49.36
18	2013	Zona cuencas	40.75	17.54	41.2
19	2013	Zona rural	49.57	17.25	51.08
20	2014	Zona Avilés	36.11	17.17	34.33
21	2014	Zona Gijón	42.56	18.28	42
22	2014	Zona Oviedo	45.3	19.44	44.58
23	2014	Zona cuencas	38.01	15.66	37.58
24	2014	Zona rural	53.86	18.92	53.66
25	2015	Zona Avilés	36.49	17.4	39
26	2015	Zona Gijón	36.87	16.91	38.92
27	2015	Zona Oviedo	39.24	17.11	40.88
28	2015	Zona cuencas	32.44	14.34	32.56
29	2015	Zona rural	44.25	17.5	45.33
30	2016	Zona Avilés	36.6	17.88	36.96
31	2016	Zona Gijón	36.16	16.92	35.93
32	2016	Zona Oviedo	41.24	18.3	42.5
33	2016	Zona cuencas	33.26	15.92	31.96
34	2016	Zona rural	41.55	20.24	39.19
35	2017	Zona Avilés	31.03	14.72	30.21
36	2017	Zona Gijón	38.59	16.07	38.42
37	2017	Zona Oviedo	41.3	16.48	42.14
38	2017	Zona cuencas	39.5	16.28	38.54
39	2017	Zona rural	41.88	15.26	41.21
40	2018	Zona Avilés	40.31	14.47	40.02
41	2018	Zona Gijón	46.48	19.51	47.33
42	2018	Zona Oviedo	46.74	18.87	46.96
43	2018	Zona cuencas	45.02	17.3	45.62
44	2018	Zona rural	46.69	15.51	46.33

Tabla 47: Estadísticos ozono por zonas

	Año	Area	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Area Rural	47.34	15.13	48.43
1	2010	Area Suburbana	44.6	16.97	44.12
2	2010	Area Urbana	41.16	16.58	41.42
3	2011	Area Rural	44.19	15.81	43.96
4	2011	Area Suburbana	41.38	16.99	41
5	2011	Area Urbana	39.31	17.31	38.35
6	2012	Area Rural	44.37	17.7	44.75
7	2012	Area Suburbana	42.75	17.51	42.42
8	2012	Area Urbana	40.74	18.36	39.77
9	2013	Area Rural	49.57	17.25	51.08
10	2013	Area Suburbana	41.65	18.08	41.92
11	2013	Area Urbana	42.35	19.54	42.62
12	2014	Area Rural	53.86	18.92	53.66
13	2014	Area Suburbana	39.68	16.62	38.58
14	2014	Area Urbana	41.19	18.57	40.29
15	2015	Area Rural	44.25	17.5	45.33
16	2015	Area Suburbana	34.36	15.88	34.58
17	2015	Area Urbana	36.98	16.79	38.62
18	2016	Area Rural	41.55	20.24	39.19
19	2016	Area Suburbana	32.32	15.28	31.65
20	2016	Area Urbana	38.47	17.95	38.42
21	2017	Area Rural	41.88	15.26	41.21
22	2017	Area Suburbana	37.11	16.59	36.38
23	2017	Area Urbana	38.62	16.29	38.79
24	2018	Area Rural	46.69	15.51	46.33
25	2018	Area Suburbana	41.99	16.56	41.5
26	2018	Area Urbana	45.91	18.36	46.4

Tabla 48: Estadísticos ozono por áreas

	Año	Tipo	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Tipo Fondo	48.25	16.19	48.75
1	2010	Tipo Industrial	43.3	17.09	43.1
2	2010	Tipo Tráfico	39.38	15.8	39.33
3	2011	Tipo Fondo	46.73	17.72	46.33
4	2011	Tipo Industrial	40.45	16.91	40.38
5	2011	Tipo Tráfico	36.95	16	36.46
6	2012	Tipo Fondo	47.21	18.71	47.34
7	2012	Tipo Industrial	42.12	17.62	41.92
8	2012	Tipo Tráfico	38.41	17.41	37.87
9	2013	Tipo Fondo	49.87	19.68	50.94
10	2013	Tipo Industrial	41.67	17.79	42.19
11	2013	Tipo Tráfico	40.45	18.74	40.75
12	2014	Tipo Fondo	51.37	19.44	50.75
13	2014	Tipo Industrial	39.71	16.34	38.71
14	2014	Tipo Tráfico	39.44	18.18	38.34
15	2015	Tipo Fondo	42.77	17.52	44.08
16	2015	Tipo Industrial	34.4	15.53	35.02
17	2015	Tipo Tráfico	36.12	16.77	38.04
18	2016	Tipo Fondo	42.89	19.57	41.93
19	2016	Tipo Industrial	32.52	15.6	32.21
20	2016	Tipo Tráfico	37.66	17.53	37.96
21	2017	Tipo Fondo	42.69	15.41	42.25
22	2017	Tipo Industrial	37.34	16.62	36.58
23	2017	Tipo Tráfico	37.39	16.19	37.71
24	2018	Tipo Fondo	49.44	16.8	49.25
25	2018	Tipo Industrial	42.19	16.78	41.79
26	2018	Tipo Tráfico	44.72	18.33	44.83

Tabla 49: Estadísticos ozono por tipos de contaminación

	Año	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	1.36	1.65	0.81
1	2011	1.35	2	0.69
2	2012	0.71	1	0.41
3	2013	0.86	1.38	0.36
4	2014	0.91	1.21	0.48
5	2015	1.18	1.41	0.56
6	2016	1.47	2.05	0.77
7	2017	0.91	0.99	0.56
8	2018	0.91	0.91	0.57

Tabla 50: Estadísticos benceno

	Año	Zona	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Zona Avilés	2.31	2.71	1.03
1	2010	Zona Gijón	0.6	0.52	0.46
2	2010	Zona Oviedo	1.7	0.95	1.53
3	2010	Zona cuencas	0.82	0.59	0.65
4	2010	Zona rural	nan	nan	nan
5	2011	Zona Avilés	3.09	3.3	1.66
6	2011	Zona Gijón	0.56	0.41	0.46
7	2011	Zona Oviedo	0.94	0.92	0.6
8	2011	Zona cuencas	0.85	0.56	0.76
9	2011	Zona rural	nan	nan	nan
10	2012	Zona Avilés	1.39	1.71	0.81
11	2012	Zona Gijón	0.41	0.29	0.34
12	2012	Zona Oviedo	0.56	0.36	0.46
13	2012	Zona cuencas	0.48	0.5	0.24
14	2012	Zona rural	nan	nan	nan
15	2013	Zona Avilés	1.98	2.2	1.04
16	2013	Zona Gijón	0.36	0.31	0.27
17	2013	Zona Oviedo	0.66	0.68	0.43
18	2013	Zona cuencas	0.43	0.57	0.17
19	2013	Zona rural	nan	nan	nan
20	2014	Zona Avilés	2.01	1.88	1.58
21	2014	Zona Gijón	0.35	0.26	0.26
22	2014	Zona Oviedo	0.76	0.41	0.63
23	2014	Zona cuencas	0.49	0.6	0.3
24	2014	Zona rural	nan	nan	nan
25	2015	Zona Avilés	2.5	1.82	2.22
26	2015	Zona Gijón	0.73	1.18	0.32
27	2015	Zona Oviedo	0.53	0.27	0.45
28	2015	Zona cuencas	0.94	0.82	0.65
29	2015	Zona rural	nan	nan	nan
30	2016	Zona Avilés	3.39	3.26	2.34
31	2016	Zona Gijón	0.7	0.45	0.55
32	2016	Zona Oviedo	1.04	0.8	0.8
33	2016	Zona cuencas	0.73	0.5	0.61
34	2016	Zona rural	nan	nan	nan
35	2017	Zona Avilés	1.7	1.52	1.26
36	2017	Zona Gijón	0.54	0.43	0.42
37	2017	Zona Oviedo	0.5	0.3	0.41
38	2017	Zona cuencas	0.85	0.56	0.72
39	2017	Zona rural	nan	nan	nan
40	2018	Zona Avilés	1.64	1.26	1.25
41	2018	Zona Gijón	0.58	0.42	0.44
42	2018	Zona Oviedo	0.74	0.77	0.45
43	2018	Zona cuencas	0.67	0.5	0.49
44	2018	Zona rural	nan	nan	nan

Tabla 51: Estadísticos benceno por zonas

	Año	Area	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Area Rural	nan	nan	nan
1	2010	Area Suburbana	2.31	2.71	1.03
2	2010	Area Urbana	1.04	0.86	0.77
3	2011	Area Rural	nan	nan	nan
4	2011	Area Suburbana	3.09	3.3	1.66
5	2011	Area Urbana	0.79	0.69	0.6
6	2012	Area Rural	nan	nan	nan
7	2012	Area Suburbana	1.39	1.71	0.81
8	2012	Area Urbana	0.48	0.4	0.37
9	2013	Area Rural	nan	nan	nan
10	2013	Area Suburbana	1.98	2.2	1.04
11	2013	Area Urbana	0.48	0.56	0.3
12	2014	Area Rural	nan	nan	nan
13	2014	Area Suburbana	2.01	1.88	1.58
14	2014	Area Urbana	0.54	0.48	0.4
15	2015	Area Rural	nan	nan	nan
16	2015	Area Suburbana	2.5	1.82	2.22
17	2015	Area Urbana	0.73	0.86	0.45
18	2016	Area Rural	nan	nan	nan
19	2016	Area Suburbana	3.39	3.26	2.34
20	2016	Area Urbana	0.82	0.62	0.64
21	2017	Area Rural	nan	nan	nan
22	2017	Area Suburbana	1.7	1.52	1.26
23	2017	Area Urbana	0.63	0.47	0.49
24	2018	Area Rural	nan	nan	nan
25	2018	Area Suburbana	1.64	1.26	1.25
26	2018	Area Urbana	0.67	0.59	0.46

Tabla 52: Estadísticos benceno por áreas

	Año	Tipo	Media	Desviación típica	Mediana
0	2010	Tipo Fondo	0.82	0.59	0.65
1	2010	Tipo Industrial	2.31	2.71	1.03
2	2010	Tipo Tráfico	1.15	0.94	0.85
3	2011	Tipo Fondo	0.85	0.56	0.76
4	2011	Tipo Industrial	3.09	3.3	1.66
5	2011	Tipo Tráfico	0.76	0.75	0.5
6	2012	Tipo Fondo	0.48	0.5	0.24
7	2012	Tipo Industrial	1.39	1.71	0.81
8	2012	Tipo Tráfico	0.49	0.34	0.4
9	2013	Tipo Fondo	0.43	0.57	0.17
10	2013	Tipo Industrial	1.98	2.2	1.04
11	2013	Tipo Tráfico	0.5	0.55	0.33
12	2014	Tipo Fondo	0.49	0.6	0.3
13	2014	Tipo Industrial	2.01	1.88	1.58
14	2014	Tipo Tráfico	0.56	0.4	0.45
15	2015	Tipo Fondo	0.94	0.82	0.65
16	2015	Tipo Industrial	2.5	1.82	2.22
17	2015	Tipo Tráfico	0.63	0.86	0.4
18	2016	Tipo Fondo	0.73	0.5	0.61
19	2016	Tipo Industrial	3.39	3.26	2.34
20	2016	Tipo Tráfico	0.87	0.67	0.68
21	2017	Tipo Fondo	0.85	0.56	0.72
22	2017	Tipo Industrial	1.7	1.52	1.26
23	2017	Tipo Tráfico	0.52	0.37	0.42
24	2018	Tipo Fondo	0.67	0.5	0.49
25	2018	Tipo Industrial	1.64	1.26	1.25
26	2018	Tipo Tráfico	0.66	0.63	0.44

Tabla 53: Estadísticos benceno por tipos de contaminación