

Determinar si una medida como Madrid Central tiene un efecto positivo sobre la contaminación atmosférica es un interesante problema científico. Aquí tienes algunas pautas para abordarlo y un pequeño análisis de datos disponibles en mayo de 2019.

Uno de los efectos más polémicos del reciente cambio de gobierno en el Ayuntamiento de Madrid es el asunto de [Madrid Central](#). Esta zona de “bajas emisiones” (es decir, restricción del tráfico de vehículos) en el centro de la ciudad no ha estado exenta de polémica desde su implantación y entrada en vigor *de facto* a mediados de Marzo de 2019; ahora, con el anuncio del nuevo ayuntamiento de una moratoria de multas en la zona y su posible desmantelamiento, las discusiones sobre su utilidad y pertinencia se suceden en el ámbito político y en las redes sociales. Sus defensores esgrimen que ha tenido un efecto positivo sobre la contaminación atmosférica en la ciudad. Pero, ¿es ésto cierto?. La gente, en general, discute sobre la base de las noticias de los periódicos, pero el problema con los periódicos en España es, primero un sesgo ideológico nunca visto hasta ahora y, segundo, una falta abismal de cultura científica en sus redactores; esta falta de cultura científica implica también el desconocimiento de aspectos transversales, como el manejo de datos, referencias y la obtención de conclusiones a partir de ellos. Los periódicos no son una fuente fiable, por lo que he decidido tomar los datos de contaminación disponibles de primera mano, [publicados por el Ayuntamiento de Madrid](#), y tratar de sacar algo de información de ellos. Para comenzar debo advertir que esto no pretende ser un estudio exhaustivo, sólo una llamada de atención al pensamiento crítico, ya que el manejo de éstos datos es muy complicado y, ya adelanto, son insuficientes para obtener conclusiones. Pero verá el lector que el análisis de los datos de contaminación no se diferencia mucho a “*meterse en un berenjenal*”. Si tienes más datos que aportar a la discusión, identificas algún error que haya cometido, así como estudios afrontados científicamente sobre el tema, por favor, compártelos en la sección de comentarios. Tenga en cuenta el lector que esta entrada tiene **fecha de caducidad**: Ha sido creada al hilo de la polémica de Madrid Central y las afirmaciones del Ayuntamiento y medios afines acerca de su efecto positivo sobre la contaminación y las afirmaciones de medios no afines en sentido contrario. Por ello, he manejado datos hasta **mayo de 2019** y comprobar si las afirmaciones en un sentido u otro tienen fundamento. En el futuro próximo, conforme se vayan acumulando datos, lo que observo aquí podría cambiar.

### Contaminantes: El dióxido de nitrógeno

La medida de la contaminación del aire es un tema muy complejo que implica la medida de muchos parámetros. En general las medidas son insuficientes, es decir, no hay suficientes estaciones midiendo suficientes parámetros, así que, por su importancias, se suele usar la medida de NO<sub>2</sub> como un indicador de contaminación del aire.

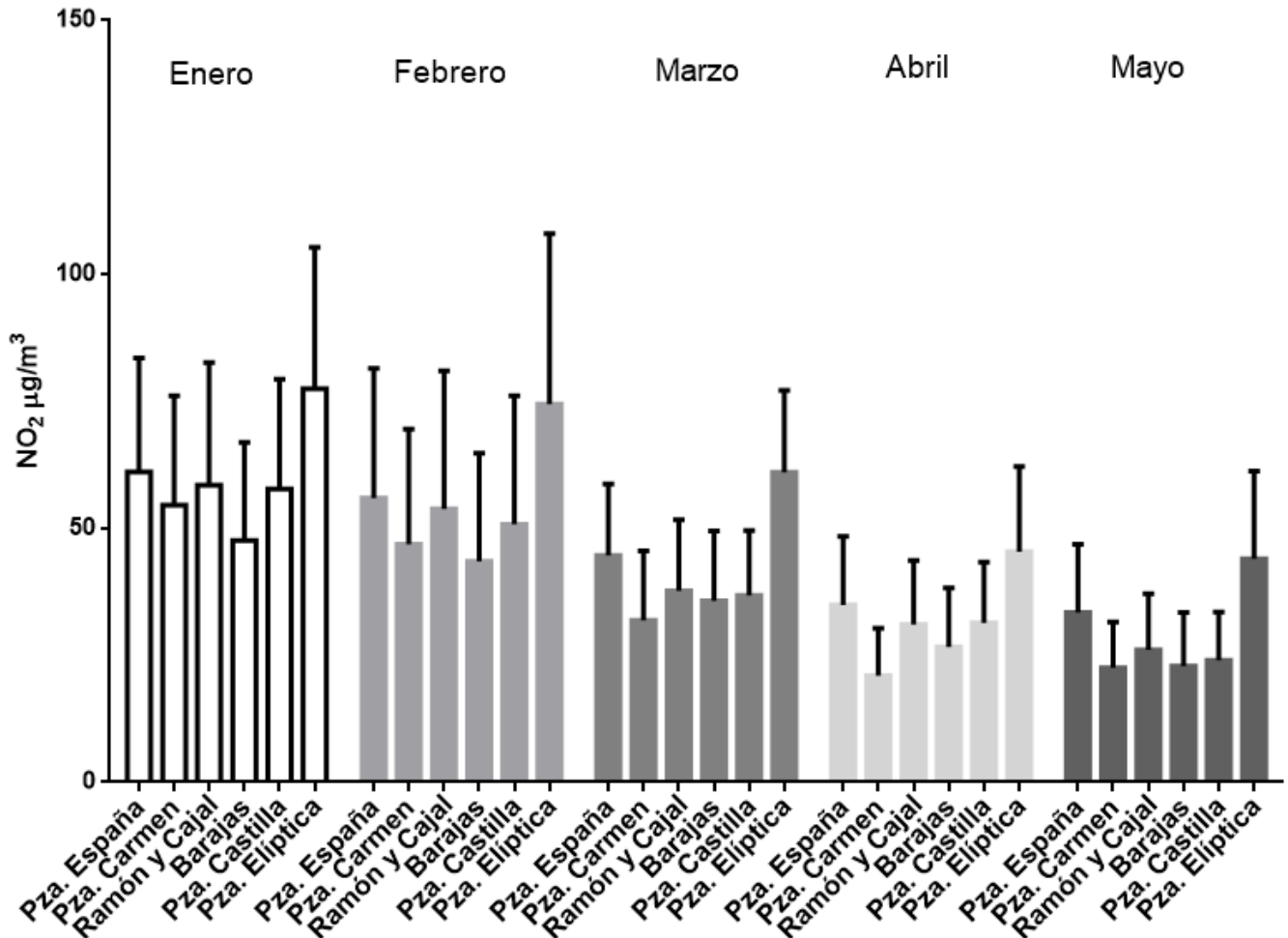


Aspecto del NO<sub>2</sub> puro, obtenido atacando cobre con ácido nítrico. El dióxido de nitrógeno es un gas tóxico e irritante, de intenso color rojo parduzco cuando está puro y uno de los responsables de la lluvia ácida, problemas de salud derivados de la contaminación y el deterioro del patrimonio histórico en las ciudades. El olor característico del NO<sub>2</sub> puede percibirse en el humo de los motores diésel.

La principal fuente de NO<sub>2</sub> es la [combustión de combustibles fósiles](#) (Gasolina, gasoil, keroseno), principalmente en coches y otros vehículos de motor, centrales térmicas y equipamiento que implica la quema de combustible, como las calefacciones de carbón o gasoil. La combustión que implica presiones elevadas, como los motores de vehículos, favorecen que el nitrógeno atmosférico reaccione, produciendo óxidos de nitrógeno. Esto es particularmente importante en el caso de coches diésel, que, debido a la presión de trabajo de sus motores, generan más NO<sub>2</sub> que los de gasolina. Algo que no se tiene mucho en cuenta es que la combustión de la biomasa también produce NO<sub>2</sub>. La madera es pobre en nitrógeno, produciendo menos óxido de nitrógeno. Sin embargo, la combustión de materiales ricos en nitrógeno (como hojas, podas, incendios forestales etc) produce contaminación por NO<sub>2</sub>.

También se produce por fuentes naturales, como metabolismo de algunas bacterias, volcanes y, sobre todo, rayos en tormentas eléctricas. Los óxidos de nitrógeno generados por tormentas cumplen una función natural importante en el ciclo biológico del nitrógeno, al *fixar el nitrógeno* por generación de nitratos.

Veamos la evolución de la contaminación en Madrid debida a NO<sub>2</sub>:

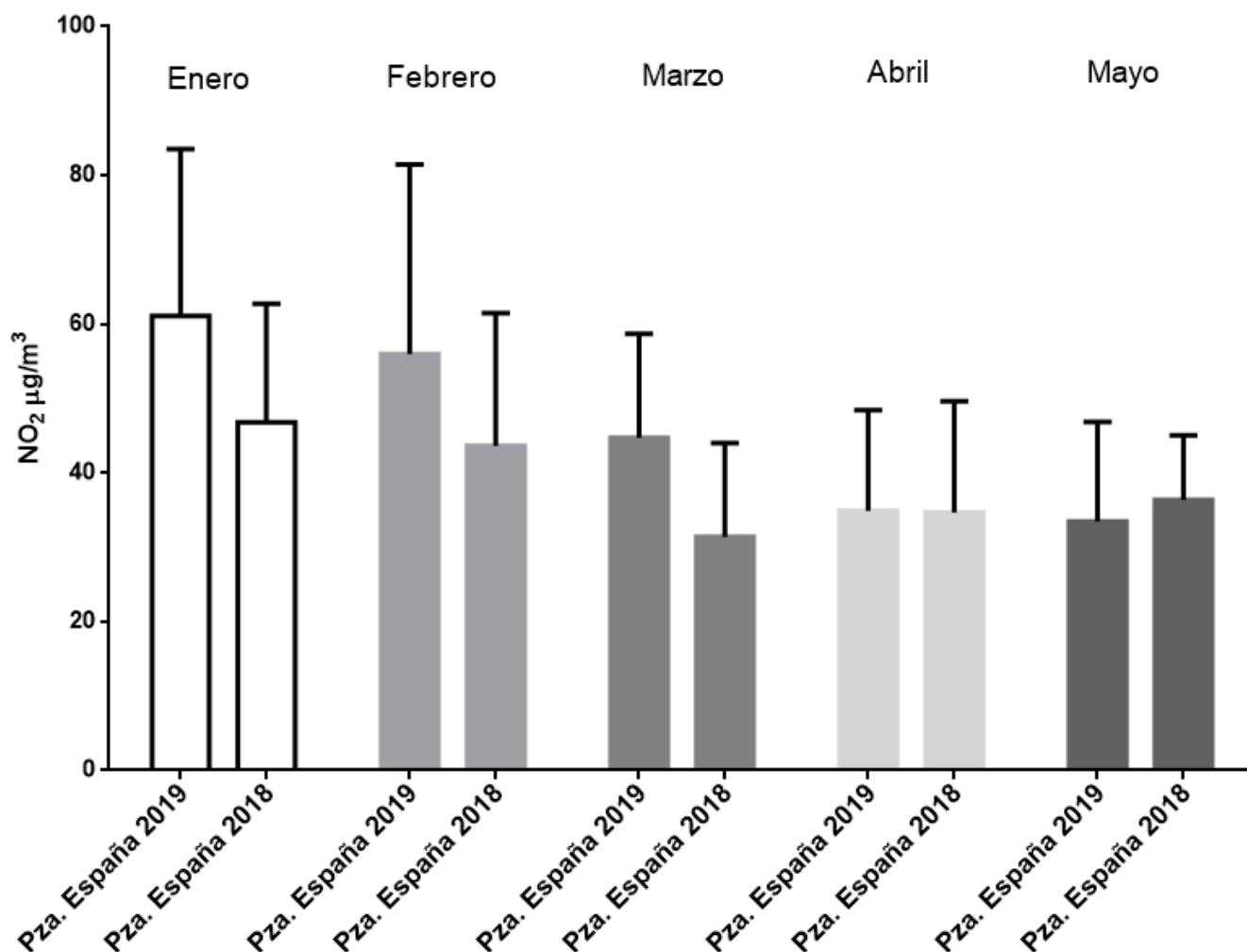


Medidas de NO<sub>2</sub> durante los cinco primeros meses (promedio diario +/- [desviación estándar](#)) en varias estaciones de medida en Madrid, una de ellas dentro de Madrid Central (Pza del Carmen) otra en la “frontera” (Pza de España) y otras fuera, incluyendo algunas con alta densidad de tráfico (Pza Castilla al norte y Pza Elíptica al sur), proximidad a M30 (Ramón y Cajal) y zona alejada del centro de Madrid (Barajas). A la hora de manejar datos es importante dar una medida de su *dispersión*, que nos sugiere si realmente las variaciones en el valor medio son debidas a un efecto o a la propia dispersión aleatoria de las medidas. Por ello se añaden las barras, que nos dan idea de los intervalos en los que se ubican el 95% de las medidas.

¿que podemos observar en ésta gráfica?. En primer lugar, [la UE establece](#) un nivel guía es de 50 microgramos/m<sup>3</sup> de promedio diario. El NO<sub>2</sub> comienza a mostrar efecto irritante a partir de 200 microgramos/m<sup>3</sup> en exposiciones de más una hora, por lo que no estamos en una situación alarmante. Además, hay una tendencia mensual a la baja en los niveles de contaminación; si bien las diferencias mes a mes entre Enero y Febrero y entre Abril y Mayo son muy pequeñas, claramente

entre Mayo y Enero hay una diferencia observable y estadísticamente significativa y el mayor salto se da en el periodo Marzo-Abril. Al explicar esta variación no hay que ser triunfalista, pues pueden deberse simplemente a **factores estacionales y meteorológicos** como veremos un poco mas adelante. Otro aspecto importante es que **no hay una diferencia significativa entre los valores de contaminación dentro de Madrid Central y fuera**, excepto en el caso de la estación de Plaza Elíptica, que arroja valores más elevados sistemáticamente y si muestra un incremento de contaminación significativo respecto de las otras estaciones. ¿que quiero decir de ahora en adelante con la palabra “significativo? que **la probabilidad de que la diferencia entre dos valores medios sea debida a la dispersión y efectos aleatorios es muy baja**. Por debajo de cierto valor de probabilidad decimos que la diferencia es “significativa”, si no, es “no significativa”. Según los datos, la zona de Plaza Elíptica tiene uno de los peores valores de calidad del aire de la ciudad, con una diferencia significativa respecto de las otras estaciones; es decir, la probabilidad de que la diferencia entre el promedio de NO<sub>2</sub> medido en Pza. Elíptica y otras estaciones sea debida a la dispersión de medidas y efectos aleatorios es muy baja.

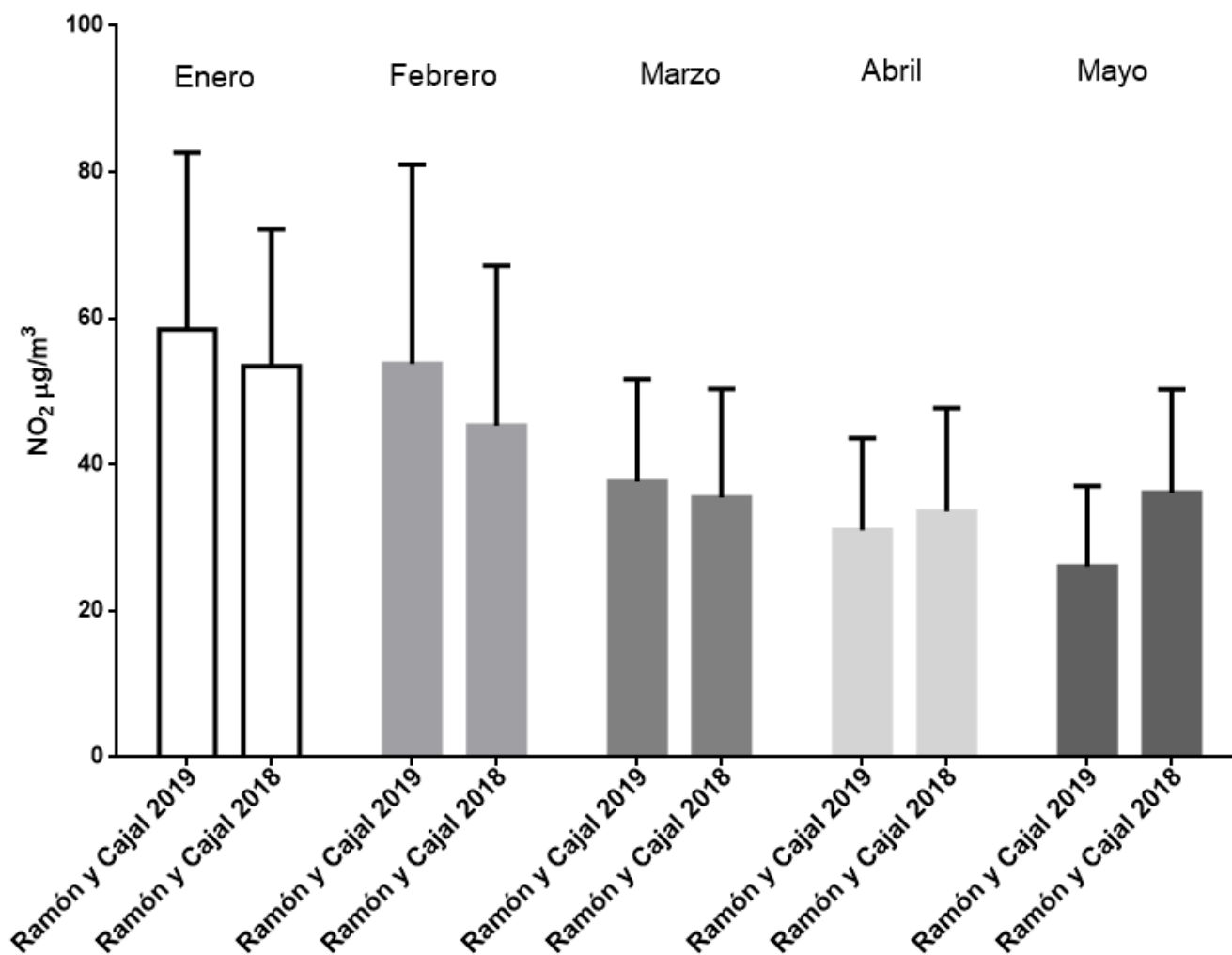
¿cual puede ser la causa de la tendencia a la baja en los valores de NO<sub>2</sub>?, es decir ¿cual es la causa de que en Mayo los valores promedio sean más bajos que en Enero?, lo que llamamos “variaciones estacionales” (*seasonal variation*) o variaciones mensuales. ¿ha sido gracias a Madrid Central?. Para responder a ello, comparemos los datos de una estación en el mismo mes de 2018, antes de que se pusiera en marcha el proyecto Madrid Central, y en 2019. Por ejemplo, tomando la estación de Plaza de España tenemos:



Datos de concentración de dióxido de nitrógeno en la estación de Plaza de España en los primeros meses de 2019 y 2018, media +/- desviación estándar

¿qué observamos en la gráfica?. Lo primero que nos llama la atención es que **no ha disminuido la contaminación por NO<sub>2</sub> en 2019 respecto de 2018**. Es más, parece que hay una tendencia a aumentar, si bien es cierto que **no hay diferencia significativa en la concentración del gas entre el mismo periodo de 2018 y 2019**, excepto en Marzo. ¿que pasó en Marzo de 2018? mas adelante lo comentamos, porque el mismo efecto se encuentra en plaza Elíptica. Es fácil imaginar, entonces, que quizá **Madrid Central, de momento, no está teniendo efecto sobre la medida de NO<sub>2</sub>**. No al menos en todas las estaciones.

Veamos otra estación:

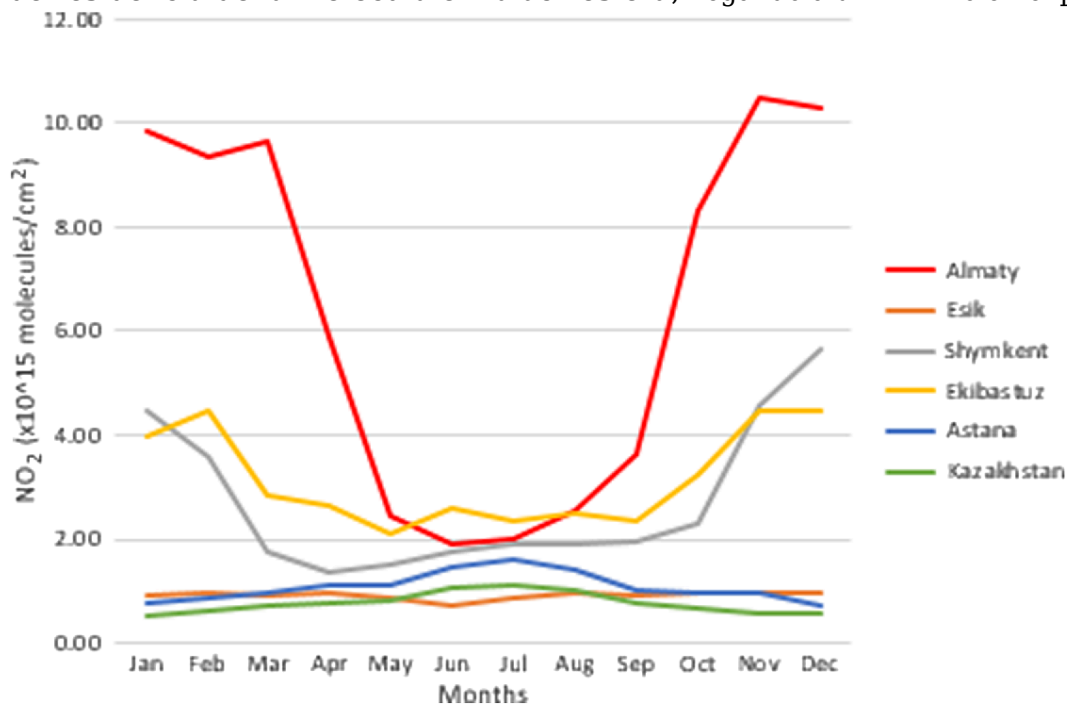


De nuevo se repite la tendencia mensual a la baja en los dos años, además de que no hay diferencia significativa entre los valores de 2019 y 2018. La misma tendencia se repite en todas las estaciones, excepto en la de Plaza del Carmen, donde hay un efecto más marcado y sí hay una diferencia significativa en los valores de NO<sub>2</sub> en mayo de 2019 respecto de mayo de 2018. También es cierto que, aunque estadísticamente las diferencias no son significativas, **los valores de NO<sub>2</sub> en mayo de 2019 son sistemáticamente algo más bajos que en 2018**. Por ello, aún **NO PODEMOS AFIRMAR QUE MADRID CENTRAL ESTÉ TENIENDO UN EFECTO POSITIVO SOBRE LA CONTAMINACIÓN, NI TAMPOCO PODEMOS AFIRMAR QUE NO LO TENGA, NI SI VA A TENER O NO UN EFECTO MEDIBLE**.

Variaciones naturales y otras variables a tener en cuenta al valorar la contaminación por NO<sub>2</sub> ¿qué podría explicar las variaciones mensuales en los niveles de contaminación por NO<sub>2</sub>? ¿por qué, en general, los valores son más altos en enero que en mayo?. Hay varias causas que **deberían ser**

**tenidas en cuenta a la hora de opinar sobre la contaminación atmosférica:**

1- **Fotoquímica:** El tiempo de residencia de las moléculas de NO<sub>2</sub> es mayor en Enero que en Mayo, debido a que en Mayo, simplemente, hay más horas de sol, el ángulo de incidencia de la radiación solar es diferente y más horas de cielos despejados. La radiación solar tiene un efecto complejo sobre éste gas y produce una serie de reacciones que dan lugar a la producción de ozono y ácido nítrico. Es decir, que **en enero esperamos siempre valores más altos, debido al mayor tiempo de residencia de la molécula en la atmósfera**, llegando a un mínimo en el periodo mayo-julio.

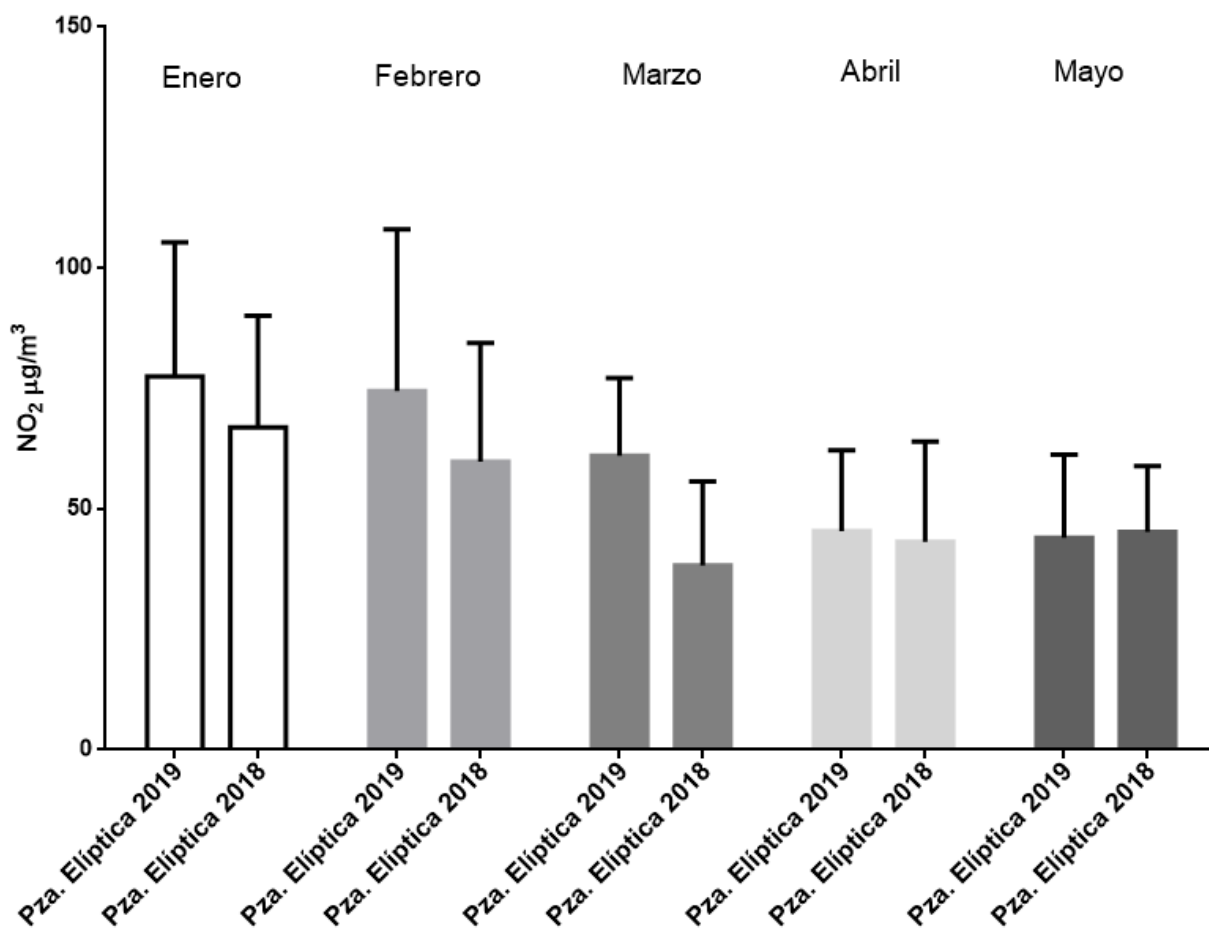


Concentración de NO<sub>2</sub> en algunos puntos de Kazakhstan. Obsérvese como, mayoritariamente (excepto zonas de alta producción industrial), hay máximos invernales y la concentración baja gradualmente hasta mayo, cuando se estabiliza y comienza un ascenso gradual. Esto hay que tenerlo en cuenta: si los políticos hablan de que baja la contaminación del aire, ¡hay que fijarse en el mes en el que lo dicen!

2- **Lluvias.** Como decía antes, uno de los productos de la fotoquímica del NO<sub>2</sub> es el ácido nítrico. Éste es bastante soluble en agua, por lo que la lluvia lo disuelve y arrastra. Como se veía en las gráficas que puse anteriormente, hay una tendencia en todas las estaciones por la que los valores son algo más bajos en mayo de 2019 respecto de 2018. Aunque la diferencia no es matemáticamente significativa, la tendencia sistemática, es decir, que en todas las estaciones el valor de 2019 sea menor que el de 2018, **¿puede explicarse por la diferencia en el régimen de lluvias entre los dos años?** A la hora de comentar los datos de contaminación, hay que **tener en cuenta la lluvia en el mismo periodo.**

3- **Viento.** Lo mismo que dijimos anteriormente, se aplica al viento.

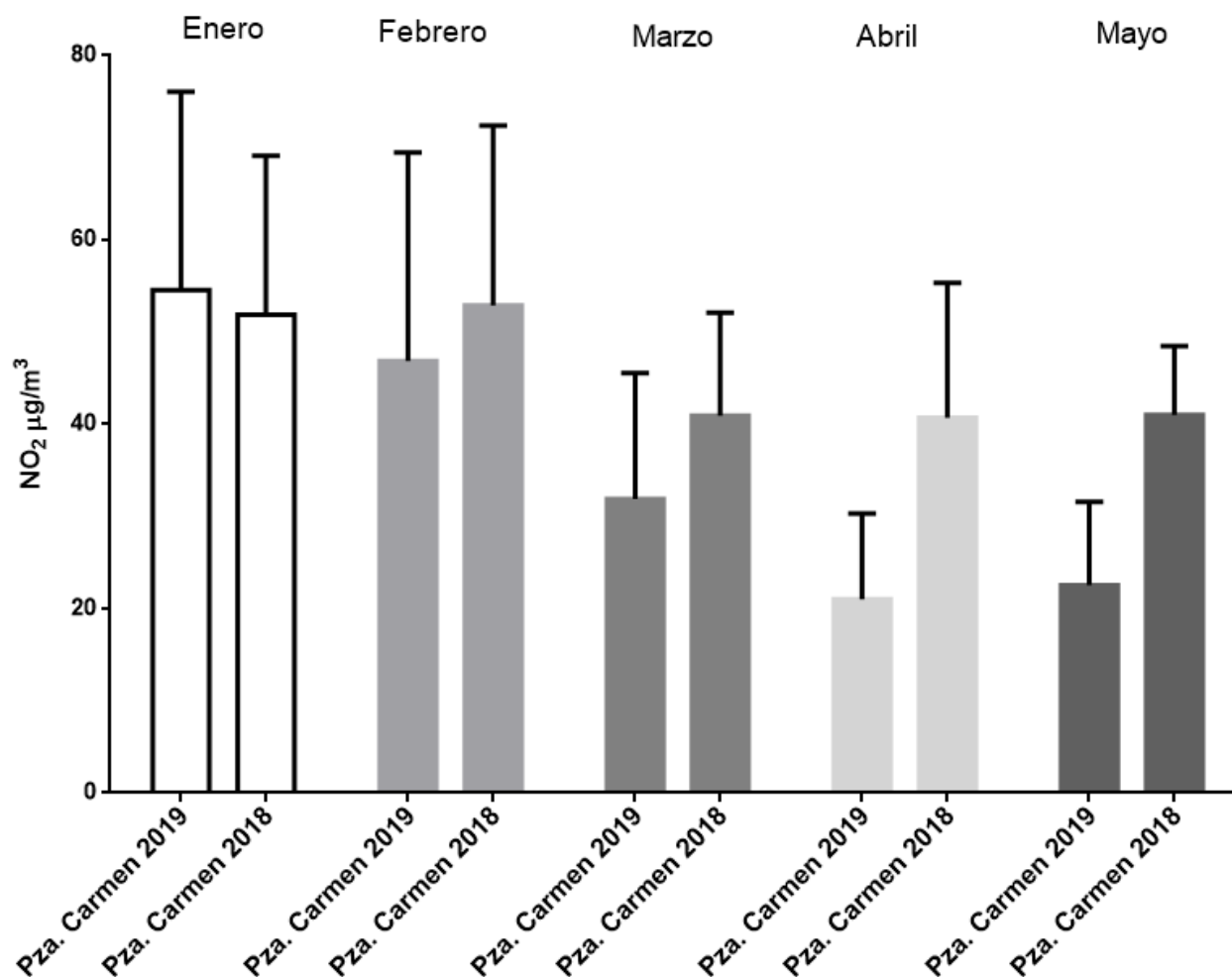
**4- Circulación de vehículos** y otras actividades humanas. ¿se ha medido y tenido en cuenta el volumen de circulación de vehículos asociado a cada una de las estaciones y sus variaciones? ¿se ha estudiado la variación en la distribución de los tipos de vehículos? ¿circulaban más vehículos diésel en mayo de 2018 que en mayo de 2019? ¿qué efecto tienen las vacaciones de agosto y semana santa sobre el NO<sub>2</sub>? ¿se ha tenido en cuenta el efecto de las calefacciones de combustión?. ¿Alguna restricción de tráfico, por obras o lo que sea, podría explicar reducciones en las medidas durante días o semanas? En una zona de alta circulación de vehículos, como es Plaza Elíptica, no vemos una gran variación en los valores de NO<sub>2</sub>, lo que sugiere que las variaciones globales de tráfico podrían no ser significativas de un año a otro...excepto en Marzo de 2018. ¿que pasó?:



Además, es de notar que en 2018 las vacaciones de Semana Santa fueron en Marzo, lo cual implica unos cuantos días de reducción drástica en la circulación, lo que podría explicar que en plaza elíptica, en marzo de 2018 la contaminación fuera significativamente menor que en 2019, pero, ¿por qué no se repite el efecto en 2019? ¿que pasó en Marzo de 2018?. En una zona de alta circulación, como es en éste caso, el efecto sería más marcado que en otras y, en efecto, si vamos a la gráfica de la estación de Plaza de España, el efecto de Marzo de 2018 se repite. Veamos el caso opuesto:



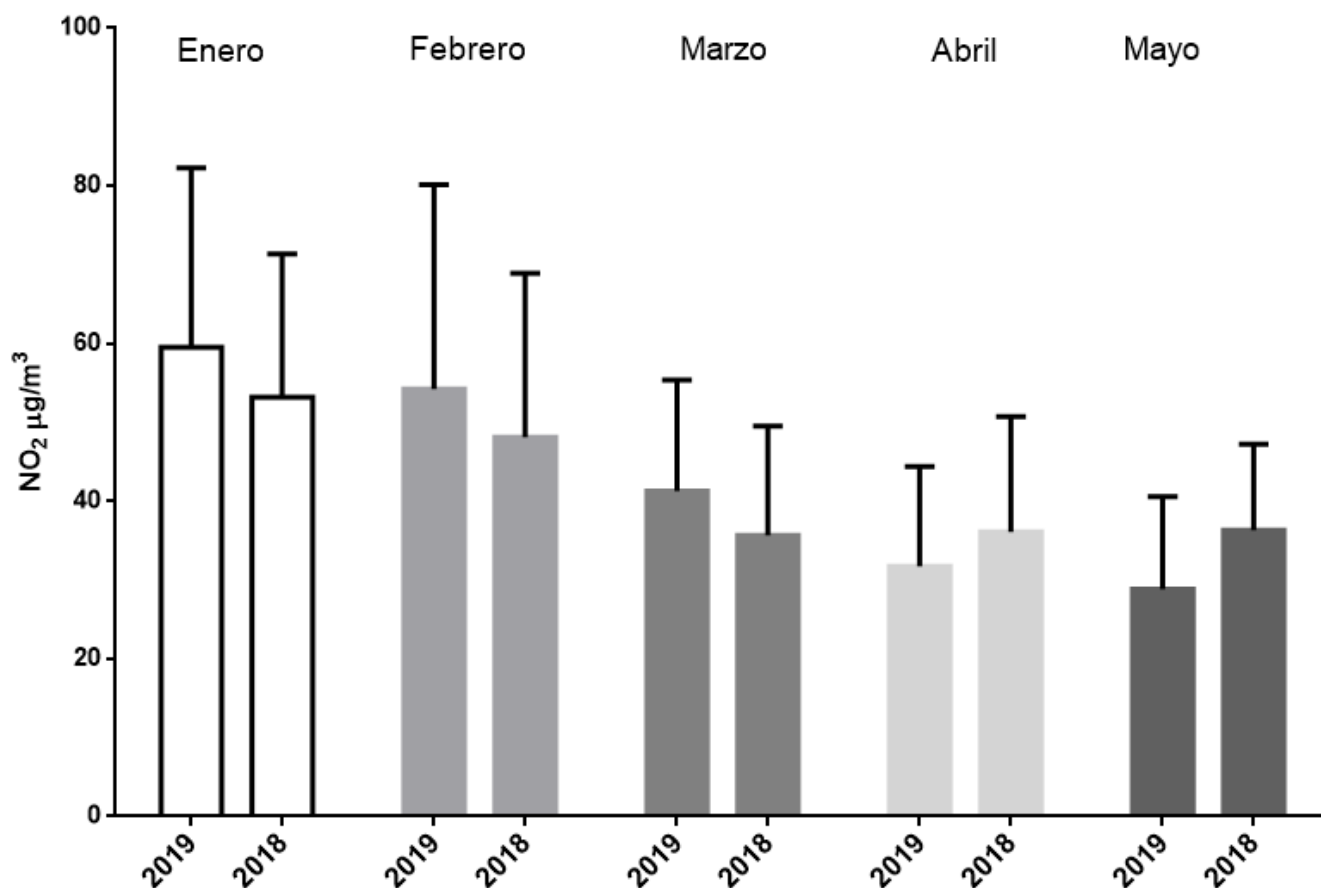
estación de Plaza del Carmen, en pleno centro, una zona muy peatonalizada:



Aquí **sí observamos una reducción significativa** en el nivel de NO<sub>2</sub> en marzo, abril y mayo de 2019 respecto de 2018. Es decir, que esto podría sugerir que **en una estación situada en una zona con restricción de tráfico si puede haber un efecto**. El problema es que el valor de mayo en la medida de plaza del Carmen **no es significativamente distinto del valor** en la estación de plaza de Castilla o en la de Barajas. Está claro que tenemos un problema delicado aquí, aunque los datos de esta estación son **esperanzadores** y sugieren que la restricción de tráfico implica una reducción **local** de contaminación.

#### Datos globales

¿que ocurre si promediamos los valores de todas las estaciones que he considerado, que se distribuyen tanto dentro como fuera de Madrid Central?. Tenemos éste resultado:



¿que observamos?. Haciendo cálculos vemos varias cosas:

- Si tomamos el nivel guía de 50 microgramos, en **enero, febrero y marzo de 2019 no hubo una diferencia significativa** respecto del valor guía de la UE. en Abril y mayo de 2019, el promedio fue significativamente inferior al valor guía. Es decir, en Madrid estamos gozando de una buena calidad del aire en general.

One sample t test	Enero 2019	Febrero 2019	Marzo 2019	Abril 2019	Mayo 2019
Theoretical mean	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Actual mean	59.50	54.24	41.30	31.73	28.83
Discrepancy	-9.495	-4.240	8.700	18.27	21.17
95% CI of discrepancy	-0.9661 to 19.96	-7.185 to 15.67	-19.76 to 2.363	-26.90 to -9.637	-30.05 to -12.29
t, df	t=2.334 df=5	t=0.9541 df=5	t=2.022 df=5	t=5.442 df=5	t=6.127 df=5
P value (two tailed)	0.0669	0.3838	0.0991	0.0028	0.0017
Significant (alpha=0.05)?	No	No	No	Yes	Yes

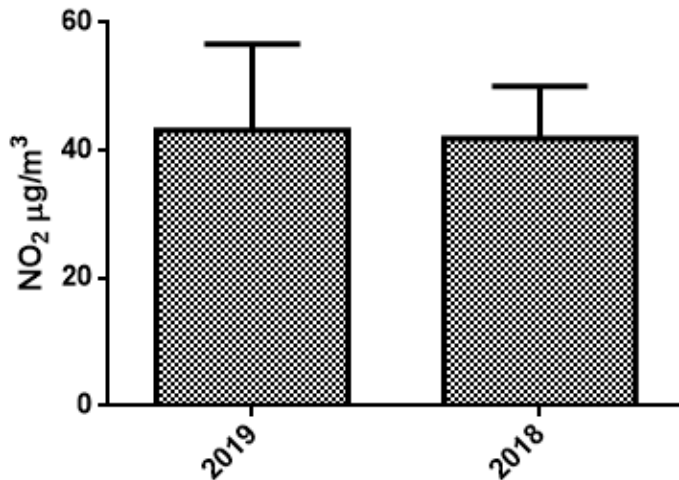
- En 2018, tenemos éstos datos:

One sample t test	Enero 2018	Febrero 2018	Marzo 2018	Abril 2018	Mayo 2018
Theoretical mean	50.00	50.00	50.00	50.00	50.00
Actual mean	53.18	48.09	35.67	36.09	36.35
Discrepancy	-3.183	1.911	14.33	13.91	13.65
95% CI of discrepancy	-4.265 to 10.63	-9.399 to 5.578	-19.43 to -9.234	-19.14 to -8.687	-20.30 to -7.002
t, df	t=1.099 df=5	t=0.6560 df=5	t=7.228 df=5	t=6.845 df=5	t=5.279 df=5
P value (two tailed)	0.3219	0.5408	0.0008	0.0010	0.0032
Significant (alpha=0.05)?	No	No	Yes	Yes	Yes

- Es decir, en marzo, abril y mayo el promedio de NO2 fue significativamente inferior al valor guía y en enero y febrero no fue significativamente superior. ¿quiere decir ésto que en 2019 ha empeorado globalmente la calidad del aire? No, porque **las diferencias en los promedios mensuales entre 2019 y 2018 no son significativas**. Por ejemplo, si intentamos responder a la pregunta “**¿ha mejorado la calidad del aire globalmente en Madrid en Mayo de 2019, tras dos meses de Madrid Central en vigor, respecto de Mayo de 2018?**”, la respuesta sería:

One sample t test	NO2, ug/m3
<b>Mean May 2018</b>	<b>36.35</b>
<b>Mean May 2019</b>	<b>28.83</b>
Discrepancy	7.520
95% CI of discrepancy	-16.40 to 1.363
t, df	t=2.177 df=5
P value (two tailed)	0.0815
Significant (alpha=0.05)?	<b>No</b>

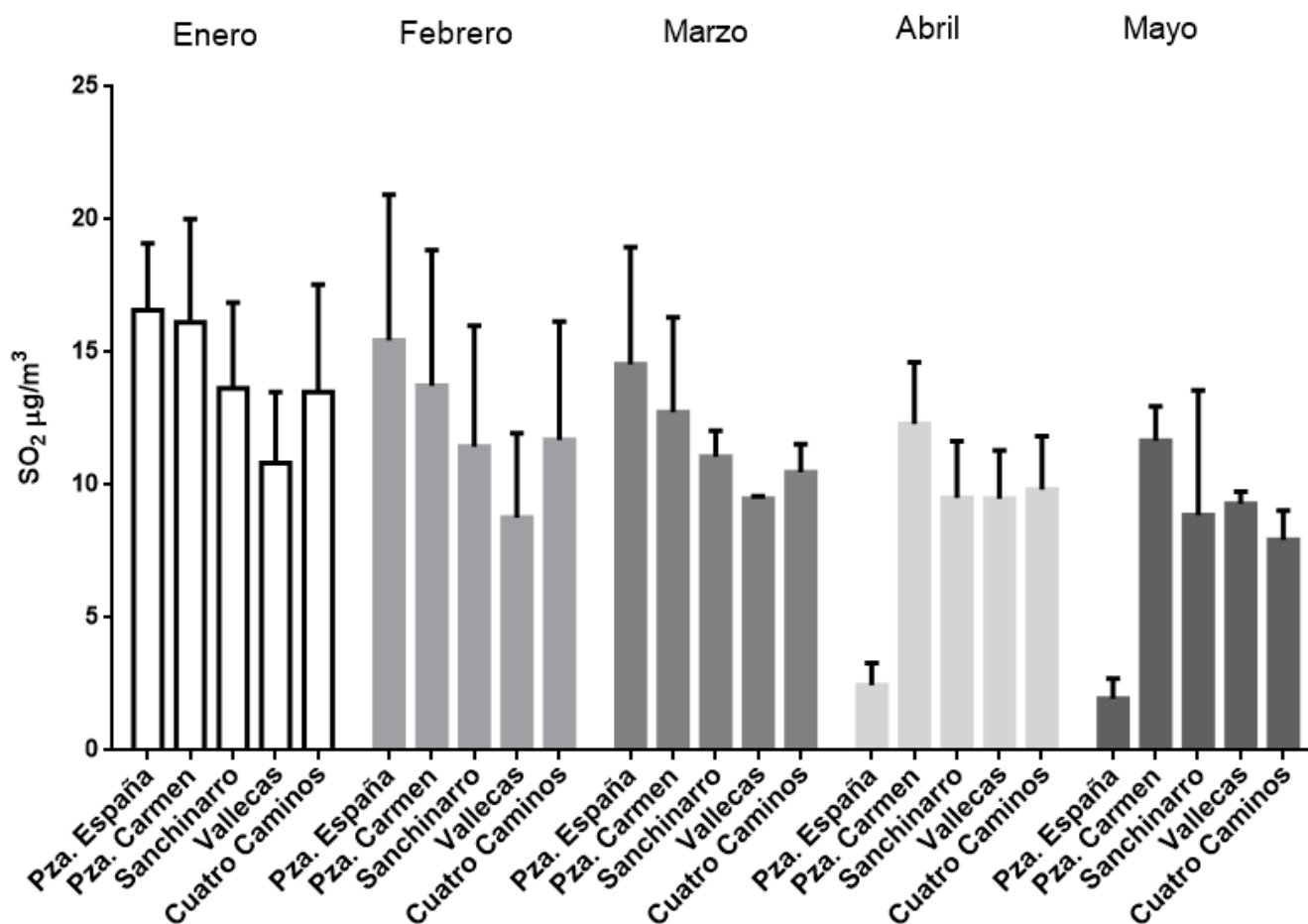
¿Que ocurre si promediamos todos los valores para obtener la media diaria de NO2 durante los cinco primeros meses del año? Aquí obtenemos la gráfica de menor valor, porque no contempla la variación mensual, que es muy importante, pero no deja de ser curiosa y, además, nos indica otra cosa: **que los niveles están dentro de lo estipulado por la UE, dado que deben ser iguales o inferiores a 40 microgramos en promedio anual**. Es decir, Madrid está cumpliendo la normativa UE en contaminación por NO2 (y por SO2, como veremos mas adelante):



Promedio del nivel diario de NO<sub>2</sub> medido en 6 estaciones de medida en Madrid, durante los cinco primeros meses del año. Media+/- SEM. No hay efecto global, es decir, tomando todos los datos en conjunto la calidad del aire no ha mejorado en 2019. Este tipo de gráfica, no obstante, oculta las variaciones estacionales.

#### Contaminantes: El dióxido de azufre

Hasta ahora hemos hablado de un contaminante tradicionalmente asociado al tráfico de vehículos. ¿qué ocurre con otros contaminantes? es el caso del SO<sub>2</sub>, del que casi nadie habla. Gracias a que los combustibles modernos de vehículos están libres de azufre (una de las razones por las que los motores actuales sufren menos averías), las principales fuentes de oxido de azufre en el aire es: combustión de combustibles ricos en azufre: keroseno, gasoil de calefacción, fuel de barcos y carbón; actividades metalúrgicas, incendios en edificios y quema de neumáticos y actividades industriales. Veamos pues cómo ha variado la contaminación por SO<sub>2</sub> en Madrid éstos últimos meses:



Aquí nos llaman varias cosas la atención: primero, que a la estación de Plaza de España le pasa “algo”. Una reducción tan drástica tanto en los valores como en la desviación estándar, respecto de los meses anteriores y en comparación con otras estaciones, en particular la de Pza. del Carmen, sugiere que esa medida no es realista, sino una anomalía o artefacto. Es el momento de revisar el instrumento para ver si hay algún fallo y recalibrarlo. Así que no lo tendremos en cuenta, hasta que no sepamos si el instrumento de medida estaba bien o podemos explicar de alguna manera la variación. En segundo lugar, que estamos muy bien en cuanto a la contaminación por ésta sustancia. El nivel guía establecido por la UE es un promedio diario de 125 microgramos por metro cúbico y en ninguna estación se han superado los 25 microgramos. Los combustibles libres de azufre y la gradual desaparición de las calefacciones de carbón y gasóleo, además de la práctica desaparición de la industria pesada han hecho que la contaminación con azufre no sea un problema en Madrid. Fijémonos en Plaza del Carmen, dentro de Madrid Central. Apenas disminuye el nivel de SO<sub>2</sub>, siendo además significativamente más alto que en otras estaciones. Esto podría ser fácilmente explicable considerando dos factores: la **calefacción** y el **alcantarillado**. En una zona con edificios antiguos

es más probable que haya más edificios con calefacción de combustibles que en zonas más modernas; aparte de ello, el alcantarillado antiguo, menos eficiente, es una fuente de SO<sub>2</sub> (procedente de la oxidación del SH<sub>2</sub> y otros compuestos sulfurados emitidos por el metabolismo bacteriano). Si percibís olor a alcantarilla, junto con ese olor hay un incremento en la contaminación por SO<sub>2</sub>. La contribución por el alcantarillado, entre otras cosas, explica por qué el SO<sub>2</sub> no es tan sensible a la variación estacional como el NO<sub>2</sub>: el incremento de emisión de SO<sub>2</sub> en los meses calurosos, unido a su mayor estabilidad en la atmósfera (esto tengo que comprobarlo para estar seguro), compensa la eliminación fotoquímica, por lo que el SO<sub>2</sub> no tiene un mínimo tan acusado en mayo como el NO<sub>2</sub>.

Aparte de la contribución de la calefacción, esperamos una variación mensual similar, con máximos en enero y mínimos en mayo-junio. El hecho de que la variación no sea tan marcada puede indicar que ya quedan pocas calefacciones de carbón y gasoil en Madrid. Pero, aquí podemos concluir que Madrid Central **no tiene ningún efecto positivo sobre la contaminación por óxidos de azufre**. Si consideramos un SO<sub>2</sub> como un proxy a la contaminación atmosférica no ligada al tráfico rodado, entonces vemos que todo es coherente.

## Conclusiones

Realmente, para sacar conclusiones más sólidas necesitaríamos evaluar muchos más datos, más contaminantes y dedicarle un tiempo que va más allá del objetivo de éste blog y de mi disponibilidad de tiempo para escribir, que es limitada. Pero por lo que he visto puedo afirmar:

- No podemos decir que Madrid Central ha tenido un efecto positivo o ha llevado a la reducción de la contaminación atmosférica en la ciudad. **Los datos NO demuestran que Madrid Central haya llevado a una reducción de contaminación por NO<sub>2</sub>, principal contaminante derivado de la combustión de combustibles fósiles y del tráfico, ni tampoco implican que no vaya a tener efecto.** Pero **globalmente, parece que la calidad del aire en Madrid es similar a 2018.** No obstante, según haya más datos disponibles o alguien publique un estudio más elaborado y profundo que el mío (que no deja de ser una aproximación informal) haré una actualización.
- El general podemos decir que Madrid goza de una buena calidad del aire, teniendo en cuenta que es una gran ciudad con mucho tráfico. Globalmente, en 2018 y 2019 nos hemos mantenido **en o por debajo del nivel guía de la UE.** A pesar del alarmismo de algunos sectores.
- Con los datos que he mostrado, **se necesitan más tiempo, más medidas y un análisis más completo, incluyendo otros contaminantes (hidrocarburos, partículas, ozono) y variables como irradiación solar, lluvias, viento, y meteorología en general, datos de circulación y distribución de vehículos, para poder obtener conclusiones respecto al efecto de la implantación de Madrid Central.** Si existe algún informe científico que recoja todos los datos pertinentes y lleve a cabo un análisis completo, por favor, comparte la cita en un comentario (no son admisibles citas de periódicos, solo citas a fuentes que manejan los datos de primera mano).
- Por el momento, con **los datos a los que he podido acceder, las variaciones en los niveles de**

**NO2 podrían ser explicables debido a factores naturales simples, como la luminosidad solar o la variación mensual esperada. Las variaciones en los niveles respecto de 2018 son, por el momento, no significativas. Es decir, en 2019 no ha mejorado la calidad del aire respecto de 2018 (de momento y con los datos que he manejado), si bien parece que en Mayo de 2019 hay una tendencia a la reducción niveles de NO2 respecto de Mayo de 2018, estadísticamente significativa en la estación de Plaza del Carmen, en pleno Madrid Central.**

- **No podemos hablar de diferencias, por el momento, entre la contaminación dentro y fuera del área de Madrid Central. En el caso de la zona de Plaza Elíptica, que tiene uno de los peores valores de niveles de NO2 de Madrid, significativamente más altos que en el resto de estaciones, puede explicarse por la densidad de tráfico. Pero es una estación puntual y no puede usarse globalmente para evaluar una diferencia entre dentro y fuera de la zona de Madrid Central.** Por ejemplo, la estación de Plaza del Carmen, que es la que muestra la mayor mejora en niveles de NO2, no sugiere una mejora específica en Madrid Central respecto de otras zonas, ya que sus valores no se diferencian estadísticamente de los obtenidos en Plaza de Castilla, por ejemplo. Por el contrario, una estación limítrofe con Madrid Central, como es Plaza de España, no muestra ninguna mejora en calidad del aire y ofrece algunos de los peores datos. Es muy difícil sacar alguna conclusión de ésto. Tal vez, a pesar de ser limítrofe (o quizá por ello) la densidad de tráfico se mantiene o aumenta, por lo que arroja los peores datos comparativamente. En cualquier caso parece que **las restricciones (o aumentos) de tráfico podrían tener un efecto localizado**, lo cual parece bastante lógico. Es decir, las estaciones de medida nos estarían indicando que hay menos tráfico a su alrededor, por lo que hacer un análisis global puede ser complejo. En general, la única estación de medida que ofrece datos que sugieren una mejora en la calidad del aire es la de la Plaza del Carmen.

- El análisis de éstos datos es muy complejo. Muchas variables implicadas, por lo que no se puede hacer un análisis simplista que justifique ni el beneficio ni la falta de efecto de Madrid Central sobre la contaminación. También habría que tener en cuenta quién proporciona los datos. En instituciones altamente ideologizadas, como los ayuntamientos, se corre un riesgo obvio. Las mediciones usadas para una evaluación científica del efecto de Madrid Central deberían tomarse por entidades independientes o validarse con otros métodos de medida (como satélites). Tampoco se deberían **superponer variables**. Es decir, si unimos en el mismo periodo una moratoria al diésel, prohibición de circular vehículos de más de 10 años, cambios de calefacción de gasoil a otros sistemas y las restricciones de Madrid Central, el análisis puede complicarse mucho.

A mi me gusta el concepto de Madrid Central y me gusta poder andar por el centro con menos coches, que haya más zonas peatonales, etc. Pero uno no puede dejarse llevar por gustos o ideologías, sino que hay que considerar los datos, escuchar a implicados y afectados por la medida y considerar otros factores económicos (cómo afecta a los comerciantes, a los precios de la vivienda, etc) además de los efectos de la contaminación, sobre todo cuando, en mi opinión, no se pueden

sacar conclusiones acerca de los niveles de contaminación y las que hay son precipitadas, requiriéndose más datos y un análisis profundo, para el que no basta con comparar valores obtenidos por estaciones de medida de calidad del aire puntuales en un momento dado.

Puede que al valiente lector que haya llegado aquí esto le parezca complicado, pero, como se habrá dado cuenta el lector avezado en manejo de datos y análisis estadístico, en realidad es un análisis bastante simple y simplista. Esto nos da una idea de la magnitud del problema y nos sugiere que debemos desconfiar de las noticias de periódicos y conversaciones que no se basen en un análisis profundo del tema. Los científicos tenemos el deber de generar una opinión pública lo más fundamentada posible. Sin información y sin formación, no puede haber libertad.

## Datos

Como puede ver el lector, el estudio de éste problema no es tan sencillo como podría parecer a primera vista. Si el lector tiene el ánimo y las herramientas necesarias, aquí tiene disponibles los datos que he utilizado:

[datos201905-evaluadosDownload](#)

[datos201812-evaluadosDownload](#)

Y la clave para identificarlos:

[Interprete ficheros \\_calidad \\_del \\_aire \\_globalDownload](#)

## Algunas referencias

Ghude, S. D., Fadnavis, S., Beig, G., Polade, S. D., & Van Der A, R. J. (2008). Detection of surface emission hot spots, trends, and seasonal cycle from satellite-retrieved NO<sub>2</sub> over India. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 113(D20).

Kukkonen, J., Konttinen, M., Bremer, P., Salmi, T., & Saari, H. (2000). The seasonal variation of urban air quality in northern European conditions. *International Journal of Environment and Pollution*, 14(1-6), 480-487.

Zhuldyz Darynova, Aigerim Maksot, Lyazzat Kulmukanova, Milad Malekipirbazari, Hamed Sharifi, Mehdi Amouei Torkmahalleh, Tracey Holloway, "Evaluation of NO<sub>2</sub> column variations over the atmosphere of Kazakhstan using satellite data," *J. Appl. Rem. Sens.* 12(4) 042610 (25 October 2018)  
[http://cires1.colorado.edu/jimenez/AtmChem/CHEM-5151\\_S05\\_L7.pdf](http://cires1.colorado.edu/jimenez/AtmChem/CHEM-5151_S05_L7.pdf)

Gerasopoulos, E., S. Kazadzis, M. Vrekoussis, G. Kouvarakis, E. Liakakou, N. Kouremeti, D. Giannadaki, M. Kanakidou, B. Bohn, and N. Mihalopoulos (2012), Factors affecting O<sub>3</sub> and NO<sub>2</sub> photolysis frequencies measured in the eastern Mediterranean during the five-year period 2002–2006, *J. Geophys. Res.*, 117, D22305, doi:10.1029/2012JD017622

Lin, W., Xu, X., Ma, Z., Zhao, H., Liu, X., & Wang, Y. (2012). *Characteristics and recent trends of sulfur dioxide at urban, rural, and background sites in North China: Effectiveness of control measures.* *Journal of Environmental Sciences*, 24(1), 34–49. doi:10.1016/s1001-0742(11)60727-4