

EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN  
ATMOSFÉRICA POR DIÓXIDO DE  
NITRÓGENO EN EL ENTORNO DEL NÚCLEO  
METROPOLITANO DE LA CIUDAD DE  
VALENCIA. MEDIDAS EXPERIMENTALES  
CON CAPTADORES PASIVOS



**INFORME FINAL**

**Campañas 2017:**

- ✓ **14 al 21 de febrero**
- ✓ **16 al 23 de mayo**
- ✓ **19 al 26 de julio**
- ✓ **22 al 30 de noviembre**

*Preparada por la Fundación Centro de Estudios Ambientales del  
Mediterráneo para la Conselleria de Agricultura, Medio  
Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural.*

**Preparado por :** *Programa de Meteorología y Contaminación Atmosférica.*

**Fecha :** *31/12/2017*

**Referencia :** *Muestreos Valencia NO2/2017/01*

*Versión 6.*







**Los trabajos aquí presentados han sido realizados por el Área de Meteorología y Contaminación Atmosférica del Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo.**



## **EVALUACIÓN DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA POR DIÓXIDO DE NITRÓGENO EN EL ENTORNO DEL NÚCLEO METROPOLITANO DE LA CIUDAD DE VALENCIA. MEDIDAS EXPERIMENTALES CON CAPTADORES PASIVOS.**

**INFORME FINAL. Campañas 2017:**

<b>14 al 21 de febrero;</b>
<b>16 al 23 de mayo;</b>
<b>19 al 26 de julio;</b>
<b>22 al 30 de noviembre.</b>

*Versión 6.*

**31 de diciembre de 2017**

### **INTRODUCCIÓN.**

El presente documento recoge la descripción y análisis de las campañas de medidas dosimétricas de NO<sub>2</sub> cuya realización se programó para el año 2017 en el entorno urbano de la ciudad de Valencia y su área de influencia, como contribución incremental a la base de datos existente de mediciones anteriores, realizadas sobre el mismo ámbito espacial y con similar metodología. Se incluyen aquí pues los cuatro muestreos realizados sucesivamente entre los días 14 al 21 de febrero, 16 al 23 de mayo, 19 al 26 de julio y 22 al 30 de noviembre, sustituyendo a las versiones anteriores con contenidos parciales. Formalmente se han ido conservando los mismos apartados y el mismo tipo de representación para todas las campañas, que se conservan en el actual, de manera que tanto en los textos parciales elaborados durante el desarrollo del programa experimental, como a través del propio contenido del presente informe, resultase sencillo seguir la evolución de los resultados entre ejecuciones sucesivas. También se ha mantenido el esfuerzo por mantener lo que podrían representar los valores climáticos del sistema, a través de las gráficas de promedios de todo el banco de datos disponible, incluidas como anexo.

También en línea con informes anteriores, se procura situar las medidas en su contexto meteorológico, para lo cual se recurre a los mapas sinópticos de presiones como reflejo del estado global de la atmósfera a gran escala, y a los registros de viento en alguna estación de superficie, que permita valorar los efectos dispersivos sobre las emisiones del régimen atmosférico registrado durante el tiempo de exposición de los captadores. Igualmente se incorporan los registros de dióxido de nitrógeno de las estaciones de vigilancia de la calidad del aire de la Comunidad Valenciana, siete de las cuales actualmente siete se sitúan dentro del rectángulo más urbano determinado por la red semirregular de los pasivos, y dos adicionales se encuadran en las proximidades, dentro del área directa de influencia de la ciudad y en el ámbito del arco periférico. Finalmente se procurará incorporar de alguna manera el tráfico rodado en el análisis de las medidas como principal factor responsable de la contaminación urbana, aunque aún no se presenta en los apartados de esta primera entrega, y su procesamiento llevará cierto retardo.

La motivación de los trabajos se justifica nuevamente en la necesidad de abordar el problema de contaminación atmosférica en la Aglomeración de L'Horta (ES1016, ver zonificación de la Comunidad Valenciana en informes anuales <http://www.agroambient.gva.es/web/calidad-ambiental/evaluacion-de-la-calidad-del-aire-informes-anales>), donde la ciudad de Valencia genera problemas de calidad del aire que, siendo específicos de su morfología, clima, actividad, ....., también resultan comunes a las grandes aglomeraciones urbanas. La propia complejidad del entramado metropolitano, y la actividad que en su seno se desarrolla, requiere aproximaciones específicas que proporcionen la resolución suficiente para ilustrar las relaciones causa-efecto entre potenciales emisiones y niveles de concentración ambiente. Esta necesidad hace



referencia a una suficiente cobertura espacial, que incorpore sustancialmente la rica estructura de la orografía urbana, pero también a la frecuencia temporal de información (dado que el sistema atmosférico presenta fuertes variaciones, diurnas, estacionales, anuales, ...), así como a la documentación de aquellos otros factores que condicionan el sistema, y que se refieren fundamentalmente a la caracterización del comportamiento de las emisiones.

Bajo el término de *contaminación urbana* (frente a la de carácter industrial) se incluirían situaciones de elevada contaminación en entornos habitados, con alta densidad de población, cuyas emisiones tendrían su origen principalmente en los hábitos de los propios residentes. Esto marcaría algunas de las grandes características de este tipo de problemas: entornos muy complejos, con una fuerte variabilidad espacial (alta anisotropía), que dan lugar a la existencia de elevados gradientes atmosféricos (de todo tipo: viento, temperatura, concentraciones, etc); focos difusos (tráfico, calefacciones, etc) y con patrones de comportamiento variables en el tiempo (ciclos diurnos y estacionales muy marcados).

Este tipo de entornos/situaciones presentan gran interés en varios aspectos: son propensas a la ocurrencia de altos niveles de concentración de contaminantes (principalmente primarios – especialmente óxidos de nitrógeno y partículas-), en ocasiones superando los límites normativos; representan una de las causas más importante de la exposición de la población a niveles altos de contaminación (importancia en los estudios epidemiológicos); resultan complicados (y a la vez complejos) de diagnosticar debido a su propia naturaleza variable (en el espacio y el tiempo); como consecuencia, resultan también complejos de modificar, interviniendo, además de los propios condicionantes técnicos, aspectos sociológicos (hábitos, necesidades, etc).

Las redes de vigilancia habituales proporcionan una primera evaluación de la calidad del aire en estos entornos que, si bien permite alertar de la existencia de una situación anómala de contaminación (p.e. superación de los umbrales permitidos en alguno de los puntos de medida), resultan claramente insuficientes para su adecuado diagnóstico y gestión, en tanto que recogen insuficientemente la rica estructura, plurielementos y casuística del problema.

Desde la perspectiva de la legislación medioambiental actual (concretada el RD 102/2011 relativa a la mejora de la calidad del aire), dos retos principales se plantean en este ámbito:

- desarrollar la capacidad de **diagnóstico de los problemas de contaminación en un entorno urbano** con la resolución requerida para una correcta comprensión, para lo cual se precisaría de la implementación de programas de mediciones experimentales con una mayor cobertura (que la estricta red automática), de acuerdo al alto grado de libertad del sistema atmosférico urbano;
- como paso siguiente al diagnóstico (en el estado en que se encuentre) y bajo una demanda legal efectiva (y en este momento urgente derivada del cumplimiento de los requisitos de la actual normativa), se plantea la necesidad de **desarrollar planes de actuación** tendentes a reducir los niveles de contaminación por debajo de los umbrales establecidos; en este sentido no solo se precisa caracterizar el alcance del problema ambiental (diagnóstico) sino entender las *relaciones causa-efecto* (tanto a nivel cualitativo como cuantitativo) a fin de poder diseñar actuaciones sobre aquellas (causas –emisiones-) que desencadenen consecuencias (reductoras) sobre estos (efectos – niveles de concentración-); en esta línea habría incluso una demanda propiamente de descripción de una **metodología de trabajo**.

Sería por lo tanto en este contexto normativo, y con relación a la contaminación urbana, en el que los captadores pasivos proporcionan una herramienta útil de trabajo, que complementaría ventajosamente la disponibilidad de una red de cabinas automáticas con medidas en continuo.

Los *dosímetros pasivos* consisten, generalmente, en un pequeño contenedor (generalmente en forma de tubo) con un extremo expuesto al ambiente y otro cerrado, en el que el gas de interés es transportado por difusión molecular desde la parte abierta hasta la parte cerrada, en dónde es absorbido por alguna sustancia captadora depositada previamente (ver esquema en figura 1).

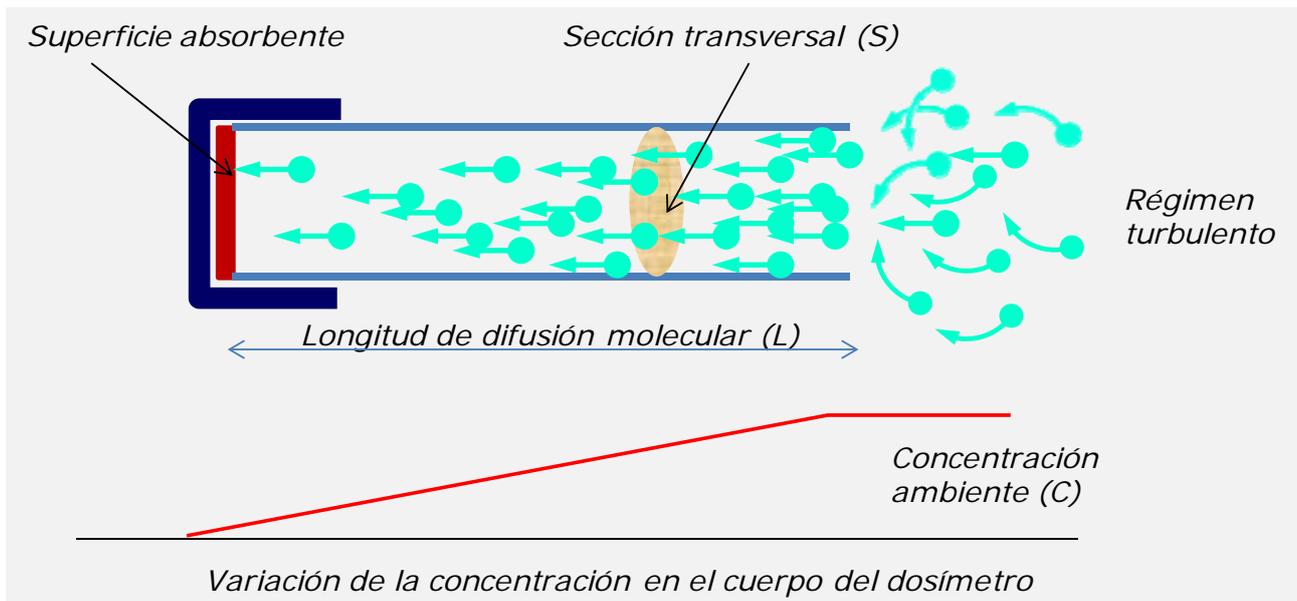


Figura 1: Esquema de la esencia de un captador pasivo, en el que las moléculas se mueven por difusión molecular desde el entorno atmosférico hacia el interior del tubo.

Se establece así un gradiente lineal de concentración, desde el valor exterior ambiente ( $C$ , en la boca del tubo), hasta el fondo del mismo, donde la eliminación por reacción química hace que la concentración sea nula. El principio de funcionamiento de los dosímetros se basa precisamente en este transporte del gas por difusión molecular a través de un medio (p.e. el aire del interior de un tubo), hasta que es "atrapado" por el reactivo captador situado al final del mismo, que es capaz de retener el compuesto gaseoso, bien por absorción o por reacción química con el mismo, estableciéndose un gradiente de concentración entre la atmósfera exterior y aquella que está inmediatamente en contacto con la sustancia fijadora. Se puede de esta manera establecer una relación durante el período de muestreo, entre la cantidad de masa del compuesto estudiado retenida en el dosímetro y la concentración ambiente, a través de las leyes que rigen el proceso de difusión molecular.

Cuantitativamente este flujo de cierta sustancia gaseosa a través de otro gas por el hecho de existir un cierto gradiente de concentración viene descrito por la segunda ley de Fick,

$$F = -D \frac{\partial C}{\partial L}$$

Donde  $F$  representa el flujo del material gaseoso a través de una sección del tubo,  $D$  es el coeficiente de difusión molecular de un determinado gas en el aire (o relativo al medio que en su caso se utilice), y la derivada representa el gradiente de la concentración ( $C$ ) a lo largo del camino de difusión ( $L$ ).

El pequeño caudal difusivo existente en este tipo de dispositivos (determinado por el lento proceso de transporte que supone la difusión molecular) hace necesario un tiempo de muestreo habitualmente elevado, comparándolo con otros métodos de medida, que puede variar desde unas horas en ambientes muy contaminados hasta varias semanas en zonas limpias (este tiempo viene condicionado principalmente por la necesidad de acumular suficiente masa en el soporte absorbente como para que pueda ser determinada posteriormente en el laboratorio por el procedimiento analítico que se utilice. El producto obtenido es pues un valor promedio de la concentración ambiente durante todo el tiempo de exposición del dispositivo.



Estos elementos muestreadores presentan algunas claras *ventajas* ante otros métodos de medida activos o automáticos:

- no necesitan energía eléctrica ni ninguna clase de protección externa especial, por lo que pueden ser utilizados en localizaciones remotas, dónde no pueden ser empleados otros métodos de medida;
- resultan en general fáciles de preparar, utilizar, almacenar y analizar;
- no precisan calibración en campo;
- proporcionan en general un procedimiento de medida económico, por lo que puede ser utilizado simultáneamente en varios emplazamientos, permitiendo una amplia cobertura espacial (en todo caso mucho mayor que los costosos equipos electrónicos).

Naturalmente, también presentan *inconvenientes* frente a otras técnicas de medida:

- no pueden utilizarse en cortos periodos de tiempo, proporcionando solo las concentraciones integradas (promedio) para el intervalo temporal de exposición;
- pueden ocurrir errores debidos a las fluctuaciones en las concentraciones del contaminante en la atmósfera y por variación de las condiciones meteorológicas;
- requieren análisis en laboratorio, por lo que se precisa una cierta infraestructura en este sentido;
- la colocación/recogida en campo exige un cierto despliegue de personal y de recursos móviles.

Por lo tanto, cabe resumir que la ventaja más relevante de la metodología pasiva es el bajo coste de la misma, que hace de ella un arma útil para la medida del contaminantes en diversos puntos simultáneamente, aportando la potencialidad de una elevada cobertura espacial, contando como mayor limitación el hecho de proporcionar valores integrados sobre periodos de tiempo relativamente largos, con la consiguiente penalización en la resolución temporal. En general las limitaciones/carencias que presentan los dosímetros vienen dadas por el mismo *proceso de difusión*, la *variabilidad de la concentración atmosférica*, las *interferencias químicas* o la *eficacia de fijación y extracción de la muestra*.

Se retoma así en el presente trabajo las actuaciones anteriores que, dentro de otros contextos contractuales, tenían por objetivo caracterizar el estado de contaminación por dióxido de nitrógeno con una alta resolución espacial en el entorno de la ciudad de Valencia.

Tal como se indicó, se incluye en el informe la documentación relativa a las cuatro campañas experimentales con captadores pasivos de dióxido de nitrógeno realizadas durante el año 2017, que forman parte de la secuencia de cuatro planificada inicialmente, que se referencian como "HN1", "HN2", "HN3" y "HN4", y que constituyen respectivamente los muestreos diecinueve, veinte, veintiuno y veintidós del conjunto de datos históricos disponibles. La exposición se realizó entre los días 14 y 21 de febrero para la primera de ellas, entre los días 16 y 23 de mayo para la segunda, entre los días 19 y 26 de julio para la tercera y, finalmente, entre los días 22 y 30 de noviembre la cuarta y última de ellas (por término medio siete días efectivos de medida en todos los casos). Como en ocasiones anteriores, el despliegue de las cuatro campañas se realizó tanto sobre la red semirregular, de carácter eminentemente urbano, como sobre la red periférica rural.

Se ha seguido en todas las actuaciones la misma metodología de trabajo que en ocasiones anteriores, que no se explicita completamente en el presente documento, más allá de una visión general en el primer capítulo; se remite al informe "*Evaluación de la contaminación atmosférica por dióxido de nitrógeno en el entorno del núcleo metropolitano de la ciudad de Valencia. Medidas experimentales con captadores pasivos.*", versión1, de 21 de junio de 2014, donde se detalla pormenorizadamente las características de la red.

En todos los casos se ha hecho un esfuerzo por integrarlas en el contexto meteorológico en que se realizan, como clave básica para interpretar los resultados, para lo que se ha hecho uso



de la estación meteorológica que la Consellería dispone como parte de la infraestructura de sus dependencias (referida como "VALÈNCIA-CONSELLERIA METEO", con código de referencia 46250049) y que cuenta ya con mediciones desde el año 2010. Se ha recurrido como base documental tanto a las series temporales durante el intervalo de muestreo como a las rosas de viento, integrándolas en un contexto climático.

En la presentación de resultados se han mantenido aún los formatos habituales de informes anteriores, incluyendo la representación puntual nodo a nodo, junto con una interpolación espacial de los niveles de inmisión (con todas las precauciones que dicho procedimiento suscita a la hora de interpretar directamente los mapas). Adicionalmente, aprovechando la creciente cobertura de la base de datos disponible, se han incorporado también los mapas de anomalías (absolutas y relativas respecto a los promedios absolutos) como forma de evaluar la singularidad de cada muestreo respecto a lo que podría ser el modo de comportamiento normal, reflejado a través de los niveles medios. Con ello se aborda de alguna manera el problema de la representatividad temporal de las medidas, en tanto que se resaltan las desviaciones respecto a los niveles medios. Es claro que la limitación temporal de los muestreos (que se reducirá mediante un programa sistemático de medidas) puede introducir sesgos importantes si se pretende extrapolarlos más allá de su propio periodo de obtención, que puede apartarse considerablemente del comportamiento normal (o climático). En esta línea resultan de gran utilidad las series históricas de la red de vigilancia de la calidad del aire, que proporcionan un contexto histórico más amplio. En el presente documento se muestran y contrastan los resultados de la red automática con las mediciones dosimétricas (a través del registro de nueve estaciones dentro del ámbito geográfico –zonas ES1016y ES1007-, siete de ellas dentro de la red semirregular).

Finalmente, en el anexo se actualizan con las nuevas incorporaciones los mapas y secuencias de concentración promedio (con el mismo formato de las campañas), que van progresivamente incorporando un número creciente de escenarios (el total de la base de datos disponible), como referencia más próxima a los valores climáticos en la zona. De nuevo se incluye en los mapas continuos la isocurva de referencia de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , con una fuerte apelación a todas las precauciones que su interpretación conllevaría. Al comienzo del apartado se presenta la relación de campañas disponibles hasta el momento y su sesgada cobertura temporal.

## DISEÑO EXPERIMENTAL.

La red de medidas dosimétricas sobre la que se ha venido trabajando hasta el momento, y en los actuales muestreos, cuenta con dos subredes (figura 2), una de ellas a la que se refiere como *regular* o *semirregular*, y que se extiende sobre un rectángulo de aproximadamente 11x10 km, centrado en el núcleo urbano, y en la que se distribuyen un total de 97 puntos de medida, asegurando uno de ellos por cada celda de 1x1 km (aquí dispuestos de manera aleatoria); y una segunda distribución, *periférica*, constituida por 8 puntos adicionales que conforman un arco en torno a la ciudad y que se sitúan en ambientes estrictamente rurales. A diferencia de estos últimos, los emplazamientos en la primera de las redes resultan bastante heterogéneos, incluyendo zonas con diferentes tasas de tráfico, distintos grados de urbanización, de densidad de población, etc. En todos los casos se ha asegurado que el microemplazamiento cumpla con una serie de requisitos mínimos que pudiesen sesgar las medidas, como son una buena ventilación, alejamiento de fuentes y emisiones directas, etc (en la figura 3 se muestran algunos detalles de la colocación de los captadores pasivos en emplazamientos representativos de ambas redes).

Dentro del ámbito espacial delimitado por la distribución de la red regular se sitúan siete estaciones automáticas de la red valenciana de vigilancia y control de la contaminación atmosférica, y que son las que en conjunto se utilizarán como comparación con los promedios dosimétricos (*Pista de Silla, Avenida de Francia, Molí del Sol, Vivers, Bulevard Sud, Politècnic* y

Quart de Poblet). Adicionalmente otras dos (Paterna-CEAM y Burjassot-Facultats) se encontrarían dentro del área extendida con la red periférica (ver figura 2).

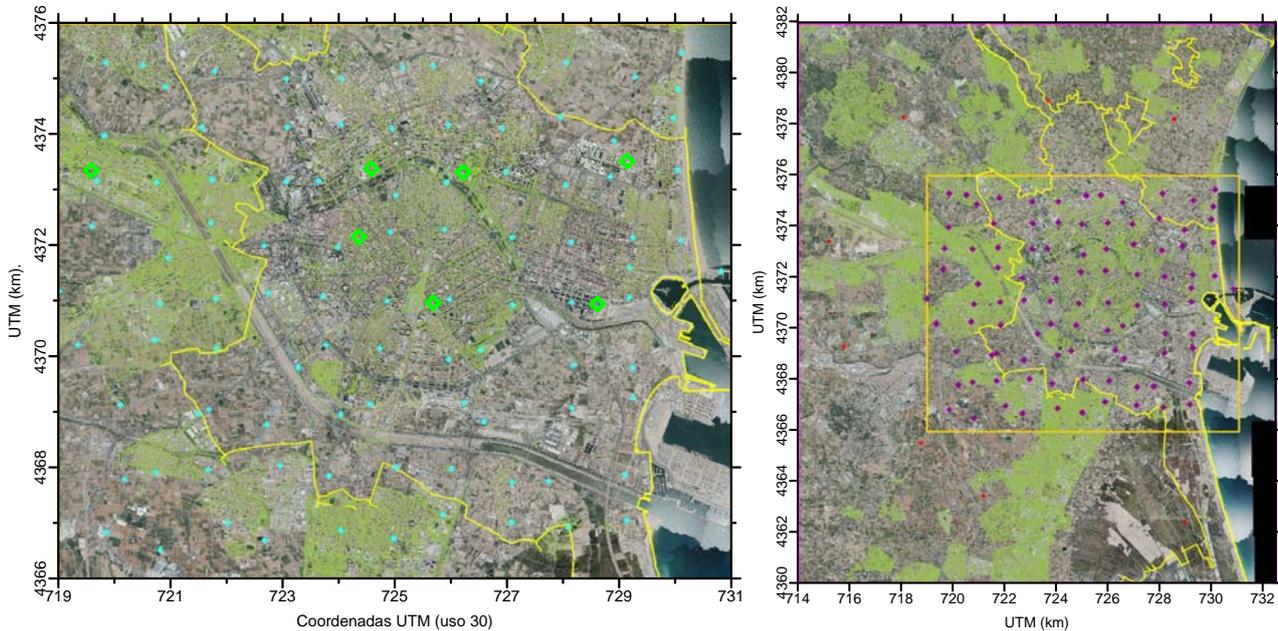


Figura 2: Red de muestreo dosimétrica regular (izquierda –se muestran la situación de las cabinas actuales de la RVVCCA) y con los emplazamientos periféricos (derecha, puntos rojos).

Es claro que las diferentes localizaciones vendrán afectadas por factores locales que condicionen fuertemente los niveles registrados, y cuya caracterización podría matizarse en un estudio de más detalle. Entre estos rasgos se podrían diferenciar dos grandes tipos: los que afectarían al grado de ventilación del emplazamiento (anchura de la calle, altura de edificios próximos, presencia de espacios abiertos, alineación con los vientos predominantes, ...), y a la intensidad de las emisiones cercanas (proximidad a redes viarias, frecuencia y ocupación vehicular, densidad de población, ...).



Figura 3: Ejemplo de distintos tipos de emplazamientos, pertenecientes a la red periférica (izquierda y centro), en ambiente estrictamente rural, y el otro en un típico entorno urbano (derecha) como parte de la red regular.

A continuación se presentan y analizan los resultados de las sucesivas campañas disponibles en el año 2017.



## CAMPAÑA 'HN1' (14 al 21 de febrero de 2017).

El presente muestreo se realiza en condiciones anticiclónicas estables en prácticamente todo el periodo de exposición de los captadores, con una circulación general muy débil sobre la vertiente mediterránea, traduciéndose en una persistencia de vientos flojos durante el periodo de medida. Se inicia este bajo la presencia de un núcleo de altas presiones centroeuropeo/escandinavo, y tras la retirada de una perturbación atlántica, que había traído vientos fuertes y algunas precipitaciones las jornadas previas, dejando unas condiciones de intensa renovación de la masa aérea justo al comienzo del periodo. En jornadas sucesivas el núcleo de altas presiones continental se va debilitando progresivamente a la vez que se refuerzan el anticiclón atlántico, dejando todo el ámbito mediterráneo bajo la influencia de estas altas presiones, sin un gradiente definido y manteniendo alejadas las perturbaciones polares a elevadas latitudes. Solo en los últimos días de la exposición se desprende de la circulación general una gota fría en altura, que aportará inestabilidad solo a la vertiente atlántica peninsular en su desplazamiento hacia el golfo de Cádiz y costa norteafricana, mientras que en algún momento fuerza una entrada de aire del primer cuadrante, como ocurre precisamente el día 19 (representado en el mapa derecho de la figura 4 y puede verse en la gráfica de la figura 5). El resto de los días predominan los ciclos locales, con una clara onda diurna (figura 5), apreciándose claramente el desarrollo de brisas bajo temperaturas moderadas pero también con un ciclo bien marcado, resultado de una elevada insolación (en la tabla 1 se puede apreciar que los valores termométricos medios de la campaña son los típicos del mes de febrero).

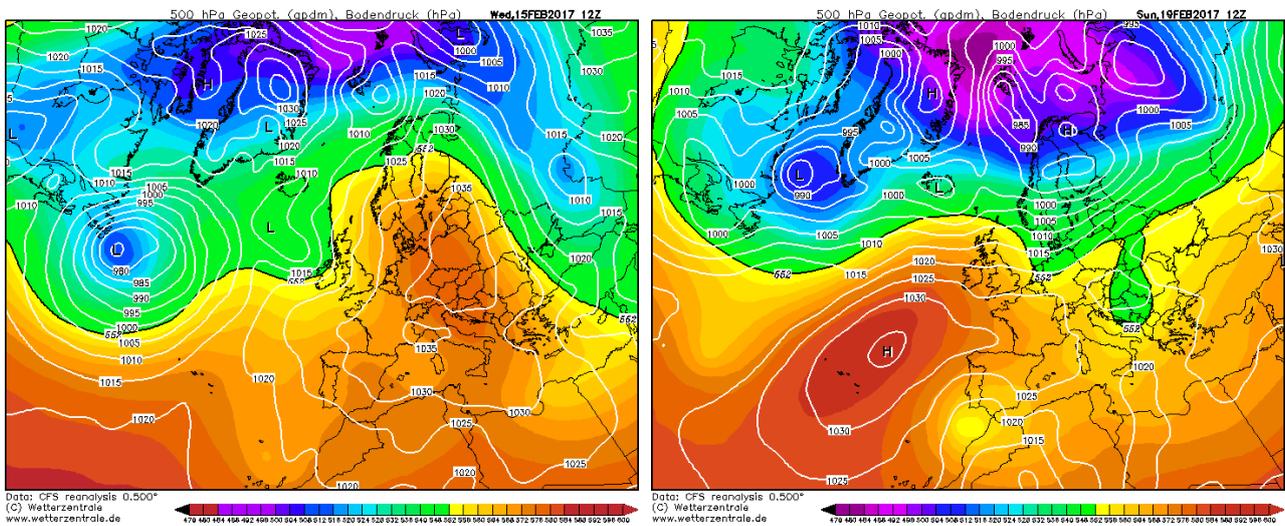


Figura 4: Condiciones meteorológicas a gran escala registradas en dos momentos del periodo de muestreos dosimétricos HN1.

La dinámica de los vientos durante la campaña, que se resume en las rosas de la figura 6 muestra un patrón notablemente diferente al normal, tanto en comparación a los meses de febrero como al periodo medio anual, y ello debido principalmente al referido predominio de vientos flojos, que solo se altera durante la noche del 18 al 19, ya comentada, responsable de la presencia del pico del NNE en la rosa de la campaña. El contraste resulta mayor por cuanto el histórico de este segundo mes del año se manifiesta como sensiblemente más ventoso en promedio, con una importante componente del noroeste, correspondiente a la habitual entrada de sistemas frontales procedentes del Atlántico.



En la valoración numérica de los guarismos de la campaña, mostrados en la tabla 1, queda patente la moderación de los vientos durante el tiempo de captación, con velocidades medias y máximas notablemente inferiores al correspondiente periodo climático, siendo las diferencias termodinámicas menos marcadas (un grado por debajo en el caso de la temperatura y prácticamente iguales la humedad relativa). Como complementa al análisis anterior destacar también el valor de la presión media durante la campaña por encima de los valores normales del mes, en lo que corrobora la ocurrencia durante el periodo de muestreo de un escenario de marcado carácter anticiclónico como el descrito.

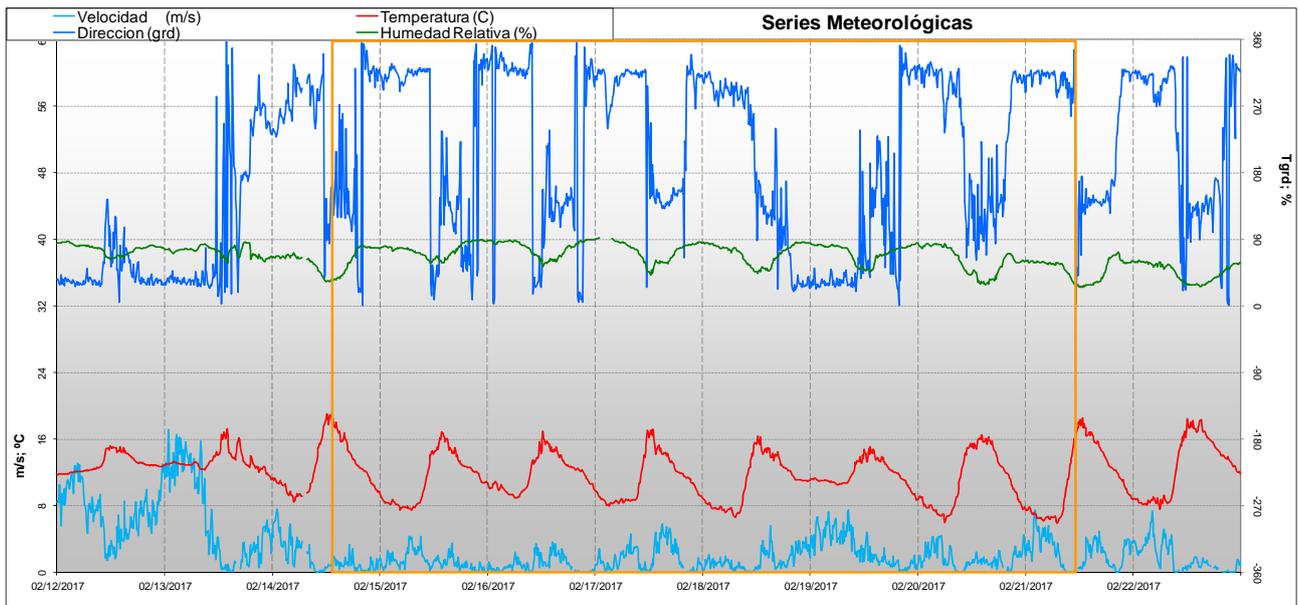


Figura 5: Series temporales de los principales parámetros meteorológicos registrados durante el periodo de muestreos HN1 (valores procedentes de la estación "VALÈNCIA-CONSELLERIA METEO").

Tabla 1: Valores promedio de las principales magnitudes meteorológicas registrados durante la campaña, comparados con los normales para el mes de febrero (la velocidad máxima consignada corresponde al valor medio de los máximos diezminutales registrados).

Magnitud	Campaña	Febreros
Velocidad (m/s)	1.7	3.3
Velocidad Máxima (m/s)	3.9	8.0
Temperatura (C)	11.4	12.5
Humedad Relativa (%)	69.9	52.5
Presión (mb)	1014.6	1007.3

Bajo el escenario meteorológico comentado, no es de extrañar que los niveles de concentración de dióxido de nitrógeno registrado en prácticamente todos los nodos de la red de medida se sitúen por encima del promedio (con algunas excepciones), tal y como se presenta en las series de la siguiente figura 7 y se analiza en el apartado de las anomalías. La muestra de concentraciones registradas en las dos redes dosimétricas durante la campaña se representa en la figura 8, donde se compara con las poblaciones disponibles. Estadísticamente

las medias y las modas de las concentraciones de la campaña resultan notablemente superiores a las correspondientes poblaciones, a la vez que se nota la morfología más apuntada de las distribuciones, en tanto que un único muestreo siempre resulta más homogéneo que el conjunto de todos los datos. En el caso del conjunto poblacional, para ambas distribuciones, regular y periférica, la media es superior a la moda, en lo que significaría una asimetría positiva en los dos casos. Una interpretación sugeriría que se trata de situaciones de elevada contaminación (con independencia de los niveles absolutos), en que tienden a predominar los valores altos de la magnitud. En el caso de la campaña analizada cualitativamente las medidas periféricas durante este primero de los muestreos tendrían un comportamiento contrario, con la cola de la distribución a la izquierda de la media (asimetría negativa), en lo que podría entenderse un impacto sobre la zona de influencia urbana por debajo de lo normal (que cabría asignar a una distribución con igual composición a uno y otro lado de la media).

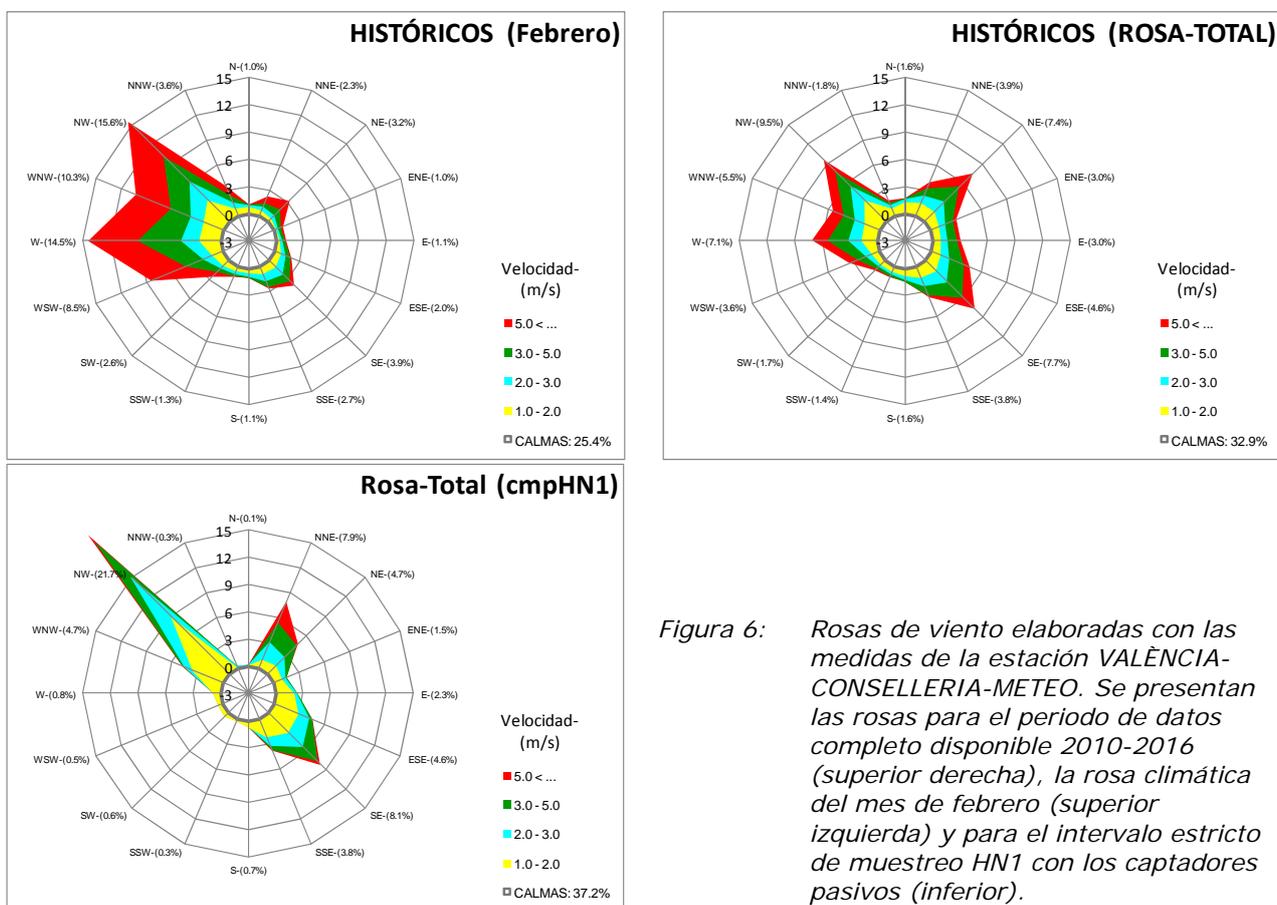


Figura 6: Rosas de viento elaboradas con las medidas de la estación VALÈNCIA-CONSELLERIA-METEO. Se presentan las rosas para el periodo de datos completo disponible 2010-2016 (superior derecha), la rosa climática del mes de febrero (superior izquierda) y para el intervalo estricto de muestreo HN1 con los captadores pasivos (inferior).

La tabla 2 representa estas diferencias en los parámetros estadísticos entre la población y la muestra, junto a su correspondiente valoración porcentual. Se constata que la campaña analizada supone un incremento en torno al 20% para el muestreo regular, y notablemente superior para la red periférica (~30%).

En las siguientes figuras, 9 a 11, se presentan los mapas de distribución espacial de las medidas dosimétricas de concentración de dióxido de nitrógeno en los formatos habituales, haciendo hincapié siempre en que la representación en formato continuo de isocurvas es el resultado de una interpolación matemática, y por tanto no representa estrictamente la realidad observada en cada punto del espacio, por lo que puede estar sometido a distorsiones espurias,



por más que resulten muy ventajosas visualmente sobre la representación discreta de puntos para valorar.

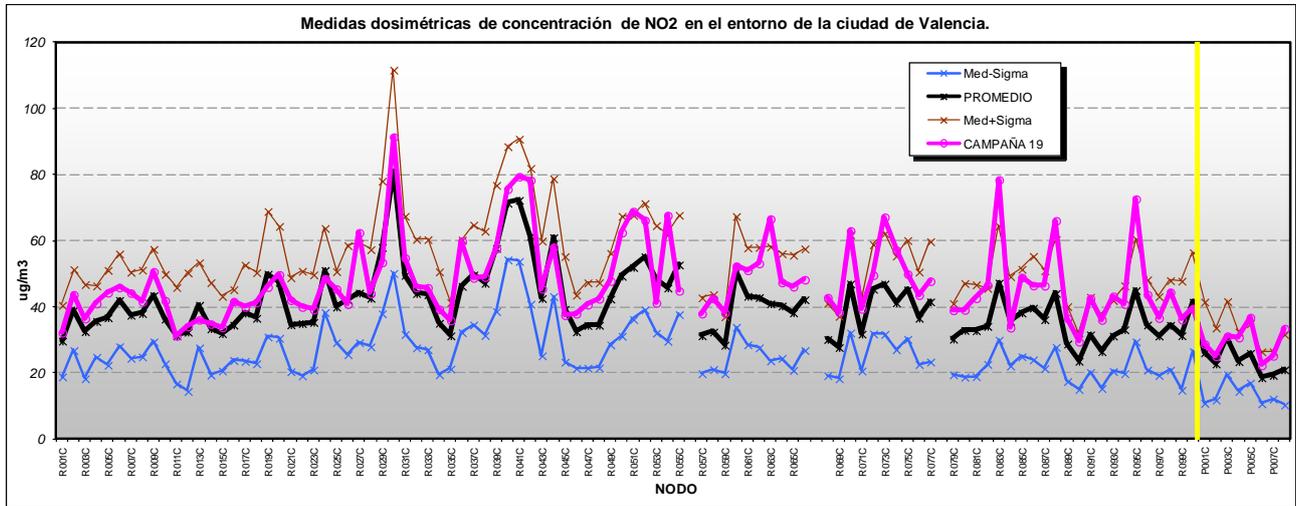


Figura 7: Niveles de concentración de NO<sub>2</sub> para los puntos de medida de la red dosimétrica obtenidos durante la campaña HN1 (línea magenta) frente a los promedios históricos disponibles para los mismos emplazamientos (se muestra el valor medio –línea negra- con un margen de una sigma por ambos lados). A la derecha de la línea vertical amarilla se sitúan los nodos de la red periférica.

Tabla 2: Estadísticos del muestreo HN1 relativos a los correspondientes a la muestra completa.

		PROMEDIO ABSOLUTO (µg/m <sup>3</sup> )	PROMEDIO Cmp HN2 (µg/m <sup>3</sup> )	Diferencia (%)
Red regular	Media	40.6	47.8	18
	Mediana	38.8	44.4	15
	Sigma	10.7	12.9	20
	P95	58.1	73.4	26
	P05	29.4	34.2	16
	Max	81.2	91.5	13
	Min	23.5	29.6	26
Red periférica	Media	23.4	29.3	25
	Mediana	23.0	29.9	30
	Sigma	8.3	10.5	26
	P95	28.9	35.8	24
	P05	18.7	23.4	25
	Max	30.4	37.0	22
	Min	18.4	22.5	22

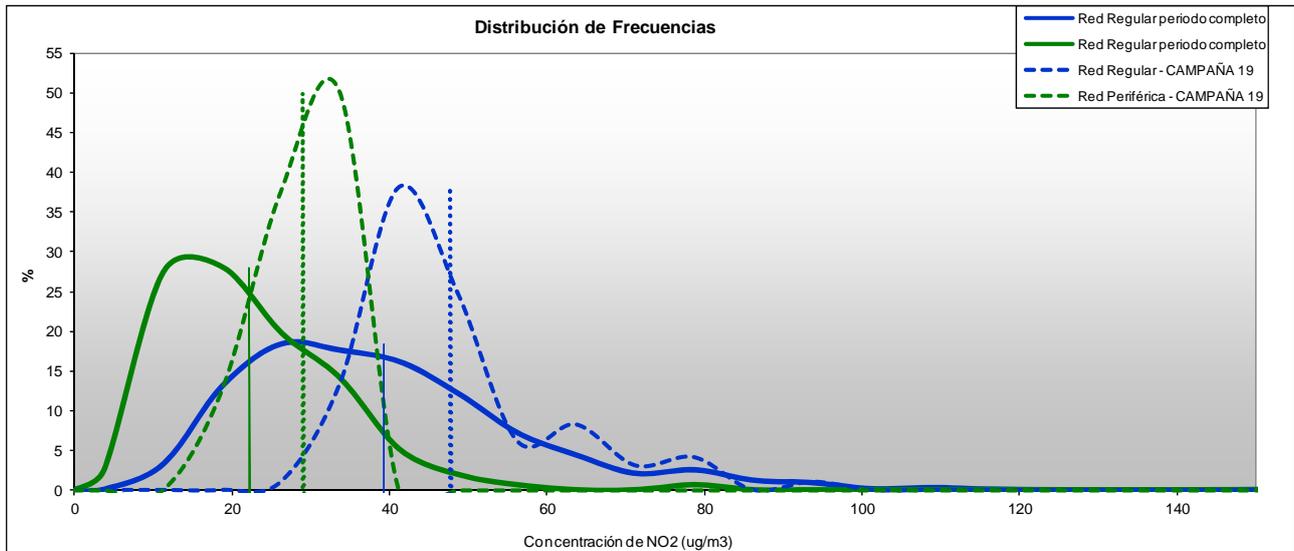


Figura 8: Distribución de frecuencias de las medidas dosimétricas de NO<sub>2</sub> para las dos redes: base de datos total (líneas continuas) y muestreo actual HN1 (líneas a trazos). Todas las distribuciones están normalizadas. Las concentraciones indicadas por las líneas verticales representan los valores medios de las correspondientes poblaciones.

Los niveles de concentración reproducen en general la concentración urbana, con un marcado máximo absoluto en el entorno del centro histórico de la ciudad, y con máximos secundarios en los núcleos periféricos, especialmente localizadas en la parte sur, así como en la zona de influencia del puerto. El análisis de las variaciones respecto a los valores medios históricos (recogidas en las figuras de anomalías) resalta este comportamiento creciente de los niveles durante la campaña actual, que en algunas áreas se sitúan por encima de los 20  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  (que suponen incrementos hasta de un 40% respecto a los teóricos normales), circunscribiéndose los descensos a algunas áreas menores (solo trece puntos de los noventa y cinco disponibles), cuya interpretación requeriría un estudio pormenorizado sobre posibles efectos locales (previsiblemente alteraciones en el régimen del tráfico) con incidencia sobre las emisiones próximas.

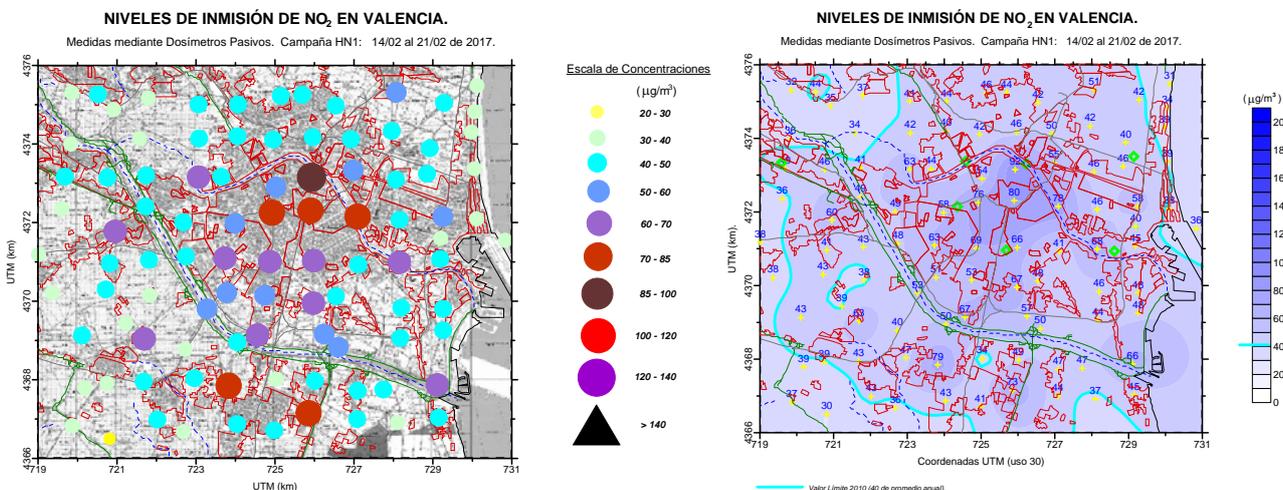


Figura 9: Concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN1 en el entorno de la ciudad de Valencia, para la red regular (en los nodos de medida -mapa de la izquierda- e interpoladas sobre todo el dominio espacial -derecha-).



**NIVELES DE INMISIÓN DE NO<sub>2</sub> EN VALENCIA Y PERIFERIA.**  
Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Campaña HN1: 14/02 al 21/02 de 2017.

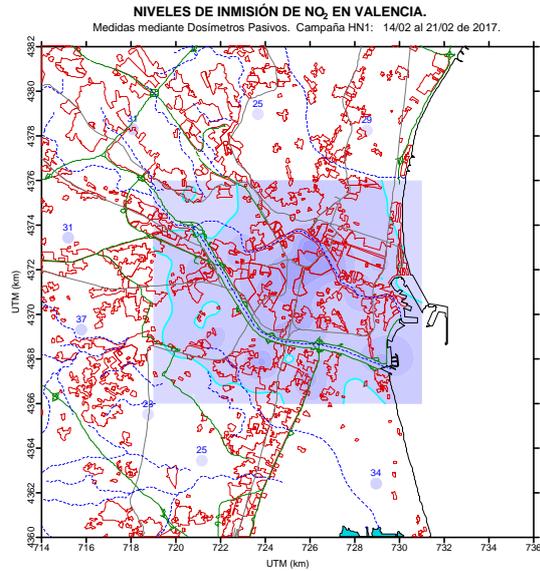
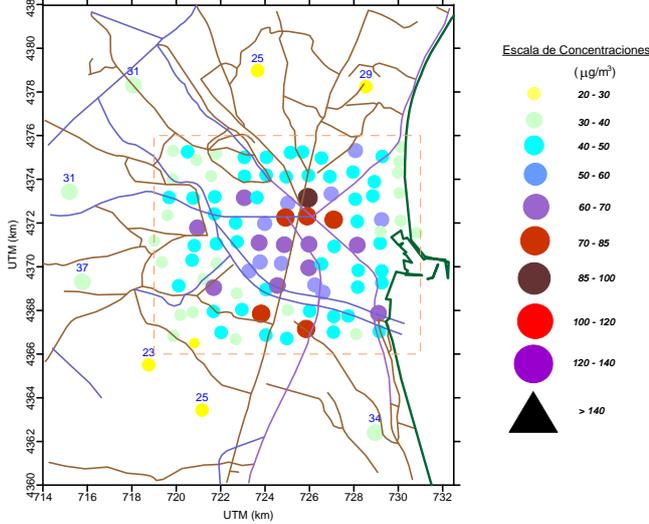
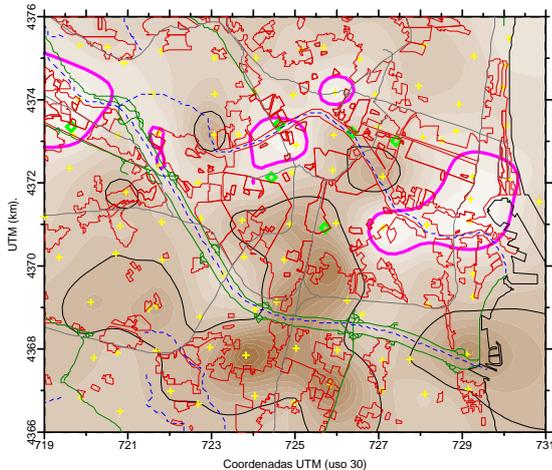


Figura 10: Concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN1 en la que se integran la red regular y la periférica (similar a las gráficas de la figura 9 en su formato).

**NIVELES DE INMISIÓN DE NO<sub>2</sub> EN VALENCIA.**

Anomalías absolutas de las medidas dosimétricas de NO<sub>2</sub>. (Campaña HN1: 14/02 al 21/02 de 2017).



**NIVELES DE INMISIÓN DE NO<sub>2</sub> EN VALENCIA.**

Anomalías relativas de las medidas dosimétricas de NO<sub>2</sub>. (Campaña HN1: 14/02 al 21/02 de 2017).

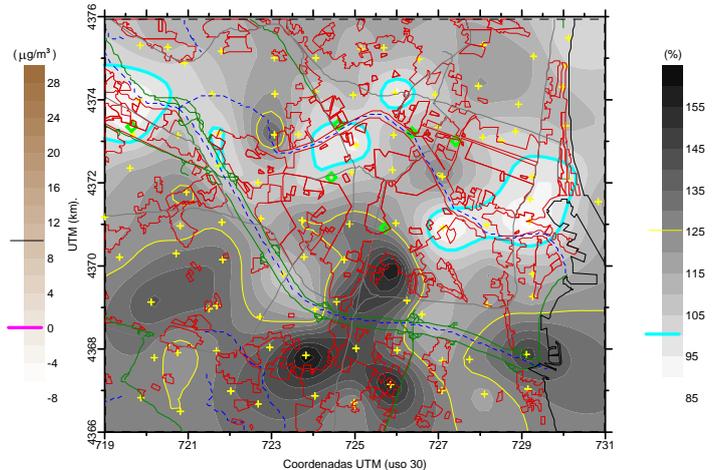


Figura 11: Representación de la distribución espacial de las anomalías absolutas (izquierda) y relativas (derecha) de las concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN1 (respecto al total de los valores promedio históricos para la malla regular de la red de muestreo). En ambas gráficas se resalta alguna isocurva de referencia (en el caso de las variaciones relativas, el valor 100 representa los puntos sin cambio).

Una valoración adicional de los resultados dosimétricos obtenidos procede de los registros de NO<sub>2</sub> de la red de vigilancia de la calidad del aire de la Comunidad, siete de cuyas estaciones se ubican dentro del área de despliegue de la red semirregular de captadores (figura 2), y otras dos en las proximidades. En la figura 12 la secuencia horaria de la evolución de las concentraciones de todas las estaciones durante el periodo de exposición dosimétrica muestra el comentado inicio de la campaña tras un periodo de intensa limpieza, durante el cual las condiciones de estabilidad reinantes en todo el periodo propician un aumento general de los niveles, que solo decaen el fin de semana (que coincide además con el periodo más ventoso), iniciando de nuevo un ascenso a partir del mismo al amparo de la persistencia de un fuerte

anticiclón sobre todo el territorio peninsular. Siendo elevada la variabilidad horaria de las concentraciones de  $\text{NO}_2$  entre las diferentes cabinas, en general puede seguirse en todas ellas el doble pico diurno característico que, en este periodo invernal y como huella característica, resulta habitualmente más elevado el vespertino que el matutino.

Como puede observarse la línea promedio de los dosímetros en todo el intervalo se mantiene ligeramente por encima de la media de las cabinas para el mismo periodo, en ambos casos próximas al límite anual de protección a la salud para este contaminante. Los estadísticos de la tabla 3 confirman estos niveles promediados, en los que la cobertura total de los pasivos sobre su área de despliegue (red semirregular) parece registrar niveles un veinte por ciento superiores a los proporcionados por la misma cobertura de las correspondientes cabinas automáticas.

La distribución urbana de los niveles medios en las estaciones de la red se presenta en la figura 13, a la que se ha añadido para su comparación la intensidad de tráfico registrada en las principales vías urbanas de la ciudad durante el mes de febrero. Mientras que la escala de las concentraciones es la misma que la de las figuras 9 ó 10, las vías se representan con un grosor proporcional al número de vehículos circulantes (a las que acompañan el guarismo respectivo). No es posible apreciar un gradiente o una estructura definida en la distribución de estas siete cabinas en relación a la estructura urbana/tráfico o al efecto del régimen atmosférico durante estas jornadas, dado que en general la influencia del entorno próximo enmascara efectos a mayor escala, y no se aprecia visualmente una relación entre ambas representaciones.

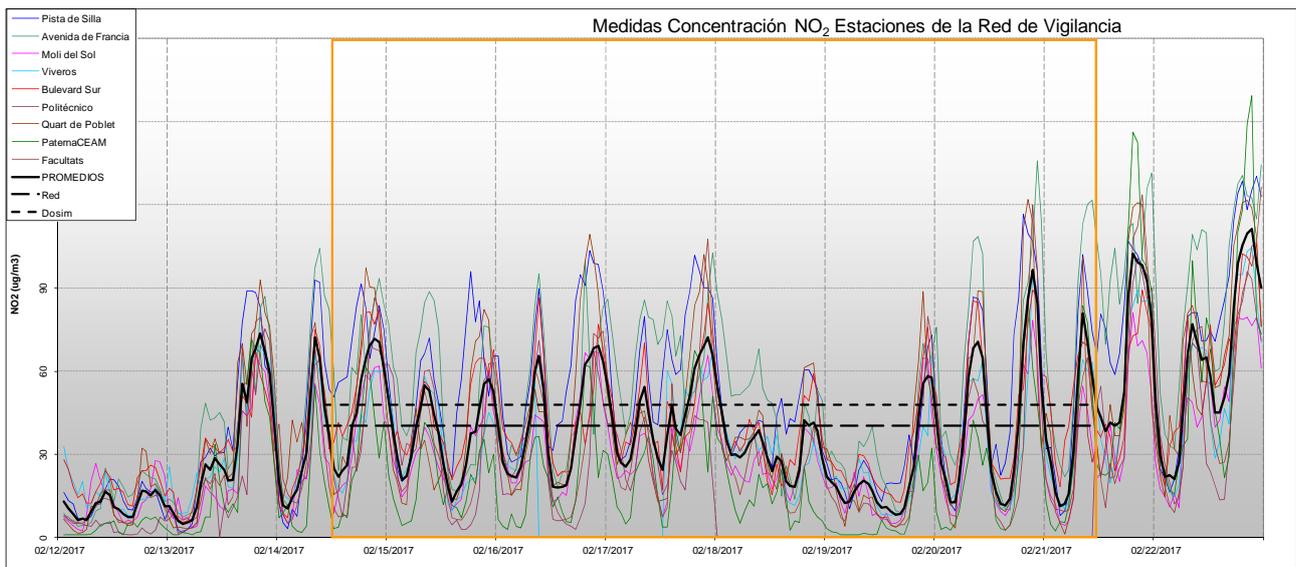


Figura 12: Series temporales de concentración de  $\text{NO}_2$  registradas durante el periodo de exposición de los captadores pasivos durante la campaña HN1 (recuadro). La curva negra resaltada representa el promedio de todas las estaciones. Se indican en las dos líneas de trazos los niveles promedio dosimétricos (cortos) y automáticos-regular (según se transcriben en la tabla 3).

Si se compara el máximo absoluto registrado en alguno de los nodos de la red ( $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) con el equivalente obtenido en la más contaminada de las estaciones ( $53 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) indicaría que estas no se encuentran en los puntos más castigados de la ciudad, aunque los valores máximos horarios automáticos (máximo de  $136 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la estación de Avenida de Francia) sí que registran episodios notablemente agudos. En este sentido el efecto de integración temporal inherente a los captadores reduce drásticamente los picos que sí reflejan los monitores en continuo, y siendo el máximo horario también un referente legal (relativo al

umbral de información a la población y establecido en  $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), puede verse que la comparación entre el peor dosímetro (en promedio para todo el periodo) y el peor valor horario en alguna de las cabinas, aquel solo alcanza un 60% de esta concentración.

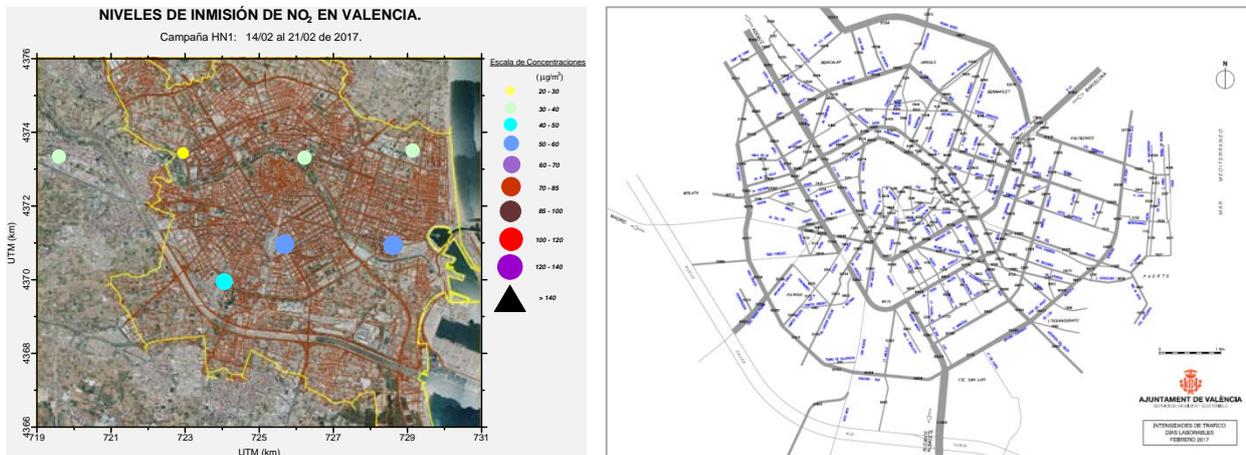


Figura 13: Niveles de concentración promedio de  $\text{NO}_2$  medidos por las cabinas automáticas en la ciudad de Valencia durante el mismo periodo de exposición dosimétrica (izquierda), junto a los niveles de tráfico rodado registrados en la red urbana durante el mes de febrero/2017 (fuente web del Ayuntamiento de Valencia).

Tabla 3: Niveles promedio de concentración de  $\text{NO}_2$  (todos en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) registrados en las cabinas de vigilancia de la red valenciana en el entorno de la ciudad de Valencia para el periodo coincidente con la exposición de los dosímetros durante el muestreo HN1, comparados con los niveles medios de aquellos (se incluye referencia media del mes de febrero).

Estación	Media	Máximo Horario	Media Febreros
València - Pista de Silla *	52	117	44
València - Avd. Francia *	53	136	36
València - Molí del Sol *	29	78	35
València - Vivers *	33	95	33
València -Bulevard Sud *	43	89	35
València - Politécnico *	32	71	32
Quart de Poblet *	39	122	33
Paterna CEAM	21	86	19
Burjassot - Facultats	31	120	30
Red Dosimétrica	48	92	
Cabinas Totales	37	136	33
Cabinas Red Regular (*)	40	136	35
% Dosim/Red	119	60	



### CAMPAÑA 'HN2' (16 al 23 de mayo de 2017).

La segunda de los muestreos se realiza en un entorno meteorológico más ventilado que en el periodo anterior, con un escenario en el que domina el tiempo estable en superficie (ver ejemplo de dos situaciones de la campaña en figura 14), bajo la influencia de las altas presiones atlánticas, que no llegan a establecer una circulación intensa en superficie, propiciando el desarrollo de circulaciones locales, mientras que en niveles altos el paso de una vaguada los primeros días (reflejada en el primero de los mapas) mantiene un alto grado de renovación de la atmósfera en general, impidiendo situaciones de recirculación y acumulación.

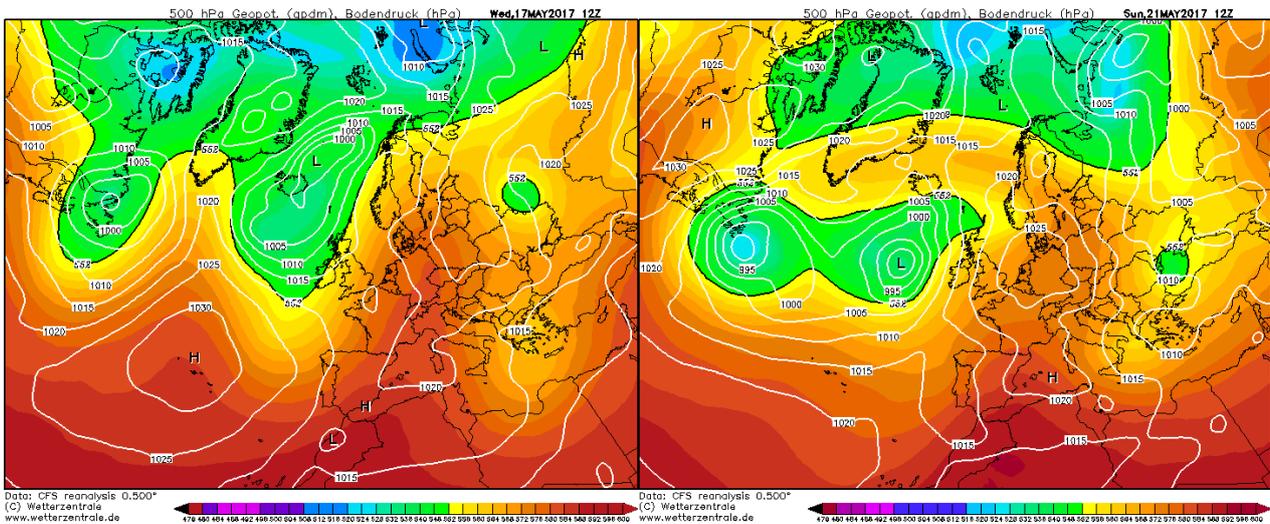


Figura 14: Condiciones meteorológicas a gran escala registradas en dos momentos del periodo de muestreos dosimétricos HN2.

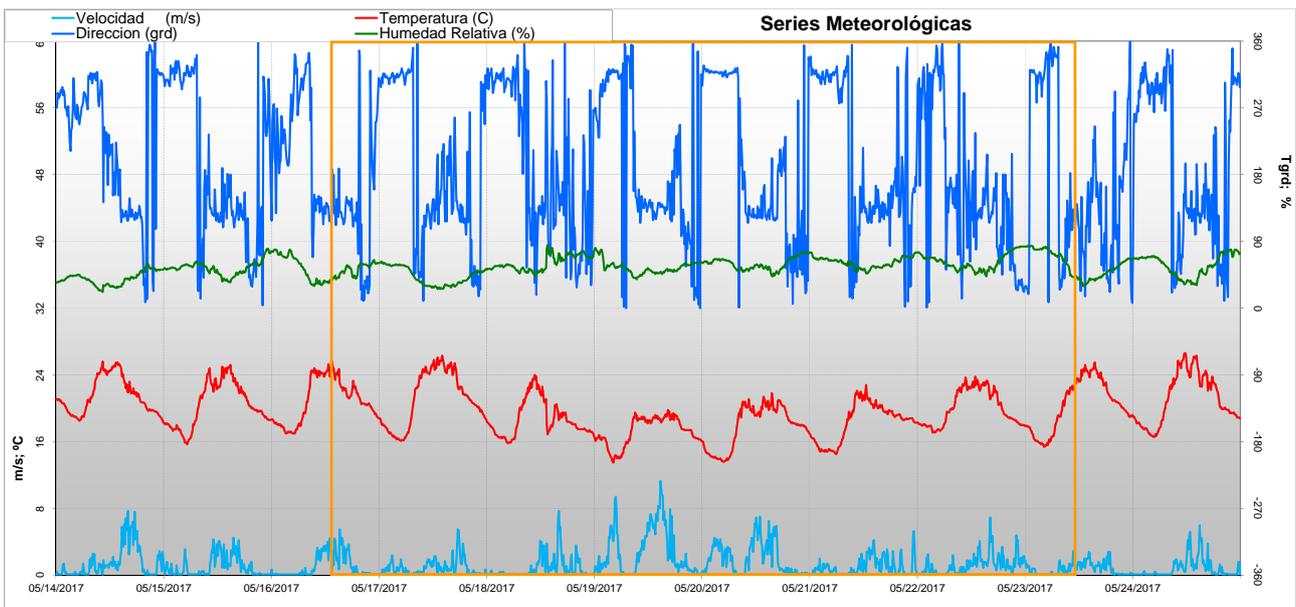


Figura 15: Series temporales de los principales parámetros meteorológicos registrados durante el periodo de muestreos HN2 (valores procedentes de la estación "VALÈNCIA-CONSELLERIA METEO").

Este panorama se refleja en los registros meteorológicos de las figuras 15 y 16, donde se aprecia la repetición de los ciclos de brisa en las series temporales, con una perturbación el día 18 coincidente con el barrido del eje de la vaguada, y que además supone un cierto descenso térmico en las jornadas posteriores. La distribución de vientos de las rosas muestra que en mayo empieza a dominar la componente marítima respecto a la muestra total, siendo especialmente marcado en el periodo de medida, donde prácticamente todos los vientos mensurables proceden del segundo cuadrante (SE), con muy escasa componente de derrame nocturno, que parece corresponder a situaciones de calmas (56% durante el periodo de exposición, frente a un 35% característico de los meses de mayo). En general, y de acuerdo a la tabla 4, la semana de medida resultó estadísticamente menos ventosa que el histórico mensual, con diferencias en los parámetros termodinámicos menos relevantes en sus correspondientes valores medios.

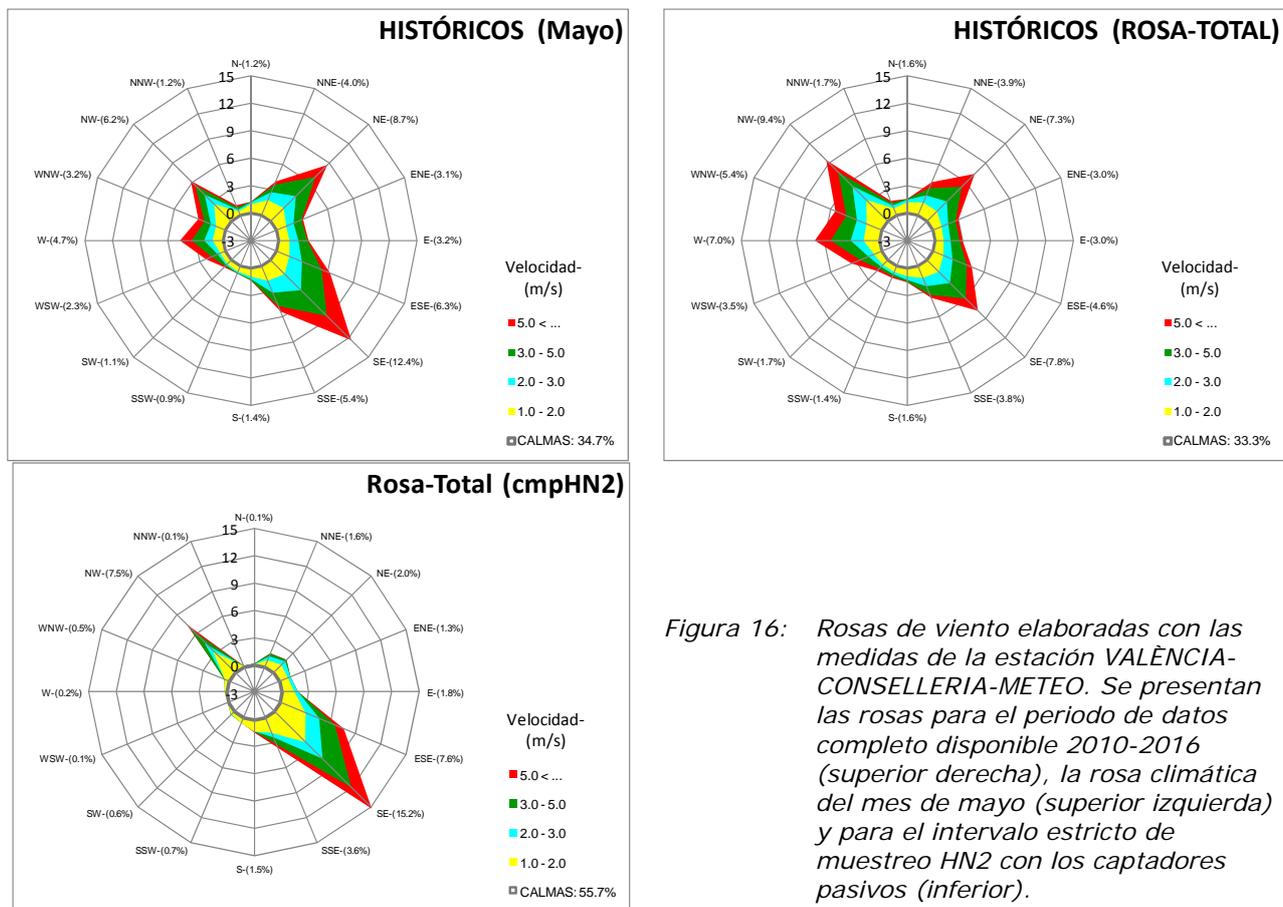


Figura 16: Rosas de viento elaboradas con las medidas de la estación VALÈNCIA-CONSELLERIA-METEO. Se presentan las rosas para el periodo de datos completo disponible 2010-2016 (superior derecha), la rosa climática del mes de mayo (superior izquierda) y para el intervalo estricto de muestreo HN2 con los captadores pasivos (inferior).

Tabla 4: Valores promedio de las principales magnitudes meteorológicas registrados durante la campaña, comparados con los normales para el mes de mayo (la velocidad máxima consignada corresponde al valor medio de los máximos diezminutales registrados).

Magnitud	Campaña	Mayos
Velocidad (m/s)	1.4	2.4
Velocidad Máxima (m/s)	4.3	5.6
Temperatura (C)	19.1	19.4
Humedad Relativa (%)	57.5	61.9
Presión (mb)	1006.6	1006.1

En el contexto histórico de los muestreos disponibles, tal como refleja la secuencia de nodos de la figura 17, la segunda de las campañas del año 2017 supuso niveles de concentración por debajo de la media registrada hasta ahora, que se sustentan en las distribuciones de la figura 18 y sus correspondientes estadísticos de la tabla 5.

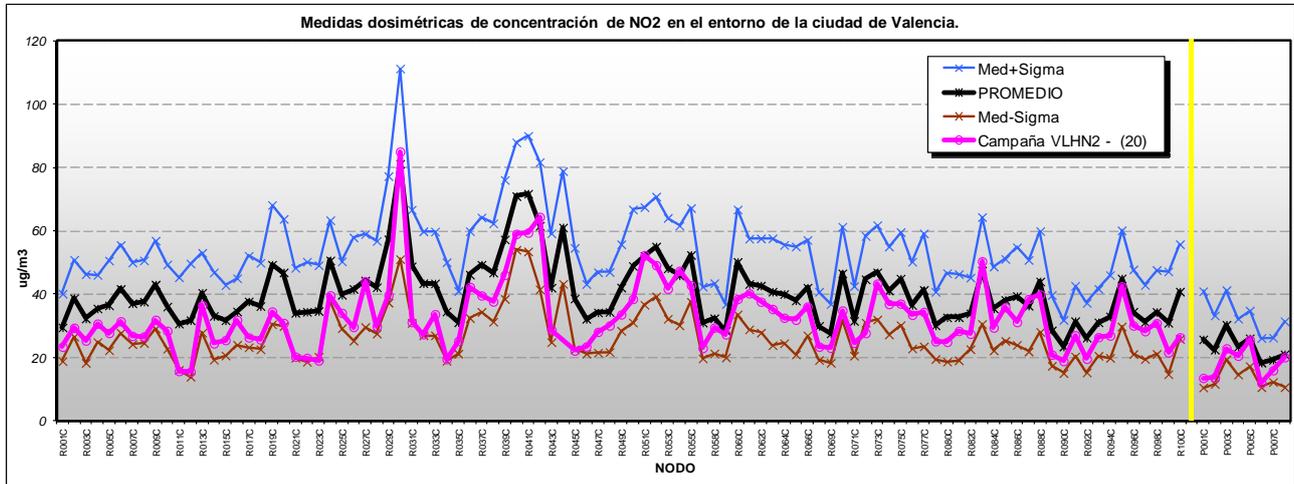


Figura 17: Niveles de concentración de NO<sub>2</sub> para los puntos de medida de la red dosimétrica obtenidos durante la campaña HN2 (línea magenta) frente a los promedios históricos disponibles para los mismos emplazamientos (se muestra el valor medio –línea negra– con un margen de una sigma por ambos lados). A la derecha de la línea vertical amarilla se sitúan los nodos de la red periférica.

Tabla 5: Estadísticos del muestreo HN2 relativos a los correspondientes a la muestra completa.

		PROMEDIO ABSOLUTO (µg/m <sup>3</sup> )	PROMEDIO Cmp HN2 (µg/m <sup>3</sup> )	Diferencia (%)
Red regular	Media	40.6	32.7	-19
	Mediana	38.8	30.4	-21
	Sigma	10.7	11.2	5
	P95	58.1	50.9	-12
	P05	29.4	19.6	-33
	Max	81.2	85.1	5
	Min	23.5	15.6	-34
Red periférica	Media	23.4	18.1	-23
	Mediana	23.0	18.1	-21
	Sigma	8.3	7.4	-12
	P95	28.9	24.7	-14
	P05	18.7	12.6	-33
	Max	30.4	25.7	-16
	Min	18.4	12.0	-35

En este caso las cuatro distribuciones, poblacionales y muestrales, con sus correspondientes regulares y periféricos, muestran un sesgo positivo en todos los casos, coherentes entre sí, lo que significa que predomina la cola de los valores más altos. Este comportamiento es independiente del valor absoluto de los datos, y del hecho de que en general los niveles de la muestra se sitúen en este caso por debajo del conjunto de campañas que, según los valores numéricos de la tabla, se encuentran en torno a un 20% de reducción en promedio. Este descenso es más acusado en los valores mínimos que en los máximos (ver comportamiento de los percentiles y de los extremos de ambas redes), con el caso de que el valor máximo de los nodos de la red regular experimenta un aumento respecto al promedio de los máximos del conjunto completo.

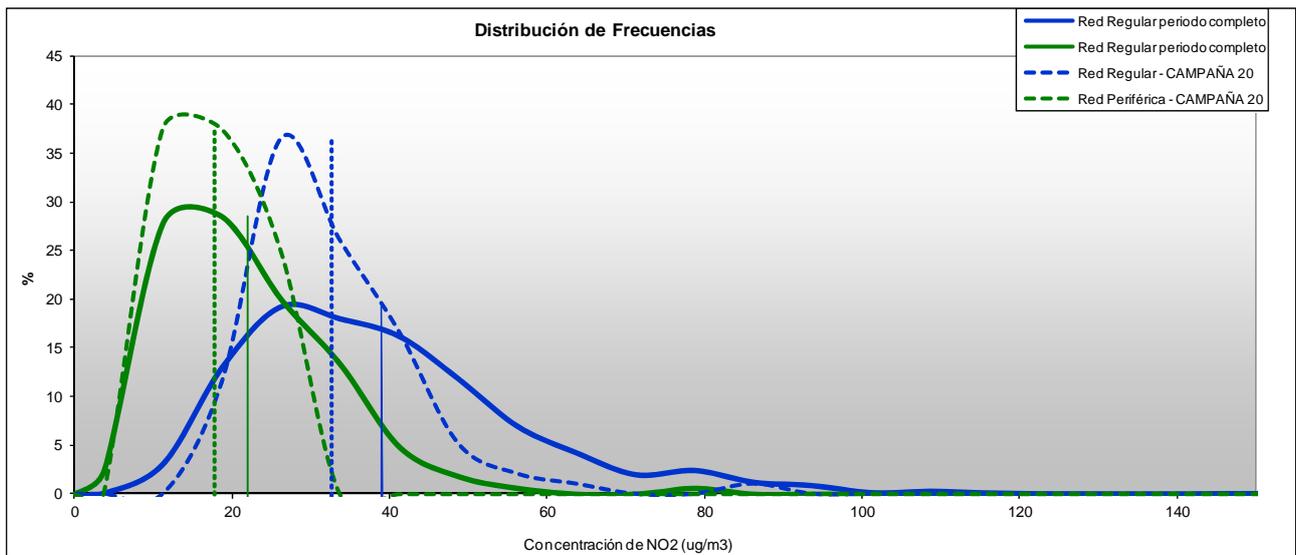


Figura 18: Distribución de frecuencias de las medidas dosimétricas de  $\text{NO}_2$  para las dos redes: base de datos total (líneas continuas) y muestreo actual HN2 (líneas a trazos). Todas las distribuciones están normalizadas. Las concentraciones indicadas por las líneas verticales representan los valores medios de las correspondientes poblaciones.

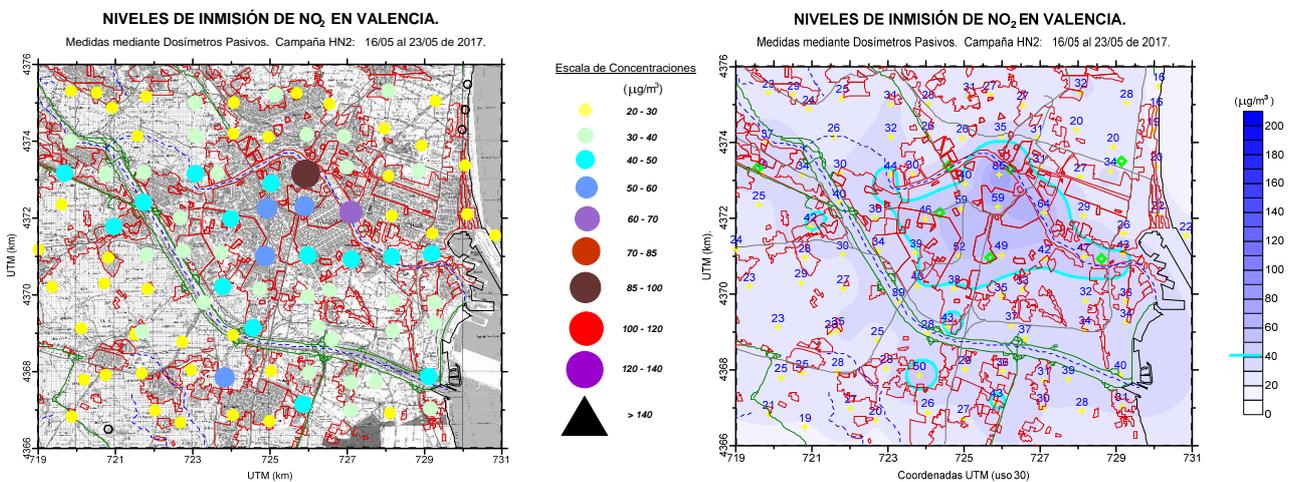


Figura 19: Concentraciones de  $\text{NO}_2$  obtenidas durante la campaña HN2 en el entorno de la ciudad de Valencia, para la red regular (en los nodos de medida -mapa de la izquierda- e interpoladas sobre todo el dominio espacial -derecha-).

El reflejo sobre la distribución espacial de las figuras 19 y 20 confirma el patrón de situaciones anteriores, oportunamente rebajado en valor absoluto, con un núcleo urbano central máximo que se dispone según el eje de los vientos predominantes, extendiéndose hacia los poblados marítimos, y con máximos relativos en torno a las aglomeraciones periféricas y zona portuaria.

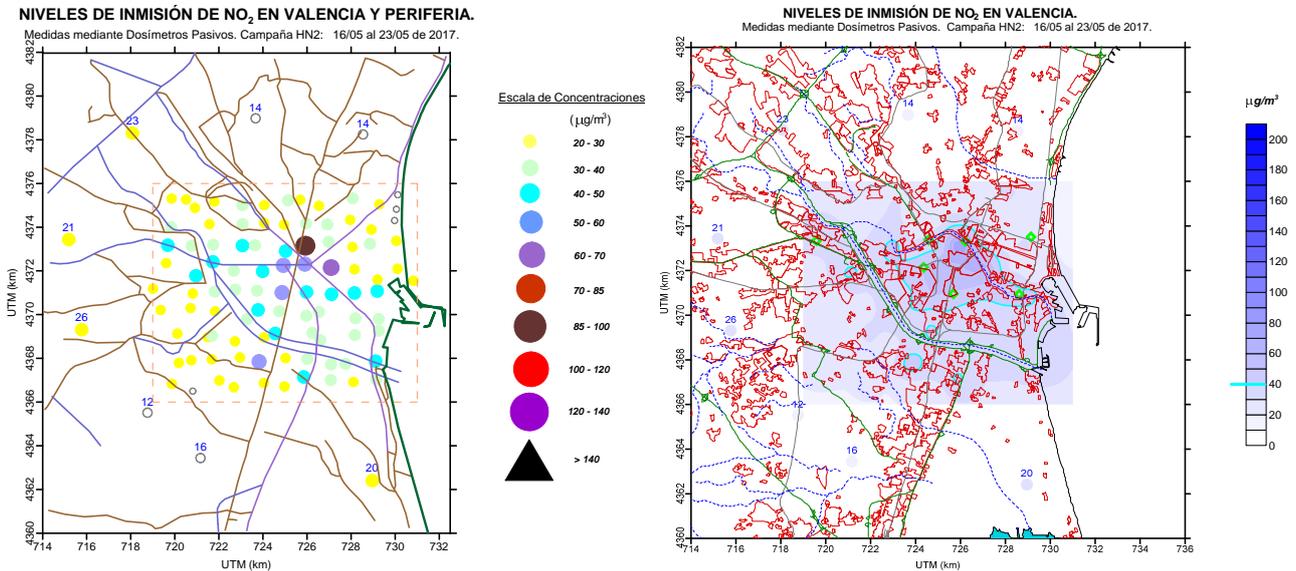


Figura 20: Concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN2 en la que se integran la red regular y la periférica (similar a las gráficas de la figura 19 en su formato).

El mapas de anomalías que se muestra en las gráficas de la figura 21 refleja una distribución espacial ahora diferente a la de los valores absolutos, donde se identifican algunos núcleos en torno a los cuales las diferencias son mínimas (incluso con aumentos, muy puntuales y de poca intensidad, tal y como dibujan las anomalías absolutas), y aparentemente más concentradas en torno a los cascos urbanos, produciéndose el mayor descenso en la parte norte del dominio, con porcentajes superiores al 25% (ver isocurva en el plano de diferencias relativas).

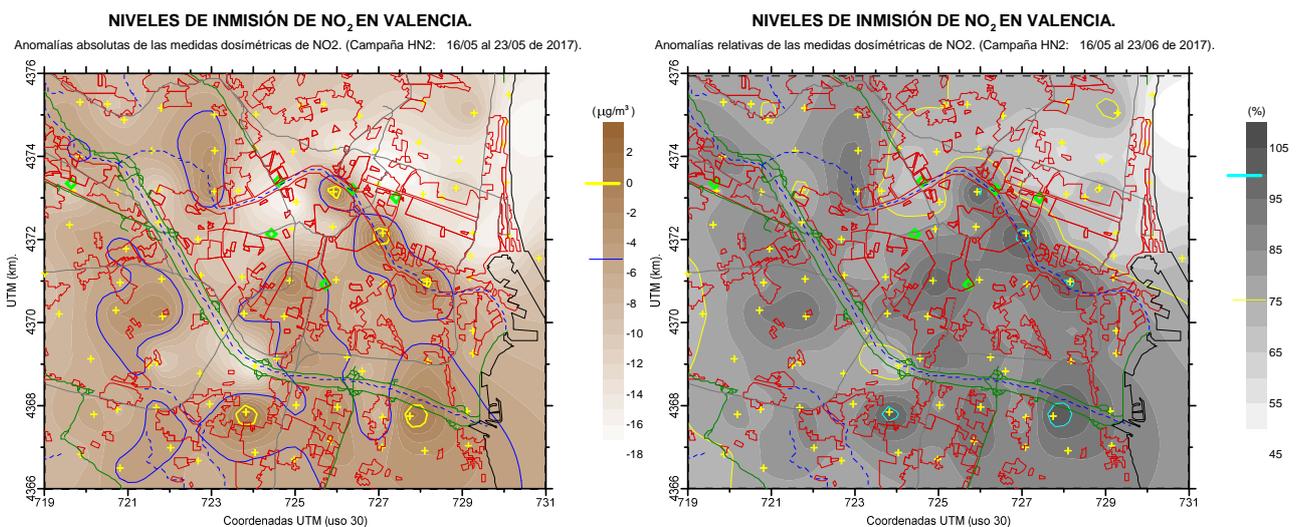


Figura 21: Representación de la distribución espacial de las anomalías absolutas (izquierda) y relativas (derecha) de las concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN2 (respecto al total de los valores promedio históricos para la malla regular de la red de muestreo). En ambas gráficas se resalta alguna isocurva de referencia (en el caso de las variaciones relativas, el valor 100 representa los puntos sin cambio).

La comparación del muestreo ya con los datos de la red automática de vigilancia de la calidad del aire en el entorno de la ciudad valenciana se presenta en forma de las series temporales de la figura 22, en que se muestra la modulación de las condiciones meteorológicas, tal y como se comentó en relación a la evolución de los factores atmosféricos, en que se inicia con un periodo anticiclónico poco ventilado, evolucionando con el paso de la vaguada en altura que supone una mayor renovación de la masa aérea, reflejándose en el aplastamiento general e las curvas a partir de la mitad de la ventana de muestreo. En este caso los niveles promedio dosimétricos y de las estaciones de la red resultaron muy similares, lo que se valora también en los estadísticos de la tabla 6. El resultado sobre las cabinas parece mostrar un gradiente norte/sur, como se ilustra en la figura 23, que no siempre se relaciona bien con los registros de tráfico urbano, y que se corresponde con el análisis realizado de las anomalías.

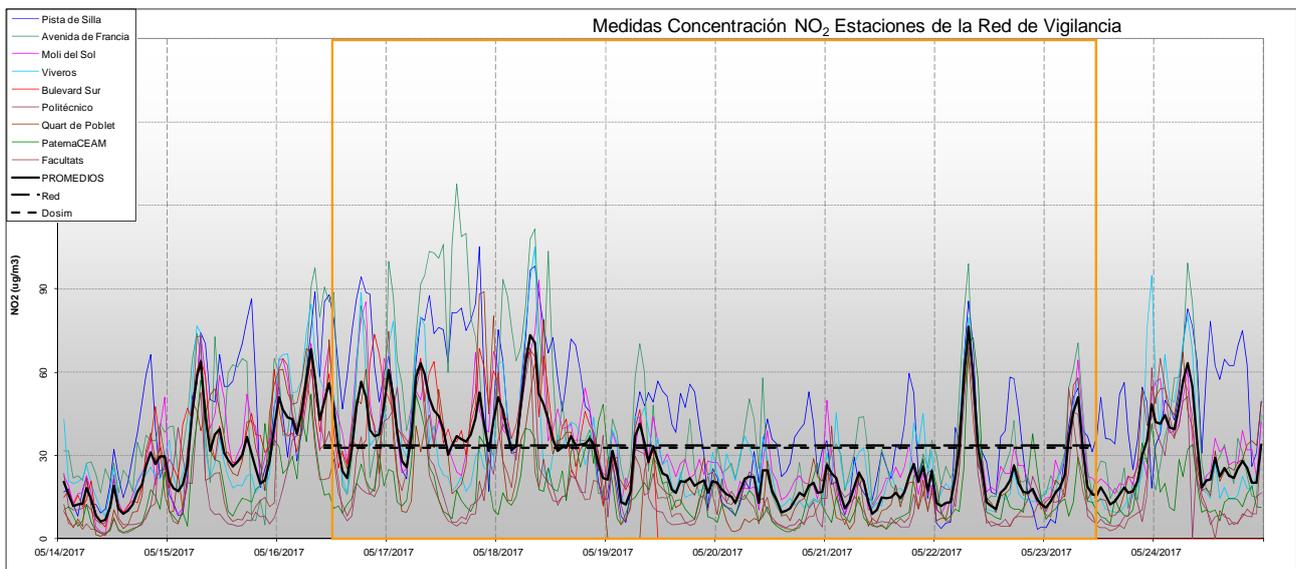


Figura 22: Series temporales de concentración de  $\text{NO}_2$  registradas durante el periodo de exposición de los captadores pasivos durante la campaña HN2 (recuadro). La curva negra resaltada representa el promedio de todas las estaciones. Se indican en las dos líneas de trazos los niveles promedio dosimétricos (cortos) y automáticos-regular (según se transcriben en la tabla 6).

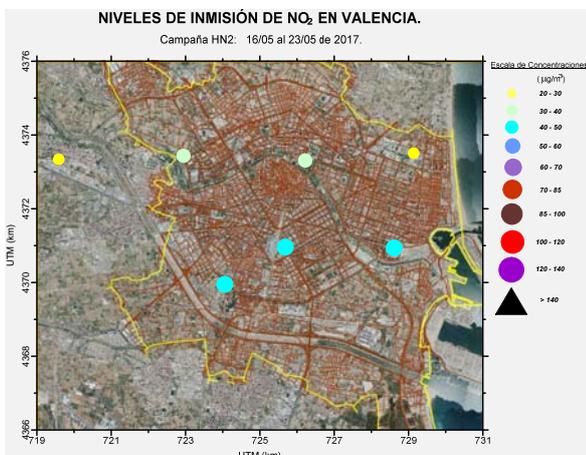


Figura 23: Niveles de concentración promedio de  $\text{NO}_2$  medidos por las cabinas automáticas en la ciudad de Valencia durante el mismo periodo de exposición dosimétrica (izquierda), junto a los niveles de tráfico rodado registrados en la red urbana durante el mes de mayo/2017 (fuente web del Ayuntamiento de Valencia).



Tabla 6: Niveles promedio de concentración de  $\text{NO}_2$  (todos en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) registrados en las cabinas de vigilancia de la red valenciana en el entorno de la ciudad de Valencia para el periodo coincidente con la exposición de los dosímetros durante el muestreo HN2, comparados con los niveles medios de aquellos (se incluye referencia a la media general de los meses de mayo).

Estación	Media	Máximo Horario	Media Mayos
València - Pista de Silla *	43	105	40
València -Avd. Francia *	42	128	24
València - Molí del Sol *	33	93	26
València - Vivers *	31	105	21
València -Bulevard Sud *	43	74	30
València - Politècnic *	20	69	23
Quart de Poblet *	26	89	23
Paterna CEAM	17	73	13
Burjassot - Facultats	18	75	21
Red Dosimétrica	33	85	
Cabinas Totales	30	128	25
Cabinas Red Regular (*)	34	128	27
% Dosim/Red	97	67	

### CAMPAÑA 'HN3' (19 al 26 de julio de 2017).

La tercera campaña se realizó en un periodo ya adentrado en el verano, que no correspondió sin embargo a las situaciones más extremas de la estación, quedando buena parte de los días de exposición bajo la influencia de una vaguada en altura, asociada a la borrasca que se mantuvo sobre las Islas Británicas, aportando una masa de aire más fresca a la vez que las altas presiones atlánticas permanecieron al oeste peninsular, de manera que solo al final de la campaña el anticiclón se desplazó hacia su posición más habitual. Este escenario se ilustra en los dos mapas de la figura 24, donde se aprecia también una circulación general intensa en niveles altos al inicio de muestreo, no necesariamente con un reflejo claro en superficie, donde predominan los ciclos de brisa, pero que contribuye de alguna manera al mantenimiento de una atmósfera renovada. Sobre las condiciones atmosféricas a gran escala se superpusieron claramente las circulaciones locales, con una onda diurna bien identificable, como sugieren los registros meteorológicos de la figura 15, aunque en ocasiones notablemente perturbada, previsiblemente por el mencionado forzamiento puntual a gran escala.

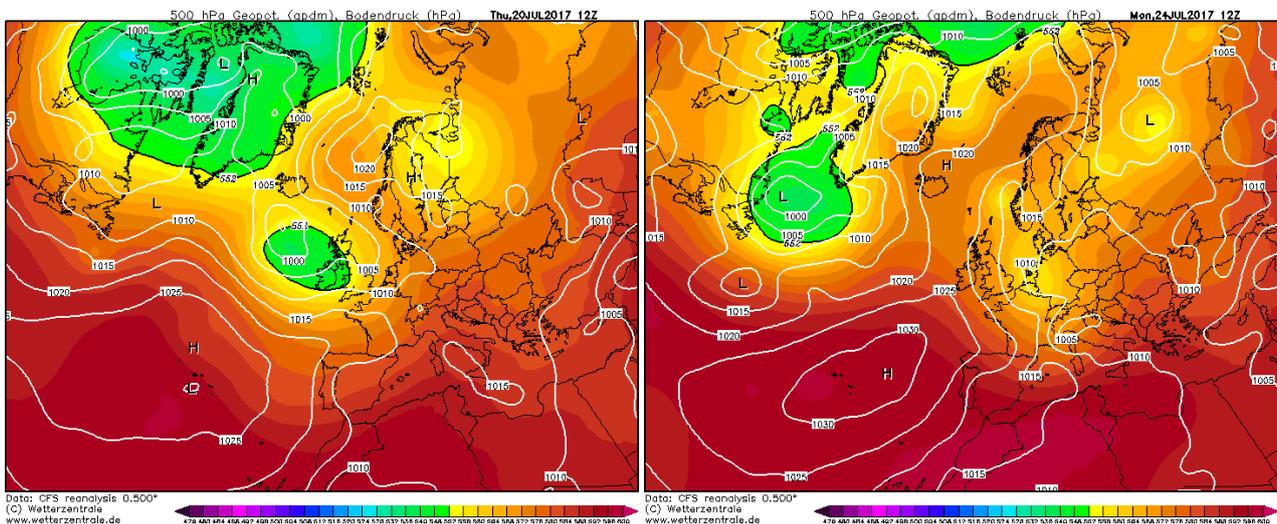


Figura 24: Condiciones meteorológicas a gran escala registradas en dos momentos del periodo de muestreos dosimétricos de la campaña HN3.

Sintetizando el periodo a través de los estadísticos de la tabla 7 puede concluirse que no obstante el periodo resultó algo menos ventoso que los que correspondería a un julio típico (térmicamente no se obtienen diferencias a partir de las mediciones procesadas), que se confirma en el propio aspecto de la rosa de vientos de la figura 26 donde, al ya notable sesgo en la distribución normal de direcciones de dicho mes respecto a la población total, se destaca aún más afiladamente el agrupamiento de la distribución direccional de la campaña en curso, donde no solo la frecuencia de calmas resultó porcentualmente más elevada, sino que las direcciones aparecen colimadas casi exclusivamente en torno a los rumbos SE y NE (notándose especialmente en esta última la influencia del contexto circulatorio general, y que se circunscriben principalmente a horas nocturnas, imponiéndose durante el día la componente marítima de la brisa procedente del segundo cuadrante, en respuesta a un intenso calentamiento diurno propio de estas fechas). No obstante los ciclos de brisa no destacan aún por su intensidad, lo que resulta de las condiciones atmosféricas ligeramente perturbadas del periodo de muestreo, no correspondientes a un típico escenario estival en el seno de una masa cálida sahariana y bajo el dominio de las altas presiones atlánticas.

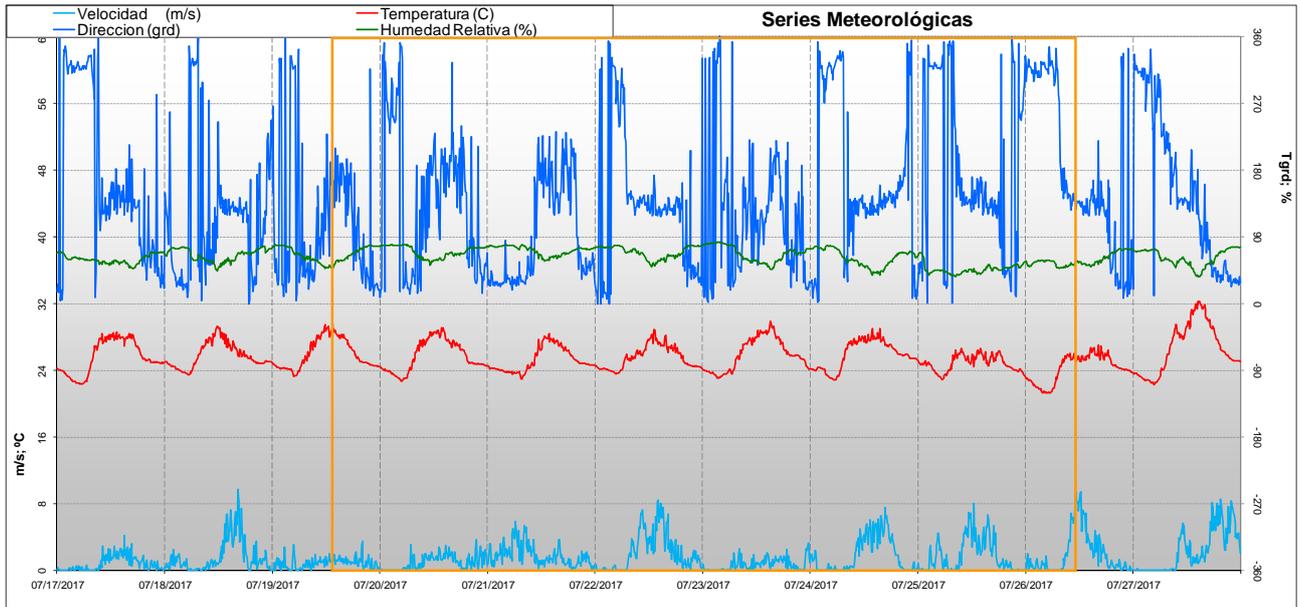


Figura 25: Series temporales de los principales parámetros meteorológicos registrados durante el periodo de muestreos HN3 (valores procedentes de la estación "VALÈNCIA-CONSELLERIA METEO").

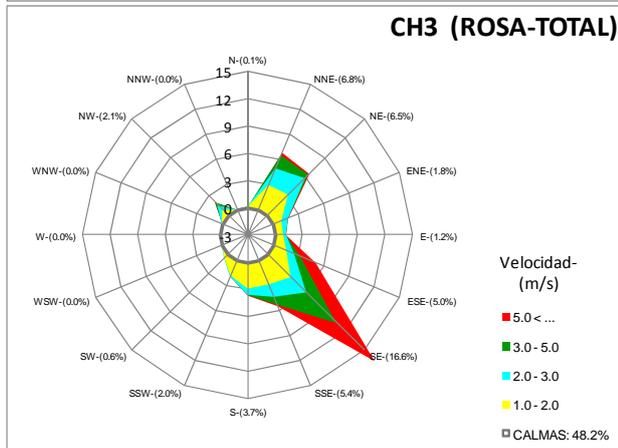
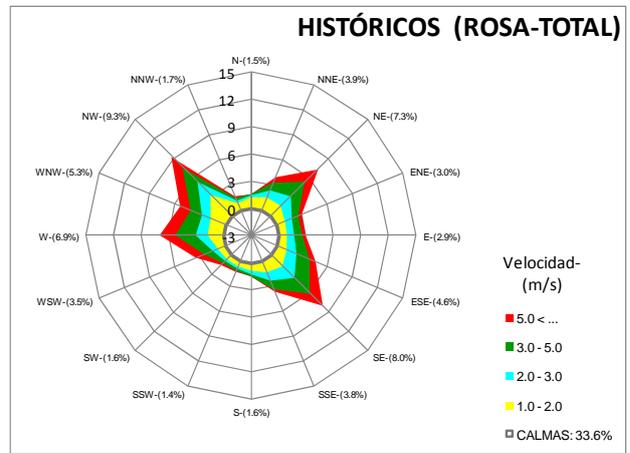
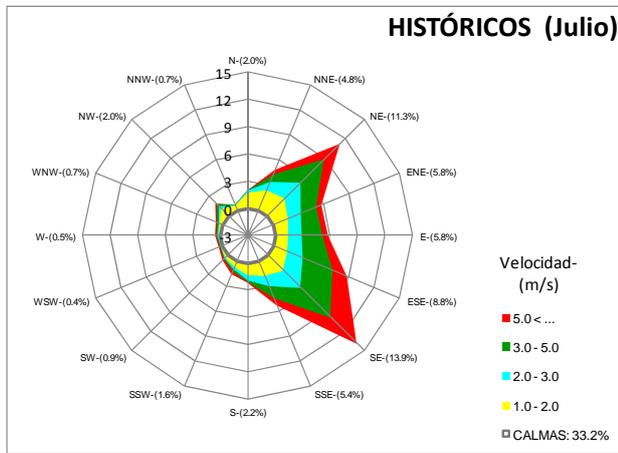


Figura 26: Rosas de viento elaboradas con las medidas de la estación VALÈNCIA-CONSELLERIA-METEO. Se presentan las rosas para el periodo de datos completo disponible 2010-2017 (superior derecha), la rosa climática del mes de julio (superior izquierda) y para el intervalo estricto de muestreo HN3 con los captadores pasivos (inferior).



Tabla 7: Valores promedio de las principales magnitudes meteorológicas registrados durante la campaña, comparados con los normales para el mes de julio (la velocidad máxima consignada corresponde al valor medio de los máximos diezminutales registrados).

Magnitud	Campaña	Julios
Velocidad (m/s)	1.5	2.4
Velocidad Máxima (m/s)	4.6	5.5
Temperatura (C)	25.5	25.6
Humedad Relativa (%)	63.9	67.9
Presión (mb)	1000.7	1005.1

El reflejo sobre los niveles de inmisión de NO<sub>2</sub> supuso por lo tanto un descenso de las concentraciones respecto a los valores medios, de manera uniforme, tal y como muestra las series de la figura 27, donde el muestreo se sitúa en esta ocasión prácticamente sobre la línea de la media menos una sigma de la distribución total. Morfológicamente las secuencias resultan de nuevo similares, con la consiguiente diferencia en cuanto a la magnitud del nivel medio de las series (solo algunos nodos aislados presentan discrepancias puntuales de mayor intensidad respecto al comportamiento medio). Y la correspondiente representación en la gráfica de distribuciones de la figura 28 muestra una campana bastante más colimada que la correspondiente poblacional, con la recta de los valores medios sensiblemente por debajo de aquella. Estadísticamente los parámetros característicos se recogen en la tabla 8 de la hoja adjunta. En ambas redes, urbana y rural, los valores medios de la campaña revelan un descenso en torno al 35-40% respecto a los niveles medios, que no lo es tanto en los extremos superiores, y en especial el valor máximo registrado en la campaña resulta notablemente superior al promedio de los máximos para el mismo emplazamiento. Este comportamiento refleja la propia naturaleza del sistema urbano, puntualmente sometido a perturbaciones locales que pueden suponer una variación notable de los niveles (obras, desvíos, etc), cuya continuidad en el tiempo podría significar algún tipo de cambio permanente en la cotidianeidad circulatoria de la ciudad.

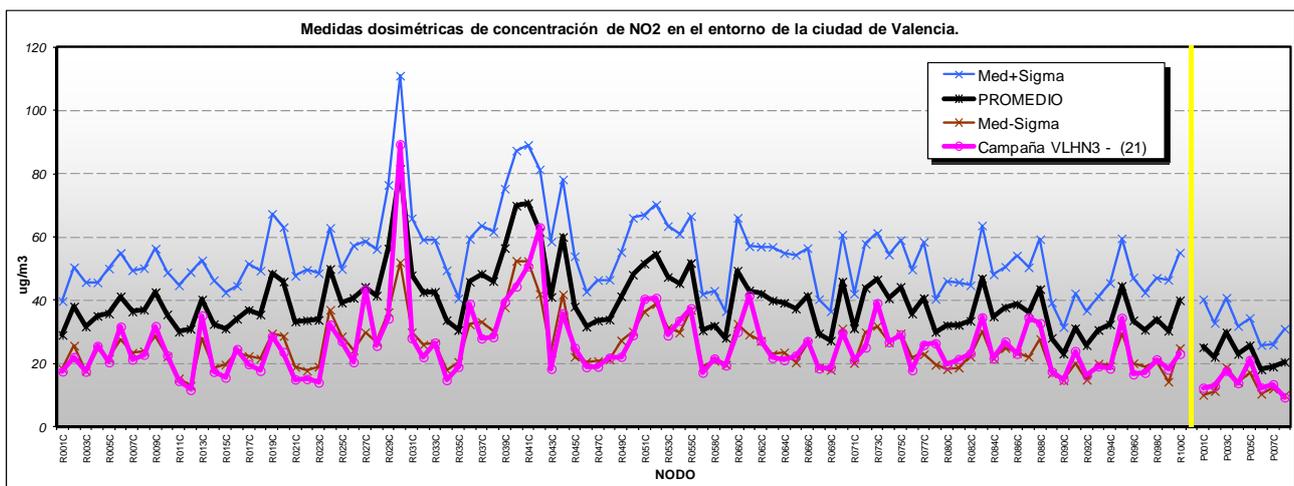


Figura 27: Niveles de concentración de NO<sub>2</sub> para los puntos de medida de la red dosimétrica obtenidos durante la campaña HN3 (línea magenta) frente a los promedios históricos disponibles para los mismos emplazamientos (se muestra el valor medio –línea negra- con un margen de una sigma por ambos lados). A la derecha de la línea vertical amarilla se sitúan los nodos de la red periférica.

Tabla 8: Estadísticos del muestreo HN3 relativos a los correspondientes a la muestra completa.

		PROMEDIO ABSOLUTO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PROMEDIO Cmp HN3 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Diferencia (%)
Red regular	Media	40.0	26.2	-35
	Mediana	38.1	23.1	-39
	Sigma	10.7	11.2	5
	P95	57.2	41.9	-27
	P05	28.9	15.0	-48
	Max	81.5	89.3	10
	Min	23.2	11.7	-50
Red periférica	Media	23.0	14.2	-38
	Mediana	22.6	13.2	-42
	Sigma	8.2	5.6	-32
	P95	28.5	20.0	-30
	P05	18.5	10.4	-44
	Max	29.9	21.2	-29
	Min	18.2	9.4	-48

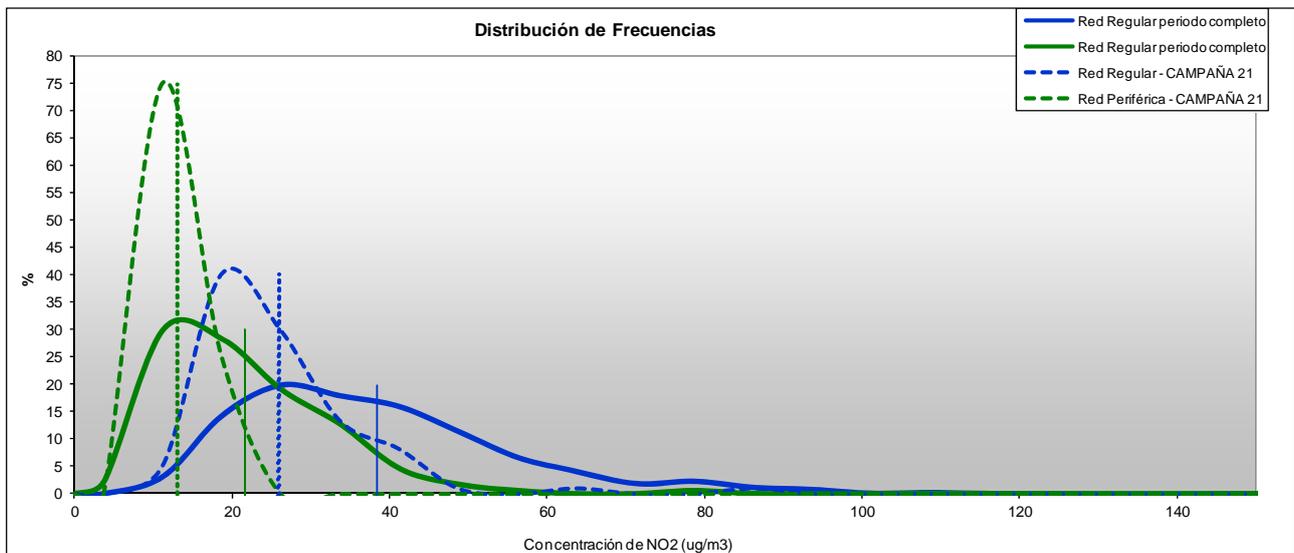


Figura 28: Distribución de frecuencias de las medidas dosimétricas de  $\text{NO}_2$  para las dos redes: base de datos total (líneas continuas) y muestreo actual HN3 (líneas a trazos). Todas las distribuciones están normalizadas. Las concentraciones indicadas por las líneas verticales representan los valores medios de las correspondientes poblaciones.

La distribución espacial en el entramado urbano, tal y como lo reflejan las figuras 29 y 30 tampoco cambia cualitativamente los mapas promedio (actualizados en el anexo), con el único matiz de los niveles altos en alguno de los nodos de muestreo situados en el núcleo central del casco urbano. En este caso el ámbito que se situaría por encima de la referencia legal de protección a la salud (establecida en un promedio anual de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) y señalada en los mapas de color difuminado por una línea azul claro, se circunscribe al núcleo central, determinado aproximadamente por el casco antiguo, donde de manera recurrente siempre se concentran



los máximos de la distribución de concentraciones (en esta ocasión no aparecen resaltadas ni las grandes vías ni la zona portuaria).

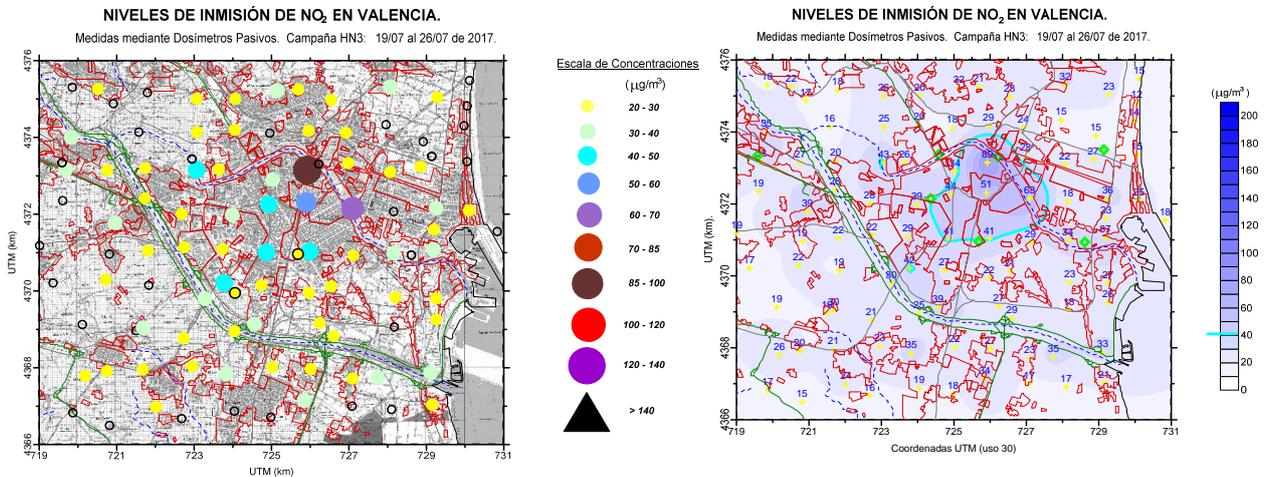


Figura 29: Concentraciones de  $\text{NO}_2$  obtenidas durante la campaña HN3 en el entorno de la ciudad de Valencia, para la red regular (en los nodos de medida -mapa de la izquierda- e interpoladas sobre todo el dominio espacial -derecha-).

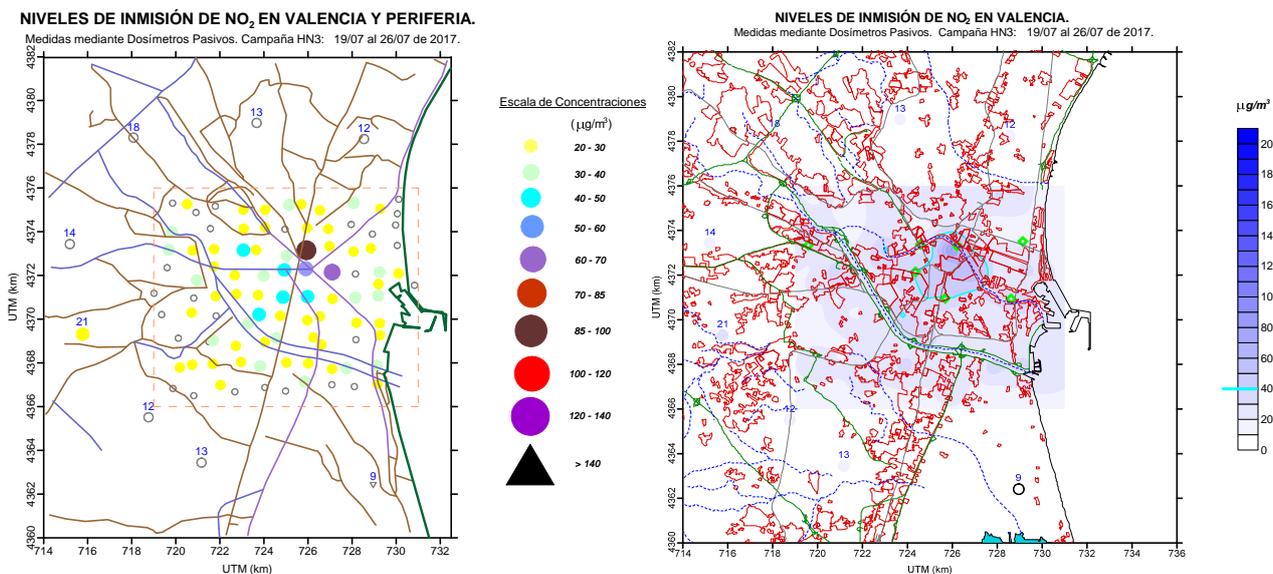


Figura 30: Concentraciones de  $\text{NO}_2$  obtenidas durante la campaña HN3 en la que se integran la red regular y la periférica (similar a las gráficas de la figura 29 en su formato).

El análisis de los dos tipos de anomalías de ambos gráficos de la figura 31 reflejan adicionalmente algunos aspectos de la evolución de las concentraciones, que complementan la imagen cualitativa de las medidas absolutas. Cuantitativamente los descensos son generales, superiores a los  $-10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  en la mayor parte del escenario (curva azul) y en buena parte superiores a los  $-20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Las reducciones resultan más destacados en el norte de la ciudad, a excepción del casco antiguo, y aparecen en general distribuciones bastante atomizadas, lo que refuerza la idea de la importancia de los efectos locales. En términos relativos la isocurva azul determina las reducciones superiores al 25%, quedando prácticamente toda la ventana con tasas de reducción superiores, con un patrón similar al de los comportamientos absolutos de la gráfica adjunta.

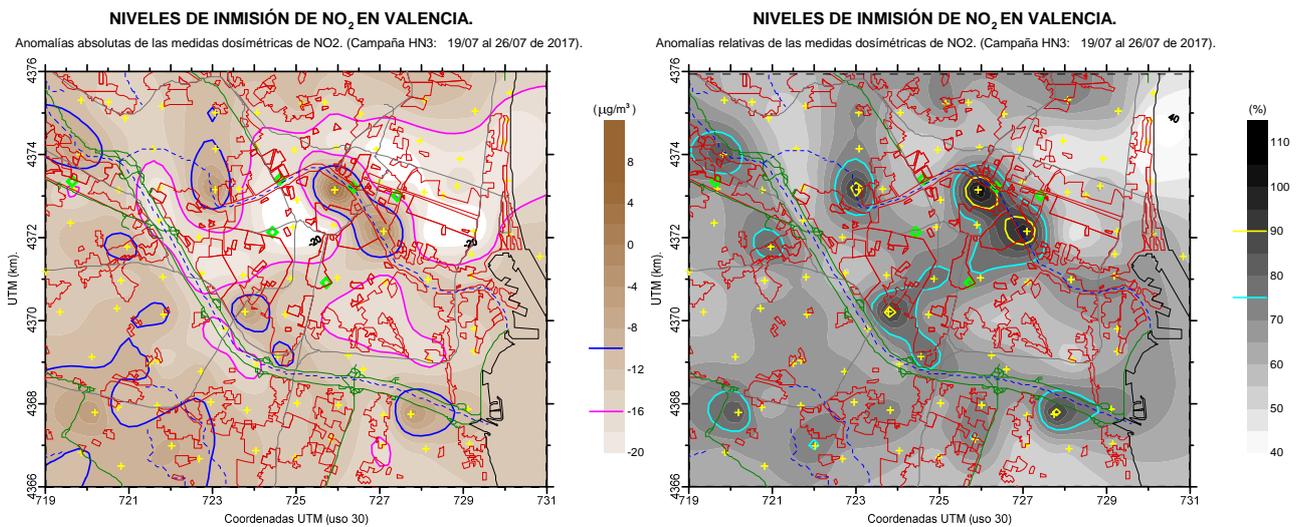


Figura 31: Representación de la distribución espacial de las anomalías absolutas (izquierda) y relativas (derecha) de las concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN3 (respecto al total de los valores promedio histórico para la malla regular de la red de muestreo). En ambas gráficas se resalta alguna isocurva de referencia (en el caso de las variaciones relativas, el valor 100 representa los puntos sin cambio).

En las siguientes figuras se muestra la imbricación en el marco de las medidas automáticas de referencia, cuyas series temporales se representan en la figura 32, donde se confirma que el periodo de muestreo resultó razonablemente ventilado, con valores moderados respecto a otros periodos (e incluso se aprecia un mínimo en la ventana de medida respecto a las jornadas inmediatamente aledañas). El patrón de inmisiones resulta por otro lado típicamente estival, con el máximo matutino considerablemente inferior al de la tarde, y donde Pista de Silla presenta un comportamiento relativamente discordante respecto al resto de las cabinas.

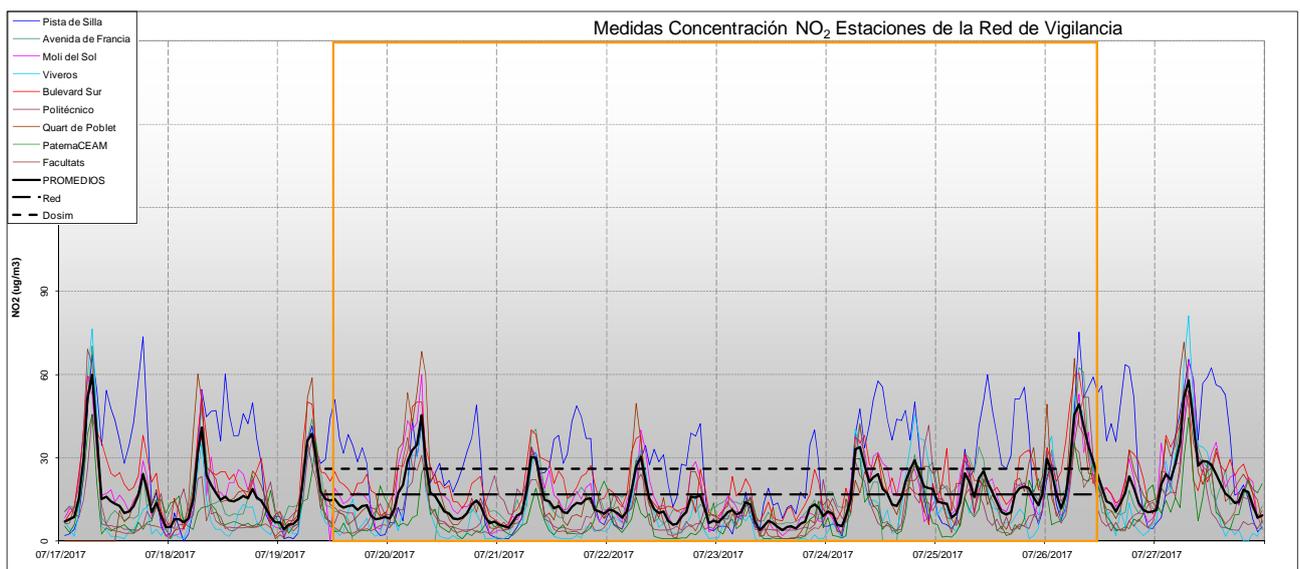


Figura 32: Series temporales de concentración de NO<sub>2</sub> registradas durante el periodo de exposición de los captadores pasivos durante la campaña HN3 (recuadro). La curva negra resaltada representa el promedio de todas las estaciones. Se indican en las dos líneas de trazos los niveles promedio dosimétricos (cortos) y automáticos-regular (según se transcriben en la tabla 8).

Estadísticamente los promedios del periodo resultan algo inferiores a la media mensual (tabla 8), resultando los promedios de las medidas dosimétricas ligeramente superiores a la de referencia, que numéricamente resultan en un 156% (relación 26 a 17). La propia representación de los niveles automáticos sobre el mapa de la figura 33, manteniendo las escalas de las restantes figuras, muestra los referidos valores moderados. Su relación con el tráfico urbano, representado en la gráfica derecha de la misma figura para el mes de julio, no tiene una interpretación directamente explícita, modulada por las complejas relaciones causa-efecto entre emisiones móviles y niveles de concentración ambiente, condicionadas aquellas por la interacción con el sistema urbano y el forzamiento ambiental (atmosférico).

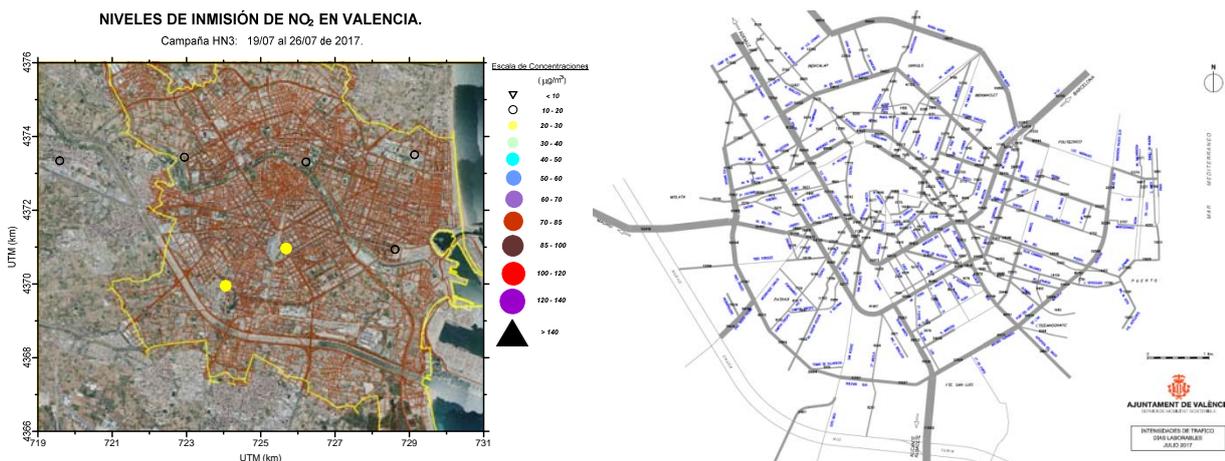


Figura 33: Niveles de concentración promedio de  $\text{NO}_2$  medidos por las cabinas automáticas en la ciudad de Valencia durante el mismo periodo de exposición dosimétrica (izquierda), junto a los niveles de tráfico rodado registrados en la red urbana durante el mes de julio/2017 (fuente web del Ayuntamiento de Valencia).

Tabla 9: Niveles promedio de concentración de  $\text{NO}_2$  (todos en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) registrados en las cabinas de vigilancia de la red valenciana en el entorno de la ciudad de Valencia para el periodo coincidente con la exposición de los dosímetros durante el muestreo HN3, comparados con los niveles medios de aquellos (se incluye referencia a la media general de los meses de julio).

Estación	Media	Máximo Horario	Media Julios
València - Pista de Silla *	24	75	35
València -Avd. Francia *	17	62	17
València - Molí del Sol *	17	60	20
València - Vivers *	11	52	15
València -Bulevard Sud *	21	61	24
València - Politécnic *	13	52	16
Quart de Poblet *	16	68	19
Paterna CEAM	8	35	11
Burjassot - Facultats	10	42	16
<b>Red Dosimétrica</b>	<b>26</b>	<b>89</b>	
<b>Cabinas Totales</b>	<b>15</b>	<b>75</b>	<b>19</b>
<b>Cabinas Red Regular (*)</b>	<b>17</b>	<b>75</b>	<b>21</b>
<b>% Dosim/Red</b>	<b>156</b>	<b>119</b>	



### CAMPAÑA 'HN4' (22 al 30 de noviembre de 2017).

El último de los muestreos experimentales del año 2017 se realiza al final del mes de noviembre, ya a las puertas de la estación invernal, aunque lo hace dentro del largo periodo de estabilidad atmosférica que caracterizó el otoño del año de referencia, en el que la persistencia prolongada de las altas presiones atlántica propició una larga secuencia de jornadas anormalmente cálidas, estables y secas.

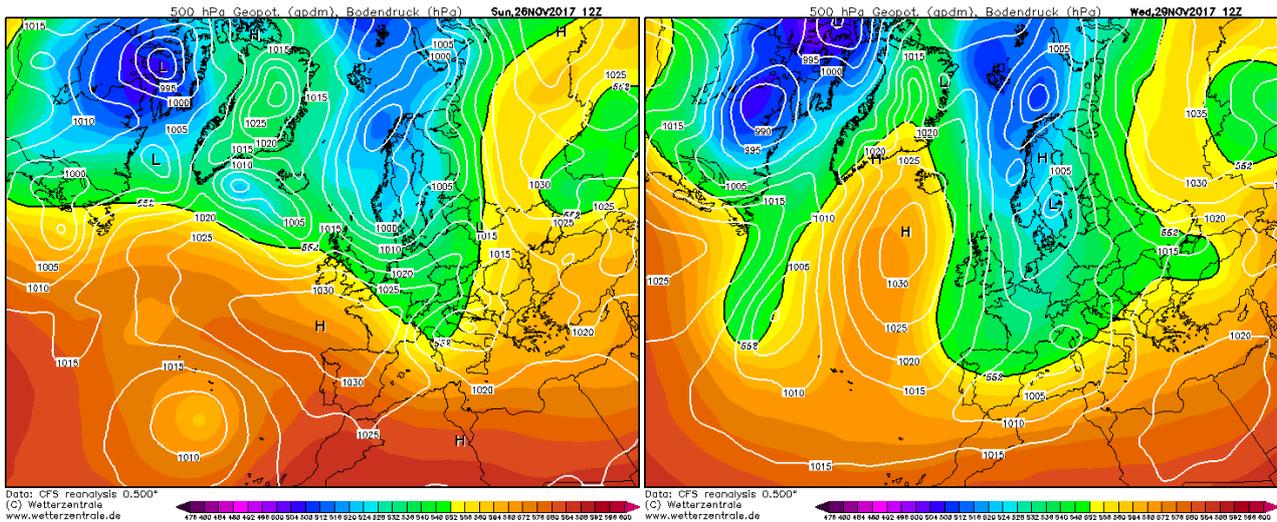


Figura 34: Condiciones meteorológicas a gran escala registradas en dos momentos del periodo de muestreos dosimétricos de la campaña HN4.

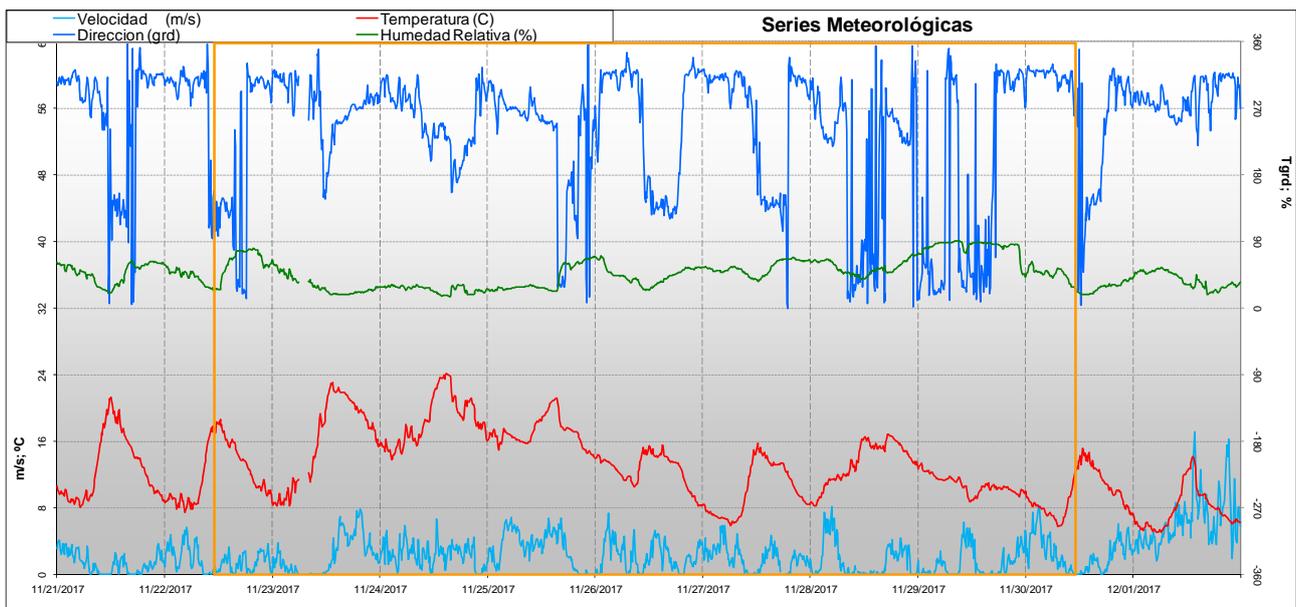


Figura 35: Series temporales de los principales parámetros meteorológicos registrados durante el periodo de muestreos HN4 (valores procedentes de la estación "VALÈNCIA-CONSELLERIA METEO").

A partir de la mitad del tiempo de exposición la progresiva retirada de las altas presiones en favor de una masa de aire procedente de latitudes más septentrionales moderó las temperaturas, concluyendo finalmente con la entrada de una perturbación frontal que introdujo un corto intervalo de precipitaciones, lo que obligó a retrasar en un día la retirada de los captadores. Los dos mapas sinópticos de la figura 34 reflejan dos momentos de la secuencia atmosférica, bajo la presencia del poderoso anticiclón de la Azores en un caso, y en pleno paso del sistema frontal, acompañado de precipitaciones, en el la figura derecha.

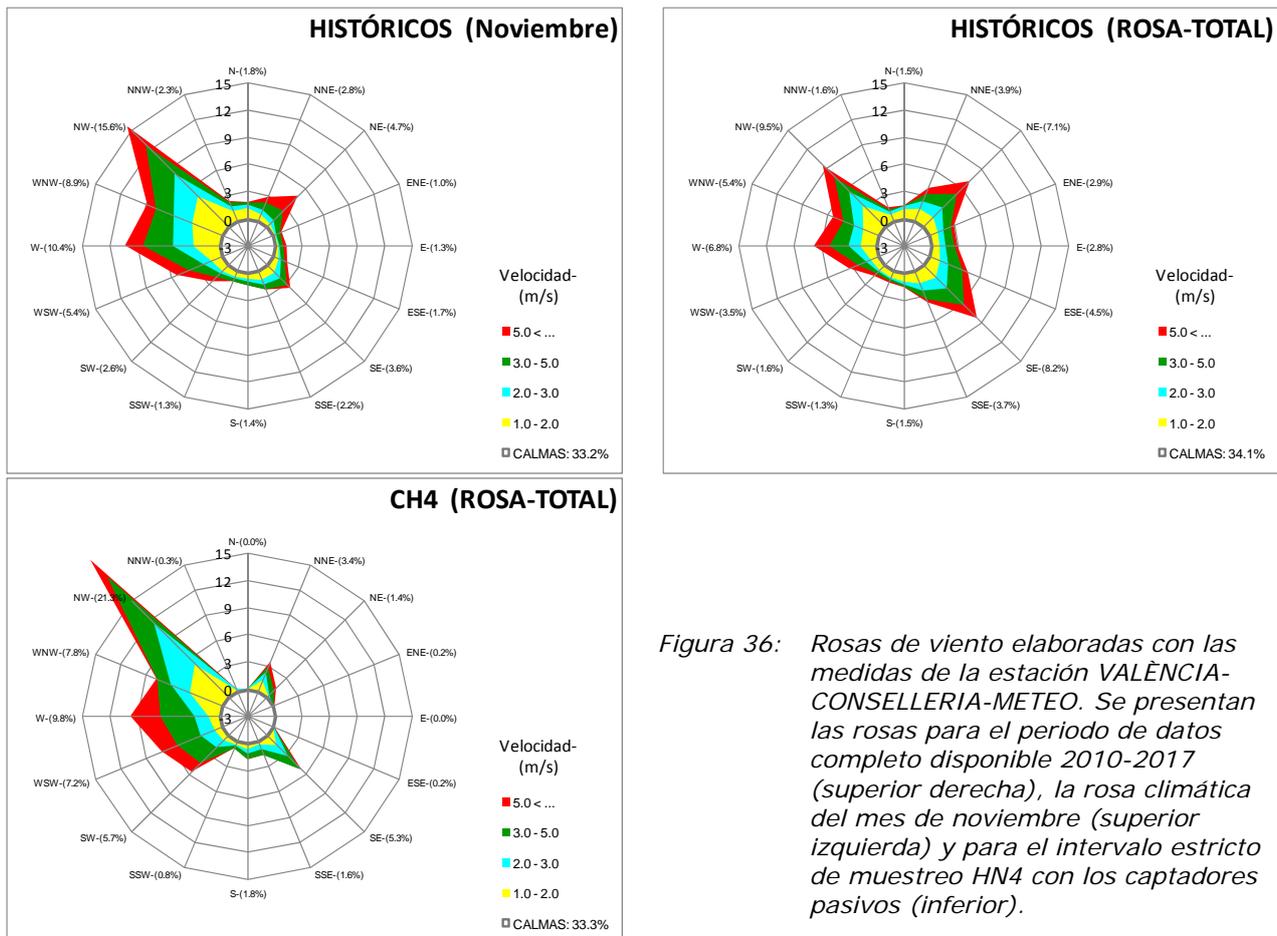


Figura 36: Rosas de viento elaboradas con las medidas de la estación VALÈNCIA-CONSELLERIA-METEO. Se presentan las rosas para el periodo de datos completo disponible 2010-2017 (superior derecha), la rosa climática del mes de noviembre (superior izquierda) y para el intervalo estricto de muestreo HN4 con los captadores pasivos (inferior).

Las correspondientes series atmosféricas reflejan este inicio caldeado, notablemente seco, con vientos flojos que llegan organizarse en ciclos diarios de brisa aún en esta época del año, y que desembocan al final de la ventana de exposición de los captadores pasivos en el paso de la vaguada frontal, con el consiguiente descenso térmico y apreciable aumento de la humedad relativa (como se indicó se registraron precipitaciones generalizadas en toda la Península), que dio paso a la entrada de vientos intensos de componente oeste a noroeste, registrados como ponientes sobre la vertiente levantina, iniciando un periodo de intensa renovación atmosférica que puso fin al escenario de altas concentraciones ambientales que se habían venido experimentando en jornadas anteriores.

Meteorológicamente el registro de los vientos, tal y como se refleja en las correspondientes rosas de la figura 36, parecen indicar que el periodo de muestreo tendería a asemejarse al mes en que se realiza, tal y como se evidencia por comparación de la rosa climática de dicho mes, en que desaparece la componente marina (compara con la rosa histórica total) en favor de los vientos intensos del cuarto cuadrante (en este caso con mayor proporción de la



componente oeste), reflejo de la preponderancia de situaciones meteorológicas a mayor escala sobre las circulaciones locales, que en las actuales latitudes corresponden principalmente al descenso del frente polar y el sistemático barrido del territorio peninsular por sucesivos trenes de borrascas. La comparación de los valores estadísticos respecto a los climáticos del mes de noviembre, de acuerdo a la tabla 10, refleja que el muestreo se realizó en condiciones algo menos ventosas y más frías que lo que indicarían los valores históricos medios disponibles para el mes, aunque por contra resultó notablemente más seco que la referencia normal.

Tabla 10 Valores promedio de las principales magnitudes meteorológicas registrados durante la campaña, comparados con los normales para el mes de julio (la velocidad máxima consignada corresponde al valor medio de los máximos diezminutales registrados).

Magnitud	Campaña	Noviembre
Velocidad (m/s)	2.2	2.4
Velocidad Máxima (m/s)	5.1	6.1
Temperatura (C)	13.8	15.3
Humedad Relativa (%)	48.5	60.1
Presión (mb)	1005.6	1005.4

En tal escenario atmosférico, en el que las dos terceras partes iniciales del tiempo de medida estuvieron presididas por condiciones meteorológicas estables y de baja renovación atmosférica, las medidas dosimétricas de concentración de dióxido de nitrógeno registradas se sitúan en la banda alta de la secuencia histórica de mediciones disponibles, tal y como puede verse en la figura 37, donde la serie actual discurre prácticamente sobre la línea de la media más una desviación típica (en términos absolutos el muestreo en curso ocuparía la quinta posición en orden de intensidad media –computado respecto a la red semirregular-).

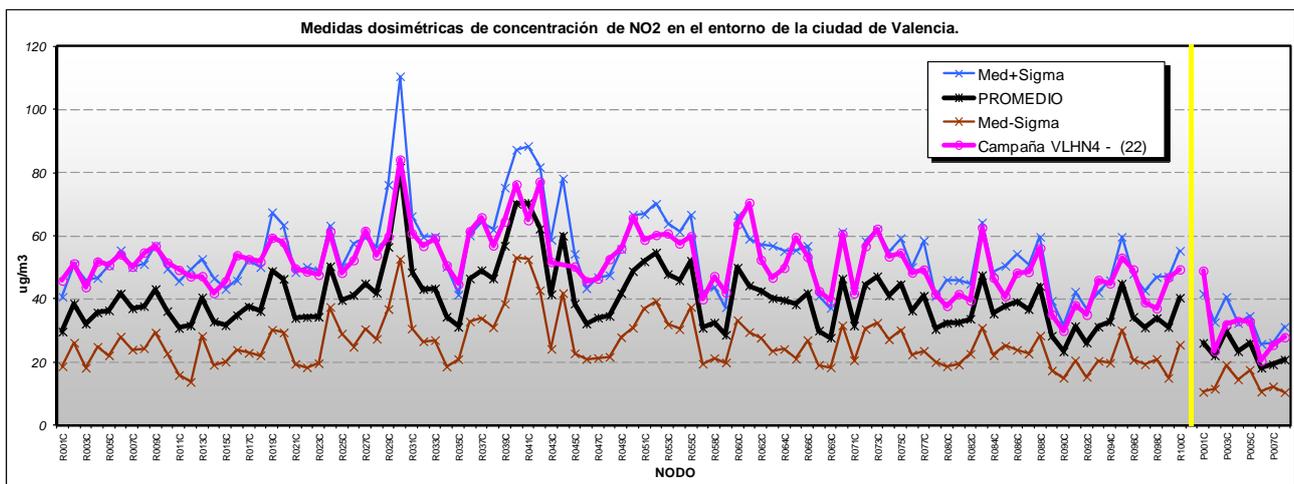


Figura 37: Niveles de concentración de NO<sub>2</sub> para los puntos de medida de la red dosimétrica obtenidos durante la campaña HN4 (línea magenta) frente a los promedios históricos disponibles para los mismos emplazamientos (se muestra el valor medio –línea negra- con un margen de una sigma por ambos lados). A la derecha de la línea vertical amarilla se sitúan los nodos de la red periférica.

Cuantitativamente, la tabla 11 presenta la magnitud de dicho incremento respecto a los valores medios del banco de datos dosimétrico completo disponible, con los estadísticos segregados para las dos redes, y evaluada la diferencia porcentual en cada caso. En el muestreo presente todas las diferencias son positivas, indicando que en todas las posiciones se han estado registrando valores por encima de los normales, que en promedio podrían situarse en torno a un 12% (red regular) y un 7% (red periférica), habiendo resultado más importantes los incrementos en los valores máximos en esta segunda que en la primera de las distribuciones.

Tabla 11: Estadísticos del muestreo HN4 relativos a los correspondientes a la muestra completa.

		PROMEDIO ABSOLUTO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	PROMEDIO Cmp HN4 ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	Diferencia (%)
Red regular	Media	40	52	12
	Mediana	39	51	13
	Sigma	11	11	0
	P95	58	66	8
	P05	30	38	9
	Max	82	84	3
	Min	23	30	7
Red periférica	Media	23	31	7
	Mediana	23	30	7
	Sigma	8	13	5
	P95	29	43	15
	P05	19	22	3
	Max	30	49	19
	Min	18	20	2

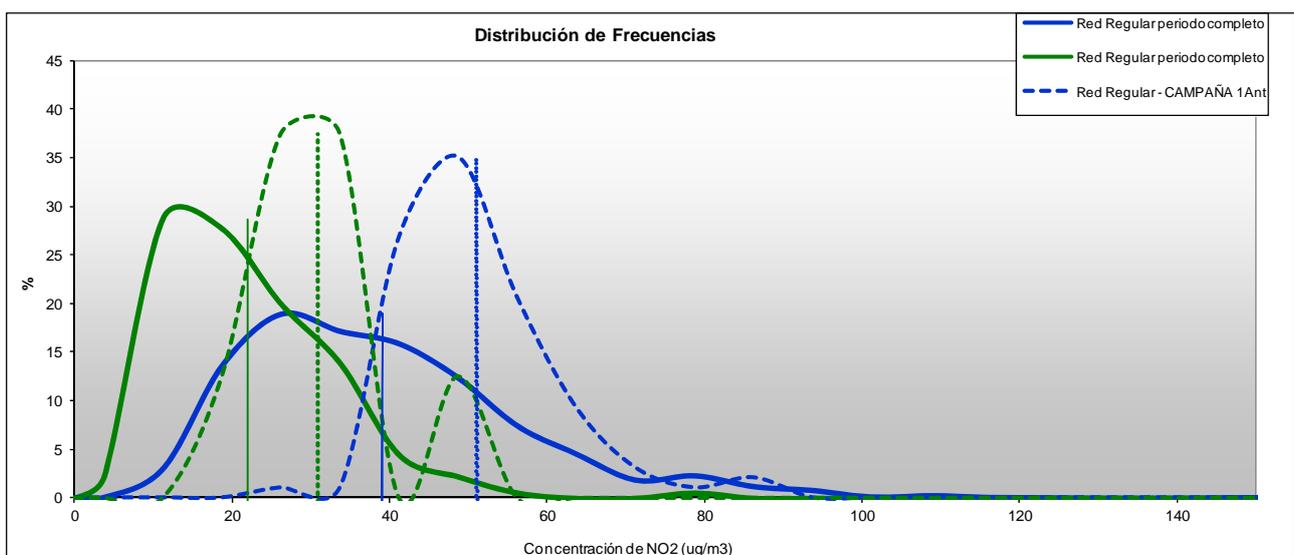


Figura 38: Distribución de frecuencias de las medidas dosimétricas de  $\text{NO}_2$  para las dos redes: base de datos total (líneas continuas) y muestreo actual HN4 (líneas a trazos). Todas las distribuciones están normalizadas. Las concentraciones indicadas por las líneas verticales representan los valores medios de las correspondientes poblaciones.

El efecto más detallado sobre las poblaciones, correspondientes a la muestra actual, frente a la población total (conjunto completo de campañas disponibles) se presenta en la gráfica de distribución de frecuencias de la figura 38. Los valores registrados en el periodo analizado presentan una forma bastante acampanada, contribuyendo principalmente a la parte de las concentraciones más elevadas, que en la distribución completa va adquiriendo una morfología asimétrica, alargada hacia los valores crecientes (asimetría positiva).

La representación espacial en los diferentes gráficos de las figuras 39 a 41 proporcionan una visión comparables con los muestreos anteriores, en los que se reproducen notablemente los patrones y configuración de otras ocasiones, con el aumento proporcional de los niveles durante el actual muestreo.

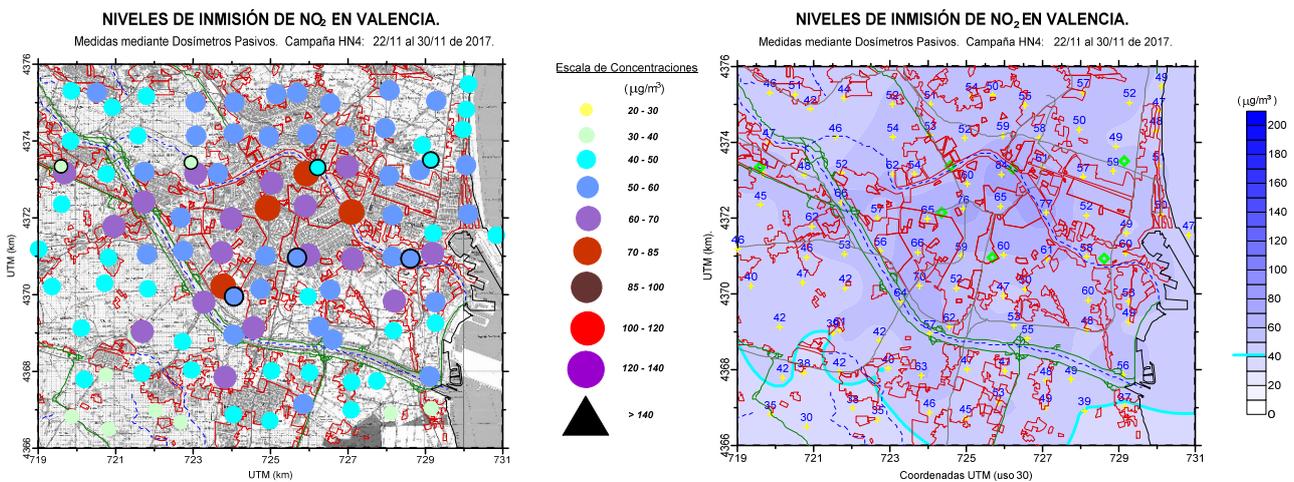


Figura 39: Concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN4 en el entorno de la ciudad de Valencia, para la red regular (en los nodos de medida -mapa de la izquierda- e interpoladas sobre todo el dominio espacial -derecha-).

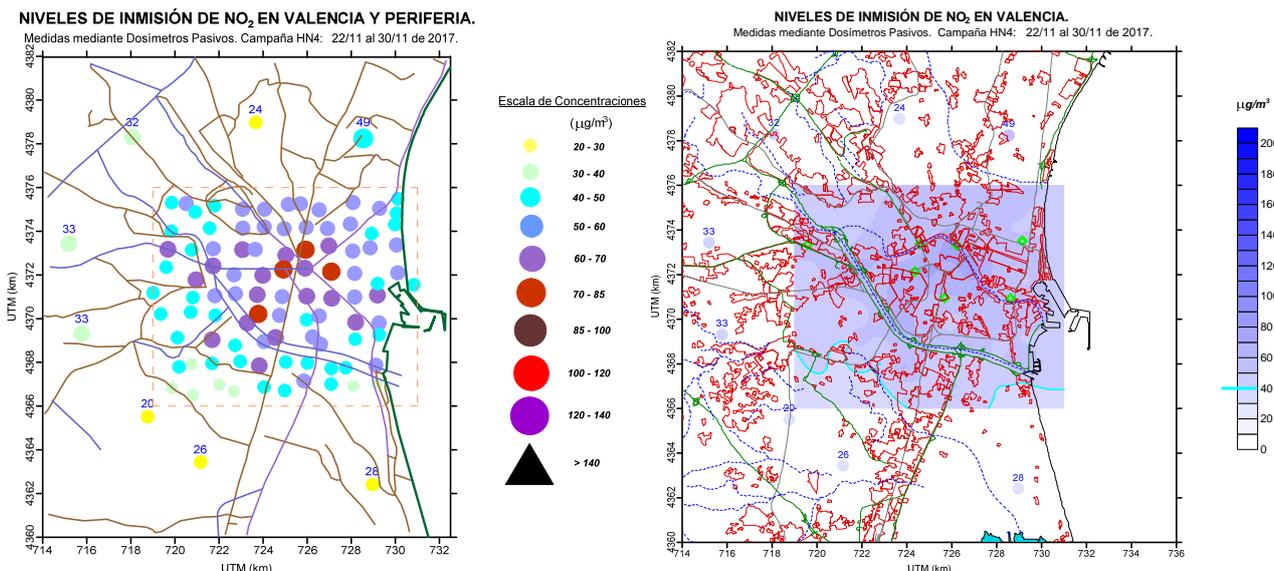


Figura 40: Concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN4 en la que se integran la red regular y la periférica (similar a las gráficas de la figura 39 en su formato).

Puede apreciarse que en esta ocasión la isocurva de referencia de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que se mantiene a lo largo de las sucesivas representaciones, aparece marginalmente en el borde inferior del área cubierta por la red semirregular, de manera que casi la totalidad del rectángulo de unos  $10 \times 12$  km arrojaría niveles ambientales medios por encima de dicha referencia. De nuevo la máxima intensidad de la coloración, correspondiente a los valores más altos de concentración, se sitúa en torno al casco antiguo, suscitando los mismos comentarios relativos a la influencia de las emisiones (tráfico) condicionadas a las capacidades de ventilación del entorno urbanístico, con máximos relativos menores que se identifican en la zona bajo la influencia portuaria y en puntos próximos a las grandes vías de circulación.

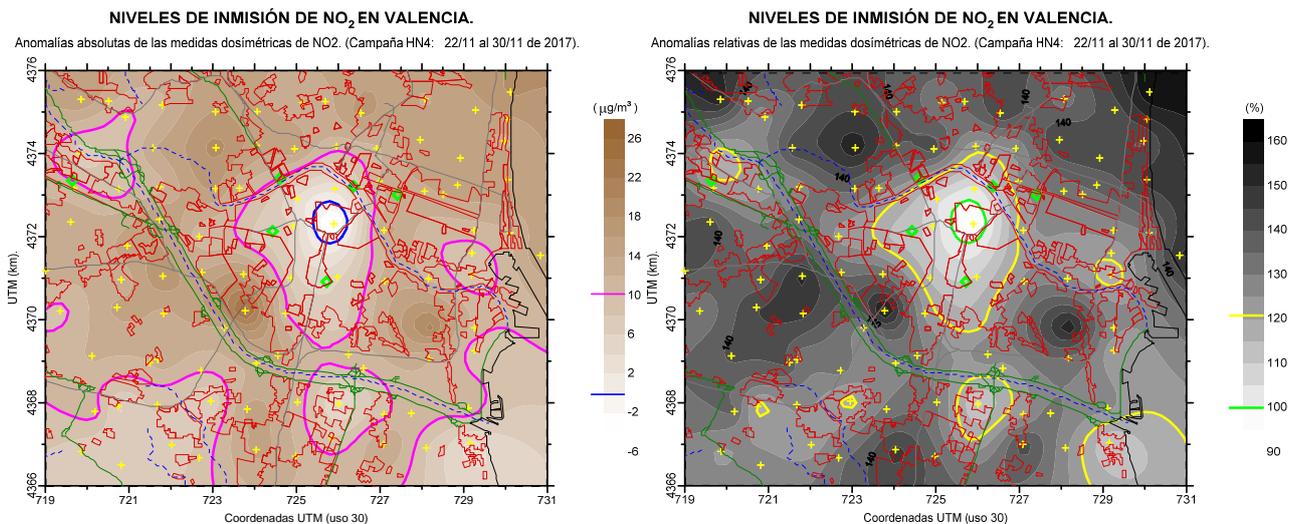


Figura 41: Representación de la distribución espacial de las anomalías absolutas (izquierda) y relativas (derecha) de las concentraciones de NO<sub>2</sub> obtenidas durante la campaña HN4 (respecto al total de los valores promedio históricos para la malla regular de la red de muestreo). En ambas gráficas se resalta alguna isocurva de referencia (en el caso de las variaciones relativas, el valor 100 representa los puntos sin cambio).

Curiosamente los mapas de anomalías de la figura 41, tanto en lo que se refiere a valores absolutos como a variaciones porcentuales, dibujan un patrón en el que los cambios menores se registran precisamente en el centro de la ciudad, tal y como ilustran alguna de las líneas isocurvas que se muestran como referencia. Sería necesario profundizar en este hecho con objeto de evaluar si se trata de un efecto puntual, atribuible a las condiciones específicas del presente muestreo, o bien significa una tendencia que se podrá apreciar en sucesivas medidas.

La evaluación del comportamiento de la red automática durante el periodo de muestreo con los captadores se muestra en las figuras siguientes. Las series horarias de la figura 42 reflejan los elevados niveles de partida con los que se inicia la exposición, exhibiendo la característica doble onda diurna, con el máximo vespertino superior al matutino, habitual en los periodos invernales, y con niveles frecuentemente por encima de los  $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ . Puede apreciarse que la bajada más notable se produce durante el fin de semana del 25 y 26; especialmente es destacable, como habitualmente, la desaparición del pico matutino durante el domingo. En este caso al efecto de reducción del tráfico inherente a los periodos festivos se unió también la intensificación del viento, asociado a la evolución del anticiclón atlántico, que propició una entrada general de una circulación del norte (del cuarto cuadrante en la vertiente levantina) que favoreció un descenso térmico a la vez que una cierta limpieza de la atmósfera). Renovación que no resultó tan decisiva, dada probablemente el largo periodo previo de acumulación, de manera que incluso con las lluvias del día 29 la reducción de las

concentraciones no resulta definitiva ni radical (se aprecia sobre todo en la bajada nocturna de los niveles durante la noche del día 30).

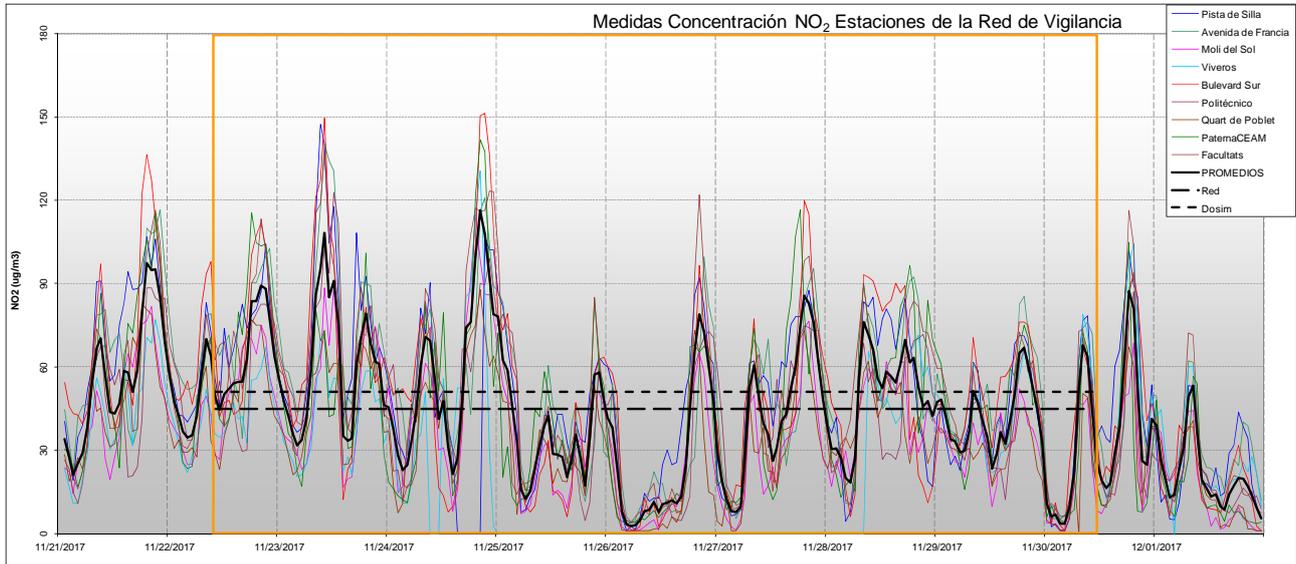


Figura 42: Series temporales de concentración de  $\text{NO}_2$  registradas durante el periodo de exposición de los captadores pasivos durante la campaña HN4 (recuadro). La curva negra resaltada representa el promedio de todas las estaciones. Se indican en las dos líneas de trazos los niveles promedio dosimétricos (cortos) y automáticos-regular (según se transcriben en la tabla 11).

Un comportamiento apreciable de estos días es la notable homogeneidad de las concentraciones para todas las cabinas, lo que reflejaría el efecto de intensa acumulación de contaminantes que se había venido produciendo durante jornadas previas, en un mes presidido por condiciones de notable estabilidad atmosférica, como se comentó anteriormente. Así la distribución espacial de las concentraciones medias de la figura 43 muestra valores bastante homogéneos, especialmente en los enclaves más urbanizados.

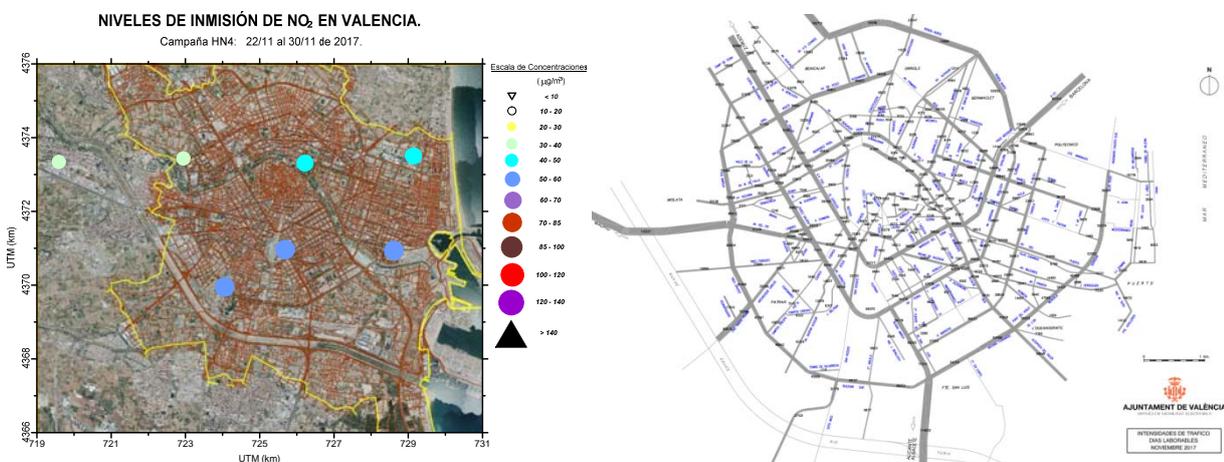


Figura 43: Niveles de concentración promedio de  $\text{NO}_2$  medidos por las cabinas automáticas en la ciudad de Valencia durante el mismo periodo de exposición dosimétrica (izquierda), junto a los niveles de tráfico rodado registrados en la red urbana durante el mes de noviembre/2017 (fuente web del Ayuntamiento de Valencia).



Estadísticamente estos niveles, para cada estación de medida, se sucintan en la tabla 12 siguiente. En todos los casos se encuentran por encima de los valores normales del mes de noviembre. Por otro lado, la comparación con los pasivos indica niveles medios ( $51 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) muy similares, aunque algo superiores, al promedio de las automáticas ( $45 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), y que se sitúan en el entorno de los valores de algunas de las estaciones individuales. Como en ocasiones, la comparación de los máximos horarios en las cabinas durante el periodo de medida resulta muy por encima de la concentración más elevada registrada en alguno de los casi cien captadores distribuidos en la red regular, justificadamente debido a la disparidad de los tiempos de muestreo, pero que arroja valores nada desdeñables (de hasta  $84 \mu\text{g}/\text{m}^3$  que, al igual que en las restantes campañas, corresponden al mismo emplazamiento).

Tabla 12: Niveles promedio de concentración de  $\text{NO}_2$  (todos en  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) registrados en las cabinas de vigilancia de la red valenciana en el entorno de la ciudad de Valencia para el periodo coincidente con la exposición de los dosímetros durante el muestreo HN4, comparados con los niveles medios de aquellos (se incluye referencia a la media general de los meses de noviembre).

Estación	Media	Máximo Horario	Media Noviem.
València - Pista de Silla *	51	148	48
València -Avd. Francia *	52	141	40
València - Molí del Sol *	37	115	34
València - Vivers *	44	131	35
València -Bulevard Sud *	50	151	38
València - Politècnic *	45	123	39
Quart de Poblet *	35	88	36
Paterna CEAM	45	142	20
Burjassot - Facultats	49	137	34
Red Dosimétrica	52	84	
Cabinas Totales	45	151	36
Cabinas Red Regular (*)	45	151	39
% Dosim/Red	114	56	



## RECAPITULACIÓN Y CONCLUSIONES.

Se presentan en el informe actual los resultados de las **cuatro campañas** de medidas intensivas de dióxido de nitrógeno en el entorno de la ciudad de Valencia de las totales que se habían planificado para el año 2017, a las que se referirán correlativamente como HN[1][2][3][4], y que hacen las número diecinueve a veintidós en la base de datos entre los muestreos recientes (aunque también se dispone de otras mediciones más antiguas y/o de menor cobertura -ver tabla A1-). El progresivo incremento de la representatividad temporal de la base de datos con las nuevas incorporaciones se documenta en la actualización, en el anexo I del informe, de los correspondientes mapas y registros poblacionales, que en cada momento recogen la totalidad de los muestreos disponibles hasta el último analizado.

La ejecución de estas mediciones dosimétricas, con una densa cobertura espacial, se realizan según el procedimiento y metodología que la Fundación CEAM ha venido utilizando en este contexto durante los trabajos anteriores, con lo que se asegura la comparabilidad de los resultados. Igualmente el formato de los informes mantiene una estructura similar con el fin de mantener la trazabilidad de los cambios registrados.

Los mapas de distribución espacial de las medidas dosimétricas, que constituyen el elemento más representativo del análisis de resultados, siguen manteniendo una doble presentación, en forma de puntos individuales y una leyenda de escala discreta, y tras una interpolación espacial, según una escala continua de gradación. Cada representación en su formato presenta sus ventajas e inconvenientes, prefiriendo no introducir cambios en este punto, tanto por asegurar la continuidad histórica de las figuras, como por apreciar las ventajas de las presentaciones. Alertar, en cualquier caso, que la interpolación espacial puede introducir distorsiones de la realidad en un marco urbano con fortísimos gradientes estructurales. Se mantiene así una gradación de color, eminentemente cualitativa, en la que se sigue representando la isocurva de  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$  por su significación normativa, aunque su discurrir en el entramado urbano es solo orientativo, sin ninguna implicación desde el punto de vista del cumplimiento legal, y principalmente con propósito de comparar entre muestreos.

En el trabajo se ha repetido el esfuerzo de insertar las campañas de medidas en el contexto de las condiciones meteorológicas en que se desarrollan, para lo cual se ha recurrido a los registros de la estación meteorológica de la Consellería que, con un historial de más de seis años, proporciona un razonable contexto histórico. La confección de rosas de viento junto con las series temporales de alta resolución temporal ayudan a este propósito. Igualmente se ha procurado evaluar las medidas de inmisión simultáneas proporcionadas por las cabinas de calidad del aire automáticas en la zona de influencia de la ciudad, pertenecientes a la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica. Estas proporcionan valores normales mensuales/estacionales/anuales que caracterizan la posible singularidad del muestreo en el contexto de la propia variabilidad de la calidad del aire urbano.

Dada la disponibilidad de una colección creciente de experiencias, se mantienen los mapas de "anomalías", ya introducidos en informes anteriores, con objeto de poner de manifiesto influencias locales y puntuales sobre los muestreos, siempre referido al comportamiento "normal" representado aquí por los valores medios proporcionados por todas las campañas disponibles.

Las mediciones correspondientes a la primera de las campañas se realizan en un periodo invernal, bajo condiciones meteorológicas estables y persistentes, en un contexto anticiclónico a gran escala, que solo manifiesta como singularidad diferencial al marco climático una elevada presencia de vientos flojos. El resultado consiguiente son valores de concentración de dióxido de nitrógeno ligeramente por encima de los característicos del mes de febrero (según indican las estaciones) y por ende notablemente por encima de las medias anuales. Los mapas de anomalías resultan así notablemente positivos, salvo en algunas pequeñas zonas (que resultan difíciles de diagnosticar con la metodología presente) cuya comportamiento habría que observar con atención en futuras mediciones.

En la segunda de las campañas las condiciones meteorológicas correspondieron ya más a un periodo primaveral, desarrollándose igualmente en condiciones de buena estabilidad anticiclónica, pero que resultaron bastante más ventiladas también a escala general. El resultado es un descenso de los niveles generales, por debajo de los valores promedio, pero también hacia estadios más normales respecto al periodo estacional de medida

El tercero de los muestreos realizados incorpora rasgos plenamente estivales, con un descenso notable de las concentraciones, incrementado por la circunstancia de tratarse de un periodo atmosféricamente relativamente perturbado respecto a las condiciones normales, bajo un escenario meteorológico a gran escala que favoreció la circulación del aire y la renovación más efectiva de la masa aérea, con la consiguiente dilución y limpieza de sus emisiones. De esta forma el núcleo potencialmente sometido a niveles de concentración por encima del umbral legal de protección a la salud queda en esta campaña notablemente circunscrito al centro histórico. El análisis de las anomalías revela tendencias poco uniformes en el espacio urbano, lo que sería indicio del fuerte impacto de los efectos locales sobre la distribución del campo de contaminantes en la ciudad.

Finalmente, la cuarta campaña realizada a lo largo del año se produjo en un contexto meteorológico bastante desfavorable para la dispersión de contaminantes, a finales de un mes de noviembre que resultó anormalmente estable, bajo la influencia del sistema de altas presiones atlánticas que mantuvo durante mucho tiempo su presencia a elevadas latitudes, impidiendo la penetración y barrido de las masas polares, prolongando en el tiempo condiciones de alta estabilidad atmosférica, en un ambiente seco y caldeado. El resultado fueron niveles de concentración en esta campaña notablemente por encima de las normales del periodo, que a su vez representan los máximos en los diferentes registros (figura 45) de las cuatro anuales realizadas. En el análisis detallado de los resultados los incrementos de los niveles respecto a los promedios se produjeron en todos los casos, resaltando el hecho de que las anomalías más pequeñas se registraron en este caso localizadas en la zona del centro urbano más antiguo, precisamente donde los niveles absolutos tienden sistemáticamente a resultar más elevados.

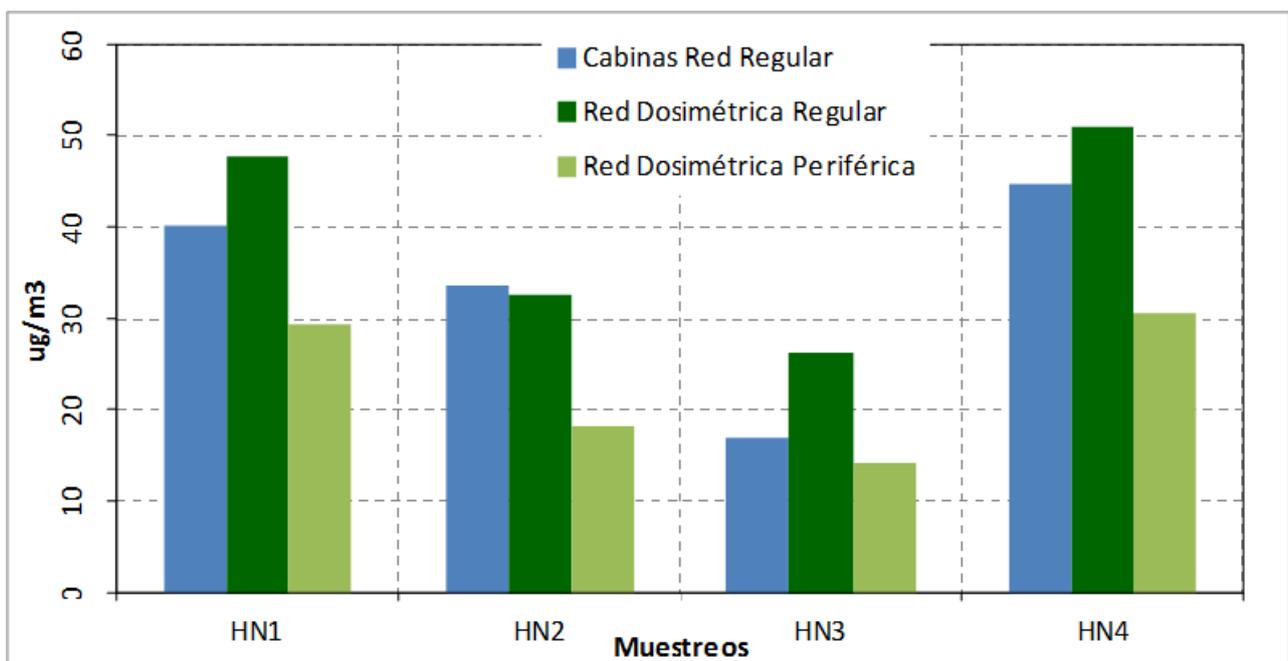


Figura 44: Comparación de los niveles medios de concentración de NO<sub>2</sub> registrados en la red automática para las cuatro campañas disponibles (el promedio de las cabinas comprende las situadas dentro del área de la red regular, según la figura 2).

Pese a la variabilidad de los niveles de concentración constatados, se destaca que en todos los casos el patrón espacial urbano de los niveles dosimétricos no varía sustancialmente respecto a medidas anteriores, reforzando la interpretación ya expuesta de la existencia de una pauta de distribución espacial urbana de las concentraciones, que reflejan fuertes gradientes y que cualitativamente se mantiene entre las diferentes campañas (efecto de la distribución urbana y de las persistentes emisiones de tráfico), pero cuyo nivel medio está sometido a las particulares condiciones meteorológicas (efecto de la dispersión/dilución) que hace que este promedio pueda variar sustancialmente entre los distintos periodos, apareciendo una definida oscilación estacional (con claros mínimos estivales).

El tráfico, prácticamente único foco de emisión en una ciudad como Valencia (habría que distinguir no obstante el tráfico industrial inherente a la actividad portuaria, así como el impacto de los buques con atraque en los diques próximos a la ciudad) contribuiría también a modular estos resultados, con su potencial variación en los últimos años. Incluir en el análisis este factor será también una tarea adicional e los próximos trabajos.

En las figuras del presente apartado se compilan algunos de los resultados que completan el muestreo realizado a lo largo del año 2017 y que compendian el comportamiento de las mediciones dosimétricas realizadas con una perspectiva anual. En la primera de ellas (figura 44) se comparan los promedios dosimétricos (para ambas redes, urbana y periférica) con las medias automáticas para las siete estaciones encuadradas dentro del ámbito espacial de la distribución semirregular (urbana). Puede apreciarse que la tendencia de los promedios dosimétricos grosso modo resulta coherente, con una evolución de los niveles acorde al carácter estacional de cada periodo de medida, manteniendo una proporción bastante similar entre las medias de ambas distribuciones (periférica frente a regular) para cada uno de los muestreos, que suele situarse en torno al 55-60%. Los valores medios automáticos para las cabinas, aunque guardan también la misma tendencia temporal, discrepan (especialmente en las segunda de las campañas) respecto a la comparación relativa a los correspondientes promedios de los pasivos, con una tendencia a mostrar las concentraciones medias de las estaciones automáticas guarismos por debajo de las medias de la distribución semirregular de captadores.

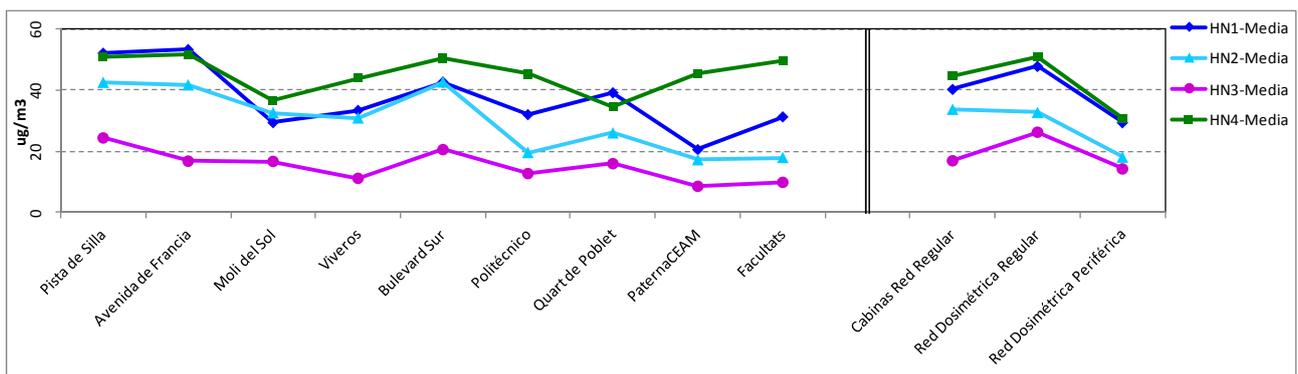


Figura 45: Comportamiento de las concentraciones medias de  $\text{NO}_2$  registradas en las cabinas automáticas de la red situadas dentro del ámbito de muestreo para las cuatro campañas disponibles, comparadas con los promedios dosimétricos en los mismos intervalos.

Pudiendo responder las diferencias a motivos muy diversos, en la figura 45 superior se analiza la evolución de cada una de las cabinas anteriores en las cuatro campañas del año de referencia. Aquí se aprecia que las secuencias de los diferentes muestreos no resultan uniformes en las estaciones automáticas, lo que podría responder a forzamientos locales que

desvíen el comportamiento respecto a la tendencia general. La primera apreciación es que la posible forma de tejadillo de los tres datos más a la derecha de la gráfica no se mantiene en el segundo de los muestreos, donde los niveles medios automáticos resultaron más altos que los dosimétricos, tal como se alertó anteriormente; en concreto las cabinas de *Molí del Sol*, *Viveros* y *Bulevard Sud* registran en la segunda tanda de medidas (HN2) valores más elevados que los que sugeriría la tendencia general de las restantes. Cabe resaltar también los aparentemente bajos niveles relativos de *Quart de Poblet* en el cuarto de los muestreos, que por contra parecen situarse por debajo de la tendencia en el caso de la primera de las campañas. También resalta el hecho de que *Pista de Silla*, aunque con diferencias menores, no siempre registra las concentraciones más altas en los distintos muestreos.

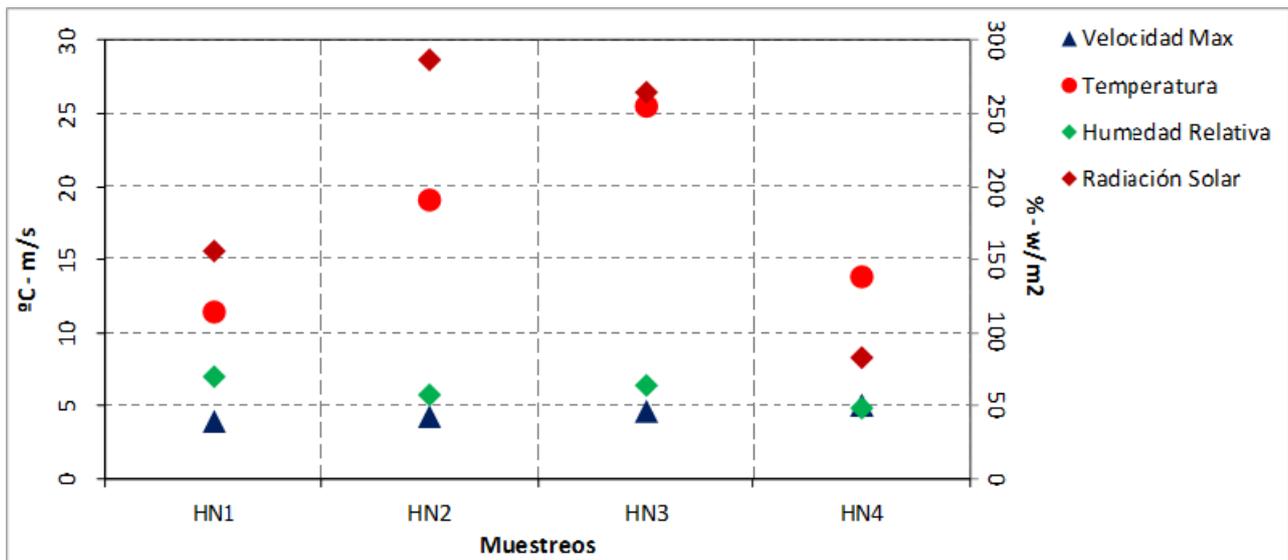


Figura 46: Comportamiento de los valores medios de los principales parámetros meteorológicos durante los cuatro muestreos ejecutados (el origen de las medidas es el mismo que el del resto de las magnitudes meteorológicas utilizadas en los trabajos).

Finalmente la figura 46 incluye la correspondiente evolución de los factores ambientales medios en los mismos periodos de medida. Dado que el condicionante ambiental resulta crítico en los niveles de contaminación registrados, parte de la clave interpretativa debería residir en dichos valores. No obstante, el hecho de promediarse sobre varios días tiene un efecto de filtrado que enmascara el posible impacto de procesos que son de menor escala, en un sistema donde los meteorológico está presidido por procesos circulatorios locales de ciclo diario, y las emisiones sometidas a la evolución diaria/semanal del caudal circulatorio urbano y periurbano. En este sentido burdo la única correlación de las tendencias de tales parámetros con las concentraciones se produciría aparentemente con la temperatura, de manera inversa, que respondería coherentemente a la evolución estacional de los muestreos; no obstante no cabría proponer una relación directa causa-efecto entre tales factores climáticos y los niveles de concentración ambiente, ya que como se comenta aparecen ligados a través de los complejos mecanismos de la dinámica y dispersión atmosférica (apréciese que ni siquiera radiación solar y temperatura, que presentan una relación íntima, se correlacionan linealmente para las cuatro campaña, influyendo de manera decisiva las características de la masa aérea presente en cada caso sobre la que se desarrollan los procesos de calentamiento).

Dado que los cuatro muestreos dosimétricos descritos y analizados en el presente informe cubrirían toda la disponibilidad de medidas de este tipo para el año 2017, suponiendo aproximadamente cuatro semanas netas de exposición de los dispositivos pasivos, y a pesar de que se distribuyen a lo largo del periodo anual, suficientemente separadas entre sí como para asegurar la estacionalidad, cabe plantearse la representatividad de los mismos dentro del contexto climático del propio año.

La figura 47 adjunta presenta los niveles medios de dióxido de nitrógeno medidos en las distintas cabinas de la red automática (en el entorno de la conurbación de Valencia) para el tiempo de exposición conjunto cubierto por las cuatro campañas dosimétricas, frente a los valores medios anuales. Como se desprende del gráfico, en todos los casos las concentraciones representativas de los periodos de muestreo se sitúan por encima de los niveles medios anuales, lo que significa que las mediciones se realizan en un contexto “desfavorable” respecto a las referencias promedio del año (habrá de recordarse que el umbral de protección a la salud para el caso del dióxido de nitrógeno está referido a la media anual). La pendiente señalada en la figura es muy próxima a uno ( $\sim 1.2$ ), lo que supone una cierta uniformidad en el comportamiento de las diferentes estaciones respecto al marco anual. Así pues la extrapolación de los resultados procedentes del conjunto de cuatro muestreos al periodo completo estaría probablemente sobreestimando las conclusiones.

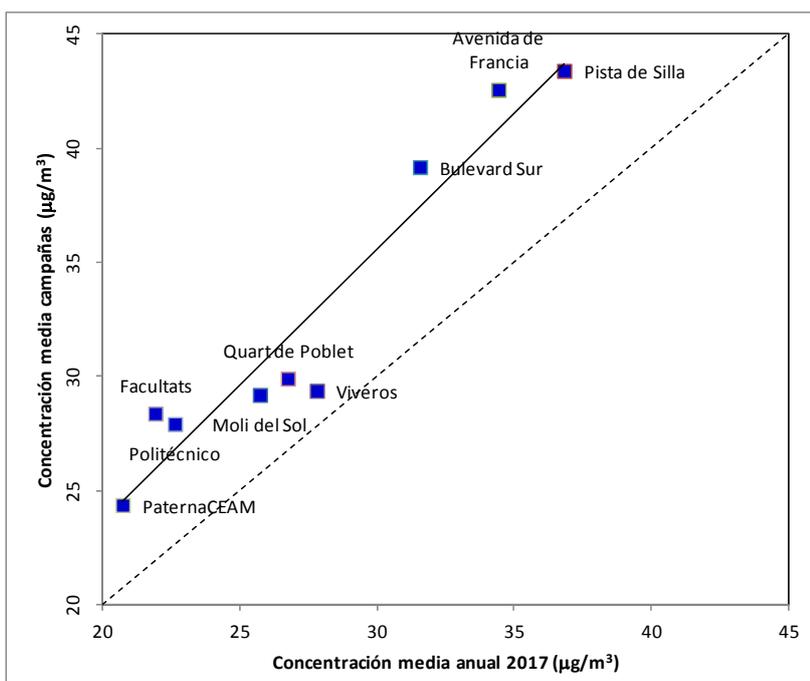


Figura 47: Comparación de los valores de concentración de  $\text{NO}_2$  media anual para el 2017 frente a los promedios coincidentes con los periodos de exposición dosimétrica registradas en las cabinas de la RVVCCA en el entorno del Municipio de Valencia (la línea continua indica la pendiente).

Los estadísticos referidos a las concentraciones de  $\text{NO}_2$  para el conjunto de campañas, frente a los relativos al año completo (estimados a partir de la población de medias horarias de cada una de las cabinas de vigilancia consideradas) se presenta en la tabla 13. Se constatan los niveles medios superiores durante las campañas dosimétricas frente a los correspondientes anuales, si bien los máximos absolutos se producen fuera del periodo de exposición (no ocurre también con los percentiles extremales mostrados, dada la diferente longitud de las dos poblaciones).



Tabla 13: Principales estadísticos de los niveles de concentración horaria de NO<sub>2</sub> (todos en µg/m<sup>3</sup>) registrados en las cabinas de vigilancia de la red valenciana en el entorno de la ciudad de Valencia para el año 2017 completo (superior) y para el periodo coincidente con los cuatro muestreos dosimétricos (inferior).

2017	Pista de Silla	Av. de Francia	Moli del Sol	Viveros	Bulev. Sur	Politéc.	Quart Poblet	Paterna CEAM	Facult.	PROM
Media	37	34	26	28	32	23	27	21	22	28
Máximo	156	154	134	151	164	137	125	177	182	153
Sigma	26	26	18	21	21	20	21	19	21	21
P95	86	87	60	70	73	65	70	62	65	71
P98	99	104	71	84	89	77	85	78	84	86
<b>Camp.</b>										
Media	43	43	29	29	39	28	30	24	28	33
Máximo	148	141	115	131	151	123	122	146	137	135
Sigma	27	30	19	22	25	23	23	25	27	24
P95	90	100	67	69	85	72	73	75	84	79
P98	102	112	75	86	102	84	90	97	108	95

Una valoración similar a la realizada para las concentraciones de NO<sub>2</sub> cabría realizarse para las condiciones meteorológicas registradas durante los muestreos y el correspondiente año completo. Para ello se confeccionaron las rosas de viento de la figura 48, en las que se compara el año 2017 completo frente al periodo comprendido por las cuatro campañas de medidas conjuntas (se ha incluido también como referencia la rosa total histórica). Del mismo modo que en el caso anterior, en la tabla 14 se presentan los estadísticos correspondientes a las principales magnitudes meteorológicas estimados de nuevo para todo año y solo para el intervalo conjunto de las cuatro campañas.

En el caso de las gráficas, morfológicamente el año tiende a parecerse a la rosa total, aunque naturalmente faltan algunas de las componentes del viento, mientras que el periodo de campañas muestra algunos sesgos importantes respecto a la rosa anual. El aspecto más destacado correspondería quizás a la falta de la componente de vientos más intensos del cuarto cuadrante (situaciones de poniente en la vertiente levantina), motivado probablemente por el muestreo en condiciones anómalas durante el periodo más otoñal/invernal, especialmente representado por la última de las campañas. De esta forma los vientos medios (y con más razón los máximos) durante el periodo de campañas resultan menores que los equivalentes valores anuales. Por contra, no se manifiestan tan diferentes entre ambas poblaciones los promedios relativos a la temperatura y a la humedad.

De las valoraciones anteriores cabría concluir que los muestreos dosimétricos que se analizan en el presente informe se realizan sobre una colección de situaciones meteorológicas diversas, representativas de la variabilidad estacional del año, pero que resultan notablemente menos ventosas de lo que muestran las condiciones normales del propio año, lo que explicaría los correspondientes niveles medios de concentración superiores a los promedios anuales alertados previamente.

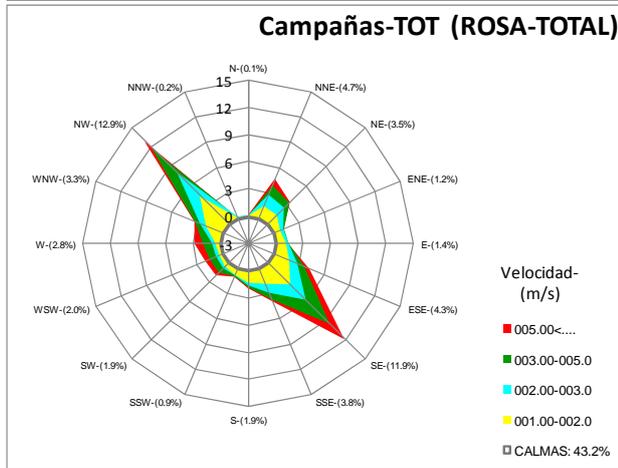
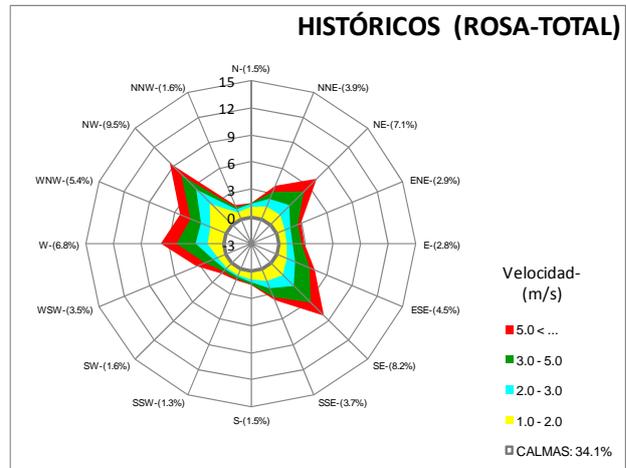
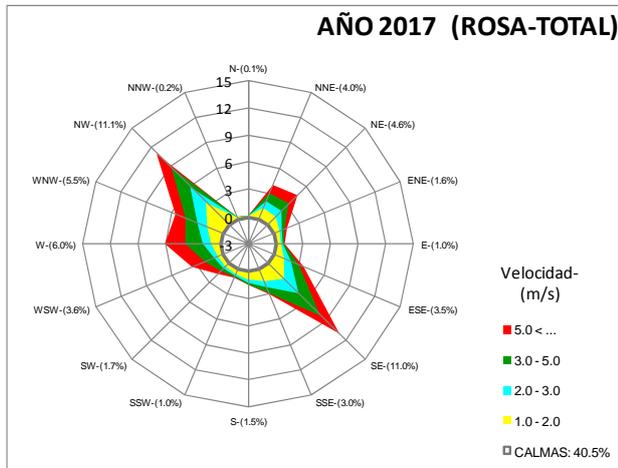


Figura 48: Rosas de viento para el periodo de datos completo disponible 2010-2017 (superior derecha), para el año 2017 (superior izquierda) y para el periodo coincidente con los cuatro muestreos con los captadores pasivos realizados a lo largo del mismo año (inferior).

Tabla 14: Similar a la tabla 13 para los registros meteorológicos (procedentes de la estación VALÈNCIA-CONSELLERIA-METEO); las estimaciones se refieren a los promedios diezminutales.

	Velocidad (m/s)	Vel. Max (m/s)	Temperat. (C)	Hum. Rel. (%)	Rad. Sol. (w/m <sup>2</sup> )	Lluvia (l/m <sup>2</sup> )	Presión (mb)
<b>2017</b>							
Media	2.3	5.7	18.1	58.1	202.4	0.0	1005.4
Máximo	22.0	69.2	35.8	95.0	1062.0	18.4	1025.0
Sigma	2.6	4.8	6.2	16.9	284.6	0.1	5.4
P95	7.6	15.5	27.7	83.0	826.0	0.0	1014.0
P98	9.7	19.4	29.0	86.0	892.0	0.0	1017.0
<b>Camp.</b>							
Media	1.8	4.5	17.4	58.7	211.0	0.0	1006.8
Máximo	11.3	18.0	29.9	92.0	989.0	3.6	1021.0
Sigma	1.8	3.1	6.2	18.0	290.4	0.1	6.6
P95	5.4	10.4	27.2	85.0	853.5	0.0	1019.0
P98	6.6	11.7	28.1	88.0	903.0	0.0	1020.0





## ANEXO I. COMPILACIÓN GRÁFICA DE LOS PROMEDIOS HISTÓRICOS.

Tabla A1: Composición de la base de datos de muestreos con captadores pasivos de NO<sub>2</sub> de alta resolución en el entorno de la ciudad de Valencia. Algunas campañas adolecen de una limitada cobertura de emplazamientos, por lo que no forman parte de la estimación de los estadísticos poblacionales.

Nº de campaña	Fecha de inicio	Fecha de final	Nº de Captadores	
			Red regular	Red periférica
1 Ant	20/02/2002	25/02/2002	97	9
2 Ant	26/11/2002	03/12/2002	90	9
3 Ant	21/04/2004	28/04/2004	92	9
1	18/12/2008	23/12/2008	95	8
2	21/01/2009	26/01/2009	96	8
3	17/02/2009	23/02/2009	96	8
Fallas	16/03/2009	20/03/2009	13	-
4	26/03/2009	31/03/2009	96	8
5	23/04/2009	28/04/2009	96	8
6	14/05/2009	19/05/2009	95	8
7	04/06/2009	09/06/2009	97	8
8	09/07/2009	14/07/2009	96	8
9	14/07/2009	20/07/2009	94	7
10	29/10/2009	03/11/2009	92	7
11	19/11/2009	24/11/2009	96	8
12	10/12/2009	15/12/2009	97	8
NO2/NH3-1	14/02/2011	02/03/2011	47	7
13	17/06/2011	27/06/2011	96	8
14	20/10/2011	25/10/2011	97	8
15	18/02/2014	25/02/2014	95	-
16	18/11/2015	24/11/2015	94	8
17	13/09/2016	20/09/2016	95	8
18	15/11/2016	21/11/2016	95	8
19	14/02/2017	21/02/2017	97	8
20	16/05/2017	23/05/2017	96	8
21	19/07/2017	26/07/2017	97	8
22	22/11/2017	30/11/2017	96	8

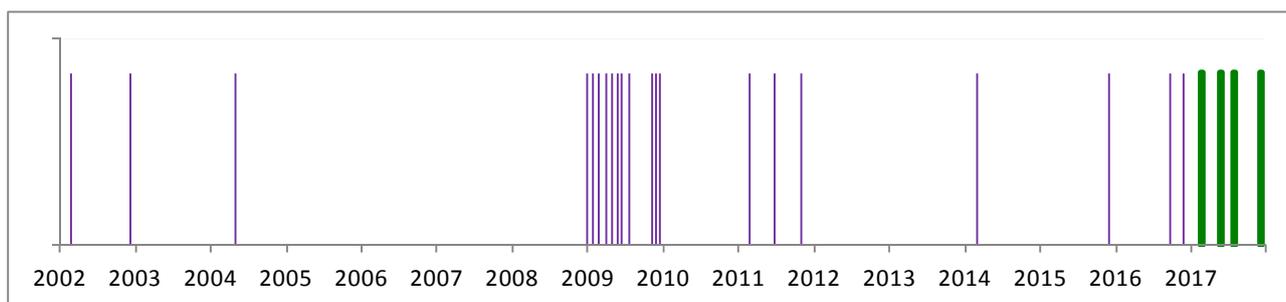


Figura A1: Representación gráfica de la cobertura temporal de la base de datos de campañas dosimétricas en Valencia (se resaltan las cubiertas en el presente informe).



## NIVELES DE INMISIÓN DE NO<sub>2</sub> EN VALENCIA Y PERIFERIA.

Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Concentraciones PROMEDIO.

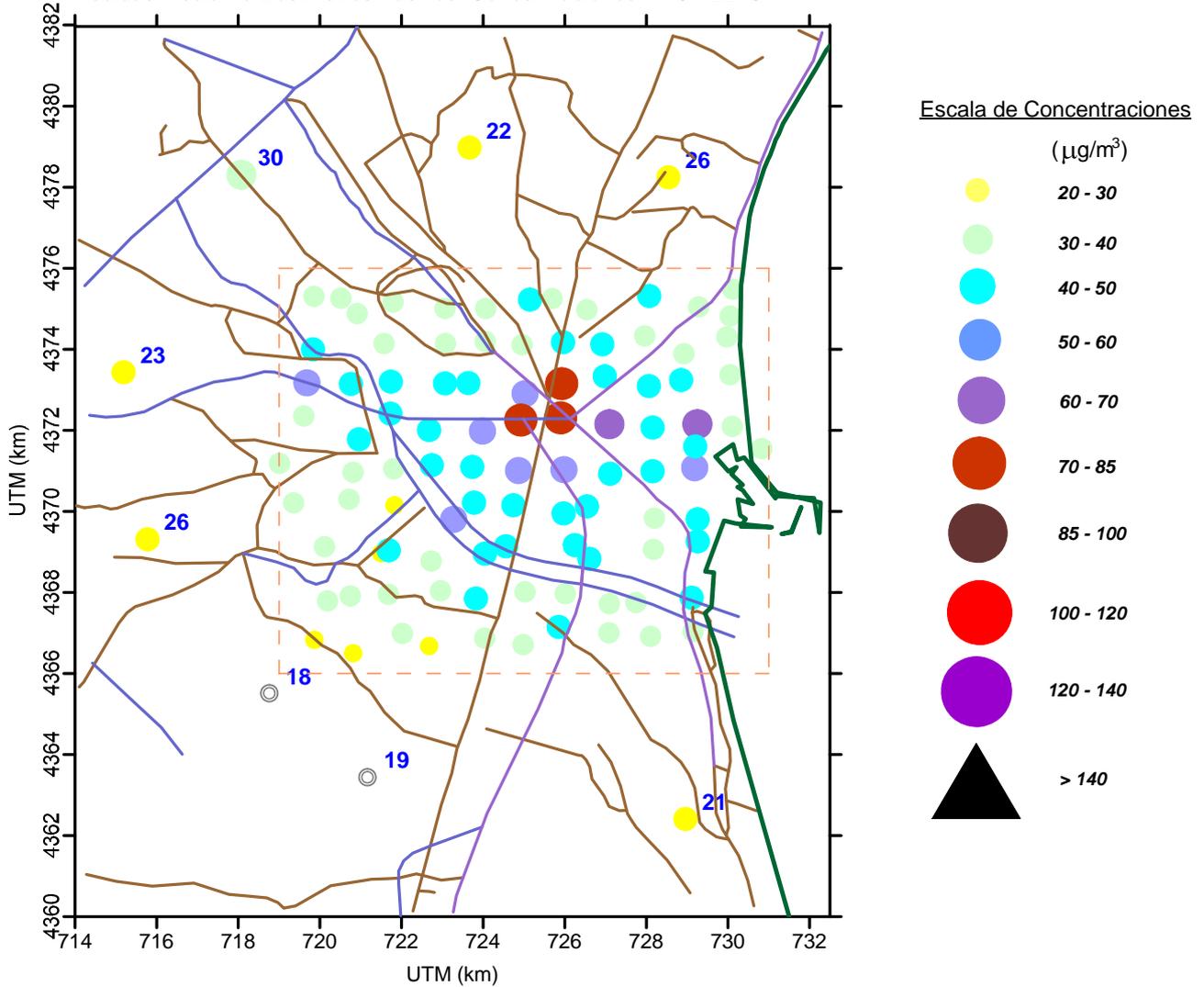


Figura A2: Distribución espacial puntual en las dos redes de muestreo de los valores de concentración de NO<sub>2</sub> promediados para toda la base de datos disponible.



### NIVELES DE INMISIÓN DE NO<sub>2</sub> EN VALENCIA.

Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Concentraciones PROMEDIO.

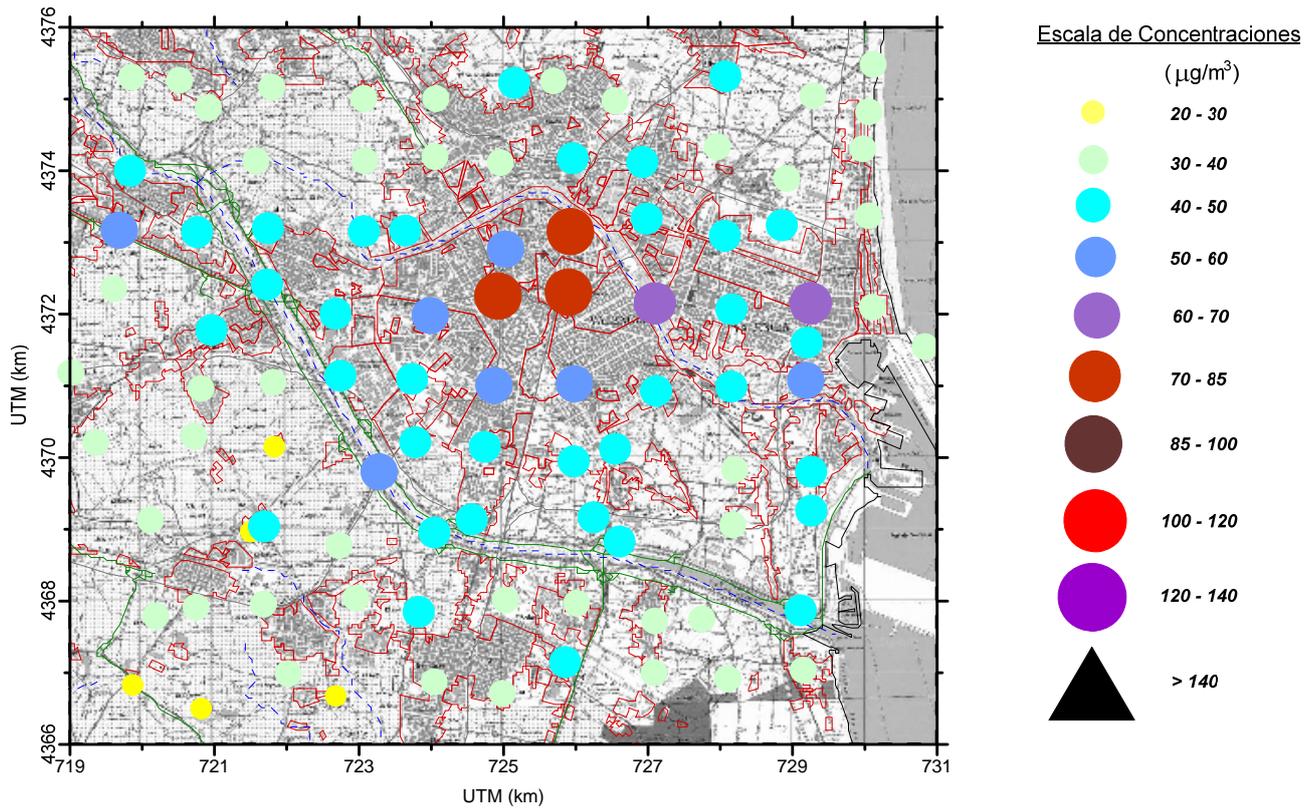


Figura A3: Distribución espacial puntual en el área de la red de muestreo semirregular de los valores de concentración de NO<sub>2</sub> promediados para toda la base de datos disponible.

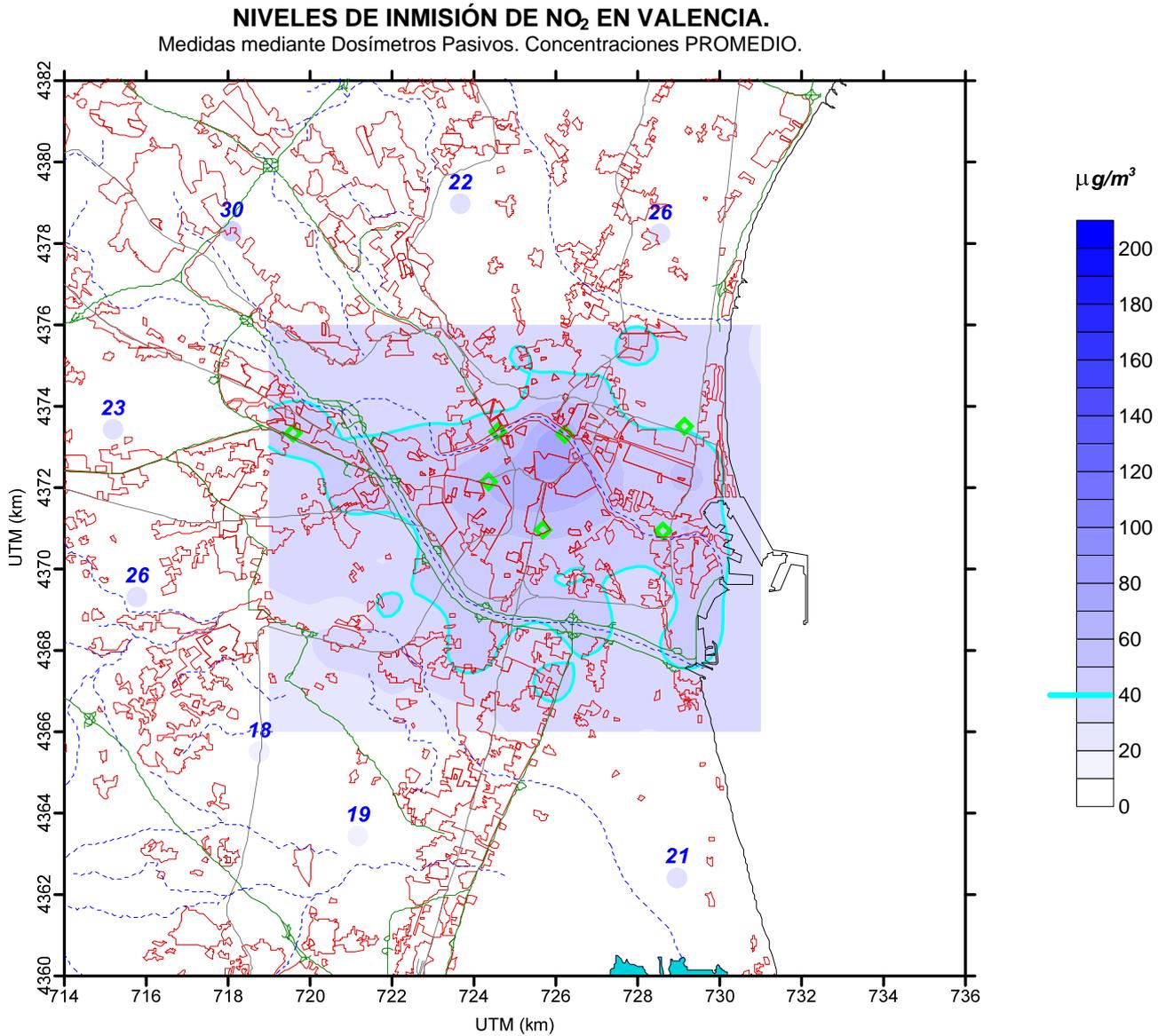


Figura A4: Distribución espacial interpolada en las dos redes de muestreo de los valores de concentración de NO<sub>2</sub> promediados para toda la base de datos disponible.



## NIVELES DE INMISIÓN DE NO<sub>2</sub> EN VALENCIA.

Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Concentraciones PROMEDIO.

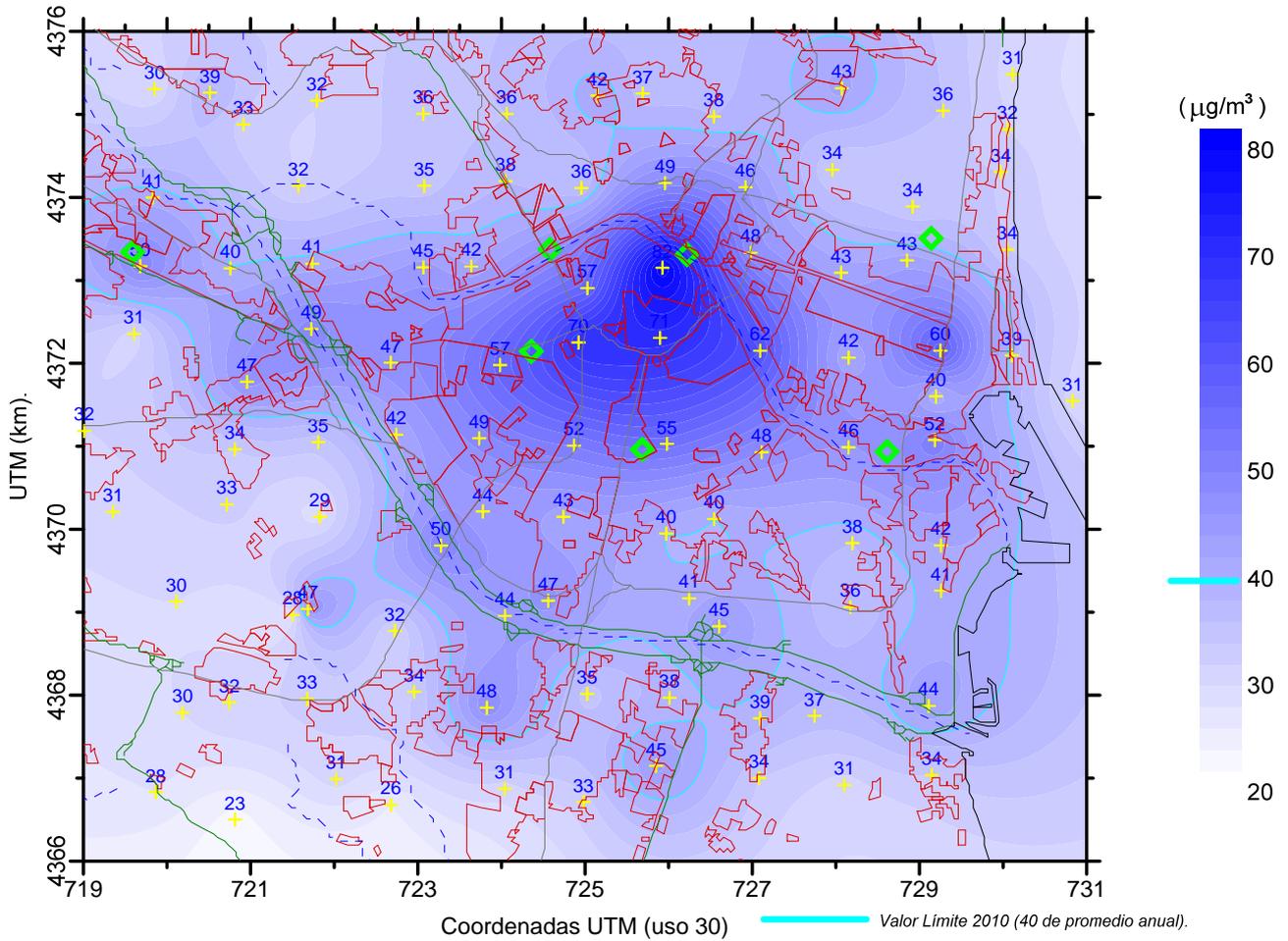


Figura A5: Distribución espacial interpolada en el área de la red de muestreo semirregular de los valores de concentración de NO<sub>2</sub> promediados para toda la base de datos disponible.

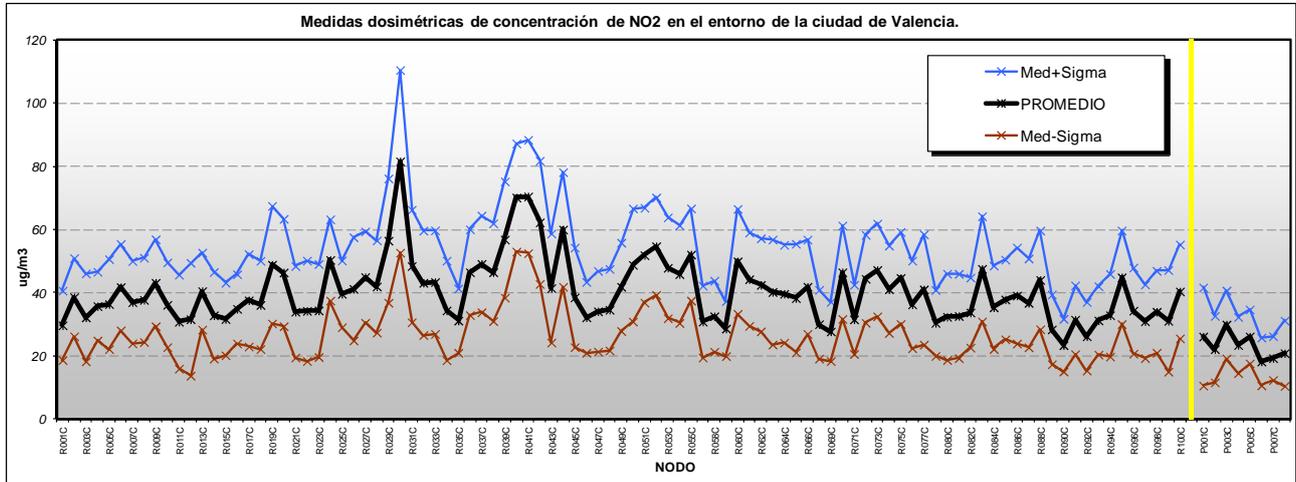


Figura A6: Secuencia de los niveles promedio de NO<sub>2</sub> ( $\pm$  una sigma) en cada nodo de las dos redes de muestreo (los periféricos a la derecha del separador vertical) para toda la base de datos disponible.

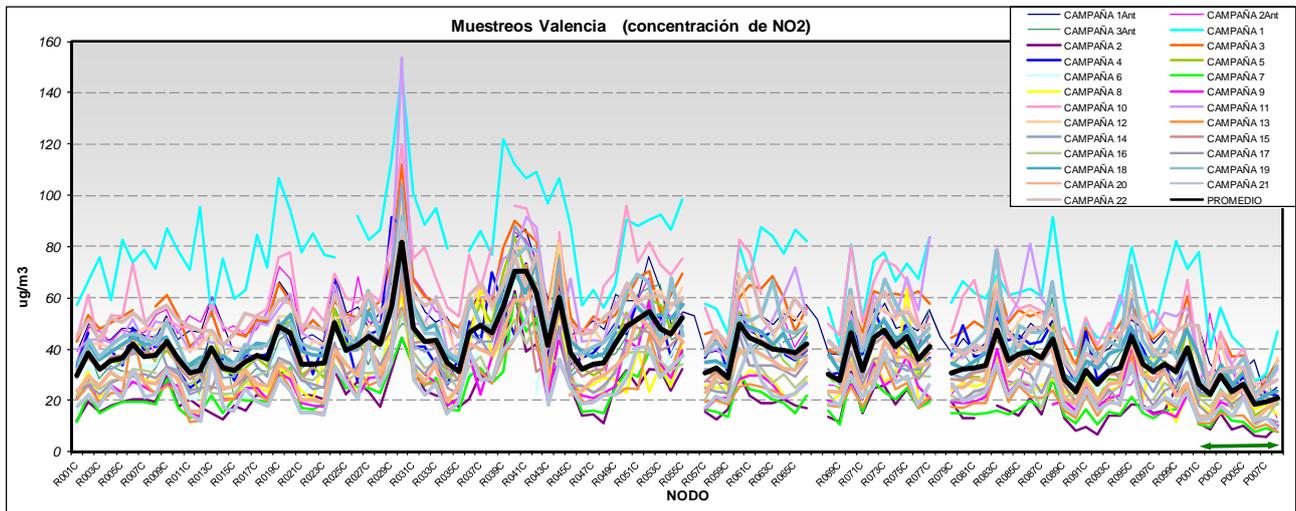


Figura A7: Secuencia de los niveles de NO<sub>2</sub> registrados en cada nodo para la totalidad de las campañas disponibles en las dos redes de muestreo (los periféricos indicados por la flecha horizontal); se resalta en trazo negro grueso el valor medio.

