



**Fundación CENTRO DE ESTUDIOS
AMBIENTALES DEL
MEDITERRÁNEO. (Fundación CEAM).**

**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 13-20/09 y
15-21/11 de 2016

*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 : *12/12/2016*

Referencia : *Muestreos Valencia NO2/2016/01*

Versión 0.



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 13-20/09 y 15-21/11 de 2016.

Versión 0.

12 de diciembre de 2016

ÍNDICE DE CONTENIDOS.	<i>pgns</i>
INTRODUCCIÓN.	1
DISEÑO EXPERIMENTAL.	5
CAMPAÑA GN1 (13 al 20 de septiembre de 2016).	6
CAMPAÑA GN2 (15 al 21 de noviembre de 2016).	12
CONCLUSIONES.	17
ANEXO I. COMPILACIÓN GRÁFICA DE LOS PROMEDIOS HISTÓRICOS.	19



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 13-20/09 y 15-21/11 de 2016.

Versión 0.

12 de diciembre de 2016

INTRODUCCIÓN.

Se incluyen en el presente documento las dos campañas de medidas dosimétricas de NO₂ realizadas durante el año 2016 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 (en aras de la comparabilidad y trazabilidad de resultados). 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-p.e.2018->), 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 un problema de

contaminación (superación de los umbrales permitidos en alguno de los puntos), resultan claramente insuficientes para su adecuado diagnóstico y gestión.

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 donde es absorbido por alguna sustancia captadora depositada previamente (ver esquema en figura 1).

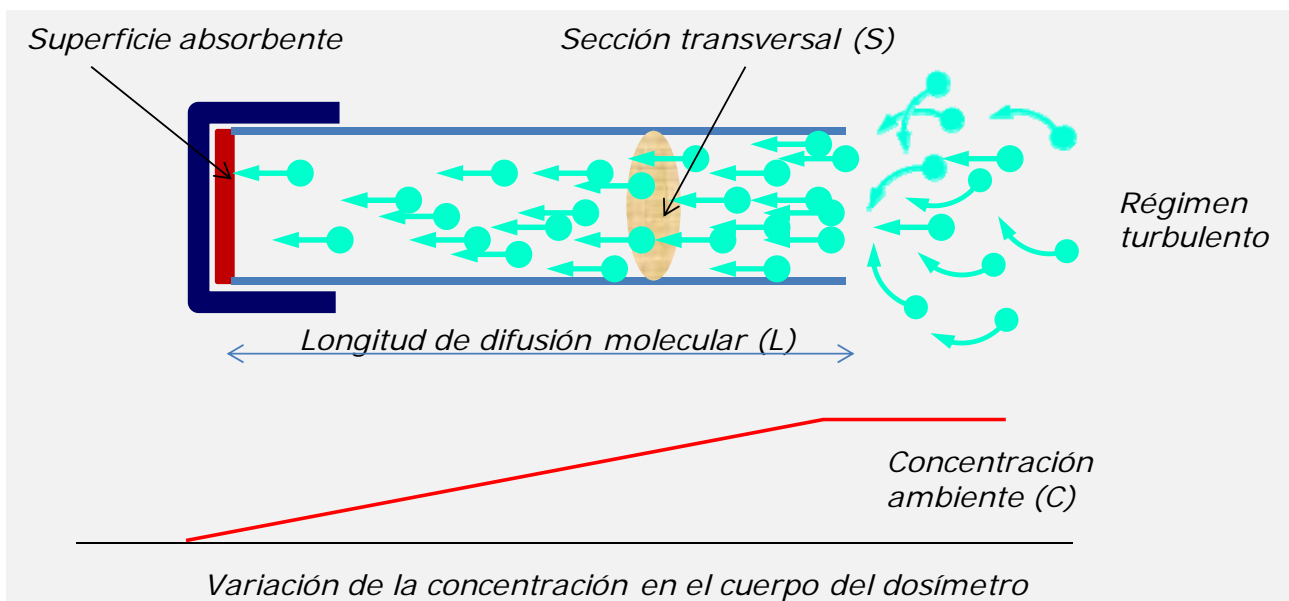


Figura 1: Esquema de la esencia de un captador pasivo, en el que las moléculas se mueven por difusión molecular desde el entorno atmosférico hacia el interior del tubo.



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 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, pudiendo 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, y la derivada representa el gradiente de la concentración (C) a lo largo del camino de difusión (L).

El pequeño caudal de difusión 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. 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 continua con el presente trabajo las actuaciones anteriores que, dentro de otros contextos contractuales, tenían por objetivo caracterizar el estado de contaminación por dióxido de nitrógeno en el entorno de la ciudad de Valencia, con una alta resolución espacial. Se incluye así en el presente informe la documentación relativa a las dos campañas experimentales con captadores pasivos de dióxido de nitrógeno realizadas durante el año 2016, que se referencian respectivamente como GN1 y GN2, y que constituyen los muestreos diecisiete y dieciocho del conjunto de datos históricos disponibles. La primera se realizó entre los días 13 y 20 de septiembre (siete días efectivos), mientras que la segunda se expuso entre el 15 y 21 de noviembre (seis días). En ambos casos el despliegue 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.

A continuación se presentan y analizan los resultados de cada una de las campañas. 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 ello 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 la rosa de viento del mismo, integrándola en un contexto climático.

Se han mantenido aún los formatos habituales de presentación de resultados, 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 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 normal, reflejado a través de los niveles medios. Con ello se aborda también el problema de la representatividad temporal de las medidas. Es claro que la limitación temporal de los muestreos (esto se compensaría con un plan 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. En el presente documento no se analiza con profundidad este aspecto, pero 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 se muestran los mapas y secuencias de concentración promedio (con el mismo formato de las campañas) actualizados con 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 todas las precauciones que su interpretación conlleva

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 de manera cuasialeatoria un total de 97 puntos de medida, asegurando uno por cada celda de 1x1 km; 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).

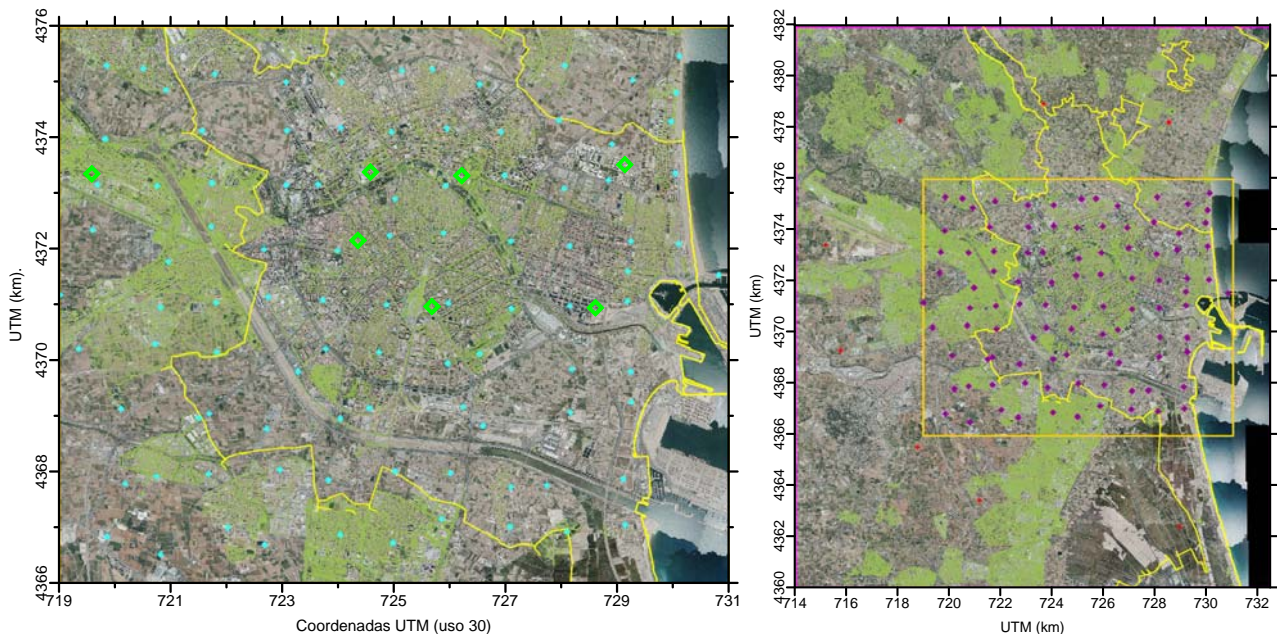


Figura 2: Red de muestreo dosimétrica regular (izquierda –se muestran la situación de las cabinas actuales de la RVVCCA) y con los emplazamientos periféricos (derecha, puntos rojos).



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.

CAMPAÑA GN1 (13 al 20 de septiembre de 2016).

El muestreo se inicia bajo condiciones atmosféricas muy perturbadas, con un sistema frontal barriando toda la Península, que en gran medida se tradujo en un inicio del periodo de exposición muy ventoso, con vientos persistentes de poniente. Desplazada la vaguada hacia el Mediterráneo, ocupó el espacio el sistema de altas presiones atlánticas, quedándose la vertiente levantina en su vertiente más oriental, persistiendo una circulación general de componente noreste que contribuyó en general a una buena ventilación atmosférica durante el periodo de medida.

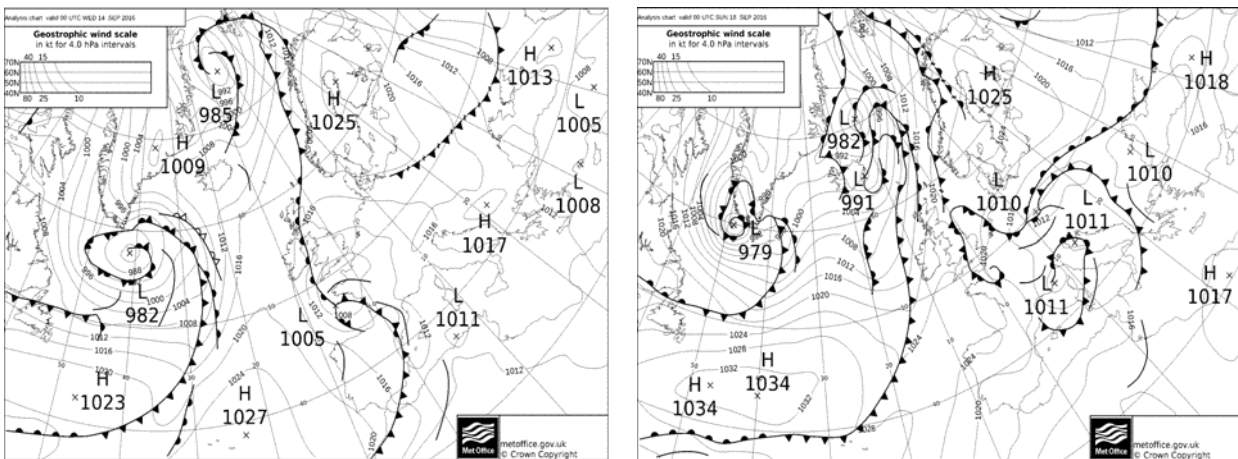


Figura 4: Condiciones meteorológicas a gran escala registradas en dos momentos del periodo de muestreos dosimétricos GN1.

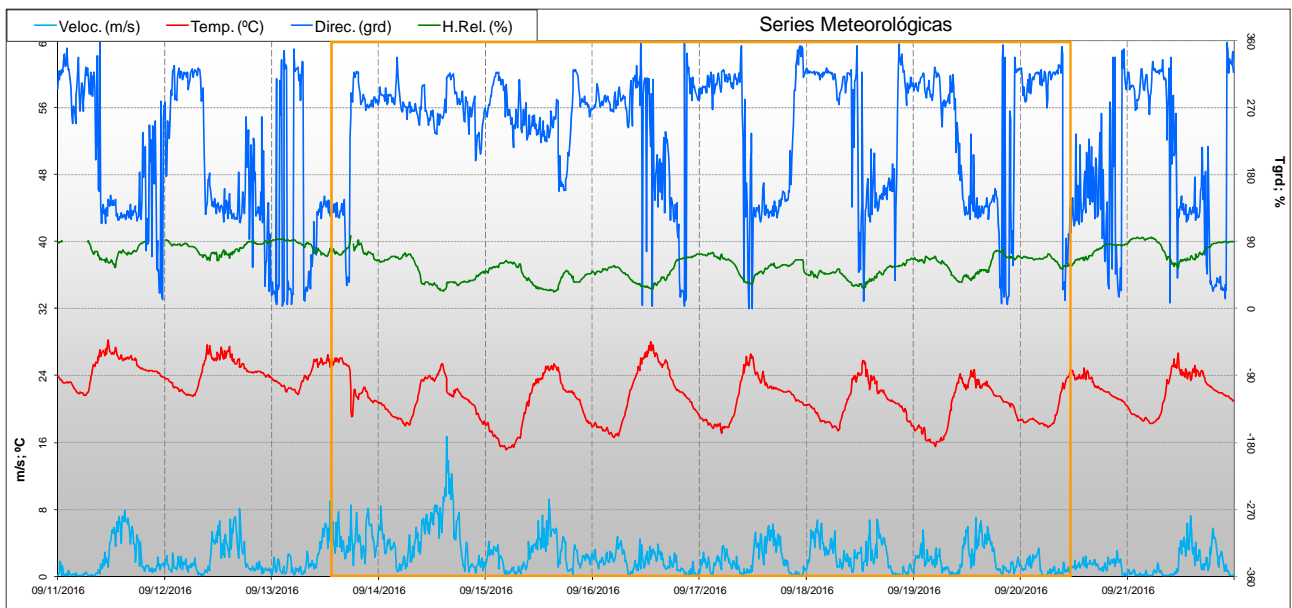


Figura 5: Series temporales de los principales parámetros meteorológicos registrados durante el periodo de muestreos GN1 (valores procedentes de la estación "VALENCIA-CONSELLERIA METEO").

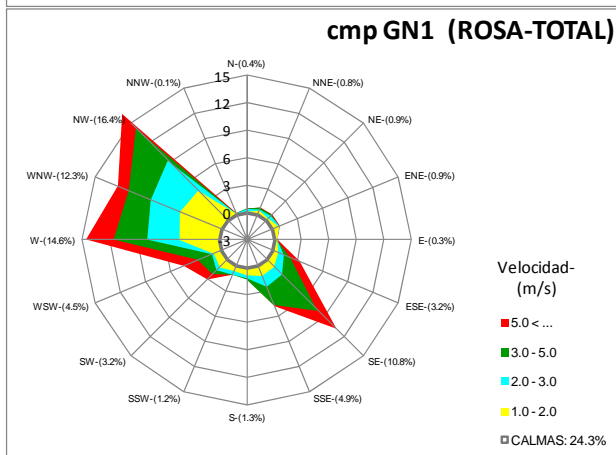
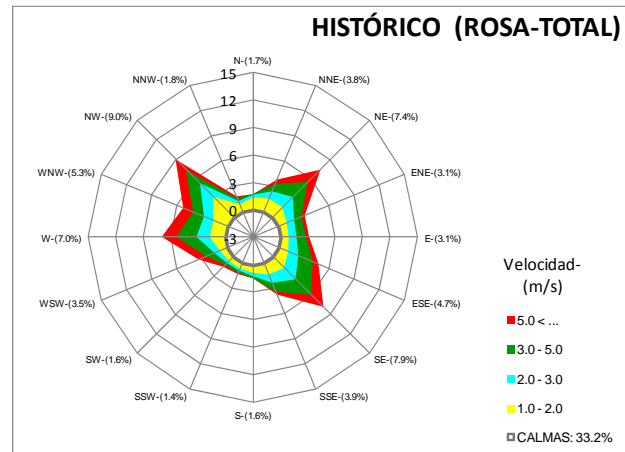
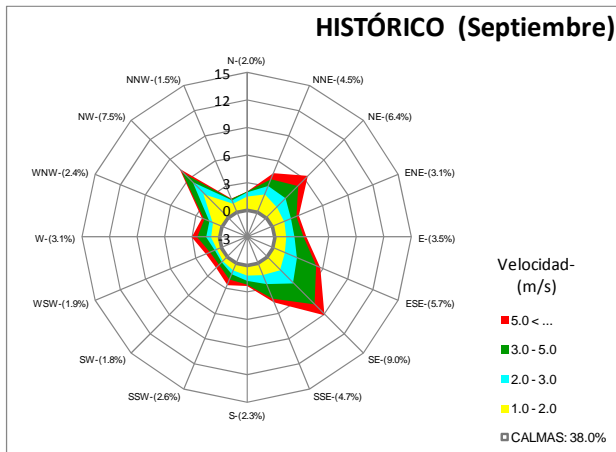


Figura 6: Rosas de viento elaboradas con las medidas de la estación VALÈNCIA-CONSELLERIA-METEO. Se presentan las rosas para el periodo de datos completo disponible 2010-2016 (superior derecha), la rosa climática del mes de septiembre (superior izquierda) y para el intervalo estricto de muestreo GN1 con los captadores pasivos (inferior).

Las series temporales de la figura 5 muestran esta primera fase de vientos intensos, en torno al NO, con un breve episodio de precipitaciones muy intensas que marcan el inicio de la intensa advección, y que deja paso a un ciclo de brisas en la segunda mitad de la campaña. Morfológicamente la rosa de vientos del periodo (figura 6) no se asemeja nada al periodo estacional en que se produce, y parece más una situación invernal en cuanto a la prevalencia de vientos intensos del cuarto cuadrante. El carácter ventoso puede apreciarse también por la baja presencia de calmas (vientos inferiores a 1 m/s), un 23%, superior al normal de septiembre (38%) y del periodo completo (un 33%).

El reflejo en los resultados del muestreo de los niveles de NO₂ es necesariamente bajo en un escenario meteorológico como el descrito, con todos los nodos por debajo de la media salvo muy escasas excepciones (figuras 7 y 8). La figura 8 muestra las distribuciones de frecuencias para el periodo completo y para la campaña en curso, todas ellas normalizadas por propósitos de comparación. Es clara la asimetría de las dos poblaciones mayores, de manera más evidente para el caso de las medidas urbanas, con una cola que se prolonga hacia los valores más altos de concentración. Las distribuciones del muestreo (líneas de puntos) resultan mucho más simétricas, apuntadas sobre valores sensiblemente menores (si bien de manera no tan evidente sobre los muestreos rurales de la red periférica).

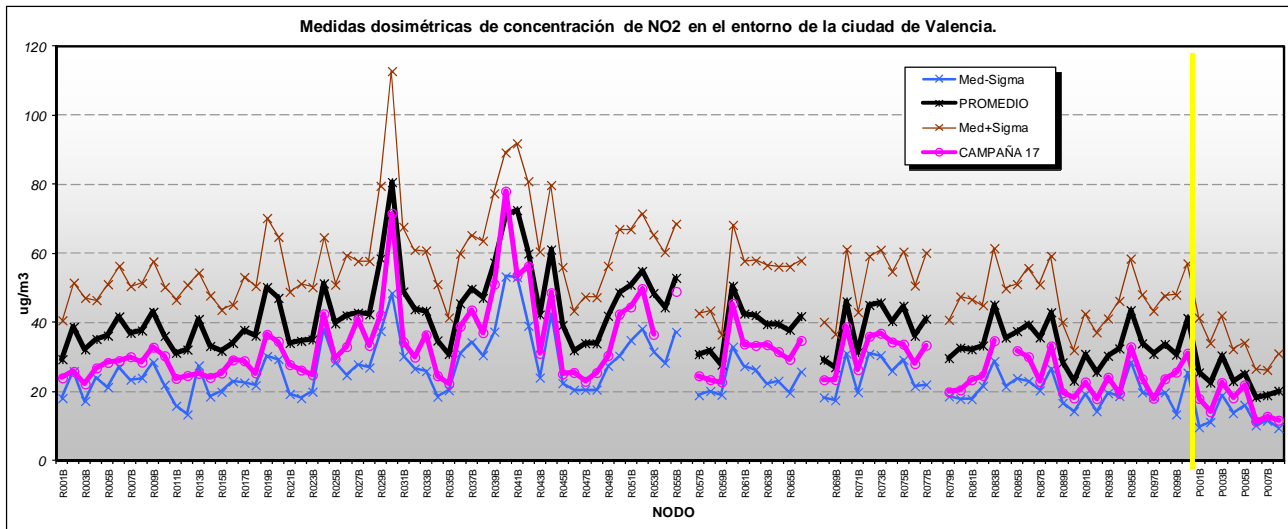


Figura 7: Niveles de concentración de NO_2 para los puntos de medida de la red dosimétrica obtenidos durante la campaña GN1 (línea magenta) frente a los promedios históricos disponibles para los mismos emplazamientos (se muestra el valor medio –línea negra- con un margen de una sigma por ambos lados). A la derecha de la línea vertical amarilla se sitúan los nodos de la red periférica.

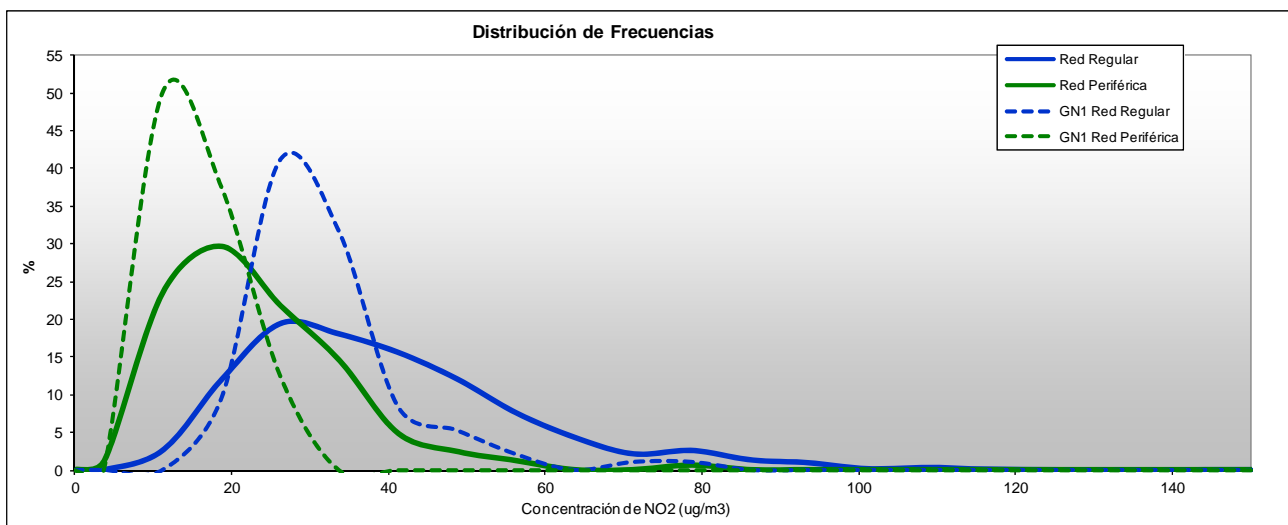


Figura 8: Distribución de frecuencias de las medidas dosimétricas de NO_2 para las dos redes: base de datos total (líneas continuas) y muestreo actual GN1 (líneas a trazos). Todas las distribuciones están normalizadas.

Las correspondientes distribuciones espaciales se presentan en las figuras 9, 10 y 11. En todas ellas se sigue la notable disminución de los valores, quedándose la isocurva de referencia de los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del mapa interpolado circunscrita al centro urbano, con algunas prolongaciones que apuntan a la zona portuaria, a las grandes vías y a la cola de la pluma hacia el interior. Resulta ilustrativo analizar los mapas de anomalías de la figura 11. Se representan tanto las diferencias absolutas como las relativas, siempre referidas a los valores históricos (tal como se muestran en la figura A4). Solo una zona muy limitada en el centro presenta un ligero aumento, con una reducción por debajo del 20% en la zona más contaminada del centro, lo que en general significa niveles inferiores a $10 \text{mg}/\text{m}^3$ en la mayor parte de la zona, como se visualiza en la gráfica izquierda.

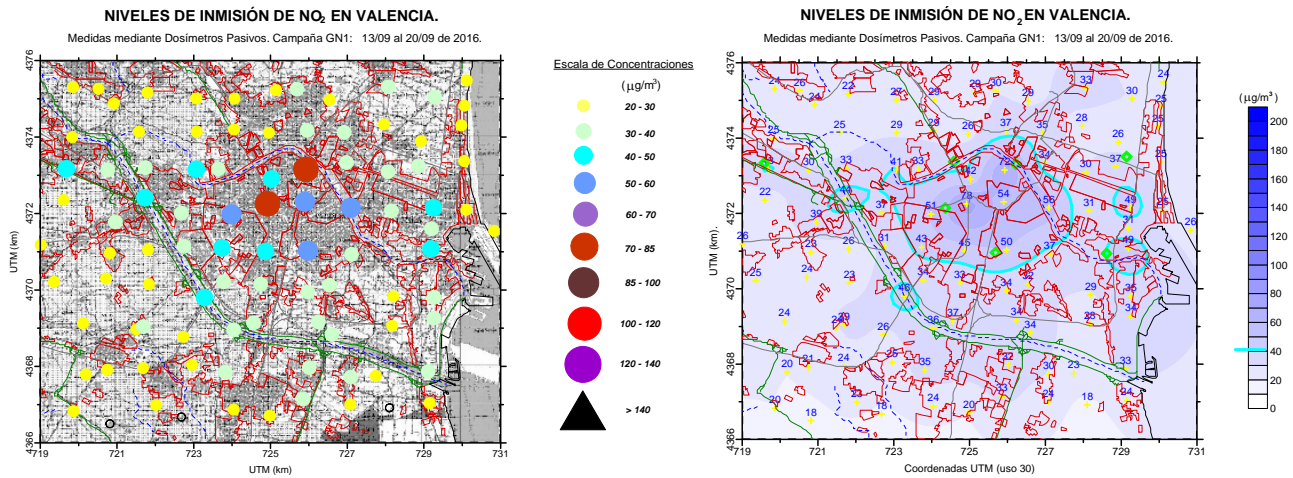


Figura 9: Concentraciones de NO₂ obtenidas durante la campaña GN1 en el entorno de la ciudad de Valencia, para la red regular (en los nodos de medida -mapa de la izquierda- e interpoladas sobre todo el dominio espacial -derecha-).

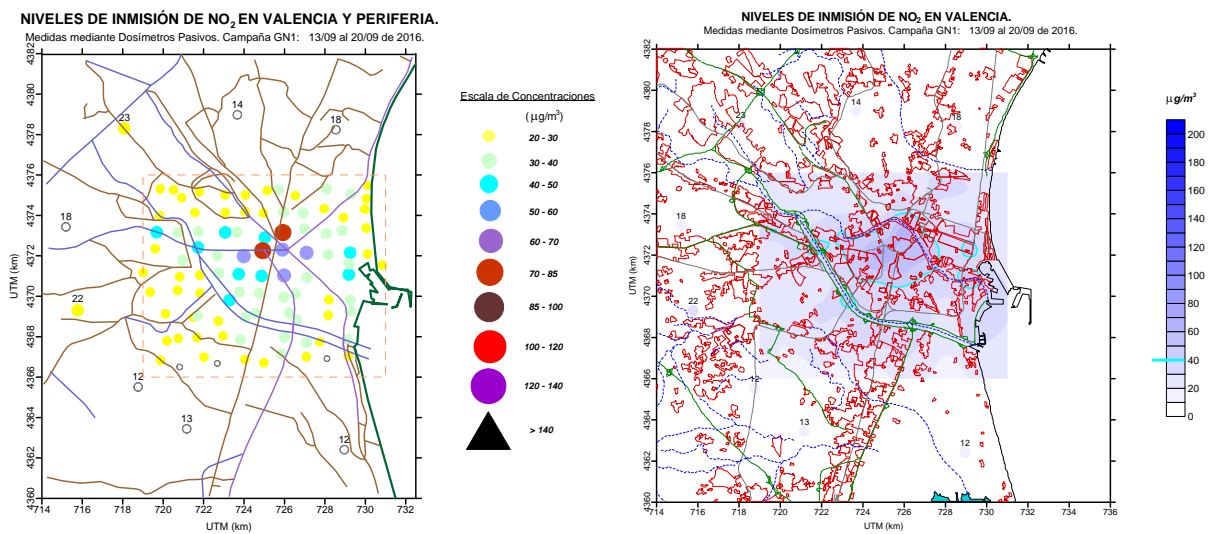


Figura 10: Concentraciones de NO₂ obtenidas durante la campaña GN1 en la que se integran la red regular y la periférica (similar a las gráficas de la figura 9 en su formato).

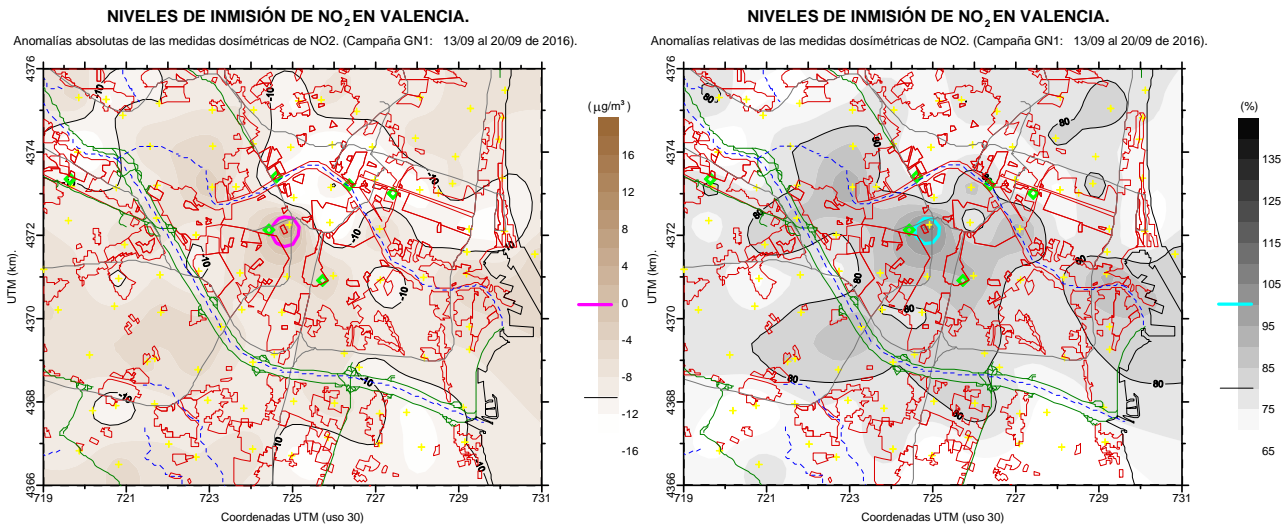


Figura 11: Representación de la distribución espacial de las anomalías absolutas (izquierda) y relativas (derecha) de las concentraciones de NO₂ obtenidas durante la campaña GN1 (respecto al total de los valores promedio histórico para la malla regular de la red de muestreo). En ambas gráficas se resalta alguna isocurva de referencia (en el caso de las variaciones relativas, el valor 100 representa los puntos sin cambio).

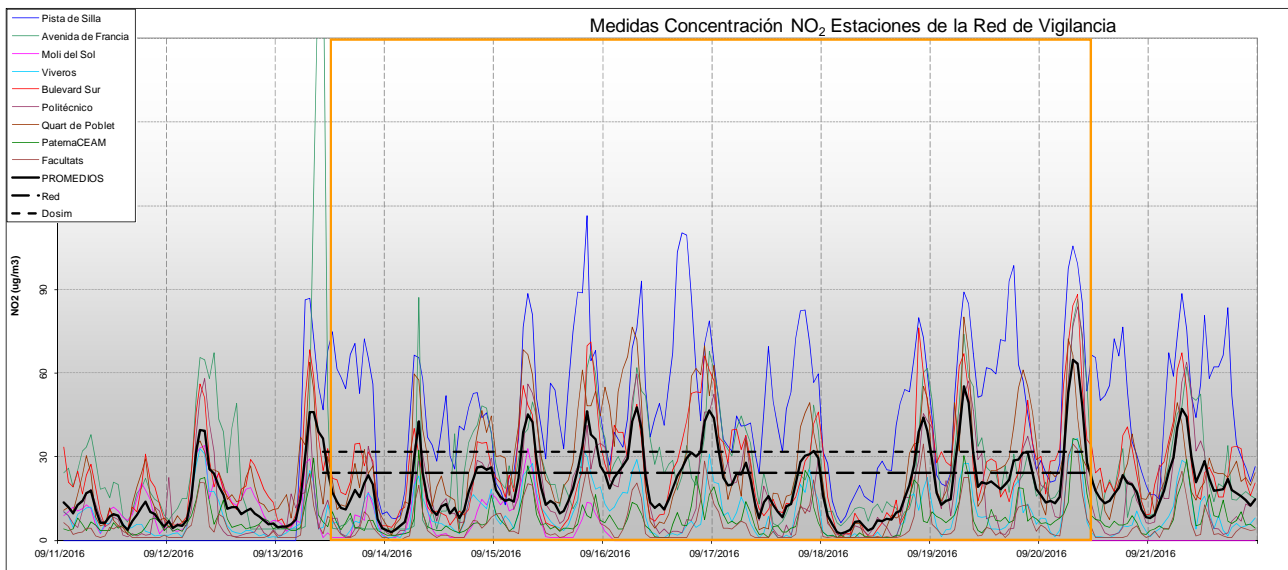
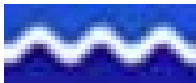


Figura 12: Series temporales de concentración de NO₂ registradas durante el periodo de exposición de los captadores pasivos durante la campaña GN1 (recuadro). La curva negra resaltada representa el promedio de todas las estaciones. Se indican en las dos líneas de trazos los niveles promedio dosimétricos (cortos) y automáticos-regular (según se transcriben en la tabla 1).

La relación con las mediciones en las estaciones de la red de vigilancia se muestra en la figura 12 y tabla 1. Se han tomado en consideración las nueve cabinas que se localizan dentro del área grande de trabajo, aunque solo siete de ellas se ubican dentro del rectángulo que engloba



la red dosimétrica semirregular que, dado su carácter más urbano, presentan valores medios algo más elevados. En la secuencia temporal se manifiesta claramente el doble pico diurno, con la bajada notable de las concentraciones en la jornada dominical. Aunque el periodo resultó bien ventilado, alguna cabina (en concreto Pista de Silla) muestra niveles notablemente altos, y la red dosimétrica urbana en conjunto mide valores por encima de los promedios de las cabinas automáticas correspondientes (en un porcentaje que resulta ser un 32% superior, si bien los máximos absolutos son en todos los casos muy similares -ver tabla 1-).

Tabla 1: Niveles promedio de concentración de NO_2 (todos en $\mu g/m^3$) 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 GN1, comparados con los niveles medios de aquellos.

Estación	Media	Máximo
València - Pista de Silla *	50	117
València -Avd. Francia *	28	219
València - Molí del Sol *	8	33
València - Vivers *	10	37
València -Bulevard Sud *	27	88
València - Politècnic *	19	84
Quart de Poblet *	28	80
Paterna CEAM	8	37
Burjassot - Facultats	7	35
Red Dosimétrica	32	55
Cabinas Totales	20	50
Cabinas Red Regular (*)	24	50
%	132	110



CAMPAÑA GN2 (15 al 21 de noviembre de 2016).

El segundo de los muestreos, realizado ya en el periodo final del otoño, se desarrolló bajo condiciones más estables en la primera parte, anticiclónicas, menos ventosas y más próximas a los rasgos meteorológicos invernales. Las altas presiones atlánticas, como las representadas por el mapa izquierdo de la figura 13, persistieron durante las primeras jornadas, dejando paso a una vaguada que a partir del día 18 barre la península con el paso de un sistema frontal poco intenso, que no llegó a dejar precipitaciones en la zona de medida. Las temperaturas inicialmente moderadamente bajas se atemperaron aún más con los vientos de poniente, en una distribución que tiende a parecerse a la rosa estacional (noviembre, ver figura 15) en tanto que predominan los flujos del cuarto cuadrante, manteniéndose durante la campaña algunos ciclos de brisa (SE) y la componente del suroeste, con velocidades elevadas, asociada precisamente a la circulación asociada al paso del sistema frontal.

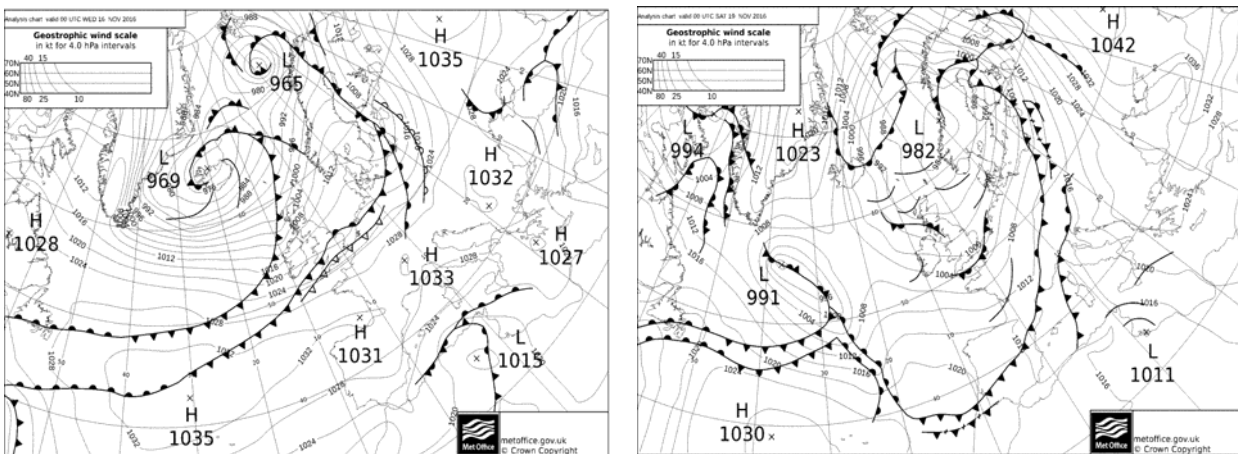


Figura 13: Condiciones meteorológicas a gran escala registradas en dos momentos del periodo de muestreos dosimétricos GN2.

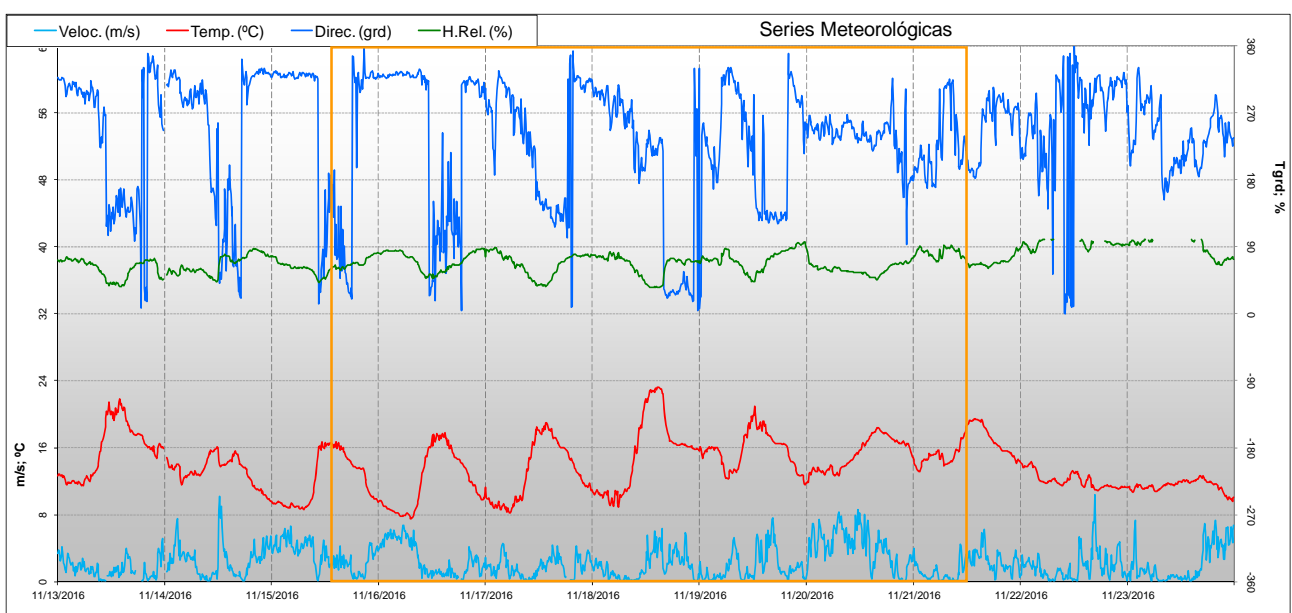


Figura 14: Series temporales de los principales parámetros meteorológicos registrados durante el periodo de muestreos GN2 (valores procedentes de la estación "VALÈNCIA-CONSELLERIA METEO", con código de referencia 46250049).

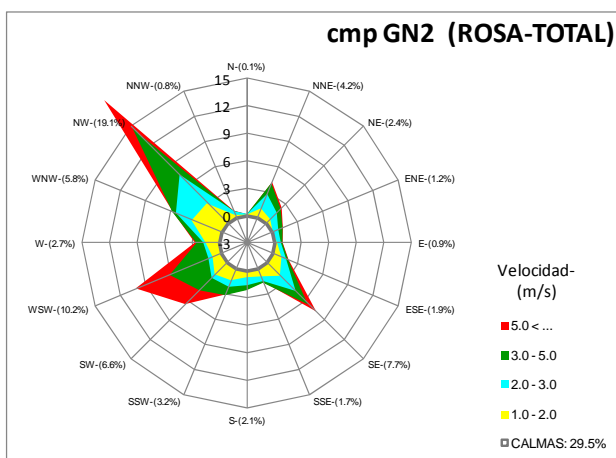
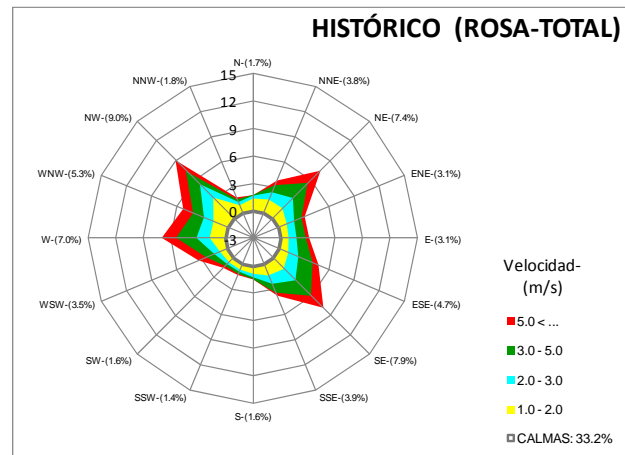
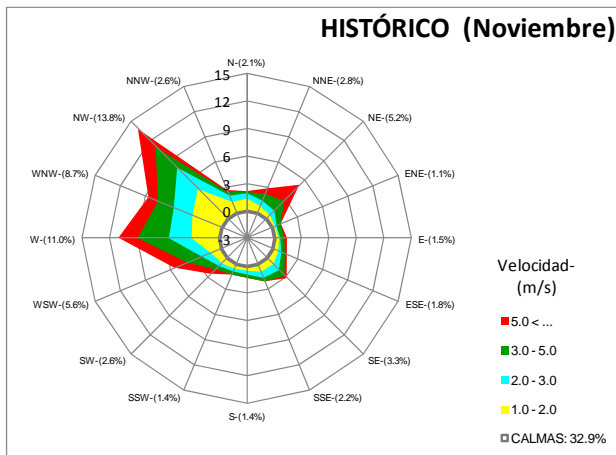


Figura 15: Rosas de viento elaboradas con las medidas de la estación VALÈNCIA-CONSELLERIA-METEO. Se presentan las rosas para el periodo de datos completo disponible 2010-2016 (superior derecha), la rosa climática del mes de septiembre (superior izquierda) y para el intervalo estricto de muestreo Gn2 con los captadores pasivos (inferior).

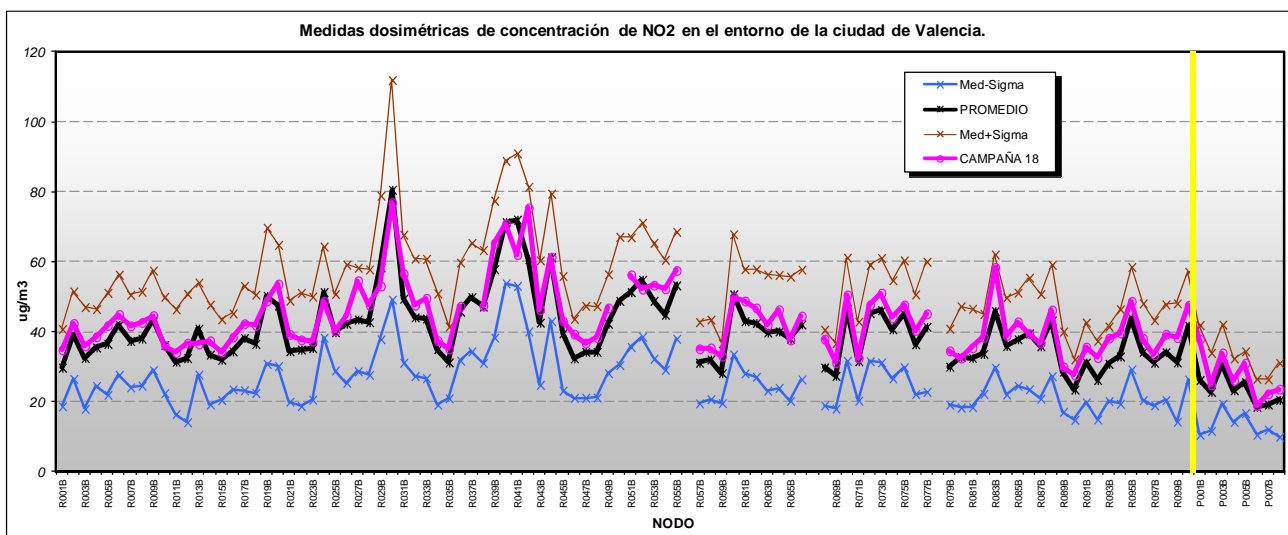


Figura 16: Niveles de concentración de NO₂ para los puntos de medida de la red dosimétrica obtenidos durante la campaña GN2 (línea magenta) frente a los promedios históricos disponibles para los mismos emplazamientos (se muestra el valor medio –línea negra- con un margen de una sigma por ambos lados). A la derecha de la línea vertical amarilla se sitúan los nodos de la red periférica.

El muestreo de los niveles de NO_2 resultó esta vez muy similar al promedio global de todas las campañas dosimétricas, tal y como se refleja en la figura 16, solo muy ligeramente por encima de los valores medios en la mayoría de los nodos, urbanos y rurales. Las distribuciones de la figura 17 se sitúan ahora notablemente desplazadas hacia la derecha, con las modas muestrales notablemente superiores a las poblacionales (en claro contraste con la figura 8).

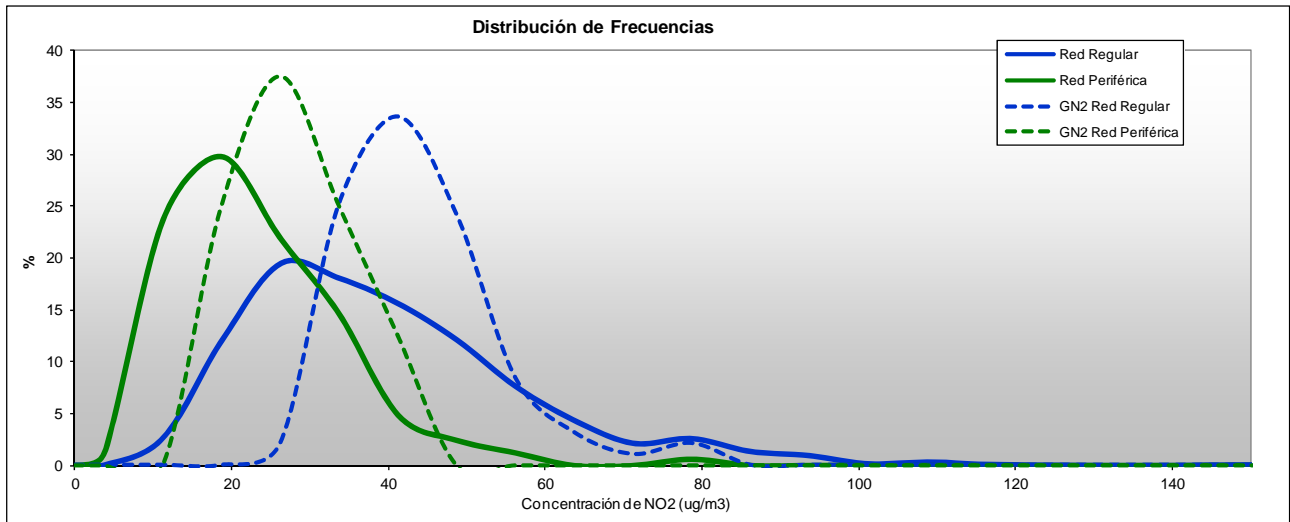


Figura 17: Distribución de frecuencias de las medidas dosimétricas de NO_2 para las dos redes: base de datos total (líneas continuas) y muestreo actual GN2 (líneas a trazos).

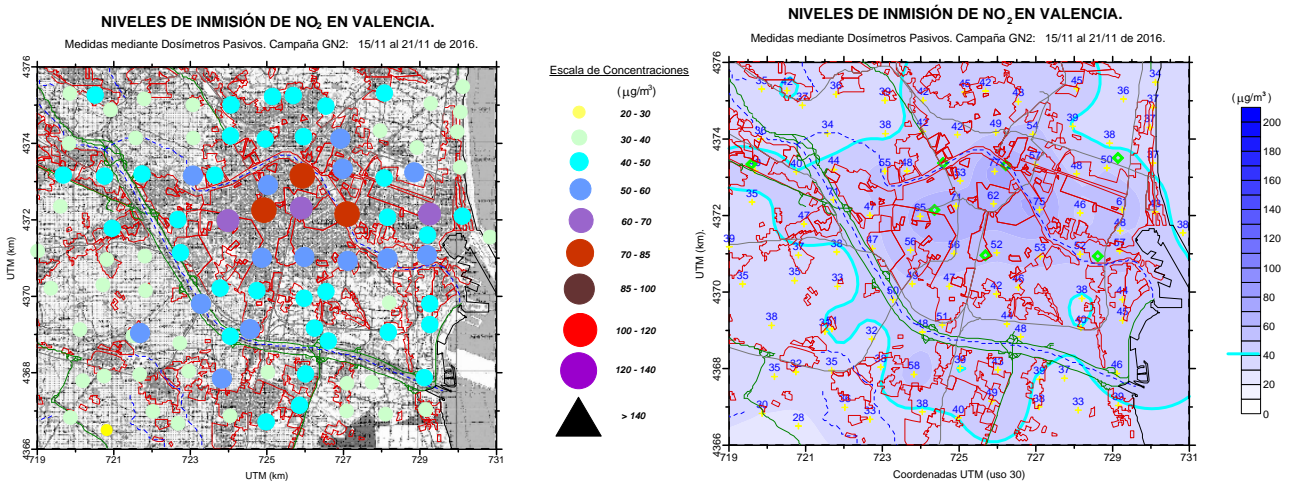


Figura 18: Concentraciones de NO_2 obtenidas durante la campaña GN2 en el entorno de la ciudad de Valencia, para la red regular (en los nodos de medida -mapa de la izquierda- e interpoladas sobre todo el dominio espacial -derecha-).

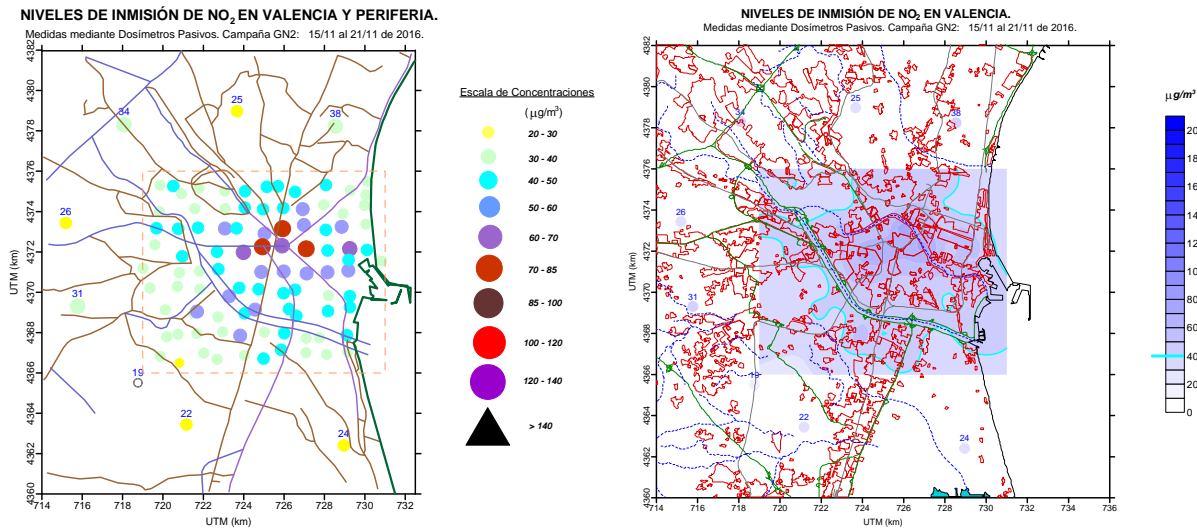


Figura 19: Concentraciones de NO₂ obtenidas durante la campaña GN2 en la que se integran la red regular y la periférica.

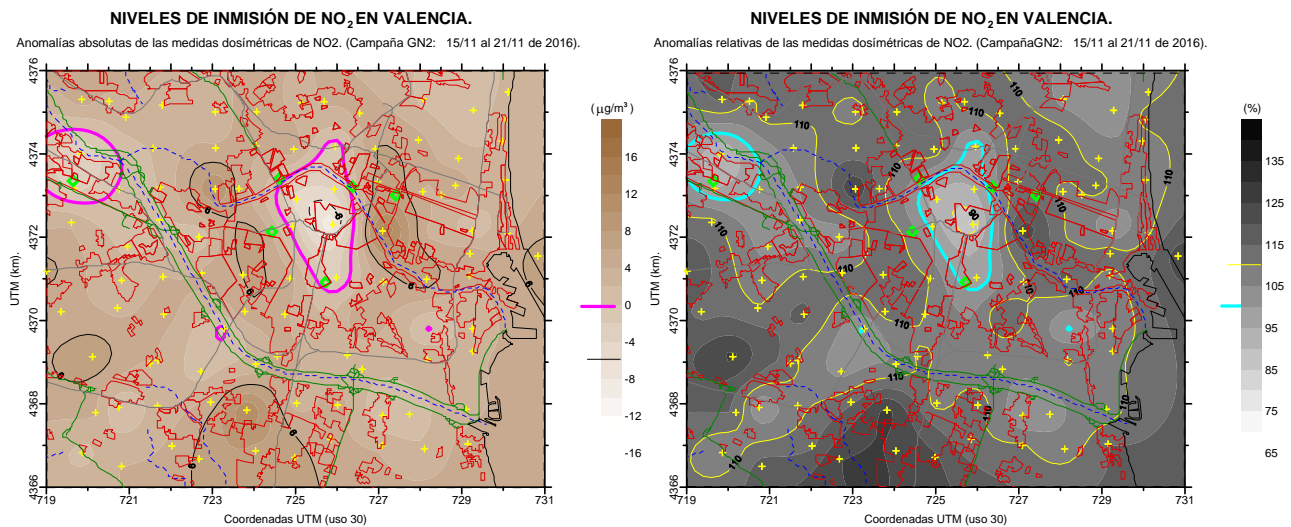


Figura 20: Representación de la distribución espacial de las anomalías absolutas (izquierda) y relativas (derecha) de las concentraciones de NO₂ obtenidas durante la campaña GN2 (respecto al total de los valores promedio históricos para la malla regular de la red de muestreo). En ambas gráficas se resalta alguna isocurva de referencia (en el caso de las variaciones relativas, el valor 100 representa los puntos sin cambio).

La representación espacial de los mapas de las figuras 18 19 y 20 reflejan estos valores notablemente superiores a la campaña anterior, y muy similares a los reflejados en el mapa promedio de las figuras del anexo. Especialmente ilustrativas resultan los mapas de anomalías, que reflejan un descenso focalizado en el núcleo del casco antiguo, con valores que se sitúan por debajo de un 10% (6-8 µg/m³ de reducción en valor absoluto).

La evolución de los registros automáticos en las estaciones automáticas, tal y como se presenta en la figura 21, donde todas las cabinas vuelven a mostrar el característico ciclo diurno, con un doble pico, en el que el vespertino tiende a ser más intenso en general, con la

consabida reducción dominical. A diferencia de la campaña pasada todos los registros resultan más homogéneos, sin una cabina con niveles sensiblemente superiores.

En este caso los promedios dosimétricos resultaron algo inferiores los de la red, en un 76% respecto a la media de las cabinas situadas en el área de la red semirregular, aunque según se muestra en la tabla 2 los valores máximos para el periodo registrados por alguno de los captadores pasivos coinciden con los máximos equivalentes en alguna de las estaciones de la red.

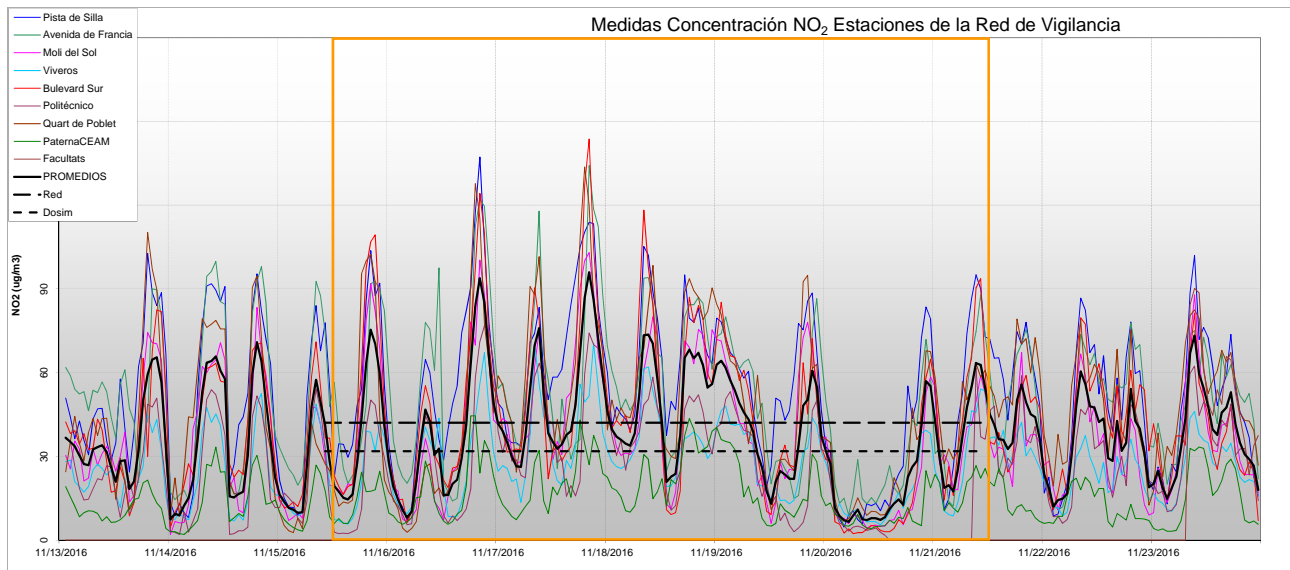


Figura 21: Series temporales de concentración de NO₂ registradas durante el periodo de exposición de los captadores pasivos durante la campaña GN2 (recuadro). La curva negra resaltada representa el promedio de todas las estaciones. Se indican en las dos líneas de trazos los niveles promedio dosimétricos (cortos) y automáticos-regular (según se transcriben en la tabla 2).

Tabla 2: Niveles promedio de concentración de NO₂ (todos en µg/m³) 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 GN2, comparados con los niveles medios de aquellos.

Estación	Media	Máximo
València - Pista de Silla *	55	137
València -Avd. Francia *	51	134
València - Molí del Sol *	39	103
València - Vivers *	28	71
València -Bulevard Sud *	45	144
València - Politècnic *	29	77
Quart de Poblet *	47	134
Paterna CEAM	17	45
Burjassot - Facultats	---	---
Red Dosimétrica	32	55
Cabinas Totales	39	55
Cabinas Red Regular (*)	42	55
%	76	100

CONCLUSIONES.

Se presentan en el informe actual los resultados de las dos últimas campañas de medidas intensivas de dióxido de nitrógeno en el entorno de la ciudad de Valencia mediante dosímetros pasivos, con una densa cobertura espacial, según un procedimiento y metodología que la Fundación CEAM ha venido utilizando en este contexto. Las actuales constituyen las número veintiuno y veintidós de los muestreos disponibles, que se remontan al año 2002, con una cobertura temporal irregular, según se muestra en la figura 22 adjunta. En concreto los ilustrados en páginas anteriores se sitúan al final del año 2016, en periodo otoñal, lo que en ningún caso podrían considerarse representativas del comportamiento del campo de inmisiones de NO₂ para dicho año.

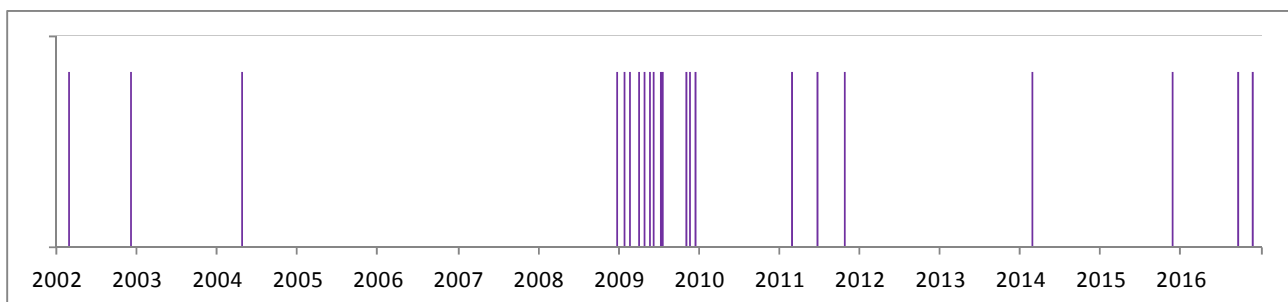


Figura 22: Cobertura temporal de la base de datos de campañas dosimétricas en Valencia.

Las medidas persiguen obtener, en una primera aproximación, información experimental sobre el campo de concentraciones de NO₂ en el marco urbano, que dada su naturaleza extremadamente compleja no se resuelve suficientemente con las medidas habituales procedentes de la red automática de vigilancia. Medidas estas que, por otro lado, sí registran en algunos emplazamientos recurrentemente una situación de superación, o muy próxima a ella, de los umbrales normativos de protección de la salud para dicho contaminante, lo que obligaría a diseñar y poner en ejecución planes de actuación a fin de reconducir los niveles a valores legalmente aceptables. La íntima interrelación entre las concentraciones ambiente, las fuentes de emisión (principalmente el tráfico rodado) y las condiciones meteorológicas, requiere un diagnóstico con suficiente detalle previo a la confección de cualquier plan de mejora, necesariamente costoso, dada la complicada relación entre causas y efectos.

Dada la disponibilidad de una colección creciente de experiencias, se incorporaron los mapas de "anomalías" ya contemplados en informes anteriores, con objeto de poner de manifiesto influencias locales y puntuales sobre los muestreos, siempre referido al comportamiento "normal" representado por los valores medios. En este sentido se han actualizado en el anexo I del informe los correspondientes mapas poblacionales.

En el trabajo se ha realizado el esfuerzo de insertar la campaña de medidas en su marco meteorológico de ocurrencia, 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 cierto contexto histórico. Series temporales y rosas de viento ayudan a este propósito. Igualmente se ha procurado evaluar las medidas de inmisión siempre en el contexto de las cabinas de calidad del aire automáticas en la zona pertenecientes a la RVVCCA.

Coyunturalmente la presente campaña se realizó en un contexto típicamente otoñal, registrándose situaciones bastante cambiantes en ambos muestreos, con patrones además diferenciados entre las dos campañas, alternándose situaciones advectivas con episodios lluviosos y con otras jornadas más estables. Como resultado muestran niveles dispares, que en



uno de los casos se sitúan por encima de los registros de la red automática y en otro lo hacen por debajo, indicando que no parece haber un sesgo sistemático y la respuesta ante las condiciones atmosféricas cambiantes resulta en cada caso determinante de los niveles.

Por otra parte se repite alguno de los resultados de campañas anteriores, algunos de cuyos rasgos generales aparecen ya bosquejados a pesar de carecerse aún de una colección suficientemente representativa. Cabe repetir que en general las medidas parecen sugerir la existencia de un patrón de distribución espacial urbano de las concentraciones con fuertes gradientes, que cualitativamente se mantiene entre las diferentes campañas, pero cuyo nivel medio está sometido a las particulares condiciones meteorológicas (efecto de la dispersión) que hace que este promedio pueda variar sustancialmente entre diferentes campañas, apareciendo una definida oscilación estacional (con claros mínimos estivales). El tráfico, prácticamente único foco de emisión en una urbe como Valencia (habría que distinguir 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 (con fuerte impacto debido a la crisis general).



ANEXO I. COMPILACIÓN GRÁFICA DE LOS PROMEDIOS HISTÓRICOS.

NIVELES DE INMISIÓN DE NO₂ EN VALENCIA Y PERIFERIA.

Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Concentraciones PROMEDIO.

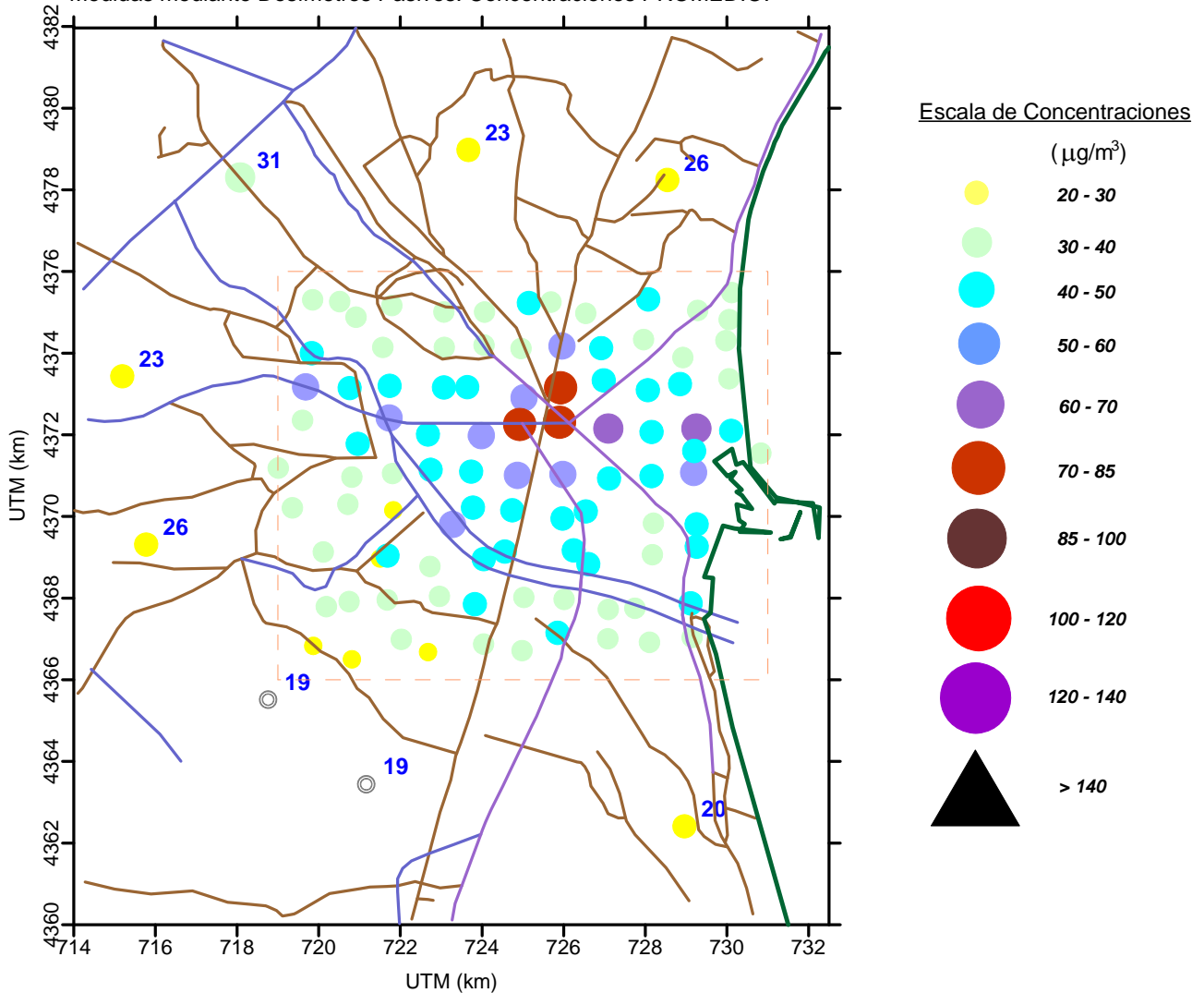


Figura A1: Distribución espacial puntual en las dos redes de muestreo de los valores de concentración de NO₂ promediados para toda la base de datos disponible.



NIVELES DE INMISIÓN DE NO₂ EN VALENCIA.

Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Concentraciones PROMEDIO.

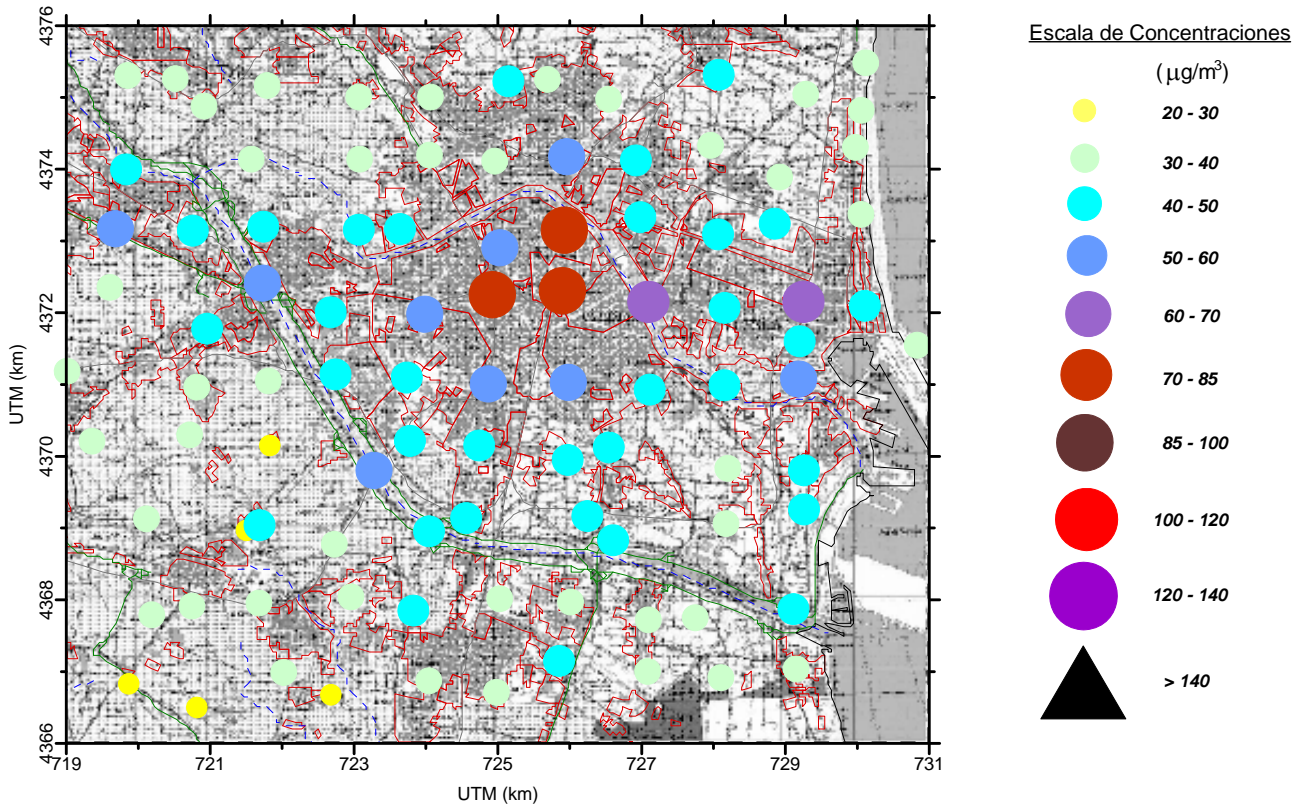


Figura A2: Distribución espacial puntual en el área de la red de muestreo semirregular de los valores de concentración de NO₂ promediados para toda la base de datos disponible.



NIVELES DE INMISIÓN DE NO₂ EN VALENCIA.

Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Concentraciones PROMEDIO.

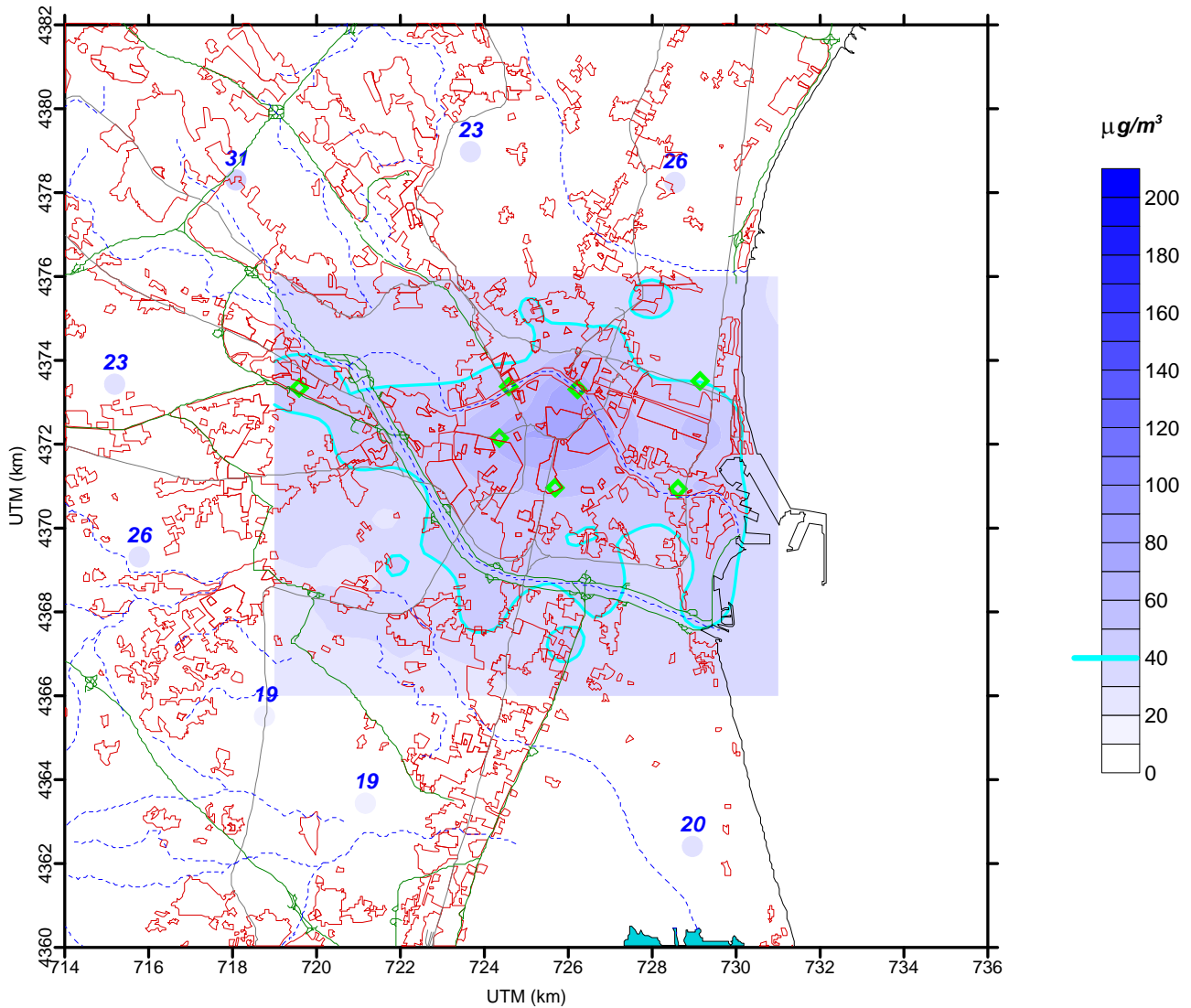


Figura A3: Distribución espacial interpolada en las dos redes de muestreo de los valores de concentración de NO₂ promediados para toda la base de datos disponible.



NIVELES DE INMISIÓN DE NO₂ EN VALENCIA.

Medidas mediante Dosímetros Pasivos. Concentraciones PROMEDIO.

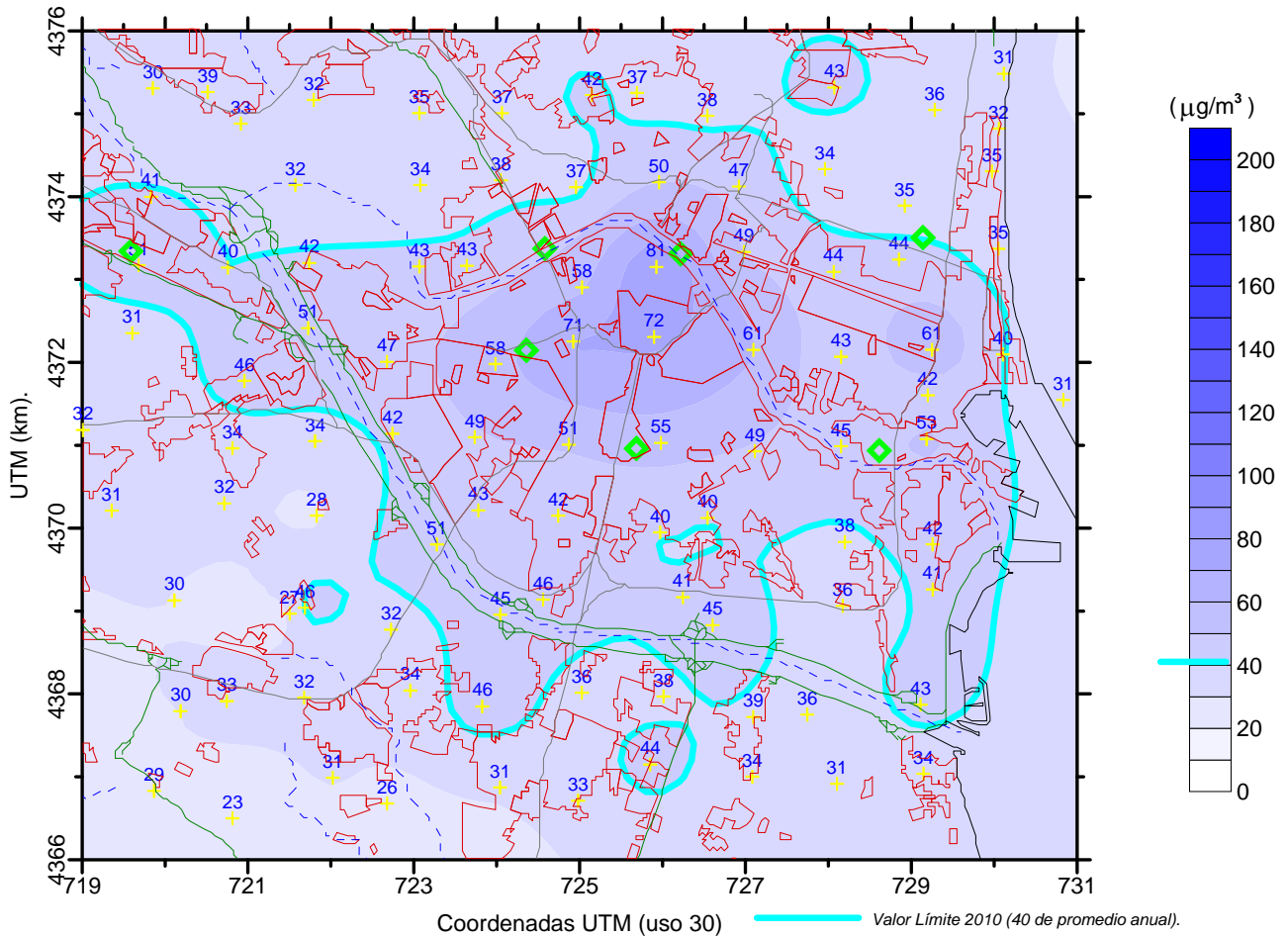


Figura A4: Distribución espacial interpolada en el área de la red de muestreo semirregular de los valores de concentración de NO₂ promediados para toda la base de datos disponible.

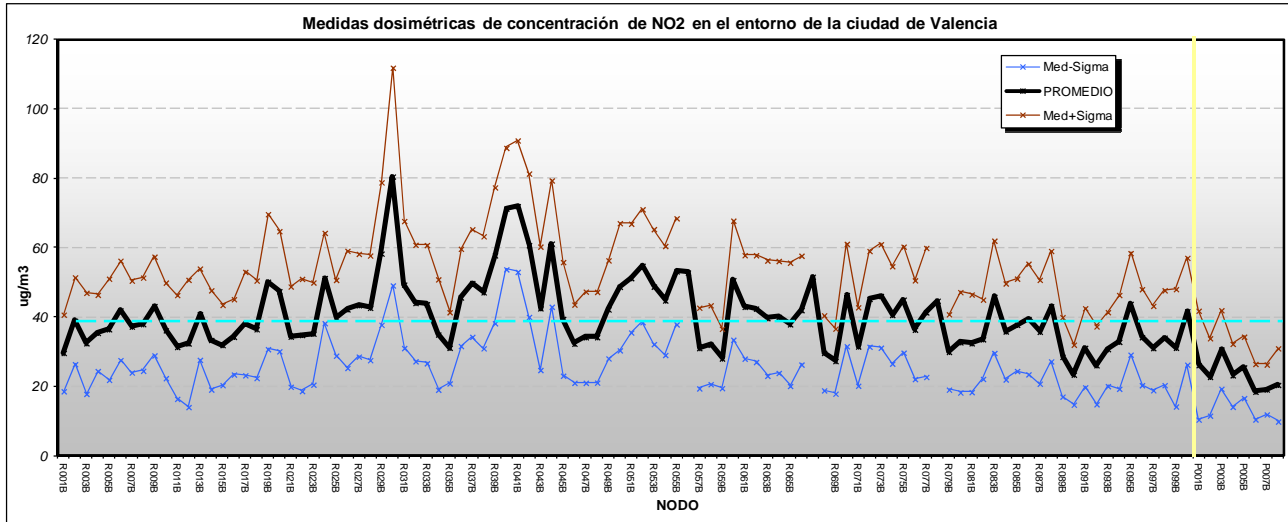


Figura A5: Secuencia de los niveles promedio de NO_2 (\pm una sigma) en cada nodo de las dos redes de muestreo (los periféricos a la derecha del separador vertical) para toda la base de datos disponible.

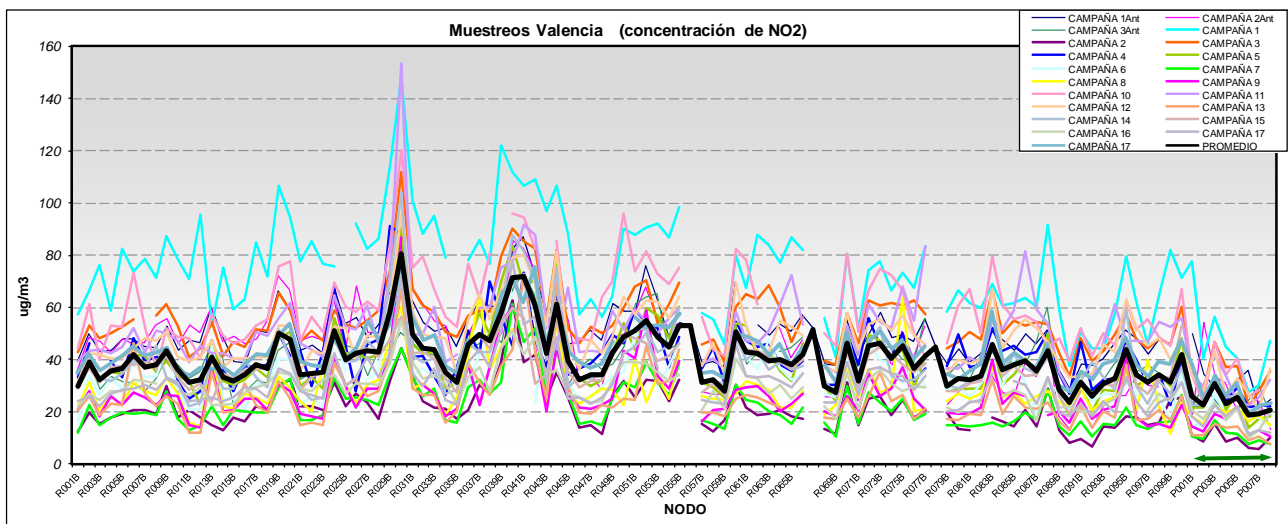


Figura A6: Secuencia de los niveles de NO_2 registrados en cada nodo para la totalidad de las campañas disponibles en las dos redes de muestreo (los periféricos indicados por la flecha horizontal); se resalta en trazo negro grueso el valor medio.



FUNDACIÓN 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 13-20/09 y 15-21/11 de 2016 Versión 0.
