

EVALUACIÓN DE LA RED SESMAF Y CONTAMINACIÓN EN PINARES

MEDICIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN MEDIANTE DOSÍMETROS PASIVOS EN PINARES

AÑO 2014



CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
ADMINISTRACIÓN LOCAL
Y ORDENACIÓN DEL TERRITORIO

Comunidad de Madrid

Dirección General del Medio Ambiente
Sección de Defensa Fitosanitaria



ÍNDICE

	<u>PÁGINA</u>
1. INTRODUCCIÓN	1
2. MATERIAL Y MÉTODOS	6
2.1. Localización	6
2.2. Parámetros fisiográficos	7
2.3. Análisis de O ₃	9
2.4. Análisis de NO ₂	10
2.5. Análisis del agua de deposición	10
2.6. Análisis foliares	12
3. RESULTADOS ANALÍTICOS DE LAS MUESTRAS DE DEPOSICIÓN	13
3.1. Introducción	13
3.2. Tratamiento y conservación de las muestras	13
3.3. Resultados	15
3.3.1. Volumen recogido.....	15
3.3.2. pH	19
3.3.3. Conductividad	23
3.3.4. Cloruros	25
3.3.5. Nitratos	28
3.3.6. Sulfatos	31
4. DAÑOS POR OZONO	43
4.1. Introducción	43
4.2. El ozono troposférico	43
4.3. Efectos del ozono sobre la vegetación	44
4.4. Resultados	45
5. RESULTADOS DE LA RED DE DOSÍMETROS PASIVOS	50
5.1. Niveles de O ₃ en la Comunidad de Madrid	50
5.2. Niveles de NO ₂ en la Comunidad de Madrid	53
5.3. Niveles de contaminantes atmosféricos por muestreos	56
5.3.1. Ozono	56
5.3.2. NO ₂	143
5.4. Niveles de contaminantes atmosféricos por parcelas	159



	<u>PÁGINA</u>
5.4.1. Ozono	159
5.4.2. NO ₂	181
6. RESULTADOS ANALITICOS FOLIARES	201
6.1. Introducción.....	201
6.2. Afección por azufre.....	201
6.3. Toma de muestras y procedimiento analítico.....	201
6.4. Azufre hidrosoluble.....	202
6.5. Azufre total.....	203
6.6. Azufre orgánico.....	203
6.7. Relación azufre hidrosoluble / azufre orgánico.....	204
6.8. Comparación de los resultados con los valores patrón.....	205
7. CONCLUSIONES	223



2. MATERIAL Y MÉTODOS.

2.1. LOCALIZACION.

Los dosímetros pasivos y captadores de recogida de agua de deposición se han repartido por toda la Comunidad de Madrid, sobre todo por la zona más al norte, ya que como se verá en los resultados de los análisis, es donde suele haber mayor concentración de contaminantes. Los criterios que se han considerado han sido los siguientes:

1. Dar preferencia a aquellas zonas que presentaban síntomas de decaimiento.
2. Escoger aquellas masas que por su situación y orientación respecto a los vientos dominantes pudieran verse expuestas con mayor frecuencia a los contaminantes.

3. Huir de aquellos parajes en los que la presencia humana pudiera influir directamente en los resultados obtenidos.
4. Procurar que los puntos se encontraran en lugares de no muy difícil accesibilidad, para de esta forma permitir que las revisiones no se prolongaran excesivamente.
5. Tomar representación de las diferentes zonas de la Comunidad de Madrid
6. Que hubiera cerca un punto de la Red de Seguimiento de Evolución de las Masas Forestales de la Comunidad de Madrid (Red SESMAF)

De acuerdo con estas premisas, y bajo la supervisión de la Sección de Defensa Fitosanitaria, del Servicio de Protección y Gestión de Flora y Fauna, de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, se han colocado diez estaciones de muestreo, diseminadas por los pinares de la Comunidad de Madrid, cuya localización queda reflejada en la figura 2.1.

En la tabla 2.1 aparecen los datos de localización y geográficos de cada una de las estaciones donde se han puesto los dosímetros pasivos y captadores de recogida de agua de deposición, determinadas mediante GPS. De acuerdo con los criterios empleados en la cartografía española, hemos reflejado las coordenadas UTM con los Datum ED50 y ETRS89.

Tabla 2.1. Datos geográficos de las estaciones de muestreo.

ESTACIÓN N°	TÉRMINO MUNICIPAL	ESPECIE	COORDENADAS UTM-HUSO 30				HOJA N° 1:50000
			X-ED50	Y-ED50	X-EIRS89	Y-EIRS89	
021-01	San Lorenzo de El Escorial	<i>Pinus sylvestris</i>	401.090	4.495.384	401.090	4.495.384	533
021-02	Cercedilla	<i>Pinus sylvestris</i>	411.335	4.513.773	411.335	4.513.773	508
021-05	Rascafría	<i>Pinus sylvestris</i>	425.045	4.523.561	424.936	4.523.353	483
021-07	Canencia de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	434.834	4.526.259	434.834	4.526.259	484
021-11	Braojos	<i>Pinus sylvestris</i>	443.515	4.547.275	443.515	4.547.275	458
021-14	Montejo de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	459.044	4.549.235	459.044	4.549.235	459
021-15	Puebla de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	460.126	4.540.100	460.126	4.540.100	459
023-03	Navas del Rey	<i>Pinus pinea</i>	390.069	4.472.814	390.069	4.472.814	557
024-01	Alcalá de Henares	<i>Pinus halepensis</i>	466.399	4.479.010	466.399	4.479.010	560
024-03	Fuentidueña del Tajo	<i>Pinus halepensis</i>	486.939	4.443.190	486.939	4.443.190	607
026-02	Robledo de Chavela	<i>Pinus pinaster</i>	393.632	4.484.931	393.632	4.484.931	532

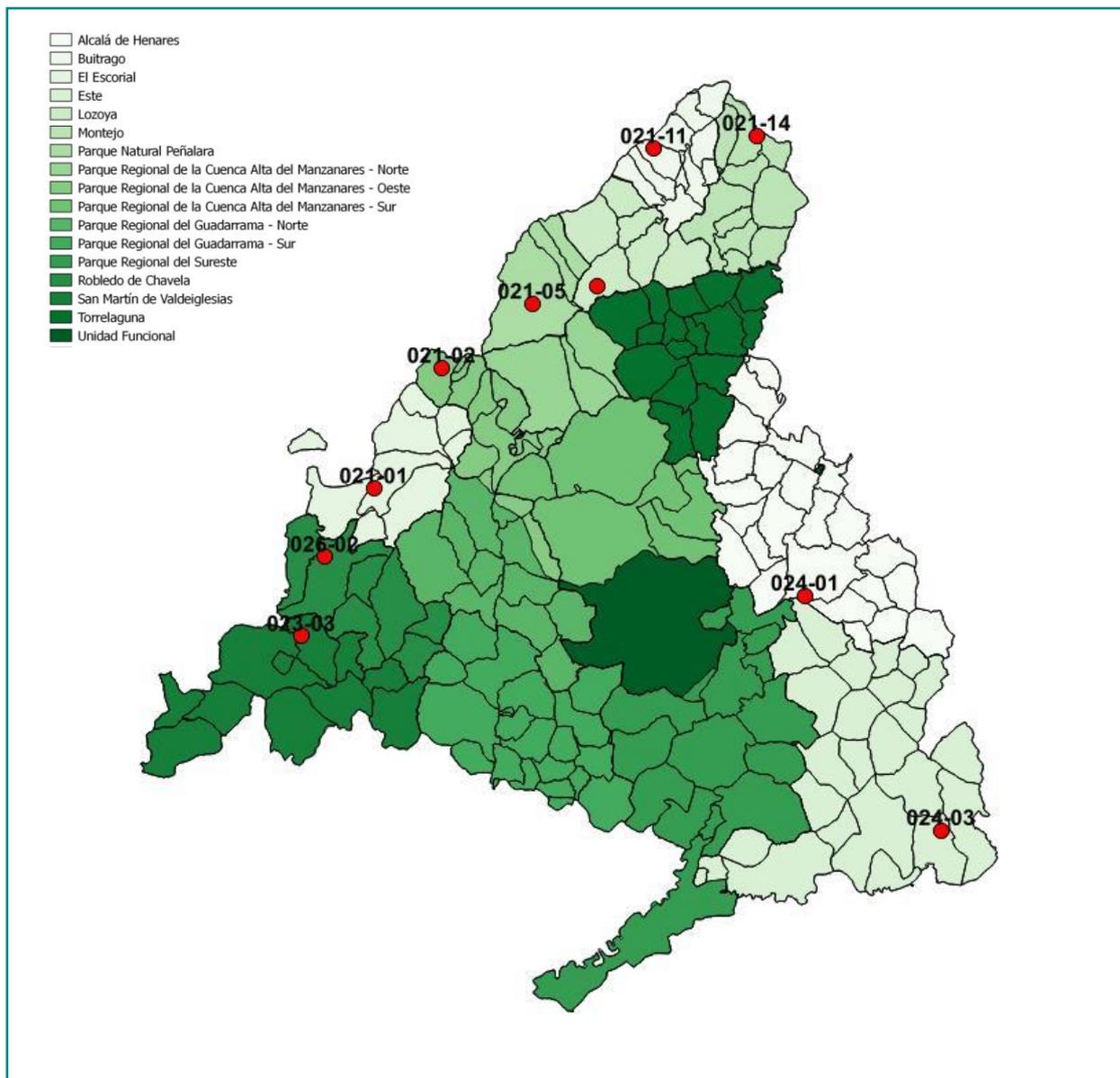


Fig. 2.I. Posición de las estaciones de muestreo.

2.2. PARAMETROS FISIOGRAFICOS.

Los resultados obtenidos aparecen en la tabla 2.II.

Se han considerado los principales parámetros fisiográficos de cada estación de seguimiento.



ESTACIÓN N°	ALTITUD (m)	PENDIENTE %		ORIENTACIÓN	ÍNDICE DE INSOLACIÓN PUNTUAL	ÍNDICE DE INSOLACIÓN GENERAL
		Estación	Ladera			
021-01	1.471	33	33	S	1,26	1,26
021-02	1.675	4	16	S	1,04	1,15
021-05	1.336	4	8	N	0,96	0,94
021-07	1.299	53	68	SE	1,21	1,22
021-11	1.566	49	50	SW	1,21	1,21
021-14	1.362	58	58	N	0,36	0,36
023-03	854	22	27	SW	1,13	1,15
024-01	715	7	37	N	0,93	0,59
024-03	628	27	45	NE	0,78	0,63
026-02	852	20	50	N	0,78	0,41

Tabla 2.II. Parámetros fisiográficos de las estaciones de muestreo.

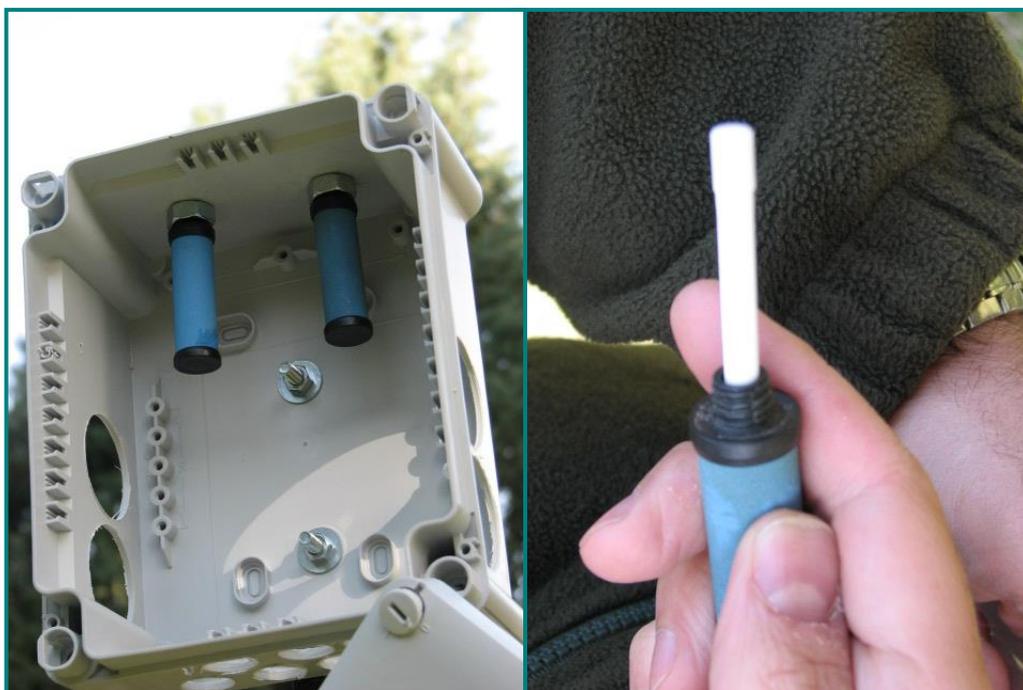


Figura 2.II. Carcasa soporte de dosímetros pasivos y dosímetro dentro del cuerpo difusor (azul).

Las principales características de los puntos de muestreo se describen a continuación:

- **021-01 San Lorenzo de El Escorial:** Punto muy transitado tanto por vehículos como por excursionistas. Está situado en las inmediaciones de una carretera, en el ascenso al Puerto de Malagón.
- **021-02 Cercedilla:** Muy transitado por excursionistas. Los únicos vehículos que circulan son los pertenecientes a la guardería forestal. Situado en las inmediaciones del Reloj de Cela.
- **021-05 Rascafría:** Punto situado a unos 300 m al sur de la base de incendios, próximo a uno de los aparcamientos y visible desde la carretera de acceso al Monumento al Guarda Forestal. Afluencia considerable de público.
- **021-07 Canencia de la Sierra:** Situado al borde de una carretera bastante transitada, en el camino de acceso de Canencia al Puerto del mismo nombre.
- **021-11 Braojos:** Ubicación poco transitada, tanto por vehículos (los de la guardería forestal y alguno privado),



como por excursionistas.

- **021-14 Montejo de la Sierra:** Zona transitada por paseantes. Hay una cancela que impide el tráfico rodado, salvo los de los servicios forestales. Situado en las inmediaciones del Puerto del Cardoso.
- **023-03 Navas del Rey:** Zona poco transitada, tanto por excursionistas como por vehículos.
- **024-01 Alcalá de Henares:** Punto poco transitado por el que solo circulan los coches de la guardería forestal, en el interior de un monte público cerrado con una cancela.
- **024-03 Fuentidueña de Tajo:** Localización poco transitada. Solo pasan vehículos de la guardería forestal y esporádicamente algún coche privado. Situado en un monte cerrado con una cancela.
- **026-02 Robledo de Chavela:** Situado al lado

de una carretera con bastante tráfico.

Para realizar este estudio se han empleado captadores pasivos y captadores de recogida de agua de deposición, que presentan diversas ventajas frente a los monitores automáticos. Los captadores pasivos y captadores de recogida de agua de deposición son más baratos, de empleo y transporte más sencillos, y no requieren electricidad; características que los convierten en el método más adecuado para medir la calidad del aire en amplias extensiones geográficas.

Con objeto de proteger a los dosímetros de las malas condiciones meteorológicas y de una insolación excesiva, éstos se han colocado en el interior de carcasas de protección perforadas para la circulación de aire y cerradas para evitar su manipulación por personal ajeno a los trabajos. (Fig. 2.III).



Figura 2.III. Carcasa de protección de los dosímetros pasivos y agujeros para la circulación del aire..

El periodo de estudio se ha extendido durante los meses de marzo a noviembre de 2014, exponiendo los captadores durante 18 muestreos de periodicidad quincenal. Una vez transcurrido este periodo, los captadores son retirados y trasladados al laboratorio en nevera para su análisis.

Con el conjunto de los datos se han desarrollado mapas de contornos para ilustrar la distribución espacial de los contaminantes, utilizando para ello programas SIG

2.3. ANALISIS DE O₃.

Los captadores de ozono utilizados están constituidos por un tubo de polietileno relleno con silica gel impregnado en 4,4'-dipiridiletieno. Durante el periodo de exposición tiene lugar la ozonólisis de dicho compuesto, que se convierte en 4-piridilaldehído (Fig. 2.IV). La presencia de agua (necesaria en la reacción) en el silica gel asegura la completa ozonólisis.

Una vez en el laboratorio, el 4-piridilaldehído es condensado con 3-metil-2-benzotiazolinona hidrazona (MBTH) para producir un compuesto de color amarillo (Fig. 2.IV). La

absorbancia de la solución obtenida se mide a 430 nm mediante espectroscopía ultravioleta-visible.

Finalmente, se calcula la concentración media de O₃ para todo el periodo de exposición según la ecuación:

$$C[\mu\text{g} \cdot \text{m}^{-3}] = \frac{m[\mu\text{g}]}{24.6 \cdot t[\text{min}]}$$

donde **m** es la masa de O₃ y **t** es el tiempo de exposición.

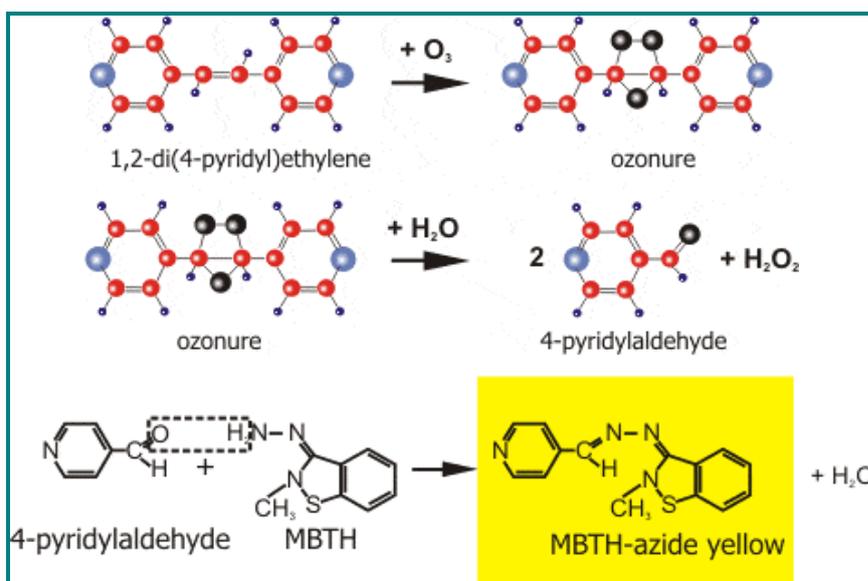


Figura 2.IV. Reacciones involucradas en la determinación de O₃.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental (LICA), perteneciente al Departamento de Química y Edafología de la Universidad de Navarra, dirigidos por el Dr. Jesus Miguel Santamaría.

siendo **m** la masa de nitrato, **t** el tiempo de exposición y **Q** la tasa de muestreo.

2.4. ANALISIS DE NO₂.

Para la determinación de NO₂ se ha utilizado un captador microporoso de polietileno impregnado de trietanolamina (TEA), sobre el cual es adsorbido químicamente el dióxido de nitrógeno, presente en el aire, en forma de nitrato. En el laboratorio se extrae el nitrato con agua ultrapura y se hace reaccionar con sulfanilamida, obteniéndose un compuesto diazónico que, a su vez, se compleja con NEDA, formándose un compuesto morado que posteriormente es cuantificado a 537 nm mediante espectroscopía ultravioleta-visible.

La concentración de NO₂ se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$C(\text{ppb}) = \frac{m(\text{ng})}{Q \cdot t(\text{min})}$$

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental (LICA), perteneciente al Departamento de Química y Edafología de la Universidad de Navarra, dirigidos por el Dr. Jesus Miguel Santamaría.

2.5. ANÁLISIS DEL AGUA DE DEPOSICIÓN.

Los métodos analíticos empleados en el **análisis de las muestras de agua de deposición** son los siguientes:

Determinación del pH

Potenciométricamente con pH-metro (Thermo Orion 4-Star plus) con sonda de temperatura. Análisis en los tres días posteriores a la entrada de muestra en el laboratorio, de acuerdo con sus procedimientos de control de calidad. Pretratamiento con filtrado de membrana de 0,45 μm

Determinación de la Conductividad

Potenciométricamente con conductímetro (Thermo Orion



4-Star plus). Análisis en los tres días posteriores a la entrada de muestra en el laboratorio, de acuerdo con sus procedimientos de control de calidad. Pretratamiento con filtrado de membrana de 0,45 μm y medición a 25°C estándar

Medida del Volumen

Por pesada con un granatario de precisión 0,00 g (Gibertini mod. Europe 1700).

Determinación de la concentración de nitratos,

cloruros y sulfatos

Mediante la técnica de cromática iónica, con supresión química de eluentes. Se empleó un cromatógrafo de iones. DIONEX ICS-2000 con columna separadora de aniones. Pretratamiento con filtrado de membrana de 0,45 μm

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental (LICA), perteneciente al Departamento de Química y Edafología de la Universidad de Navarra, dirigidos por el Dr. David Elustondo.



Figura 2.V. Detalle de un captador de recogida de agua de deposición.

2.6. ANÁLISIS FOLIARES.

Para la realización de los **análisis foliares** se tomaron varios ramillos del tercio superior de la copa de cada uno de los árboles evaluados. En cada uno de los ramillos se separaron los crecimientos o metidas del año en curso y los del año anterior; pues las concentraciones de un contaminante en hojas depende de su tiempo de exposición al mismo.

Antes de la realización de los análisis se procedió a la preparación de las muestras foliares. Para ello se separaron las hojas y acículas de los ramillos y, sin lavarlas, se secaron en estufa a 70°C durante 24 horas. Posteriormente se trituraron e introdujeron en frascos de plástico para su conservación hasta el momento de los análisis.

Azufre hidrosoluble

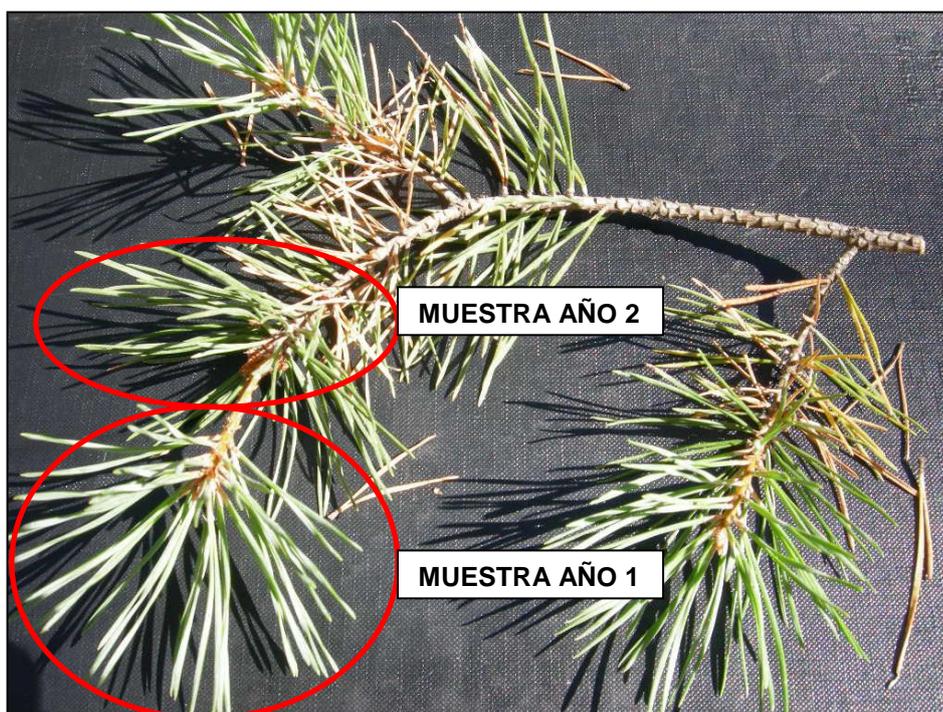
- Extracción del azufre hidrosoluble por agitación continua durante 30 minutos con agua destilada.
- Filtración del extracto y determinación de los sulfatos mediante cromatografía iónica, previa purificación en Sep-Pack c-18.
 - Columna ICPACK-aniónica.
 - Fase móvil borato-gluconato pH: 8,5.
 - Detector de conductividad.

Azufre total

- Determinación automática en celda de infrarrojos con espectroscopio de emisión atómica ICP-MS Agilent 7500, previa preparación con digestor de microondas HNO₃.

La determinación del azufre total se basa en la absorción IR por el SO₂. La muestra se quema en un tubo de combustión operando a una temperatura de 1400°C en corriente de O₂ que oxida el S a SO₂. La humedad y las partículas son retenidas por perclorato de magnesio antes de pasar a un detector. Este sensor recibe una intensidad de radiación proporcional a la cantidad de SO₂. El equipo se calibra diariamente con un estándar de carbón cuyo contenido en azufre es de 0,58%±0,03. Las medidas se controlan con una muestra certificada por el CBR (*Community Bureau of Reference* de la Comisión de la Unión Europea) de *Picea abies*. La muestra de referencia es la CRM-101 cuyo contenido certificado es del 0,17%.

Los análisis se realizaron en el Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental (LICA), perteneciente al Departamento de Química y Edafología de la Universidad de Navarra, dirigidos por el Dr. David Elustondo.





3. RESULTADOS ANALÍTICOS DE LAS MUESTRAS DE DEPOSICIÓN.

3.1. INTRODUCCIÓN.

Para el estudio de los parámetros que indican el nivel de contaminación atmosférica se colocaron once captadores de agua de lluvia en los emplazamientos indicados en la Figura 3.1. Estos lugares se encuentran cerca de las estaciones de seguimiento lo más escondidos al público que es posible, para evitar alteraciones debidas a la curiosidad o vandalismo. Los captadores o acumuladores se encuentran situados bajo el dosel arbóreo para recoger el agua de lluvia una vez haya "lavado" el follaje, donde

quedan depositados los contaminantes arrastrados por el viento. Las características de estos captadores de agua se adaptan a la normativa europea.

3.2. TRATAMIENTO Y CONSERVACIÓN DE LAS MUESTRAS.

El protocolo seguido para el tratamiento y conservación de las muestras es el siguiente:

Las muestras, una vez registradas, se trasvasan a botes de polietileno y son pesadas para la medida del volumen de muestra.

En estas muestras sin tratamiento previo se mide el pH y la conductividad.

Una vez realizadas estas dos mediciones, las muestras se filtran al vacío con filtros de membrana de 0,45 μm de diámetro de poro.

Una vez filtradas, las muestras se conservan en nevera a una temperatura inferior a 5 °C para su posterior análisis.

Los análisis se llevan a cabo en un plazo de 15 días a contar desde la fecha de recepción en el laboratorio de referencia.

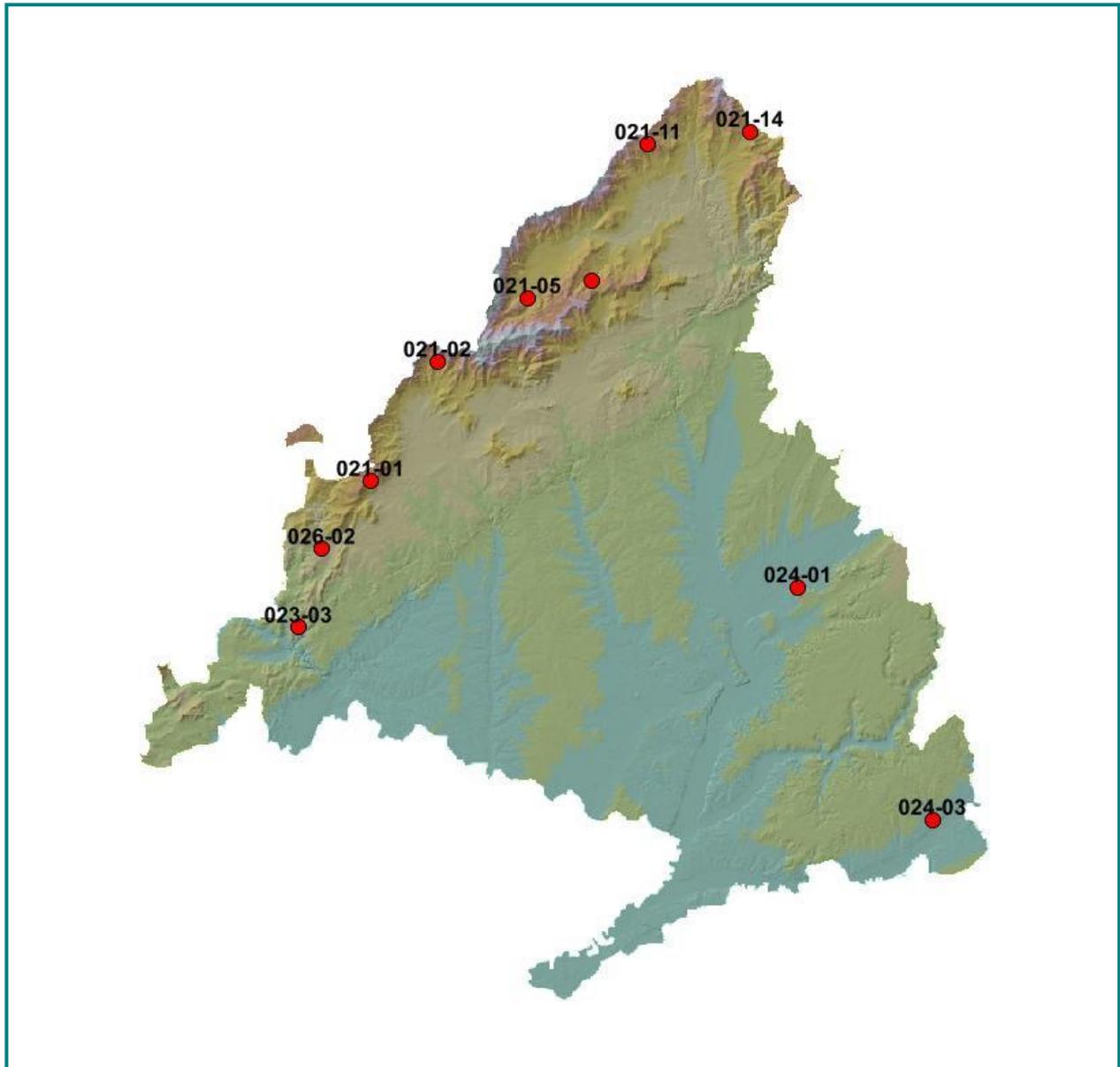


Figura 3.I. Situación de las estaciones de muestreo de deposición.



3.3. RESULTADOS.

Durante 2.014 se realizaron 18 visitas a los puntos de

muestreo de agua, recogiéndose muestra en ellos (véase Tabla 3.I), encontrándose en las muestras recogidas diversas partículas en suspensión y restos vegetales en los filtros de los embudos superiores de los acumuladores.

Tabla 3.I. Fechas de recogida de muestras de deposición.

Nº Viaje	Fecha	Observaciones
1	05 a 07/03/14	Se instalan los captadores. No se recoge muestra
2	18 a 20/03/14	No se recoge muestra
3	01 a 02/04/14	Se recoge muestra en 9 estaciones (90% del total)
4	22 a 23/04/14	Se recoge muestra en 10 estaciones (100% del total)
5	06 a 08/05/14	Se recoge muestra en 8 estaciones (80% del total)
6	22 a 25/05/14	Se recoge muestra en 10 estaciones (100% del total)
7	03 a 06/06/14	Se recoge muestra en 6 estaciones (60% del total)
8	16 a 17/06/14	Se recoge muestra en 3 estaciones (30% del total)
9	01 a 02/07/14	Se recoge muestra en 8 estación (80% del total)
10	18 a 22/07/14	Se recoge muestra en 10 estaciones (100% del total)
11	05 a 06/08/14	No se recoge muestra
12	20 a 21/08/14	Se recoge muestra en 5 estaciones (50% del total)
13	03 a 04/09/14	Se recoge muestra en 1 estación (10% del total)
14	23 a 24/09/14	Se recoge muestra en 10 estaciones (100% del total)
15	07 a 09/10/14	Se recoge muestra en 9 estaciones (90% del total)
16	22 a 23/10/14	Se recoge muestra en 10 estaciones (100% del total)
17	05 a 07/11/14	Se recoge muestra en 10 estaciones (100% del total)

En la Tabla 3.VIII adjunta al final del presente epígrafe se recogen los resultados de los análisis anteriormente citados, agrupándolos según fechas. También se adjuntan

varias gráficas, con los datos obtenidos en cada estación y su evolución a lo largo de la campaña de recogida.

3.3.1. VOLUMEN RECOGIDO.

Primera mente se ha considerado interesante incluir el volumen medio recogido en cada captador como indicador de la precipitación habida en cada parcela, junto

con el porcentaje del total de muestreos en los que se ha recogido muestra, como índice de la sequía de cada estación.

TABLA 3.II: Volumen recogido en las estaciones

ESTACION	2014		
	%	V.m	V.max
021-01 El Escorial	68,8	398,25	1.390
021-02 Cercedilla	75,0	691,44	2.390
021-05 Rascafria	68,8	360,44	1.585
021-07 Canencia	62,5	323,87	965
021-11 Braojos	81,3	565,60	1.600



ESTACION	2014		
	%	V.m	V.max
021-14 Montejo	68,8	434,13	1.550
023-03 Navas del Rey	62,5	325,69	1.935
024-01 Alcala de Henares	62,5	234,19	750
024-03 Fuentidueña	43,8	110,00	485
026-02 Robledo de Chavela	62,5	474,38	1.525

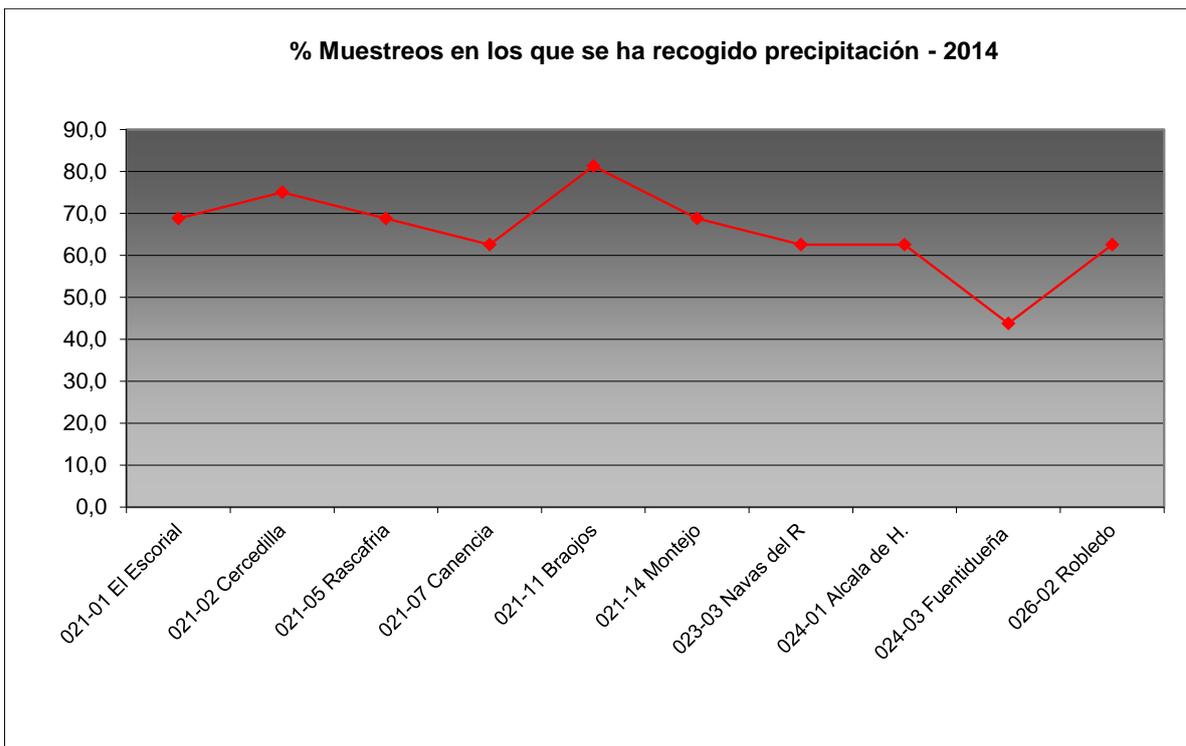


Figura 3.II. Porcentaje de muestréos en los que se ha recogido precipitación.

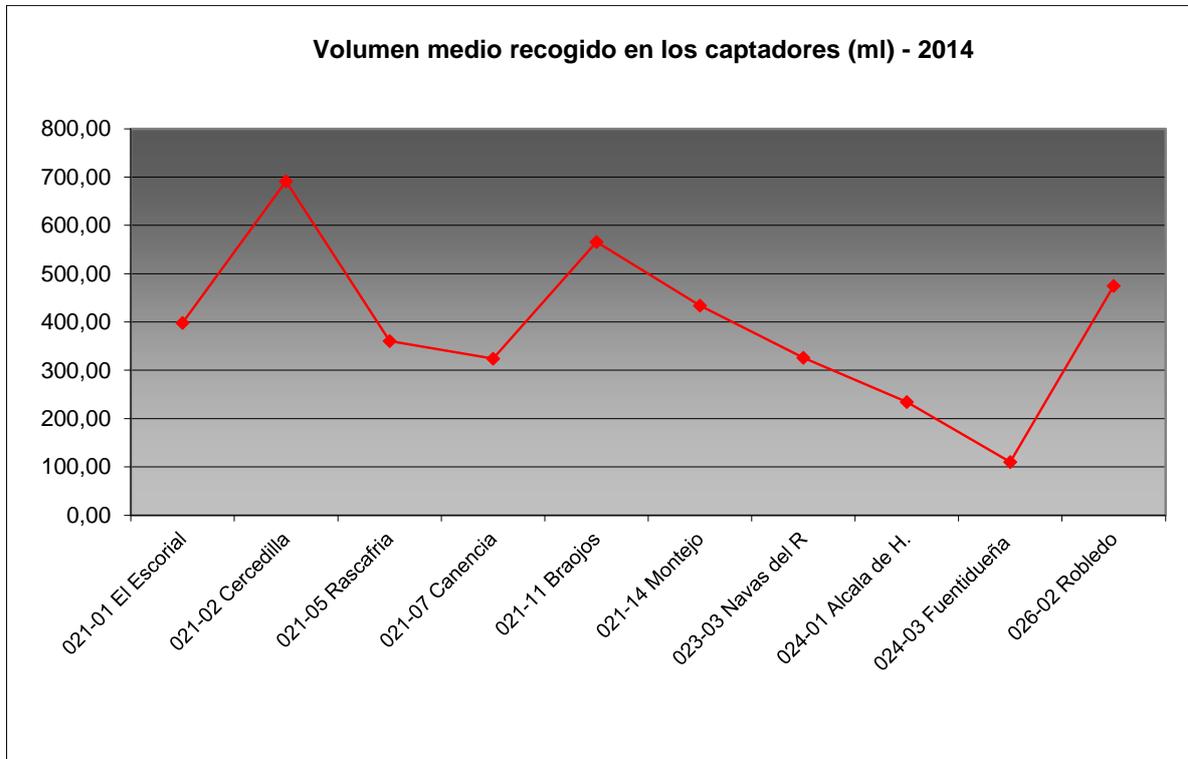


Figura 3.III. Volumen medio recogido en los captadores

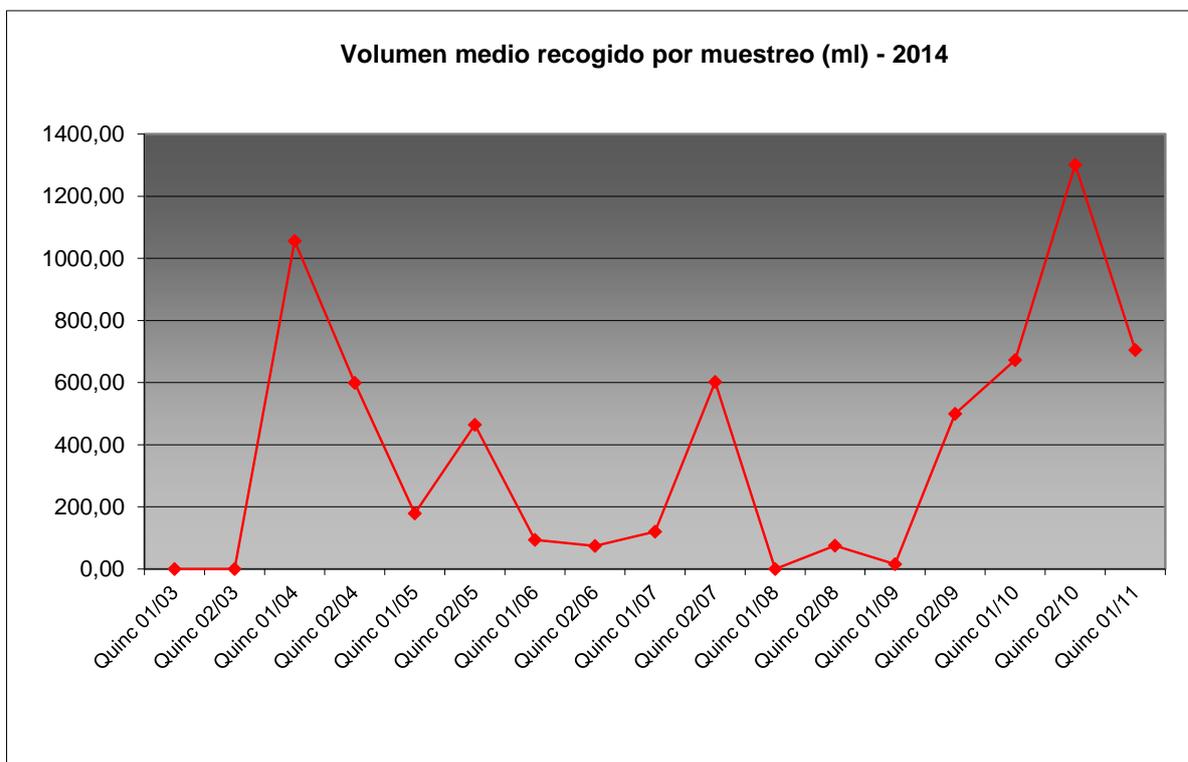


Figura 3.IV. Volumen medio recogido por muestreo.

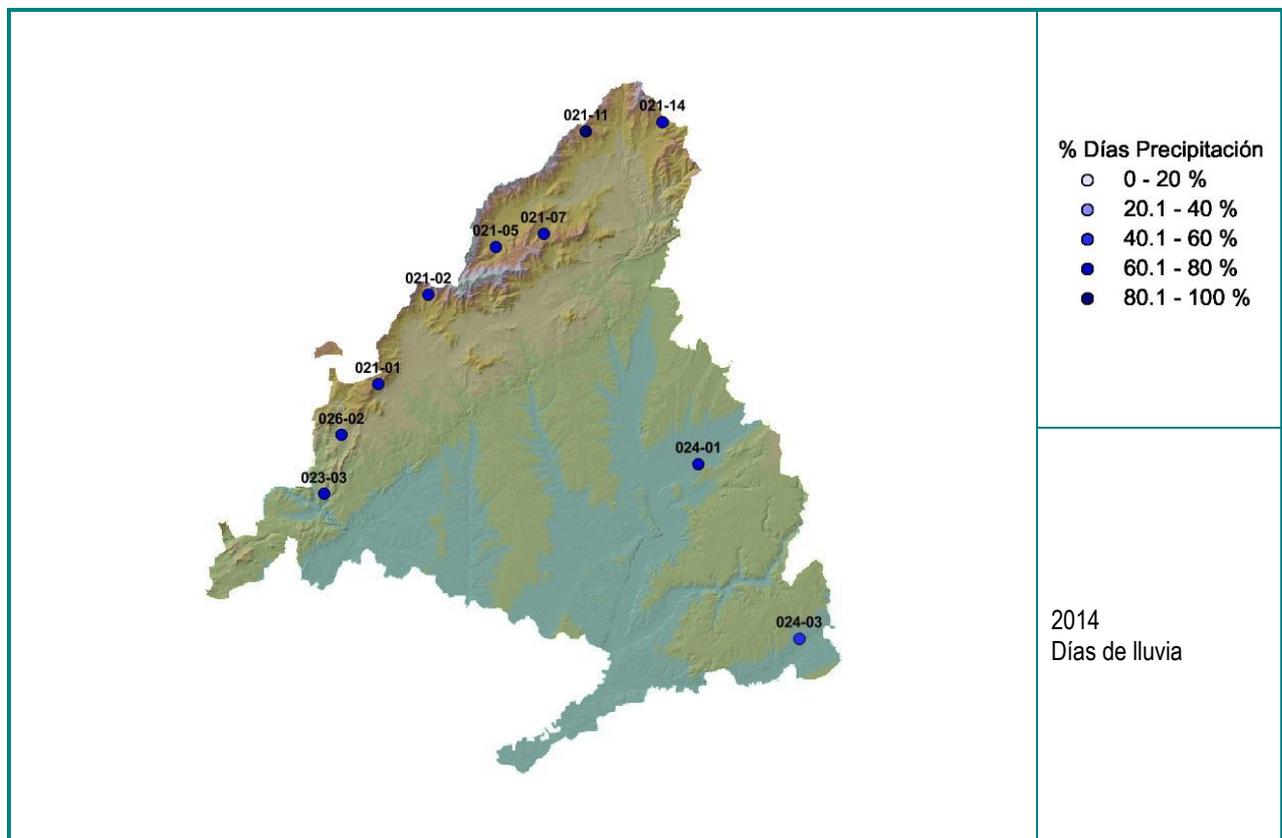


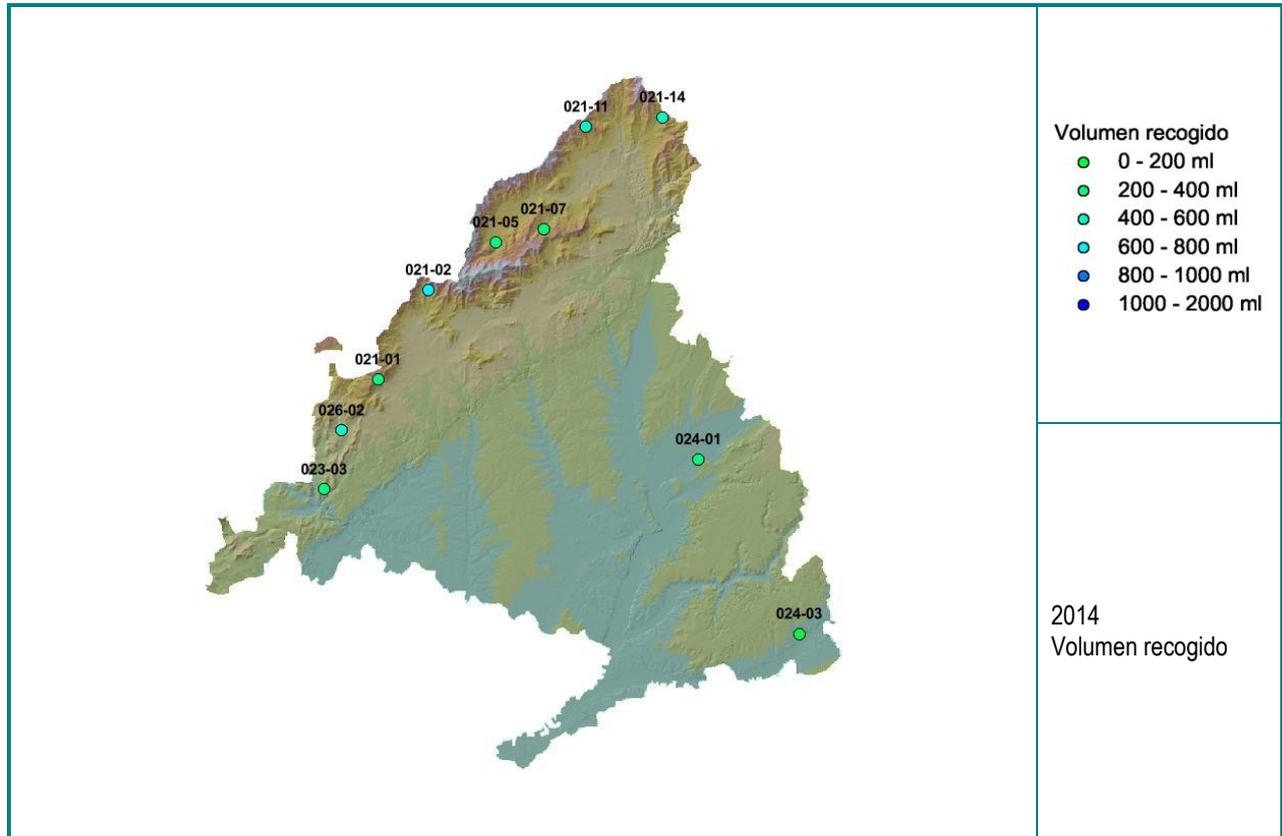
En cuanto a la distribución de precipitaciones, se advierte en primer lugar que Fuentidueña de Tajo es la estación en la que menos veces ha llovido, recogiendo muestra en el 40% de los viajes, en contraposición con Braojos, donde se ha tomado en más del 80% de los muestreos.

Cercedilla, Braojos y Robledo son las estaciones en las que se han registrado las mayores precipitaciones, mientras que en el cuadrante SE (Alcalá de Henares y Fuentidueña

de Tajo) se han obtenido los menores volúmenes, como ya ocurriera en años anteriores.

Se advierten además tres periodos de sequía muy marcados, en los meses de marzo, junio y agosto donde apenas se han registrado precipitaciones en unas pocas estaciones.





3.3.2. PH.

En lo referente a los valores de pH de las series observadas se encuentra en primer lugar que los valores predominantes son bajos, por lo general menores de 7, oscilando entre el valor mínimo de 4,3 en Rascafría a comienzos de julio y el valor de 7,4 obtenido en Navas del Rey a mediados del mismo mes.

Atendiendo a su distribución temporal se observa que los valores más ácidos de la serie se obtienen de mediados de septiembre a comienzos de noviembre, cuando todas las estaciones (a excepción de las del arco sureste –Alcalá y Fuentidueña y suroeste –Robledo de Chavela y Navas del Rey) se situaron con valores de pH inferiores al límite de 5,65 que marca la presencia de “lluvia ácida” (Erisman, J.W., y Draaijers, G.P.J., 1995), de las precipitaciones dentro de valores de lluvia ácida. Es muy frecuente esta acidificación de la serie a finales de

año, coincidiendo con el momento de puesta en funcionamiento de las calefacciones domésticas.

Canencia de la Sierra, Cercedilla y Brajos destacan además por ser las estaciones en las que la precipitación es más ácida, con cerca del 50% de las muestras recogidas por debajo del mencionado umbral, mientras que en Fuentidueña y Alcalá las precipitaciones se situaron por encima de este umbral en prácticamente todos los muestreos efectuados, siguiendo una tónica ya observada en años anteriores y que configura dos áreas diferenciadas en la Comunidad de Madrid.

Cabe destacar asimismo que más del 70% de las muestras obtenidas están fuera del marco de referencia del RTSAP-2003.



TABLA 3.III: pH en las estaciones

ESTACION	2014		
	%	pH.m	Min
021-01 El Escorial	27,27	6,06	5,03
021-02 Cercedilla	41,67	5,95	4,93
021-05 Rascafría	27,27	5,78	4,32
021-07 Canencia	45,45	6,00	5,00
021-11 Braojos	50,00	5,97	4,75
021-14 Montejo	27,27	6,00	5,00
023-03 Navas del R.	30,00	6,25	4,87
024-01 Alcala de H.	0,00	6,42	5,59
024-03 Fuentidueña	12,50	6,16	5,67
026-02 Robledo	20,00	6,01	4,94

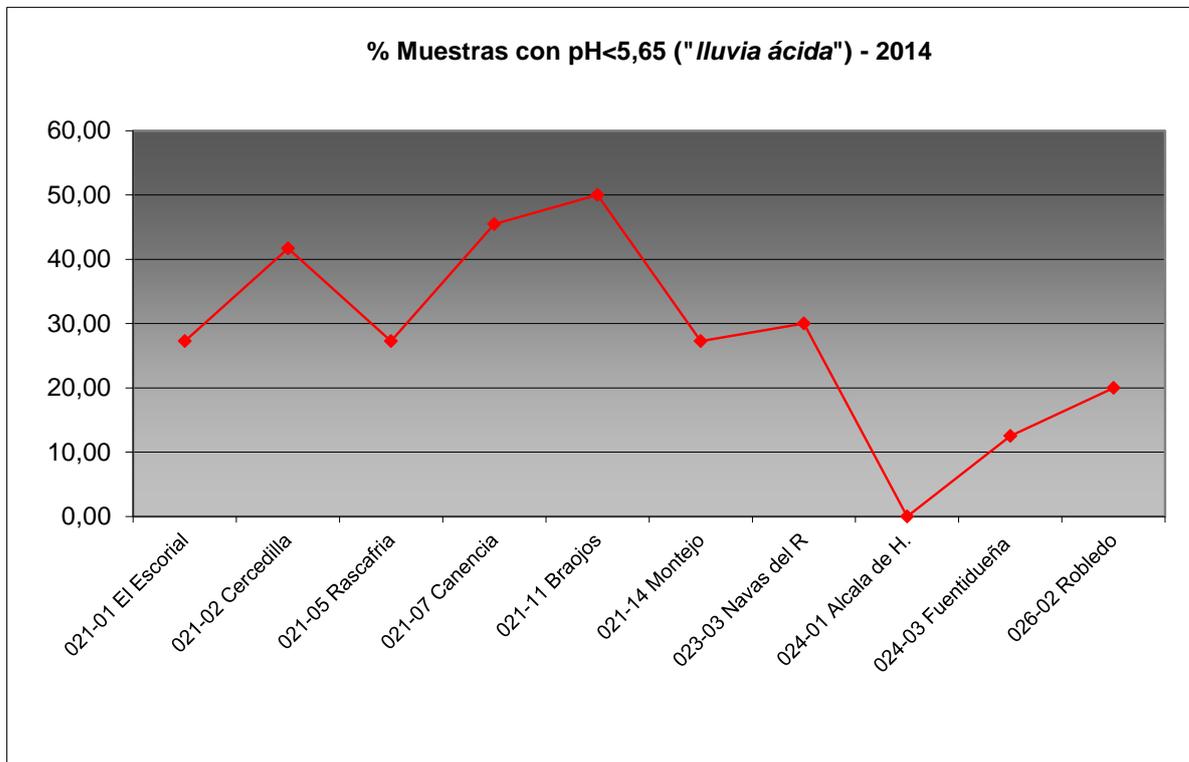


Figura 3.V. Porcentaje de muestras recogidas en las que el pH es inferior a 5,65 (lluvia ácida)

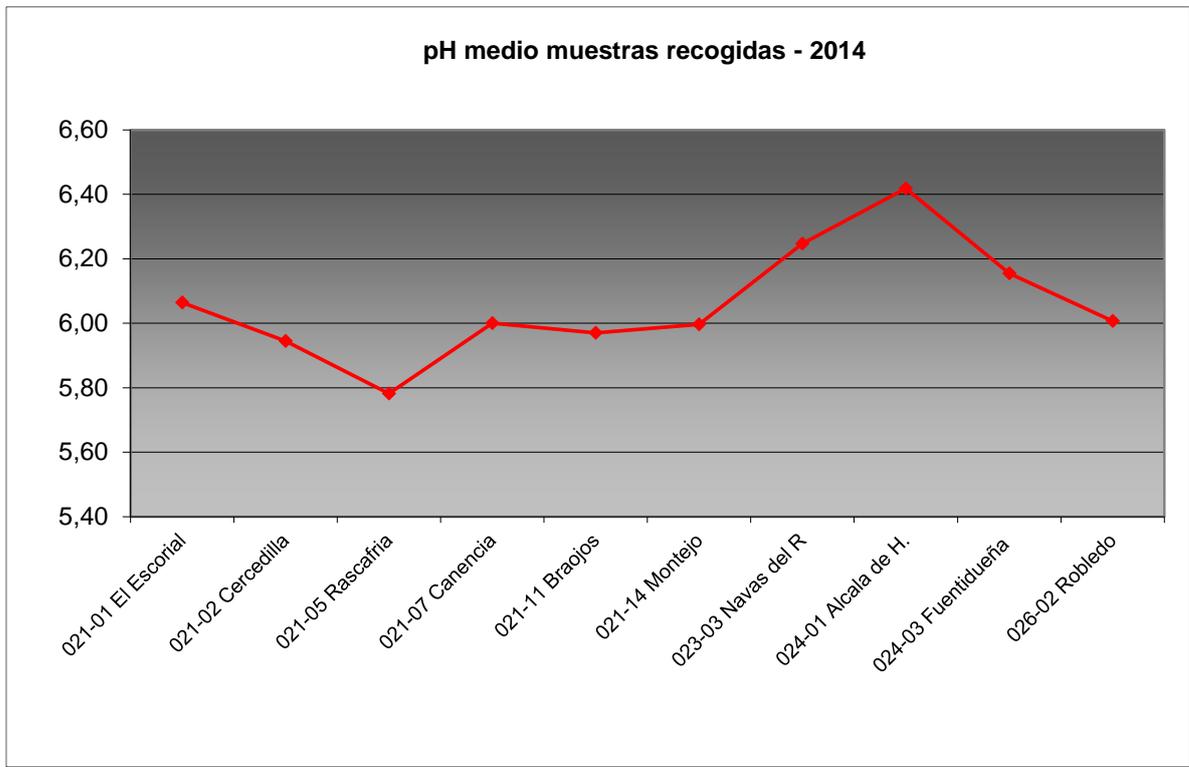


Figura 3.VI. pH medio de las muestras recogidas por estación.

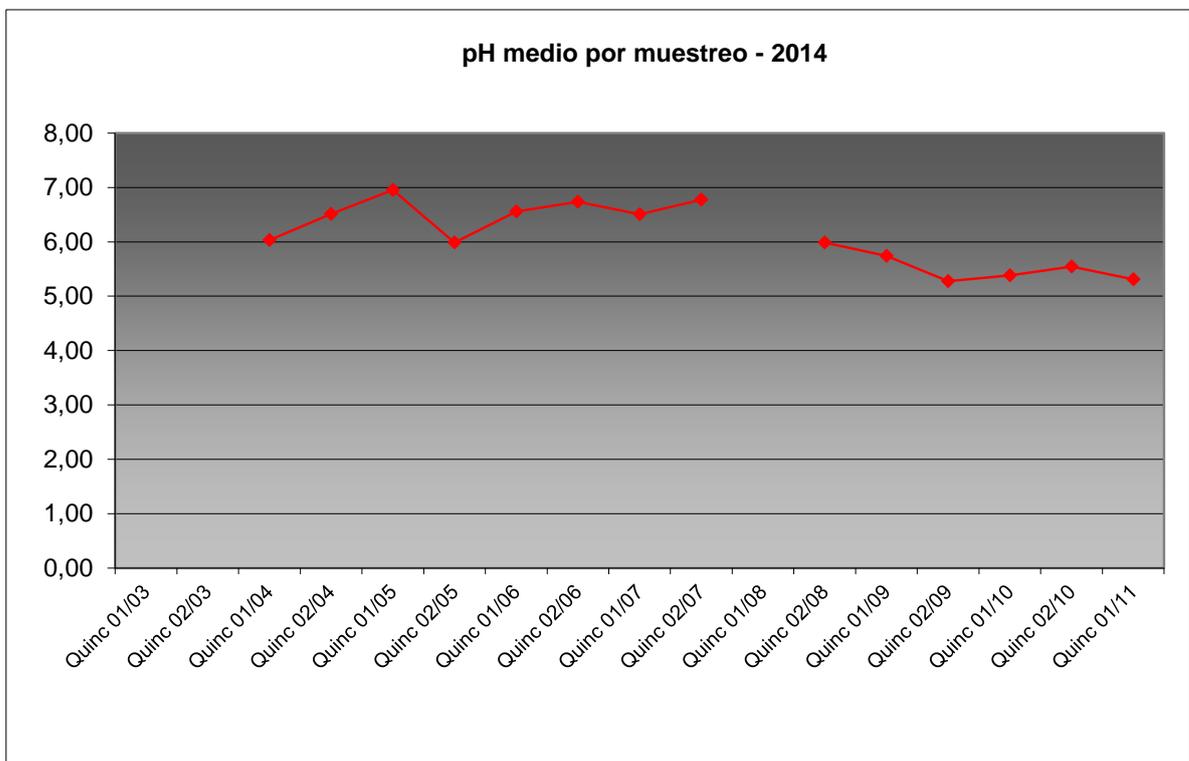
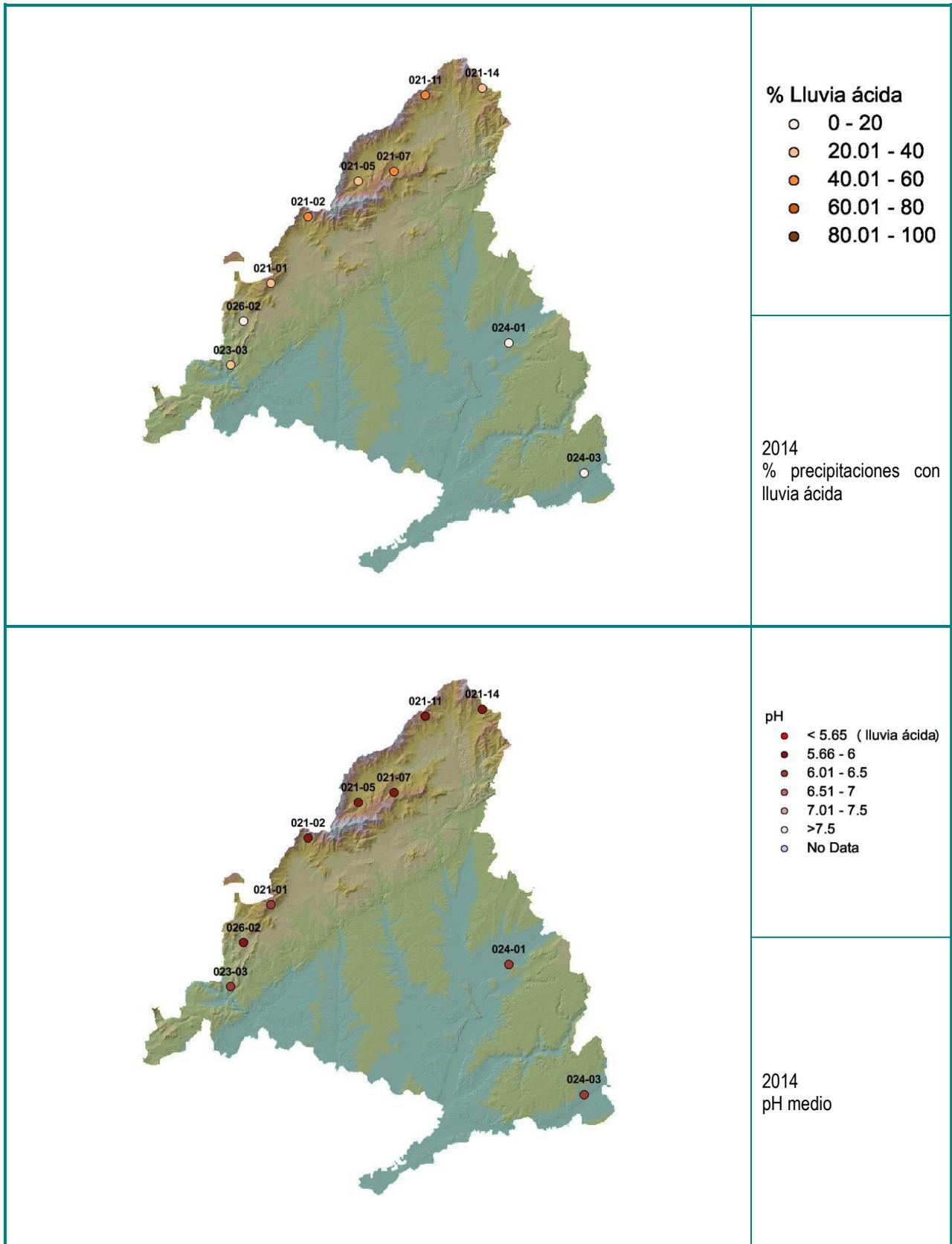


Figura 3.VII. pH medio por muestreo.





3.3.3. CONDUCTIVIDAD.

Este parámetro indica el nivel de minerales disueltos que contiene el agua, pudiéndose considerar de esta forma un agua "limpia" o de buena calidad aquella cuya conductividad sea baja. El valor promedio de las muestras analizadas durante la presente campaña se situó en 116 $\mu\text{S/cm}$, situándose los extremos entre 6 $\mu\text{S/cm}$ en El Escorial a mediados de octubre y 359 $\mu\text{S/cm}$ en Robledo de Chavela a comienzos de abril.

En cuanto al comportamiento de la serie anual de datos, los valores mayores se han registrado entre mediados de Por estaciones y a lo largo de toda la campaña, los valores mayores se han registrado en las estaciones de Alcalá de Henares, Fuentidueña de Tajo y Rascafría y los menores en El Escorial, Braojos y Montejo.

agosto y mediados de septiembre, posiblemente relacionados con la escasez de precipitaciones durante este periodo, de tal forma que la precipitación post sequía arrastra una buena cantidad de solutos provenientes de la deposición seca (aquella que se deposita y no es arrastrada por el agua), comportamiento que si bien de forma más atenuada se ha repetido tras los episodios de sequía de marzo y junio. Los menores valores se han registrado, por el contrario, a lo largo del mes de octubre .

En cuanto al parámetro conductividad, todas las muestras analizadas se encuentran dentro de los valores marco del RTSAP-2003.

ESTACION	2014		
	Media	Max	Min
021-01 El Escorial	60,00	148	6
021-02 Cercedilla	106,17	304	9
021-05 Rascafría	131,18	281	37
021-07 Canencia	100,55	207	25
021-11 Braojos	81,50	195	17
021-14 Montejo	81,45	187	13
023-03 Navas del R	117,70	197	28
024-01 Alcalá de H.	174,80	275	50
024-03 Fuentidueña	141,50	269	24
026-02 Robledo	79,10	359	19

TABLA 3.IV: Conductividad en las estaciones

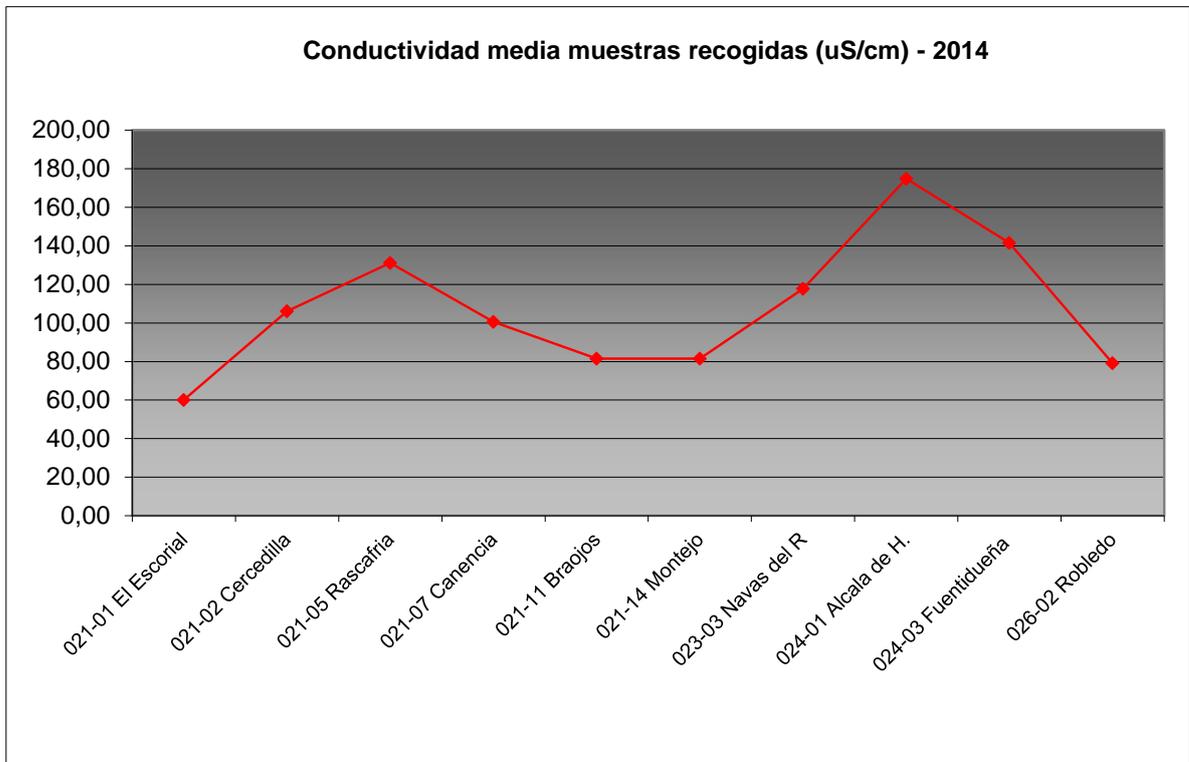


Figura 3.VIII. Conductividad media de las muestras recogidas por estación.

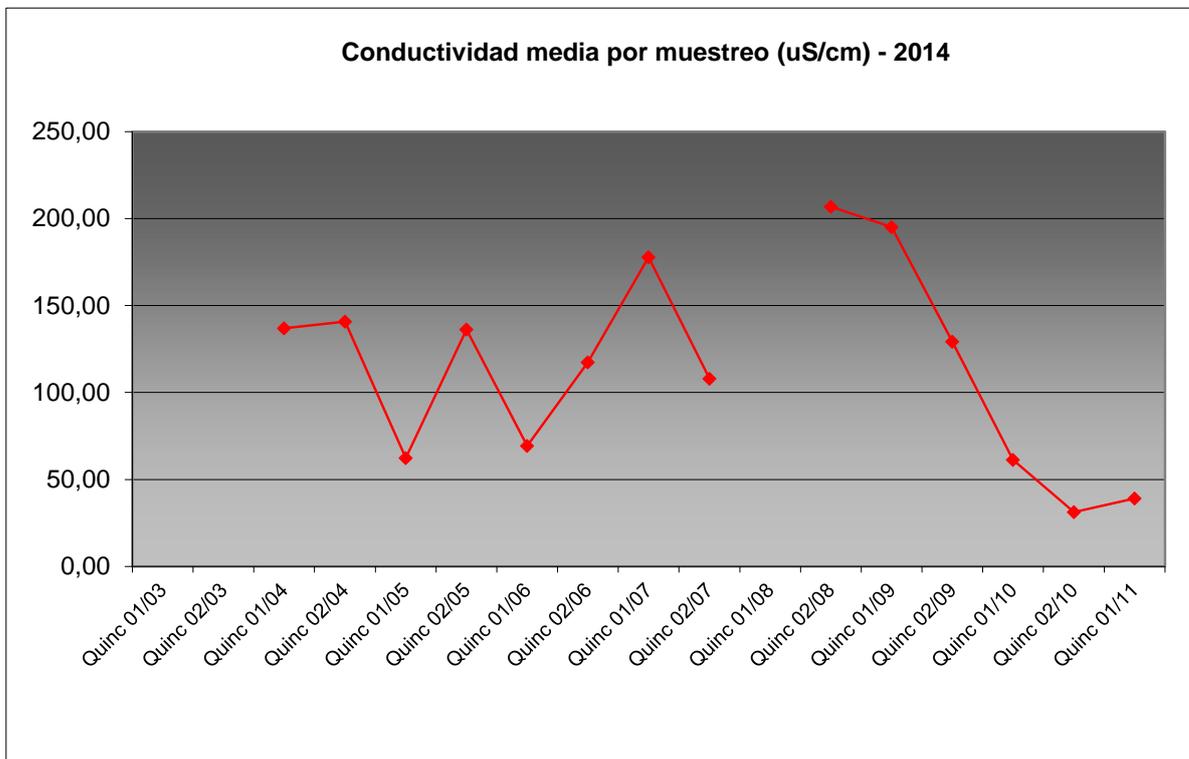
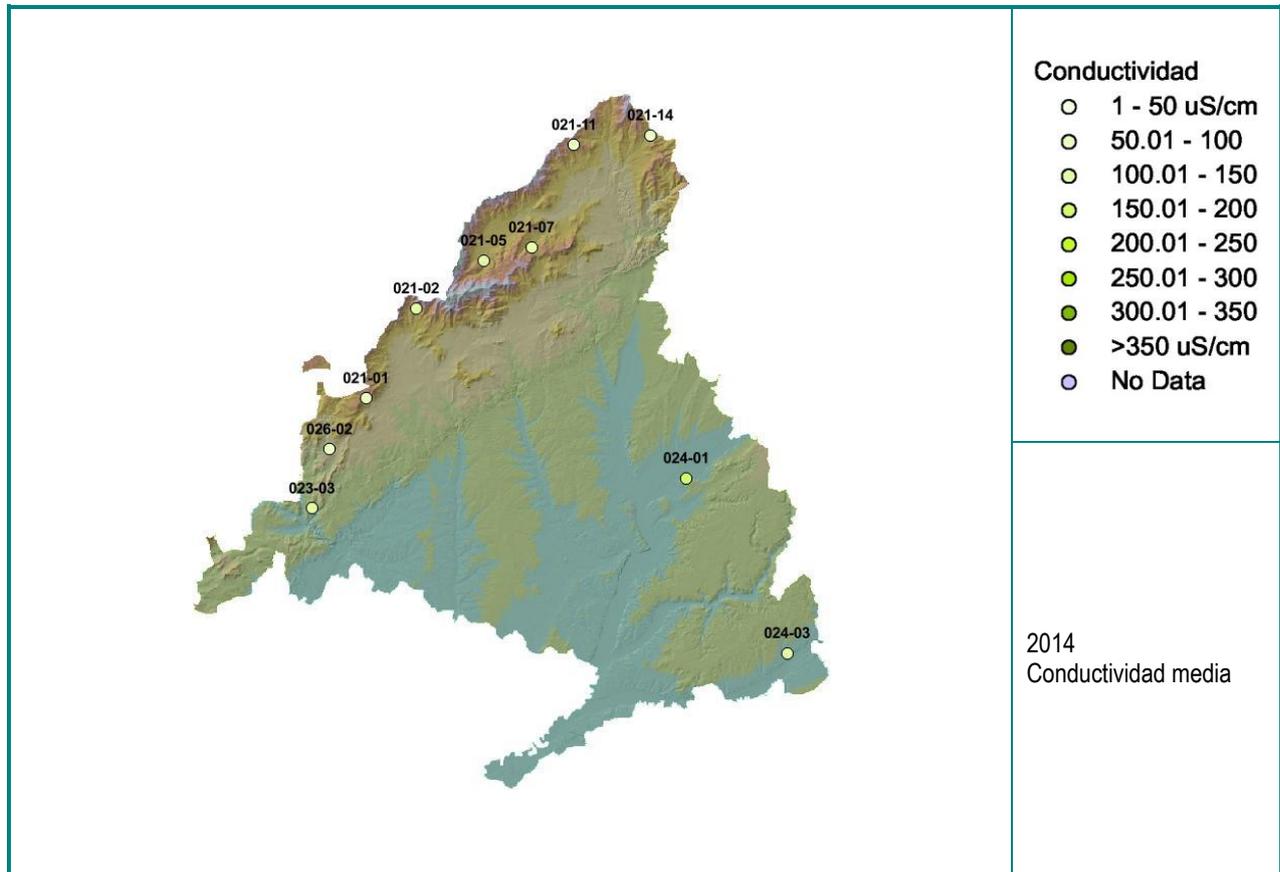


Figura 3.IX. Conductividad media de las muestras recogidas por muestreo.



3.3.4. CLORUROS.

La concentración media de cloruros en la revisión del año en curso se situó en 6,46 mg/l, oscilando los extremos de la serie entre las frecuentes “concentraciones traza” inferiores a 5 mg/l registradas con mayor o menor frecuencia en todas las estaciones y los 29,38 mg/l de máxima obtenidos Montejo de la Sierra a comienzos de junio.

En lo que respecta a la serie anual, se observa al igual que en el caso anterior, un incremento del parámetro tras un periodo de sequía, al incorporar el aporte correspondiente a la deposición seca, junto con una disminución de los valores a finales del otoño, en un comportamiento ya observado en revisiones anteriores. Se observa también en general que tras un periodo sin lluvias los valores obtenidos tienden a ser mayores que los valores usuales en la estación, mientras que si el periodo lluvioso es más prolongado, los valores se mantienen en umbrales más bajos, posiblemente debido a un efecto de lavado.

Por estaciones, las mayores concentraciones de cloruros se han registrado en Rascafría, Montejo, Navas del Rey, Alcalá de Henares y Fuentidueña de Tajo, mientras que los menores registros se han obtenido en Canencia, Braojos y Robledo de Chavela.

Cabe hacer constar también que en lo referente a este soluto y habida cuenta de la lejanía de la comunidad al mar, no se considera el aporte de sal marina –usual responsable de los picos obtenidos en España- sino que se trata de un aporte de naturaleza más antrópica, salvo algún episodio atmosférico extraordinario. Se advierte también un comportamiento en V invertida muy característico, con un incremento constante a lo largo de la primavera que, alcanzado un máximo en verano, decae a lo largo del otoño y que podría explicar en parte la naturaleza de la fuente.

Todas las muestras analizadas cumplían con el estándar RTSAP-2003.



TABLA 3.V: Cloruros en las estaciones

ESTACION	2014		
	Media	Max	Min
021-01 El Escorial	5,19	22,79	0,08
021-02 Cercedilla	5,34	15,20	0,22
021-05 Rascafría	10,48	25,28	0,12
021-07 Canencia	3,83	9,07	0,06
021-11 Braojos	3,53	7,65	1,17
021-14 Montejo	8,23	29,38	0,02
023-03 Navas del R.	7,66	16,79	0,02
024-01 Alcala de H.	8,26	16,16	0,09
024-03 Fuentidueña	8,22	16,33	0,03
026-02 Robledo	3,87	13,12	1,28

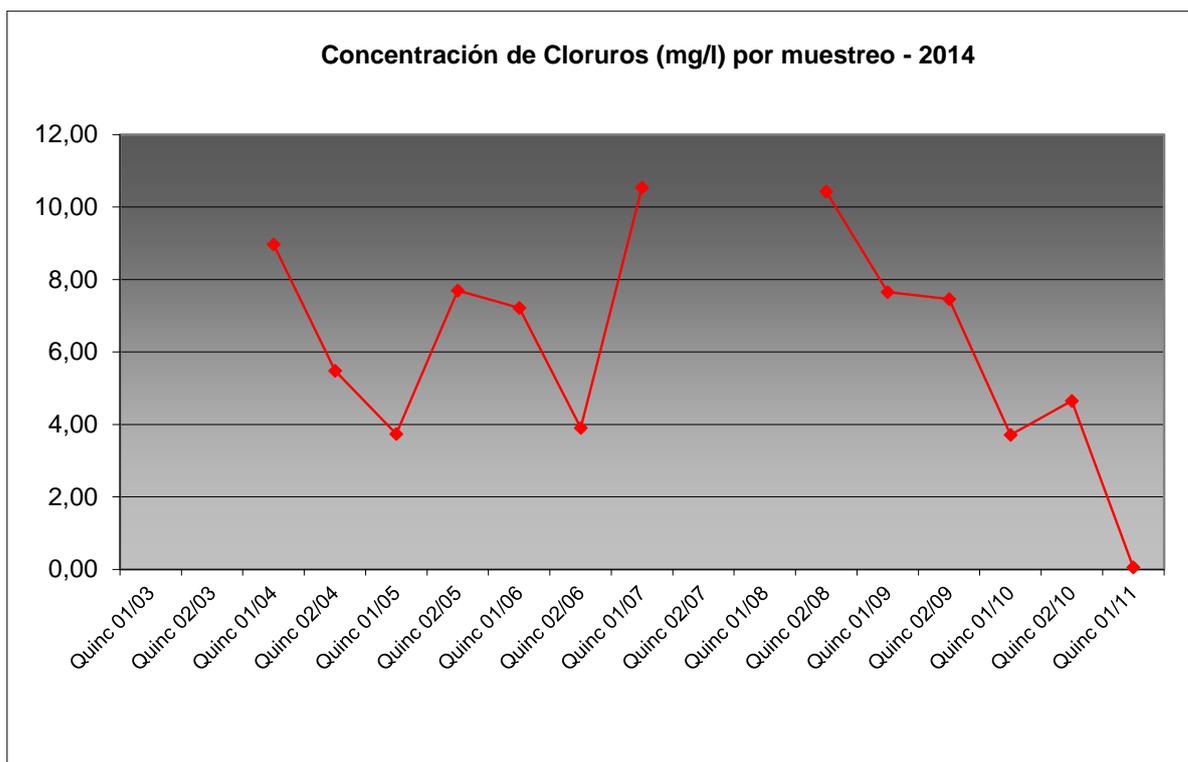


Figura 3.X. Concentración media de cloruros por estación.

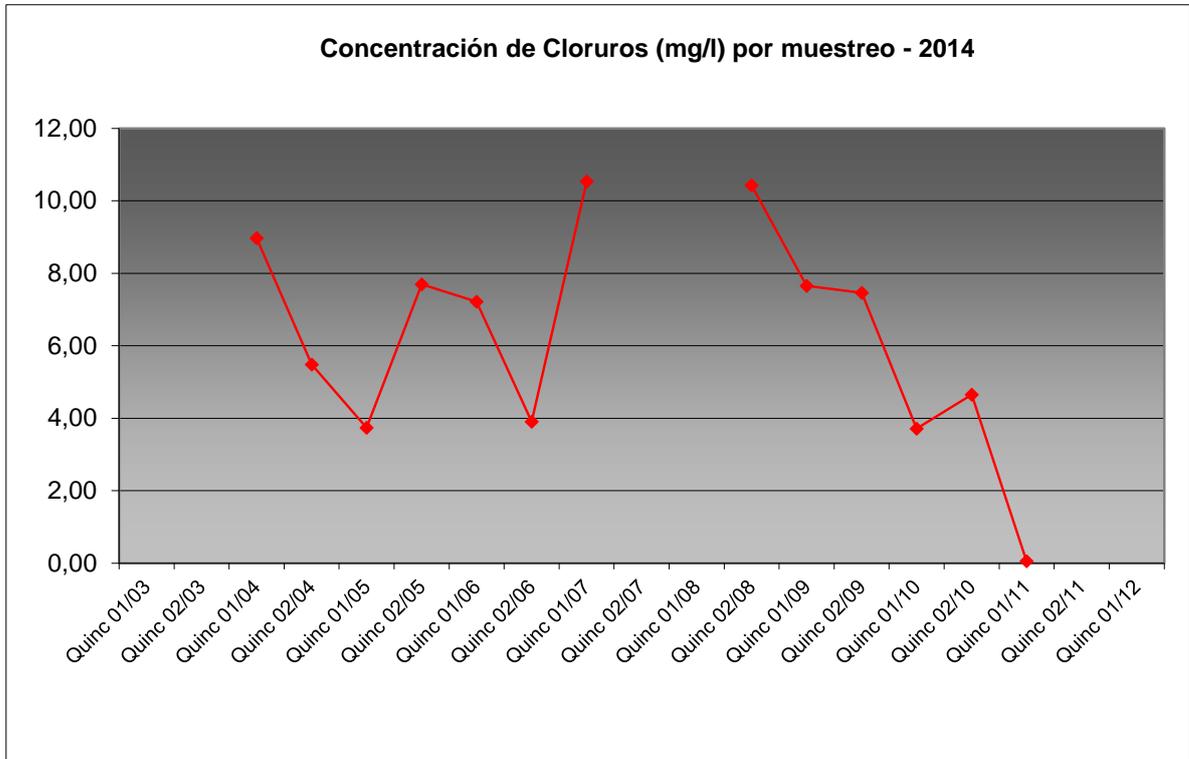
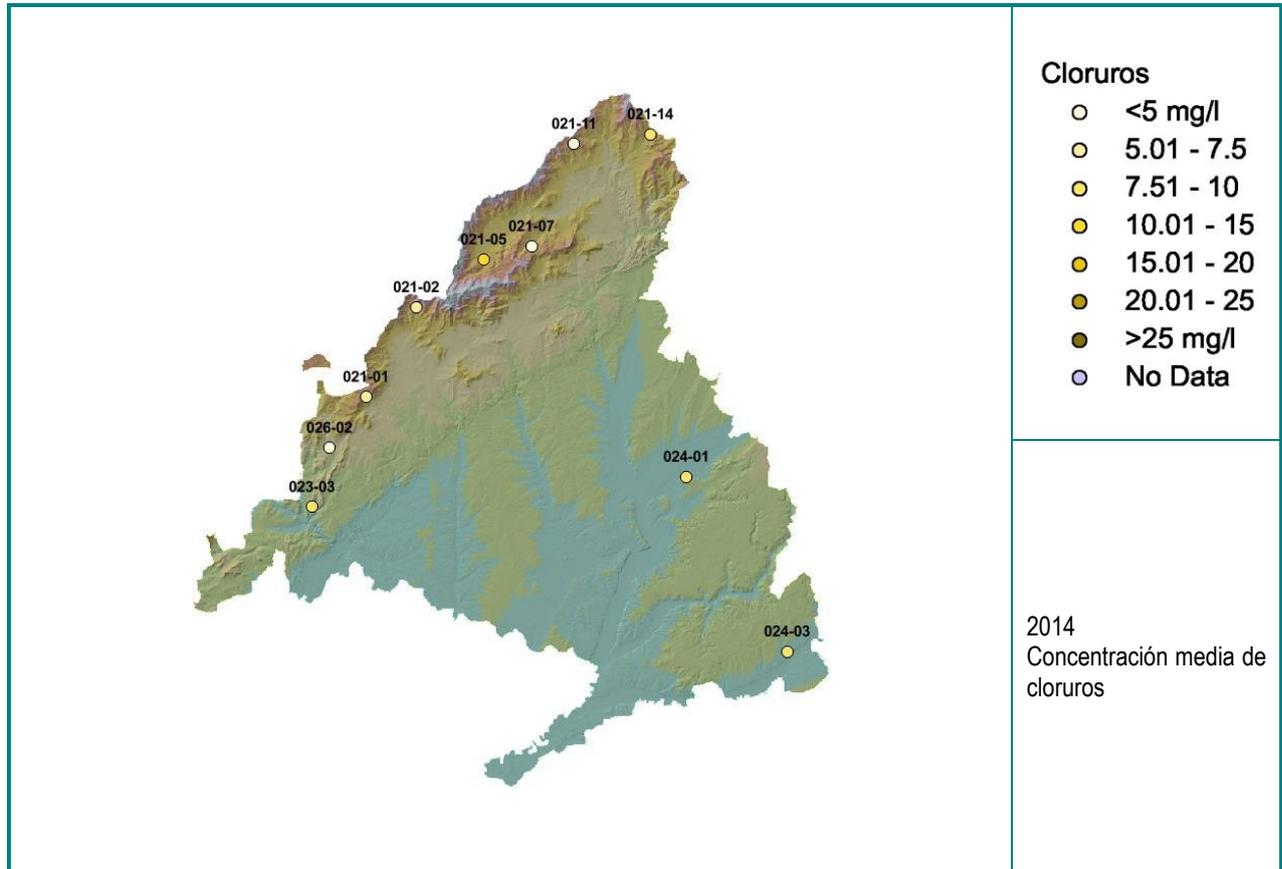


Figura 3.XI. Concentración media de cloruros por muestreo.



3.3.5. NITRATOS.

La concentración media de nitratos en la presente revisión se sitúa en 10,00 mg/l, registrándose extremos de la serie de 0,14 mg/l en Rascafría a comienzos de julio, y Montejo de la Sierra a mediados de octubre y 78,24 mg/l en Cercedilla a mediados de agosto.

Se han registrado varios casos de concentraciones traza, inferiores a 0,5 mg/l, de forma salpicada en la mayoría de los casos y con una cierta concentración a mediados de octubre.

Con respecto a revisiones anteriores, efectuadas hace ya años, se advierte una disminución en las tasas de nitratos obtenidas en el agua de trascolación de la Comunidad de Madrid.

En relación a los nitratos, el comportamiento de la serie histórica es similar al caso anterior: mayores concentraciones tras episodios de sequía, posiblemente debidas a lavado e incorporación de la deposición seca, con un máximo muy marcado a mediados de agosto; en un comportamiento nuevamente en V invertida.

Por estaciones, los mayores valores se han concentrado en Navas del Rey, Alcalá de Henares y Cercedilla, mientras que los menores valores se sitúan en Rascafría, Montejo y Robledo de Chavela, en un patrón de comportamiento ya observado en anteriores revisiones y que parece sugerir un patrón espacial.

Todas las muestras analizadas cumplían con el estándar RTSAP-2003.



TABLA 3.VI: Nitratos en las estaciones.

ESTACION	2014		
	Media	Max	Min
021-01 El Escorial	7,27	23,30	1,78
021-02 Cercedilla	11,84	78,24	0,35
021-05 Rascafria	3,44	22,39	0,14
021-07 Canencia	6,21	29,45	0,20
021-11 Braojos	7,85	24,78	0,32
021-14 Montejo	4,80	19,36	0,15
023-03 Navas del R	19,46	45,84	3,69
024-01 Alcala de H.	22,78	55,17	2,33
024-03 Fuentidueña	11,88	33,45	0,20
026-02 Robledo	4,52	7,42	0,22

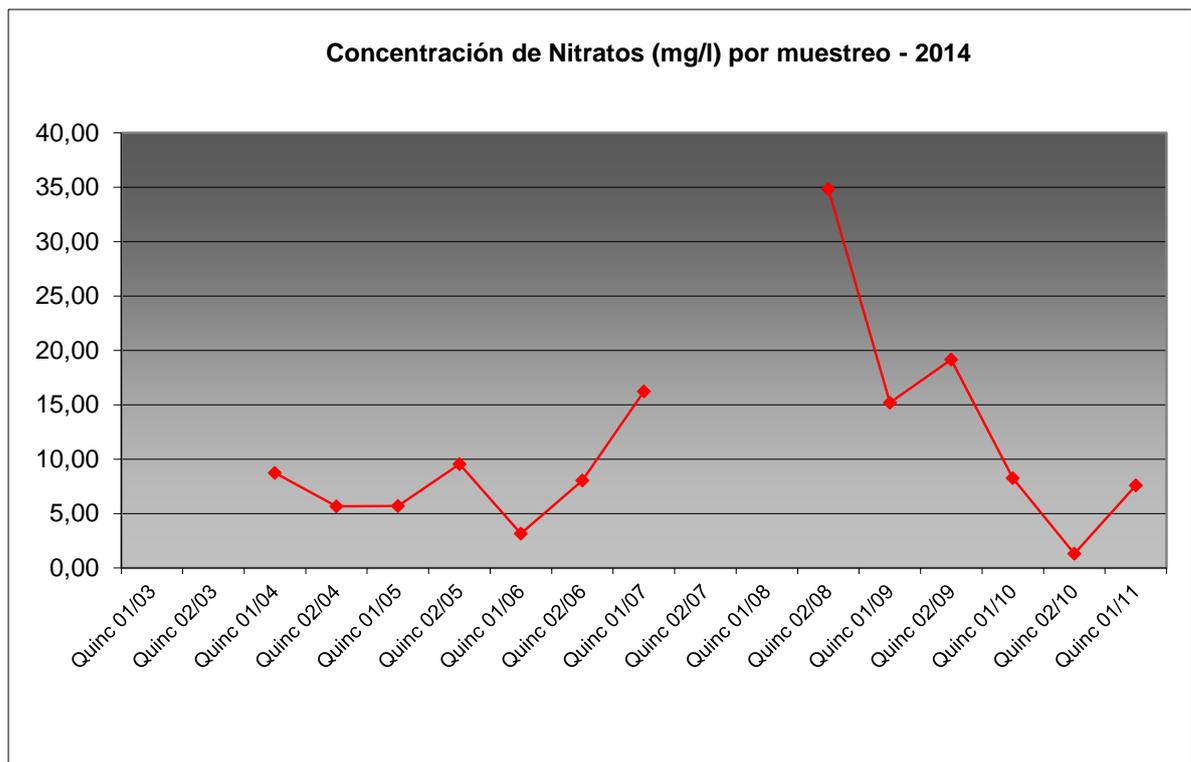


Figura 3.XIII. Concentración media de nitratos por muestreo.

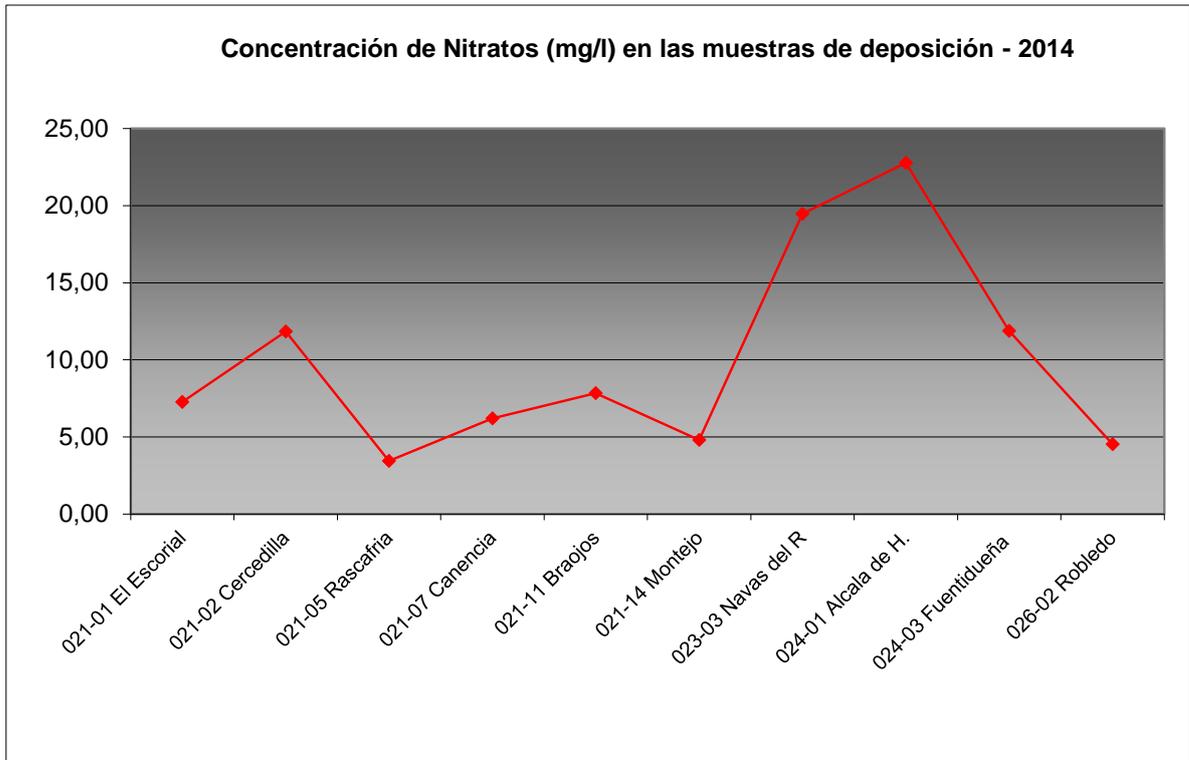
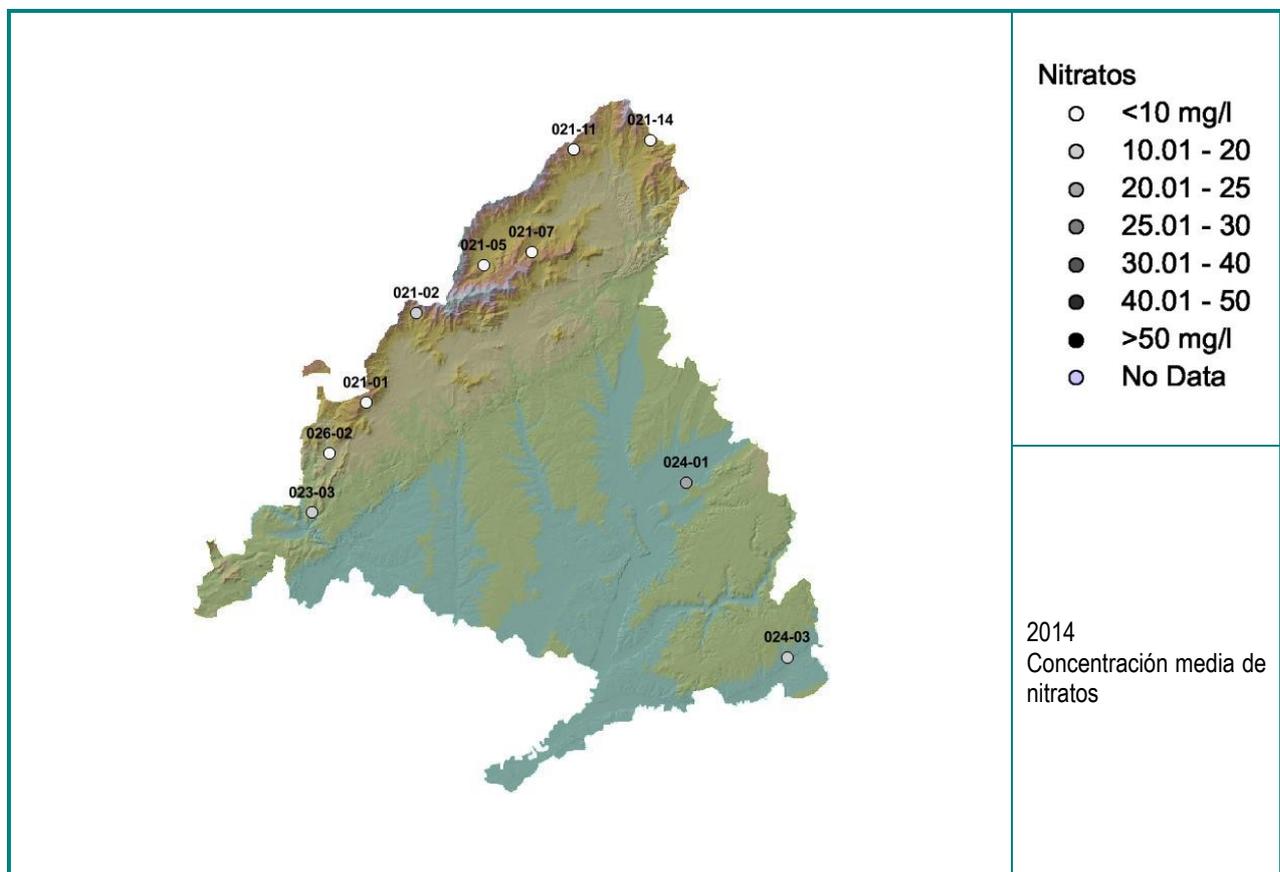


Figura 3.XIV. Concentración media de nitratos por estación.





3.3.5. SULFATOS.

La concentración media de sulfatos en la serie analizada es de 2,40 mg/l; oscilando entre un valor mínimo de 0,02 mg/l en Braojos y Montejo de la Sierra a mediados de octubre y un máximo de 23,18 mg/l en Fuentidueña de Tajo a mediados de septiembre; registrándose de nuevo una disminución en los niveles inferior a la de campañas anteriores.

La presencia de valores traza de sulfatos, con concentraciones inferiores a 0,5 mg/l, es –al igual que en el caso de los cloruros- relativamente frecuente y se advierte también una mayor frecuencia a mediados de octubre.

El comportamiento de la variable es más errático que en el

caso anterior, sin un máximo tan marcado, aunque asociados también a un periodo posterior a una época de sequía, interviniendo de nuevo la deposición seca como factor que explicaría el incremento observado.

Por estaciones, los mayores valores se han registrado en Alcalá de Henares y Fuentidueña de Tajo, en el cuadrante sureste de la comunidad, manteniéndose sensiblemente menores el resto de estaciones, Rascafría y Robledo de Chavela, en un patrón similar al de revisiones pasadas.

En cuanto a los sulfatos, todas las muestras analizadas cumplieron con el estándar RTSAP-2004.

TABLA 3.VII: Sulfatos en las estaciones

ESTACION	2014		
	Media	Max	Min
021-01 El Escorial	1,68	2,93	0,73
021-02 Cercedilla	1,90	4,15	0,55
021-05 Rascafría	1,01	2,45	0,14
021-07 Canencia	1,54	4,92	0,31
021-11 Braojos	1,94	6,04	0,02
021-14 Montejo	1,54	4,78	0,02
023-03 Navas del R.	2,49	5,41	0,26
024-01 Alcalá de H.	5,98	12,19	0,44
024-03 Fuentidueña	7,00	23,18	0,25
026-02 Robledo	1,41	4,74	0,19

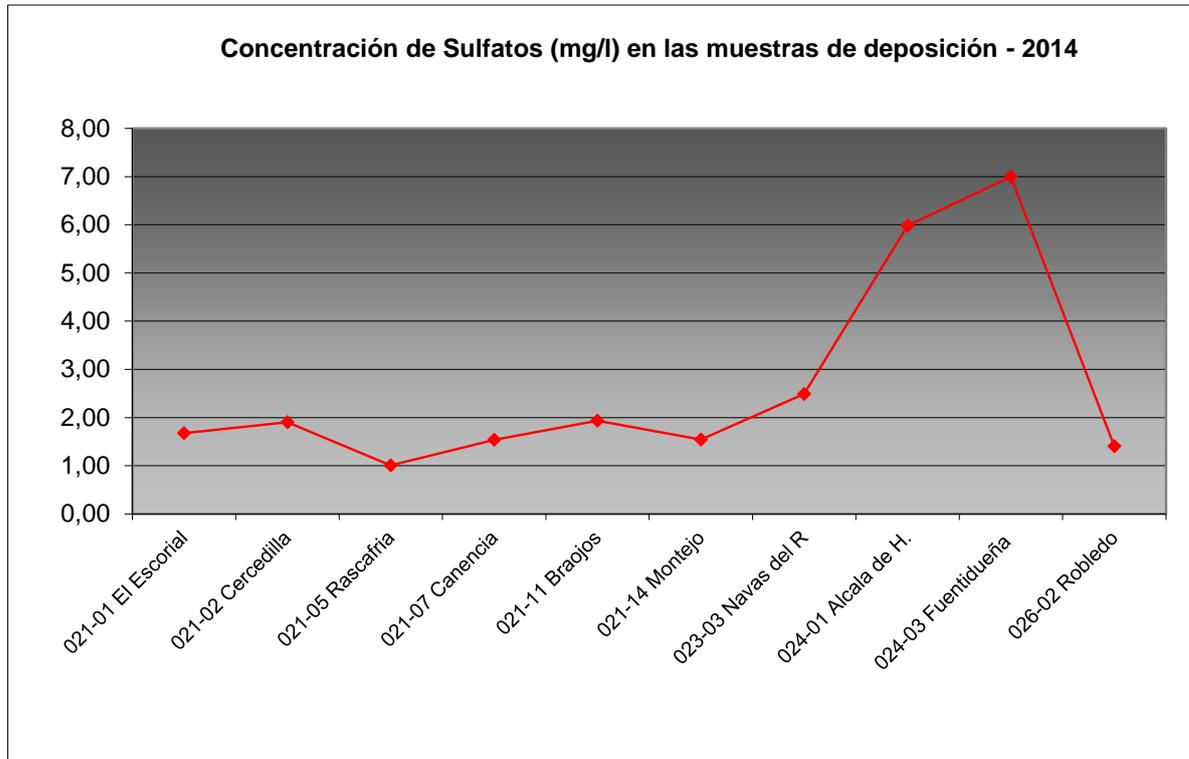


Figura 3.XIV. Concentración media de sulfatos por estación.

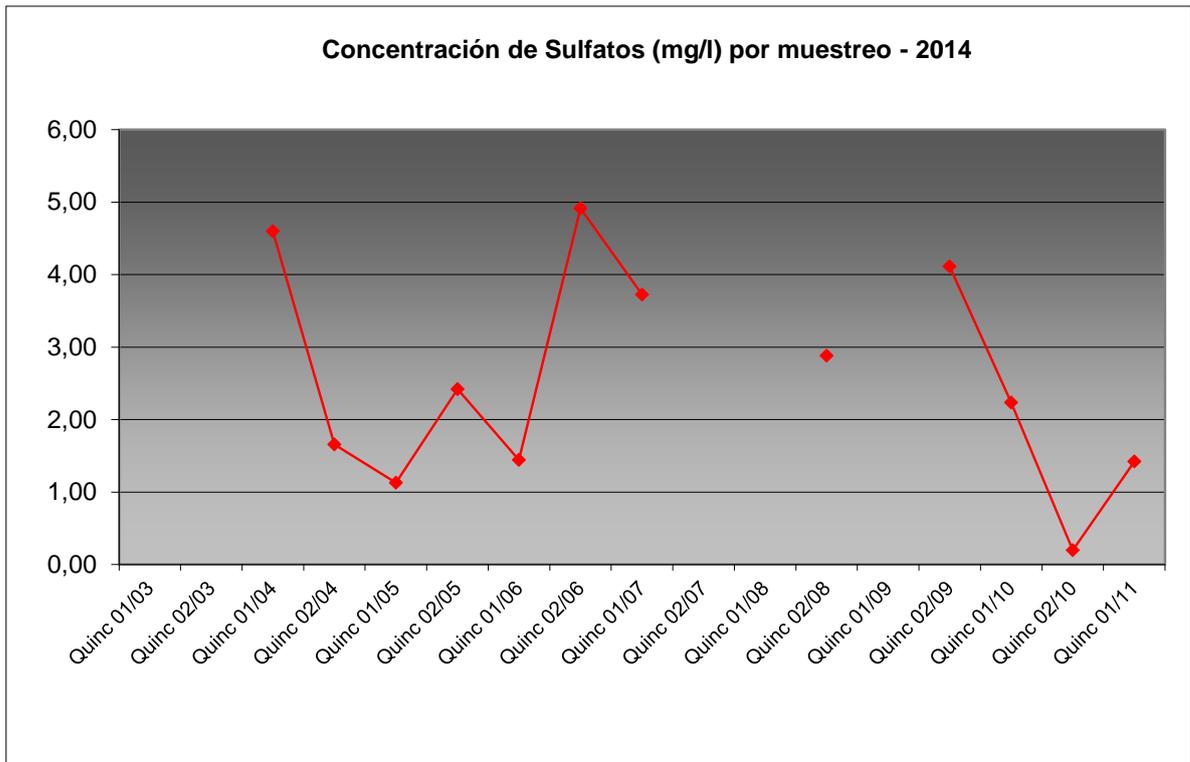
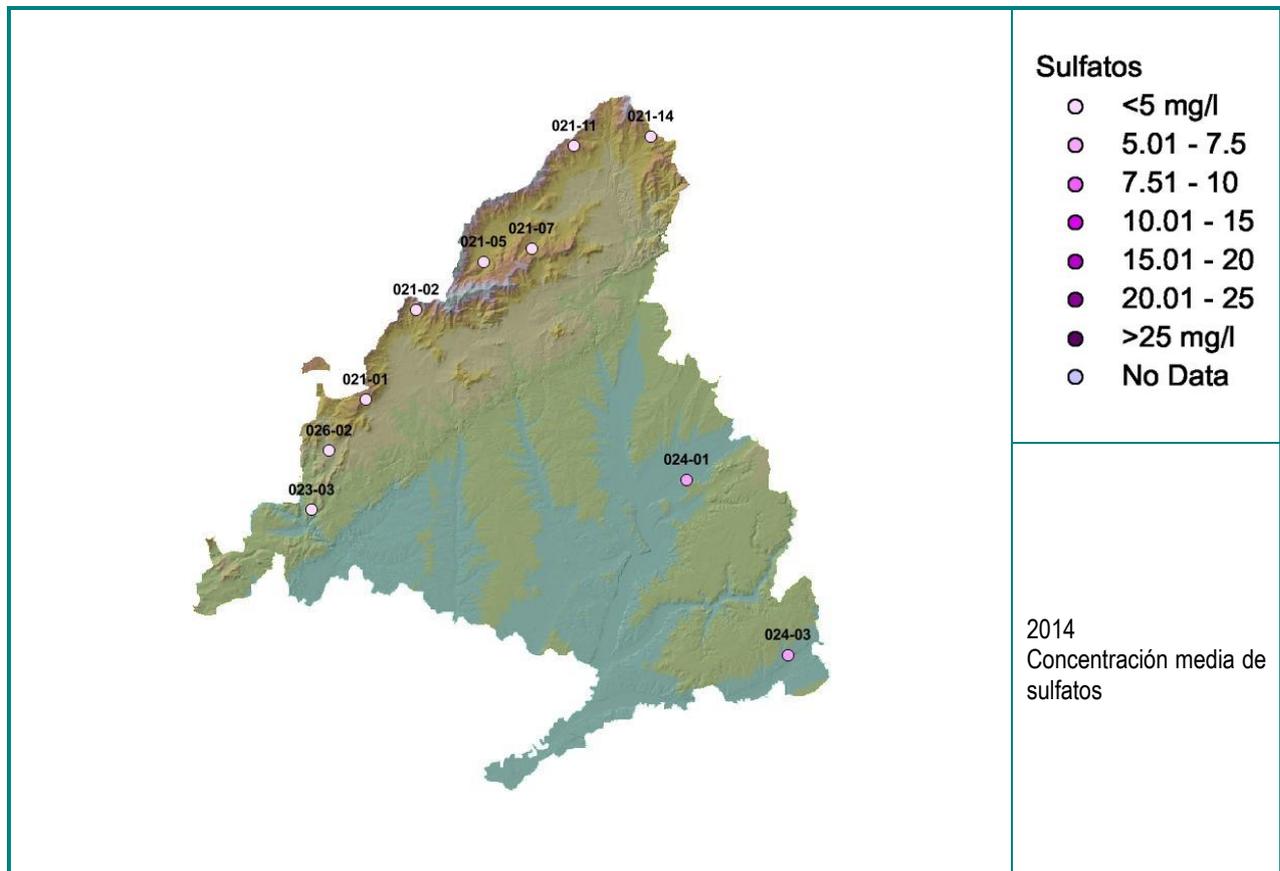


Figura 3.XV. Concentración media de sulfatos por muestreo.



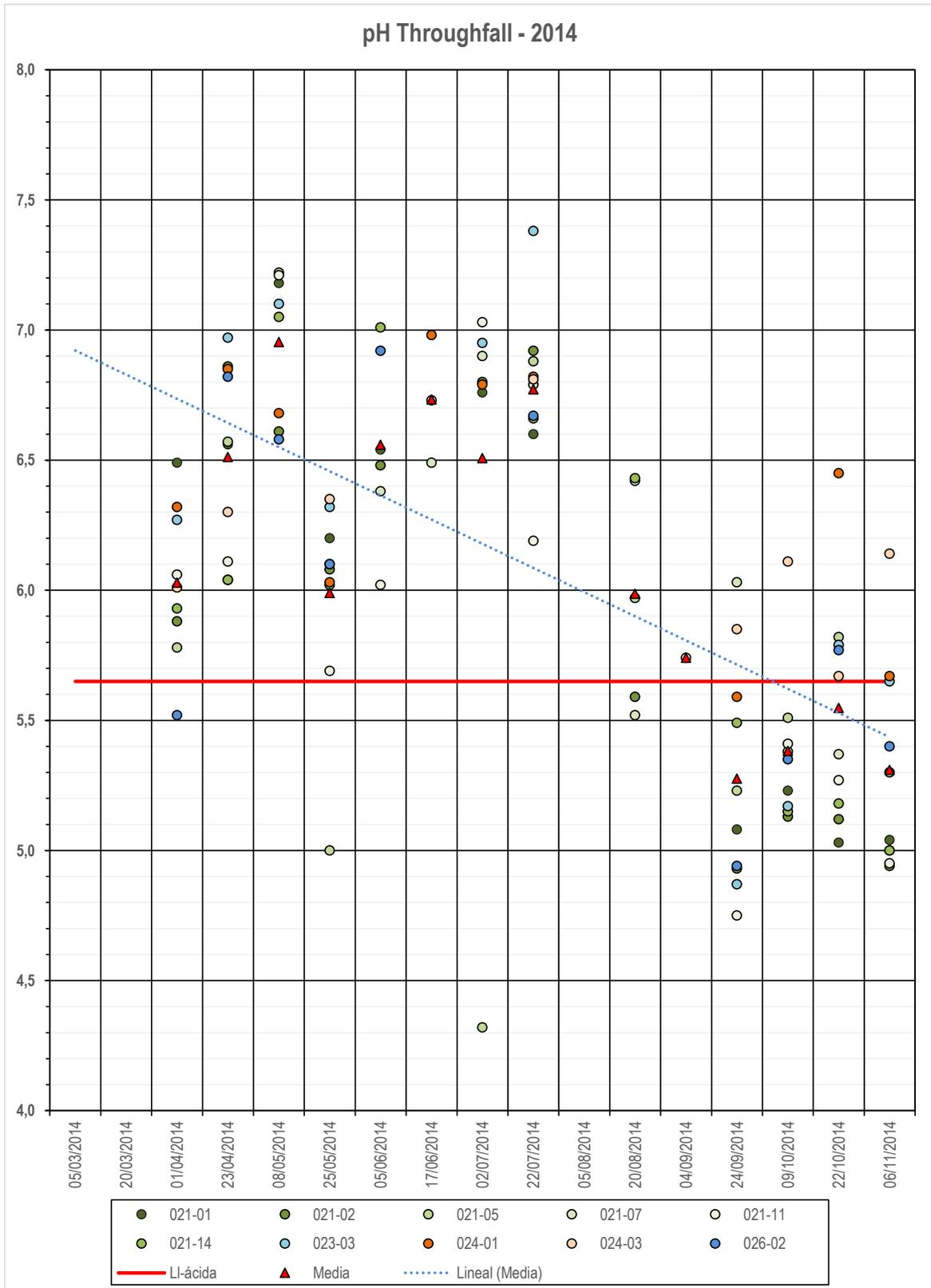


Figura 3.XVI. Resultados de pH en agua de "through-flow".

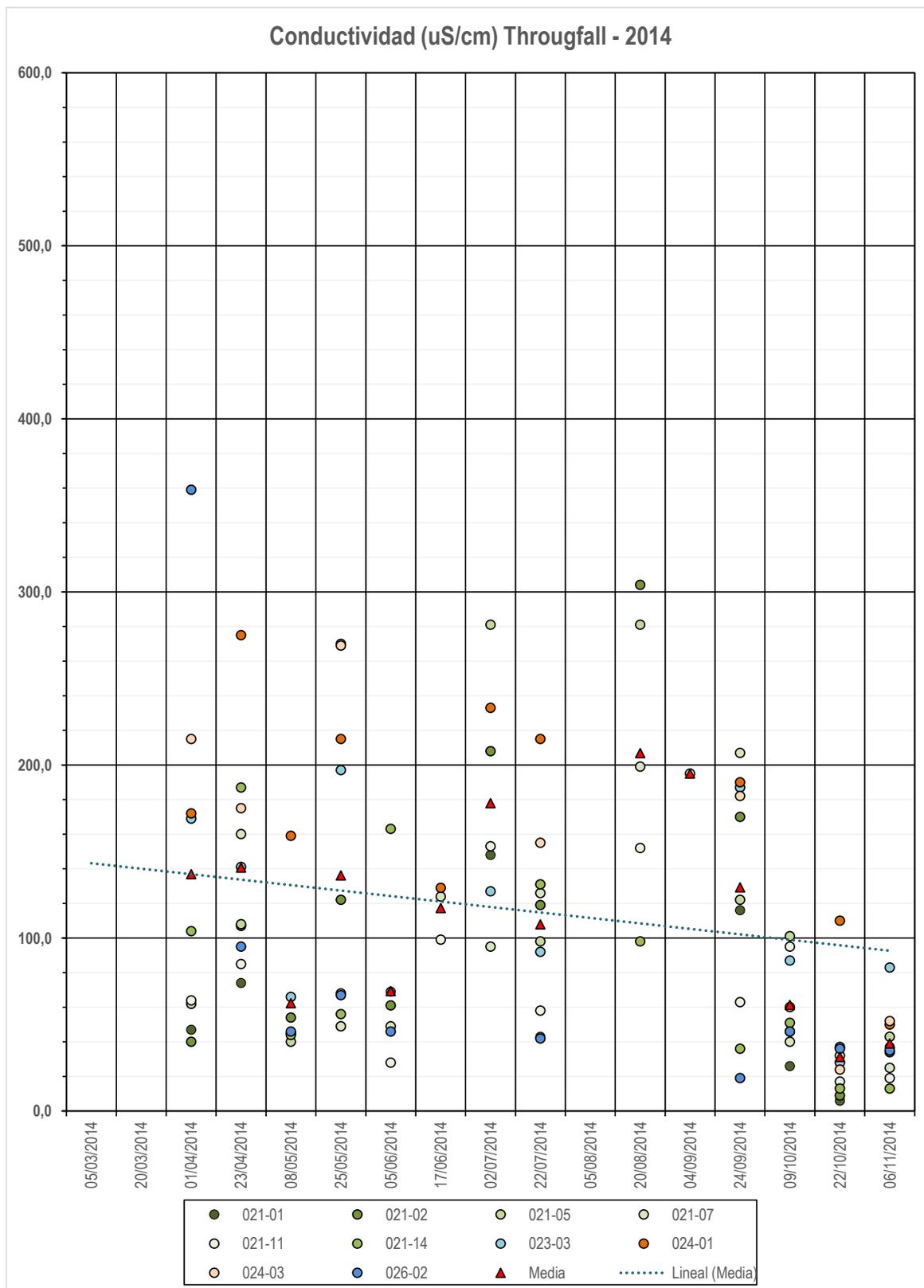


Figura 3.XVII. Resultados de conductividad en agua de "through-flow".

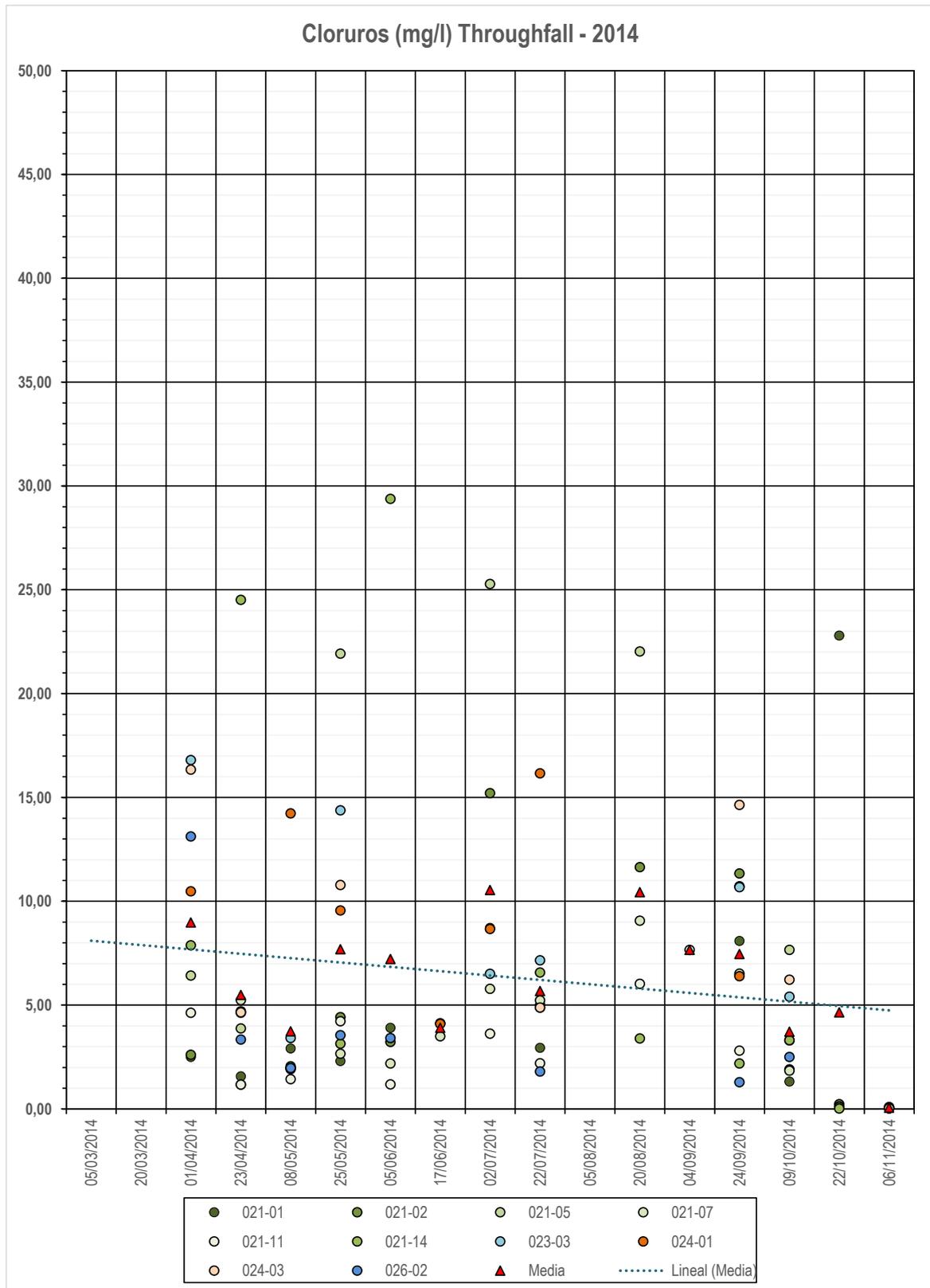


Figura 3.XVIII. Resultados de cloruros en agua de "through-flow".

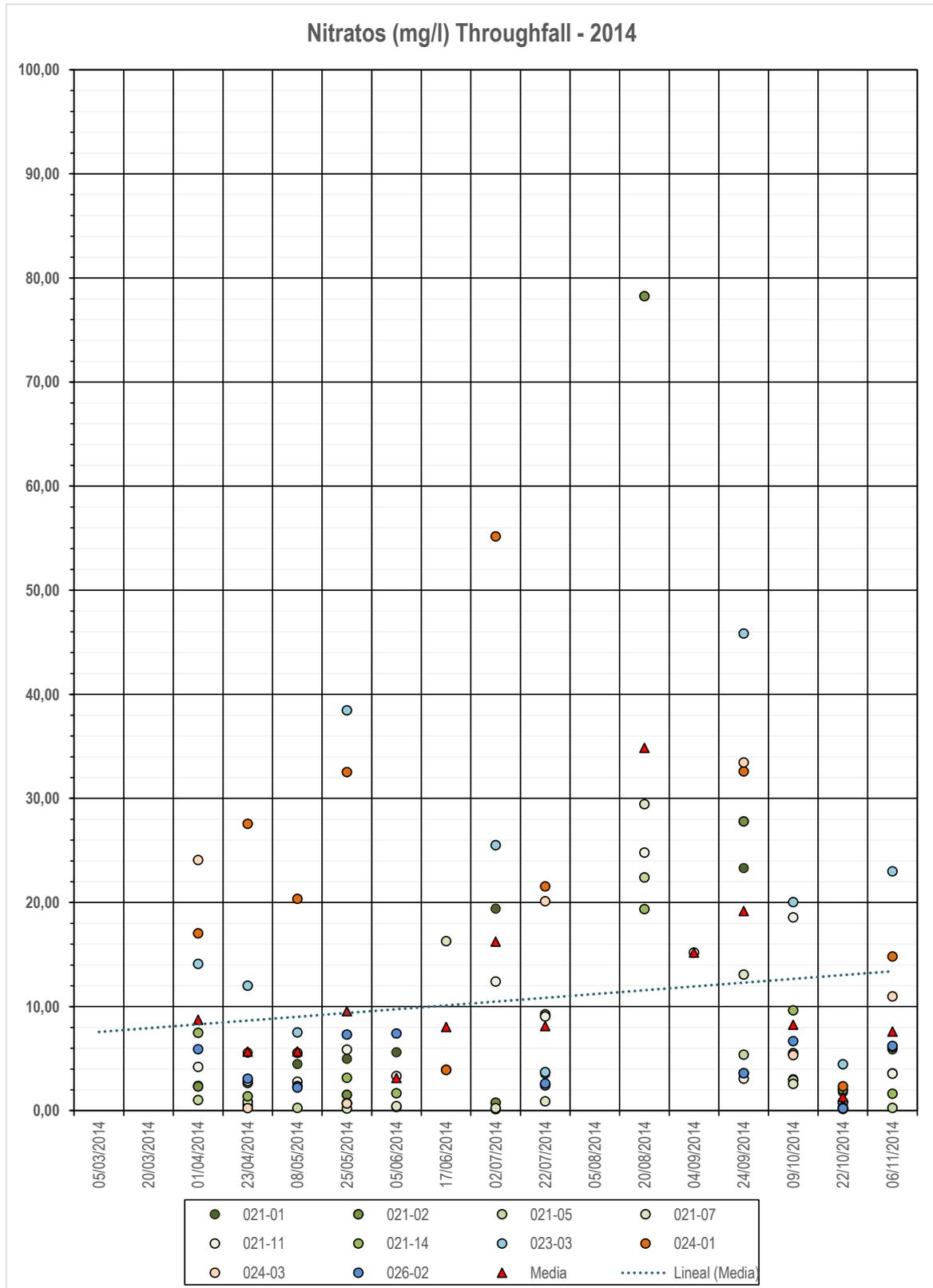


Figura 3.XIX.. Resultados de nitratos en agua de "through-flow".

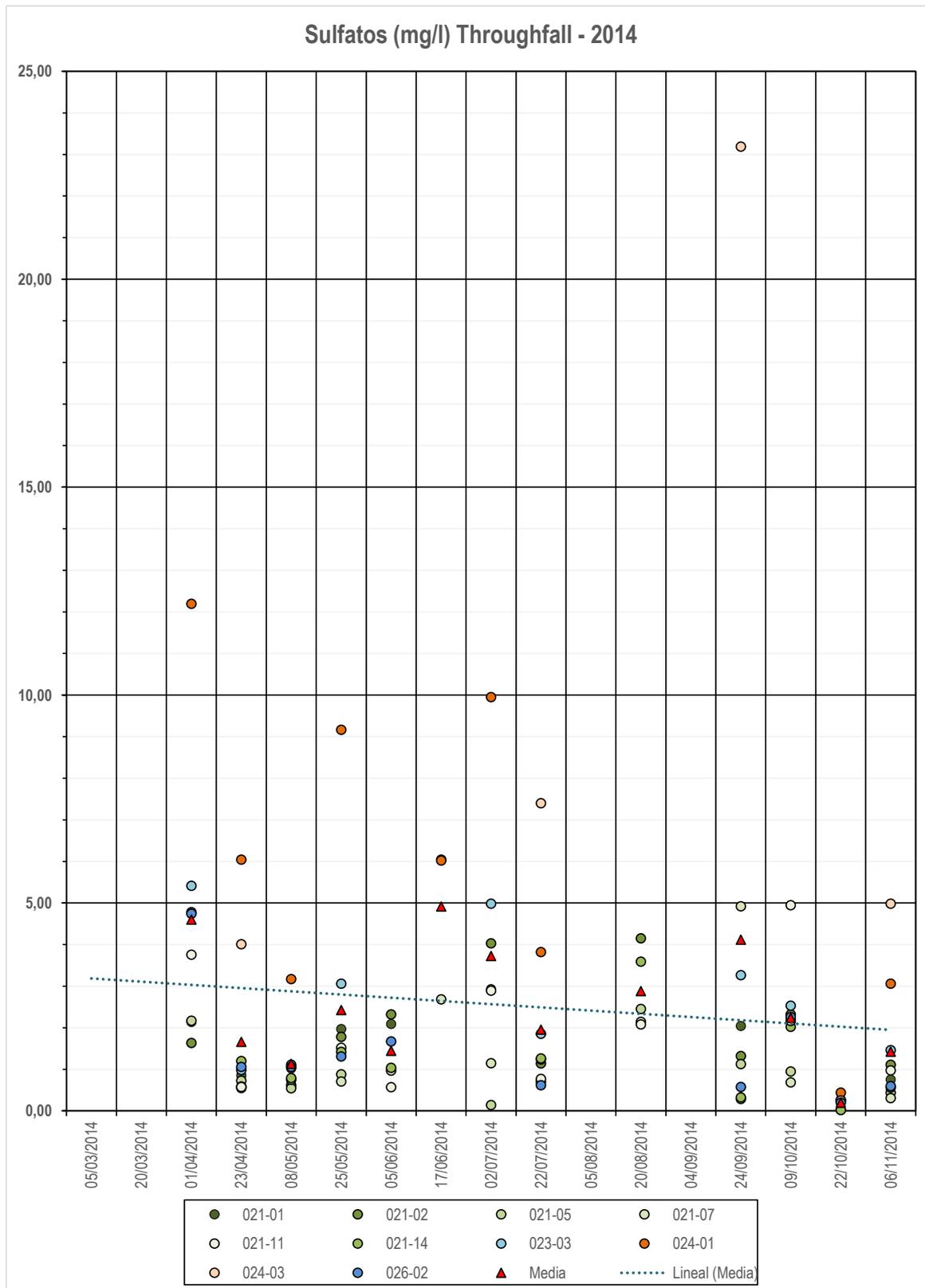


Figura 3.XX. Resultados de sulfatos en agua de "through-flow".



Tabla 3.VIII. Resultados analíticos de las muestras de agua recogidas en 2.014.

Viaje	Parcela	Fecha	pH	Conductividad	Cl-	NO3	SO4	
				µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	
1	E-021-01	06/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-021-02	06/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-021-05	05/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-021-07	05/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-021-11	05/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-021-14	05/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-023-03	06/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-024-01	07/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-024-03	06/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
	E-026-02	06/03/2014	INSTALACION DOSIMETROS Y CAPTADORES EN CAMPO					
2	E-021-01	19/03/2014	Sin Agua					
	E-021-02	20/03/2014	Sin Agua					
	E-021-05	20/03/2014	Sin Agua					
	E-021-07	20/03/2014	Sin Agua					
	E-021-11	20/03/2014	Sin Agua					
	E-021-14	20/03/2014	Sin Agua					
	E-023-03	19/03/2014	Sin Agua					
	E-024-01	18/03/2014	Sin Agua					
	E-024-03	18/03/2014	Sin Agua					
	E-026-02	19/03/2014	Sin Agua					
3	E-021-01	01/04/2014	6,49	47	2,50	2,39	2,14	
	E-021-02	01/04/2014	5,88	40	2,61	2,32	1,63	
	E-021-05	01/04/2014	5,78	62	6,42	1,02	2,17	
	E-021-07	01/04/2014	Acumulador desaparecido. Se sustituye. No muestra					
	E-021-11	01/04/2014	6,06	64	4,63	4,20	3,75	
	E-021-14	01/04/2014	5,93	104	7,88	7,46	4,78	
	E-023-03	02/04/2014	6,27	169	16,79	14,10	5,41	
	E-024-01	02/04/2014	6,32	172	10,47	17,03	12,19	
	E-024-03	02/04/2014	6,01	215	16,33	24,08	n.a	
E-026-02	02/04/2014	5,52	359	13,12	5,89	4,74		
4	E-021-01	23/04/2014	6,56	74	1,57	5,57	0,85	
	E-021-02	23/04/2014	6,86	107	1,17	2,64	0,55	
	E-021-05	23/04/2014	6,57	108	3,87	0,48	0,72	
	E-021-07	23/04/2014	6,04	160	5,24	0,85	0,58	
	E-021-11	23/04/2014	6,11	85	1,17	2,85	0,58	
	E-021-14	23/04/2014	6,04	187	24,51	1,38	1,20	
	E-023-03	23/04/2014	6,97	141	4,63	12,01	0,98	
	E-024-01	22/04/2014	6,85	275	4,70	27,55	6,04	
	E-024-03	22/04/2014	6,30	175	4,65	0,23	4,00	
	E-026-02	23/04/2014	6,82	95	3,34	3,08	1,06	
5	E-021-01	07/05/2014	7,18	45	2,91	4,48	1,02	
	E-021-02	07/05/2014	6,61	54	2,05	5,54	0,62	
	E-021-05	08/05/2014	7,22	40	1,91	0,26	0,54	
	E-021-07	08/05/2014	No se ha recogido agua					



Viaje	Parcela	Fecha	pH	Conductividad	Cl-	NO3	SO4	
				µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	
	E-021-11	08/05/2014	7,21	45	1,43	2,78	0,75	
	E-021-14	08/05/2014	7,05	44	1,96	2,36	0,79	
	E-023-03	07/05/2014	7,10	66	3,41	7,50	1,11	
	E-024-01	06/05/2014	6,68	159	14,23	20,34	3,17	
	E-024-03	06/05/2014	No se ha recogido agua					
	E-026-02	07/05/2014	6,58	46	1,97	2,21	1,06	
6	E-021-01	25/05/2014	6,20	49	2,30	4,97	1,97	
	E-021-02	25/05/2014	6,08	122	4,42	1,51	1,78	
	E-021-05	25/05/2014	5,00	270	21,92	0,71	0,88	
	E-021-07	25/05/2014	6,10	49	2,66	0,20	0,71	
	E-021-11	25/05/2014	5,69	68	4,22	5,87	1,52	
	E-021-14	25/05/2014	6,02	56	3,14	3,16	1,42	
	E-023-03	25/05/2014	6,32	197	14,37	38,46	3,06	
	E-024-01	22/05/2014	6,03	215	9,55	32,52	9,16	
	E-024-03	22/05/2014	6,35	269	10,78	0,67	n.a	
E-026-02	25/05/2014	6,10	67	3,55	7,31	1,31		
7	E-021-01	04/06/2014	6,54	69	3,91	5,61	2,09	
	E-021-02	06/06/2014	6,48	61	3,22	0,35	2,32	
	E-021-05	06/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-07	06/06/2014	6,38	49	2,18	0,43	0,97	
	E-021-11	05/06/2014	6,02	28	1,18	3,32	0,57	
	E-021-14	05/06/2014	7,01	163	29,38	1,67	1,03	
	E-023-03	04/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-01	03/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-03	03/06/2014	No se ha recogido agua					
E-026-02	04/06/2014	6,92	46	3,41	7,42	1,67		
8	E-021-01	17/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-02	17/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-05	17/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-07	17/06/2014	6,49	124	3,50	16,29	2,68	
	E-021-11	17/06/2014	6,73	99	4,12	3,94	6,04	
	E-021-14	17/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-023-03	17/06/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-01	16/06/2014	6,98	129	4,10	3,91	6,02	
	E-024-03	16/06/2014	No se ha recogido agua					
E-026-02	17/06/2014	No se ha recogido agua						
9	E-021-01	02/07/2014	6,76	148	8,71	19,40	2,93	
	E-021-02	02/07/2014	6,80	208	15,20	0,76	4,03	
	E-021-05	02/07/2014	4,32	281	25,28	0,14	0,14	
	E-021-07	02/07/2014	6,90	95	5,77	0,23	1,15	
	E-021-11	02/07/2014	7,03	153	3,62	12,40	2,89	
	E-021-14	02/07/2014	Muestra contaminada. Se desecha					
	E-023-03	01/07/2014	6,95	127	6,50	25,50	4,98	
	E-024-01	01/07/2014	6,79	233	8,66	55,17	9,95	
	E-024-03	01/07/2014	No se ha recogido agua					
E-026-02	01/07/2014	No se ha recogido agua						



Viaje	Parcela	Fecha	pH	Conductividad	Cl-	NO3	SO4	
				µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l	
10	E-021-01	22/07/2014	6,60	43	2,94	3,52	0,73	
	E-021-02	22/07/2014	6,92	119	4,99	9,26	1,14	
	E-021-05	22/07/2014	6,88	98	4,88	n.a	0,69	
	E-021-07	22/07/2014	6,79	126	5,23	0,89	1,23	
	E-021-11	22/07/2014	6,19	58	2,20	9,03	0,77	
	E-021-14	22/07/2014	6,66	131	6,56	2,43	1,26	
	E-023-03	22/07/2014	7,38	92	7,15	3,69	1,85	
	E-024-01	18/07/2014	6,82	215	16,16	21,53	3,82	
	E-024-03	18/07/2014	6,81	155	4,88	20,11	7,40	
	E-026-02	22/07/2014	6,67	42	1,80	2,61	0,62	
11	E-021-01	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-02	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-05	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-07	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-11	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-14	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-023-03	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-01	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-03	05/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-026-02	05/08/2014	No se ha recogido agua					
12	E-021-01	21/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-02	20/08/2014	5,59	304	11,63	78,24	4,15	
	E-021-05	20/08/2014	5,97	281	22,03	22,39	2,45	
	E-021-07	20/08/2014	5,52	199	9,07	29,45	2,14	
	E-021-11	20/08/2014	6,42	152	6,02	24,78	2,08	
	E-021-14	20/08/2014	6,43	98	3,39	19,36	3,59	
	E-023-03	21/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-01	21/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-03	21/08/2014	No se ha recogido agua					
	E-026-02	21/08/2014	No se ha recogido agua					
13	E-021-01	04/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-02	04/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-05	04/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-07	04/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-021-11	04/09/2014	5,74	195	7,65	15,19	n.a	
	E-021-14	04/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-023-03	04/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-01	03/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-024-03	03/09/2014	No se ha recogido agua					
	E-026-02	04/09/2014	No se ha recogido agua					
14	E-021-01	24/09/2014	5,08	116	8,09	23,30	2,04	
	E-021-02	24/09/2014	4,93	170	11,34	27,79	1,32	
	E-021-05	24/09/2014	5,23	122	10,71	5,37	1,13	
	E-021-07	24/09/2014	6,03	207	6,52	13,06	4,92	
	E-021-11	24/09/2014	4,75	63	2,80	3,07	0,29	
	E-021-14	24/09/2014	5,49	36	2,19	3,60	0,32	



Viaje	Parcela	Fecha	pH	Conductividad	Cl-	NO3	SO4		
				µS/cm	mg/l	mg/l	mg/l		
	E-023-03	24/09/2014	4,87	187	10,68	45,84	3,26		
	E-024-01	23/09/2014	5,59	190	6,39	32,58	n.a		
	E-024-03	23/09/2014	5,85	182	14,63	33,45	23,18		
	E-026-02	24/09/2014	4,94	19	1,28	3,59	0,58		
15	E-021-01	09/10/2014	5,23	26	1,31	3,02	2,25		
	E-021-02	09/10/2014	5,13	46	1,91	5,53	2,32		
	E-021-05	09/10/2014	5,51	101	7,66	2,92	0,94		
	E-021-07	09/10/2014	5,38	40	1,84	2,57	0,68		
	E-021-11	09/10/2014	5,41	95	3,29	18,56	4,94		
	E-021-14	09/10/2014	5,15	51	3,31	9,64	2,02		
	E-023-03	09/10/2014	5,17	87	5,40	20,04	2,53		
	E-024-01	07/10/2014	No se ha recogido agua						
	E-024-03	07/10/2014	6,11	60	6,22	5,34	2,16		
E-026-02	09/10/2014	5,35	46	2,50	6,67	2,26			
16	E-021-01	22/10/2014	5,03	6	22,79	1,78	n.a		
	E-021-02	22/10/2014	5,12	9	0,22	1,98	n.a		
	E-021-05	22/10/2014	5,82	37	0,12	0,84	n.a		
	E-021-07	22/10/2014	5,37	32	0,09	0,77	n.a		
	E-021-11	22/10/2014	5,27	17	n.a	0,32	0,02		
	E-021-14	22/10/2014	5,18	13	0,02	0,15	0,02		
	E-023-03	23/10/2014	5,79	28	n.a	4,46	0,26		
	E-024-01	23/10/2014	6,45	110	n.a	2,33	0,44		
	E-024-03	23/10/2014	5,67	24	n.a	0,20	0,25		
	E-026-02	23/10/2014	5,77	36	n.a	0,22	0,19		
17	E-021-01	07/11/2014	5,04	37	0,08	5,88	0,75		
	E-021-02	06/11/2014	4,94	34	n.a	6,10	1,11		
	E-021-05	06/11/2014	5,30	43	n.a	0,27	0,43		
	E-021-07	06/11/2014	5,00	25	0,06	3,58	0,31		
	E-021-11	06/11/2014	4,95	19	n.a	3,55	0,97		
	E-021-14	06/11/2014	5,00	13	n.a	1,63	0,56		
	E-023-03	06/11/2014	5,65	83	0,02	22,98	1,46		
	E-024-01	05/11/2014	5,67	50	0,09	14,81	3,06		
	E-024-03	05/11/2014	6,14	52	0,03	10,98	4,98		
	E-026-02	06/11/2014	5,40	35	n.a	6,21	0,60		

NOTA: Con formato **N,nn** se han señalado los valores de pH inferiores a 5,65 (dentro por tanto de valores de lluvia ácida)



4. DAÑOS POR OZONO.

4.1. INTRODUCCIÓN.

Los efectos de la contaminación atmosférica sobre la vegetación se conocen ya desde el siglo pasado, sin embargo, ha sido en las últimas décadas cuando se han intensificado las investigaciones para evaluar la extensión, las causas y las posibles consecuencias ecológicas y económicas que puede provocar este fenómeno. Los primeros estudios se realizaron alrededor de fuentes puntuales de contaminantes como el dióxido de azufre, fluoruro de hidrógeno, metales pesados, etc, observando los cambios que se producían en la vitalidad de las plantas y en la composición de los bosques según aumentaba la distancia desde el foco emisor. Pero en los últimos años se ha visto que el problema es más complejo, adquiriendo gran importancia los contaminantes secundarios, tales como el ozono, que se forman a partir de los contaminantes primarios cuando se dan unas condiciones atmosféricas adecuadas. Estos compuestos gaseosos pueden desplazarse a grandes distancias afectando a zonas rurales alejadas de las áreas urbanas e industriales. De esta manera, los bosques se encuentran expuestos a múltiples contaminantes procedentes de diversas fuentes durante largos períodos de tiempo, por lo que la calidad de aire debe afrontarse ahora desde una perspectiva a nivel regional.

Las primeras evidencias del efecto fitotóxico del ozono fueron documentadas en California (EE.UU.) en los años 50 (Middleton, 1956). En la actualidad el ozono troposférico está considerado como el principal contaminante gaseoso en EE.UU. (US EPA, 1993; Chappelka y Samuelson, 1998) y recientemente se le ha asociado a los graves problemas de deterioro observados en los bosques europeos (Ashmore *et al.*, 1985; McLaughlin, 1985; Skärby *et al.*, 1998). No ha sido posible hasta el momento establecer una relación directa entre los daños observados en los árboles en Europa y las concentraciones de ozono, admitiéndose que no existe una causa única sino que se trata de un conjunto de factores que interaccionan entre sí

dependiendo de las distintas especies y de las características de la zona (Taylor *et al.*, 1994; Kandler e Innes, 1995; Skärby *et al.*, 1998). La relación entre la contaminación atmosférica y el estado de salud de los bosques se complica por el hecho de que el ozono, al igual que otros contaminantes atmosféricos, no sólo produce efectos directos sobre el metabolismo de las plantas, sino que también puede alterar su capacidad de respuesta frente a otros tipos de estrés tanto bióticos como abióticos.

4.2. EL OZONO TROPOSFÉRICO.

El ozono (O_3) es una forma alotrópica del oxígeno localizada principalmente en la estratosfera y en menor proporción en la troposfera. El ozono troposférico representa aproximadamente un 5-10% del total de la capa de ozono y procede tanto del transporte desde la estratosfera, como de la propia formación fotoquímica que ocurre en la troposfera (Lefthom *et al.*, 1990; Chameides y Lodge, 1992). La producción de este contaminante implica la oxidación de hidrocarburos y monóxido de carbono en presencia de óxidos de nitrógeno y radiación solar, a través de una serie de reacciones complejas (Wayne, 1987; Finlayson-Pitts, 1993). En una atmósfera que no está alterada, estos procesos forman parte del ciclo del carbono, al transformar los compuestos orgánicos en dióxido de carbono y vapor de agua. Pero en las regiones influenciadas directamente por las emisiones antropogénicas, los altos niveles de óxidos de nitrógeno actúan como catalizadores para la formación de ozono a partir de hidrocarburos. De esta manera, las concentraciones de O_3 pueden alcanzar valores elevados que pueden resultar peligrosos tanto para la salud humana como para la vegetación, especialmente en los meses de verano en los que se dan las mayores irradiaciones solares que favorecen estas reacciones.

Los niveles de O_3 registrados en una localidad son el resultado de un equilibrio entre los procesos de formación, transporte y destrucción, que vienen determinados por una combinación de factores meteorológicos y fotoquímicos. No existe, por tanto, una relación lineal entre las concentraciones de hidrocarburos y óxidos de nitrógeno (NO_x) y la formación de ozono (Chameides y Lodge, 1992). Así, en zonas con niveles bajos de NO_x , son estos compuestos los que controlan la fotoquímica del ozono, mientras que en las regiones con altas concentraciones de NO_x , son los niveles de hidrocarburos los que aumentan significativamente la formación de NO_x , son estos compuestos los que controlan la fotoquímica del ozono, mientras que en las regiones con altas concentraciones de NO_x , son los niveles de hidrocarburos los que aumentan significativamente la formación de O_3 (Chameides y Lodge, 1992; Simpson, 1995). Existe una gran cantidad de compuestos orgánicos volátiles en las atmósferas



contaminadas cada uno de los cuales presenta distintas tasas de reactividad, por lo que resulta extremadamente complejo caracterizar estos procesos y desarrollar una estrategia de control de los niveles de ozono. Además, otro factor importante a tener en cuenta es la emisión natural de hidrocarburos por parte de la vegetación, que en ocasiones puede resultar comparable o incluso superior a las emisiones provocadas por las actividades humanas (Kotzias *et al.*, 1989; Finlayson-Pitts y Pitts, 1993). Algunos de estos compuestos son altamente reactivos por lo que pueden actuar eficazmente como precursores de formación de ozono.

Analizando los registros de ozono más antiguos, se ha encontrado que las concentraciones de O₃ en las zonas rurales han aumentado a más del doble en el último siglo y que estos incrementos están relacionados con la producción fotoquímica debida a los niveles crecientes de óxidos de nitrógeno (Volz y Kley, 1988; Cartalis y Varotsos, 1994). Los modelos elaborados para simular la química atmosférica se han ajustado bien a esta evolución y predicen unos aumentos en las concentraciones de O₃ en los próximos años aún más rápidos que los registrados hasta ahora (Hough y Derwent, 1990; Chameides *et al.*, 1994), lo que podría tener graves consecuencias ecológicas y económicas.

Debido a que el ozono es un contaminante secundario y sus niveles dependen de las condiciones climáticas, existe una gran variación espacial y temporal en sus concentraciones, detectándose cambios en función de la latitud, la altitud, la época del año y el momento del día (Manning y Krupa, 1992). Por esta razón, los estudios de las relaciones causa-efecto en la vegetación precisan de un análisis de los niveles de ozono durante largos períodos de tiempo, con el fin de poder detectar si existen patrones de oscilación diaria y estacional en una localidad determinada que nos permitan sintetizar las variaciones en el tiempo de las concentraciones de ozono.

4.3. EFECTOS DEL OZONO SOBRE LA VEGETACIÓN.

Los efectos del ozono en las plantas pueden observarse en los distintos niveles de organización biológica: citología y bioquímica, fisiología, crecimiento y a nivel de población y ecosistemas. De forma general el ozono provoca dos tipos de alteraciones en función de las características de la exposición:

- **Efectos agudos**, producidos por altas concentraciones de O₃ durante cortos períodos de tiempo, que generalmente se observan como síntomas visibles. En las especies de hoja ancha, estos síntomas se caracterizan por una

pigmentación en forma de punteaduras de color marrón, rojizo o púrpura. Se trata de una respuesta fotosensible que afecta a las células más superficiales del parénquima en empalizada mientras que las nervaduras permanecen intactas. Cuando los daños se extienden se puede detectar una necrosis bifacial. En las coníferas, estos efectos se observan como un bandeo clorótico difuso y la aparición de puntas quemadas, observándose una defoliación que evoluciona desde la base de la copa hacia la parte superior (Guderian *et al.*, 1985; Manning y Krupa, 1992). La aparición de estos síntomas visibles se debe a cambios a nivel bioquímico y no siempre está relacionada con reducciones en el crecimiento o en la producción de biomasa (Schraudner *et al.*, 1997; Chappelka y Samuelson, 1998; Davison y Barnes, 1998), por lo que sería necesario desarrollar modelos más detallados para poder evaluar cuál es la relación entre los efectos a nivel celular y las respuestas a nivel de organismo.

- **Efectos crónicos**, provocados por concentraciones de O₃ pequeñas durante largos períodos de tiempo que ocasionalmente pueden presentar incrementos puntuales de ozono. En estos casos se registran alteraciones a nivel metabólico, a menudo sin que se observen síntomas visibles, que conducen a una senescencia prematura de las hojas y a cambios en el crecimiento y la productividad de las plantas. Este tipo de exposiciones pueden inducir otro tipo de respuestas más difíciles de apreciar como son una mayor sensibilidad frente a otros factores de estrés tanto bióticos como abióticos (Sandermann, 1996; Schraudner *et al.*, 1997; Pell *et al.*, 1997). Además, en las plantas perennes pueden aparecer efectos memoria que integran las exposiciones acumuladas durante varios períodos de crecimiento (Manning y Krupa, 1992).

La fitotoxicidad de un contaminante está determinada principalmente por tres procesos: su absorción, las reacciones químicas que induce en los lugares concretos donde actúa y la capacidad de la planta para activar los mecanismos de defensa (Mehlhorn, 1992). Estos mecanismos de defensa pueden actuar limitando la absorción del contaminante, evitando la formación de productos tóxicos o destruyendo los ya generados. La resistencia de las plantas a su vez depende de la especie considerada, de su estado de desarrollo y de la estrategia que desarrolle frente a situaciones de estrés (Guderian *et al.*, 1985; Sellén y Pleijel, 1995; Davison y Barnes, 1998; Skårby *et al.*, 1998). Pero además existen múltiples



factores externos que influyen en la respuesta de las plantas como son las condiciones climáticas y nutricionales o los posibles cambios en las relaciones intra e interespecificas dentro del ecosistema.

4.4. RESULTADOS.

El moteado clorótico difuso en hojas de pino es un daño que ha sido reproducido mediante fumigaciones con Ozono por numerosos autores (Marien, Velissarion, Sánchez Gimeno, etc.), confirmando que este síntoma es característico de ese contaminante. Estudios más detallados han demostrado que existe una buena correlación entre la aparición de este síntoma y la dinámica del ozono en la atmósfera.

Aprovechando esta sintomatología se ha estimado el valor máximo de daños por Ozono en cuanto estación, empleando para ello la plantilla que se adjunta, desarrollada por el programa ICP-Forests de las Naciones Unidas para la Protección de los Bosques.

Las observaciones se han hecho mediante técnicas ópticas, basadas en el porcentaje de punteaduras sobre las acículas afectadas.

Estas observaciones se deben realizar siempre, por expertos, con experiencia en este tipo de investigaciones, ya que, se puede producir un moteado clorótico parecido al que ocasiona el Ozono por otras causas, por ejemplo determinados ácaros y hongos. En este caso las manchas amarillentas suelen presentar un borde más delimitado, mientras que en las producidas por Ozono las bandas son más difusas. Las punteaduras o necrosis provocadas por este contaminante no afectan además a los tejidos conductores de la planta.

Como resumen de los resultados obtenidos en cada estación, reflejados en las fichas correspondientes, se adjunta un gráfico donde se puede observar el porcentaje de moteado clorótico en el conjunto de las 10 estaciones consideradas. También se adjunta un mapa con la distribución de las estaciones según sus daños.

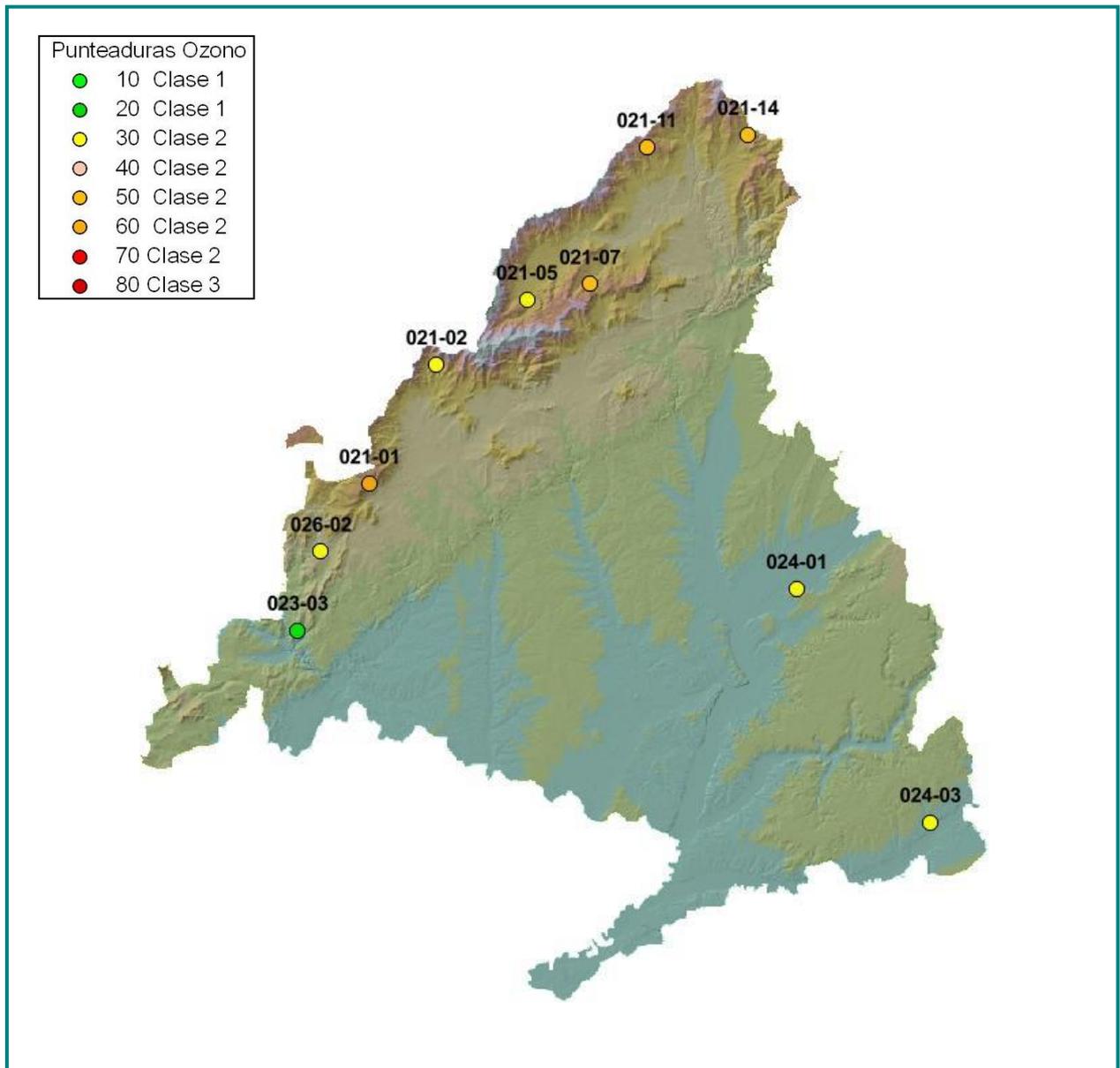


Figura 5.I. Punteaduras necróticas atribuidas a la acción del ozono.

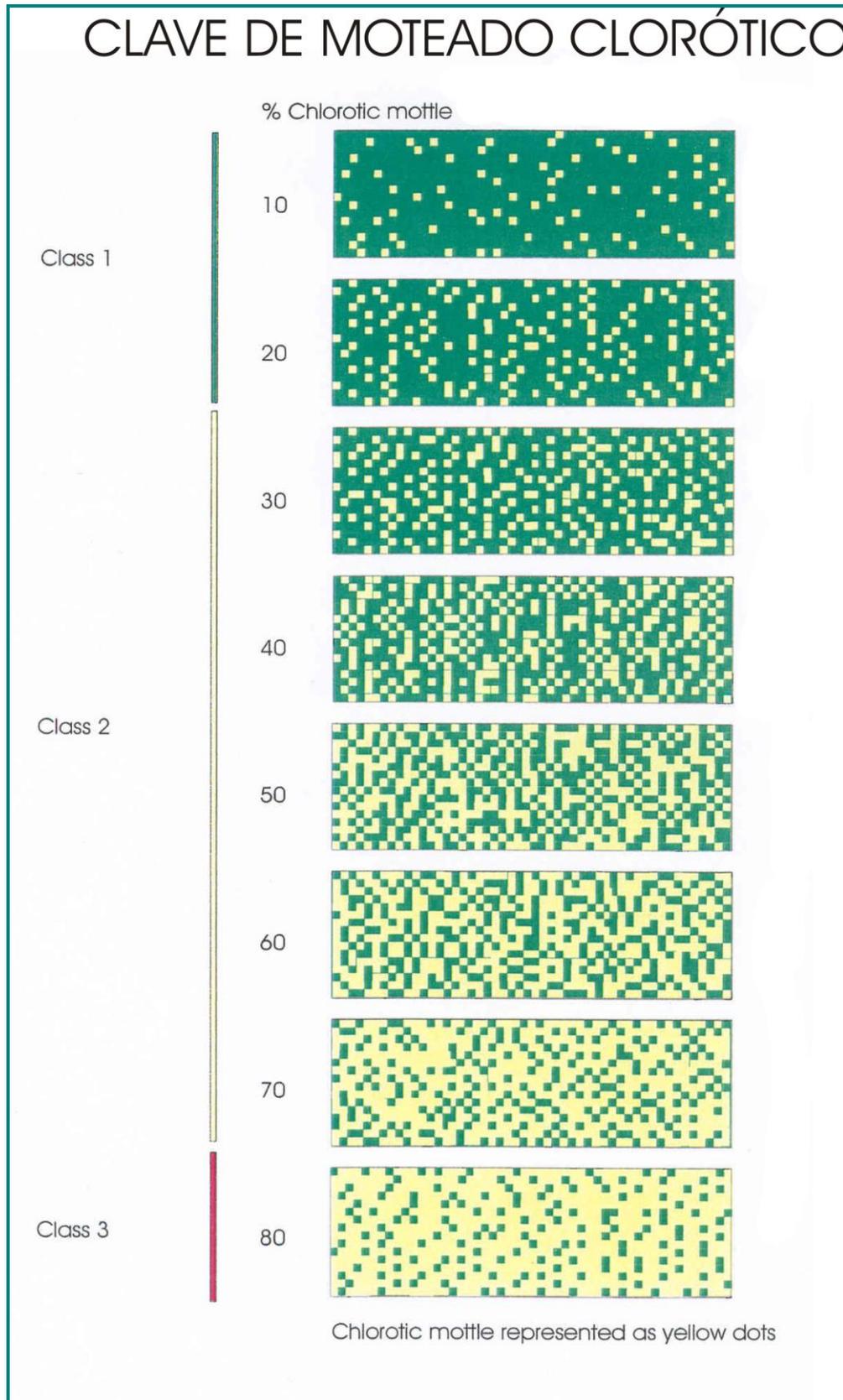


Figura 5.II. Clave de moteado clorótico.



TABLA 5.I: Punteaduras necróticas asociadas a ozono en las estaciones.

EST	TERMINO MUNICIPAL	ESPECIE	2014
021-01	San Lorenzo de El Escorial	<i>Pinus sylvestris</i>	60
021-02	Cercedilla	<i>Pinus sylvestris</i>	30
021-05	Rascafría	<i>Pinus sylvestris</i>	25
021-07	Canencia de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	45
021-11	Braojos	<i>Pinus sylvestris</i>	50
021-14	Montejo de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	45
023-03	Navas del Rey	<i>Pinus pinea</i>	15
024-01	Alcala de Henares	<i>Pinus halepensis</i>	25
024-03	Fuentidueña del Tajo	<i>Pinus halepensis</i>	30
026-02	Robledo de Chavela	<i>Pinus pinaster</i>	25

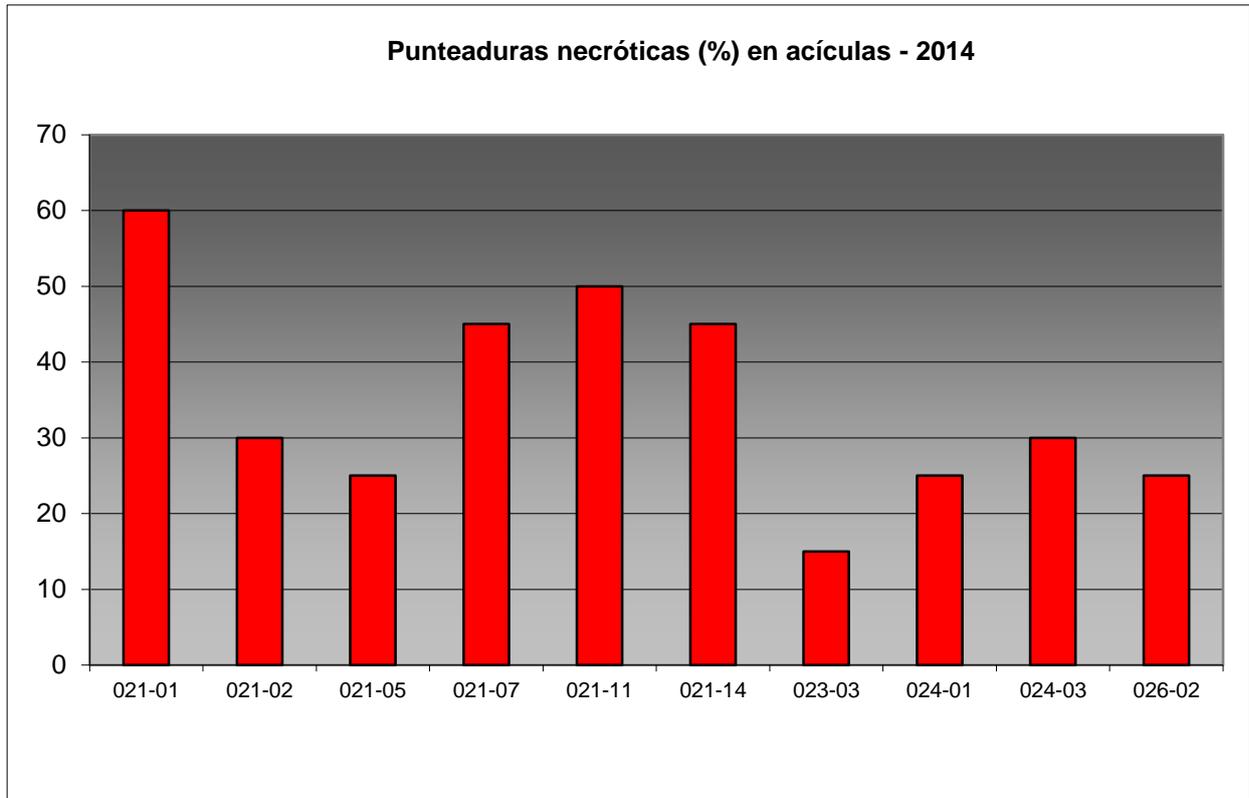


Figura 5.III. Porcentajes de moteado clorótico.

Como puede verse en la gráfica anterior, y en lo que se refiere a las punteaduras necróticas atribuidas a la acción del ozono, destacan en primer lugar las parcelas de El Escorial, Braojos, Canencia y Montejo de la Sierra, ambas con porcentajes de afección en torno al 50% de la superficie foliar, y sobre el arco norte de la Sierra, mientras que la zona oriental de la comunidad presenta afecciones notablemente menores a las del arco occidental, lo que parece estar relacionado con el régimen de distribución de vientos en la región y no sólo con la ubicación de los focos de emisión.



5. MEDICIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN MEDIANTE DOSÍMETROS PASIVOS.

5.1. NIVELES DE O₃ EN LA COMUNIDAD DE MADRID.

Las concentraciones medias quincenales de ozono troposférico registrados en la Comunidad de Madrid durante el periodo comprendido entre el 5 de marzo y el 23 de octubre de 2014 han oscilado entre los 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados en Canencia a comienzos de octubre y los 116 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Robledo de Chavela a mediados de mayo, con un valor medio de 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo de la campaña, en lo que supone un incremento considerable con respecto a revisiones anteriores. La figura 6.1 ilustra la evolución de la concentración media del contaminante durante la presente campaña.

La variación estacional de los niveles de ozono concuerda nuevamente con la observada en años anteriores en la zona: en líneas generales, su evolución anual viene definida por un amplio máximo primaveral y estival seguido de una reducción progresiva de sus niveles

durante los meses de otoño. Como es bien sabido, en zonas remotas del Hemisferio Norte es frecuente observar un máximo anual muy definido en las concentraciones de ozono durante primavera que se ha relacionado con la acumulación de los óxidos de nitrógeno precursores durante el invierno y principio de la primavera facilitada por la menor intensidad de la radiación solar. En ausencia de fuentes emisoras de precursores de importancia, como pueden ser áreas rurales no contaminadas, los niveles del contaminante deberían reducirse paulatinamente hasta alcanzar un mínimo invernal. En caso contrario, es decir, en presencia de fuentes emisoras de precursores de importancia, es habitual la documentación de un segundo máximo anual durante el verano, periodo de máxima intensidad de la radiación solar y por ende de mayor producción del contaminante, e incluso una prolongación del máximo primaveral a los meses de verano, fenómeno que parece concordar con lo registrado en el área de estudio. Una vez más, al igual de lo registrado previamente, los datos parecen revelar la presencia de masas de aire contaminadas en la zona, que bien podrían tratarse de precursores o de masas de aire envejecidas y transportadas desde áreas netamente emisoras, aspectos que requerirían estudios de mayor envergadura.

En todo caso, y por las características de la cuenca aérea de Madrid, se apunta a las emisiones de óxidos de nitrógeno procedentes de la circulación rodada como la principal fuente de emisión de este contaminante.

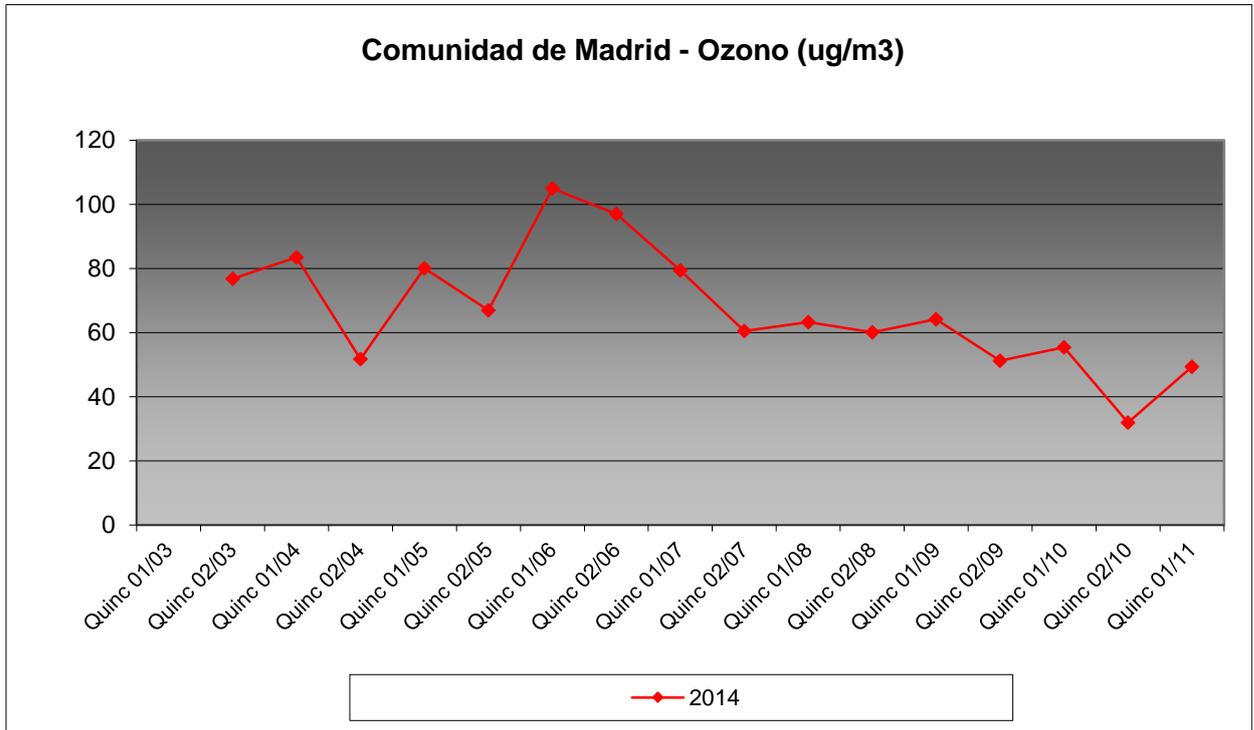


Figura 5.1. Evolución de las concentraciones medias quincenales de O₃ en la Comunidad de Madrid del 5 de Marzo al 7 de Noviembre de 2014, en base a los datos obtenidos mediante monitorización pasiva en los 10 puntos seleccionados en este estudio.

Los valores medios registrados durante el periodo de Junio a Septiembre, momento considerado más sensible para las cosechas por coincidir con el periodo de crecimiento, han oscilado entre los 27 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ registrados en Canencia a comienzos de septiembre y los 105 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de Cercedilla comienzos de junio, registrándose durante este periodo una concentración media de 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en tasas superiores a las obtenidas en anteriores periodos de muestreo.

El periodo de mayores niveles ha sido el de la segunda semana de mayo.

Se advierte también unos mayores niveles de concentración a lo largo del arco norte de la Sierra de Madrid, en la alineación Montejo-El Escorial, en un patrón ya advertido en revisiones anteriores, donde se advierten mayores tasas a mayores altitudes, lo que indicaría un patrón de acción muy condicionado por el viento.

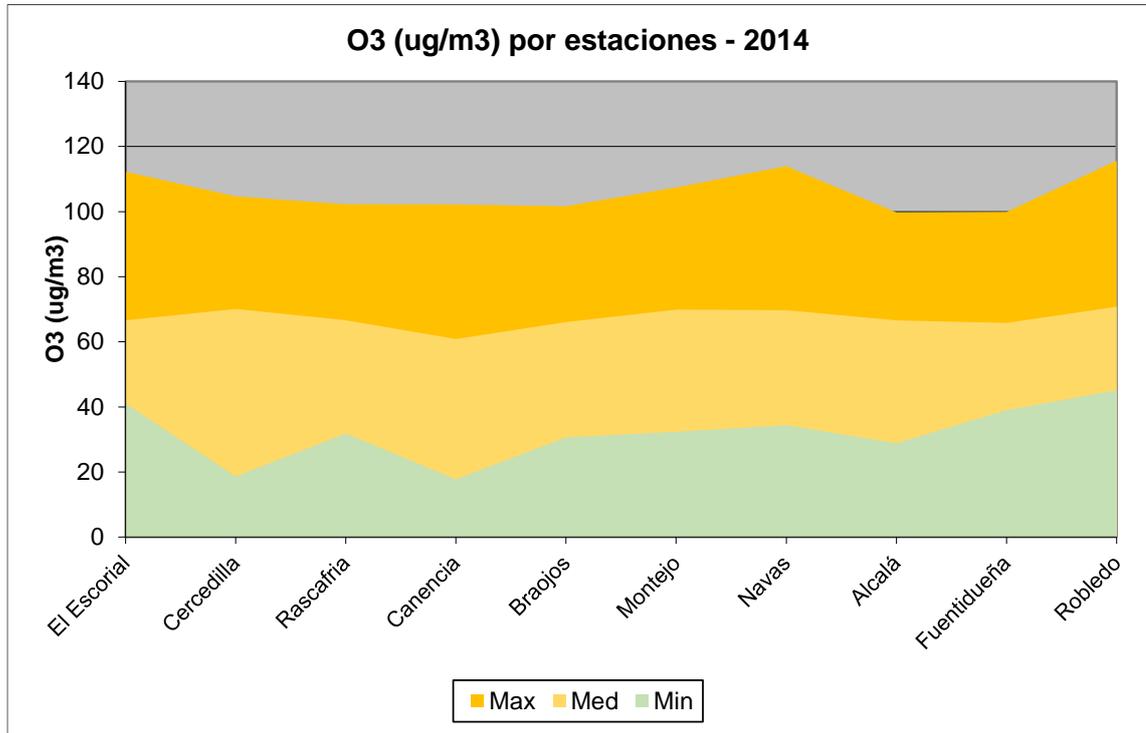


Figura 5.II. Concentraciones media, máxima y mínima de O₃ en cada uno de los puntos de muestreo para la campaña de 2014.

Tabla 5.III. Concentraciones medias quincenales de O₃ (µg m⁻³).

Localización	Muestreo O ₃ (µg/m ³)																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Med
El Escorial	51,7	83,7	50,3	82,2	64,9	112,3	93,6	76,2	58,6	61,4	53,6	62,0	65,2	63,8	41,0	45,0	66,6
Cercedilla	82,9	90,8	50,5	81,6	64,3	104,0	104,7	79,6	59,2	70,6	70,2	67,6	56,5	62,8	18,6	57,6	70,1
Rascafría	76,9	92,1	50,5	78,4	66,5	99,1	102,3	79,3	58,1	67,1	62,4	65,7	52,8	40,5	31,8	42,4	66,6
Canencia	78,4	92,0	50,4	77,0	67,1	96,5	102,2	79,4	59,5	58,7	53,0	56,0	27,0	29,8	17,7	28,9	60,9
Braojos	73,1	76,5	50,6	75,9	67,1	101,7	96,2	80,4	57,2	62,0	56,8	63,9	57,5	52,4	30,7	55,1	66,1
Montejo	78,1	91,8	50,5	75,9	66,8	107,4	97,5	80,2	59,3	66,1	60,4	69,1	58,5	66,1	32,3	58,1	69,9
Navas del R	87,3	79,8	52,3	82,7	65,0	114,0	94,8	81,1	56,4	69,0	63,6	71,9	34,7	68,9	34,4	59,4	69,7
Alcala de H	93,8	74,4	55,4	83,5	71,9	99,8	92,7	78,6	70,6	57,0	58,1	54,8	57,1	50,8	28,9	38,3	66,6
Fuentidueña	60,7	73,8	55,1	81,8	72,1	99,9	91,5	79,0	70,5	56,4	57,5	62,7	42,3	60,8	39,0	50,1	65,8
Robledo	85,7	79,5	52,2	82,1	64,6	115,6	94,5	80,9	55,6	65,0	65,8	67,8	60,6	58,3	45,1	59,2	70,8
Media	76,8	83,4	51,8	80,1	67,0	105,0	97,0	79,5	60,5	63,3	60,1	64,2	51,2	55,4	32,0	49,4	67,3



5.2. NIVELES DE NO₂ EN LA COMUNIDAD DE MADRID.

El valor medio que alcanzó el NO₂ durante la campaña de 2014 fue de 2,1 µg/m³, oscilando su concentración entre los 0,1 µg/m³ registrados en Braojos y Montejo a comienzos de junio; Rascafría a finales de septiembre y Cercedilla a mediados de octubre; y los más de 10 µg/m³ obtenidos en Alcalá de Henares a lo largo de mayo, septiembre y noviembre. Con respecto a anteriores campañas de revisión se advierte un ligero decrecimiento del valor medio, de sólo un par de décimas.

Al igual que en anteriores campañas, los mayores niveles se han obtenido en el entorno de Alcalá de Henares (zona de habitual concentración industrial en la que incluso la UE permitió una zona con mayor tolerancia a los máximos permitidos) mientras que las menores tasas se han registrado en El Escorial, Cercedilla, Rascafría y Canencia, donde los valores se han situado en el entorno de 1,0 µg/m³. **Los valores obtenidos en 2014 quedan muy por debajo de los umbrales de protección de la vegetación y de la salud humana.**

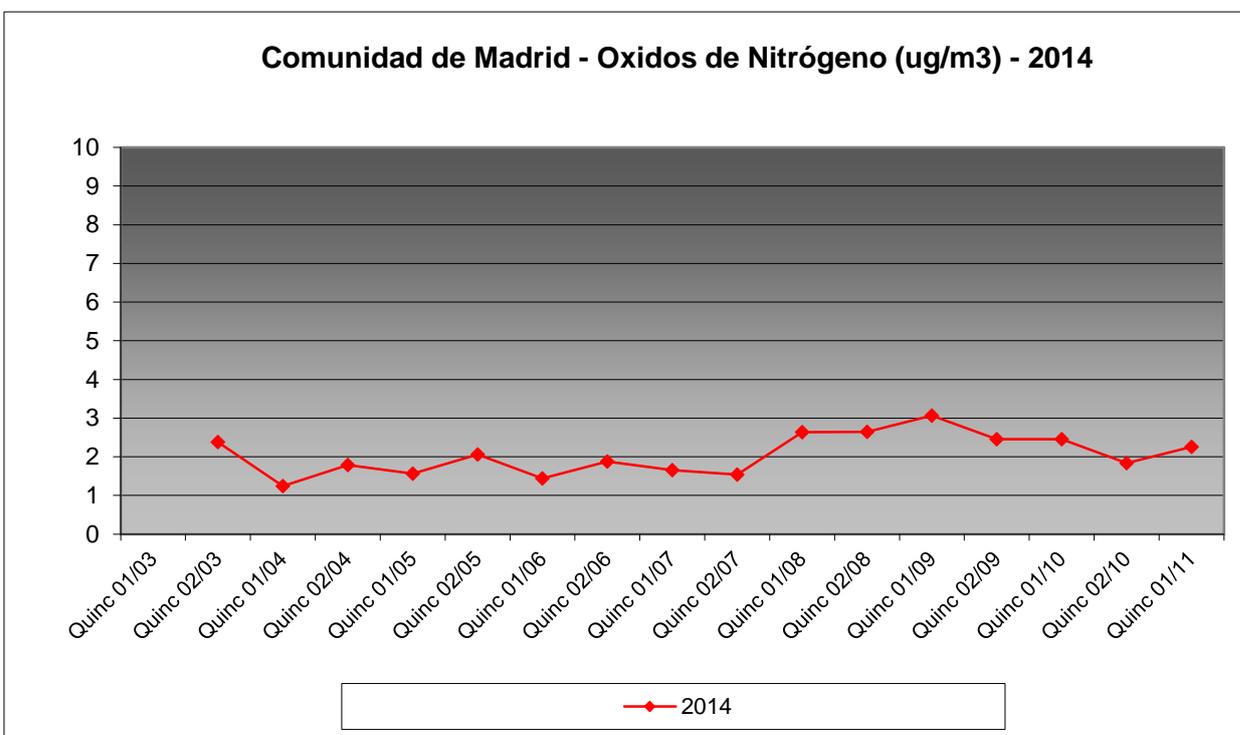


Figura 5.III. Evolución de las concentraciones medias quincenales de NO_x en la Comunidad de Madrid del 5 de Marzo al 7 de Noviembre de 2014, en base a los datos obtenidos mediante monitorización pasiva en los 10 puntos seleccionados en este estudio.

Al contrario que en el caso del ozono, se observa una mayor acumulación de estos contaminantes a lo largo de sus fuentes de emisión, no tan influenciadas por el movimiento de vientos, y presentando una mayor concentración en el entorno de los núcleos urbanos y a

menores cotas. La principal fuente de estos contaminantes son las emisiones provenientes del tráfico rodado, con lo que reducciones en la IMD del tráfico se traducirían en reducciones de su tasa de inmisión.

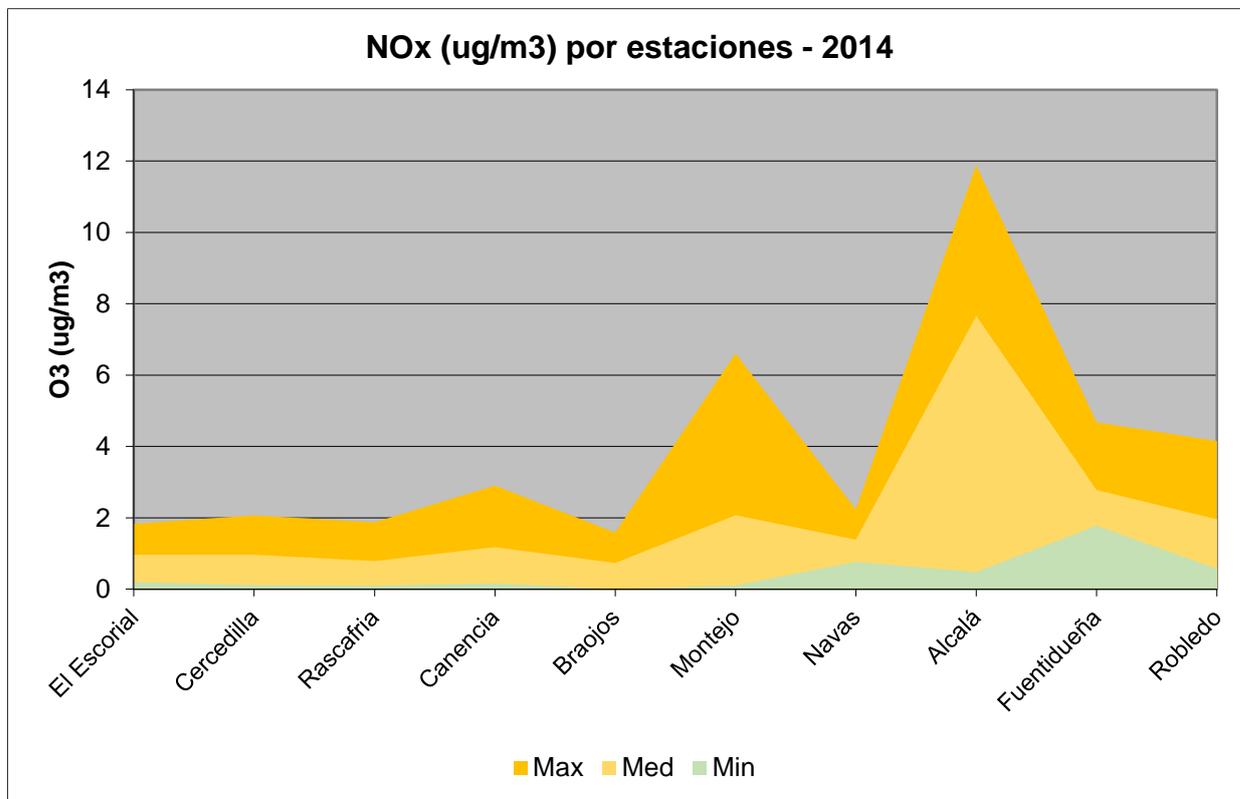


Figura 5.IV. Concentraciones media, máxima y mínima de NO_x en cada uno de los puntos de muestreo para la campaña de 2014.

Tabla 5.VII. Concentraciones medias quincenales de NO₂ (µg m⁻³)

Localización	Muestreo NO ₂ (µg/m ³)																
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	Med
El Escorial	1,7	0,8	0,7	0,5	1,5	0,5	1,0	0,9	0,9	1,8	1,7	1,2	1,4	0,4	0,2	0,3	1,0
Cercedilla	1,7	0,5	0,7	0,5	0,8	0,7	1,0	1,1	1,0	1,7	1,9	2,1	1,0	0,5	0,1	0,2	1,0
Rascafría	0,9	0,7	0,8	0,6	0,7	0,6	0,6		0,7	1,3	1,2	1,9	0,1	0,8	0,2	0,6	0,8
Canencia	1,3	0,6	0,6	0,6	0,8	0,7	1,0	0,8	0,9	2,9	2,1	2,8	0,2	1,2	0,8	1,5	1,2
Braojos	1,0	0,5	0,5	0,0	1,0	0,1	0,4	0,2	0,4	1,1	0,5	1,1	0,9	1,2	1,4	1,6	0,7
Montejo	0,6	0,5	0,4	0,2	0,3	0,1	0,9	5,8	0,6	1,5	1,7	1,2	6,6	5,9	5,2	1,6	2,1
Navas del R	2,2	1,0	1,2	0,8	1,3	0,9	1,3	1,0	1,4	1,7	1,2	2,1	2,0	1,8	1,0	1,4	1,4
Alcala de H	9,0	3,7	8,4	8,3	10,5	7,8	7,8	0,5	5,6	9,0	9,7	10,6	4,3	8,8	6,9	11,9	7,7
Fuentidueña	2,3	2,4	2,9	2,6	2,2	1,8	2,6	3,0	2,1	3,4	3,9	3,6	4,7	2,4	2,0	2,5	2,8
Robledo	3,0	1,7	1,7	1,5	1,4	1,2	2,0	1,6	1,9	2,0	2,4	4,2	3,4	1,6	0,6	1,1	2,0
Media	2,4	1,2	1,8	1,6	2,1	1,4	1,9	1,7	1,5	2,6	2,6	3,1	2,5	2,5	1,8	2,3	2,0



Centrándonos en el periodo de Junio a Septiembre, periodo en el que las concentraciones de O₃ tienden a ser más elevadas en zonas con presencia significativa de precursores, obtenemos descriptivos prácticamente idénticos a los correspondientes a todo el periodo de muestreo, al igual de lo observado en el caso del O₃.

En la campaña de 2014 se ha registrado una correlación positiva entre los niveles de NO₂ y los de O₃ ($p < 0,05$; $r^2 = 0,56$), lo cual indica que el primero está contribuyendo a la formación de ozono en la zona de estudio.



5.3. NIVELES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS POR MUESTREOS.

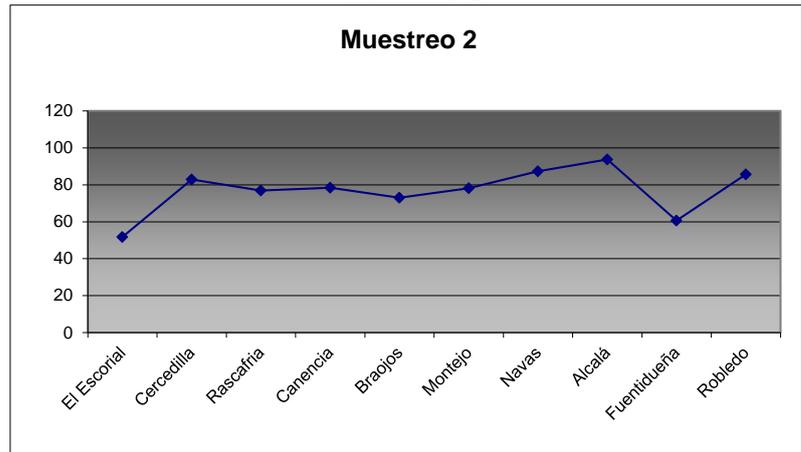
5.3.1. OZONO

Muestreo 2 (18-20/03/2014):

Tabla I. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 2

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	51,68
E-021-02	Cercedilla	82,94
E-021-05	Rascafría	76,89
E-021-07	Canencia	78,38
E-021-11	Braojos	73,07
E-021-14	Montejo de la Sierra	78,10
E-023-03	Navas del Rey	87,28
E-024-01	Alcalá de Henares	93,75
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	60,68
E-026-02	Robledo de Chavela	85,71
Media		76,85

Figura I. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 2



En el primer muestreo realizado los valores oscilan entre los 94 µg/m³ de Alcalá de Henares y los 52 µg/m³ de El Escorial.

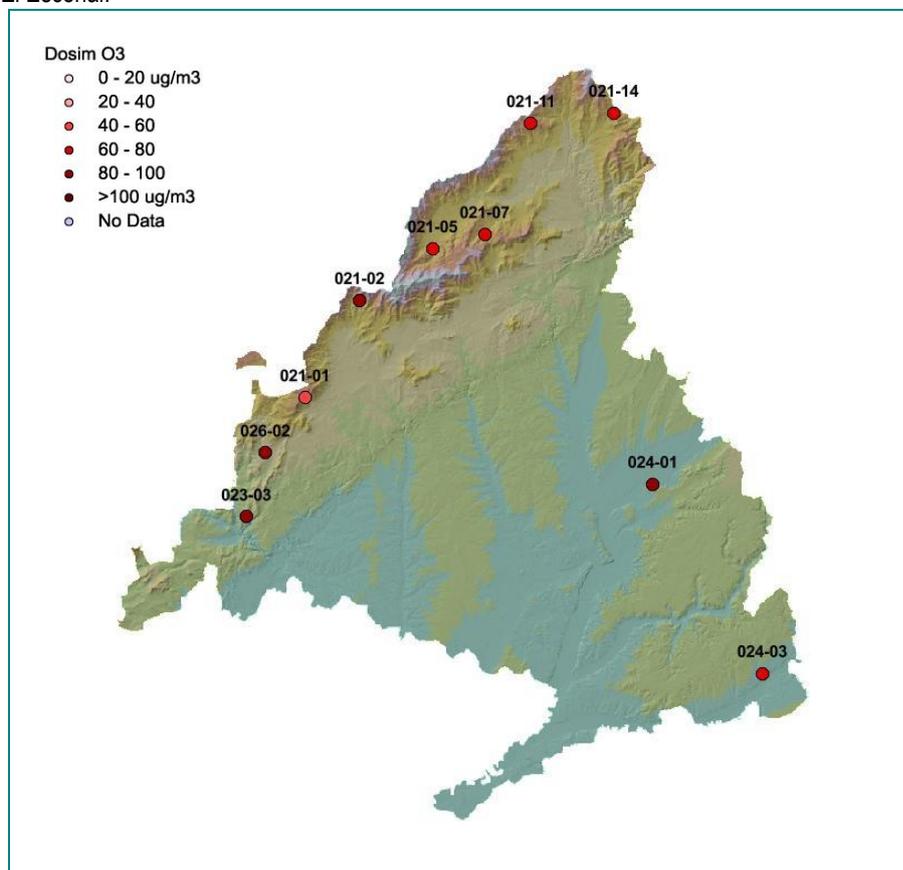


Figura II: Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 2

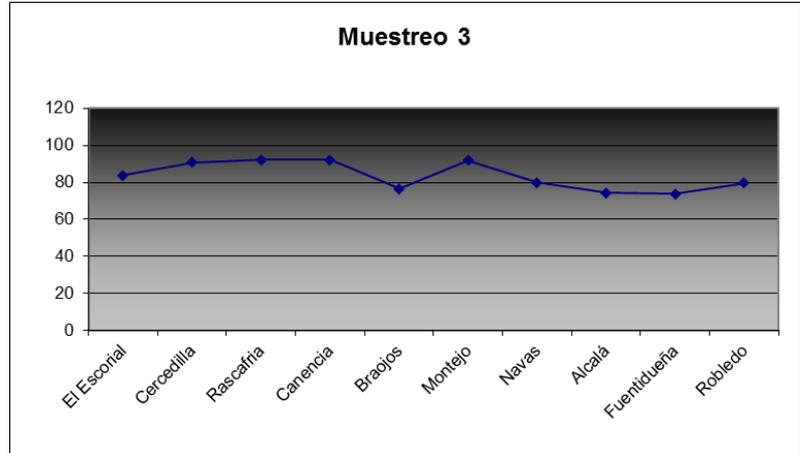


Muestreo 3 (01-02/04/2014):

Tabla II. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 3

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	83,69
E-021-02	Cercedilla	90,76
E-021-05	Rascafría	92,13
E-021-07	Canencia	92,01
E-021-11	Braojos	76,51
E-021-14	Montejo de la Sierra	91,81
E-023-03	Navas del Rey	79,84
E-024-01	Alcalá de Henares	74,39
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	73,84
E-026-02	Robledo de Chavela	79,47
Media		83,45

Figura III. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 3



En el presente muestreo se advierte un comportamiento más estable que el anterior, entorno

a valores de $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre los $74 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Robledo de Chavela y los $92 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de Rascafría, Montejo y Canencia.

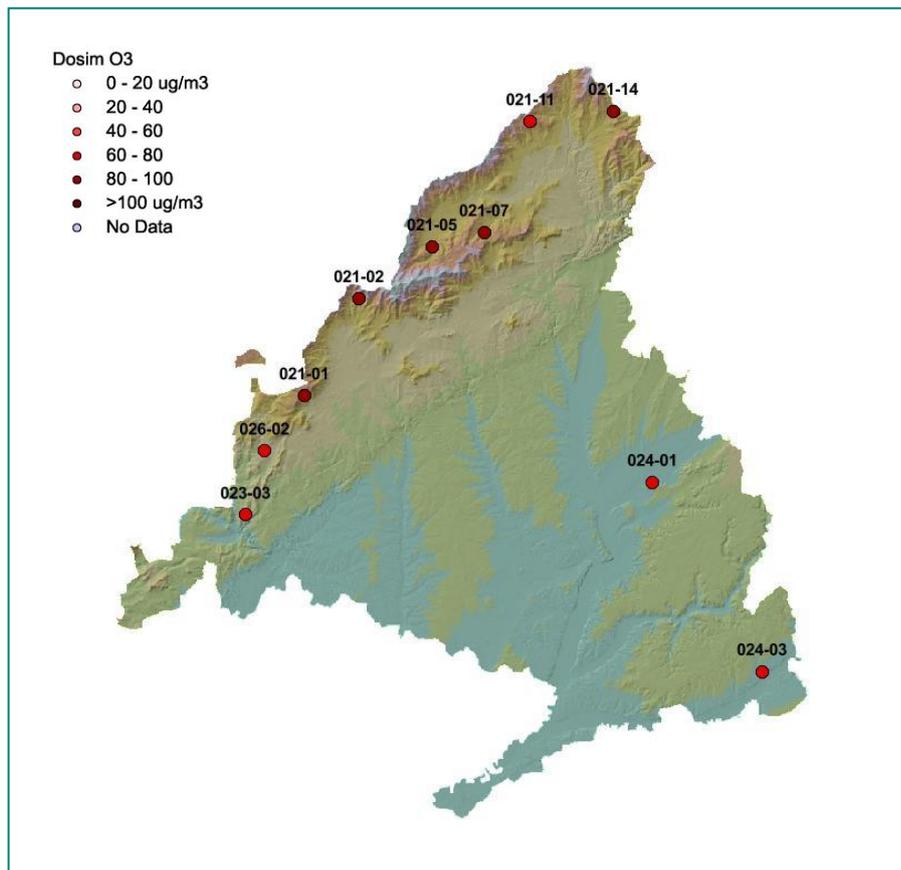


Figura IV. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 3

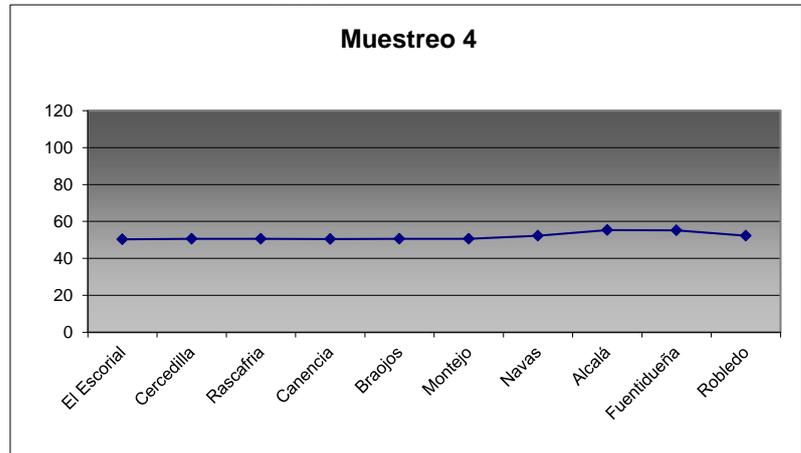


Muestreo 4 (22-23/04/2014):

Tabla III. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 4

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	50,35
E-021-02	Cercedilla	50,53
E-021-05	Rascafría	50,53
E-021-07	Canencia	50,44
E-021-11	Braojos	50,55
E-021-14	Montejo de la Sierra	50,54
E-023-03	Navas del Rey	52,27
E-024-01	Alcalá de Henares	55,36
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	55,12
E-026-02	Robledo de Chavela	52,18
Media		51,79

Figura V. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 4



De nuevo se advierte un comportamiento muy estable y con una notable reducción respecto a la revisión anterior, en torno a valores de $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de entre los que

sobresalen ligeramente Alcalá y Fuentidueña, donde se registran tasas ligeramente superiores.

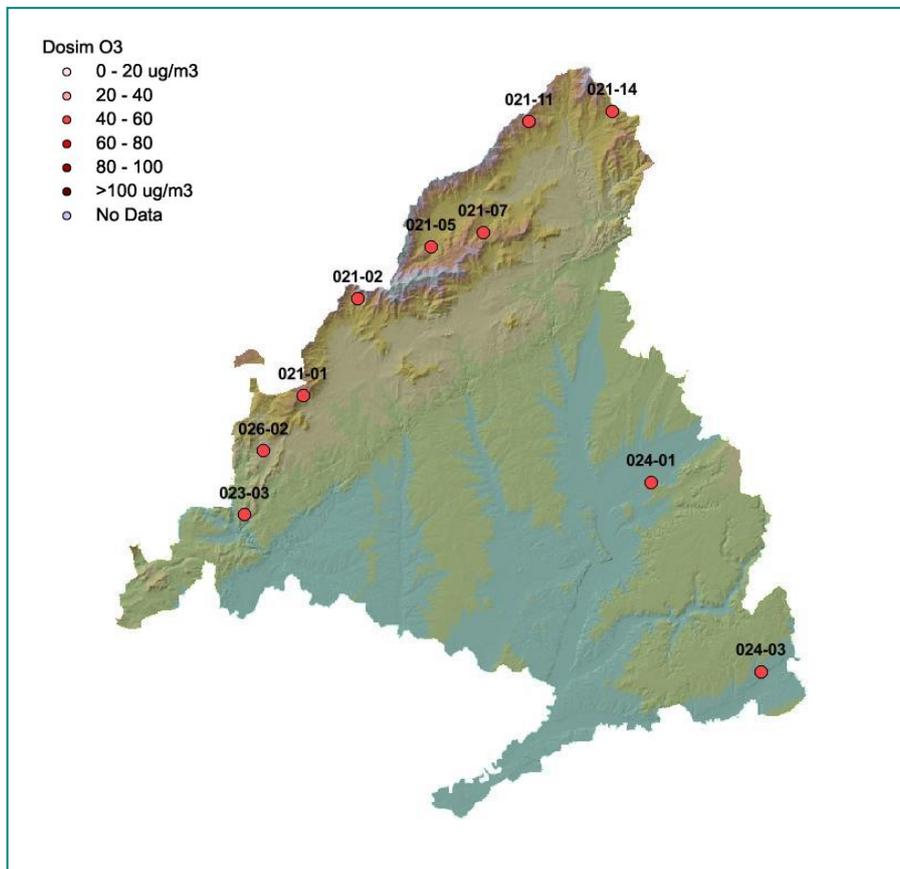


Figura VI. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 4

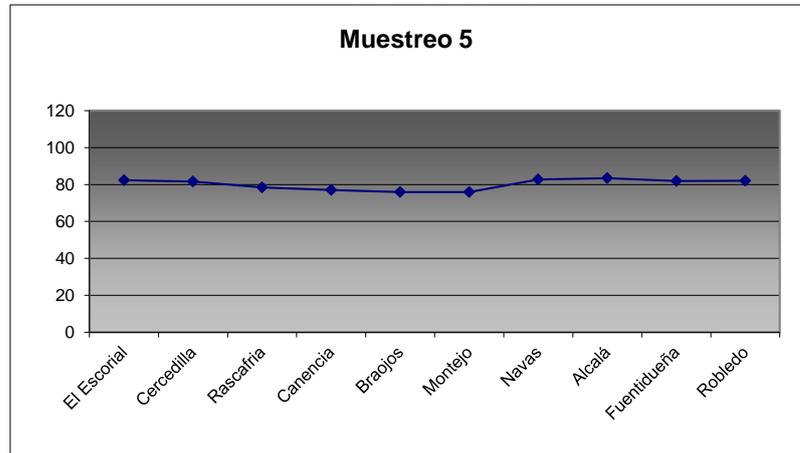


Muestreo 5 (06-08/05/2014):

Tabla IV. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 5

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	82,23
E-021-02	Cercedilla	81,56
E-021-05	Rascafría	78,43
E-021-07	Canencia	76,96
E-021-11	Braojos	75,91
E-021-14	Montejo de la Sierra	75,89
E-023-03	Navas del Rey	82,65
E-024-01	Alcalá de Henares	83,48
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	81,84
E-026-02	Robledo de Chavela	82,05
Media		80,10

Figura VII. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 5



De nuevo se advierte un comportamiento muy estable a lo largo de las estaciones de seguimiento,

si bien con un incremento en la tasa media, que pasa a ser próxima a $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$ entre los 76 de Montejo y los 83 de Alcalá.

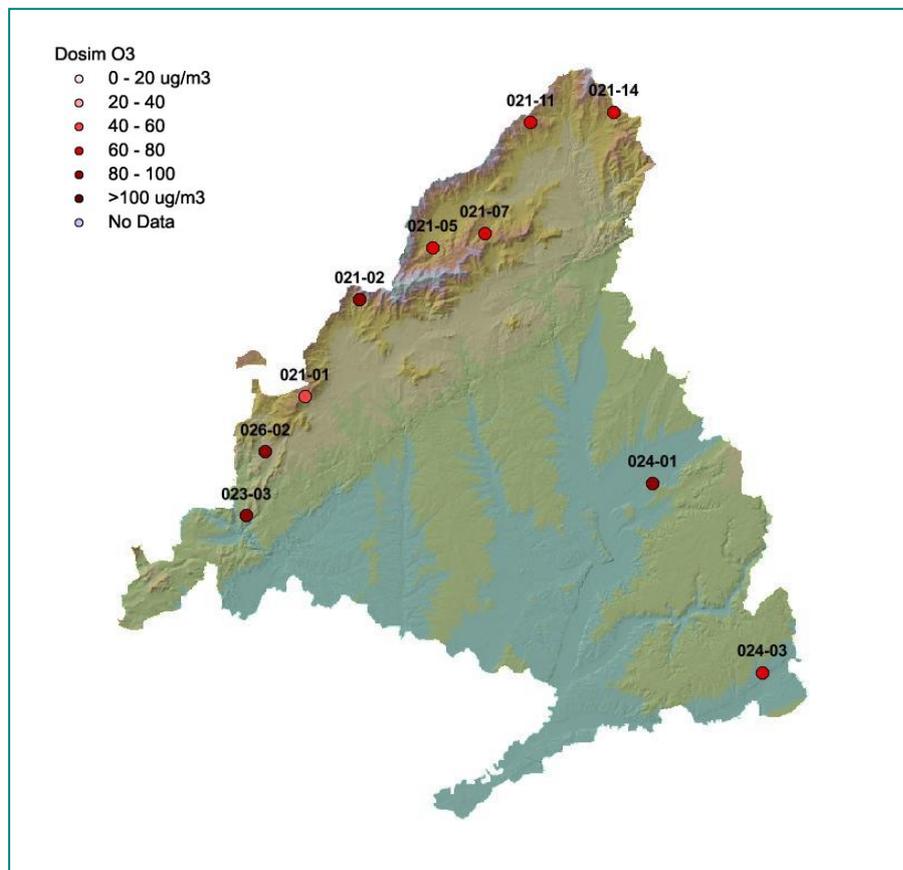


Figura VIII. Mapa de concentraciones de O_3 en el muestreo nº 4

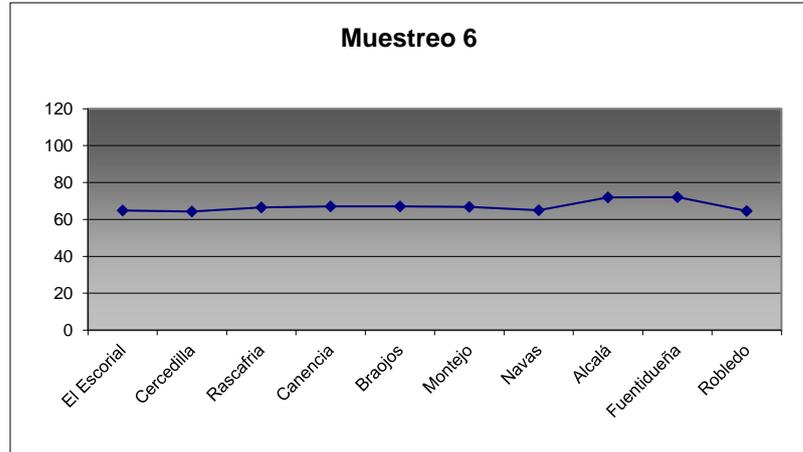


Muestreo 6 (22-25/05/2014):

Tabla V. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 6

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	64,89
E-021-02	Cercedilla	64,28
E-021-05	Rascafría	66,53
E-021-07	Canencia	67,11
E-021-11	Braojos	67,06
E-021-14	Montejo de la Sierra	66,80
E-023-03	Navas del Rey	65,00
E-024-01	Alcalá de Henares	71,89
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	72,07
E-026-02	Robledo de Chavela	64,59
Media		67,02

Figura IX. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 6



Se registra una nueva reducción en los valores de fondo del contaminante, que se sitúa en el entorno de los 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con un mínimo en Cercedilla de 65 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y un

máximo en el corredor sur (Alcalá y Fuentidueña) ligeramente superior a 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

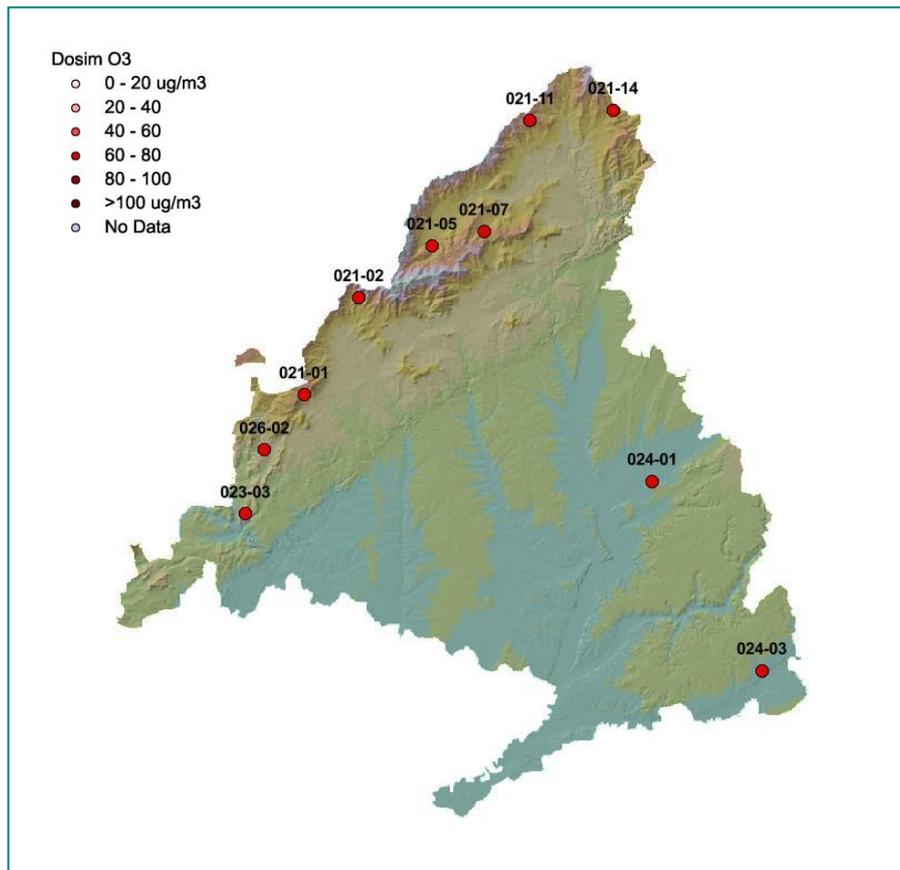


Figura X. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 6

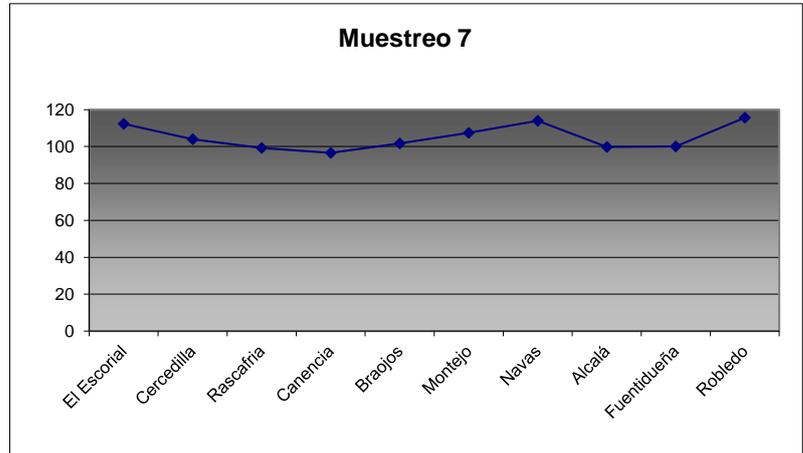


Muestreo 7 (03-06/06/2014):

Tabla VI. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 7

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	112,27
E-021-02	Cercedilla	104,00
E-021-05	Rascafría	99,15
E-021-07	Canencia	96,50
E-021-11	Braojos	101,66
E-021-14	Montejo de la Sierra	107,44
E-023-03	Navas del Rey	113,95
E-024-01	Alcalá de Henares	99,75
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	99,99
E-026-02	Robledo de Chavela	115,63
Media		105,03

Figura XI. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 7



En el presente muestreo, cuando empieza a registrarse una mayor duración del día, se advierte un nuevo incremento generalizado de los valores de fondo, de forma

que se supera el umbral de $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con máximos locales en El Escorial y Navas del Rey y mínimos en Canencia.

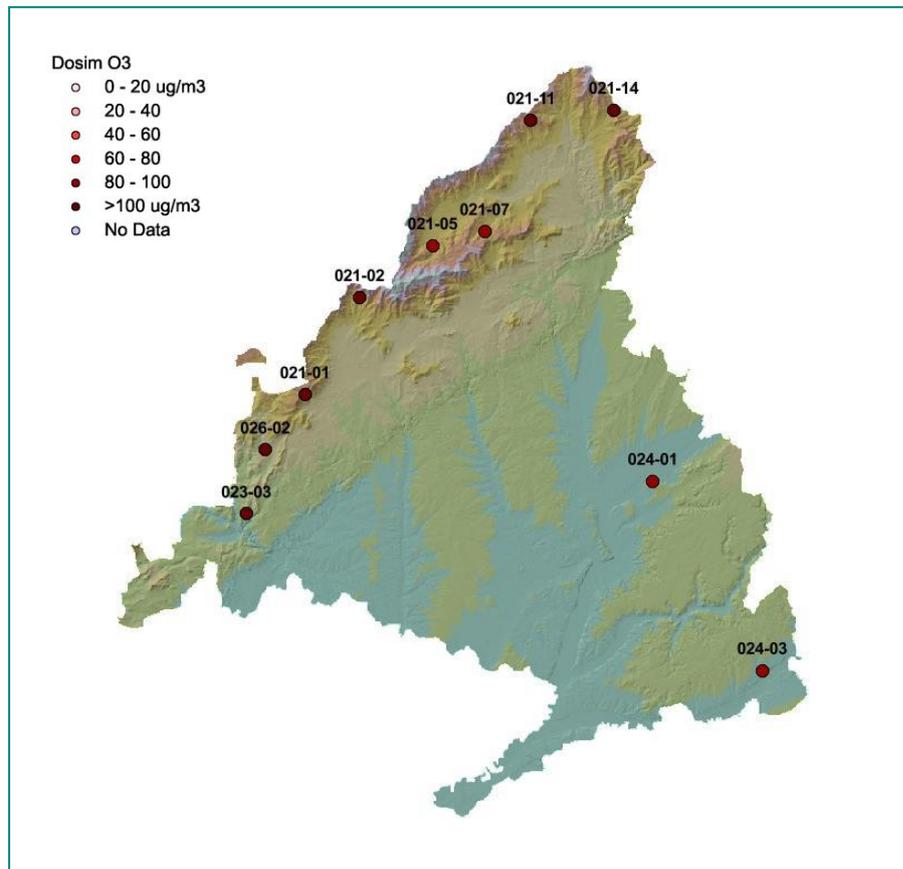


Figura XII. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 7

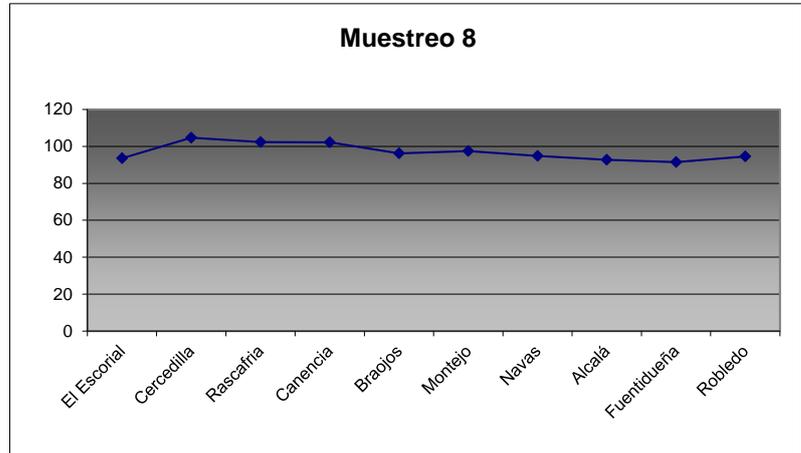


Muestreo 8 (16-17/06/2014):

Tabla VII. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 8

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	93,57
E-021-02	Cercedilla	104,69
E-021-05	Rascafría	102,27
E-021-07	Canencia	102,20
E-021-11	Braojos	96,23
E-021-14	Montejo de la Sierra	97,52
E-023-03	Navas del Rey	94,85
E-024-01	Alcalá de Henares	92,66
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	91,50
E-026-02	Robledo de Chavela	94,53
Media		97,00

Figura XIII. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 8



En la presente revisión se alcanzan niveles muy similares a los del muestreo anterior, si bien algo más reducidos, del muestreo anterior, si bien algo más reducidos,

con máximos en Rascafría y Canencia y mínimos en Alcalá y Fuentidueña.

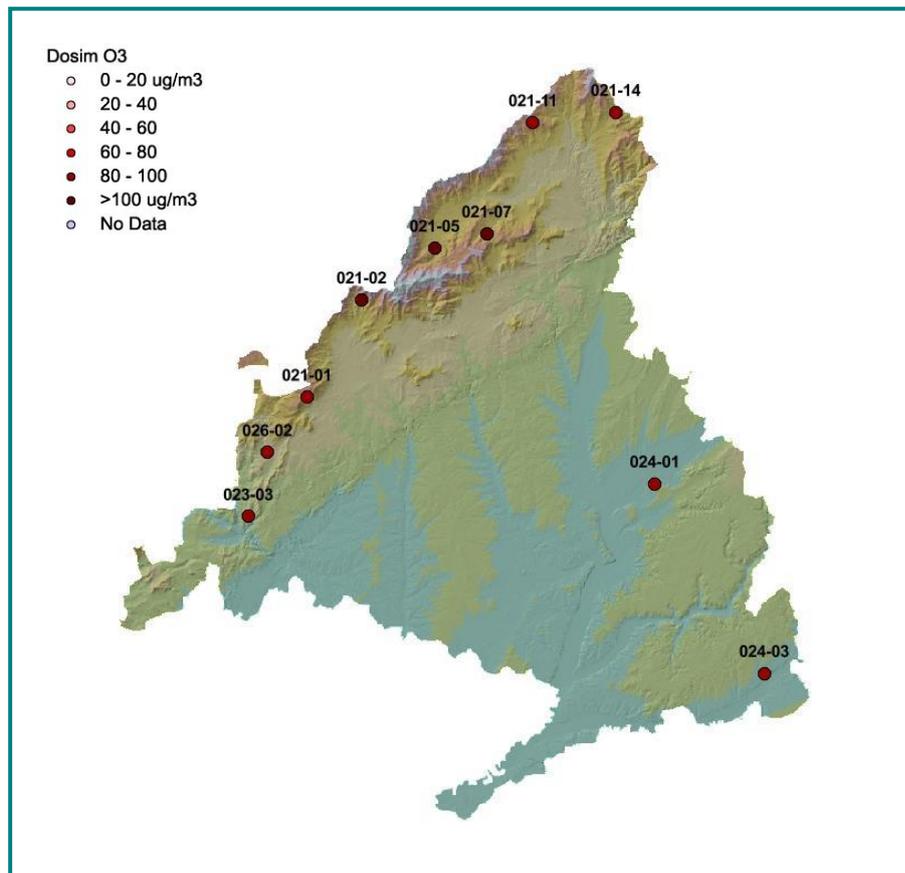


Figura XIV. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 8

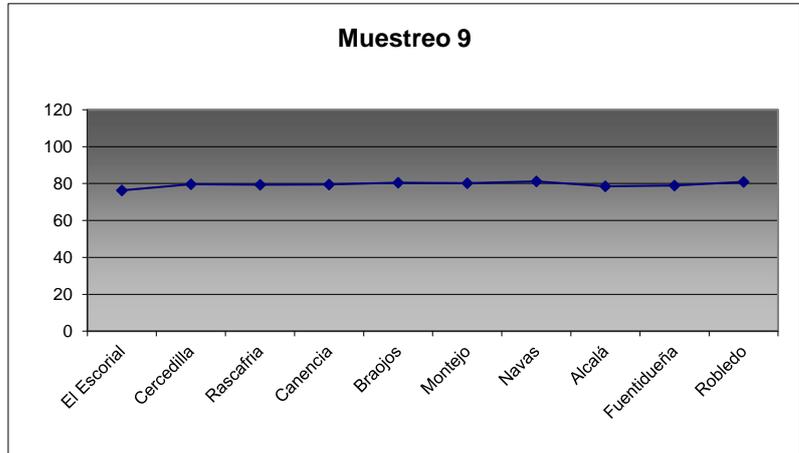


Muestreo 9 (01-02/07/2014):

Tabla VIII. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 9

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	76,21
E-021-02	Cercedilla	79,59
E-021-05	Rascafría	79,27
E-021-07	Canencia	79,42
E-021-11	Braojos	80,40
E-021-14	Montejo de la Sierra	80,18
E-023-03	Navas del Rey	81,13
E-024-01	Alcalá de Henares	78,57
E-024-03	Fuenteidueña de Tajo	78,96
E-026-02	Robledo de Chavela	80,86
Media		79,46

Figura XV. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 9



Se advierte de nuevo un comportamiento muy estable, en el entorno de los $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, sin apenas variaciones entre las distintas estaciones..

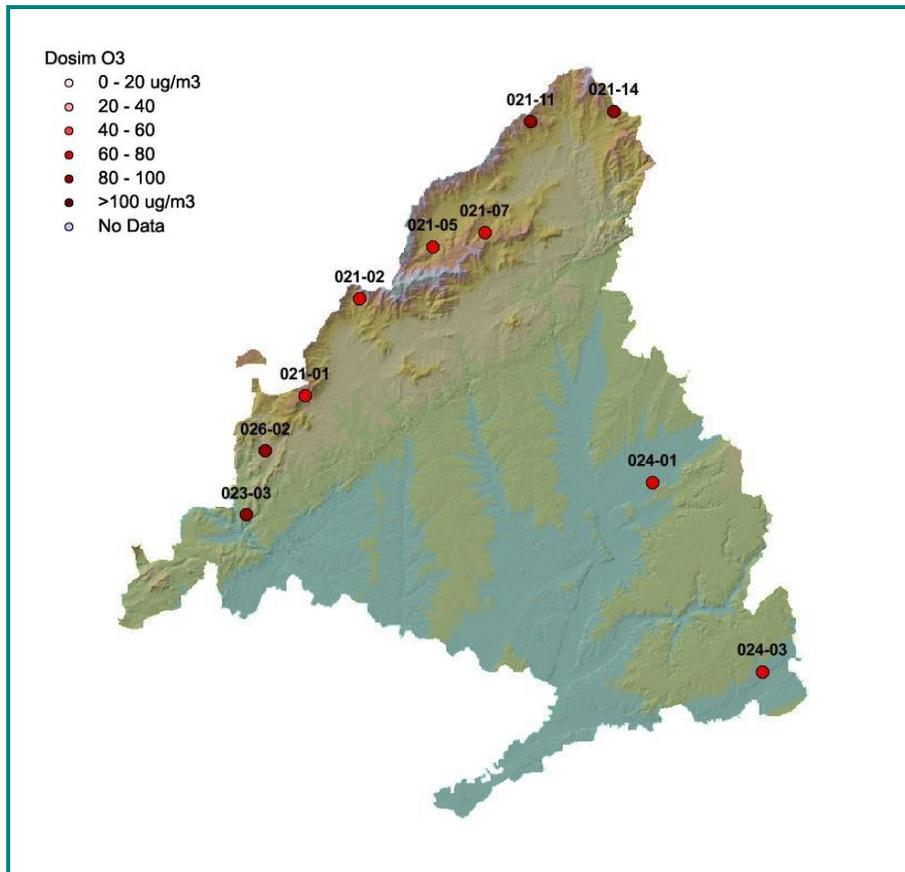


Figura XVI. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 9

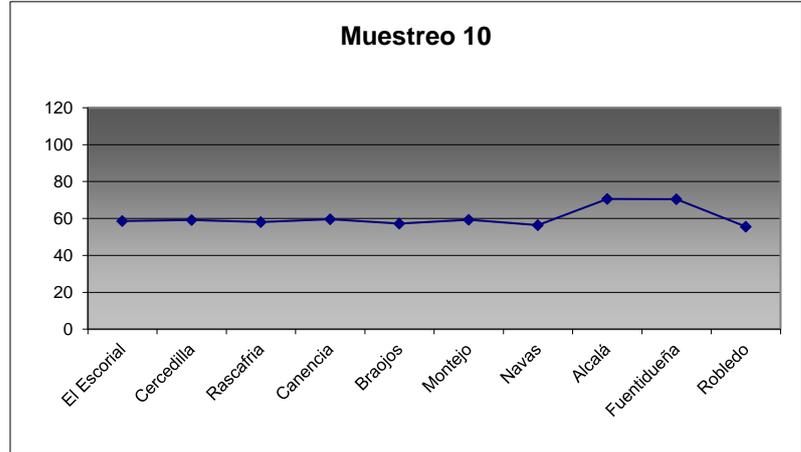


Muestreo 10 (18-22/07/2014):

Tabla IX. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 10

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	58,58
E-021-02	Cercedilla	59,16
E-021-05	Rascafría	58,11
E-021-07	Canencia	59,53
E-021-11	Braojos	57,25
E-021-14	Montejo de la Sierra	59,28
E-023-03	Navas del Rey	56,45
E-024-01	Alcalá de Henares	70,58
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	70,48
E-026-02	Robledo de Chavela	55,58
Media		60,50

Figura XVII. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 10



En coincidencia con el mes de julio, se observa una reducción de los niveles de fondo en torno a los $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con un cierto pico marcado en la orla sur de

la comunidad, a lo largo de la alineación Fuentidueña-Alcalá..

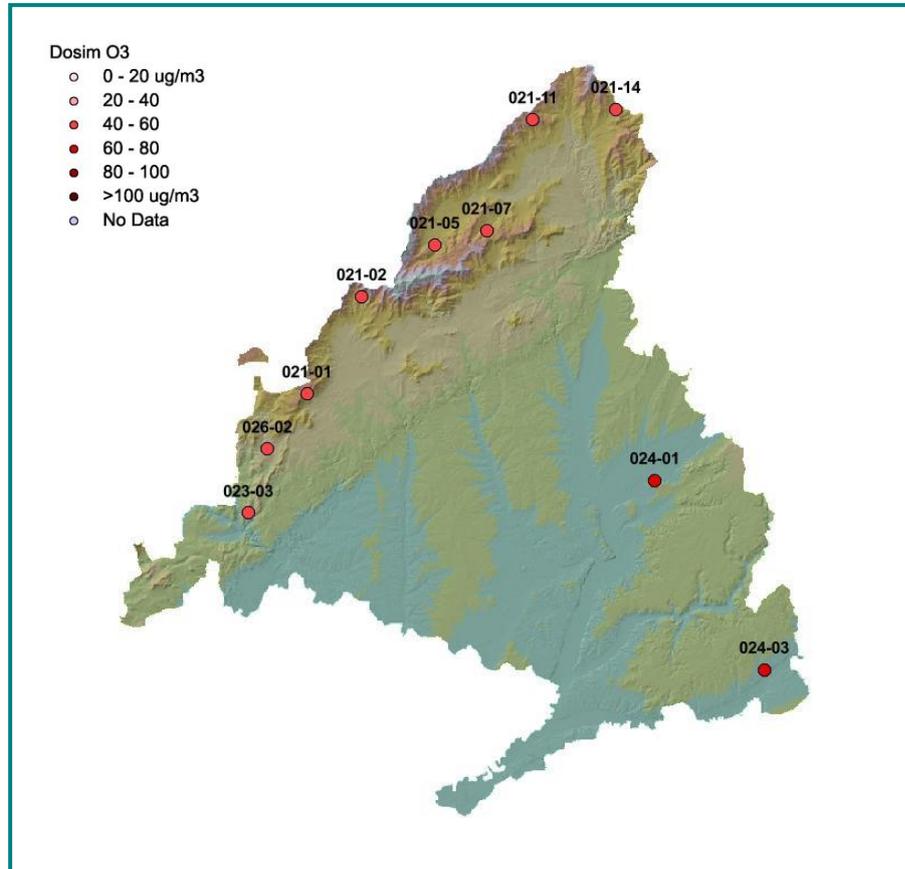


Figura XVIII. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 10

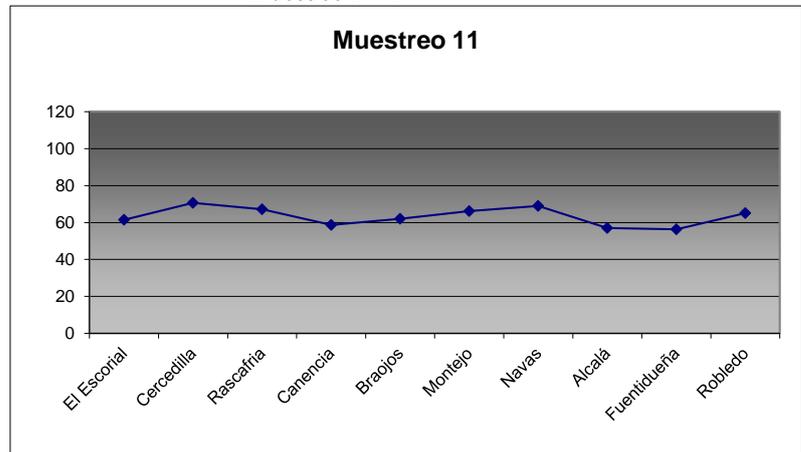


Muestreo 11 (05-06/08/2014):

Tabla X. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 11

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	61,43
E-021-02	Cercedilla	70,64
E-021-05	Rascafría	67,12
E-021-07	Canencia	58,71
E-021-11	Braojos	62,01
E-021-14	Montejo de la Sierra	66,13
E-023-03	Navas del Rey	69,02
E-024-01	Alcalá de Henares	56,98
E-024-03	Fuenteidueña de Tajo	56,38
E-026-02	Robledo de Chavela	65,04
Media		63,35

Figura XIX. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 11



A medida que va progresando el verano se advierte un cierto incremento de los valores medios de la serie, aunque el comportamiento general continúa

siendo muy estable, con máximos en Cercedilla, Montejo de la Sierra y Navas del Rey.

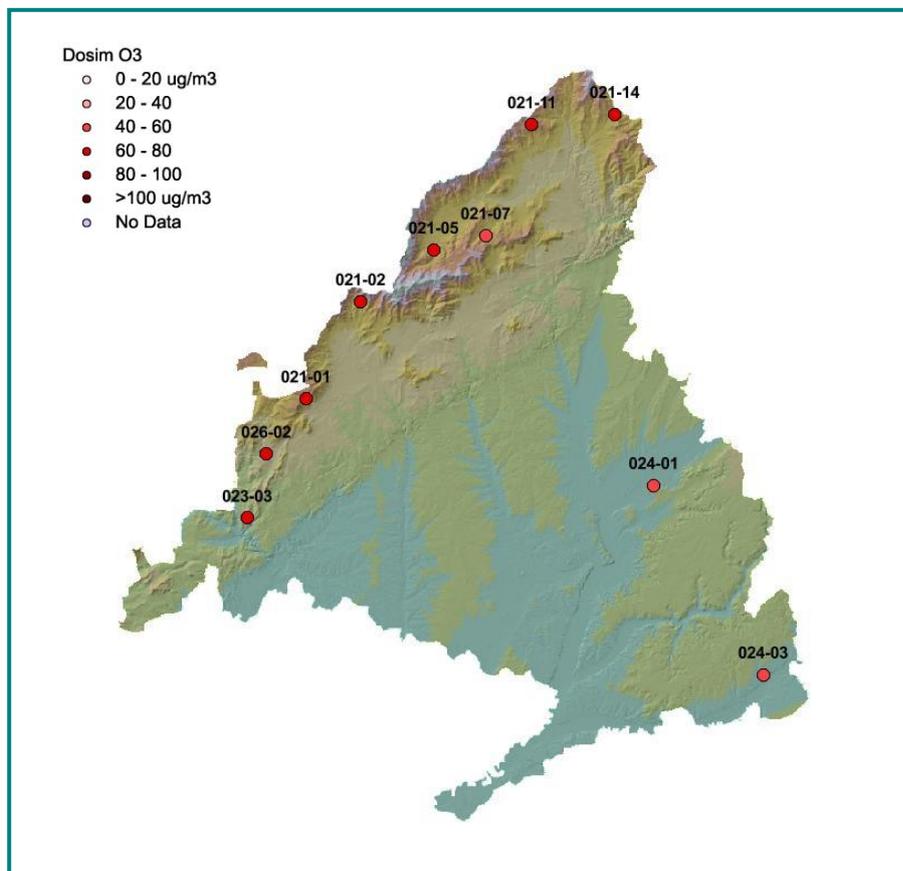


Figura XX: Mapa de las concentraciones de Ozono en el muestreo nº 11

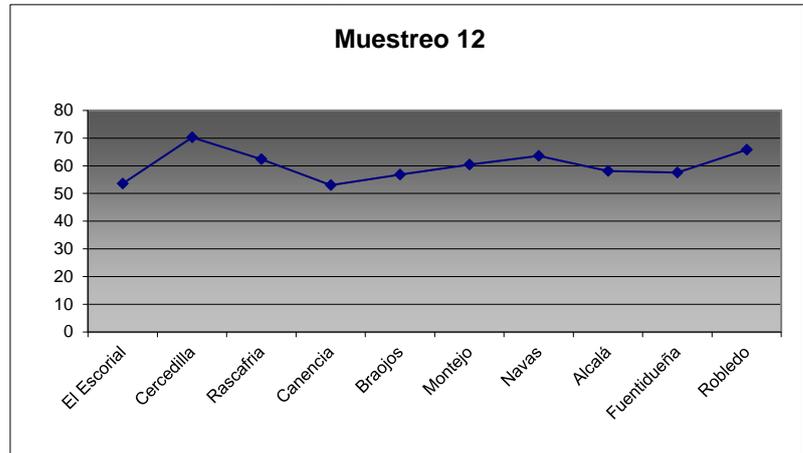


Muestreo 12 (20-21/08/2014):

Tabla XI. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 12

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	53,58
E-021-02	Cercedilla	70,22
E-021-05	Rascafría	62,36
E-021-07	Canencia	52,97
E-021-11	Braojos	56,79
E-021-14	Montejo de la Sierra	60,43
E-023-03	Navas del Rey	63,56
E-024-01	Alcalá de Henares	58,09
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	57,51
E-026-02	Robledo de Chavela	65,81
Media		60,13

Figura XXI. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 12



En la presente revisión se advierte una ligera disminución de los los valores de fondo del

contaminante; destacando los máximos de Cercedilla y Robledo de Chavela y el mínimo local observado en Canencia..

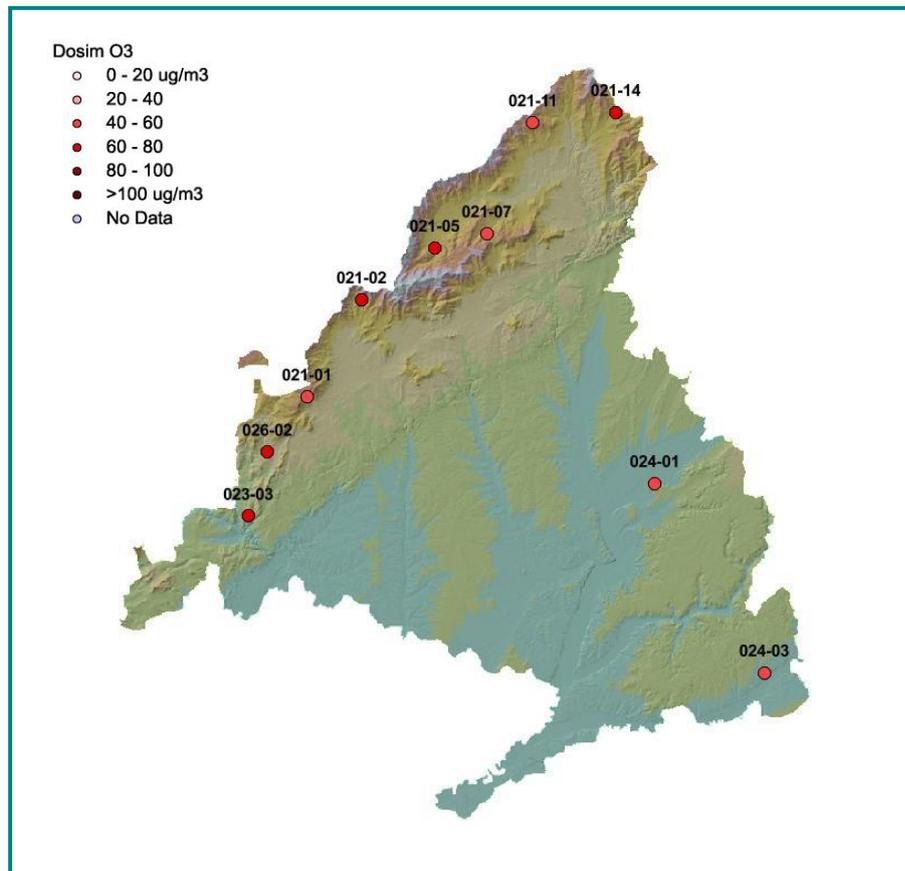


Figura XXII: Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 12

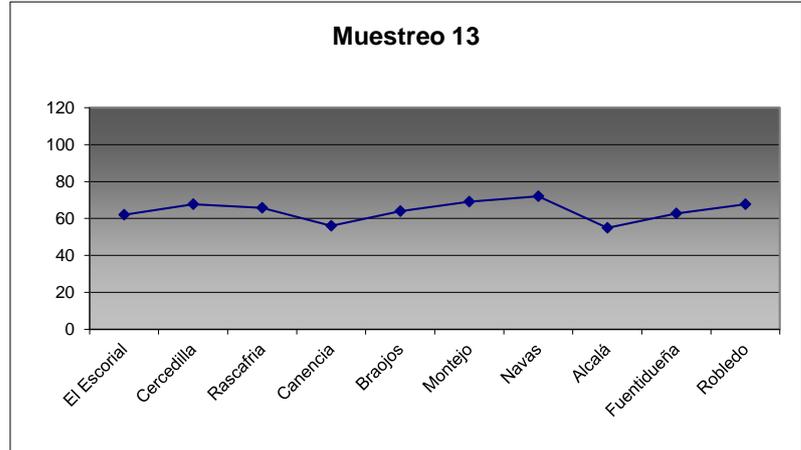


Muestreo 13 (03-04/09/2014):

Tabla XII. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 13

Parcela	Término municipal	$\mu\text{g}/\text{m}^3$
E-021-01	El Escorial	61,95
E-021-02	Cercedilla	67,63
E-021-05	Rascafría	65,75
E-021-07	Canencia	56,04
E-021-11	Braojos	63,87
E-021-14	Montejo de la Sierra	69,11
E-023-03	Navas del Rey	71,95
E-024-01	Alcalá de Henares	54,83
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	62,68
E-026-02	Robledo de Chavela	67,75
Media		64,16

Figura XXIII. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 13



En la presente revisión, y con $64 \mu\text{g}/\text{m}^3$ se registra un incremento de la serie de valores, advirtiéndose un

máximo absoluto en Navas del Rey y un mínimo en Alcalá de Henares, sin grandes diferencias entre ambos.

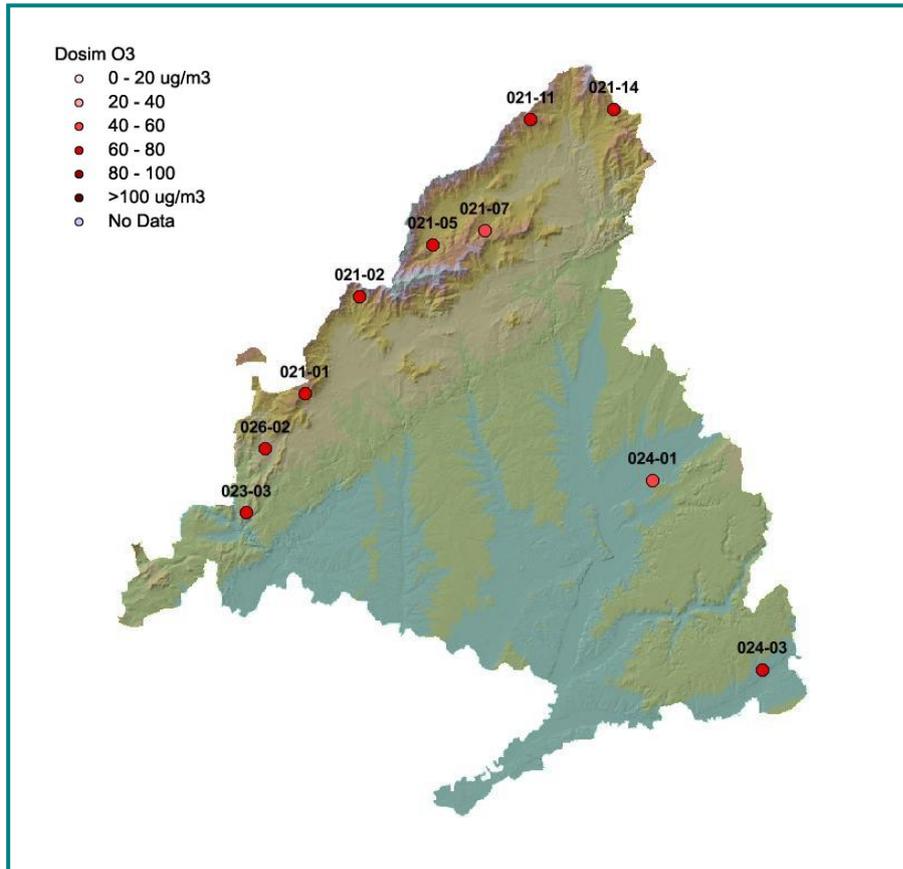


Figura XXIV. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 13

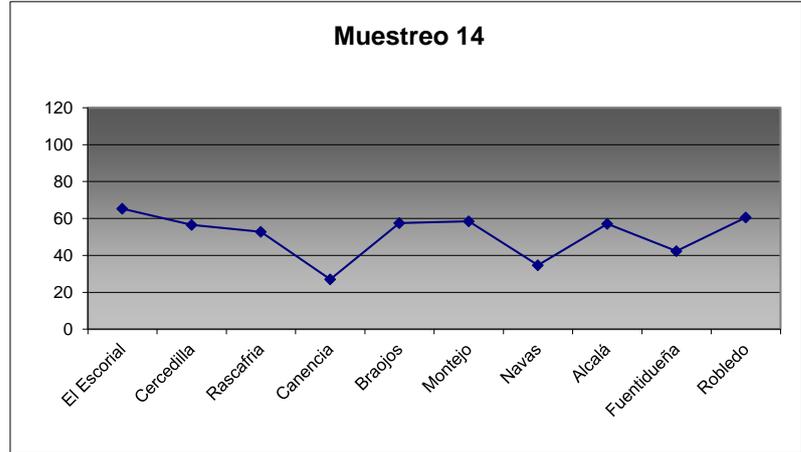


Muestreo 14 (23-24/09/2014):

Tabla XIII. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 14

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	65,24
E-021-02	Cercedilla	56,47
E-021-05	Rascafría	52,76
E-021-07	Canencia	27,05
E-021-11	Braojos	57,46
E-021-14	Montejo de la Sierra	58,46
E-023-03	Navas del Rey	34,72
E-024-01	Alcalá de Henares	57,13
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	42,29
E-026-02	Robledo de Chavela	60,57
Media		51,22

Figura XXV. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 14



En la presente revisión y a medida que va entrando el otoño, se advierte una disminución en los valores medios de la serie y una cierta ruptura de la tendencia continua que venía observándose hasta el

momento, con valores escasos en Canencia, Navas del Rey y Fuentidueña de Tajo y valores algo más elevados en el extremo suroeste de la comunidad, en El Escorial y Robledo de Chavela..

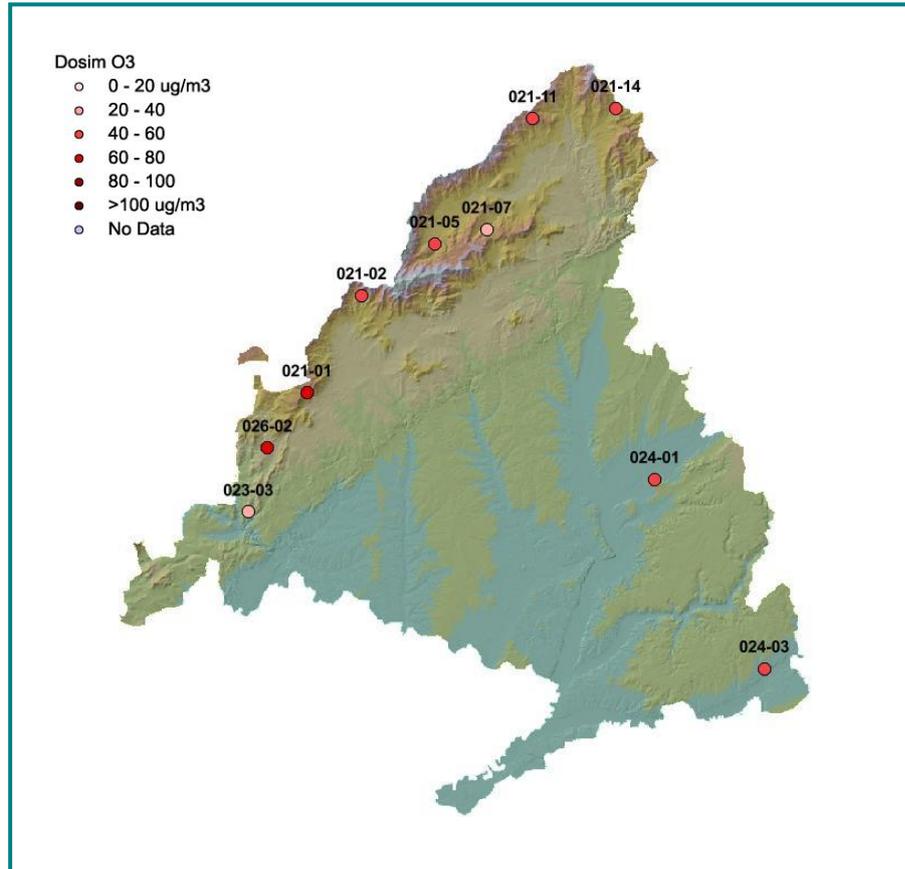


Figura XXVI. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 14

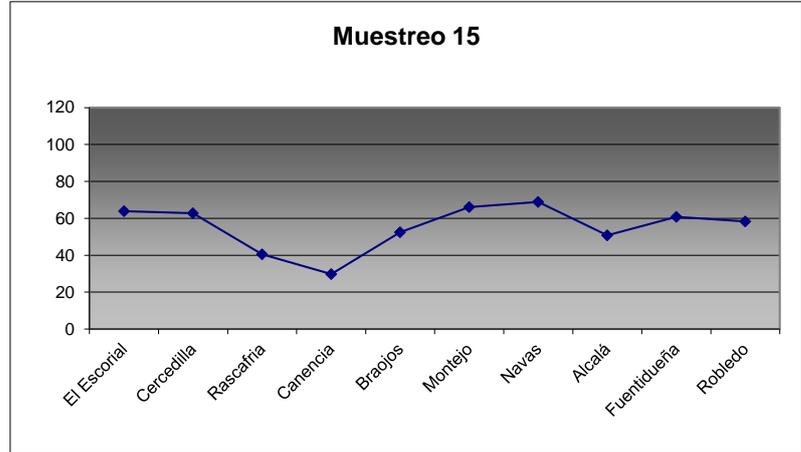


Muestreo 15 (7-9/10/2014):

Tabla XIV. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 15

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	63,85
E-021-02	Cercedilla	62,81
E-021-05	Rascafría	40,55
E-021-07	Canencia	29,84
E-021-11	Braojos	52,41
E-021-14	Montejo de la Sierra	66,11
E-023-03	Navas del Rey	68,93
E-024-01	Alcalá de Henares	50,78
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	60,75
E-026-02	Robledo de Chavela	58,34
Media		55,44

Figura XXVII. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 15



En la presente revisión se observa un ligero incremento respecto a la pasada revisión y en cuanto a la distribución por parcelas, se registran de nuevo tasas elevadas en El

Escorial, Montejo y Navas del Rey y valores más reducidos en Canencia y Rascafría.

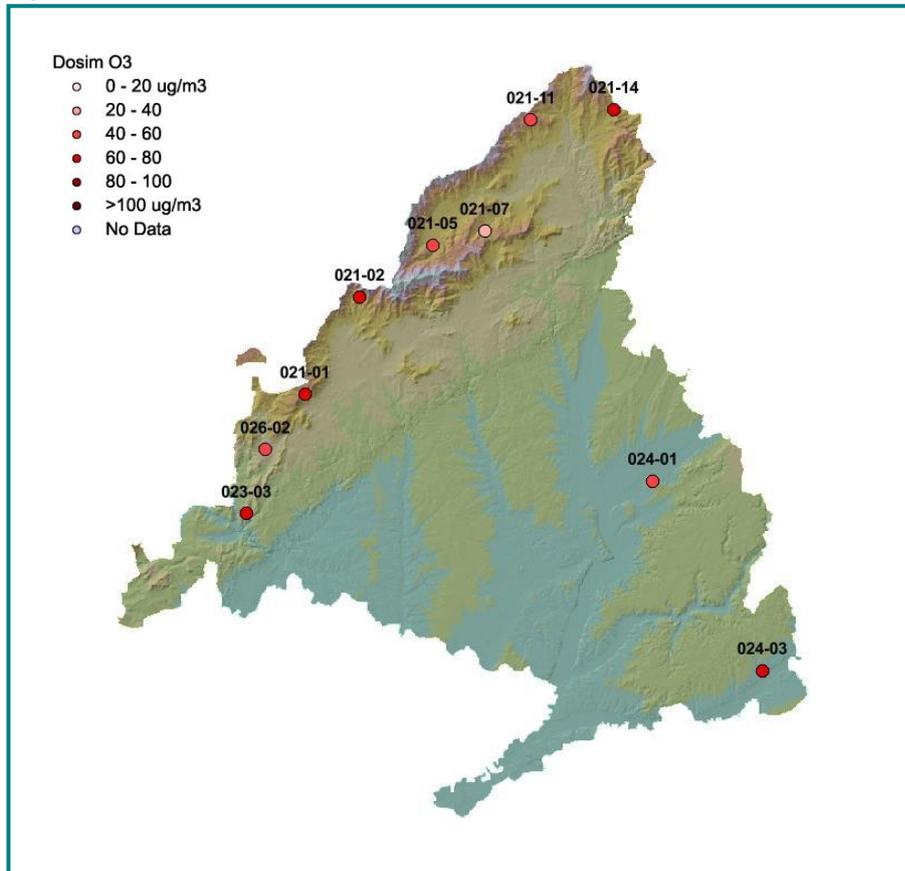


Figura XXVIII. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 15

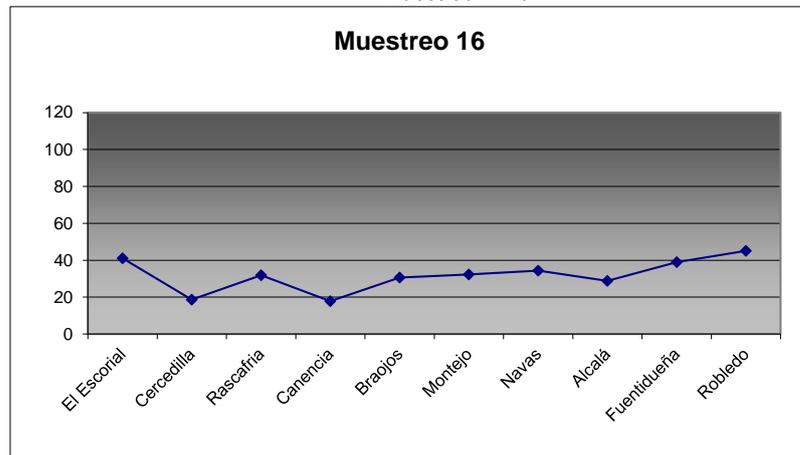


Muestreo 16 (22-23/10/2014):

Tabla XV. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 16

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	41,04
E-021-02	Cercedilla	18,62
E-021-05	Rascafría	31,85
E-021-07	Canencia	17,75
E-021-11	Braojos	30,66
E-021-14	Montejo de la Sierra	32,35
E-023-03	Navas del Rey	34,39
E-024-01	Alcalá de Henares	28,86
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	38,98
E-026-02	Robledo de Chavela	45,14
Media		31,96

Figura XXIX. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 16



En la presente revisión y a medida que va entrando el otoño, continúa advirtiéndose la disminución de los valores medios de la serie, situándose en niveles muy similares a los obtenidos a comienzos de la primavera, registrándose

tasas muy reducidas en Canencia y Cercedilla y algo superiores en El Escorial y Robledo de Chavela, donde apenas se superan los 40 µg/m³.

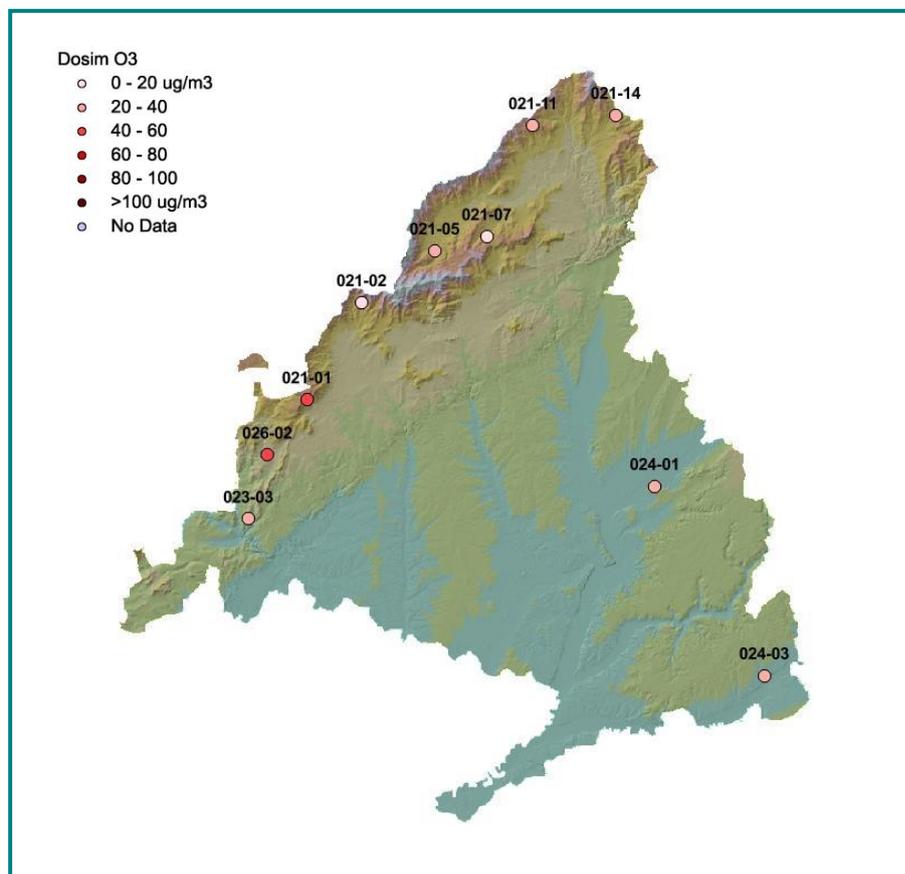


Figura XXX. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 16

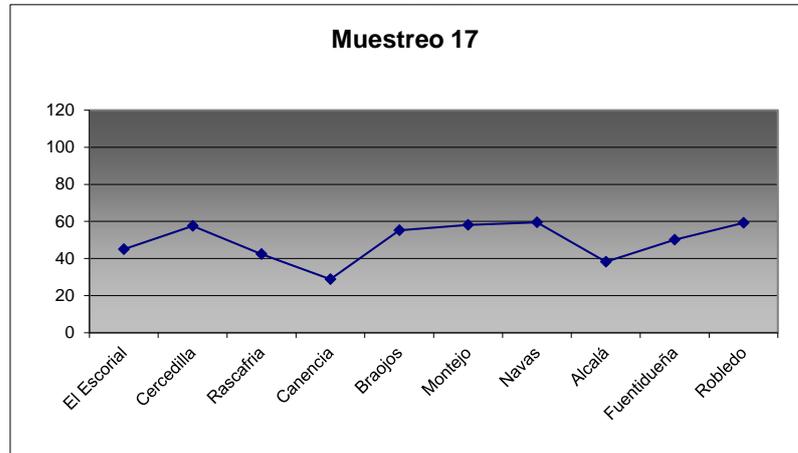


Muestreo 17 (05-07/11/2014):

Tabla XVI. Concentraciones de Ozono en el muestreo nº 17

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	44,97
E-021-02	Cercedilla	57,63
E-021-05	Rascafría	42,38
E-021-07	Canencia	28,86
E-021-11	Braojos	55,15
E-021-14	Montejo de la Sierra	58,10
E-023-03	Navas del Rey	59,45
E-024-01	Alcalá de Henares	38,30
E-024-03	Fuenteidueña de Tajo	50,05
E-026-02	Robledo de Chavela	59,18
Media		49,41

Figura XXXI. Gráfico de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 17



Con respecto a la última revisión efectuada, se observa un comportamiento algo más disperso, en torno a valores de 40-60 µg/m³ con máximos en

Cercedilla, Braojos, Montejo Navas del Rey y Robledo de Chavela, y mínimos en Canencia y Alcalá de Henares.

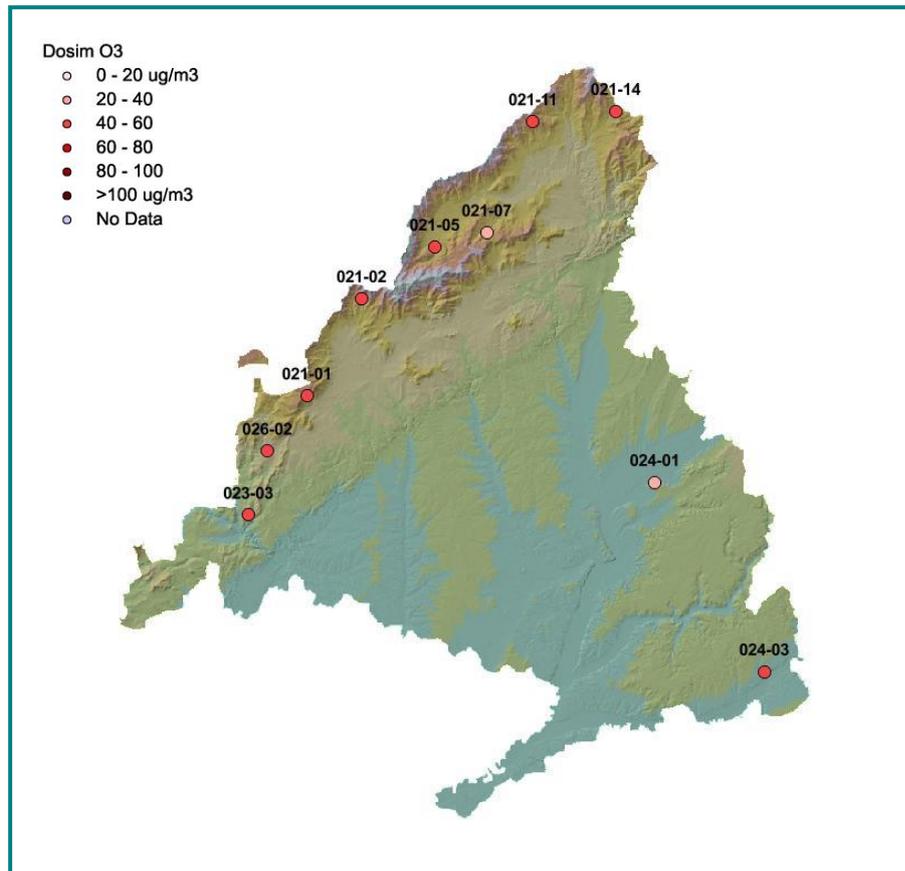


Figura XXXII. Mapa de concentraciones de Ozono en el muestreo nº 17



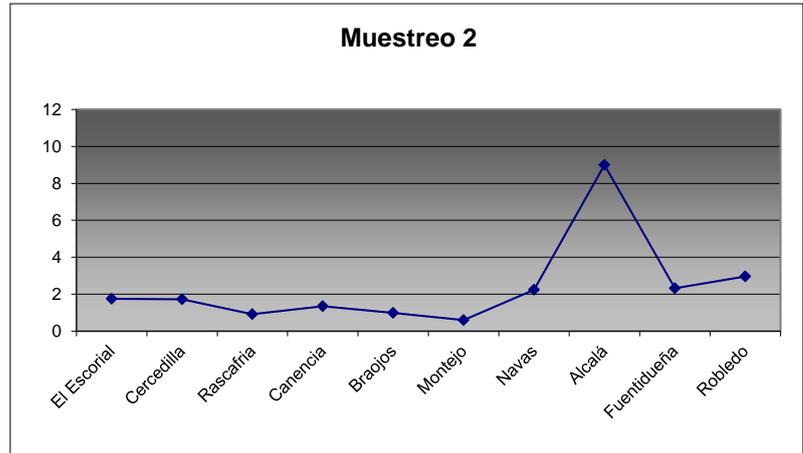
5.3.2. NO₂

Muestreo 2 (18-20/03/2014):

Tabla I. Concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 2

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	1,74
E-021-02	Cercedilla	1,72
E-021-05	Rascafría	0,91
E-021-07	Canencia	1,35
E-021-11	Braojos	0,99
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,59
E-023-03	Navas del Rey	2,24
E-024-01	Alcalá de Henares	9,00
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,31
E-026-02	Robledo de Chavela	2,95
Media		2,38

Figura I. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 2



En la presente revisión, destaca en primer lugar los valores considerablemente altos de la inmisión en Alcalá de Henares, donde se alcanzan los 9 µg/m³, y un

nivel de fondo mucho menor en el resto de la red, donde apenas se superan los 2 µg/m³

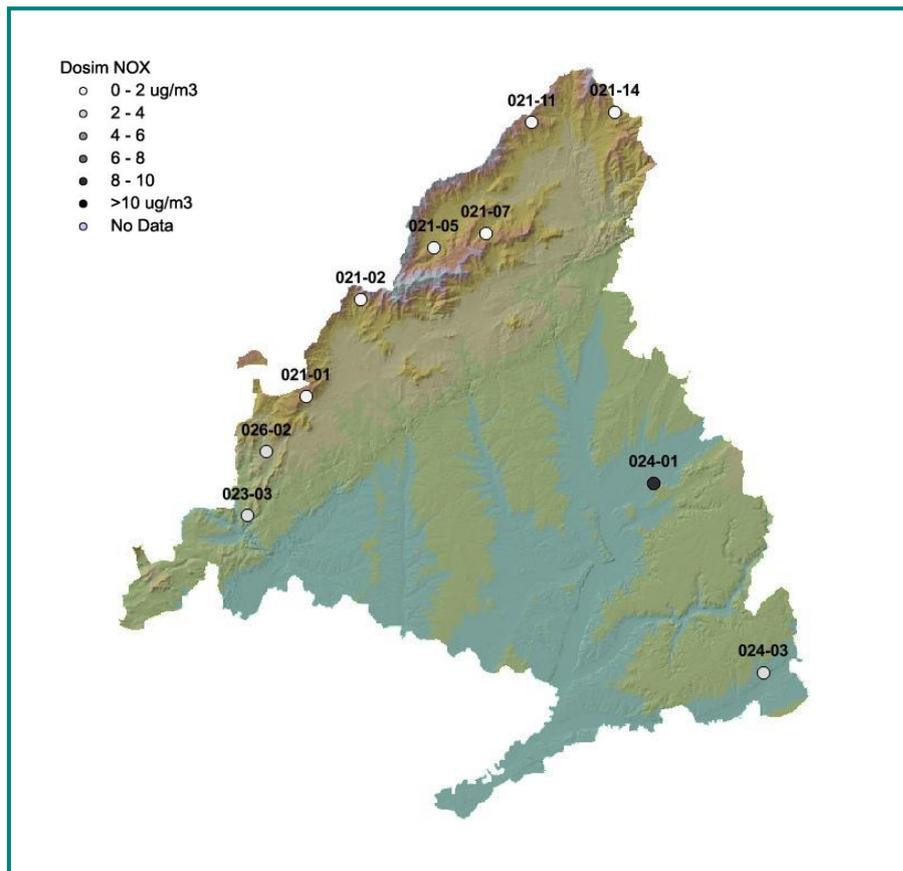


Figura II: Mapa de concentraciones de NO₂ en el Muestreo n° 2

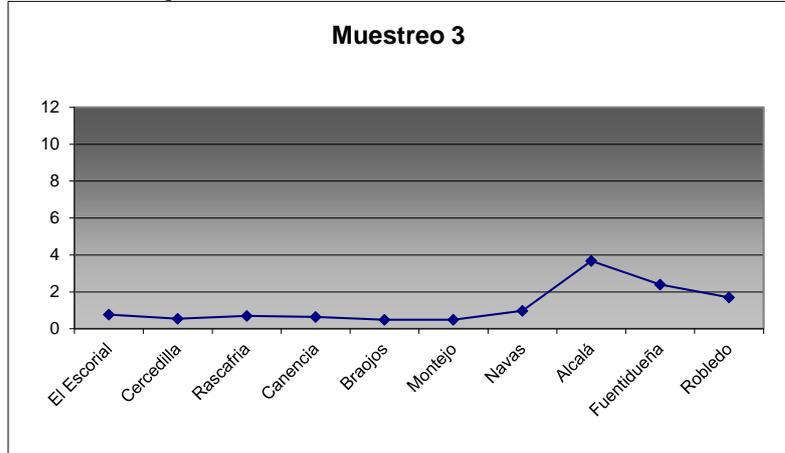


Muestreo 3 (01-02/04/2014):

Tabla II. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 3

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,77
E-021-02	Cercedilla	0,55
E-021-05	Rascafría	0,69
E-021-07	Canencia	0,64
E-021-11	Braojos	0,49
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,49
E-023-03	Navas del Rey	0,98
E-024-01	Alcalá de Henares	3,68
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,39
E-026-02	Robledo de Chavela	1,70
Media		1,24

Figura III. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 3



En la presente revisión se observa una tendencia muy parecida a la del muestreo anterior: con un máximo en Alcalá de Henares y Fuentidueña de Tajo, en el arco

sureste de la comunidad y valores menores en el resto de estaciones, disminuyendo bruscamente el nivel general o de fondo, que no supera el nivel de 1 µg/m³

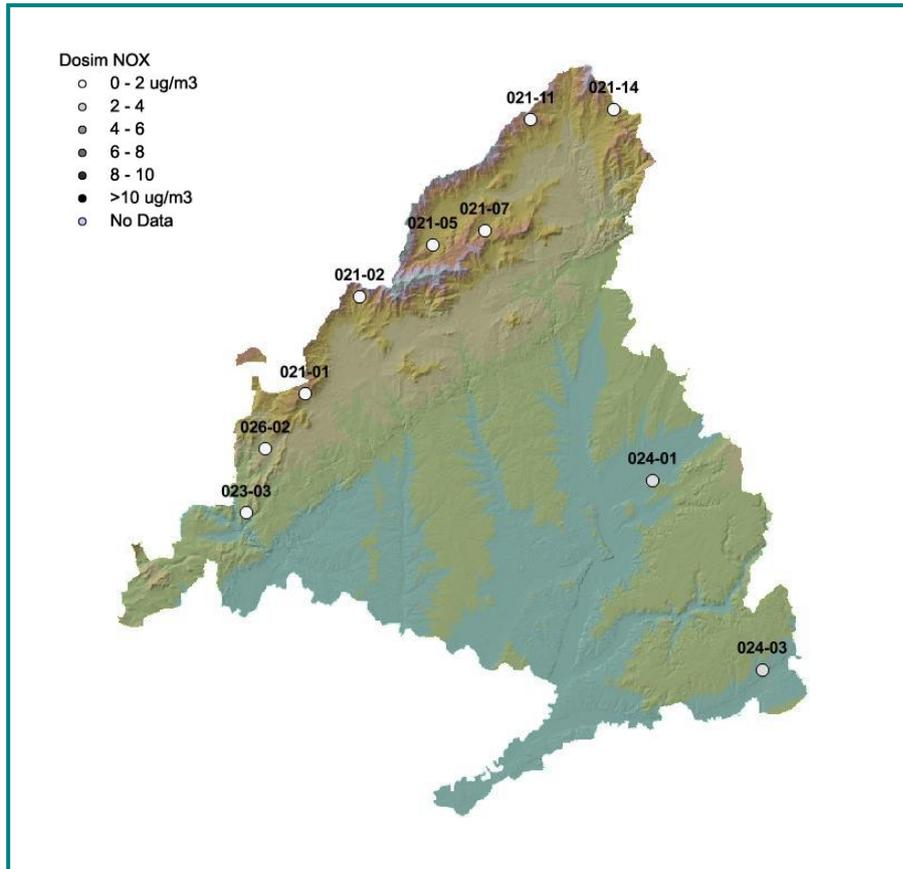


Figura IV. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 3

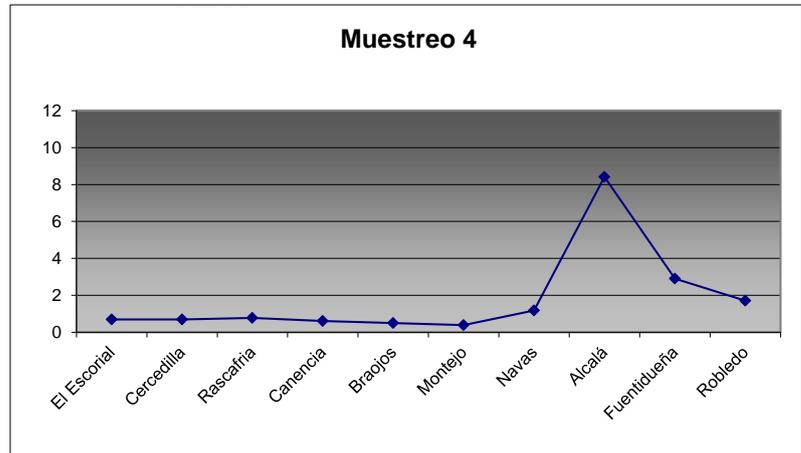


Muestreo 4 (22-23/04/2014):

Tabla III. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 4

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,68
E-021-02	Cercedilla	0,68
E-021-05	Rascafría	0,77
E-021-07	Canencia	0,60
E-021-11	Braojos	0,50
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,39
E-023-03	Navas del Rey	1,18
E-024-01	Alcalá de Henares	8,41
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,90
E-026-02	Robledo de Chavela	1,71
Media		1,78

Figura V. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 4



En la presente revisión se advierte un aumento generalizado de la inmisión media en la comunidad, con el patrón anteriormente observado de máximos

en Alcalá de Henares y Fuentidueña de Tajo, que llegan a duplicar los niveles de la quincena anterior.

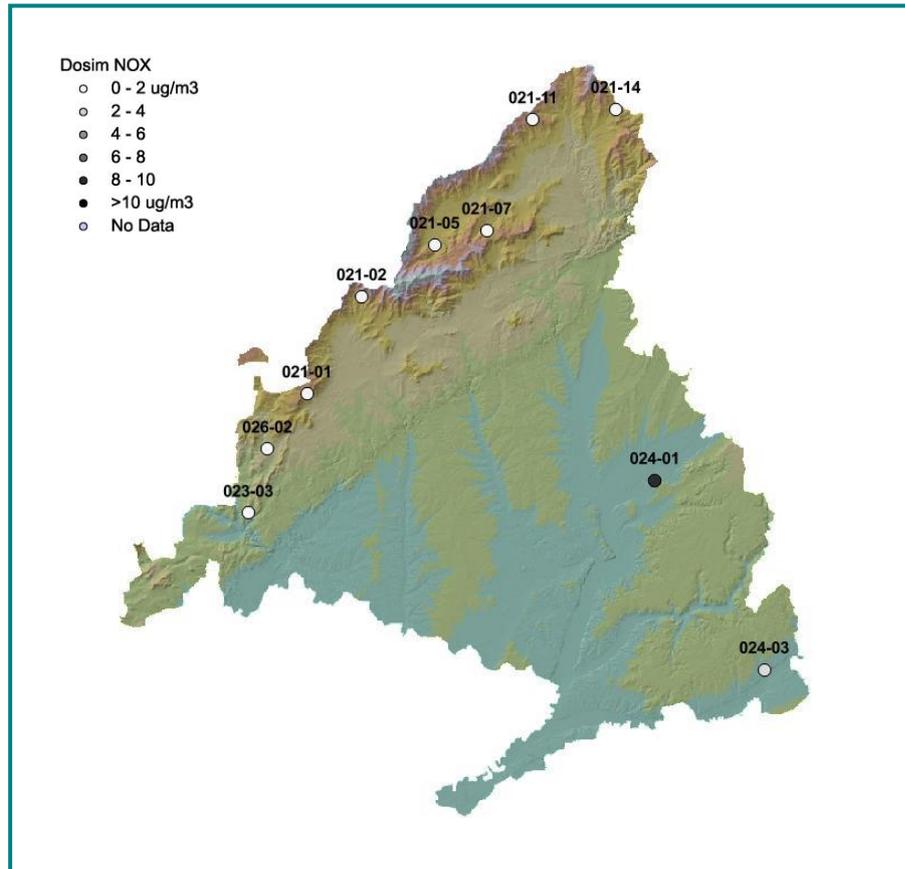


Figura VI: Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 4

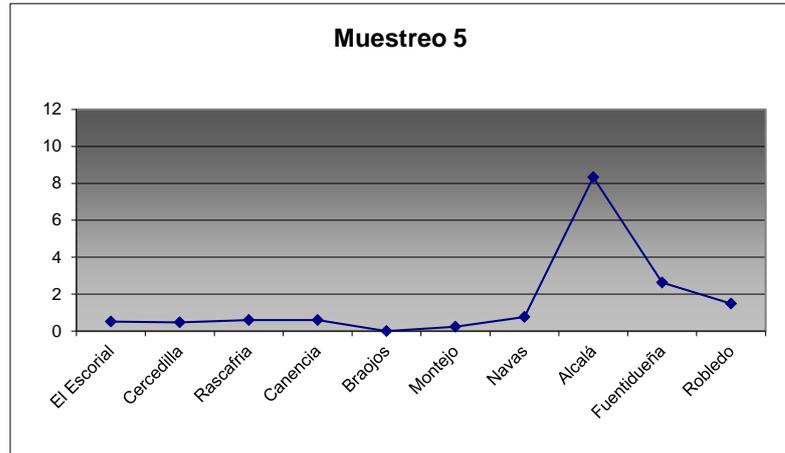


Muestreo 5 (06-08/05/2014):

Tabla IV. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 5

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,51
E-021-02	Cercedilla	0,46
E-021-05	Rascafría	0,60
E-021-07	Canencia	0,59
E-021-11	Braojos	0,00
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,24
E-023-03	Navas del Rey	0,76
E-024-01	Alcalá de Henares	8,33
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,63
E-026-02	Robledo de Chavela	1,48
Media		1,56

Figura VII. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 5



En la presente revisión se observa una situación muy similar a la del muestreo anterior, con una reducción general del nivel de inmisión medio y nuevos máximos

locales en los mencionados puntos del arco sureste de la comunidad.

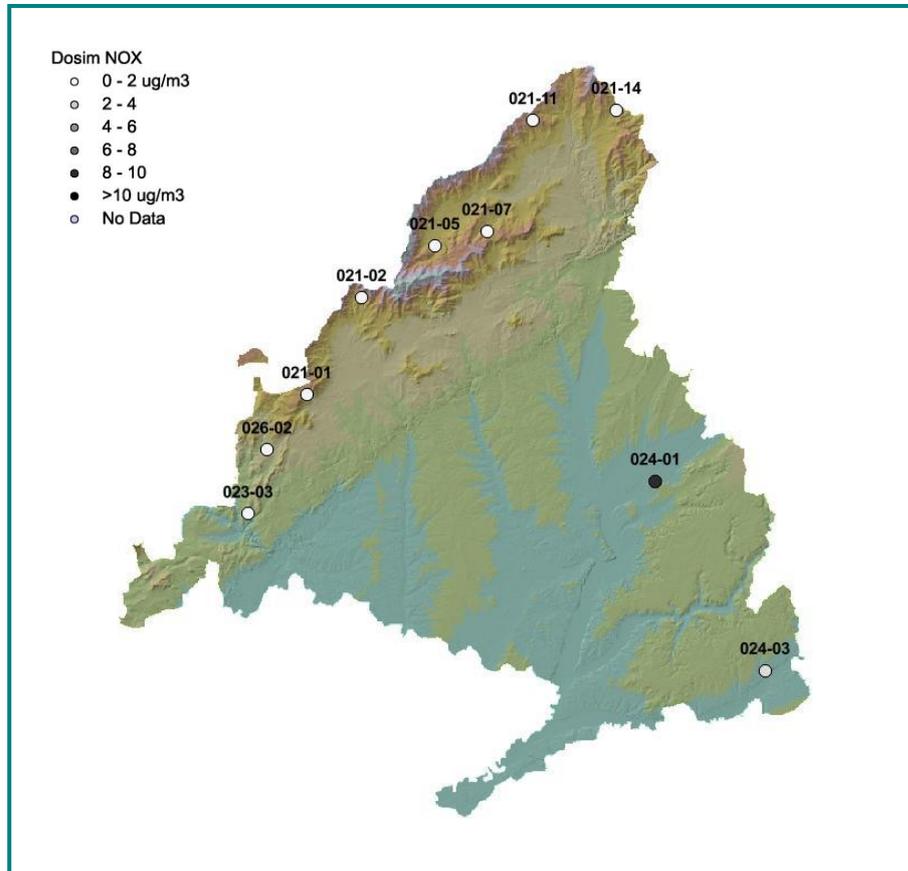


Figura VIII. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 5

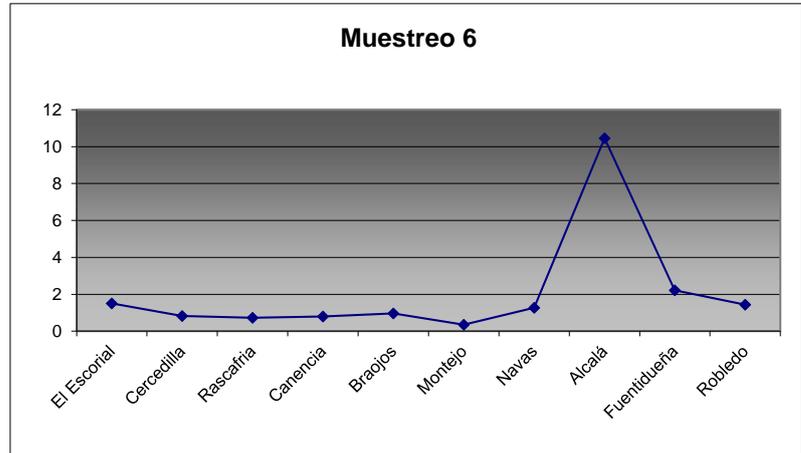


Muestreo 6 (22-25/05/2014):

Tabla V. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 6

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	1,50
E-021-02	Cercedilla	0,83
E-021-05	Rascafría	0,72
E-021-07	Canencia	0,79
E-021-11	Braojos	0,97
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,35
E-023-03	Navas del Rey	1,28
E-024-01	Alcalá de Henares	10,45
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,22
E-026-02	Robledo de Chavela	1,44
Media		2,05

Figura IX. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 6



En la presente revisión se advierte en primer lugar un incremento de la variable, recuperándose los valores habidos en marzo, alcanzándose un nuevo máximo local

en Alcalá de Henares, y disminuyendo los valores obtenidos en Fuentidueña de Tajo, mientras que destaca la baja inmisión en Montejo de la Sierra

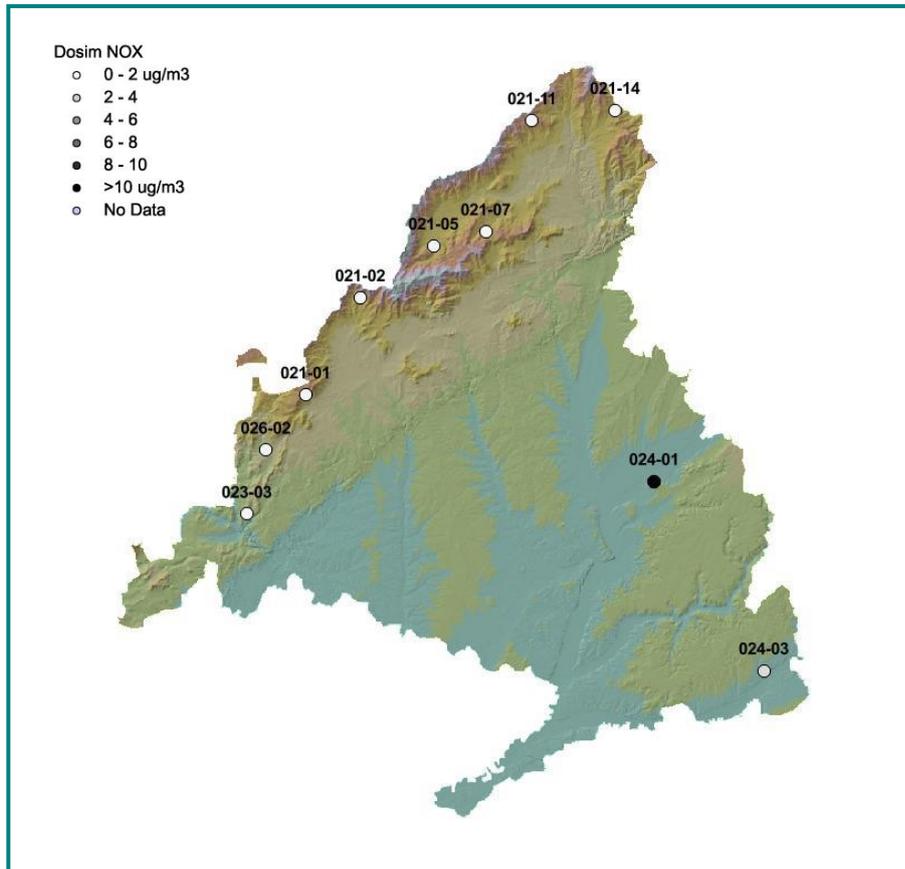


Figura X. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 6

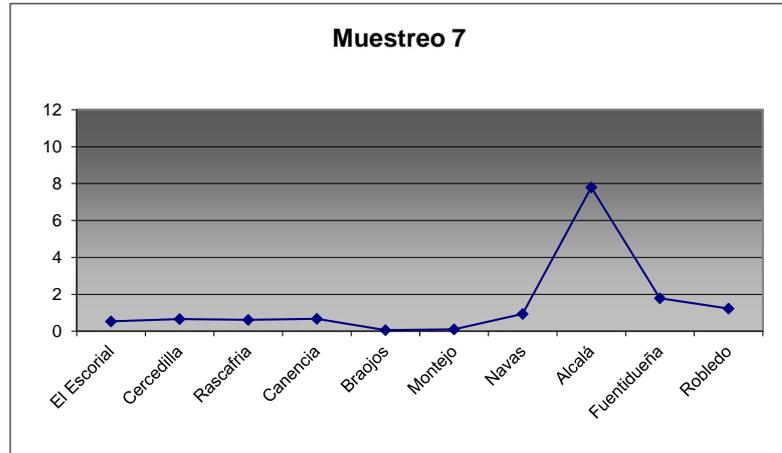


Muestreo 7 (03-06/06/2014):

Tabla VI. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 7

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,53
E-021-02	Cercedilla	0,66
E-021-05	Rascafría	0,61
E-021-07	Canencia	0,67
E-021-11	Braojos	0,06
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,11
E-023-03	Navas del Rey	0,93
E-024-01	Alcalá de Henares	7,80
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	1,78
E-026-02	Robledo de Chavela	1,23
Media		1,44

Figura XI. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 7



En la presente revisión se advierte una reducción general del nivel de contaminante, presentándose un nuevo máximo en Alcalá de Henares, seguido de Fuentidueña y

Robledo de Chavela, mientras que destacan los bajos niveles en Braojos y Montejo de la Sierra, en el extremo norte de la comunidad de Madrid.

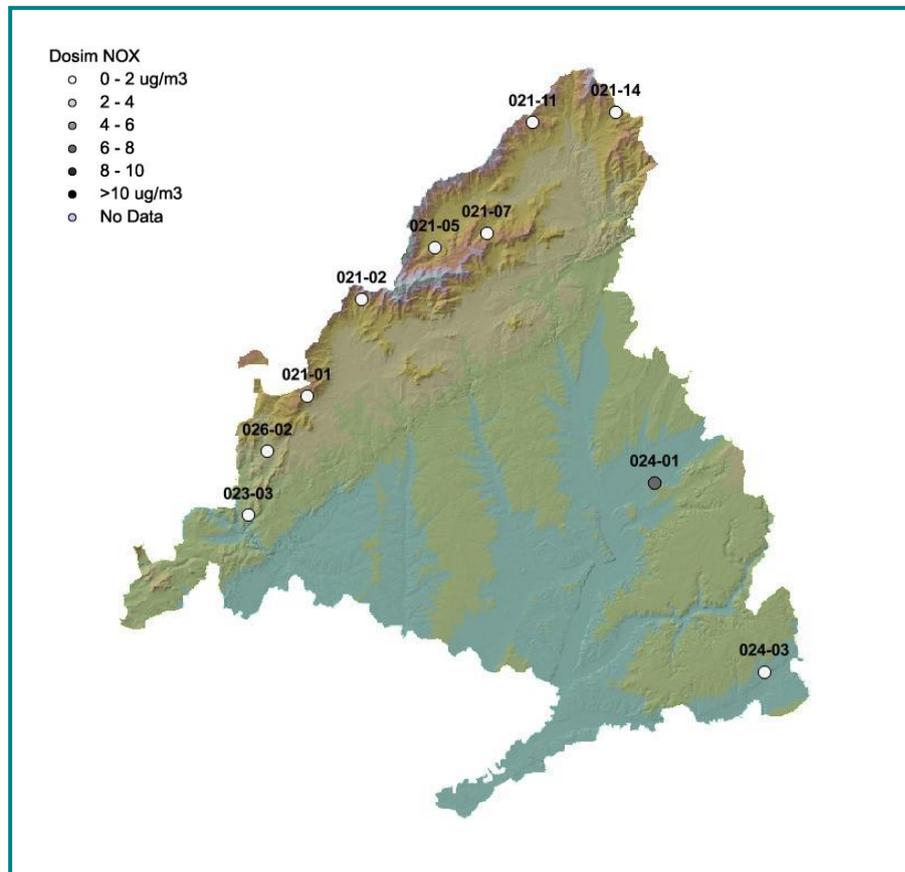


Figura XII. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 7

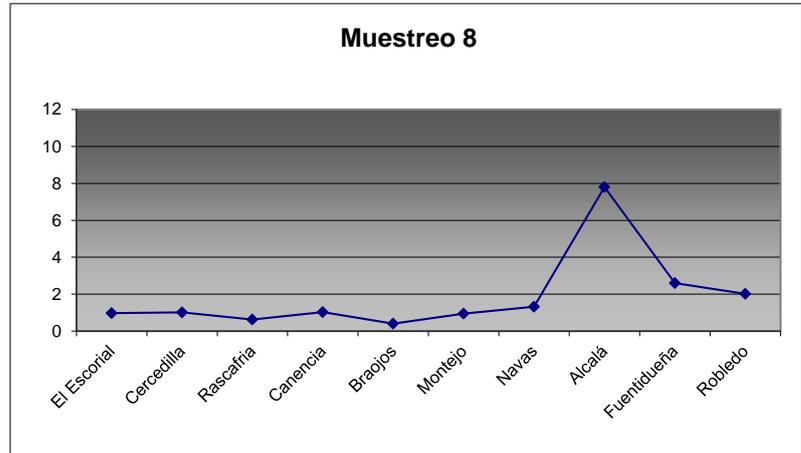


Muestreo 8 (16-17/06/2014):

Tabla VII. Concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 8

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,98
E-021-02	Cercedilla	1,01
E-021-05	Rascafría	0,63
E-021-07	Canencia	1,03
E-021-11	Braojos	0,40
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,94
E-023-03	Navas del Rey	1,32
E-024-01	Alcalá de Henares	7,80
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,60
E-026-02	Robledo de Chavela	2,01
Media		1,87

Figura XIII. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 8



En la presente revisión, el nivel general de inmisión aumenta con respecto a la quincena anterior, repitiéndose en general el esquema visto hasta el momento: niveles

relativamente elevados en la zona sureste de la comunidad y tasas bajas en el extremo septentrional de la sierra.

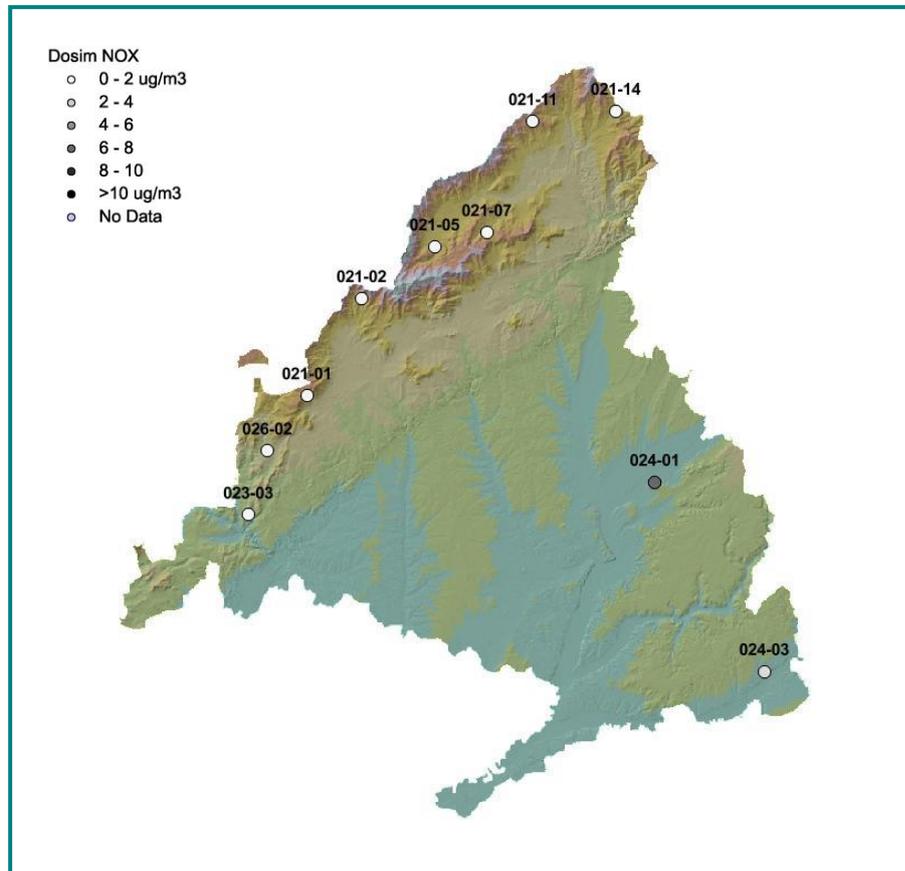


Figura XIV. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 8

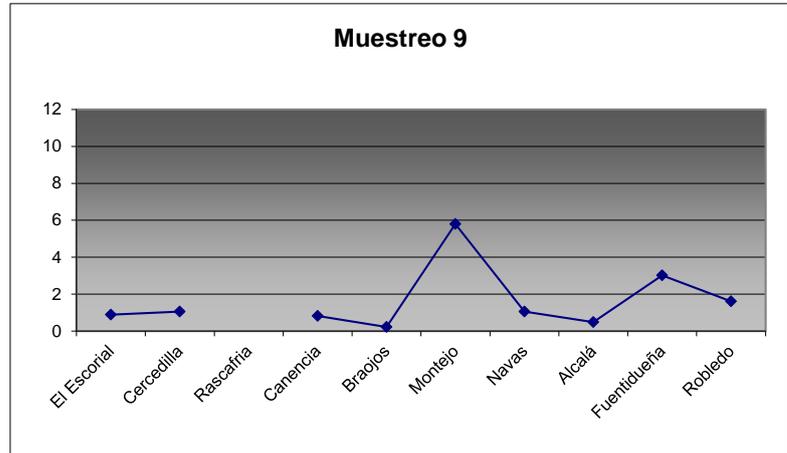


Muestreo 9 (01-02/07/2014):

Tabla VIII. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 9

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,88
E-021-02	Cercedilla	1,05
E-021-05	Rascafría	-
E-021-07	Canencia	0,81
E-021-11	Braojos	0,21
E-021-14	Montejo de la Sierra	5,80
E-023-03	Navas del Rey	1,05
E-024-01	Alcalá de Henares	0,48
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	3,01
E-026-02	Robledo de Chavela	1,61
Media		1,66

Figura XV. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 9



En la presente revisión y aún cuando el valor medio del parámetro se sitúa en un nivel similar al de la pasada revisión, destaca la disminución de la inmisión en Alcalá de Henares y el notable incremento habido en Montejo de

la Sierra, donde casi se llega a 6 µg/m³. Esta reducción de óxidos de nitrógeno en Alcalá se observó en las mismas fechas de 2009 y podría estar relacionada con algún comportamiento estacional de la fuente emisora.

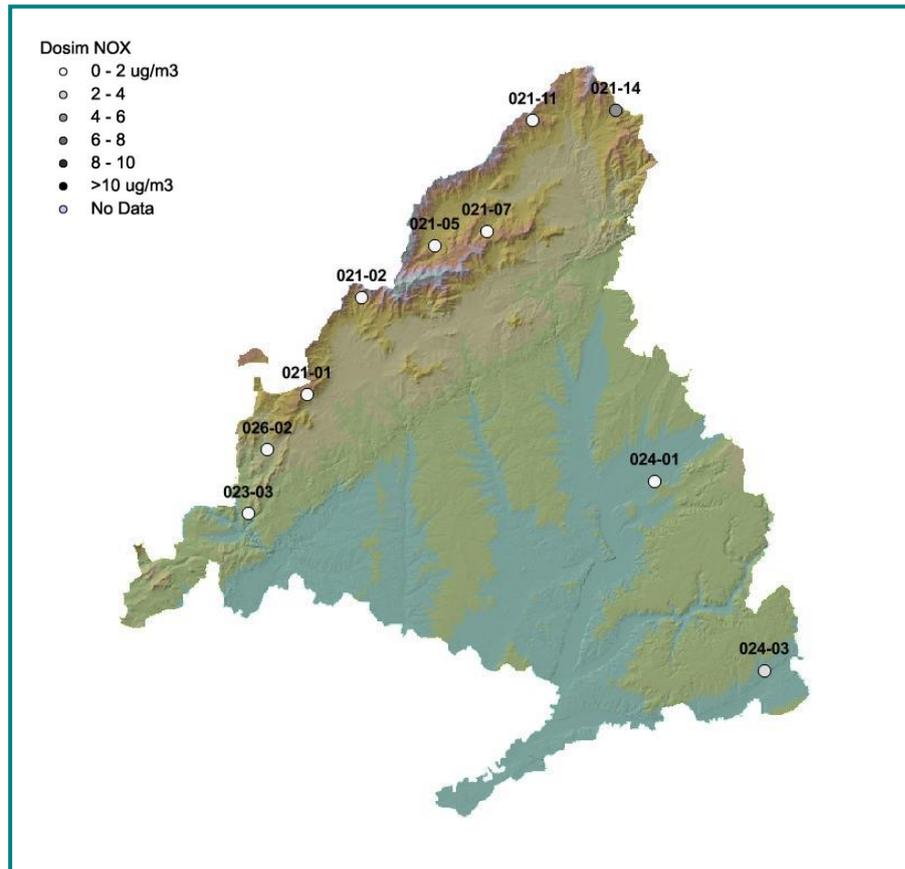


Figura XVI. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 9

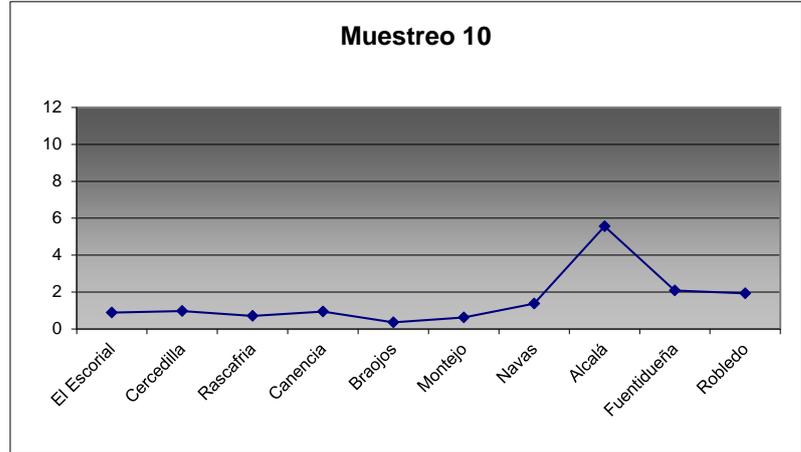


Muestreo 10 (18-22/07/2014):

Tabla IX. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 10

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,88
E-021-02	Cercedilla	0,97
E-021-05	Rascafría	0,71
E-021-07	Canencia	0,94
E-021-11	Braojos	0,36
E-021-14	Montejo de la Sierra	0,62
E-023-03	Navas del Rey	1,37
E-024-01	Alcalá de Henares	5,56
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,08
E-026-02	Robledo de Chavela	1,93
Media		1,54

Figura XVII. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 10



En la presente revisión se observa una vuelta a la situación habitual en la comunidad: máximo en Alcalá de Henares, sin que se lleguen a superar los 6 µg/m³ y niveles comparativamente elevados en Fuentidueña y

Robledo, con mínimos en el extremo norte de la sierra. Destaca también la brusca reducción de los niveles de inmisión en Montejo tras el máximo registrado a comienzos de julio..

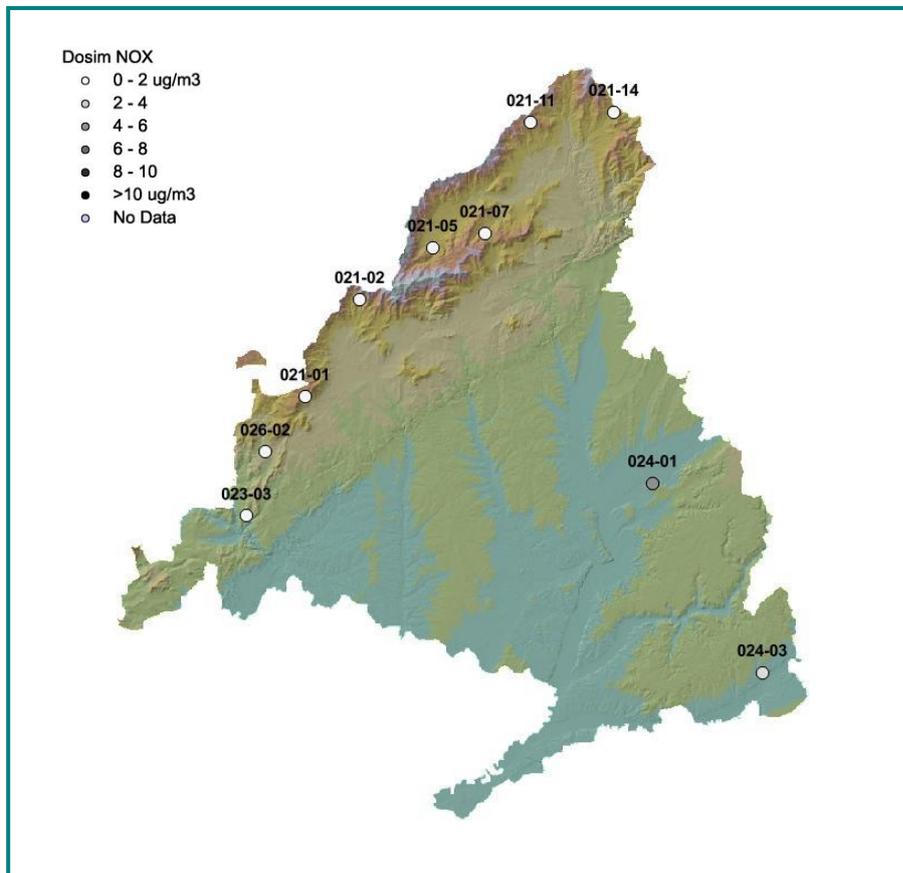


Figura XVIII. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 10

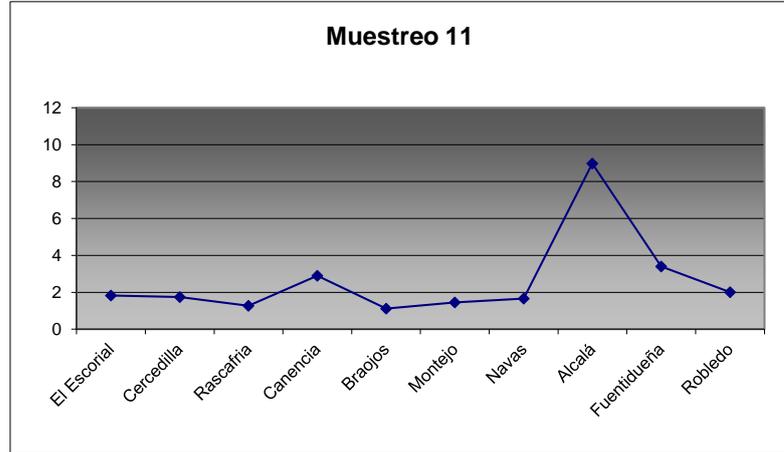


Muestreo 11 (05-06/08/2014):

Tabla X. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 11

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	1,83
E-021-02	Cercedilla	1,75
E-021-05	Rascafría	1,28
E-021-07	Canencia	2,90
E-021-11	Braojos	1,12
E-021-14	Montejo de la Sierra	1,45
E-023-03	Navas del Rey	1,66
E-024-01	Alcalá de Henares	8,98
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	3,40
E-026-02	Robledo de Chavela	2,00
Media		2,64

Figura XIX. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 11



En la presente revisión se advierte un incremento notable del nivel medio de fondo, que aumenta en torno a 1 µg/m³, y la elevación relativa de los niveles habidos en Canencia, donde casi se alcanzan los 3 µg/m³ y los

consabidos valores máximos de Alcalá de Henares, y en menor medida Fuentidueña y Robledo de Chavela y menores niveles en el extremo norte de la comunidad.

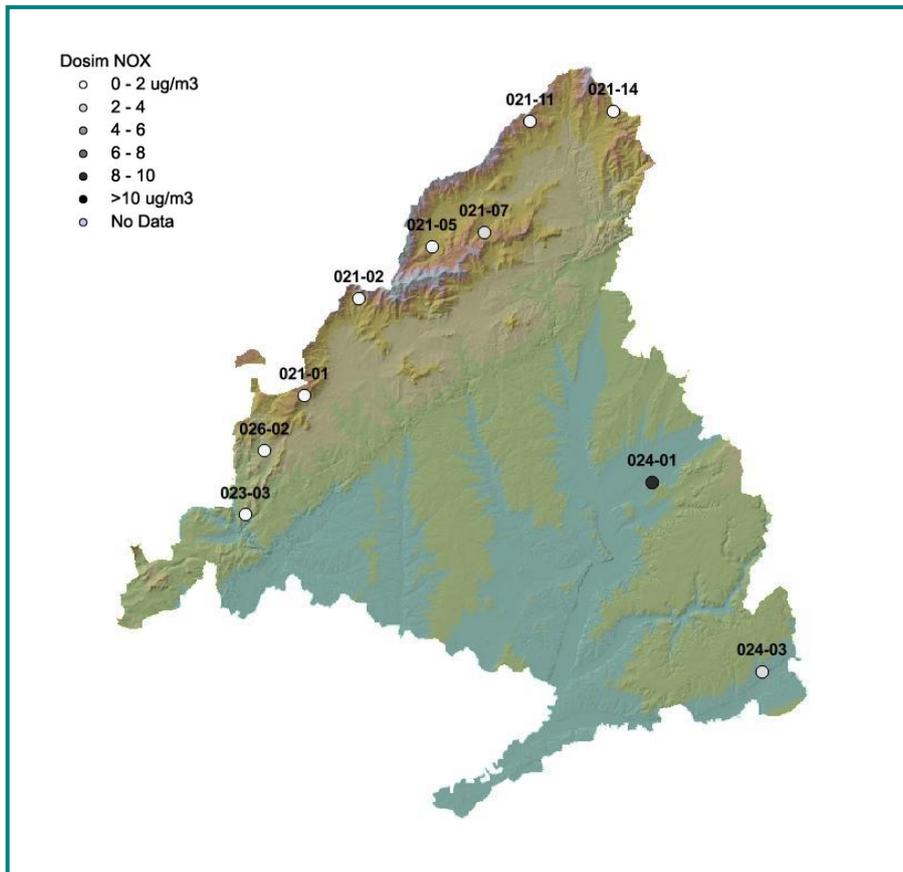


Figura XX. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 11

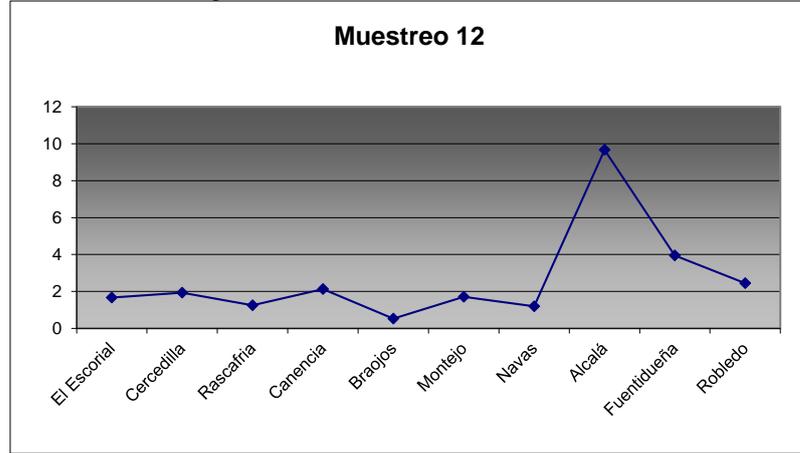


Muestreo 12 (20-21/08/2014):

Tabla XI. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 12

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	1,67
E-021-02	Cercedilla	1,93
E-021-05	Rascafría	1,25
E-021-07	Canencia	2,12
E-021-11	Braojos	0,53
E-021-14	Montejo de la Sierra	1,71
E-023-03	Navas del Rey	1,19
E-024-01	Alcalá de Henares	9,67
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	3,95
E-026-02	Robledo de Chavela	2,44
Media		2,65

Figura XXI. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 12



En la presente revisión el nivel de inmisión de fondo se mantiene muy estable y continúa observándose el pico en Canencia, si bien más atenuado, junto con

los habituales máximos del final de la serie y valores reducidos en el extremo septentrional de la comunidad.

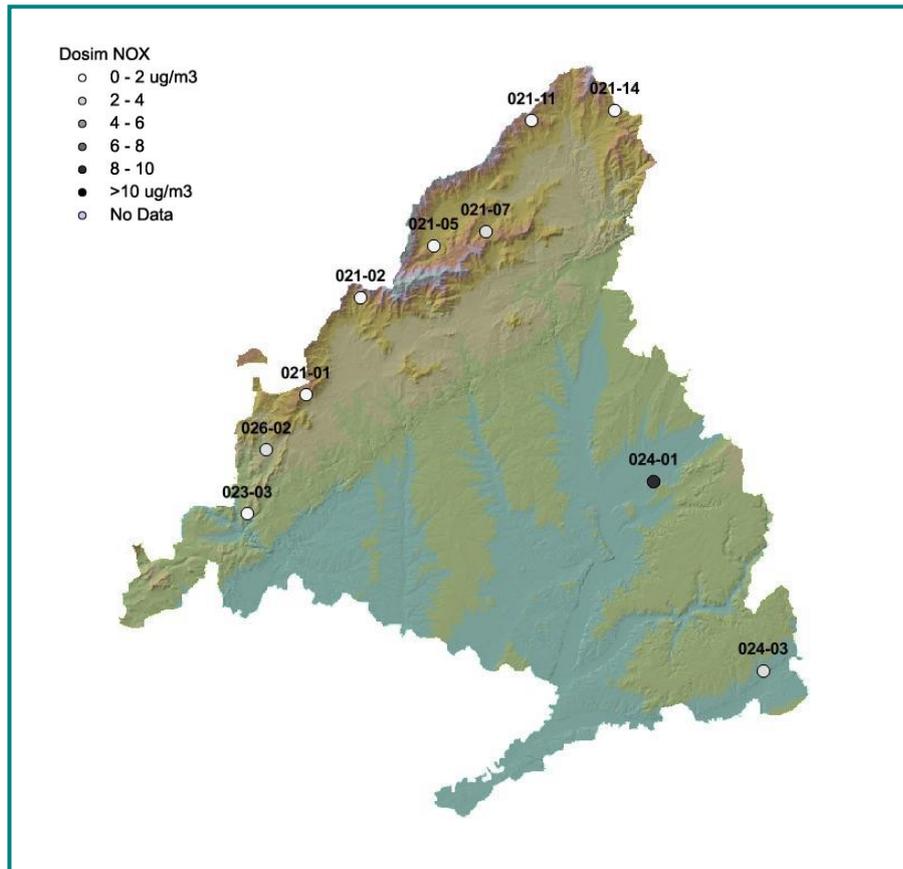


Figura XXII. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 12

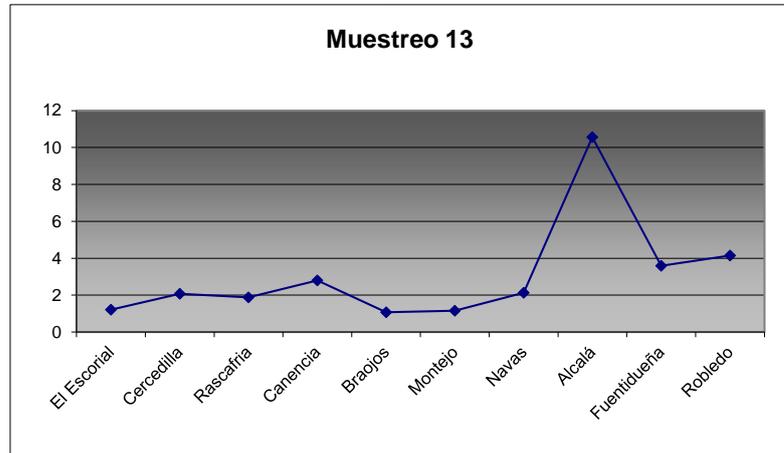


Muestreo 13 (03-04/09/2014):

Tabla XII. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 13

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	1,21
E-021-02	Cercedilla	2,07
E-021-05	Rascafría	1,87
E-021-07	Canencia	2,80
E-021-11	Braojos	1,07
E-021-14	Montejo de la Sierra	1,15
E-023-03	Navas del Rey	2,12
E-024-01	Alcalá de Henares	10,55
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	3,59
E-026-02	Robledo de Chavela	4,15
Media		3,06

Figura XXIII. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 13



En el muestreo se detecta un ligero incremento de los niveles de inmisión de fondo, superándose los 3 µg/m³, junto con un incremento generalizado de los

niveles del extremo sur de la comunidad, registrándose también aumentos, si bien más atenuados, en zonas tradicionalmente con concentraciones bajas como Braojos.

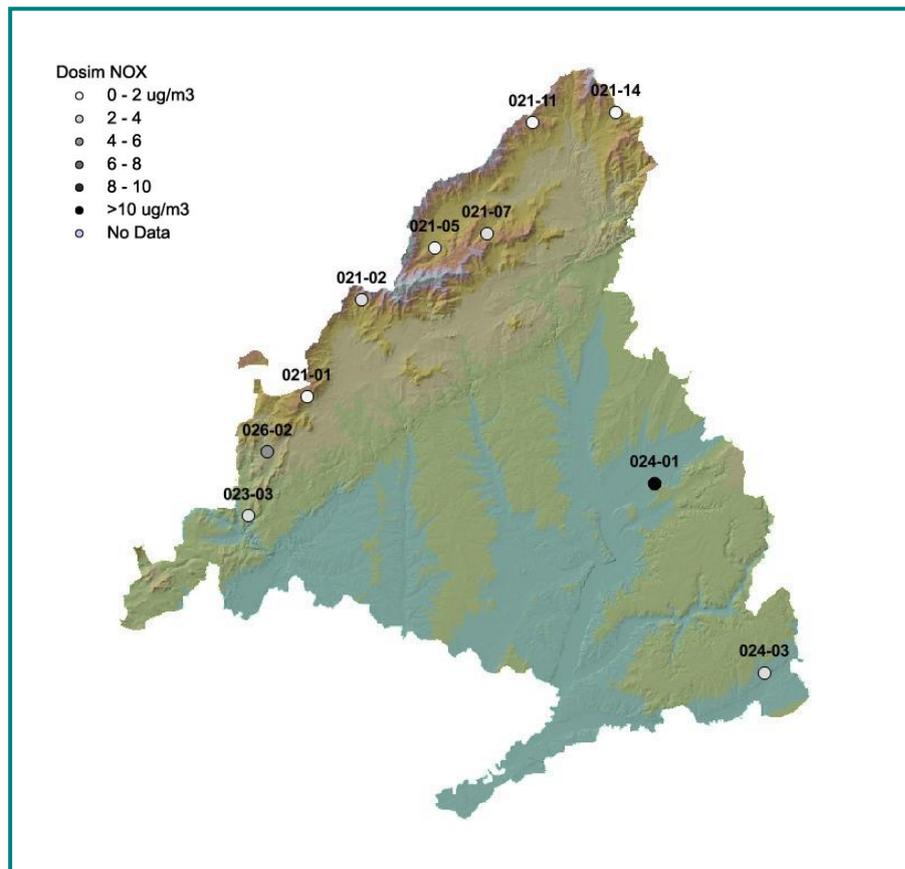


Figura XXIV. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 13

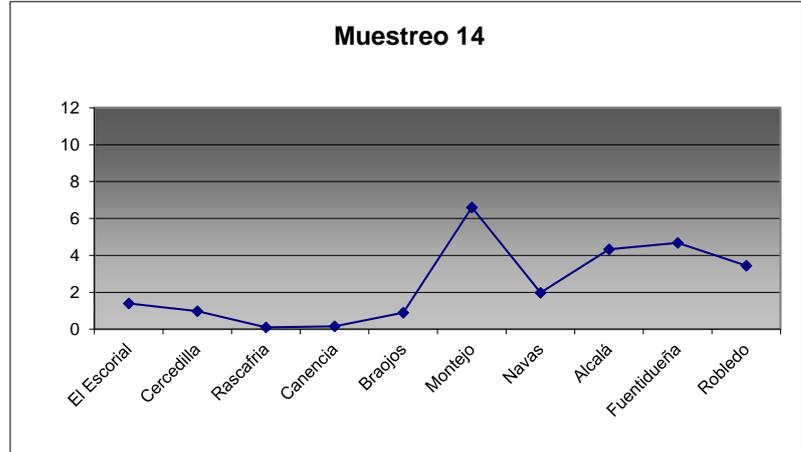


Muestreo 14 (23-24/09/2014):

Tabla XIII. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 14

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	1,39
E-021-02	Cercedilla	0,98
E-021-05	Rascafría	0,10
E-021-07	Canencia	0,16
E-021-11	Braojos	0,90
E-021-14	Montejo de la Sierra	6,60
E-023-03	Navas del Rey	1,98
E-024-01	Alcalá de Henares	4,33
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	4,67
E-026-02	Robledo de Chavela	3,44
Media		2,46

Figura XXV. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 14



En la presente revisión lo más destacado son los bajos niveles observados en Alcalá de Henares, que incluso se ve superado por los resultados de Montejo de la Sierra, tras haber registrado el máximo absoluto en casi todos los muestreos efectuados

hasta la fecha, repitiéndose la tónica observada a comienzos del mes de julio, y que repite también el comportamiento observado en la campaña de 2009, lo que podría indicar un cierto comportamiento estacional en la fuente de emisión.

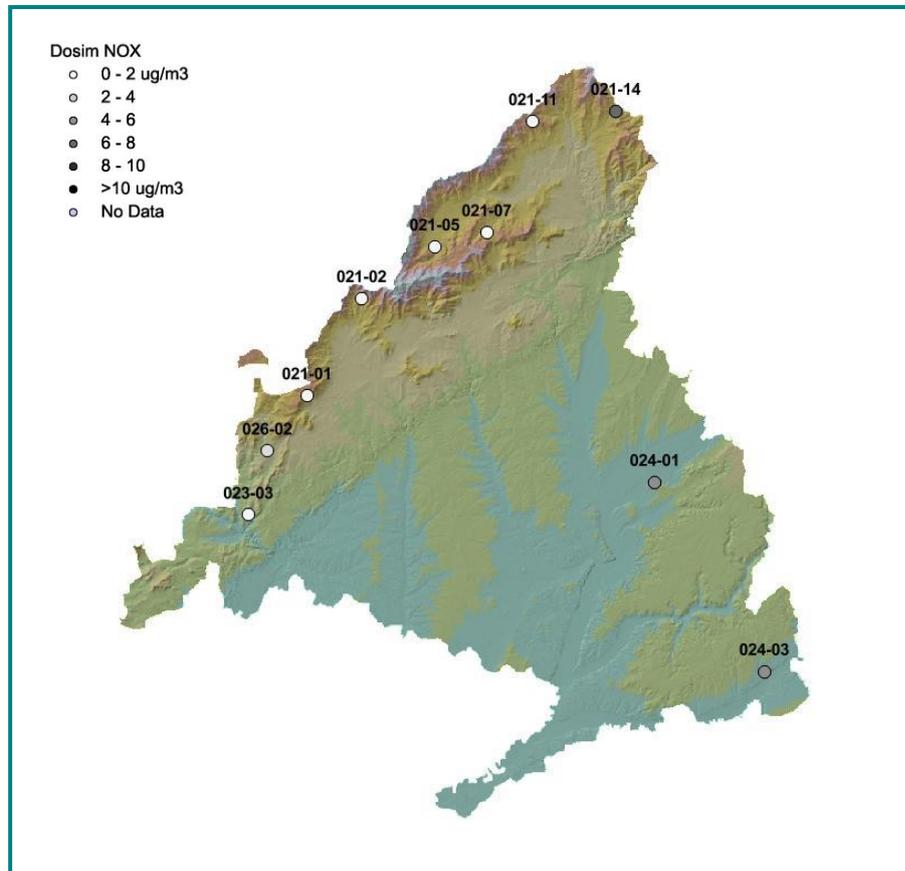


Figura XXVI. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 14

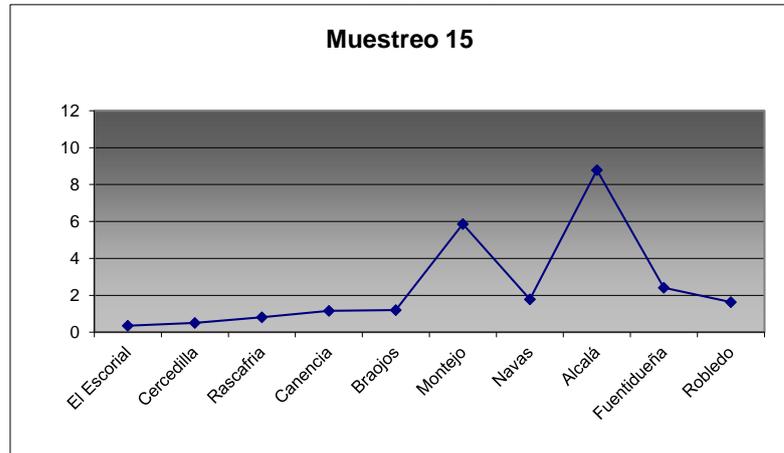


Muestreo 15 (07-09/10/2014):

Tabla XIV. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 15

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,35
E-021-02	Cercedilla	0,51
E-021-05	Rascafría	0,82
E-021-07	Canencia	1,16
E-021-11	Braojos	1,20
E-021-14	Montejo de la Sierra	5,86
E-023-03	Navas del Rey	1,79
E-024-01	Alcalá de Henares	8,78
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,41
E-026-02	Robledo de Chavela	1,63
Media		2,45

Figura XXVII. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 15



En la presente revisión recupera de nuevo Alcalá de Henares los valores de máximo de la serie de datos, destacando también los elevados valores habidos en

Montejo de la Sierra, en un pico que se ha observado ya en revisiones anteriores.

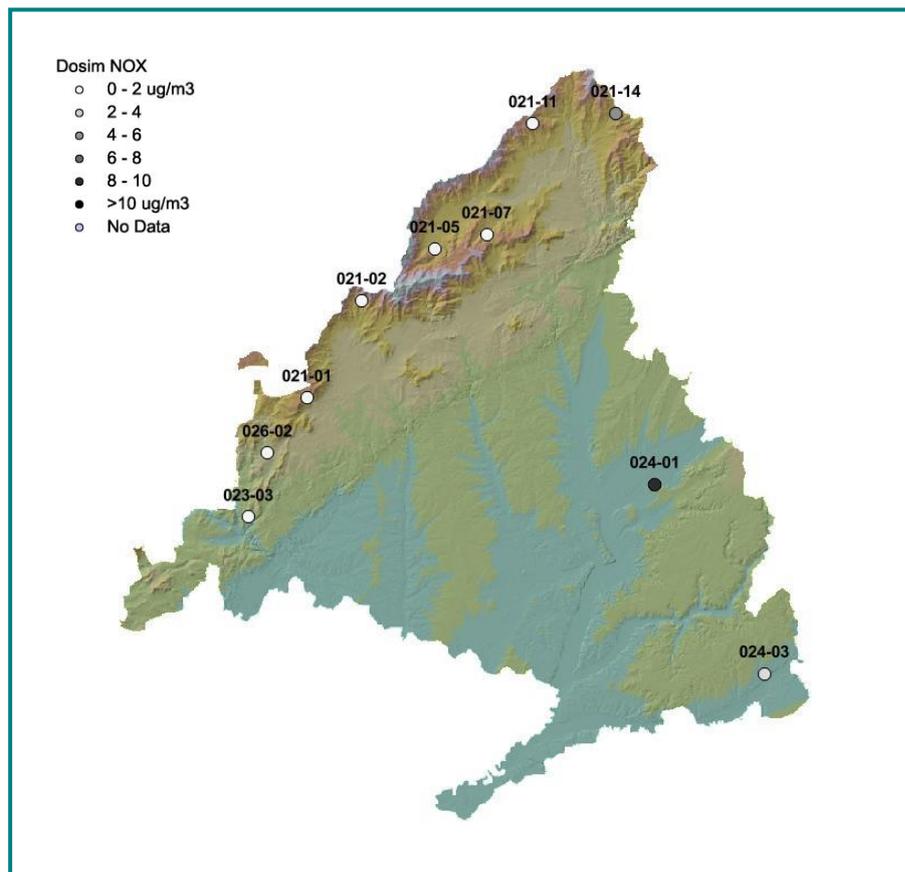


Figura XXVIII. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 15

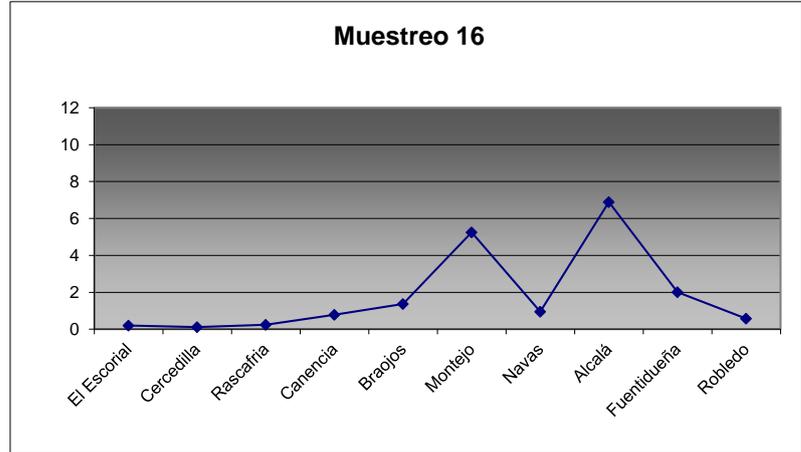


Muestreo 16 (22-23/10/2014):

Tabla XV. Concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 16

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,20
E-021-02	Cercedilla	0,11
E-021-05	Rascafría	0,24
E-021-07	Canencia	0,78
E-021-11	Braojos	1,36
E-021-14	Montejo de la Sierra	5,25
E-023-03	Navas del Rey	0,95
E-024-01	Alcalá de Henares	6,89
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,01
E-026-02	Robledo de Chavela	0,57
Media		1,84

Figura XXIX. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 16



En la presente revisión se observa un nuevo descenso en el valor de la inmisión de fondo en la comunidad, donde de nuevo se repite el máximo local de Alcalá de Henares y

continúan registrándose valores comparativamente altos en Montejo de la Sierra, hasta obtener concentraciones prácticamente traza en Cercedilla, El Escorial y Rascafría.

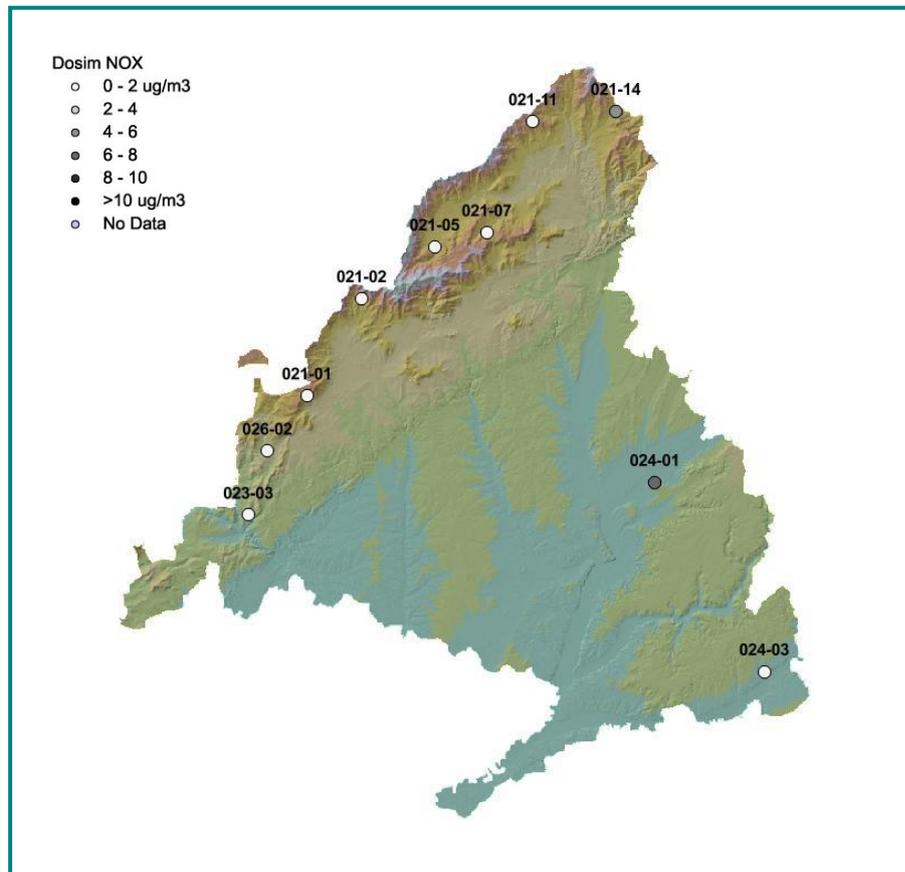


Figura XXX. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo n° 16

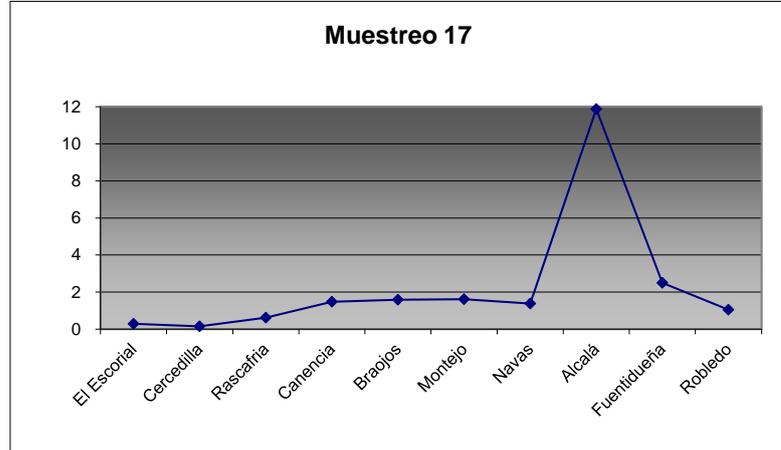


Muestreo 17 (05-07/11/2014):

Tabla XVI. Concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 17

Parcela	Término municipal	µg/m ³
E-021-01	El Escorial	0,29
E-021-02	Cercedilla	0,16
E-021-05	Rascafría	0,62
E-021-07	Canencia	1,47
E-021-11	Braojos	1,58
E-021-14	Montejo de la Sierra	1,62
E-023-03	Navas del Rey	1,38
E-024-01	Alcalá de Henares	11,88
E-024-03	Fuentidueña de Tajo	2,50
E-026-02	Robledo de Chavela	1,05
Media		2,26

Figura XXXI. Gráfico de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 17



En la última de las revisiones efectuadas, se observa un ligero incremento del nivel de inmisión de fondo en la comunidad, junto con uno de los mayores

niveles registrados en Alcalá de Henares y una brusca reducción de la inmisión en Montejo de la Sierra, donde se han observado picos esporádicos a lo largo de la campaña.

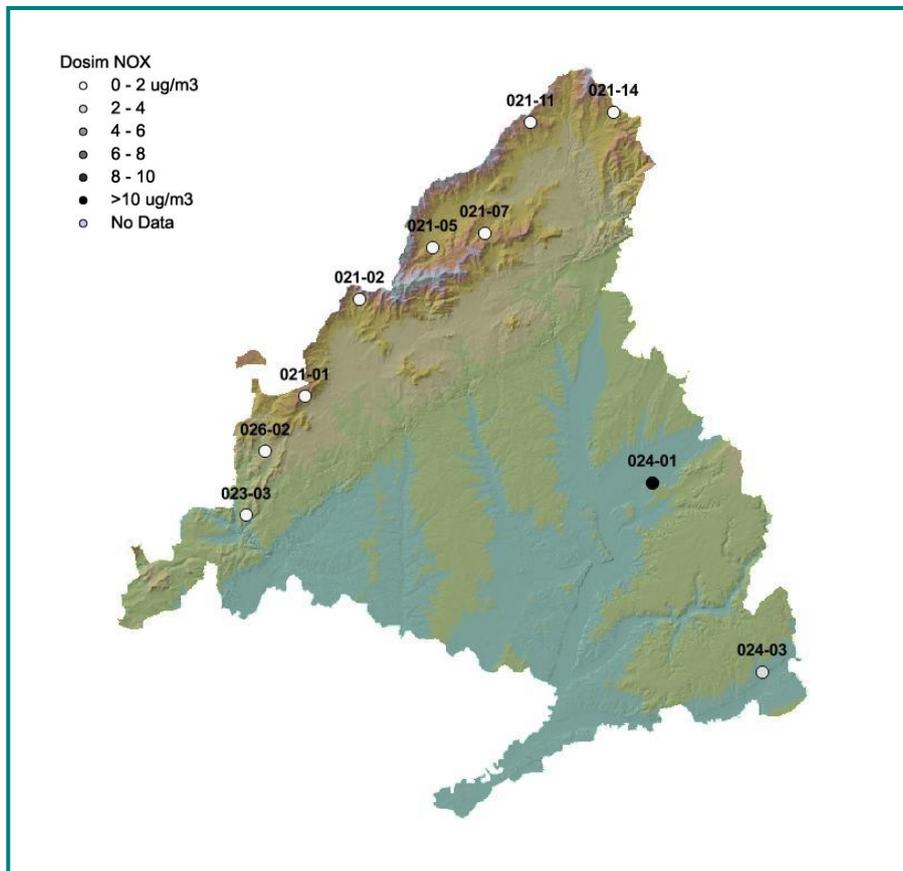


Figura XXXII. Mapa de concentraciones de NO₂ en el muestreo nº 17



5.4. NIVELES DE CONTAMINANTES ATMOSFÉRICOS POR PARCELAS.

5.4.1. OZONO

E-021-01 (San Lorenzo de El Escorial):

Tabla 5.4.1.I. Concentración Ozono El Escorial

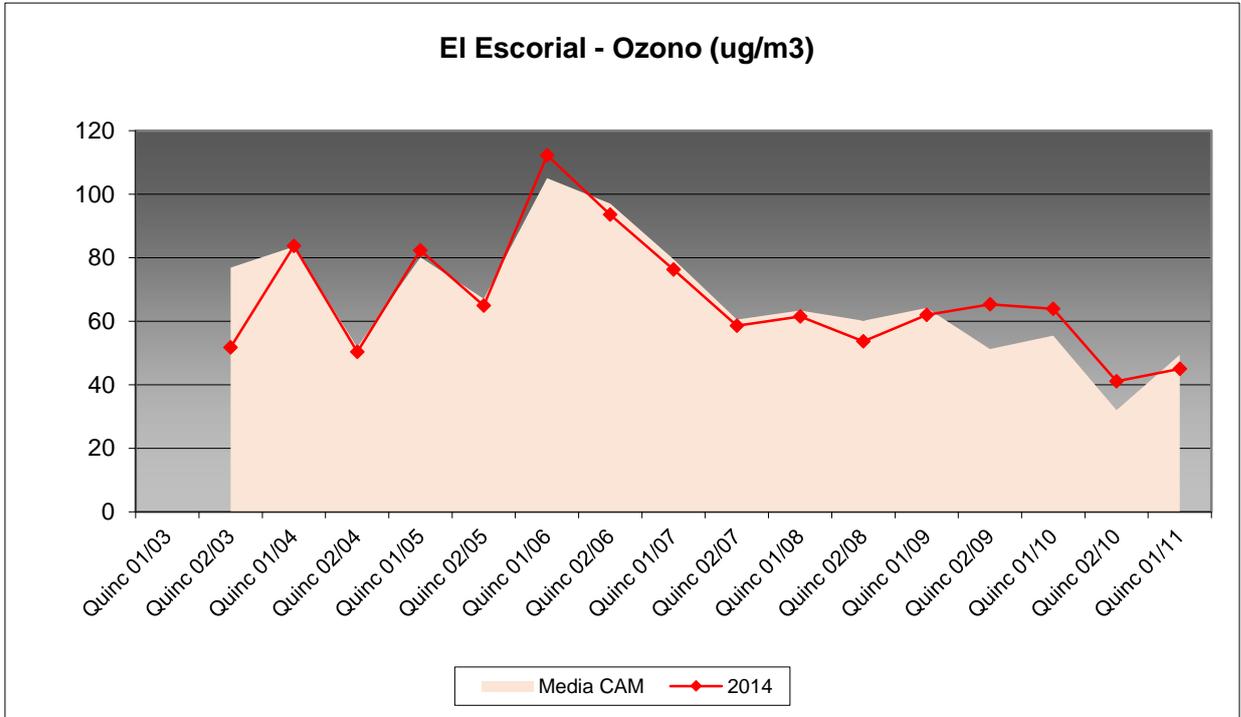
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	19/03/2014	51,68
3	Quinc 01/04	01/04/2014	83,69
4	Quinc 02/04	23/04/2014	50,35
5	Quinc 01/05	07/05/2014	82,23
6	Quinc 02/05	25/05/2014	64,89
4	Quinc 01/06	04/06/2014	112,27
8	Quinc 02/06	17/06/2014	93,57
9	Quinc 01/07	02/07/2014	76,21
10	Quinc 02/07	22/07/2014	58,58
11	Quinc 01/08	05/08/2014	61,43
12	Quinc 02/08	21/08/2014	53,58
13	Quinc 01/09	04/09/2014	61,95
14	Quinc 02/09	24/09/2014	65,24
15	Quinc 01/10	09/10/2014	63,85
16	Quinc 02/10	22/10/2014	41,04
17	Quinc 01/11	07/11/2014	44,97
Media:			66,60

En la presente revisión destaca en primer lugar un incremento del valor medio obtenido en la serie, con respecto a lo obtenido en la última campaña de la que se dispone de datos, y que se sitúa en torno a $66,60 \mu\text{g}/\text{m}^3$. La mayoría de los registros se ha movido en la banda de los $50-70 \mu\text{g}/\text{m}^3$ destacando los elevados valores obtenidos a comienzos de junio, cuando se llegan a superar los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y las bajas tasas obtenidas al final del año, cuando la radiación solar y temperatura que necesita para su formación disminuye y se sitúa en el entorno de los $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$. En general, las concentraciones

correspondientes se han situado en el entorno de la media de la comunidad, excepción hecha del periodo septiembre-noviembre, en el que sistemáticamente se han registrado valores superiores. Cabe hacer constar también que el modelo general de circulación del aire en la comunidad de Madrid considera esta zona como una de las de mayor incidencia, de forma que contaminantes emitidos en otras zonas tienden a dispersarse e impactar en esta zona de la sierra, en la que no hay además grandes barreras que la protejan de los núcleos urbanos más importantes.



Figura 5.4.1.I. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-021-02 (Cercedilla):

Tabla 5.4.1.II. Concentración Ozono Cercedilla

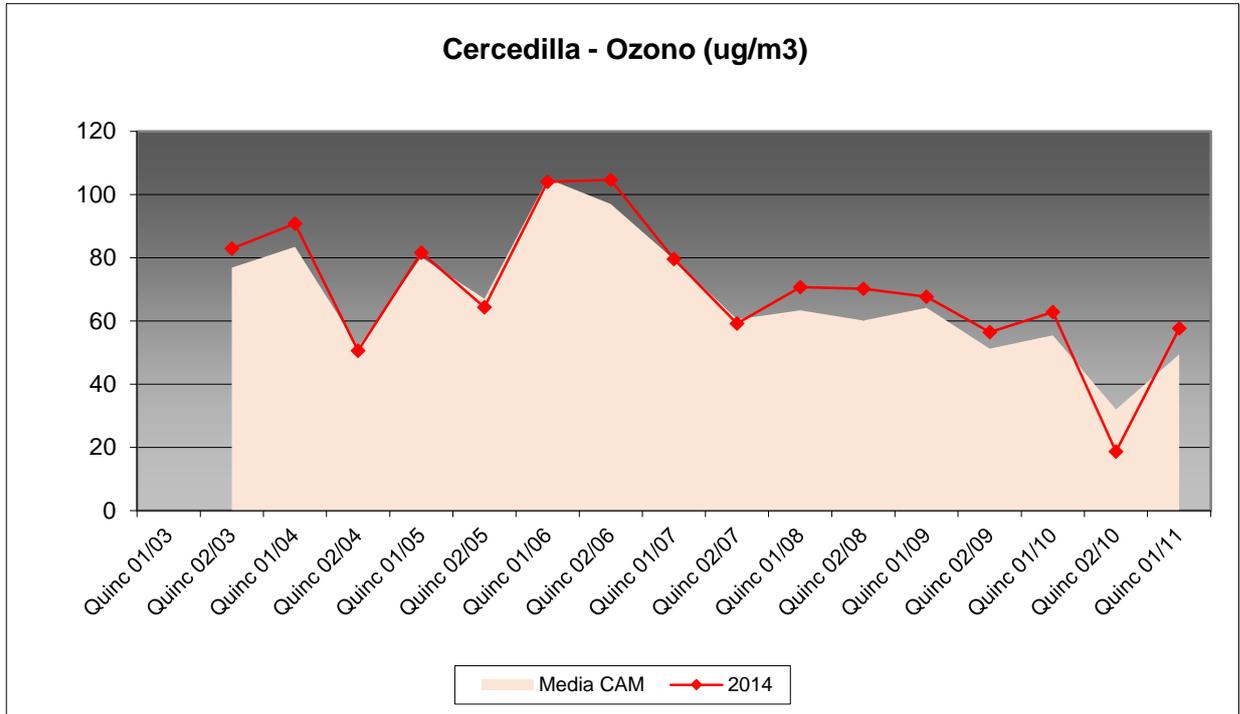
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	82,94
3	Quinc 01/04	01/04/2014	90,76
4	Quinc 02/04	23/04/2014	50,53
5	Quinc 01/05	07/05/2014	81,56
6	Quinc 02/05	25/05/2014	64,28
4	Quinc 01/06	06/06/2014	104,00
8	Quinc 02/06	17/06/2014	104,69
9	Quinc 01/07	02/07/2014	79,59
10	Quinc 02/07	22/07/2014	59,16
11	Quinc 01/08	05/08/2014	70,64
12	Quinc 02/08	20/08/2014	70,22
13	Quinc 01/09	04/09/2014	67,63
14	Quinc 02/09	24/09/2014	56,47
15	Quinc 01/10	09/10/2014	62,81
16	Quinc 02/10	22/10/2014	18,62
17	Quinc 01/11	06/11/2014	57,63
Media:			70,10

Al igual que en el caso anterior, los niveles de la concentración por ozono han aumentado respecto a la campaña de 2009, última de la que se dispone de registro, pasando de 53 a 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Al igual que en el caso anterior, la estación se dispone en una zona de cota elevada, no protegida frente a vientos aunque no tan directamente orientada sobre los núcleos urbanos de Madrid, por lo que no es de extrañar tampoco la aparición de niveles altos de este contaminante. Como es habitual, y

debido al incremento de la radiación solar y la temperatura, los mayores niveles se han registrado a comienzos del verano, cuando se superan los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y los menores, inferiores a 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ se han registrado a finales de la campaña, con tasas también relativamente elevadas a lo largo del primer tramo de muestreo. Como en el caso de El Escorial, los valores se han situado por encima de la media de la comunidad a partir del mes de junio.



Figura 5.4.1. II. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-021-05 (Rascafría):

Tabla 5.4.1.III. Concentración Ozono Rascafría

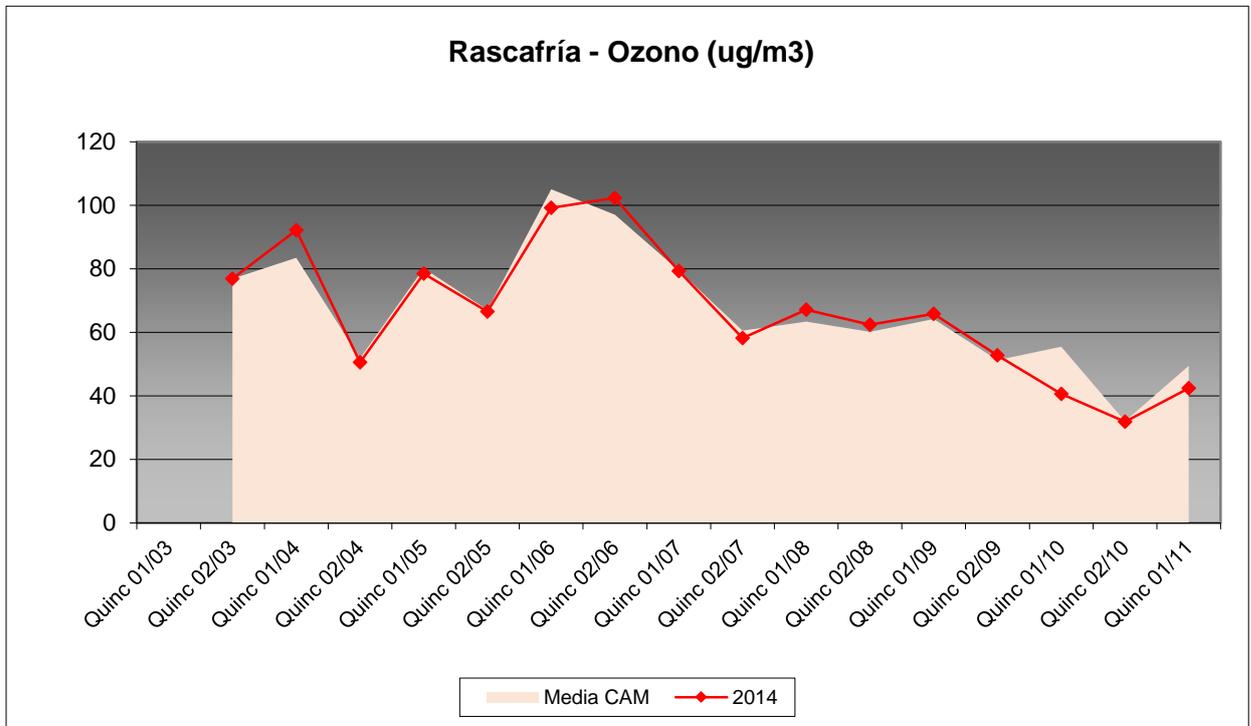
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	76,89
3	Quinc 01/04	01/04/2014	92,13
4	Quinc 02/04	23/04/2014	50,53
5	Quinc 01/05	08/05/2014	78,43
6	Quinc 02/05	25/05/2014	66,53
4	Quinc 01/06	06/06/2014	99,15
8	Quinc 02/06	17/06/2014	102,27
9	Quinc 01/07	02/07/2014	79,27
10	Quinc 02/07	22/07/2014	58,11
11	Quinc 01/08	05/08/2014	67,12
12	Quinc 02/08	20/08/2014	62,36
13	Quinc 01/09	04/09/2014	65,75
14	Quinc 02/09	24/09/2014	52,76
15	Quinc 01/10	09/10/2014	40,55
16	Quinc 02/10	22/10/2014	31,85
17	Quinc 01/11	06/11/2014	42,38
Media:			66,63

En la presente campaña destaca en primer lugar el considerable incremento experimentado en esta estación desde 2009, pasando de 17,19 a 66,63 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en lo que supone casi cuadruplicar los niveles de inmisión de fondo, aunque cabe hacer constar que debido a indicaciones de la propiedad la estación se trasladó desde la zona baja del Pinar de los Belgas (más protegida de vientos y en zona de masa forestal) a las inmediaciones del

monumento al Guarda Forestal, mucho más expuesto a los vientos, lo que podría explicar las variaciones encontradas. Al igual que en los casos anteriores (y por las mismas razones) los mayores valores se han registrado en la segunda quincena de junio, superándose los 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ y las menores tasas a finales de campaña. En general, la estación suele registrar valores por debajo de la media de la comunidad.



Figura 5.4.1.III. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-021-07 (Canencia de la Sierra):

Tabla 5.4.1.IV. Concentración Ozono Canencia de la Sierra

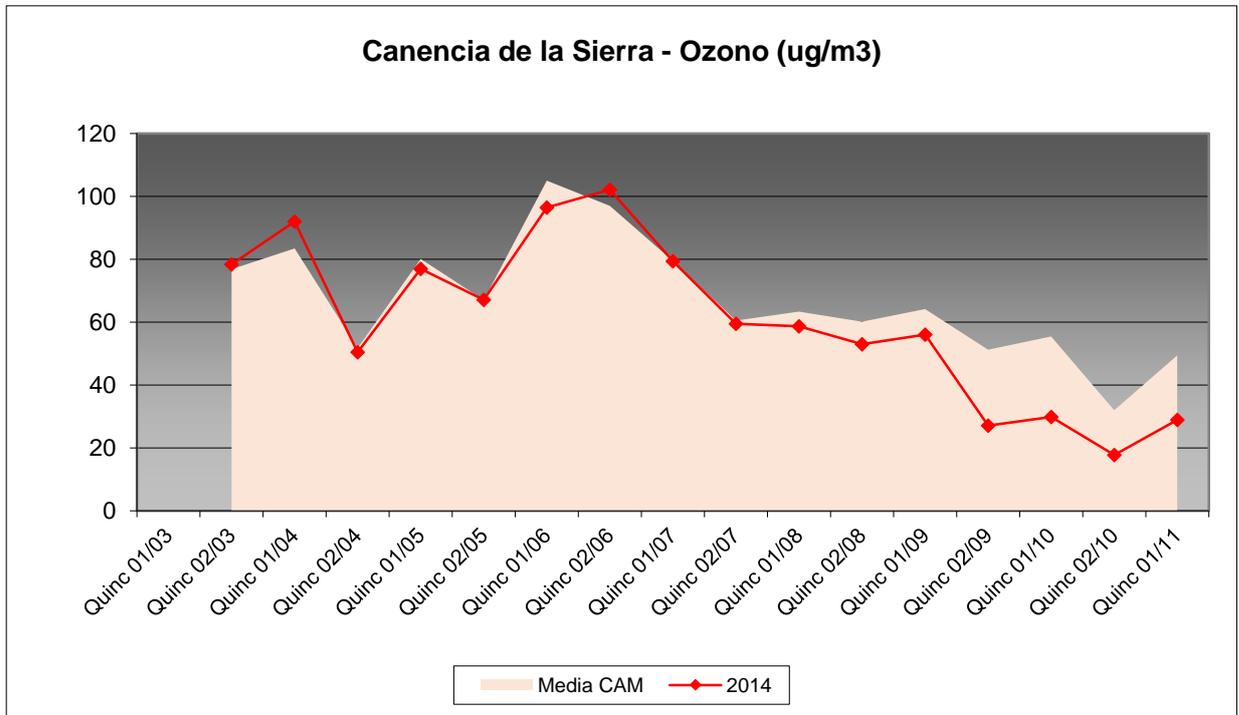
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	78,38
3	Quinc 01/04	01/04/2014	92,01
4	Quinc 02/04	23/04/2014	50,44
5	Quinc 01/05	08/05/2014	76,96
6	Quinc 02/05	25/05/2014	67,11
4	Quinc 01/06	06/06/2014	96,50
8	Quinc 02/06	17/06/2014	102,20
9	Quinc 01/07	02/07/2014	79,42
10	Quinc 02/07	22/07/2014	59,53
11	Quinc 01/08	05/08/2014	58,71
12	Quinc 02/08	20/08/2014	52,97
13	Quinc 01/09	04/09/2014	56,04
14	Quinc 02/09	24/09/2014	27,05
15	Quinc 01/10	09/10/2014	29,84
16	Quinc 02/10	22/10/2014	17,75
17	Quinc 01/11	06/11/2014	28,86
Media:			60,86

En la estación de Canencia de la Sierra, próxima a la anterior de Rascafría se ha registrado un comportamiento similar: aumento considerable en los niveles desde 2009, casi duplicando las tasas obtenidas, y en una posición que no ha variado entre ambos muestreos; por lo que no cabría considerar el cambio de ubicación como

responsable de las tasas obtenidas., que nuevamente registran máximos a mediados de junio y niveles mínimos a finales del periodo, aunque se advierte un cierto repunte a lo largo de la última quincena. Es comparativamente también una estación en la que tienden a obtenerse valores inferiores a la media de la comunidad.



Figura 5.4.1.IV. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-021-11 (Braojos):

Tabla 5.4.1. V. Concentración Ozono Braojos

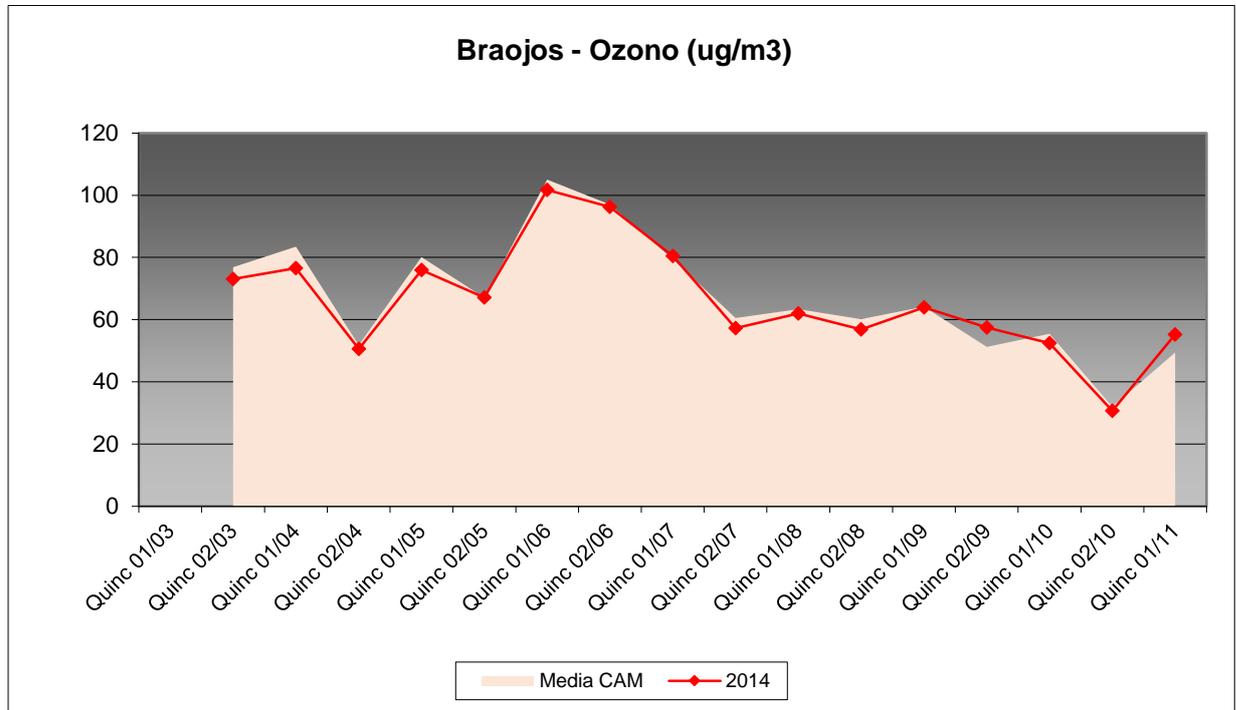
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	73,07
3	Quinc 01/04	01/04/2014	76,51
4	Quinc 02/04	23/04/2014	50,55
5	Quinc 01/05	08/05/2014	75,91
6	Quinc 02/05	25/05/2014	67,06
4	Quinc 01/06	05/06/2014	101,66
8	Quinc 02/06	17/06/2014	96,23
9	Quinc 01/07	02/07/2014	80,40
10	Quinc 02/07	22/07/2014	57,25
11	Quinc 01/08	05/08/2014	62,01
12	Quinc 02/08	20/08/2014	56,79
13	Quinc 01/09	04/09/2014	63,87
14	Quinc 02/09	24/09/2014	57,46
15	Quinc 01/10	09/10/2014	52,41
16	Quinc 02/10	22/10/2014	30,66
17	Quinc 01/11	06/11/2014	55,15
Media:			66,06

En la estación de Braojos, y en lo que parece ir configurándose como una tónica de la Red, se han registrado valores superiores a los habidos en la revisión de 2009, aunque el incremento no ha sido tan notable como en otros casos, aumentando el nivel de inmisión de fondo en unos $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a lo largo de este periodo.; obteniéndose los valores máximos a comienzos del mes

de junio, cuando se superaron ligeramente los $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y reduciéndose hasta los 30 a finales de octubre, para experimentar un aumento local a comienzos de noviembre. Los niveles observados en Braojos tienden a disponerse también próximos o por debajo de los niveles medios de la Comunidad de Madrid.



Figura 5.4.1.V. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-021-14 (Montejo de la Sierra):

Tabla 5.4.1.VI. Concentración Ozono Montejo de la Sierra

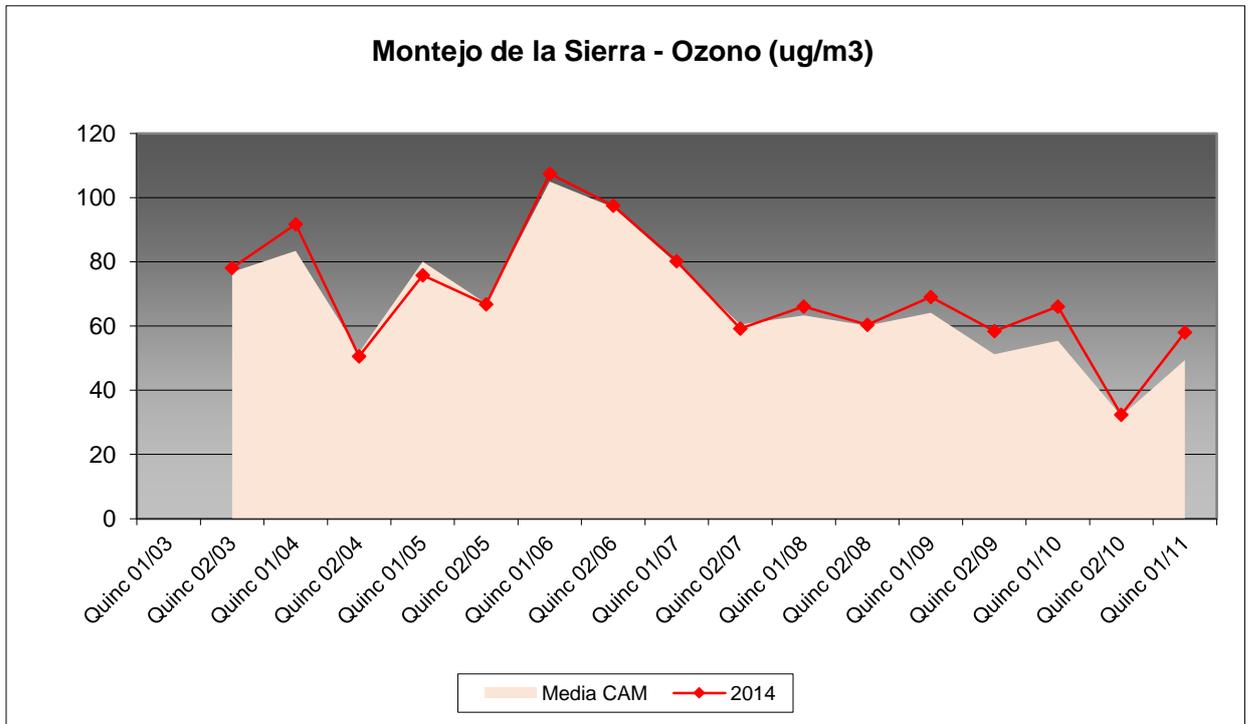
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	78,10
3	Quinc 01/04	01/04/2014	91,81
4	Quinc 02/04	23/04/2014	50,54
5	Quinc 01/05	08/05/2014	75,89
6	Quinc 02/05	25/05/2014	66,80
4	Quinc 01/06	05/06/2014	107,44
8	Quinc 02/06	17/06/2014	97,52
9	Quinc 01/07	02/07/2014	80,18
10	Quinc 02/07	22/07/2014	59,28
11	Quinc 01/08	05/08/2014	66,13
12	Quinc 02/08	20/08/2014	60,43
13	Quinc 01/09	04/09/2014	69,11
14	Quinc 02/09	24/09/2014	58,46
15	Quinc 01/10	09/10/2014	66,11
16	Quinc 02/10	22/10/2014	32,35
17	Quinc 01/11	06/11/2014	58,10
Media:			69,89

En Montejo de la Sierra se han obtenido también tasas superiores a las observadas en la campaña de 2009, última de la que se dispone de registro histórico de datos, pasándose de una concentración media de 42 a 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en lo que supone casi duplicar los niveles de inmisión. El patrón temporal de concentraciones es similar al de los

puntos anteriores: máximos en el mes de junio y mínimos en octubre, con un repunte al final de la campaña de evaluación. A lo largo del tramo septiembre-noviembre los niveles obtenidos se han situado también por encima de los valores medios de la comunidad.



Figura 5.4.1.VI. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-023-03 (Navas del Rey):

Tabla 5.4.1.VII. Concentración Ozono Navas del Rey

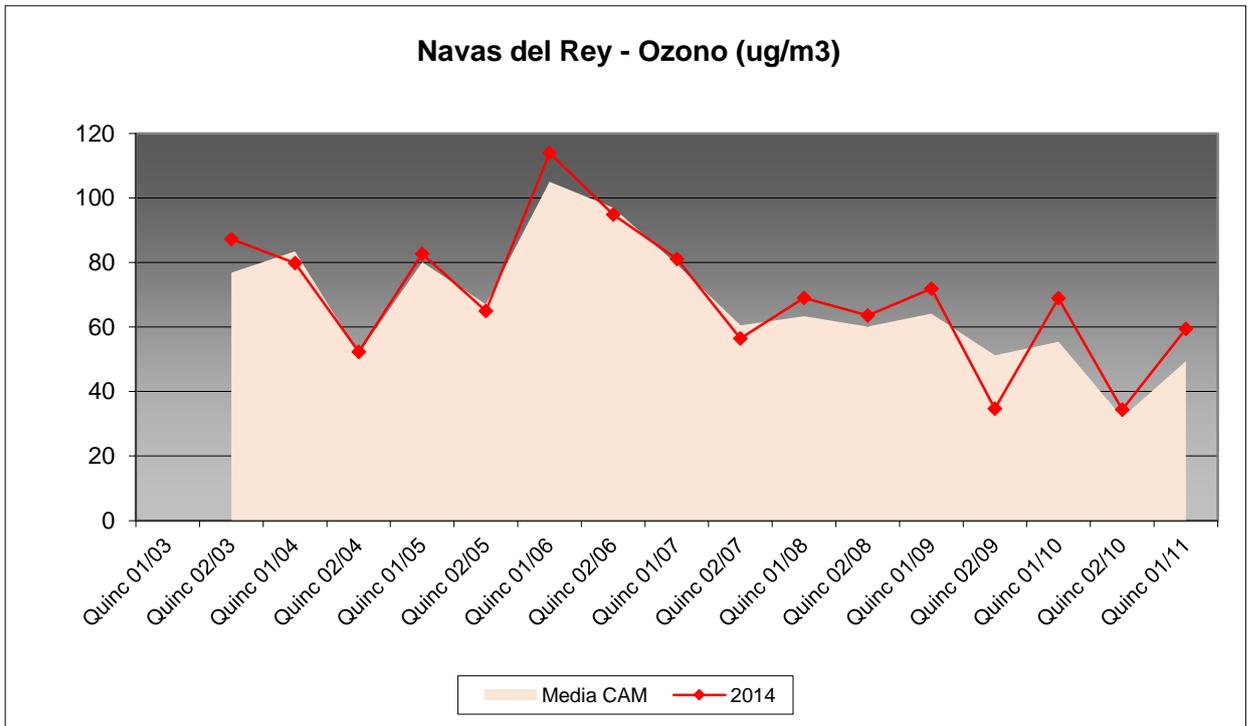
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	19/03/2014	87,28
3	Quinc 01/04	02/04/2014	79,84
4	Quinc 02/04	23/04/2014	52,27
5	Quinc 01/05	07/05/2014	82,65
6	Quinc 02/05	25/05/2014	65,00
4	Quinc 01/06	04/06/2014	113,95
8	Quinc 02/06	17/06/2014	94,85
9	Quinc 01/07	01/07/2014	81,13
10	Quinc 02/07	22/07/2014	56,45
11	Quinc 01/08	05/08/2014	69,02
12	Quinc 02/08	21/08/2014	63,56
13	Quinc 01/09	04/09/2014	71,95
14	Quinc 02/09	24/09/2014	34,72
15	Quinc 01/10	09/10/2014	68,93
16	Quinc 02/10	23/10/2014	34,39
17	Quinc 01/11	06/11/2014	59,45
Media:			69,71

En lo que respecta a Navas del Rey, y al contrario que en el conjunto de las parcelas anteriores, los niveles de inmisión son en general similares a los habidos en la campaña de 2009, con los máximos más adelantados (de agosto a junio) y registrándose de nuevo los valores

inferiores de la serie a finales de octubre, cuando se reducen la radiación solar y la temperatura para la conversión de los óxidos de nitrógeno precursores en ozono.



Figura 5.4.1.VII. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-024-01 (Alcalá de Henares):

Tabla 5.4.1.VIII. Concentración Ozono Alcalá de Henares

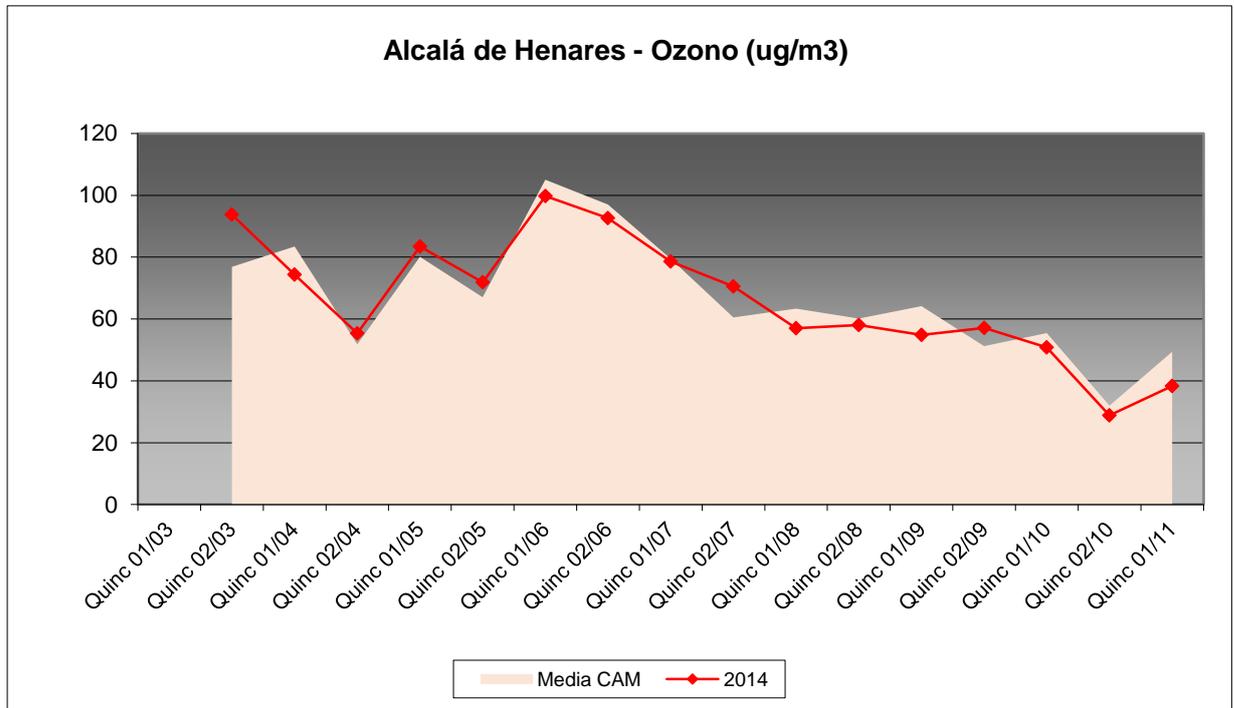
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	07/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	18/03/2014	93,75
3	Quinc 01/04	02/04/2014	74,39
4	Quinc 02/04	22/04/2014	55,36
5	Quinc 01/05	06/05/2014	83,48
6	Quinc 02/05	22/05/2014	71,89
4	Quinc 01/06	03/06/2014	99,75
8	Quinc 02/06	16/06/2014	92,66
9	Quinc 01/07	01/07/2014	78,57
10	Quinc 02/07	18/07/2014	70,58
11	Quinc 01/08	05/08/2014	56,98
12	Quinc 02/08	21/08/2014	58,09
13	Quinc 01/09	03/09/2014	54,83
14	Quinc 02/09	23/09/2014	57,13
15	Quinc 01/10	07/10/2014	50,78
16	Quinc 02/10	23/10/2014	28,86
17	Quinc 01/11	05/11/2014	38,30
Media:			66,59

Al igual que en estaciones anteriores, en la presente revisión se registra un incremento de los valores con respecto a 2009, pasando de 44 a 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en una parcela situada en las inmediaciones de una zona de amplia concentración industrial y en la que se tiende a obtener valores ligeramente por encima de la media de la

comunidad. En cuanto a la distribución temporal de los valores, continúa advirtiéndose la tónica general: máximos en junio que acaban decayendo hacia el final de la campaña, con un ligero repunte a comienzos de noviembre.



Figura 5.4.1.VIII. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-024-03 (Fuentidueña de Tajo):

Tabla 5.4.1.IX. Concentración Ozono Fuentidueña de Tajo

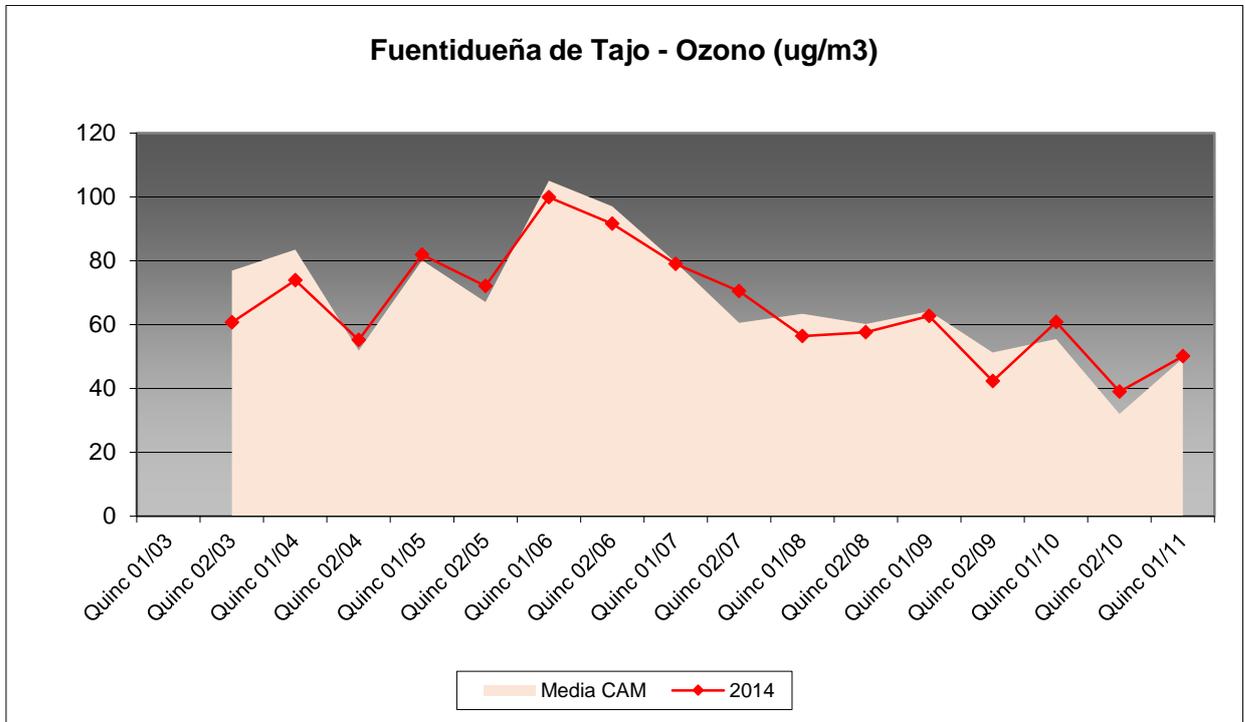
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	18/03/2014	60,68
3	Quinc 01/04	02/04/2014	73,84
4	Quinc 02/04	22/04/2014	55,12
5	Quinc 01/05	06/05/2014	81,84
6	Quinc 02/05	22/05/2014	72,07
4	Quinc 01/06	03/06/2014	99,90
8	Quinc 02/06	16/06/2014	91,50
9	Quinc 01/07	01/07/2014	78,96
10	Quinc 02/07	18/07/2014	70,48
11	Quinc 01/08	05/08/2014	56,38
12	Quinc 02/08	21/08/2014	57,51
13	Quinc 01/09	03/09/2014	62,68
14	Quinc 02/09	23/09/2014	42,29
15	Quinc 01/10	07/10/2014	60,75
16	Quinc 02/10	23/10/2014	38,98
17	Quinc 01/11	05/11/2014	50,05
Media:			65,81

En Fuentidueña de Tajo, y tal y como ocurriera en Navas del Rey, los cambios habidos en el nivel de inmisión media desde 2009 son poco significativos, pasando de 57 a 66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, un incremento poco significativo; con un patrón de distribución muy similar al del resto de parcelas: máximos

de la serie en junio y mínimos a finales de octubre, con un repunte al final de la campaña. Los niveles obtenidos en esta estación tienden a disponerse además por debajo de la media de la Red.



Figura 5.4.1..IX. Evolución concentración Ozono durante la campaña





E-026-02 (Robledo de Chavela):

Tabla 5.4.1.X. Concentración Ozono Robledo de Chavela

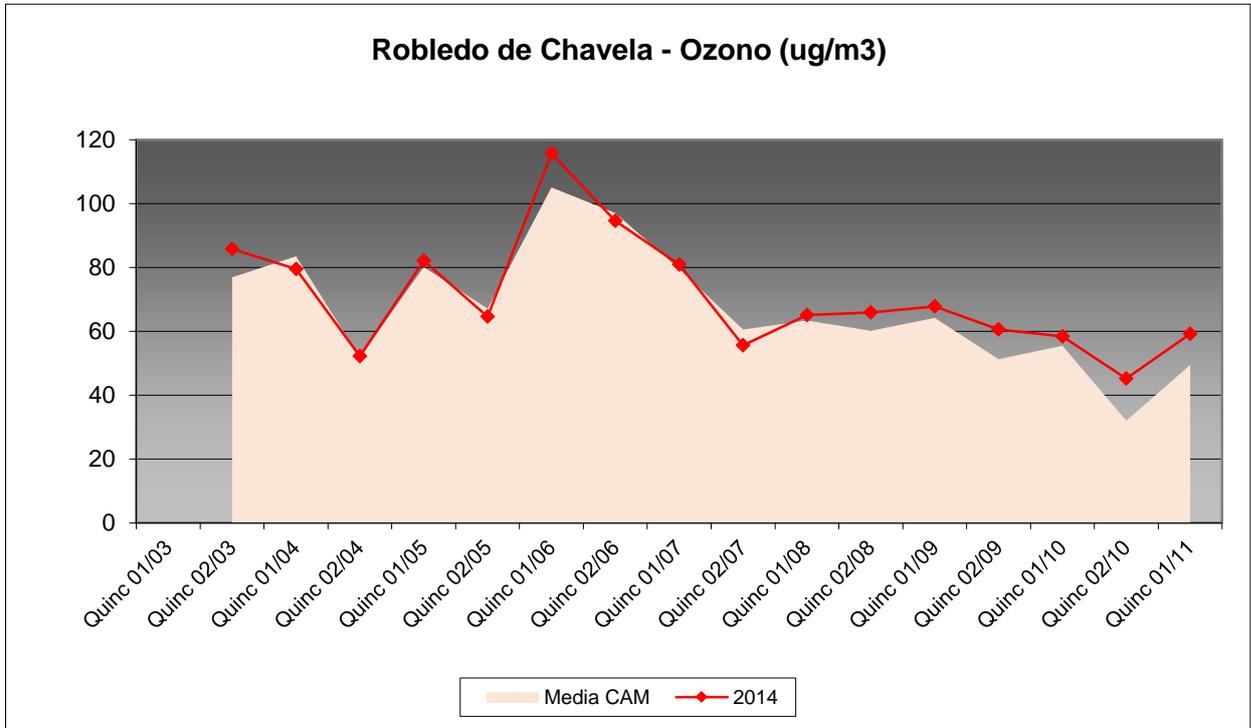
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	19/03/2014	85,71
3	Quinc 01/04	02/04/2014	79,47
4	Quinc 02/04	23/04/2014	52,18
5	Quinc 01/05	07/05/2014	82,05
6	Quinc 02/05	25/05/2014	64,59
4	Quinc 01/06	04/06/2014	115,63
8	Quinc 02/06	17/06/2014	94,53
9	Quinc 01/07	01/07/2014	80,86
10	Quinc 02/07	22/07/2014	55,58
11	Quinc 01/08	05/08/2014	65,04
12	Quinc 02/08	21/08/2014	65,81
13	Quinc 01/09	04/09/2014	67,75
14	Quinc 02/09	24/09/2014	60,57
15	Quinc 01/10	09/10/2014	58,34
16	Quinc 02/10	23/10/2014	45,14
17	Quinc 01/11	06/11/2014	59,18
Media:			70,78

En la presente revisión, y tal y como ha sucedido en la mayoría de las estaciones, se registra un incremento en la concentración media de ozono con respecto a 2009, pasando de 28 a 71 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, en lo que supone casi triplicar las tasas anteriores, situándose en la actualidad el dosímetro en una cota superior a la que se encontraba tras quedar la zona original arrasada por un incendio; y

que pudiera encontrarse algo más influenciada por el movimiento general de la masa de aire. Nuevamente se repite el patrón de distribución temporal de la red, con máximos en junio y decaimiento de los valores hacia el final del periodo, y situándose los valores medios ligeramente por encima de la media de la comunidad.



Figura 5.4.1.X. Evolución concentración Ozono durante la campaña





5.4.2. NO₂

E-021-01 (San Lorenzo de El Escorial):

Tabla 5.4.2.I. Concentración NO₂ San Lorenzo de El Escorial

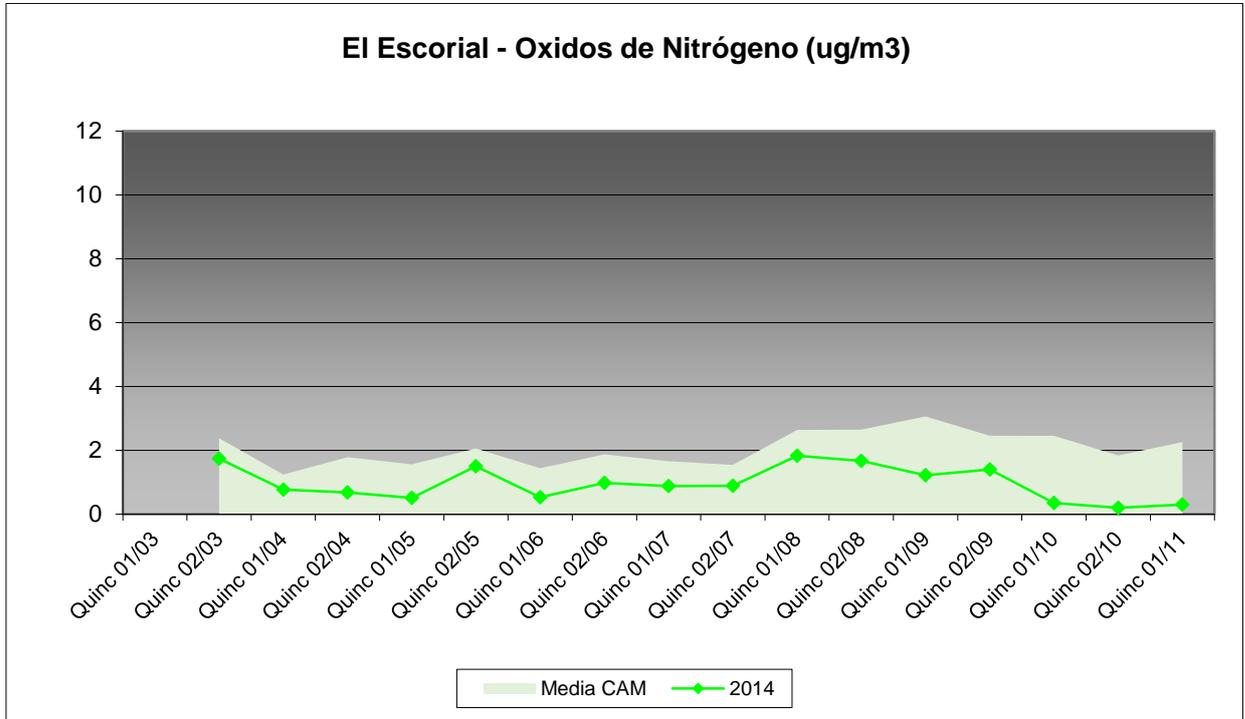
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 (µg/m ³)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	19/03/2014	1,74
3	Quinc 01/04	01/04/2014	0,77
4	Quinc 02/04	23/04/2014	0,68
5	Quinc 01/05	07/05/2014	0,51
6	Quinc 02/05	25/05/2014	1,50
4	Quinc 01/06	04/06/2014	0,53
8	Quinc 02/06	17/06/2014	0,98
9	Quinc 01/07	02/07/2014	0,88
10	Quinc 02/07	22/07/2014	0,88
11	Quinc 01/08	05/08/2014	1,83
12	Quinc 02/08	21/08/2014	1,67
13	Quinc 01/09	04/09/2014	1,21
14	Quinc 02/09	24/09/2014	1,39
15	Quinc 01/10	09/10/2014	0,35
16	Quinc 02/10	22/10/2014	0,20
17	Quinc 01/11	07/11/2014	0,29
Media:			0,96

En lo que respecta los óxidos de nitrógeno en El Escorial, y al contrario de lo que venía observándose en el caso del ozono, se registra una disminución de los valores medios con respecto a la revisión de 2009, última de la que se dispone de registro, pasando de 1,34 a 0,96 µg/m³. Los mayores niveles se han obtenido a comienzos de agosto y los menores hacia finales de

octubre. Cabe hacer constar también que este contaminante está menos influido por el movimiento de las masas de aire que el ozono, de forma que tiende a concentrarse en las inmediaciones de los núcleos de emisión y a baja altitud, al contrario que el O₃. Los niveles observados así en El Escorial se disponen por debajo de las concentraciones media de la comunidad.



Figura 5.4.2..I. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-021-02 (Cercedilla):

Tabla 5.4.2.II. Concentración NO₂ Cercedilla

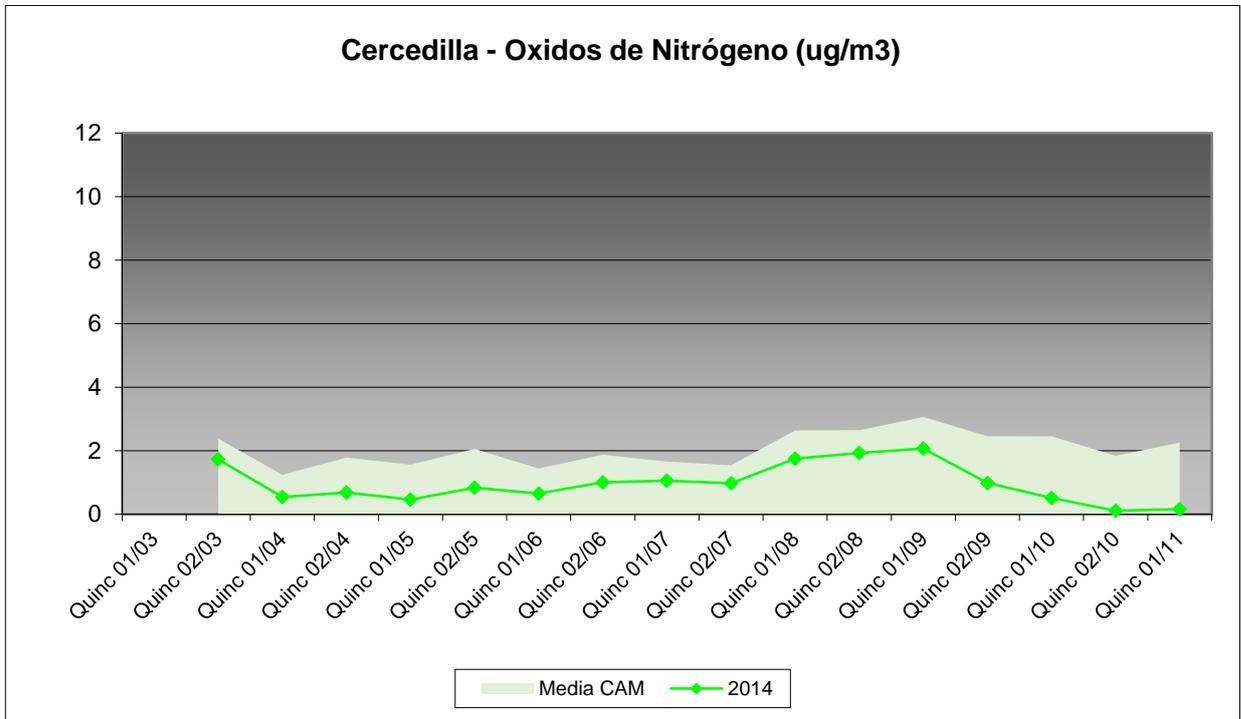
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	1,72
3	Quinc 01/04	01/04/2014	0,55
4	Quinc 02/04	23/04/2014	0,68
5	Quinc 01/05	07/05/2014	0,46
6	Quinc 02/05	25/05/2014	0,83
4	Quinc 01/06	06/06/2014	0,66
8	Quinc 02/06	17/06/2014	1,01
9	Quinc 01/07	02/07/2014	1,05
10	Quinc 02/07	22/07/2014	0,97
11	Quinc 01/08	05/08/2014	1,75
12	Quinc 02/08	20/08/2014	1,93
13	Quinc 01/09	04/09/2014	2,07
14	Quinc 02/09	24/09/2014	0,98
15	Quinc 01/10	09/10/2014	0,51
16	Quinc 02/10	22/10/2014	0,11
17	Quinc 01/11	06/11/2014	0,16
Media:			0,96

En cuanto a los niveles de óxidos de nitrógeno en Cercedilla, se observa un repunte en la revisión del año en curso, al pasar de un valor medio de 0,54 en 2009 a 0,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, siempre en un nivel de concentración muy bajo, y por las mismas razones que en el caso de El Escorial: elevada altitud y lejanía a los focos de emisión (fundamentalmente el tráfico rodado, responsable del

cerca del 80% de las emisiones según la información CORINE). Las mayores tasas se han registrado a finales de agosto y los menores niveles a finales de octubre, y al igual que en el caso anterior, la inmisión en Cercedilla se ha situado por debajo de la media de la comunidad en todos los muestreos efectuados.



Figura 5.4.2..II. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-021-05 (Rascafría):

Tabla 5.4.2.III. Concentración NO₂ Rascafría

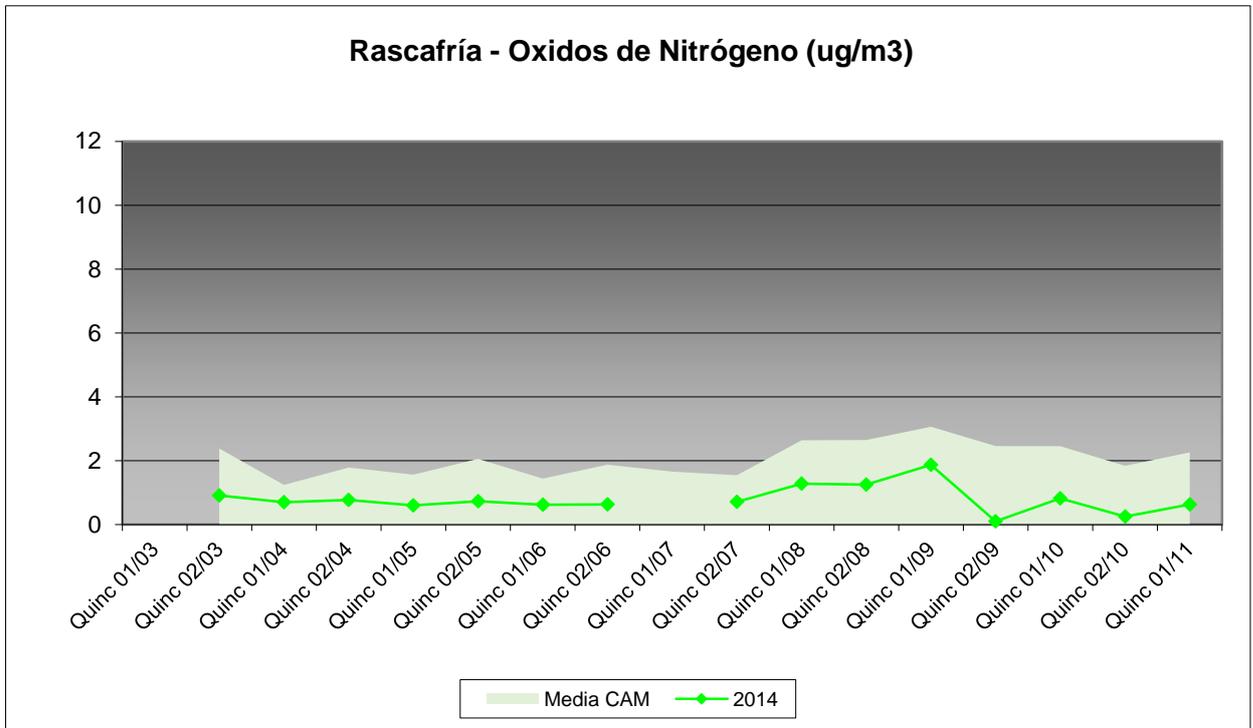
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 (µg/m ³)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	0,91
3	Quinc 01/04	01/04/2014	0,69
4	Quinc 02/04	23/04/2014	0,77
5	Quinc 01/05	08/05/2014	0,60
6	Quinc 02/05	25/05/2014	0,72
4	Quinc 01/06	06/06/2014	0,61
8	Quinc 02/06	17/06/2014	0,63
9	Quinc 01/07	02/07/2014	-
10	Quinc 02/07	22/07/2014	0,71
11	Quinc 01/08	05/08/2014	1,28
12	Quinc 02/08	20/08/2014	1,25
13	Quinc 01/09	04/09/2014	1,87
14	Quinc 02/09	24/09/2014	0,10
15	Quinc 01/10	09/10/2014	0,82
16	Quinc 02/10	22/10/2014	0,24
17	Quinc 01/11	06/11/2014	0,62
Media:			0,79

En lo que respecta a la estación de Rascafría, se advierte una ligera reducción en los niveles de concentración media con respecto a 2009, pasándose de 0,86 a 0,79 µg/m³ y siempre en uno de los valores más bajos de la Red. , por las razones que ya se apuntaban en las estaciones anteriores, así como por el cambio de ubicación del dosímetro como se especificó en el epígrafe de ozono. Los máximos y mínimo de la serie se

encuentran muy seguidos y se han registrado a lo largo del mes de septiembre y como puede verse en el gráfico siguiente, los niveles de óxidos de nitrógeno en este punto se han situado por debajo de la media de la comunidad. Cabe destacar también la rotura del dosímetro en la revisión de comienzos de julio, lo que hace que no se pueda disponer de datos para ese periodo.



Figura 5.4.2.III. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-021-07 (Canencia de la Sierra):

Tabla 5.4.2.IV. Concentración NO₂ Canencia de la Sierra

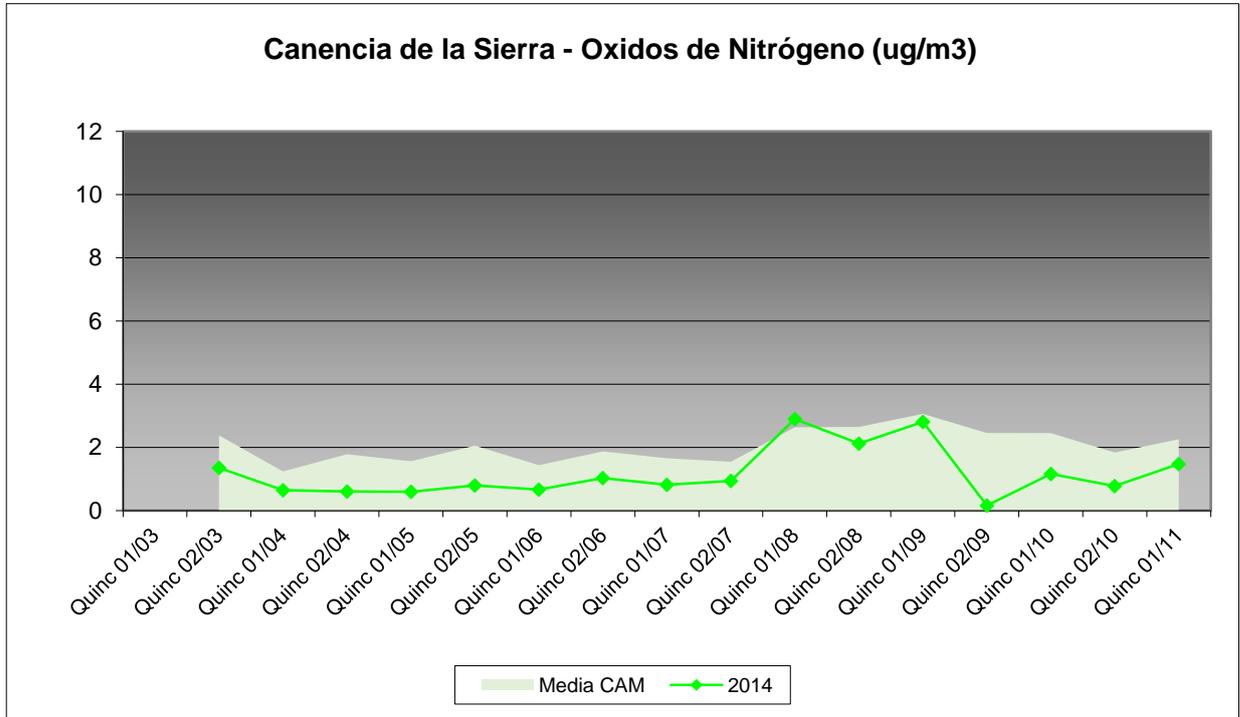
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	1,35
3	Quinc 01/04	01/04/2014	0,64
4	Quinc 02/04	23/04/2014	0,60
5	Quinc 01/05	08/05/2014	0,59
6	Quinc 02/05	25/05/2014	0,79
4	Quinc 01/06	06/06/2014	0,67
8	Quinc 02/06	17/06/2014	1,03
9	Quinc 01/07	02/07/2014	0,81
10	Quinc 02/07	22/07/2014	0,94
11	Quinc 01/08	05/08/2014	2,90
12	Quinc 02/08	20/08/2014	2,12
13	Quinc 01/09	04/09/2014	2,80
14	Quinc 02/09	24/09/2014	0,16
15	Quinc 01/10	09/10/2014	1,16
16	Quinc 02/10	22/10/2014	0,78
17	Quinc 01/11	06/11/2014	1,47
Media:			1,18

Al igual que en parcelas anteriores, los niveles medios se han reducido ligeramente desde la revisión de 2009, pasando de 1,47 a 1,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, tasas en general reducidas, debido también a su posición geográfica, y con un máximo a comienzos de agosto que es además uno de

los mayores valores de la red en ese periodo y valores mínimos hacia mediados de septiembre, configurándose una meseta o zona de valores elevados a mediados de verano, tal y como se ha observado en Cercedilla o El Escorial.



Figura 5.4.2.IV. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-021-11 (Braojos):

Tabla 5.4.2.V. Concentración NO₂ Braojos

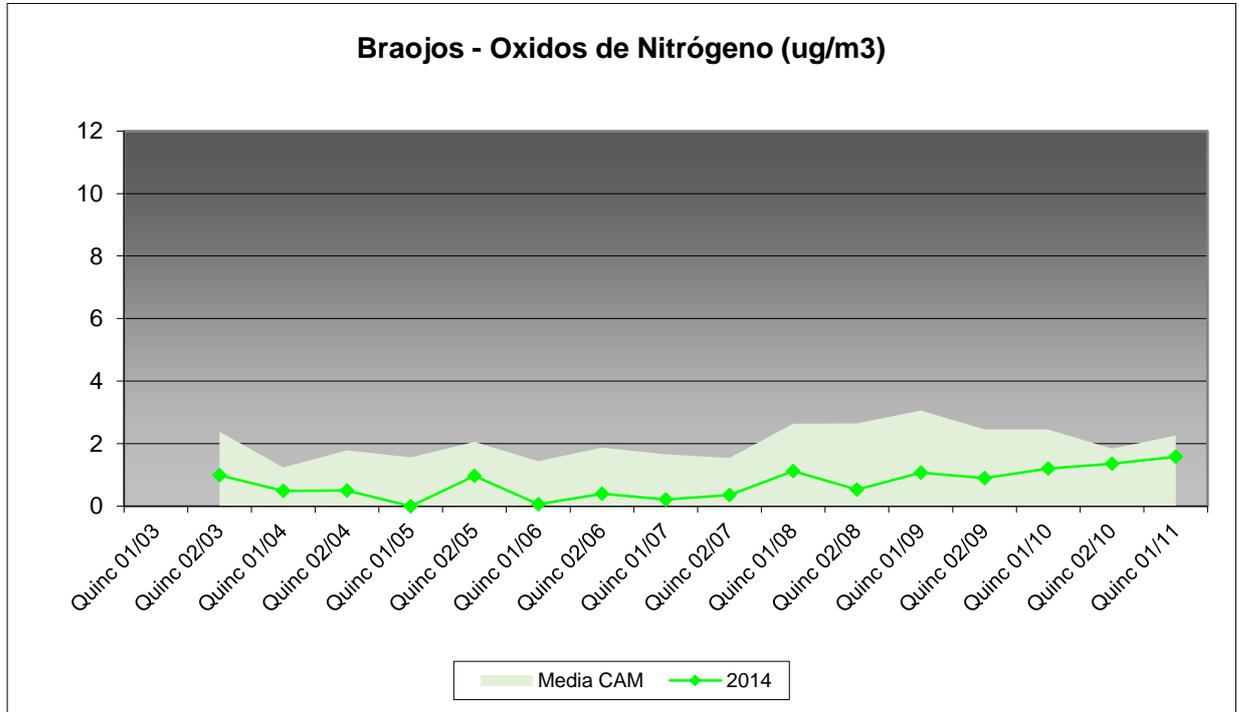
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 (µg/m ³)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	
2	Quinc 02/03	20/03/2014	0,99
3	Quinc 01/04	01/04/2014	0,49
4	Quinc 02/04	23/04/2014	0,50
5	Quinc 01/05	08/05/2014	0,00
6	Quinc 02/05	25/05/2014	0,97
4	Quinc 01/06	05/06/2014	0,06
8	Quinc 02/06	17/06/2014	0,40
9	Quinc 01/07	02/07/2014	0,21
10	Quinc 02/07	22/07/2014	0,36
11	Quinc 01/08	05/08/2014	1,12
12	Quinc 02/08	20/08/2014	0,53
13	Quinc 01/09	04/09/2014	1,07
14	Quinc 02/09	24/09/2014	0,90
15	Quinc 01/10	09/10/2014	1,20
16	Quinc 02/10	22/10/2014	1,36
17	Quinc 01/11	06/11/2014	1,58
Media:			0,73

En Braojos, se registran concentraciones comparativamente bajas de óxidos de nitrógeno, habida cuenta además de la posición de la parcela, en el extremo norte de la comunidad., registrándose una leve disminución de los valores de fondo con respecto a la campaña de 2009.; incluso con alguna observación nula a

comienzos de mayo y un máximo de 1,58 µg/m³ a finales del muestreo, en el mes de noviembre. Como puede verse en el gráfico siguiente, las concentraciones de este contaminante en Braojos se han situado siempre por debajo de la media madrileña.



Figura 5.4.2.V. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-021-14 (Montejo de la Sierra):

Tabla 5.4.2.VI. Concentración NO₂ Montejo de la Sierra

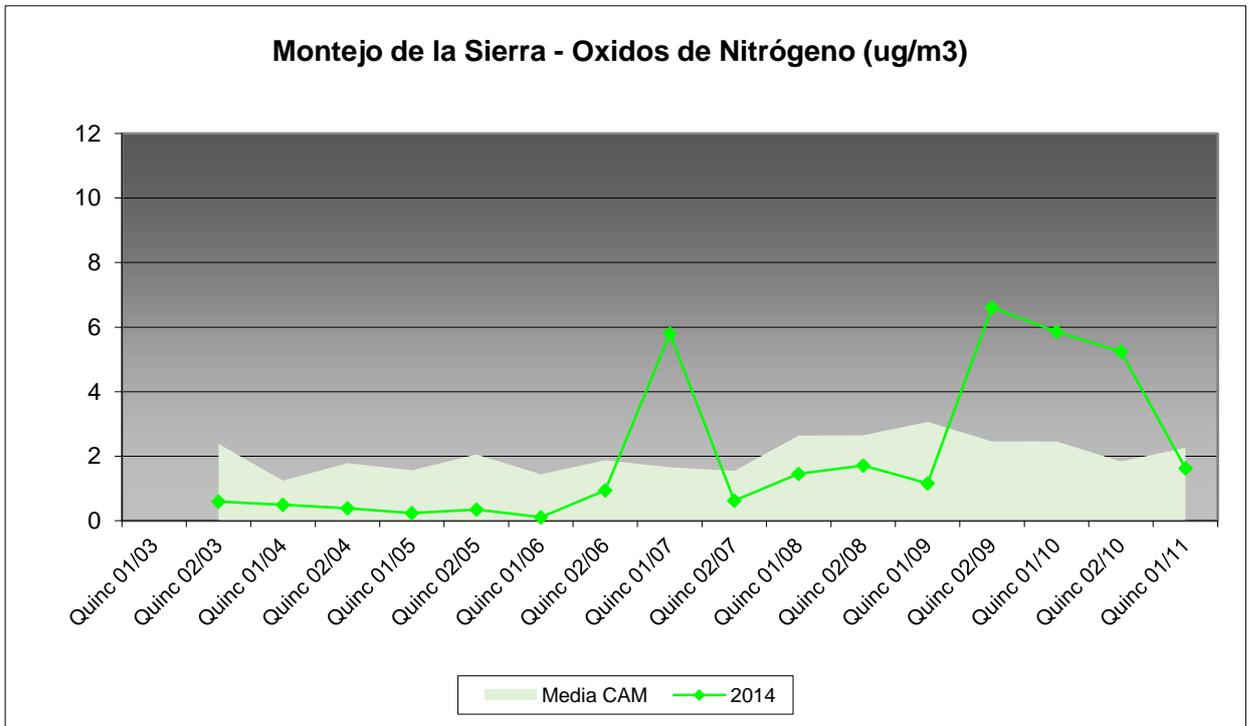
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	05/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	20/03/2014	0,59
3	Quinc 01/04	01/04/2014	0,49
4	Quinc 02/04	23/04/2014	0,39
5	Quinc 01/05	08/05/2014	0,24
6	Quinc 02/05	25/05/2014	0,35
4	Quinc 01/06	05/06/2014	0,11
8	Quinc 02/06	17/06/2014	0,94
9	Quinc 01/07	02/07/2014	5,80
10	Quinc 02/07	22/07/2014	0,62
11	Quinc 01/08	05/08/2014	1,45
12	Quinc 02/08	20/08/2014	1,71
13	Quinc 01/09	04/09/2014	1,15
14	Quinc 02/09	24/09/2014	6,60
15	Quinc 01/10	09/10/2014	5,86
16	Quinc 02/10	22/10/2014	5,25
17	Quinc 01/11	06/11/2014	1,62
Media:			2,07

Por lo que respecta a la estación de Montejo de la Sierra, y al contrario de lo que ha sucedido en otras ubicaciones, se observa un notable incremento del nivel de concentración medio desde 2009, al pasar de 0,78 a 2,07 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, registrándose además varios picos significativos a

comienzos de julio, y sobre todo en el tramo final del muestreo, entre los meses de septiembre y noviembre, cuando se han obtenido valores notablemente superiores a los del resto de la comunidad, sin que en principio se aprecie una relación causa-efecto clara.



Figura 5.4.2.VI. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-023-03 (Navas del Rey):

Tabla 5.4.2.VII. Concentración NO₂ Navas del Rey

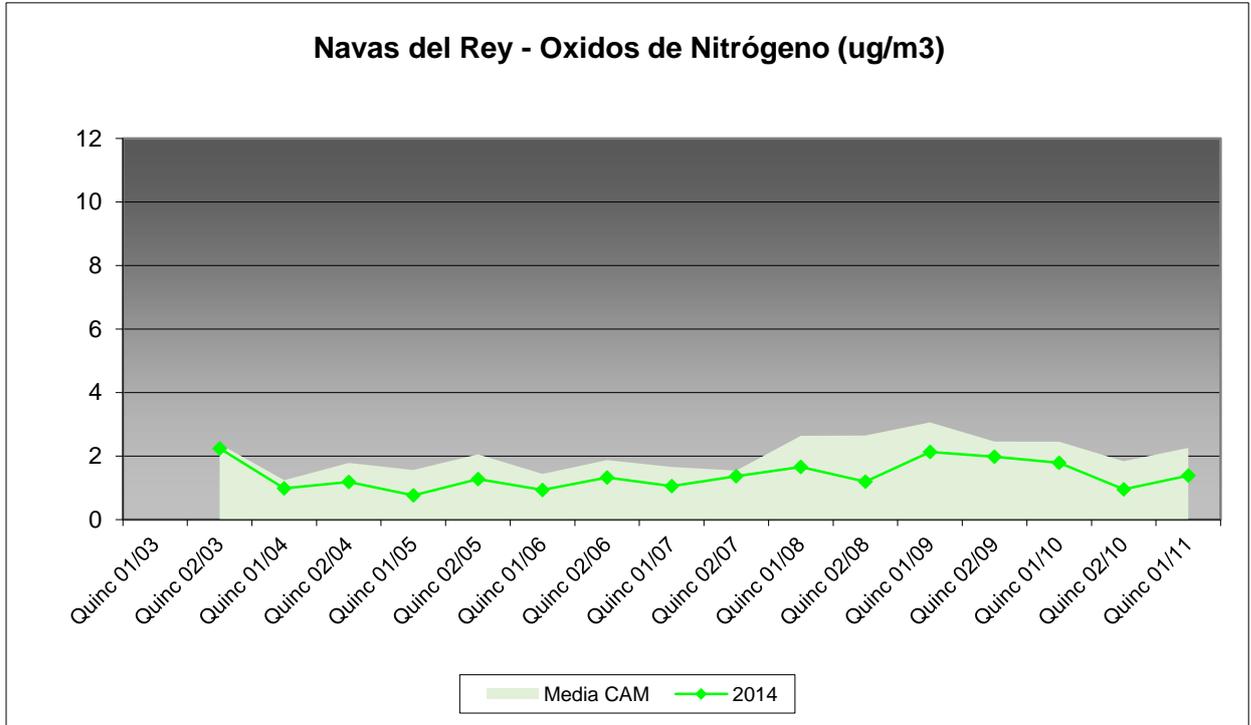
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 (µg/m ³)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	19/03/2014	2,24
3	Quinc 01/04	02/04/2014	0,98
4	Quinc 02/04	23/04/2014	1,18
5	Quinc 01/05	07/05/2014	0,76
6	Quinc 02/05	25/05/2014	1,28
4	Quinc 01/06	04/06/2014	0,93
8	Quinc 02/06	17/06/2014	1,32
9	Quinc 01/07	01/07/2014	1,05
10	Quinc 02/07	22/07/2014	1,37
11	Quinc 01/08	05/08/2014	1,66
12	Quinc 02/08	21/08/2014	1,19
13	Quinc 01/09	04/09/2014	2,12
14	Quinc 02/09	24/09/2014	1,98
15	Quinc 01/10	09/10/2014	1,79
16	Quinc 02/10	23/10/2014	0,95
17	Quinc 01/11	06/11/2014	1,38
Media:			1,39

Los niveles medios de óxidos de nitrógeno en Navas del Rey experimentan una ligera disminución con respecto a la campaña de 2009, al pasar de 1,48 a 1,39 µg/m³, en tasa por tanto comparativamente bajas, que oscilan entre 2,24 µg/m³ a comienzos del muestreo en el mes de marzo

y 0,76 µg/m³ a comienzos de mayo, sin que se advierta una tendencia estacional clara en su distribución. Los niveles encontrados se han situado, en general, por debajo de la media de la comunidad.



Figura 5.4.2.VII. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-024-01 (Alcalá de Henares):

Tabla 5.4.2.VIII. Concentración NO₂ Alcalá de Henares

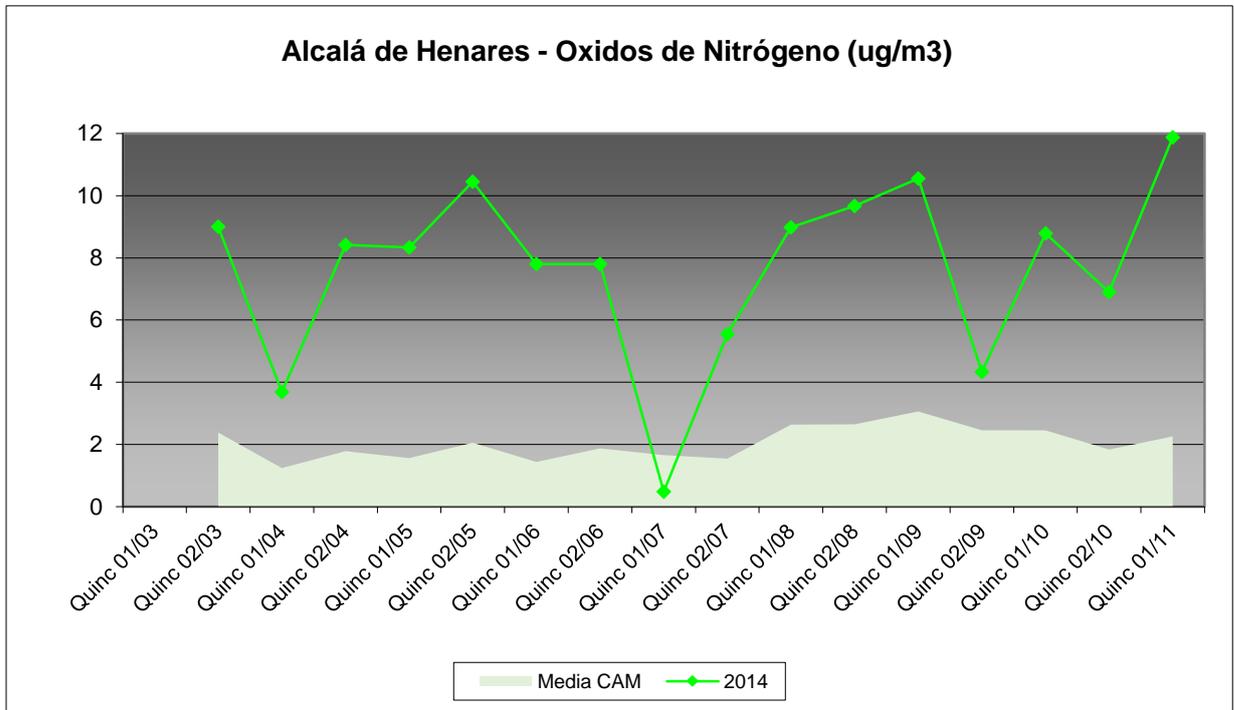
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
1	Quinc 01/03	07/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	18/03/2014	9,00
3	Quinc 01/04	02/04/2014	3,68
4	Quinc 02/04	22/04/2014	8,41
5	Quinc 01/05	06/05/2014	8,33
6	Quinc 02/05	22/05/2014	10,45
4	Quinc 01/06	03/06/2014	7,80
8	Quinc 02/06	16/06/2014	7,80
9	Quinc 01/07	01/07/2014	0,48
10	Quinc 02/07	18/07/2014	5,56
11	Quinc 01/08	05/08/2014	8,98
12	Quinc 02/08	21/08/2014	9,67
13	Quinc 01/09	03/09/2014	10,55
14	Quinc 02/09	23/09/2014	4,33
15	Quinc 01/10	07/10/2014	8,78
16	Quinc 02/10	23/10/2014	6,89
17	Quinc 01/11	05/11/2014	11,88
Media:			7,66

Por lo que se refiere a los niveles encontrados en Alcalá de Henares, nos encontramos en la estación más afectada de toda la comunidad, lo que no resulta extraño conocida su ubicación, en lo alto de un monte en la industrializada zona del Corredor del Henares y próxima a la A-2, una de las vías de mayor intensidad de tráfico de la comunidad, junto con el comportamiento de este contaminante, que tiende a disponerse en las inmediaciones de los focos de emisión, no resultando tan afectado por el movimiento de las masas de aire. Se registran así tasas elevadas en

relación al resto de la red, superándose en varias ocasiones el umbral de los $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y resultando el punto con mayor nivel en prácticamente todas las revisiones efectuadas. Pese a ello y con respecto a los niveles obtenidos en la campaña de 2009, los niveles medios se han reducido ligeramente, al pasar de $7,95$ a $7,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Al igual que en otros puntos de la red se advierte un incremento generalizado de los niveles a lo largo de los meses de septiembre a noviembre, sin que se pueda determinar una causa con exactitud.



Figura 5.4.2.VIII. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-024-03 (Fuentidueña de Tajo):

Tabla 5.4.2.IX. Concentración NO₂ Fuentidueña de Tajo

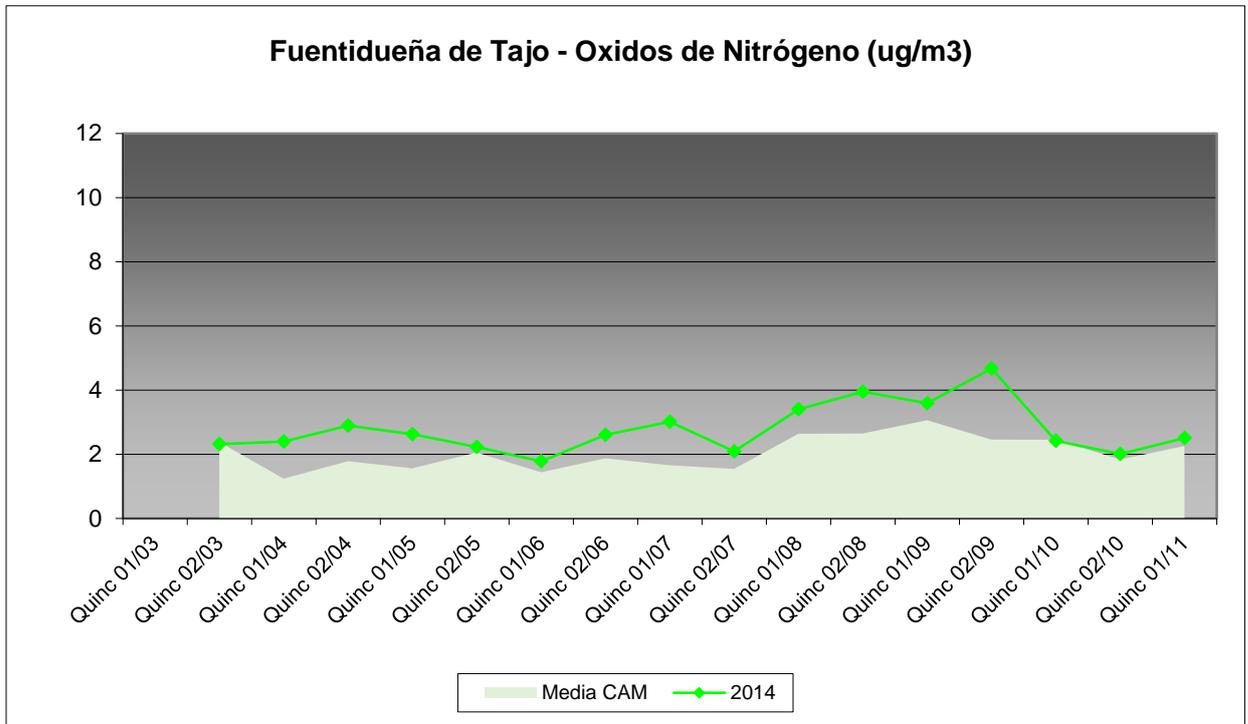
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 (µg/m ³)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	18/03/2014	2,31
3	Quinc 01/04	02/04/2014	2,39
4	Quinc 02/04	22/04/2014	2,90
5	Quinc 01/05	06/05/2014	2,63
6	Quinc 02/05	22/05/2014	2,22
4	Quinc 01/06	03/06/2014	1,78
8	Quinc 02/06	16/06/2014	2,60
9	Quinc 01/07	01/07/2014	3,01
10	Quinc 02/07	18/07/2014	2,08
11	Quinc 01/08	05/08/2014	3,40
12	Quinc 02/08	21/08/2014	3,95
13	Quinc 01/09	03/09/2014	3,59
14	Quinc 02/09	23/09/2014	4,67
15	Quinc 01/10	07/10/2014	2,41
16	Quinc 02/10	23/10/2014	2,01
17	Quinc 01/11	05/11/2014	2,50
Media:			2,78

Por lo que se refiere a Fuentidueña de Tajo, se advierte en primer lugar –como ha sucedido en el punto anterior- una ligera reducción en la concentración media de este contaminante con respecto a la revisión de 2009, al pasar de 3,06 a 2,78 µg/m³, aunque continúa siendo una estación con niveles comparativamente altos dentro de la

red, y por las mismas razones que en el caso de Alcalá de Henares, aunque la concentración industrial de la zona es mucho más reducida. Al igual que en otras estaciones se advierte un cierto incremento de los niveles a lo largo del último trimestre, alcanzándose el máximo a finales de septiembre y el mínimo a comienzos de junio.



Figura 5.4.2.IX. Evolución concentración NO₂ durante la campaña





E-026-02 (Robledo de Chavela):

Tabla 5.4.2.X. Concentración NO₂ Robledo de Chavela

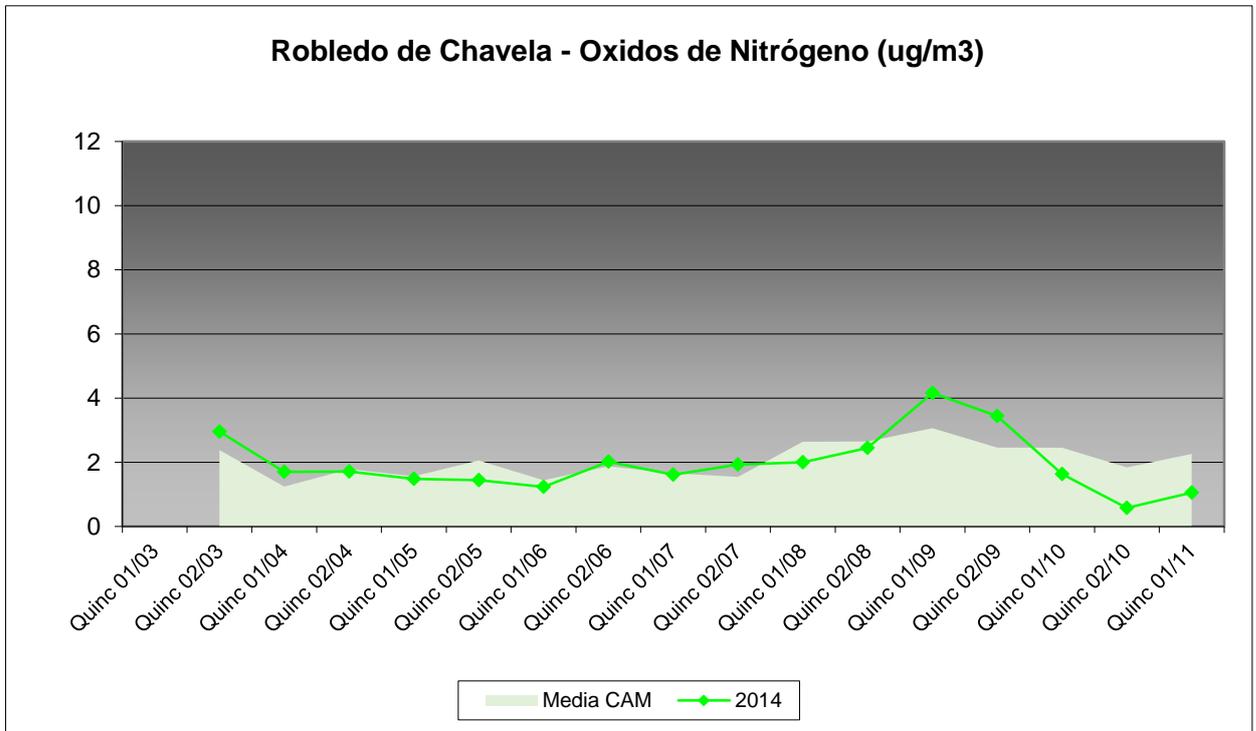
Muestreo	Quincena	Fecha 2014	2014 (µg/m ³)
1	Quinc 01/03	06/03/2014	Instalación
2	Quinc 02/03	19/03/2014	2,95
3	Quinc 01/04	02/04/2014	1,70
4	Quinc 02/04	23/04/2014	1,71
5	Quinc 01/05	07/05/2014	1,48
6	Quinc 02/05	25/05/2014	1,44
4	Quinc 01/06	04/06/2014	1,23
8	Quinc 02/06	17/06/2014	2,01
9	Quinc 01/07	01/07/2014	1,61
10	Quinc 02/07	22/07/2014	1,93
11	Quinc 01/08	05/08/2014	2,00
12	Quinc 02/08	21/08/2014	2,44
13	Quinc 01/09	04/09/2014	4,15
14	Quinc 02/09	24/09/2014	3,44
15	Quinc 01/10	09/10/2014	1,63
16	Quinc 02/10	23/10/2014	0,57
17	Quinc 01/11	06/11/2014	1,05
Media:			1,96

En lo que respecta a los niveles en la estación de Robledo de Chavela, se advierte en primer lugar una considerable reducción del nivel medio del parámetro al pasar de 3,20 en 2009 a 1,96 µg/m³ en la evaluación del año en curso, en lo que parece configurarse como una tónica en casi

toda la comunidad, al contrario de lo que ocurría con el ozono, siendo sin embargo una estación en la que tienden a encontrarse niveles ligeramente superiores a los de la media de la red, como ha ocurrido en varias ocasiones puntuales y sobre todo a finales del verano.



Figura 5.4.2.X. Evolución concentración NO₂ durante la campaña



6. RESULTADOS ANALÍTICOS FOLIARES

6.1. INTRODUCCIÓN.

Para realizar un estudio completo sobre el estado fitosanitario de una masa arbórea, no sólo basta con centrarse en los parámetros ya analizados, sino que además han de considerarse las posibles afecciones relacionadas con agentes contaminantes. Las sustancias que especialmente pueden incidir sobre el normal funcionamiento de los órganos de las plantas son, por un lado, el dióxido de azufre (SO_2) cuya determinación resulta relativamente sencilla mediante el análisis en laboratorio del contenido de azufre total, azufre hidrosoluble y azufre orgánico, y su posterior comparación con unos valores patrón de cada especie en lugares no contaminados. Por otro lado tenemos el complejo óxidos de nitrógeno-ozono, que provienen en un 80% de los motores de combustión, y cuya determinación es dificultosa ya que actúa como oxidante de otros compuestos sin acumularse en los tejidos; para valorar su posible afección hay que recurrir a una cuidadosa evaluación de la sintomatología, realizada por personal especializado.

6.2. AFECCIÓN POR AZUFRE.

El azufre, junto con el nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio, forman parte de los llamados elementos principales, indispensables e insustituibles en la vida de las plantas. Se encuentra en el suelo en forma de compuestos orgánicos, minerales sulfurosos y sulfatos de Ca, Mg y Na. Su disponibilidad es en forma de SO_4^{2-} muy soluble, pero también puede ser captado del SO_2 atmosférico.

La incorporación del azufre a la planta se hace como ión libre, en compuestos como SH o como éster en proteínas, coenzimas y metabolitos secundarios, pasando a formar parte del protoplasma celular y enzimas. Su acumulación preferencial tiene lugar en las hojas y semillas.

El impacto de la deposición del azufre atmosférico sobre los ecosistemas forestales ha sido, y es todavía, motivo de

numerosas controversias entre los científicos (MILLER & McBRIDE, 1975; LINZON, 1978; SMITH, 1981). Estas discusiones han proliferado en los últimos años como consecuencia del debilitamiento progresivo de los bosques en Europa y la parte este de Estados Unidos y Canadá (McLAUGHLIN, 1985). Sin embargo, no es fácil establecer valores límite debido a que tenemos un conocimiento muy elemental del funcionamiento de los ecosistemas forestales.

Cuando la planta está sometida a un aire contaminante con SO_2 se presenta un incremento del contenido foliar en azufre. Aunque el dióxido de azufre, después de su absorción a través de los estomas, puede satisfacer parte de las necesidades de azufre que tienen las plantas, existe un límite para la velocidad a la que pueden metabolizarlo, siendo el sulfito, producto intermedio en la oxidación del contaminante, el que ocasiona una mayor toxicidad. Ese límite, o nivel básico de concentración de azufre, es característico de cada especie y se denomina valor patrón de azufre para la misma.

Además del Azufre Total es importante conocer la fracción hidrosoluble y la orgánica. La primera representa la parte de azufre total que se encuentra en forma de sulfatos, mientras que la segunda se define como la proporción de azufre que está retenido en la planta en forma orgánica, formando parte, fundamentalmente, de las proteínas. Por último, se suele considerar también el valor del coeficiente entre el azufre hidrosoluble y el azufre orgánico, siguiendo las indicaciones de algunos autores (LEGGE & KRUPA, 1988), que lo consideran más significativo que la utilización de cada uno de esos valores por separado.

6.3. TOMA DE MUESTRAS Y PROCEDIMIENTO ANALÍTICO.

Para la realización de los análisis foliares se tomaron varios ramillos del tercio superior de la copa de cada uno de los árboles evaluados. Estas muestras se enviaron para su análisis al Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental de la Universidad de Navarra (LICA-UNAV), quedando a cargo del Dr. David Elustondo.

Antes de la realización de los análisis se procedió a la preparación de las muestras foliares. Para ello se separaron las hojas y acículas de los ramillos y, sin lavarlas, se secaron en estufa a 70 °C durante 24 horas. Posteriormente se trituraron e introdujeron en frascos de plástico para su conservación hasta el momento de los análisis.

Azufre hidrosoluble

- Extracción del azufre hidrosoluble por agitación continua durante 30 minutos con agua destilada.



- Filtración del extracto y determinación de los sulfatos mediante cromatografía iónica, previa purificación en Sep-Pack c-18.
 - Columna ICPACK-aniónica.
 - Fase móvil borato-gluconato pH: 8,5.
 - Detector de conductividad.

Azufre total

- Determinación automática en celda de infrarrojos con espectroscopio de emisión atómica ICP-MS Agilent 7500, previa preparación con digestor de microondas HNO₃.

La determinación del azufre total se basa en la absorción IR por el SO₂. La muestra se quema en un tubo de combustión operando a una temperatura de 1400°C en corriente de O₂ que oxida el S a SO₂. La humedad y las partículas son retenidas por perclorato de magnesio antes de pasar a un detector. Este sensor recibe una intensidad de radiación proporcional a la cantidad de SO₂. El equipo se calibra diariamente con un estándar de carbón cuyo contenido en

azufre es de 0,58%±0,03. Las medidas se controlan con una muestra certificada por el CBR (*Community Bureau of Reference* de la Comisión de la Unión Europea) de *Picea abies*. La muestra de referencia es la CRM-101 cuyo contenido certificado es del 0,17%.

6.4. AZUFRE HIDROSOLUBLE.

Como se puede apreciar en los resultados, hay una gran diferencia en contenido de esta fracción de azufre entre las diferentes estaciones. Esto es normal debido a la continua transformación de esta fracción según el estado del árbol y de la especie forestal de que se trate.

A grandes rasgos puede considerarse al azufre hidrosoluble como al proveniente de la entrada estomática, no radicular, y relacionada por tanto con los valores de inmisión contaminante en un determinado área.

Tabla 7.I. Azufre hidrosoluble. Valores medios por estación. (µg/g MS)

Estación	T.M	Especie	Hojas del año en curso	Hojas del año previo	Media
021-01	El Escorial	<i>Pinus sylvestris</i>	262,23	182,13	222,18
021-02	Cercedilla	<i>Pinus sylvestris</i>	170,24	129,80	150,02
021-05	Rascafría	<i>Pinus sylvestris</i>	98,10	108,44	103,27
021-07	Canencia de la S.	<i>Pinus sylvestris</i>	574,51	574,16	574,34
021-11	Braojos	<i>Pinus sylvestris</i>	199,15	122,57	160,86
021-14	Montejo de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	334,83	312,72	323,77
023-03	Navas del Rey	<i>Pinus pinea</i>	597,88	154,03	375,95
024-01	Alcalá de Henares	<i>Pinus halepensis</i>	1.360,89	828,18	1.094,53
024-03	Fuentidueña de Tajo	<i>Pinus halepensis</i>	1.296,91	1.468,20	1.382,56
026-02	Robledo de Chavela	<i>Pinus pinaster</i>	950,84	570,27	760,55

En los resultados estadísticos por especie se puede apreciar que los coeficientes de variación (v) son

altos, lo que indica que hay dispersión en los valores encontrados para cada estación.

Tabla 7.II. Resultados estadísticos para azufre hidrosoluble.

Especie	Edad de las hojas	χ	S	Sχ	v(%)	M	m	R	Σ
<i>Pinus sylvestris</i>	Año en curso	273,18	168,20	68,67	61,57	574,51	98,10	476,41	1.639,06
	Año previo	238,30	180,84	73,83	75,89	574,16	108,44	465,71	1.429,81
<i>Pinus pinea</i>	Año en curso	597,88		0,00		597,88	597,88	0,00	597,88
	Año previo	154,03		0,00		154,03	154,03	0,00	154,03
<i>Pinus halepensis</i>	Año en curso	1.328,90	45,24	31,99	3,40	1.360,89	1.296,91	63,98	2.657,80
	Año previo	1.148,19	452,56	320,01	39,42	1.468,20	828,18	640,02	2.296,38
<i>Pinus pinaster</i>	Año en curso	950,84		0,00		950,84	950,84	0,00	950,84
	Año previo	570,27		0,00		570,27	570,27	0,00	570,27

(χ= valor medio; S= desviación estándar; Sχ= error de la media; v= coeficiente de variación; M= valor máximo; m= valor mínimo; R= rango; Σ= suma de todos los valores.)



año previo, a excepción de lo que ocurre en la estación de Navas de Rey, Alcalá de Henares y Robledo de Chavela, donde los valores tienden a igualarse. Los mayores niveles en las medidas más antiguas se deben a la permanencia del árbol en zonas con SO₂ en el aire, mientras que en el segundo caso podría estarse ante algún fenómeno de naturaleza aguda.

6.5. AZUFRE TOTAL.

Se observan valores altos en todos los casos, siendo siempre mayores los de las hojas del

Tabla 7.III. Azufre total. Valores medios por estación. (µg/g MS)

Estación	T.M	Especie	Hojas del año en curso	Hojas del año previo	Media
021-01	El Escorial	<i>Pinus sylvestris</i>	954,32	1.051,88	1.003,10
021-02	Cercedilla	<i>Pinus sylvestris</i>	1.066,24	1.199,25	1.132,75
021-05	Rascafría	<i>Pinus sylvestris</i>	1.038,12	1.045,50	1.041,81
021-07	Canencia de la S.	<i>Pinus sylvestris</i>	1.205,79	1.243,59	1.224,69
021-11	Braojos	<i>Pinus sylvestris</i>	1.075,41	1.178,92	1.127,16
021-14	Montejo de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	1.172,30	1.196,74	1.184,52
023-03	Navas del Rey	<i>Pinus pinea</i>	939,50	894,13	916,82
024-01	Alcalá de Henares	<i>Pinus halepensis</i>	1.580,16	1.509,78	1.544,97
024-03	Fuentidueña de Tajo	<i>Pinus halepensis</i>	1.887,43	2.105,16	1.996,29
026-02	Robledo de Chavela	<i>Pinus pinaster</i>	1.080,05	1.056,67	1.068,36

Tabla 7.IV. Resultados estadísticos para azufre total.

Especie	Edad de las hojas	χ	S	S χ	v(%)	M	m	R	Σ
<i>Pinus sylvestris</i>	Año en curso	1.085,36	91,58	37,39	8,44	1.205,79	954,32	251,47	6.512,18
	Año previo	1.152,65	83,32	34,02	7,23	1.243,59	1.045,50	198,09	6.915,88
<i>Pinus pinea</i>	Año en curso	939,50		0,00		939,50	939,50	0,00	939,50
	Año previo	894,13		0,00		894,13	894,13	0,00	894,13
<i>Pinus halepensis</i>	Año en curso	1.733,79	217,27	153,63	12,53	1.887,43	1.580,16	307,26	3.467,59
	Año previo	1.807,47	420,99	297,69	23,29	2.105,16	1.509,78	595,38	3.614,94
<i>Pinus pinaster</i>	Año en curso	1.080,05		0,00		1.080,05	1.080,05	0,00	1.080,05
	Año previo	1.056,67		0,00		1.056,67	1.056,67	0,00	1.056,67

(χ = valor medio; S= desviación estándar; S χ = error de la media; v= coeficiente de variación; M= valor máximo; m= valor mínimo; R= rango; Σ = suma de todos los valores.)

6.6. AZUFRE ORGÁNICO.

Se observa gran uniformidad en los resultados. Esto debe interpretarse en el sentido de que

hay una transformación de las proteínas y que, por tanto, el exceso de este elemento está fundamentalmente en forma soluble.

Tabla 7.V. Azufre orgánico. Valores medios por estación. (µg/g MS)

Estación	T.M	Especie	Hojas del año en curso	Hojas del año previo	Media
021-01	El Escorial	<i>Pinus sylvestris</i>	692,09	869,75	780,92
021-02	Cercedilla	<i>Pinus sylvestris</i>	896,00	1.069,46	982,73



Tabla 7.V. Azufre orgánico. Valores medios por estación. ($\mu\text{g/g MS}$)

Estación	T.M	Especie	Hojas del año en curso	Hojas del año previo	Media
021-05	Rascafría	<i>Pinus sylvestris</i>	940,01	937,05	938,53
021-07	Canencia de la S.	<i>Pinus sylvestris</i>	631,28	669,43	650,36
021-11	Braojos	<i>Pinus sylvestris</i>	876,26	1.056,34	966,30
021-14	Montejo de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	837,47	884,02	860,75
023-03	Navas del Rey	<i>Pinus pinea</i>	341,62	740,10	540,86
024-01	Alcalá de Henares	<i>Pinus halepensis</i>	219,27	681,60	450,44
024-03	Fuentidueña de Tajo	<i>Pinus halepensis</i>	590,51	636,96	613,73
026-02	Robledo de Chavela	<i>Pinus pinaster</i>	129,21	486,40	307,80

Tabla 7.VI. Resultados estadísticos para azufre orgánico.

Especie	Edad de las hojas	χ	S	$S\chi$	$v(\%)$	M	m	R	Σ
<i>Pinus sylvestris</i>	Año en curso	812,19	122,69	50,09	15,11	940,01	631,28	308,74	4.873,12
	Año previo	914,34	146,72	59,90	16,05	1.069,46	669,43	400,02	5.486,07
<i>Pinus pinea</i>	Año en curso	341,62		0,00		341,62	341,62	0,00	341,62
	Año previo	740,10		0,00		740,10	740,10	0,00	740,10
<i>Pinus halepensis</i>	Año en curso	404,89	262,50	185,62	64,83	590,51	219,27	371,24	809,79
	Año previo	659,28	31,57	22,32	4,79	681,60	636,96	44,65	1.318,56
<i>Pinus pinaster</i>	Año en curso	129,21		0,00		129,21	129,21	0,00	129,21
	Año previo	486,40		0,00		486,40	486,40	0,00	486,40

(χ = valor medio; S= desviación estándar; $S\chi$ = error de la media; v = coeficiente de variación; M= valor máximo; m= valor mínimo; R= rango; Σ = suma de todos los valores.)

6.7. RELACIÓN AZUFRE HIDROSOLUBLE / AZUFRE ORGÁNICO.

Grandes rasgos puede decirse que este cociente expresa la relación existente entre el azufre que la planta ha adquirido por vía estomática, procedente de la atmósfera, y la que se encuentra formando parte de los compuestos orgánicos que constituyen los tejidos vegetales, fundamentalmente proteínas; e indica asimismo la tasa de

transformación y asimilación del azufre atmosférico importada y su inclusión en las cadenas orgánicas del vegetal.

Destacan en esta relación los valores obtenidos en las estaciones de Alcalá de Henares, Fuentidueña de Tajo y Robledo de Chavela, lo que prefiguraría una zona de mayor afección en la orla sur de la comunidad de Madrid, que parecería responder a algún fenómeno de tipo agudo.

Tabla 7.VII. Relación azufre hidrosoluble / azufre orgánico. Valores medios por estación.

Estación	T.M	Especie	Hojas del año en curso	Hojas del año previo	Media
021-01	El Escorial	<i>Pinus sylvestris</i>	0,3789	0,2094	0,2941
021-02	Cercedilla	<i>Pinus sylvestris</i>	0,1900	0,1214	0,1557
021-05	Rascafría	<i>Pinus sylvestris</i>	0,1044	0,1157	0,1100
021-07	Canencia de la S.	<i>Pinus sylvestris</i>	0,9101	0,8577	0,8839
021-11	Braojos	<i>Pinus sylvestris</i>	0,2273	0,1160	0,1717
021-14	Montejo de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	0,3998	0,3537	0,3768
023-03	Navas del Rey	<i>Pinus pinea</i>	1,7501	0,2081	0,9791
024-01	Alcalá de Henares	<i>Pinus halepensis</i>	6,2063	1,2150	3,7107
024-03	Fuentidueña de Tajo	<i>Pinus halepensis</i>	2,1962	2,3050	2,2506
026-02	Robledo de Chavela	<i>Pinus pinaster</i>	7,3589	1,1724	4,2657



Tabla 7.VIII. Resultados estadísticos para la relación azufre hidrosoluble / azufre orgánico.

Especie	Edad de las hojas	χ	S	$S\chi$	$v(\%)$	M	m	R	Σ
<i>Pinus sylvestris</i>	Año en curso	0,37	0,29	0,12	78,29	0,91	0,10	0,81	2,21
	Año previo	0,30	0,29	0,12	98,23	0,86	0,12	0,74	1,77
<i>Pinus pinea</i>	Año en curso	1,75		0,00		1,75	1,75	0,00	1,75
	Año previo	0,21		0,00		0,21	0,21	0,00	0,21
<i>Pinus halepensis</i>	Año en curso	4,20	2,84	2,01	67,49	6,21	2,20	4,01	8,40
	Año previo	1,76	0,77	0,54	43,79	2,31	1,22	1,09	3,52
<i>Pinus pinaster</i>	Año en curso	7,36		0,00		7,36	7,36	0,00	7,36
	Año previo	1,17		0,00		1,17	1,17	0,00	1,17

(χ = valor medio; S= desviación estándar; $S\chi$ = error de la media; v = coeficiente de variación; M= valor máximo; m= valor mínimo; R= rango; Σ = suma de todos los valores.)

6.8. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS CON LOS VALORES PATRÓN.

Como ya se indicó en la primera parte de este capítulo, no sirve de nada conocer la concentración foliar de azufre si no se tienen unos valores

de referencia para cada especie que sirvan para saber el grado de contaminación en cada caso. Estos valores se han determinado para las principales especies forestales españolas (DGCN, 1992) y se denominan valores patrón.

Tabla 7.IX. Valores patrón. Contenidos foliares de Azufre Total. (Concentraciones en $\mu\text{g/gMS}$ y límites de confianza al 95% y 99%)

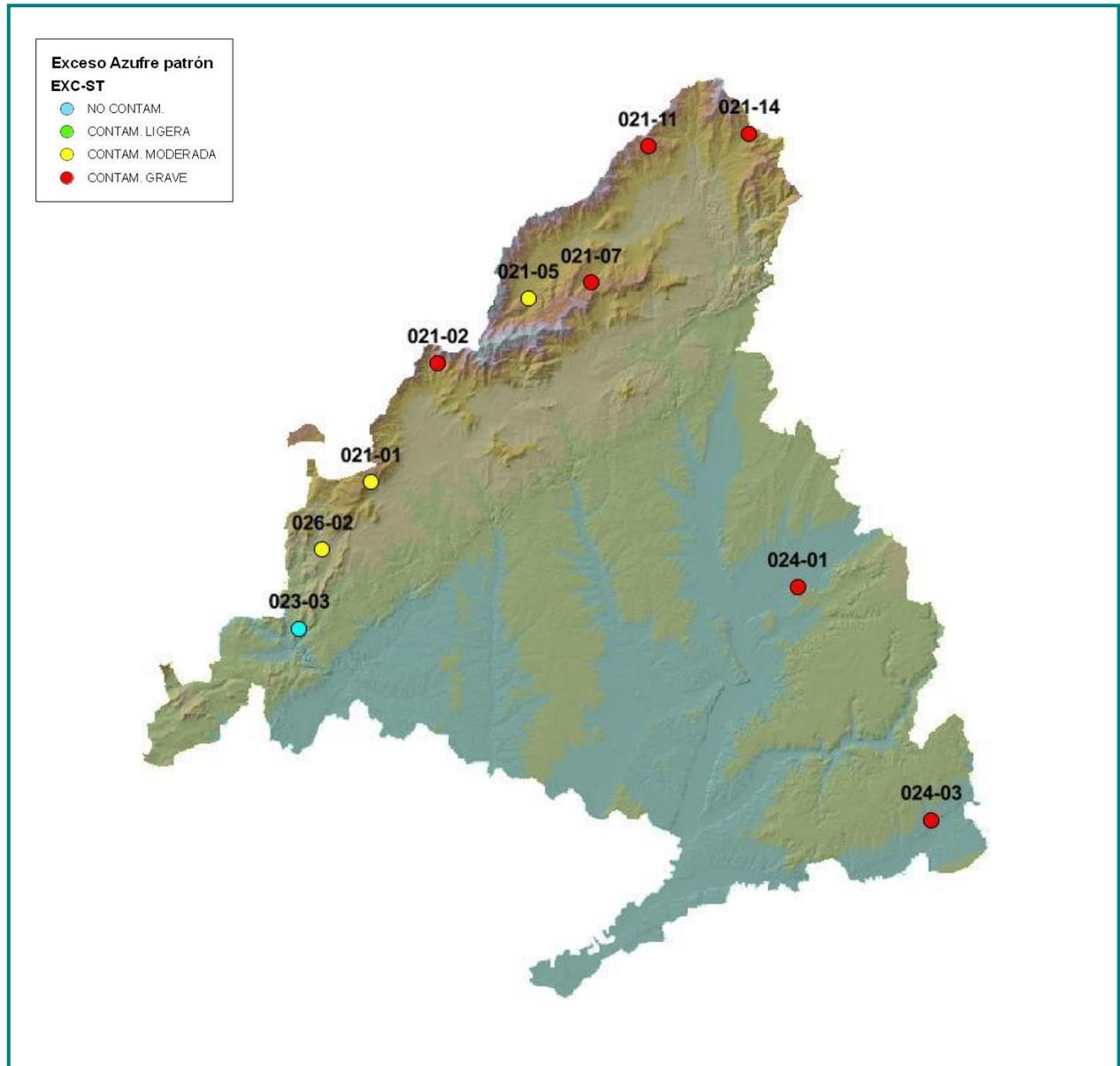
Especie	Lc (al 95%)	Lc (al 99%)
<i>Pinus sylvestris</i>	717,18 \pm 38,84	717,18 \pm 51,13
<i>Pinus pinea</i>	1059,23 \pm 62,05	1059,23 \pm 81,68
<i>Pinus halepensis</i>	937,85 \pm 77,67	937,85 \pm 102,24
<i>Pinus pinaster</i>	830,20 \pm 51,55	830,20 \pm 67,86

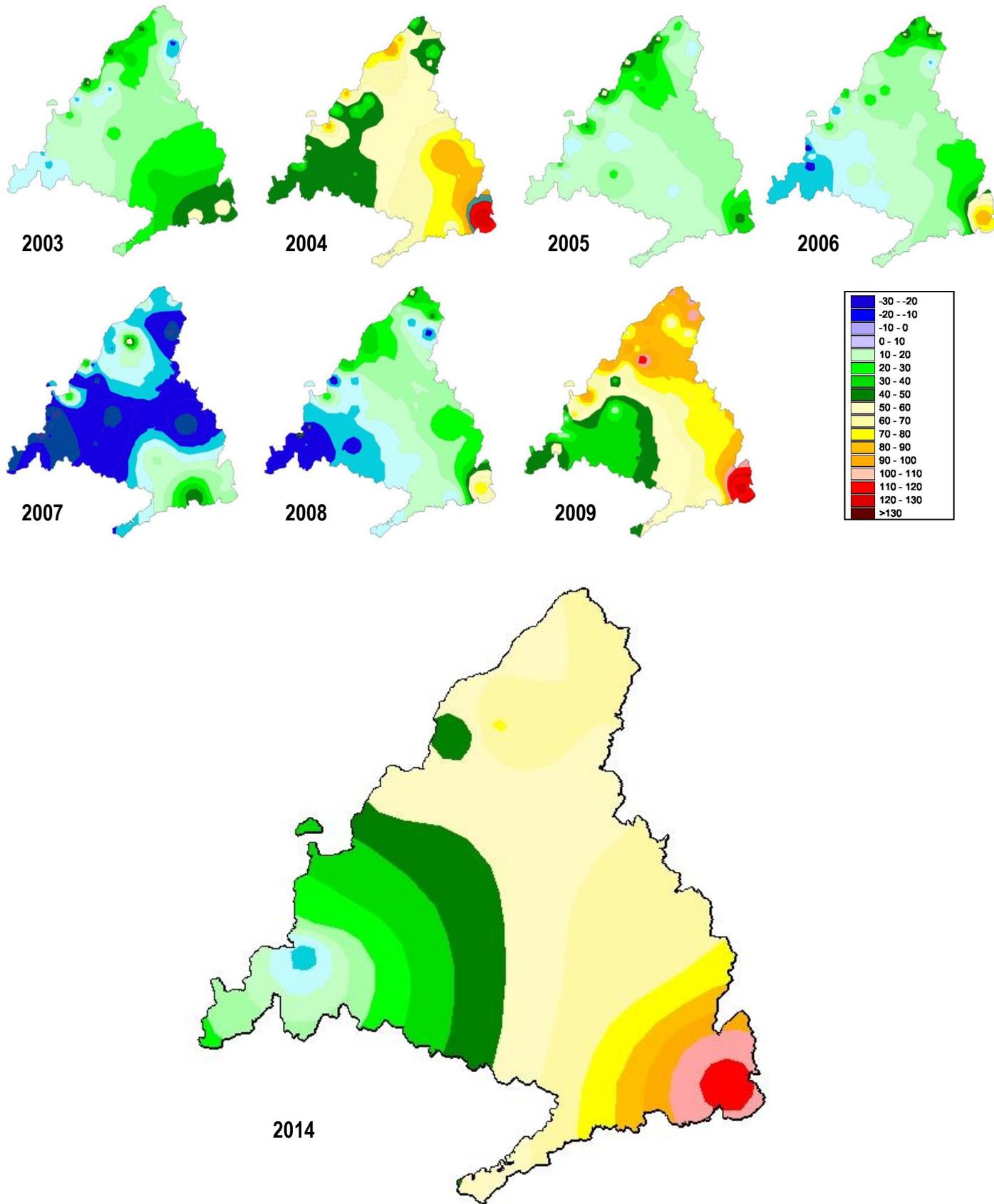
Tabla 7.X. Comparación de resultados con los valores patrón. Valores medios por estación.

Estación	T.M	Especie	S hidro. ($\mu\text{g/g MS}$)	S total ($\mu\text{g/g MS}$)	S org. ($\mu\text{g/g MS}$)	Relación Sh/So	% Exceso patrón
021-01	El Escorial	<i>Pinus sylvestris</i>	222,18	1.003,10	780,92	0,29	39,87
021-02	Cercedilla	<i>Pinus sylvestris</i>	150,02	1.132,75	982,73	0,16	57,94
021-05	Rascafría	<i>Pinus sylvestris</i>	103,27	1.041,81	938,53	0,11	45,26
021-07	Canencia de la S.	<i>Pinus sylvestris</i>	574,34	1.224,69	650,36	0,88	70,76
021-11	Braojos	<i>Pinus sylvestris</i>	160,86	1.127,16	966,30	0,17	57,17
021-14	Montejo de la Sierra	<i>Pinus sylvestris</i>	323,77	1.184,52	860,75	0,38	65,16
023-03	Navas del Rey	<i>Pinus pinea</i>	375,95	916,82	540,86	0,98	-13,44
024-01	Alcalá de Henares	<i>Pinus halepensis</i>	1.094,53	1.544,97	450,44	3,71	64,74
024-03	Fuentidueña de Tajo	<i>Pinus halepensis</i>	1.382,56	1.996,29	613,73	2,25	112,86
026-02	Robledo de Chavela	<i>Pinus pinaster</i>	760,55	1.068,36	307,80	4,27	28,69

A continuación se incluye un mapa con la distribución del exceso de azufre por estación de muestreo.

Igualmente se muestran mapas con la evolución de la contaminación en la Comunidad de Madrid desde el año 2003 (Figuras 7.II a 7.X).







En los mapas anteriores, que muestran la evolución del exceso de azufre total respecto al patrón para las distintas zonas de la comunidad, puede verse cómo continúa configurándose una zona más contaminada en el extremo sureste, en la ya repetidamente mencionada alineación

Alcalá de Henares-Fuentidueña de Tajo, y que siguiendo el sentido contrario al de las agujas del reloj va configurando una zona en el extremo suroeste con mayor nivel de afectación, lo que está en consonancia con el modelo general de circulación de vientos en la comunidad de Madrid.



7. CONCLUSIONES

Como principales conclusiones del presente trabajo cabe apuntar:

1. En la presente revisión, y con respecto a los resultados habidos en campañas anteriores, se ha detectado una mejoría en cuanto a los parámetros que definen la calidad del agua de precipitación o throughfall, una mejoría más ligera en cuanto al contenido en azufre de los puntos situados en el extremo norte de la comunidad, y en lo que respecta a la inmisión atmosférica, una situación bastante estable por lo que se refiere a la concentración de óxidos de nitrógeno y un claro empeoramiento en los niveles de ozono en todas las parcelas, con alguna tasa que llega a triplicar los valores anteriores disponibles.
2. No se han registrado variaciones climáticas excepcionales en la campaña de referencia por lo que se refiere a las precipitaciones, mientras que 2014 ha sido un año particularmente cálido, por encima de los valores normales en la comunidad, particularmente en lo que se refiere al cuadrante suroriental, sobre todo en el otoño, mientras que las precipitaciones obtenidas han sido ligeramente superiores a los registros medios, sobre todo en la zona media de la Sierra, particularmente a lo largo del otoño, cuando se registraron varios días seguidos de precipitaciones importantes, con una primavera algo más seca.
3. En cuanto a la radiación solar, que interviene directamente en la formación de ozono troposférico, ha sido superior a la normal, según se desprende de las observaciones de la red AEMET, lo que podría explicar el incremento generalizado en su concentración, toda vez que los óxidos de nitrógeno que le sirven de precursor se sitúan en niveles similares a los de campañas anteriores. A grandes rasgos podría decirse que, debido a causas climáticas, se está ante un fenómeno de incremento de la tasa de conversión de óxidos de nitrógeno en ozono.
4. En lo que respecta al **pH** de las precipitaciones obtenidas, se observa en general una mejoría del parámetro en las distintas estaciones, obteniéndose –como ha venido siendo habitual– los peores resultados en las parcelas del arco norte de la comunidad, Cercedilla, Canencia y Braojos, con la mitad de los muestreos situados en niveles de “lluvia ácida”, mientras que en el extremo sureste, Alcalá de Henares y Fuentidueña de Tajo, apenas se ha alcanzado esporádicamente este umbral. Se advierte también que en ausencia de precipitaciones o tras periodos de sequía, el pH de la muestra obtenida es mayor, o más básico, que con un régimen de lluvias más normal, posiblemente relacionados con los efectos de la deposición seca. Se advierte también una cierta acidificación de las muestras a lo largo del otoño, en contraposición con las recogidas en los meses precedentes.
5. En cuanto a la **conductividad**, se advierte en general una ligera disminución de las tasas obtenidas en periodos anteriores, alcanzándose las mayores tasas en Alcalá de Henares y Fuentidueña de Tajo, y los menores en El Escorial, Braojos, Montejo de la Sierra y Robledo de Chavela; y al igual que en el caso anterior, y debido al mismo efecto, un incremento notable del parámetro en la primera precipitación tras un periodo de sequía prolongada, como los habidos en junio y agosto.
6. En cuanto a los **cloruros** se observan valores inferiores a los de años anteriores, alcanzándose las mayores tasas en Rascafría y los niveles menores en la alineación Canencia-Braojos. Se advierte también, como en los casos anteriores, un incremento en el contenido de estos solutos tras un periodo de sequía prolongada, de tal forma que el contenido en cloruros va disminuyendo a medida que va avanzando el otoño, hasta alcanzar los mínimos en el mes de noviembre.
7. En lo que respecta a los **nitratos** y tal y como ocurriera en revisiones anteriores, se advierte un comportamiento similar al de los cloruros: disminución en general de las tasas obtenidas, e incremento notable tras el periodo de sequía estival, cuando se llegan a alcanzar tasas de casi 80 mg/l en Cercedilla. Se advierten también tasas elevadas, por encima del umbral admisible de 50 mg/l marcado por el Reglamento Técnico Sanitario de Aguas Potables (RTSAP) en Alcalá de Henares a comienzos de julio. A escala global y por lo que respecta a la campaña, es en esta localidad donde se observa la mayor deposición de este contaminante, muy ligado a las emisiones derivadas del tráfico terrestre, y que tiene su correlación en los niveles de óxidos de



- nitrógeno evaluados a través de los dosímetros pasivos.
8. En cuanto a los **sulfatos** se advierte un comportamiento muy similar al de los solutos anteriores: disminución en general de los valores obtenidos con respecto a campañas anteriores, repunte de la variable tras los periodos de sequía debido sobre todo a la influencia de la deposición seca y tasas notablemente superiores en la alineación Alcalá de Henares-Fuentidueña de Tajo, donde tienden a concentrarse los resultados más adversos que llegan a cuadruplicar los niveles obtenidos en el resto de estaciones, que se mantienen en el entorno de 1-2 mg/l. Al contrario de lo que sucedía en los nitratos, no se han sobrepasado los límites marcados por el RTSAP.
 9. En cuanto a los **daños por ozono** se advierte una estabilidad en lo que se refiere a la presencia de puntaduras necróticas con respecto a revisiones anteriores, destacando como parcelas más afectadas El Escorial, Canencia, Braojos y Montejo de la Sierra, todas ellas en el arco norte de la sierra; mientras que los menores niveles se han registrado en la zona sur de la comunidad, relacionado con el movimiento general de los vientos en Madrid.
 10. En lo que respecta a los **niveles de ozono obtenidos mediante dosímetros** se ha observado un notable incremento de los valores medios de inmisión en todas las estaciones de estudio, posiblemente debido a un incremento de la radiación solar a lo largo del año de estudio, registrándose incluso concentraciones medias quincenales que **han rozado o incluso superado el umbral de protección de la vegetación, así como niveles muy próximos al umbral de 120 µg/m³ que supone el umbral de protección de la salud** en casi todas las estaciones a lo largo de la primera quincena de junio, en el que se han registrado valores en el entorno de los 100-110 µg/m³.
 11. En cuanto a los **niveles de óxidos de nitrógeno obtenidos mediante dosímetros**, destaca también una disminución relativa del contaminante, muy inferior al del caso anterior y de quien actúa como agente precursor, destacando los niveles obtenidos en Alcalá de Henares a lo largo de todo el año, y en menor medida Fuentidueña de Tajo, a lo largo del Corredor del Henares, en la zona más industrializada y encajonada entre las autovías A-2 y A-3, de las de mayor intensidad de tráfico; junto con algunos picos salpicados en Montejo de la Sierra a lo largo del otoño, sin que esté tan clara la relación causa-efecto.
 12. Por lo que se refiere a los **análisis foliares** se advierte una reducción en los niveles de azufre total con respecto al patrón y a anteriores campañas, si bien continúan observándose valores superiores a los correspondientes a zonas contaminadas en todas las parcelas a excepción de Navas del Rey donde no se han alcanzado estos umbrales. El patrón de distribución es el que se ha encontrado en muestreos anteriores: niveles considerablemente elevados el en cuadrante sureste de la comunidad, seguido de una zona intermedia en el extremo norte –en la que se ha registrado una mejoría más marcada- y un nivel comparativamente más bajo en la zona occidental de Madrid.
 13. Es interesante también reseñar, que en general, las muestras foliares tomadas en la Comunidad de Madrid tienden a presentar **valores mayores a los del patrón** de cada especie, lo que resulta lógico teniendo en cuenta lo fuertemente antropizado del medio, y la existencia de un factor desestabilizador de fondo de las masas de pinar relacionado con la contaminación atmosférica.