



EVALUACIÓN DE LA RED SESMAF Y CONTAMINACIÓN EN PINARES

MEDICIÓN DE NIVELES DE CONTAMINACIÓN MEDIANTE DOSÍMETROS PASIVOS EN PINARES

INFORME RESUMEN

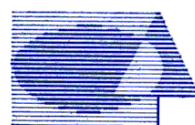
AÑO 2024



**Comunidad
de Madrid**

CONSEJERÍA DE MEDIO AMBIENTE,
AGRICULTURA E INTERIOR

Dirección General de Biodiversidad y Gestión Forestal
Sección de Defensa Fitosanitaria



Tecmena, S.L.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

1. INTRODUCCIÓN.

En 2003, la Sección de Defensa Fitosanitaria de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación del Territorio instaló una red de seguimiento de niveles de contaminación atmosférica en los pinares de la Comunidad de Madrid formada por 35 puntos en los que se tomaban muestras foliares para el análisis posterior de contenidos de azufre (total, orgánico e hidrosoluble). Posteriormente, en 2006, 10 de las 35 parcelas se instrumentaron mediante dosímetros pasivos y captadores de deposición, puntos en los que se toma muestra con periodicidad quincenal.

Se presentan a continuación los principales resultados obtenidos en la revisión de 2024, dentro del proyecto *Evaluación de la Red SESMAF y Contaminación en Pinares (EXPTE. A/SER-037438/2021 (8-C/22))*.

2. ANÁLISIS DE MUESTRAS DE DEPOSICIÓN.

De las muestras de agua de lluvia recogidas se analiza acidez (pH), conductividad y concentración de cloruros, nitritos, nitratos y sulfatos. Como primera e importante indicación, cabe destacar un clima extremadamente cálido, con temperaturas que superan los valores de referencia del periodo normal 1991-2020 en cerca de 1,1°C, y el tercer año más caluroso de la serie desde 1961, sólo por detrás de 2022-2023, por lo que se encadenan tres años consecutivos con temperaturas anormalmente altas. Tan sólo se han registrado temperaturas inferiores a la media a lo largo del mes de septiembre. Se han registrado así dos olas de calor a lo largo del verano, entre el 23 de julio y el 1 de agosto, prácticamente superpuesta al segundo episodio entre el 4 y el 12 de agosto. Se han registrado también episodios de altas temperaturas –no calificados formalmente como olas de calor- entre finales de mayo y comienzos de junio, finales de este mes y mediados de julio, y en la segunda mitad de agosto. En cuanto a las precipitaciones el año ha tenido un carácter normal o seco en la mayor parte del territorio cubierto por la mayoría de las estaciones y húmedo en el extremo septentrional de la Comunidad. Estacionalmente la primavera fue normal en general, el verano muy húmedo y el otoño húmedo. Por último el número de horas de sol (muy relacionado con la formación de ozono troposférico) se mantuvo dentro de la normalidad.

Este comportamiento climatológico puede influir en el comportamiento de la deposición, particularmente en lo que se refiere a su fracción seca, pues una lluvia tras un periodo largo de sequía arrastra la contaminación depositada sobre la vegetación y suele presentar concentraciones elevadas de los distintos solutos; por lo que a priori son de esperar menos episodios de este tipo que en campañas anteriores.

EST	T.M	Especie	pH	Conduc (µS/cm)	Cloruros (mg/l)	Nitratos (mg/l)	Sulfatos (mg/l)	N Acidez
021-01	San Lorenzo de El Escorial	<i>P.sylvestris</i>	5,13	112,36	4,29	0,39	1,43	45,45
021-02	Cercedilla	<i>P.sylvestris</i>	5,38	64,58	3,63	2,27	0,98	75,00
021-05	Rascafría	<i>P.sylvestris</i>	5,19	159,00	4,00	0,31	3,40	50,00
021-07	Canencia de la Sierra	<i>P.sylvestris</i>	5,55	34,67	1,67	1,28	0,85	58,33
021-11	Braojos	<i>P.sylvestris</i>	5,22	73,46	2,21	4,03	1,16	69,23
021-14	Montejo de la Sierra	<i>P.sylvestris</i>	5,39	24,83	0,99	1,37	0,79	66,67
023-03	Navas del Rey	<i>P. pinea</i>	6,02	70,58	4,18	9,33	2,14	16,67
024-01	Alcalá de Henares	<i>P.halepensis</i>	5,96	151,86	5,51	25,23	6,96	14,29
024-03	Fuentidueña de Tajo	<i>P.halepensis</i>	5,79	155,30	6,45	15,23	9,08	20,00
026-02	Robledo de Chavela	<i>P. pinaster</i>	5,89	21,55	0,92	1,04	0,84	27,27

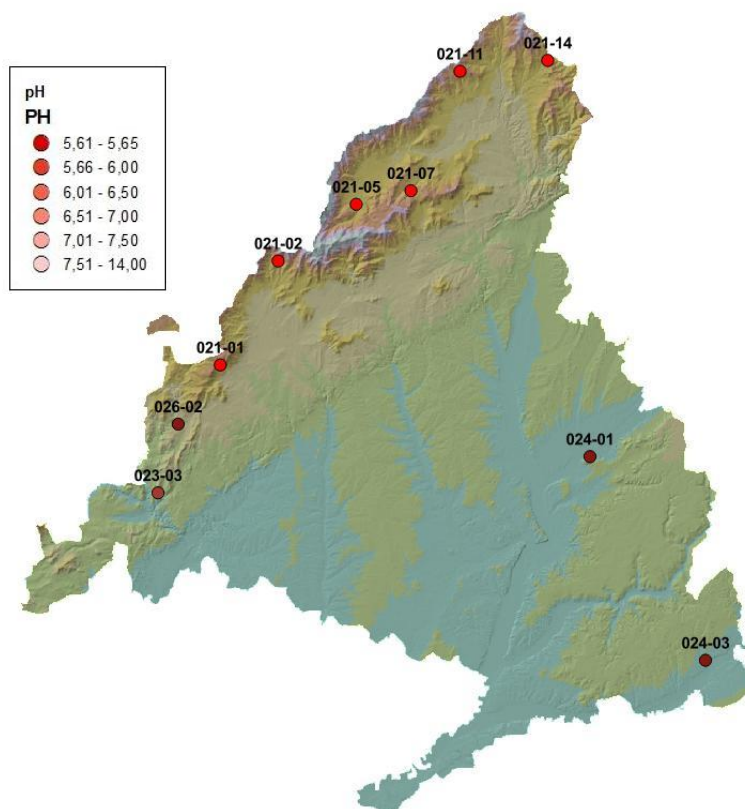
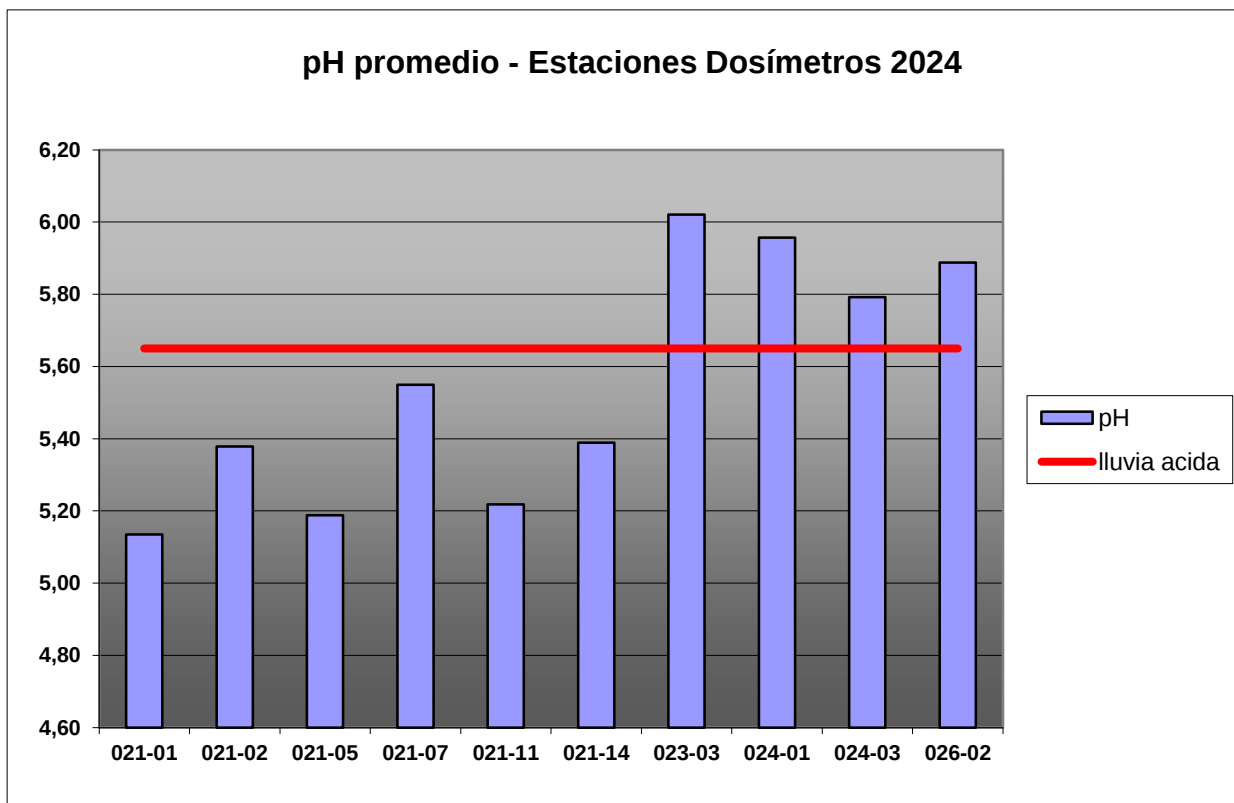
N Acidez: porcentaje de muestreos en que el pH se ha situado por debajo de 5,65, en lo que técnicamente corresponde a "lluvia ácida"

En cuanto al comportamiento de la acidez, se observa en general que se reducen las tasas de lluvia ácida en prácticamente todas las parcelas, destacando especialmente la mejoría en Rascafría y Navas del Rey, mientras que tan sólo

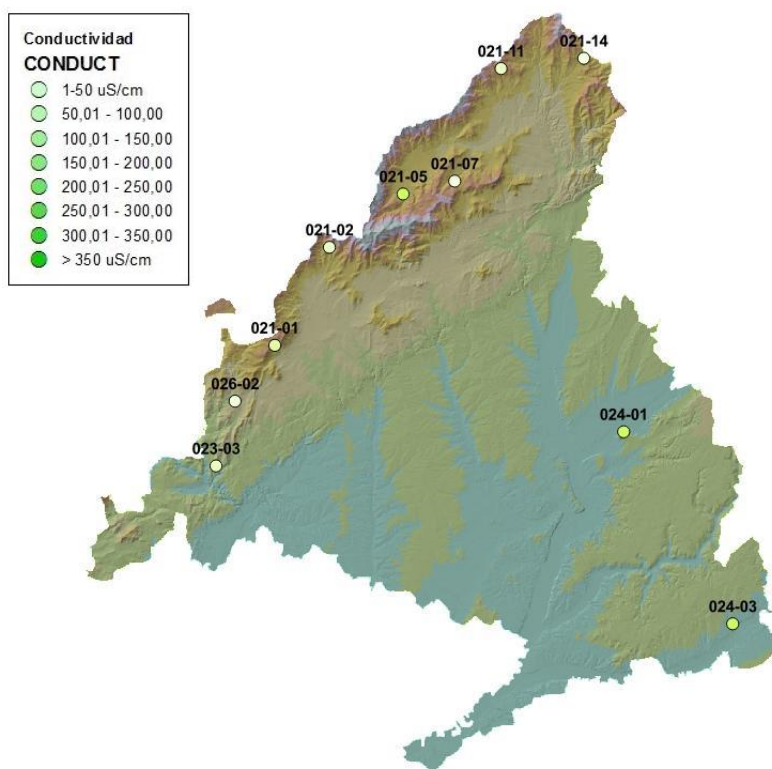
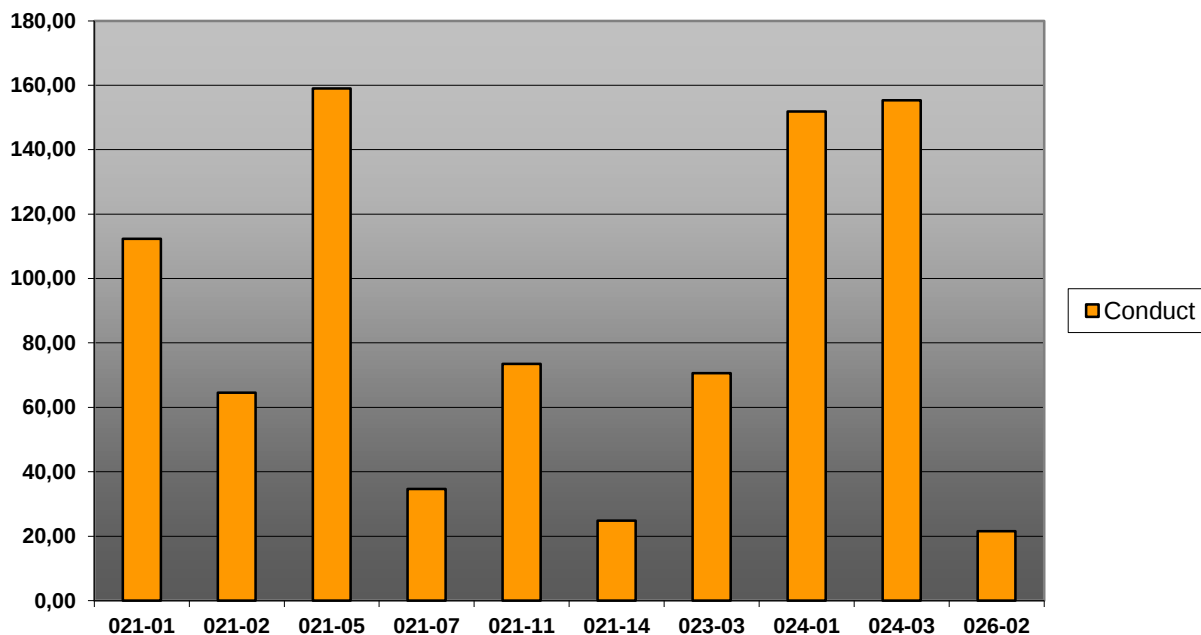
aumentan en Cercedilla y Braojos. Se han obtenido precipitaciones calificadas como lluvia ácida en más del 50% de los muestreos en todo el arco de la Sierra de Madrid destacando Rascafría, Braojos y Montejo de la Sierra mientras que estos episodios apenas se observaron en la zona sur, Alcalá de Henares, Fuentidueña de Tajo y Navas del Rey. Se advierte también, un ligero incremento del pH en buena parte de las parcelas, a excepción hecha de la zona norte de la Comunidad. En la presente revisión las precipitaciones más ácidas en su conjunto se han registrado en la zona de la Sierra, entre Montejo y El Escorial, donde el valor medio se ha situado bajo el umbral de 5,65, mientras que los mayores valores del parámetro se han registrado en la mitad sur, en la alineación de Robledo de Chavela a Alcalá de Henares, como suele ser habitual en Madrid.

Los valores de conductividad se incrementan en casi todas las parcelas analizadas, con la excepción de Cercedilla, Canencia y Montejo. Los mayores valores medios del parámetro, por encima de 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se han obtenido en El Escorial, Rascafría, Alcalá de Henares y Fuentidueña de Tajo, mientras que los valores más bajos se han registrado en Canencia, Montejo y Robledo de Chavela, sin que se advierta un patrón de distribución geográfico claro. Como suele ser habitual, los mayores valores suelen darse tras episodios de sequía prolongada, como el que ha tenido lugar desde comienzos de julio a comienzos de septiembre, por efecto de la deposición seca.

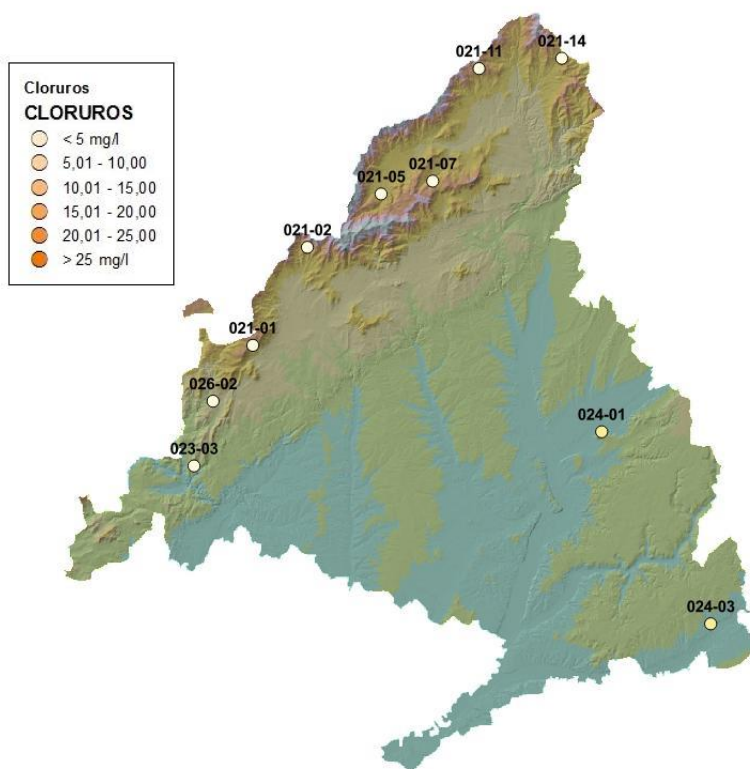
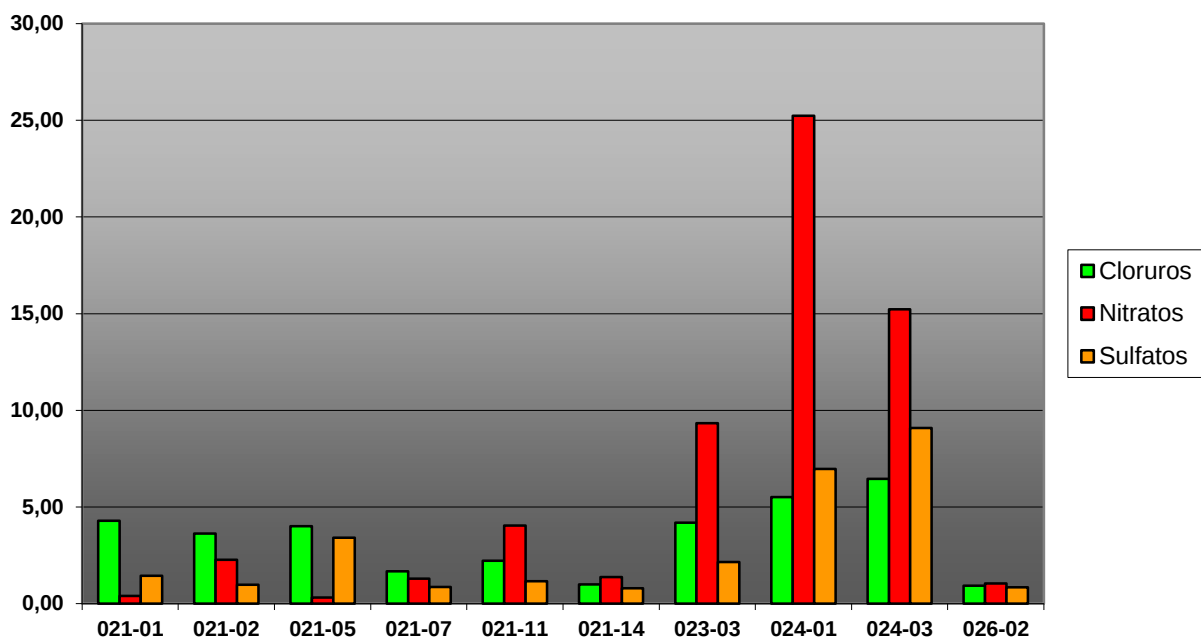
Por lo que se refiere al conjunto de aniones analizado, se incrementan las concentraciones medias en la mayoría de las parcelas, a excepción de El Escorial, Canencia y, sobre todo, Cercedilla donde la reducción es muy notable; destacando por el contrario tanto las altas tasas como los incrementos habidos en el Corredor del Henares, Alcalá y Fuentidueña, sobre todo por lo que al contenido en nitratos se refiere, superándose los 10 mg/l.

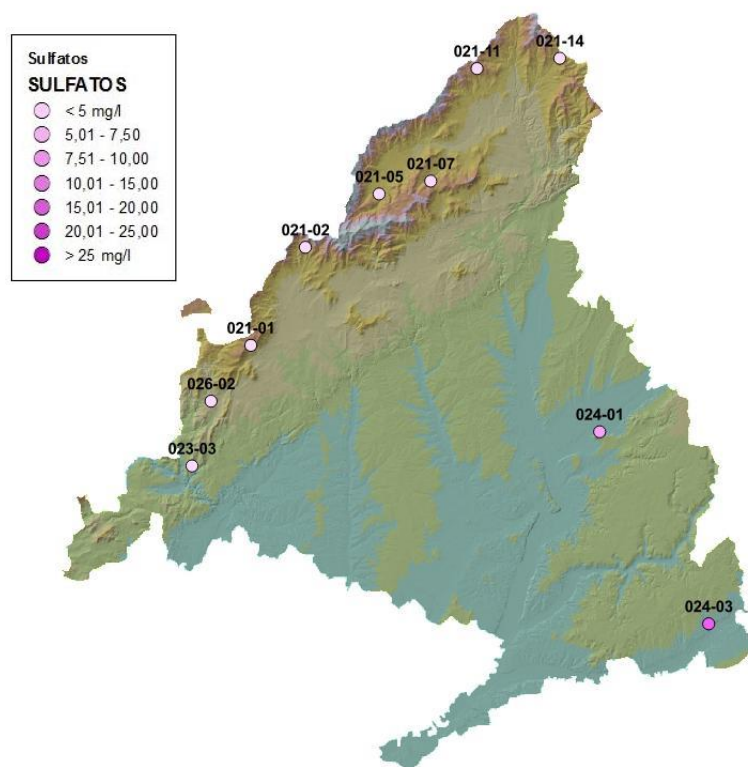
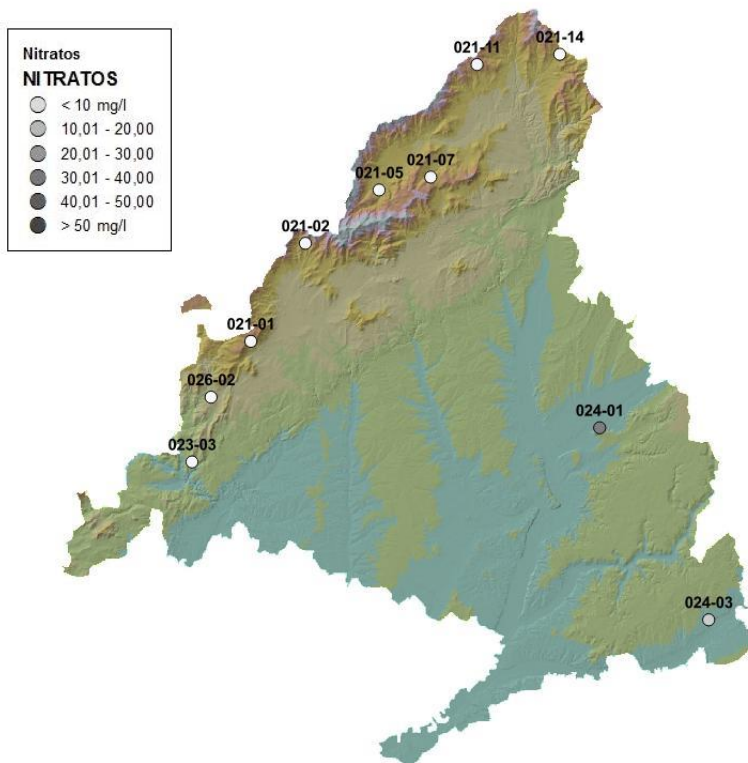


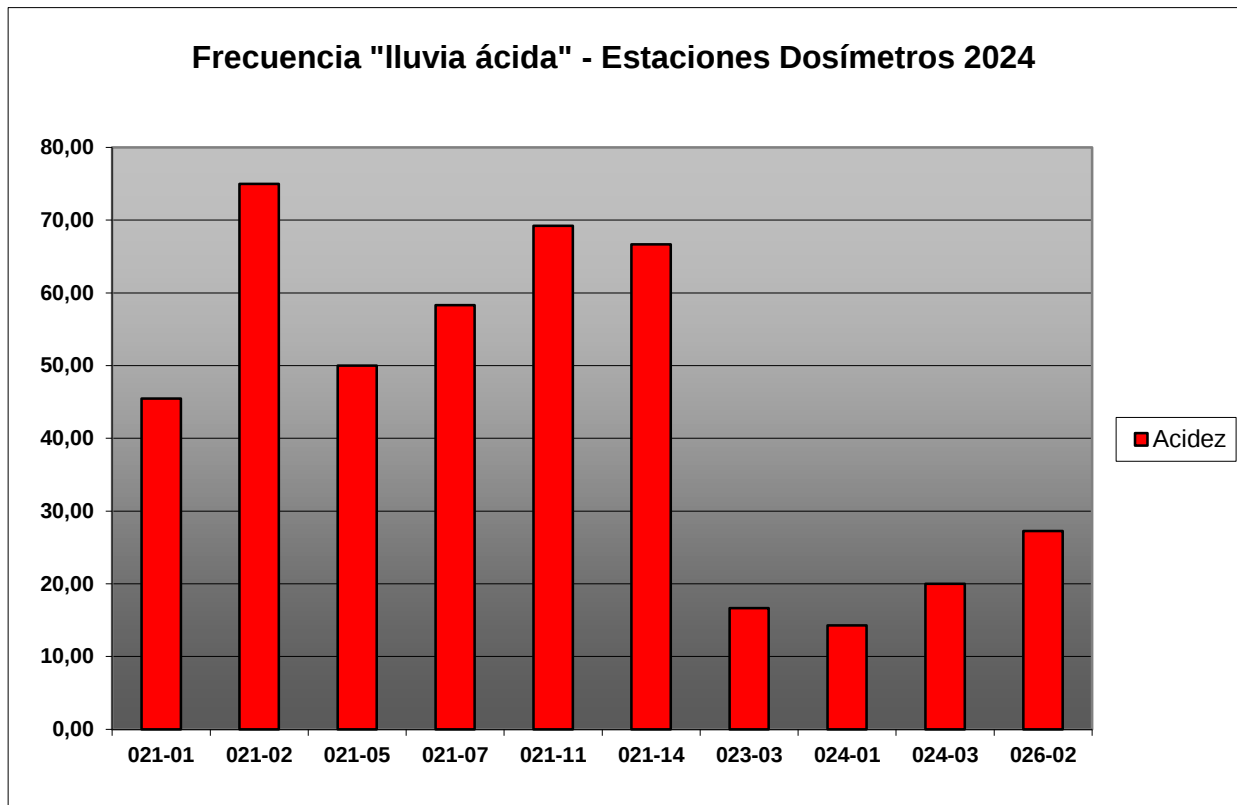
Conductividad promedio (uS/cm) - Estaciones Dosímetros 2024



Datos deposición (mg/l) - Estaciones Dosímetros 2024







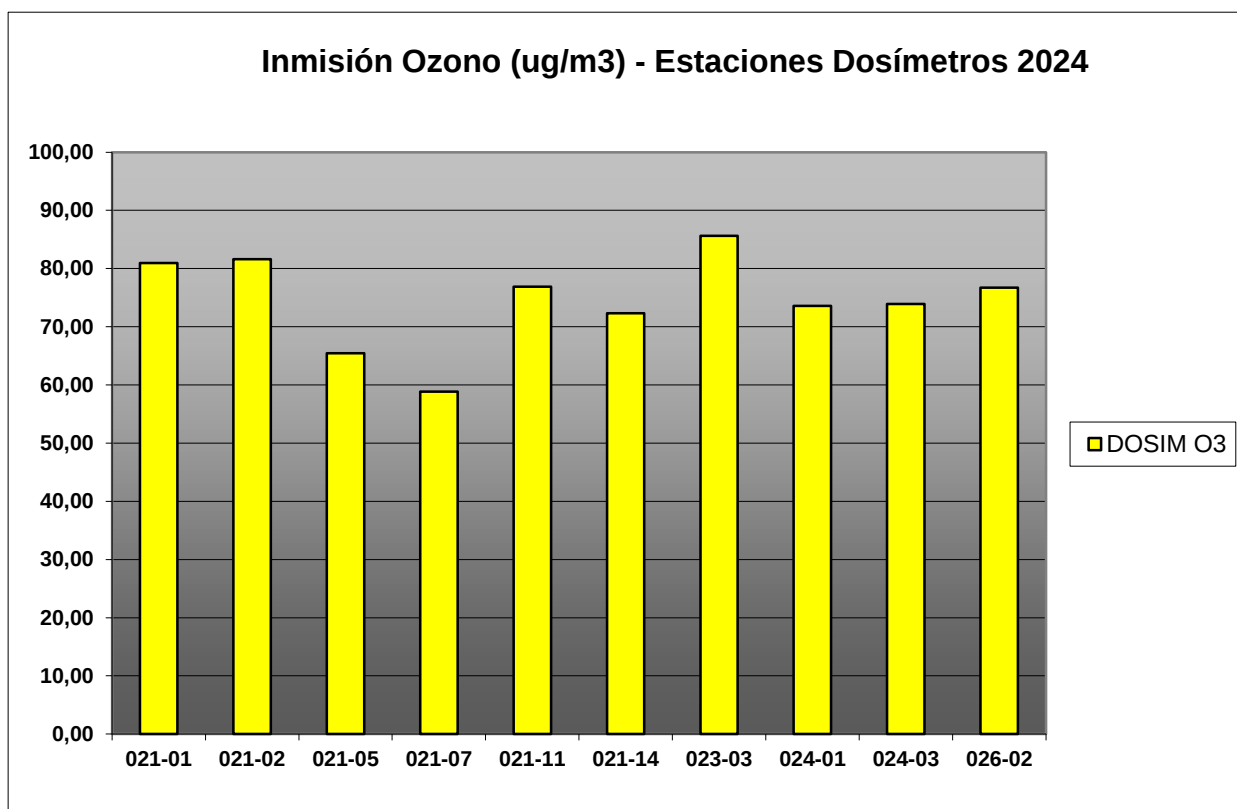
3. ANÁLISIS DE DOSÍMETROS (INMISIÓN).

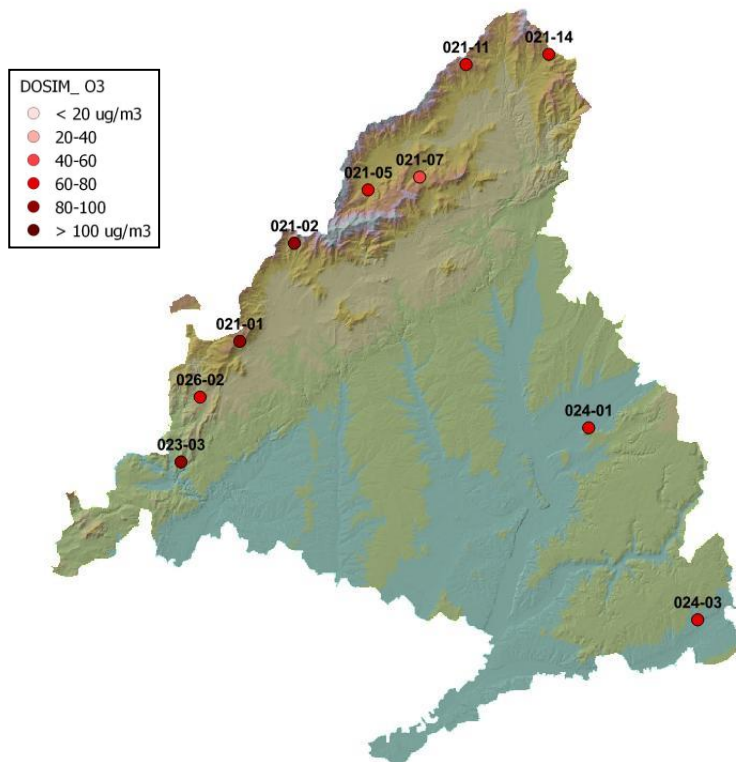
Los niveles de inmisión, de acuerdo con los resultados habidos en los dosímetros pasivos, se recogen en la tabla siguiente:

EST	T.M	Especie	OZONO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			OXIDOS DE NITROGENO ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		
			Media	Máximo	Mínimo	Media	Máximo	Mínimo
021-01	San Lorenzo de El Escorial	<i>P.sylvestris</i>	80,98	115,45	31,42	1,80	3,39	0,85
021-02	Cercedilla	<i>P.sylvestris</i>	81,59	135,45	26,23	1,39	2,96	0,64
021-05	Rascafría	<i>P.sylvestris</i>	65,42	95,08	23,23	1,38	2,81	0,48
021-07	Canencia de la Sierra	<i>P.sylvestris</i>	58,86	88,84	23,70	1,77	3,02	1,12
021-11	Braojos	<i>P.sylvestris</i>	76,87	115,40	27,70	1,40	2,65	0,71
021-14	Montejo de la Sierra	<i>P.sylvestris</i>	72,32	115,57	21,22	1,10	1,52	0,63
023-03	Navas del Rey	<i>P. pinea</i>	85,63	112,22	45,51	2,07	3,28	1,09
024-01	Alcalá de Henares	<i>P.halepensis</i>	73,60	144,97	30,38	8,54	12,52	6,03
024-03	Fuentidueña de Tajo	<i>P.halepensis</i>	73,89	98,68	34,42	3,00	4,28	2,33
026-02	Robledo de Chavela	<i>P. pinaster</i>	76,71	107,47	37,26	2,55	3,77	1,65

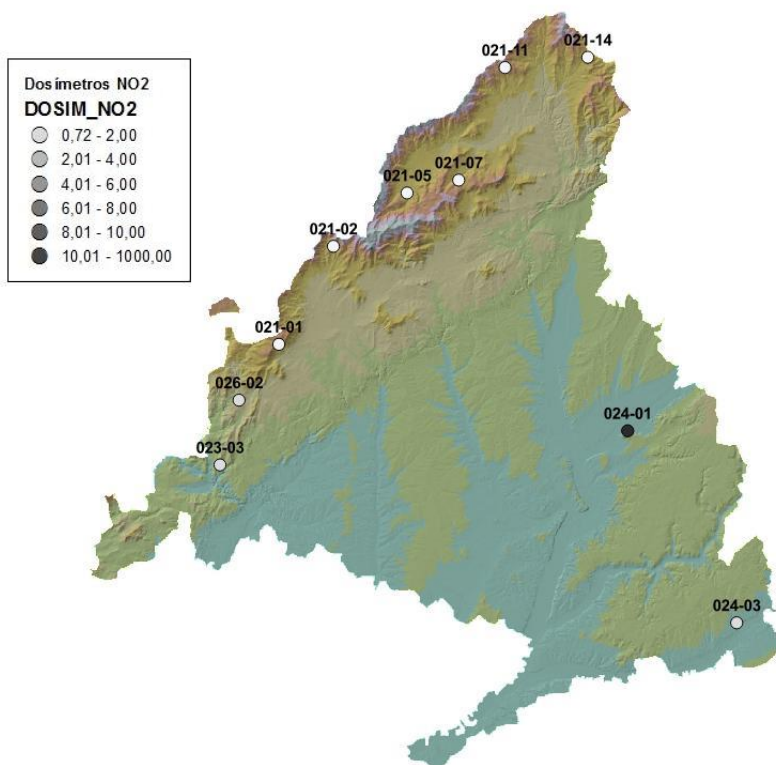
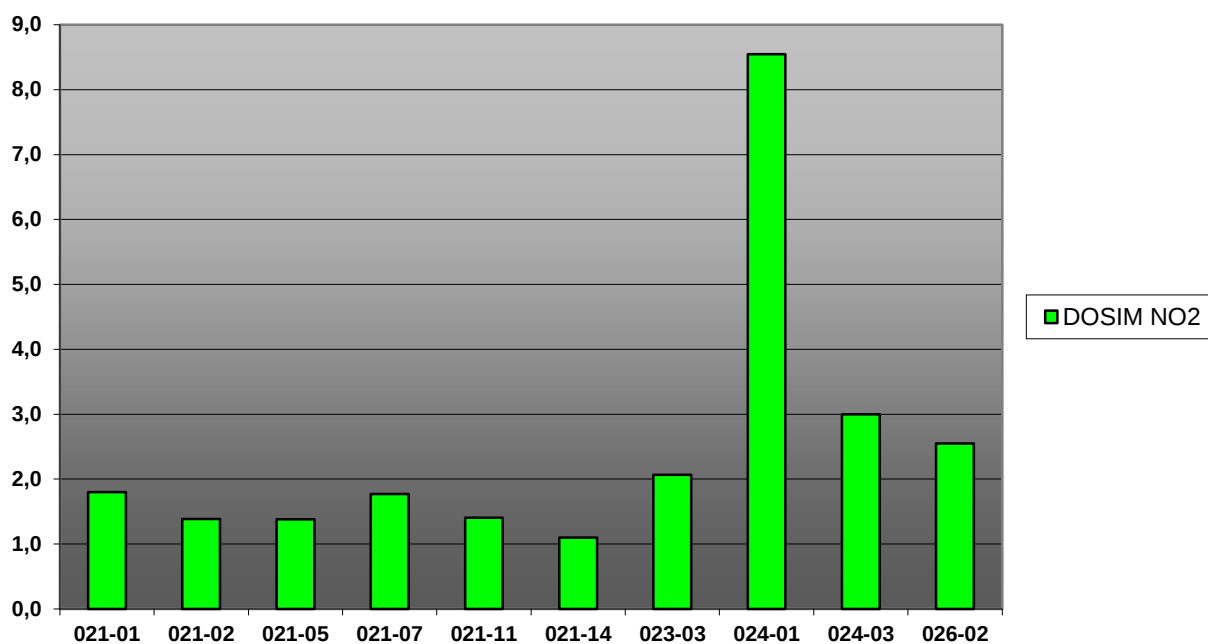
En cuanto al análisis de dosímetros se observa un incremento generalizado en los valores de inmisión de los dos compuestos analizados, del orden de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el caso de los óxidos de nitrógeno, destacando los incrementos habidos en Alcalá de Henares y en menor medida, Fuentidueña y Rascafría, y del orden de $15\text{-}35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en el ozono, donde sólo se mantienen niveles similares a los de la revisión anterior en Rascafría y destacan los aumentos en el cuadrante suroccidental de la Comunidad, Robledo de Chavela y Navas del Rey.

Los mayores valores de ozono se han registrado en la mitad norte de la comunidad, El Escorial, Cercedilla y Navas del Rey, debido al modelo general de circulación de vientos madrileño, que se desplaza en un giro antihorario que incide en esa zona de la sierra; mientras que los mayores valores de óxidos de nitrógeno se disponen a lo largo del corredor del Henares, Alcalá y Fuentidueña, en las inmediaciones del gran área industrial de la zona, sin descartar el efecto que puede tener también su situación bajo el corredor aéreo del Aeropuerto de Barajas, en un comportamiento muy similar al observado en anteriores campañas. Se advierte también un pico considerable en casi todas las parcelas durante el mes de julio, en el que se alcanzan de los mayores valores de la serie histórica.





Inmisión Oxidos Nitróg. (ug/m3) - Estaciones Dosímetros 2024



4. ANÁLISIS FOLIAR.

Se incluyen a continuación los resultados de los 10 puntos examinados (tomándose como valor indicativo el correspondiente a la media de las medidas de 2023 y 2024 analizadas).

EST	T.M	Especie	S total (µg/g MS)	S orgánico (µg/g MS)	S hidrosol (µg/g MS)	Sh/So	% Exceso patrón	Moteado clorótico O ₃ (%)
021-01	San Lorenzo de El Escorial	<i>P.sylvestris</i>	963,42	910,22	53,20	0,06	34,33	60
021-02	Cercedilla	<i>P.sylvestris</i>	1.248,93	1.187,82	61,11	0,05	74,14	39
021-05	Rascafría	<i>P.sylvestris</i>	1.156,87	1.068,59	88,29	0,08	61,31	22
021-07	Canencia de la Sierra	<i>P.sylvestris</i>	1.075,79	976,62	99,17	0,10	50,00	46
021-11	Braojos	<i>P.sylvestris</i>	1.138,57	1.106,24	32,33	0,03	58,76	57
021-14	Montejo de la Sierra	<i>P.sylvestris</i>	1.213,00	1.103,02	109,98	0,10	69,13	54
023-03	Navas del Rey	<i>P. pinea</i>	864,59	767,25	97,34	0,13	-18,38	18
024-01	Alcalá de Henares	<i>P.halepensis</i>	1.355,21	1.300,60	54,61	0,04	44,50	24
024-03	Fuentidueña del Tajo	<i>P.halepensis</i>	2.213,98	1.192,26	1021,72	0,85	136,07	37
026-02	Robledo de Chavela	<i>P. pinaster</i>	1.676,99	879,86	797,13	0,91	102,00	24

En cuanto al análisis de muestras foliares destaca que en casi todos los casos se ha superado el valor patrón de azufre para cada especie (valor de contenido de azufre total en puntos teóricamente no contaminados, umbral a partir del cual puede considerarse que hay una afección por este contaminante), a excepción de Navas del Rey, como ya ocurriera en la revisión anterior. Los resultados son particularmente elevados en Fuentidueña de Tajo, Robledo de Chavela, y Cercedilla. La mayoría de las muestras analizadas presentan menores contenidos de azufre que en la campaña anterior, reduciéndose apreciablemente en Cercedilla, El Escorial, Rascafría, Canencia, Braojos y Montejo mientras que se incrementan ligeramente en Fuentidueña de Tajo.

Las parcelas con mayor moteado clorótico asociado al ozono troposférico son Braojos, El Escorial, Montejo de la Sierra y Canencia, todas sobre pino silvestre, y presentando los menores valores Navas del Rey, advirtiéndose un patrón muy similar al observado en revisiones anteriores y que podría indicar un modelo de distribución espacial de los daños.

