

20
24



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

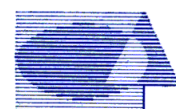
RED DE NIVEL II MEMORIA – 2024

MEMORIA



DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN

SUBDIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL Y LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN
ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICAS FORESTALES



Tecmena, S.L.

TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

Clara del Rey, 22
28002 Madrid
Tel. 91 413 70 07
Fax. 91 510 20 57
correo@tecmena.com

Dirección: Elena Robla, Asunción Roldán, Eduardo Calvo (DGBBD-AIEF).

Realización: TECMENA, S.L

Trabajo de campo: José María Peña, Alfonso Soriano, Juan Molina, Oscar Osorno, Abel Humbría, Lara López

Inspección de campo: Asunción Roldán, Eduardo Calvo (DGBBD-AIEF).

Trabajo de gabinete: José María Peña, Mercedes Redruello.

Redacción: Juan Molina, Oscar Osorno, Alfonso Soriano, Abel Humbría.

Determinación edafológica: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA). UD de Edafología y Ecología - Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes – Universidad Politécnica de Madrid.

Inventario botánico: UD de Botánica – Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal – Universidad Politécnica de Madrid.

Análisis de deposición, foliar y desfronde: Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria y Alimentaria (INIA) (1997-2011); Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental de la Universidad de Navarra (LICA-UNAV) (2011-).

Análisis de dosímetros pasivos: Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM).

Datos meteorológicos: Estaciones de la Red de Nivel II; Información elaborada utilizando, entre otras, la suministrada por la Agencia Estatal de Meteorología. Ministerio para la Transición Ecológica.



Índice

1. Introducción	1
2. Composición de la Red	4
3. Estado fitosanitario de la Red	5
3.1. Defoliación y decoloración	5
3.2. Agentes dañinos	12
3.3. Síntomas y signos	17
4. Deposición atmosférica	22
4.1. Variables analizadas	24
4.2. Principales resultados	26
4.2.1. pH	26
4.2.2 Conductividad	29
4.2.3. Potasio	31
4.2.4. Calcio	33
4.2.5. Magnesio	35
4.2.6. Sodio	37
4.2.7. Amonio	39
4.2.8. Cloro	41
4.2.9. Nitratos	43
4.2.10. Sulfatos	45
4.2.11. Alcalinidad	47
4.2.12. Nitrógeno total	49
4.2.13. Carbono orgánico disuelto	51
4.2.14. Aluminio	52
4.2.15. Manganeseo.....	54
4.2.16. Hierro	56
4.3. Interpretación de resultados	58
5. Calidad del aire. Inmisión	60
6. Análisis foliar	63
6.1. Caracterización de los árboles muestra	63
6.2. Variables de medición	64
6.3. Principales resultados	65
6.3.1. Peso seco	65
6.3.2. Nitrógeno	66
6.3.3. Azufre	68
6.3.4. Fósforo	69
6.3.5. Calcio	71
6.3.6. Magnesio	72
6.3.7. Potasio	74
6.3.8. Carbono	75
6.4. Interpretación de resultados	76
7. Desfronde	77
8. Fenología	83
9. Crecimiento. Cintas diamétricas	86
10. Meteorología.....	88
11. Índice de Area Foliar	89
12. Solución del suelo	91
13. Memoria detallada de las parcelas de la Red	93

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Distribución de parcelas

TABLA 2: Clasificación de los ecosistemas representados

TABLA 3: Caracterización pH

TABLA 4: Caracterización conductividad

TABLA 5: Caracterización potasio

TABLA 6:	Caracterización calcio
TABLA 7:	Caracterización magnesio
TABLA 8:	Caracterización sodio
TABLA 9:	Caracterización amonio
TABLA 10:	Caracterización cloro
TABLA 11:	Caracterización nitratos
TABLA 12:	Caracterización sulfatos
TABLA 13:	Caracterización alcalinidad
TABLA 14:	Caracterización nitrógeno total
TABLA 15:	Caracterización carbono orgánico disuelto
TABLA 16:	Caracterización aluminio
TABLA 17:	Caracterización manganeso
TABLA 18:	Caracterización hierro
TABLA 19:	Inmisión atmosférica
TABLA 20:	Muestreos foliares
TABLA 21:	Caracterización peso seco
TABLA 22:	Caracterización nitrógeno
TABLA 23:	Caracterización azufre
TABLA 24:	Caracterización fósforo
TABLA 25:	Caracterización calcio
TABLA 26:	Caracterización potasio
TABLA 27:	Caracterización carbono
TABLA 28:	Caracterización desfronde
TABLA 29:	Resultados evaluación fenológica
TABLA 30:	Valor medio dendrómetros
TABLA 31:	Parámetros medios meteorológicos
TABLA 32:	Índices de Área Foliar
TABLA 33:	Análisis de solución del suelo

INDICE DE FIGURAS

FIG 1:	Distribución de las parcelas
FIG 2:	Clases de defoliación 2015
FIG 3:	Defoliación acumulada por parcelas y años
FIG 4:	Modelos de defoliación Gen. <i>Pinus</i>
FIG 5:	Defoliación media por especies (coníferas)
FIG 6:	Modelos de defoliación Gen. <i>Quercus</i>
FIG 7:	Defoliación media por especies (frondosas)
FIG 8a:	Evolución defoliación media por parcelas
FIG 8b:	Evolución variación defoliación media por parcelas
FIG 9:	Comportamiento anual del conjunto de variaciones de defoliación
FIG 10:	Agentes dañinos
FIG 11:	Síntomas y signos
FIG 12:	Distribución y abundancia por especie de agentes, síntomas y signos
FIG 12b:	Distribución de agentes de daño durante la campaña
FIG 12c:	Distribución relativa de agentes de daño por especie forestal
FIG 13:	Deposición. Vías de entrada/salida al ecosistema
FIG 14:	Deposición. Variación temporal y espacial de pH
FIG 15:	Deposición. Variación temporal y espacial de conductividad
FIG 16:	Deposición. Variación temporal y espacial de potasio
FIG 17:	Deposición. Variación temporal y espacial de calcio
FIG 18:	Deposición. Variación temporal y espacial de magnesio
FIG 19:	Deposición. Variación temporal y espacial de sodio
FIG 20:	Deposición. Variación temporal y espacial de amonio
FIG 21:	Deposición. Variación temporal y espacial de cloro
FIG 22:	Deposición. Variación temporal y espacial de nitratos
FIG 23:	Deposición. Variación temporal y espacial de sulfatos

- FIG 24:** Deposición. Variación temporal y espacial de alcalinidad
FIG 25: Deposición. Variación temporal y espacial de nitrógeno total
FIG 26: Deposición. Variación temporal y espacial de carbono orgánico disuelto
FIG 27: Deposición. Variación temporal y espacial de aluminio
FIG 28: Deposición. Variación temporal y espacial de manganeso
FIG 29: Deposición. Variación temporal y espacial de hierro
FIG 30: Inmisión. Variación temporal y espacial de concentraciones
FIG 31: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de peso seco
FIG 32: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de nitrógeno
FIG 33: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de azufre
FIG 34: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de fósforo
FIG 35: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de calcio
FIG 36: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de potasio
FIG 37: Análisis foliar. Contenido en carbono
FIG 38: Variación temporal y espacial del desfronde
FIG 39: Variación temporal y espacial de la fenología
FIG 40: Fases fenológicas
FIG 41: Crecimiento diametral anual
FIG 42: Principales variables meteorológicas
FIG 43: Medición del parámetro LAI
FIG 44: Índices LAI anuales
FIG 45: Lisímetros de tensión para extracción de solución del suelo. Lisímetros de gravedad.

1. Introducción.

El establecimiento en 1986 de la Red Europea de Nivel I como labor rutinaria para el control del estado de salud de los bosques y los datos que de forma continua va generando, no sólo demostró su validez en el enfoque de la sanidad forestal y de los nuevos problemas que van surgiendo, también sacó a la luz sus limitaciones como elemento esclarecedor de las relaciones causa-efecto dentro de un ecosistema. El estudio del papel que juega la Contaminación Atmosférica, el clima o cualquier otro agente sobre la evolución de un bosque nunca puede plantearse como una ecuación de una sola variable. Todos los factores propios del medio interaccionan, apoyándose a veces, sumando sus fuerzas o por el contrario bloqueándose unos a otros. En esta dinámica juegan un papel fundamental la calidad del aire, el clima, el suelo, los microorganismos descomponedores y los ciclos de nutrientes entre otros, factores que no era posible evaluar dentro de la Red de Nivel I.

Con objeto de paliar esta carencia se puso en marcha en Europa el denominado Sistema Pan-europeo para el Seguimiento Intensivo y Continuo de los Ecosistemas Forestales: la Red CE de Nivel II. Consiste en un pequeño número de parcelas ubicadas en los ecosistemas forestales más representativos donde, de acuerdo con la Conferencia de Ministros para la Protección de los Bosques celebrada en Estrasburgo en 1990, se han de realizar estimaciones y medidas numerosas y precisas, que caractericen la masa forestal y su historia, el arbolado y su follaje, la vegetación, el suelo, el clima, la composición química del agua de lluvia al descubierto, bajo el dosel de las copas y de las aguas de drenaje.

El Reglamento Comunitario 1091/94 definió en su día las labores concretas a realizar en esta red, que han sido ampliadas y modificadas a lo largo de su historia, atendiendo a los nuevas prioridades a nivel europeo y para adaptarse a los diferentes Reglamentos Comunitarios que se han ido sucediendo. Hasta el comienzo del proyecto comunitario *FutMon*, en el marco del Instrumento Financiero Life +, la red española de Nivel II constaba de 54 parcelas representando los principales ecosistemas forestales españoles, de las cuales 14 eran "instrumentadas" (disponen de una serie de dispositivos para mediciones y toma de muestras periódicas de una serie de parámetros, siendo visitadas durante todo el año en intervalos periódicos de 15/30 días) y las 40 restantes eran "básicas" (no disponen de aparatos y se visitaban únicamente 1 vez al año).

Debido a la alta especialización de la Red de Seguimiento Intensivo, su desarrollo ha requerido una estrecha colaboración con diversos organismos de investigación y universidades, tanto a nivel europeo como nacional en cada uno de los países participantes. En España la colaboración se ha venido realizando principalmente con la Unidad de Dinámica de los Ecosistemas Forestales del INIA – CIFOR y el Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental de la Universidad de Navarra LICA-UNAV (análisis de las muestras, mantenimiento de la instrumentación en las parcelas, representación en los Paneles Internacionales de Expertos), con la Fundación Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo - CEAM (evaluación de los efectos del ozono troposférico en la vegetación forestal), y con la Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal (inventarios de vegetación) y la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Montes (caracterización edáfica) de la Universidad Politécnica de Madrid.

A partir de la entrada en vigor del proyecto *FutMon, bajo Life +*, en enero de 2009, la Red de Nivel II se tuvo que adaptar a los nuevos objetivos definidos por el proyecto FutMon, lo que supuso una considerable disminución del número de parcelas, que pasaron de las 54 existentes hasta 2008 a 14, dejando como "durmientes" muchas de las parcelas en las cuales se efectuaban hasta el momento mediciones básicas y centralizando los muestreos en las parcelas instrumentadas, en las que se intensificaron y ampliaron los trabajos, para adaptarlos a los nuevos requerimientos. Este proyecto europeo finalizó en junio de 2011, continuándose desde entonces los trabajos de acuerdo a los manuales y metodologías del Programa Internacional de Cooperación para la Evaluación y Seguimiento de la Contaminación Atmosférica en los Bosques, ICP-Forests; entidad dependiente de Naciones Unidas y de la que forman parte los siguientes países:



Los muestreos así realizados en las parcelas de Nivel II son:

- ✓ La evaluación del estado sanitario del arbolado
- ✓ El análisis de los suelos (1994-1997)
- ✓ El análisis de los nutrientes foliares.
- ✓ El análisis de los depósitos atmosféricos.
- ✓ La toma de datos sobre el crecimiento de la masa forestal.
- ✓ El análisis de los datos climáticos in situ.
- ✓ El estudio de la fenología de cada parcela.
- ✓ La realización de inventarios botánicos (1999, 2004, 2007-2009)
- ✓ El análisis de la solución de agua en el suelo y de la biomasa de desfronde.
- ✓ El estudio de las concentraciones de contaminación atmosférica de fondo mediante dosímetros pasivos.
- ✓ El inventario líquénico y de otros biomonitores naturales (1997-1999)
- ✓ El estudio de ciertos parámetros sobre biodiversidad forestal: la estructura y las variaciones en la vegetación, la clasificación en tipos de bosque, madera muerta... (2004-2005; 2017-2019)
- ✓ El seguimiento, identificación y cuantificación de los principales agentes dañinos, tanto bióticos como abióticos, sobre el arbolado.
- ✓ El desarrollo de guías y manuales de referencia, modelos digitales del arbolado, así como la certificación de trabajos y control de calidad estandarizados a nivel internacional.

En la actualidad, y con la información obtenida de las redes, se han elaborado más de cien proyectos de investigación, además de los informes normalizados ejecutivo y técnico de remisión a las autoridades europeas competentes en las áreas forestal y medio ambiental. El listado completo de proyectos puede consultarse en la página web de ICP-Forests (<http://icp-forests.net/page/project-list>). La Red de Nivel II forma parte también de la Red Española de Investigación Ecológica a Largo Plazo (LTER-Spain). En la presente Memoria se desarrolla el seguimiento intensivo en las parcelas de la Red de Nivel II instaladas en España, comprendiendo el estado fitosanitario correspondiente a 2024 y el histórico hasta 2023-2024 de deposición atmosférica, dosímetros pasivos, análisis foliar, desfronde, fenología, crecimiento, meteorología, índice de área foliar y solución del suelo desde el inicio de los trabajos.

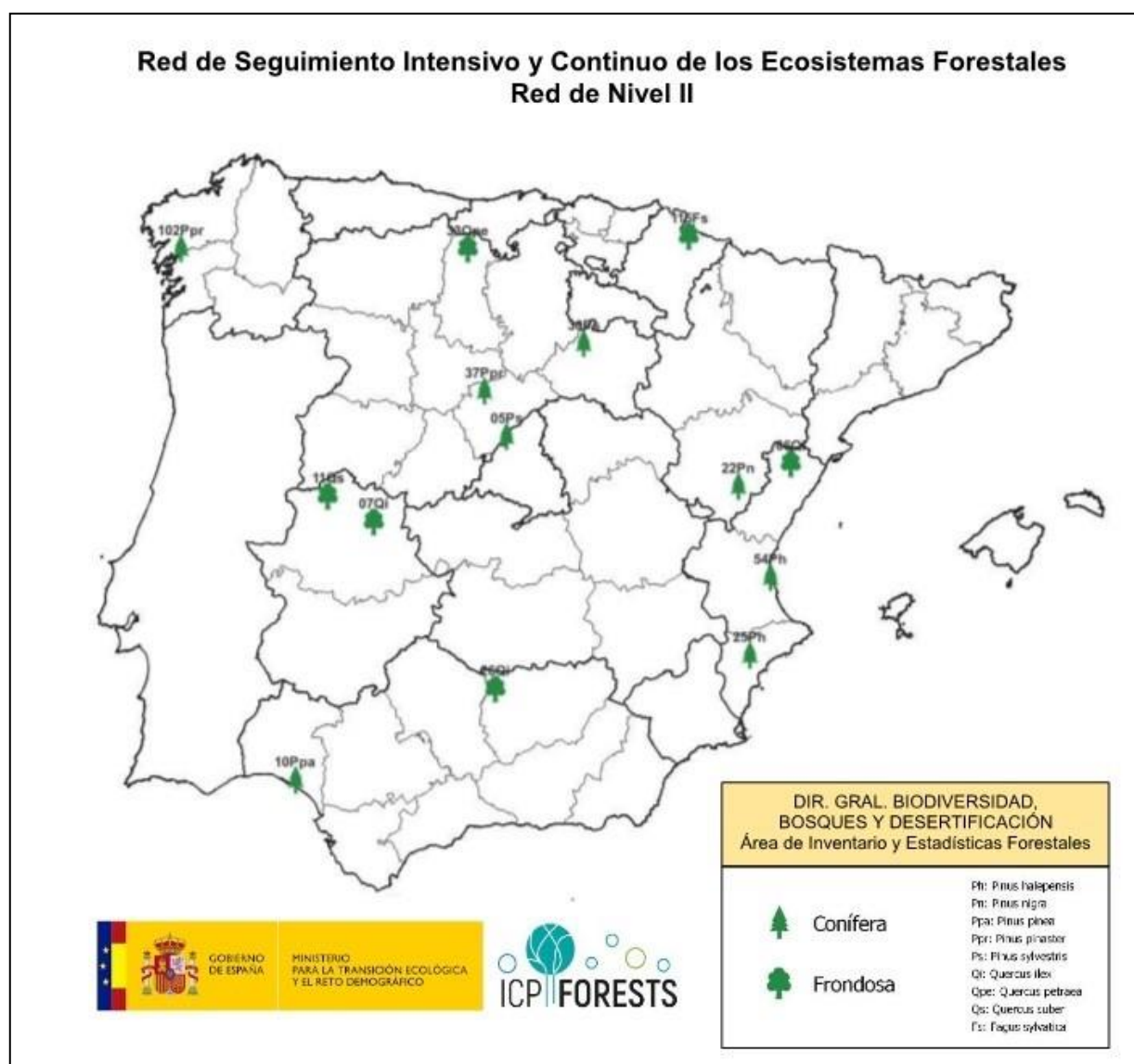


FIG 1: Distribución de las parcelas de la Red de Nivel II en España

La entrada en vigor de la Directiva Europea 2016/2284 relativa a la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes atmosféricos, “*directiva de techos*”, y su trasposición nacional en el Real Decreto 818/2018 sobre medidas para la reducción de las emisiones nacionales de determinados contaminantes, establece los compromisos del Reino de España en reducción de emisiones, la adopción de un programa nacional de control de la contaminación atmosférica y el seguimiento de las emisiones y sus efectos en los ecosistemas. La Red de Nivel II responde precisamente a esos objetivos, al recoger información estandarizada y calibrada desde hace más de veinte años en los principales ecosistemas forestales españoles, por lo que queda integrada dentro del Sistema Español de Inventario para la elaboración de los diferentes indicadores normalizados.

2. Composición de la Red.

TABLA 1: Distribución de parcelas por provincias y comunidades autónomas

ESPECIE	CODIGO PARCELA	RED LTER	PROVINCIA	COMUNIDAD AUTONOMA
<i>Fagus sylvatica</i>	115Fs	EU-ES-024	NAVARRA	NAVARRA
<i>Pinus halepensis</i>	25Ph	EU-ES-017	ALICANTE	C. VALENCIANA
	54Ph	EU-ES-022	VALENCIA	C. VALENCIANA
<i>Pinus nigra</i>	22Pn	EU-ES-016	TERUEL	ARAGON
<i>Pinus pinaster</i>	37Ppr	EU-ES-021	SEGOVIA	CASTILLA-LEON
	102Ppr	EU-ES-023	LA CORUÑA	GALICIA
<i>Pinus pinea</i>	10Ppa	EU-ES-014	HUELVA	ANDALUCIA
<i>Pinus sylvestris</i>	05Ps	EU-ES-012	SEGOVIA	CASTILLA-LEON
	30Ps	EU-ES-019	SORIA	CASTILLA-LEON
<i>Quercus ilex</i>	26Qi	EU-ES-018	JAEN	ANDALUCIA
	06Qi	EU-ES-013	CASTELLON	C. VALENCIANA
	07Qi	EU-ES-030	CACERES	EXTREMADURA
<i>Quercus petraea</i>	33Qpe	EU-ES-020	PALENCIA	CASTILLA-LEON
<i>Quercus suber</i>	11Os	EU-ES-015	CACERES	EXTREMADURA

Los ecosistemas o tipos de bosque representados por la Red son, de acuerdo con la clasificación europea (Clasificación EUNIS-European Nature Information System):

TABLA 2: Clasificación de ecosistemas representados (Clasificación EUNIS)

CÓDIGO PARCELA	ESPECIE	TIPO BOSQUE EUNIS	
05 Ps (Segovia)	<i>Pinus sylvestris</i>	G3.4B31	Pinares de <i>Pinus sylvestris</i> silicícolas oromediterráneos del Sistema Central
06 Qi (Castellón)	<i>Quercus ilex</i>	G2.12411	Encinares de <i>Quercus rotundifolia</i> mesomediterráneos continentales
07 Qi (Cáceres)	<i>Quercus ilex</i>	G2.12421	Encinares de <i>Quercus rotundifolia</i> luso-extremadurenses mesomediterráneos
10 Ppa (Huelva)	<i>Pinus pinea</i>	B1.74	Pinares de <i>Pinus pinea</i> sobre dunas estabilizadas del litoral
11 Qs (Cáceres)	<i>Quercus suber</i>	G2.1124	Alcornocales mesomediterráneos seco-subhúmedos luso-extremadurenses
22 Pn (Teruel)	<i>Pinus nigra</i>	G3.535	Pinares de pino negral (<i>Pinus nigra</i> subsp. <i>salzmannii</i>) del Sistema Ibérico meridional, de óptimo supramediterráneo
25 Ph (Alicante)	<i>Pinus halepensis</i>	G3.74	Pinares de pino carrasco (<i>Pinus halepensis</i>)
26 Qi (Jaén)	<i>Quercus ilex</i>	E7.3	Dehesa
30 Ps (Soria)	<i>Pinus sylvestris</i>	G3.4B2	Pinares de pino albar (<i>Pinus sylvestris</i>) silicícolas, supra-oromediterráneos, del Sistema Ibérico y del territorio catalanés central
33 Qpe (Palencia)	<i>Quercus petraea</i>	G1.8623	Robledales acidófilos orocantábricos
37 Ppr (Segovia)	<i>Pinus pinaster</i>	G3.7211	Pinares de pino rodeno (<i>Pinus pinaster</i>) del Sistema Ibérico septentrional
54 Ph (Valencia)	<i>Pinus halepensis</i>	B1.74	Pinares de <i>Pinus halepensis</i> sobre dunas estabilizadas del litoral
102 Ppr (La Coruña)	<i>Pinus pinaster</i>	G3.714	Pinares de <i>Pinus pinaster</i> galaico-cantábricos
115 Fs (Navarra)	<i>Fagus sylvatica</i>	G1.627	Hayedos acidófilos húmedos del Sistema Ibérico septentrional

Cada parcela está formada por una superficie cuadrada de 50x50 m, con una superficie de 0,25 ha, evaluándose el estado fitosanitario de todos los pies arbóreos presentes (salvo que se superen los 200 ejemplares, en cuyo caso se selecciona una submuestra de 50 árboles) y sobre los que se hace el conjunto de observaciones no destructivas (fenología, crecimiento continuo,...). En la zona exterior próxima a la parcela (zona buffer) se instala una parcela bajo cubierta arbórea donde se toman muestras de trascolación; solución del suelo, humedad y temperatura edáficas y desfronde; y a menos de 2 km se sitúa una réplica a campo abierto donde se toman muestras de la deposición incidente, la concentración en aire de determinados contaminantes mediante dosímetros pasivos y se instala un estación meteorológica en continuo. Con periodicidad variable, y siempre en la referida zona buffer –con objeto de no interferir sobre el estado fitosanitario del arbolado-, se toman además muestras de suelo, foliares y de crecimiento.

3. Estado fitosanitario de la Red.

El estado fitosanitario de las parcelas que componen la Red se evalúa de acuerdo a los protocolos comunitarios y Manual del Programa ICP-Forests, mediante el seguimiento de un método estandarizado y común a todos los países integrantes del programa. Se revisan todos los pies arbóreos de la parcela, estimándose la defoliación (principal factor definitorio del estado de salud forestal); decoloración; presencia y extensión de agentes dañinos tales como animales, insectos, enfermedades,... y presencia y extensión de síntomas y signos forestales; además de las correspondientes mediciones dendrométricas de cada pie examinado. Se revisan a continuación estos tres grandes apartados.

Los dos principales parámetros para evaluar el estado de salud en masas forestales son la **defoliación** y **decoloración**

DEFOLIACION: se entiende por defoliación la pérdida de hojas/acículas que sufre un árbol en la parte de su copa evaluable, es decir, eliminando del proceso de estima la copa muerta (ramas y ramillos claramente muertos) y la parte de la copa con ramas secas por poda natural o competencia.

De acuerdo con la normativa europea, se consideran las siguientes clases de defoliación o daño:

- ✓ **Arboles sin daño:** defoliación 0-10%
- ✓ **Ligeramente dañados:** defoliación 15-25%
- ✓ **Moderadamente dañados:** defoliación 30-60%
- ✓ **Gravemente dañados:** defoliación 65-95%
- ✓ **Arboles muertos:** defoliación 100%

DECOLORACION: se entiende por decoloración, la aparición de coloraciones anormales en la totalidad del follaje o en una parte apreciable del mismo, utilizándose en su evaluación un criterio subjetivo que implica el conocimiento del medio forestal correspondiente por parte del evaluador.

De acuerdo con la normativa europea, se consideran las siguientes clases de decoloración:

- ✓ **Clase 0:** decoloración nula
- ✓ **Clase 1:** decoloración ligera
- ✓ **Clase 2:** decoloración moderada
- ✓ **Clase 3:** decoloración grave

3.1. Defoliación y decoloración.

El análisis de los resultados obtenidos durante la revisión del año en curso lleva a las siguientes conclusiones:

1. En primer lugar, y por lo que se refiere al estado fitosanitario, cabe apuntar las condiciones climáticas que se han registrado en España durante el año 2024, al que se refiere la evaluación fitosanitaria, en el que según las series históricas AEMET se han alcanzado temperaturas

anormalmente altas, que dan al año el carácter de “extremadamente cálido”, superándose en cerca de 1,1°C el valor medio del periodo normal 1981-2010 y sucediendo a 2022 y 2023 también con temperaturas superiores a la media, configurando así un largo periodo de temperaturas elevadas. Durante 2024 se observaron tres episodios prolongados de intensas temperaturas o “golpes de calor”, una de corta duración a mediados de julio y otras dos casi consecutivas que se sucedieron de finales de julio a mediados de agosto. En cuanto a la precipitación, 2024 fue en general un año húmedo, con una precipitación total ligeramente superior a la media del periodo normalizado de referencia, si bien la primavera, época de actividad vegetativa, resultó ser seca en general, junto con un otoño húmedo en el que se ha concentrado buena parte del aporte total de agua del año.

2. Atendiendo a la serie histórica de datos, se observa que el peor estado de la red tuvo lugar en el trienio 1994-1996, cuando casi la mitad de las parcelas evaluadas se situaron en niveles de defoliación moderados. A partir de 1998 se advirtió una ligera mejoría, pasando a ser los daños moderados un fenómeno más puntual. Se ha considerado a la sequía como el factor responsable de los resultados habidos en esos años.
3. A partir de 1998 el porcentaje de parcelas con daño moderado decae, experimentando un repunte en 2000-2001 y 2009-2010 junto con el último periodo 2014-2017, patrón que vuelve a registrarse durante el año en curso presumiblemente a causa de las malas condiciones de habitación. A lo largo de la serie histórica de datos destaca el mediocre estado de las parcelas 07Qi (Cáceres), 25Ph (Alicante) y 37Ppr (Segovia); debidas básicamente a tres grandes factores de debilitamiento estructural del arbolado: seca de *quercus*, sequía y muérdago.
4. En la presente revisión, y en las parcelas objeto de seguimiento, se advierte un empeoramiento en general, particularmente marcado en las parcelas 07Qi por un agravamiento del periodo de la seca a lo que se suma los serios daños en la brotación por una importante tormenta de granizo a comienzos de abril, que obligó al arbolado a emitir un segundo renuevo más escaso con el que ha pasado el año, y a una reactivación de los focos de seca de la raña que empieza también a extenderse al arbolado muestra, y 54Ph donde han continuado viéndose daños por sequía en forma de microfilias o escaso desarrollo de la metida del año. Se advierte por el contrario una mejoría marcada en las parcelas 10Ppa (Huelva) y 11Qs (Cáceres), si bien por debajo de lo que se considera estadísticamente significativo.
5. Las defoliaciones más graves, a lo largo de la serie histórica de años, están asociadas a operaciones de corta planificada, tal como ha ocurrido en el aclareo de las parcelas 10Ppa (Huelva) en 2010 o corta de las parcelas 02Ppr (La Coruña) en 1998 y 15Fs (Navarra) en 2008, posteriormente sustituidas por los puntos 102Ppr y 115Fs.
6. Se observa en general un empeoramiento del arbolado con respecto a la revisión del año previo, tras la ligera mejoría del año anterior debido a la falta de agua en combinación con las elevadas temperaturas, que se configuran –junto con la presencia episódica de plagas o enfermedades– como el principal factor de daño forestal en España.
7. Se advierte una cierta inercia en el comportamiento de las coníferas frente a las frondosas, de forma que en un año de malas condiciones para la vegetación (en el ámbito mediterráneo fundamentalmente fenómenos de sequía y en menor medida golpes de calor) las primeras especies que reaccionan son las frondosas caducifolias, presentando defoliaciones, decoloraciones y decaimiento, mientras que las coníferas acusan el decaimiento tras un periodo adverso más prolongado y siempre con retraso frente a las frondosas.

8. El fenómeno de decoloración, al contrario de lo que ocurre en el centro y norte de Europa, es un fenómeno marginal en la Red, viéndose en general pocos pies afectados y en general en grado ligero. En España se advierte en general que el fenómeno está ligado a condiciones de sequía o falta de agua, y en menor medida a fenómenos de elevadas temperaturas o “golpe de calor”. En la presente revisión se ha reducido respecto al año previo, apareciendo de forma ligera en una escasa fracción del arbolado de las parcelas evaluadas.

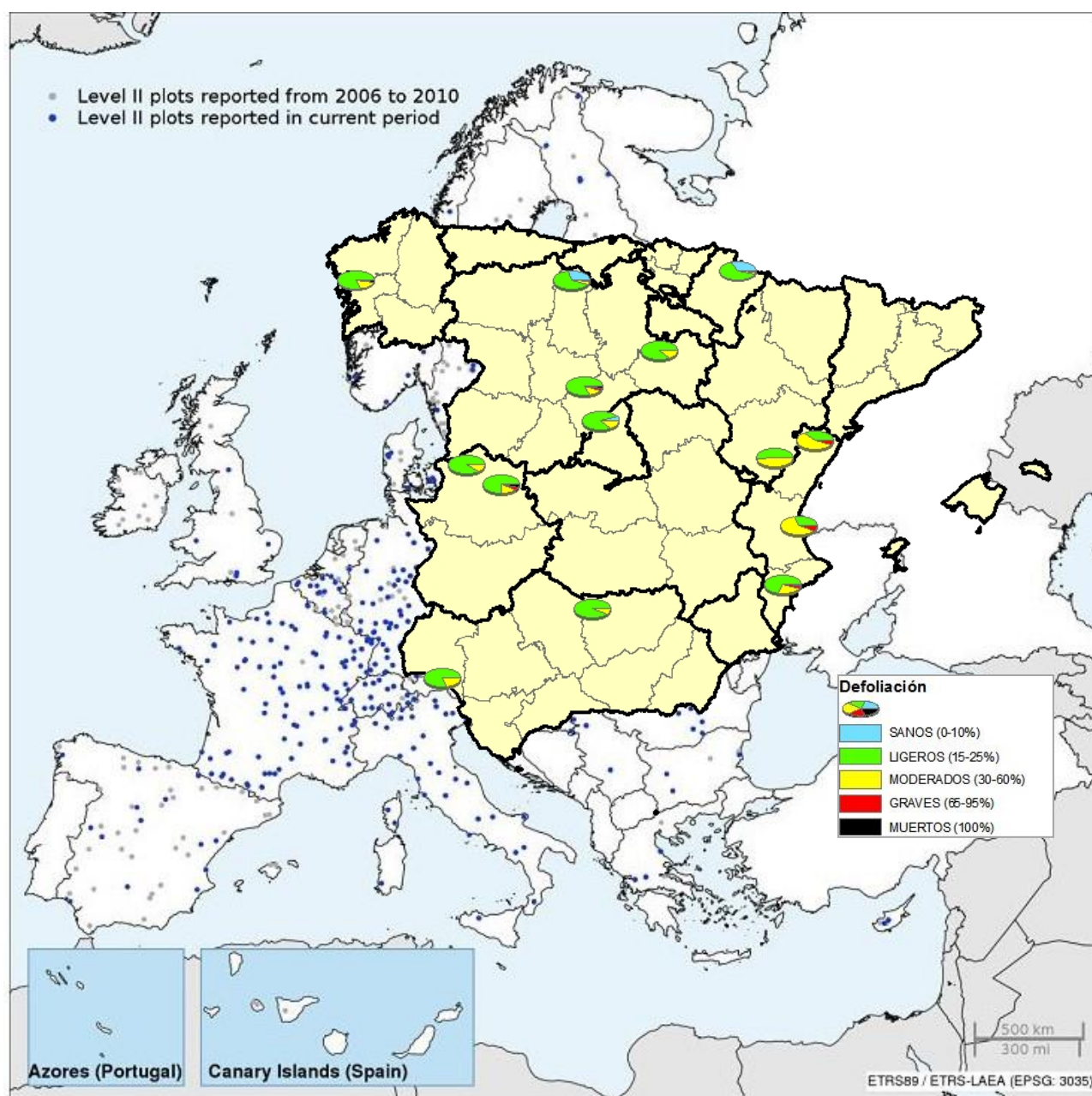


FIG 2: Red de Nivel II España 2024: distribución del arbolado por clases de defoliación

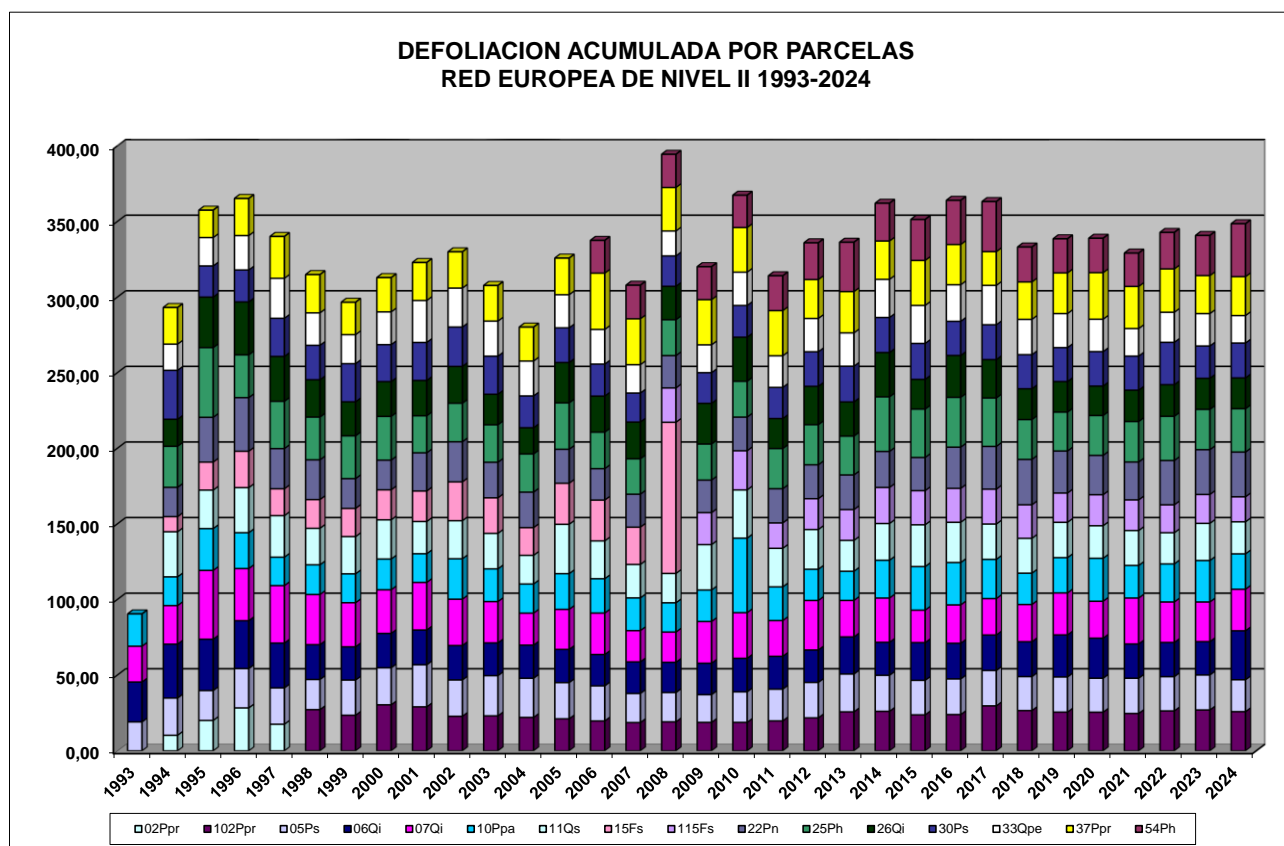


FIG 3: Defoliación (%) acumulada por parcelas y años. Indica las condiciones generales de la Red en un año determinado

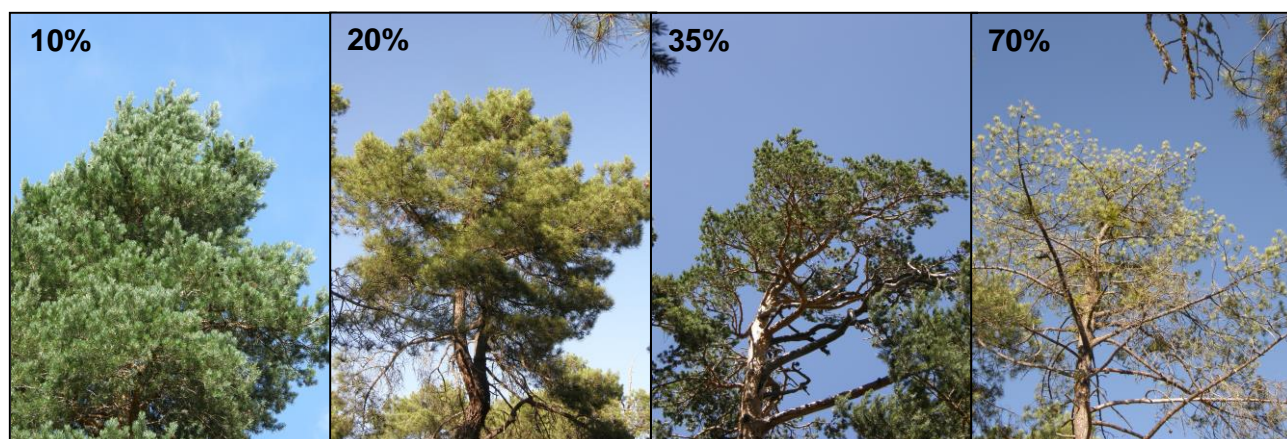
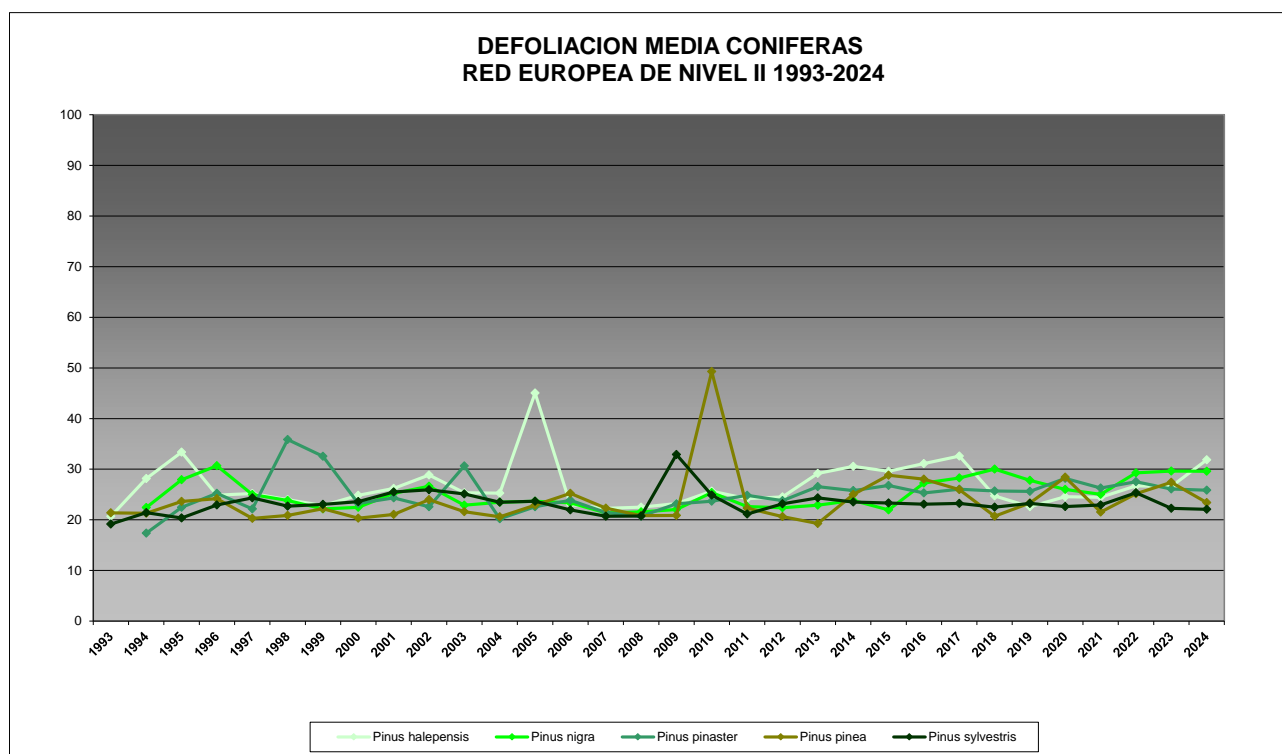
FIG 4: Modelos de defoliación. Gen. *Pinus*

FIG 5: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Coníferas)

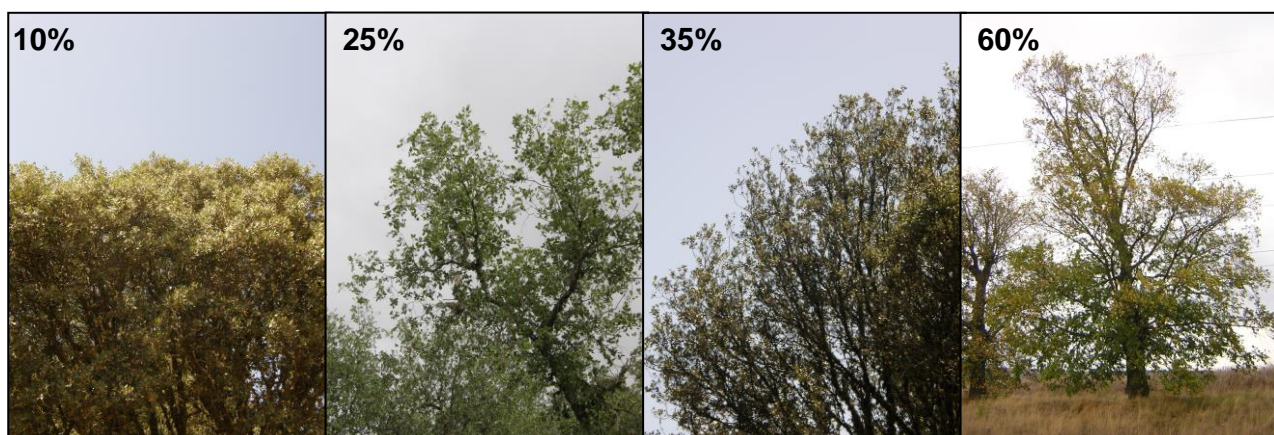
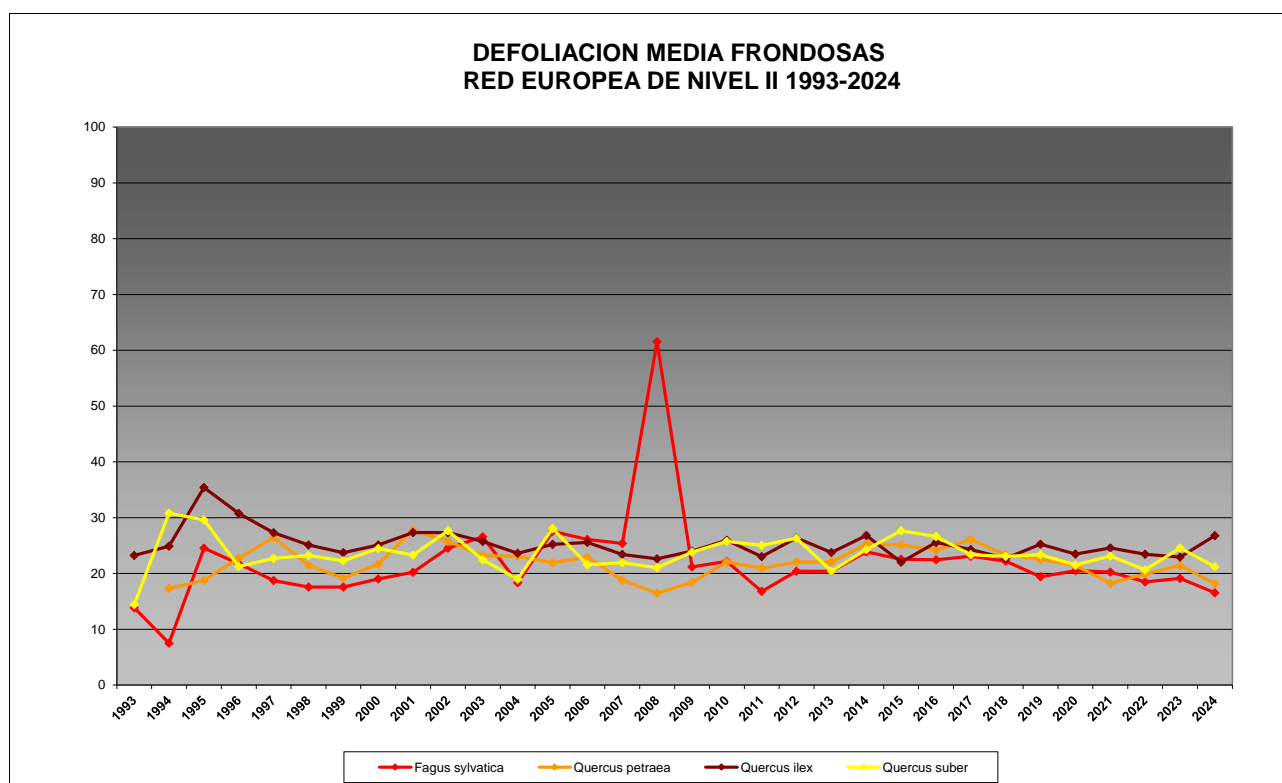
FIG 6: Modelos de defoliación. Gen. *Quercus*

FIG 7: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Frondosas)

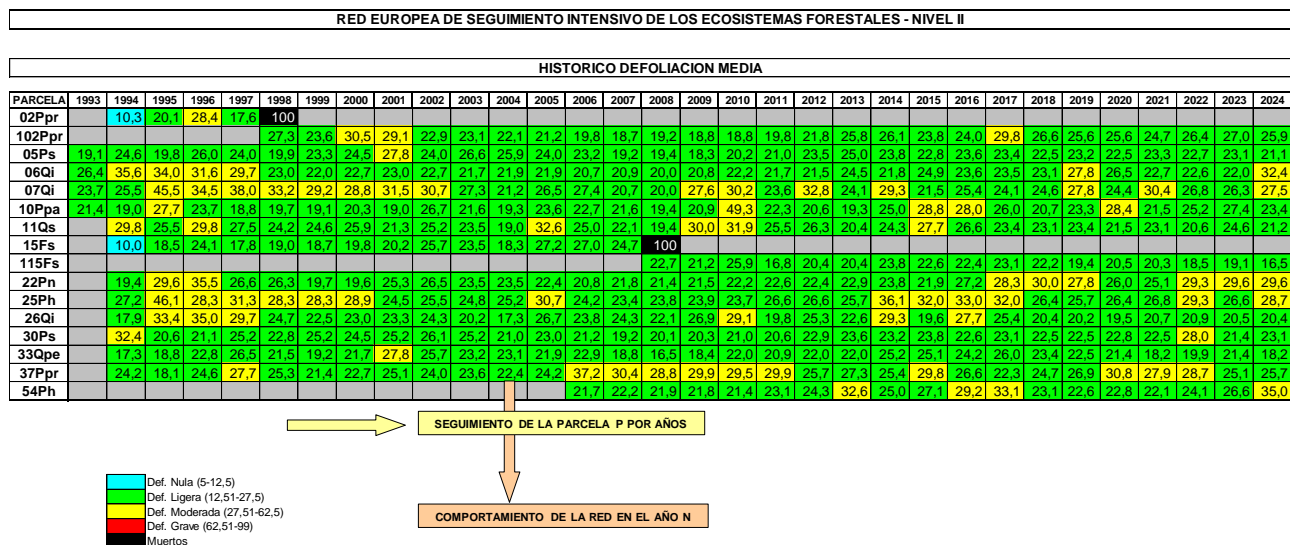


FIG 8a: Evolución de la defoliación media por parcelas a lo largo de la serie histórica

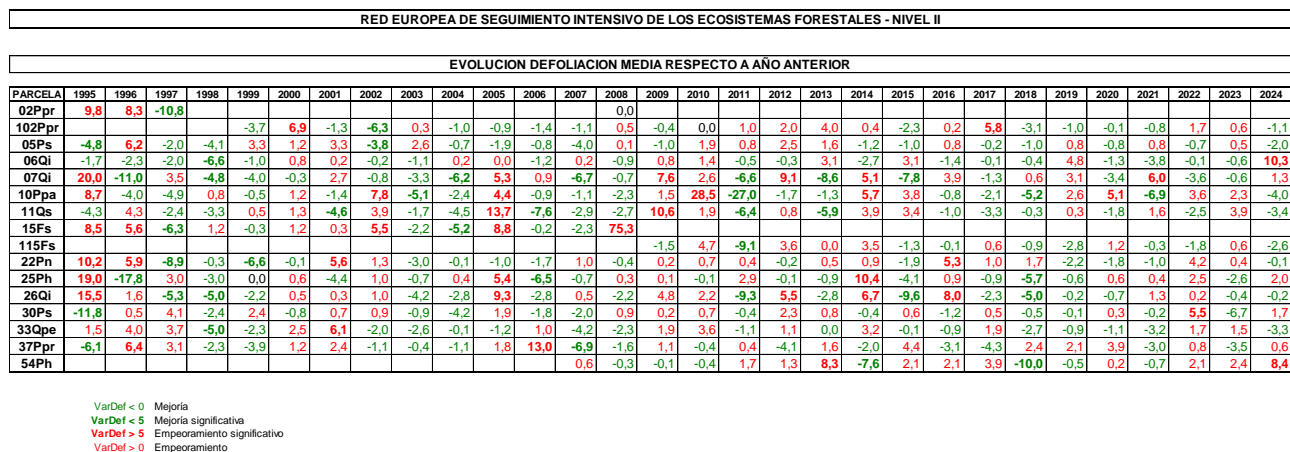


FIG 8b: Evolución de la variación de defoliación media por parcelas a lo largo de la serie histórica

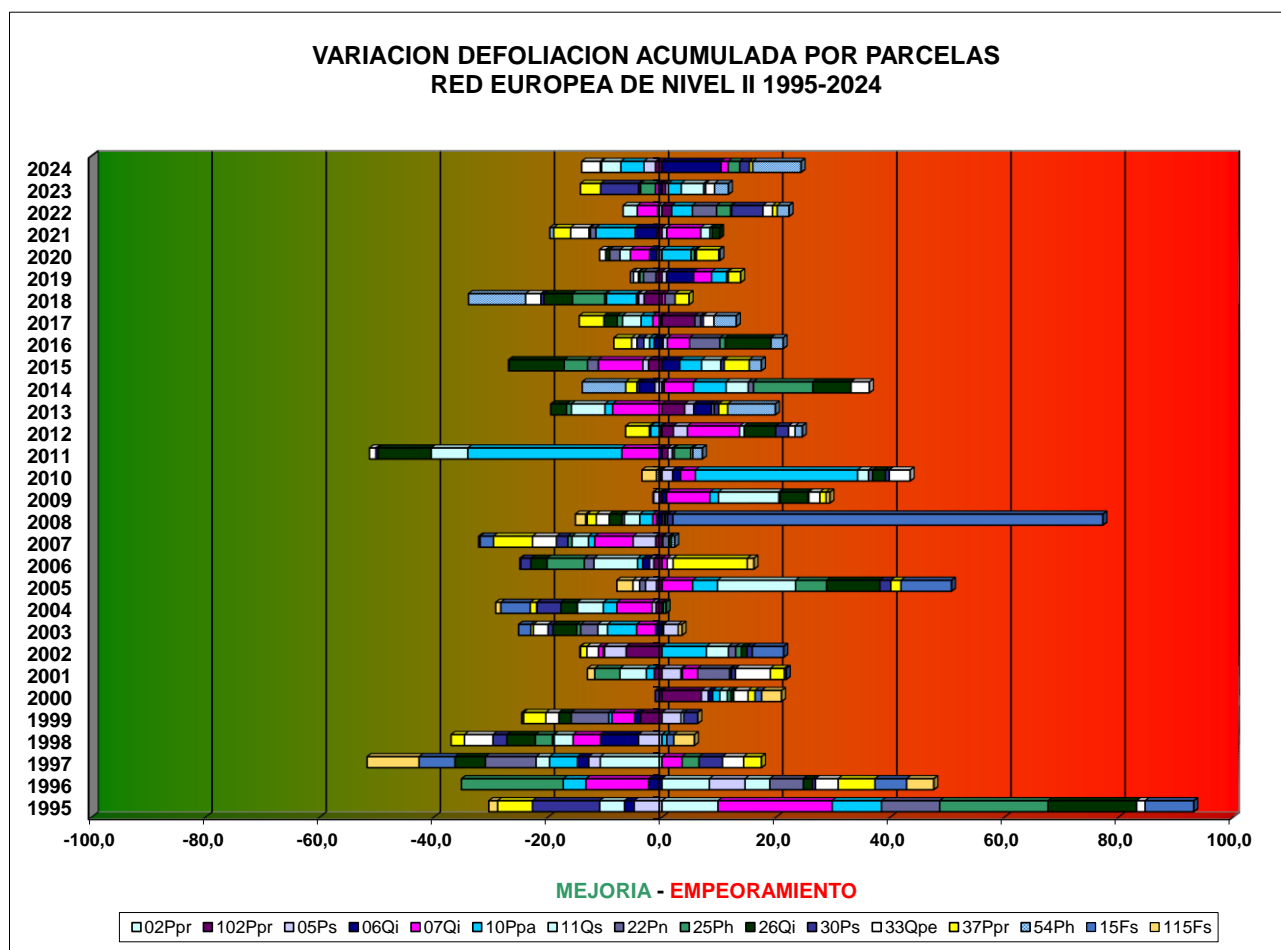


FIG 9: Comportamiento anual del conjunto de variaciones de la defoliación. El desplazamiento hacia la izquierda o derecha del eje de ordenadas indica la tendencia general a la mejora o empeoramiento respectivamente en un año determinado con respecto al precedente.

3.2. Agentes dañinos.

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados y por especies forestales, se observa durante la revisión del año en curso:

1. En la presente revisión y sobre *Pinus halepensis* se observa una gran proliferación de daños por sequía, ligado sobre todo a fenómenos de microfilia o escaso desarrollo de la metida del año por no disponer de agua suficiente como para elongarse por completo, advirtiéndose incluso un retraso en la aparición de las hojas y la floración por esta causa. Se han advertido también amarilleamientos en las acículas de mayor edad debido a las altas temperaturas de mediados del verano. En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados destaca en primer lugar la presencia de mordeduras en el margen foliar propias de defoliadores braquiderinos junto con ramillos atabacados en la cima de las copas por la acción de *Tomicus destruens*, típicamente ligado a pies que empiezan a manifestar decadencia, insecto este que va aumentando lenta pero sostenidamente en todo el levante peninsular y de quien se van viendo los típicos brotes caídos en el suelo y perforados en su base por la alimentación de maduración sexual del insecto; presencia también de punteaduras amarillentas taponadas por un ligero grumo de resina propias de insectos chupadores, en niveles similares a los de la revisión del año anterior. De entre las enfermedades destaca la presencia de los típicos penachos atabacados y laxos en el extremo distal de los ramillos más bajos debidos a la acción de *Sirococcus*

conigenus, habitual hongo debilitador de la especie y que se ve favorecido en condiciones de primavera frías y húmedas en niveles similares a los de la revisión anterior; cuerpos de fructificación de hongos de pudrición aislados, siempre anticipatorios de un mal estado fitosanitario y escobas de bruja ligadas a la acción de *Candidatus phytoplasma*, tumoraciones en ramillos causadas por *Bacillus vuilemini* junto con algunos daños mecánicos por tormentas y la progresiva colonización por *Smilax aspera* en alguno de los pies.

2. Como ya ocurriera en años anteriores, *Pinus nigra* resulta ser uno de los pinos más afectados por los insectos defoliadores, destacando entre ellos la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, presente en cerca de la mitad del arbolado, reduciéndose ligeramente respecto a la revisión del año anterior pero encadenando ya tres ataques sucesivos, responsables del peor estado de la masa, y cuya ciclicidad y apetencia por esta especie de pinos es bien conocida, así como bandeados verde-amarillentos ligados a la acción de chupadores resultando apreciable al tacto el grumo de resina dejado por el aparato succionador del insecto, junto con alguna mordedura marginal de defoliadores braquiderinos, en un nivel similar al del año previo. En la presente revisión tal y como se ha observado en otras especies, se advierte un considerable incremento de los daños por sequía –habida cuenta de la escasa precipitación anual recogida-, asociados a microfilias de las acículas del año y en menor medida defoliación prematura, incrementándose apreciablemente los daños abióticos durante la presente evaluación y que podría suponer también una menor resistencia frente a ataques de procesionaria. Se advierten también algunas punteaduras necróticas que podrían estar ligadas a la acción de algún contaminante de tipo aerosol, que vienen disminuyendo paulatinamente en los últimos años.
3. En cuanto al conjunto de daños observados sobre *Pinus pinaster* destaca en primer lugar la presencia de fanerogamas parásitas sobre los árboles, resultando la especie más afectada por estos agentes, advirtiéndose proliferación de muérdago en la provincia de Segovia, donde puede llegar a ser un agente debilitador de importancia al darse sobre un pinar asentado en un suelo de naturaleza arenosa y con escasa capacidad de retención de agua, si bien durante la presente revisión el buen aporte hídrico del verano ha disminuido apreciablemente sus efectos; así como de hiedras en La Coruña, favorecidas por la elevada humedad de la estación y que en algún caso han llegado a ahogar al follaje vivo del árbol. A medida que las precipitaciones se han incrementado, con 150 mm durante el periodo vegetativo en la parcela de Segovia, desaparecen los daños por sequía tan habituales en años anteriores, limitándose a algunas microfilias remanentes en las acículas de mayor edad. Se advierten también daños en los troncos por operaciones de resinación, debido al creciente interés por este tradicional aprovechamiento forestal, junto con daños debidos a defoliadores braquiderinos en forma de mordeduras en diente de sierra en las acículas de mayor edad destacando la presencia de *Anoxia australis* por segundo año consecutivo, insecto este que aparece episódicamente, bandeado salpicado debidos a la acción de insectos chupadores, junto con algunos hongos xilófagos como *Phellinus pini* y resinosos asociadas a la acción de *Sphaeropsis sapinea* en las ubicaciones más húmedas que aumentan ligeramente durante el último año. Se advierten también daños ligados a la acción de contaminantes atmosféricos, así como daños por falta de luz o exceso de competencia en la parcela situada en La Coruña.
4. La cohorte de daños observados sobre *Pinus pinea* es más reducida, destacando, la ausencia de procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, no visible desde 2020, si bien en la estación considerada se registran ataques episódicos que pueden llegar a tener su importancia, lo que pone de manifiesto su carácter errático caracterizado además por el fenómeno de diapausa en la que se mantiene una población de la plaga de años anteriores que en determinadas condiciones emerge y coloniza al pinar de forma muy patente. Durante la presente revisión destaca la presencia esporádica del perforador *Tomicus destruens* que se reduce apreciablemente desde la proliferación de 2023 en que se vio favorecida por unas cortas efectuadas justo al lado de la parcela, y que si bien trataron por

astillado posterior de los residuos, dieron lugar a la proliferación de ramillos terminales atabacados por alimentación de maduración sexual del adulto. Se advierte sin embargo algún pie recientemente muerto con perforaciones en el tronco presumiblemente debido a estos insectos que han llegado ya a colonizar troncos. Está muy extendido también el hongo defoliador *Thyriopsis halepensis*, que causa la pérdida de las acículas más antiguas en las ramas más bajas y que se ve favorecido en primaveras húmedas, superponiéndose además a los fenómenos de autopoda, lo que da un aspecto muy ralo a la parte baja de las copas, concentrándose la foliación en los ápices, y que se configura ya como un endemismo de la estación. Se advierte también un incremento en los daños por sequía toda vez que el año ha sido particularmente seco en la estación, con una precipitación total de apenas 300 mm.

5. En *Pinus sylvestris* se reducen ligeramente los daños abióticos, frecuentes en la revisión anterior, al incrementarse la precipitación anual recogida. Como viene siendo habitual, se advierte la presencia salpicada del perforador *Tomicus minor* que se reduce respecto al año anterior posiblemente ligado a una mejoría en las condiciones hídricas, mientras se mantienen estables los insectos chupadores y se reducen apreciablemente los defoliadores de tipo braquiderino. Es también significativa, más por la amplitud de los daños que provoca que por su abundancia, la roya *Cronartium flaccidum* (o su variedad cortícola *Peridermium pini*) que en ocasiones actúa como un agente primario asociado a la muerte directa del hospedante, así como la presencia de muérdago en uno de cada cuatro pinos evaluados en una ligera pero sostenida expansión. Se han observado también punteaduras necróticas amarillentas en acículas de años previos, lo que podría indicar la acción de algún contaminante de tipo aerosol.
6. En cuanto al conjunto de agentes identificados sobre las hayas, *Fagus sylvatica*, destaca la presencia generalizada del minador *Rhynchaenus fagi* asociado a las típicas necrosis triangulares en el ápice de la hoja causadas por la alimentación larvaria junto con los agujeros de perdigonado en el limbo causados durante la fase de maduración del insecto y que se reduce apreciablemente respecto a la revisión anterior, afectando menos de la mitad de las hayas evaluadas, así como una presencia salpicada de agallícolas tales como *Mikiola fagi* sin grandes cambios respecto a la revisión anterior. Como viene siendo la tónica de la Red, no se advierten los daños por sequía o golpe de calor tan habituales durante la revisión del año previo, mientras que se ven algunos daños mecánicos por tormentas o granizo. Son relativamente frecuentes también los hongos de pudrición en los troncos, favorecidos por la humedad de la estación, así como los daños mecánicos de distinta naturaleza en los troncos debido a antiguas operaciones selvícolas.
7. La presencia de insectos sobre especies de hoja ancha es, como suele ser habitual, superior a las coníferas, tal y como sucede en las **encinas**, *Quercus ilex*, sobre las que se advierte una abundante presencia de defoliadores asociados a daños en ventana sobre el limbo y mordeduras a lo largo de los bordes de la hoja, sin llegar a alcanzar el nervio central y en menor medida a la aparición de esqueletizaciones, en las que el insecto afecta al parénquima del tejido mientras deja intacta la nerviación, ligadas muchas veces a la acción tortricidos, que en algún caso han llegado a dañar la brotación incipiente; reduciéndose apreciablemente respecto a la revisión del año previo. Destacan también –aunque están menos representados– los perforadores, sobre todo *Coroebus florentinus* de quien se ven los habituales fogonazos rojizos causados por el anillamiento de ramillas laterales y que también se reducen ligeramente durante la presente revisión, así como agallas de *Dryomyia lischtensteini* en niveles similares a los del año previo. En la parcela 07Qi (Cáceres) es patente el incremento de los daños causados por la seca de *Quercus*, ligado a la acción del hongo radicular *Phytophthora sp* que empieza afectar de forma severa a parte del arbolado muestra y de quien se viene observando un rápido progreso una vez iniciada la infección del hospedante. En esta parcela se han producido también daños de consideración por una importante tormenta de granizo a comienzos de abril, sin que la hoja del año hubiera llegado a desplegarse del todo. Se advierte también la presencia de los típicos ramillos distales puntisecos debidos a la acción de *Botryosphaeria stevensii* (*Diplodia*

mutila) en niveles similares, junto con hongos de pudrición en los troncos de los ejemplares más añosos y fumaginas en las hojas asociadas presumiblemente a *Capnodium sp* o *Aerobasidium sp* así como erinosis en el envés foliar causados por *Eriophyes ilicis*. Como ha sucedido en otras parcelas se advierte un considerable incremento de los daños por sequía, asociados a acucharamientos o deformaciones en las hojas en una típica estrategia de reducción de la superficie foliar para limitar las pérdidas de agua por transpiración, así como a fenómenos de caída adelantada de las hojas de mayor edad por la misma razón. Cabe destacar también el retraso en brotación y sobre todo floración que empezó a verse hacia finales de septiembre en la parcela 06Qi (Castellón) debido a la falta de agua, con apenas 125 mm caídos durante el periodo vegetativo. Se advierte también la proliferación de hiedras en los troncos en los encinares más húmedos, así como tumoraciones salpicadas por *Agrobacterium tumefaciens* en niveles similares a los de la revisión del año anterior, junto con daños mecánicos esporádicos por antiguas nevadasormentas, ya cicatrizados y sin mayor trascendencia.

8. Sobre *Quercus petraea* y como ya sucediera en anteriores revisiones, están ampliamente representados los defoliadores tortrícidos que se mantienen en niveles similares respecto a la revisión anterior, y en menor medida los daños por perforadores como *Coroebus florentinus*, junto a manchas blanquecinas de oidio por *Microsphaera alphitoides* en menor medida que en la revisión anterior y punteados necróticos asociados a *Mycosphaerella sp*; así como daños mecánicos y de falta de luz salpicados por las copas. Sobre esta especie se han advertido también algunos daños en las hojas causados por granizo.
9. En los alcornoques, *Quercus suber*, el rasgo más patente es el descorche de la parcela en 2021, dentro del normal aprovechamiento forestal del monte en el que se encuentra, y que se efectúa con periodicidad decenal. Se incrementan así ligeramente los insectos perforadores, no tanto por un mayor nivel de actividad, sino porque la retirada del corcho permite observarlos más fácilmente, destacando la presencia de *Cerambyx wellensii* asociado a alguna muerte o derribo del árbol afectado por reducir la sección resistente del tronco y que se configura como el principal factor de desequilibrio del arbolado, mientras que los daños por *Coroebus undatus* en forma de las típicas galerías o culebrillas del corcho se consideran ya inactivas y cicatrizadas y dejan de considerarse como un agente activo. Se advierten también fogonazos de ramillas terminales causadas por el perforador *Coroebus florentinus* en niveles similares a los del año anterior aunque los daños observados no revisten gravedad hasta el momento. Están también muy extendidas las mordeduras en el margen y limbo foliares debidas a la acción de defoliadores tortrícidos, agallas de *Dryomyia lischtensteini* que se reducen respecto al año anterior, y algunas ramas con oquedades oscuras causadas por *Hypoxylon mediterraneum*, hongo asociado a las operaciones de descorche, en menor proporción que durante el año anterior. Continúan viéndose los habituales enrollamientos de las hojas a lo largo del nervio central causadas por las elevadas temperaturas del verano.



FIG 10: Microfilia en metida de 2024 por sequía. Daños por seca en encina. Defoliaciones por tormenta de granizo. Muérdago. Galerías de *Tomicus minor*.

3.3. Síntomas y signos.

Al igual que en el caso anterior, los síntomas y signos más representados por especies forestales se resumen a continuación:

1. Sobre *Pinus halepensis* se observa una amplia representación de síntomas y signos, de entre quienes destaca la presencia de microfilias en las acículas del año en curso y decoloraciones amarillentas de distinta naturaleza, sobre las acículas de mayor edad junto con puntisecado de ramillos finos, y en menor medida aborto de brotes del año, síntomas de decaimiento y asociados a problemas de sequía/golpe de calor y escasa iluminación en la ramificación de la parte baja de la copa, a lo que contribuye la acción de hongos defoliadores. Se registran también resinosis en los troncos, junto con algunas deformaciones en la base.
2. En cuanto al conjunto de síntomas observados sobre *Pinus nigra* destacan en primer lugar la aparición de festoneados o mordeduras a lo largo del margen foliar debidas a la acción de la procesionaria, decoloraciones verde-amarillentas de distinta naturaleza y microfilia en las acículas del año en curso, caída prematura de follaje, tumoraciones y resinosis en troncos, ramillas puntisecas y roturas en las de menores dimensiones.
3. Con respecto a los síntomas observados sobre *Pinus pinaster* destaca en primer lugar, bajo el epígrafe de otros signos, la proliferación de muérdagos y hiedras a las que se hacía referencia en el apartado anterior, junto con microfilia o aborto de todas las edades y decoloraciones amarillentas o rojizas de distinto tipo, puntisecado de ramillas, heridas y resinosis en los troncos, muchas de ellas ligadas al tradicional aprovechamiento resinero del monte y en otras ocasiones relacionadas con la presencia de *Sphaeropsis sapinea* en las áreas más húmedas, donde también han proliferado los daños mecánicos y roturas debidas a tormentas o vendavales.
4. Sobre *Pinus pinea* están generalizados la caída prematura de acículas por *Thyriopsis halepensis*, sobre todo en las partes bajas de la copa, ramillos terminales y brotes del año muertos por la acción de *Tomicus destruens*, tumoraciones leves en la parte baja de los troncos, junto con decoloraciones amarillentas en las acículas de mayor edad, rotura de ramas y aborto de brotes del año.
5. Los síntomas más abundantes en *Pinus sylvestris* son el amarilleamiento de las acículas de mayor edad debido a fenómenos estivales, mordeduras de distinto tipo en las acículas por defoliadores de tipo braquiderino, así como puntisecados en ramillos terminales, generalmente asociadas a ataques de escolítidos perforadores y en menor medida, presencia de muérdago, roturas de ramas y ramillos por tormentas y resinosis en troncos y ramas.
6. Sobre *Fagus sylvatica* destacan los agujeros foliares causados por la alimentación de la fase adulta de *Rhynchaenus fagi*, así como los típicos daños en triángulo por la acción de la fase larvaria de este curculiónido, amarilleamientos, agallas foliares, roturas en las ramillas debidas a tormentas, junto con puntisecados salpicados, así como grietas, descortezamientos y pudriciones en los troncos.
7. Los síntomas sobre *Quercus ilex* tal y como ya se advirtiera en anteriores revisiones, están también ampliamente distribuidos toda vez que la especie es la más representada en la red, presente en tres parcelas alejadas geográficamente entre sí. Destaca sobre todo el puntisecado de ramillas finas, muy ligado a problemas puntuales de falta de luz sobre la ramificación más baja, rotura de ramillos del año ligados a una granizada en una de las parcelas, acción de hongos desestabilizadores o insectos perforadores, presencia de hiedras en las parcelas con mayor grado de humedad; plegamientos en las hojas ligados a sequía y golpe de calor en un clásico mecanismo de reducción de las pérdidas por

transpiración a través de la reducción de la superficie foliar, agallas y mordeduras en el margen foliar ocasionadas por defoliadores, descortezamientos y tumores en las partes leñosas.

8. De entre los síntomas presentes sobre *Quercus petraea* destacan sobre todo mordeduras de distinta naturaleza en las hojas debidas a la acción de los defolaidores, fenómenos de decoloración amarillenta o rojiza ligados sobre todo a la acción de hongos foliares, junto con agujeros por granizadas a comienzos del verano, una vez que se ha desplegado el limbo, roturas y puntisecados en ramas, ligados estos a problemas de falta de luz en las partes bajas de la copa, junto con deformaciones o pudriciones en la parte baja de los troncos.
9. En *Quercus suber* se advierten sobre todo plegamientos de las hojas a lo largo del nervio central para reducir las pérdidas de agua por transpiración debido a las altas temperaturas, junto con decoloraciones amarillentas, mordeduras y esqueletizaciones debidas a la acción de defoliadores y puntisecado y aborto de ramillos; junto con exudaciones bacterianas, tumoraciones en los troncos y descortezamientos ligados al aprovechamiento corchero.



FIG 11: Agallas foliares por *Mikiola fagi* y *Hartigola annulipes*. Brotes epicórmicos en encina. Agujeros de pídicos.

		<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus suber</i>
ANIM.	Ciervo											
	Jabalí											
	Aves											
	Picidae											
INSECTOS	Defoliadores											
	<i>Anoxia australis</i>											
	<i>Brachyderes suturalis</i>											
	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>											
	<i>Tortrix sp</i>											
	Perforadores											
	<i>Agrilus grandiceps</i>											
	<i>Cerambyx wellensii</i>											
	<i>Coroebus florentinus</i>											
	<i>Doryctria splendidella</i>											
	<i>Retinia resinella</i>											
	<i>Tomicus destruens</i>											
	<i>Tomicus minor</i>											
	Chupadores											
	<i>Glycaspis brimblecombei</i>											
	<i>Leucaspis pini</i>											
	Pulgonas											
	Minadores											
	<i>Rhyssaenus fagi</i>											
	Form. Agallas											
	<i>Andricus sp</i>											
	<i>Dryomyia lichtensteini</i>											
	<i>Hartigola annulipes</i>											
	<i>Mikiola fagi</i>											
	<i>Plagiotrochus quercusilicis</i>											
	Otros insectos											
ENFERMEDADES	Hongos/Royas acic											
	<i>Spilocaea quercusilicis</i>											
	<i>Thyriopsis halepensis</i>											
	Royas tronco y brotes											
	<i>Cronartium flaccidum</i>											
	Tizón											
	<i>Botryosphaeria stevensii</i>											
	<i>Hypochoa mediterranea</i>											
	<i>Sirococcus conigenus</i>											
	<i>Spaeropsis sapinea</i>											
	Hongos pudrición											
	<i>Fomes pini</i>											
	<i>Ganoderma sp</i>											
	<i>Phellinus pini</i>											
	<i>Phytophthora sp</i>											
	Manchas hojas											
	<i>Mycosphaerella maculiformis</i>											
	Oidio											
	<i>Microsphaera alphitoides</i>											
	Deformaciones											
	<i>Taphrina kruchii</i>											
	Otros hongos											
	Fumaginas											
AG. ABIÓTICOS	Fact. físicos											
	Sequía											
	Granizo											
	Calor											
	Rayo											
	Nieve/Hielo											
	Viento/Tornado											
	Otros fact.abióticos											
ANTRÓPICOS	Podas											
	Resinación											
	Op. en pies próximos											
	Daños mecánicos/vehículos											
	Const. caminos											
C F	Otros daños antrópicos											
	Fuego											
OTROS DAÑOS	Contaminantes											
	<i>Viscum album</i>											
	<i>Hedera helix</i>											
	<i>Smilax aspera</i>											
	Bacterias											
	<i>Bacillus vulemini</i>											
	<i>Brenneria quercinea</i>											
	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>											
	Falta luz											
	Inter.físicas											
	Compet/Espesura											
	<i>Eriophyes ilicis</i>											
D	Otros daños											
	Ag.desconocido											

		<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus suber</i>
Hojas/Acículas Comidas/perdidas	Agujeros/Parc. comidas											
	Muestras											
	Esqueletizadas											
	Minadas											
	Caída prematura											
Hojas/Acículas Comidas/perdidas												
Hojas/Acículas Decoloración Verde-amarillo	Completa											
	Punteado											
	Bandeado											
	Apical											
	Parcial											
Hojas/Acículas Decoloración Verde-amarillo												
Hojas/Acículas Decoloración Rojo-marrón	Completa											
	Punteado											
	Parcial											
Hojas/Acículas Decoloración Rojo-marrón												
Bronceado	Parcial											
Hojas/Acículas Decoloración Bronceado												
Microfilia	Hojas/Acículas Microfilia											
Hojas/Acículas Microfilia												
Deformaciones	Rizadas											
	Enrolladas											
	Plegadas											
	Agallas											
	Otras deformaciones											
	Chancros											
	Tumores											
	Escobas de bruja											
	Fendas longitudinales											
	Deformaciones											
Signos insectos	Adultos, larvas, ninfas,...											
	Perforaciones, serrín											
Signos insectos												
Signos hongos	Cob. blanca hojas											
	C. fructificación											
	Descortezamientos											
	Ampollas amarillo-naranjas											
Signos hongos												
Otros signos	Otros signos											
Otros signos												
Rotura	Rotura											
Rotura												
Muerto/moribundo	Muerto/moribundo											
Muerto/moribundo												
Aborto	Aborto											
Aborto												
Necrosis	Necrosis											
Necrosis												
Heridas	Descortezamientos											
	Grietas											
	Otras heridas											
Heridas												
Resinosos	Resinosos											
Resinosos												
Exudaciones	Exudaciones											
Exudaciones												
Putrificaciones	Putrificaciones											
Putrificaciones												
Inclinado	Inclinado											
Inclinado												

	0,01 - 25,00 %
	25,01 - 50,00 %
	50,01 - 75,00 %
	75,01 - 100,00 %

FIG 12a: Distribución y abundancia por especies de agentes, síntomas y signos.

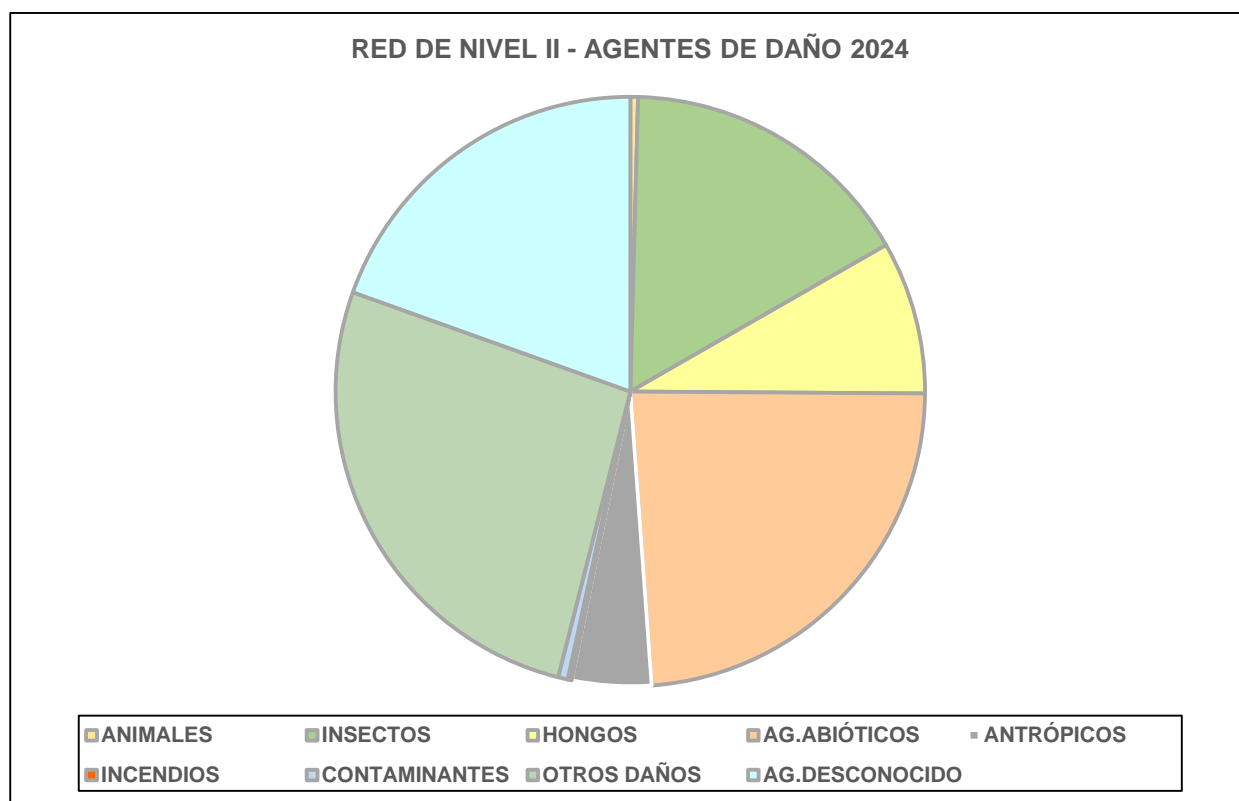


FIG 12b: Distribución de agentes de daño durante la campaña

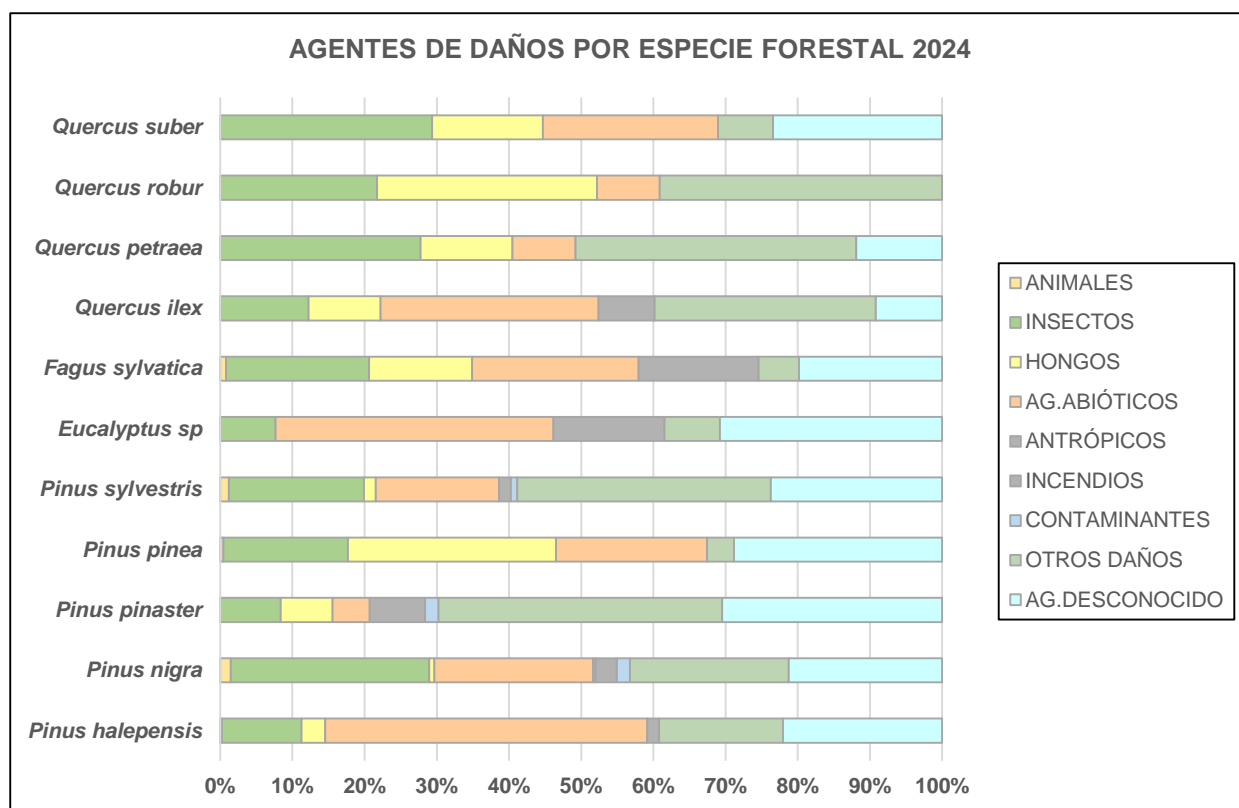


FIG 12c: Distribución relativa de agentes de daño por especie forestal

4. Deposición atmosférica.

El ciclo de nutrientes y la acidez del suelo son factores importantes que influyen en la distribución de los bosques, su crecimiento y su estado fitosanitario. Durante la década de los 80 se determinó que la deposición de contaminantes era uno de los factores que podían desestabilizar los ecosistemas forestales; los estudios realizados se focalizaron en los efectos de la acidez de la deposición atmosférica sobre la funcionalidad de las hojas, el intercambio iónico entre la deposición y la superficie foliar y el aporte externo de nutrientes sobre el suelo, especialmente el nitrógeno.

La preocupación por el evidente deterioro que manifestaban muy diferentes ecosistemas y formaciones forestales, junto con su amplia distribución geográfica en toda Europa, así como el incremento de la actividad industrial y urbana a lo largo de todo el siglo XX hicieron pensar en la contaminación atmosférica como uno de los factores desencadenantes o al menos coadyuvantes en la profusión de daños observados sobre el arbolado (defoliaciones o pérdida exagerada de hojas, decoloraciones respecto a la coloración normal que venía presentando el arbolado, envejecimiento del arbolado,... en un conjunto de síntomas que recibió el nombre de “muerte de los bosques”), que no obedecían a una causa clara de daños o atribuible a uno de los agentes considerados “clásicos” hasta el momento, tal como una plaga o enfermedad forestal.

Esta preocupación dio lugar a la Convención Internacional sobre Transporte de la Contaminación Atmosférica a Larga Distancia (LRTAP), a través de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE), que desarrolló, entre otros programas de cooperación internacional, el Programa Internacional de Cooperación sobre Bosques, ICP-Forests (1985), que estableció una metodología común para estudiar y evaluar los daños en la superficie forestal de los 41 países signatarios entre los que se encontraba España.

Entre las metodologías de evaluación desarrolladas se encuentra la determinación de la deposición atmosférica en las áreas forestales, mediante la determinación analítica de una serie de parámetros, regulados por los Reglamentos Comunitarios 3528/86 *de Protección de los Bosques de la Comunidad contra la Contaminación Atmosférica* y 1091/94 *de aplicación del Reglamento 3528/86* plasmados en el Manual de las Redes (*Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*) <http://icp-forests.net/page/icp-forests-manual>

La deposición atmosférica es un conjunto de procesos que conducen al depósito de materiales ajenos (a través de hidrometeoros, aerosoles o movimiento de gases) sobre la superficie descubierta del suelo o sobre la superficie exterior de árboles y plantas (troncos, ramas y hojas).

La cantidad de materiales recibidos por unidad de superficie en un periodo de tiempo determinado se denomina **tasa de deposición**. La deposición depende de la concentración de contaminantes en una estación y momento determinados, lo que a su vez depende de la situación y actividad de las fuentes de emisión (grandes núcleos urbanos, centrales térmicas o industrias) así como de las condiciones atmosféricas, que determinan no sólo el movimiento de los contaminantes sino la reactividad entre los mismos.

Asimismo en la deposición se consideran tres componentes:

- ✓ **Deposición seca:** en ella, los gases y aerosoles pasan directamente de la atmósfera a la superficie del suelo, del agua o de la vegetación. La tasa de deposición seca es función de la concentración de contaminantes en la atmósfera, la naturaleza físico-química de la sustancia que se deposita, la capacidad de la superficie receptora de capturar o absorber gases y partículas y de la capacidad de

transporte turbulento de la capa límite. Es el tipo de deposición más abundante en las zonas próximas a los focos de emisión.

- ✓ **Deposición húmeda:** aquella que es arrastrada por la lluvia o por la nieve. En ella, el arrastre por precipitación va precedido de un proceso de lavado en virtud del cual las sustancias contaminantes se unen a las nubes o gotas de precipitación. Es el tipo de deposición más abundante en las zonas alejadas de los focos de emisión.
- ✓ **Deposición por nubes, niebla y oculta:** la vegetación intercepta directamente el agua y los contaminantes de las nubes, de la niebla, el rocío y la escarcha.

Además, tanto en la deposición seca como en la húmeda se diferencian dos componentes en función de si dependen o no de las características de la superficie receptora. Son independientes de la misma el arrastre por precipitación de lluvia o nieve en la deposición húmeda y el polvo en la deposición seca; mientras que dependen de la superficie receptora la deposición oculta y recogida en nieblas en la deposición húmeda y los gases adsorbidos y absorbidos y el polvo acumulado en la deposición seca.

Los procesos físico-químicos que se desarrollan en la superficie de la cubierta vegetal son además enormemente complejos. En la superficie de las copas se produce la acumulación de polvo y la absorción y adsorción de gases de la deposición seca, la entrada de deposición húmeda y el lavado por la lluvia de la deposición seca acumulada durante los periodos sin precipitación. Se produce además una concentración de los elementos disueltos o en suspensión por efecto de evaporación del agua interceptada y tiene lugar también un flujo de doble sentido entre el interior y el exterior de la vegetación que origina el intercambio de sustancias a través de los poros de las hojas con adsorción de fuera hacia adentro y lixiviación de dentro hacia fuera. La complejidad de estos procesos dificulta la determinación del origen de los contaminantes y la cuantificación de las fracciones que entran por diferentes vías y en distintas formas.

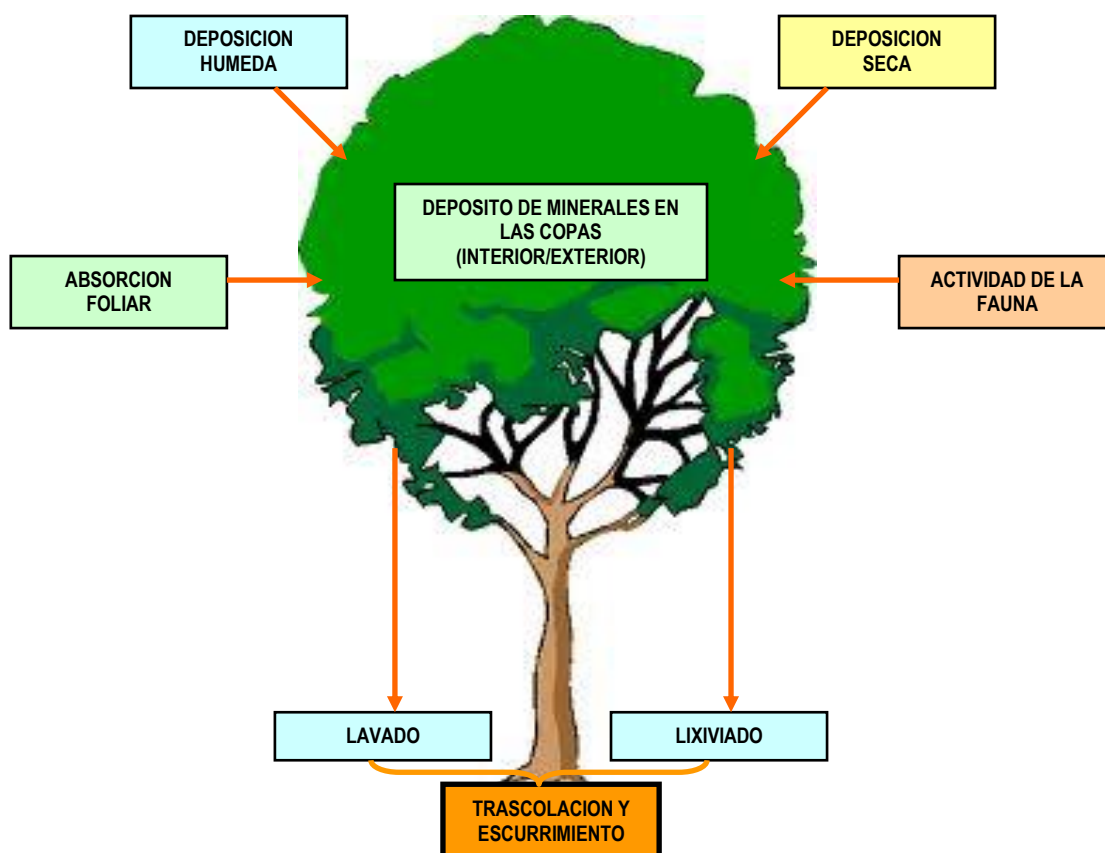


FIG 13: Vías de entrada/salida al ecosistema

Para desarrollar un programa de seguimiento de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de los bosques, es necesario disponer de una estimación de la cantidad de contaminantes que entran periódicamente por unidad de superficie. La enorme dificultad en gestionar áreas forestales de considerable extensión, junto con la necesidad de disponer de datos de forma casi continua, así como la necesidad de desarrollar sistemas de medición lo más económicos posible, que permitan el seguimiento de la deposición durante periodos de tiempo largos, representativos de los ecosistemas, han llevado al desarrollo del **método de trascolación**, que permiten la estimación de la deposición total midiendo el volumen de precipitación a través de tres vías de entrada al ecosistema junto con la concentración de iones en esos flujos, de forma que se pueda:

- ✓ Calcular la deposición húmeda
- ✓ Estimar la deposición seca
- ✓ Caracterizar los procesos de interacción que tienen lugar en las copas

Como vías de entrada al ecosistema se tomarán:

- ✓ Precipitación bajo dosel arbóreo (denominada trascolación o *throughfall*) en la que se recoge el agua que llega al suelo tras atravesar el follaje de la masa forestal, tras mojar la superficie de las copas e interaccionar con ellas, arrastrando parte de la deposición seca previamente depositada
- ✓ Precipitación en campo abierto (denominada precipitación incidente o *bulk deposition*) que llega al suelo sin atravesar el dosel arbóreo y que se correspondería con la anteriormente denominada deposición húmeda.
- ✓ Escurrimiento a través de los troncos, de parte de la precipitación de trascolación, que en la práctica resulta ser de escasa entidad, sólo de cierta importancia en especies de corteza lisa tal como las hayas.

4.1. Variables analizadas.

Para la caracterización de las deposiciones, y la calidad del agua que llega al ecosistema, el Manual de Referencia antedicho señala como obligatorios los siguientes parámetros de medición:

pH (potencial de Hidrógeno).

Medida de la acidez (o basicidad) de una disolución, considerándose que la misma es neutra cuando alcanza un valor de 7,0. Valores inferiores indican acidez mientras que valores superiores indican basicidad.

En general se admite que se está ante episodios de *lluvia ácida* cuando se registran valores iguales o inferiores a 5,65.

El Reglamento Técnico Sanitario de Aguas Potables (RTSAP, 2023) considera que un agua destinada al consumo humano debe tener un pH comprendido entre 6,5 y 9,5.

Conductividad.

Indica la capacidad del agua para conducir la corriente eléctrica. Dado que ésta se transporta a través de los iones que tiene en disolución, la conductividad aumenta cuando mayor es la concentración de iones en la disolución y es por tanto un índice general de la presencia de sustancias disueltas. Mayores valores indican por tanto una mayor presencia de solutos en el agua.

Como valores estándar se considera que el agua potable tiene una conductividad de 50-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mientras que el agua de mar alcanza valores de 50.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El valor máximo autorizado por el RTSAP es de 2.500 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Calcio, Magnesio y Potasio.

Sustancias que se encuentran en el agua de lluvia debido fundamentalmente a su origen terrígeno, al formar parte de la mayoría de los suelos, especialmente en zonas de terreno calizo.

Sodio y Cloro.

Tienen un origen marino en la mayoría de los casos, dependiendo su concentración esencialmente de la distancia a la línea de costa. El papel tóxico que ambos iones juegan sobre la vegetación es ampliamente conocido y el RTSAP marca como valores límite 200 mg/l en el caso del sodio y 250 mg/l en el del cloruro.

Amonio.

Tiene su origen en emisiones contaminantes a la atmósfera, provenientes fundamentalmente de actividades agrícolas o ganaderas. Tiene también un papel en la acidificación del suelo durante los procesos de oxidación bacteriana. El RTSAP marca como valor límite el de 0,50 mg/l.

Según la metodología ICP-Forests el amonio se expresa en nitrógeno en forma de amonio, $\text{N}(\text{NH}_4)$, siendo su equivalencia $\text{N}(\text{NH}_4) \sim 0,777 \text{ NH}_4$

Nitratos y Sulfatos.

Producidos fundamentalmente por la actividad industrial, doméstica y de transporte, ligados en la mayoría de los casos a procesos de combustión, y que son responsables en su mayor parte de la acidificación de la deposición que llega a los ecosistemas forestales: los óxidos de nitrógeno y azufre emitidos a la atmósfera por el empleo de combustibles fósiles se transforman en ácidos nítrico y sulfúrico respectivamente.

La emisión de estos compuestos ha ido incrementándose conforme aumentaba la actividad industrial y de transporte y la entrada en vigor de la Convención LRTAP permitieron una disminución en las tasas de emisión a partir de los años 90. No debe olvidarse tampoco el papel precursor que los óxidos de nitrógeno junto con la radiación solar tienen en la formación de un contaminante secundario, el ozono, que a diferencia de los anteriores actúa en forma de aerosol.

Como valor límite para los sulfatos, el RTSAP marca 250 mg/l y de 50 mg/l para los nitratos.

Según la metodología ICP-Forests los nitratos se expresan en nitrógeno en forma de nitratos y los sulfatos en azufre en forma de sulfatos, $\text{N}(\text{NO}_3)$ y $\text{S}(\text{SO}_4)$ respectivamente, siendo sus equivalencias $\text{N}(\text{NO}_3) \sim 0,226 \text{ NO}_3$ y $\text{S}(\text{SO}_4) \sim 0,333 \text{ SO}_4$.

Alcalinidad.

La alcalinidad es la capacidad acido-neutralizante de una sustancia química en disolución acuosa, expresada en equivalentes de base por unidad de volumen, y mide la capacidad tampón o buffer de una

disolución, esto es, la capacidad de ésta para mantener su pH estable frente a la adición de un ácido o una base.

No debe olvidarse tampoco que estos iones interactúan entre sí, de tal modo que se han descrito episodios en los que la deposición ácida total sobre el suelo puede verse parcial o totalmente neutralizada por aportes de polvo sahariano a larga distancia, o bien disminuciones de la capacidad acidificante de nitratos y sulfatos por adición de cationes básicos tales como el calcio o el magnesio o el efecto de la deposición marina.

Nitrógeno total.

Nitrógeno agregado de las distintas fuentes nitrogenadas: nitratos, nitritos, amonio,... Medido en el periodo 1999-2007 y nuevamente a partir de 2020.

Carbono orgánico disuelto.

El carbono orgánico disuelto (DOC) hace referencia al carbono presente en la deposición proveniente de la descomposición de la materia orgánica disuelta, que puede provenir de fuentes naturales (ácidos húmicos o fúlvicos, aminas o ureas) o artificiales (detergentes, pesticidas, fertilizantes, herbicidas, compuestos orgánicos clorados). Medido a partir de 2020.

Metales pesados

Aluminio, Manganeseo y Hierro. Como valores límite el RTSAP marca 0,20 mg/l, 0,05 mg/l y 0,20 mg/l respectivamente. Medidos a partir de 2020.

4.2. Principales resultados.

Se presentan a continuación los principales resultados habidos en las distintas evaluaciones anuales – con objeto de dar la tendencia temporal de los parámetros mediante la media móvil 1997-2018, así como una descripción más pormenorizada de los resultados habidos en el último año, con la salvedad de hacer constar que debido a la dinámica de obtención de datos de laboratorio y al proceso de chequeo y remisión de los mismos al ICP-Forests, se dispone de los mismos con una demora de un año con respecto a la anualidad nominal.

También debe hacerse constar que en 2014 el periodo anual considerado es mayo-diciembre.

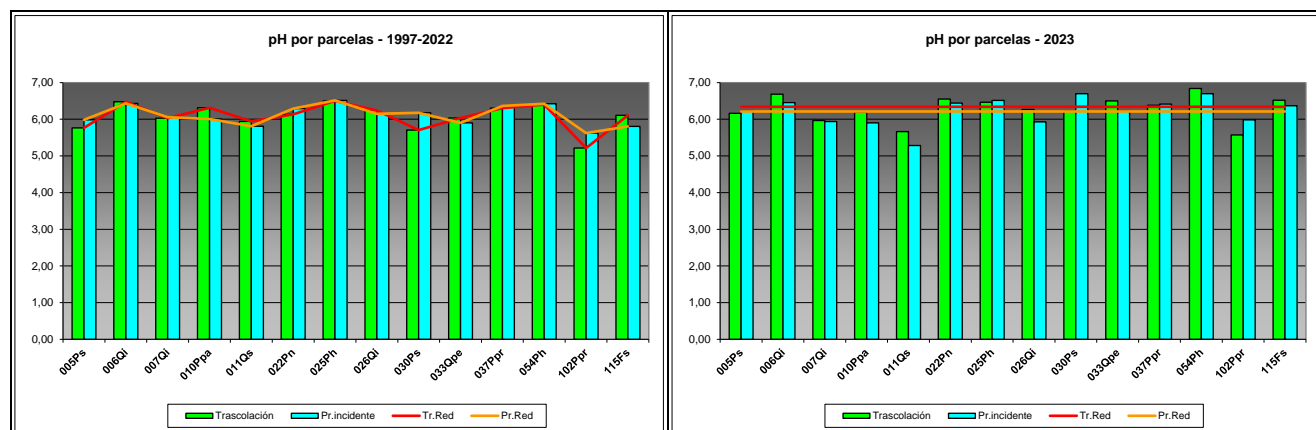
4.2.1. pH.

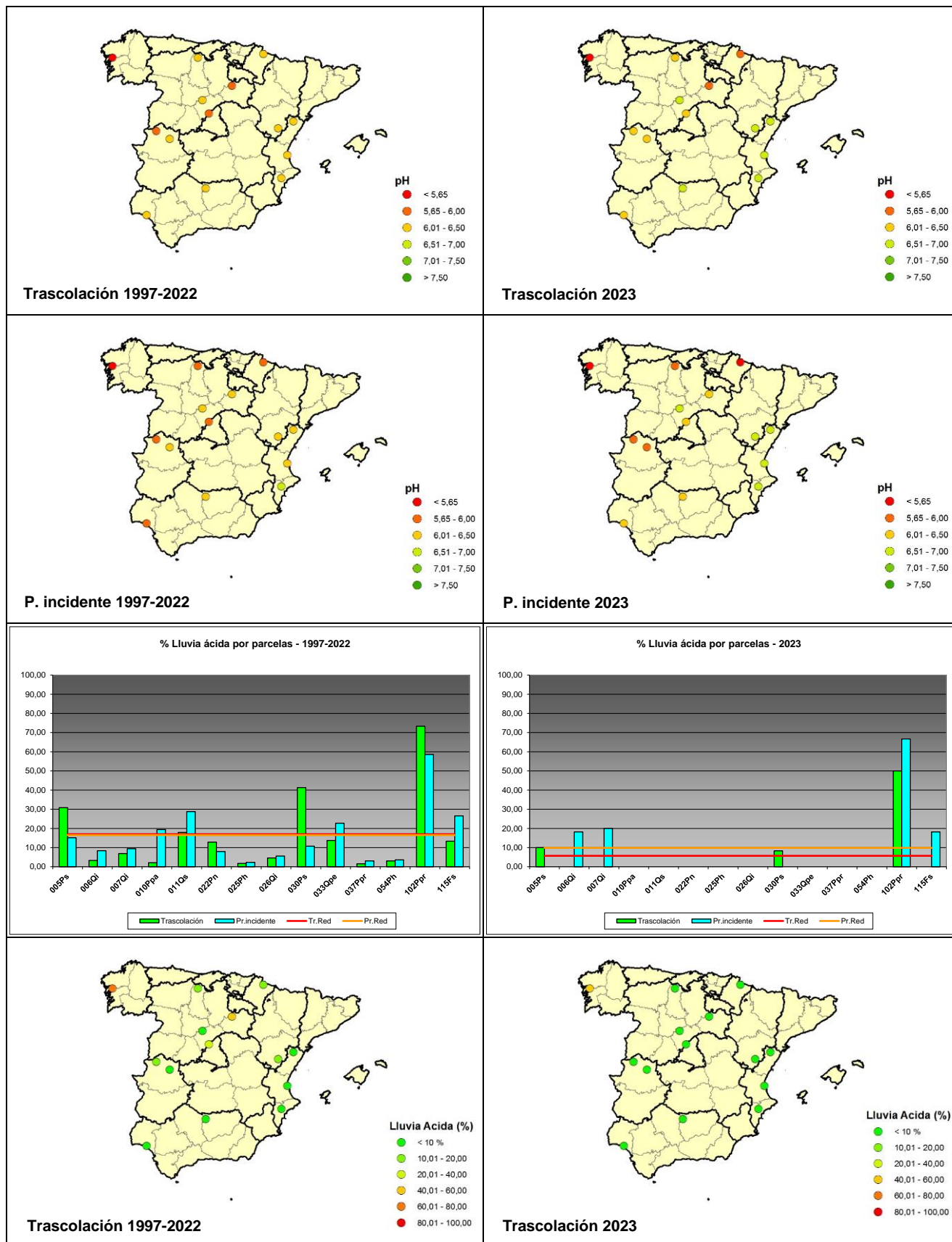
TABLA 3: pH. Valores medios ponderados por volumen por parcela (en rojo valores inferiores al umbral de lluvia ácida); porcentaje de precipitaciones con valor inferior al umbral de lluvia ácida; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 1997-2022 y el último año 2023

PERIODO 1997-2022								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	5,76	30,84	890	5,98	15,14	1084	5,76	5,98
006Qi	6,48	3,31	516	6,43	8,36	642	6,48	6,43
007Qi	6,03	6,89	400	6,05	9,43	599	6,03	6,05

PERIODO 1997-2022								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
010Ppa	6,31	2,14	333	6,00	19,40	529	6,31	6,00
011Qs	5,94	17,92	655	5,81	28,75	738	5,94	5,81
022Pn	6,13	12,81	463	6,29	7,92	526	6,13	6,29
025Ph	6,50	1,74	294	6,51	2,29	362	6,50	6,51
026Qi	6,24	4,57	585	6,15	5,60	618	6,24	6,15
030Ps	5,71	41,29	541	6,18	10,71	751	5,71	6,18
033Qpe	6,03	13,70	876	5,90	22,72	1176	6,03	5,90
037Ppr	6,30	1,56	307	6,36	3,04	422	6,30	6,36
054Ph	6,40	3,01	340	6,42	3,62	475	6,40	6,42
102Ppr	5,21	73,30	1787	5,62	58,54	2230	5,21	5,62
115Fs	6,10	13,35	1664	5,80	26,52	1867	6,10	5,80

PERIODO 2023								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	6,16	10,00	1143	6,24	0,00	1331	6,34	6,21
006Qi	6,68	0,00	709	6,45	18,18	956	6,34	6,21
007Qi	5,97	0,00	470	5,94	20,00	633	6,34	6,21
010Ppa	6,19	0,00	377	5,90	0,00	540	6,34	6,21
011Qs	5,66	0,00	732	5,28	0,00	806	6,34	6,21
022Pn	6,55	0,00	595	6,44	0,00	601	6,34	6,21
025Ph	6,46	0,00	302	6,51	0,00	431	6,34	6,21
026Qi	6,26	0,00	495	5,93	0,00	504	6,34	6,21
030Ps	6,23	8,33	439	6,69	0,00	658	6,34	6,21
033Qpe	6,50	0,00	779	6,22	0,00	1070	6,34	6,21
037Ppr	6,38	0,00	311	6,41	0,00	502	6,34	6,21
054Ph	6,84	0,00	485	6,70	0,00	720	6,34	6,21
102Ppr	5,57	50,00	1785	5,98	66,67	2287	6,34	6,21
115Fs	6,52	0,00	1337	6,37	18,18	1542	6,34	6,21





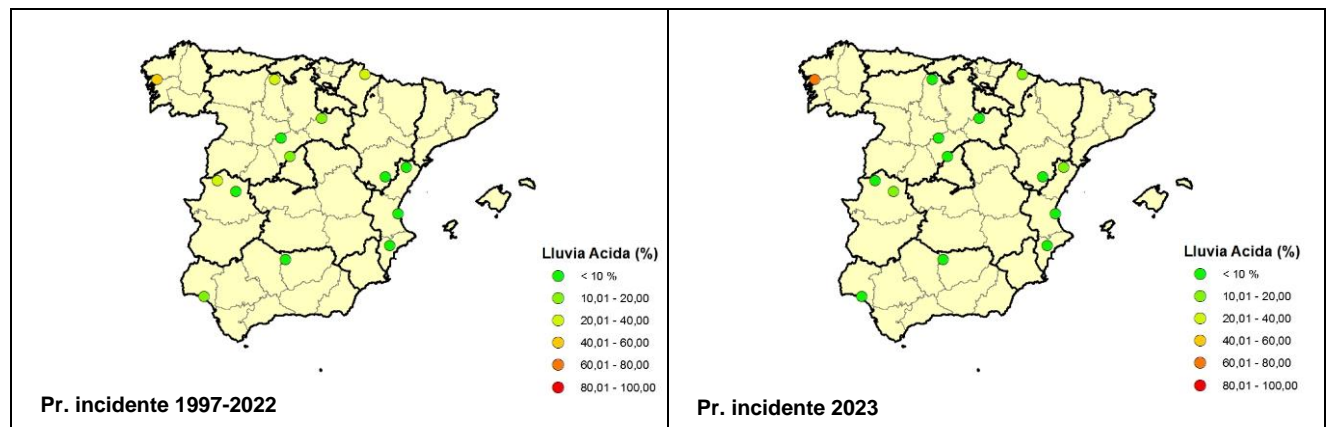


FIG 14: pH. Valores medios por parcela y porcentaje de precipitaciones por debajo del umbral de lluvia ácida serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.2. Conductividad.

TABLA 4: Conductividad. Valores medios ponderados por volumen por parcela; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 1997-2022 y el último año 2023

PERIODO 1997-2022								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	20,17		890	11,17		1084	46,72	22,13
006Qi	40,62		516	24,63		642	46,72	22,13
007Qi	24,70		400	13,97		599	46,72	22,13
010Ppa	68,23		333	34,45		529	46,72	22,13
011Qs	20,66		655	15,72		738	46,72	22,13
022Pn	35,98		463	23,49		526	46,72	22,13
025Ph	67,60		294	30,71		362	46,72	22,13
026Qi	28,71		585	18,07		618	46,72	22,13
030Ps	25,97		541	19,84		751	46,72	22,13
033Qpe	16,53		876	11,88		1176	46,72	22,13
037Ppr	39,93		307	21,80		422	46,72	22,13
054Ph	222,04		340	43,47		475	46,72	22,13
102Ppr	47,86		1787	25,43		2230	46,72	22,13
115Fs	22,32		1664	15,39		1867	46,72	22,13

PERIODO 2023								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	21,28		1144	10,45		1288	45,95	17,21
006Qi	40,31		426	16,38		475	45,95	17,21
010Ppa	19,66		355	10,38		670	45,95	17,21
007Qi	106,84		192	33,51		303	45,95	17,21
011Qs	21,46		746	10,98		767	45,95	17,21
022Pn	40,12		392	16,72		421	45,95	17,21
025Ph	61,99		283	24,30		340	45,95	17,21
026Qi	31,81		519	19,18		512	45,95	17,21
030Ps	21,58		758	9,53		1037	45,95	17,21

PERIODO 2023								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
033Qpe	13,20		1109	7,42		1476	45,95	17,21
037Ppr	36,18		357	19,69		502	45,95	17,21
054Ph	164,24		250	33,03		324	45,95	17,21
102Ppr	42,36		2397	21,51		2993	45,95	17,21
115Fs	22,24		1971	7,89		2191	45,95	17,21

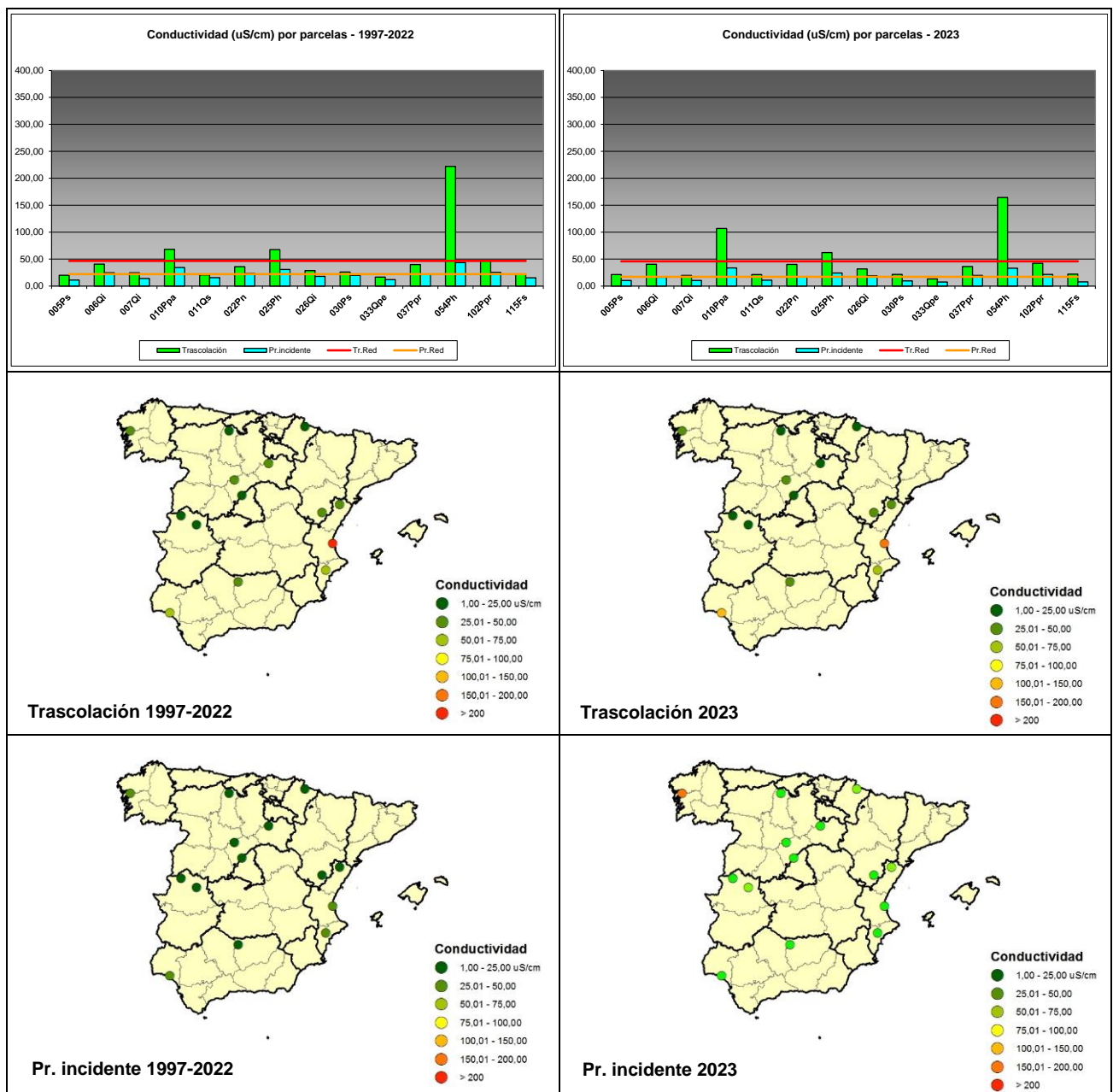


FIG 15: Conductividad. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.3. Potasio.

TABLA 5: Caracterización Potasio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2022 y año 2023

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	2,23	18,44	890	0,75	6,09	1084	12,35	17,01	5,29
006Qi	3,40	16,83	516	0,31	1,46	642	15,37	17,01	5,29
007Qi	3,01	11,89	400	0,51	2,22	599	9,67	17,01	5,29
010Ppa	5,04	16,08	333	1,02	4,90	529	11,18	17,01	5,29
011Qs	2,25	14,58	655	0,69	4,84	738	9,74	17,01	5,29
022Pn	2,32	10,24	463	0,91	4,11	526	6,13	17,01	5,29
025Ph	2,13	6,07	294	1,09	3,04	362	3,03	17,01	5,29
026Qi	3,17	17,63	585	1,19	5,13	618	12,50	17,01	5,29
030Ps	2,73	14,41	541	0,85	5,98	751	8,43	17,01	5,29
033Qpe	1,62	13,87	876	0,59	6,90	1176	6,97	17,01	5,29
037Ppr	2,22	6,72	307	1,26	4,22	422	2,51	17,01	5,29
054Ph	5,46	17,83	340	0,93	2,16	475	15,67	17,01	5,29
102Ppr	1,69	30,47	1787	0,66	13,52	2230	16,95	17,01	5,29
115Fs	2,31	39,95	1664	0,38	6,33	1867	33,61	17,01	5,29

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	1,68	19,25	1144	0,06	0,75	1288	18,50	20,05	0,93
006Qi	5,13	21,87	426	0,03	0,14	475	21,73	20,05	0,93
007Qi	2,06	7,32	355	0,20	1,32	670	6,00	20,05	0,93
010Ppa	7,66	14,74	192	0,42	1,26	303	13,47	20,05	0,93
011Qs	3,04	22,67	746	0,14	1,07	767	21,60	20,05	0,93
022Pn	1,90	7,47	392	0,11	0,44	421	7,03	20,05	0,93
025Ph	1,72	4,87	283	0,08	0,28	340	4,59	20,05	0,93
026Qi	3,20	16,61	519	0,13	0,66	512	15,95	20,05	0,93
030Ps	2,65	20,08	758	0,04	0,45	1037	19,63	20,05	0,93
033Qpe	1,49	16,48	1109	0,03	0,43	1476	16,05	20,05	0,93
037Ppr	1,28	4,56	357	0,15	0,74	502	3,82	20,05	0,93
054Ph	4,76	11,89	250	0,48	1,55	324	10,34	20,05	0,93
102Ppr	1,34	32,16	2397	0,10	3,10	2993	29,07	20,05	0,93
115Fs	4,09	80,66	1971	0,04	0,87	2191	79,79	20,05	0,93

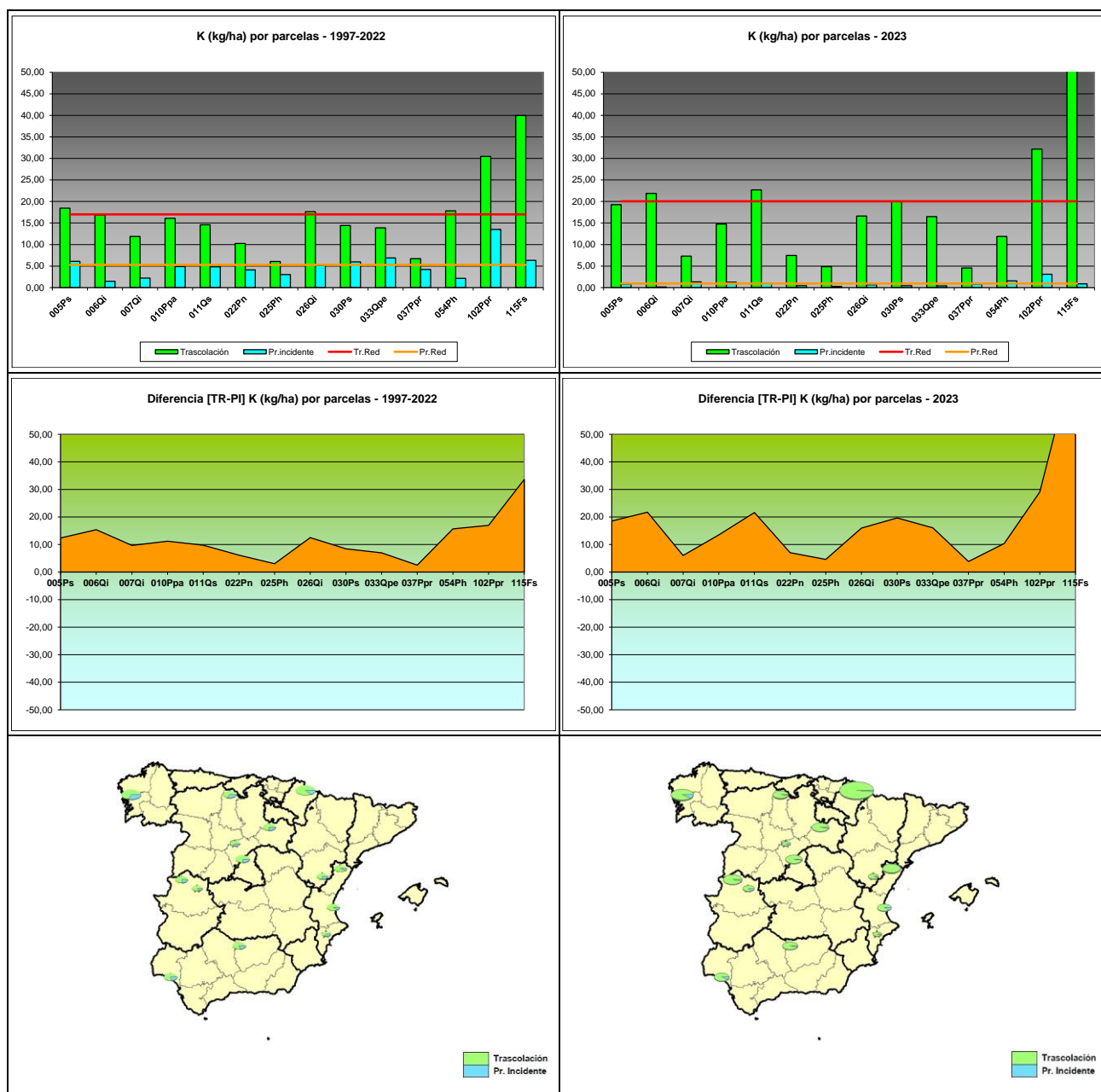


FIG 16: Deposición potasio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.4. Calcio.

TABLA 6: Caracterización Calcio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2022 y año 2023

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	1,07	9,51	890	0,80	8,84	1084	0,66	13,47	10,91
006Qi	3,65	18,16	516	2,42	14,85	642	3,32	13,47	10,91
007Qi	1,60	6,38	400	1,10	6,33	599	0,05	13,47	10,91
010Ppa	2,58	7,60	333	1,52	7,09	529	0,51	13,47	10,91
011Qs	1,05	6,38	655	1,04	6,91	738	-0,53	13,47	10,91
022Pn	3,22	14,51	463	2,23	11,80	526	2,71	13,47	10,91
025Ph	7,30	21,25	294	3,47	12,76	362	8,49	13,47	10,91
026Qi	2,04	11,31	585	1,42	8,35	618	2,96	13,47	10,91
030Ps	1,61	8,50	541	1,36	9,91	751	-1,41	13,47	10,91
033Qpe	0,87	7,56	876	0,76	8,68	1176	-1,12	13,47	10,91
037Ppr	2,24	6,67	307	1,75	7,28	422	-0,62	13,47	10,91
054Ph	10,49	33,17	340	2,83	12,80	475	20,37	13,47	10,91
102Ppr	1,26	23,98	1787	0,92	20,31	2230	3,66	13,47	10,91
115Fs	0,88	14,34	1664	0,80	14,78	1867	-0,44	13,47	10,91

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	1,51	17,32	1144	1,30	16,70	1288	0,62	13,29	8,93
006Qi	3,03	12,91	426	1,60	7,63	475	5,28	13,29	8,93
007Qi	1,15	4,08	355	0,76	5,07	670	-0,99	13,29	8,93
010Ppa	4,15	7,99	192	1,27	3,85	303	4,14	13,29	8,93
011Qs	0,89	6,67	746	0,50	3,85	767	2,81	13,29	8,93
022Pn	3,55	13,93	392	1,69	7,13	421	6,81	13,29	8,93
025Ph	7,55	21,33	283	3,49	11,89	340	9,44	13,29	8,93
026Qi	2,58	13,39	519	1,69	8,64	512	4,76	13,29	8,93
030Ps	1,77	13,44	758	0,95	9,87	1037	3,57	13,29	8,93
033Qpe	1,03	11,42	1109	0,75	11,12	1476	0,29	13,29	8,93
037Ppr	3,95	14,12	357	2,92	14,66	502	-0,54	13,29	8,93
054Ph	8,74	21,83	250	2,30	7,48	324	14,36	13,29	8,93
102Ppr	0,65	15,53	2397	0,33	9,77	2993	5,76	13,29	8,93
115Fs	0,61	12,03	1971	0,33	7,33	2191	4,71	13,29	8,93

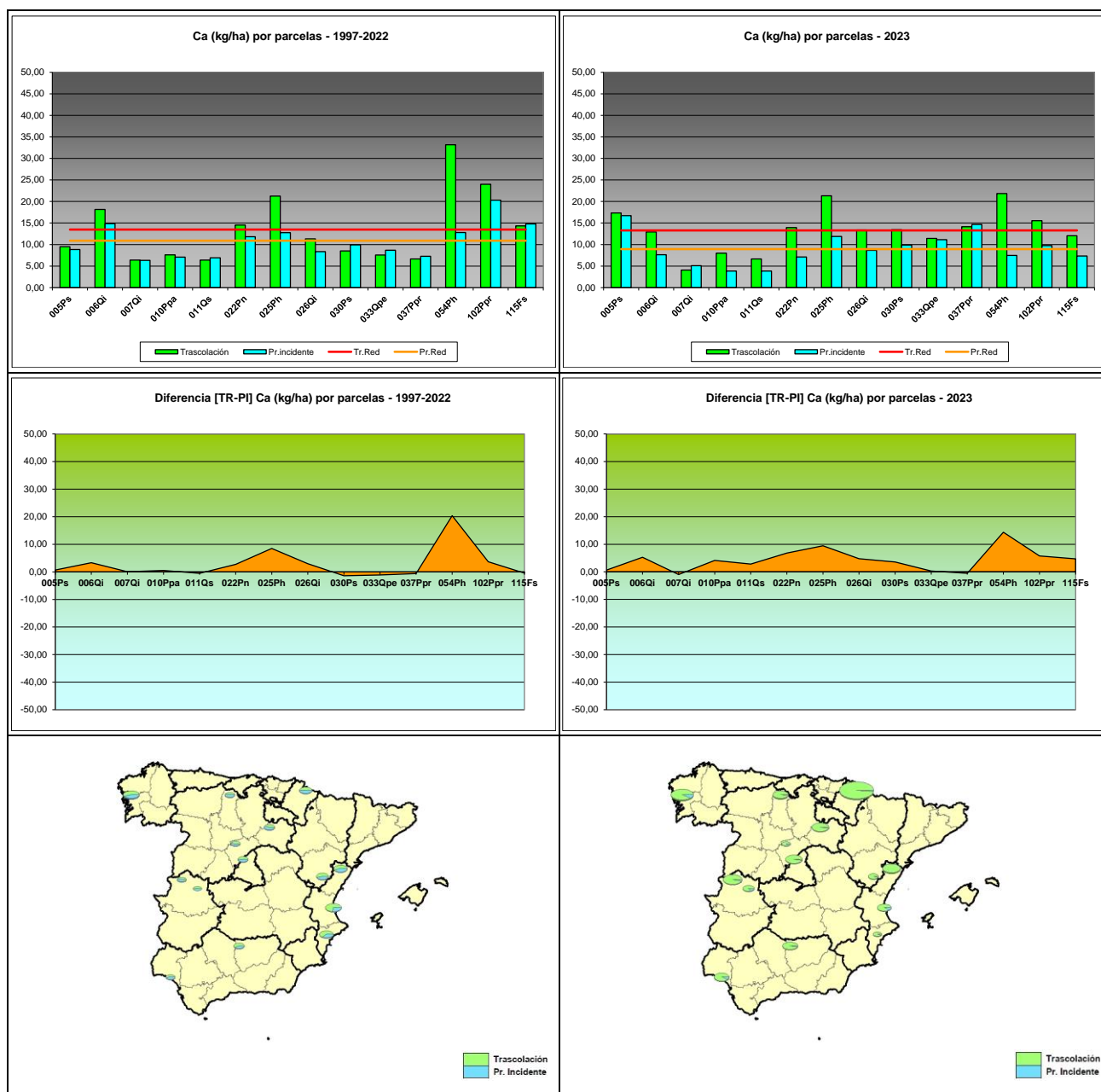


FIG 17: Deposición calcio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.5. Magnesio.

TABLA 7: Caracterización Magnesio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2022 y año 2023

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,31	2,61	890	0,10	1,04	1084	1,57	3,75	1,89
006Qi	0,51	2,51	516	0,20	1,27	642	1,24	3,75	1,89
007Qi	0,37	1,46	400	0,16	0,92	599	0,54	3,75	1,89
010Ppa	1,33	3,85	333	0,50	2,18	529	1,67	3,75	1,89
011Qs	0,28	1,62	655	0,19	1,09	738	0,53	3,75	1,89
022Pn	0,50	2,14	463	0,19	0,94	526	1,19	3,75	1,89
025Ph	0,87	2,42	294	0,32	1,09	362	1,33	3,75	1,89
026Qi	0,46	2,35	585	0,20	1,18	618	1,17	3,75	1,89
030Ps	0,32	1,54	541	0,17	1,15	751	0,39	3,75	1,89
033Qpe	0,17	1,41	876	0,11	1,11	1176	0,30	3,75	1,89
037Ppr	0,51	1,44	307	0,20	0,75	422	0,68	3,75	1,89
054Ph	3,65	11,26	340	0,65	2,98	475	8,29	3,75	1,89
102Ppr	0,78	13,93	1787	0,33	7,10	2230	6,84	3,75	1,89
115Fs	0,27	4,09	1664	0,18	3,18	1867	0,91	3,75	1,89

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,25	2,91	1144	0,07	0,84	1288	2,07	3,81	1,58
006Qi	0,50	2,15	426	0,13	0,59	475	1,55	3,81	1,58
007Qi	0,27	0,97	355	0,11	0,72	670	0,25	3,81	1,58
010Ppa	2,16	4,16	192	0,45	1,36	303	2,80	3,81	1,58
011Qs	0,28	2,12	746	0,10	0,80	767	1,32	3,81	1,58
022Pn	0,57	2,24	392	0,13	0,54	421	1,70	3,81	1,58
025Ph	0,93	2,62	283	0,23	0,78	340	1,83	3,81	1,58
026Qi	0,50	2,58	519	0,15	0,76	512	1,81	3,81	1,58
030Ps	0,41	3,13	758	0,08	0,87	1037	2,26	3,81	1,58
033Qpe	0,15	1,69	1109	0,05	0,76	1476	0,94	3,81	1,58
037Ppr	0,60	2,13	357	0,15	0,74	502	1,39	3,81	1,58
054Ph	3,05	7,62	250	0,49	1,58	324	6,04	3,81	1,58
102Ppr	0,67	16,14	2397	0,33	9,87	2993	6,26	3,81	1,58
115Fs	0,15	2,88	1971	0,09	1,93	2191	0,94	3,81	1,58

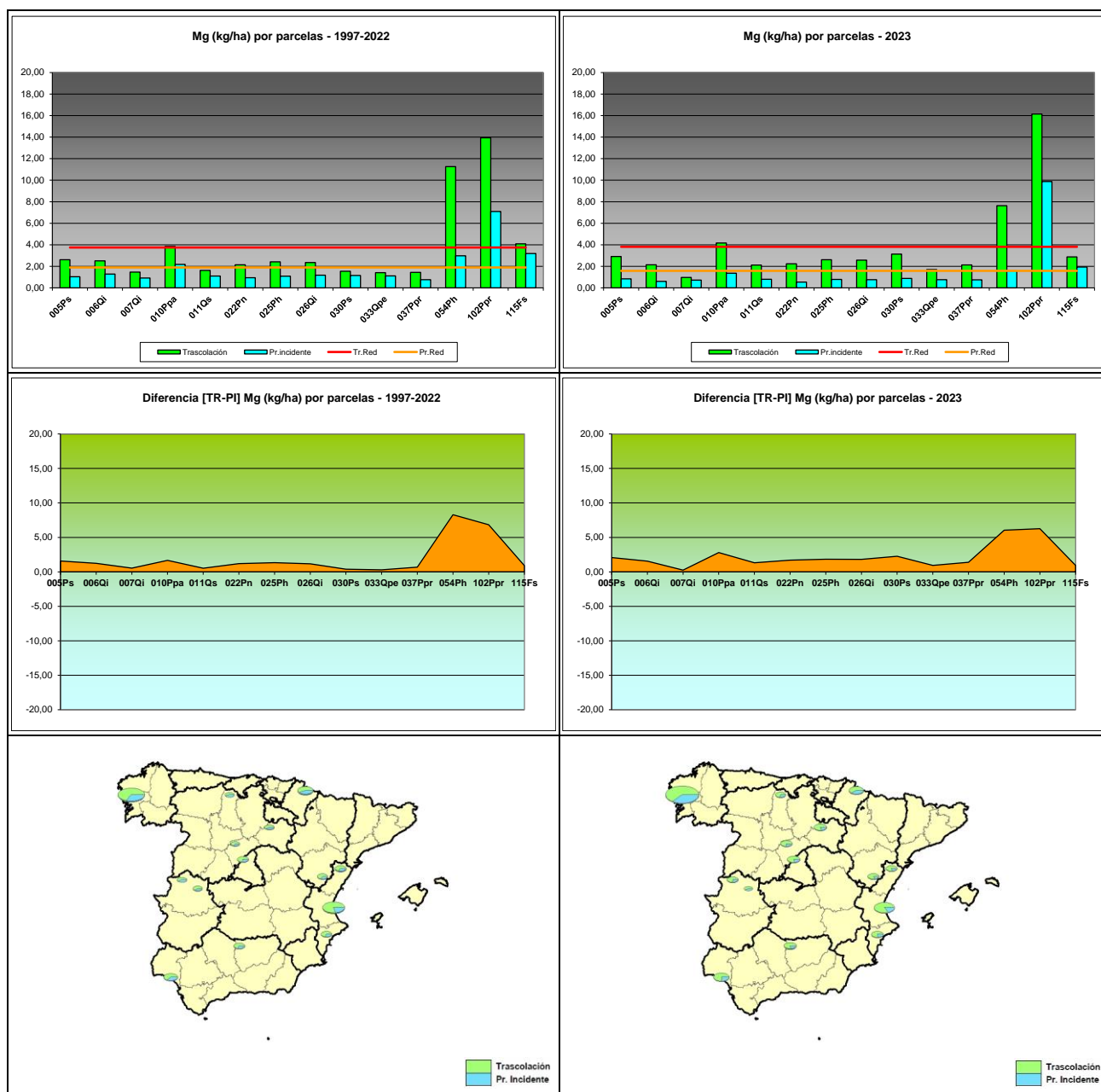


FIG 18: Deposición magnesio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.6. Sodio.

TABLA 8: Caracterización Sodio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2021 y año 2022.

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,81	7,19	890	0,48	5,25	1084	1,94	18,39	11,34
006Qi	1,18	5,90	516	0,95	6,05	642	-0,16	18,39	11,34
007Qi	0,98	3,86	400	0,72	4,22	599	-0,36	18,39	11,34
010Ppa	5,03	16,49	333	2,81	14,85	529	1,64	18,39	11,34
011Qs	1,05	6,91	655	0,81	5,96	738	0,95	18,39	11,34
022Pn	1,04	4,61	463	0,70	3,59	526	1,02	18,39	11,34
025Ph	2,08	6,07	294	1,10	3,94	362	2,13	18,39	11,34
026Qi	1,19	7,19	585	0,91	5,72	618	1,47	18,39	11,34
030Ps	0,83	4,51	541	0,60	4,60	751	-0,09	18,39	11,34
033Qpe	0,59	5,19	876	0,52	6,03	1176	-0,83	18,39	11,34
037Ppr	1,19	3,61	307	0,77	3,25	422	0,36	18,39	11,34
054Ph	20,67	64,69	340	4,03	18,89	475	45,80	18,39	11,34
102Ppr	5,36	98,61	1787	2,43	54,87	2230	43,74	18,39	11,34
115Fs	1,35	22,92	1664	0,96	18,18	1867	4,74	18,39	11,34

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,88	10,09	1144	0,34	4,42	1288	5,67	18,93	11,19
006Qi	1,31	5,57	426	0,68	3,22	475	2,35	18,93	11,19
007Qi	0,88	3,11	355	0,59	3,94	670	-0,83	18,93	11,19
010Ppa	7,78	14,98	192	3,25	9,84	303	5,13	18,93	11,19
011Qs	0,97	7,21	746	0,67	5,14	767	2,07	18,93	11,19
022Pn	0,91	3,57	392	0,44	1,84	421	1,73	18,93	11,19
025Ph	1,50	4,23	283	0,61	2,09	340	2,14	18,93	11,19
026Qi	1,09	5,67	519	0,85	4,37	512	1,30	18,93	11,19
030Ps	0,89	6,73	758	0,43	4,46	1037	2,27	18,93	11,19
033Qpe	0,68	7,53	1109	0,35	5,15	1476	2,38	18,93	11,19
037Ppr	0,88	3,15	357	0,49	2,47	502	0,67	18,93	11,19
054Ph	18,41	45,99	250	3,15	10,22	324	35,77	18,93	11,19
102Ppr	5,22	125,16	2397	2,80	83,75	2993	41,41	18,93	11,19
115Fs	1,12	21,99	1971	0,72	15,80	2191	6,19	18,93	11,19

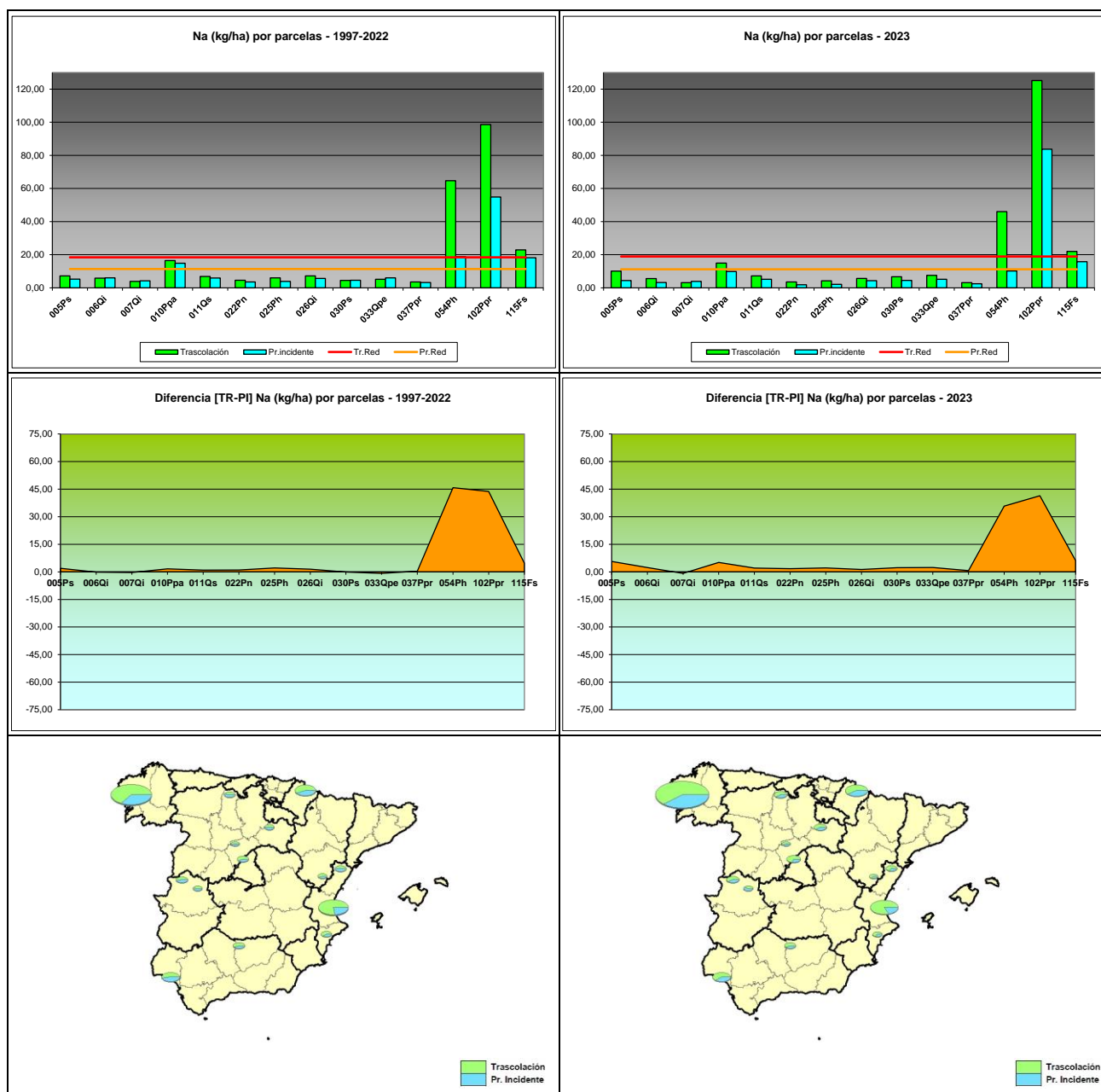


FIG 19: Deposición sodio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.7. Amonio (nitrógeno en forma de).

TABLA 9: Caracterización Amonio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2022 y año 2023. N(NH4) ~ 0,777 NH4

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,40	3,13	890	0,32	3,29	1084	-0,16	2,97	3,13
006Qi	0,45	2,19	516	0,38	2,33	642	-0,15	2,97	3,13
007Qi	0,34	1,32	400	0,42	2,17	599	-0,86	2,97	3,13
010Ppa	0,56	1,59	333	0,60	2,71	529	-1,12	2,97	3,13
011Qs	0,24	1,42	655	0,27	1,84	738	-0,42	2,97	3,13
022Pn	0,50	2,20	463	0,40	2,03	526	0,17	2,97	3,13
025Ph	1,08	2,86	294	0,38	1,26	362	1,60	2,97	3,13
026Qi	0,34	1,88	585	0,34	1,98	618	-0,10	2,97	3,13
030Ps	0,40	1,97	541	0,92	6,31	751	-4,34	2,97	3,13
033Qpe	0,30	2,40	876	0,26	2,90	1176	-0,50	2,97	3,13
037Ppr	1,49	4,31	307	0,72	2,87	422	1,44	2,97	3,13
054Ph	2,06	6,35	340	0,43	1,96	475	4,38	2,97	3,13
102Ppr	0,30	5,20	1787	0,31	5,90	2230	-0,70	2,97	3,13
115Fs	0,27	4,40	1664	0,29	5,30	1867	-0,90	2,97	3,13

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,22	2,49	1144	0,17	2,13	1288	0,36	1,96	1,66
006Qi	0,25	1,05	426	0,24	1,14	475	-0,09	1,96	1,66
007Qi	0,22	0,79	355	0,21	1,39	670	-0,60	1,96	1,66
010Ppa	0,54	1,03	192	0,36	1,09	303	-0,06	1,96	1,66
011Qs	0,24	1,79	746	0,28	2,16	767	-0,38	1,96	1,66
022Pn	0,41	1,60	392	0,34	1,41	421	0,18	1,96	1,66
025Ph	0,65	1,84	283	0,21	0,73	340	1,11	1,96	1,66
026Qi	0,28	1,45	519	0,36	1,86	512	-0,41	1,96	1,66
030Ps	0,23	1,74	758	0,21	2,16	1037	-0,42	1,96	1,66
033Qpe	0,13	1,46	1109	0,18	2,72	1476	-1,27	1,96	1,66
037Ppr	0,87	3,11	357	0,24	1,19	502	1,92	1,96	1,66
054Ph	0,80	1,99	250	0,12	0,39	324	1,60	1,96	1,66
102Ppr	0,12	2,89	2397	0,07	2,18	2993	0,71	1,96	1,66
115Fs	0,22	4,26	1971	0,12	2,62	2191	1,64	1,96	1,66

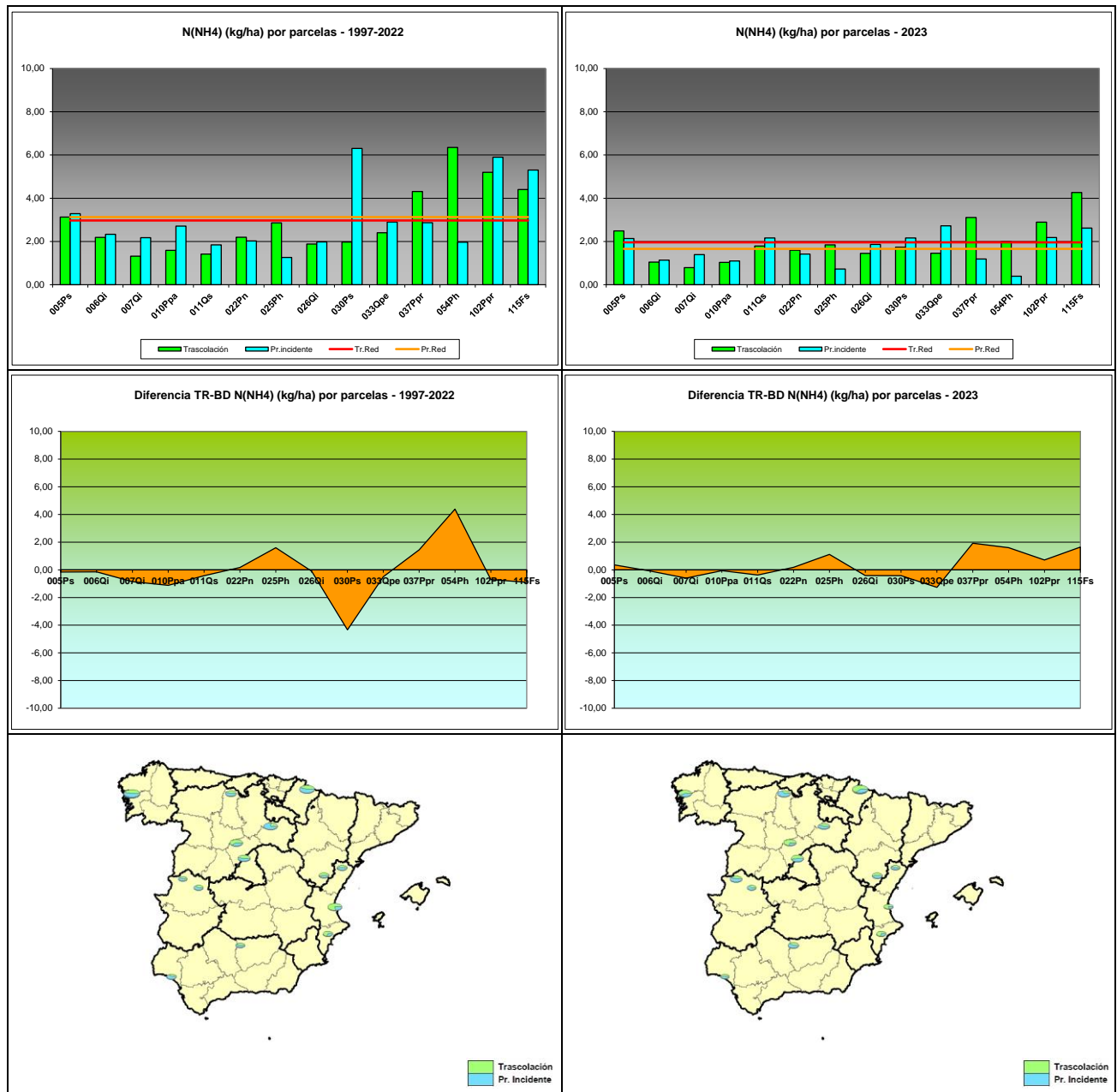


FIG 20: Deposición amonio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.8. Cloro.

TABLA 10: Caracterización Cloro. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2022 y año 2023

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	1,37	12,25	890	0,79	8,45	1084	3,80	32,60	20,95
006Qi	2,29	11,24	516	1,89	11,98	642	-0,74	32,60	20,95
007Qi	1,35	5,43	400	0,84	5,12	599	0,31	32,60	20,95
010Ppa	9,51	30,92	333	5,30	27,87	529	3,05	32,60	20,95
011Qs	1,81	11,27	655	1,70	12,01	738	-0,74	32,60	20,95
022Pn	1,91	8,54	463	1,75	9,28	526	-0,75	32,60	20,95
025Ph	4,63	13,60	294	2,45	9,06	362	4,54	32,60	20,95
026Qi	2,27	12,75	585	1,90	11,68	618	1,08	32,60	20,95
030Ps	1,48	7,79	541	1,41	10,20	751	-2,41	32,60	20,95
033Qpe	0,91	7,89	876	0,88	10,15	1176	-2,26	32,60	20,95
037Ppr	2,29	7,14	307	1,77	7,54	422	-0,41	32,60	20,95
054Ph	35,52	111,94	340	7,56	34,73	475	77,21	32,60	20,95
102Ppr	9,46	174,34	1787	4,17	94,36	2230	79,98	32,60	20,95
115Fs	2,38	40,38	1664	1,76	32,98	1867	7,40	32,60	20,95

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	1,23	14,10	1144	0,35	4,57	1288	9,54	31,63	16,59
006Qi	1,93	8,22	426	0,86	4,07	475	4,16	31,63	16,59
007Qi	1,38	4,91	355	0,74	4,96	670	-0,04	31,63	16,59
010Ppa	15,01	28,88	192	5,96	18,07	303	10,80	31,63	16,59
011Qs	1,52	11,33	746	0,93	7,14	767	4,20	31,63	16,59
022Pn	1,80	7,04	392	0,58	2,44	421	4,61	31,63	16,59
025Ph	3,26	9,20	283	0,81	2,75	340	6,45	31,63	16,59
026Qi	1,86	9,63	519	1,28	6,54	512	3,09	31,63	16,59
030Ps	1,37	10,36	758	0,50	5,16	1037	5,19	31,63	16,59
033Qpe	0,75	8,34	1109	0,32	4,71	1476	3,63	31,63	16,59
037Ppr	1,24	4,43	357	0,54	2,73	502	1,70	31,63	16,59
054Ph	30,80	76,95	250	4,60	14,94	324	62,01	31,63	16,59
102Ppr	8,93	214,17	2397	4,50	134,55	2993	79,62	31,63	16,59
115Fs	1,79	35,32	1971	0,90	19,70	2191	15,62	31,63	16,59

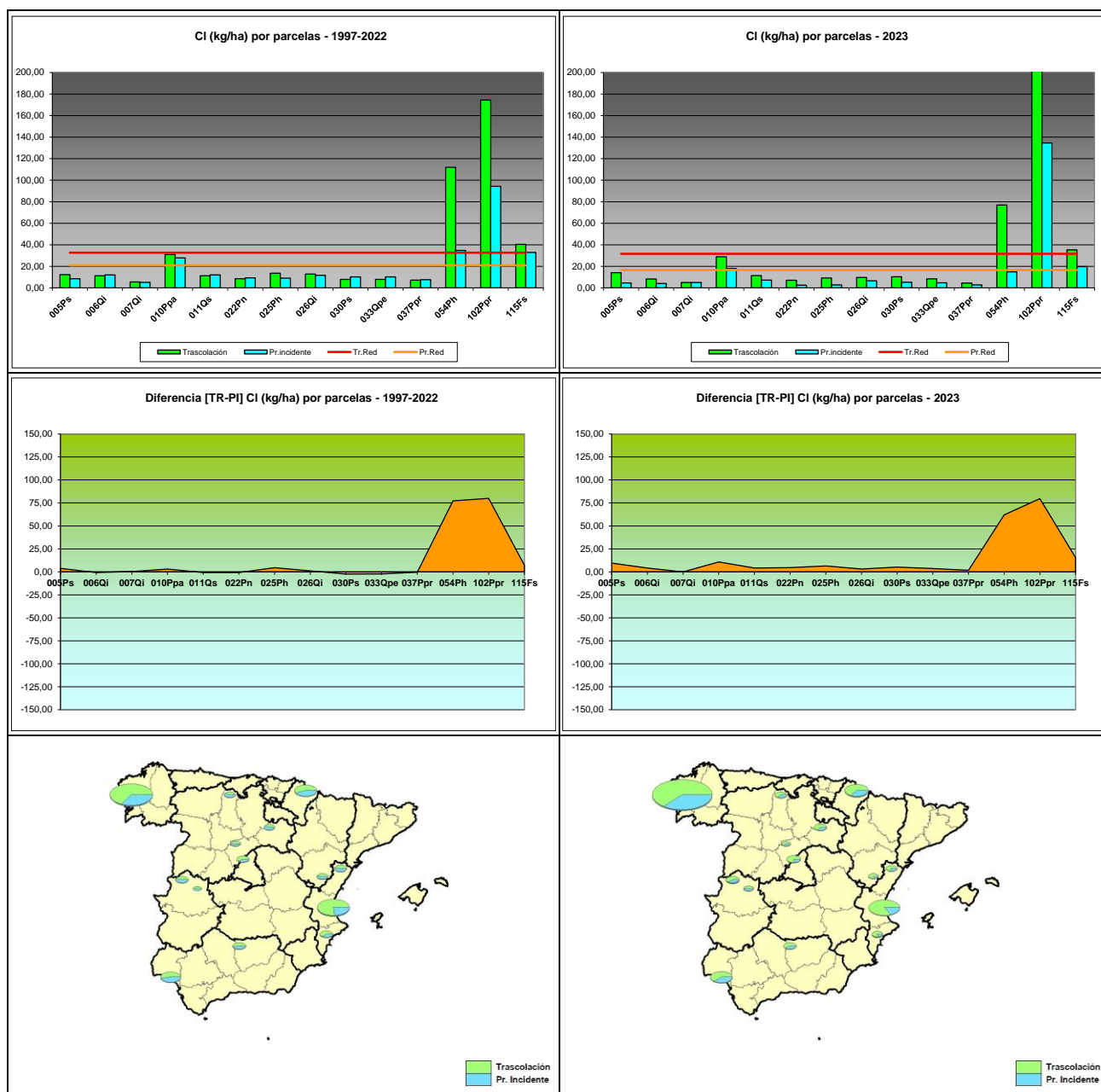


FIG 21: Deposición cloro (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.9. Nitratos (nitrógeno en forma de).

TABLA 11: Caracterización Nitratos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2022 y año 2023. N(NO3) ~ 0,226 NO3

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,44	3,48	890	0,21	2,18	1084	1,30	3,73	2,25
006Qi	0,67	3,03	516	0,48	2,88	642	0,15	3,73	2,25
007Qi	0,24	0,92	400	0,23	1,29	599	-0,37	3,73	2,25
010Ppa	0,92	2,64	333	0,32	1,55	529	1,09	3,73	2,25
011Qs	0,26	1,57	655	0,23	1,60	738	-0,03	3,73	2,25
022Pn	0,96	3,94	463	0,38	1,97	526	1,97	3,73	2,25
025Ph	2,13	5,84	294	0,48	1,71	362	4,13	3,73	2,25
026Qi	0,35	1,84	585	0,29	1,71	618	0,13	3,73	2,25
030Ps	0,42	2,14	541	0,28	2,04	751	0,10	3,73	2,25
033Qpe	0,24	1,94	876	0,19	2,17	1176	-0,24	3,73	2,25
037Ppr	1,11	3,10	307	0,38	1,49	422	1,60	3,73	2,25
054Ph	3,41	9,96	340	0,51	2,33	475	7,64	3,73	2,25
102Ppr	0,42	7,15	1787	0,19	3,98	2230	3,16	3,73	2,25
115Fs	0,26	4,22	1664	0,23	4,11	1867	0,11	3,73	2,25

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,28	3,16	1144	0,10	1,33	1288	1,83	2,00	1,29
006Qi	0,34	1,43	426	0,29	1,38	475	0,06	2,00	1,29
007Qi	0,18	0,64	355	0,19	1,28	670	-0,64	2,00	1,29
010Ppa	1,40	2,69	192	0,28	0,85	303	1,84	2,00	1,29
011Qs	0,15	1,08	746	0,16	1,24	767	-0,16	2,00	1,29
022Pn	0,67	2,62	392	0,32	1,37	421	1,26	2,00	1,29
025Ph	1,55	4,37	283	0,25	0,85	340	3,52	2,00	1,29
026Qi	0,20	1,02	519	0,23	1,20	512	-0,18	2,00	1,29
030Ps	0,21	1,61	758	0,15	1,51	1037	0,09	2,00	1,29
033Qpe	0,10	1,10	1109	0,10	1,44	1476	-0,34	2,00	1,29
037Ppr	0,55	1,98	357	0,18	0,90	502	1,07	2,00	1,29
054Ph	1,07	2,68	250	0,14	0,44	324	2,24	2,00	1,29
102Ppr	0,10	2,39	2397	0,08	2,42	2993	-0,03	2,00	1,29
115Fs	0,06	1,17	1971	0,08	1,83	2191	-0,66	2,00	1,29

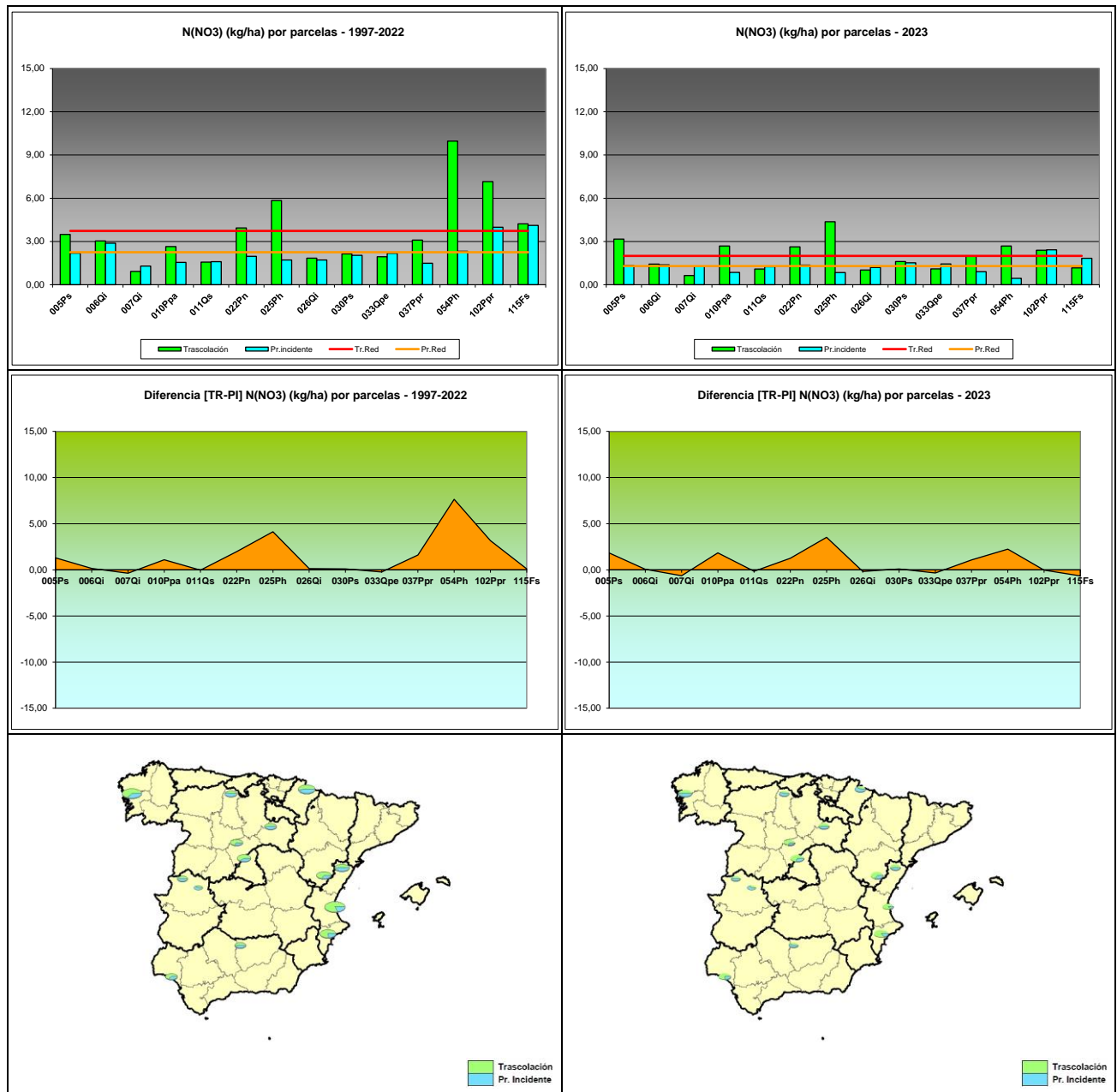


FIG 22: Deposición nitratos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.10. Sulfatos (azufre en forma de).

TABLA 12: Caracterización Sulfatos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1997-2022 y año 2023. S(SO₄) ~ 0,333 SO₄

PERIODO 1997-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,38	3,24	890	0,27	2,93	1084	0,32	4,85	3,71
006Qi	1,02	4,92	516	0,70	4,29	642	0,63	4,85	3,71
007Qi	0,23	0,90	400	0,30	1,69	599	-0,78	4,85	3,71
010Ppa	1,49	4,46	333	0,70	3,46	529	0,99	4,85	3,71
011Qs	0,33	2,15	655	0,33	2,37	738	-0,22	4,85	3,71
022Pn	0,75	3,18	463	0,53	2,65	526	0,53	4,85	3,71
025Ph	1,30	3,76	294	0,69	2,53	362	1,23	4,85	3,71
026Qi	0,42	2,37	585	0,38	2,26	618	0,11	4,85	3,71
030Ps	0,39	2,11	541	0,41	3,04	751	-0,93	4,85	3,71
033Qpe	0,35	2,94	876	0,28	3,20	1176	-0,26	4,85	3,71
037Ppr	0,53	1,62	307	0,43	1,74	422	-0,12	4,85	3,71
054Ph	4,00	12,40	340	0,98	4,44	475	7,96	4,85	3,71
102Ppr	0,95	16,85	1787	0,49	10,55	2230	6,31	4,85	3,71
115Fs	0,38	6,26	1664	0,32	5,79	1867	0,47	4,85	3,71

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,22	2,57	1144	0,17	2,24	1288	0,33	3,07	2,32
006Qi	0,41	1,75	426	0,33	1,59	475	0,17	3,07	2,32
007Qi	0,16	0,58	355	0,17	1,17	670	-0,58	3,07	2,32
010Ppa	1,20	2,32	192	0,52	1,56	303	0,75	3,07	2,32
011Qs	0,19	1,41	746	0,19	1,47	767	-0,06	3,07	2,32
022Pn	0,52	2,05	392	0,35	1,48	421	0,58	3,07	2,32
025Ph	0,87	2,47	283	0,37	1,26	340	1,21	3,07	2,32
026Qi	0,31	1,63	519	0,30	1,56	512	0,07	3,07	2,32
030Ps	0,34	2,56	758	0,18	1,92	1037	0,64	3,07	2,32
033Qpe	0,21	2,30	1109	0,16	2,37	1476	-0,07	3,07	2,32
037Ppr	0,36	1,30	357	0,34	1,71	502	-0,40	3,07	2,32
054Ph	2,48	6,18	250	0,53	1,73	324	4,45	3,07	2,32
102Ppr	0,51	12,17	2397	0,31	9,38	2993	2,79	3,07	2,32
115Fs	0,19	3,67	1971	0,14	3,11	2191	0,57	3,07	2,32

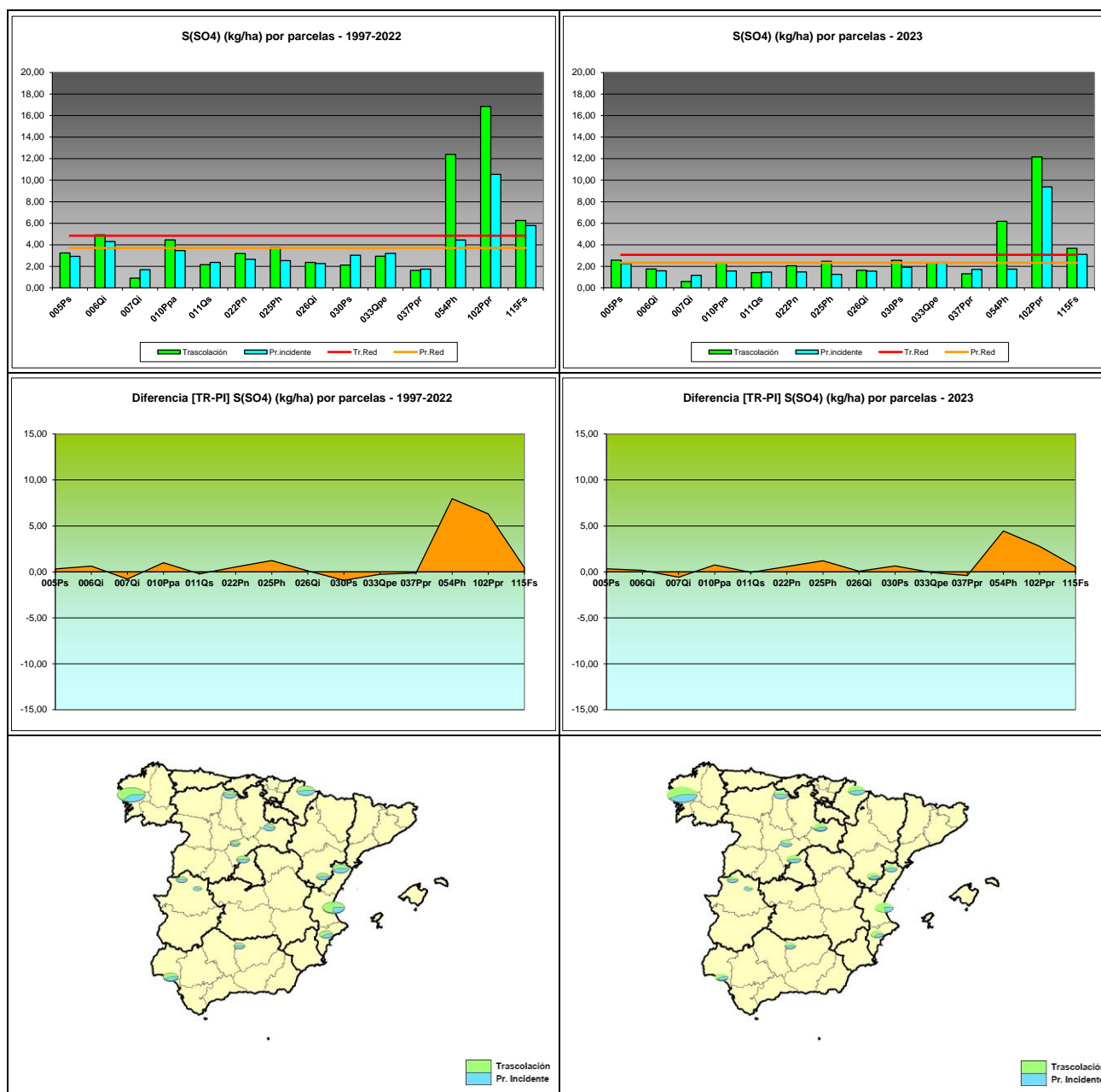


FIG 23: Deposición sulfatos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.11. Alcalinidad.

TABLA 13: Alcalinidad. Valores medios ponderados por volumen por parcela; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 1997-2022 y el último año 2023

PERIODO 1997-2022								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	63,44		890	48,05		1084	94,38	65,85
006Qi	119,20		516	70,48		642	94,38	65,85
007Qi	81,58		400	57,87		599	94,38	65,85
010Ppa	105,21		333	60,15		529	94,38	65,85
011Qs	61,60		655	45,01		738	94,38	65,85
022Pn	102,46		463	81,99		526	94,38	65,85
025Ph	171,95		294	135,65		362	94,38	65,85
026Qi	93,39		585	65,10		618	94,38	65,85
030Ps	90,73		541	63,12		751	94,38	65,85
033Qpe	60,88		876	42,14		1176	94,38	65,85
037Ppr	123,78		307	111,61		422	94,38	65,85
054Ph	173,47		340	71,57		475	94,38	65,85
102Ppr	31,48		1787	33,44		2230	94,38	65,85
115Fs	55,90		1664	32,52		1867	94,38	65,85

PERIODO 2023								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	67,88		1144	54,95		1288	90,82	45,63
006Qi	142,52		426	54,08		475	90,82	45,63
010Ppa	55,45		355	19,53		670	90,82	45,63
007Qi	126,48		192	39,77		303	90,82	45,63
011Qs	64,31		746	15,14		767	90,82	45,63
022Pn	102,10		392	45,90		421	90,82	45,63
025Ph	127,97		283	87,11		340	90,82	45,63
026Qi	94,42		519	72,43		512	90,82	45,63
030Ps	60,29		758	27,43		1037	90,82	45,63
033Qpe	52,06		1109	30,07		1476	90,82	45,63
037Ppr	142,34		357	111,86		502	90,82	45,63
054Ph	135,29		250	65,78		324	90,82	45,63
102Ppr	14,57		2397	7,77		2993	90,82	45,63
115Fs	85,70		1971	6,97		2191	90,82	45,63

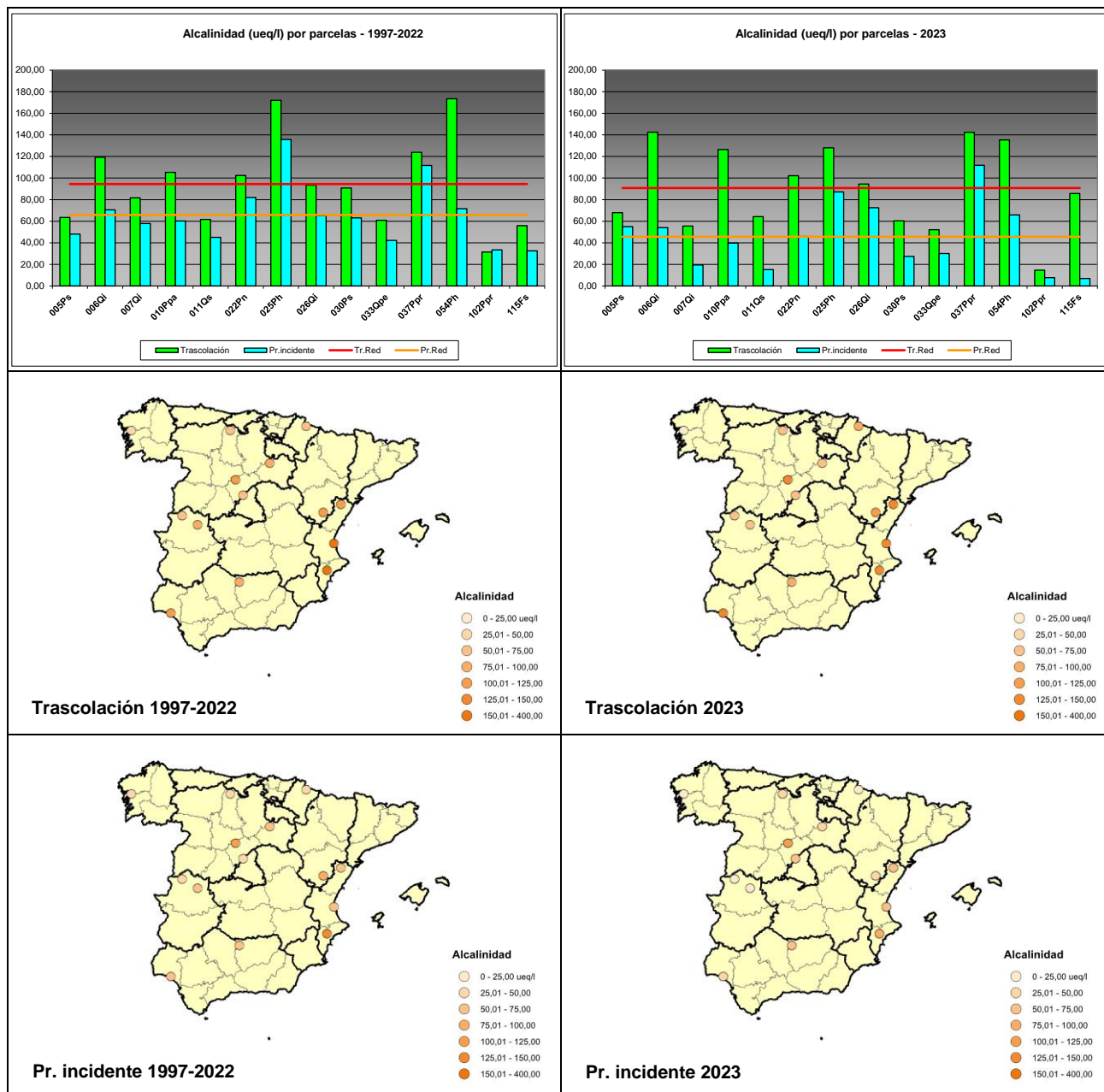


FIG 24: Alcalinidad. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2022 y año 2023

4.2.12. Nitrógeno total.

TABLA 14: Caracterización Nitrógeno total. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 1999-2022 y año 2023. (El nitrógeno total no se midió en el periodo 2008-2019)

PERIODO 1999-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,77	7,25	890	0,54	6,36	1084	0,89	7,14	5,54
006Qi	1,18	6,40	516	0,91	6,33	642	0,06	7,14	5,54
007Qi	0,66	2,84	400	0,51	3,43	599	-0,58	7,14	5,54
010Ppa	1,49	4,34	333	0,72	3,76	529	0,58	7,14	5,54
011Qs	0,50	3,36	655	0,48	3,78	738	-0,42	7,14	5,54
022Pn	1,48	6,54	463	0,81	4,26	526	2,28	7,14	5,54
025Ph	3,24	8,95	294	0,90	3,20	362	5,76	7,14	5,54
026Qi	0,76	4,42	585	0,60	3,97	618	0,45	7,14	5,54
030Ps	0,86	4,72	541	0,80	6,59	751	-1,86	7,14	5,54
033Qpe	0,54	4,93	876	0,49	6,04	1176	-1,11	7,14	5,54
037Ppr	2,36	7,75	307	1,28	5,56	422	2,19	7,14	5,54
054Ph	4,73	14,76	340	0,80	4,27	475	10,49	7,14	5,54
102Ppr	0,72	14,01	1787	0,38	9,05	2230	4,96	7,14	5,54
115Fs	0,62	9,95	1664	0,50	8,99	1867	0,96	7,14	5,54

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,76	8,64	1143,7	0,46	5,93	1287,9	2,71	7,06	4,94
006Qi	0,99	4,21	426,4	0,85	4,02	475,3	0,19	7,06	4,94
007Qi	0,81	2,89	355	0,57	3,79	670	-0,90	7,06	4,94
010Ppa	2,94	5,65	192,4	0,95	2,88	303	2,77	7,06	4,94
011Qs	0,78	5,79	745,6	0,66	5,02	766,8	0,77	7,06	4,94
022Pn	1,67	6,55	392,3	0,99	4,16	421,2	2,39	7,06	4,94
025Ph	2,84	8,03	282,6	0,78	2,64	340,3	5,39	7,06	4,94
026Qi	1,02	5,30	518,5	0,85	4,36	511,5	0,95	7,06	4,94
030Ps	0,92	6,94	757,8	0,63	6,50	1037,2	0,43	7,06	4,94
033Qpe	0,60	6,66	1108,5	0,46	6,77	1475,7	-0,12	7,06	4,94
037Ppr	1,96	7,02	357,4	0,64	3,20	501,6	3,82	7,06	4,94
054Ph	2,57	6,42	249,8	0,56	1,83	324,4	4,59	7,06	4,94
102Ppr	0,49	11,63	2397,4	0,30	9,12	2992,5	2,51	7,06	4,94
115Fs	0,66	13,11	1971,2	0,40	8,87	2190,9	4,24	7,06	4,94

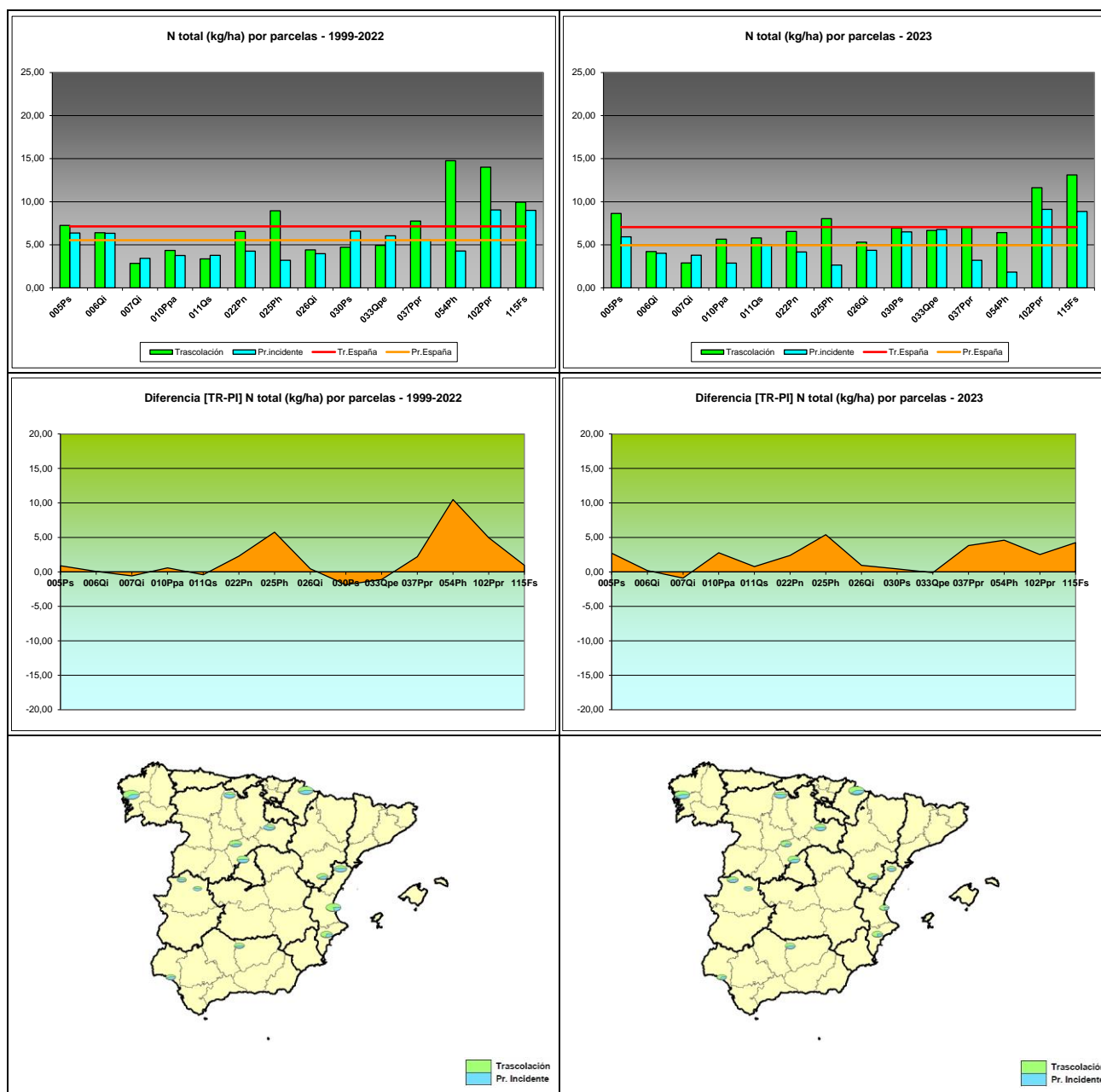


FIG 25: Deposición Nitrógeno total (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1999-2022 y año 2023. (El nitrógeno total no se midió en el periodo 2008-2019)

4.2.13. Carbono orgánico disuelto (DOC).

TABLA 15: Carbono orgánico disuelto Valores medios ponderados por volumen por parcela; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 2020-2022 y el último año 2023

PERIODO 2020-2022								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	82,38	102,52	1227	58,02	46,69	1368	50,97	61,09
006Qi	35,30	84,30	696	55,75	53,88	851	50,97	61,09
010Ppa	31,49	58,39	427	38,08	45,10	680	50,97	61,09
007Qi	28,60	46,58	324	59,10	47,35	478	50,97	61,09
011Qs	44,24	67,08	670	53,87	60,04	744	50,97	61,09
022Pn	46,15	94,77	580	47,03	48,38	615	50,97	61,09
025Ph	20,39	54,39	298	24,59	41,03	387	50,97	61,09
026Qi	36,53	83,82	641	52,99	56,05	625	50,97	61,09
030Ps	35,64	96,69	519	44,48	58,13	797	50,97	61,09
033Qpe	53,43	54,66	887	77,44	52,19	1168	50,97	61,09
037Ppr	25,74	58,08	303	37,27	37,98	443	50,97	61,09
054Ph	26,03	64,06	400	34,69	49,90	614	50,97	61,09
102Ppr	136,59	158,03	2041	175,92	92,90	2552	50,97	61,09
115Fs	111,12	113,37	1650	96,10	65,95	1856	50,97	61,09

PERIODO 2023								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	71,61	104,29	1144	81,90	32,98	1288	53,85	59,36
006Qi	42,23	51,52	426	41,37	16,47	475	53,85	59,36
010Ppa	19,09	33,54	355	28,83	26,71	670	53,85	59,36
007Qi	12,59	41,96	192	19,03	13,15	303	53,85	59,36
011Qs	40,50	67,95	746	64,51	27,51	767	53,85	59,36
022Pn	27,47	71,50	392	24,02	22,86	421	53,85	59,36
025Ph	36,28	48,39	283	20,26	14,93	340	53,85	59,36
026Qi	52,88	68,86	519	40,44	23,68	512	53,85	59,36
030Ps	44,53	122,51	758	51,15	43,88	1037	53,85	59,36
033Qpe	62,35	65,40	1109	58,08	41,91	1476	53,85	59,36
037Ppr	35,33	53,73	357	37,89	21,29	502	53,85	59,36
054Ph	46,04	43,08	250	26,48	15,63	324	53,85	59,36
102Ppr	118,04	129,93	2397	179,87	60,05	2993	53,85	59,36
115Fs	144,99	115,33	1971	157,21	54,99	2191	53,85	59,36

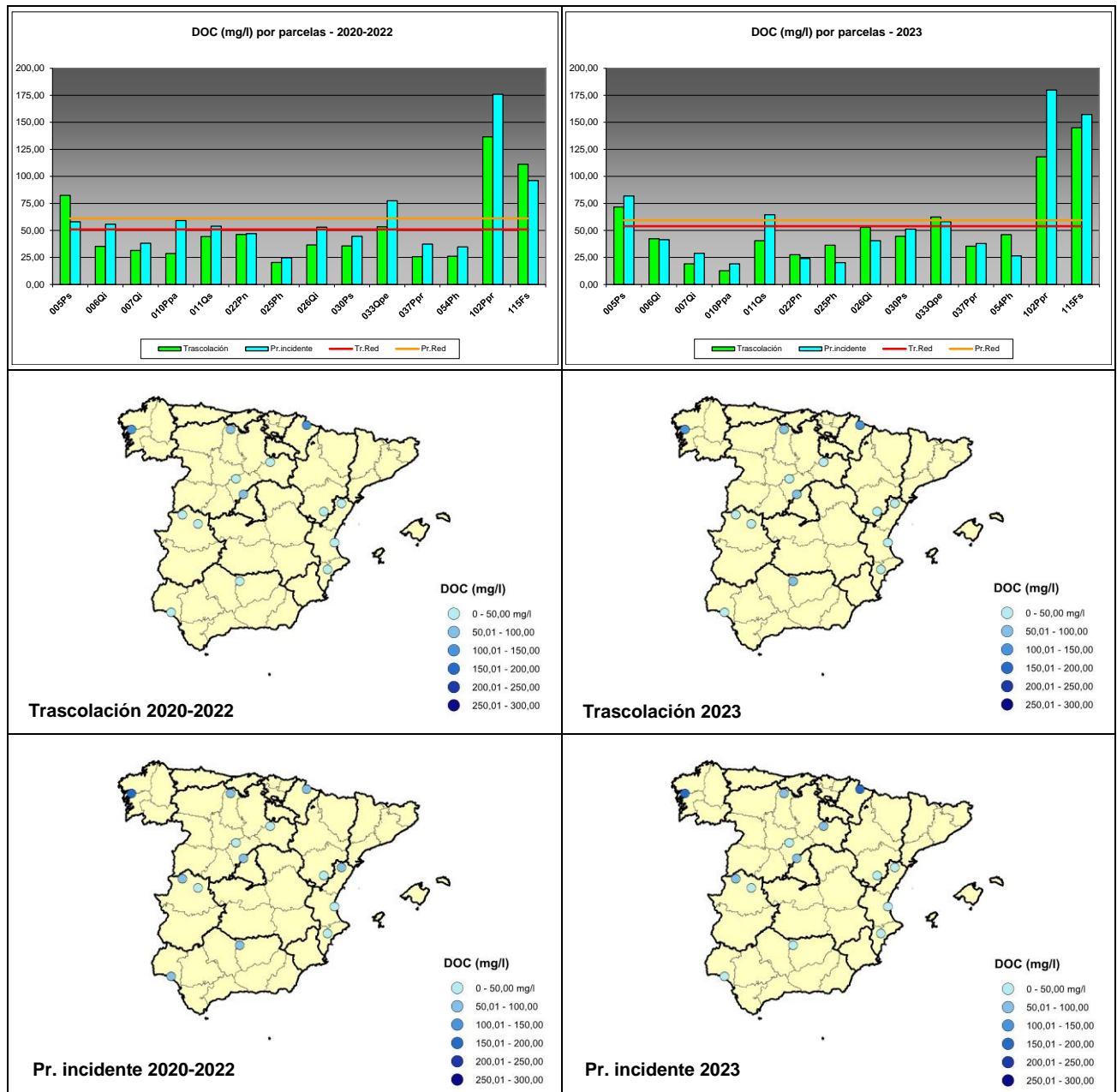


FIG 26: Carbono orgánico disuelto. Valores medios por parcela serie histórica 2020-2022 y año 2023

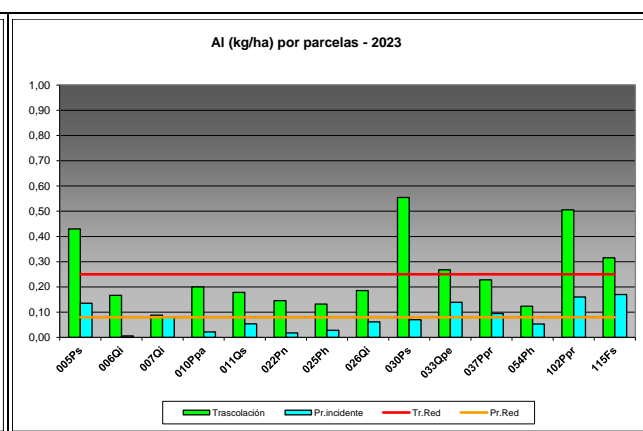
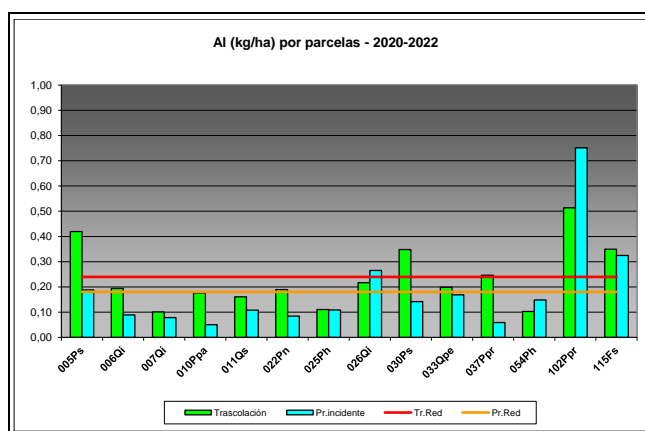
4.2.14. Aluminio.

TABLA 16: Caracterización Aluminio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 2020-2022 y año 2023

PERIODO 2020-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,03	0,42	1227	0,01	0,19	1368	0,23	0,24	0,18
006Qi	0,03	0,19	696	0,01	0,09	851	0,11	0,24	0,18
007Qi	0,02	0,10	427	0,01	0,08	680	0,02	0,24	0,18

PERIODO 2020-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
010Ppa	0,06	0,18	324	0,01	0,05	478	0,13	0,24	0,18
011Qs	0,02	0,16	670	0,02	0,11	744	0,05	0,24	0,18
022Pn	0,03	0,19	580	0,01	0,08	615	0,11	0,24	0,18
025Ph	0,04	0,11	298	0,03	0,11	387	0,00	0,24	0,18
026Qi	0,03	0,22	641	0,05	0,27	625	-0,05	0,24	0,18
030Ps	0,07	0,35	519	0,02	0,14	797	0,21	0,24	0,18
033Qpe	0,02	0,20	887	0,01	0,17	1168	0,03	0,24	0,18
037Ppr	0,08	0,25	303	0,01	0,06	443	0,19	0,24	0,18
054Ph	0,03	0,10	400	0,02	0,15	614	-0,05	0,24	0,18
102Ppr	0,02	0,51	2041	0,03	0,75	2552	-0,24	0,24	0,18
115Fs	0,02	0,35	1650	0,02	0,32	1856	0,03	0,24	0,18

PERIODO 2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,04	0,43	1144	0,01	0,14	1288	0,29	0,25	0,08
006Qi	0,04	0,17	426	0,00	0,01	475	0,16	0,25	0,08
007Qi	0,02	0,09	355	0,01	0,08	670	0,01	0,25	0,08
010Ppa	0,10	0,20	192	0,01	0,02	303	0,18	0,25	0,08
011Qs	0,02	0,18	746	0,01	0,05	767	0,12	0,25	0,08
022Pn	0,04	0,15	392	0,00	0,02	421	0,13	0,25	0,08
025Ph	0,05	0,13	283	0,01	0,03	340	0,10	0,25	0,08
026Qi	0,04	0,19	519	0,01	0,06	512	0,12	0,25	0,08
030Ps	0,07	0,55	758	0,01	0,07	1037	0,48	0,25	0,08
033Qpe	0,02	0,27	1109	0,01	0,14	1476	0,13	0,25	0,08
037Ppr	0,06	0,23	357	0,02	0,09	502	0,13	0,25	0,08
054Ph	0,05	0,12	250	0,02	0,05	324	0,07	0,25	0,08
102Ppr	0,02	0,51	2397	0,01	0,16	2993	0,35	0,25	0,08
115Fs	0,02	0,32	1971	0,01	0,17	2191	0,15	0,25	0,08



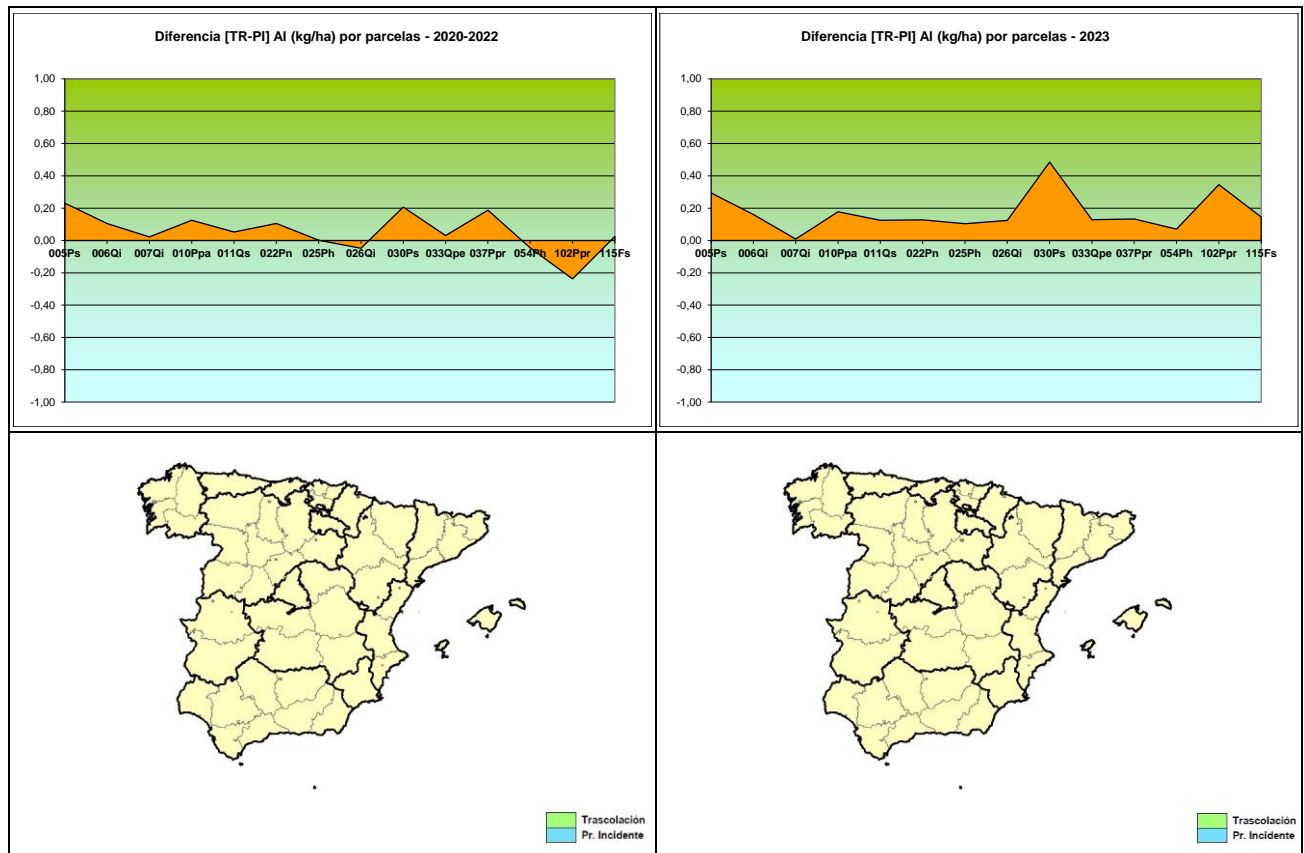


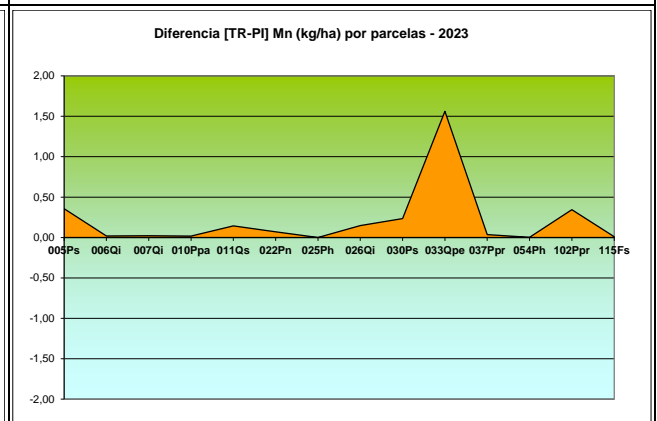
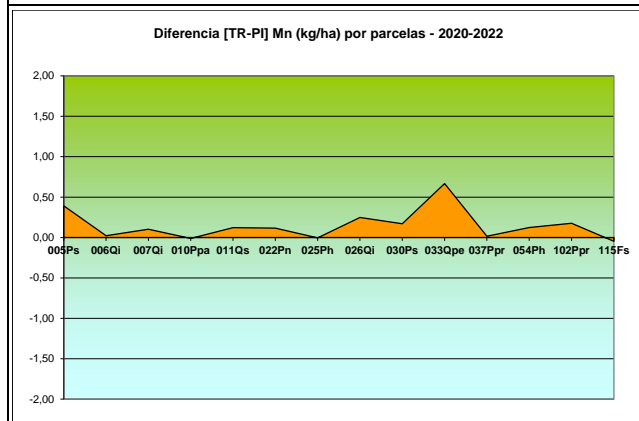
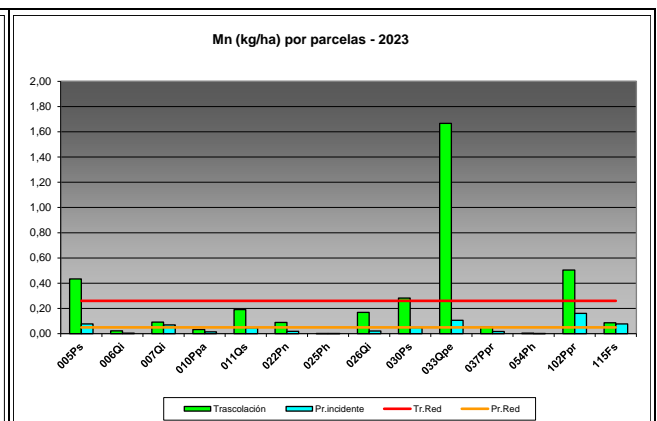
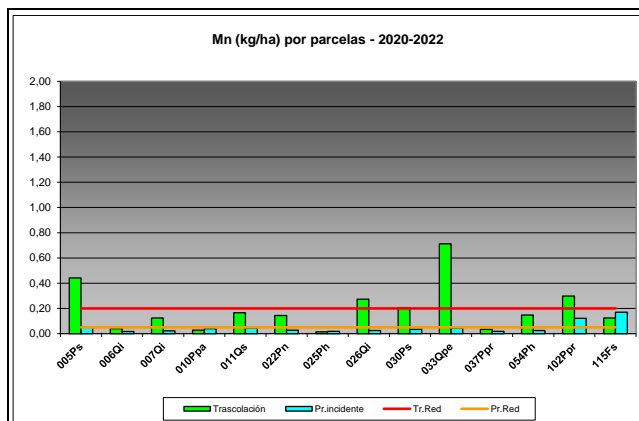
FIG 27: Deposición Aluminio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto. Serie histórica 2020-2022 y año 2023

4.2.15. Manganeso.

TABLA 17: Caracterización Manganeso. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 2020-2022 y año 2023

PERIODO 2020-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,04	0,44	1227	0,00	0,05	1368	0,39	0,20	0,05
006Qi	0,01	0,04	696	0,00	0,02	851	0,02	0,20	0,05
007Qi	0,03	0,12	427	0,00	0,02	680	0,10	0,20	0,05
010Ppa	0,01	0,03	324	0,01	0,04	478	-0,01	0,20	0,05
011Qs	0,03	0,17	670	0,01	0,04	744	0,12	0,20	0,05
022Pn	0,02	0,14	580	0,00	0,03	615	0,12	0,20	0,05
025Ph	0,00	0,01	298	0,00	0,02	387	0,00	0,20	0,05
026Qi	0,04	0,27	641	0,00	0,02	625	0,25	0,20	0,05
030Ps	0,04	0,21	519	0,00	0,04	797	0,17	0,20	0,05
033Qpe	0,08	0,71	887	0,00	0,04	1168	0,67	0,20	0,05
037Ppr	0,01	0,03	303	0,00	0,02	443	0,02	0,20	0,05
054Ph	0,03	0,15	400	0,00	0,02	614	0,12	0,20	0,05
102Ppr	0,01	0,30	2041	0,00	0,12	2552	0,18	0,20	0,05
115Fs	0,01	0,12	1650	0,01	0,17	1856	-0,05	0,20	0,05

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,04	0,43	1144	0,01	0,08	1288	0,36	0,26	0,05
006Qi	0,01	0,02	426	0,00	0,00	475	0,02	0,26	0,05
007Qi	0,03	0,09	355	0,01	0,07	670	0,02	0,26	0,05
010Ppa	0,02	0,03	192	0,00	0,01	303	0,02	0,26	0,05
011Qs	0,03	0,19	746	0,01	0,05	767	0,14	0,26	0,05
022Pn	0,02	0,09	392	0,00	0,02	421	0,07	0,26	0,05
025Ph	0,00	0,00	283	0,00	0,00	340	0,00	0,26	0,05
026Qi	0,03	0,17	519	0,00	0,02	512	0,15	0,26	0,05
030Ps	0,04	0,28	758	0,00	0,05	1037	0,23	0,26	0,05
033Qpe	0,15	1,67	1109	0,01	0,11	1476	1,56	0,26	0,05
037Ppr	0,01	0,05	357	0,00	0,02	502	0,04	0,26	0,05
054Ph	0,00	0,00	250	0,00	0,00	324	0,00	0,26	0,05
102Ppr	0,02	0,50	2397	0,01	0,16	2993	0,34	0,26	0,05
115Fs	0,00	0,09	1971	0,00	0,08	2191	0,01	0,26	0,05



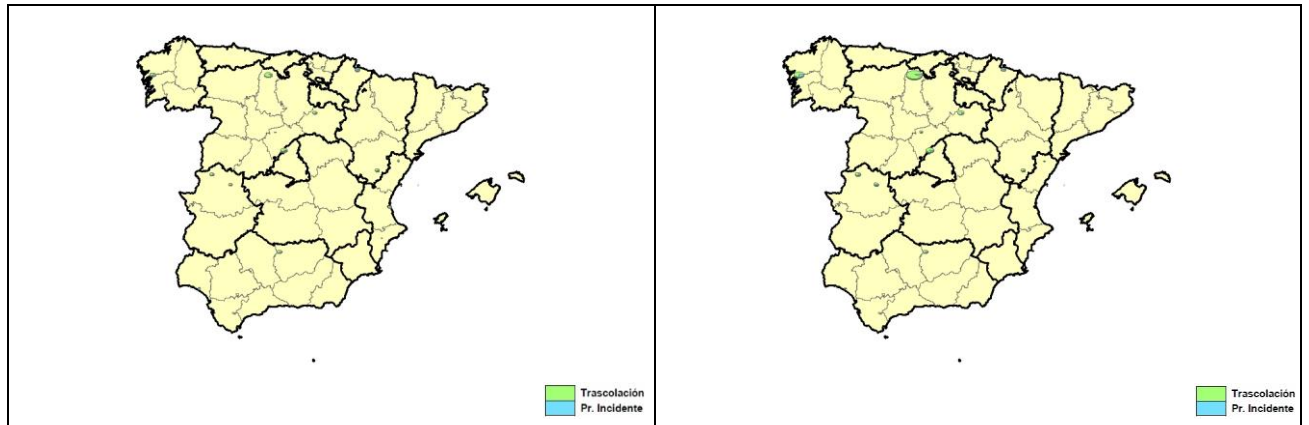


FIG 28: Deposición Manganeso (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto. Serie histórica 2020-2022 y año 2023

4.2.16. Hierro.

TABLA 18: Caracterización Hierro. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. Serie histórica 2020-2022 y año 2023.

PERIODO 2020-2022									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,01	0,18	1227	0,01	0,17	1368	0,01	0,13	0,09
006Qi	0,02	0,13	696	0,01	0,04	851	0,09	0,13	0,09
007Qi	0,02	0,07	427	0,01	0,04	680	0,03	0,13	0,09
010Ppa	0,02	0,07	324	0,01	0,05	478	0,02	0,13	0,09
011Qs	0,02	0,13	670	0,01	0,05	744	0,08	0,13	0,09
022Pn	0,02	0,11	580	0,01	0,04	615	0,07	0,13	0,09
025Ph	0,02	0,06	298	0,01	0,05	387	0,00	0,13	0,09
026Qi	0,02	0,14	641	0,02	0,10	625	0,04	0,13	0,09
030Ps	0,02	0,13	519	0,01	0,07	797	0,05	0,13	0,09
033Qpe	0,01	0,12	887	0,01	0,07	1168	0,05	0,13	0,09
037Ppr	0,03	0,08	303	0,01	0,03	443	0,06	0,13	0,09
054Ph	0,03	0,10	400	0,01	0,04	614	0,06	0,13	0,09
102Ppr	0,01	0,26	2041	0,02	0,45	2552	-0,19	0,13	0,09
115Fs	0,01	0,20	1650	0,01	0,12	1856	0,08	0,13	0,09

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,01	0,15	1144	0,01	0,07	1288	0,07	0,13	0,04
006Qi	0,02	0,08	426	0,00	0,01	475	0,07	0,13	0,04
007Qi	0,01	0,05	355	0,01	0,06	670	0,00	0,13	0,04
010Ppa	0,02	0,05	192	0,00	0,01	303	0,03	0,13	0,04
011Qs	0,01	0,11	746	0,00	0,03	767	0,08	0,13	0,04
022Pn	0,01	0,05	392	0,01	0,03	421	0,02	0,13	0,04
025Ph	0,02	0,05	283	0,00	0,01	340	0,05	0,13	0,04

PERIODO 2023									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
026Qi	0,02	0,09	519	0,01	0,03	512	0,07	0,13	0,04
030Ps	0,07	0,50	758	0,00	0,04	1037	0,46	0,13	0,04
033Qpe	0,01	0,15	1109	0,01	0,09	1476	0,06	0,13	0,04
037Ppr	0,02	0,07	357	0,01	0,03	502	0,04	0,13	0,04
054Ph	0,02	0,05	250	0,00	0,01	324	0,04	0,13	0,04
102Ppr	0,01	0,24	2397	0,00	0,10	2993	0,14	0,13	0,04
115Fs	0,01	0,16	1971	0,00	0,04	2191	0,12	0,13	0,04

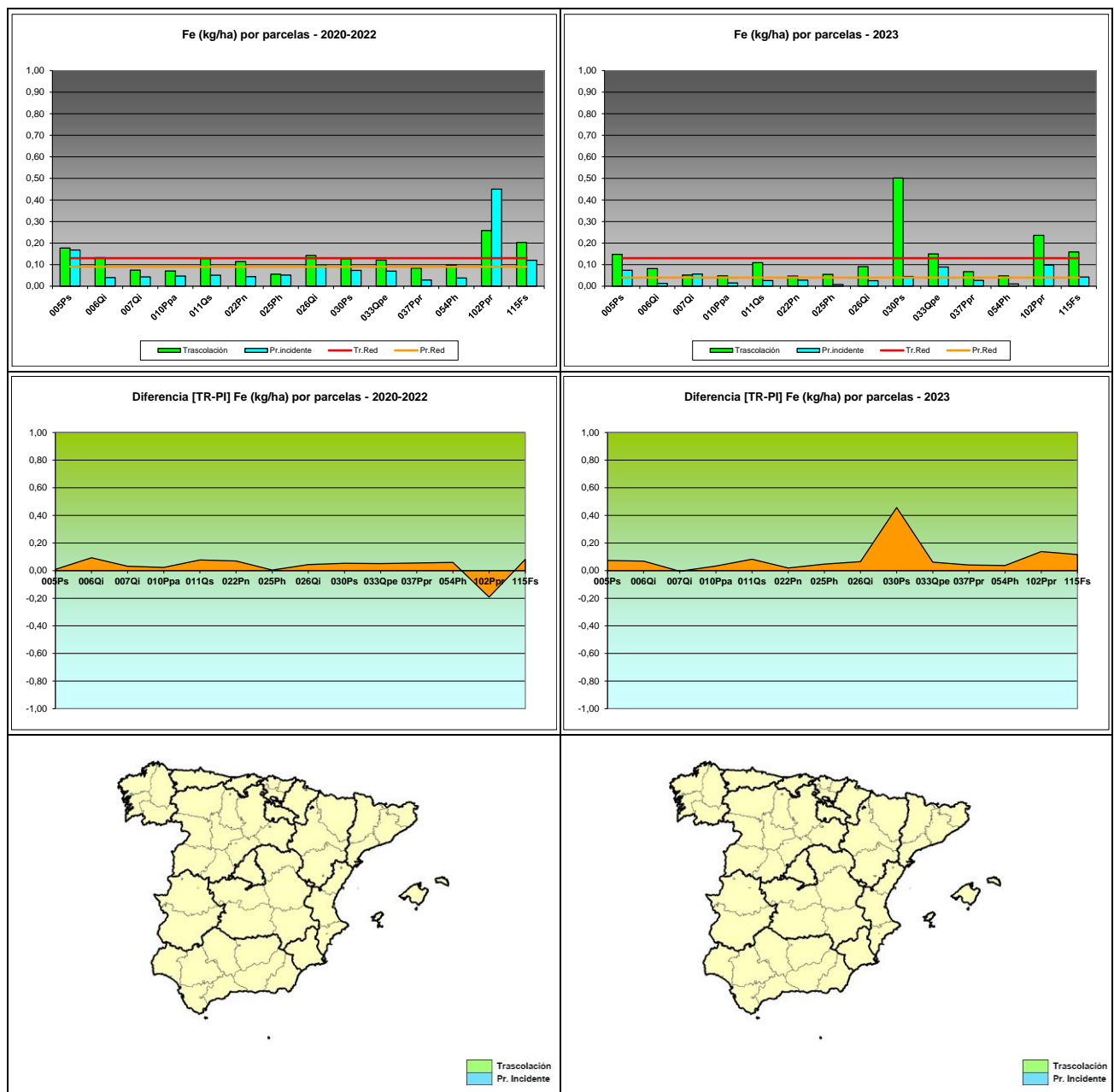


FIG 29: Deposición Hierro (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto. Serie histórica 2020-2022 y año 2023

4.3. Interpretación de resultados.

Por lo que se refiere a la deposición y a lo largo de la serie de datos evaluada cabe concluir:

1. Cabe hacer constar por lo que al análisis de muestras se refiere, que parte de los valores obtenidos en las analíticas pueden verse afectados por las restricciones a la movilidad impuestas durante la pandemia COVID-19, y que pueden afectar al periodo 2020-2021.
2. En lo que se refiere al **pH**, continúan observándose las precipitaciones más ácidas en 102Ppr, donde tradicionalmente se obtienen los valores más bajos, si bien durante la última revisión se incrementan apreciablemente los episodios de lluvia ácida en esta parcela hasta dos de cada tres muestras analizadas hasta niveles más parecidos a los de la serie histórica, seguido de 05Ps, 10Ppa, 11Qs, 30Ps y 115Fs. En la presente revisión destaca el incremento de los episodios ácidos en 102Ppr, 06Qi, 07Qi y 115Fs, mientras que se reducen en 30Ps y 33Qpe.
3. La **conductividad**, parámetro que engloba la concentración de sales en una disolución, se mantiene en niveles similares a los de la revisión anterior salvo el incremento habido en 10Ppa. Como es habitual, la parcela con mayores valores es 54Ph, la más próxima a la línea de costa y más influenciada por el aporte de electrolitos procedentes de la sal marina, seguidas de las parcelas 25Ph y 10Ppa también situadas en zonas próximas al litoral.
4. En lo que respecta al **potasio**, elemento de carácter terrígeno, los mayores depósitos se observan en 115Fs donde se superan los 80 kg/ha casi duplicándose respecto a la revisión anterior en uno de los mayores aportes de la serie, y en menor medida 05Ps, 06Qi, 11Qs y 102Ppr mientras se reducen 22Pn y 54Ph. Los depósitos obtenidos bajo cubierta han sido considerablemente superiores, lo que pone de manifiesto el comportamiento de la deposición seca.
5. La deposición de **calcio** se reduce considerablemente respecto a la revisión previa, destacando la considerable reducción en las parcelas 54Ph, 25Ph y 26Qi mientras se incrementan ligeramente 102Ppr y 115Fs. Como en el caso anterior, las precipitaciones bajo cubierta son superiores a las obtenidas a campo abierto.
6. El tercer elemento terrígeno considerado, el **magnesio**, sigue presentando un patrón de comportamiento parecido al de años anteriores, con los mayores depósitos en 102Ppr, 54Ph, 115Fs y 10Ppa, que se incrementan respecto al año previo a excepción de 54Ph cuyos aportes se reducen. Las tasas bajo cubierta arbórea han resultado ser también superiores en todos los casos.
7. En cuanto al **sodio**, elemento que como el cloro tiene un origen mayoritariamente marino, se observan en primer lugar mayores tasas en las parcelas situadas cerca del litoral, con depósitos notablemente superiores en 102Ppr, 54Ph y en menor medida 115Fs y que se incrementan en con respecto a los aportes del año anterior, sobre todo en el caso de 102Ppr en que se superan los 100 kg/ha bajo cubierta, en la línea del comportamiento medio de la serie, mientras se reducen apreciablemente en 54Ph. Como en los casos anteriores, se han encontrado depósitos mayores en trascolación, posiblemente debido al fenómeno de la deposición seca, si bien la diferencia entre las dos vías de entrada al sistema resultan ser más atenuadas.
8. Por lo que se refiere al **amonio**, sustancia de origen agrícola y ganadero, se reducen apreciablemente los depósitos de 54Ph, 102Ppr y 115Fs que el año anterior habían presentado valores muy altos, mientras se incrementan de forma más leve los aportes correspondientes a 05Ps, 07Qi, 11Qs, 25Ph,

26Qi, 30Ps y 33Qpe. Por regla general se ha vuelto a depósitos más coherentes con los de la serie histórica tras el marcado incremento habido durante el año previo. En este compuesto no hay diferencias tan marcadas entre las deposiciones bajo cubierta y a campo abierto, si bien durante el último año se han obtenido mayores tasas bajo cubierta.

9. En cuanto al **cloro**, segundo elemento de origen marino, se advierte también un incremento muy marcado en la parcela 102Ppr y una considerable reducción en 54Ph, ambas próximas a la línea de costa y en las que las variaciones de este elemento son más patentes, seguidas de las parcelas 10Ppa y 115Fs también próximas a las zonas de litoral y en las que los depósitos son mayores a los del resto de la red, tal y como ocurría con el sodio, cuyos aportes son, por regla general, inferiores.
10. Los **nitratos**, contaminantes procedentes de la actividad humana e industrial, se reducen respecto a la revisión del año previo, particularmente en la trascolación de las parcelas 54Ph y 102Ppr, mientras se incrementa ligeramente en 05Ps y 10Ppa. Como viene observándose en los últimos años, en prácticamente todas las parcelas se han obtenido valores inferiores a la media de la serie histórica, dándose así un progresivo descenso de este soluto.
11. Con respecto a los **sulfatos**, elemento también de carácter exógeno al ecosistema, se advierten valores similares a los del año anterior, destacando la reducción del aporte en 06Qi y sobre todo 54Ph y el incremento en 102Ppr contrariamente a lo que ocurría el año previo, mientras que el resto de parcelas presentan un comportamiento similar al del año anterior. Como suele ser habitual, las parcelas en las que se han obtenido mayores niveles han sido 54Ph, 102Ppr y en menor medida 10Ppa y 115Fs. Por regla general se obtienen mayores depósitos bajo cubierta arbórea y valores inferiores a los de la media de la serie.
12. Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierte una reducción apreciable durante el último año con respecto a los niveles registrados el año anterior, destacando la disminución del nivel de 25Ph, 26Qi y 54Ph hasta alcanzar niveles inferiores a la media histórica. Por regla general se obtienen mayores valores bajo cubierta.
13. En cuanto al **nitrógeno total**, que ha vuelto a analizarse a partir de 2020, se advierte un ligero incremento en la mayoría de las parcelas, más marcado en 26Qi, y 30Ps, mientras se reduce en 37Ppr, 54Ph, 102Ppr y 115Fs.
14. El **carbono orgánico disuelto** se incrementa considerablemente en 102Ppr y 115Fs y se reduce –de forma más tenue– en 05Ps, 06Qi, 07Qi, 22Pn y 26Qi. En **aluminio** se obtienen depósitos traza en prácticamente todas las parcelas, sin que se lleguen a superar 0,60 kg/ha, aumentando considerablemente los aportes bajo cubierta a la vez que se reducen los obtenidos a campo abierto destacando los valores en 05Ps, 30Ps, 102Ppr y 115Fs. Por lo que se refiere al **hierro** destaca el incremento habido bajo cubierta en 30Ps que alcanza 0,5 kg/ha mientras se mantiene más o menos estable en el resto de parcelas. El contenido en **manganeso** se reduce en general respecto al encontrado en la revisión del año anterior, destacando sin embargo el aporte bajo cubierta en 33Qpe que supera 1,50 kg/ha, en uno de los mayores valores de la red.
15. En general los efectos de la deposición seca son claramente visibles tras las lluvias que siguen a un periodo de sequía alargado, fenómeno tan característico del clima mediterráneo; precipitaciones en las que se suelen obtener concentraciones considerablemente altas de los distintos solutos y que dan lugar a depósitos tanto más elevados como intensa sea la precipitación.

5. Calidad del Aire. Inmisión.

Además del aporte de un determinado componente al ecosistema forestal, vía deposición seca/húmeda evaluada en el apartado anterior, en la Red Europea de Nivel II se mide desde 2000 la concentración en el aire de determinados contaminantes, lo que se conoce con el nombre de inmisión. Normativamente y en España se analiza la concentración de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, amonio (expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y ozono (expresado en ppb).

La medición se hace a través de dosímetros pasivos, dispositivos de muestreo dotados de un compuesto químico diana sensible a los distintos contaminantes con los que va reaccionando y que permite evaluar la concentración en aire de los mismos. En el periodo 2000-2009 el cambio de dispositivos fue quincenal, efectuándose de forma mensual a partir de 2010.

Se presentan a continuación los principales resultados habidos en las distintas evaluaciones anuales – con objeto de dar la tendencia temporal de los parámetros mediante la media móvil 2000-2021, así como una descripción más pormenorizada de los resultados habidos en el último año.

Como valores de referencia para estos parámetros se han tomado (*Seguimiento de la Calidad Ambiental y de los Daños por Contaminación en los Bosques Españoles. Proyecto LIFE 07 ENV/DE/000218 FutMon. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Fundación CEAM, 2011*)

SO₂: nivel crítico de afección a líquenes. Promedio anual de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

NO₂: nivel crítico. Promedio anual de 30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

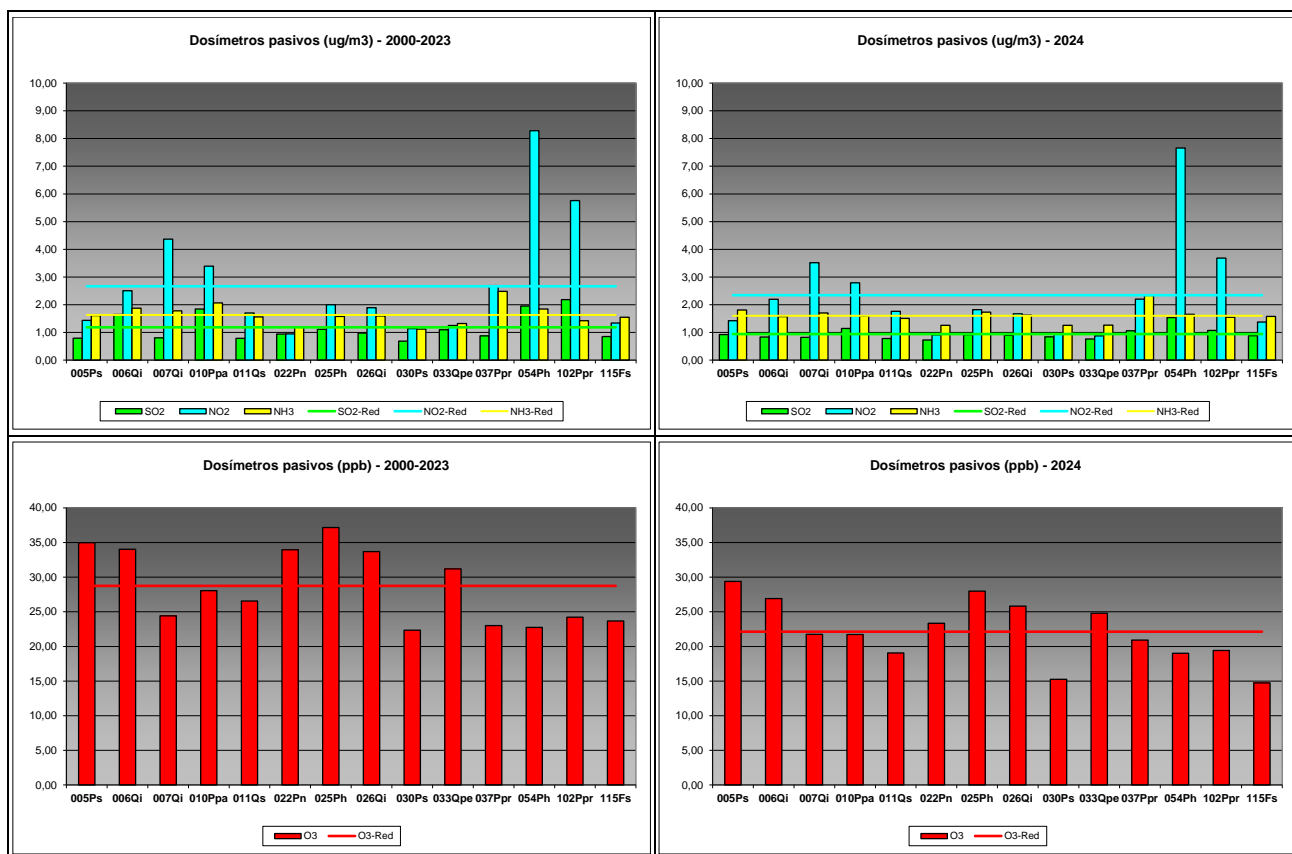
NH₃: nivel crítico de protección a líquenes y briofitos. Promedio anual de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

nivel crítico de protección a plantas superiores. Promedio anual de 2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

TABLA 19: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red.
O₃ 1 ppb ~ 1,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PERIODO 2000-2023								
Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)
005 Ps	0,79	1,43	1,61	34,98	1,19	2,66	1,63	28,75
006 Qi	1,65	2,51	1,87	34,02	1,19	2,66	1,63	28,75
007 Qi	0,80	4,37	1,78	24,41	1,19	2,66	1,63	28,75
010 Ppa	1,85	3,39	2,06	28,07	1,19	2,66	1,63	28,75
011 Qs	0,79	1,70	1,56	26,55	1,19	2,66	1,63	28,75
022 Pn	0,94	0,94	1,19	33,95	1,19	2,66	1,63	28,75
025 Ph	1,11	2,00	1,58	37,17	1,19	2,66	1,63	28,75
026 Qi	0,98	1,89	1,60	33,70	1,19	2,66	1,63	28,75
030 Ps	0,68	1,13	1,12	22,35	1,19	2,66	1,63	28,75
033 Qpe	1,09	1,25	1,32	31,20	1,19	2,66	1,63	28,75
037 Ppr	0,88	2,69	2,48	23,02	1,19	2,66	1,63	28,75
054 Ph	1,95	8,28	1,84	22,76	1,19	2,66	1,63	28,75
102 Ppr	2,19	5,76	1,42	24,23	1,19	2,66	1,63	28,75
115 Fs	0,85	1,34	1,55	23,68	1,19	2,66	1,63	28,75
Media	1,18	2,76	1,64	28,58	1,19	2,66	1,63	28,75

PERIODO 2024								
Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
005 Ps	0,92	1,42	1,81	29,40	0,94	2,35	1,60	22,14
006 Qi	0,83	2,19	1,57	26,91	0,94	2,35	1,60	22,14
007 Qi	0,82	3,52	1,70	21,74	0,94	2,35	1,60	22,14
010 Ppa	1,14	2,79	1,59	21,73	0,94	2,35	1,60	22,14
011 Qs	0,78	1,76	1,51	19,06	0,94	2,35	1,60	22,14
022 Pn	0,73	0,91	1,26	23,33	0,94	2,35	1,60	22,14
025 Ph	0,92	1,82	1,73	27,98	0,94	2,35	1,60	22,14
026 Qi	0,89	1,67	1,63	25,83	0,94	2,35	1,60	22,14
030 Ps	0,84	0,95	1,26	15,26	0,94	2,35	1,60	22,14
033 Qpe	0,77	0,88	1,26	24,81	0,94	2,35	1,60	22,14
037 Ppr	1,06	2,20	2,33	20,92	0,94	2,35	1,60	22,14
054 Ph	1,54	7,65	1,65	19,01	0,94	2,35	1,60	22,14
102 Ppr	1,07	3,69	1,55	19,43	0,94	2,35	1,60	22,14
115 Fs	0,88	1,38	1,58	14,72	0,94	2,35	1,60	22,14
Media	0,94	2,35	1,60	22,15	0,94	2,35	1,60	22,14



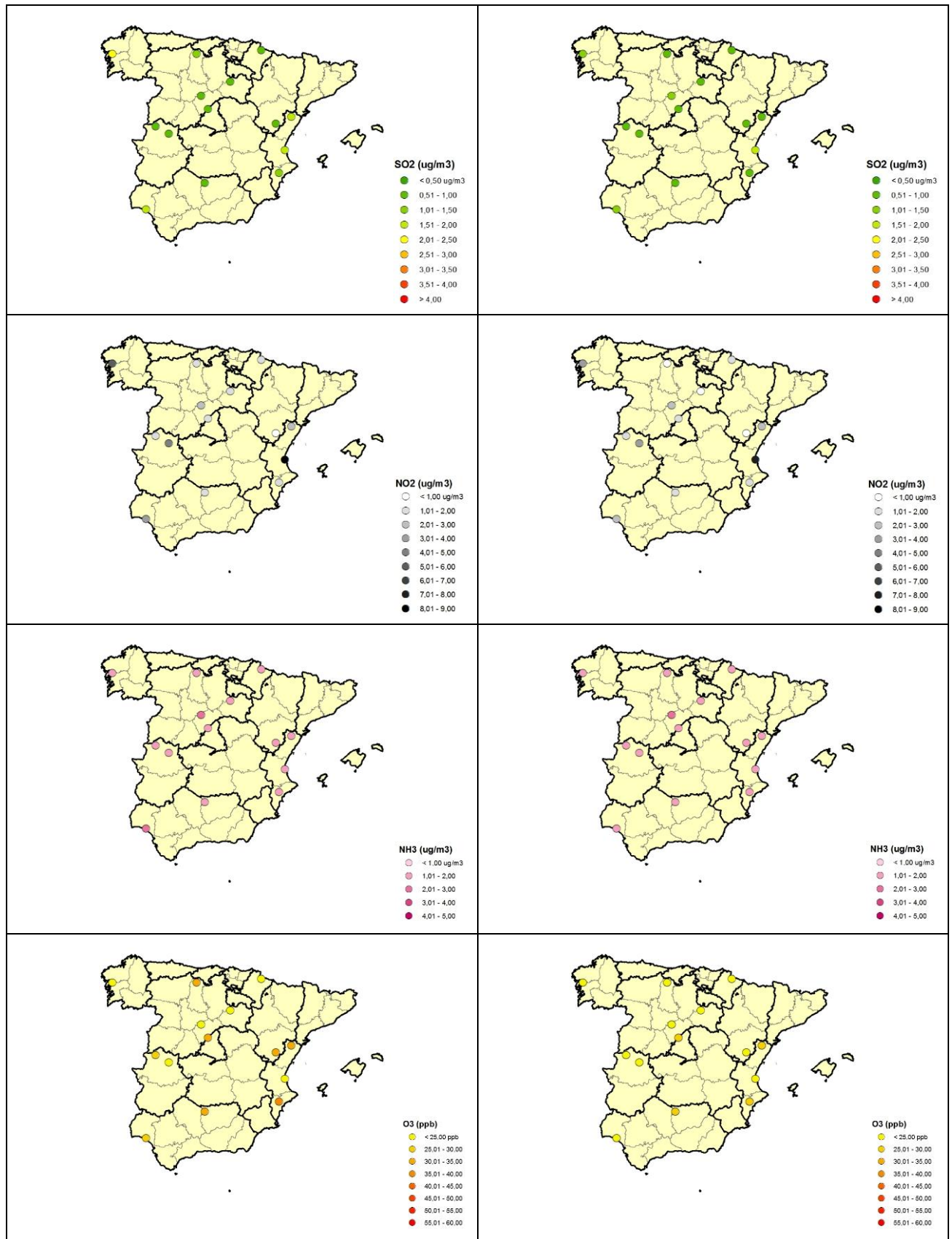


FIG 30: Inmisión atmosférica. Dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco y ozono. Valores medios por parcela serie histórica 2000-2023 y año 2024

1. Por lo que se refiere a la calidad del aire, las mayores concentraciones de **dióxido de azufre** se han obtenido en 54Ph, seguido de 10Ppa y 102Ppr, en un patrón ya observado en revisiones anteriores, y sin apenas variaciones con respecto a la revisión anterior excepto un incremento en los niveles de 37Ppr. No se han alcanzado los valores de referencia a lo largo de la serie de años evaluados.
2. En cuanto a los **óxidos de nitrógeno** los máximos valores se han encontrado en 07Qi, 10Ppa, 54 Ph y 102Ppr, en un patrón muy similar al de la revisión anterior, con una ligera reducción de las concentraciones salvo por lo que a 102Ppr se refiere. No se han alcanzado los valores de referencia para este contaminante a lo largo de la serie de años evaluados.
3. Los niveles de **amoníaco**, se reducen en general a lo largo del último año, destacando –si bien de forma poco significativa- las concentraciones observadas en 37Ppr, 07Qi, 25Ph, 26Qi y 102Ppr. Contrariamente a lo que ocurre con el compuesto anterior, es bastante frecuente que se alcancen los valores de referencia en lo que se refiere a la protección de líquenes e incluso plantas superiores en algunos casos.
4. Por lo que se refiere al **ozono**, se advierte un leve descenso en los valores de la mayoría de las parcelas con respecto al año previo, más marcado en 11Qs, 22Pn, 25Ph y 115Fs, y un ligero incremento en 05Ps, 06Qi y 37Ppr.
5. En todos los contaminantes analizados se obtienen concentraciones inferiores a las medias del periodo anterior, 2000-2023, destacando la reducción del ozono, salvo por lo que se refiere al amonio en que las tasas obtenidas durante el último año son mayores, tal como ya se apreciara en la revisión anterior.

6. Análisis foliar.

El objetivo del análisis foliar es, en concordancia con las especificaciones de las redes europeas, estimar el estado nutricional del arbolado y el impacto de los contaminantes atmosféricos en los ecosistemas forestales; así como la detección de tendencias temporales y sus patrones geográficos de distribución y con ello contribuir al conocimiento y cuantificación del estado de los bosques en Europa.

6.1. Caracterización de los árboles muestra.

La selección de árboles para la toma de muestra foliar, árboles “500” de acuerdo con la nomenclatura empleada, se hará en la zona *buffer* o tampón de la parcela (fuera de los límites de ésta) al tomarse muestras de carácter destructivo. Se tomarán dos series de 5 árboles cada una (serie de muestra o M y serie de reserva o R, numerados del 501 al 505 la primera y del 506 al 510 la segunda) en las proximidades de los sitios en los que se tomó muestra de suelo al inicio de los trabajos, pero de forma que sus raíces no se vean afectadas por los movimientos de tierra efectuados al cavar la calicata.

Los árboles seleccionados deberán cumplir, en la medida de lo posible, las siguientes condiciones:

- ✓ Ser árboles representativos de las condiciones ecológicas medias de la parcela.
- ✓ Ser árboles de los estratos dominante o codominante en rodales de espesura cerrada, o árboles de altura $H_m \pm 20\%$ (H_m) en rodales de espesura abierta, siendo H_m la altura media de la parcela.
- ✓ Ser árboles con un estado de defoliación, en el momento de seleccionarlos, próximo a la media de la parcela ($\pm 5\%$) y con un estado fitosanitario equiparable al del resto de la estación.

La toma de muestra foliar se hará, normativamente, con periodicidad **bianual**, repitiéndose siempre sobre los mismos árboles. En caso de escasez de hojas, muerte, corta o deterioro de la copa de un árbol de la serie M se sustituirá por otro de la serie R o de reserva.

Los ramillos a apear se tomarán preferiblemente en todas las orientaciones de la copa, cumpliendo en la medida de lo posible las siguientes condiciones:

- ✓ Estar situada en el tercio superior de la copa.
- ✓ Siempre que sea posible, estar bien iluminada.
- ✓ Reunir las características medias del follaje para esa orientación (crecimiento, color, defoliación,...)
- ✓ Poder caer libremente al suelo.

Dependiendo de la altura de los árboles, la toma de muestra podrá hacerse mediante pértigas extensibles o recurriendo a escaladores especializados. Para evitar la contaminación por contacto con el suelo, los ramillos se apearán sobre una superficie plástica.

Por último, la toma de muestra deberá hacerse en la época del año en que la concentración de elementos totales sea lo más estable posible, para las **frondosas** cuando tengan las hojas completamente desarrolladas y antes del amarilleamiento estival y para las **coníferas** cuando los árboles estén en parada vegetativa y en ausencia de heladas.

En el caso de frondosas perennifolias o coníferas se tomarán, además de muestras de crecimiento del año n, muestras de los crecimientos anteriores (n-1, n-2).

6.2. Variables de medición.

A lo largo de la vigencia del proyecto se han analizado las siguientes variables conforme se han ido desarrollando los distintos protocolos bianuales de toma de datos, que han podido variar entre campañas, tal como se resume en la presente tabla:

TABLA 20: Muesteos foliares efectuados en la red

Variable	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
Peso Seco	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T	T	T
Macronut.															
N	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T	T	T
S	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T	T	T
P	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T	T	T
Ca	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T	T	T
Mg	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T	T	T
K	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T	T	T
C										P+C	T	T	T	T	T
Micronut.															
Na		P+F													
Zn	T	P+F								P+C	T	T	T	T	T
Mn	T	P+F								P+C	T	T	T	T	T

Variable	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
Fe	T	P+F								P+C	T	T	T	T	T
Cu										P+C	T	T	T	T	T
Metidas analiz.															
Frondosas cad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1	1	1
Frondosas per.	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Coníferas	1		1	2	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3

T: todas las especies
F: frondosas caducifolias
P: frondosas perennifolias
C: coníferas

De acuerdo con el protocolo de laboratorio, el peso seco se ha hecho sobre 1000 acículas en el caso de las coníferas o sobre 100 hojas en el caso de frondosas.

Cabe hacer constar también que hasta la campaña 2007-2008 (incluída) se analizó la muestra foliar en cada una de las 54 parcelas de la Red, mientras que a partir de 2008-2009 sólo se analizó en las 14 parcelas instrumentadas. Pese a ello, y con objeto de proporcionar la mayor información posible, se han incluido los resultados históricos de la Red.

En aquellos casos en los que se han analizado varias metidas, se ha tomado como valor del muestreo la media de los distintos crecimientos.

6.3. Principales resultados.

6.3.1. Peso seco.

TABLA 21: Caracterización peso seco (g MS) 100 hojas (frondosas) o 1000 acículas (coníferas). Media anual de las metidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps	8,00		11,00	16,00	13,00	14,00	13,50	13,67	13,97	15,87	15,73	13,78	11,78	7,53	11,28
006 Qi	7,00	7,50	8,00	6,00	12,00	8,00	11,00	5,00	7,64	6,88	6,50	8,42	7,11	6,71	7,31
007 Qi										13,92	13,20	11,11	10,30	9,51	8,53
010Ppa	16,00		16,00	37,00	42,00	27,00	47,00	23,50	32,88	35,63	24,40	42,31	25,02	35,95	24,60
011 Qs	9,00		7,00	8,00	9,00	10,00	10,00	10,50	9,50	9,32	12,10	15,30	10,89	9,33	13,43
022 Pn	33,00		27,00	26,00	41,00	28,00	31,50	44,00	37,59	43,18	47,47	42,54	44,57	37,15	34,67
025 Ph	10,00		14,00	18,00	16,00	13,00	15,00	14,00	15,05	13,22	15,73	14,55	14,08	12,94	12,87
026 Qi	5,00	8,50	5,00	7,00	8,00	7,00	9,00	7,00	7,41	9,11	9,25	12,06	9,47	6,13	6,99
030 Ps	8,00		11,00	12,00	13,00	11,00	12,00	14,33	13,77	17,50	13,73	12,99	13,20	10,60	13,74
033Qpe	19,00	19,00	21,00	24,00	22,00	20,00	28,00	17,00	21,25		24,60	27,89	23,89	30,08	27,78
037Ppr	76,00		75,00	113,00	129,00	95,00	134,50	135,00	134,42	129,60	113,60	97,44	98,84	114,65	80,31
054 Ph							17,50	13,50	15,50	12,55	12,67	16,57	13,27	12,73	12,00
102Ppr	169,00		149,00				155,00	168,67	162,48	173,07	143,53	141,95	142,03	180,53	110,81
115 Fs	7,00	8,00	9,00	9,00	12,00	11,00	11,00	8,00	9,38		16,60	11,67	11,44	11,88	11,72

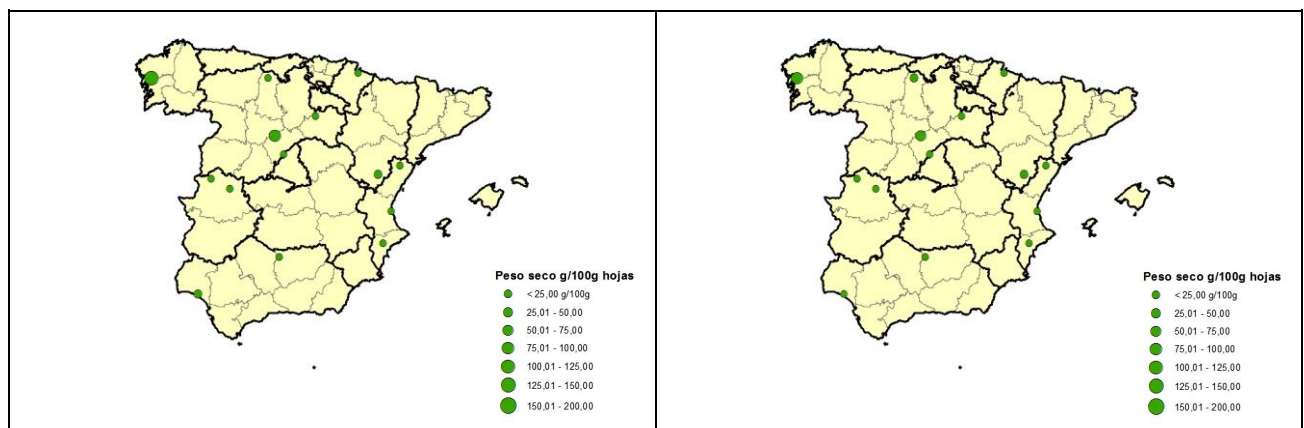
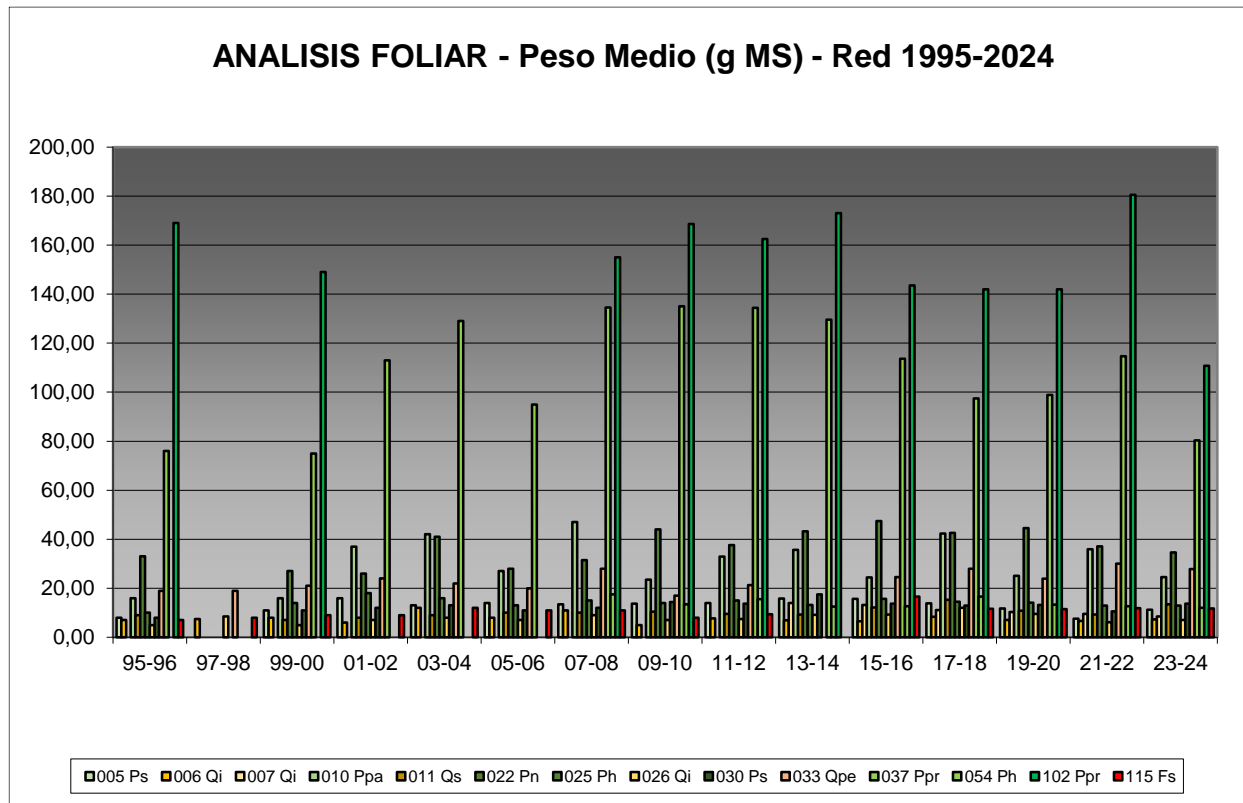


FIG 31: Peso seco hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2022 y campaña 2023-2024

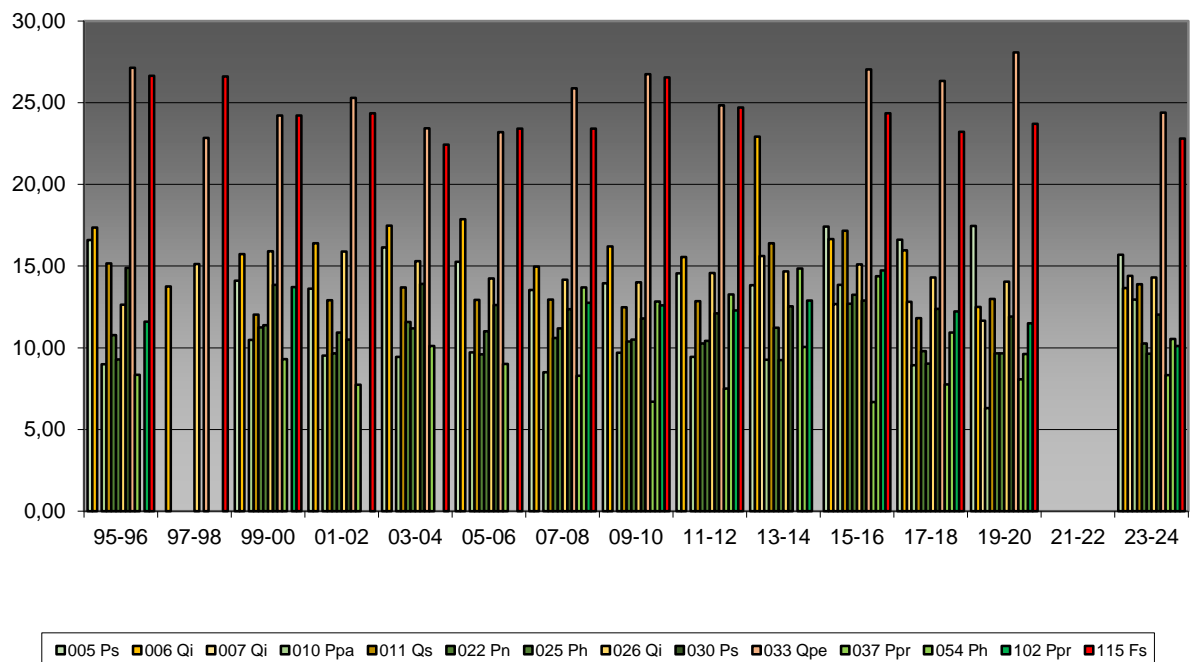
6.3.2. Nitrógeno.

TABLA 22: Caracterización contenido en nitrógeno (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps	16,60		14,10	13,62	16,14	15,26	13,54	13,95	14,56	13,84	17,41	16,61	17,45		
006 Qi	17,35	13,75	15,74	16,39	17,47	17,86	14,97	16,20	15,55	22,93	16,65	15,97	12,50		15,70

Parcela	Campana de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
007 Qi										15,62	12,67	12,81	11,65		13,65
010 Ppa	8,99		10,48	9,52	9,44	9,71	8,51	9,70	9,43	9,28	13,86	8,94	6,31		14,40
011 Qs	15,17		12,03	12,91	13,70	12,94	12,95	12,48	12,86	16,39	17,17	11,82	13,00		12,95
022 Pn	10,78		11,24	9,66	11,57	9,60	10,59	10,39	10,28	11,23	12,70	9,80	9,66		13,90
025 Ph	9,28		11,39	10,94	11,19	11,01	11,20	10,51	10,42	9,25	13,25	9,04	9,66		10,27
026 Qi	12,64	15,13	15,91	15,88	15,31	14,25	14,16	14,00	14,59	14,67	15,10	14,31	14,04		9,63
030 Ps	14,89		13,86	10,51	13,92	12,61	12,36	11,79	12,12	12,54	12,90	12,39	11,92		14,30
033 Qpe	27,14	22,84	24,22	25,30	23,43	23,19	25,88	26,75	24,84		27,04	26,33	28,07		12,03
037 Ppr	8,34		9,30	7,73	10,10	9,02	8,29	6,71	7,51	14,86	6,69	7,77	8,07		24,40
054 Ph							13,70	12,83	13,27	10,05	14,38	10,94	9,62		8,33
102 Ppr	11,59		13,71				12,75	12,60	12,29	12,88	14,74	12,22	11,50		10,53
115 Fs	26,64	26,60	24,22	24,35	22,44	23,42	23,42	26,54	24,70		24,36	23,21	23,70		10,10

ANALISIS FOLIAR - N med (mg/g MS) - Red 1995-2024



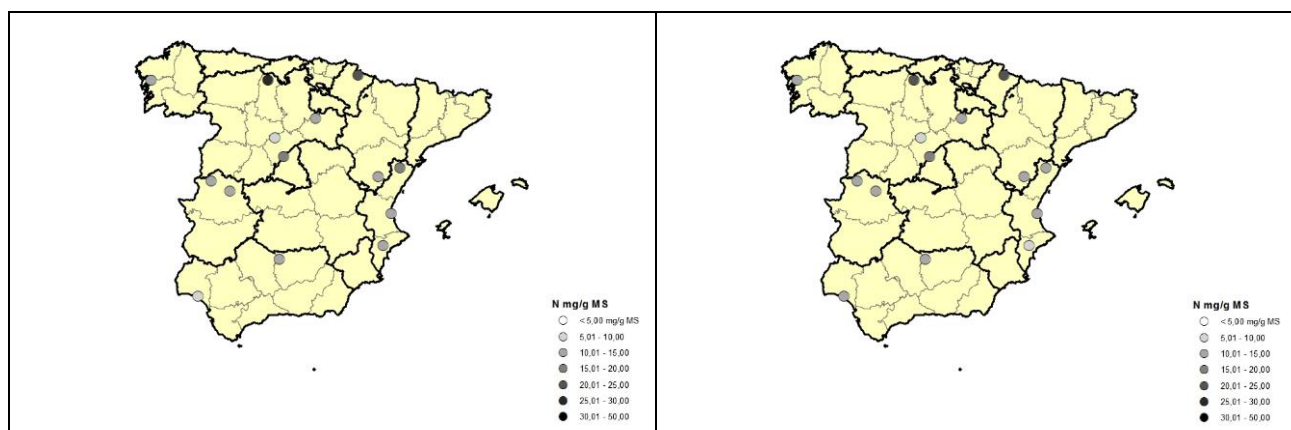


FIG 32: Contenido en nitrógeno hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2002 y campaña 2023-2024

6.3.3. Azufre.

TABLA 23: Caracterización contenido en azufre (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo.

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps	1,15		0,93	1,00	1,21	1,10	1,22	1,19	1,17	0,97	1,14	0,94	0,76	0,52	1,04
006 Qi	1,39	1,20	1,16	1,36	1,48	1,46	1,14	1,29	1,29	1,04	1,34	0,99	1,21	0,42	1,03
007 Qi										1,01	0,94	0,90	0,81	0,38	0,93
010 Ppa	0,83		1,22	1,11	1,16	1,26	1,23	1,12	1,18	1,10	1,14	0,62	0,65	0,30	0,95
011 Qs	1,08		1,07	0,99	1,07	1,33	1,18	1,28	1,19	1,03	1,11	0,87	0,95	0,36	1,09
022 Pn	1,03		0,87	0,91	0,92	0,96	0,91	1,27	1,08	0,91	0,99	0,62	0,88	0,30	0,84
025 Ph	1,10		1,54	1,43	1,61	1,39	1,48	1,77	1,57	1,35	1,75	1,13	1,31	0,80	1,37
026 Qi	0,92	1,04	1,20	1,15	1,14	1,13	1,22	1,32	1,14	0,97	1,14	0,93	0,89	0,48	1,09
030 Ps	1,05		0,98	0,95	0,96	1,04	1,27	1,20	1,13	1,08	0,95	0,94	0,96	0,40	0,98
033 Qpe	1,90	1,61	1,68	1,70	1,67	1,61	1,69	1,68	1,69		1,74	1,88	2,09	0,71	1,59
037 Ppr	0,86		0,77	0,88	0,96	0,91	1,28	0,96	1,00	0,93	0,70	0,47	0,89	0,35	0,75
054 Ph							2,17	1,41	1,79	1,08	1,44	1,16	1,38	1,34	1,35
102 Ppr	1,02		1,09				1,59	1,29	1,36	0,86	0,92	0,78	1,31	0,42	0,97
115 Fs	1,94	1,72	1,70	1,68	1,40	1,58	1,49	1,67	1,65		1,44	1,61	1,67	0,62	1,61

Con fondo amarillo se señala la superación de los valores de referencia de contenido en azufre para cada especie forestal, lo que indica incidencia de la contaminación atmosférica por compuestos sulfurados. Fuente: (2001) Peña Martínez, J.M. El Estudio del Impacto de la Contaminación Atmosférica en los Bosques. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Serie técnica. No se dispone de valores para Quercus petraea y Fagus sylvatica.

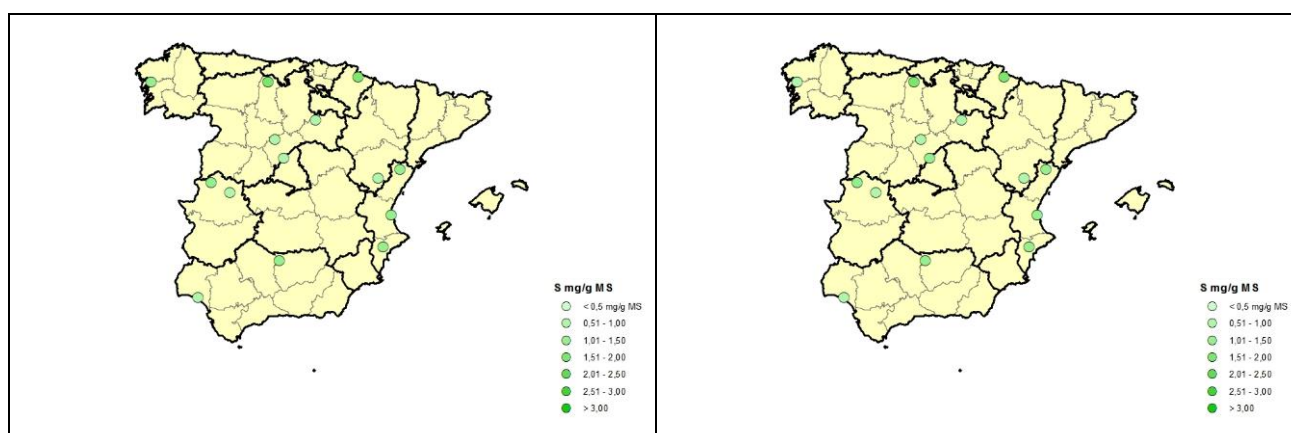
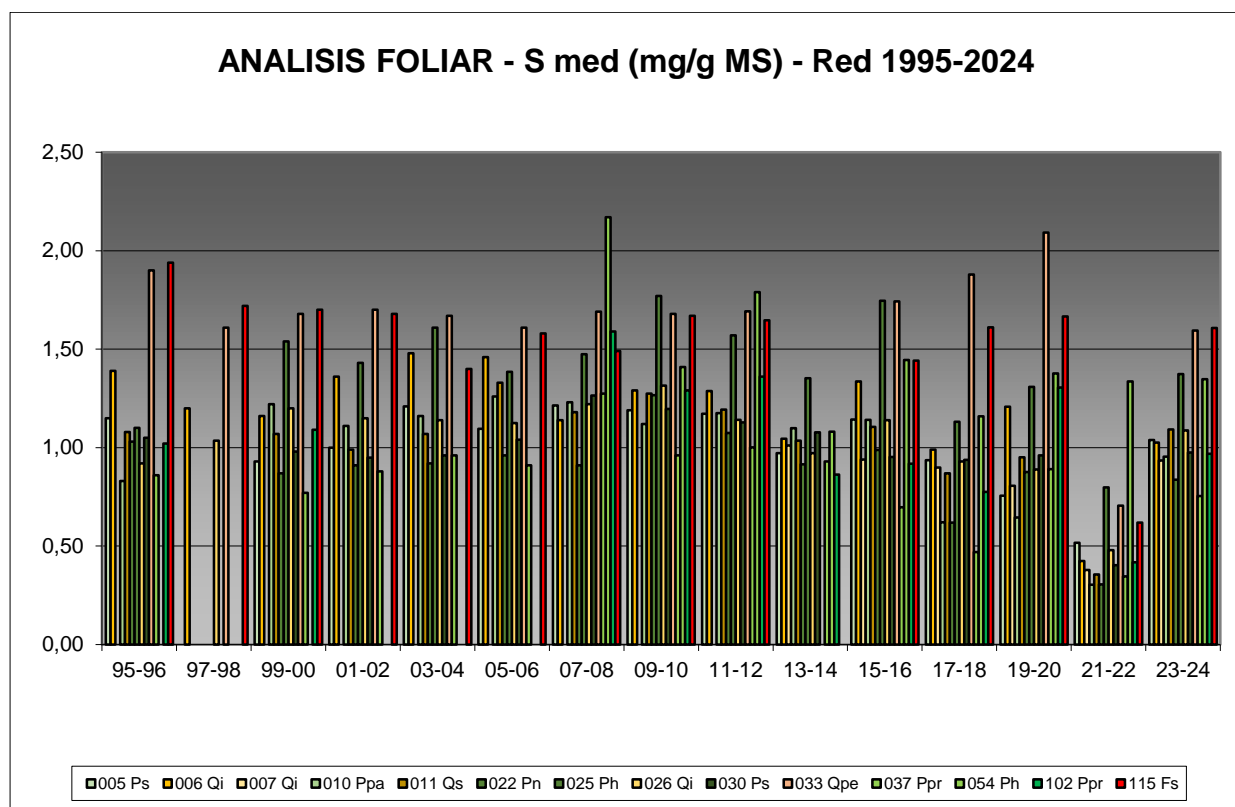


FIG 33: Contenido en azufre hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2022 y campaña 2023-2024

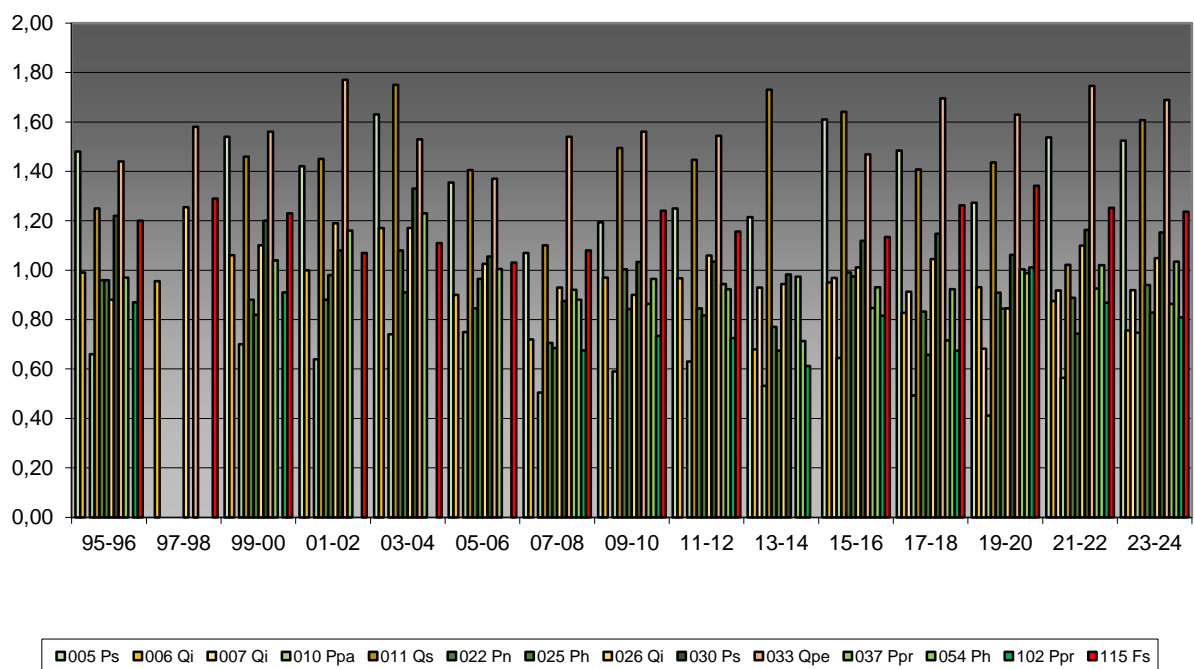
6.3.4. Fósforo.

TABLA 24: Caracterización contenido en fósforo (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps	1,48		1,54	1,42	1,63	1,36	1,07	1,19	1,25	1,21	1,61	1,48	1,27	1,54	1,52
006 Qi	0,99	0,96	1,06	1,00	1,17	0,90	0,72	0,97	0,97	0,68	0,95	0,83	0,93	0,87	0,76
007 Qi										0,93	0,97	0,91	0,68	0,92	0,92

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
010 Ppa	0,66		0,70	0,64	0,74	0,75	0,51	0,59	0,63	0,53	0,64	0,49	0,41	0,56	0,75
011 Qs	1,25		1,46	1,45	1,75	1,41	1,10	1,50	1,45	1,73	1,64	1,41	1,44	1,02	1,61
022 Pn	0,96		0,88	0,88	1,08	0,85	0,71	1,00	0,85	0,77	0,99	0,83	0,91	0,89	0,94
025 Ph	0,96		0,82	0,98	0,91	0,97	0,69	0,84	0,82	0,67	0,97	0,66	0,84	0,74	0,83
026 Qi	0,88	1,26	1,10	1,19	1,17	1,03	0,93	0,90	1,06	0,94	1,01	1,05	0,85	1,10	1,05
030 Ps	1,22		1,20	1,08	1,33	1,06	0,88	1,03	1,03	0,98	1,12	1,15	1,06	1,16	1,15
033 Qpe	1,44	1,58	1,56	1,77	1,53	1,37	1,54	1,56	1,54		1,47	1,69	1,63	1,75	1,69
037 Ppr	0,97		1,04	1,16	1,23	1,01	0,92	0,86	0,94	0,97	0,85	0,72	1,00	0,93	0,86
054 Ph							0,88	0,97	0,92	0,71	0,93	0,92	0,99	1,02	1,03
102 Ppr	0,87		0,91				0,68	0,73	0,73	0,61	0,82	0,67	1,01	0,87	0,81
115 Fs	1,20	1,29	1,23	1,07	1,11	1,03	1,08	1,24	1,16		1,13	1,26	1,34	1,25	1,24

ANÁLISIS FOLIAR - P med (mg/g MS) - Red 1995-2024



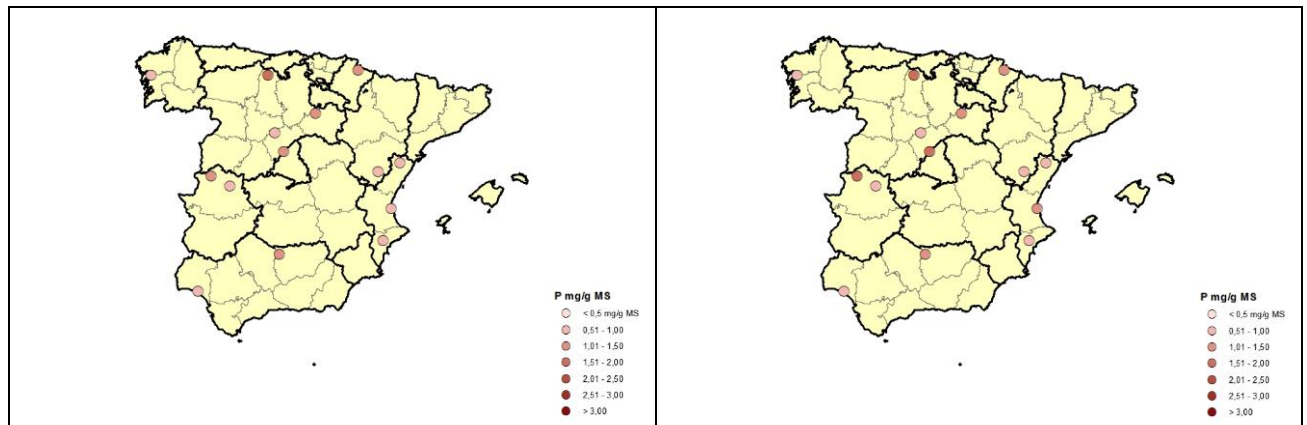


FIG 34: Contenido en fósforo hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2022 y campaña 2023-2024

6.3.5. Calcio.

TABLA 25: Caracterización contenido en calcio (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps	3,90		2,47	2,21	2,45	3,18	3,67	4,28	4,11	3,73	5,22	5,24	4,20	4,80	5,26
006 Qi	5,90	11,60	5,49	6,60	6,08	7,93	6,32	7,28	8,23	9,06	8,50	8,85	10,35	13,05	10,36
007 Qi										6,87	9,82	9,61	7,82	9,69	9,91
010 Ppa	1,58		2,24	2,12	2,36	2,43	2,70	3,12	2,60	3,95	4,19	2,74	3,04	3,15	3,23
011 Qs	4,93		7,09	5,28	6,07	5,71	4,37	6,40	5,86	6,86	5,96	6,81	6,79	5,19	8,83
022 Pn	4,08		2,97	2,54	1,88	2,82	3,10	5,35	4,04	4,18	4,36	3,87	4,32	4,23	5,30
025 Ph	3,44		8,11	4,77	7,74	4,84	5,63	9,70	7,81	7,75	6,97	6,87	8,83	7,15	6,69
026 Qi	6,06	11,34	8,94	8,23	6,82	7,43	6,04	8,93	8,59	10,00	12,11	6,99	8,03	8,68	7,82
030 Ps	3,05		2,48	2,36	2,54	2,88	3,08	4,18	3,82	3,94	4,34	4,42	5,47	4,82	4,99
033 Qpe	8,98	12,12	9,50	8,82	8,11	9,67	12,12	10,20	9,94		7,54	8,48	8,78	9,61	9,66
037 Ppr	2,29		1,84	2,17	2,09	2,38	3,51	3,47	3,32	4,52	3,30	3,32	3,34	3,90	3,59
054 Ph							5,11	6,65	5,88	6,20	5,63	3,96	3,69	4,99	4,86
102 Ppr	0,81		1,83				1,69	2,26	2,13	3,56	1,81	1,83	2,38	2,10	2,13
115 Fs	7,25	8,11	6,71	5,54	5,31	5,47	5,80	7,68	6,48		8,04	10,02	9,88	8,49	8,53

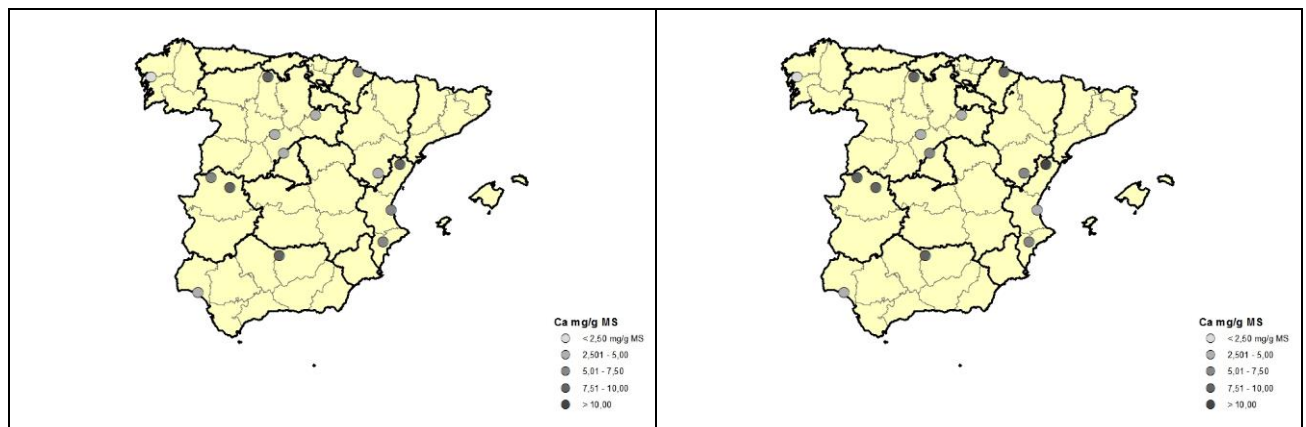
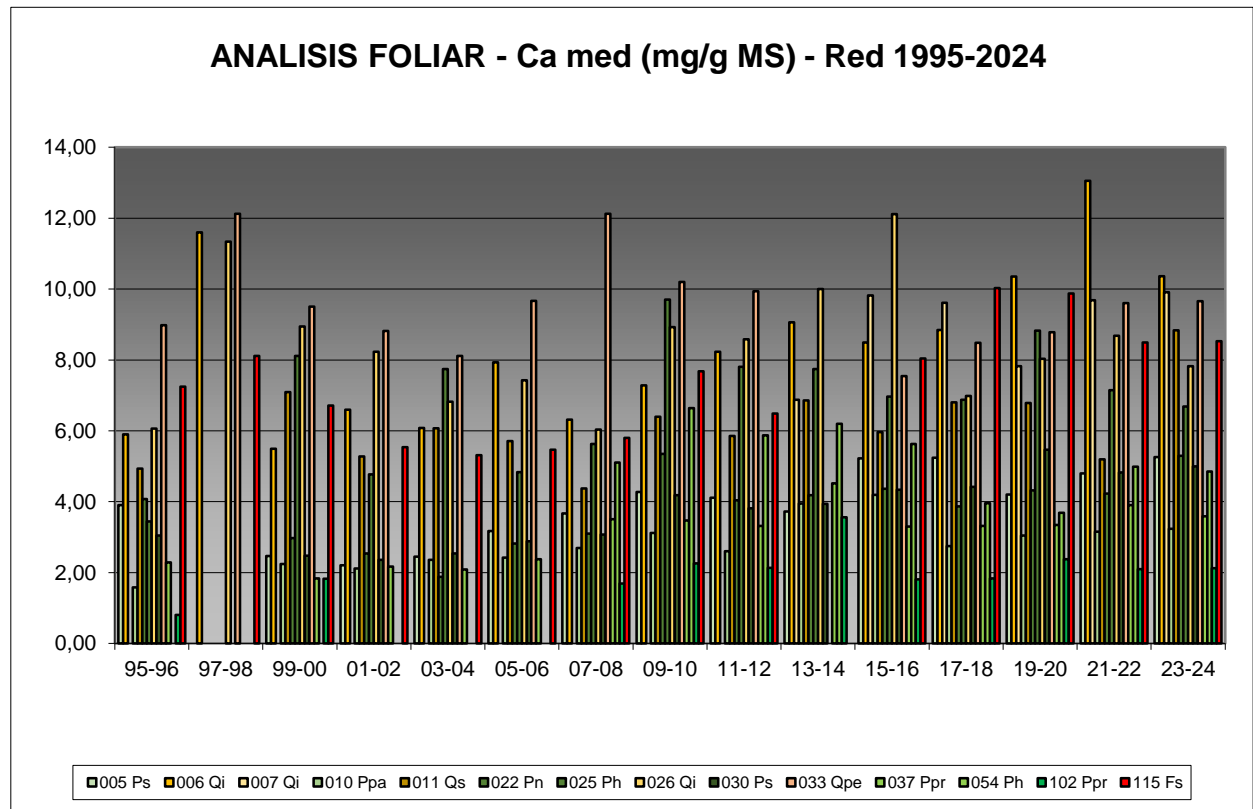


FIG 35: Contenido en calcio hojas/acúculas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2022 y campaña 2023-2024.

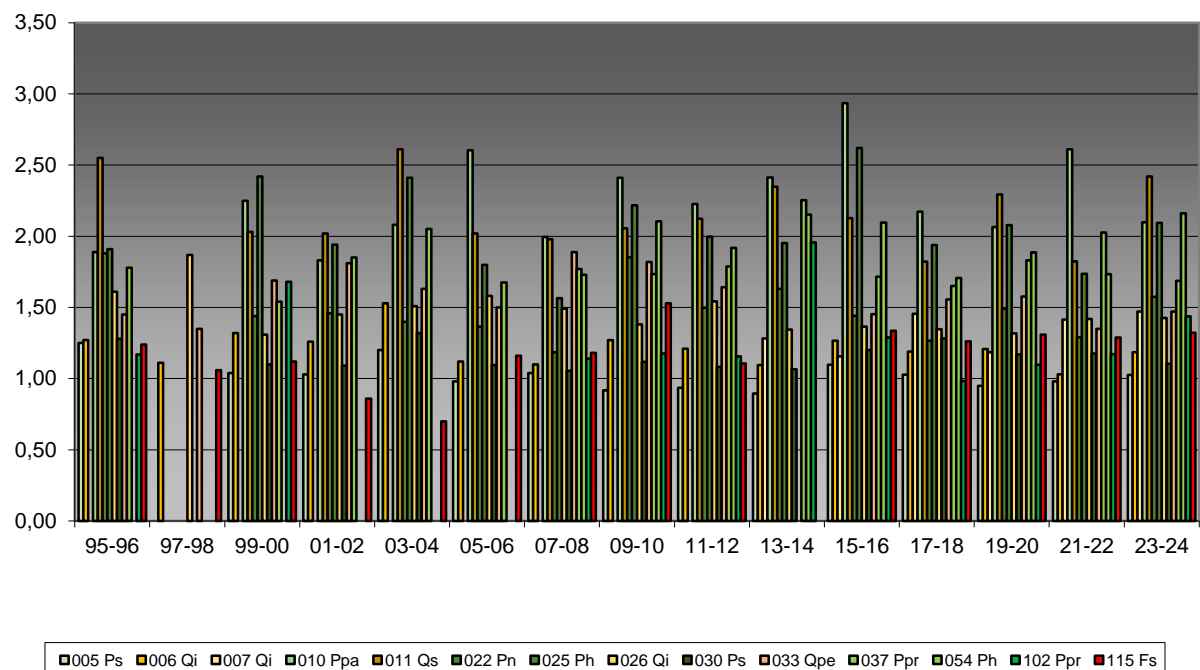
6.3.6. Magnesio.

TABLA 25: Caracterización contenido en magnesio (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps	1,25		1,04	1,03	1,20	0,98	1,04	0,92	0,94	0,90	1,10	1,03	0,95	0,98	1,03
006 Qi	1,27	1,11	1,32	1,26	1,53	1,12	1,10	1,27	1,21	1,10	1,27	1,19	1,21	1,03	1,19

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
007 Qi										1,28	1,16	1,45	1,19	1,41	1,47
010 Ppa	1,89		2,25	1,83	2,08	2,61	2,00	2,41	2,23	2,41	2,94	2,17	2,07	2,61	2,10
011 Qs	2,55		2,03	2,02	2,61	2,02	1,98	2,06	2,12	2,35	2,13	1,82	2,29	1,82	2,42
022 Pn	1,88		1,44	1,46	1,40	1,37	1,19	1,85	1,50	1,63	1,44	1,27	1,49	1,29	1,58
025 Ph	1,91		2,42	1,94	2,41	1,80	1,57	2,22	2,00	1,95	2,62	1,94	2,08	1,74	2,09
026 Qi	1,61	1,87	1,31	1,45	1,51	1,58	1,49	1,38	1,54	1,35	1,36	1,35	1,32	1,42	1,43
030 Ps	1,28		1,10	1,09	1,32	1,10	1,06	1,12	1,08	1,07	1,20	1,28	1,17	1,18	1,10
033 Qpe	1,45	1,35	1,69	1,81	1,63	1,50	1,89	1,82	1,64		1,45	1,56	1,58	1,35	1,47
037 Ppr	1,78		1,54	1,85	2,05	1,68	1,77	1,73	1,79	2,25	1,72	1,65	1,83	2,03	1,69
054 Ph							1,73	2,11	1,92	2,15	2,10	1,71	1,89	1,73	2,16
102 Ppr	1,17		1,68				1,14	1,18	1,16	1,96	1,29	0,98	1,10	1,17	1,44
115 Fs	1,24	1,06	1,12	0,86	0,70	1,16	1,18	1,53	1,11		1,34	1,26	1,31	1,29	1,32

ANÁLISIS FOLIAR - Mg med (mg/g MS) - Red 1995-2024



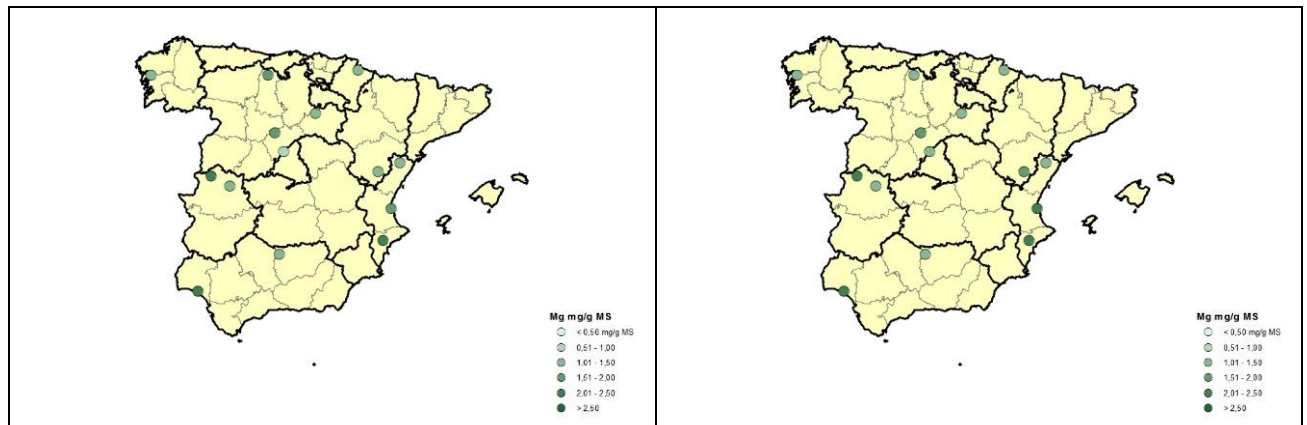


FIG 35: Contenido en magnesio hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2022 y campaña 2023-2024.

6.3.7. Potasio.

TABLA 26: Caracterización contenido en potasio (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo														
	95-96	97-98	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps	6,06		6,37	6,00	6,38	6,35	3,97	3,83	4,62	4,66	6,26	6,08	5,18	5,78	6,19
006 Qi	6,40	6,35	5,69	5,76	6,75	5,75	5,92	6,17	6,11	6,49	6,45	5,87	4,62	5,23	4,86
007 Qi										5,44	4,19	3,96	3,03	3,83	3,80
010 Ppa	5,40		3,82	4,10	4,64	5,16	4,88	4,18	4,59	5,45	4,66	4,22	3,55	5,01	4,86
011 Qs	7,59		4,44	5,13	5,18	5,12	4,40	4,36	5,00	5,93	5,37	4,88	5,28	6,43	5,68
022 Pn	4,62		4,37	3,90	4,78	4,65	3,79	5,62	4,43	3,48	5,05	4,34	4,41	4,82	4,56
025 Ph	5,85		3,14	4,17	3,42	4,31	3,54	3,39	3,57	2,89	3,92	2,60	3,32	2,24	2,85
026 Qi	7,26	3,82	4,58	4,39	4,37	4,17	4,29	3,64	4,28	5,33	3,78	4,46	4,42	4,11	4,21
030 Ps	5,65		6,86	5,74	5,82	5,14	5,04	5,38	5,28	4,45	6,14	6,70	5,65	6,14	6,21
033 Qpe	10,42	13,95	9,35	12,81	10,70	10,71	10,36	11,66	11,25		10,00	12,87	11,08	11,08	10,64
037 Ppr	3,25		3,36	4,39	4,67	3,27	2,84	2,21	2,73	2,52	2,36	2,13	2,64	2,62	2,33
054 Ph							3,79	3,67	3,73	3,13	3,64	3,96	5,43	3,53	3,51
102 Ppr	5,03		5,69				3,65	3,51	3,69	4,01	4,44	4,24	4,97	5,85	4,65
115 Fs	7,90	10,09	8,79	8,44	8,95	8,12	8,71	8,60	8,70		7,35	8,50	8,00	6,73	8,28

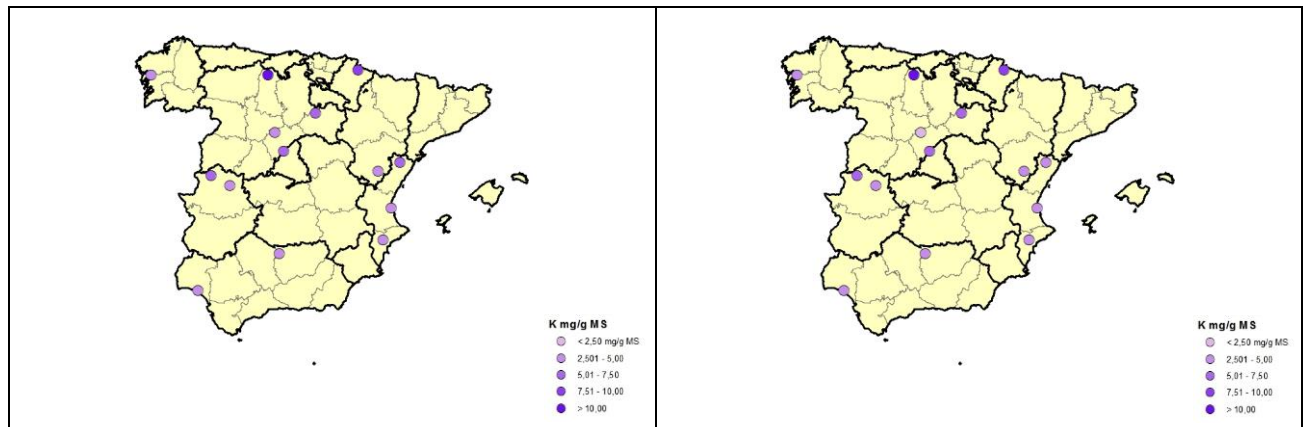
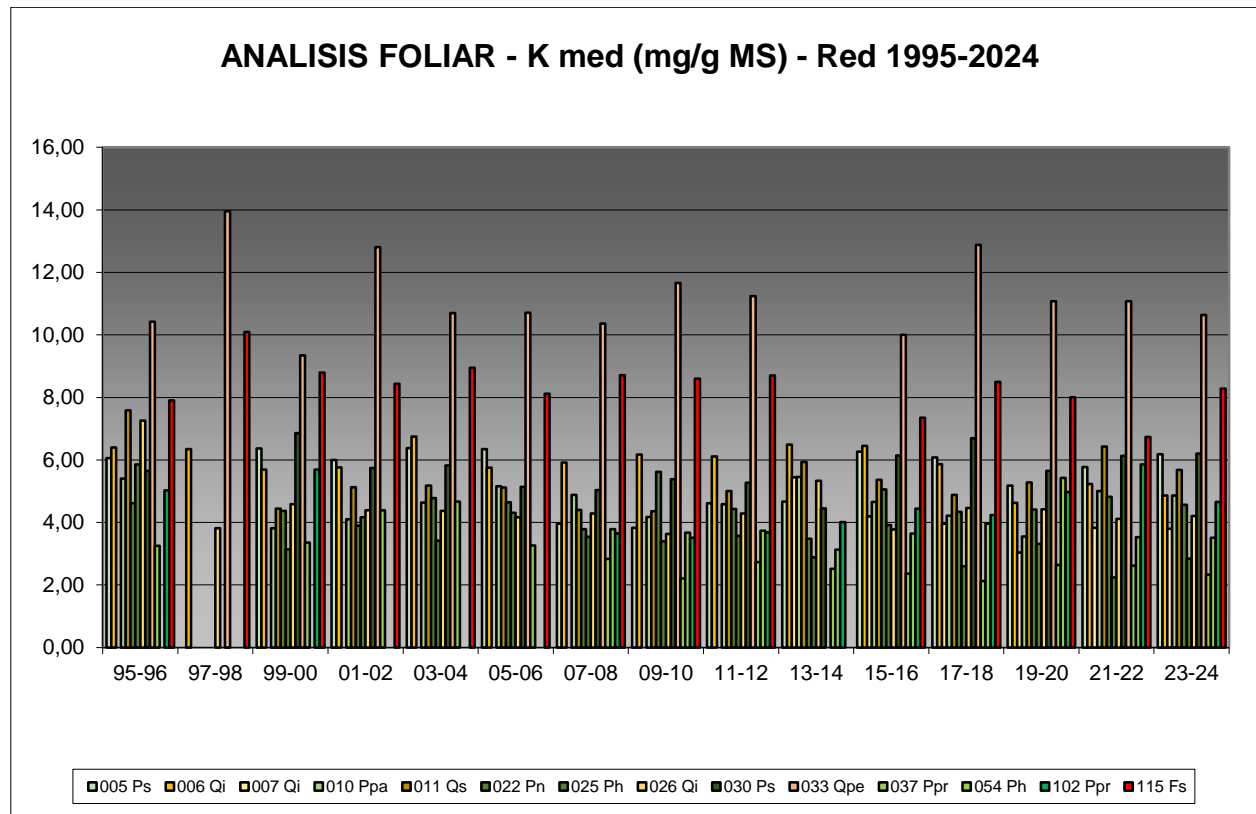


FIG 36: Contenido en potasio hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2022 y campaña 2023-2024.

6.3.8. Carbono.

TABLA 27: Caracterización contenido en carbono (%). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo												
	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
005 Ps								53,52	54,34	53,39	53,13		49,79
006 Qi								51,34	50,52	50,54	50,87		47,88
007 Qi								50,06	49,49	49,99	50,11		46,47

Parcela	Campaña de Muestreo												
	99-00	01-02	03-04	05-06	07-08	09-10	11-12	13-14	15-16	17-18	19-20	21-22	23-24
010 Ppa								50,41	48,16	50,29	50,73		47,72
011 Qs								52,40	50,96	50,23	51,99		49,51
022 Pn								54,12	54,01	53,05	53,64		50,12
025 Ph								52,98	53,04	54,10	53,21		50,64
026 Qi								50,48	50,22	49,43	49,75		47,92
030 Ps								53,37	52,90	51,88	53,19		49,61
033 Qpe									49,48	49,19	49,75		46,86
037 Ppr								53,28	51,26	51,83	52,19		49,31
054 Ph								54,86	54,95	54,11	52,61		50,42
102 Ppr								52,48	52,91	51,34	53,06		48,78
115 Fs									51,08	49,22	50,97		47,65

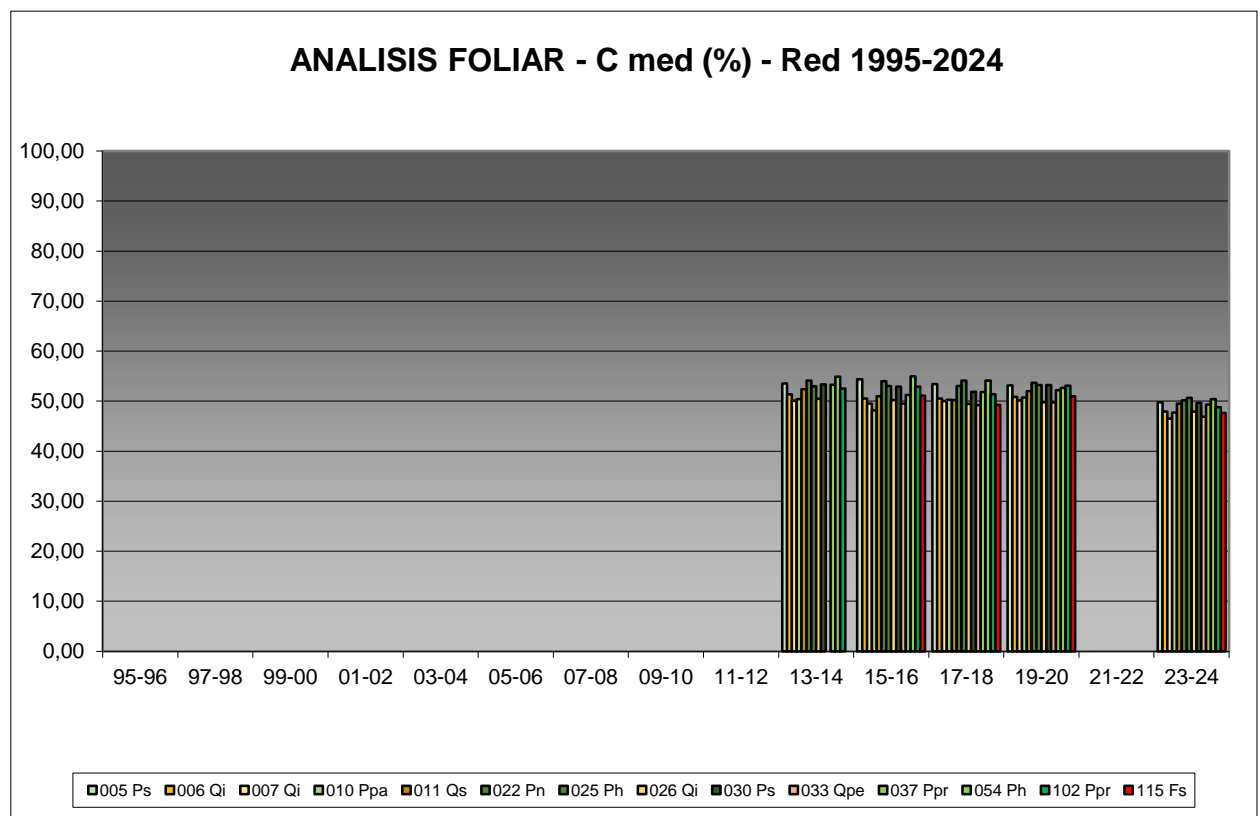


FIG 37: Contenido en carbono hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1995-2020 y campaña 2019-2020.

6.4. Interpretación de resultados.

En cuanto a los análisis foliares efectuados, cabe concluir:

1. El **peso seco** ha alcanzado sus mayores valores en las parcelas pobladas por pino negral: 102Ppr y 37Ppr parcelas en las que se obtienen los menores valores desde hace años, posiblemente ligado a un

empeoramiento de las condiciones hídricas, seguidas por otras dos especies de acícula larga, 10Ppa y 22Pn que se reducen también respecto a la campaña previa, mientras que los valores menores se dan en los encinares, poblados por las parcelas 06Qi, 07Qi y 26Qi, en un patrón ya advertido en revisiones anteriores.

2. En cuanto a los contenidos en **nitrógeno**, los mayores niveles se han encontrado en las parcelas pobladas por caducifolias, sobre todo 115Fs y en menor medida 33Qpe, mientras que las menores tasas han correspondido a la parcela 37Ppr, continuando con la tendencia ya apuntada en el periodo anterior. No se advierten diferencias muy marcadas con la campaña anterior
3. Los contenidos en **azufre** se han incrementado en todos los casos durante la última campaña, tal los bajos valores habidos en la anterior, situándose en valores próximos a la media de la serie histórica, de forma incluso que vuelven a alcanzarse los valores patrón para varias especies. Los mayores valores se han obtenido en 115Fs. Atendiendo a la serie histórica, tradicionalmente se han obtenido los mayores niveles en las parcelas pobladas por frondosas caducifolias, tendencia esta que va abandonándose a lo largo de los últimos años para adoptar un comportamiento más difuso.
4. Los mayores niveles en **fósforo** se han encontrado en las parcelas pobladas por *Quercus petraea* y *Quercus suber* y en menor medida *Pinus sylvestris*, en una tendencia ya apuntada en revisiones anteriores, mientras que tradicionalmente los menores contenidos se han venido registrando en 10Ppa. Por regla general, se advierte también una reducción en el contenido de este nutriente a lo largo de las últimas campañas y resultados muy similares a los habidos durante la revisión previa.
5. Los contenidos en **calcio**, tradicionalmente mayores en 33Qpe, se han visto superados a lo largo de los últimos años por los obtenidos en 06Qi, en una tendencia que parece ir consolidándose. Se han obtenido incrementos de este elemento en 05Ps, 11Qs y 22Pn, mientras se reducen en 06Qi y en menor medida 26Qi. Como en anteriores campañas, en el pino negral se han obtenido contenidos comparativamente bajos.
6. Por lo que respecta al **magnesio**, se han venido observando las mayores tasas en el pino piñonero y en menor medida en el alcornoque, mientras los mínimos tienden a apreciarse sobre el pino silvestre, tendencia esta que continúa observándose durante la presente revisión. Apenas se han registrado variaciones a lo largo de la última campaña fuera de un ligero incremento de los valores correspondientes al alcornoque y pino carrasco.
7. Las concentraciones de **potasio** presentan un patrón de distribución muy marcado: máximos en las parcelas pobladas por frondosas caducifolias como haya y roble y menos contenido en pino negral.
8. Por último, y en lo que respecta al contenido en **carbono**, no se han encontrado grandes diferencias entre las distintas especies, oscilando en torno al 50% del contenido total si bien con una ligera reducción durante la última campaña, siendo este elemento de nueva medición a partir de 2014. Parece ir confirmándose 54Ph como la parcela en el que los contenidos son mayores.

7. Desfronde

El desfronde o litterfall; fracción de follaje, ramillas finas, flores, frutos, líquenes,... que caen del arbolado al suelo, es un parámetro clave en los ciclos biogeoquímicos de los ecosistemas forestales, al enlazar la cubierta arbórea con el suelo y los movimientos de agua, y es uno de los parámetros necesarios para cuantificar el retorno anual de elementos y materia orgánica al suelo. La descomposición del desfronde es la vía principal de flujo de nutrientes, determina el aporte de materia orgánica al suelo y juega un

importante papel en la productividad forestal y el contenido nutricional del suelo, así como incide considerablemente en la capacidad de fijación de carbono atmosférico.

Tanto factores naturales como antropogénicos, tales como el cambio climático, influyen en la producción de desfronde y su evolución estacional. Los cambios causados en el litterfall responden a perturbaciones causadas por agentes bióticos, tales como las plagas, así como a otros factores como la sequía, heladas, viento o contaminación atmosférica.

La producción de desfronde es un parámetro cuantitativo de la vitalidad del arbolado y aporta información adicional a la obtenida visualmente, así como constituye un importante factor de diagnóstico fenológico del mismo.

El desfronde se toma en campo sobre colectores normalizados de 1 m² de superficie que se muestrea con periodicidad mensual. Al igual que en los casos anteriores y con el objetivo de caracterizar los resultados habidos en el año, se han comparado con los habidos en el periodo 2005-2022. Debe tenerse en cuenta que durante 2014 se ha muestreado el periodo mayo-diciembre.

TABLA 28: Caracterización desfronde. Periodo 2005-2022 y 2023.

Año	PERIODO 2005-2022								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
005 Ps	Hojas	3.565	52,93	9,76	0,86	0,78	5,81	1,00	2,64
	Ramillas	576	54,36	9,14	0,92	0,55	4,38	0,91	1,65
	Otras	2.714	52,78	9,09	0,89	0,78	4,77	0,88	2,07
006 Qi	Hojas	3.451	50,58	11,39	1,14	0,61	16,04	1,56	5,38
	Ramillas	1.493	48,99	8,40	0,85	0,50	29,60	3,79	3,83
	Otras	1.549	48,88	15,26	1,26	1,05	11,98	2,47	5,64
007 Qi	Hojas	1.727	49,92	9,58	1,02	0,79	13,79	1,21	3,42
	Ramillas	1.014							
	Otras	1.440	47,82	15,59	1,17	1,16	6,71	1,36	6,57
010 Ppa	Hojas	3.527	51,24	5,32	0,98	0,42	4,29	2,44	3,34
	Ramillas	333	53,77	4,80	0,89	0,50	5,92	1,17	1,21
	Otras	1.254	52,10	6,26	0,95	0,46	5,72	1,34	1,83
011 Qs	Hojas	2.454	51,95	6,39	0,82	1,00	8,28	2,03	4,02
	Ramillas	447	52,13	5,65	0,69	0,96	11,91	2,07	4,54
	Otras	745	49,74	16,41	1,25	1,69	8,48	1,98	7,20
022 Pn	Hojas	1.814	54,32	6,05	0,82	0,43	6,22	1,38	2,41
	Ramillas	328	53,62	5,08	0,76	0,19	10,40	1,31	0,71
	Otras	1.100	52,49	7,35	0,93	0,49	6,42	0,83	1,28
025 Ph	Hojas	1.070	53,40	6,03	1,11	0,35	9,70	1,92	1,39
	Ramillas	108	51,56	4,67	0,64	0,28	13,88	2,18	1,27
	Otras	466	49,58	7,21	0,90	0,48	16,42	2,08	1,93
026 Qi	Hojas	1.418	50,61	9,68	0,83	0,65	9,70	1,34	2,94
	Ramillas	436	50,44	8,28	0,62	0,80	17,38	2,01	3,68
	Otras	731	48,87	17,22	1,26	1,09	8,56	1,54	4,27
030 Ps	Hojas	1.734	53,19	6,00	0,80	0,36	7,58	1,02	2,14
	Ramillas	523	54,28	5,82	0,70	0,25	4,63	0,69	1,06
	Otras	1.430	52,96	6,33	0,66	0,41	6,23	0,67	1,23
033Qpe	Hojas	2.861	50,92	15,96	1,16	0,86	7,64	1,55	4,94
	Ramillas	765	52,24	6,31	0,46	0,36	4,87	0,83	1,80
	Otras	808	51,03	13,31	1,02	0,93	8,26	1,33	3,36

Año	PERIODO 2005-2022								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
037 Ppr	Hojas	1.989	53,32	4,90	0,78	0,64	6,25	2,19	1,30
	Ramillas	376	52,94	6,84	0,80	0,38	10,69	2,91	0,95
	Otras	1.058	52,03	9,96	1,06	1,13	7,83	1,79	4,05
054 Ph	Hojas	2.982	54,30	9,73	1,31	0,60	7,49	2,12	2,33
	Ramillas	468	53,37	10,40	1,42	0,80	12,98	3,06	1,98
	Otras	1.831	52,09	9,61	1,13	1,09	12,99	2,01	2,55
102 Ppr	Hojas	3.307	53,64	8,04	0,88	0,38	2,90	1,22	1,73
	Ramillas	712	56,32	8,15	1,05	0,32	2,14	0,74	0,67
	Otras	2.568	54,12	10,19	1,15	0,60	1,62	0,84	1,26
115 Fs	Hojas	3.088	52,07	16,67	1,22	0,85	9,50	1,46	4,28
	Ramillas	405	53,69	9,14	0,79	0,36	6,80	0,98	0,99
	Otras	1.294	50,08	16,67	1,27	0,94	6,14	1,40	2,75

Año	PERIODO 2005-2022								
	Fracción	Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cd (ng/g)
005 Ps	Hojas	317,53	790,22	133,33	3,13	0,75	0,24	0,82	197,26
	Ramillas								
	Otras	26,74	407,03	385,60	7,54				
006 Qi	Hojas	41,16	161,81	206,84	4,43	0,41	0,07	0,51	13,49
	Ramillas								
	Otras	19,11	53,73	281,89	10,11				
007 Qi	Hojas	24,11	1069,77	208,31	3,27	0,65	0,12	1,32	41,29
	Ramillas								
	Otras	23,03	352,78	339,37	7,51				
010 Ppa	Hojas	16,83	176,36	154,91	4,45	1,28	0,31	0,99	33,69
	Ramillas								
	Otras	30,14	73,25	716,64	8,12				
011 Qs	Hojas	14,92	965,75	145,72	3,51	0,58	0,19	2,51	20,75
	Ramillas								
	Otras	26,29	179,97	534,88	6,82				
022 Pn	Hojas	36,77	276,47	213,38	2,07	0,69	0,10	0,54	45,22
	Ramillas								
	Otras	29,68	202,26	561,68	7,86				
025 Ph	Hojas	19,52	41,32	252,29	1,88	0,49	0,06	0,41	17,05
	Ramillas								
	Otras	33,66	495,87	622,41	6,16				
026Qi	Hojas	35,71	877,56	247,02	4,53	1,10	0,15	1,02	48,43
	Ramillas								
	Otras	698,96	231,29	193,41	6,02				
030Ps	Hojas	49,68	545,71	171,93	1,81	0,56	0,15	0,53	96,29
	Ramillas								
	Otras	22,06	84,52	196,92	9,46				
033Qpe	Hojas	19,90	4084,62	107,71	6,94	2,03	0,11	8,12	33,29
	Ramillas								
	Otras	21,76	1364,94	191,94	7,17				
037Ppr	Hojas	11,67	96,87	100,76	1,22	0,42	0,08	0,38	89,37
	Ramillas								
	Otras	33,34	498,45	189,54	4,48				

Año	PERIODO 2005-2022								
	Fracción	Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cd (ng/g)
054Ph	Hojas	118,19	23,36	182,58	7,62	0,76	0,07	0,16	18,28
	Ramillas								
	Otras	741,05	16,10	698,81	4,69				
102Ppr	Hojas	45,54	193,96	78,99	2,22	0,61	0,27	0,44	68,59
	Ramillas								
	Otras	31,11	58,02	325,05	7,15				
115Fs	Hojas	49,26	1064,10	165,59	6,45	4,78	0,13	1,72	87,89
	Ramillas								
	Otras	25,45	447,98	516,63	8,49				

Año	PERIODO 2023								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
005 Ps	Hojas	3.485	49,86	10,01	0,72	0,88	6,34	0,95	2,76
	Ramillas	195							
	Otras	2.481							
006 Qi	Hojas	2.497	47,22	10,10	1,08	0,54	17,56	1,04	5,94
	Ramillas	725							
	Otras	747							
007 Qi	Hojas	1.550	47,04	9,97	0,98	0,74	14,00	1,21	3,66
	Ramillas	658							
	Otras	2.371							
010 Ppa	Hojas	3.615	47,12	6,58	0,82	0,35	4,05	2,75	3,94
	Ramillas	2.120							
	Otras	1.499							
011 Qs	Hojas	2.031	48,25	6,26	-0,01	0,79	8,32	1,62	3,64
	Ramillas	570							
	Otras	1.425							
022 Pn	Hojas	1.624	50,63	5,49	0,83	0,36	7,15	1,33	2,28
	Ramillas	133							
	Otras	1.087							
025 Ph	Hojas	1.492	50,70	5,58	1,03	0,27	8,82	1,53	1,10
	Ramillas	179							
	Otras	356							
026 Qi	Hojas	1.858	47,59	9,16	1,11	0,71	10,98	1,28	3,47
	Ramillas	399							
	Otras	1.013							
030 Ps	Hojas	1.807	49,62	6,82	0,85	0,34	8,09	0,86	2,29
	Ramillas	394							
	Otras	1.492							
033Qpe	Hojas	3.096	47,16	15,49	1,26	1,15	8,53	1,57	5,26
	Ramillas	588							
	Otras	1.040							
037 Ppr	Hojas	1.889	49,53	5,32	0,71	0,57	5,77	1,87	1,39
	Ramillas	795							
	Otras	1.565							
054 Ph	Hojas	3.248	49,50	8,34	1,35	0,64	8,20	2,07	2,17
	Ramillas	387							
	Otras	2.659							

Año	PERIODO 2023								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
102 Ppr	Hojas	3.488	49,65	7,75	0,72	0,38	3,13	1,53	1,77
	Ramillas	537							
	Otras	2.686							
115 Fs	Hojas	2.838	47,99	10,85	0,74	0,44	10,68	0,84	2,89
	Ramillas	456							
	Otras	3.413							

Año	PERIODO 2023								
	Fracción	Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cd (ng/g)
005 Ps	Hojas	487,71	828,90	183,36	2,18				
	Ramillas								
	Otras								
006 Qi	Hojas	34,45	151,81	150,80	3,53				
	Ramillas								
	Otras								
007 Qi	Hojas	21,13	1053,35	199,50	2,88				
	Ramillas								
	Otras								
010 Ppa	Hojas	20,27	123,49	197,71	4,50				
	Ramillas								
	Otras								
011 Qs	Hojas	17,85	893,58	162,53	3,04				
	Ramillas								
	Otras								
022 Pn	Hojas	39,73	294,38	247,08	1,97				
	Ramillas								
	Otras								
025 Ph	Hojas	18,28	6,19	229,05	1,49				
	Ramillas								
	Otras								
026Qi	Hojas	40,73	967,96	283,59	4,43				
	Ramillas								
	Otras								
030Ps	Hojas	50,23	538,32	185,84	1,72				
	Ramillas								
	Otras								
033Qpe	Hojas	26,70	4044,91	189,19	7,33				
	Ramillas								
	Otras								
037Ppr	Hojas	14,66	89,19	128,69	1,36				
	Ramillas								
	Otras								
054Ph	Hojas	63,04	13,52	201,71	2,00				
	Ramillas								
	Otras								
102Ppr	Hojas	24,86	210,69	82,75	2,23				
	Ramillas								
	Otras								

Año	PERIODO 2023								
	Fracción	Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cd (ng/g)
115Fs	Hojas	21,09	1086,43	109,14	3,86				
	Ramillas								
	Otras								

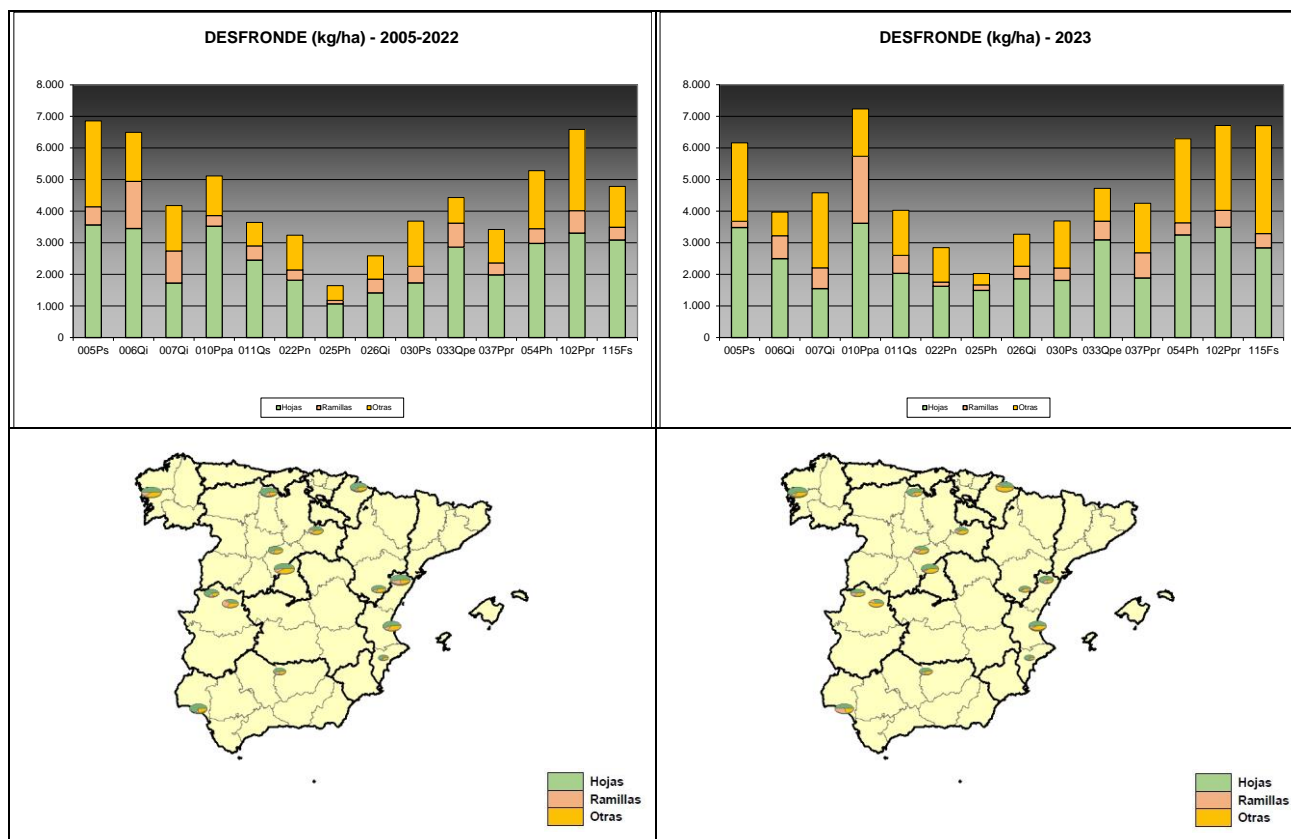


FIG 38: Desfronde o litterfall. Pesos medios por parcela serie histórica 2005-2022 y año 2023.

1. En cuanto al desfronde o litterfall, cabe hacer constar el importante papel que juega en el conjunto de procesos de entrada/salida del ecosistema, pudiendo llegar a suponer un aporte de más de 8.000 kg/ha y año. Con contenidos en carbono ligeramente superiores al 50% puede llegar a jugar un importante papel en la fijación del CO₂ atmosférico, poniendo nuevamente de manifiesto el papel mitigador de los bosques en el cambio climático, no sólo por lo que a sus fracciones leñosas se refiere.
2. Por regla general, el mayor aporte corresponde a la fracción de hojas/acículas, seguido por el conjunto de líquenes, musgos, flores, frutos,... que forman la fracción “otros” y en menor medida las ramillas de diámetro inferior a 2 cm, que adquieren mayor importancia en las parcelas pobladas por encina, quizá debido a los frecuentes procesos de puntisecado que sufren, tanto por efecto de los insectos perforadores como por fenómenos de dieback o seca.
3. A lo largo del último año se han registrado aportes por lo general superiores a los del periodo anterior, destacando el incremento habido en las parcelas 10Ppa, 54ph y 115Fs mientras se reduce en 05Ps y 06Qi.

8. Fenología.

La fenología estudia la relación entre los fenómenos climáticos y las características morfológicas del desarrollo anual de los vegetales. Tras las observaciones de series anuales suficientemente representativas, puede obtenerse una valiosa información sobre la respuesta de la vegetación frente a variaciones climáticas, acrecentar el papel de las especies forestales como bioindicadoras y explicar el estado actual de la vegetación. El conocimiento de las fases fenológicas del arbolado es también una importante herramienta de gestión fitosanitaria de las masas forestales, pues el ciclo biológico y la capacidad de daño de buena parte de las plagas forestales van ligadas al desarrollo de una determinada fase, particularmente en el caso de los insectos defoliadores. Los cambios fenológicos en la vegetación juegan además un importante papel en la modelación del paisaje.

La evaluación fenológica se hace sobre 20 árboles de la parcela, seleccionando de entre aquellos de las clases dominante o codominante y preferentemente con buena visibilidad de copa; siempre desde una posición fija para evitar sesgos de observación; quincenalmente desde 1999 hasta 2010 y de forma mensual a partir de entonces.

Las variables de medición se codifican de acuerdo a los siguientes criterios:

- ✓ **Aparición de hojas/acículas:** Aparición de la nueva metida del año. La fecha de aparición de las acículas se identifica con el comienzo de la separación visible de las mismas en la parte baja del crecimiento. La fecha de aparición de las hojas comienza con su despliegue.
- ✓ **Cambio de color hoja/acícula:** se refiere al cambio de coloración otoñal en especies caducifolias y procesos de decoloración no otoñal que sufren muchos árboles (decoloraciones estivales del pino resinero) o debidas a causas externas (decoloraciones por “golpe de calor” o heladas tardías,...)
- ✓ **Caída de hoja/acícula:** debida a los procesos otoñales o a la renovación foliar, considerándose como tal la permanencia de hojas o acículas secas prendidas en la copa.
- ✓ **Crecimiento secundario:** fenómeno habitual en determinadas especies forestales (brotes de San Juan en encinas a finales de Junio o metidas extraordinarias en pino carrasco a finales del verano) inducido por factores ambientales.
- ✓ **Floración:** adoptándose como referencia la fecha en que comienza a emitirse el polen por apertura de las flores masculinas.
- ✓ **Fructificación:** del año en curso. No se considera el fruto formado en años anteriores y aún prendido en el árbol (caso de las piñas de los pinos, por ejemplo).

La evaluación de las distintas fases fenológicas ha experimentado sucesivos cambios metodológicos a lo largo de la serie histórica de estudio, resultando de entre ellas, las más significativas y coherentes la aparición de hoja y la floración; siempre haciendo la salvedad de que se ha considerado que una fase comenzaba cuando lo hacía el 50% de la población muestra.

Al igual que en los casos anteriores, y con objeto de dar una visión lo más amplia posible del fenómeno, se dan para las distintas parcelas de estudio sus valores medios (que pueden contemplarse pormenorizadamente en los correspondientes informes a nivel parcela) para la serie móvil 1999-2014 y los valores correspondientes a la última campaña de muestreo.

Se presentan a continuación y para las fases mencionadas, los valores históricos obtenidos en la Red, de entre ellos el comienzo y fin de fase; su duración o amplitud; el número de días transcurrido entre el 1 de enero y la fecha de inicio de la fase, y –como esbozo de la influencia de la temperatura en el fenómeno- los

días-grado transcurridos desde el 1 de enero (periodo de parada vegetativa) y el comienzo de la fase, obtenido de la estación meteorológica instalada en la parcela.

TABLA 29: Resultados de la evaluación fenológica. Comienzo, final y amplitud de la fase. Días desde el 1 de enero hasta el comienzo de fase. Temperatura acumulada (grados-día) hasta el inicio de fase.

PERIODO 2000-2023										
Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)
005 Ps	09/06	21/07	44	159	702	07/06	03/07	28	157	725
006 Qi	20/05	13/07	54	140	1358	31/05	25/06	25	151	1473
007 Qi	20/04	23/05	36	103	1080	15/04	07/06	50	101	1050
010 Ppa	28/04	08/07	75	118	1533	22/04	30/05	38	112	1415
011 Qs	10/05	20/06	41	130	1474	16/05	15/06	30	136	1531
022 Pn	04/06	20/07	46	155	972	13/06	09/07	26	163	1075
025 Ph	09/05	09/07	61	129	1354	13/04	19/05	36	103	955
026 Qi	07/04	20/05	43	97	914	08/04	24/05	46	98	943
030 Ps	06/06	25/07	49	156	799	03/06	28/06	25	153	739
033 Qpe	08/05	10/06	39	128	631	02/06	27/06	26	152	888
037 Ppr	29/05	10/07	49	149	1112	12/05	11/06	29	132	855
054 Ph	30/04	25/06	55	120	1555	17/03	20/04	34	76	899
102 Ppr	25/04	20/06	62	114	1189	31/03	02/05	32	90	866
115 Fs	01/05	07/06	37	121	536	19/05	17/06	29	139	742

PERIODO 2024										
Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)
005 Ps	27/05	01/07	35	147	668	27/05	01/07	35	147	668
006 Qi	30/07	23/08	24	211	2871	30/09	31/10	31	273	4116
007 Qi	03/04	05/06	63	93	1055	03/04	05/06	63	93	1055
010 Ppa	04/04	03/06	60	94	1285	25/04	03/06	39	115	1664
011 Qs	24/04	05/06	42	114	1277	24/04	24/06	61	114	1277
022 Pn	31/05	05/07	35	151	1153	31/05	05/07	35	151	1153
025 Ph	27/06	05/08	39	178	2486	22/04	30/05	38	112	1354
026 Qi	25/03	23/04	29	84	963	25/03	04/06	71	84	963
030 Ps	30/05	04/07	35	150	848	30/05	04/07	35	150	848
033 Qpe	23/04	29/05	36	113	715	29/05	03/07	35	149	1013
037 Ppr	22/04	01/07	70	112	819	22/04	27/05	35	112	819
054 Ph	30/05	05/08	67	150	2337	18/03	30/05	73	77	1055
102 Ppr	22/04	02/07	71	112	1381	19/03	22/04	34	78	900
115 Fs	26/04	29/05	33	116	677	29/05	03/07	35	149	993

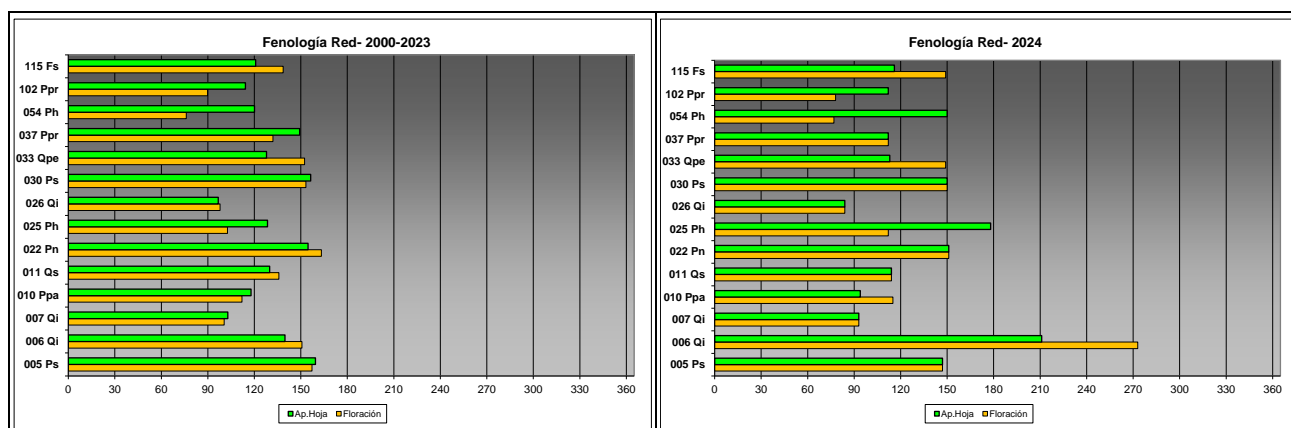


FIG 39: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase. Periodo 1999-2022 y año 2023



FIG 40: Fases fenológicas. Aparición hojas (conífera y frondosa). Floración masculina. Formación de las estructuras masculinas (conífera y frondosa)

1. Por lo que concierne a la fenología de las diferentes especies forestales, se encuentra claramente influenciada por el clima, por lo que su seguimiento puede explicar la reacción de los ecosistemas a las variaciones climáticas, muy particularmente la temperatura y la radiación solar.
2. La brotación y la floración necesitan la superación de un umbral térmico determinado, o temperatura acumulada para dar inicio, y están además fuertemente influenciadas por la temperatura media primaveral. La relación es mayor en la fase de floración, que se revela como la variable fenológica más dependiente de la temperatura.
3. La relación fenología/temperatura primaveral es más fuerte para la brotación en encinas, pino laricio y pino negral, mientras que para la floración, la mayor dependencia se ha encontrado en pino carrasco, piñonero, encina y haya.
4. Habitualmente la brotación más precoz se ha dado en 07Qi y 26Qi, en torno al mes de marzo, mientras que las más tardías son las dos parcelas pobladas por pino silvestre, 05Ps y 30Ps, donde el fenómeno comienza a verse entrado el mes de junio. A lo largo del último año de evaluación se advierte un comportamiento similar al de revisiones anteriores, destacando un importante retraso en la brotación y sobre todo la floración de 06Qi que ha llegado a verse hacia finales de septiembre así como un retraso hasta finales de junio en la aparición de acículas en 25Ph, en ambos casos debido al escaso aporte de agua durante la primavera, así como una segunda floración en 26Qi hacia mediados de diciembre.
5. Las temperaturas acumuladas necesarias para que se inicien las fases son similares entre los fenómenos estudiados, y los menores umbrales corresponden a la floración de las especies caducifolias, haya y roble.
6. La duración de la fase de floración es inferior al tiempo necesario para el desarrollo completo de la hoja y se sitúa en el entorno de los 20 días, y al igual que en el caso anterior, las duraciones son menores en las frondosas caducifolias. Las coníferas necesitan también más tiempo para desplegar por completo sus acículas, situándose en la mayoría de los casos por encima de los 45 días.
7. Incrementos de la temperatura media primaveral de 1°C pueden ocasionar adelantamientos considerables en la fenología de las distintas especies, en torno a 8 días en la brotación y 13 días en la floración. Dado que la actividad de numerosos insectos como los defoliadores o las especies melíferas está muy ligada a la brotación y floración, las variaciones de la temperatura media primaveral explicarían también cambios en su comportamiento.

9. Crecimiento. Cintas diamétricas.

El crecimiento de los árboles es un parámetro ecológico clave sobre el estado forestal, relacionado con factores intrínsecos y extrínsecos al ecosistema y sirve además como indicador próximo a la reacción de árboles y masas a cambios en las condiciones de habitación. Además, y mediante el empleo de técnicas dendrocronológicas, permiten reconstruir el crecimiento en años anteriores y por ende aproximarnos a las condiciones pasadas del ecosistema.

En cada parcela están instalados así 5 dendrómetros o cintas diamétricas desde 1999, ampliadas a 15 en 2010, de quienes se muestran a continuación sus principales resultados. Debido a los fenómenos de movimiento/parada de savia en el interior del tronco en primavera/invierno, el crecimiento no experimenta un incremento continuo entre enero (mínimo del año) y diciembre (máximo del año), sino que tiene además

un movimiento de oscilación más acusada en el momento del inicio de la actividad vegetativa que ha querido evaluarse.

TABLA 30: Valor medio dendrómetros. Crecimiento medio: diferencia en cm y porcentaje entre el máximo y mínimo del año. Oscilación media: diferencia y porcentaje entre los valores de enero y diciembre (o comienzo/fin de año en años incompletos)

PARCELA	1999-2023				2024			
	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)
005 Ps	0,33	0,96	0,33	0,71	0,46	1,25	0,46	0,64
006 Qi	0,14	0,62	0,14	0,51	0,16	0,69	0,16	0,23
007 Qi	0,28	0,59	0,28	0,49	0,29	0,61	0,29	0,45
010 Ppa	0,24	0,82	0,24	0,61	0,20	0,64	0,20	0,59
011 Qs	0,72	1,85	0,72	0,43	0,50	1,20	0,50	1,18
022 Pn	0,14	0,46	0,14	0,32	0,12	0,38	0,12	0,31
025 Ph	0,16	0,66	0,16	0,53	0,08	0,30	0,08	0,08
026 Qi	0,22	0,70	0,22	0,48	0,27	0,79	0,27	0,55
030 Ps	0,20	0,58	0,20	0,40	0,28	0,77	0,28	0,14
033 Qpe	0,16	0,81	0,16	0,67	0,17	0,67	0,17	0,60
037 Ppr	0,28	0,76	0,28	0,60	0,35	0,98	0,35	0,96
054 Ph	0,14	0,32	0,14	0,15	0,16	0,36	0,16	0,26
102 Ppr	0,30	0,72	0,30	0,59	0,24	0,51	0,24	0,48
115 Fs	0,30	0,66	0,30	0,60	0,36	0,75	0,36	0,71

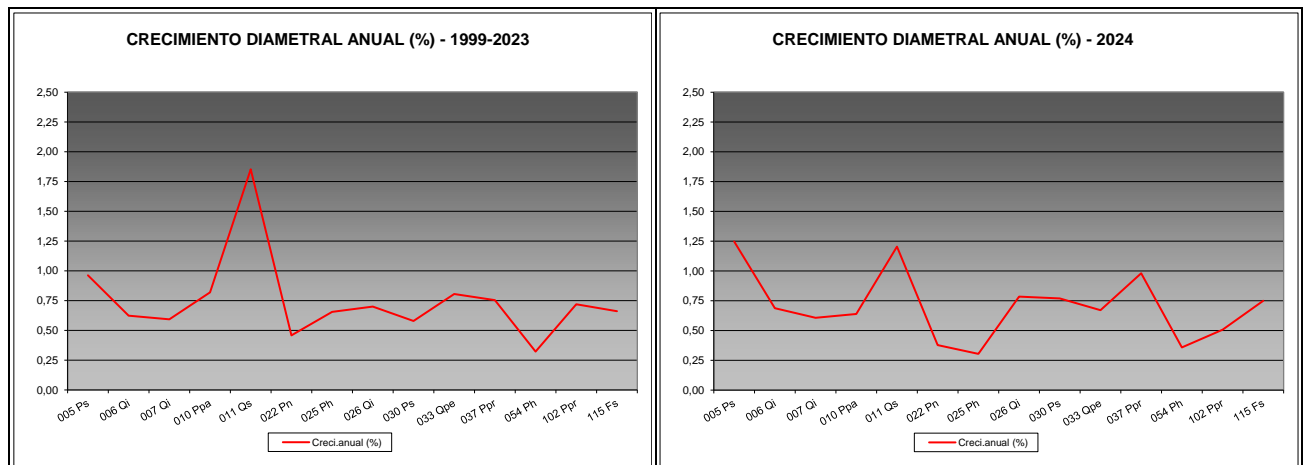


FIG 41: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

La variable crecimiento debe abordarse más desde una escala parcela que a escala nacional, aunque por regla general oscila entre un 0,28 y un 1,18% anual, con mayor variabilidad en los alcornoques, sometidos a descorche, tal como ocurrió en 11Qs durante 2021.

10. Meteorología.

Se presenta a continuación un resumen de las principales variables meteorológicas recogidas en la red, de los datos disponibles en el sistema en el momento de la redacción del presente informe. Cabe hacer constar, por lo que se refiere a la meteorología, que los datos correspondientes a 2012 abarcan sólo el periodo enero-julio. Como en apartados anteriores y con el fin de caracterizar las series, se compara los resultados del último año con la media móvil del periodo precedente.

TABLA 31: Parámetros meteorológicos básicos. Medias del periodo referido de las variables. Precipitación anual. Temperatura media anual, máxima de las máximas, mínima de las mínimas, media de las máximas, media de las mínimas. Radiación solar media. Humedad relativa media. Velocidad del viento media y máxima.

PERIODO 1997-2023										
PARCELA	Prec	T med	T MAX	T MIN	T max	T min	Rad med	HR med	V viento med	V viento max
	(mm)	(°C)					(W/m ²)	(%)	(m/s)	
005 Ps	1092	8,0	29,3	-11,8	12,4	4,2	227,7	64,6	1,5	30,7
006 Qi	635	13,4	35,0	-4,2	19,2	8,3	171,3	61,1	3,3	21,9
007 Qi	606	17,2	43,2	-5,3	24,3	10,7	201,3	63,7	1,9	13,7
010 Ppa	521	16,9	39,2	-2,6	23,3	10,4	224,4	69,1	3,2	28,4
011 Qs	739	15,5	38,6	-7,9	21,8	6,8	157,4	68,8	1,9	23,3
022 Pn	522	9,7	31,7	-9,1	15,5	4,8	157,6	63,3	1,3	21,3
025 Ph	361	15,2	36,2	-2,4	19,5	11,0	174,7	65,6	2,1	23,9
026 Qi	614	16,0	39,6	-4,2	21,8	10,6	232,1	65,6	1,6	21,8
030 Ps	762	7,5	33,6	-15,1	15,8	-0,2	174,1	73,7	1,5	25,2
033 Qpe	1187	8,9	31,5	-11,2	14,1	3,6	166,3	69,7	1,9	33,6
037 Ppr	425	11,1	38,1	-13,2	19,0	2,4	193,6	67,7	1,4	21,9
054 Ph	487	18,0	37,8	1,1	22,3	14,2	194,5	74,4	2,2	13,3
102 Ppr	2259	13,5	35,1	-2,6	18,6	9,2	131,1	82,1	1,5	32,8
115 Fs	1879	9,3	32,5	-9,3	15,0	4,2	148,8	82,4	1,8	24,5

PERIODO 2024										
PARCELA	Prec	T med	T MAX	T MIN	T max	T min	Rad med	HR med	V viento med	V viento max
	(mm)	(°C)					(W/m ²)	(%)	(m/s)	
005 Ps	1319	8,5	28,8	-7,6	12,7	5,0	231,9	68,1	1,3	74,5
006 Qi	910	13,9	36,1	-3,9	19,8	8,7	175,9	68,2	3,5	34,4
007 Qi	788	17,7	43,2	-3,3	24,5	11,3	200,3	65,4	1,7	6,6
010 Ppa	610	17,6	40,5	-1,3	24,4	11,0	321,5	73,0	2,4	29,5
011 Qs	802	16,4	41,3	-2,2	22,7	10,1	115,7	87,5	4,6	17,8
022 Pn	550	10,9	34,0	-7,7	16,8	6,0	142,3	65,0	1,0	21,2
025 Ph	292	16,1	37,9	1,3	20,6	12,5	144,4	70,3	1,3	23,1
026 Qi	860	17,6	41,4	0,4	23,5	12,4	241,5	75,6	1,1	19,3
030 Ps	998	9,1	35,0	-10,6	17,2	1,6	159,6	77,7	1,0	24,6
033 Qpe	1546	9,9	32,5	-9,8	15,2	4,9	187,6	71,1	1,7	31,3
037 Ppr	539	12,0	38,8	-12,2	20,1	4,3	187,3	69,5	1,2	21,2
054 Ph	353	19,0	35,7	4,6	24,0	15,2	186,8	73,7	2,2	18,2
102 Ppr	3254	15,2	36,4	-1,7	20,2	10,9	156,1	76,3	1,2	24,2
115 Fs	2257	9,7	34,3	-8,2	15,0	4,7	137,1	86,7	1,3	25,0

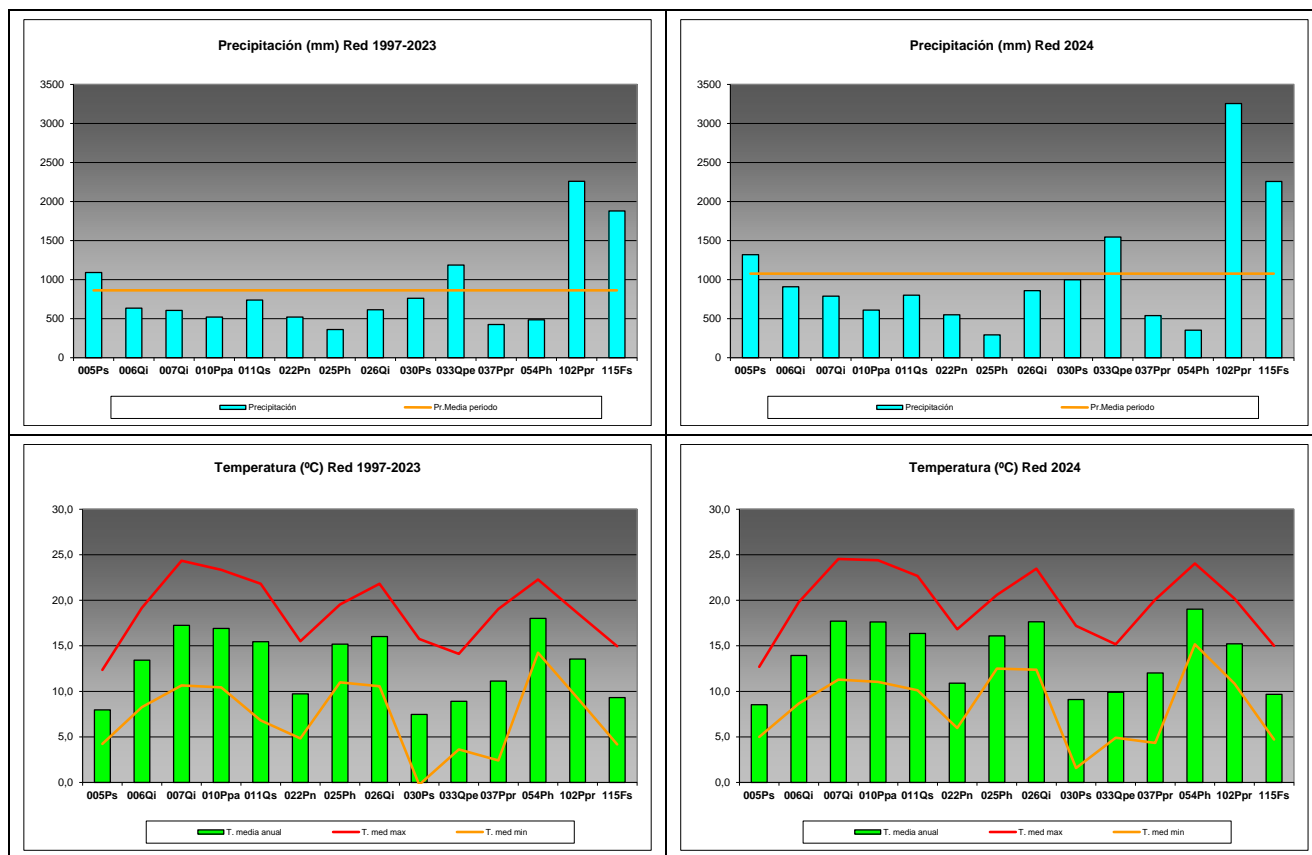


FIG 42: Principales variables meteorológicas.

Los principales factores de estrés climático se han incorporado a los correspondientes informes a escala parcela, donde puede consultarse su evolución histórica, no teniendo tanto sentido su análisis a escala nacional.

11. Índice de Área Foliar.

Las hojas representan la mayor proporción de superficie del bosque y también la principal superficie para el intercambio fisiológico con la atmósfera. Procesos como la fotosíntesis, captación de carbono y su asimilación, transpiración o la emisión de compuestos orgánicos volátiles son casi exclusivamente desarrollados en la superficie foliar. La necesidad de conocer, cuantificar y simular estas interacciones mediante modelos ha llevado a una creciente demanda de información fiable sobre la superficie foliar y el área que ocupan en las copas de los árboles.

El Índice de Área Foliar (Leaf Area Index o LAI) es un parámetro adimensional que se define como el área total de la superficie superior de las hojas por área de unidad de terreno que se encuentre directamente debajo de la planta. El LAI permite estimar la capacidad fotosintética de la vegetación y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada.

Su medición se efectúa anualmente en época de máxima foliación (generalmente a lo largo del verano) en todas las parcelas, y adicionalmente en invierno en aquellas pobladas por frondosas, mediante

fotografía hemisférica situada en 16 ubicaciones fijas en cada parcela siguiendo una cuadrícula preestablecida, tratada posteriormente mediante software específico. Las evaluaciones han quedado normalizadas a partir de 2014, incluyéndose en el presente informe los datos disponibles a partir de dicha fecha, con la salvedad de haber corregido por un algoritmo más exacto a partir de 2016, de acuerdo con las actualizaciones del manual, a lo que pueden atribuirse parte de las variaciones interanuales.

Se toman las fotografías en condiciones de luz que eviten los reflejos cuando los haces de luz penetran por los huecos de la vegetación. Las condiciones idóneas son con el cielo uniformemente cubierto o bien en momentos del día sin luz solar directa (alba u ocaso). Del mismo modo se ha de evitar cualquier tipo de precipitación que origine gotas sobre la lente, la niebla, nieve acumulada en los árboles así como viento fuerte que provoque el movimiento de ramillos desvirtuando el área de hojas (acículas) y ramas.



FIG 43: Medición en campo del parámetro LAI. Cuadrícula de observación. Cámara hemisférica. Fotografía del vuelo.

Las mediciones medias obtenidas en las distintas parcelas desde 2014, año en que se homogeneizaron los procedimientos del Manual de Campo, se refieren en la siguiente tabla. Las diferencias habidas en 2016 con respecto al bienio precedente se deben a una actualización de los algoritmos de cálculo.

TABLA 32: Índice de Área Foliar (LAI) por parcela y año de medición

PARCELA	2014-2023			2024		
	Med	Max	Min	Med	Max	Min
005 Ps	2,71	4,92	1,40	2,94	3,63	2,74
006 Qi	1,47	2,18	1,04	1,35	1,56	1,08
007 Qi	0,89	4,02	0,47	1,01	2,47	0,50
010 Ppa	1,81	3,35	0,90	2,04	2,40	1,71
011 Qs	1,23	1,86	0,75	1,38	1,66	1,06
022 Pn	1,80	2,54	1,06	1,55	1,85	1,28
025 Ph	1,63	3,42	0,89	1,43	1,67	1,24
026 Qi	1,09	5,89	0,41	0,78	1,74	0,17
030 Ps	2,18	3,01	1,00	2,30	2,50	2,12
033 Qpe	1,31	1,89	1,03	1,16	1,34	1,04
037 Ppr	1,31	4,55	0,51	1,18	1,46	0,96
054 Ph	2,00	4,23	0,87	2,11	2,99	1,59
102 Ppr	1,97	3,33	0,93	2,53	3,58	1,89
115 Fs	1,98	2,79	1,04	2,02	2,47	1,49

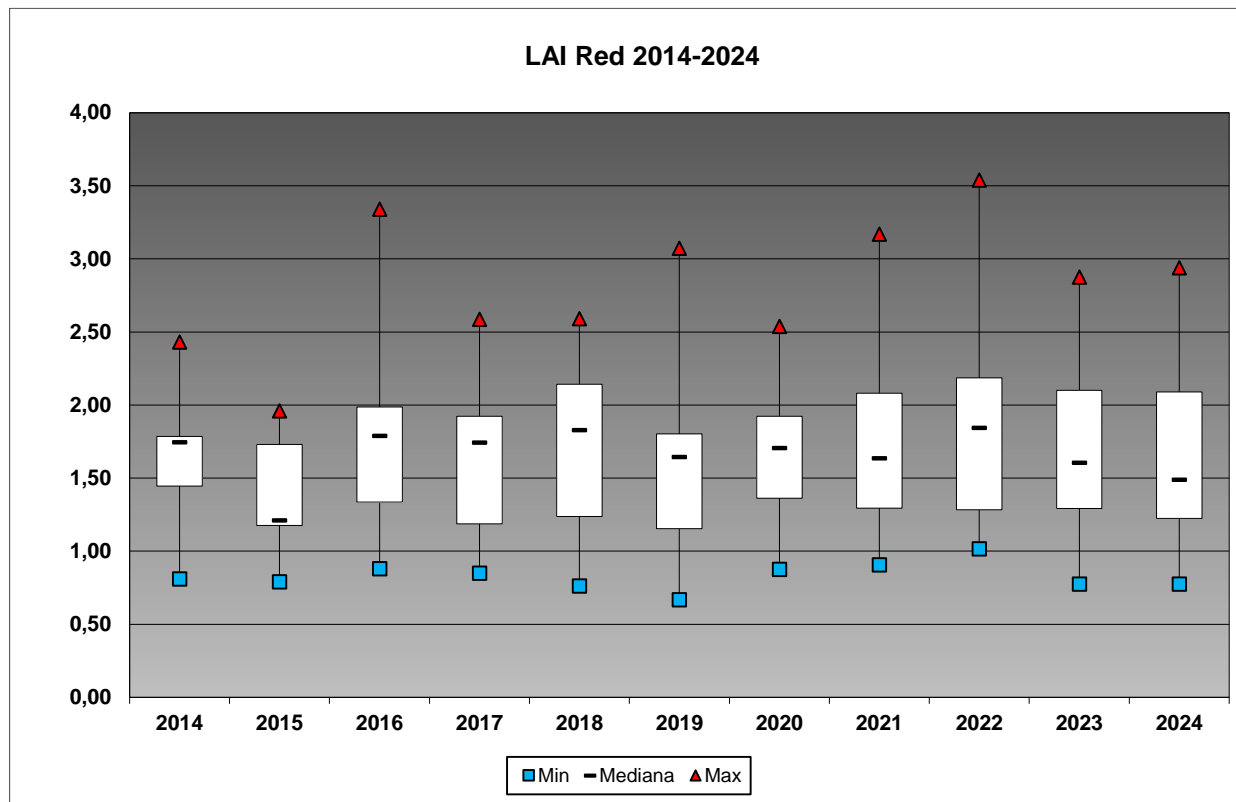


FIG 44: Diagrama de cajas LAI anual

12. Solución del Suelo.

La solución del suelo es la componente acuosa del mismo a saturación o capacidad de campo y expresa el contenido en nutrientes o posibles contaminantes que puede absorber el ecosistema por vía radical. La obtención de muestra en climas mediterráneos se ve dificultada por la irregularidad de las precipitaciones, lo que disminuye los periodos en que el suelo se encuentra saturado. Las bajas temperaturas pueden también inmovilizar el agua contenida en el suelo impidiendo su extracción, así como las condiciones edáficas particulares (granulometría, existencia de planos de drenaje,...), por lo que la obtención de las muestras empleadas para análisis es mucho más errática que en otro tipo de inventarios. Por esta razón, no se obtienen muestras en todas las parcelas, sino en aquellas que por sus características parecía a priori que resultara más fácil la obtención de solución del suelo. De acuerdo con la normativa, se toma muestra de agua a dos profundidades, 20 y 60 cm mediante lisímetros de tensión por vacío. Tratando de obviar estas dificultades, a lo largo de 2018 se ha instalado un lisímetro de gravedad en la parcela 05Ps y se han complementado el resto mediante bombas programables de extracción en continuo. Los resultados del lisímetro de gravedad no se han incorporado a las tablas de resultados por estar operativos únicamente durante unos meses.

Se caracteriza a continuación la solución del suelo en las distintas parcelas instrumentadas para esta variable, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la serie histórica estudiada, haciendo la salvedad de que se trata de años completos, a excepción de los años 2012 (enero-julio) y 2014 (abril-diciembre), por lo que caben ciertas anomalías. Cabe hacer constar también que los resultados

correspondientes a 33Qpe para el periodo 2000-2017 se refiere a un escaso número de muestras por lo que no pueden considerarse representativos del periodo.

TABLA 33: Resultados de análisis de la solución del suelo por año. Datos medios (ponderados por volumen desde 2019) referidos a las dos profundidades de toma de muestra, 20 y 60 cm de profundidad. Ntotal, DOC, Al, Mn y Fe analizados desde 2020.

PERIODO 2000-2022										
Parcela	pH	Cond (μS/cm)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	N(NH4) (mg/l)	Cl (mg/l)	N(NO3) (mg/l)	S(SO4) (mg/l)
005Ps	6,52	29,58	36,18	4,11	1,49	1,85	1,65	5,80	0,44	0,77
030Ps	7,12	79,56	59,42	11,22	6,74	2,65	0,34	5,40	1,49	1,61
033Qpe	6,28	43,01	1,60	8,00	0,97	1,58	0,15	3,40	0,10	0,62
102Ppr	6,95	146,98	1,62	19,36	1,32	6,19	0,90	12,35	0,66	1,80
115Fs	5,87	43,96	12,63	1,57	0,63	1,61	0,63	3,12	0,24	0,64

PERIODO 2000-2022						
Parcela	Alcalinidad (μeq/l)	Ntotal (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
005Ps	62,56	0,39	5,37	0,12	0,02	0,03
030Ps	348,52	0,46	14,12	0,47	0,01	0,44
033Qpe	189,19	0,58	15,04	0,26	0,02	0,07
102Ppr	1218,89	1,83	16,17	0,13	0,00	0,05
115Fs	46,78	0,38	4,81	0,11	0,01	0,01

PERIODO 2023										
Parcela	pH	Cond (μS/cm)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	N(NH4) (mg/l)	Cl (mg/l)	N(NO3) (mg/l)	S(SO4) (mg/l)
005Ps	6,60	17,70	0,38	1,19	0,25	1,59	0,01	1,70	0,04	0,22
030Ps	6,77	93,04	2,47	6,70	3,25	2,35	0,06	6,18	0,01	1,67
033Qpe	6,29	36,65	0,70	4,96	0,70	0,93	0,01	2,48	0,01	0,87
102Ppr	8,00	183,34	0,24	34,51	0,97	5,17	0,23	14,57	0,07	1,33
115Fs	5,77	15,52	0,28	0,76	0,24	1,64	0,01	2,22	0,01	0,45

PERIODO 2023						
Parcela	Alcalinidad (μeq/l)	Ntotal (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
005Ps	65,05	0,34	5,52	0,11	0,01	0,02
030Ps	280,39	0,50	14,60	0,37	0,01	0,34
033Qpe	84,78	0,35	8,82	0,17	0,02	0,03
102Ppr	1384,75	0,75	15,63	0,11	0,00	0,04
115Fs	10,81	0,34	3,96	0,10	0,01	0,00



FIG 45: Lisímetros de tensión para extracción de agua del suelo y bomba de vacío. Lisímetro de gravedad, zanja de drenaje y toma de muestras.

Los resultados pormenorizados para cada parcela pueden consultarse en los correspondientes informes individuales. Cabe mencionar como tendencia general de esta variable que las concentraciones de los distintos elementos son superiores a las correspondientes a la deposición bajo cubierta arbórea, a medida que van incorporándose los solutos a la solución del suelo.

13. Memoria detallada de cada una de las parcelas de la Red.

Para cada una de las parcelas que forman la Red Europea de Nivel II, se ha elaborado una memoria estructurada en los siguientes apartados:

13.1. Situación de la parcela.

- ✓ Clasificación según Rivas Martínez
- ✓ Coordenadas, altitud, pendiente y orientación
- ✓ Situación, ortofoto y vistas generales

13.2. Caracterización de la parcela.

- ✓ Clasificación climática
- ✓ Clasificación edafológica y descripción de perfiles
- ✓ Vegetación actual y potencial
- ✓ Caracterización forestal y dasométrica

13.3. Estado fitosanitario.

- ✓ Defoliación y decoloración
- ✓ Daños forestales y relación con los parámetros de daños (defoliación y decoloración) y dasométricos de los pies afectados y comparación con los valores medios de la parcela.
- ✓ Síntomas y signos observados y relación con los parámetros de daños (defoliación y decoloración) y dasométricos de los pies afectados y comparación con los valores medios de la parcela.
- ✓ Relación entre agentes de daño, síntomas y signos
- ✓ Fotografías más representativas de daños, síntomas y signos.

13.4. Instrumentación.

- ✓ Equipos de medida instalados

13.5. Deposición.

- ✓ Caracterización de la deposición sobre la parcela

13.6. Calidad del aire. Inmisión

- ✓ Caracterización de la concentración de contaminantes en el aire

13.7. Análisis foliar.

- ✓ Macronutrientes
- ✓ Micronutrientes

13.8. Desfronde.

- ✓ Caracterización del desfronde o litterfall

13.9. Fenología.

- ✓ Caracterización fenológica de la vegetación

13.10. Crecimiento. Cintas diamétricas

- ✓ Caracterización del crecimiento en los árboles seleccionados de la parcela

13.11. Meteorología

- ✓ Principales variables meteorológicas obtenidas en la estación de la parcela.

13.12. Índice de Área Foliar (LAI)

- ✓ Caracterización del Índice de Área Foliar de cada parcela.

13.13. Solución del Suelo.

- ✓ Caracterización del complejo de agua del suelo a capacidad de campo (en las parcelas dotadas de lisímetros para su obtención).

La memoria correspondiente a cada una de las parcelas de la red puede consultarse en la página web:

https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/inventarios-nacionales/redes-europeas-seguimiento-bosques/red_nivel_II_resultados.aspx

En la misma página web están disponibles para su consulta la base de datos histórica de la Red de Nivel II.

Los proyectos de investigación o publicaciones científicas en que han participado las redes europeas de seguimiento de daños forestales, Redes de Nivel I y II se reflejan en la publicación web:

<http://icp-forests.net/page/scientific-publications>