

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

RED DE NIVEL II MEMORIA – 2021

MEMORIA

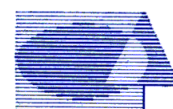
20
21

 ICP Forests



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, Belén Torres, María Dolores Pasalodos (DGDRiYPF-AIEF).

Realización: TECMENA, S.L

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

Inspección de campo: Belén Torres, María Dolores Pasalodos (DGDRiYPF-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	15
4. Deposición atmosférica	21
4.1. Variables analizadas	23
4.2. Principales resultados	25
4.2.1. pH	25
4.2.2. Conductividad	28
4.2.3. Potasio	30
4.2.4. Calcio	32
4.2.5. Magnesio	34
4.2.6. Sodio	36
4.2.7. Amonio	38
4.2.8. Cloro	40
4.2.9. Nitratos	42
4.2.10. Sulfatos	44
4.2.11. Alcalinidad	46
4.2.12. Nitrógeno total	48
4.2.13. Carbono orgánico disuelto	50
4.2.14. Aluminio	51
4.2.15. Manganeseo	52
4.2.16. Hierro	53
4.3. Interpretación de resultados	53
5. Calidad del aire. Inmisión	55
6. Análisis foliar	59
6.1. Caracterización de los árboles muestra	59
6.2. Variables de medición	60
6.3. Principales resultados	61
6.3.1. Peso seco	61
6.3.2. Nitrógeno	62
6.3.3. Azufre	63
6.3.4. Fósforo	65
6.3.5. Calcio	66
6.3.6. Potasio	68
6.3.7. Carbono	69
6.4. Interpretación de resultados	70
7. Desfronde	71
8. Fenología	76
9. Crecimiento. Cintas diamétricas	80
10. Meteorología	81
11. Índice de Area Foliar	83
12. Solución del suelo	85
13. Memoria detallada de las parcelas de la Red	87

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. *Pinus*
FIG 5: Defoliación media por especies (coníferas)
FIG 6: Modelos de defoliación Gen. *Quercus*
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 interactúan, 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 eran 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 son visitadas 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)
- ✓ 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 2021 y el histórico hasta 2020-2021 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.

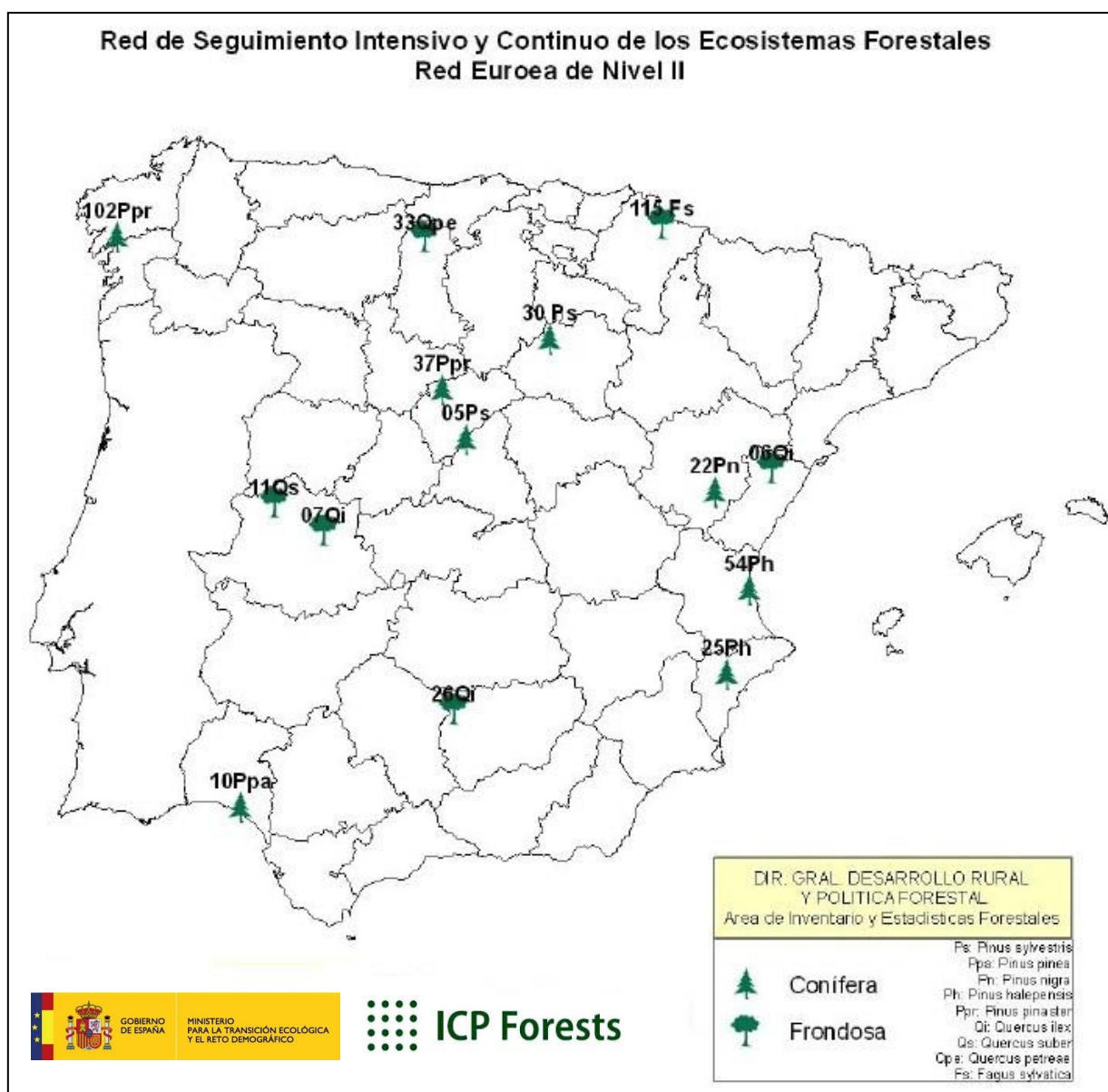


FIG 1: Distribución de las parcelas de la Red de Nivel II en España

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	PROVINCIA	COMUNIDAD AUTONOMA
<i>Fagus sylvatica</i>	115Fs	NAVARRA	NAVARRA
<i>Pinus halepensis</i>	25Ph	ALICANTE	C. VALENCIANA
	54Ph	VALENCIA	C. VALENCIANA
<i>Pinus nigra</i>	22Pn	TERUEL	ARAGON
<i>Pinus pinaster</i>	37Ppr	SEGOVIA	CASTILLA-LEON
	102Ppr	LA CORUÑA	GALICIA
<i>Pinus pinea</i>	10Ppa	HUELVA	ANDALUCIA
<i>Pinus sylvestris</i>	05Ps	SEGOVIA	CASTILLA-LEON
	30Ps	SORIA	CASTILLA-LEON
<i>Quercus ilex</i>	26Qi	JAEN	ANDALUCIA
	06Qi	CASTELLON	C. VALENCIANA
	07Qi	CACERES	EXTREMADURA
<i>Quercus petraea</i>	33Qpe	PALENCIA	CASTILLA-LEON
<i>Quercus suber</i>	11Qs	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 catalanídico 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 2021, 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 “muy cálido”, superándose en cerca de 0,5°C el valor medio del periodo normal 1961-2010 y alcanzando el décimo valor mayor del intervalo, lo que supone una ligera mejoría respecto al año previo, pero haciendo constar que se encadenan ya ocho

años seguidos con temperaturas por encima de la media histórica. En cuanto a la precipitación, se ha tratado de un año seco, con registros inferiores al valor medio del periodo.

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. 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 una situación bastante estable con respecto al año anterior, con la mayoría de las parcelas calificadas con daños ligeros, en lo que supone una buena distribución dentro de la serie histórica. Las parcelas con mayores defoliaciones son 07Qi (Cáceres), donde continúan viéndose daños salpicados por seca, y 37Ppr (Segovia), muy afectada por muérdago.
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 una mejoría o estabilización del arbolado tras un periodo 2014-2017 en el que los pies evaluados han presentado defoliaciones más elevadas
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. El fenómeno continúa observándose durante la evaluación del año en curso, viéndose afectadas hayas y robles.
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 considerablemente, apareciendo de forma ligera en unos pocos pies aislados de varias parcelas.

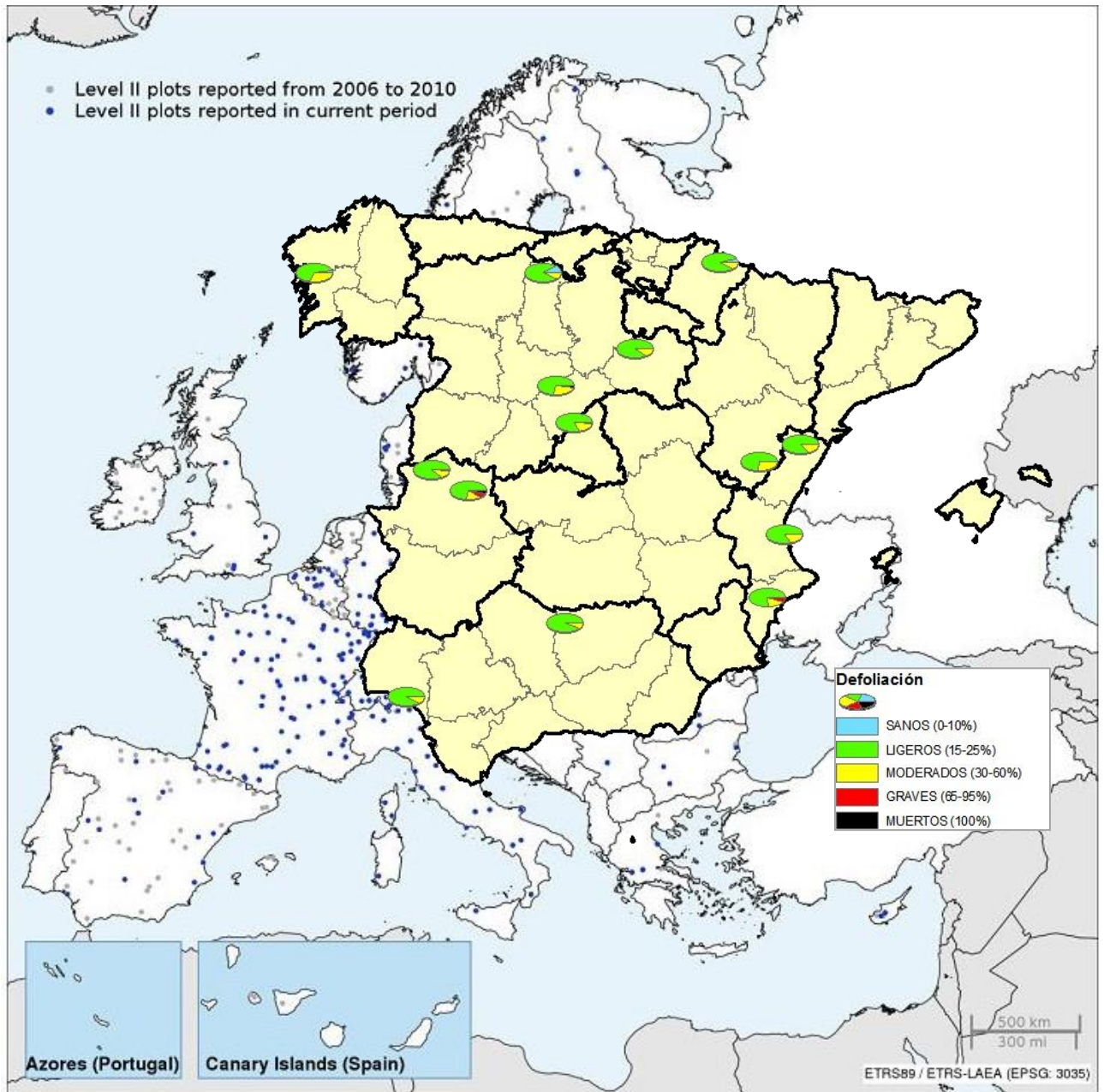


FIG 2: Red de Nivel II España 2021: distribución del arbolado por clases de defoliación

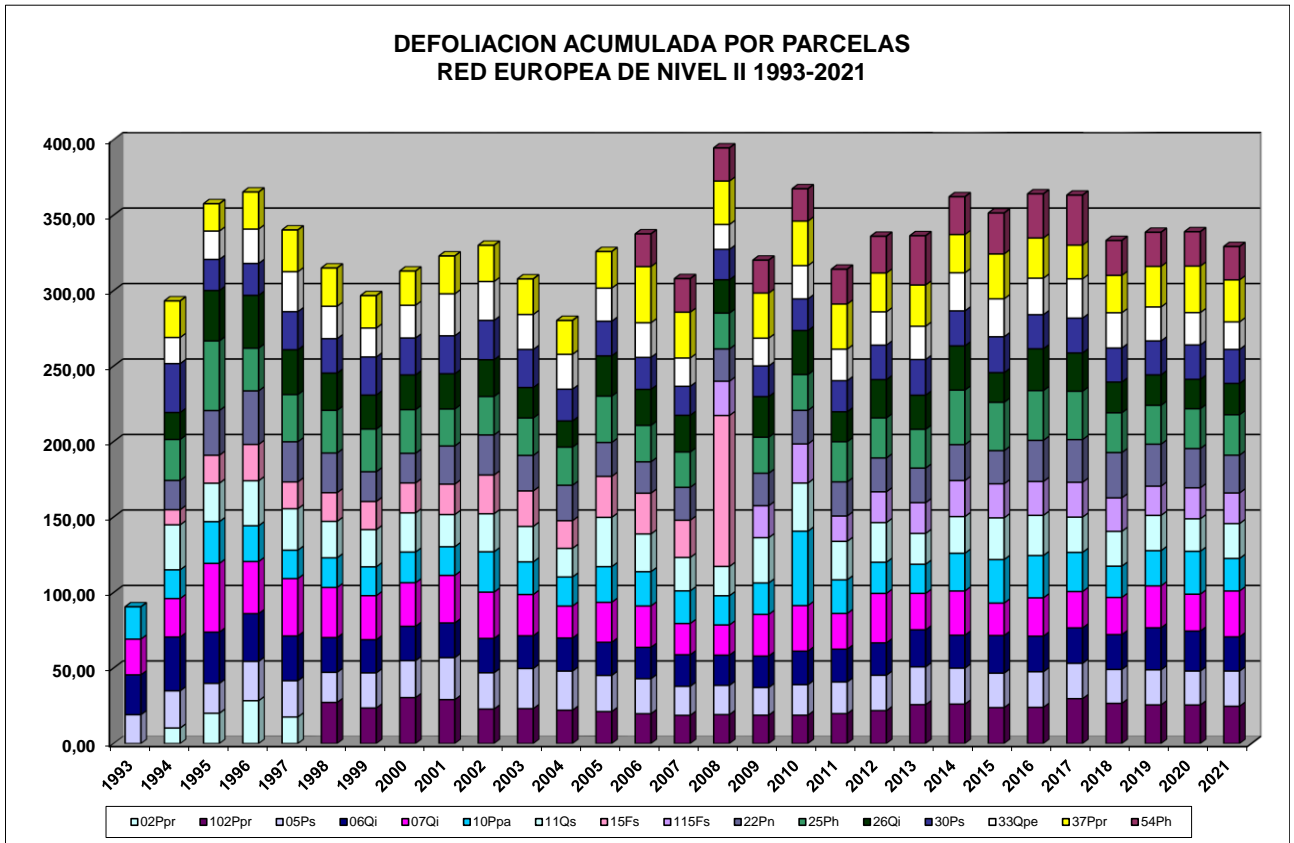


FIG 3: Defoliación (%) acumulada por parcelas y años. Indica las condiciones generales de la Red en un año determinado

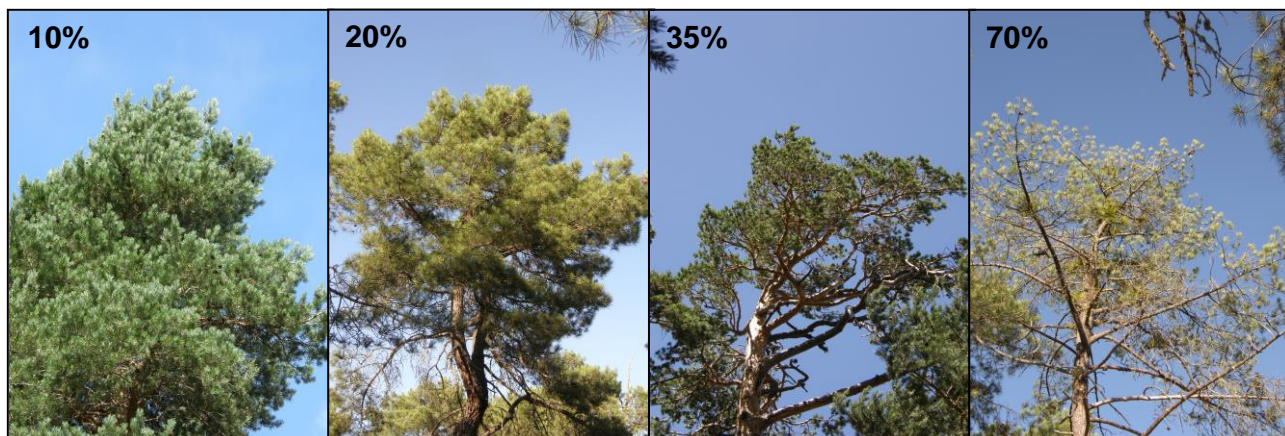


FIG 4: Modelos de defoliación. Gen. *Pinus*

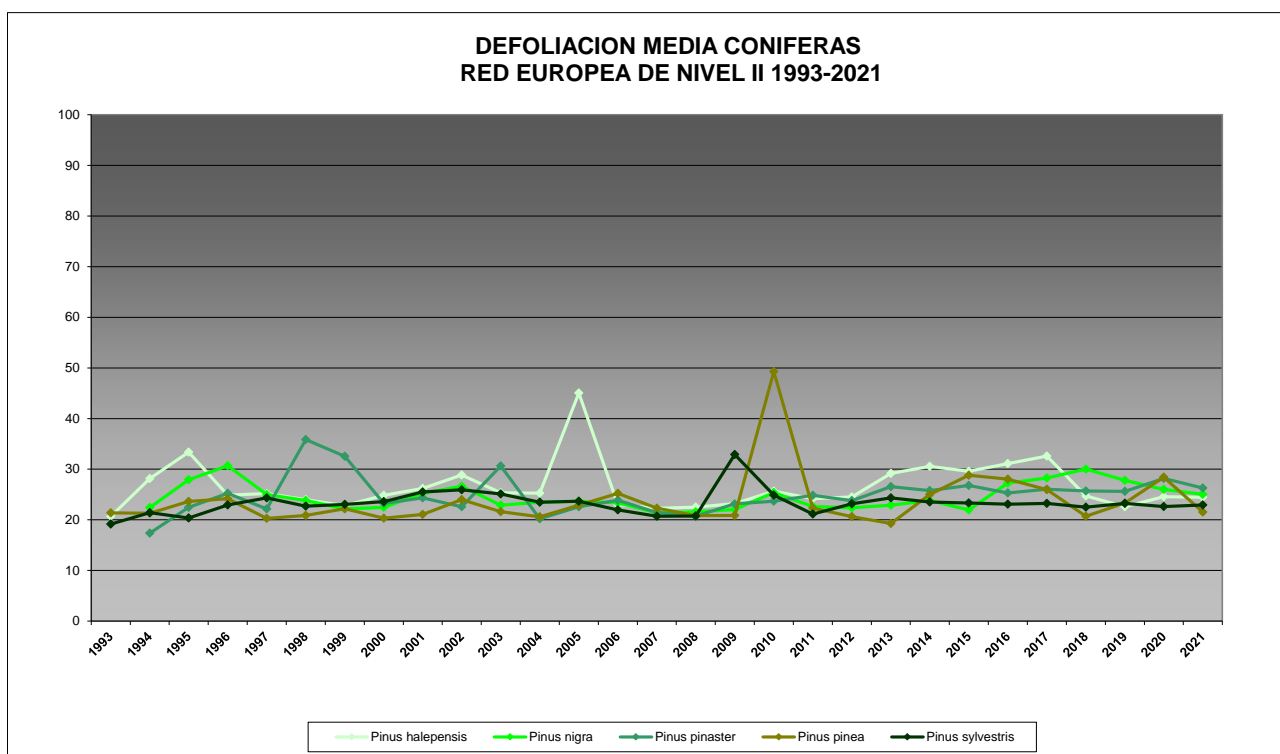


FIG 5: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Coníferas)

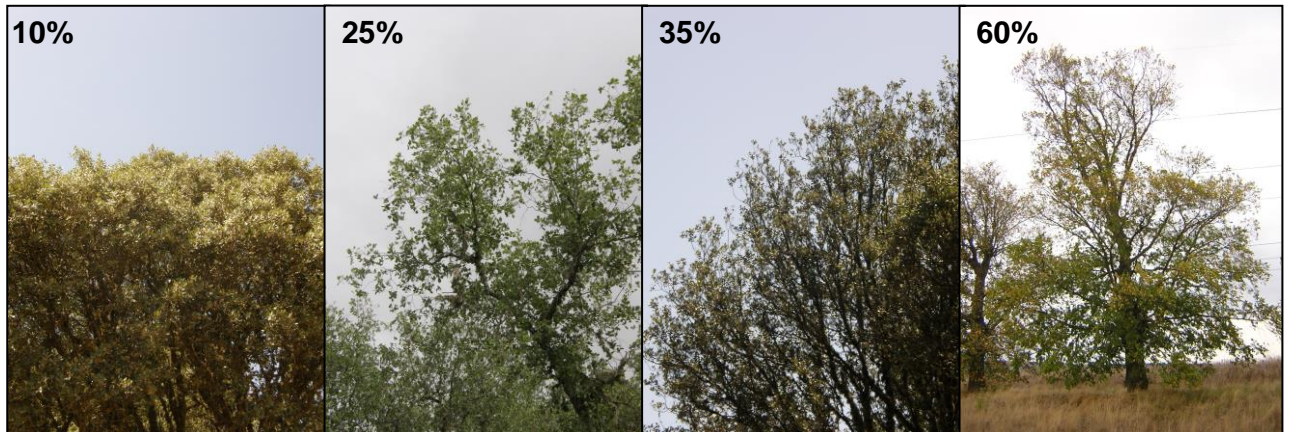


FIG 6: Modelos de defoliación. Gen. *Quercus*

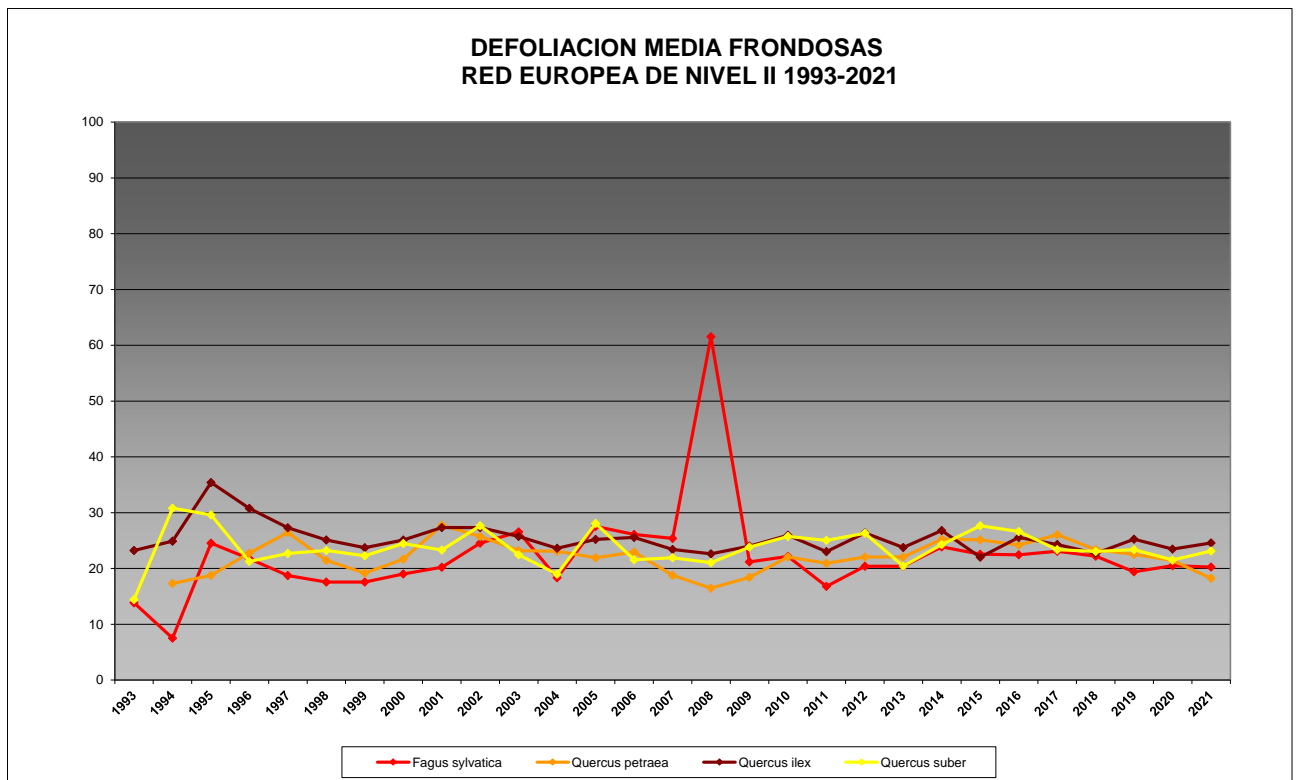


FIG 7: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Frondosas)

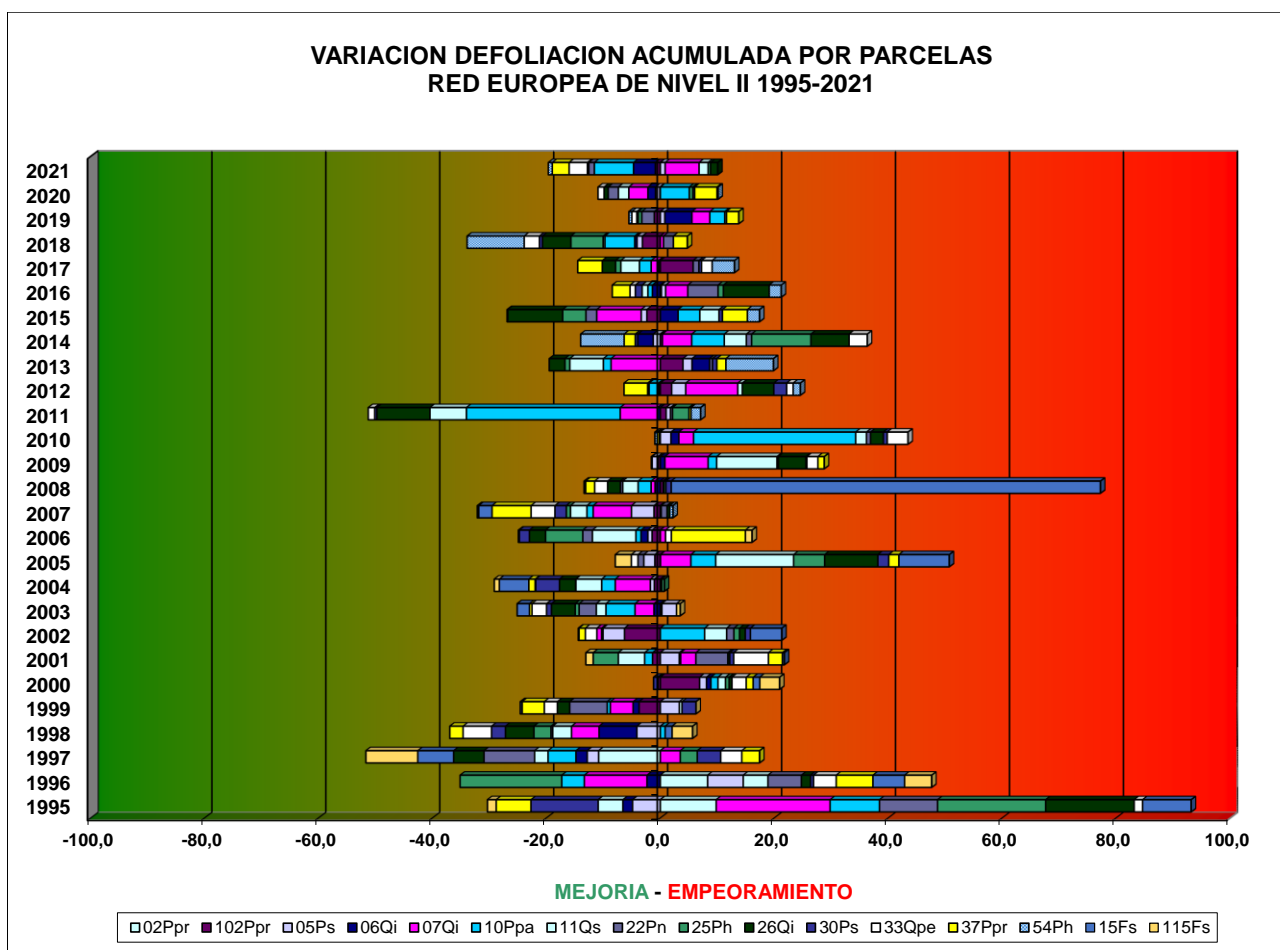


FIG 9: Comportamiento anual del conjunto de variaciones de la defoliación. El desplazamiento hacia la izquierda o derecha del eje de ordenadas indica la tendencia general a la mejoría o empeoramiento respectivamente en un año determinado con respecto al precedente.

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 golpe de calor, asociados a defoliaciones prematuras y distintas decoloraciones amarillentas en las acículas. El rasgo más sobresaliente de la presente revisión es una reducción del nivel general de insectos, reduciéndose la afección por *Tomicus destruens*, de quien continúan viéndose los típicos ramillos muertos caídos por el suelo y agujereados en la base, típicos de alimentación de maduración sexual del insecto, defoliadores braquiderinos, asociados a las características mordeduras en diente de sierra a lo largo del margen foliar, presencia relativamente frecuente de chupadores y minadores, y más salpicada de *Dioryctria splendidella*, asociada a perforaciones en los troncos acompañadas del serrín rojizo que sale de la galería. 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 y que aumenta ligeramente a lo largo de este año; 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 casi la cuarta parte del arbolado, aumentando respecto a la revisión anterior, y cuya ciclicidad y apetencia por esta especie de pinos es bien conocida, así como bandeados verde-amarillentos ligados a la creciente 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 nivel casi testimonial. En la presente revisión se ven decoloraciones esporádicas en las acículas de mayor edad debido a las elevadas temperaturas del verano, junto con alguna rama desgajada debido a la acción del viento. Se advierten también algunas punteaduras necróticas que podrían estar ligadas a la acción de algún contaminante de tipo aerosol, que se incrementan respecto a la revisión anterior.
3. En cuanto al conjunto de daños observados sobre *Pinus pinaster* destacan 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 los efectos debilitadores en años de sequía sobre un pinar asentado en un suelo de naturaleza arenosa y con escasa capacidad de retención de agua han aumentado en la revisión del año en curso; 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. 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, bandeados salpicados debidos a la acción de insectos chupadores, , unas pocas escamaciones blanquecinas debidas a la acción del chupador *Leucaspis pini* y la aparición del mordeduras foliares por el coleóptero *Anoxia australis* tal como ya se observara el año anterior; junto con algunos hongos xilófagos como *Phellinus pini* y resinosis asociadas a la acción de *Sphaeropsis sapinea* en las ubicaciones más húmedas, así como un incremento del hongo foliar *Leptostroma rostrupii*. Se advierten también daños ligados a la acción de contaminantes atmosféricos, así como daños por falta de luz o exceso de competencia.
4. La cohorte de daños observados sobre *Pinus pinea* es más reducida, destacando, la ausencia de procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, de la que ya el año pasado no se encontraron puestas del año, sino rastros del invierno previo, 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. También de forma más atenuada aparece el insecto perforador *Tomicus destruens* asociado a algún ramillo terminal seco, con una presencia casi testimonial, lo que continúa poniendo de manifiesto la utilidad de las cortas de policía (y posterior retirada de residuos) que se han efectuado en toda la zona tras el incendio de Moguer (Huelva) que dejó pies muy debilitados, tradicional foco de atracción y colonización para este tipo de insectos. La afcción del arbolado muestra ha caído así desde un 16% post-incendio al 1% actual. 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.
5. En *Pinus sylvestris* se advierte un ligero incremento en la actividad del perforador *Tomicus minor*, más acusada en el caso de los insectos chupadores, presentes en algo menos de la quinta parte del arbolado muestra, disminución en general del nivel de actividad de los defoliadores braquiderinos y

presencia de algún daño por *Diprion pini*, defoliador con un comportamiento muy errático, y que tras largos periodos de latencia experimenta una brusca reactivación, capaz de dar oleadas de importantes ataques de 2-3 años de duración, para desaparecer a continuación, posiblemente debido al incremento del complejo de predadores y parasitoides que son capaces de controlarle, en un mecanismo de acción ya observado en la Sierra de Guadarrama durante 1998-2002. 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. Se han observado también puntaduras necróticas amarillentas en acículas de años previos, lo que podría indicar la acción de algún contaminante 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 aumenta considerablemente respecto a la revisión anterior, afectando a la práctica totalidad del arbolado muestra, así como una presencia más ligera de agallícolas tales como *Mikiola fagi*, sin que se advierta en la presente revisión la presencia del pulgón *Phyllaphis fagi*, bastante extendido durante la revisión del año previo. Son relativamente frecuentes también los hongos de pudrición en los troncos, favorecidos por la humedad de la estación, mientras se reducen los pies con síntomas de sequía o calor. Se registran también algunos daños mecánicos salpicados debidos a la acción del viento.
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 tortrícidos, que en algún caso han llegado a dañar la brotación incipiente; en un nivel de afección muy similar al de la revisión del año previo. Destacan también –aunque están menos representados– los perforadores, sobre todo *Coroebus florentinus* de quien se ven los habituales fognazos rojos causados por el anillamiento de ramillas laterales, así como agallas de *Dryomyia lischtensteini* también en niveles similares a los del año previo. Se advierte también la presencia de los típicos ramillos distales puntisecos debidos a la acción de *Botryosphaeria stevensii* (*Diplodia mutila*) algo más extendidos, 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*, junto con daños más o menos generalizados por las elevadas temperaturas del periodo estival. Se advierte también proliferación de hiedras en los troncos en un síntoma típico de los encinares más húmedos y que pueden llegar a alcanzar la copa principal poniendo en peligro su supervivencia; así como daños esporádicos por bacterias como *Brenneria quercina* o *Agrobacterium tumefaciens* y en menor medida daños salpicados por falta de luz, así como daños mecánicos esporádicos debidos a nevadas, ya cicatrizados en la mayoría de los casos.
8. Sobre *Quercus petraea* y como ya sucediera en anteriores revisiones, están ampliamente representados los defoliadores tortrícidos y los chupadores que se incrementan 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* presentes en buena parte de los pies; así como daños mecánicos y de falta de luz salpicados por las copas.
9. En los alcornos, *Quercus suber*, el rasgo más patente de la revisión del año en curso es el descorche de todos los pies evaluados, dentro del normal aprovechamiento forestal del monte en el

que se encuentra la parcela, y que se efectúa con periodicidad decenal. Se incrementan así notablemente los insectos perforadores, no tanto por un mayor nivel de actividad, sino porque la retirada del corcho permite observarlos más fácilmente, destacando las galerías ocasionadas por *Coroebus undatus* y la presencia de *Cerambyx wellensii* asociado a alguna muerte o derribo del árbol afectado por reducir la sección resistente del tronco. Están también muy extendidas las mordeduras en el margen y limbo foliares debidas a la acción de defoliadores tortricidos, agallas de *Andricus sp* y *Dryomyia lichtensteini*, junto con algunos ramillos del año atabacados por la acción del hongo *Botryosphaeria stevensii* y abundantes tizones negruzcos causados por *Hypoxylon mediterraneum*, hongo asociado a las operaciones de descorche y que no sería extraño que se incrementara en caso de no haberse desinfectado convenientemente las herramientas de descorche entre pie y pie. Son bastante frecuentes también los acucharamientos de las hojas ligadas a las altas temperaturas del verano.



FIG 10: Puesta de verano y primeros ataques de procesionaria del pino. Derribos por tormenta y perforaciones de *Cerambyx wellensii*. Ramillo atacado por *Botryosphaeria stevensii*. Daños por seca.

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 fenómenos de decoloraciones amarillentas de distinta naturaleza, sobre las acículas de mayor edad y 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 de los troncos.
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 en las acículas de mayor edad, caída prematura de follaje, tumoraciones y resinosis en troncos y ramillas puntiseacas.
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 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, 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 y su posterior caída debida sobre todo a las elevadas temperaturas registradas a mediados del verano, 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 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 en parte de las hojas, 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 representados 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, 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 los puntisecados de ramillas bajas debidas a fenómenos de autopoda, mordeduras de distinta naturaleza debidas a

insectos defoliadores, daños mecánicos por tormentas y vendavales, junto con coberturas blancas en las hojas de las ramas más bajas debidas a oidio.

9. En *Quercus suber* se presenta un patrón de síntomas similar a los de la encina, en un mecanismo asociado a la similitud de sus respectivos hábitats: plegamiento 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 de distinta naturaleza, mordeduras y esqueletizaciones debidas a la acción de defoliadores y puntiseado de ramillos; junto con exudaciones bacterianas, tumoraciones en los troncos y descortezamientos ligados al aprovechamiento corchero.



FIG 11: Amarilleamiento de las acículas de mayor edad por sequía/golpe de calor. Punteaduras necróticas. Escoba de bruja. Exudación por bacteriosis.

	<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.	Jabali										
	Ardilla										
	Aves										
	Picidae										
	Reses										
INSECTOS	Defoliadores										
	<i>Anoxia australis</i>										
	<i>Brachyderes suturalis</i>										
	<i>Diprion pini</i>										
	<i>Luperus espanyoli</i>										
	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>										
	<i>Tortrix sp</i>										
	Perforadores										
	<i>Cerambyx wellensii</i>										
	<i>Coroebus florentinus</i>										
	<i>Coroebus undatus</i>										
	<i>Dioryctria splendidella</i>										
	<i>Tomicus destruens</i>										
	<i>Tomicus minor</i>										
	<i>Tomicus sp</i>										
	Chupadores										
	<i>Glycaspis brimblecombei</i>										
	<i>Leucaspis pini</i>										
	Minadores										
	<i>Rhynchaenus fagi</i>										
	Form. Agallas										
	<i>Andricus sp</i>										
	<i>Dryomyia lichtensteini</i>										
	<i>Mikiola fagi</i>										
	<i>Plagiotrochus quercusilicis</i>										
	Otros insectos										
	ENFERMEDADES	Hongos/Royas acic									
<i>Leptostroma rostrupii</i>											
<i>Thyriopsis halepensis</i>											
Royas tronco y brotes											
<i>Cronartium flaccidum</i>											
Tizón											
<i>Botryosphaeria stevensii</i>											
Hypoxylon mediterraneum											
<i>Sirococcus conigenus</i>											
<i>Sphaeropsis sapinea</i>											
Hongos pudrición											
<i>Fomes pini</i>											
Ganoderma sp											
<i>Phellinus pini</i>											
Manchas hojas											
<i>Mycosphaerella maculiformis</i>											
Spilocaea quercusilicis											
<i>Oidio</i>											
<i>Microsphaera alphitoides</i>											
Dieback/Chancro											
<i>Cenangium ferruginosum</i>											
Deformaciones											
<i>Taphrina kruchii</i>											
Otros hongos											
Fumaginas											
AG-ABIÓTICOS	Fact. físicos										
	Sequía										
	Calor										
	Rayo										
	Nieve/Hielo										
	Viento/Tornado										
	Otros fact.abióticos										
ANTRÓPICOS	Podas										
	Resinación										
	Descorche										
	Op. en pies próximos										
	Daños mecánicos/vehículos										
	Const. caminos										
Otros daños antrópicos											
F	Fuego										
C	Contaminantes										
OTROS DAÑOS	<i>Viscum album</i>										
	<i>Hedera helix</i>										
	<i>Smilax aspera</i>										
	Bacterias										
	<i>Bacillus vuilemini</i>										
	<i>Brenneria quercinea</i>										
	Competencia										
	Falta luz										
	Inter.físicas										
	Compet/Espesura										
<i>Eriophyes ilicis</i>											
Otros daños											
D	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											
	Muecas											
	Esqueletizadas											
	Minadas											
Hojas/Acículas Comidas/perdidas												
Hojas/Acículas Decoloración Verde-amarillo	Caída prematura											
	Completa											
	Punteado											
	Bandeado											
	Intervial											
Hojas/Acículas Decoloración Verde-amarillo	Apical											
	Parcial											
Hojas/Acículas Decoloración Rojo-marrón	Completa											
	Punteado											
	Parcial											
	Paralelo nervios											
Hojas/Acículas Decoloración Rojo-marrón												
Microfilia	Hojas/Acículas Microfilia											
Deformaciones	Rizadas											
	Enrolladas											
	Agallas											
	Otras deformaciones											
	Chancros											
	Tumores											
	Escobas de bruja											
	Fendas longitudinales											
Deformaciones												
Signos insectos	Nidos											
	Adultos, larvas, ninfas, Perforaciones, serrín											
	Galerías											
Signos insectos												
Signos hongos	Cob. negra hojas											
	Cob. blanca hojas											
	C.fructificación											
	Ampollas amar-naran											
Signos hongos												
Otros signos	Otros signos											
	Otros signos											
Rotura	Rotura											
	Rotura en tronco y ramas											
Muertas/moribundas	Ramillas muertas/mor											
	Ramillas muertas/moribundas											
Aborto	Aborto de ramillas											
	Aborto de ramillas											
Necrosis	Necrosis en t. y ramas											
	Necrosis en tronco y ramas											
Heridas en tronco y ramas	Descortezamientos											
	Grietas											
	Otras heridas											
Heridas en tronco y ramas												
Resinosis	Resinosis en tr. y ramas											
	Resinosis en tronco y ramas											
Exudaciones	Exudaciones en tr. y r.											
	Exudaciones en tronco y ramas											
Pudriciones	Pudriciones en tr. y r.											
	Pudriciones en tronco y ramas											
Tronco Inclinado	Tronco Inclinado											
	Tronco 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.

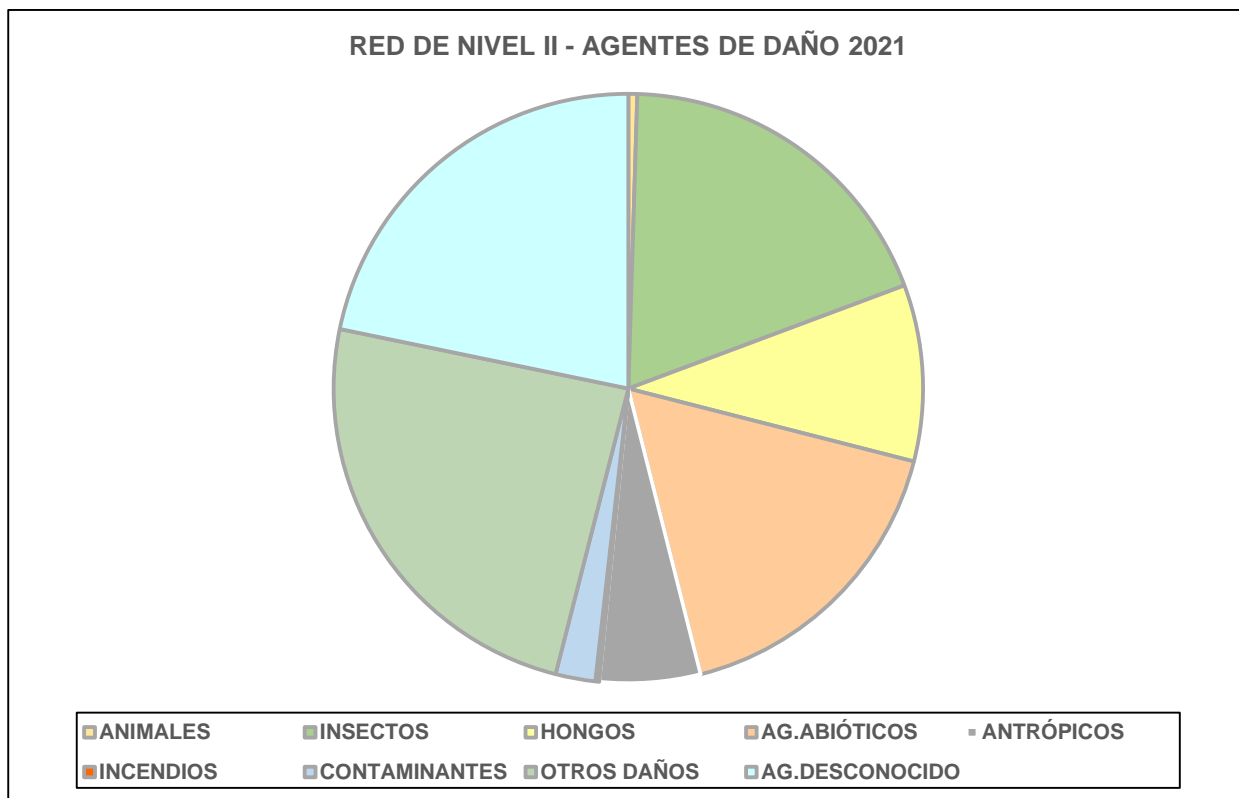


FIG 12b: Distribución de agentes de daño durante la campaña

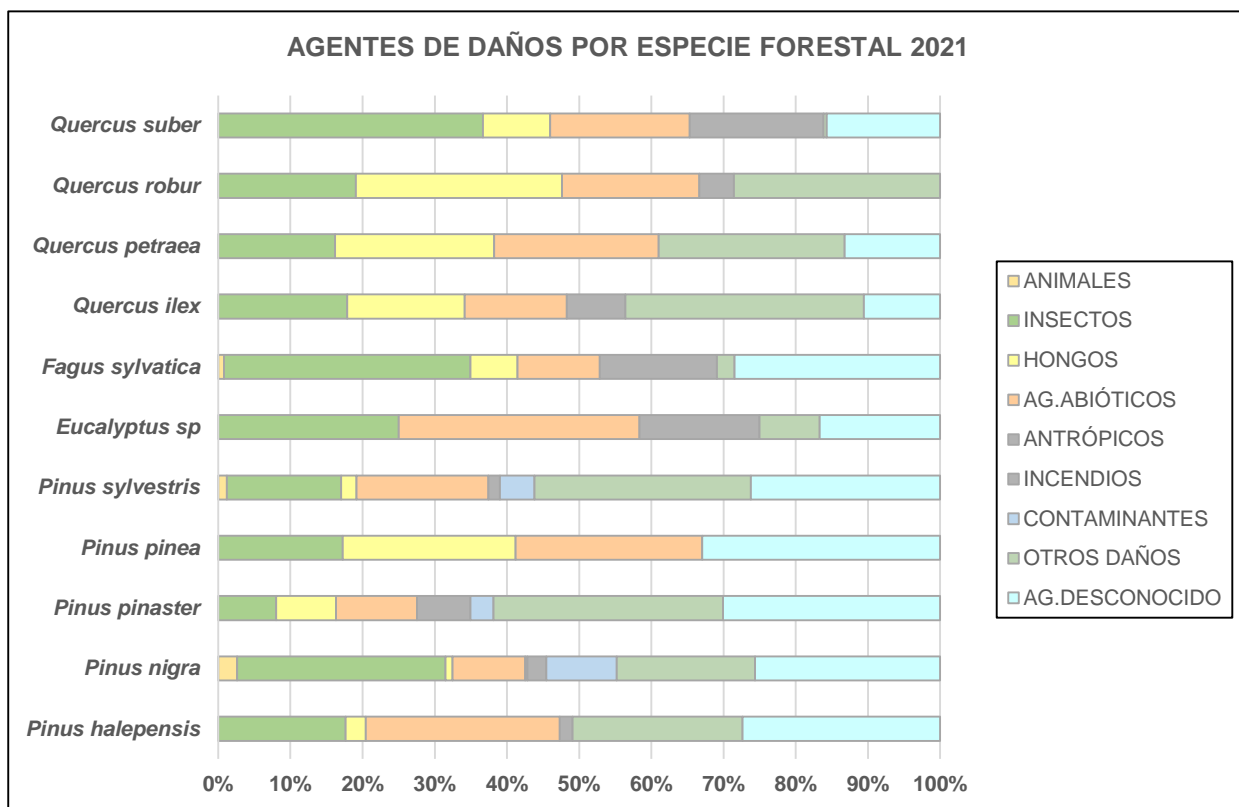


FIG 12c: Distribución relativa de agentes de daño por especie forestal

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.

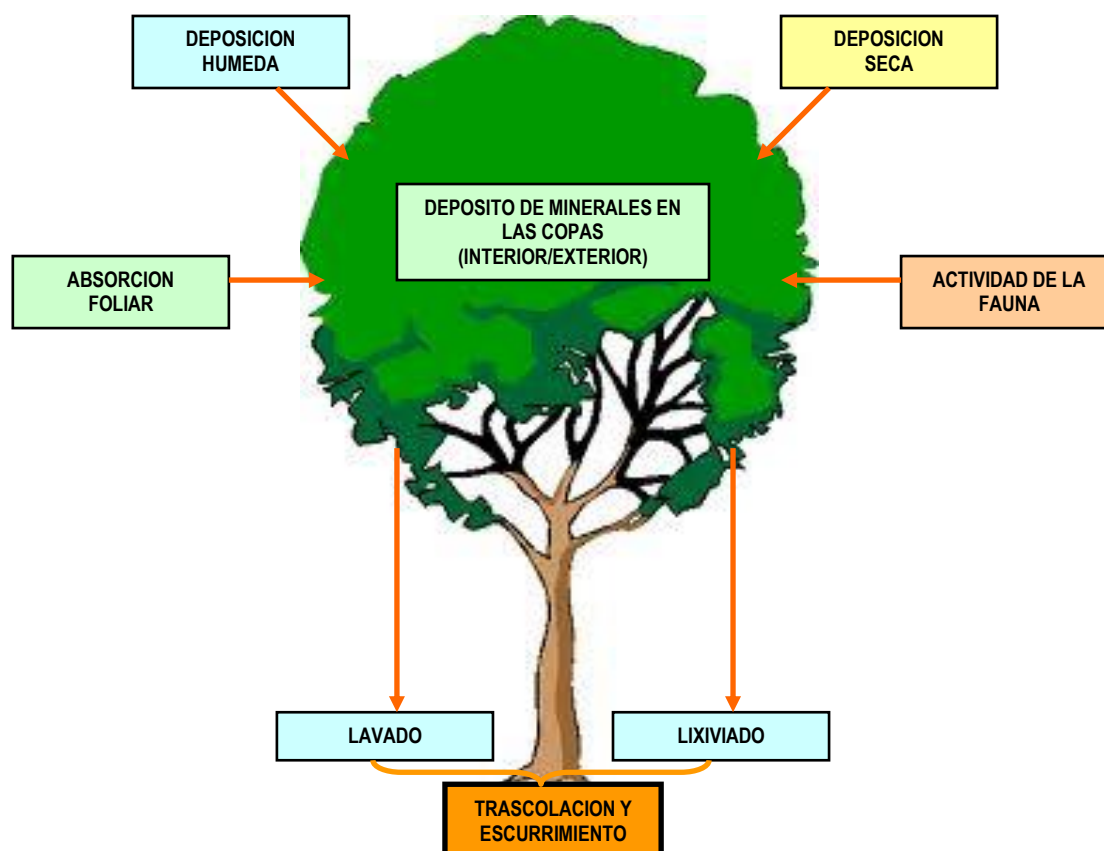


FIG 13: Vías de entrada/salida al ecosistema

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 interactuar 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, 2003) 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 cloro-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.

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.

Alcalinidad.

La alcalinidad es la capacidad ácido-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.

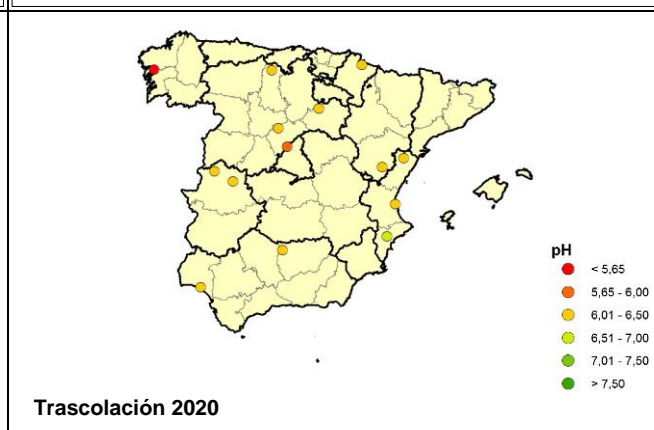
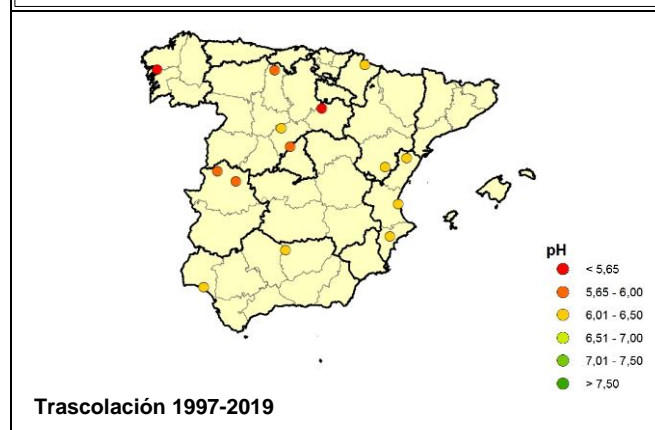
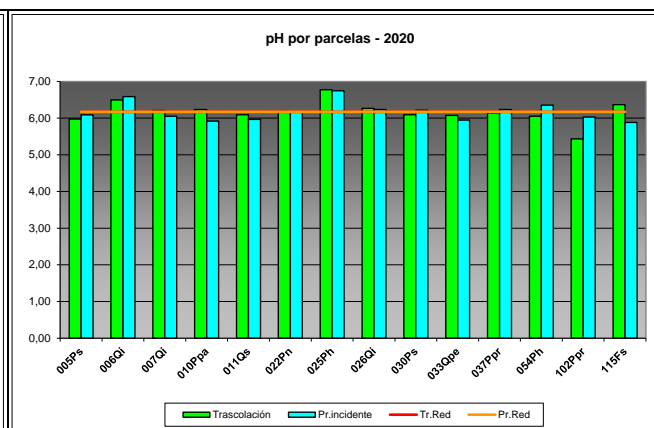
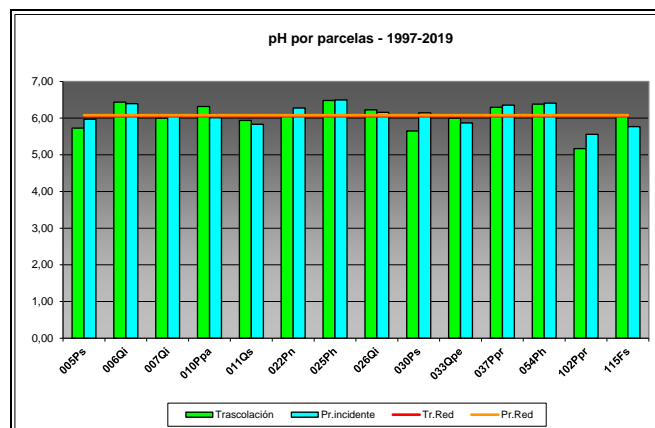
4.2.1. pH.

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 1997-2019 y el último año 2020

PERIODO 1997-2019								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	5,73	34,13	844	5,97	15,65	1045	6,05	6,08
006Qi	6,43	3,83	488	6,39	9,68	609	6,05	6,08
007Qi	6,00	8,25	387	6,08	8,59	558	6,05	6,08
010Ppa	6,32	2,43	334	6,01	19,39	536	6,05	6,08
011Qs	5,94	19,29	653	5,83	29,49	737	6,05	6,08
022Pn	6,09	14,56	447	6,28	8,62	514	6,05	6,08
025Ph	6,48	1,98	294	6,50	2,60	359	6,05	6,08
026Qi	6,22	5,20	577	6,16	5,91	617	6,05	6,08
030Ps	5,65	44,99	544	6,14	12,17	744	6,05	6,08
033Qpe	6,00	15,16	874	5,87	24,99	1177	6,05	6,08
037Ppr	6,29	1,77	307	6,35	3,00	419	6,05	6,08
054Ph	6,38	2,95	329	6,41	4,30	449	6,05	6,08

PERIODO 1997-2019								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
102Ppr	5,17	76,26	1752	5,56	62,43	2186	6,05	6,08
115Fs	6,06	15,17	1665	5,77	28,59	1869	6,05	6,08

PERIODO 2020								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	5,98	20,00	1303	6,09	0,00	1485	6,17	6,17
006Qi	6,50	0,00	878	6,59	0,00	1046	6,17	6,17
007Qi	6,21	0,00	432	6,05	22,22	751	6,17	6,17
010Ppa	6,23	0,00	364	5,92	33,33	567	6,17	6,17
011Qs	6,09	12,50	835	5,96	37,50	882	6,17	6,17
022Pn	6,18	0,00	594	6,17	0,00	619	6,17	6,17
025Ph	6,77	0,00	341	6,75	0,00	378	6,17	6,17
026Qi	6,27	0,00	675	6,23	0,00	634	6,17	6,17
030Ps	6,09	9,09	567	6,22	0,00	865	6,17	6,17
033Qpe	6,08	0,00	1145	5,95	0,00	1495	6,17	6,17
037Ppr	6,13	0,00	301	6,24	0,00	363	6,17	6,17
054Ph	6,05	10,00	422	6,35	0,00	592	6,17	6,17
102Ppr	5,44	80,00	2403	6,03	40,00	2970	6,17	6,17
115Fs	6,37	0,00	1844	5,88	9,09	2104	6,17	6,17



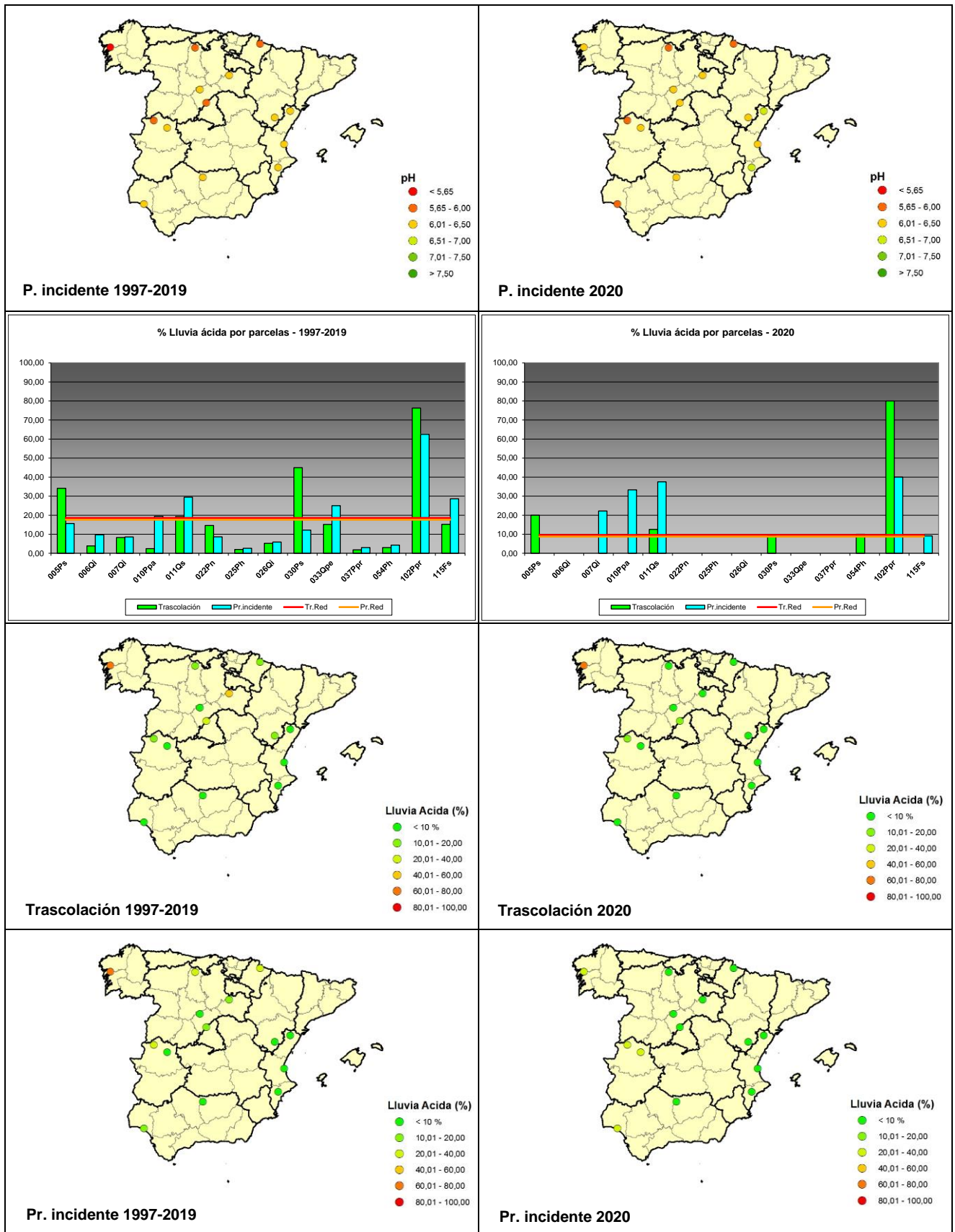


FIG 14: pH. Valores medios por parcela y porcentaje de precipitaciones por debajo del umbral de lluvia ácida serie histórica 1997-2019 y año 2020

4.2.2. Conductividad.

TABLA 4: Conductividad. Valores medios ponderados por volumen por parcela; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 1997-2019 y el último año 2020

PERIODO 1997-2019								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	20,65		844	11,47		1045	47,17	22,30
006Qi	40,20		488	24,45		609	47,17	22,30
007Qi	25,63		387	14,82		558	47,17	22,30
010Ppa	68,16		334	34,69		536	47,17	22,30
011Qs	20,84		653	15,86		737	47,17	22,30
022Pn	36,96		447	24,47		514	47,17	22,30
025Ph	68,02		294	30,46		359	47,17	22,30
026Qi	28,75		577	18,24		617	47,17	22,30
030Ps	25,57		544	20,30		744	47,17	22,30
033Qpe	16,85		874	12,23		1177	47,17	22,30
037Ppr	40,65		307	22,68		419	47,17	22,30
054Ph	230,36		329	41,40		449	47,17	22,30
102Ppr	49,04		1752	25,49		2186	47,17	22,30
115Fs	22,02		1665	15,74		1869	47,17	22,30

PERIODO 2020								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	14,37		1303	7,87		1485	46,43	20,40
006Qi	33,49		878	21,10		1046	46,43	20,40
010Ppa	27,53		432	13,39		751	46,43	20,40
007Qi	61,82		364	30,67		567	46,43	20,40
011Qs	22,33		835	18,36		882	46,43	20,40
022Pn	25,51		594	14,40		619	46,43	20,40
025Ph	69,50		341	31,01		378	46,43	20,40
026Qi	26,98		675	14,82		634	46,43	20,40
030Ps	24,95		567	12,15		865	46,43	20,40
033Qpe	12,23		1145	6,91		1495	46,43	20,40
037Ppr	38,66		301	18,17		363	46,43	20,40
054Ph	226,53		422	66,49		592	46,43	20,40
102Ppr	40,08		2403	18,61		2970	46,43	20,40
115Fs	26,10		1844	11,63		2104	46,43	20,40

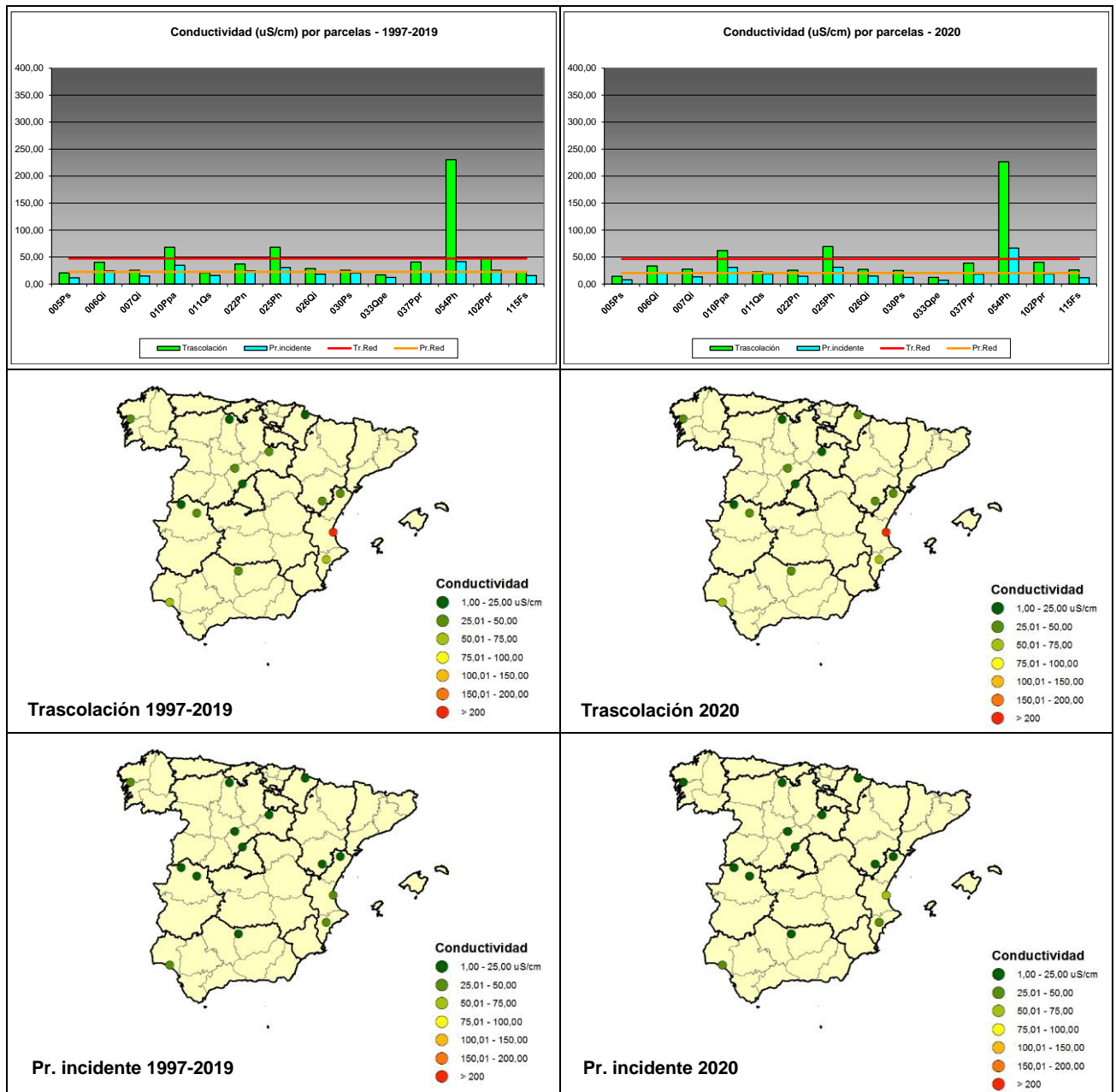


FIG 15: Conductividad. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2019 y año 2020

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 1997-2019 y año 2020

PERIODO 1997-2019									
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	2,33	18,54	844	0,62	6,67	1045	11,88	16,75	5,80
006Qi	3,21	14,58	488	0,25	1,45	609	13,14	16,75	5,80
007Qi	3,13	11,86	387	0,58	2,88	558	8,98	16,75	5,80
010Ppa	4,92	15,77	334	1,06	5,36	536	10,41	16,75	5,80
011Qs	2,23	14,31	653	0,71	5,33	737	8,99	16,75	5,80
022Pn	2,38	10,11	447	0,95	4,54	514	5,58	16,75	5,80
025Ph	2,22	6,30	294	1,00	3,29	359	3,02	16,75	5,80
026Qi	3,22	17,58	577	0,90	5,60	617	11,98	16,75	5,80
030Ps	2,65	14,05	544	0,89	6,56	744	7,49	16,75	5,80
033Qpe	1,67	14,21	874	0,61	7,63	1177	6,58	16,75	5,80
037Ppr	2,30	6,97	307	1,13	4,61	419	2,36	16,75	5,80
054Ph	5,45	16,90	329	0,44	1,90	449	15,00	16,75	5,80
102Ppr	1,76	31,34	1752	0,68	14,78	2186	16,57	16,75	5,80
115Fs	2,19	38,15	1665	0,37	6,84	1869	31,31	16,75	5,80

PERIODO 2020									
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	1,40	18,21	1303	0,19	2,87	1485	15,34	22,26	2,32
006Qi	3,90	34,19	878	0,18	1,83	1046	32,36	22,26	2,32
007Qi	3,65	15,78	432	0,17	1,24	751	14,54	22,26	2,32
010Ppa	4,97	18,09	364	0,28	1,61	567	16,49	22,26	2,32
011Qs	3,15	26,27	835	0,19	1,67	882	24,60	22,26	2,32
022Pn	1,54	9,15	594	0,14	0,87	619	8,28	22,26	2,32
025Ph	2,03	6,91	341	0,30	1,14	378	5,77	22,26	2,32
026Qi	3,13	21,10	675	0,32	2,04	634	19,05	22,26	2,32
030Ps	2,98	16,91	567	0,16	1,40	865	15,50	22,26	2,32
033Qpe	1,18	13,54	1145	0,13	1,90	1495	11,64	22,26	2,32
037Ppr	1,77	5,34	301	0,50	1,83	363	3,51	22,26	2,32
054Ph	6,97	29,42	422	0,73	4,35	592	25,07	22,26	2,32
102Ppr	0,99	23,84	2403	0,20	6,03	2970	17,81	22,26	2,32
115Fs	3,95	72,85	1844	0,18	3,70	2104	69,15	22,26	2,32

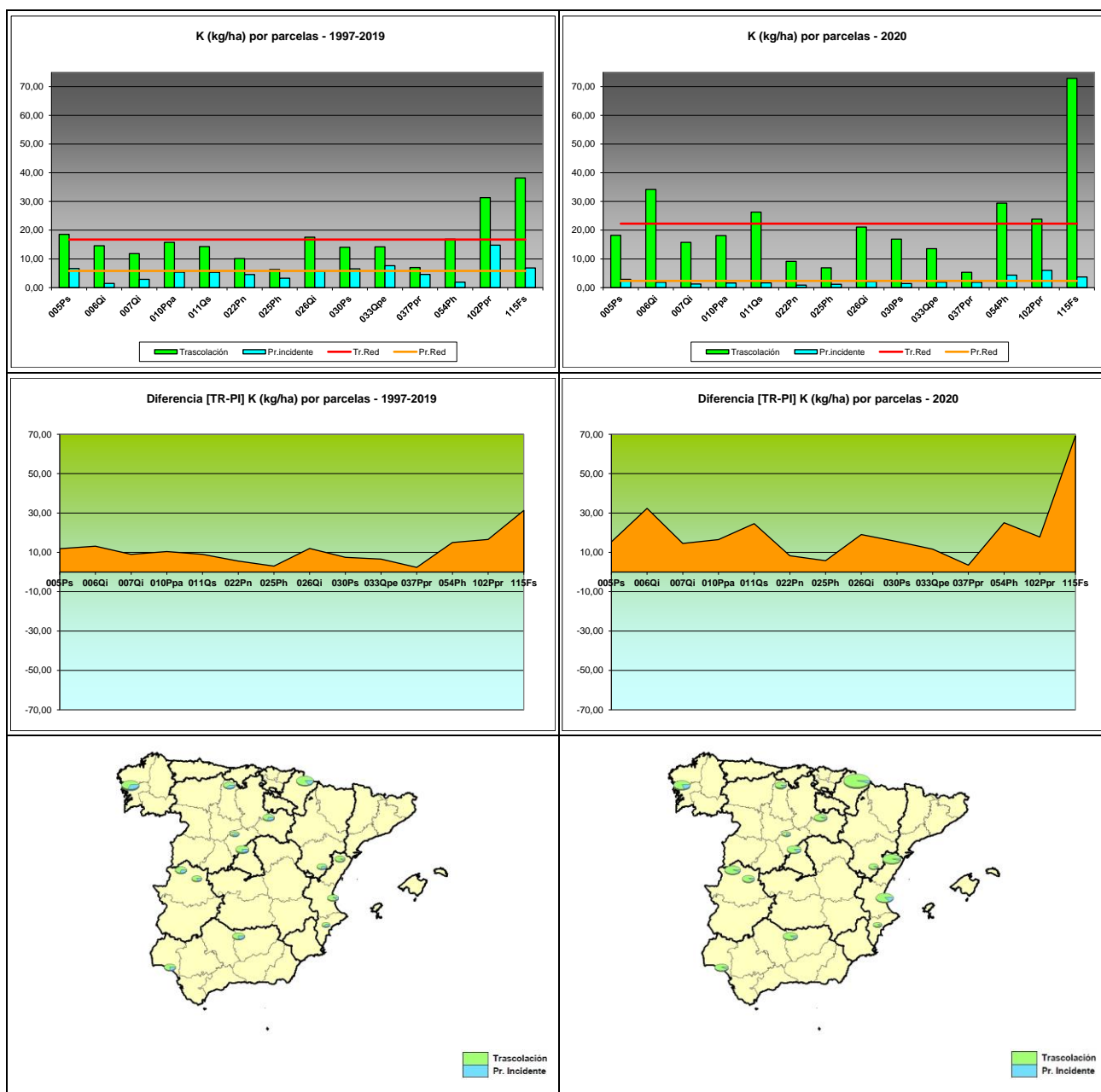


FIG 16: Deposición potasio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

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 1997-2019 y año 2020.

PERIODO 1997-2019									
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	1,05	8,83	844	0,77	8,25	1045	0,59	12,90	10,31
006Qi	3,63	17,22	488	2,34	13,55	609	3,67	12,90	10,31
007Qi	1,67	6,41	387	1,13	5,97	558	0,44	12,90	10,31
010Ppa	2,55	7,44	334	1,47	6,93	536	0,52	12,90	10,31
011Qs	1,04	6,23	653	1,05	6,87	737	-0,64	12,90	10,31
022Pn	3,28	14,26	447	2,26	11,70	514	2,56	12,90	10,31
025Ph	7,32	21,31	294	3,19	11,60	359	9,71	12,90	10,31
026Qi	1,91	10,48	577	1,32	7,79	617	2,69	12,90	10,31
030Ps	1,55	8,28	544	1,33	9,63	744	-1,35	12,90	10,31
033Qpe	0,86	7,54	874	0,75	8,64	1177	-1,10	12,90	10,31
037Ppr	2,24	6,67	307	1,80	7,49	419	-0,82	12,90	10,31
054Ph	10,78	32,46	329	2,67	11,08	449	21,39	12,90	10,31
102Ppr	1,11	19,97	1752	0,80	17,17	2186	2,80	12,90	10,31
115Fs	0,90	14,71	1665	0,81	15,17	1869	-0,46	12,90	10,31

PERIODO 2020									
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	0,84	10,94	1303	0,64	9,46	1485	1,48	21,83	11,67
006Qi	2,77	24,32	878	2,79	29,15	1046	-4,83	21,83	11,67
007Qi	1,40	6,06	432	0,86	6,48	751	-0,42	21,83	11,67
010Ppa	2,17	7,91	364	1,26	7,13	567	0,78	21,83	11,67
011Qs	0,97	8,08	835	0,83	7,34	882	0,75	21,83	11,67
022Pn	2,18	12,96	594	1,73	10,68	619	2,28	21,83	11,67
025Ph	5,34	18,19	341	3,73	14,08	378	4,12	21,83	11,67
026Qi	1,65	11,11	675	1,36	8,62	634	2,49	21,83	11,67
030Ps	1,30	7,35	567	0,92	7,91	865	-0,56	21,83	11,67
033Qpe	0,67	7,66	1145	0,43	6,46	1495	1,19	21,83	11,67
037Ppr	2,39	7,20	301	1,73	6,29	363	0,91	21,83	11,67
054Ph	11,03	46,59	422	4,40	26,07	592	20,53	21,83	11,67
102Ppr	5,25	126,25	2403	0,40	11,74	2970	114,51	21,83	11,67
115Fs	0,59	10,94	1844	0,57	12,04	2104	-1,10	21,83	11,67

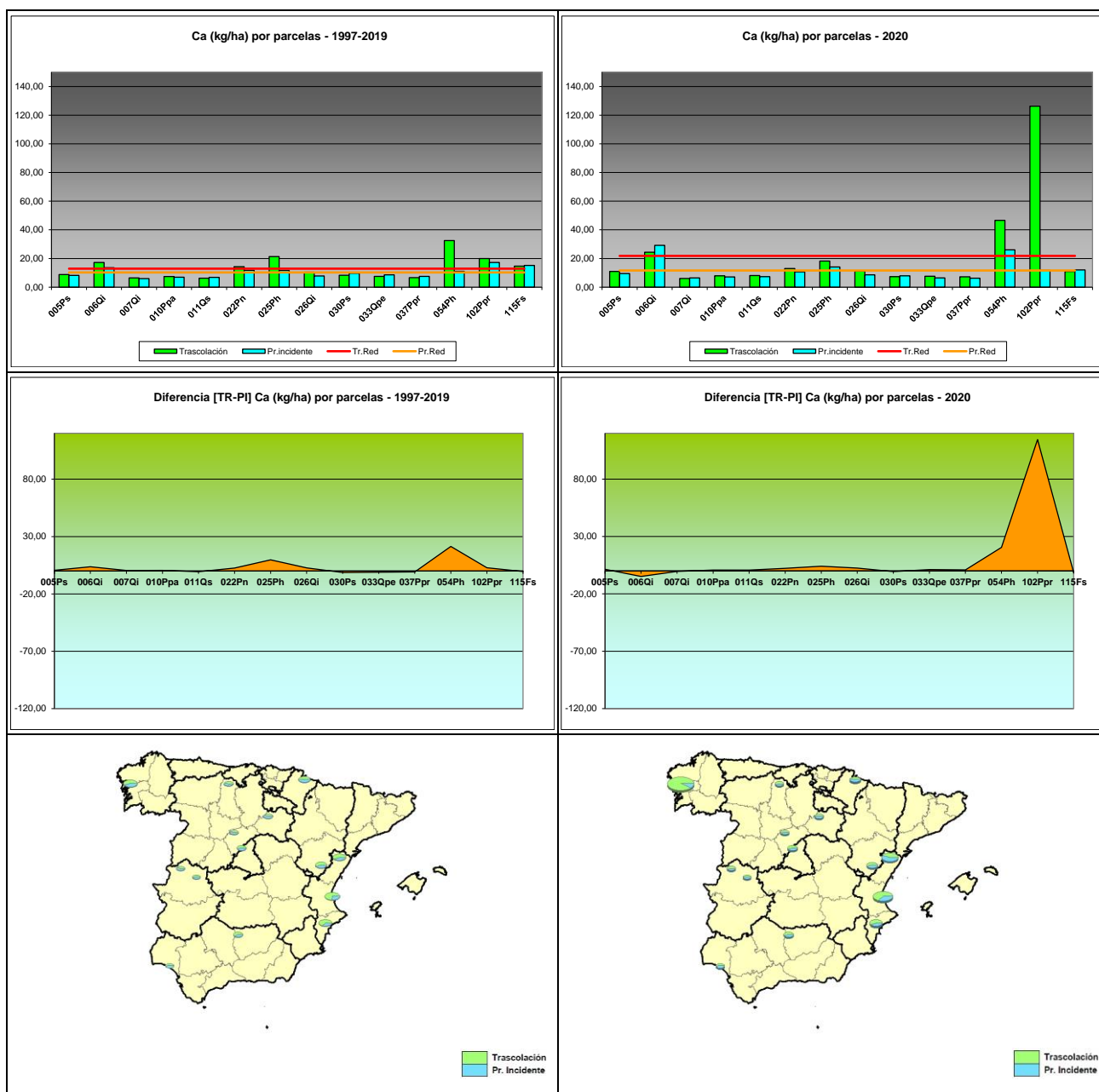


FIG 17: Deposición calcio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

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 1997-2019 y año 2020.

PERIODO 1997-2019									
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	0,32	2,60	844	0,10	1,03	1045	1,57	3,74	1,86
006Qi	0,51	2,42	488	0,20	1,17	609	1,25	3,74	1,86
007Qi	0,41	1,55	387	0,18	0,96	558	0,59	3,74	1,86
010Ppa	1,35	3,91	334	0,51	2,21	536	1,70	3,74	1,86
011Qs	0,29	1,62	653	0,19	1,12	737	0,50	3,74	1,86
022Pn	0,51	2,08	447	0,20	0,93	514	1,15	3,74	1,86
025Ph	0,90	2,48	294	0,31	1,00	359	1,47	3,74	1,86
026Qi	0,46	2,27	577	0,18	1,06	617	1,22	3,74	1,86
030Ps	0,31	1,50	544	0,17	1,13	744	0,37	3,74	1,86
033Qpe	0,17	1,41	874	0,11	1,12	1177	0,30	3,74	1,86
037Ppr	0,51	1,40	307	0,20	0,75	419	0,65	3,74	1,86
054Ph	3,77	11,05	329	0,63	2,70	449	8,35	3,74	1,86
102Ppr	0,80	14,11	1752	0,33	7,11	2186	6,99	3,74	1,86
115Fs	0,28	4,22	1665	0,18	3,25	1869	0,98	3,74	1,86

PERIODO 2020									
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	0,18	2,37	1303	0,07	1,01	1485	1,36	4,38	2,00
006Qi	0,35	3,08	878	0,17	1,80	1046	1,29	4,38	2,00
007Qi	0,32	1,41	432	0,11	0,84	751	0,56	4,38	2,00
010Ppa	0,99	3,61	364	0,37	2,11	567	1,50	4,38	2,00
011Qs	0,26	2,16	835	0,11	1,00	882	1,16	4,38	2,00
022Pn	0,34	2,00	594	0,15	0,94	619	1,06	4,38	2,00
025Ph	0,65	2,23	341	0,29	1,10	378	1,13	4,38	2,00
026Qi	0,36	2,40	675	0,15	0,98	634	1,42	4,38	2,00
030Ps	0,25	1,40	567	0,10	0,89	865	0,51	4,38	2,00
033Qpe	0,13	1,44	1145	0,05	0,79	1495	0,64	4,38	2,00
037Ppr	0,52	1,56	301	0,17	0,63	363	0,94	4,38	2,00
054Ph	4,10	17,33	422	0,96	5,70	592	11,62	4,38	2,00
102Ppr	0,71	17,03	2403	0,24	7,22	2970	9,81	4,38	2,00
115Fs	0,18	3,33	1844	0,14	2,92	2104	0,41	4,38	2,00

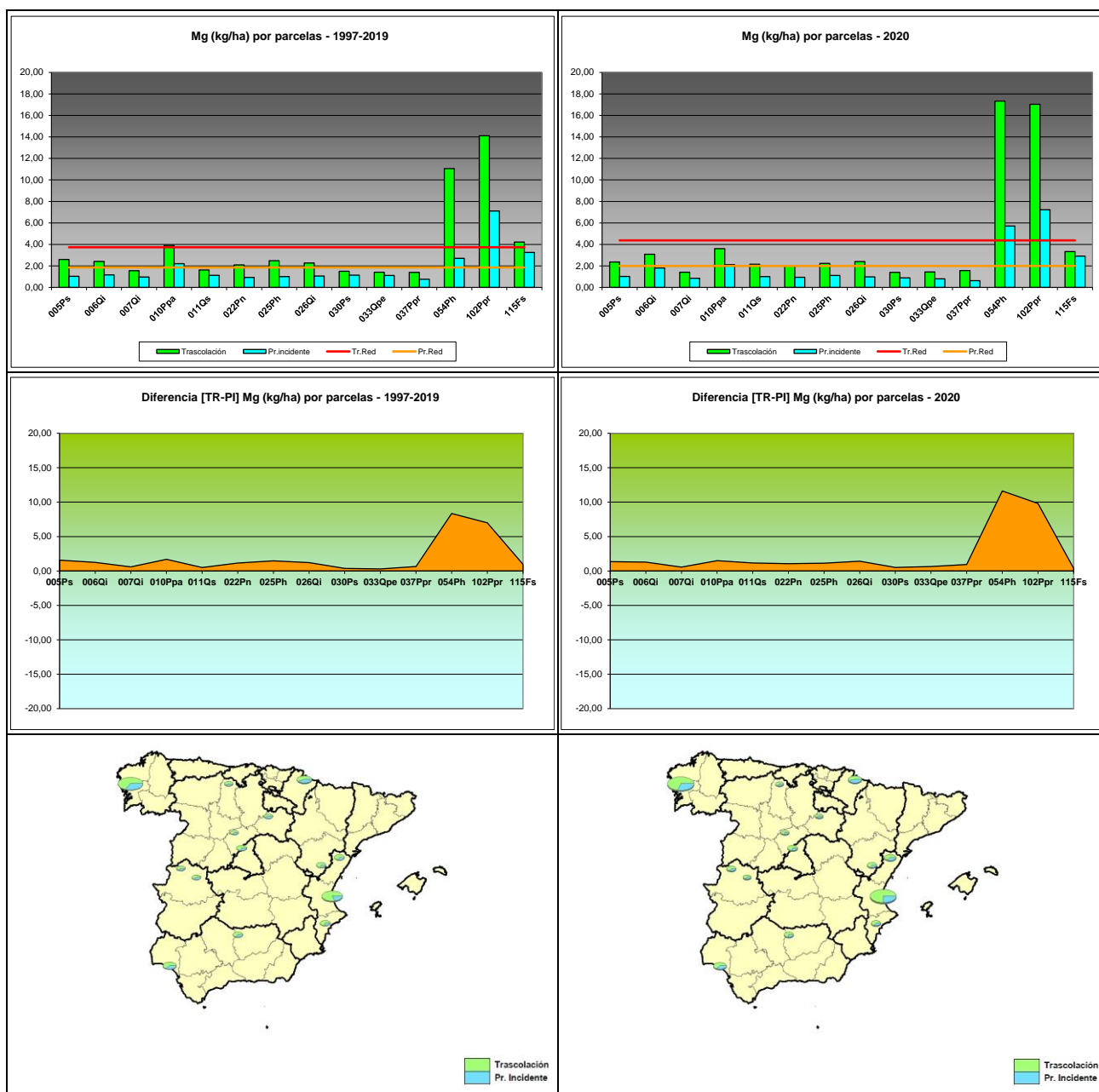


FIG 18: Deposición magnesio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

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 1997-2019 y año 2020.

PERIODO 1997-2019									
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	0,83	7,11	844	0,49	5,27	1045	1,84	18,56	11,39
006Qi	1,17	5,51	488	0,91	5,40	609	0,11	18,56	11,39
007Qi	1,10	4,16	387	0,81	4,49	558	-0,33	18,56	11,39
010Ppa	5,15	16,93	334	2,88	15,36	536	1,58	18,56	11,39
011Qs	1,10	7,25	653	0,83	6,16	737	1,10	18,56	11,39
022Pn	1,08	4,65	447	0,74	3,74	514	0,91	18,56	11,39
025Ph	2,15	6,27	294	1,10	3,90	359	2,37	18,56	11,39
026Qi	1,24	7,47	577	0,95	5,95	617	1,52	18,56	11,39
030Ps	0,84	4,62	544	0,59	4,51	744	0,11	18,56	11,39
033Qpe	0,61	5,36	874	0,53	6,18	1177	-0,82	18,56	11,39
037Ppr	1,24	3,75	307	0,80	3,34	419	0,41	18,56	11,39
054Ph	21,25	63,13	329	3,96	17,37	449	45,76	18,56	11,39
102Ppr	5,54	100,68	1752	2,48	55,25	2186	45,43	18,56	11,39
115Fs	1,33	22,81	1665	0,96	18,28	1869	4,53	18,56	11,39

PERIODO 2020									
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	0,58	7,60	1303	0,33	4,92	1485	2,68	20,09	11,74
006Qi	0,90	7,92	878	0,82	8,60	1046	-0,68	20,09	11,74
007Qi	0,84	3,64	432	0,54	4,07	751	-0,43	20,09	11,74
010Ppa	4,09	14,88	364	2,37	13,42	567	1,45	20,09	11,74
011Qs	0,64	5,33	835	0,51	4,49	882	0,84	20,09	11,74
022Pn	0,55	3,25	594	0,34	2,12	619	1,14	20,09	11,74
025Ph	1,53	5,23	341	1,13	4,27	378	0,96	20,09	11,74
026Qi	0,71	4,79	675	0,59	3,75	634	1,04	20,09	11,74
030Ps	0,58	3,27	567	0,36	3,08	865	0,19	20,09	11,74
033Qpe	0,37	4,21	1145	0,35	5,21	1495	-1,00	20,09	11,74
037Ppr	0,95	2,87	301	0,62	2,26	363	0,61	20,09	11,74
054Ph	20,62	87,10	422	5,64	33,39	592	53,70	20,09	11,74
102Ppr	4,33	104,15	2403	1,84	54,50	2970	49,65	20,09	11,74
115Fs	1,47	27,03	1844	0,97	20,34	2104	6,69	20,09	11,74

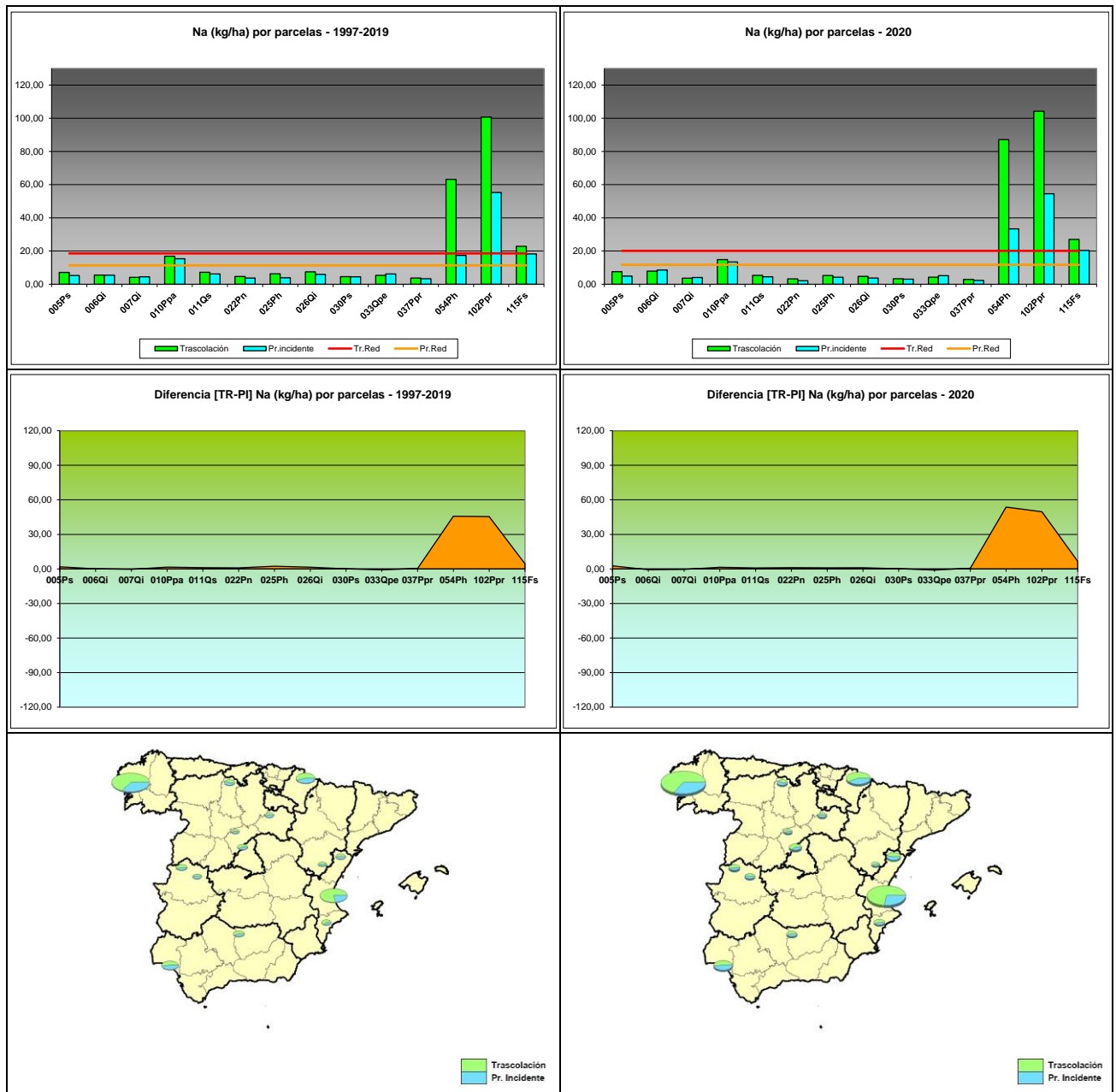


FIG 19: Deposición sodio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

4.2.7. Amonio.

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 1997-2019 y año 2020.

PERIODO 1997-2019									
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	0,43	3,30	844	0,34	3,40	1045	-0,11	3,12	3,31
006Qi	0,46	2,14	488	0,41	2,40	609	-0,26	3,12	3,31
007Qi	0,44	1,68	387	0,55	2,72	558	-1,05	3,12	3,31
010Ppa	0,60	1,70	334	0,65	2,98	536	-1,28	3,12	3,31
011Qs	0,26	1,50	653	0,29	1,93	737	-0,43	3,12	3,31
022Pn	0,54	2,30	447	0,42	2,12	514	0,18	3,12	3,31
025Ph	1,17	3,08	294	0,41	1,32	359	1,76	3,12	3,31
026Qi	0,36	1,91	577	0,36	2,10	617	-0,20	3,12	3,31
030Ps	0,42	2,04	544	1,02	6,90	744	-4,86	3,12	3,31
033Qpe	0,31	2,47	874	0,28	3,05	1177	-0,58	3,12	3,31
037Ppr	1,56	4,49	307	0,76	3,01	419	1,48	3,12	3,31
054Ph	2,32	6,99	329	0,47	2,03	449	4,96	3,12	3,31
102Ppr	0,32	5,48	1752	0,33	6,17	2186	-0,69	3,12	3,31
115Fs	0,28	4,53	1665	0,29	5,32	1869	-0,79	3,12	3,31

PERIODO 2020									
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	0,19	2,43	1303	0,21	3,14	1485	-0,71	1,98	1,81
006Qi	0,26	2,32	878	0,20	2,07	1046	0,25	1,98	1,81
007Qi	0,22	0,94	432	0,23	1,75	751	-0,81	1,98	1,81
010Ppa	0,18	0,67	364	0,10	0,55	567	0,12	1,98	1,81
011Qs	0,11	0,93	835	0,21	1,85	882	-0,91	1,98	1,81
022Pn	0,29	1,74	594	0,22	1,38	619	0,36	1,98	1,81
025Ph	0,38	1,31	341	0,19	0,72	378	0,59	1,98	1,81
026Qi	0,22	1,49	675	0,14	0,87	634	0,62	1,98	1,81
030Ps	0,40	2,26	567	0,27	2,31	865	-0,05	1,98	1,81
033Qpe	0,17	1,94	1145	0,16	2,40	1495	-0,47	1,98	1,81
037Ppr	1,05	3,17	301	0,62	2,24	363	0,93	1,98	1,81
054Ph	0,72	3,04	422	0,16	0,95	592	2,09	1,98	1,81
102Ppr	0,12	2,91	2403	0,06	1,64	2970	1,27	1,98	1,81
115Fs	0,14	2,54	1844	0,16	3,45	2104	-0,91	1,98	1,81

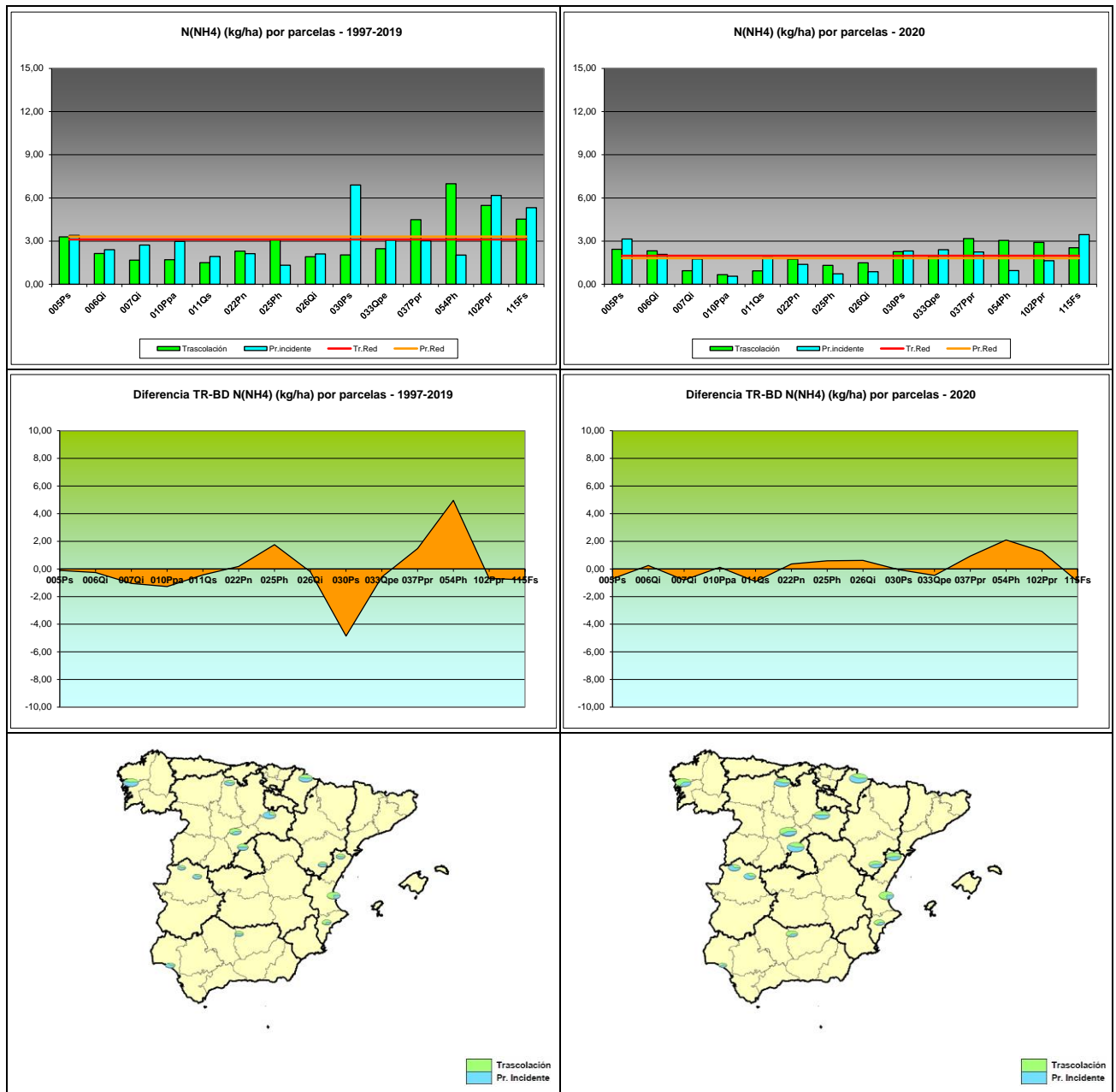


FIG 20: Deposición amonio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

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 1997-2019 y año 2020.

PERIODO 1997-2019									
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	1,42	12,21	844	0,84	8,93	1045	3,28	32,79	21,33
006Qi	2,33	10,73	488	1,90	11,36	609	-0,63	32,79	21,33
007Qi	1,38	5,38	387	0,85	4,91	558	0,47	32,79	21,33
010Ppa	9,61	31,33	334	5,46	28,98	536	2,35	32,79	21,33
011Qs	1,91	11,85	653	1,83	12,89	737	-1,04	32,79	21,33
022Pn	2,02	8,86	447	1,92	10,14	514	-1,28	32,79	21,33
025Ph	4,75	13,97	294	2,60	9,58	359	4,39	32,79	21,33
026Qi	2,40	13,38	577	2,02	12,42	617	0,96	32,79	21,33
030Ps	1,52	8,00	544	1,48	10,60	744	-2,60	32,79	21,33
033Qpe	0,94	8,10	874	0,95	10,94	1177	-2,84	32,79	21,33
037Ppr	2,44	7,61	307	1,93	8,21	419	-0,60	32,79	21,33
054Ph	36,25	108,11	329	7,33	31,34	449	76,77	32,79	21,33
102Ppr	9,72	176,88	1752	4,22	93,84	2186	83,03	32,79	21,33
115Fs	2,37	40,24	1665	1,81	33,88	1869	6,36	32,79	21,33

PERIODO 2020									
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	0,94	12,27	1303	0,40	5,87	1485	6,41	38,79	22,86
006Qi	1,80	15,79	878	1,44	15,10	1046	0,68	38,79	22,86
007Qi	1,44	6,22	432	0,83	6,27	751	-0,04	38,79	22,86
010Ppa	8,70	31,66	364	4,40	24,95	567	6,72	38,79	22,86
011Qs	1,03	8,61	835	0,74	6,50	882	2,11	38,79	22,86
022Pn	0,97	5,75	594	0,46	2,82	619	2,93	38,79	22,86
025Ph	3,33	11,35	341	1,73	6,52	378	4,83	38,79	22,86
026Qi	1,20	8,12	675	1,05	6,64	634	1,48	38,79	22,86
030Ps	1,12	6,35	567	0,47	4,05	865	2,30	38,79	22,86
033Qpe	0,91	10,41	1145	0,33	4,91	1495	5,50	38,79	22,86
037Ppr	1,41	4,25	301	0,81	2,94	363	1,31	38,79	22,86
054Ph	39,89	168,44	422	12,32	72,98	592	95,46	38,79	22,86
102Ppr	8,55	205,38	2403	4,31	128,02	2970	77,36	38,79	22,86
115Fs	2,62	48,38	1844	1,55	32,53	2104	15,85	38,79	22,86

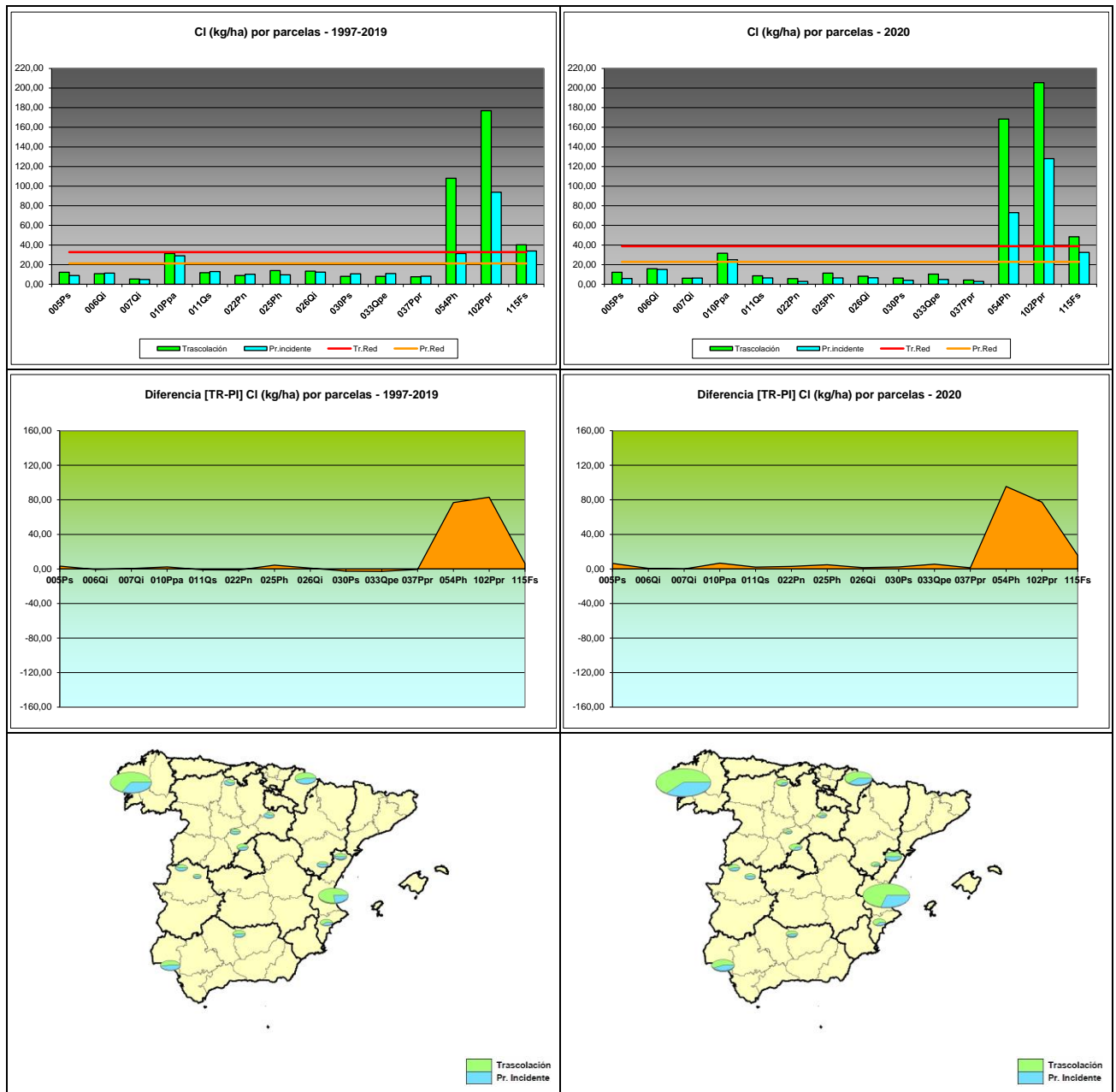


FIG 21: Deposition cloro (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

4.2.9. Nitratos.

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 1997-2019 y año 2020.

PERIODO 1997-2019									
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	0,47	3,61	844	0,22	2,28	1045	1,33	3,97	2,36
006Qi	0,73	3,23	488	0,50	2,91	609	0,33	3,97	2,36
007Qi	0,29	1,09	387	0,25	1,33	558	-0,23	3,97	2,36
010Ppa	0,95	2,69	334	0,35	1,67	536	1,02	3,97	2,36
011Qs	0,28	1,69	653	0,24	1,69	737	0,00	3,97	2,36
022Pn	1,02	4,11	447	0,40	2,04	514	2,08	3,97	2,36
025Ph	2,26	6,17	294	0,51	1,79	359	4,38	3,97	2,36
026Qi	0,38	1,99	577	0,30	1,80	617	0,18	3,97	2,36
030Ps	0,45	2,25	544	0,30	2,13	744	0,12	3,97	2,36
033Qpe	0,26	2,06	874	0,20	2,30	1177	-0,24	3,97	2,36
037Ppr	1,17	3,24	307	0,40	1,57	419	1,67	3,97	2,36
054Ph	3,83	10,98	329	0,53	2,35	449	8,63	3,97	2,36
102Ppr	0,45	7,60	1752	0,20	4,14	2186	3,45	3,97	2,36
115Fs	0,28	4,57	1665	0,24	4,40	1869	0,17	3,97	2,36

PERIODO 2020									
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	0,21	2,69	1303	0,11	1,68	1485	1,02	2,02	1,64
006Qi	0,20	1,74	878	0,24	2,55	1046	-0,81	2,02	1,64
007Qi	0,20	0,85	432	0,24	1,77	751	-0,91	2,02	1,64
010Ppa	0,61	2,22	364	0,08	0,46	567	1,76	2,02	1,64
011Qs	0,10	0,84	835	0,14	1,27	882	-0,44	2,02	1,64
022Pn	0,36	2,15	594	0,23	1,42	619	0,73	2,02	1,64
025Ph	0,84	2,86	341	0,32	1,21	378	1,65	2,02	1,64
026Qi	0,12	0,83	675	0,16	1,02	634	-0,18	2,02	1,64
030Ps	0,23	1,29	567	0,15	1,26	865	0,03	2,02	1,64
033Qpe	0,11	1,27	1145	0,11	1,57	1495	-0,30	2,02	1,64
037Ppr	0,71	2,14	301	0,25	0,89	363	1,24	2,02	1,64
054Ph	0,96	4,05	422	0,27	1,58	592	2,47	2,02	1,64
102Ppr	0,16	3,94	2403	0,14	4,03	2970	-0,08	2,02	1,64
115Fs	0,07	1,35	1844	0,10	2,18	2104	-0,84	2,02	1,64

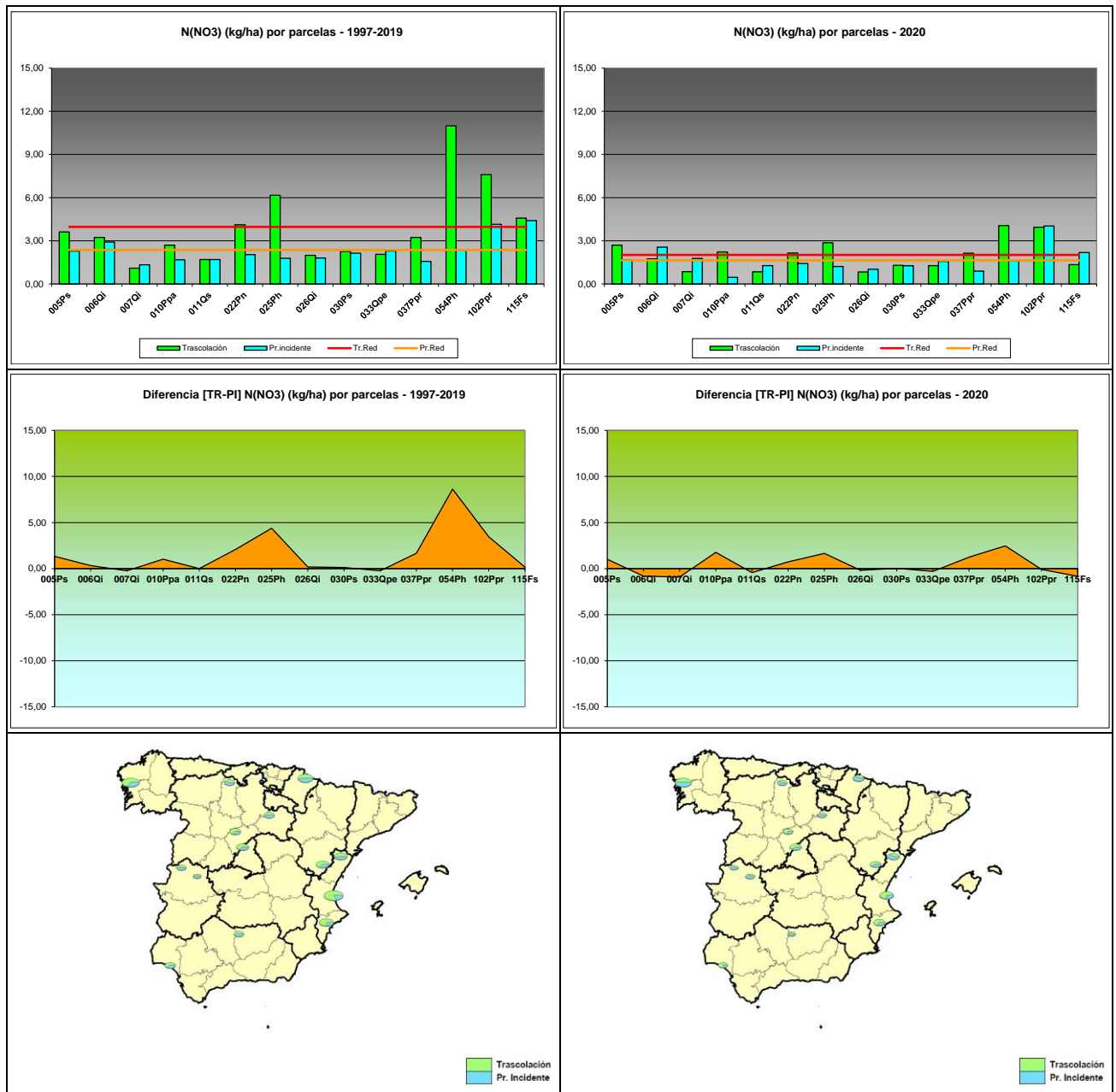


FIG 22: Deposición nitratos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

4.2.10. Sulfatos.

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 1997-2019 y año 2020.

PERIODO 1997-2019									
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	3,38	844	0,29	3,05	1045	0,33	5,10	3,84
006Qi	1,10	5,21	488	0,74	4,39	609	0,82	5,10	3,84
007Qi	0,26	0,97	387	0,33	1,74	558	-0,77	5,10	3,84
010Ppa	1,54	4,63	334	0,74	3,65	536	0,98	5,10	3,84
011Qs	0,35	2,27	653	0,35	2,50	737	-0,23	5,10	3,84
022Pn	0,81	3,36	447	0,57	2,78	514	0,58	5,10	3,84
025Ph	1,36	3,91	294	0,71	2,56	359	1,35	5,10	3,84
026Qi	0,44	2,45	577	0,39	2,34	617	0,11	5,10	3,84
030Ps	0,41	2,23	544	0,44	3,20	744	-0,97	5,10	3,84
033Qpe	0,37	3,15	874	0,30	3,39	1177	-0,24	5,10	3,84
037Ppr	0,57	1,75	307	0,46	1,83	419	-0,08	5,10	3,84
054Ph	4,34	13,01	329	1,02	4,38	449	8,63	5,10	3,84
102Ppr	1,01	17,70	1752	0,50	10,54	2186	7,16	5,10	3,84
115Fs	0,41	6,60	1665	0,34	6,10	1869	0,51	5,10	3,84

PERIODO 2020									
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	0,14	1,85	1303	0,15	2,21	1485	-0,36	3,59	3,24
006Qi	0,36	3,12	878	0,35	3,68	1046	-0,56	3,59	3,24
007Qi	0,18	0,79	432	0,27	2,04	751	-1,26	3,59	3,24
010Ppa	0,81	2,95	364	0,39	2,20	567	0,75	3,59	3,24
011Qs	0,22	1,85	835	0,19	1,66	882	0,19	3,59	3,24
022Pn	0,29	1,70	594	0,26	1,59	619	0,11	3,59	3,24
025Ph	0,66	2,25	341	0,60	2,27	378	-0,02	3,59	3,24
026Qi	0,17	1,16	675	0,21	1,32	634	-0,16	3,59	3,24
030Ps	0,18	1,00	567	0,16	1,41	865	-0,41	3,59	3,24
033Qpe	0,16	1,78	1145	0,14	2,15	1495	-0,37	3,59	3,24
037Ppr	0,26	0,79	301	0,38	1,37	363	-0,58	3,59	3,24
054Ph	2,84	12,01	422	0,90	5,36	592	6,65	3,59	3,24
102Ppr	0,63	15,02	2403	0,48	14,28	2970	0,74	3,59	3,24
115Fs	0,21	3,93	1844	0,18	3,83	2104	0,10	3,59	3,24

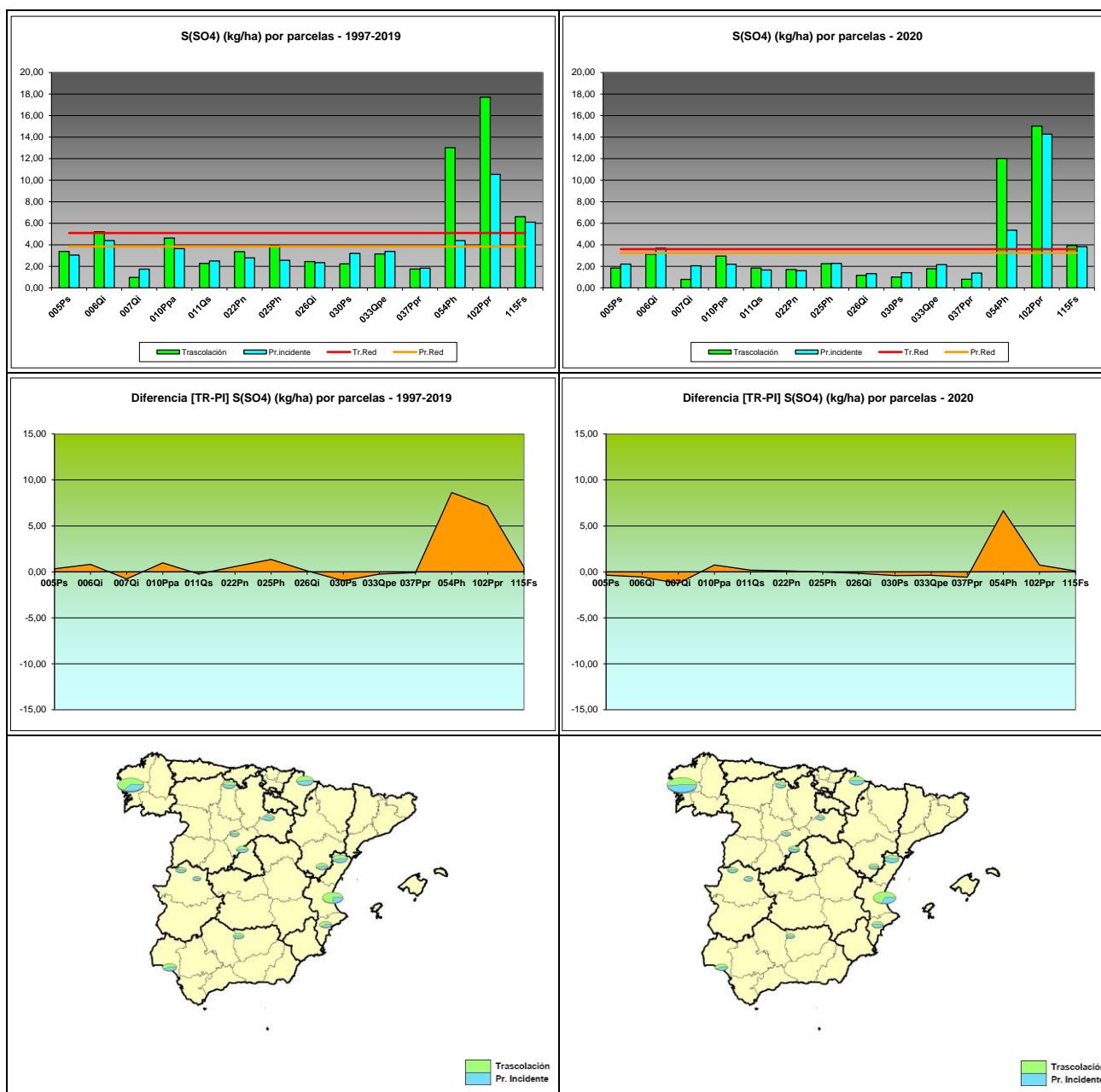


FIG 23: Deposición sulfatos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2019 y año 2020

4.2.11. Alcalinidad.

TABLA 13: Alcalinidad. Valores medios ponderados por volumen por parcela; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 1997-2019 y el último año 2020

PERIODO 1997-2019								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	64,30		844	49,13		1045	93,11	66,14
006Qi	105,32		488	65,15		609	93,11	66,14
007Qi	88,20		387	70,71		558	93,11	66,14
010Ppa	102,82		334	61,00		536	93,11	66,14
011Qs	61,81		653	47,37		737	93,11	66,14
022Pn	101,69		447	84,76		514	93,11	66,14
025Ph	167,27		294	133,02		359	93,11	66,14
026Qi	89,96		577	66,50		617	93,11	66,14
030Ps	92,42		544	64,70		744	93,11	66,14
033Qpe	62,16		874	43,29		1177	93,11	66,14
037Ppr	126,07		307	116,80		419	93,11	66,14
054Ph	176,49		329	66,48		449	93,11	66,14
102Ppr	32,89		1752	27,48		2186	93,11	66,14
115Fs	52,98		1665	32,84		1869	93,11	66,14

PERIODO 2020								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	43,31		1303	32,44		1485	86,06	49,71
006Qi	165,95		878	105,76		1046	86,06	49,71
010Ppa	66,50		432	24,89		751	86,06	49,71
007Qi	74,88		364	23,74		567	86,06	49,71
011Qs	60,51		835	28,77		882	86,06	49,71
022Pn	102,59		594	59,98		619	86,06	49,71
025Ph	150,50		341	100,32		378	86,06	49,71
026Qi	90,61		675	34,43		634	86,06	49,71
030Ps	68,78		567	33,24		865	86,06	49,71
033Qpe	49,32		1145	18,64		1495	86,06	49,71
037Ppr	104,56		301	107,37		363	86,06	49,71
054Ph	124,58		422	95,07		592	86,06	49,71
102Ppr	13,90		2403	12,87		2970	86,06	49,71
115Fs	89,18		1844	18,76		2104	86,06	49,71

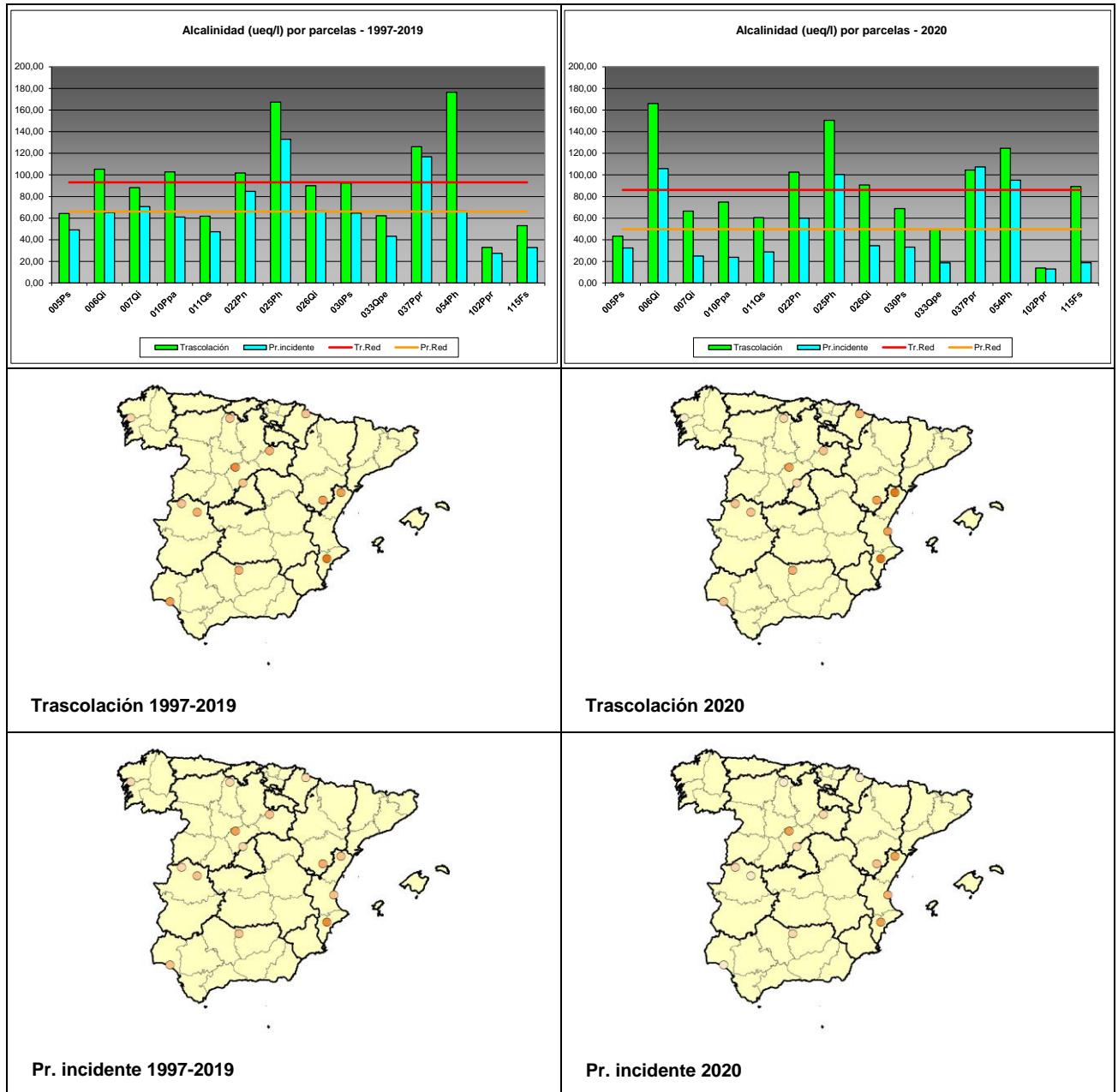


FIG 24: Alcalinidad. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2019 y año 2020

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 1999-2007 y año 2020.

PERIODO 1999-2007									
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	0,83	7,18	844	0,57	6,47	1045	0,71	7,22	5,58
006Qi	1,23	6,17	488	0,97	6,35	609	-0,18	7,22	5,58
007Qi								7,22	5,58
010Ppa	1,53	4,43	334	0,78	4,28	536	0,15	7,22	5,58
011Qs	0,49	3,42	653	0,48	3,86	737	-0,43	7,22	5,58
022Pn	1,64	6,67	447	0,85	4,27	514	2,40	7,22	5,58
025Ph	3,71	10,16	294	0,94	3,23	359	6,93	7,22	5,58
026Qi	0,76	4,17	577	0,64	4,27	617	-0,10	7,22	5,58
030Ps	0,84	4,75	544	0,86	7,16	744	-2,41	7,22	5,58
033Qpe	0,51	4,86	874	0,48	6,16	1177	-1,31	7,22	5,58
037Ppr	2,43	8,19	307	1,29	5,45	419	2,74	7,22	5,58
054Ph	6,76	19,20	329	0,85	4,02	449	15,19	7,22	5,58
102Ppr	0,71	13,79	1752	0,33	7,87	2186	5,92	7,22	5,58
115Fs	0,51	8,05	1665	0,46	8,36	1869	-0,31	7,22	5,58

PERIODO 2020									
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	0,49	6,40	1302,85	0,39	5,78	1484,75	0,62	5,40	4,36
006Qi	0,60	5,27	877,5	0,44	4,58	1046,4	0,68	5,40	4,36
007Qi	0,64	2,76	432,4	0,41	3,08	751,3	-0,32	5,40	4,36
010Ppa	0,94	3,42	363,9	0,29	1,66	566,8	1,77	5,40	4,36
011Qs	0,35	2,90	834,6	0,42	3,74	882,4	-0,84	5,40	4,36
022Pn	0,90	5,33	593,9	0,55	3,42	618,7	1,91	5,40	4,36
025Ph	1,33	4,53	341	0,78	2,93	377,6	1,60	5,40	4,36
026Qi	0,59	3,97	674,7	0,41	2,61	634	1,37	5,40	4,36
030Ps	0,85	4,81	567	0,52	4,46	864,8	0,34	5,40	4,36
033Qpe	0,40	4,60	1144,9	0,38	5,60	1494,5	-1,01	5,40	4,36
037Ppr	2,00	6,03	301,1	0,97	3,52	363	2,52	5,40	4,36
054Ph	1,53	6,45	422,3	0,44	2,58	592,4	3,87	5,40	4,36
102Ppr	0,35	8,33	2403	0,24	7,21	2969,8	1,11	5,40	4,36
115Fs	0,58	10,75	1843,6	0,47	9,81	2103,9	0,95	5,40	4,36

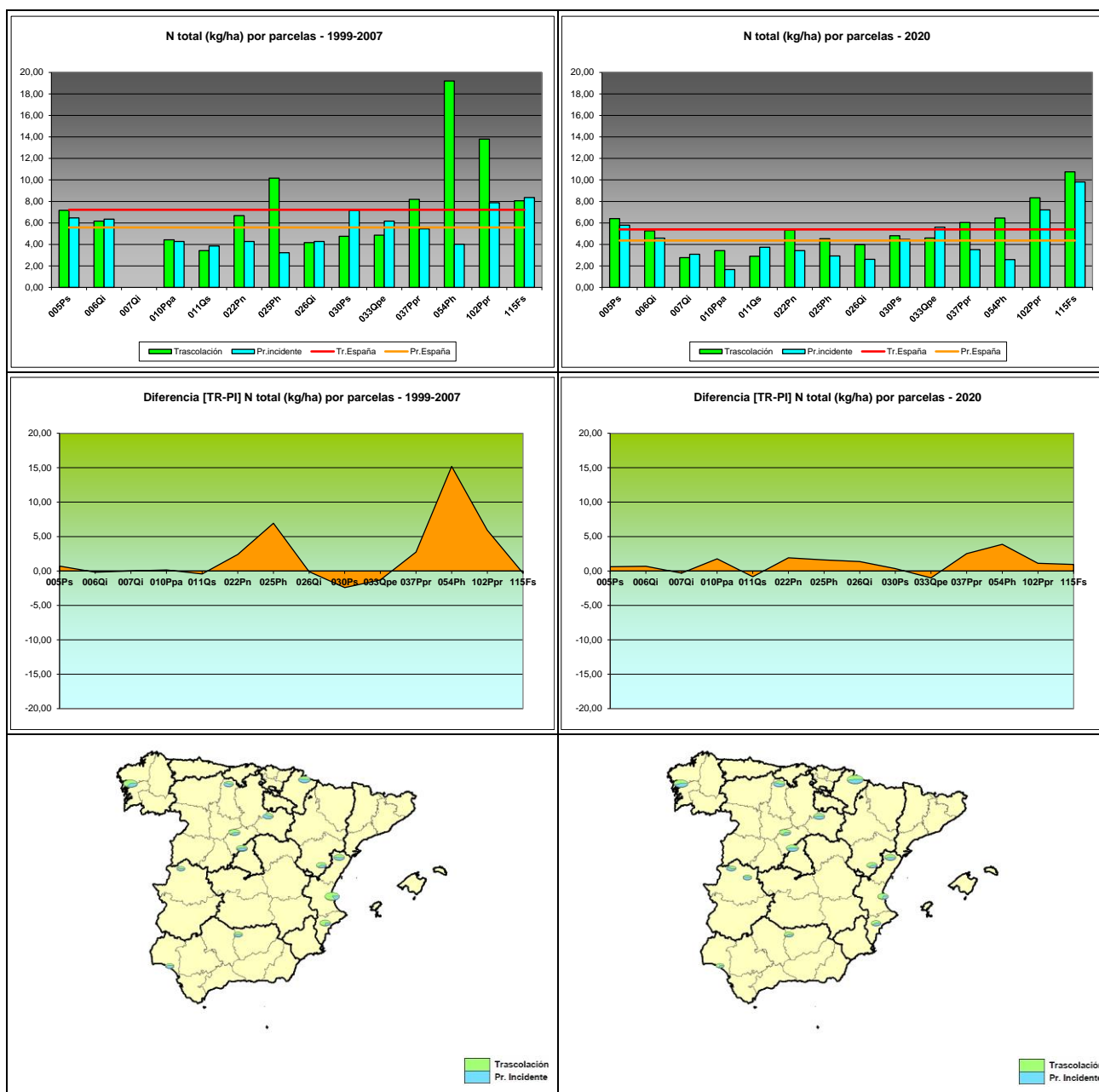


FIG 25: Depositione Nitrógeno total (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1999-2007 y año 2020

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 el año 2020

PERIODO 2020								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	82,65		1303	40,82		1485	54,88	57,75
006Qi	34,93		878	72,84		1046	54,88	57,75
010Ppa	37,49		432	26,53		751	54,88	57,75
007Qi	27,44		364	77,64		567	54,88	57,75
011Qs	61,45		835	56,86		882	54,88	57,75
022Pn	41,23		594	38,42		619	54,88	57,75
025Ph	13,32		341	15,62		378	54,88	57,75
026Qi	38,27		675	15,85		634	54,88	57,75
030Ps	37,77		567	54,27		865	54,88	57,75
033Qpe	64,84		1145	91,97		1495	54,88	57,75
037Ppr	21,74		301	18,34		363	54,88	57,75
054Ph	15,13		422	19,56		592	54,88	57,75
102Ppr	179,27		2403	165,45		2970	54,88	57,75
115Fs	168,78		1844	114,35		2104	54,88	57,75

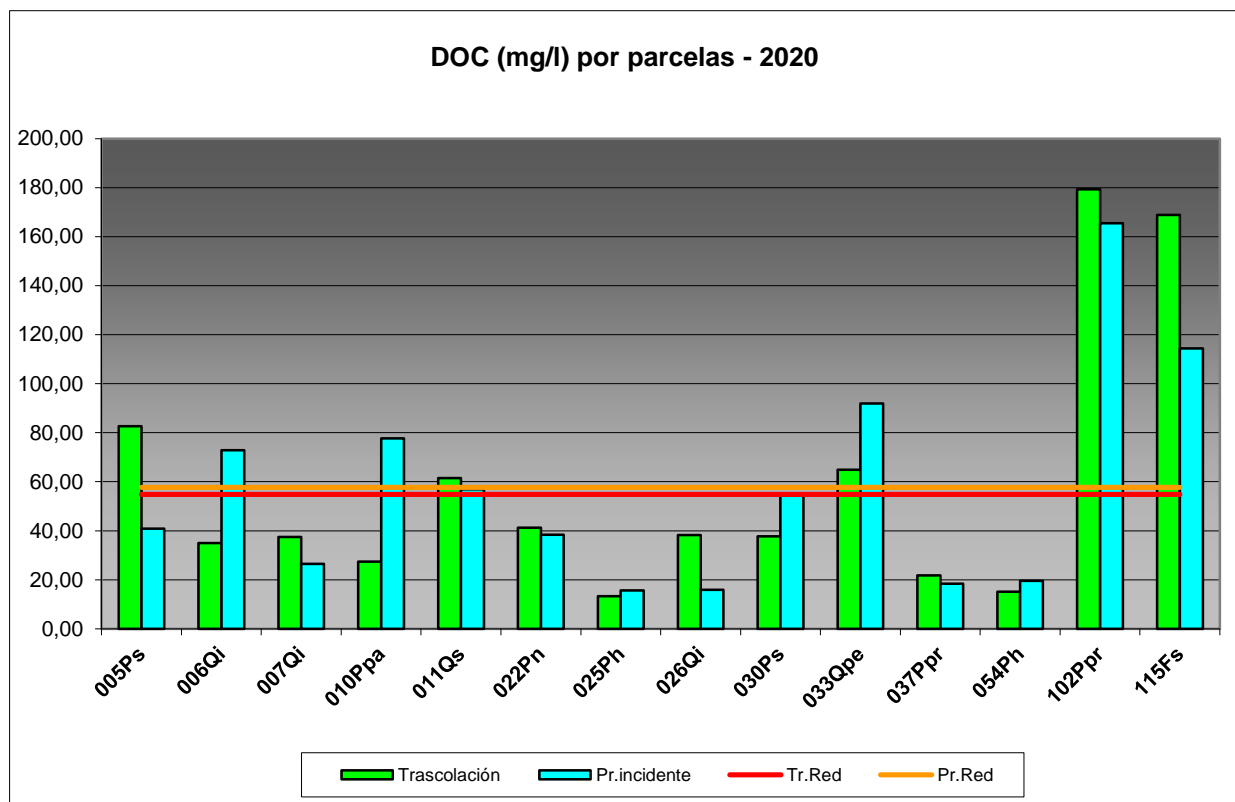


FIG 26: Carbono orgánico disuelto. Valores medios por parcela año 2020

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. Año 2020.

PERIODO 2020									
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	0,55	1303	0,02	0,36	1485	0,20	0,38	0,25
006Qi	0,03	0,30	878	0,02	0,18	1046	0,11	0,38	0,25
007Qi	0,04	0,18	432	0,02	0,14	751	0,03	0,38	0,25
010Ppa	0,08	0,29	364	0,02	0,10	567	0,20	0,38	0,25
011Qs	0,04	0,32	835	0,02	0,20	882	0,12	0,38	0,25
022Pn	0,04	0,26	594	0,02	0,12	619	0,14	0,38	0,25
025Ph	0,05	0,19	341	0,03	0,10	378	0,09	0,38	0,25
026Qi	0,04	0,25	675	0,02	0,12	634	0,13	0,38	0,25
030Ps	0,07	0,40	567	0,03	0,23	865	0,17	0,38	0,25
033Qpe	0,03	0,37	1145	0,02	0,23	1495	0,14	0,38	0,25
037Ppr	0,13	0,41	301	0,02	0,08	363	0,33	0,38	0,25
054Ph	0,03	0,13	422	0,02	0,10	592	0,03	0,38	0,25
102Ppr	0,04	1,07	2403	0,03	1,03	2970	0,03	0,38	0,25
115Fs	0,03	0,56	1844	0,03	0,56	2104	-0,01	0,38	0,25

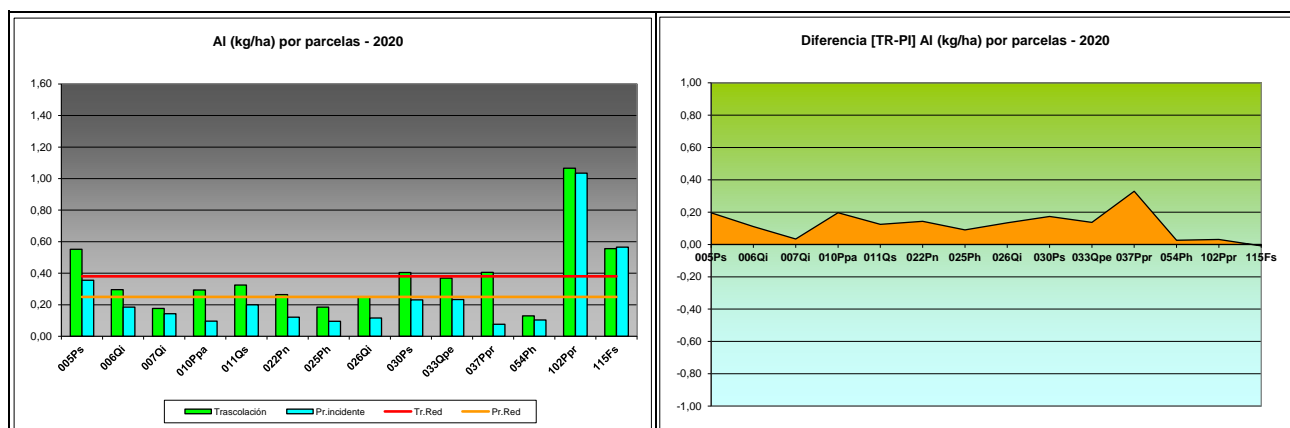


FIG 27: Deposición Aluminio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto año 2020

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. Año 2020.

PERIODO 2020									
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	0,49	1303	0,01	0,08	1485	0,42	0,21	0,05
006Qi	0,00	0,04	878	0,00	0,02	1046	0,02	0,21	0,05
007Qi	0,05	0,21	432	0,00	0,03	751	0,18	0,21	0,05
010Ppa	0,01	0,05	364	0,00	0,02	567	0,02	0,21	0,05
011Qs	0,03	0,25	835	0,01	0,04	882	0,21	0,21	0,05
022Pn	0,02	0,10	594	0,00	0,03	619	0,07	0,21	0,05
025Ph	0,01	0,02	341	0,00	0,01	378	0,01	0,21	0,05
026Qi	0,04	0,29	675	0,00	0,03	634	0,27	0,21	0,05
030Ps	0,03	0,15	567	0,00	0,04	865	0,11	0,21	0,05
033Qpe	0,08	0,86	1145	0,00	0,06	1495	0,80	0,21	0,05
037Ppr	0,01	0,04	301	0,00	0,01	363	0,02	0,21	0,05
054Ph	0,01	0,04	422	0,01	0,03	592	0,01	0,21	0,05
102Ppr	0,01	0,29	2403	0,00	0,14	2970	0,15	0,21	0,05
115Fs	0,01	0,17	1844	0,01	0,15	2104	0,02	0,21	0,05

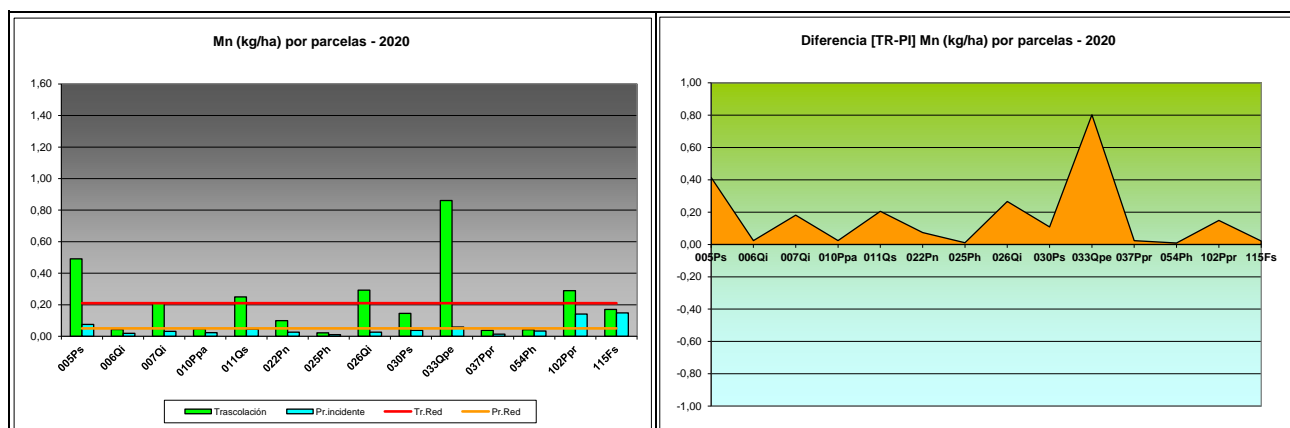


FIG 28: Deposición Manganeso (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto año 2020

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. Año 2020.

PERIODO 2020									
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	1303	0,01	0,13	1485	0,05	0,15	0,08
006Qi	0,02	0,16	878	0,00	0,05	1046	0,11	0,15	0,08
007Qi	0,02	0,10	432	0,01	0,06	751	0,04	0,15	0,08
010Ppa	0,02	0,09	364	0,01	0,04	567	0,06	0,15	0,08
011Qs	0,03	0,23	835	0,01	0,06	882	0,16	0,15	0,08
022Pn	0,02	0,10	594	0,01	0,05	619	0,05	0,15	0,08
025Ph	0,02	0,07	341	0,01	0,04	378	0,03	0,15	0,08
026Qi	0,02	0,13	675	0,01	0,06	634	0,07	0,15	0,08
030Ps	0,02	0,13	567	0,01	0,09	865	0,03	0,15	0,08
033Qpe	0,01	0,17	1145	0,01	0,09	1495	0,08	0,15	0,08
037Ppr	0,04	0,12	301	0,01	0,04	363	0,08	0,15	0,08
054Ph	0,02	0,07	422	0,00	0,03	592	0,05	0,15	0,08
102Ppr	0,02	0,37	2403	0,01	0,27	2970	0,11	0,15	0,08
115Fs	0,01	0,23	1844	0,01	0,18	2104	0,05	0,15	0,08

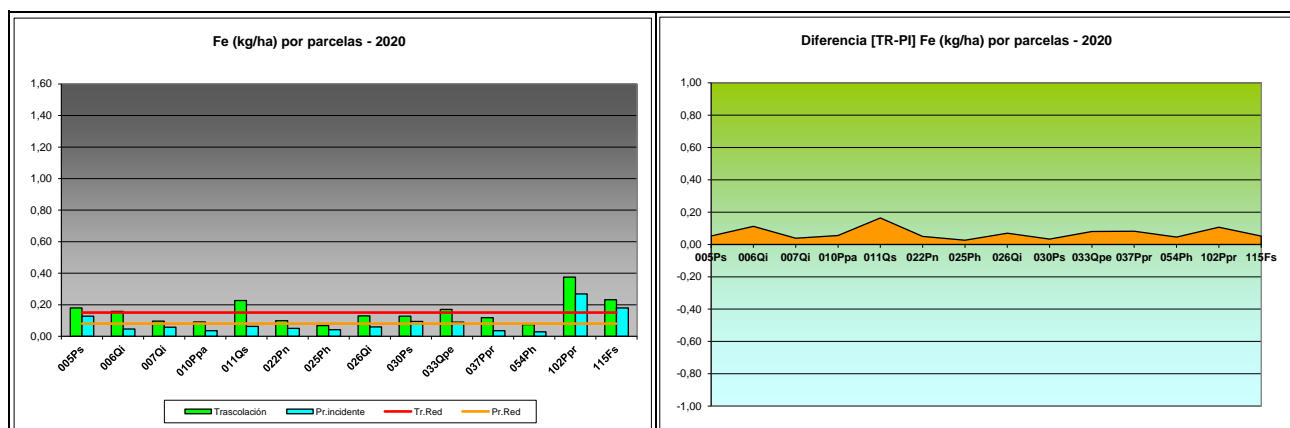


FIG 29: Deposición Hierro (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto año 2020

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, si bien las variaciones encontradas serán seguramente menores que en áreas más próximas a grandes núcleos de población o industriales.

2. En lo que se refiere al **pH**, continúan observándose las precipitaciones más ácidas en 102Ppr, donde tradicionalmente se obtienen los valores más bajos, alcanzándose el umbral de lluvia ácida entre el 40-80% de las muestras analizadas, seguido de 05Ps, 07Qi, 10Ppa y 11Qs. En la presente revisión destaca la mejoría en este parámetro en buena parte de las parcelas evaluadas, a excepción de las muestras de deposición a campo abierto obtenidas en 07Qi, 10Ppa y 11Qs. En la mayoría de las parcelas la precipitación ha aumentado durante 2020, año hasta el que se dispone de muestras de deposición
3. La **conductividad**, parámetro que engloba la concentración de sales en una disolución, ha disminuido en prácticamente todas las parcelas de la red, posiblemente porque el aumento generalizado de las precipitaciones ocasione una mayor dilución de las muestras. Como es habitual, la parcela con mayores valores es 54Ph, la más próxima a la línea de costa.
4. En lo que respecta al **potasio**, elemento de carácter terrígeno, los mayores depósitos se observan en 115Fs donde se superan los 70 kg/ha en una tendencia creciente ya apuntada en la revisión anterior, y en menor medida 06Qi, 11Qs, 54Ph y 102Ppr. Los depósitos obtenidos bajo cubierta han sido considerablemente superiores, lo que pone de manifiesto el comportamiento de la deposición seca.
5. La deposición a cielo abierto de **calcio** disminuye considerablemente en 102Ppr, mientras se incrementa de nuevo bajo cubierta, hasta superar los 120 kg/ha en una tendencia que se advirtió ya durante la revisión del pasado año, resultando también comparativamente elevados los depósitos de 25Ph y 54Ph. 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 del año anterior, con los mayores depósitos en 102Ppr, 54Ph, 115Fs, resultando particularmente marcado el incremento habido en las dos primeras parcelas y en menor medida la reducción observada en la última. 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, donde se reduce ligeramente el depósito a campo abierto, y se incrementa considerablemente en 54Ph y en menor medida 10Ppa, y se reduce en 115Fs. 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 advierte un comportamiento muy homogéneo en todas las parcelas de la Red, con depósitos que apenas superan los 3 kg/ha, una reducción muy marcada en 54Ph, más ligera en 06Qi y ligeros aumentos en el resto. En este compuesto no hay una tendencia tan clara entre depósitos bajo cubierta o al raso, pero sí parece apreciarse que las parcelas 05Ps, 07Qi, 11Qs y 33Qpe presentan mayores tasas a cielo abierto.
9. En cuanto al **cloro**, segundo elemento de origen marino, se advierte también un incremento apreciable en 102Ppr y 115Fs, más atenuado en 06Qi y 10Ppa y una reducción en los aportes de 115Fs. Por regla general se observa también un mayor aporte procedente de la trascolación.
10. Los **nitratos**, contaminantes procedentes de la actividad humana e industrial, presentan en general niveles inferiores a los habidos durante la revisión anterior, sobre todo por lo que se refiere a los aportes en trascolación, que se reducen considerablemente en 54Ph, 102Ppr y 115Fs, y en menor

medida 22Pn y 25Ph, mientras que aumentan ligeramente en 10Ppa. Como en otros compuestos, los depósitos obtenidos bajo cubierta suelen ser superiores a los habidos a cielo abierto, posiblemente debido a los efectos de la deposición seca.

11. Con respecto a los **sulfatos** se advierte un incremento considerable en 54Ph y 102Ppr mientras tienden a reducirse en el resto de la Red. Continúan observándose los mayores valores en 54Ph, 102Ppr y 115Fs. Por regla general se obtienen mayores depósitos bajo cubierta arbórea.
12. Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierte un comportamiento más homogéneo que en revisiones anteriores, destacando las parcelas 06Qi, 22Pn, 25Ph, 37Ppr y 54Ph como las de mayores registros, generalmente superiores en las muestras obtenidas bajo cubierta.
13. En cuanto al **nitrógeno total**, que ha vuelto a analizarse por primera vez desde 2007, se advierte en general una reducción en todas las parcelas respecto a los valores previos de la serie, destacando únicamente los comparativamente elevados depósitos de 102ppr y 115Fs, mientras que el resto de parcelas presenta un comportamiento más homogéneo.
14. El **carbono orgánico disuelto** resulta ser mayor en 102Ppr y 115Fs, con las menores tasas en 25Ph, 37Ppr y 54Ph. En **aluminio** y **hierro** los mayores aportes se han obtenido en 102Ppr y 115Fs, y en menor medida 05Ps, si bien el contenido en hierro resulta ser casi anecdótico, sin que se sobrepasen los 0,4 kg/ha en ningún caso. El contenido en **manganeso** resulta mayor en 05Ps y 33Qpe, y en menor medida 26Qi y 102Ppr, sin que apenas se supere el aporte de 1 kg/ha en ningún punto para los tres elementos considerados.
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 2000-2019-, 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*)

SO_2 : nivel crítico de afección a líquenes. Promedio anual de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

NO_2 : nivel crítico. Promedio anual de $30 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

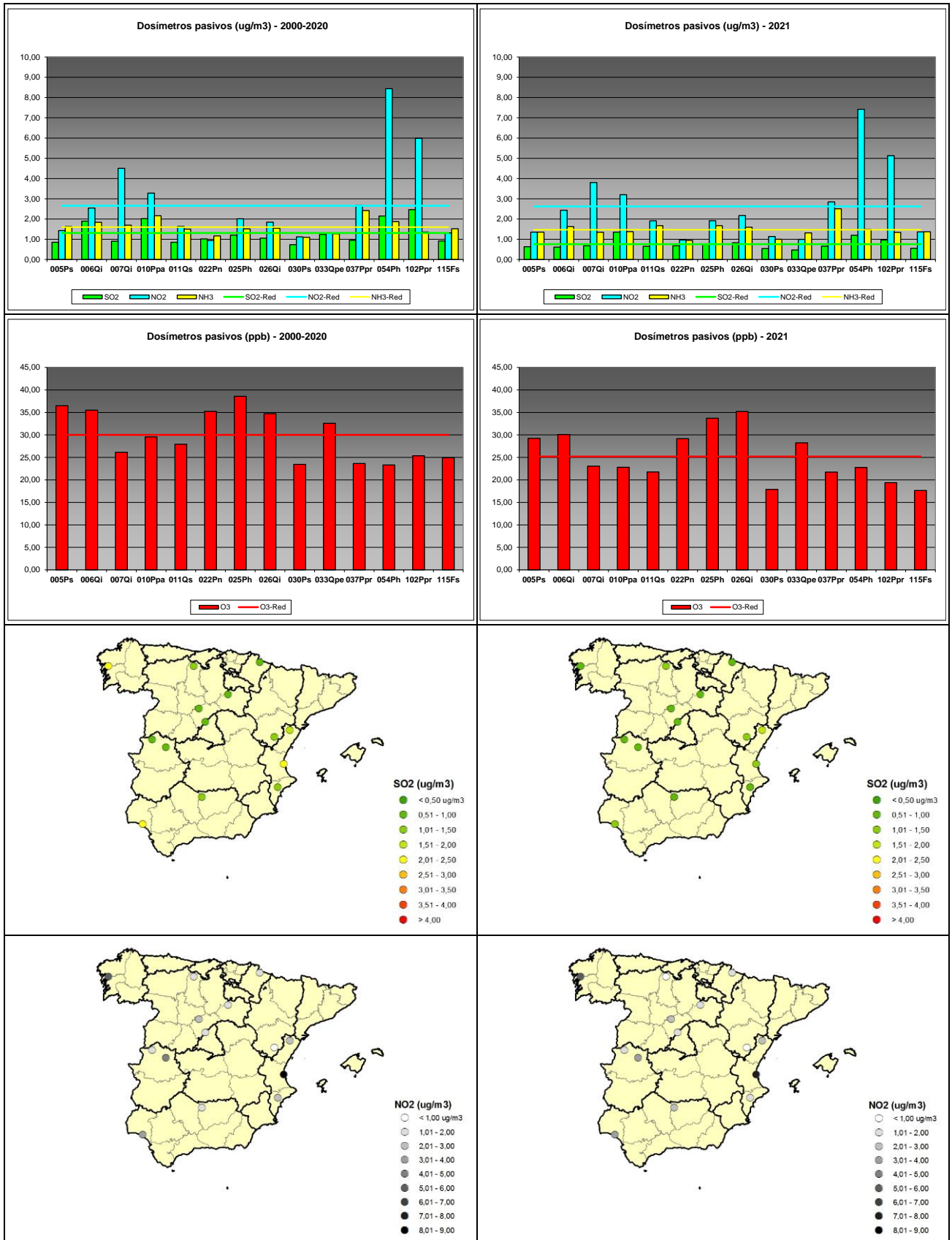
NH_3 : nivel crítico de protección a líquenes y briofitos. Promedio anual de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

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. O_3 1 ppb ~ $1,96 \mu\text{g}/\text{m}^3$

PERIODO 2000-2020								
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	0,85	1,43	1,63	36,48	1,31	2,66	1,60	30,02
006 Qi	1,90	2,54	1,84	35,49	1,31	2,66	1,60	30,02
007 Qi	0,91	4,50	1,70	26,12	1,31	2,66	1,60	30,02
010 Ppa	2,02	3,28	2,16	29,55	1,31	2,66	1,60	30,02
011 Qs	0,85	1,64	1,50	27,93	1,31	2,66	1,60	30,02
022 Pn	1,02	0,94	1,17	35,23	1,31	2,66	1,60	30,02
025 Ph	1,20	2,01	1,51	38,57	1,31	2,66	1,60	30,02
026 Qi	1,05	1,85	1,55	34,72	1,31	2,66	1,60	30,02
030 Ps	0,73	1,12	1,10	23,46	1,31	2,66	1,60	30,02
033 Qpe	1,24	1,30	1,28	32,58	1,31	2,66	1,60	30,02
037 Ppr	0,95	2,67	2,42	23,63	1,31	2,66	1,60	30,02
054 Ph	2,15	8,43	1,87	23,33	1,31	2,66	1,60	30,02
102 Ppr	2,46	5,99	1,36	25,35	1,31	2,66	1,60	30,02
115 Fs	0,92	1,32	1,52	24,93	1,31	2,66	1,60	30,02
Media	1,30	2,79	1,61	29,81	1,31	2,66	1,60	30,02

PERIODO 2021								
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	0,63	1,35	1,35	29,24	0,76	2,63	1,47	25,19
006 Qi	0,61	2,44	1,63	30,09	0,76	2,63	1,47	25,19
007 Qi	0,68	3,80	1,35	23,05	0,76	2,63	1,47	25,19
010 Ppa	1,35	3,20	1,38	22,82	0,76	2,63	1,47	25,19
011 Qs	0,65	1,91	1,67	21,77	0,76	2,63	1,47	25,19
022 Pn	0,68	0,97	0,94	29,16	0,76	2,63	1,47	25,19
025 Ph	0,75	1,92	1,67	33,72	0,76	2,63	1,47	25,19
026 Qi	0,83	2,17	1,59	35,21	0,76	2,63	1,47	25,19
030 Ps	0,55	1,14	1,00	17,88	0,76	2,63	1,47	25,19
033 Qpe	0,47	0,99	1,31	28,24	0,76	2,63	1,47	25,19
037 Ppr	0,66	2,84	2,51	21,74	0,76	2,63	1,47	25,19
054 Ph	1,20	7,42	1,50	22,75	0,76	2,63	1,47	25,19
102 Ppr	0,97	5,13	1,34	19,39	0,76	2,63	1,47	25,19
115 Fs	0,56	1,37	1,37	17,63	0,76	2,63	1,47	25,19
Media	0,76	2,62	1,47	25,19	0,76	2,63	1,47	25,19



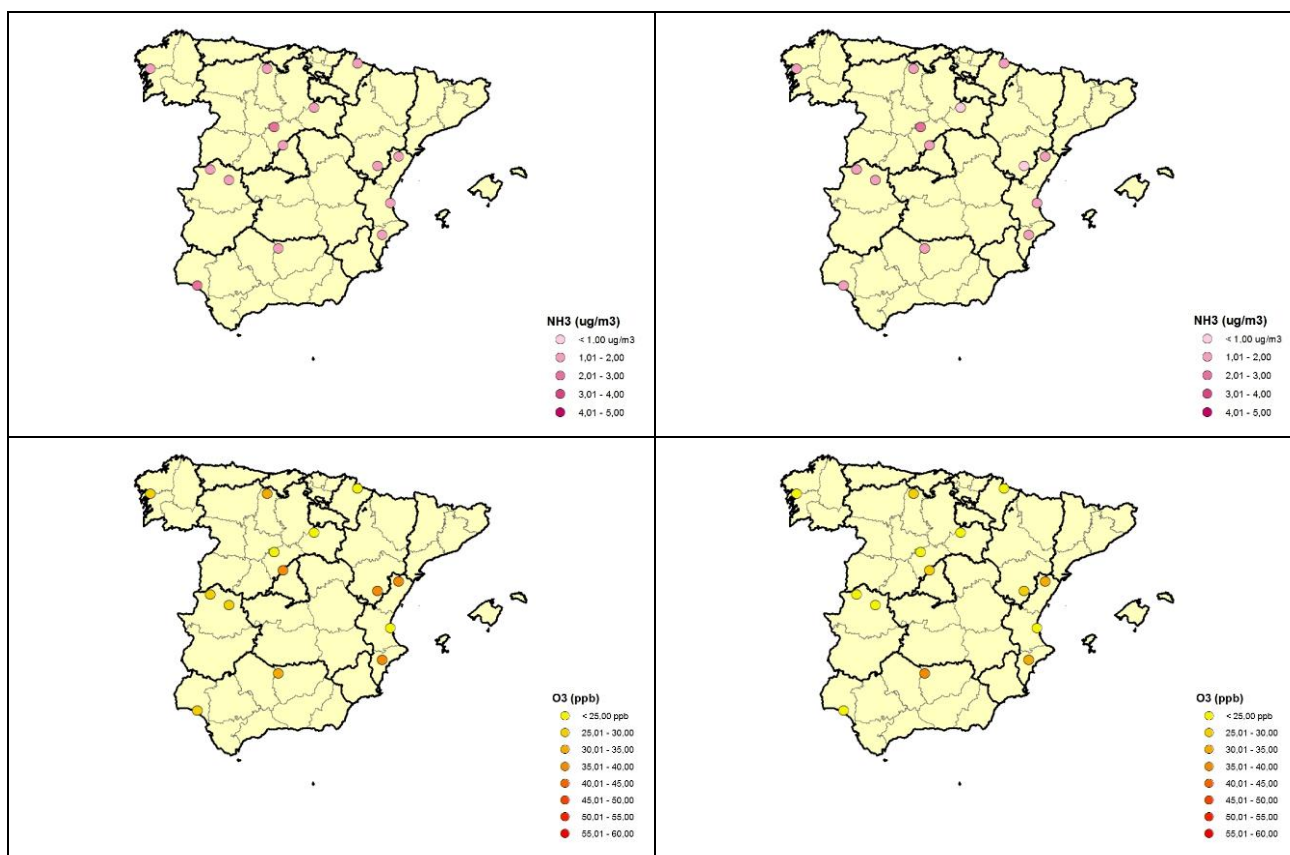


FIG 30: Inmisión atmosférica. Dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco y ozono. Valores medios por parcela serie histórica 2000-2020 y año 2021

1. Por lo que se refiere a la calidad del aire, las mayores concentraciones de **dióxido de azufre** se han obtenido en 10Ppa, seguido de 102Ppr y 54Ph, en un patrón ya observado en revisiones anteriores, y que se incrementa muy ligeramente en buena parte de las parcelas con respecto a la revisión anterior. 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 54 Ph y 102Ppr, y en menor medida 07Qi, 10Ppa y 37Ppr, en un patrón muy similar al de la revisión anterior, sin demasiadas variaciones por lo que a concentraciones 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**, como ya se observara en años previos, han tendido a reducirse ligeramente a lo largo del último año, destacando –si bien de forma poco significativa- las concentraciones observadas en 37Ppr, 54Ph, 25Ph, 11Qs y 26Qi. 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.
4. Por lo que se refiere al **ozono**, se advierte un incremento más marcado en casi todas las parcelas de la red, destacando 05Ps, 06Qi, 22Pn, 25Ph, 26Qi y 33Qpe.

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 $Hm \pm 20\%$ (Hm) en rodales de espesura abierta, siendo Hm 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 aprear 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 aprearán 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
Peso Seco	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T
Macronutrientes													
N	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T
S	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T
P	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T
Ca	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T
Mg	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T
K	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C	T	T	T
C										P+C	T	T	T
Micronutrientes													
Na		P+F											
Zn	T	P+F								P+C	T	T	T
Mn	T	P+F								P+C	T	T	T
Fe	T	P+F								P+C	T	T	T
Cu										P+C	T	T	T
Metidas analiz.													
Fronosas cad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
Fronosas per.	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Coníferas	1		1	2	1	2	2	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 (incluida) 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.

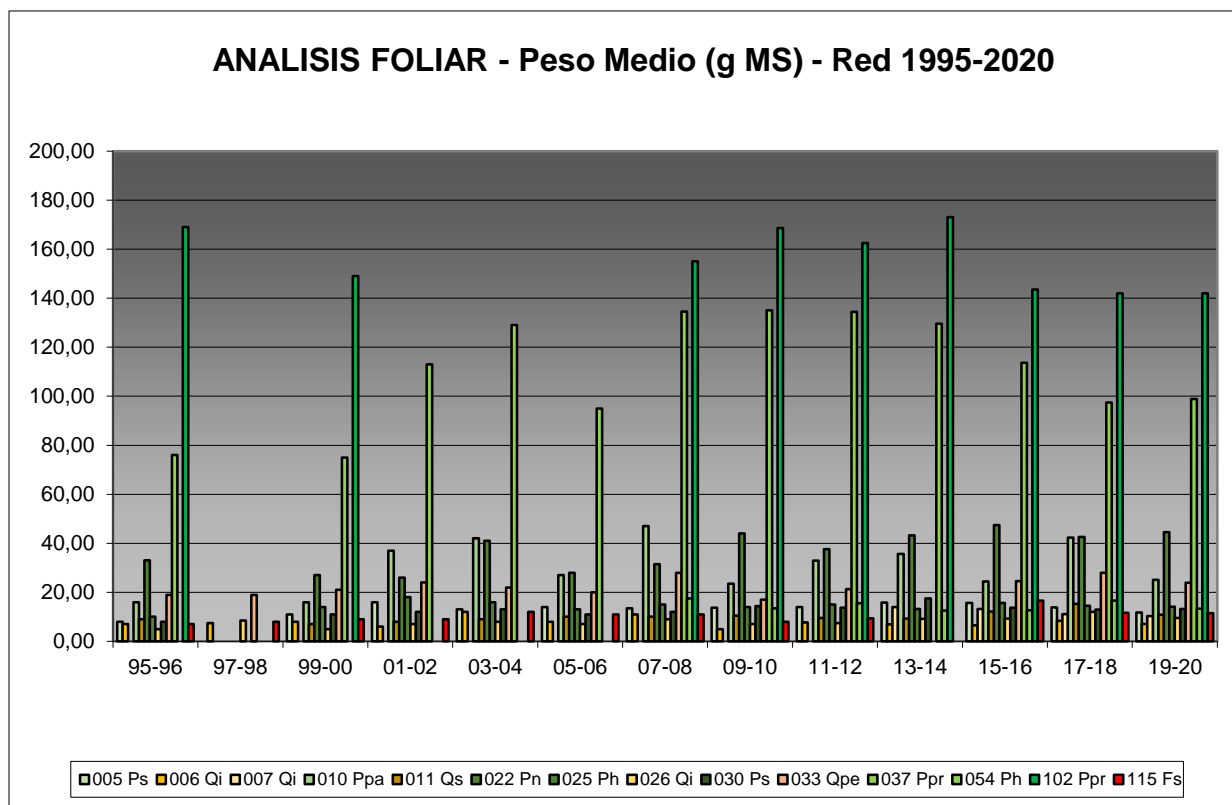
En aquellos casos en los que se han analizado varias metidas, se ha tomado como valor del muestreo la media de los distintos crecimientos.

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 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
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
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
007 Qi										13,92	13,20	11,11	10,30
010 Ppa	16,00		16,00	37,00	42,00	27,00	47,00	23,50	32,88	35,63	24,40	42,31	25,02
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
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
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
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
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
033 Qpe	19,00	19,00	21,00	24,00	22,00	20,00	28,00	17,00	21,25		24,60	27,89	23,89
037 Ppr	76,00		75,00	113,00	129,00	95,00	134,50	135,00	134,42	129,60	113,60	97,44	98,84
054 Ph							17,50	13,50	15,50	12,55	12,67	16,57	13,27
102 Ppr	169,00		149,00				155,00	168,67	162,48	173,07	143,53	141,95	142,03
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



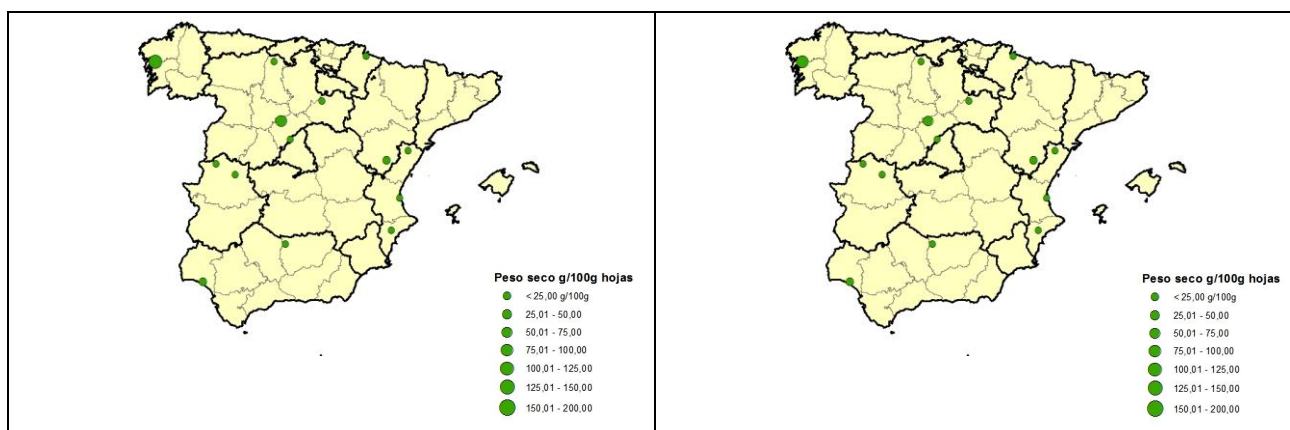


FIG 31: Peso seco hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2018 y campaña 2019-2020

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
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
007 Qi										15,62	12,67	12,81	11,65
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
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
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
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
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
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
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
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
054 Ph							13,70	12,83	13,27	10,05	14,38	10,94	9,62
102 Ppr	11,59		13,71				12,75	12,60	12,29	12,88	14,74	12,22	11,50
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

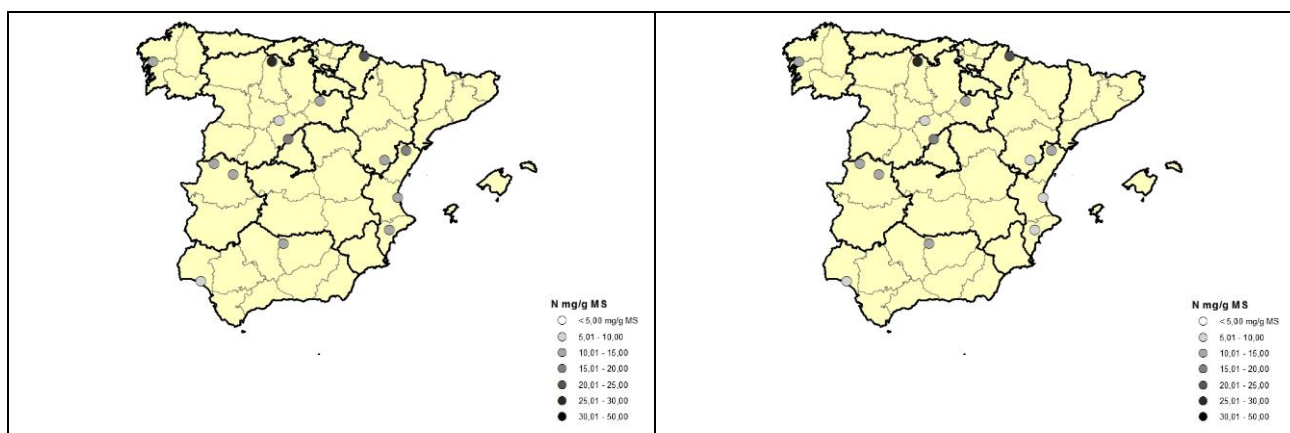
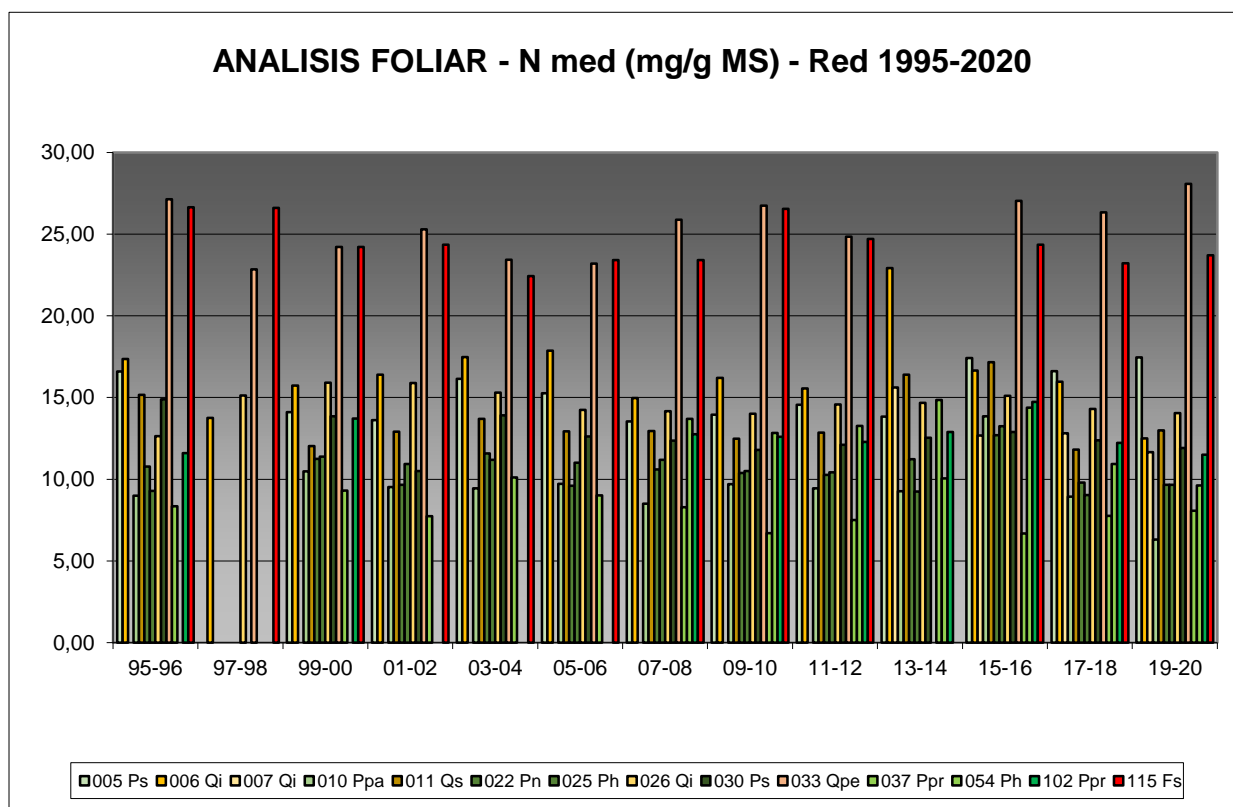


FIG 32: Contenido en nitrógeno hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2018 y campaña 2019-2020

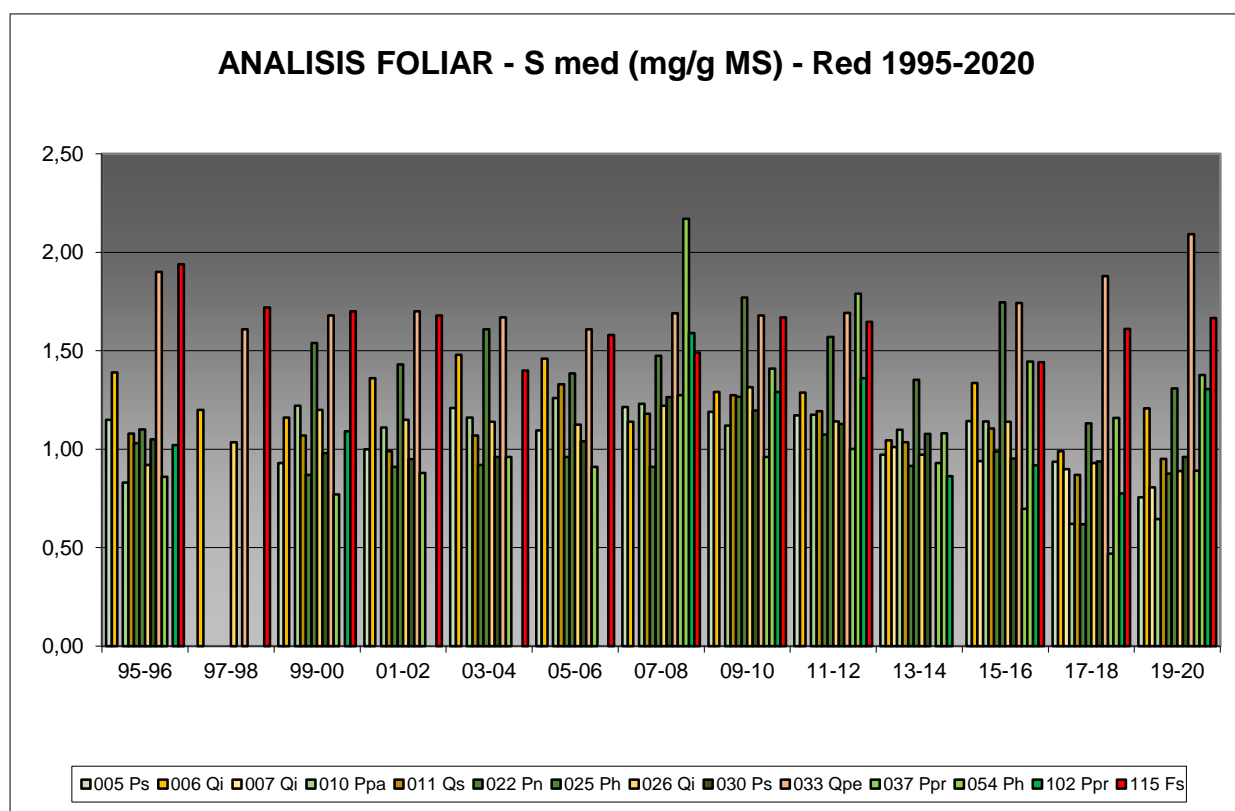
6.3.3. Azufre.

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
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
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
007 Qi										1,01	0,94	0,90	0,81

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
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
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
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
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
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
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
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
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
054 Ph							2,17	1,41	1,79	1,08	1,44	1,16	1,38
102 Ppr	1,02		1,09				1,59	1,29	1,36	0,86	0,92	0,78	1,31
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

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 lluvia ácida. 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.



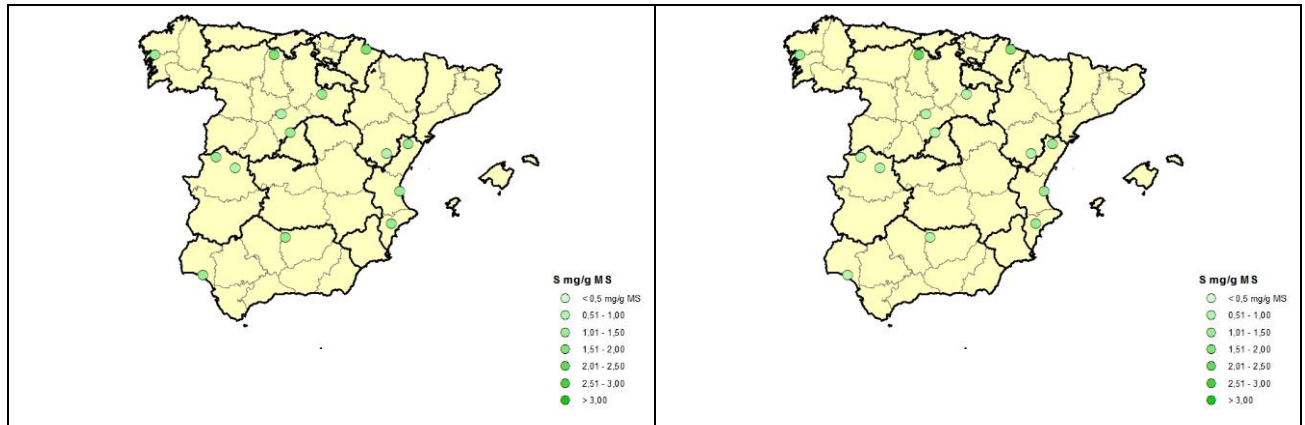


FIG 33: Contenido en azufre hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2018 y campaña 2019-2020

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
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
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
007 Qi										0,93	0,97	0,91	0,68
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
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
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
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
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
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
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
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
054 Ph							0,88	0,97	0,92	0,71	0,93	0,92	0,99
102 Ppr	0,87		0,91				0,68	0,73	0,73	0,61	0,82	0,67	1,01
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

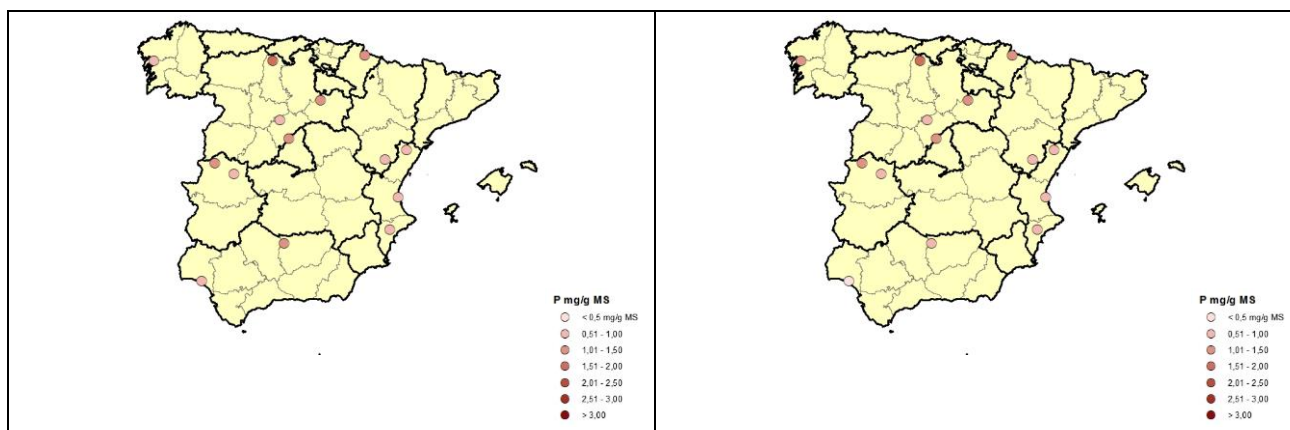
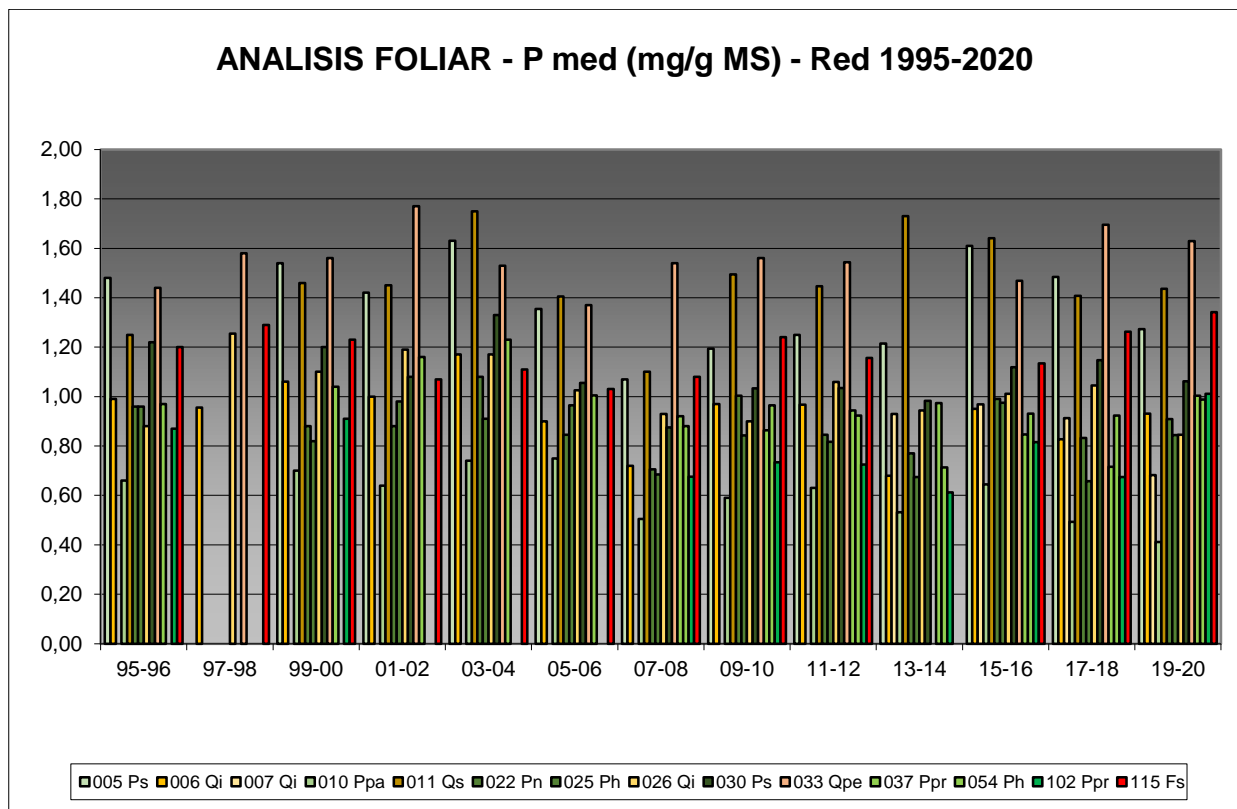


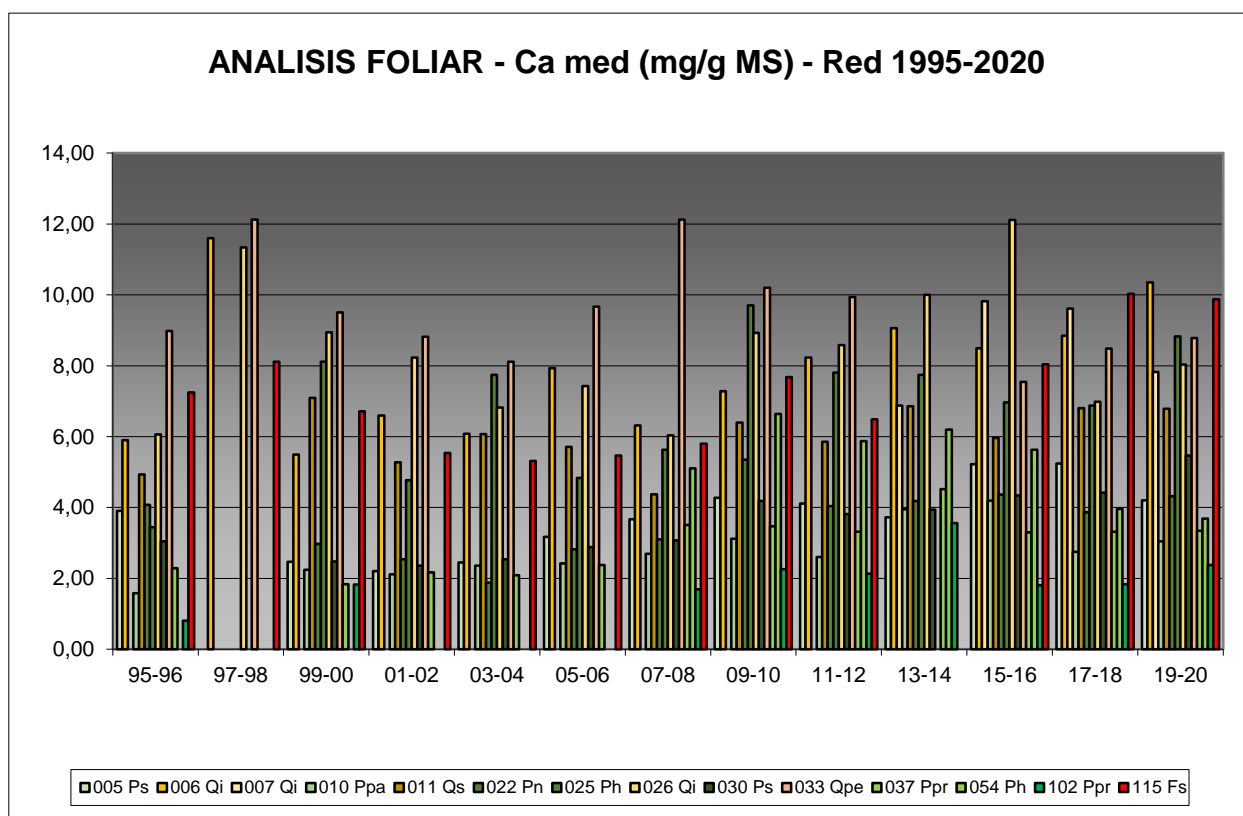
FIG 34: Contenido en fósforo hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2018 y campaña 2019-2020.

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
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
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
007 Qi										6,87	9,82	9,61	7,82

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
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
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
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
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
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
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
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
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
054 Ph							5,11	6,65	5,88	6,20	5,63	3,96	3,69
102 Ppr	0,81		1,83				1,69	2,26	2,13	3,56	1,81	1,83	2,38
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



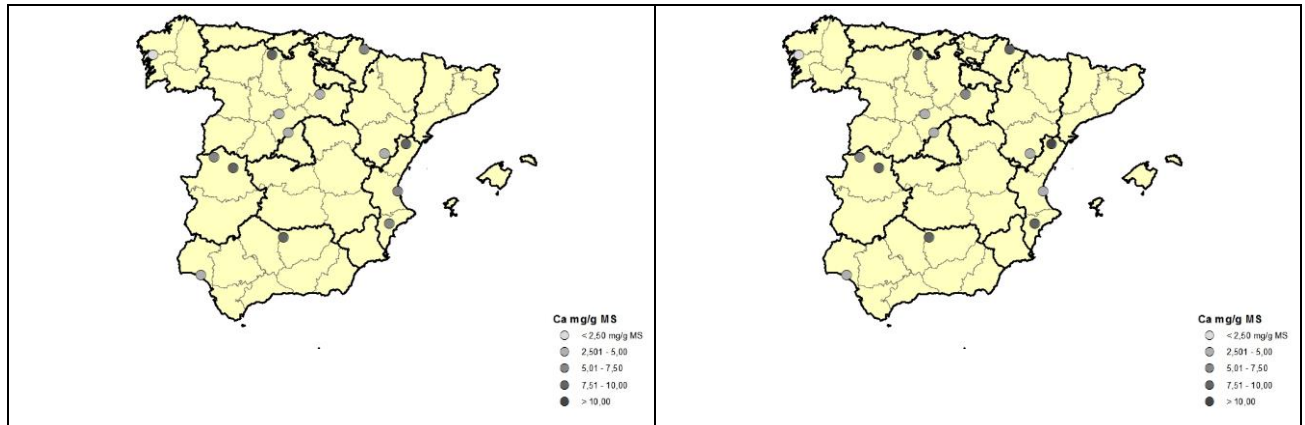


FIG 35: Contenido en calcio hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2018 y campaña 2019-2020.

6.3.6. 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
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
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
007 Qi										5,44	4,19	3,96	3,03
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
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
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
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
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
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
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
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
054 Ph							3,79	3,67	3,73	3,13	3,64	3,96	5,43
102 Ppr	5,03		5,69				3,65	3,51	3,69	4,01	4,44	4,24	4,97
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

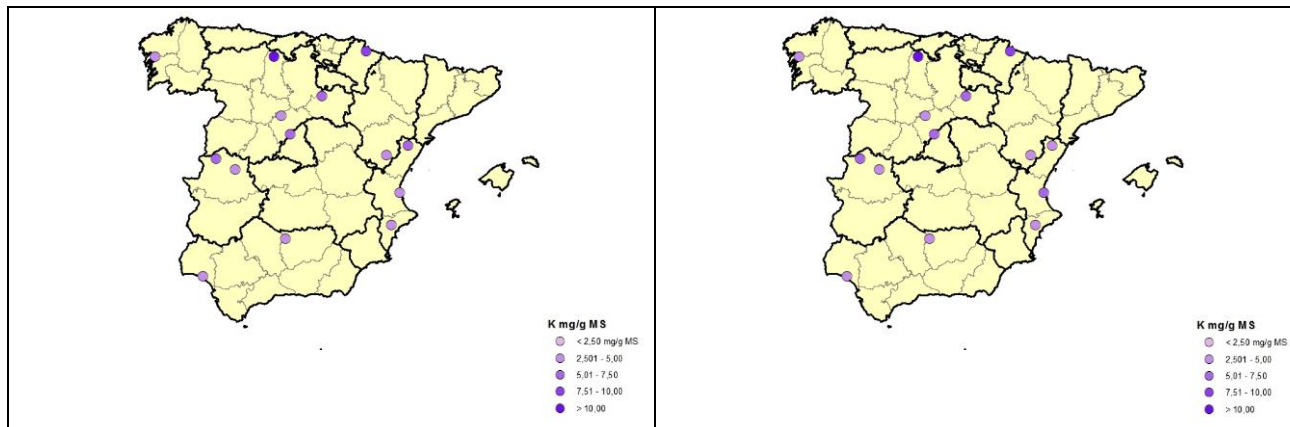
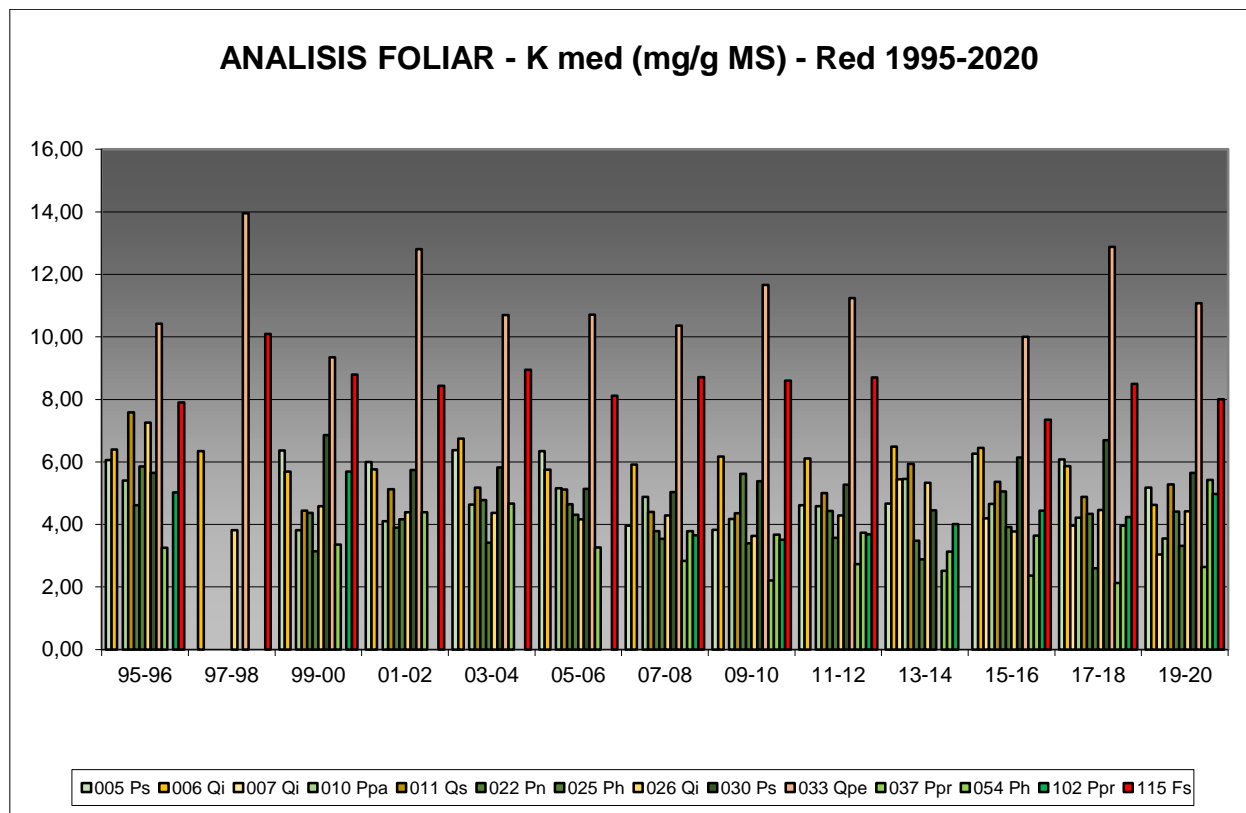


FIG 36: Contenido en potasio hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y campaña 2019-2020.

6.3.7. Carbono.

TABLA 27: Caracterización contenido en carbono (%). 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
005 Ps										53,52	54,34	53,39	53,13
006 Qi										51,34	50,52	50,54	50,87
007 Qi										50,06	49,49	49,99	50,11

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
010 Ppa										50,41	48,16	50,29	50,73
011 Qs										52,40	50,96	50,23	51,99
022 Pn										54,12	54,01	53,05	53,64
025 Ph										52,98	53,04	54,10	53,21
026 Qi										50,48	50,22	49,43	49,75
030 Ps										53,37	52,90	51,88	53,19
033 Qpe											49,48	49,19	49,75
037 Ppr										53,28	51,26	51,83	52,19
054 Ph										54,86	54,95	54,11	52,61
102 Ppr										52,48	52,91	51,34	53,06
115 Fs											51,08	49,22	50,97

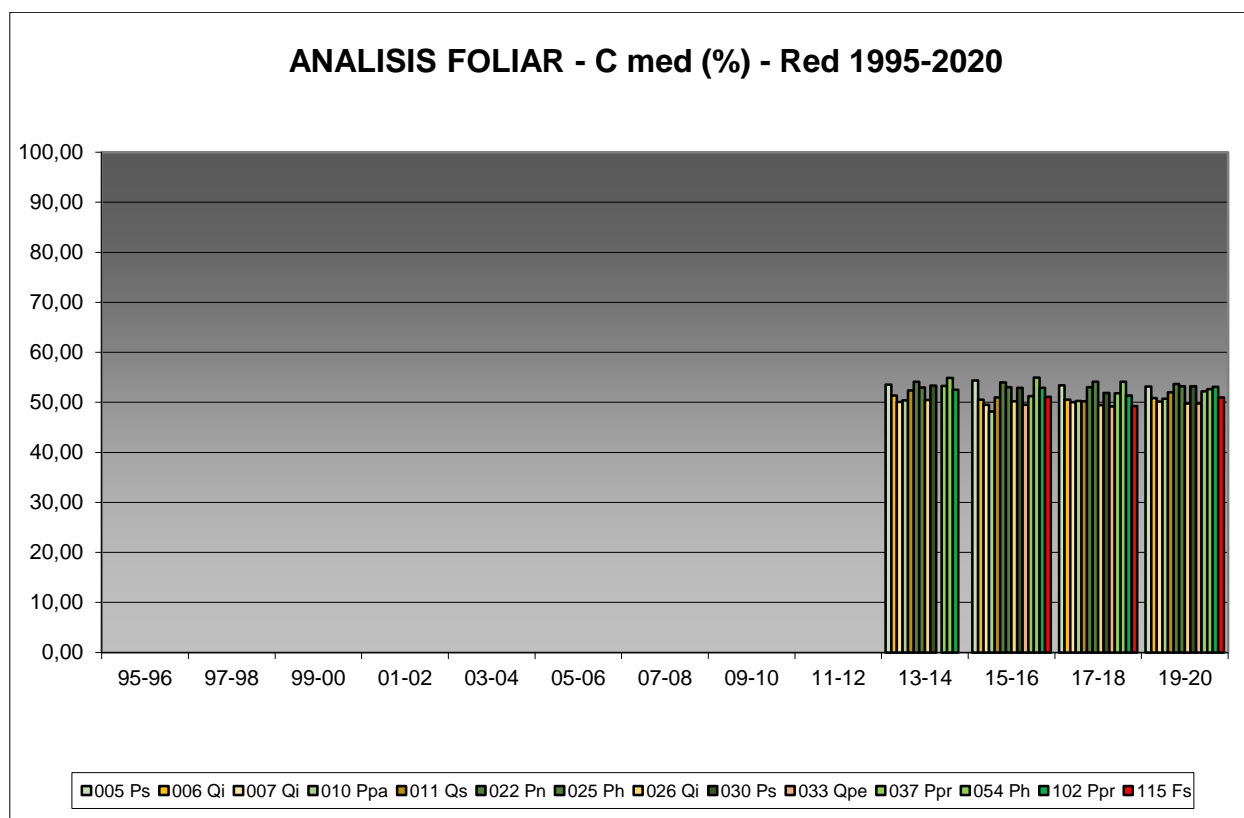


FIG 37: Contenido en carbono hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y campaña 2019-2020.

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 y parece experimentar un cierto crecimiento a lo largo de los últimos años, mientras que los valores menores se dan en los encinares, poblados por las parcelas 06Qi, 07Qi y 26Qi.

2. En cuanto a los contenidos en **nitrógeno**, los mayores niveles se han encontrado en las parcelas pobladas por caducifolias, sobre todo 33Qpe y en menor medida 115Fs, mientras que las menores tasas han correspondido a la parcela 37Ppr, continuando con la tendencia ya apuntada en el periodo anterior. Al igual que en la campaña previa, se ha observado una reducción en las tasas de este elemento.
3. Los contenidos en **azufre** no presentan una tendencia tan definida, abundando los máximos en las parcelas de caducifolias 33Qpe y 115Fs a lo largo de los primeros años de la serie, tendencia que tras interrumpirse para dar paso a máximos en 54Ph y 25Ph, parece retomarse de nuevo a lo largo de las dos últimas campañas. Cabe hacer constar asimismo que en la mayoría de los casos se superan los valores de referencia para cada especie, retomando así la tónica que sólo se vio interrumpida durante la campaña de muestreo 2017-2018.
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*, 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 dos últimas campañas.
5. Los contenidos en **calcio**, tradicionalmente superiores en 33Qpe, se han visto superados a lo largo de la última campaña por los obtenidos en 06Qi, reduciéndose en general los niveles correspondientes. Los mayores incrementos se han obtenido por el contrario en la parcela 25Ph mientras la mayor reducción se ha dado en 07Qi. Como en anteriores campañas, en el pino negral se han obtenido los menores contenidos del elemento
6. Por lo que respecta al **magnesio**, se han venido observando las mayores tasas en el pino piñonero mientras los mínimos tienden a apreciarse sobre el pino silvestre. Apenas se han registrado variaciones a lo largo de la última campaña fuera de un ligero incremento de los valores correspondientes al alcornoque.
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, 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 parámetros 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 2005-2019. Debe tenerse en cuenta que durante 2014 se ha muestreado el periodo mayo-diciembre.

TABLA 28: Caracterización desfronde. Periodo 2005-2019 y 2020.

Año	PERIODO 2005-2019								
	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	3.589	52,82	10,02	0,82	0,76	5,76	0,99	2,70
	Ramillas	528	54,38	8,82	0,90	0,55	4,28	0,86	1,73
	Otras	2.534	52,56	9,42	0,94	0,85	5,20	0,90	2,25
006 Qi	Hojas	3.584	50,59	11,45	1,08	0,58	15,35	1,68	5,27
	Ramillas	1.399	48,99	8,40	0,85	0,50	29,60	3,79	3,83
	Otras	1.502	48,88	15,26	1,26	1,05	11,98	2,47	5,64
007 Qi	Hojas	1.664	49,89	9,64	0,90	0,82	13,58	1,22	3,34
	Ramillas	898							
	Otras	1.464	47,82	15,59	1,17	1,16	6,71	1,36	6,57
010 Ppa	Hojas	3.486	51,28	5,31	0,96	0,40	4,30	2,42	3,20
	Ramillas	287	53,77	4,80	0,89	0,50	5,92	1,17	1,21
	Otras	1.300	52,10	6,26	0,95	0,46	5,72	1,34	1,83
011 Qs	Hojas	2.364	52,02	6,36	0,79	1,06	8,12	2,08	4,04
	Ramillas	442	52,13	5,65	0,69	0,96	11,91	2,07	4,54
	Otras	658	49,74	16,41	1,25	1,69	8,48	1,98	7,20
022 Pn	Hojas	1.825	54,34	6,15	0,79	0,40	6,18	1,36	2,39
	Ramillas	363	53,62	5,08	0,76	0,19	10,40	1,31	0,71
	Otras	996	52,49	7,35	0,93	0,49	6,42	0,83	1,28
025 Ph	Hojas	1.046	53,35	6,08	1,09	0,31	9,73	1,99	1,33
	Ramillas	105	51,56	4,67	0,64	0,28	13,88	2,18	1,27
	Otras	477	49,58	7,21	0,90	0,48	16,42	2,08	1,93
026 Qi	Hojas	1.353	50,77	9,74	0,82	0,66	9,79	1,36	2,85
	Ramillas	460	50,44	8,28	0,62	0,80	17,38	2,01	3,68
	Otras	769	48,87	17,22	1,26	1,09	8,56	1,54	4,27
030 Ps	Hojas	1.641	53,49	6,06	0,80	0,34	7,41	1,03	2,15
	Ramillas	476	54,28	5,82	0,70	0,25	4,63	0,69	1,06
	Otras	1.391	52,96	6,33	0,66	0,41	6,23	0,67	1,23
033Qpe	Hojas	2.819	51,18	16,20	1,20	0,88	7,62	1,59	4,95
	Ramillas	817	52,24	6,31	0,46	0,36	4,87	0,83	1,80
	Otras	785	51,03	13,31	1,02	0,93	8,26	1,33	3,36
037 Ppr	Hojas	1.949	53,36	4,87	0,77	0,64	6,16	2,19	1,31
	Ramillas	406	52,94	6,84	0,80	0,38	10,69	2,91	0,95
	Otras	1.007	52,03	9,96	1,06	1,13	7,83	1,79	4,05
054 Ph	Hojas	3.030	54,32	9,88	1,32	0,60	7,53	2,18	2,36
	Ramillas	477	53,37	10,40	1,42	0,80	12,98	3,06	1,98

Año	PERIODO 2005-2019								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
	Otras	1.728	52,09	9,61	1,13	1,09	12,99	2,01	2,55
102 Ppr	Hojas	3.359	53,69	8,14	0,88	0,36	2,91	1,19	1,74
	Ramillas	773	56,32	8,15	1,05	0,32	2,14	0,74	0,67
	Otras	2.544	54,12	10,19	1,15	0,60	1,62	0,84	1,26
115 Fs	Hojas	2.996	52,14	16,91	1,23	0,86	9,25	1,54	4,22
	Ramillas	440	53,69	9,14	0,79	0,36	6,80	0,98	0,99
	Otras	1.099	50,08	16,67	1,27	0,94	6,14	1,40	2,75

Año	PERIODO 2005-2019								
	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	309,14	810,24	104,48	3,43				
	Ramillas								
	Otras	26,74	407,03	385,60	7,54				
006 Qi	Hojas	39,50	157,30	169,69	4,50				
	Ramillas								
	Otras	19,11	53,73	281,89	10,11				
007 Qi	Hojas	22,25	1127,24	197,85	3,19				
	Ramillas								
	Otras	23,03	352,78	339,37	7,51				
010 Ppa	Hojas	16,20	204,33	137,10	4,49				
	Ramillas								
	Otras	30,14	73,25	716,64	8,12				
011 Qs	Hojas	14,86	1042,92	131,18	3,68				
	Ramillas								
	Otras	26,29	179,97	534,88	6,82				
022 Pn	Hojas	40,07	261,48	200,73	1,93				
	Ramillas								
	Otras	29,68	202,26	561,68	7,86				
025 Ph	Hojas	18,98	6,19	223,67	1,79				
	Ramillas								
	Otras	33,66	495,87	622,41	6,16				
026Qi	Hojas	33,72	901,57	210,65	4,60				
	Ramillas								
	Otras	698,96	231,29	193,41	6,02				
030Ps	Hojas	47,01	536,81	138,14	1,65				
	Ramillas								
	Otras	22,06	84,52	196,92	9,46				
033Qpe	Hojas	18,67	4303,74	91,91	7,46				
	Ramillas								
	Otras	21,76	1364,94	191,94	7,17				
037Ppr	Hojas	10,88	93,85	85,77	1,07				
	Ramillas								
	Otras	33,34	498,45	189,54	4,48				
054Ph	Hojas	113,22	28,03	162,66	10,51				
	Ramillas								
	Otras	741,05	16,10	698,81	4,69				
102Ppr	Hojas	55,60	203,47	76,45	2,32				
	Ramillas								

Año	PERIODO 2005-2019								
	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)
	Otras	31,11	58,02	325,05	7,15				
115Fs	Hojas	60,35	1085,25	168,44	6,76				
	Ramillas								
	Otras	25,45	447,98	516,63	8,49				

Año	PERIODO 2020								
	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	3.731			0,60	0,67	5,99	0,81	2,40
	Ramillas	1.031							
	Otras	3.599							
006 Qi	Hojas	1.407			1,01	0,78	17,79	1,03	5,69
	Ramillas	4.135							
	Otras	1.711							
007 Qi	Hojas	2.164			0,86	0,33	13,23	1,09	3,24
	Ramillas	1.352							
	Otras	1.108							
010 Ppa	Hojas	4.784			0,79	0,89	4,58	2,39	3,54
	Ramillas	798							
	Otras	1.093							
011 Qs	Hojas	3.313			0,63	0,46	8,54	1,72	4,37
	Ramillas	525							
	Otras	1.576							
022 Pn	Hojas	1.116			0,61	0,76	6,11	1,29	2,10
	Ramillas	215							
	Otras	1.194							
025 Ph	Hojas	1.258			0,85	0,59	9,18	1,37	1,25
	Ramillas	205							
	Otras	523							
026 Qi	Hojas	1.600			0,78	0,35	8,70	1,02	3,48
	Ramillas	252							
	Otras	497							
030 Ps	Hojas	2.225			0,69	0,51	8,44	0,86	2,04
	Ramillas	518							
	Otras	1.598							
033Qpe	Hojas	3.004			0,84	0,56	8,16	1,41	5,49
	Ramillas	505							
	Otras	1.052							
037 Ppr	Hojas	2.020			0,62	0,53	7,24	2,06	1,17
	Ramillas	552							
	Otras	1.595							
054 Ph	Hojas	2.502			1,21	0,46	6,81	2,00	2,82
	Ramillas	738							
	Otras	1.888							
102 Ppr	Hojas	3.064			0,82	0,82	2,99	1,42	1,91
	Ramillas	356							
	Otras	2.513							
115 Fs	Hojas	2.978			1,09	0,87	11,80	1,20	4,39

Año	PERIODO 2020								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
	Ramillas	482							
Otras	5.152								

Año	PERIODO 2020								
	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	441,02	705,08	123,32	2,27	0,75	0,24	0,82	197,26
	Ramillas								
	Otras								
006 Qi	Hojas	42,40	141,27	210,18	3,85	0,41	0,07	0,51	13,49
	Ramillas								
	Otras								
007 Qi	Hojas	23,95	979,95	179,07	2,97	0,65	0,12	1,32	41,29
	Ramillas								
	Otras								
010 Ppa	Hojas	17,76	145,86	127,10	4,08	1,28	0,31	0,99	33,69
	Ramillas								
	Otras								
011 Qs	Hojas	14,22	957,80	124,63	3,19	0,58	0,19	2,51	20,75
	Ramillas								
	Otras								
022 Pn	Hojas	32,08	220,21	231,65	2,39	0,69	0,10	0,54	45,22
	Ramillas								
	Otras								
025 Ph	Hojas	16,30	4,76	183,37	1,35	0,49	0,06	0,41	17,05
	Ramillas								
	Otras								
026Qi	Hojas	35,32	799,26	277,96	4,77	1,10	0,15	1,02	48,43
	Ramillas								
	Otras								
030Ps	Hojas	54,57	612,67	157,29	1,53	0,56	0,15	0,53	96,29
	Ramillas								
	Otras								
033Qpe	Hojas	26,62	3998,71	136,56	5,96	2,03	0,11	8,12	33,29
	Ramillas								
	Otras								
037Ppr	Hojas	13,41	107,11	108,34	1,19	0,42	0,08	0,38	89,37
	Ramillas								
	Otras								
054Ph	Hojas	84,97	13,40	185,34	1,89	0,76	0,07	0,16	18,28
	Ramillas								
	Otras								
102Ppr	Hojas	28,00	211,80	87,96	2,46	0,61	0,27	0,44	68,59
	Ramillas								
	Otras								
115Fs	Hojas	32,21	1174,46	187,36	6,51	4,78	0,13	1,72	87,89
	Ramillas								
	Otras								

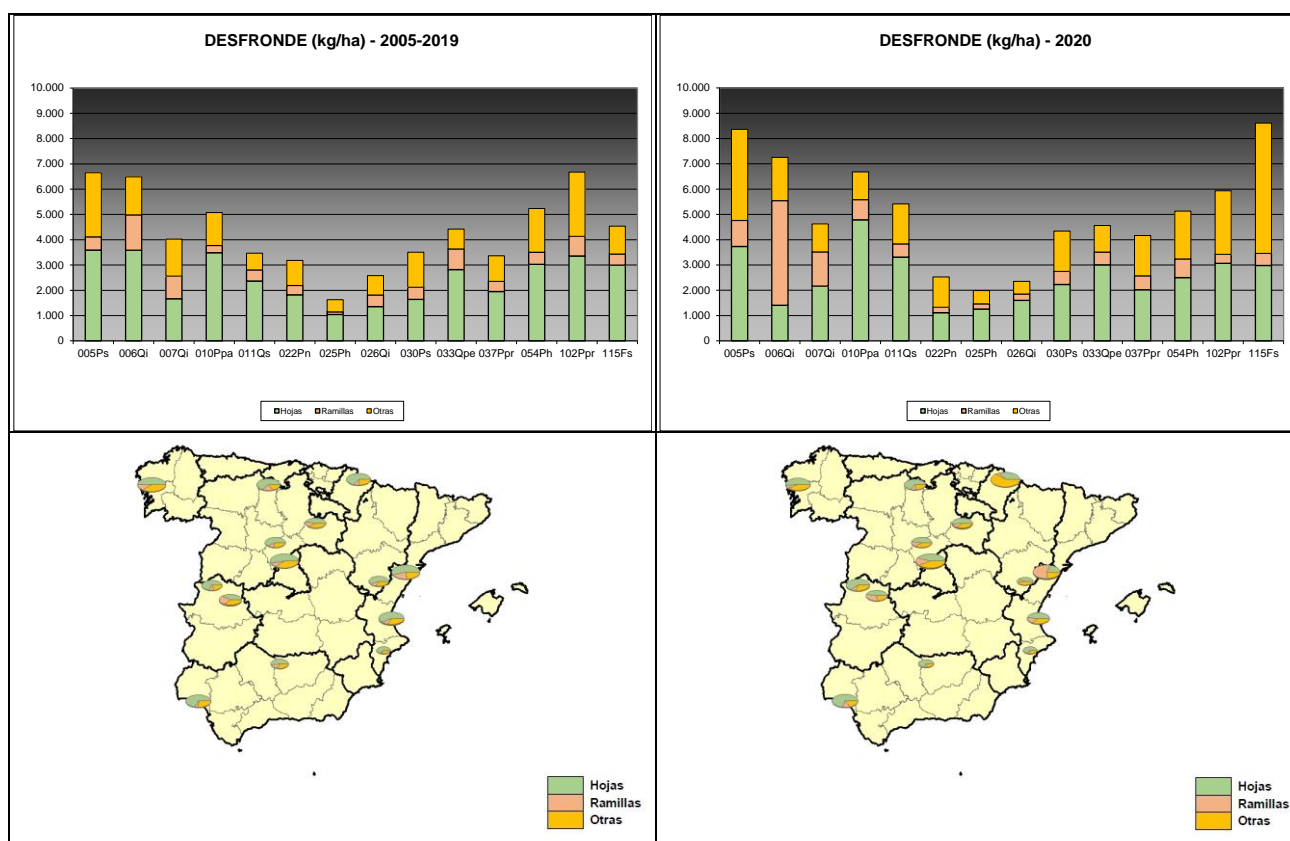


FIG 38: Desfronde o litterfall. Pesos medios por parcela serie histórica 1997-2019 y año 2020.

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 05Ps, 06Qi, 10Ppa, 54Ph y 115Fs, mientras se reduce en 102Ppr.

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, que al igual que en los casos anteriores y por los procedimientos normativos del Programa, lleva una demora de un año con respecto al nominal.

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 2000-2020										
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	08/06	19/07	43	159	688	05/06	01/07	28	156	711
006 Qi	17/05	13/07	57	137	1323	29/05	22/06	23	149	1452
010 Ppa	16/04	27/05	37	105	1102	20/04	13/06	50	104	1085
011 Qs	30/04	14/07	75	120	1557	22/04	31/05	39	111	1399
022 Pn	09/05	19/06	40	129	1461	16/05	14/06	29	136	1524
025 Ph	05/06	19/07	44	156	978	16/06	11/07	25	166	1106
026 Qi	07/05	10/07	64	127	1332	14/04	21/05	38	103	955
030 Ps	08/04	21/05	42	98	919	10/04	24/05	44	100	954
033 Qpe	06/06	26/07	50	156	798	02/06	26/06	24	153	727
037 Ppr	07/05	08/06	38	127	610	03/06	27/06	24	154	884
054 Ph	30/05	09/07	49	150	1123	14/05	12/06	29	134	868
102 Ppr	29/04	23/06	56	118	1514	14/03	17/04	33	73	848
115 Fs	25/04	20/06	62	115	1177	01/04	04/05	32	91	865

PERIODO 2021										
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	25/06	26/08	62	175	845	25/06	27/07	32	175	845
006 Qi	28/05	24/07	57	147	1275	28/05	27/06	30	147	1275
007 Qi	29/04	24/05	25	118	1344	22/03	29/04	38	80	768
010 Ppa	26/04	29/06	64	115	1608	26/04	27/05	31	115	1608
011 Qs	29/04	28/06	60	118	1220	29/04	24/05	25	118	1220
022 Pn	27/05	23/07	57	146	882	27/05	27/06	31	146	882
025 Ph	28/04	30/06	63	117	1133	24/03	28/04	35	82	739
026 Qi	25/03	26/05	62	83	748	25/03	26/05	62	83	748
030 Ps	24/06	28/07	34	174	1057	24/06	28/07	34	174	1057
033 Qpe	25/05	29/06	35	144	800	25/05	29/06	35	144	800
037 Ppr	24/05	27/07	64	143	1037	26/04	24/05	28	115	705
054 Ph	28/04	01/07	64	117	1511	24/03	28/04	35	82	1017
102 Ppr	22/04	28/06	67	111	1277	22/03	22/04	31	80	849
115 Fs	27/04	30/06	64	116	607	26/05	30/06	35	145	853

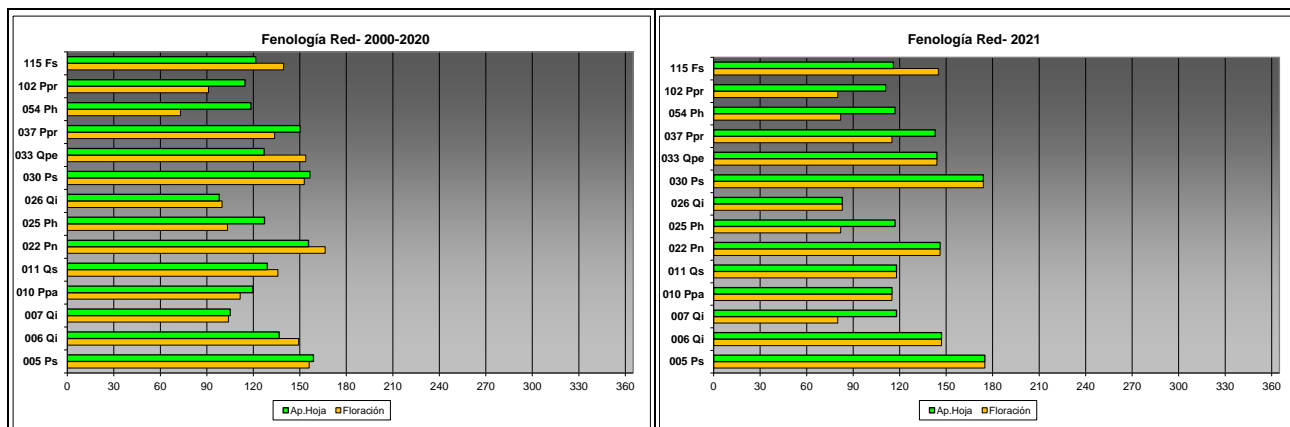


FIG 39: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase. Periodo 1999-2019 y año 2020



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 quizá un retraso en la brotación de 30Ps
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	1999-2020				2021			
	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)
005 Ps	0,32	0,97	0,32	0,69	0,34	0,96	0,34	0,81
006 Qi	0,14	0,63	0,14	0,54	0,12	0,54	0,12	0,44
007 Qi	0,28	0,59	0,28	0,56	0,32	0,68	0,32	0,23
010 Ppa	0,24	0,84	0,24	0,67	0,21	0,70	0,21	0,50
011 Qs	0,45	1,18	0,45	0,93	n.d	n.d	n.d	n.d
022 Pn	0,14	0,46	0,14	0,32	0,19	0,60	0,19	0,58
025 Ph	0,17	0,69	0,17	0,57	0,16	0,60	0,16	0,57
026 Qi	0,21	0,69	0,21	0,49	0,25	0,79	0,25	0,23
030 Ps	0,18	0,54	0,18	0,39	0,28	0,77	0,28	0,54
033 Qpe	0,16	0,81	0,16	0,67	0,19	0,78	0,19	0,72
037 Ppr	0,26	0,69	0,26	0,56	0,32	0,91	0,32	0,89
054 Ph	0,12	0,29	0,12	0,08	0,20	0,46	0,20	0,41
102 Ppr	0,31	0,75	0,31	0,61	0,24	0,51	0,24	0,43
115 Fs	0,30	0,69	0,30	0,61	0,29	0,61	0,29	0,59

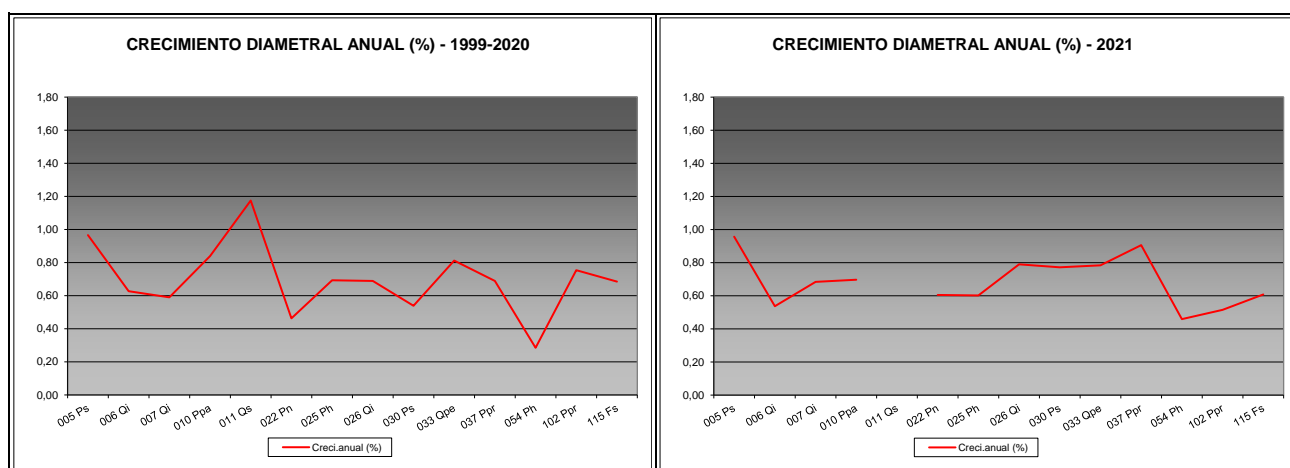


FIG 41: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

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 alcornoceros, sometidos a descorche, tal como ha ocurrido durante la presente revisión en 11Qs, razón por la que no se ha considerado durante este año.

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 1997-2020										
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	1064	7,9	29,0	-11,6	12,3	4,2	224,6	64,5	1,5	30,9
006 Qi	631	13,4	34,7	-4,1	19,0	8,3	171,1	60,2	3,3	20,8
007 Qi	585	17,1	42,7	-5,3	24,2	10,5	200,3	63,9	2,0	12,4
010 Ppa	537	16,8	38,5	-2,6	23,1	10,4	234,1	69,8	3,3	28,3
011 Qs	743	15,4	38,3	-8,5	21,7	6,4	161,5	66,6	1,5	23,6
022 Pn	518	9,6	31,3	-9,0	15,3	4,7	159,3	63,2	1,4	21,4
025 Ph	359	15,1	35,8	-2,5	19,4	10,8	179,3	65,3	2,2	23,9
026 Qi	618	15,8	39,3	-4,4	21,6	10,4	229,4	65,0	1,6	20,9
030 Ps	750	7,3	33,1	-15,0	15,5	-0,4	169,6	73,6	1,5	26,2
033 Qpe	1191	8,8	31,2	-11,7	14,0	3,4	162,3	70,0	1,9	34,1
037 Ppr	417	11,0	37,8	-13,1	18,9	2,2	194,7	67,6	1,4	21,6
054 Ph	480	17,9	37,5	1,0	22,1	14,1	195,6	74,3	2,1	13,8
102 Ppr	2220	13,3	34,6	-2,7	18,2	9,1	130,3	83,0	1,6	34,6
115 Fs	1879	9,2	32,2	-9,1	14,9	4,1	149,4	81,9	1,8	25,0

PERIODO 2021										
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	1290	7,4	31,7	-11,4	11,7	4,0	242,1	68,0	1,7	26,1
006 Qi	552	12,7	35,3	-4,8	18,3	7,7	174,6	69,1	4,4	34,4
007 Qi	657	16,9	45,2	-6,8	24,0	10,3	204,9	64,3	1,8	6,4
010 Ppa	328	17,9	42,1	-2,5	24,8	11,0	197,2	59,7	3,2	22,0
011 Qs	545	15,9	41,6	-5,5	22,2	9,5	133,8	86,2	4,8	17,2
022 Pn	626	9,9	35,7	-11,6	15,4	4,6	150,1	67,5	0,8	21,2
025 Ph	354	15,1	38,9	-2,5	19,4	11,5	146,7	71,2	2,0	26,5
026 Qi	736	16,9	44,6	-6,9	22,6	11,5	243,4	72,2	1,0	22,1
030 Ps	868	8,0	36,8	-19,4	16,3	0,1	194,8	76,0	1,1	18,6
033 Qpe	941	9,2	32,6	-8,7	14,4	4,5	187,0	69,3	1,9	31,0
037 Ppr	464	11,2	39,8	-15,9	19,4	3,4	184,3	72,5	1,4	20,8
054 Ph	528	18,1	39,1	0,9	22,5	14,7	184,6	76,0	2,2	9,3
102 Ppr	2399	14,6	36,5	-2,4	20,5	9,9	137,4	75,2	1,2	19,0
115 Fs	1922	9,0	33,9	-13,9	14,2	4,2	143,2	88,5	1,6	20,5

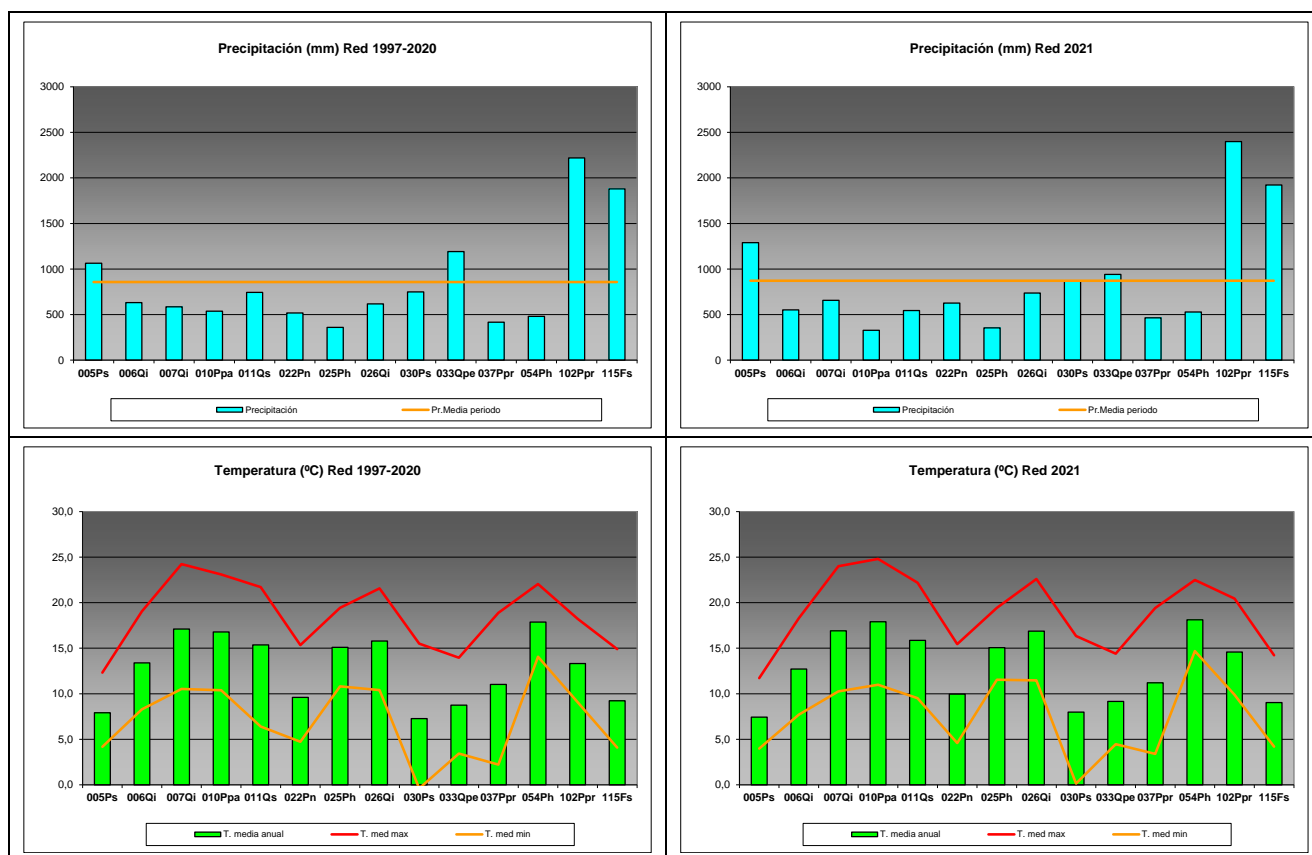


FIG 42: Principales variables meteorológicas.

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	2014-2020			2021		
	Med	Max	Min	Med	Max	Min
005 Ps	2,50	3,99	1,40	3,17	4,29	2,67
006 Qi	1,42	2,18	1,04	1,39	1,65	1,17
007 Qi	0,83	1,65	0,47	1,08	3,61	0,49
010 Ppa	1,71	2,68	0,90	2,00	3,34	1,59
011 Qs	1,24	1,86	0,75	1,10	1,26	0,91
022 Pn	1,79	2,54	1,06	1,88	2,19	1,62
025 Ph	1,76	3,42	1,13	1,37	1,71	1,13
026 Qi	1,14	2,93	0,41	0,91	1,84	0,50
030 Ps	2,18	3,01	1,00	2,30	2,53	1,98
033 Qpe	1,32	1,89	1,03	1,29	1,45	1,10
037 Ppr	1,33	4,55	0,84	1,32	1,83	0,51
054 Ph	1,94	4,23	0,87	2,13	2,81	1,64
102 Ppr	1,84	3,27	0,93	2,11	2,90	1,57
115 Fs	1,96	2,79	1,04	2,00	2,50	1,36

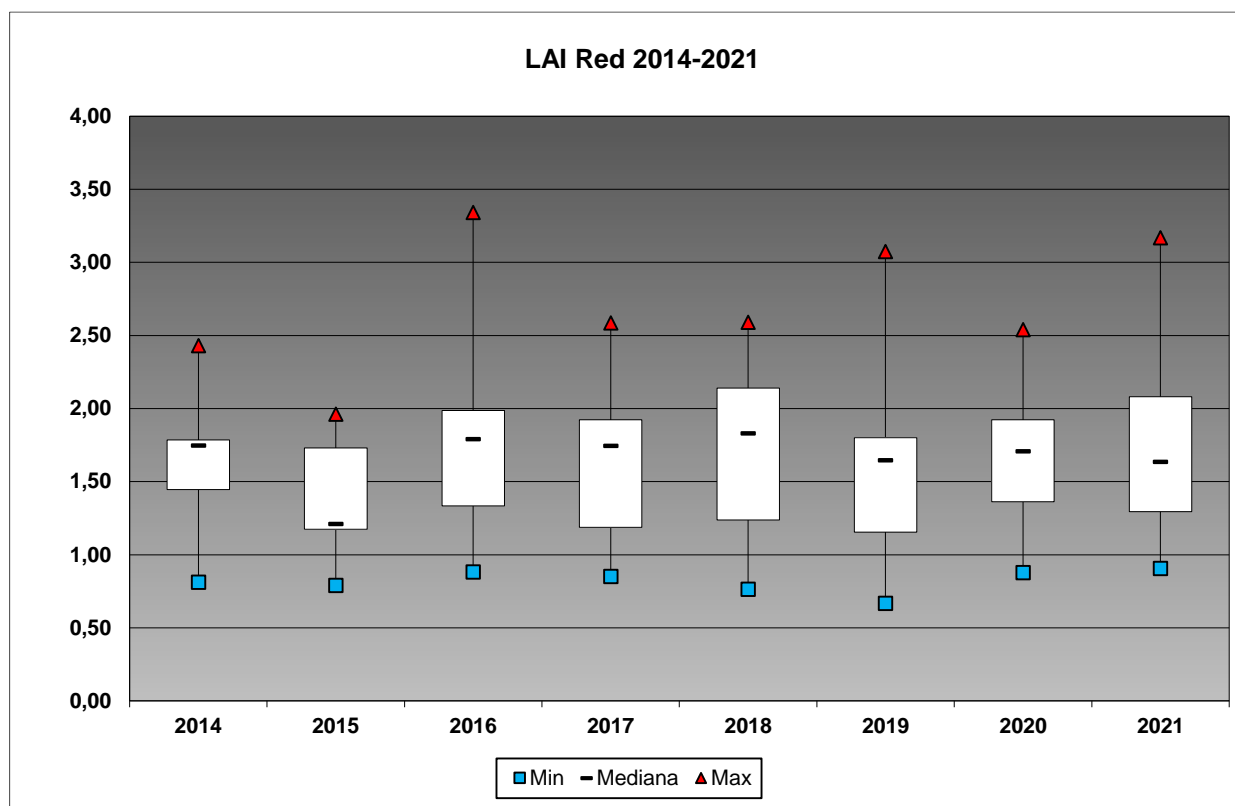


FIG 44: Diagrama de cajas LAI anual

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.

PERIODO 2000-2019										
Parcela	pH	Cond (μ S/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	6,54	33,11	43,34	4,63	1,73	1,86	2,34	7,25	0,52	0,86
030Ps	7,14	78,67	68,37	12,04	7,37	2,64	0,42	5,56	1,75	1,52
033Qpe	6,31	48,64	2,30	13,39	1,50	2,18	0,25	4,54	0,17	0,63
102Ppr	6,53	138,51	2,35	13,43	1,51	7,12	1,27	14,26	0,94	2,00
115Fs	5,86	52,11	15,27	1,70	0,71	1,81	0,86	3,44	0,29	0,68

PERIODO 2000-2019						
Parcela	Alcalinidad (μ eq/l)	Ntotal (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
005Ps	52,29					
030Ps	376,69					
033Qpe	335,92					
102Ppr	1134,24					
115Fs	88,32					

PERIODO 2020										
Parcela	pH	Cond (μ S/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	6,41	18,41	0,48	1,27	0,26	1,40	0,08	1,52	0,02	0,34
030Ps	7,13	93,01	3,01	7,87	4,48	2,71	0,13	4,93	0,07	2,00
033Qpe	6,47	33,34	1,01	3,68	0,51	0,77	0,01	1,49	0,02	0,60
102Ppr	7,91	180,23	0,45	34,46	1,04	5,26	0,12	9,17	0,09	1,80
115Fs	5,76	18,63	0,38	0,81	0,27	1,51	0,04	2,75	0,01	0,45

PERIODO 2020						
Parcela	Alcalinidad (μ eq/l)	Ntotal (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
005Ps	64,56	0,36	4,46	0,14	0,02	0,03
030Ps	437,78	0,75	24,86	0,83	0,02	0,83
033Qpe	119,10	0,37	10,44	0,36	0,02	0,11
102Ppr	1451,60	0,62	17,71	0,12	0,00	0,04
115Fs	20,85	0,39	5,50	0,11	0,01	0,01



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>