

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

RED DE NIVEL II MEMORIA – 2019

MEMORIA

20 19



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL, INNOVACIÓN Y POLÍTICA FORESTAL

**SUBDIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL
ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICAS FORESTALES**

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

Dirección: Elena Robla, Belén Torres, Ana Isabel González (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, Ana Isabel González (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) (2011-2018).

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	20
4.1. Variables analizadas	22
4.2. Principales resultados	24
4.2.1. pH	24
4.2.2. Conductividad	27
4.2.3. Potasio	29
4.2.4. Calcio	31
4.2.5. Magnesio	33
4.2.6. Sodio	35
4.2.7. Amonio	37
4.2.8. Cloro	39
4.2.9. Nitratos	41
4.2.10. Sulfatos	43
4.3. Interpretación de resultados	44
5. Calidad del aire. Inmisión	46
6. Análisis foliar	49
6.1. Caracterización de los árboles muestra	49
6.2. Variables de medición	50
6.3. Principales resultados	51
6.3.1. Peso seco	51
6.3.2. Nitrógeno	53
6.3.3. Azufre	54
6.3.4. Fósforo	56
6.3.5. Calcio	57
6.3.6. Potasio	59
6.3.7. Carbono	60
6.4. Interpretación de resultados	61
7. Desfronde	62
8. Fenología	65
9. Crecimiento. Cintas diamétricas	69
10. Meteorología.....	70
11. Índice de Area Foliar	72
12. Solución del suelo	74
13. Memoria detallada de las parcelas de la Red	76

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:** Inmisión atmosférica
TABLA 14: Muestréos foliares
TABLA 15: Caracterización peso seco
TABLA 16: Caracterización nitrógeno
TABLA 17: Caracterización azufre
TABLA 18: Caracterización fósforo
TABLA 19: Caracterización calcio
TABLA 20: Caracterización potasio
TABLA 21: Caracterización carbono
TABLA 22: Caracterización desfronde
TABLA 23: Resultados evaluación fenológica
TABLA 24: Valor medio dendrómetros
TABLA 25: Parámetros medios meteorológicos
TABLA 26: Índices de Área Foliar
TABLA 27: 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 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: Inmisión. Variación temporal y espacial de concentraciones
FIG 25: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de peso seco
FIG 26: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de nitrógeno
FIG 27: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de azufre
FIG 28: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de fósforo
FIG 29: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de calcio
FIG 30: Análisis foliar. Variación temporal y espacial de potasio
FIG 31: Análisis foliar. Contenido en carbono
FIG 32: Variación temporal y espacial del desfronde
FIG 33: Variación temporal y espacial de la fenología
FIG 34: Fases fenológicas
FIG 35: Crecimiento diametral anual
FIG 36: Principales variables meteorológicas
FIG 37: Medición del parámetro LAI
FIG 38: Índices LAI anuales

FIG 39: 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 era posible evaluar dentro de la Red de Nivel I.

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

El Reglamento Comunitario 1091/94 definió en su día concretamente las labores a realizar en esta Red, que han sido ampliadas y modificadas a lo largo de la historia de la Red, atendiendo a las 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, el desarrollo de la Red 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 2019 y el histórico hasta 2018-2019 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.

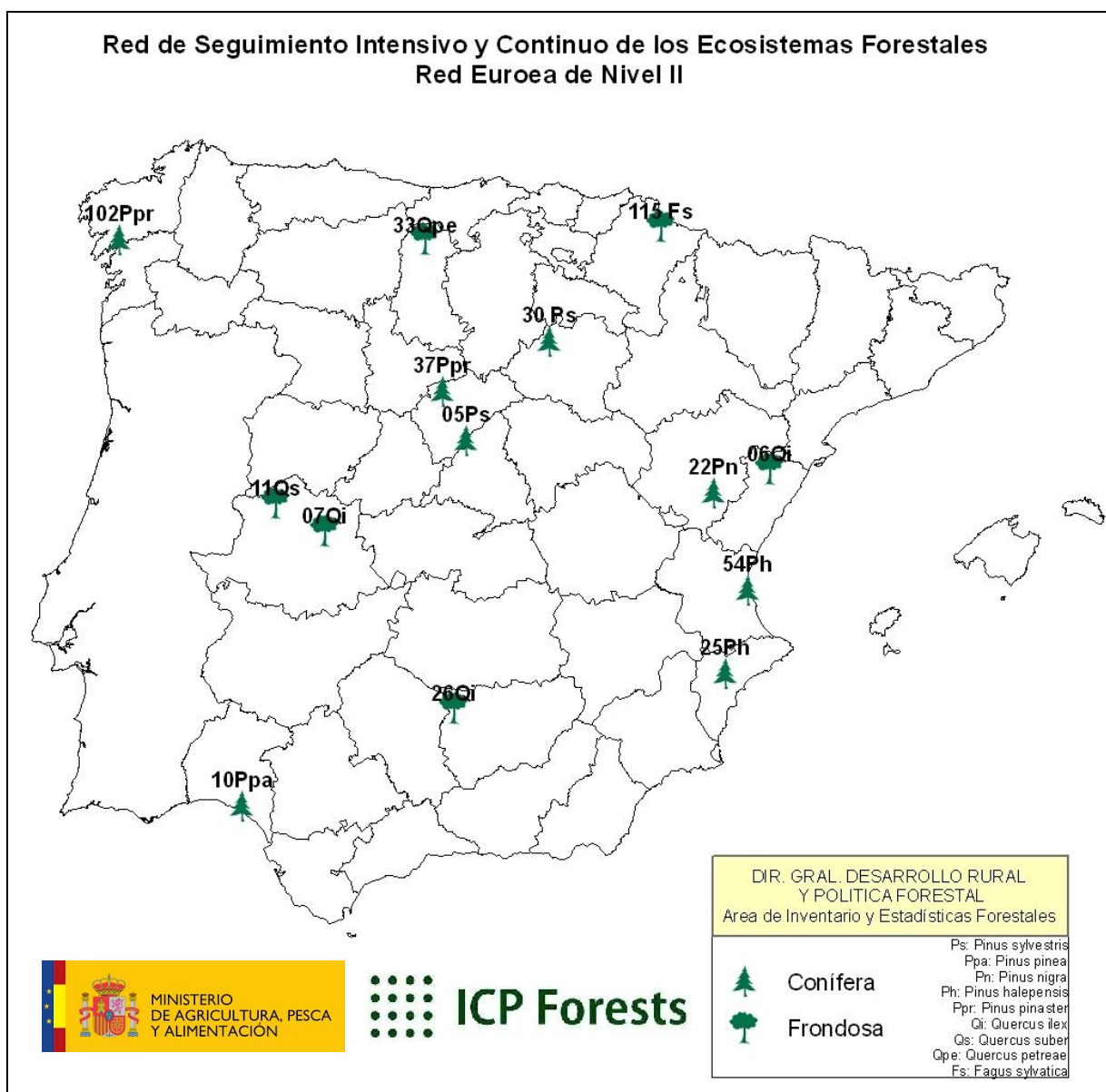


FIG 1: Distribución de las parcelas de la Red de Nivel II en España

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 2019, al que se refiere la evaluación fitosanitaria, en el que según las series históricas AEMET, han mejorado las precipitaciones tras la intensa sequía sufrida durante 2017, tras la recuperación ya iniciada el año pasado, de forma que incluso en algunas parcelas se han obtenido los máximos de las precipitaciones de toda la serie histórica. Las temperaturas de 2019 han tendido a situarse por encima de los valores medios, en el entorno de 1°C, teniendo el verano el carácter de muy cálido.
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 un ligero empeoramiento de las parcelas, de forma que pasan de una a tres las calificadas con daños moderados, si bien continúa siendo una de las mejores distribuciones de la serie histórica. Las parcelas con mayores defoliaciones son 06Qi (Castellón), afectada por sequía; 07Qi (Cáceres) por seca de quercus y 22Pn (Teruel) por procesionaria del pino y falta de agua, mientras que el resto de parcelas han presentado defoliaciones ligeras.
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”; dentro de este empeoramiento localizado, se ha advertido en general un incremento en los índices de decoloración, no tanto en lo que se refiere a su intensidad, pues en la gran mayoría de los casos se ha calificado como ligera, como en lo que se refiere a su frecuencia, afectando a cortas fracciones de arbolado. El fenómeno es más patente en 06Qi (Castellón), 10Ppa (Huelva), 25Ph (Alicante), 37Ppr (Segovia) y 102Ppr (La Coruña).

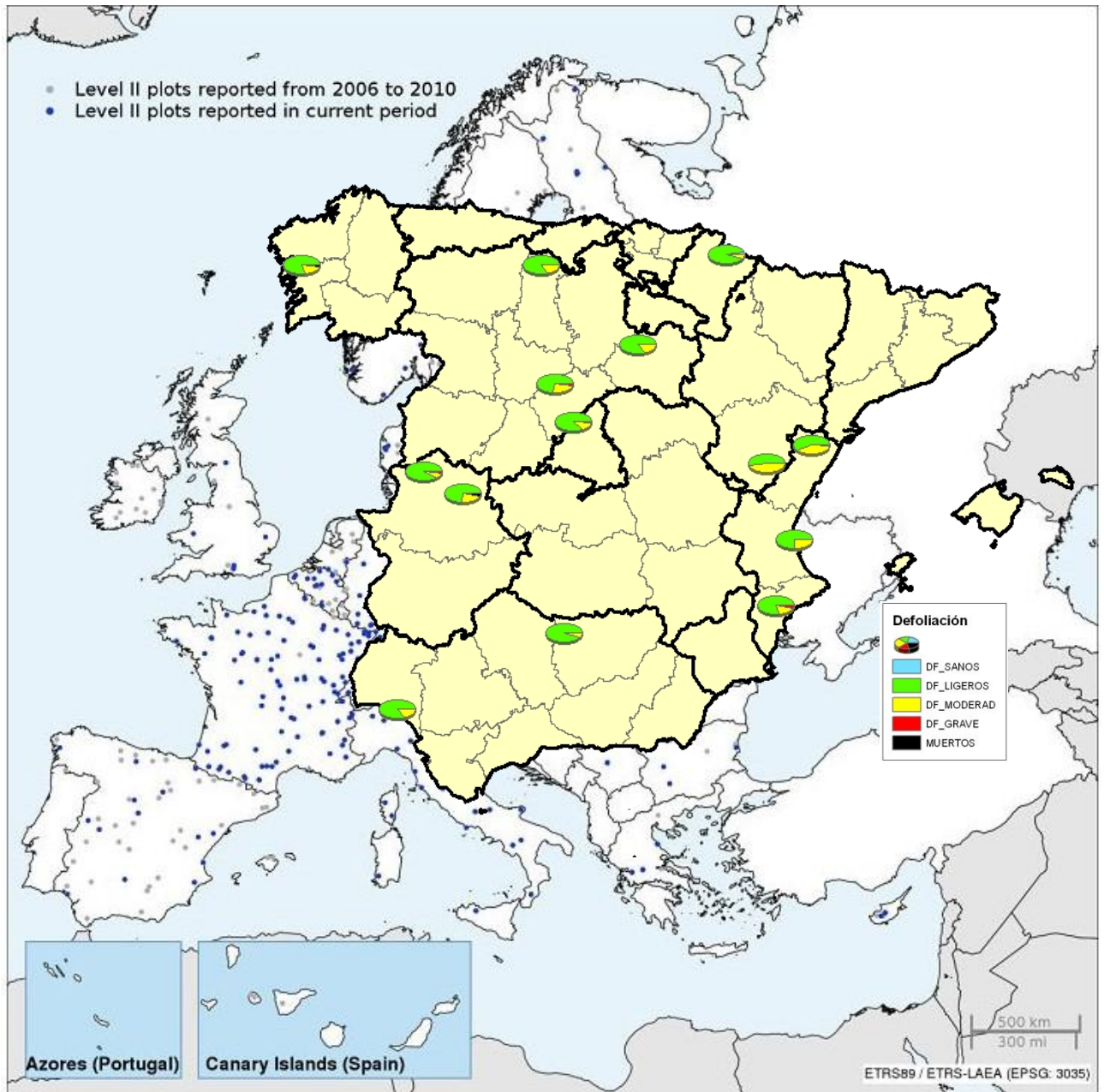


FIG 2: Red de Nivel II España 2018: distribución del arbolado por clases de defoliación

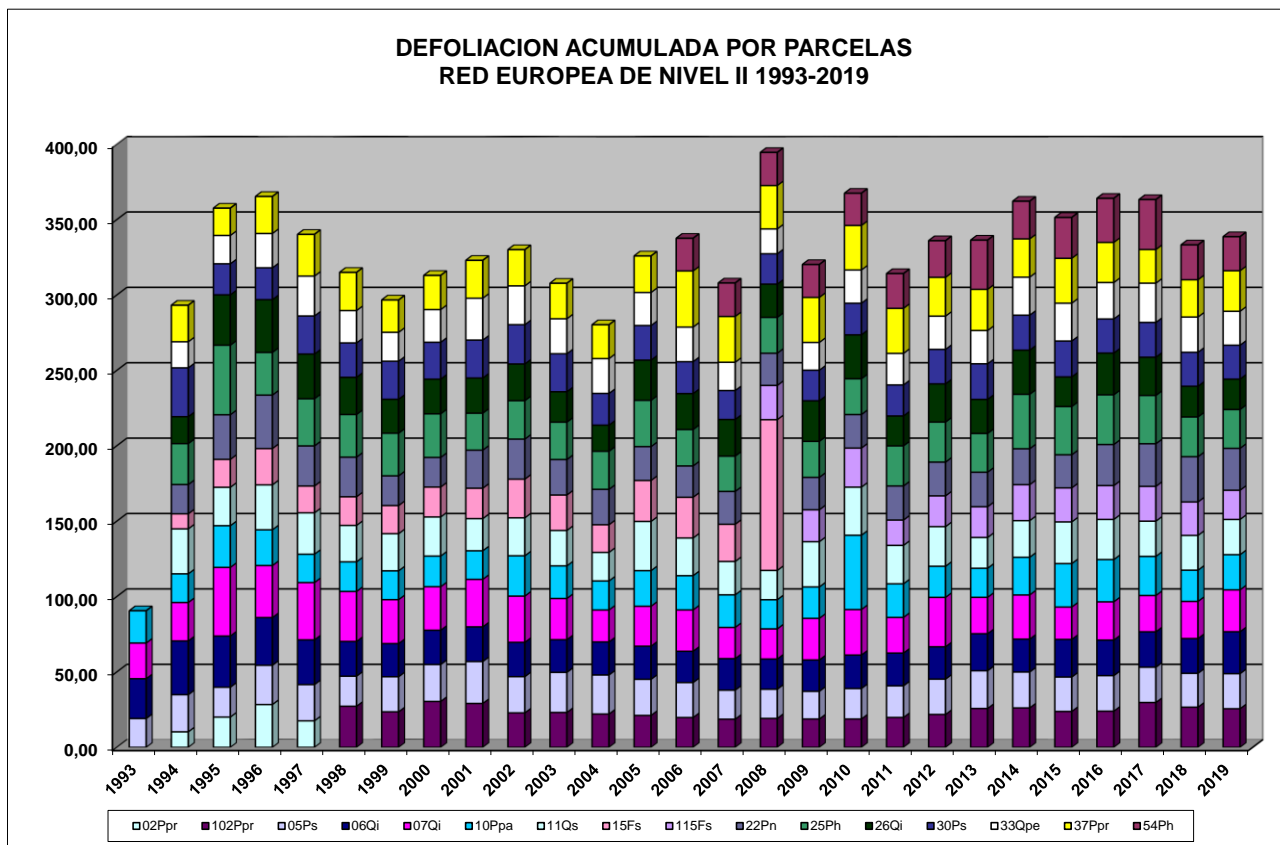


FIG 3: Defoliación (%) acumulada por parcelas y años. Indica las condiciones generales de la Red en un año determinado

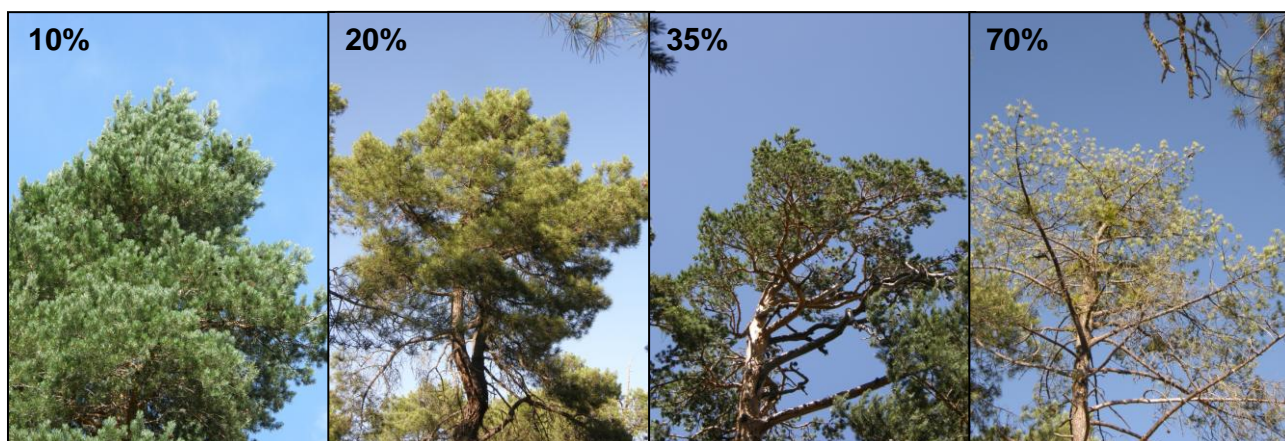


FIG 4: Modelos de defoliación. Gen. *Pinus*

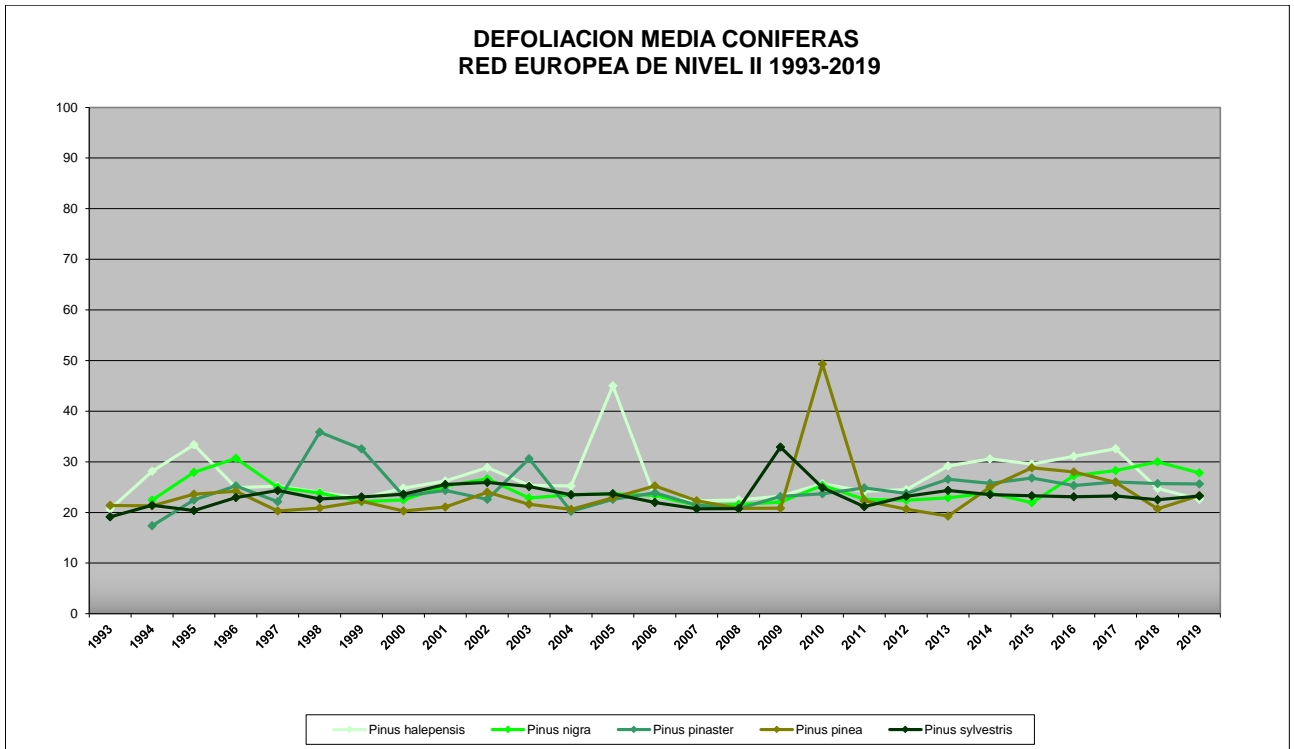


FIG 5: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Coníferas)

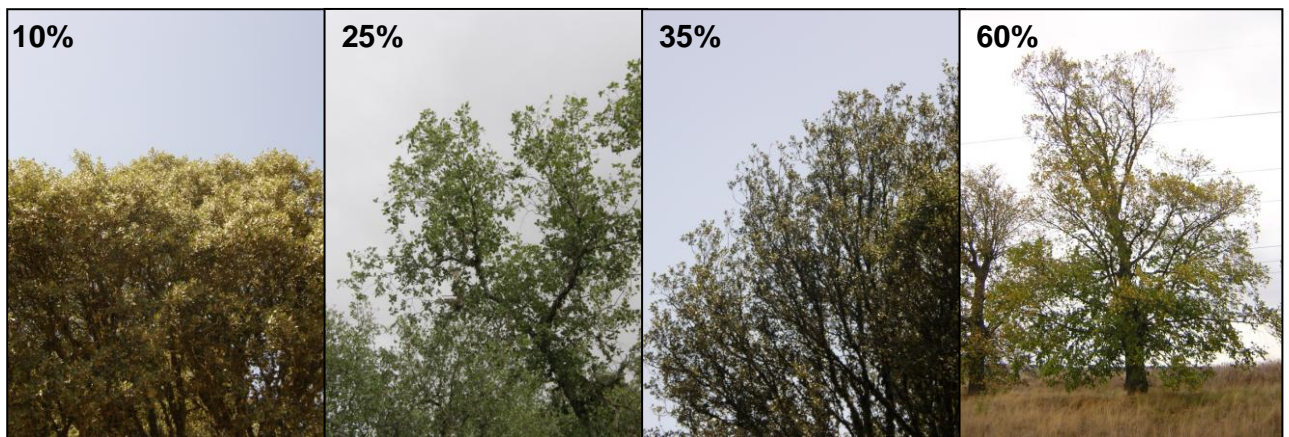


FIG 6: Modelos de defoliación. Gen. *Quercus*

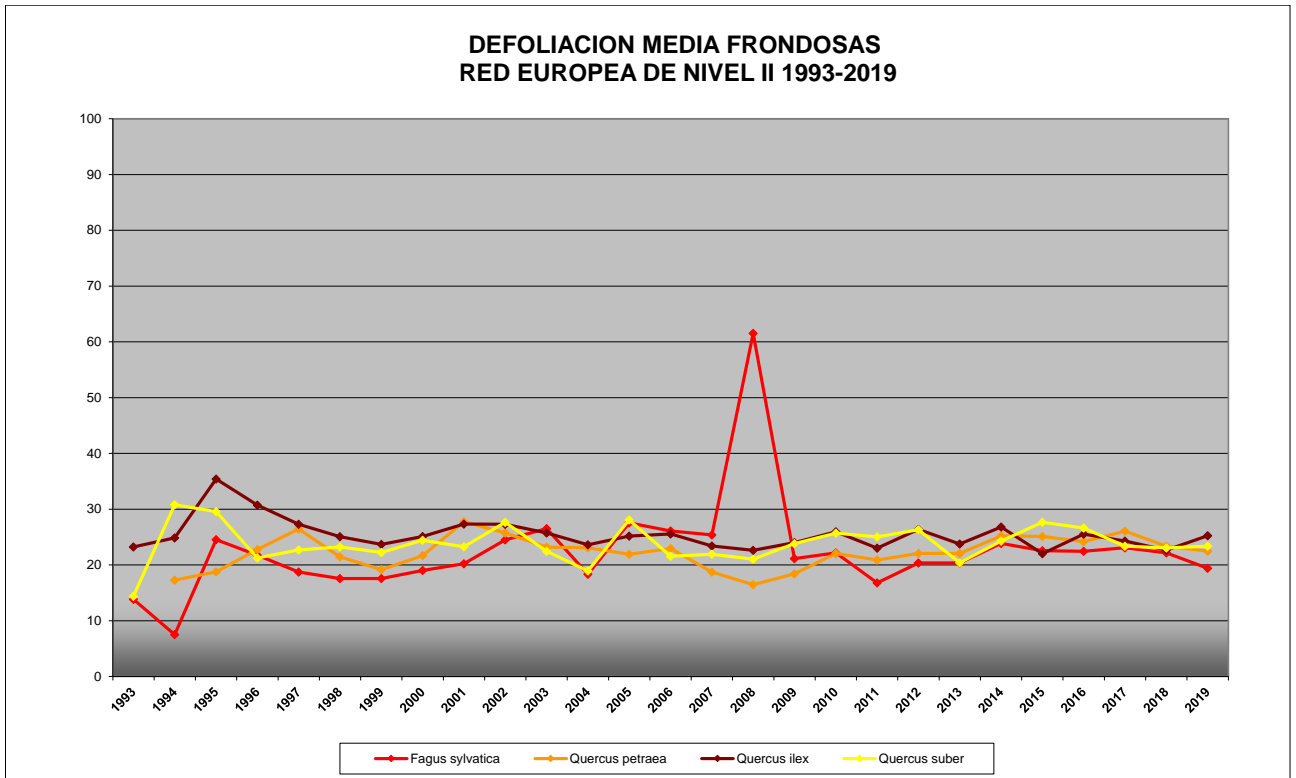


FIG 7: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Fronosas)

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES - NIVEL II

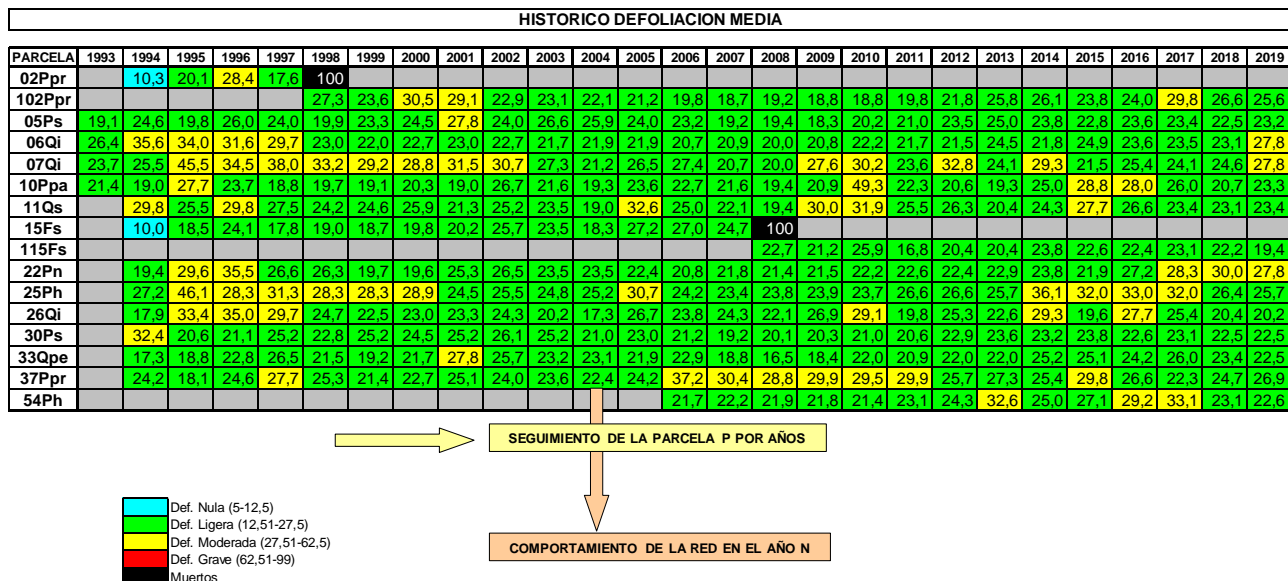
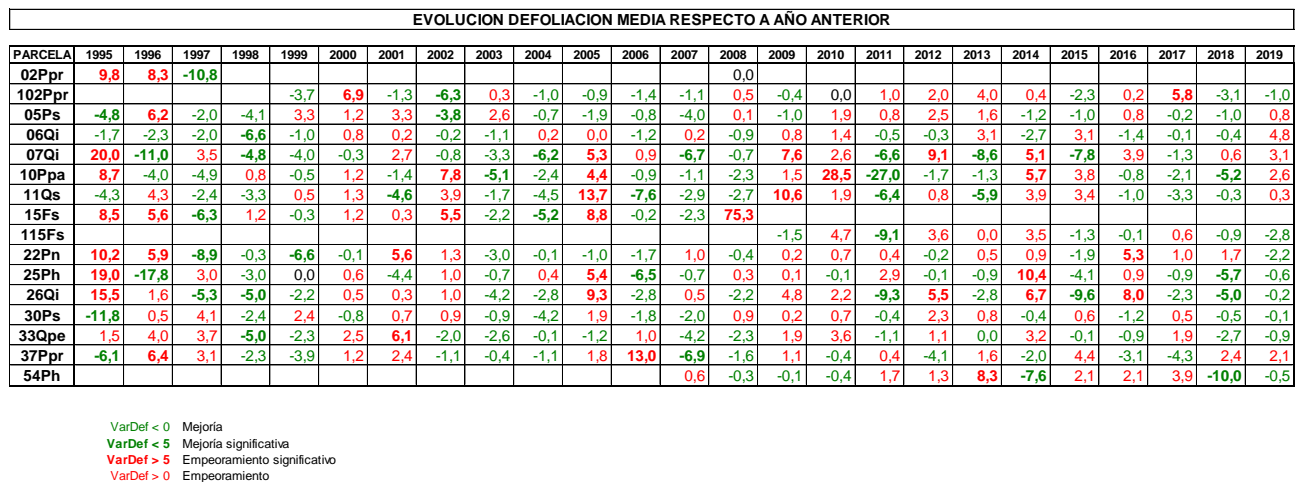


FIG 8a: Evolución de la defoliación media por parcelas a lo largo de la serie histórica

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES - NIVEL II



Var Def 2019 = Def 2019 - Def 2018

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

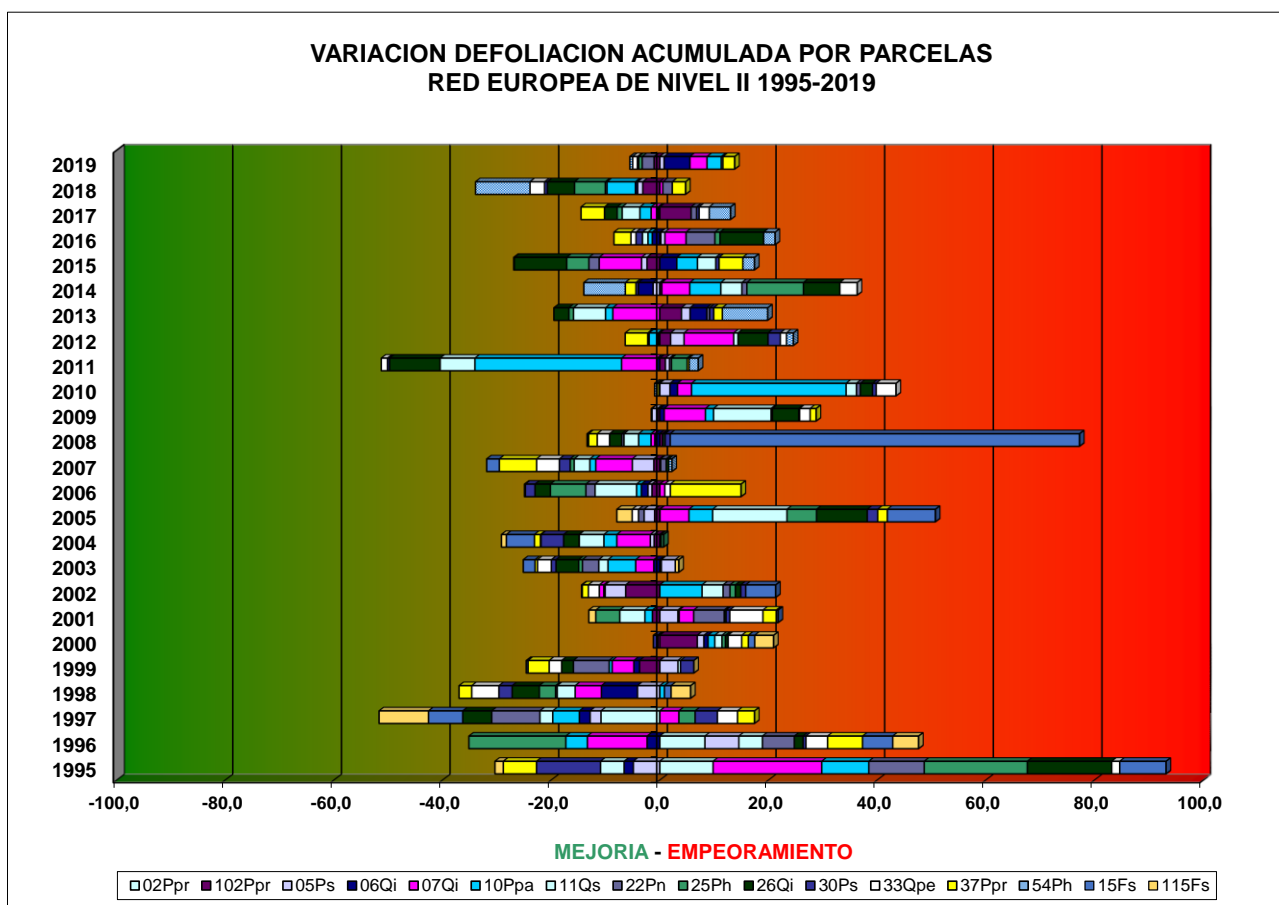


FIG 9: Comportamiento anual del conjunto de variaciones de la defoliación. El desplazamiento hacia la izquierda o derecha del eje de ordenadas indica la tendencia general a la mejoría o empeoramiento respectivamente en un año determinado con respecto al precedente.

3.2. Agentes dañinos.

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

1. En la presente revisión y sobre *Pinus halepensis* se observa un considerable incremento de los daños por sequía, asociada sobre todo a microfiliás; y decoloraciones producidas por las elevadas temperaturas del verano, así como de los insectos asociados a estados de decaimiento tales como los perforadores *Tomicus destruens* cuya presencia se incrementa considerablemente respecto a la revisión anterior, y de quien se han visto los típicos ramillos muertos caídos por el suelo y agujereados en su base ocasionados por la alimentación de maduración sexual del insecto. De forma también salpicada se han visto perforaciones en troncos de *Dioryctria splendidella*, mordeduras en el margen de las acículas de mayor edad ligadas a defoliadores braquiderinos, y presencia más o menos frecuente de bandeados amarillentos en las acículas de mayor edad ligados a la acción de insectos chupadores, en los que se advierte al tacto la gota de resina que taponan el orificio dejado por el aparato suctor del insecto, destacando entre ellos los escudetes blanquecinos dejados por *Leucaspis pini*, siempre en grado ligero. 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 favorecido en condiciones de primavera frías y húmedas y que parece reducirse 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 más del 35% del arbolado, reduciéndose considerablemente respecto a la revisión anterior, y cuya apetencia por esta especie de pinos es bien conocida, así como bandeados verde-amarillentos ligados a la acción de chupadores resultando apreciable al tacto el grumo de resina dejado por el aparato suctor del insecto. Se advierten también microfiliis en la brotación del año y defoliaciones prematuras ligadas a la falta de agua en buena parte de los pies mientras que de forma más esporádica se observan algunos daños mecánicos por nieve y viento, junto con algunas heridas en la cara superior de los ramillos debidos a granizo. Se advierten también algunas punteaduras necróticas que podrían estar ligadas a la acción de algún contaminante de tipo aerosol.
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 de la especie en años de sequía y sobre un pinar asentado en un suelo de naturaleza arenosa y con escasa capacidad de retención de agua se han reducido en la revisión del año en curso al haber mejorado considerablemente las precipitaciones durante la primavera; 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, perforaciones en unos pocos pies por *Dioryctria splendidella* y unas pocas escamaciones blanquecinas debidas a la acción del chupador *Leucaspis pini* junto con algunos hongos xilófagos como *Fomes pini* o *Phellinus pini* y resinosis asociadas a la acción de *Sphaeropsis sapinea* en las ubicaciones más húmedas. 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, como en el caso anterior, la presencia de procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa* no asociadas en principio a daños forestales de consideración y que parecen reducirse respecto al año anterior en que dos de cada tres pinos estaban afectados. Cabe recordar el comportamiento de este insecto caracterizado por el fenómeno de la diapausa, en la que se mantiene una población de la plaga de años anteriores que en determinadas condiciones emerge y coloniza al pinar de forma muy patente. Durante la revisión del año en curso y tal como se ha venido observando en los últimos años, se ha advertido la presencia de ramillos muertos y perforados en la base causados por el escolítido *Tomicus destruens*, posiblemente favorecido por el incendio de Moguer (Huelva) que en 2017 asoló toda la zona y que ha dejado grandes superficies de pinar debilitadas, tradicional foco de desarrollo de la plaga. Es necesario hacer constar que los trabajos selvícolas de corta y retirada de pies afectados están controlando correctamente su expansión, pues no se han visto los típicos golpes de pies muertos debidos al desarrollo larvario de la plaga y el porcentaje de pies afectados se reduce hasta cerca de la mitad del año anterior. 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.

5. En *Pinus sylvestris* se advierte presencia generalizada de decoloraciones ligadas a las altas temperaturas del verano y microfilia en el brote del año debido a la sequía, y como suele ser habitual una amplia cohorte de agentes dañinos, destacando sobre todo los ramillos terminales atabacados debidos al escolítido *Tomicus minor* que se reduce apreciablemente respecto a la revisión anterior, junto con algún defoliador y chupador sin mayor importancia. 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, incrementándose con respecto al año anterior.
6. En cuanto al conjunto de agentes identificados sobre las hayas, *Fagus sylvatica*, destaca la presencia generalizada de defoliadores, sobre todo 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, así como una presencia más ligera de agallícolas tales como *Mikiola fagi* o *Hartigiola annulipes* que parecen estar en expansión. En la presente revisión se han visto también hojas plegadas o acucharadas debido a las altas temperaturas estivales en una típica estrategia de reducción de pérdidas de agua por transpiración, junto con roturas de ramas finas debidas 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 tortricidos, que en algún caso han llegado a dañar la brotación incipiente. En general la actividad de estos insectos se reduce respecto al año anterior. Destacan también –aunque están menos representados– los perforadores, sobre todo *Coroebus florentinus* de quien se ven los habituales fogonazos rojizos causados por el anillamiento de ramillas laterales, junto con alguna presencia aislada de *Cerambyx wellensii*, mencionado más por su peligrosidad que por su abundancia, así como agallas de *Dryomyia lischtensteini*. Se advierte también la presencia de los típicos ramillos distales puntisecos debidos a la acción de *Botryosphaeria stevensii* (*Diplodia mutila*), 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 la sequía estival, que en alguna de las parcelas ha actuado como un debilitador del hospedante. 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. Como en otras parcelas, se han observado roturas esporádicas debidas a tormentas.
8. Sobre *Quercus petraea* y como ya sucediera en anteriores revisiones, están ampliamente representados los defoliadores tortricidos si bien se reducen respecto a la revisión anterior, y en menor medida los daños por perforadores como *Coroebus florentinus* o agallícolas, tales como *Neuroterus sp*, junto a manchas blanquecinas de oidio por *Microsphaera alphitoides*; así como daños mecánicos salpicados por las copas y daños salpicados por falta de luz.
9. En los alcornoques, *Quercus suber*, y tal y como ya se mencionara en anteriores revisiones, se encuentran muy extendidos los defoliadores tortricidos al igual que en el caso de las encinas, así como una amplia cohorte de insectos perforadores tales como *Cerambyx wellensii*, *Coroebus*

undatus, *C. florentinus* y *Platypus cylindrus*; y en menor medida agallas asociadas a *Dryomyia lischtensteini* y *Andricus quercustozae*, junto con el tizón negruzco causado por *Hypoxylon mediterraneum* asociado a antiguas operaciones de descorche efectuadas en los últimos años, así como daños frecuentes por las elevadas temperaturas de comienzos del verano y roturas esporádicas a causa de tormentas.



FIG 10: Ramilla perforada por *Coroebus florentinus*. Minadura por *Rhynchaenus fagi*. Chancro resinoso por *Cronartium flaccidum* (*Peridermium pini*). Muérdago en tronco. Galerías de *Coroebus undatus*.

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 microfilia, decoloración amarillenta de las acículas de mayor

edad y aborto y puntisecado de las ramillas más finas, síntomas ambos 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, microfilia en las acículas del año, tumoraciones y resinosis en troncos y ramillas puntisecas.
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 de distinto tipo, microfilia de la brotación anual, puntisecado de ramillas, heridas y resinosis en los troncos, muchas de ellas ligadas al tradicional aprovechamiento 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 los puntisecados de ramillas, sobre todo en las partes bajas de la copa, aborto de brotes del año, mordeduras en el margen foliar por procesionaria y tumoraciones leves en la parte baja de los troncos, junto con decoloraciones amarillentas en las acículas de mayor edad
5. El conjunto de síntomas observado sobre *Pinus sylvestris* presenta también un patrón de distribución muy similar al observado en anteriores revisiones, y caracterizado por una amplia representación distribuida sobre unos pocos pies salpicados. Los síntomas más abundantes 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, microfilia en la brotación del año, mordeduras de distinto tipo en las acículas por defoliadores de tipo braquiderino, así como puntisecados en ramillos terminales, generalmente asociadas a ataques de escoltídos perforadores y en menor medida, presencia de muérdago y roturas de ramas por tormentas.
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, 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 puntisechado de ramillos; junto con exudaciones bacterianas y tumoraciones en los troncos ligadas al aprovechamiento corchero.



FIG 11: Amarilleamiento de las acículas de mayor edad. Microfilia metida 2019 (izquierda) en comparación con la de 2018 (derecha). Mordeduras foliares. Plegamiento de hojas.

	<i>Pinus halepensis</i>	<i>Pinus nigra</i>	<i>Pinus pinaster</i>	<i>Pinus pinea</i>	<i>Pinus sylvestris</i>	<i>Eucalyptus sp</i>	<i>Fagus sylvatica</i>	<i>Quercus ilex</i>	<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus robur</i>	<i>Quercus suber</i>
ANIM.	Ciervo										
	Jabalí										
	Aves										
	Picidae										
	Otros vertebrados										
INSECTOS	Defoliadores										
	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>										
	<i>Tortrix sp</i>										
	<i>Tortrix viridana</i>										
	Perforadores										
	<i>Cerambyx velensii</i>										
	<i>Coroebus florentinus</i>										
	<i>Coroebus undatus</i>										
	<i>Doryctria splendidella</i>										
	<i>Platypus cylindrus</i>										
	<i>Retinia resinella</i>										
	<i>Tomicus destruens</i>										
	<i>Tomicus minor</i>										
	Chupadores										
	<i>Glycaspis brimblecombei</i>										
	<i>Kermococcus ilicis</i>										
	<i>Leucaspis pini</i>										
	Minadores										
	<i>Rhynchaenus fagi</i>										
	Form. Agallas										
	<i>Andricus foecundatrix</i>										
	<i>Andricus quercustozae</i>										
	<i>Dryomyia lichtensteini</i>										
	<i>Hartigiola annulipes</i>										
	<i>Mikiola fagi</i>										
	<i>Neuroterus sp</i>										
	<i>Plagiotrochus quercusilicis</i>										
Otros insectos											
ENFERMEDADES	Hongos/Royas acic										
	<i>Leptostroma rostrupii</i>										
	<i>Lophodermium pinastri</i>										
	<i>Thyriopsis halepensis</i>										
	Royas tronco y brotes										
	<i>Cronartium flaccidum</i>										
	Tizón										
	<i>Botryosphaeria stevensii</i>										
	<i>Hypoxylon mediterraneum</i>										
	<i>Sirococcus conigenus</i>										
	<i>Sphaeropsis sapinea</i>										
	Hongos pudrición										
	<i>Fomes pini</i>										
	<i>Ganoderma sp</i>										
	<i>Phellinus pini</i>										
	Manchas hojas										
	<i>Mycosphaerella maculiformis</i>										
Oidio											
<i>Microsphaera alphitoides</i>											
Deformaciones											
<i>Taphrina kruchii</i>											
Otros hongos											
AGABIÓTICOS	Fact. físicos										
	Sequía										
	Calor										
	Nieve/Hielo										
	Viento/Tornado										
	Otros fact.abióticos										
ANTRÓPICOS	Podas										
	Resinación										
	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>										
	<i>Agobacterium tumefaciens</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											
	Totalm. comidas/perd.											
	Esqueletizadas											
	Minadas											
Caída prematura												
Hojas/Acículas Comidas/perdidas												
Hojas/Acículas Decoloración Verde-amarillo	Completa											
	Punteado											
	Bandeado											
	Intermedial											
	Apical											
Parcial												
Hojas/Acículas Dec. Verde-amarillo												
Hojas/Acículas Decoloración Rojo- marrón	Completa											
	Punteado											
	Parcial											
Hojas/Acículas Dec. Rojo-marrón												
Microfilia	Hojas/Acículas Microfilia											
	Hojas/Acículas Microfilia											
Deformaciones	Enrolladas											
	Plegadas											
	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-naranjas											
Signos hongos												
Otros signos	Otros signos											
	Otros signos											
Rotura	Rotura											
Rotura en tronco y ramas												
Muertas/morib	Ramillas muertas/morib											
	Ramillas muertas/moribundas											
Aborto	Aborto de ramillas											
	Aborto de ramillas											
Necrosis	Necrosis tronco/ramas											
	Necrosis en tronco y ramas											
Heridas en tronco y ramas	Descortezamientos											
	Grietas											
	Otras heridas											
Heridas en tronco y ramas												
Resinosis	Resinosis											
	Resinosis en tronco y ramas											
Exudaciones	Exudaciones											
	Exudaciones en tronco y ramas											
Pudriciones	Pudriciones											
	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 12: Distribución y abundancia por especies de agentes, síntomas y signos.

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.

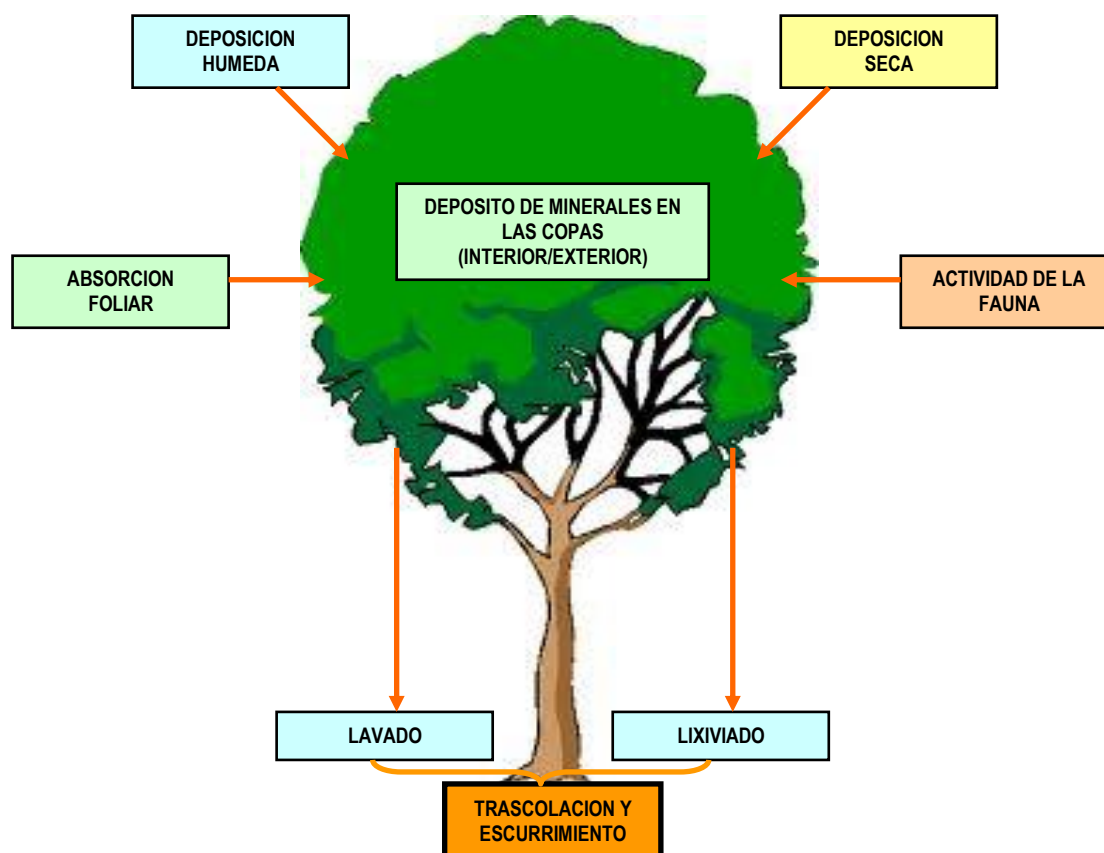


FIG 13: Vías de entrada/salida al ecosistema

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 acido-neutralizante de una sustancia química en disolución acuosa, expresada en equivalentes de base por unidad de volumen, y mide la capacidad tampón o buffer de una disolución, esto es, la capacidad de ésta para mantener su pH estable frente a la adición de un ácido o una base.

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

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 1997-2016, 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.

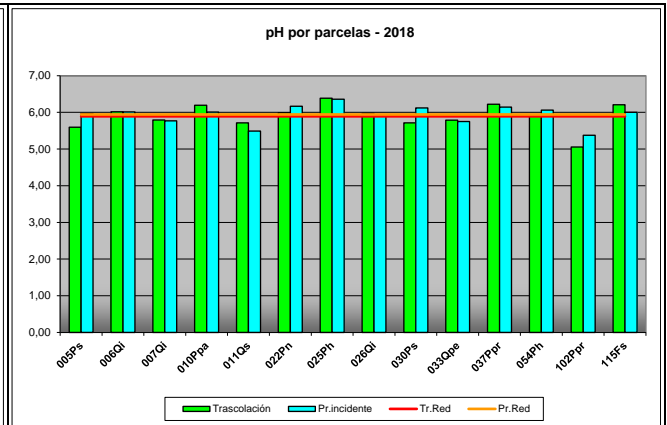
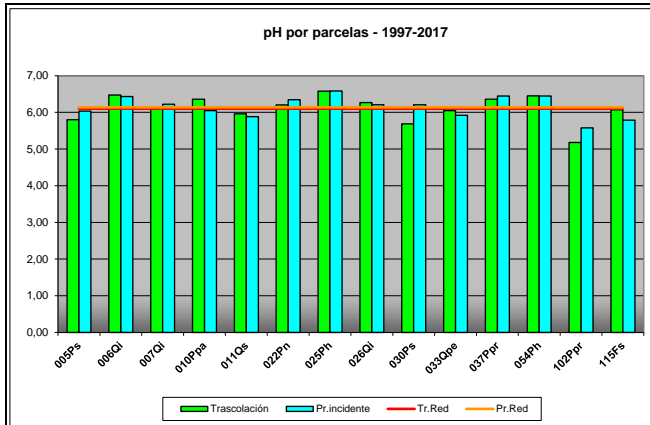
4.2.1. pH.

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 1997-2017 y el último año 2018

PERIODO 1997-2017								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	5,80	32,34	814	6,03	15,97	1029	6,10	6,14
006Qi	6,47	3,79	477	6,43	10,33	604	6,10	6,14
007Qi	6,09	6,82	377	6,22	4,55	525	6,10	6,14
010Ppa	6,36	2,67	340	6,05	19,53	546	6,10	6,14
011Qs	5,96	19,72	655	5,88	27,94	742	6,10	6,14
022Pn	6,20	15,14	426	6,34	8,23	495	6,10	6,14
025Ph	6,58	2,17	291	6,58	2,86	353	6,10	6,14
026Qi	6,27	5,22	576	6,21	6,01	619	6,10	6,14
030Ps	5,69	44,30	541	6,21	12,56	729	6,10	6,14
033Qpe	6,05	15,35	859	5,92	24,91	1156	6,10	6,14
037Ppr	6,36	1,95	306	6,45	2,88	409	6,10	6,14
054Ph	6,45	2,73	319	6,44	4,27	431	6,10	6,14
102Ppr	5,18	75,96	1710	5,58	60,34	2130	6,10	6,14
115Fs	6,07	16,27	1614	5,78	28,95	1800	6,10	6,14

PERIODO 2018								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	5,59	62,50	1093	5,96	25,00	1208	5,89	5,94
006Qi	6,02	8,33	795	6,01	8,33	976	5,89	5,94
007Qi	5,79	0,00	558	5,77	22,22	778	5,89	5,94
010Ppa	6,19	0,00	448	6,01	25,00	703	5,89	5,94
011Qs	5,71	20,00	829	5,49	70,00	860	5,89	5,94
022Pn	5,99	8,33	814	6,17	25,00	876	5,89	5,94
025Ph	6,38	0,00	303	6,36	0,00	389	5,89	5,94
026Qi	5,97	10,00	673	5,92	10,00	678	5,89	5,94
030Ps	5,71	45,45	609	6,12	8,33	1010	5,89	5,94
033Qpe	5,79	18,18	1123	5,75	18,18	1557	5,89	5,94
037Ppr	6,22	0,00	483	6,14	8,33	745	5,89	5,94
054Ph	5,89	9,09	641	6,06	9,09	809	5,89	5,94

PERIODO 2018								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
102Ppr	5,05	83,33	2439	5,38	75,00	3091	5,89	5,94
115Fs	6,20	0,00	2095	6,00	16,67	2512	5,89	5,94



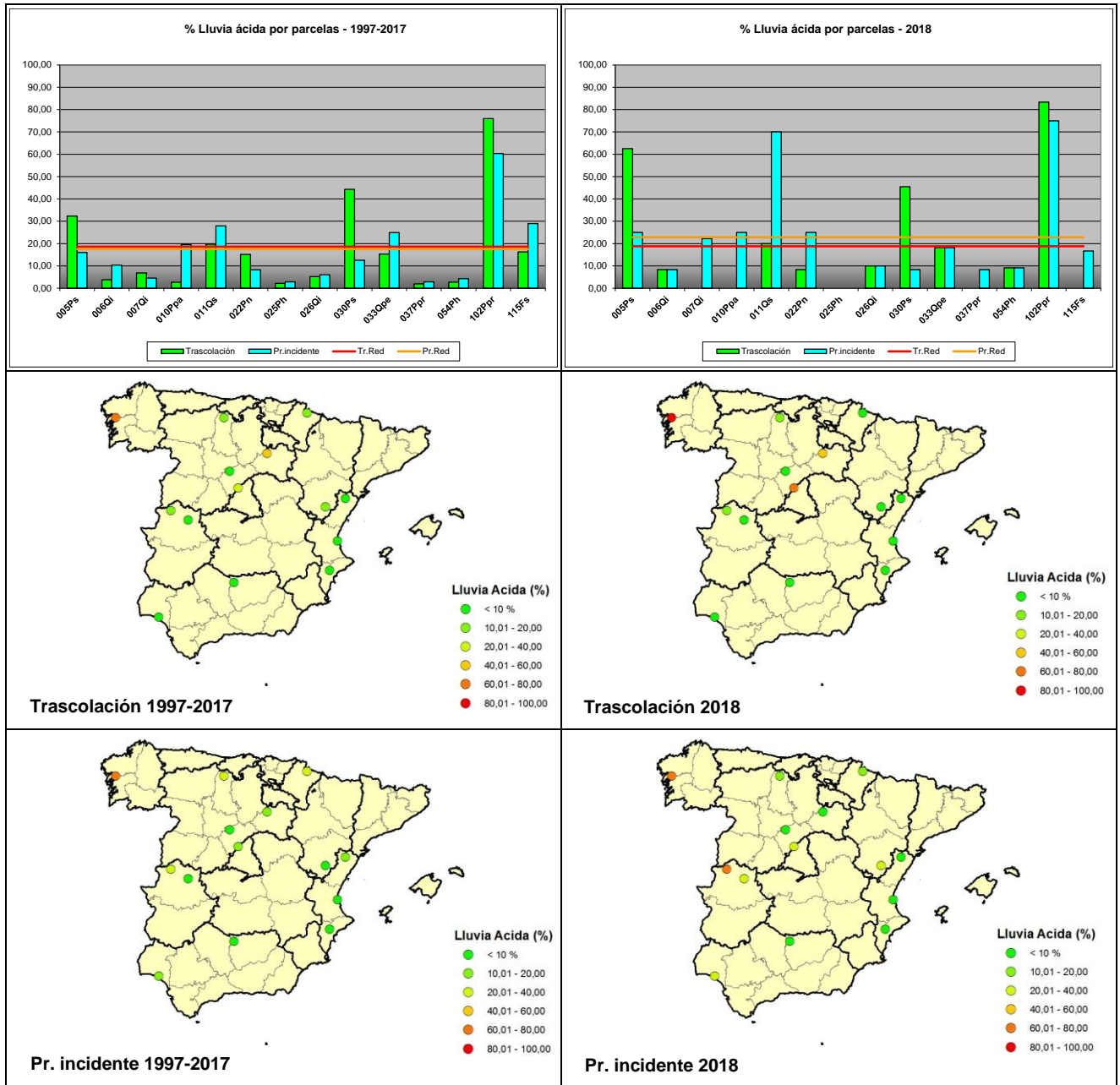


FIG 14: pH. Valores medios por parcela y porcentaje de precipitaciones por debajo del umbral de lluvia ácida serie histórica 1997-2017 y año 2018

4.2.2. Conductividad.

TABLA 4: Conductividad. Valores medios ponderados por volumen por parcela; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 1997-2017 y el último año 2018

PERIODO 1997-2017								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	20,88		814	11,76		1029	38,75	16,20
006Qi	39,18		477	24,60		604	38,75	16,20
007Qi	22,44		377	15,19		525	38,75	16,20
010Ppa	60,49		340	33,69		546	38,75	16,20
011Qs	20,14		655	16,01		742	38,75	16,20
022Pn	37,85		426	25,26		495	38,75	16,20
025Ph	67,81		291	30,52		353	38,75	16,20
026Qi	29,37		576	18,00		619	38,75	16,20
030Ps	25,16		541	21,18		729	38,75	16,20
033Qpe	16,91		859	12,61		1156	38,75	16,20
037Ppr	40,19		306	23,21		409	38,75	16,20
054Ph	228,91		319	40,22		431	38,75	16,20
102Ppr	48,73		1710	25,43		2130	38,75	16,20
115Fs	21,54		1614	15,71		1800	38,75	16,20

PERIODO 2018								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	15,41		1093	8,01		1208	38,75	16,20
006Qi	32,63		795	14,70		976	38,75	16,20
010Ppa	23,80		558	11,56		778	38,75	16,20
007Qi	102,20		448	34,89		703	38,75	16,20
011Qs	22,60		829	10,91		860	38,75	16,20
022Pn	25,90		814	14,12		876	38,75	16,20
025Ph	67,32		303	21,77		389	38,75	16,20
026Qi	26,95		673	14,74		678	38,75	16,20
030Ps	21,50		609	9,39		1010	38,75	16,20
033Qpe	11,43		1123	7,20		1557	38,75	16,20
037Ppr	24,24		483	11,06		745	38,75	16,20
054Ph	102,55		641	27,19		809	38,75	16,20
102Ppr	45,01		2439	24,54		3091	38,75	16,20
115Fs	21,01		2095	16,68		2512	38,75	16,20

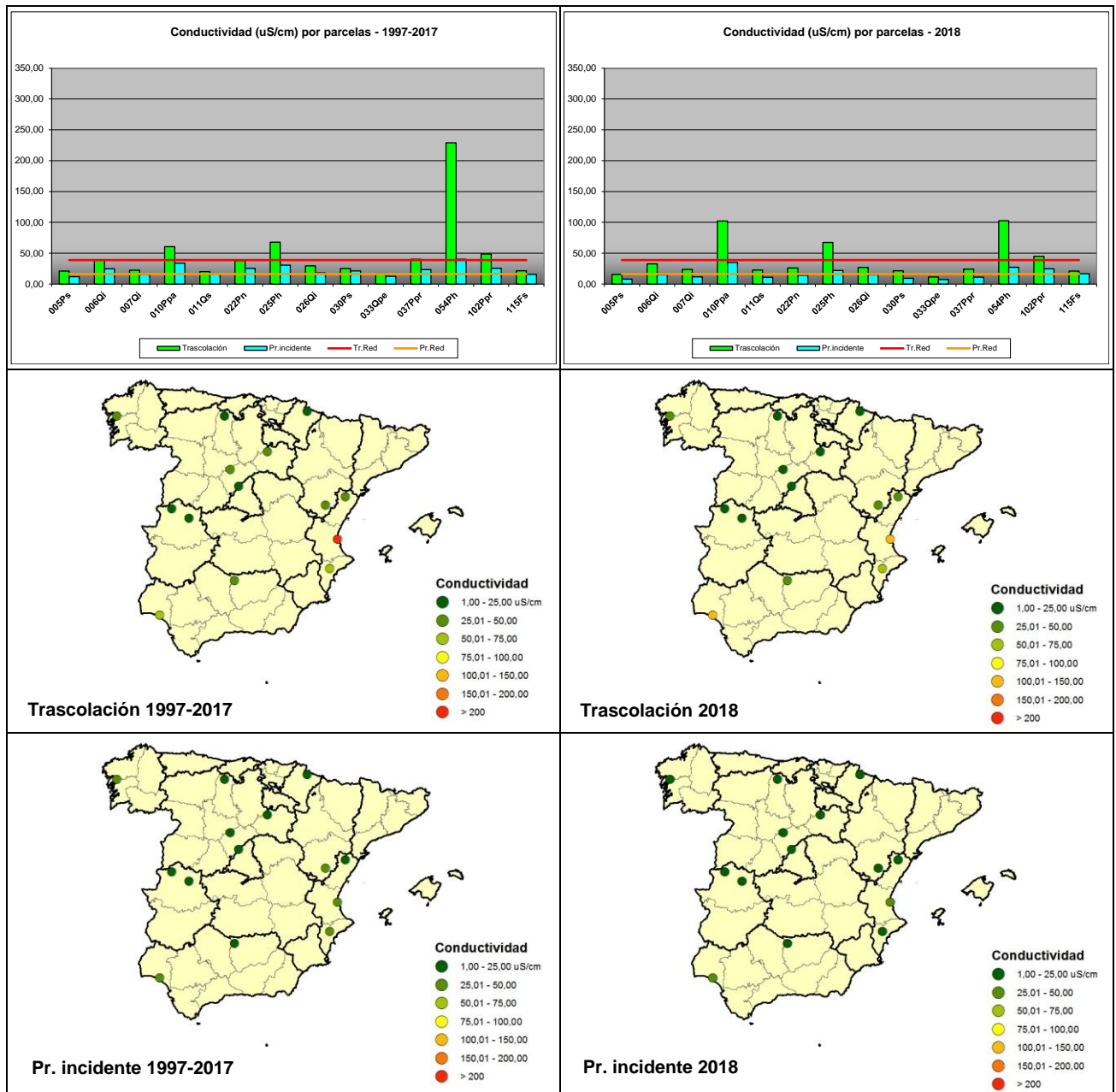


FIG 15: Conductividad. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018

PERIODO 1997-2017									
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	2,45	18,87	814	0,67	7,08	1029	11,79	16,71	6,09
006Qi	3,70	14,63	477	0,29	1,50	604	13,13	16,71	6,09
007Qi	3,18	12,18	377	0,50	2,40	525	9,78	16,71	6,09
010Ppa	4,86	15,68	340	1,14	5,68	546	9,99	16,71	6,09
011Qs	2,20	13,97	655	0,76	5,67	742	8,31	16,71	6,09
022Pn	2,50	10,12	426	1,02	4,77	495	5,36	16,71	6,09
025Ph	2,33	6,46	291	1,09	3,51	353	2,96	16,71	6,09
026Qi	3,34	17,73	576	0,91	5,63	619	12,10	16,71	6,09
030Ps	2,65	13,78	541	0,96	7,02	729	6,76	16,71	6,09
033Qpe	1,73	14,37	859	0,65	8,03	1156	6,34	16,71	6,09
037Ppr	2,44	7,26	306	1,23	4,93	409	2,33	16,71	6,09
054Ph	5,86	17,09	319	0,43	1,83	431	15,26	16,71	6,09
102Ppr	1,83	32,14	1710	0,72	15,36	2130	16,78	16,71	6,09
115Fs	2,18	35,88	1614	0,40	6,98	1800	28,90	16,71	6,09

PERIODO 2018									
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	1,02	11,15	1093	0,22	2,71	1208	8,44	17,14	2,96
006Qi	1,28	10,16	795	0,14	1,33	976	8,82	17,14	2,96
007Qi	2,23	12,42	558	0,19	1,50	778	10,92	17,14	2,96
010Ppa	5,56	24,89	448	0,44	3,11	703	21,77	17,14	2,96
011Qs	2,85	23,66	829	0,22	1,86	860	21,79	17,14	2,96
022Pn	1,52	12,40	814	0,34	2,95	876	9,44	17,14	2,96
025Ph	1,86	5,61	303	0,24	0,94	389	4,67	17,14	2,96
026Qi	2,72	18,28	673	0,29	1,95	678	16,33	17,14	2,96
030Ps	2,62	15,95	609	0,19	1,92	1010	14,03	17,14	2,96
033Qpe	1,12	12,55	1123	0,20	3,12	1557	9,44	17,14	2,96
037Ppr	1,07	5,18	483	0,27	2,04	745	3,15	17,14	2,96
054Ph	2,81	18,00	641	0,25	2,00	809	16,00	17,14	2,96
102Ppr	0,85	20,83	2439	0,30	9,23	3091	11,60	17,14	2,96
115Fs	2,33	48,85	2095	0,27	6,75	2512	42,10	17,14	2,96

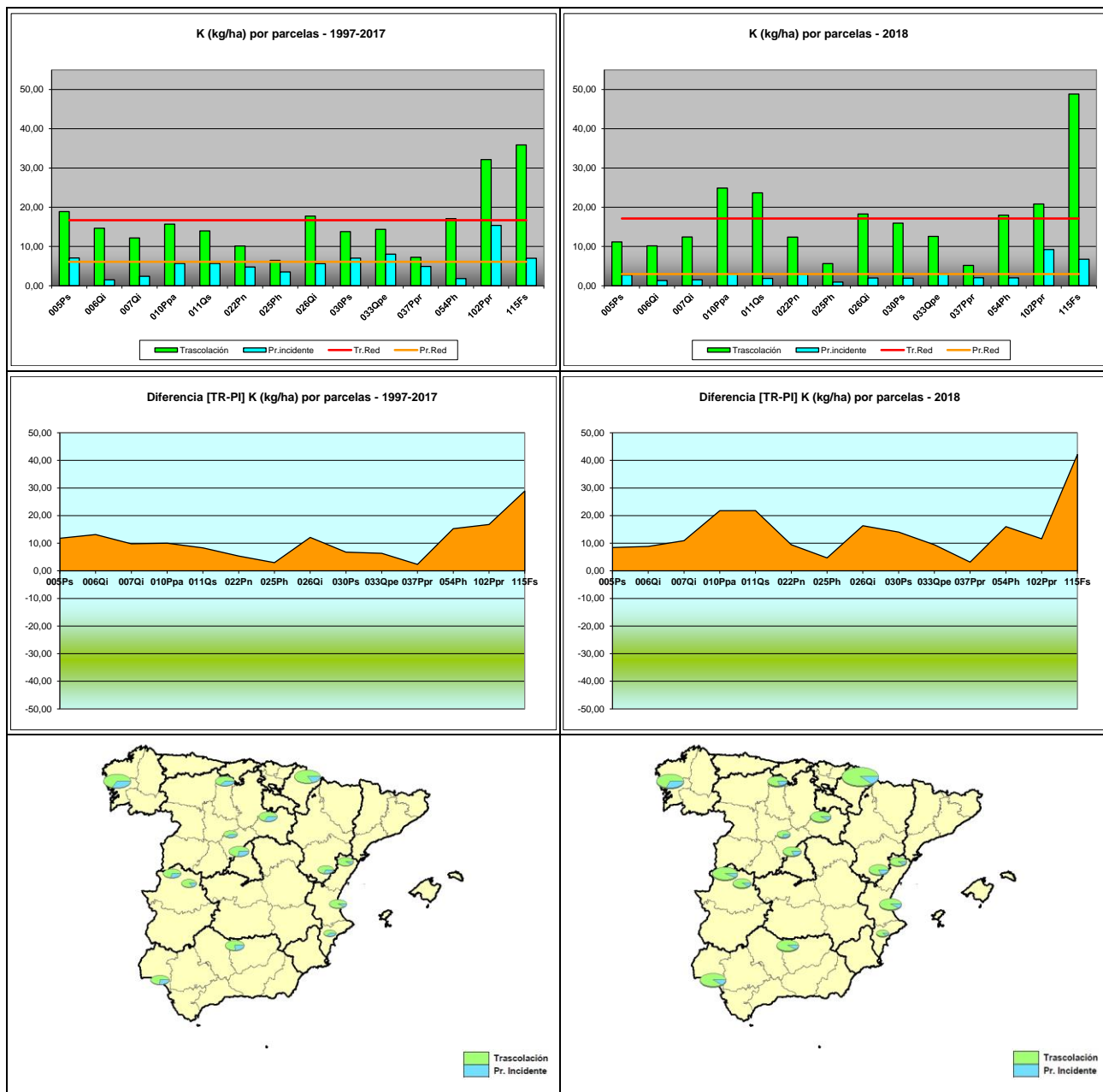


FIG 16: Deposition potasio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018.

PERIODO 1997-2017									
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	1,08	8,75	814	0,80	8,33	1029	0,42	12,59	10,17
006Qi	3,61	16,95	477	2,31	13,64	604	3,31	12,59	10,17
007Qi	1,84	6,98	377	1,32	6,68	525	0,30	12,59	10,17
010Ppa	2,60	7,43	340	1,57	6,96	546	0,46	12,59	10,17
011Qs	1,04	6,15	655	1,10	6,96	742	-0,81	12,59	10,17
022Pn	3,40	13,95	426	2,34	11,70	495	2,25	12,59	10,17
025Ph	7,40	21,03	291	3,20	11,26	353	9,76	12,59	10,17
026Qi	1,99	10,53	576	1,35	7,81	619	2,72	12,59	10,17
030Ps	1,60	8,31	541	1,40	9,68	729	-1,37	12,59	10,17
033Qpe	0,89	7,54	859	0,79	8,81	1156	-1,26	12,59	10,17
037Ppr	2,31	6,69	306	1,89	7,53	409	-0,84	12,59	10,17
054Ph	10,51	32,89	319	2,64	10,85	431	22,03	12,59	10,17
102Ppr	0,96	16,69	1710	0,72	14,93	2130	1,77	12,59	10,17
115Fs	0,94	14,58	1614	0,87	15,19	1800	-0,60	12,59	10,17

PERIODO 2018									
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	0,82	8,99	1093	0,62	7,50	1208	1,48	13,15	9,58
006Qi	2,53	20,14	795	1,27	12,39	976	7,74	13,15	9,58
007Qi	1,19	6,66	558	0,66	5,14	778	1,52	13,15	9,58
010Ppa	2,35	10,50	448	1,31	9,20	703	1,30	13,15	9,58
011Qs	1,00	8,26	829	0,75	6,43	860	1,84	13,15	9,58
022Pn	2,24	18,19	814	1,40	12,27	876	5,93	13,15	9,58
025Ph	6,82	20,62	303	2,50	9,71	389	10,90	13,15	9,58
026Qi	1,67	11,22	673	1,05	7,12	678	4,10	13,15	9,58
030Ps	1,26	7,66	609	0,84	8,43	1010	-0,77	13,15	9,58
033Qpe	0,67	7,50	1123	0,43	6,68	1557	0,83	13,15	9,58
037Ppr	1,67	8,08	483	1,13	8,44	745	-0,35	13,15	9,58
054Ph	3,84	24,62	641	1,24	10,06	809	14,56	13,15	9,58
102Ppr	0,63	15,37	2439	0,47	14,42	3091	0,95	13,15	9,58
115Fs	0,78	16,35	2095	0,65	16,26	2512	0,09	13,15	9,58

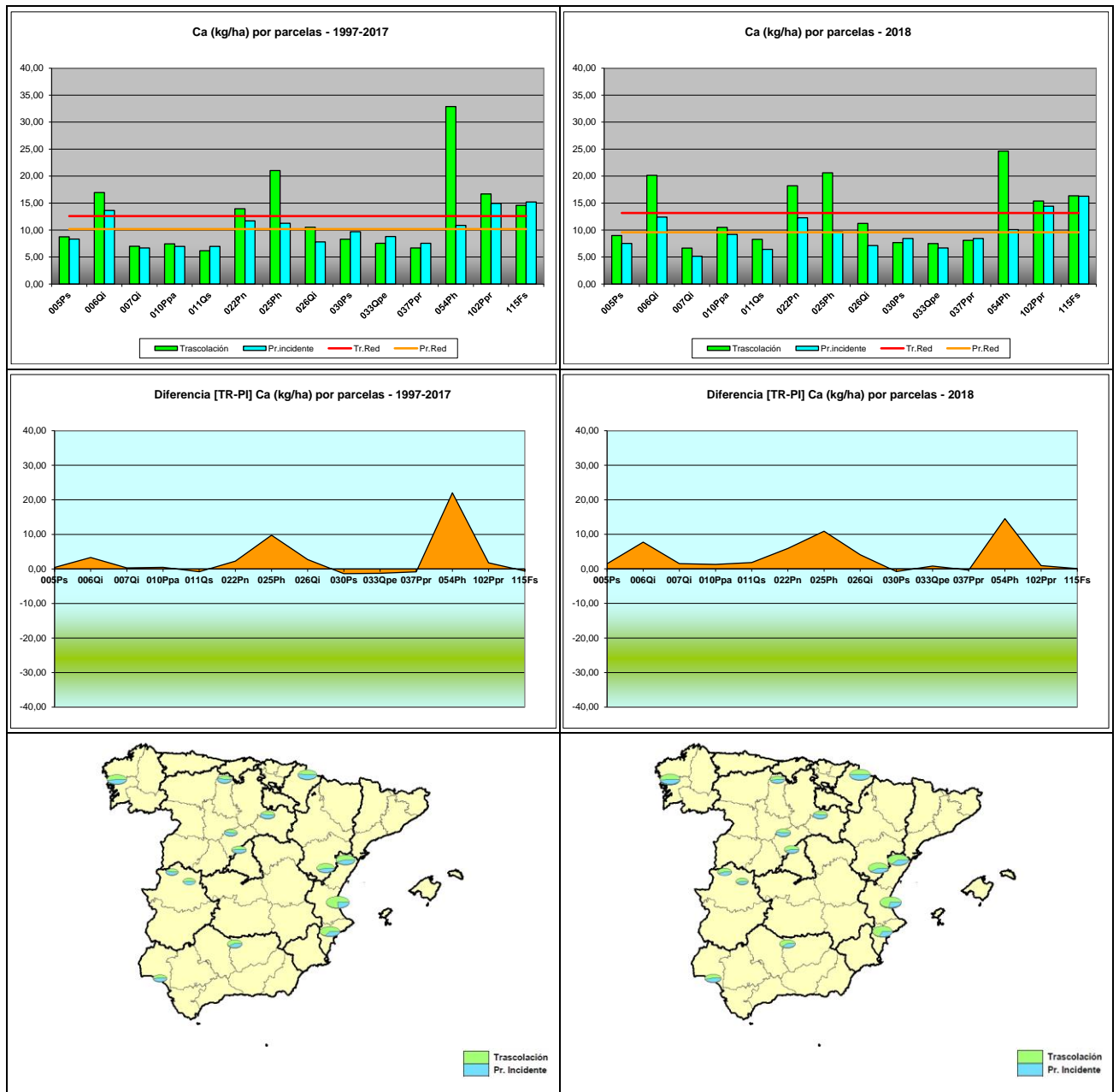


FIG 17: Deposición calcio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018.

PERIODO 1997-2017									
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	0,34	2,61	814	0,13	1,03	1029	1,57	3,72	1,83
006Qi	0,49	2,22	477	0,21	1,18	604	1,04	3,72	1,83
007Qi	0,42	1,60	377	0,17	0,89	525	0,71	3,72	1,83
010Ppa	1,31	3,83	340	0,52	2,23	546	1,59	3,72	1,83
011Qs	0,28	1,58	655	0,21	1,13	742	0,45	3,72	1,83
022Pn	0,52	2,01	426	0,21	0,93	495	1,08	3,72	1,83
025Ph	0,92	2,45	291	0,32	1,00	353	1,45	3,72	1,83
026Qi	0,47	2,26	576	0,17	1,00	619	1,26	3,72	1,83
030Ps	0,32	1,50	541	0,19	1,09	729	0,41	3,72	1,83
033Qpe	0,19	1,38	859	0,15	1,14	1156	0,24	3,72	1,83
037Ppr	0,50	1,39	306	0,23	0,76	409	0,63	3,72	1,83
054Ph	3,84	11,47	319	0,63	2,65	431	8,82	3,72	1,83
102Ppr	0,81	14,00	1710	0,33	6,79	2130	7,20	3,72	1,83
115Fs	0,29	4,14	1614	0,20	3,19	1800	0,95	3,72	1,83

PERIODO 2018									
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	2,05	1093	0,06	0,74	1208	1,31	4,24	2,01
006Qi	0,63	4,99	795	0,15	1,51	976	3,48	4,24	2,01
007Qi	0,31	1,74	558	0,10	0,81	778	0,93	4,24	2,01
010Ppa	1,44	6,43	448	0,40	2,81	703	3,62	4,24	2,01
011Qs	0,30	2,45	829	0,12	1,02	860	1,43	4,24	2,01
022Pn	0,38	3,11	814	0,11	0,94	876	2,18	4,24	2,01
025Ph	0,88	2,65	303	0,20	0,79	389	1,86	4,24	2,01
026Qi	0,39	2,65	673	0,15	1,04	678	1,61	4,24	2,01
030Ps	0,23	1,38	609	0,08	0,77	1010	0,61	4,24	2,01
033Qpe	0,15	1,69	1123	0,05	0,76	1557	0,93	4,24	2,01
037Ppr	0,37	1,77	483	0,10	0,77	745	1,00	4,24	2,01
054Ph	1,19	7,62	641	0,34	2,75	809	4,87	4,24	2,01
102Ppr	0,65	15,93	2439	0,34	10,40	3091	5,53	4,24	2,01
115Fs	0,23	4,86	2095	0,12	3,05	2512	1,80	4,24	2,01

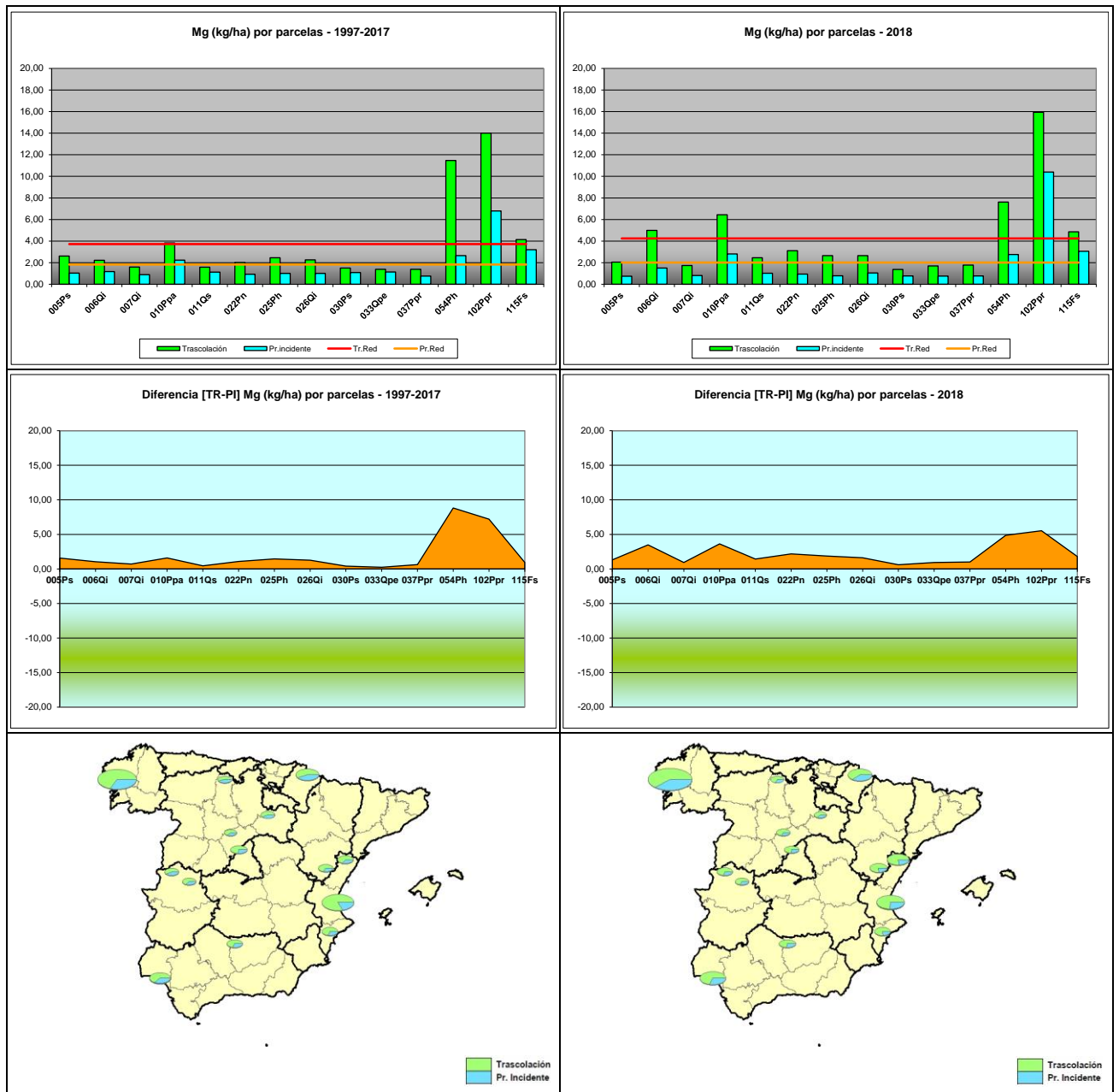


FIG 18: Deposición magnesio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018.

PERIODO 1997-2017									
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	6,76	814	0,50	5,24	1029	1,52	18,29	11,08
006Qi	1,16	5,40	477	0,93	5,52	604	-0,12	18,29	11,08
007Qi	1,02	3,82	377	0,77	4,10	525	-0,28	18,29	11,08
010Ppa	5,03	16,76	340	2,85	15,44	546	1,33	18,29	11,08
011Qs	1,11	7,27	655	0,84	6,19	742	1,08	18,29	11,08
022Pn	1,13	4,59	426	0,77	3,77	495	0,82	18,29	11,08
025Ph	2,20	6,25	291	1,13	3,88	353	2,38	18,29	11,08
026Qi	1,25	7,39	576	0,91	5,66	619	1,74	18,29	11,08
030Ps	0,85	4,54	541	0,61	4,50	729	0,04	18,29	11,08
033Qpe	0,62	5,21	859	0,55	6,19	1156	-0,98	18,29	11,08
037Ppr	1,30	3,84	306	0,82	3,33	409	0,51	18,29	11,08
054Ph	21,04	63,54	319	3,86	16,74	431	46,80	18,29	11,08
102Ppr	5,59	99,45	1710	2,44	52,56	2130	46,88	18,29	11,08
115Fs	1,31	21,33	1614	0,97	17,33	1800	4,00	18,29	11,08

PERIODO 2018									
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	0,80	8,79	1093	0,37	4,43	1208	4,36	22,61	14,29
006Qi	0,97	7,68	795	0,62	6,09	976	1,59	22,61	14,29
007Qi	1,09	6,06	558	0,73	5,69	778	0,37	22,61	14,29
010Ppa	6,30	28,21	448	3,03	21,28	703	6,93	22,61	14,29
011Qs	1,05	8,71	829	0,74	6,37	860	2,33	22,61	14,29
022Pn	0,69	5,60	814	0,40	3,50	876	2,10	22,61	14,29
025Ph	2,01	6,08	303	0,70	2,74	389	3,33	22,61	14,29
026Qi	1,35	9,11	673	1,06	7,22	678	1,89	22,61	14,29
030Ps	0,70	4,25	609	0,43	4,30	1010	-0,05	22,61	14,29
033Qpe	0,69	7,79	1123	0,41	6,35	1557	1,44	22,61	14,29
037Ppr	0,71	3,43	483	0,59	4,37	745	-0,94	22,61	14,29
054Ph	9,88	63,35	641	2,55	20,60	809	42,75	22,61	14,29
102Ppr	5,11	124,69	2439	2,70	83,44	3091	41,26	22,61	14,29
115Fs	1,56	32,77	2095	0,94	23,65	2512	9,12	22,61	14,29

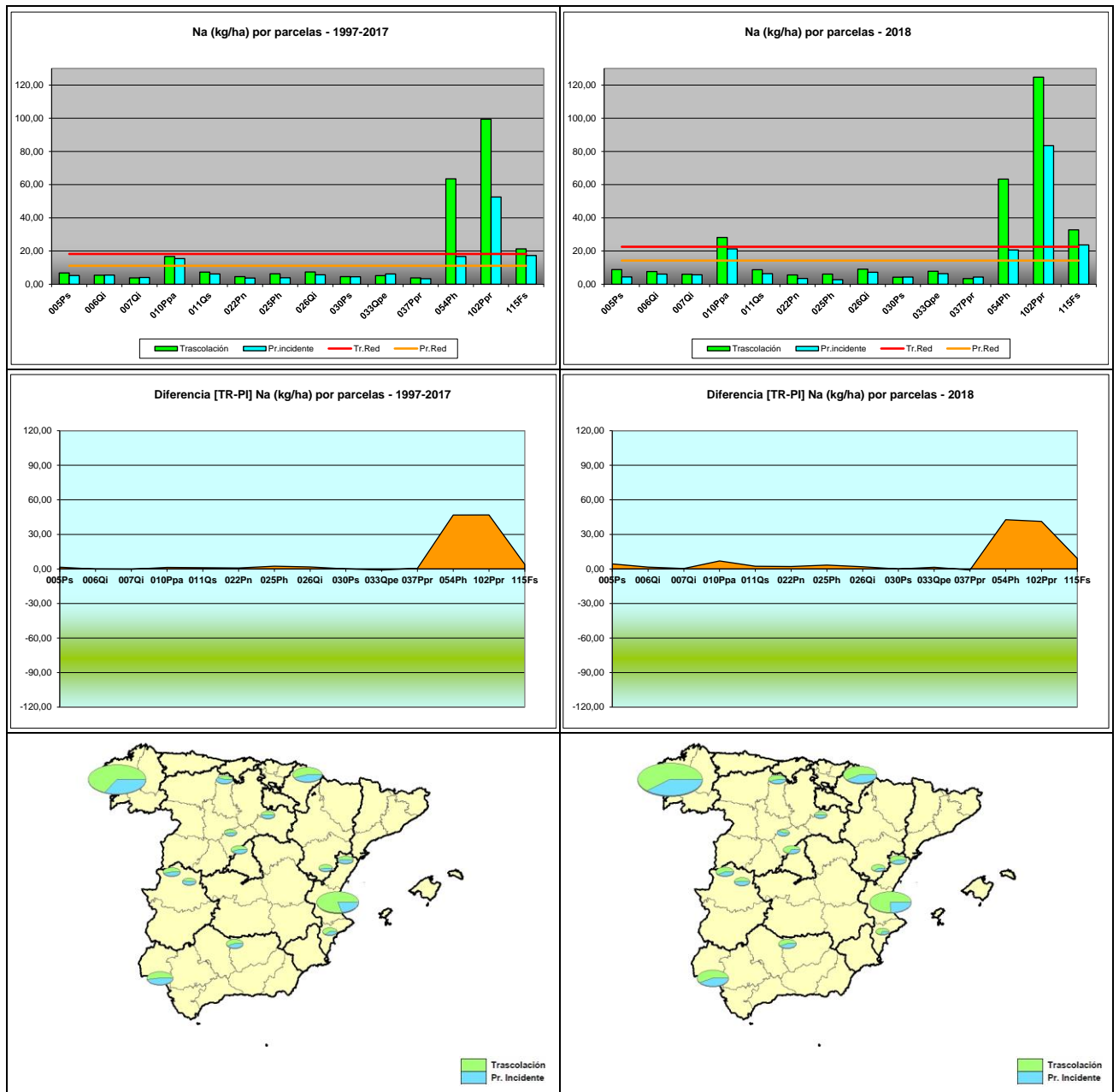


FIG 19: Deposición sodio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018.

PERIODO 1997-2017									
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	3,46	814	0,36	3,58	1029	-0,13	3,23	3,48
006Qi	0,46	1,99	477	0,41	2,40	604	-0,41	3,23	3,48
007Qi	0,55	2,02	377	0,75	3,59	525	-1,58	3,23	3,48
010Ppa	0,63	1,79	340	0,69	3,02	546	-1,23	3,23	3,48
011Qs	0,29	1,59	655	0,30	1,94	742	-0,35	3,23	3,48
022Pn	0,57	2,34	426	0,45	2,18	495	0,16	3,23	3,48
025Ph	1,23	3,21	291	0,44	1,39	353	1,82	3,23	3,48
026Qi	0,39	1,98	576	0,39	2,21	619	-0,23	3,23	3,48
030Ps	0,46	2,18	541	1,10	7,42	729	-5,24	3,23	3,48
033Qpe	0,34	2,56	859	0,30	3,23	1156	-0,66	3,23	3,48
037Ppr	1,64	4,69	306	0,80	3,13	409	1,56	3,23	3,48
054Ph	2,29	6,93	319	0,48	2,02	431	4,90	3,23	3,48
102Ppr	0,35	5,77	1710	0,36	6,56	2130	-0,79	3,23	3,48
115Fs	0,38	4,61	1614	0,38	5,48	1800	-0,87	3,23	3,48

PERIODO 2018									
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	0,16	1,72	1093	0,14	1,66	1208	0,05	2,79	2,39
006Qi	0,55	4,37	795	0,32	3,11	976	1,26	2,79	2,39
007Qi	0,28	1,55	558	0,14	1,10	778	0,45	2,79	2,39
010Ppa	0,29	1,28	448	0,67	4,74	703	-3,45	2,79	2,39
011Qs	0,07	0,61	829	0,31	2,71	860	-2,10	2,79	2,39
022Pn	0,23	1,91	814	0,22	1,95	876	-0,04	2,79	2,39
025Ph	0,84	2,53	303	0,17	0,64	389	1,88	2,79	2,39
026Qi	0,26	1,77	673	0,19	1,29	678	0,48	2,79	2,39
030Ps	0,12	0,70	609	0,18	1,80	1010	-1,10	2,79	2,39
033Qpe	0,16	1,80	1123	0,08	1,29	1557	0,51	2,79	2,39
037Ppr	0,72	3,46	483	0,35	2,64	745	0,83	2,79	2,39
054Ph	1,42	9,08	641	0,33	2,71	809	6,37	2,79	2,39
102Ppr	0,15	3,57	2439	0,11	3,35	3091	0,22	2,79	2,39
115Fs	0,22	4,70	2095	0,18	4,42	2512	0,28	2,79	2,39

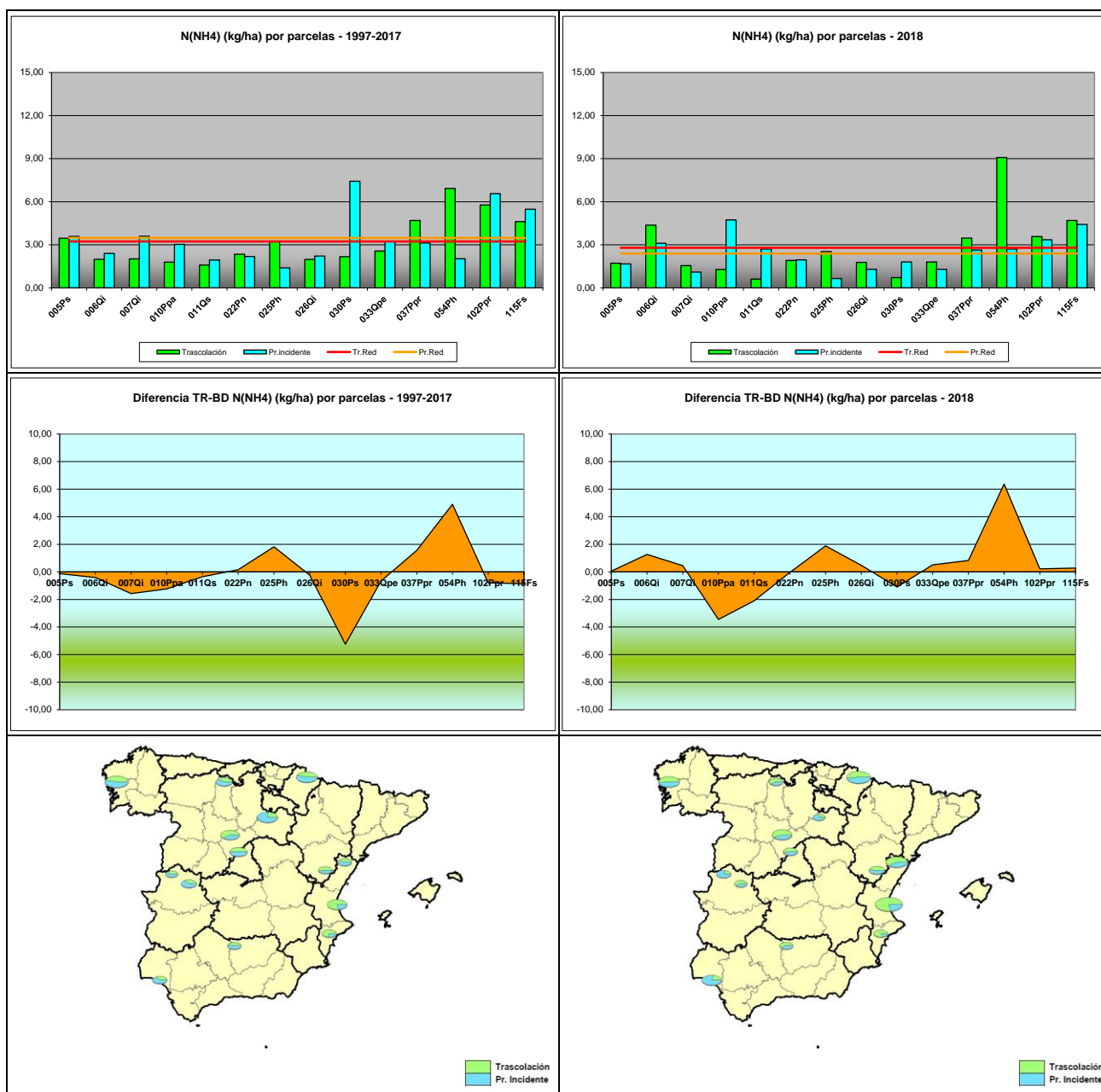


FIG 20: Deposición amonio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018.

PERIODO 1997-2017									
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	1,46	12,30	814	0,88	9,24	1029	3,06	32,53	21,46
006Qi	2,36	10,77	477	1,97	11,79	604	-1,02	32,53	21,46
007Qi	1,26	4,85	377	0,74	4,16	525	0,69	32,53	21,46
010Ppa	9,39	31,18	340	5,52	29,76	546	1,42	32,53	21,46
011Qs	1,96	12,13	655	1,92	13,45	742	-1,32	32,53	21,46
022Pn	2,09	8,65	426	2,08	10,84	495	-2,19	32,53	21,46
025Ph	4,91	14,28	291	2,76	10,04	353	4,24	32,53	21,46
026Qi	2,54	13,74	576	2,06	12,55	619	1,19	32,53	21,46
030Ps	1,56	8,12	541	1,56	11,01	729	-2,89	32,53	21,46
033Qpe	0,97	8,21	859	1,01	11,43	1156	-3,22	32,53	21,46
037Ppr	2,55	8,00	306	2,08	8,74	409	-0,74	32,53	21,46
054Ph	34,98	106,80	319	7,16	30,21	431	76,59	32,53	21,46
102Ppr	9,95	174,86	1710	4,28	91,45	2130	83,41	32,53	21,46
115Fs	2,34	38,37	1614	1,83	33,16	1800	5,21	32,53	21,46

PERIODO 2018									
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	0,91	9,99	1093	0,39	4,71	1208	5,29	40,34	21,30
006Qi	1,34	10,64	795	0,98	9,61	976	1,03	40,34	21,30
007Qi	1,52	8,49	558	0,91	7,08	778	1,41	40,34	21,30
010Ppa	11,45	51,25	448	4,48	31,47	703	19,78	40,34	21,30
011Qs	1,32	10,91	829	0,99	8,49	860	2,42	40,34	21,30
022Pn	1,91	15,51	814	0,35	3,05	876	12,46	40,34	21,30
025Ph	3,58	10,84	303	1,03	4,02	389	6,82	40,34	21,30
026Qi	1,79	12,01	673	1,36	9,19	678	2,82	40,34	21,30
030Ps	1,09	6,66	609	0,88	8,86	1010	-2,20	40,34	21,30
033Qpe	0,68	7,67	1123	0,41	6,41	1557	1,25	40,34	21,30
037Ppr	0,91	4,39	483	0,45	3,33	745	1,06	40,34	21,30
054Ph	18,83	120,72	641	4,37	35,34	809	85,38	40,34	21,30
102Ppr	10,07	245,63	2439	4,23	130,71	3091	114,91	40,34	21,30
115Fs	2,39	50,01	2095	1,43	35,97	2512	14,04	40,34	21,30

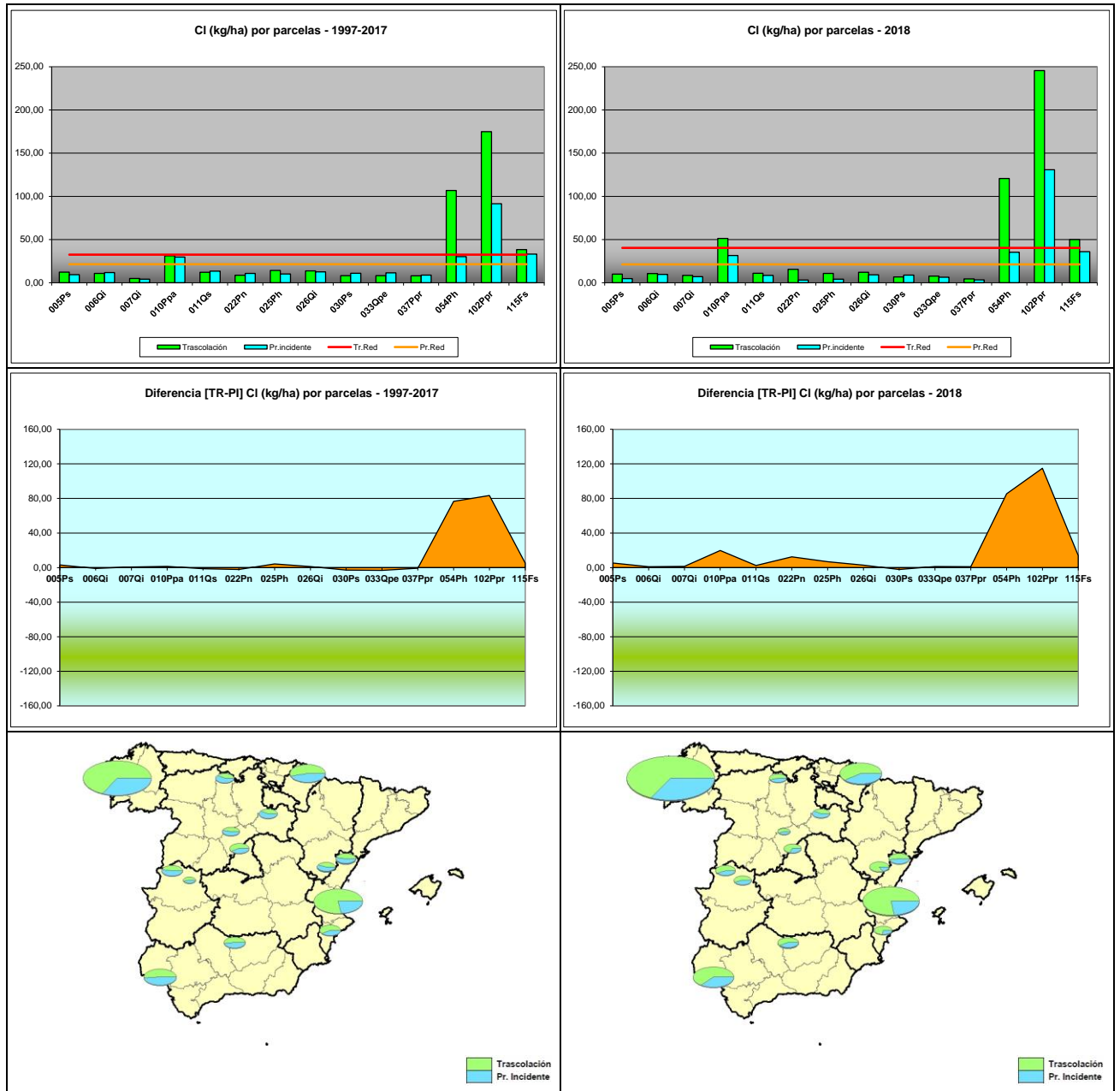


FIG 21: Deposición cloro (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre traslación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018.

PERIODO 1997-2017									
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	0,50	3,67	814	0,23	2,32	1029	1,35	4,08	2,42
006Qi	0,76	3,29	477	0,51	2,92	604	0,37	4,08	2,42
007Qi	0,31	1,12	377	0,28	1,40	525	-0,28	4,08	2,42
010Ppa	0,95	2,75	340	0,36	1,74	546	1,01	4,08	2,42
011Qs	0,30	1,79	655	0,25	1,75	742	0,04	4,08	2,42
022Pn	1,11	4,18	426	0,43	2,08	495	2,10	4,08	2,42
025Ph	2,36	6,35	291	0,53	1,84	353	4,50	4,08	2,42
026Qi	0,41	2,10	576	0,31	1,84	619	0,26	4,08	2,42
030Ps	0,48	2,37	541	0,31	2,19	729	0,18	4,08	2,42
033Qpe	0,28	2,15	859	0,22	2,35	1156	-0,19	4,08	2,42
037Ppr	1,21	3,35	306	0,42	1,62	409	1,73	4,08	2,42
054Ph	3,98	11,27	319	0,54	2,30	431	8,97	4,08	2,42
102Ppr	0,49	7,91	1710	0,21	4,25	2130	3,66	4,08	2,42
115Fs	0,29	4,51	1614	0,25	4,48	1800	0,03	4,08	2,42

PERIODO 2018									
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	0,27	2,95	1093	0,18	2,14	1208	0,80	3,41	2,08
006Qi	0,36	2,87	795	0,36	3,56	976	-0,70	3,41	2,08
007Qi	0,23	1,26	558	0,16	1,23	778	0,03	3,41	2,08
010Ppa	0,62	2,79	448	0,20	1,41	703	1,38	3,41	2,08
011Qs	0,09	0,72	829	0,15	1,29	860	-0,57	3,41	2,08
022Pn	0,38	3,11	814	0,21	1,88	876	1,23	3,41	2,08
025Ph	1,62	4,92	303	0,31	1,20	389	3,71	3,41	2,08
026Qi	0,17	1,17	673	0,18	1,24	678	-0,07	3,41	2,08
030Ps	0,19	1,17	609	0,15	1,53	1010	-0,36	3,41	2,08
033Qpe	0,08	0,86	1123	0,12	1,84	1557	-0,97	3,41	2,08
037Ppr	0,50	2,41	483	0,14	1,07	745	1,34	3,41	2,08
054Ph	1,85	11,85	641	0,41	3,31	809	8,55	3,41	2,08
102Ppr	0,20	4,86	2439	0,11	3,35	3091	1,52	3,41	2,08
115Fs	0,32	6,73	2095	0,16	4,01	2512	2,73	3,41	2,08

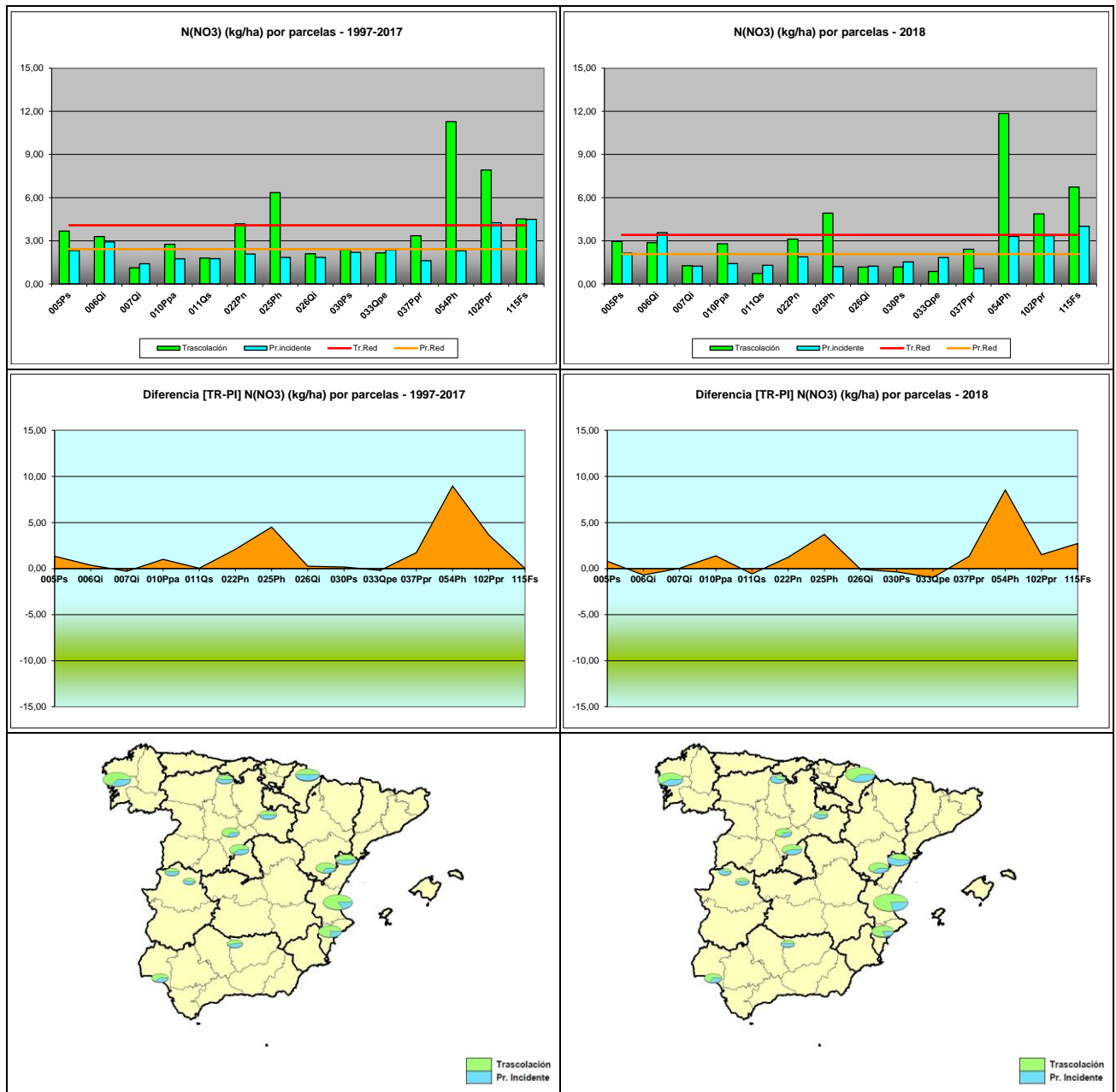


FIG 22: Deposición nitratos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 1997-2017 y año 2018.

PERIODO 1997-2017									
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	3,47	814	0,30	3,08	1029	0,39	5,22	3,90
006Qi	1,14	5,34	477	0,75	4,46	604	0,88	5,22	3,90
007Qi	0,28	1,02	377	0,39	1,95	525	-0,94	5,22	3,90
010Ppa	1,56	4,77	340	0,75	3,74	546	1,03	5,22	3,90
011Qs	0,37	2,32	655	0,36	2,57	742	-0,25	5,22	3,90
022Pn	0,87	3,46	426	0,60	2,86	495	0,60	5,22	3,90
025Ph	1,40	3,97	291	0,70	2,49	353	1,48	5,22	3,90
026Qi	0,47	2,53	576	0,39	2,35	619	0,18	5,22	3,90
030Ps	0,43	2,29	541	0,46	3,31	729	-1,02	5,22	3,90
033Qpe	0,38	3,14	859	0,32	3,53	1156	-0,39	5,22	3,90
037Ppr	0,59	1,84	306	0,48	1,88	409	-0,04	5,22	3,90
054Ph	4,34	13,21	319	1,00	4,22	431	8,99	5,22	3,90
102Ppr	1,07	18,14	1710	0,52	10,63	2130	7,52	5,22	3,90
115Fs	0,42	6,66	1614	0,35	6,17	1800	0,48	5,22	3,90

PERIODO 2018									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,22	2,38	1093	0,27	3,20	1208	-0,83	4,28	3,39
006Qi	0,54	4,32	795	0,44	4,31	976	0,00	4,28	3,39
007Qi	0,19	1,09	558	0,19	1,45	778	-0,36	4,28	3,39
010Ppa	0,95	4,25	448	0,59	4,13	703	0,12	4,28	3,39
011Qs	0,28	2,32	829	0,24	2,10	860	0,22	4,28	3,39
022Pn	0,33	2,66	814	0,24	2,09	876	0,57	4,28	3,39
025Ph	0,68	2,06	303	0,42	1,63	389	0,43	4,28	3,39
026Qi	0,28	1,89	673	0,30	2,02	678	-0,13	4,28	3,39
030Ps	0,19	1,17	609	0,22	2,20	1010	-1,03	4,28	3,39
033Qpe	0,18	1,97	1123	0,13	2,00	1557	-0,03	4,28	3,39
037Ppr	0,18	0,88	483	0,19	1,40	745	-0,52	4,28	3,39
054Ph	2,00	12,83	641	0,69	5,58	809	7,25	4,28	3,39
102Ppr	0,65	15,74	2439	0,33	10,11	3091	5,62	4,28	3,39
115Fs	0,30	6,35	2095	0,21	5,26	2512	1,09	4,28	3,39

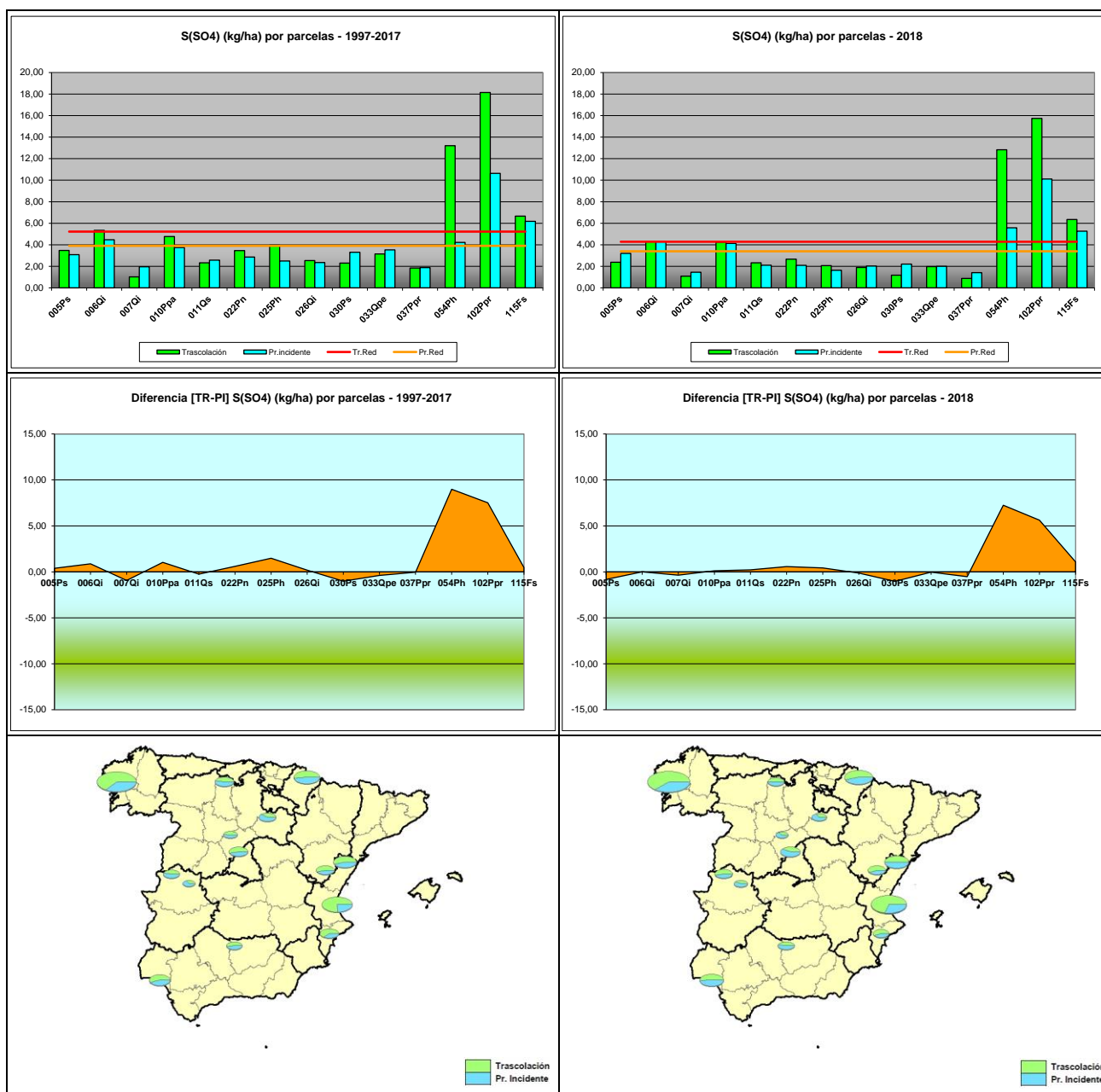


FIG 23: Deposición sulfatos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2017 y año 2018

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. En lo que se refiere al **pH**, continúan observándose las precipitaciones más ácidas en 102Ppr, tradicionalmente la parcela en la que se obtienen los valores más bajos, alcanzándose el umbral de lluvia ácida entre el 75-80% de las muestras analizadas; seguido de 05Ps, 30Ps, 33Qpe y 115Fs. En la presente revisión destaca la acidificación de las muestras a cielo abierto de 07Qi, 11Qs –donde el

70% de las muestras se ha calificado como lluvia ácida- y 22Pn. En la mayoría de las parcelas la precipitación anual ha resultado ser mayor que la del año precedente.

2. La **conductividad**, parámetro que engloba la concentración de sales en una disolución, se ha reducido en todas las parcelas examinadas, a excepción de 10Ppa, quizá como consecuencia de un mayor volumen de precipitación que ha diluido las muestras, reduciéndose considerablemente los resultados correspondientes a 54Ph donde se presentaban los valores mayores casi todos los años.
3. En lo que respecta al **potasio**, elemento de carácter terrígeno, los mayores depósitos se observan en 115Fs donde se alcanzan casi 50 kg/ha, y en menor medida 07Qi, 10Ppa y 11Qs, mientras se reducen en 05Ps, 30Ps y 33Qpe. Los depósitos obtenidos bajo cubierta han sido considerablemente superiores, lo que pone de manifiesto el comportamiento de la deposición seca.
4. La deposición de **calcio** se reduce en general respecto a las tasas obtenidas el año anterior, destacando las parcelas 06Qi, 22Pn, 25Ph y 54Ph, cuyas trascolaciones se encuentran en torno a 20-25 kg/ha y el descenso observado en la parcela 102Ppr. Como en el caso anterior, las precipitaciones bajo cubierta son superiores a las obtenidas a campo abierto.
5. 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 y 10Ppa, y en menor medida 05Ps. Las tasas bajo cubierta arbórea han resultado ser también superiores en todos los casos.
6. 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 incrementa respecto a la revisión anterior y, en menor grado 54Ph, donde las tasas se reducen tras el considerable incremento observado el año pasado. Destacan también, si bien de forma menos acusada, los depósitos obtenidos en 10Ppa y 115Fs. Como en los casos anteriores, se han encontrado depósitos mayores en trascolación, posiblemente debido al fenómeno de la deposición seca.
7. Por lo que se refiere al **amonio**, sustancia de origen agrícola y ganadero, las parcelas con mayores depósitos son 54Ph –donde se aprecia un aumento considerable con respecto a la pasada revisión-, 102Ppr y 115Fs. Se advierten también, si bien de forma menos marcada, incremento en el aporte a campo abierto de 10Ppa y 11Qs. En este compuesto no hay una tendencia tan clara entre depósitos bajo cubierta o al raso, pero sí parece apreciarse que las parcelas 10Ppa, 11Qs y 30Ps presentan mayores tasas a cielo abierto.
8. En cuanto al **cloro**, segundo elemento de origen marino, tiene su máxima expresión en aquellas parcelas situadas junto a la línea de costa, tal como ocurre significativamente en 54Ph y 102Ppr y en menor medida en 10Ppa y 115Fs. Las tasas de deposición en estas parcelas aumentan considerablemente respecto a la evaluación anterior.
9. Los **nitratos**, contaminantes procedentes de la actividad humana e industrial, experimentan en general una reducción en todas las parcelas evaluadas a excepción de 115Fs y 54Ph donde los depósitos se incrementan, pasándose en esta última a obtener cerca de 12 Kg/ha. Las variaciones internacionales en el resto de puntos han resultado ser mucho menores. Como en otros compuestos, los depósitos obtenidos bajo cubierta han resultado superiores a los habidos a cielo abierto.

10. Con respecto a los **sulfatos** se observan mayores depósitos a los obtenidos un año antes, si bien se supera el umbral de 1 kg/ha en 10Ppa, 11Qs y 115Fs, reduciéndose apreciablemente la trascolación en 102Ppr, obteniéndose por regla general mayores depósitos en trascolación.
11. Por regla 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 1997-2014-, 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.

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

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

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

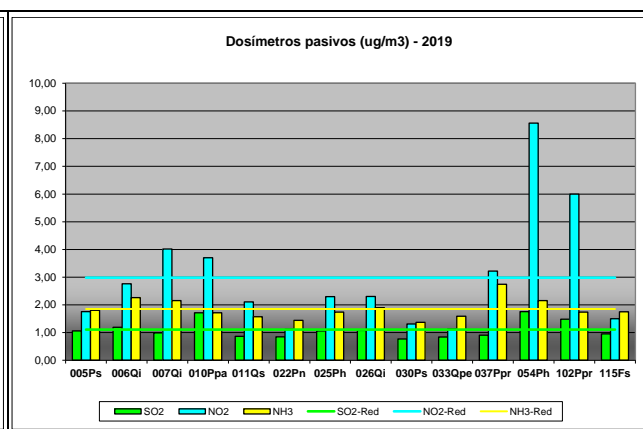
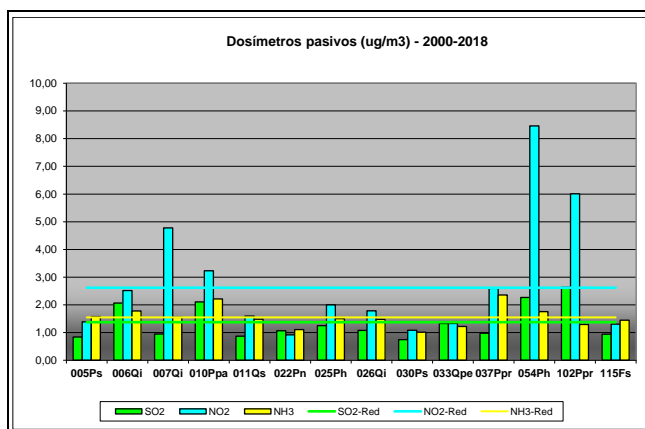
NH₃: nivel crítico de protección a líquenes y briofitos. Promedio anual de 1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.
nivel crítico de protección a plantas superiores. Promedio anual de 2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

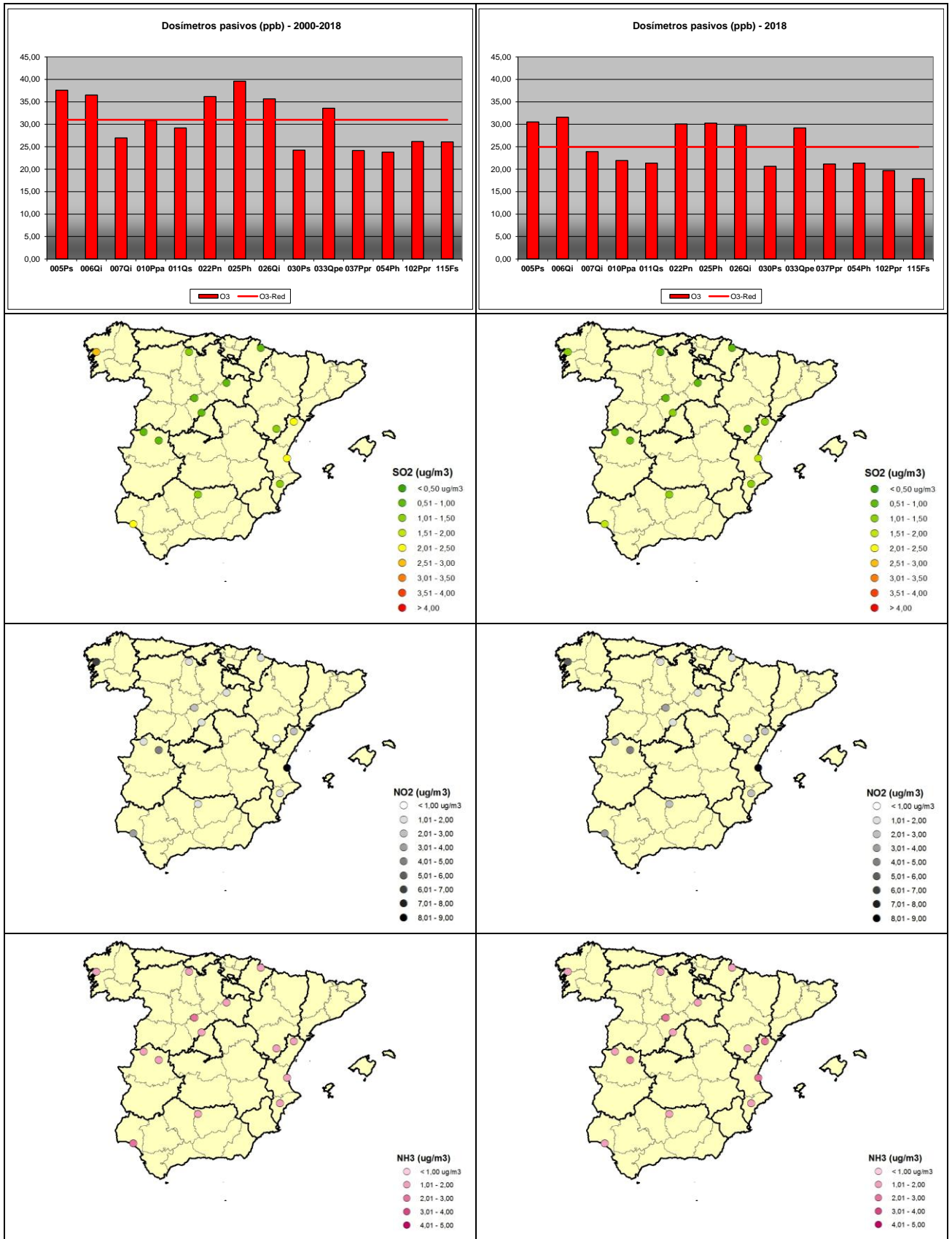
TABLA 13: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red. O₃ 1 ppb ~ 1,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

PERIODO 2000-2018								
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	0,84	1,39	1,58	37,59	1,37	2,62	1,55	30,99
006 Qi	2,06	2,52	1,78	36,52	1,37	2,62	1,55	30,99
007 Qi	0,95	4,78	1,55	26,96	1,37	2,62	1,55	30,99
010 Ppa	2,11	3,23	2,21	30,81	1,37	2,62	1,55	30,99
011 Qs	0,87	1,59	1,48	29,18	1,37	2,62	1,55	30,99

PERIODO 2000-2018								
Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
022 Pn	1,07	0,92	1,11	36,17	1,37	2,62	1,55	30,99
025 Ph	1,25	2,00	1,50	39,60	1,37	2,62	1,55	30,99
026 Qi	1,08	1,78	1,48	35,66	1,37	2,62	1,55	30,99
030 Ps	0,75	1,08	1,01	24,22	1,37	2,62	1,55	30,99
033 Qpe	1,33	1,33	1,22	33,57	1,37	2,62	1,55	30,99
037 Ppr	0,98	2,60	2,36	24,15	1,37	2,62	1,55	30,99
054 Ph	2,27	8,46	1,76	23,81	1,37	2,62	1,55	30,99
102 Ppr	2,64	6,01	1,29	26,17	1,37	2,62	1,55	30,99
115 Fs	0,94	1,30	1,45	26,08	1,37	2,62	1,55	30,99
Media	<i>1,37</i>	<i>2,78</i>	<i>1,55</i>	<i>30,75</i>	<i>1,37</i>	<i>2,62</i>	<i>1,55</i>	<i>30,99</i>

PERIODO 2019								
Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
005 Ps	1,06	1,75	1,81	30,51	1,11	2,98	1,85	24,94
006 Qi	1,19	2,76	2,26	31,57	1,11	2,98	1,85	24,94
007 Qi	0,99	4,02	2,15	23,90	1,11	2,98	1,85	24,94
010 Ppa	1,71	3,70	1,71	21,93	1,11	2,98	1,85	24,94
011 Qs	0,86	2,11	1,57	21,34	1,11	2,98	1,85	24,94
022 Pn	0,84	1,12	1,44	30,07	1,11	2,98	1,85	24,94
025 Ph	1,06	2,29	1,74	30,26	1,11	2,98	1,85	24,94
026 Qi	1,08	2,31	1,90	29,71	1,11	2,98	1,85	24,94
030 Ps	0,77	1,31	1,37	20,65	1,11	2,98	1,85	24,94
033 Qpe	0,84	1,13	1,59	29,17	1,11	2,98	1,85	24,94
037 Ppr	0,91	3,22	2,75	21,16	1,11	2,98	1,85	24,94
054 Ph	1,76	8,56	2,16	21,34	1,11	2,98	1,85	24,94
102 Ppr	1,48	6,00	1,74	19,68	1,11	2,98	1,85	24,94
115 Fs	0,95	1,50	1,75	17,89	1,11	2,98	1,85	24,94
Media	<i>1,11</i>	<i>2,98</i>	<i>1,85</i>	<i>24,94</i>	<i>1,11</i>	<i>2,98</i>	<i>1,85</i>	<i>24,94</i>





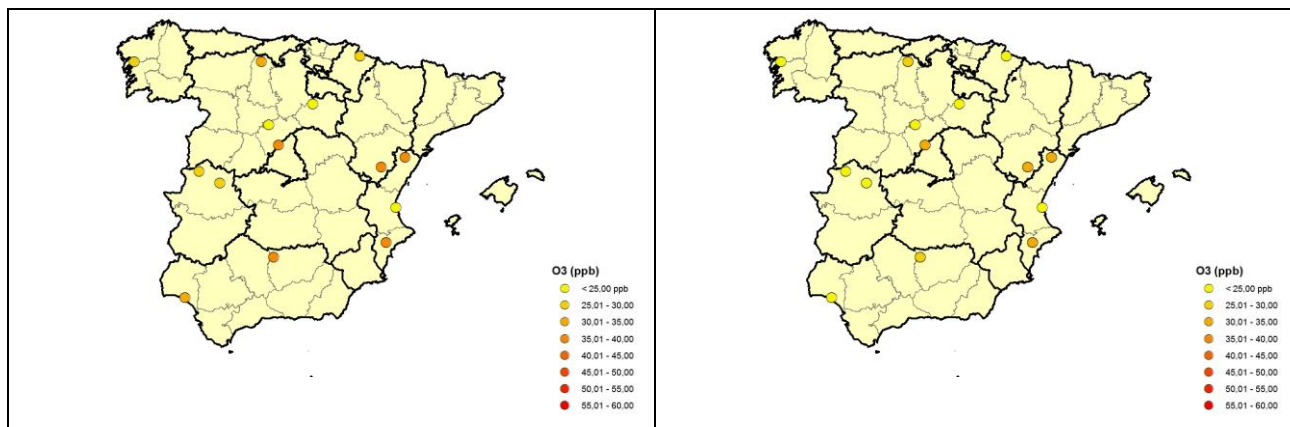


FIG 24: Inmisión atmosférica. Dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco y ozono. Valores medios por parcela serie histórica 2000-2018 y año 2019

1. Por lo que se refiere a la calidad del aire, las mayores concentraciones de **dióxido de azufre** se han obtenido en 54Ph, seguido de 102Ppr y 10Ppa, en un patrón ya observado en revisiones anteriores, y que se reduce ligeramente en la mayoría 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 se han obtenido 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** han tendido a incrementarse ligeramente a lo largo del último año, destacando –si bien de forma poco significativa- las concentraciones observadas en 37Ppr y 54Ph y 06Qi y 07Qi. 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 una reducción más marcada casi todas las parcelas de la red, destacando 05Ps, 06Qi, 22Pn, 25Ph, 26Qi y 33Qpe, junto con la reducción más notable en 102Ppr y 115Fs.

6. Análisis foliar.

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

6.1. Caracterización de los árboles muestra.

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

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

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

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

Los ramillos a 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 14: 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

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

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
005 Ps	8,00		11,00	16,00	13,00	14,00	13,50	13,67	13,97	15,87	15,73	13,78
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
007 Qi										13,92	13,20	11,11
010 Ppa	16,00		16,00	37,00	42,00	27,00	47,00	23,50	32,88	35,63	24,40	42,31
011 Qs	9,00		7,00	8,00	9,00	10,00	10,00	10,50	9,50	9,32	12,10	15,30
022 Pn	33,00		27,00	26,00	41,00	28,00	31,50	44,00	37,59	43,18	47,47	42,54
025 Ph	10,00		14,00	18,00	16,00	13,00	15,00	14,00	15,05	13,22	15,73	14,55

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
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
030 Ps	8,00		11,00	12,00	13,00	11,00	12,00	14,33	13,77	17,50	13,73	12,99
033 Qpe	19,00	19,00	21,00	24,00	22,00	20,00	28,00	17,00	21,25		24,60	27,89
037 Ppr	76,00		75,00	113,00	129,00	95,00	134,50	135,00	134,42	129,60	113,60	97,44
054 Ph							17,50	13,50	15,50	12,55	12,67	16,57
102 Ppr	169,00		149,00				155,00	168,67	162,48	173,07	143,53	141,95
115 Fs	7,00	8,00	9,00	9,00	12,00	11,00	11,00	8,00	9,38		16,60	11,67

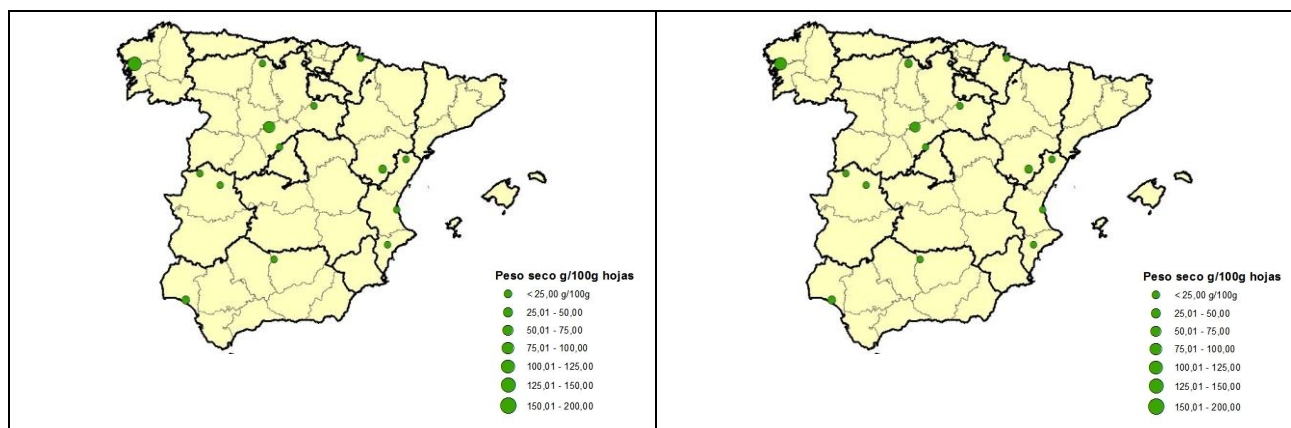
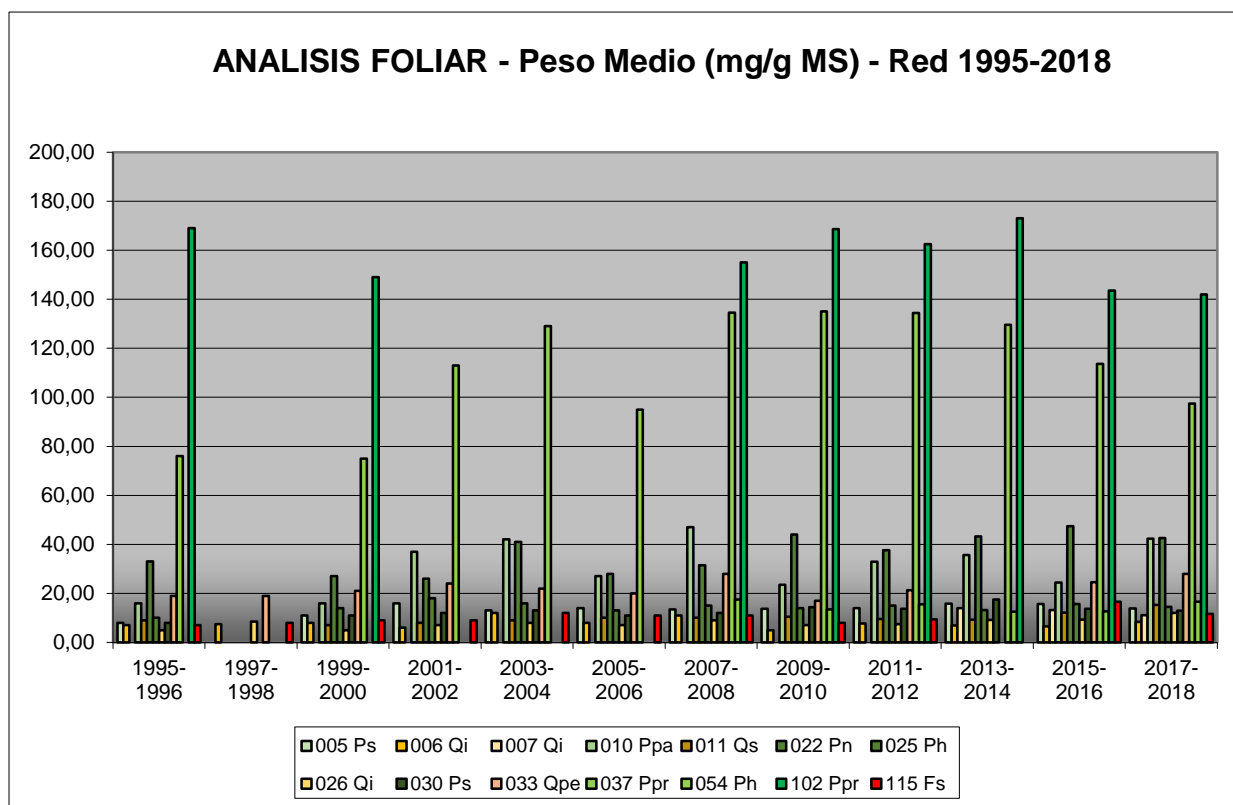
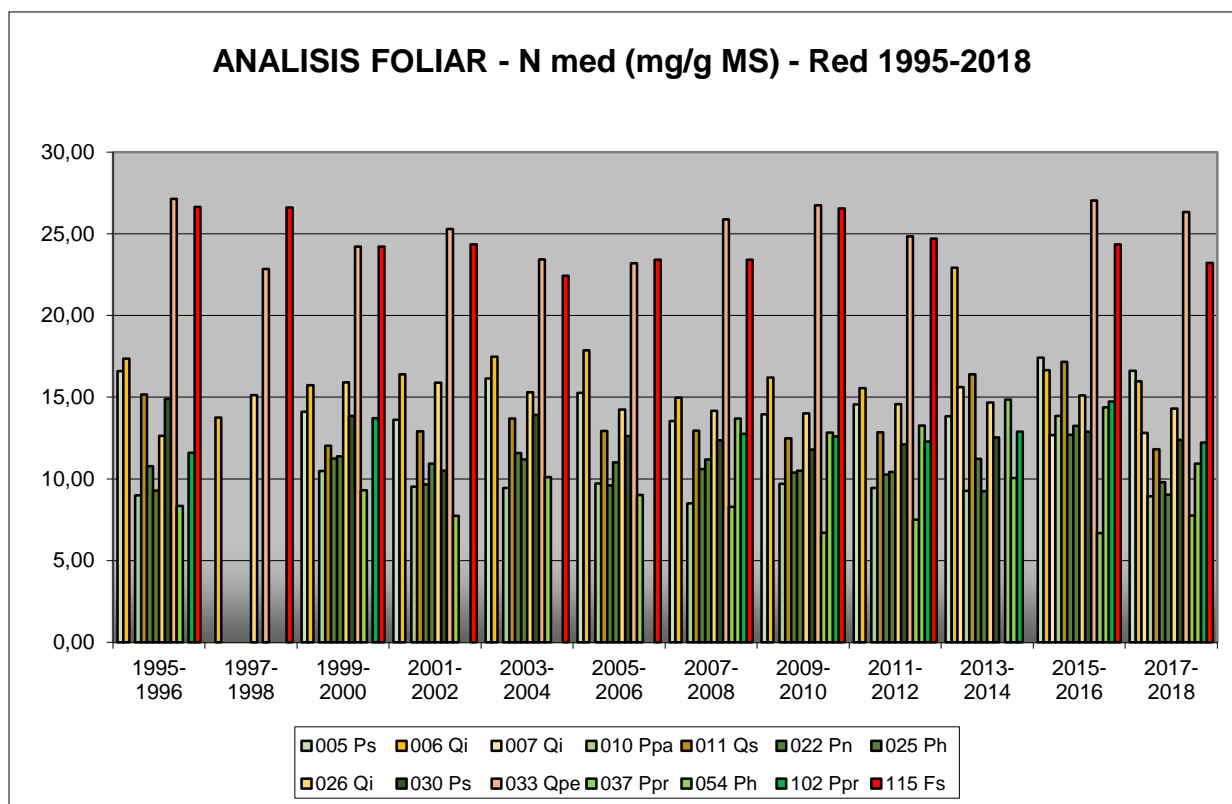


FIG 25: Peso seco hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y año 2018

6.3.2. Nitrógeno.

TABLA 16: Caracterización contenido en nitrógeno (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
005 Ps	16,60		14,10	13,62	16,14	15,26	13,54	13,95	14,56	13,84	17,41	16,61
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
007 Qi										15,62	12,67	12,81
010 Ppa	8,99		10,48	9,52	9,44	9,71	8,51	9,70	9,43	9,28	13,86	8,94
011 Qs	15,17		12,03	12,91	13,70	12,94	12,95	12,48	12,86	16,39	17,17	11,82
022 Pn	10,78		11,24	9,66	11,57	9,60	10,59	10,39	10,28	11,23	12,70	9,80
025 Ph	9,28		11,39	10,94	11,19	11,01	11,20	10,51	10,42	9,25	13,25	9,04
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
030 Ps	14,89		13,86	10,51	13,92	12,61	12,36	11,79	12,12	12,54	12,90	12,39
033 Qpe	27,14	22,84	24,22	25,30	23,43	23,19	25,88	26,75	24,84		27,04	26,33
037 Ppr	8,34		9,30	7,73	10,10	9,02	8,29	6,71	7,51	14,86	6,69	7,77
054 Ph							13,70	12,83	13,27	10,05	14,38	10,94
102 Ppr	11,59		13,71				12,75	12,60	12,29	12,88	14,74	12,22
115 Fs	26,64	26,60	24,22	24,35	22,44	23,42	23,42	26,54	24,70		24,36	23,21



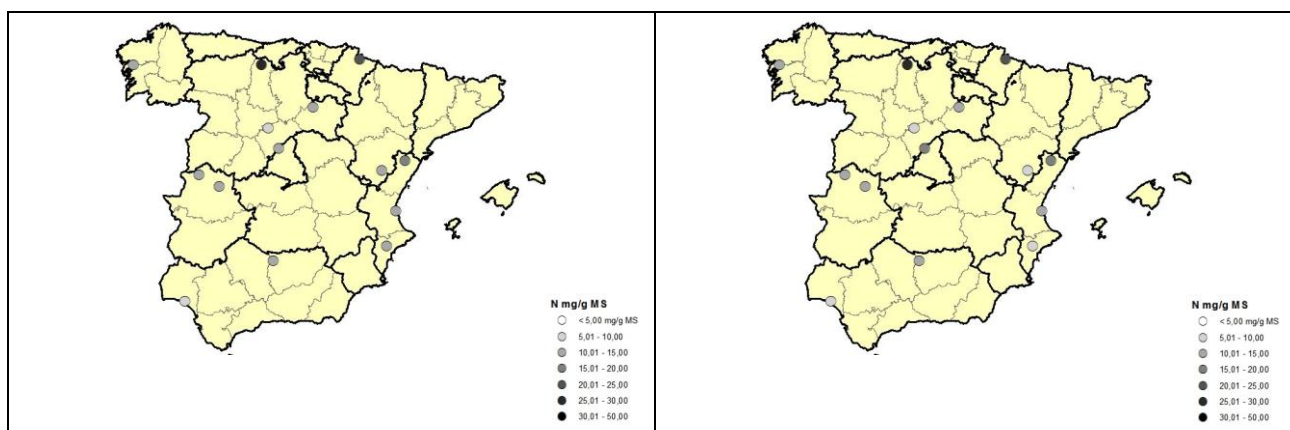


FIG 26: Contenido en nitrógeno hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y año 2018

6.3.3. Azufre.

TABLA 17: Caracterización contenido en azufre (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo.

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
005 Ps	1,15		0,93	1,00	1,21	1,10	1,22	1,19	1,17	0,97	1,14	0,94
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
007 Qi										1,01	0,94	0,90
010 Ppa	0,83		1,22	1,11	1,16	1,26	1,23	1,12	1,18	1,10	1,14	0,62
011 Qs	1,08		1,07	0,99	1,07	1,33	1,18	1,28	1,19	1,03	1,11	0,87
022 Pn	1,03		0,87	0,91	0,92	0,96	0,91	1,27	1,08	0,91	0,99	0,62
025 Ph	1,10		1,54	1,43	1,61	1,39	1,48	1,77	1,57	1,35	1,75	1,13
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
030 Ps	1,05		0,98	0,95	0,96	1,04	1,27	1,20	1,13	1,08	0,95	0,94
033 Qpe	1,90	1,61	1,68	1,70	1,67	1,61	1,69	1,68	1,69		1,74	1,88
037 Ppr	0,86		0,77	0,88	0,96	0,91	1,28	0,96	1,00	0,93	0,70	0,47
054 Ph							2,17	1,41	1,79	1,08	1,44	1,16
102 Ppr	1,02		1,09				1,59	1,29	1,36	0,86	0,92	0,78
115 Fs	1,94	1,72	1,70	1,68	1,40	1,58	1,49	1,67	1,65		1,44	1,61

Con fondo amarillo se señala la superación de los valores de referencia de contenido en azufre para cada especie forestal, lo que indica incidencia de la contaminación atmosférica por 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.

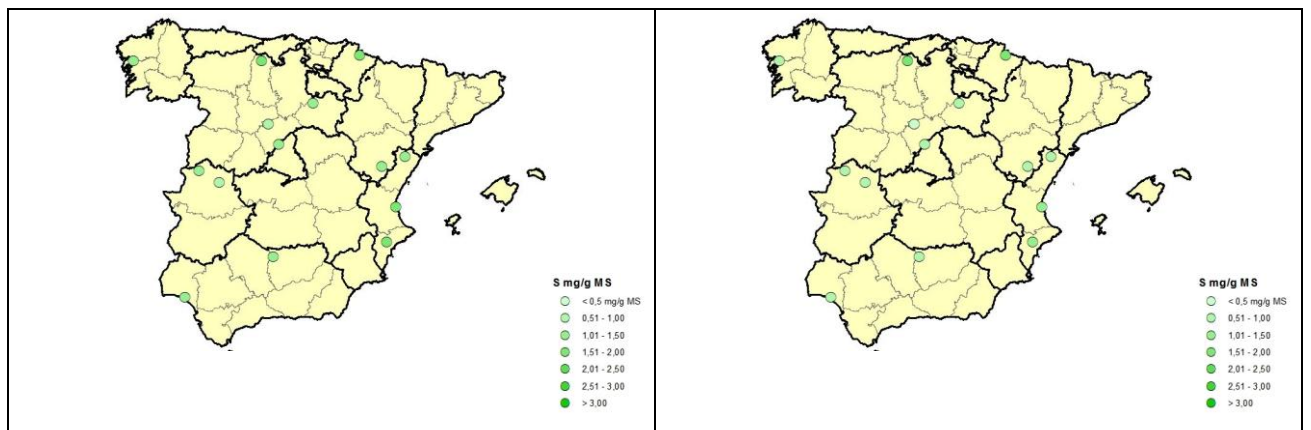
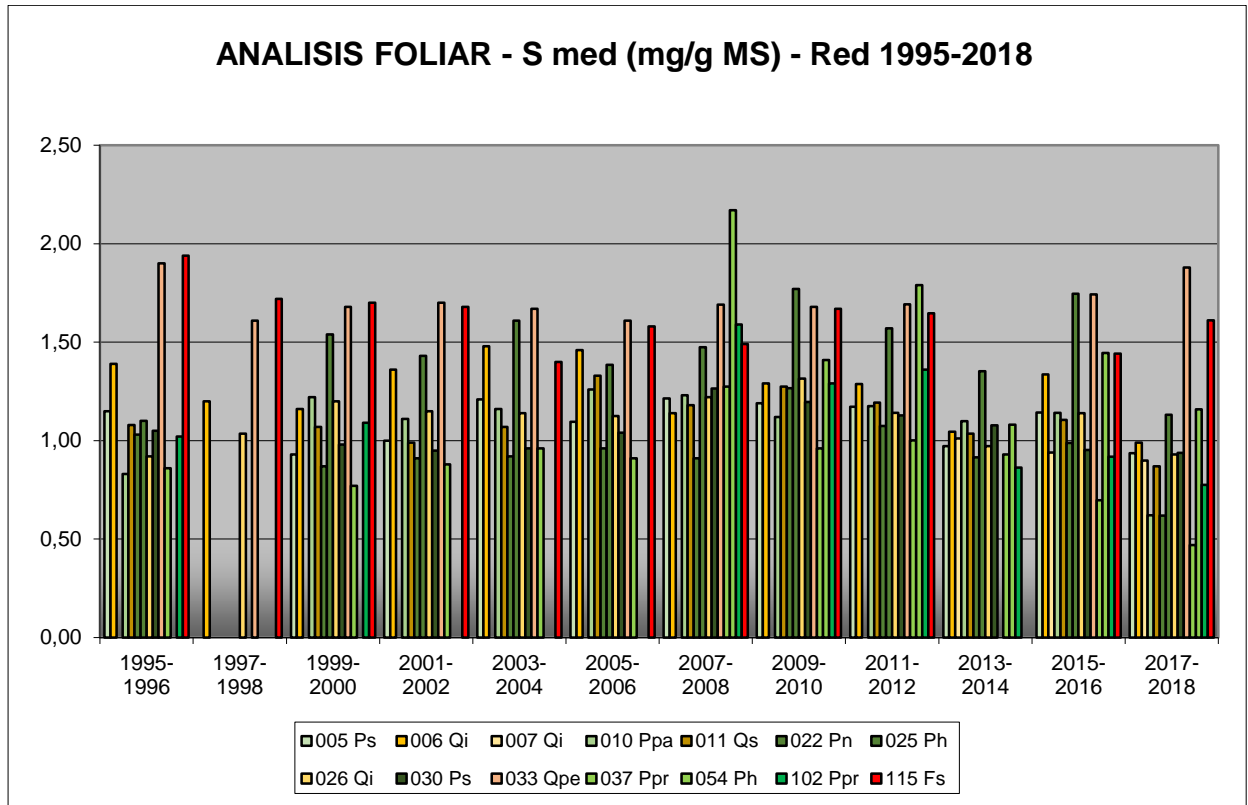
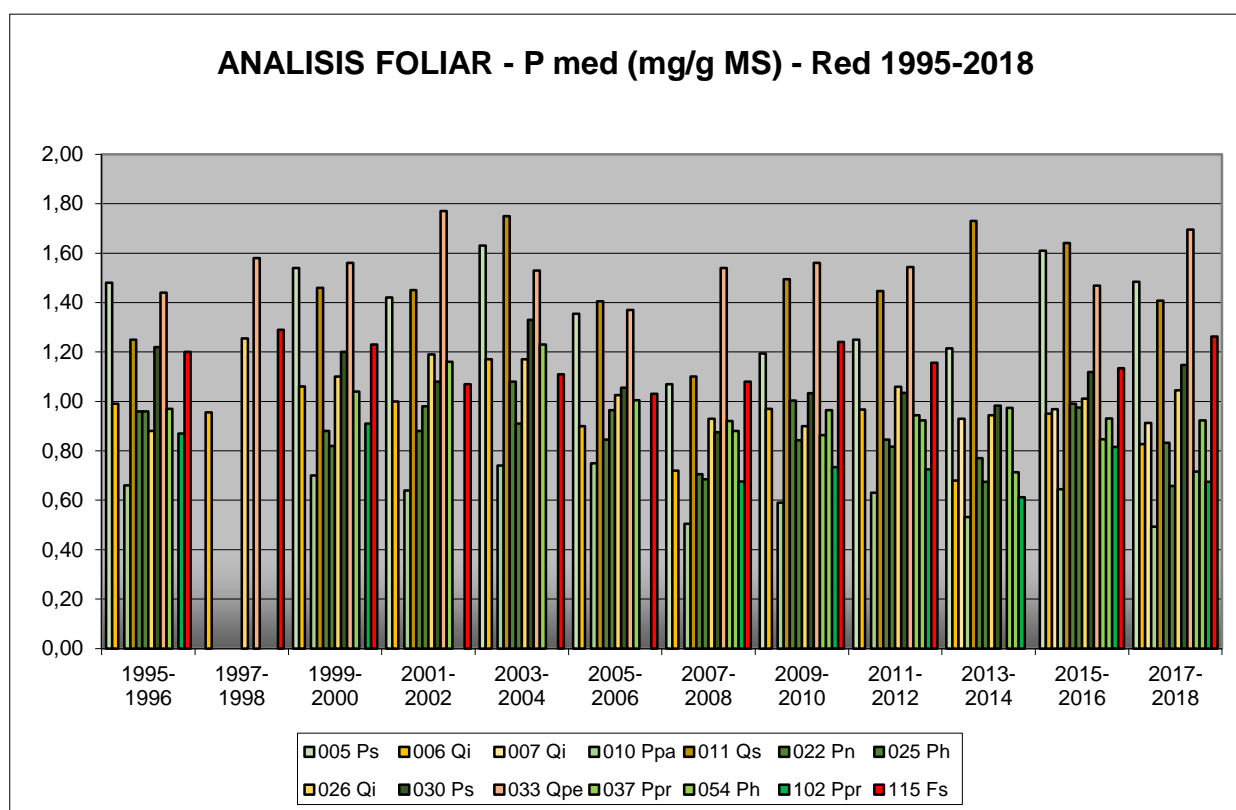


FIG 27: Contenido en azufre hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y año 2018

6.3.4. Fósforo.

TABLA 18: Caracterización contenido en fósforo (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
005 Ps	1,48		1,54	1,42	1,63	1,36	1,07	1,19	1,25	1,21	1,61	1,48
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
007 Qi										0,93	0,97	0,91
010 Ppa	0,66		0,70	0,64	0,74	0,75	0,51	0,59	0,63	0,53	0,64	0,49
011 Qs	1,25		1,46	1,45	1,75	1,41	1,10	1,50	1,45	1,73	1,64	1,41
022 Pn	0,96		0,88	0,88	1,08	0,85	0,71	1,00	0,85	0,77	0,99	0,83
025 Ph	0,96		0,82	0,98	0,91	0,97	0,69	0,84	0,82	0,67	0,97	0,66
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
030 Ps	1,22		1,20	1,08	1,33	1,06	0,88	1,03	1,03	0,98	1,12	1,15
033 Qpe	1,44	1,58	1,56	1,77	1,53	1,37	1,54	1,56	1,54		1,47	1,69
037 Ppr	0,97		1,04	1,16	1,23	1,01	0,92	0,86	0,94	0,97	0,85	0,72
054 Ph							0,88	0,97	0,92	0,71	0,93	0,92
102 Ppr	0,87		0,91				0,68	0,73	0,73	0,61	0,82	0,67
115 Fs	1,20	1,29	1,23	1,07	1,11	1,03	1,08	1,24	1,16		1,13	1,26



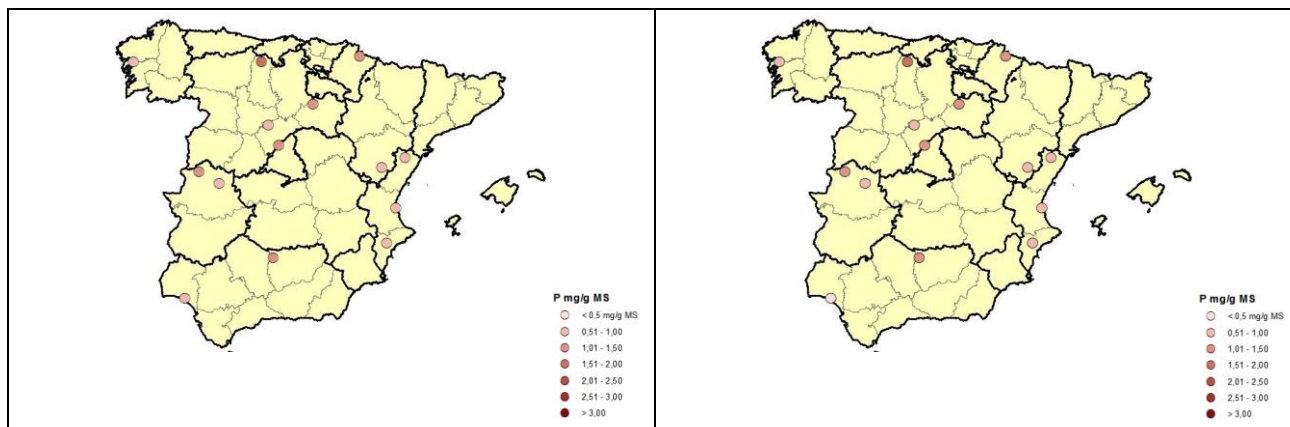


FIG 28: Contenido en fósforo hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y año 2018

6.3.5. Calcio.

TABLA 19: Caracterización contenido en calcio (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
005 Ps	3,90		2,47	2,21	2,45	3,18	3,67	4,28	4,11	3,73	5,22	5,24
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
007 Qi										6,87	9,82	9,61
010 Ppa	1,58		2,24	2,12	2,36	2,43	2,70	3,12	2,60	3,95	4,19	2,74
011 Qs	4,93		7,09	5,28	6,07	5,71	4,37	6,40	5,86	6,86	5,96	6,81
022 Pn	4,08		2,97	2,54	1,88	2,82	3,10	5,35	4,04	4,18	4,36	3,87
025 Ph	3,44		8,11	4,77	7,74	4,84	5,63	9,70	7,81	7,75	6,97	6,87
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
030 Ps	3,05		2,48	2,36	2,54	2,88	3,08	4,18	3,82	3,94	4,34	4,42
033 Qpe	8,98	12,12	9,50	8,82	8,11	9,67	12,12	10,20	9,94		7,54	8,48
037 Ppr	2,29		1,84	2,17	2,09	2,38	3,51	3,47	3,32	4,52	3,30	3,32
054 Ph							5,11	6,65	5,88	6,20	5,63	3,96
102 Ppr	0,81		1,83				1,69	2,26	2,13	3,56	1,81	1,83
115 Fs	7,25	8,11	6,71	5,54	5,31	5,47	5,80	7,68	6,48		8,04	10,02

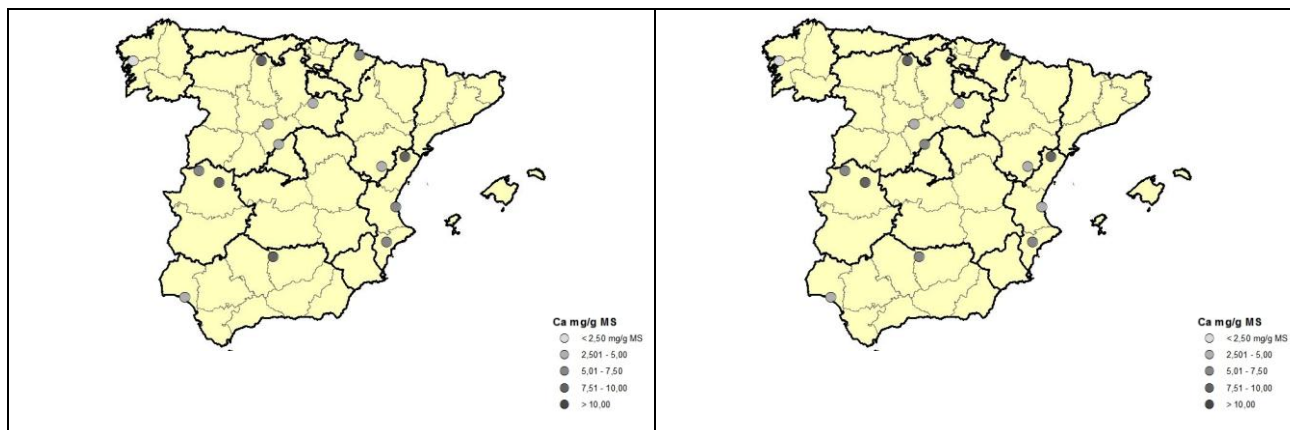
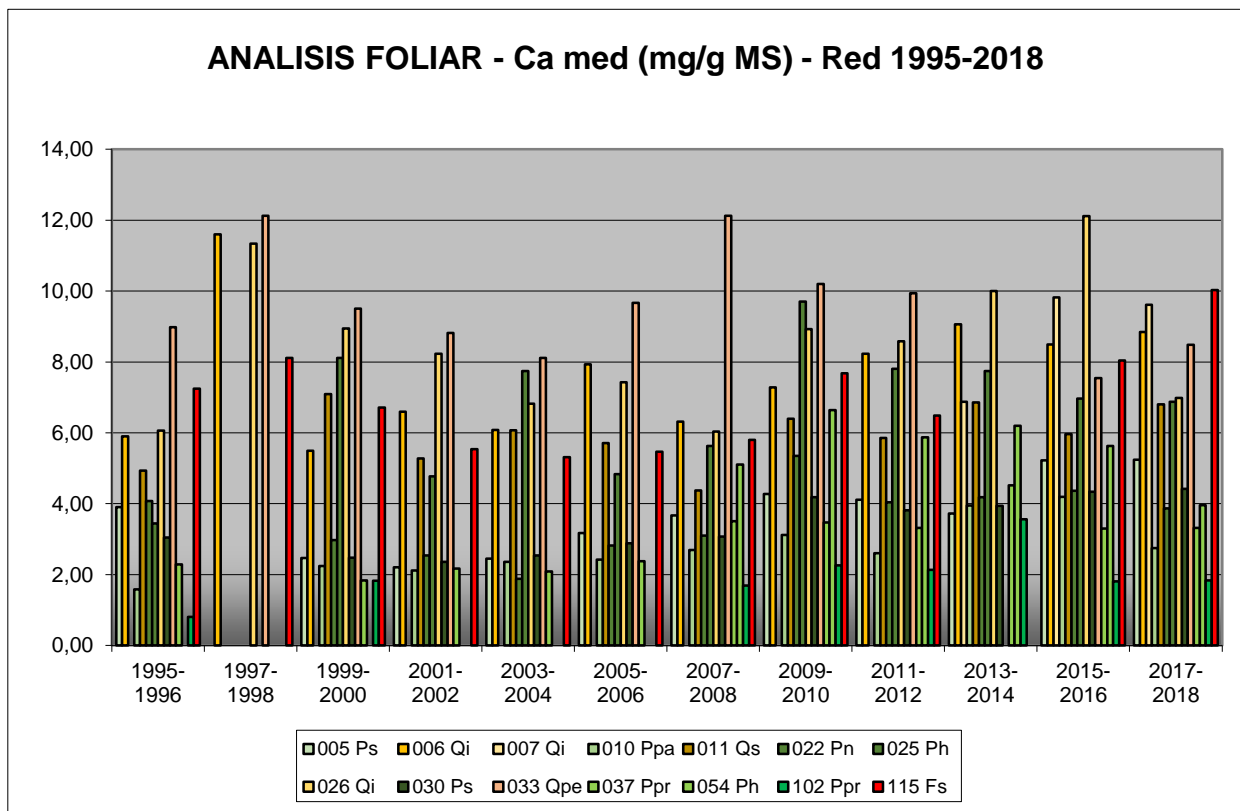
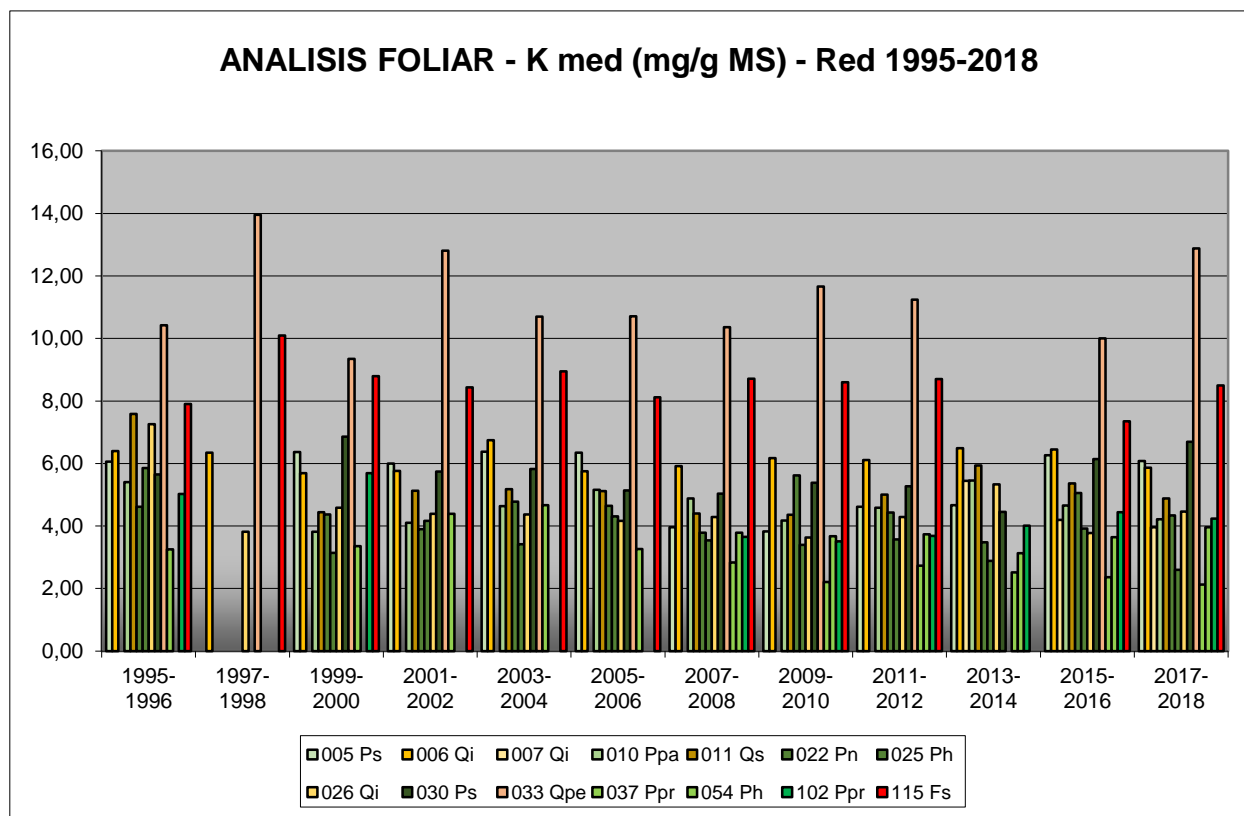


FIG 29: Contenido en calcio hojas/acúlas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y año 2018

6.3.6. Potasio.

TABLA 20: Caracterización contenido en potasio (mg/g MS). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
005 Ps	6,06		6,37	6,00	6,38	6,35	3,97	3,83	4,62	4,66	6,26	6,08
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
007 Qi										5,44	4,19	3,96
010 Ppa	5,40		3,82	4,10	4,64	5,16	4,88	4,18	4,59	5,45	4,66	4,22
011 Qs	7,59		4,44	5,13	5,18	5,12	4,40	4,36	5,00	5,93	5,37	4,88
022 Pn	4,62		4,37	3,90	4,78	4,65	3,79	5,62	4,43	3,48	5,05	4,34
025 Ph	5,85		3,14	4,17	3,42	4,31	3,54	3,39	3,57	2,89	3,92	2,60
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
030 Ps	5,65		6,86	5,74	5,82	5,14	5,04	5,38	5,28	4,45	6,14	6,70
033 Qpe	10,42	13,95	9,35	12,81	10,70	10,71	10,36	11,66	11,25		10,00	12,87
037 Ppr	3,25		3,36	4,39	4,67	3,27	2,84	2,21	2,73	2,52	2,36	2,13
054 Ph							3,79	3,67	3,73	3,13	3,64	3,96
102 Ppr	5,03		5,69				3,65	3,51	3,69	4,01	4,44	4,24
115 Fs	7,90	10,09	8,79	8,44	8,95	8,12	8,71	8,60	8,70		7,35	8,50



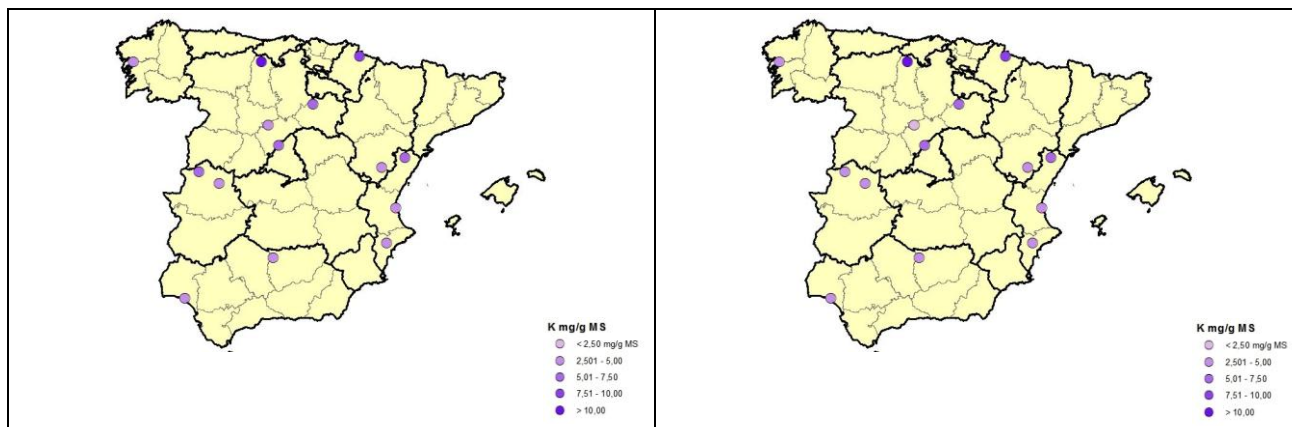


FIG 30: Contenido en potasio hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2016 y año 2018

6.3.7. Carbono.

TABLA 21: Caracterización contenido en carbono (%). Media anual de las medidas evaluadas y campaña de muestreo

Parcela	Campaña de Muestreo											
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014	2015-2016	2017-2018
005 Ps										53,52	54,34	53,39
006 Qi										51,34	50,52	50,54
007 Qi										50,06	49,49	49,99
010 Ppa										50,41	48,16	50,29
011 Qs										52,40	50,96	50,23
022 Pn										54,12	54,01	53,05
025 Ph										52,98	53,04	54,10
026 Qi										50,48	50,22	49,43
030 Ps										53,37	52,90	51,88
033 Qpe											49,48	49,19
037 Ppr										53,28	51,26	51,83
054 Ph										54,86	54,95	54,11
102 Ppr										52,48	52,91	51,34
115 Fs											51,08	49,22

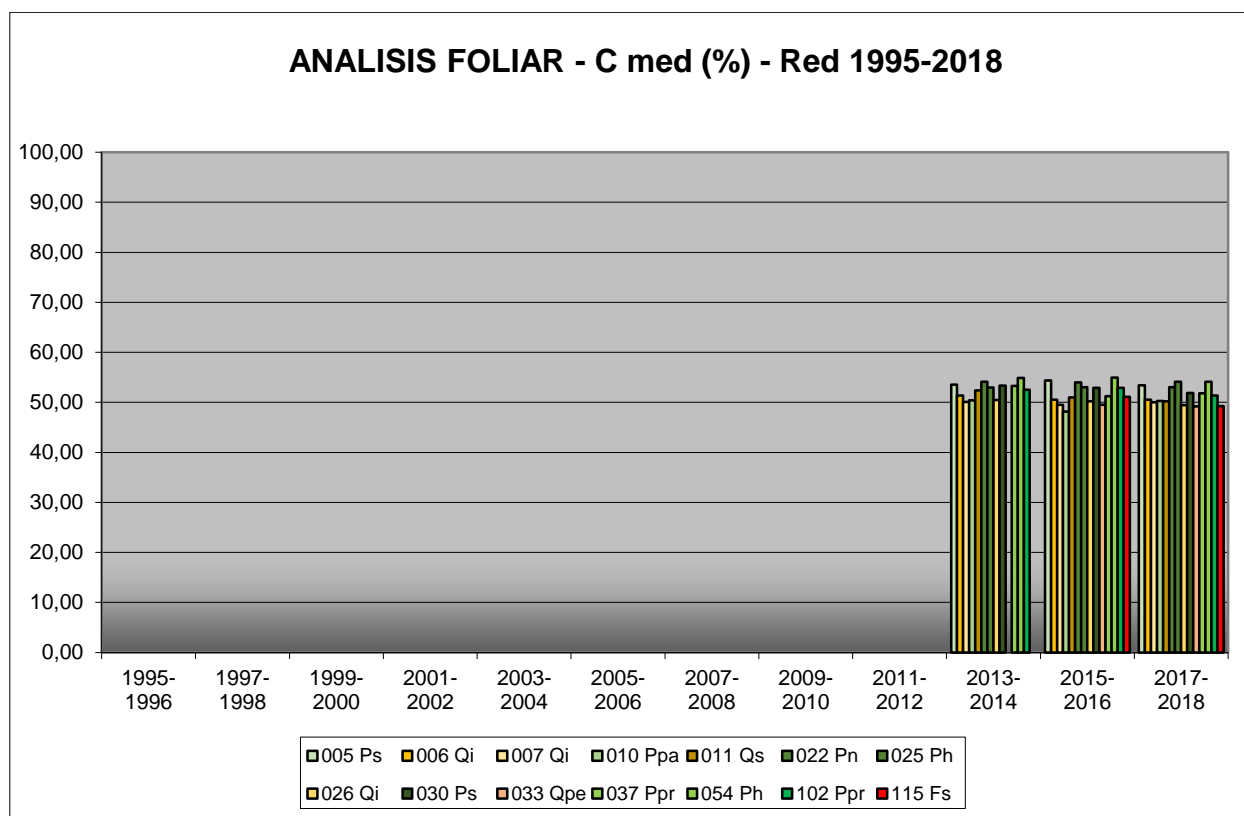


FIG 31: Contenido en carbono hojas/acículas. Valores medios por parcela año 2018

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, ligado quizá a las mayores condiciones de sequía del último periodo de muestreo, 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. Se ha observado una reducción en las tasas de este elemento con respecto a la campaña anterior, particularmente marcada en 10PPa y 11Qs.
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 la última evaluación. . Cabe hacer constar asimismo que en la mayoría de los casos se superan los valores de referencia para cada especie, salvo durante la última campaña en que se han reducido por lo general los contenidos en azufre del follaje.

4. Los mayores niveles en **fósforo** se han encontrado en las parcelas pobladas por *Quercus petraea* y *Quercus suber*, 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 del último año.
5. Los contenidos en **calcio** tradicionalmente superiores en 33Qpe se han visto superados a lo largo de la última campaña en la otra parcela poblada por ceducifolias, 115Fs, reduciéndose en general los niveles correspondientes, particularmente en la parcela 26Qi donde se observaron las mayores tasas a lo largo de la revisión anterior. Como en anteriores campañas, en el pino negral se han obtenido los menores contenidos del elemento. Las concentraciones de **potasio** presentan un patrón de distribución muy parecido: máximos en las parcelas pobladas por frondosas caducifolias como haya y roble y menos contenido en pino negral.
6. 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 2005-2017. Debe tenerse en cuenta que los muestreos correspondientes a 2014 se ha muestreado el periodo mayo-diciembre.

TABLA 22: Caracterización desfronde. Periodo 2005-2017 y 2018.

Año	PERIODO 2005-2016								
	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	3.412	52,92	9,80	0,85	0,73	5,67	1,02	2,55
	Ramillas	455	54,36	9,14	0,92	0,55	4,38	0,91	1,65

Año	PERIODO 2005-2016								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
	Otras	2.575	52,78	9,09	0,89	0,78	4,77	0,88	2,07
006 Qi	Hojas	3.668	50,75	11,81	1,07	0,59	14,62	1,80	5,12
	Ramillas	1.436	48,99	8,40	0,85	0,50	29,60	3,79	3,83
	Otras	1.524	48,88	15,26	1,26	1,05	11,98	2,47	5,64
007 Qi	Hojas	1.785	49,87	9,75	0,92	0,81	14,12	1,23	3,20
	Ramillas	952							
	Otras	1.579	47,82	15,59	1,17	1,16	6,71	1,36	6,57
010 Ppa	Hojas	3.451	51,50	5,48	0,98	0,42	4,30	2,42	3,16
	Ramillas	289	53,77	4,80	0,89	0,50	5,92	1,17	1,21
	Otras	1.220	52,10	6,26	0,95	0,46	5,72	1,34	1,83
011 Qs	Hojas	2.377	52,18	6,61	0,79	1,08	8,00	2,12	4,05
	Ramillas	458	52,13	5,65	0,69	0,96	11,91	2,07	4,54
	Otras	678	49,74	16,41	1,25	1,69	8,48	1,98	7,20
022 Pn	Hojas	1.892	54,39	6,39	0,81	0,41	6,14	1,38	2,41
	Ramillas	412	53,62	5,08	0,76	0,19	10,40	1,31	0,71
	Otras	1.028	52,49	7,35	0,93	0,49	6,42	0,83	1,28
025 Ph	Hojas	1.029	53,16	6,28	1,09	0,31	10,07	2,06	1,31
	Ramillas	102	51,56	4,67	0,64	0,28	13,88	2,18	1,27
	Otras	442	49,58	7,21	0,90	0,48	16,42	2,08	1,93
026 Qi	Hojas	1.360	50,91	10,02	0,82	0,65	9,97	1,41	2,84
	Ramillas	450	50,44	8,28	0,62	0,80	17,38	2,01	3,68
	Otras	776	48,87	17,22	1,26	1,09	8,56	1,54	4,27
030 Ps	Hojas	1.552	53,49	6,32	0,81	0,36	7,30	1,07	2,18
	Ramillas	479	54,28	5,82	0,70	0,25	4,63	0,69	1,06
	Otras	1.375	52,96	6,33	0,66	0,41	6,23	0,67	1,23
033Qpe	Hojas	2.821	51,37	17,02	1,24	0,94	7,47	1,64	5,20
	Ramillas	865	52,24	6,31	0,46	0,36	4,87	0,83	1,80
	Otras	755	51,03	13,31	1,02	0,93	8,26	1,33	3,36
037 Ppr	Hojas	1.800	53,48	5,01	0,77	0,65	6,10	2,22	1,35
	Ramillas	418	52,94	6,84	0,80	0,38	10,69	2,91	0,95
	Otras	984	52,03	9,96	1,06	1,13	7,83	1,79	4,05
054 Ph	Hojas	3.082	54,55	10,06	1,31	0,59	7,63	2,25	2,30
	Ramillas	475	53,37	10,40	1,42	0,80	12,98	3,06	1,98
	Otras	1.707	52,09	9,61	1,13	1,09	12,99	2,01	2,55
102 Ppr	Hojas	3.484	53,86	8,30	0,89	0,36	3,00	1,21	1,71
	Ramillas	782	56,32	8,15	1,05	0,32	2,14	0,74	0,67
	Otras	2.601	54,12	10,19	1,15	0,60	1,62	0,84	1,26
115 Fs	Hojas	2.904	52,33	17,12	1,26	0,86	9,07	1,61	4,04
	Ramillas	479	53,69	9,14	0,79	0,36	6,80	0,98	0,99
	Otras	1.130	50,08	16,67	1,27	0,94	6,14	1,40	2,75

Año	PERIODO 2018								
	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	4.878	53,60	10,72	0,89	1,01	6,32	0,97	3,45
	Ramillas	984							
	Otras	2.452							
006 Qi	Hojas	2.897	49,38	8,60	1,08	0,48	20,01	1,08	6,52

Año	PERIODO 2018								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
	Ramillas	1.236							
	Otras	1.167							
007 Qi	Hojas	1.254	49,87	10,60	0,92	0,94	13,41	1,28	3,69
	Ramillas	833							
	Otras	1.481							
010 Ppa	Hojas	2.812	50,04	4,76	0,83	0,21	4,28	2,34	2,93
	Ramillas	283							
	Otras	2.250							
011 Qs	Hojas	2.349	50,75	5,24	0,77	0,92	9,38	1,95	3,83
	Ramillas	260							
	Otras	416							
022 Pn	Hojas	1.522	54,06	5,17	0,75	0,36	6,91	1,30	2,58
	Ramillas	37							
	Otras	1.017							
025 Ph	Hojas	1.350	54,38	4,65	1,04	0,27	8,02	1,60	1,24
	Ramillas	120							
	Otras	778							
026 Qi	Hojas	1.334	49,91	8,45	0,91	0,68	8,38	1,09	2,66
	Ramillas	359							
	Otras	759							
030 Ps	Hojas	2.258	53,51	5,29	0,75	0,28	8,08	0,78	1,96
	Ramillas	348							
	Otras	1.530							
033Qpe	Hojas	2.920	50,51	8,60	0,93	0,37	8,20	1,29	2,69
	Ramillas	454							
	Otras	847							
037 Ppr	Hojas	2.967	52,39	4,52	0,84	0,61	6,40	1,96	1,10
	Ramillas	137							
	Otras	1.249							
054 Ph	Hojas	2.449	53,40	8,90	1,26	0,62	6,65	1,70	2,72
	Ramillas	358							
	Otras	1.929							
102 Ppr	Hojas	2.644	52,87	7,21	0,86	0,37	2,54	1,12	1,76
	Ramillas	609							
	Otras	1.759							
115 Fs	Hojas	3.029	50,49	19,66	1,20	1,12	9,71	1,08	4,69
	Ramillas	201							
	Otras	1.096							

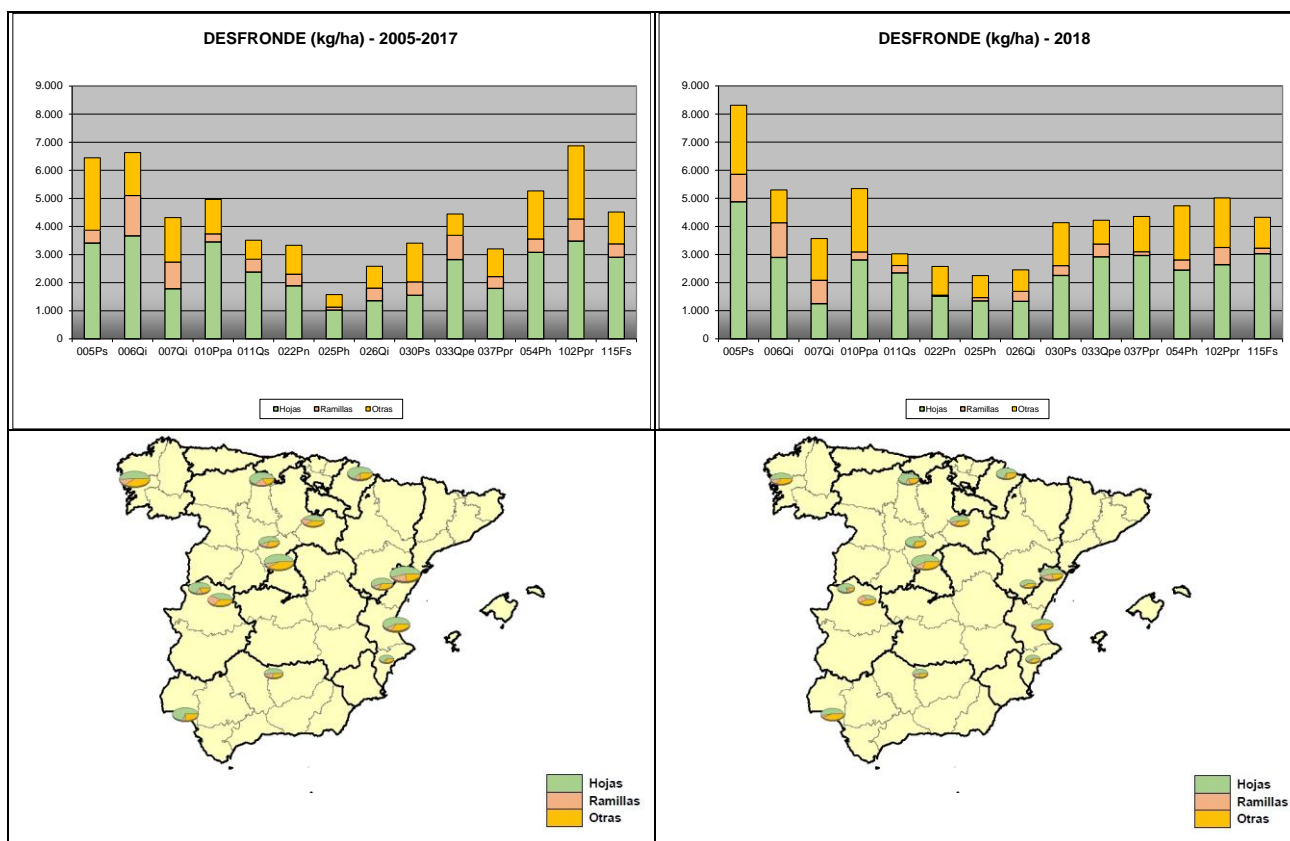


FIG 32: Desfronde de litterfall. Pesos medios por parcela serie histórica 1997-2017 y año 2018

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 en sus fracciones leñosas.
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 06Qi, 25Ph, 37Ppr, mientras se reduce apreciablemente 07Qi y 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 23: 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 2000-2018										
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	42	159	679	05/06	30/06	28	156	687
006 Qi	17/05	13/07	57	137	1331	30/05	22/06	23	149	1447
010 Ppa	13/04	19/05	36	102	1043	20/04	05/06	47	109	1135
011 Qs	30/04	13/07	74	120	1563	24/04	31/05	37	114	1430
022 Pn	09/05	19/06	41	129	1455	17/05	15/06	29	136	1526
025 Ph	04/06	17/07	42	155	961	17/06	11/07	24	167	1102
026 Qi	09/05	12/07	64	129	1349	19/04	22/05	33	109	997
030 Ps	07/04	17/05	40	96	885	11/04	21/05	40	100	944
033 Qpe	05/06	24/07	49	156	784	03/06	27/06	24	154	724
037 Ppr	07/05	06/06	37	126	584	04/06	28/06	24	155	867
054 Ph	31/05	06/07	46	151	1114	14/05	13/06	29	134	849
102 Ppr	28/04	23/06	56	118	1491	15/03	14/04	30	74	848
115 Fs	23/04	16/06	61	113	1141	02/04	04/05	33	91	864

PERIODO 2019										
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	22/06	20/07	36	170	861	22/06	20/07	36	170	861
006 Qi	01/06	24/07	55	152	1456	01/06	23/06	20	152	1456
007 Qi	23/04	02/07	42	111	1177	23/04	30/07	77	76	1177
010 Ppa	23/04	24/07	92	112	1448	19/03	03/06	76	77	960
011 Qs	03/06	01/07	28	153	1884	03/06	01/07	28	153	1884
022 Pn	23/06	24/08	62	173	1218	23/06	31/07	38	173	1218
025 Ph	25/04	26/06	62	114	1159	21/03	05/06	76	79	769
026 Qi	24/04	03/07	70	113	1214	20/03	04/06	76	78	797
030 Ps	26/06	27/08	62	176	989	31/05	26/06	26	150	629
033 Qpe	29/05	25/06	27	148	968	29/05	25/06	27	148	968
037 Ppr	27/05	23/08	88	146	1107	27/05	20/06	24	146	1107
054 Ph	25/04	26/06	62	114	1474	21/03	25/04	35	79	965
102 Ppr	25/04	25/07	91	114	1220	28/03	25/04	28	86	880
115 Fs	30/05	25/06	26	149	774	30/05	25/06	26	149	774

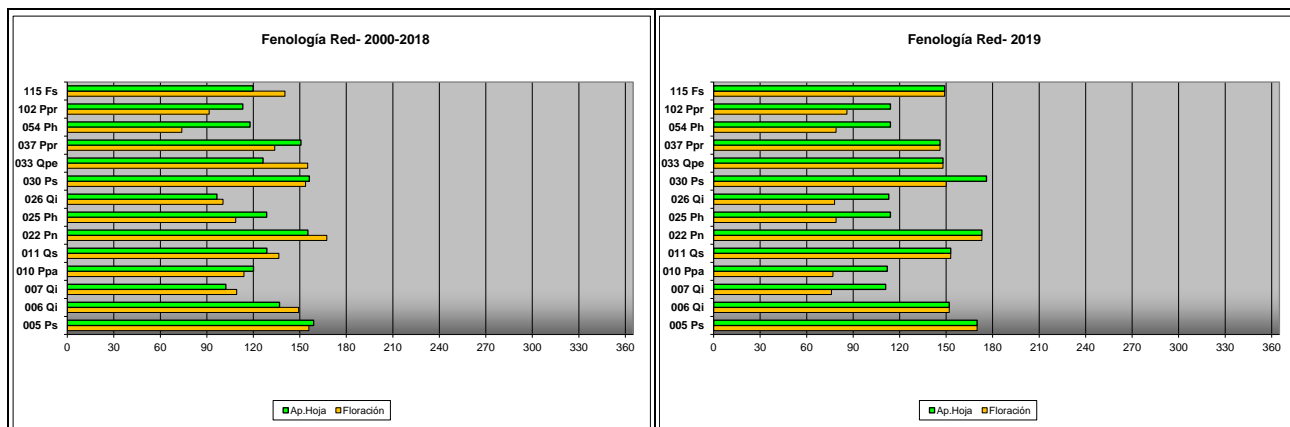


FIG 33: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase. Periodo 1999-2016 y año 2017



FIG 34: 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 cierto retraso en la brotación primaveral, que no se ha manifestado hasta abril, adelantándose ostensiblemente la floración a marzo en 07Qi, 10Ppa, 25Ph, 26Qi, 54Ph y 102Ppr.
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 24: 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	1999-2018				2019			
	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)
005 Ps	0,32	0,98	0,32	0,68	0,36	1,00	0,36	0,88
006 Qi	0,14	0,63	0,14	0,56	0,07	0,33	0,07	0,10
007 Qi	0,27	0,58	0,27	0,53	0,31	0,65	0,31	0,64
010 Ppa	0,25	0,87	0,25	0,72	0,18	0,62	0,18	0,22
011 Qs	0,45	1,18	0,45	0,96	0,41	1,04	0,41	0,51
022 Pn	0,14	0,48	0,14	0,33	0,10	0,31	0,10	0,21
025 Ph	0,18	0,71	0,18	0,57	0,17	0,64	0,17	0,58
026 Qi	0,20	0,65	0,20	0,44	0,27	0,87	0,27	0,74
030 Ps	0,17	0,51	0,17	0,38	0,30	0,88	0,30	0,44
033 Qpe	0,16	0,83	0,16	0,67	0,15	0,65	0,15	0,60
037 Ppr	0,27	0,68	0,27	0,53	0,22	0,69	0,22	0,60
054 Ph	0,12	0,28	0,12	0,06	0,11	0,25	0,11	0,16
102 Ppr	0,30	0,76	0,30	0,62	0,41	0,94	0,41	0,64
115 Fs	0,31	0,70	0,31	0,62	0,32	0,68	0,32	0,64

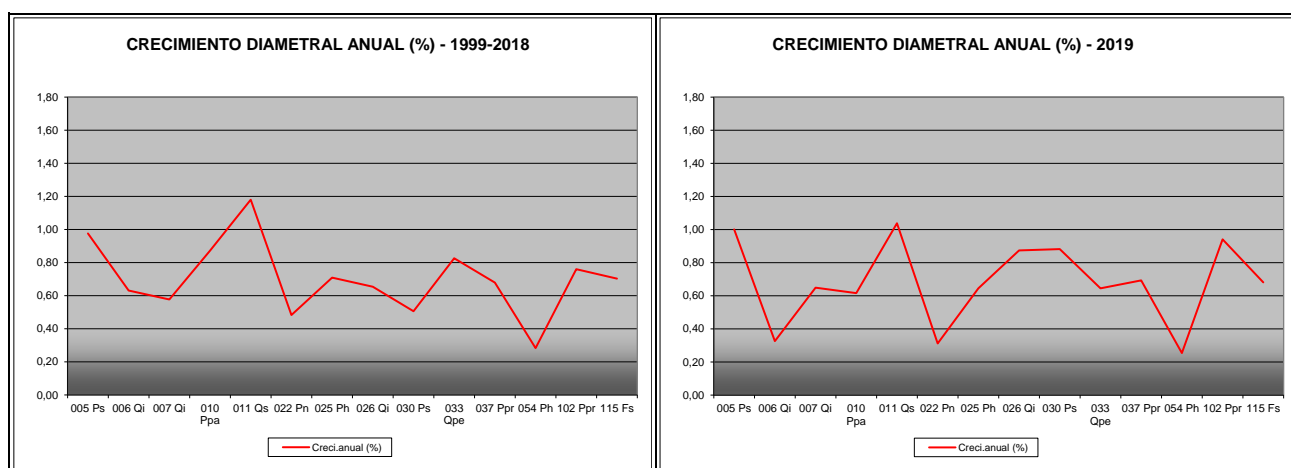


FIG 35: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

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 alcornocales, sometidos a descorche.

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 25: 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 1997-2018										
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	1037	7,9	28,9	-11,7	12,3	4,1	221,9	64,4	1,5	30,0
006 Qi	624	13,4	34,6	-4,2	19,0	8,3	169,5	60,2	3,1	19,6
007 Qi	575	17,0	43,2	-5,5	24,3	10,4	199,0	64,0	2,1	11,9
010 Ppa	553	16,7	38,5	-2,7	23,0	10,4	234,3	70,4	3,3	28,5
011 Qs	747	15,3	38,2	-9,0	21,6	6,1	167,0	64,8	1,4	22,8
022 Pn	514	9,5	31,0	-9,3	15,3	4,7	160,7	63,3	1,4	21,5
025 Ph	354	15,1	35,7	-2,7	19,4	10,7	183,4	64,8	2,2	23,6
026 Qi	621	15,7	39,1	-4,7	21,5	10,3	227,7	64,5	1,7	21,0
030 Ps	742	7,1	32,7	-15,5	15,3	-0,5	164,9	73,5	1,6	26,5
033 Qpe	1176	8,7	31,1	-12,1	13,9	3,3	157,5	70,6	1,9	34,7
037 Ppr	425	10,9	37,5	-13,3	18,7	2,1	195,9	67,6	1,4	20,7
054 Ph	482	17,8	37,4	0,7	21,8	14,0	196,6	74,5	2,1	14,4
102 Ppr	2176	13,2	34,5	-2,9	18,0	9,0	130,1	83,5	1,6	36,0
115 Fs	1834	9,2	32,0	-9,3	14,9	4,0	153,7	82,0	1,8	25,0

PERIODO 2019										
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	1212	8,0	30,5	-9,9	12,4	4,2	252,0	62,8	1,5	28,3
006 Qi	342	13,5	38,0	-2,9	20,2	7,3	194,2	60,3	3,1	29,8
007 Qi	470	17,1	41,4	-5,4	24,3	10,4	210,7	61,2	1,8	12,8
010 Ppa	174	16,9	36,6	-1,1	23,8	10,2	266,8	65,6	3,2	23,1
011 Qs	521	16,0	39,1	-3,3	22,7	9,3	101,9	83,0	1,1	40,0
022 Pn	516	10,1	34,0	-7,7	16,1	5,1	150,2	60,6	1,0	20,8
025 Ph	445	15,4	36,2	0,1	19,9	11,5	152,3	63,3	2,2	28,0
026 Qi	525	16,8	40,1	-0,7	22,8	11,3	247,8	68,4	1,1	19,3
030 Ps	796	8,3	36,1	-12,3	17,1	0,1	205,8	71,9	1,3	26,1
033 Qpe	1206	9,6	32,1	-10,5	15,2	4,4	216,5	58,5	2,0	29,1
037 Ppr	298	11,8	40,6	-12,0	20,8	2,8	192,4	60,8	1,5	24,6
054 Ph	339	18,2	41,3	1,3	23,4	14,3	192,7	71,3	2,4	11,4
102 Ppr	2392	14,3	34,3	-2,1	19,6	9,6	133,3	79,0	1,1	22,0
115 Fs	2592	9,1	36,0	-8,4	14,5	4,3	104,1	74,3	1,5	23,8

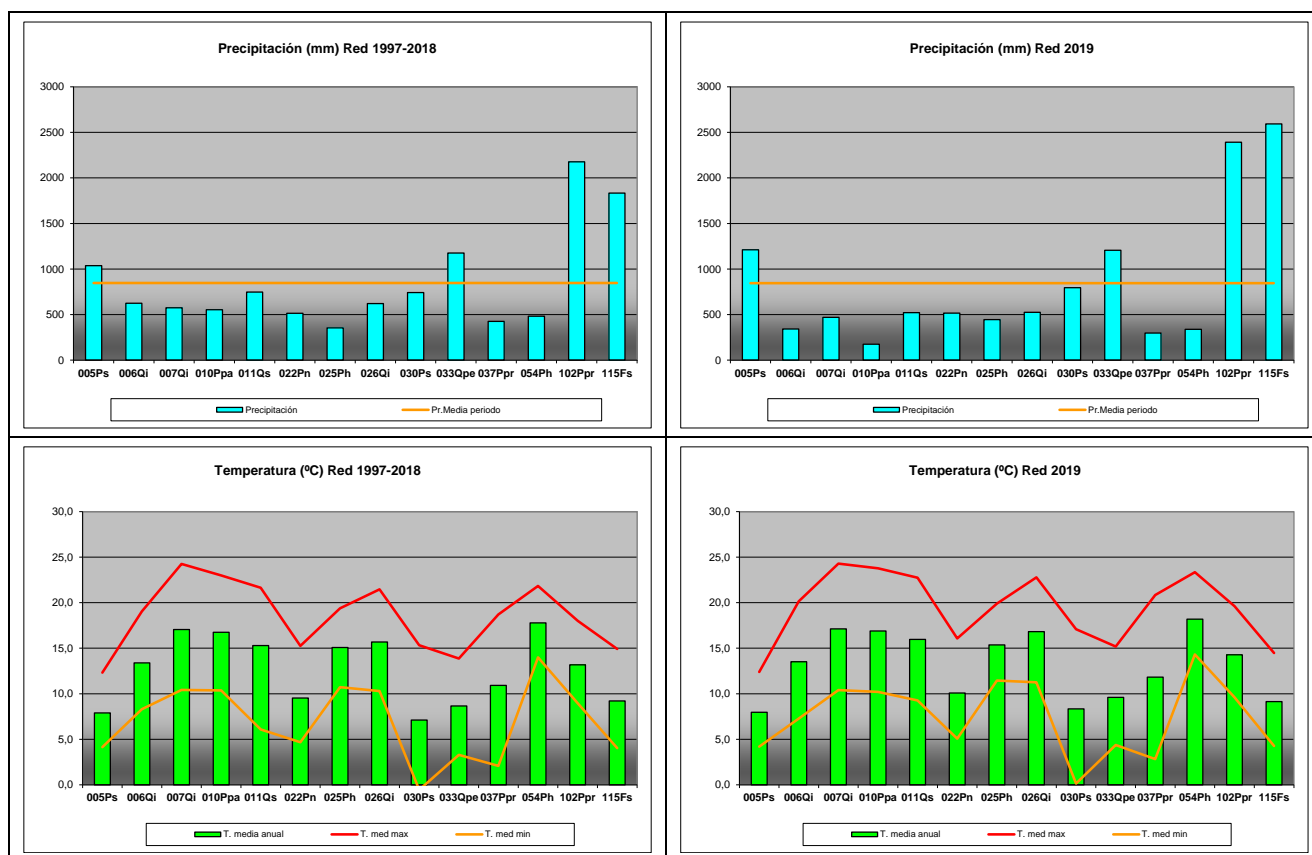


FIG 36: Principales variables meteorológicas.

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 37: 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 26: Índice de Área Foliar (LAI) por parcela y año de medición

PARCELA	2014-2018			2019		
	Med	Max	Min	Med	Max	Min
005 Ps	2,38	3,99	1,40	3,07	3,48	2,74
006 Qi	1,47	2,18	1,08	1,17	1,45	1,04
007 Qi	0,82	1,65	0,47	0,84	1,33	0,61
010 Ppa	1,69	2,68	0,90	1,71	2,10	1,37
011 Qs	1,28	1,86	0,89	1,05	1,30	0,75
022 Pn	1,79	2,54	1,06	1,81	2,15	1,51
025 Ph	1,83	3,42	1,16	1,58	2,02	1,17
026 Qi	1,18	2,00	0,75	0,67	1,04	0,41
030 Ps	2,07	3,01	1,00	2,40	2,81	2,15
033 Qpe	1,29	1,89	1,03	1,41	1,68	1,20
037 Ppr	1,38	4,55	0,84	1,15	1,43	0,88
054 Ph	1,97	4,23	0,87	1,77	2,58	1,40
102 Ppr	1,79	3,27	0,93	1,90	2,73	1,40
115 Fs	2,04	2,79	1,38	1,75	2,37	1,14

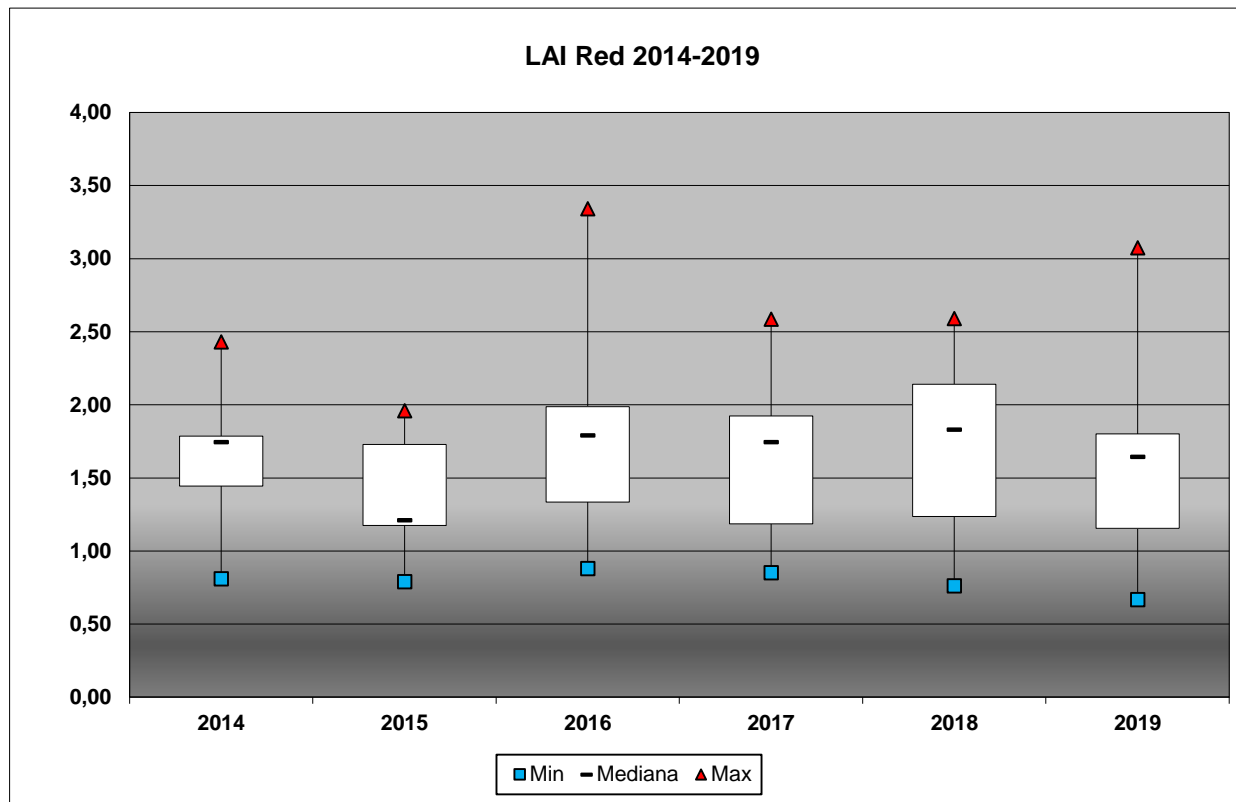


FIG 38: Diagrama de cajas LAI anual

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 27: Resultados de análisis de la solución del suelo por año. Datos medios referidos a las dos profundidades de toma de muestra, 20 y 60 cm de profundidad.

PERIODO 2000-2017										
Parcela	pH	Cond (µS/cm)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	N(NH4) (mg/l)	Cl (mg/l)	N(NO3) (mg/l)	S(SO4) (mg/l)
005Ps	6,62	33,22	49,92	5,09	1,94	1,91	3,18	8,72	0,59	0,91
030Ps	7,18	74,99	76,10	12,62	7,81	2,52	0,49	5,55	1,98	1,39
033Qpe	6,42	7,55					0,35	0,71	0,11	0,12
102Ppr	5,96	111,48	2,75	3,91	1,43	7,81	1,63	14,61	1,19	2,20
115Fs	5,83	57,94	17,68	1,61	0,74	1,67	1,02	2,84	0,33	0,55

PERIODO 2018										
Parcela	pH	Cond (µS/cm)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	N(NH4) (mg/l)	Cl (mg/l)	N(NO3) (mg/l)	S(SO4) (mg/l)
005Ps	5,75	39,91	0,68	1,97	0,41	1,53	0,41	2,6	0,11	0,63
030Ps	6,96	87,93	2,38	7,93	4,69	2,86	0,18	5,29	0,09	2,14
033Qpe	6,18	62,13	2,08	18,14	1,80	1,86	0,37	8,25	0,26	0,93
102Ppr	7,72	214,00	2,33	35,03	2,06	5,85	1,04	15,17	0,71	2,03
115Fs	6,48	23,06	1,12	3,59	0,76	2,44	0,74	8,18	0,17	2,63



FIG 39: 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.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/redes-europeas-seguimiento-bosques/red_nivel_II_resultados.aspx

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>