

20
15



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

RED DE NIVEL II MEMORIA – 2015

MEMORIA



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE SILVICULTURA Y MONTES
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: Roberto Vallejo, Belén Torres, Ana Isabel González (DGDRyPF-AIEF).
Gerardo Sánchez, Miguel Prieto, Paloma García (DGDRyPF-SPCAN).
Ramón Montoya (†)

Realización: TECMENA, S.L

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

Inspección de campo: Belén Torres, Ana Isabel González, Gema Revenga (DGDRyPF-AIEF).

Trabajo de gabinete: José María Peña, Mercedes Redruello.

Redacción: Juan Molina, Oscar Osorno, Alfonso Soriano.

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); Laboratorio Integrado de Calidad Ambiental de la Universidad de Navarra (LICA-UNAV).

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

Datos meteorológicos: Estaciones de la Red de Nivel II; Estaciones de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET).

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	16
4. Deposición atmosférica	21
4.1. Variables analizadas	23
4.2. Principales resultados	25
4.2.1. pH	25
4.2.2. Conductividad	28
4.2.3. Potasio	30
4.2.4. Calcio	32
4.2.5. Magnesio	34
4.2.6. Sodio	36
4.2.7. Amonio	38
4.2.8. Cloro	40
4.2.9. Nitratos	42
4.2.10. Sulfatos	44
4.3. Interpretación de resultados	45
5. Calidad del aire. Inmisión	47
6. Análisis foliar	50
6.1. Caracterización de los árboles muestra	50
6.2. Variables de medición	51
6.3. Principales resultados	52
6.3.1. Peso seco	52
6.3.2. Nitrógeno	54
6.3.3. Azufre	55
6.3.4. Fósforo	57
6.3.5. Calcio	58
6.3.6. Potasio	60
6.3.7. Carbono	61
6.4. Interpretación de resultados	62
7. Desfronde	63
8. Fenología	66
9. Crecimiento. Cintas diamétricas	70
10. Memoria detallada de las parcelas de la Red	72

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: Muestreos 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

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

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 2015 y el histórico hasta 2014 de deposición atmosférica, dosímetros pasivos, análisis foliar, desfronde, fenología y crecimiento desde el inicio de los trabajos.

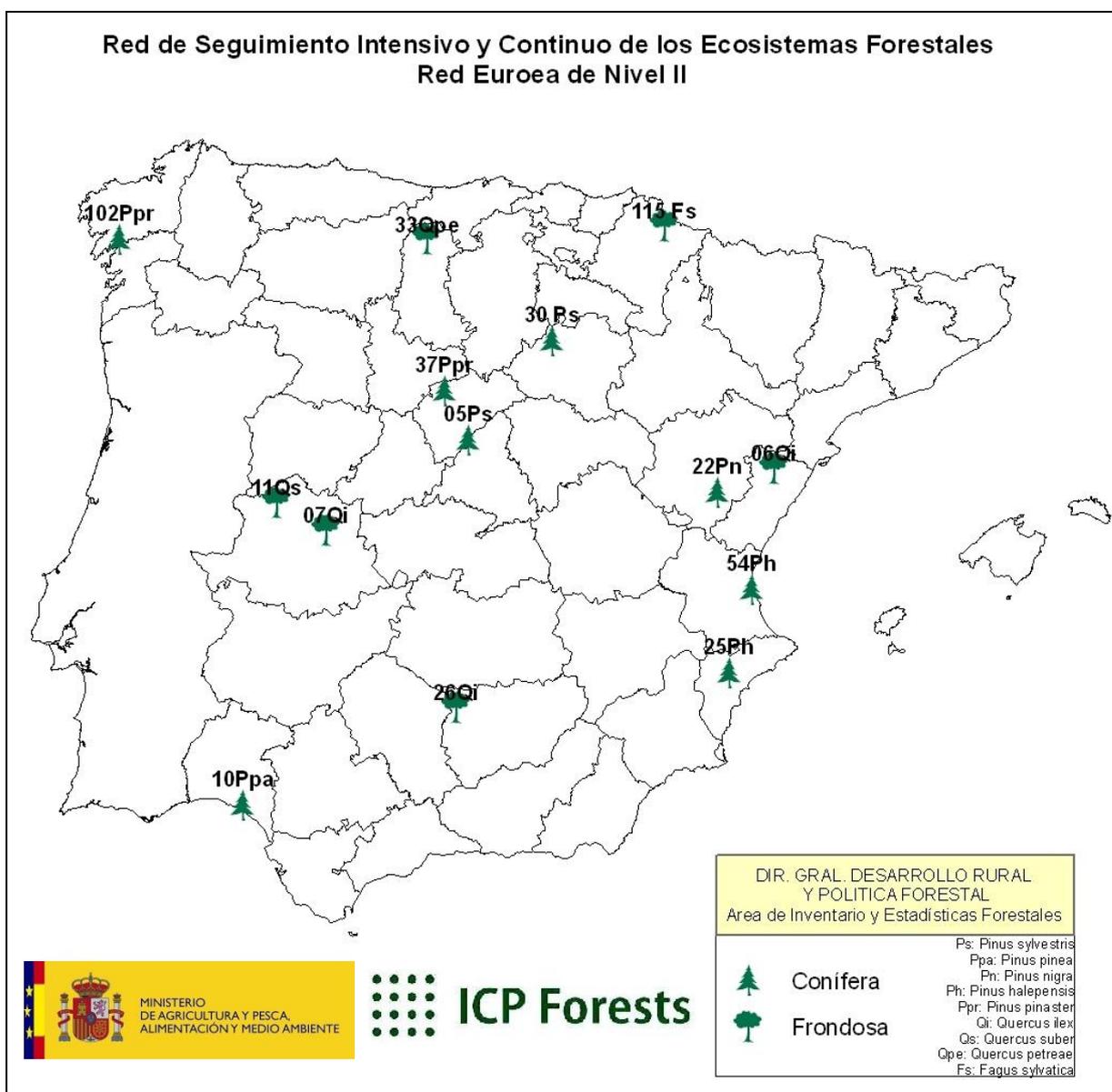


FIG 1: Distribución de las parcelas de la Red de Nivel II en España

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>	Bosques alpinos
06 Qi (Castellón)	<i>Quercus ilex</i>	Bosques perennifolios de frondosas
07 Qi (Cáceres)	<i>Quercus ilex</i>	Bosques perennifolios de frondosas
10 Ppa (Huelva)	<i>Pinus pinea</i>	Bosques de coníferas de la región mediterránea
11 Qs (Cáceres)	<i>Quercus suber</i>	Bosques perennifolios de frondosas
22 Pn (Teruel)	<i>Pinus nigra</i>	Bosques alpinos
25 Ph (Alicante)	<i>Pinus halepensis</i>	Bosques de coníferas de la región mediterránea
26 Qi (Jaén)	<i>Quercus ilex</i>	Bosques perennifolios de frondosas
30 Ps (Soria)	<i>Pinus sylvestris</i>	Bosques alpinos
33 Qpe (Palencia)	<i>Quercus petraea</i>	Bosques caducifolios termófilos
37 Ppr (Segovia)	<i>Pinus pinaster</i>	Bosques de coníferas de la región mediterránea
54 Ph (Valencia)	<i>Pinus halepensis</i>	Bosques de coníferas de la región mediterránea
102 Ppr (La Coruña)	<i>Pinus pinaster</i>	Bosques de coníferas de la región mediterránea
115 Fs (Navarra)	<i>Fagus sylvatica</i>	Hayedos

Cada parcela está formada por una superficie cuadrada de 50x50 m, con una superficie de 0,25ha, 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. Atendiendo a la serie histórica de datos, se observa que el peor estado de la red tuvo lugar en el bienio 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.
2. A partir de 1998 el porcentaje de parcelas con daño moderado decae, experimentando un repunte en 2000-2001 y 2009-2010. 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 del arbolado: seca de quercus, sequía y muérdago.
3. En la presente revisión, y en las parcelas objeto de seguimiento, se advierte una mejoría general del estado de salud del arbolado, de forma que algo más de la mitad de las parcelas de la red registran defoliaciones inferiores a las de la pasada revisión, destacando las parcelas 07Qi (Cáceres) y 26Qi (Jaén) en las que se advierte un descenso superior al umbral de cinco puntos porcentuales que supone

una variación estadísticamente significativa, de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales. Destaca también, sin embargo, el empeoramiento sostenido a lo largo de dos revisiones en las parcelas 10Ppa (Huelva) y 11Qs (Cáceres), junto con los malos resultados obtenidos en el punto 25Ph (Alicante).

4. 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) o corta de las parcelas 02Ppr y 15Fs (Navarra), posteriormente sustituida por los puntos 102Ppr y 115Fs.
5. Se observa en general que tras la estabilización en el comportamiento de las parcelas durante el periodo 2011-2013, en el que se frenó el decaimiento habido en el bienio anterior 2009-2010, se vuelve a una situación de mayor deterioro relativo; tendencia ésta ya observada el año pasado y que parece reafirmarse en el presente.
6. 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.
7. 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 más o menos generalizado, 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, al afectar a fracciones de arbolado significativas en algunos casos, tales como las parcelas de frondosas de hoja blanda, como hayas y robles, o pino carrasco, especie esta última tradicionalmente ligada a malas condiciones de estación.

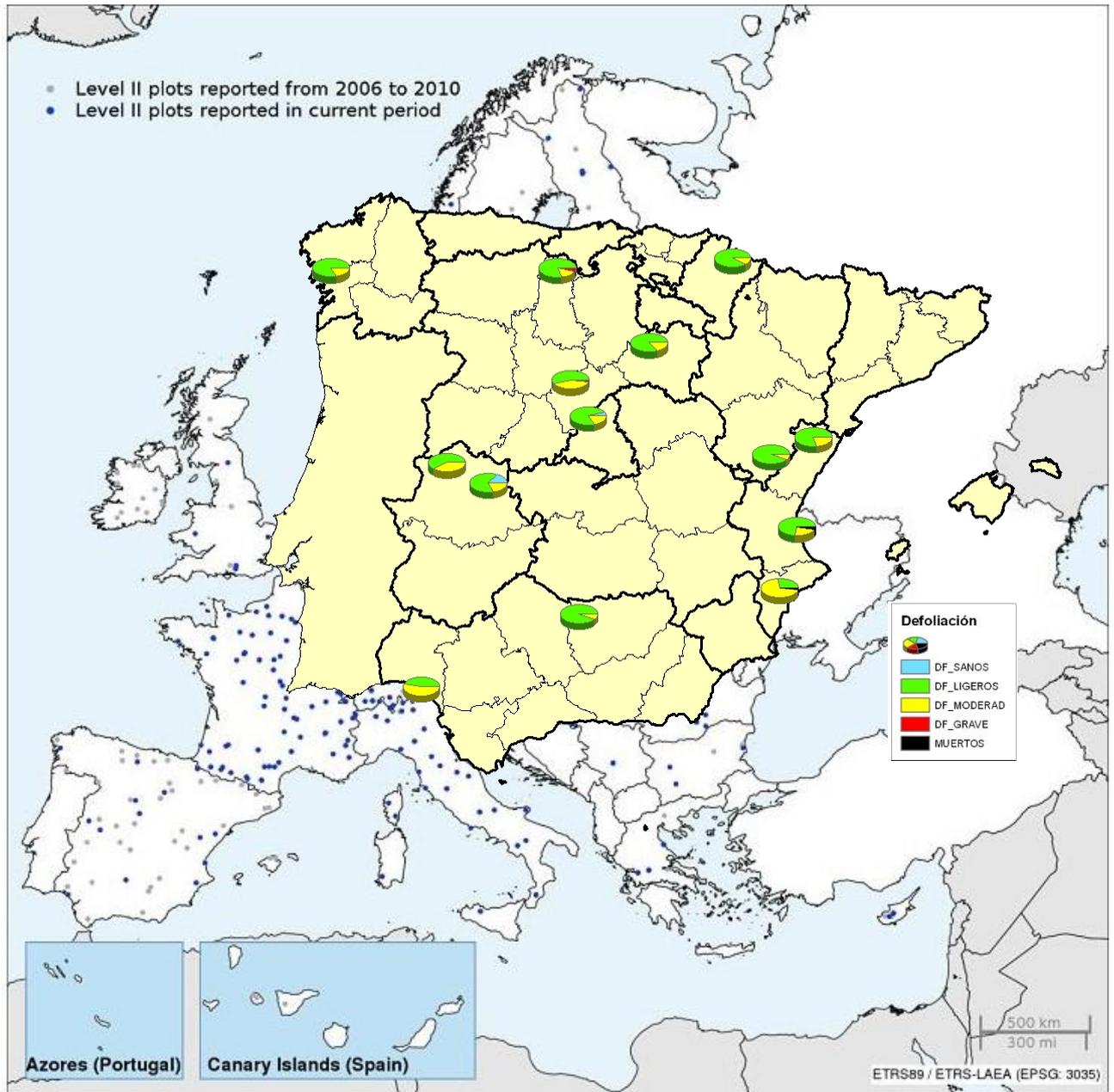


FIG 2: Red de Nivel II España 2015: distribución del arbolado por clases de defoliación

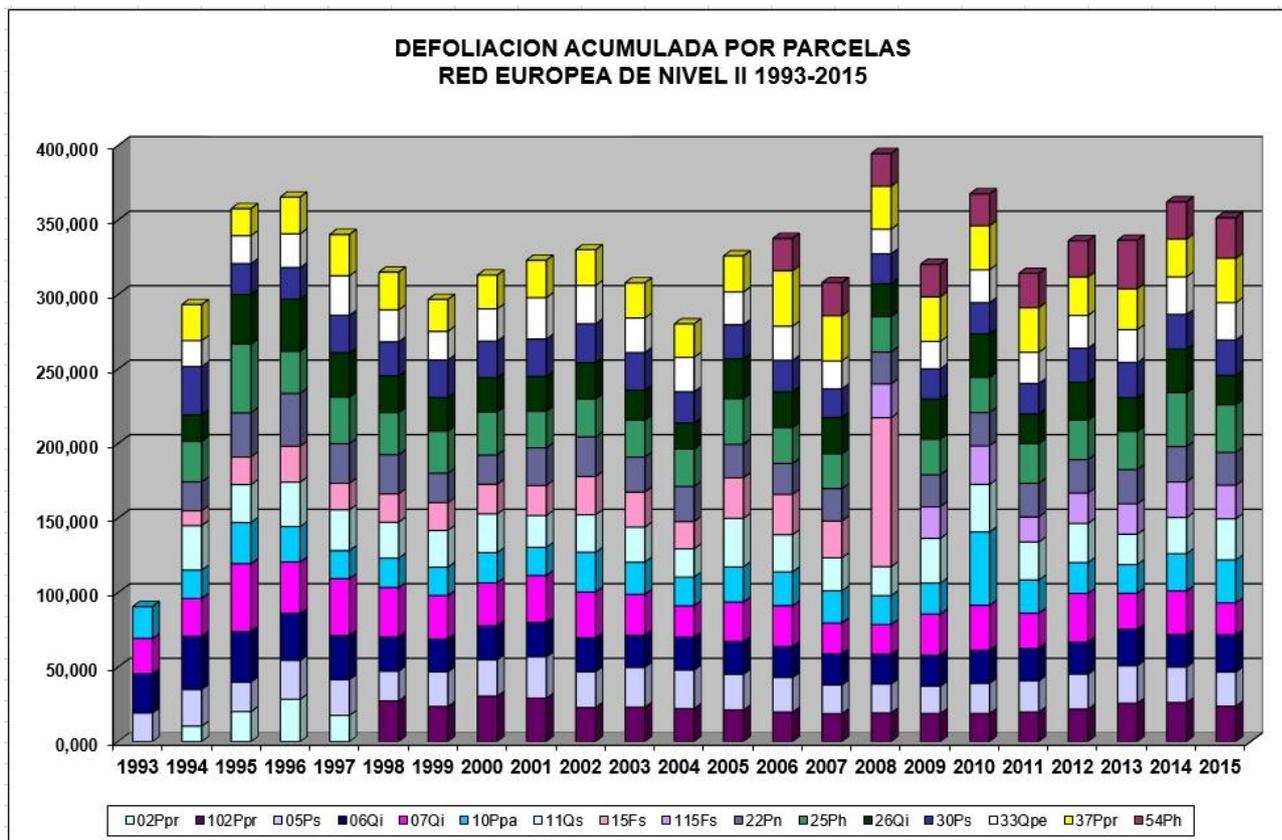


FIG 3: Defoliación (%) acumulada por parcelas y años. Indica las condiciones generales de la Red en un año determinado



FIG 4: Modelos de defoliación. Gen. Pinus

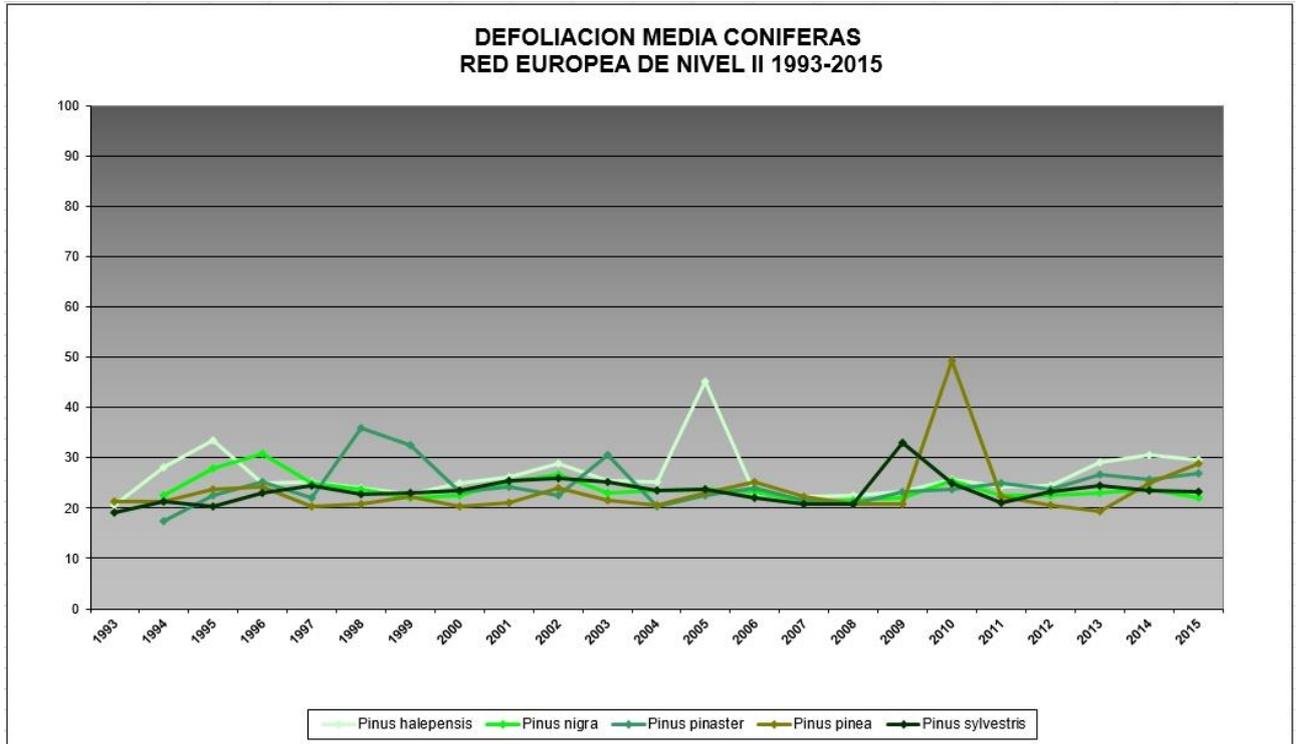


FIG 5: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Coníferas)

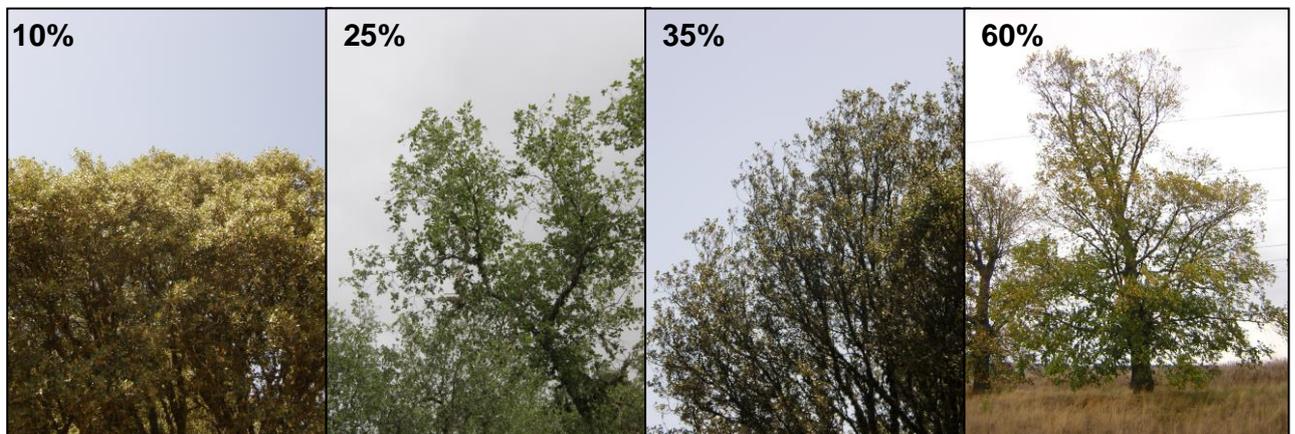


FIG 6: Modelos de defoliación. Gen. *Quercus*

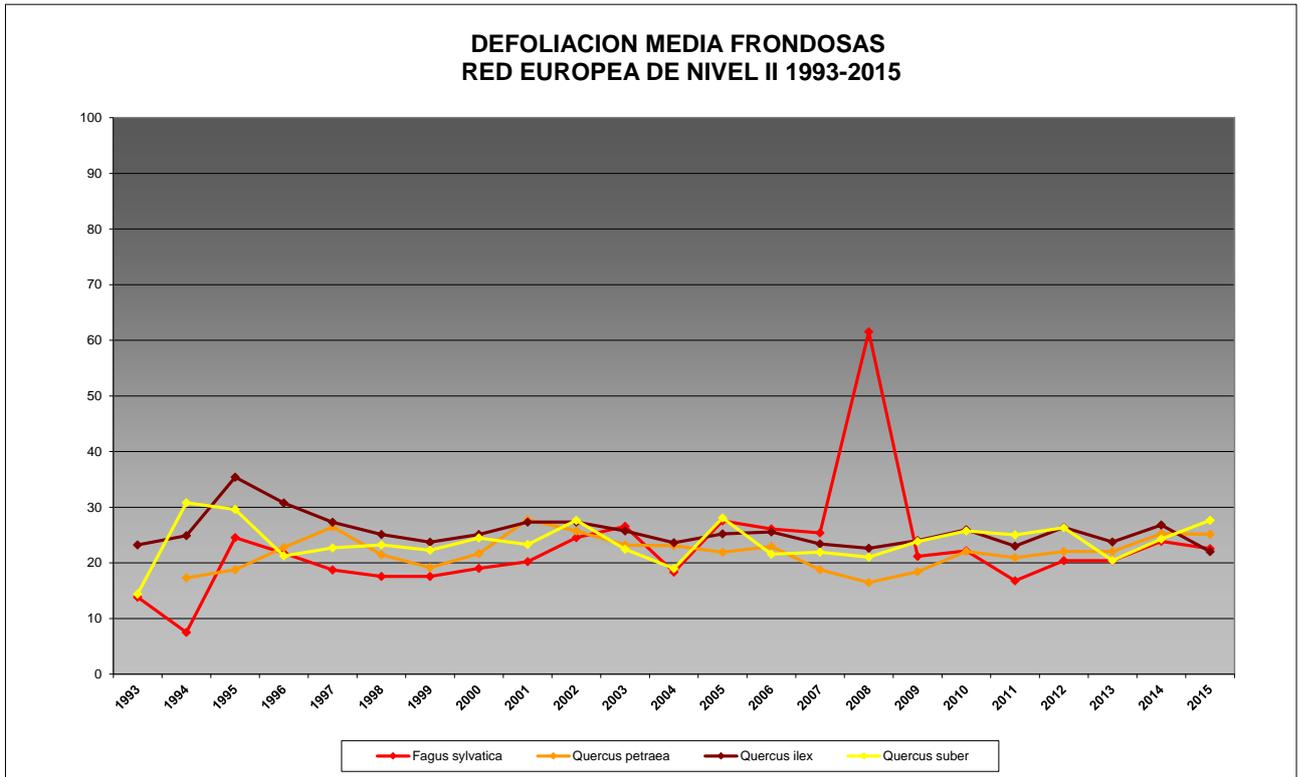


FIG 7: Defoliación media por especies desde el replanteo de la Red. (Frondosas)

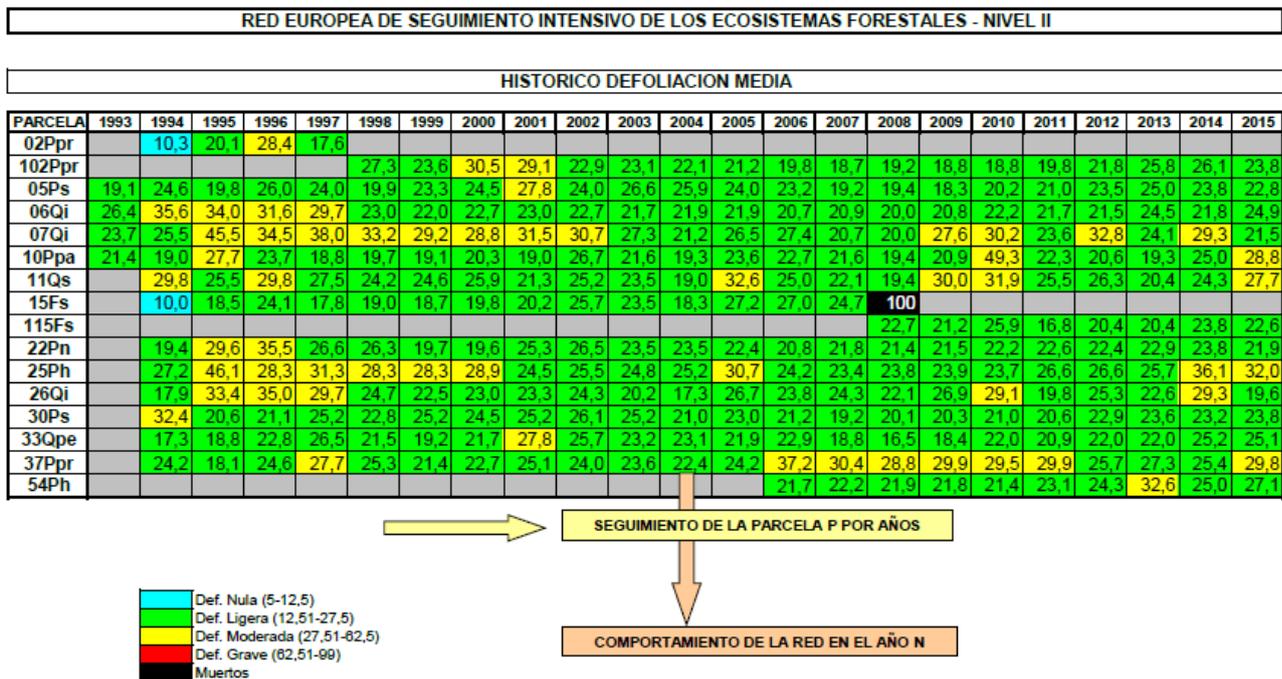


FIG 8a: Evolución de la defoliación media por parcelas a lo largo de la serie histórica

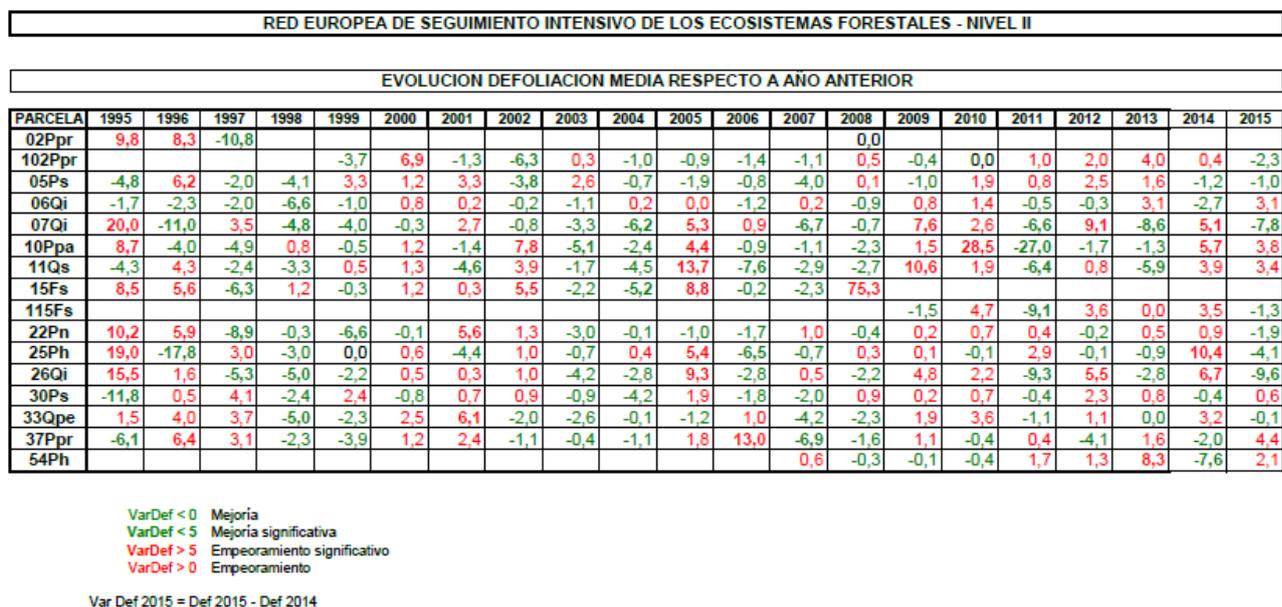


FIG 8b: Evolución de la variación de defoliación media por parcelas a lo largo de la serie histórica

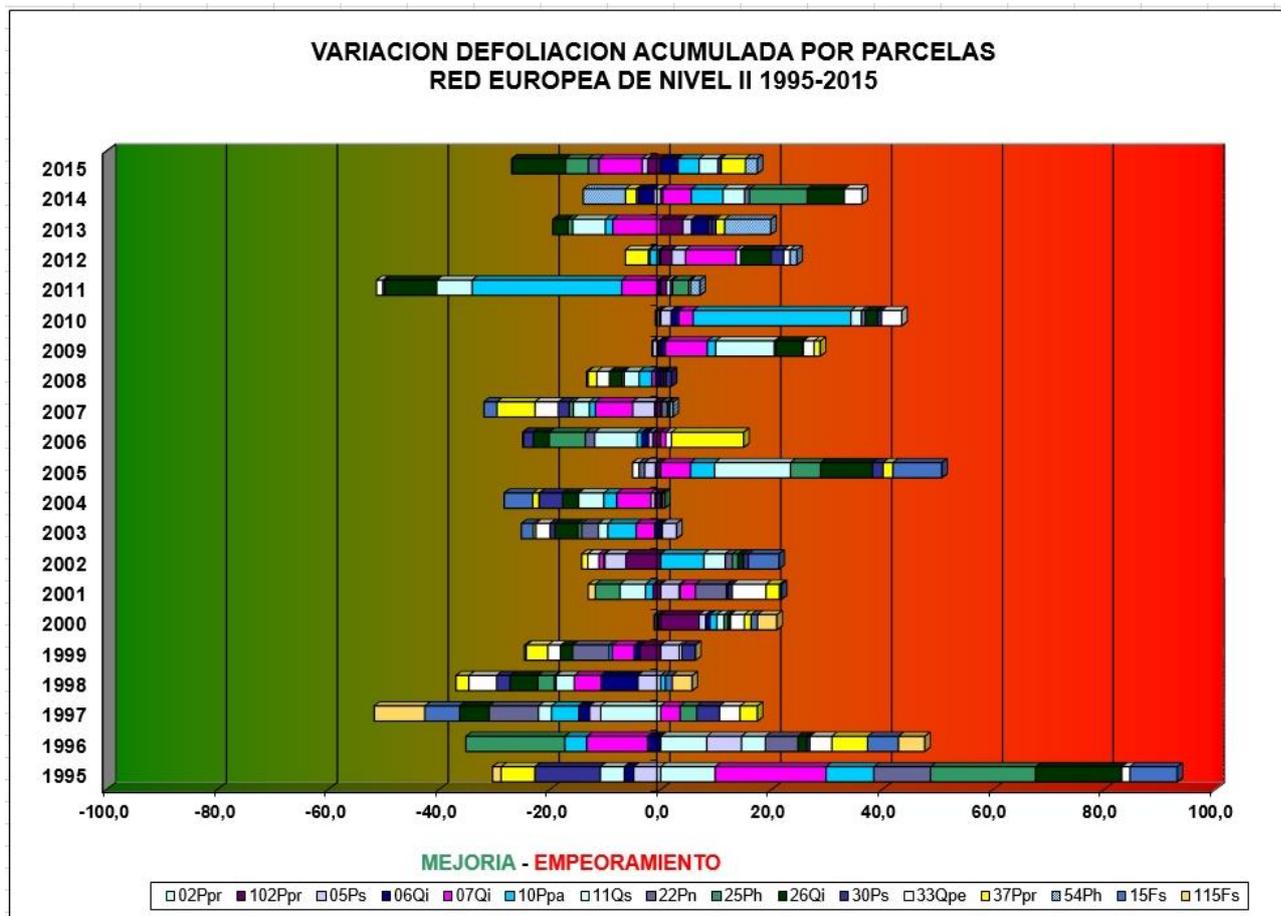


FIG 9: Comportamiento anual del conjunto de variaciones de la defoliación. El desplazamiento hacia la izquierda o derecha del eje de ordenadas indica la tendencia general a la mejoría o empeoramiento respectivamente en un año determinado con respecto al precedente.

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 la casi generalizada presencia de daños por golpe de calor y sequía, asociado a microfílias y decoloraciones amarillentas de las acículas de mayor edad y –en menor medida- aborto de los brotes de año; junto con daños mucho más puntuales de una amplia cohorte de agentes, tales como procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, *Dioryctria splendidella* asociada a los típicos agujeros de entrada en troncos, ramillos terminales puntisecos debidos a la alimentación de maduración del adulto de *Tomicus destruens* y escamaciones blanquecinas en las acículas causadas por el chupador *Leucaspis pini*; enfermedades netamente debilitantes como *Thyriopsis halepensis* de quien pueden verse las habituales punteaduras necróticas orladas de un anillo de cuerpos de fructificación negruzcos, cortos penachos colgantes de acículas necrosadas por *Sirococcus conigenus* o tuberculosis de ramillas finas causadas por *Bacillus vuilemini*, enfermedad conocida como tuberculosis del carrasco, junto con daños más puntuales por falta de luz o competencia.

2. Como ya ocurriera en años anteriores, *Pinus nigra* resulta ser uno de los pinos más afectados por los insectos defoliadores, apareciendo afectados más de la mitad de los pies evaluados, en tasas similares a las de la revisión anterior, limitándose a la aparición de mordeduras y festoneados a lo largo del margen foliar causados por defoliadores braquiderinos, y mordeduras en las acículas más antiguas asociadas a la acción de *Luperus espanoli*, junto con alguna presencia salpicada de procesionaria, en menor grado que en años pasados, y *Tomicus piniperda*. Se advierte también la presencia más o menos frecuente de insectos chupadores, asociados a bandeados amarillentos sobre las acículas con el característico grumo de resina que taponan el orificio causado por el aparato succionador del insecto, junto con algún hongo de pudrición en el tronco tal como *Phellinus pini*; daños salpicados por sequía o viento y efectos algo más concentrados de competencia por falta de luz, generalmente asociados a pérdida prematura de las acículas de mayor edad al estimularse el fenómeno de autopoda sobre las ramas más bajas.
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 un año de prolongada sequía y sobre un pinar asentado en un suelo de naturaleza arenosa y con escasa capacidad de retención de agua son particularmente acusados y ocasionan año tras año tasas de defoliación elevadas; 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. Se advierten también daños salpicados por defoliadores braquiderinos asociados a mordeduras en forma de diente de sierra en el margen foliar junto con presencia de insectos chupadores asociados –como suele ser habitual– a punteaduras necróticas amarillas debidas a la acción del estilete succionador del insecto sobre la epidermis foliar y deformaciones de las acículas de mayor edad debidas a *Luperus espanoli*, 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.
4. La cohorte de daños observados sobre *Pinus pinea* siguen un patrón muy similar al observado en anteriores revisiones, destacando la presencia generalizada del hongo defoliador *Thyriopsis halepensis*, que causa la pérdida de las acículas infectadas de mayor edad, junto con la aparición de punteaduras necróticas de color amarillo en las hojas orladas por un anillo de cuerpos de fructificación negruzcos, y que concentra sus efectos en la ramificación inferior del árbol, superponiendo sus efectos a los de falta de luz causada por la propia copa y aumentando notablemente la transparencia de esta, advirtiéndose también la presencia de insectos defoliadores, como suele ser habitual braquiderinos asociados a daños en forma de diente de sierra, junto con efectos de la sequía o golpe de calor dadas las elevadas temperaturas registradas a lo largo del año de evaluación.
5. En *Pinus sylvestris* y como suele ser habitual, los agentes de daño están mucho más diversificados, destacando sobre todo los ramillos terminales atabacados debidos al escolítico *Tomicus minor*, que sin embargo se reducen con respecto a la revisión anterior, y la presencia más o menos esporádica de *Retinia resinella*. Es también significativa, más por la amplitud de los daños que provoca que por su abundancia, la roya *Cronartium flaccidum* 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 cinco pinos evaluados, en un nivel de acción similar al de la revisión anterior, mientras que la presencia de daños abióticos se encuentra mucho más atenuada que en las especies anteriores al ocupar posiciones más montañosas, hidrológicamente más bonancibles, pero más expuestas a agentes como la nieve o el viento.

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 *Eriophyes nervisequus* junto con la acción de algún pulgón; en un patrón de afecciones muy similar al encontrado en revisiones anteriores.
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 limántridos 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. 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, así como agallas de *Dryomyia lichtensteini* que se reducen respecto a la revisión anterior, junto con el chupador *Kermococcus ilicis*. Se advierte también la presencia de los típicos ramillos distales puntisecos debidos a la acción de *Botryosphaeria stevensii* y escobas de bruja por *Taphrina kruchii*, 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* en una fracción de encinas menor a la observada el año pasado, junto con daños salpicados por sequía, calor y granizo. 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*.
8. Sobre *Quercus petraea* y como ya sucediera en anteriores revisiones, están ampliamente representados los defoliadores tortricidos, y en menor medida los daños por pulgones o agallícolas, junto con royas o punteados necróticos en las hojas debidas a la acción de *Mycosphaerella maculiformis*, u oidios por *Microsphaera alphitoides*; junto con daños por falta de luz en la ramificación más baja debida a fenómenos de autopoda por falta de luz, en lo que hay que considerar más un factor de la propia dinámica de la masa que un daño forestal como tal, junto con roturas de ramas debidas a vendavales o nevadas; así como daños concentrados debido a una fuerte granizada.
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 sp*, *Coroebus undatus* y *C. florentinus* y 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 mediados del verano.

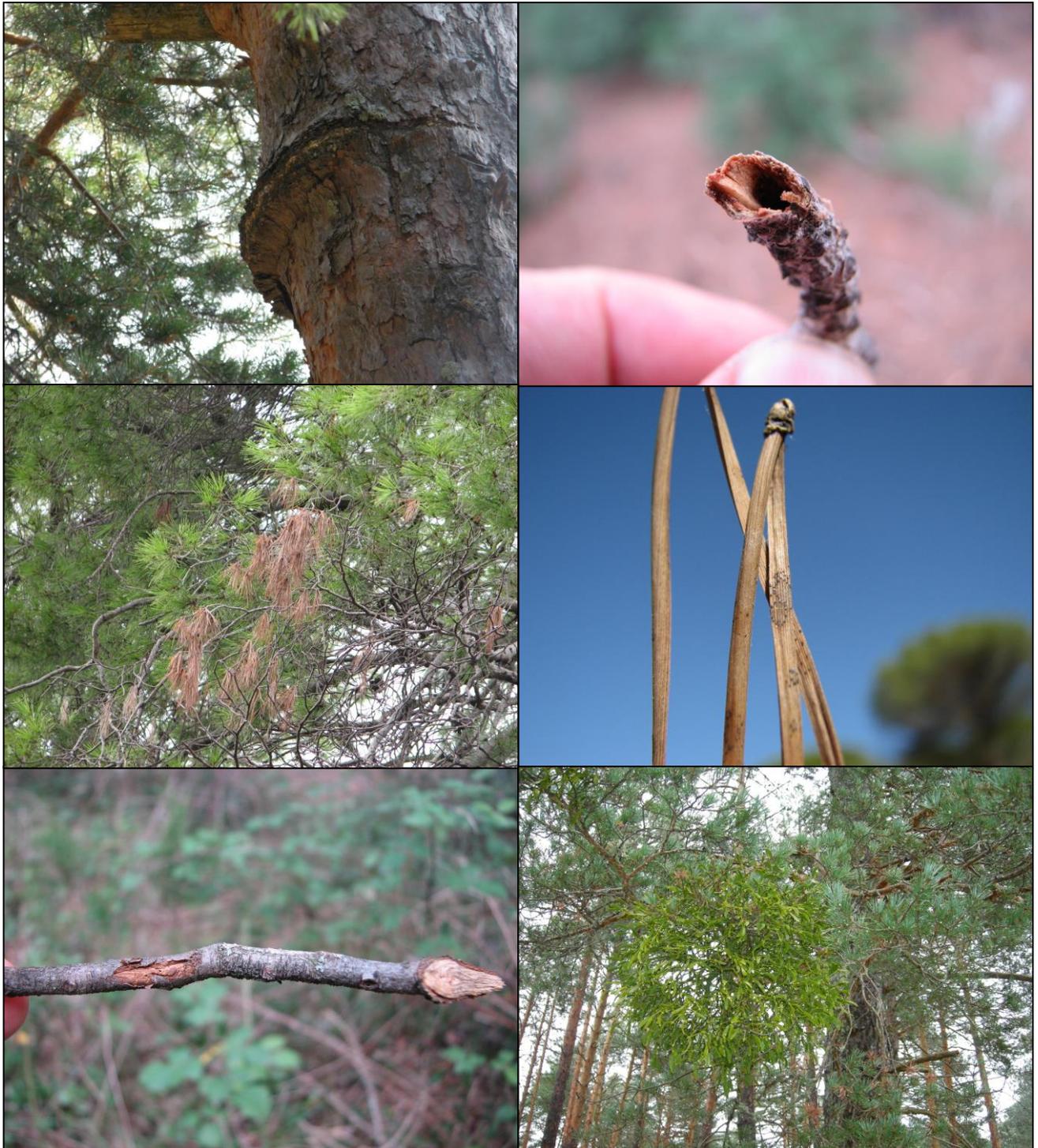


FIG 10: Anillamientos causados por pícidos. Ramillo perforado en la base por *Tomicus minor*. Brotes muertos por *Sirococcus conigenus*. Punteaduras de *Thyriopsis halepensis*. Daños por granizo. Muérdago en rama.

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 con cierta frecuencia resinosis en los troncos.
2. En cuanto al conjunto de síntomas observados sobre *Pinus nigra* destacan en primer lugar los bandeados amarillentos sobre las acículas de mayor edad, microfilias, festoneados o mordeduras en el margen foliar, junto con puntisecado de ramillas, resinosis, roturas o tumoraciones en troncos
3. Con respecto a los síntomas observados sobre *Pinus pinaster* destaca en primer lugar, bajo el epígrafe de otros signos, la proliferación de fanerógamas parásitas y hiedras a las que se hacía referencia en el epígrafe anterior, junto con enrojecimientos, mordeduras o pérdidas de las acículas más antiguas, así como muerte o decaimiento de ramillas de escaso diámetro, y descortezamientos y resinosis en los troncos muchos de ellos ligados al normal aprovechamiento del monte y en otras ocasiones ligados a la presencia de *Sphaeropsis sapinea*, sobre todo en las áreas más húmedas.
4. Sobre *Pinus pinea* y tal como ya sucediera en anteriores evaluaciones, está muy generalizada la pérdida temprana de las acículas de mayor edad debidas a la acción de *Thyriopsis halepensis* y la muerte o decaimiento de las ramillas bajas, tanto por los efectos de la propia enfermedad cuyos efectos son más visibles en la parte baja de las copas, como por problemas puntuales de falta de luz, junto con fenómenos de microfilia ligados a la sequía y ya apreciados en revisiones anteriores. Son también frecuentes fenómenos de aborto de brotes y heridas en el tronco, la mayoría de estas ya cicatrizadas y sin mayor trascendencia fitosanitaria.
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, junto con la muerte de ramillas terminales muy condicionada por la presencia de escolítidos perforadores y, en menor medida, presencia de muérdago. Esta especie destaca, junto con el pino piñonero, por la baja incidencia de las resinosis en tronco y ramas.
6. Sobre *Fagus sylvatica* destaca la aparición de agujeros en las hojas 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. Es también bastante frecuente la aparición de amarilleamientos en las hojas, agallas foliares debidas a *Mikiola fagi*, así como puntisecados en las ramillas y descortezamientos y daños mecánicos de distinta naturaleza 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 se encuentra representada en la red en ubicaciones muy variadas entre sí. Destaca sobre todo el puntisecado de ramillas finas, muy ligado a problemas puntuales de falta de luz sobre la ramificación más baja o acción de hongos desestabilizadores, presencia de hiedras en las parcelas con mayor grado de humedad, junto con la

acción de insectos perforadores, mordeduras en el margen foliar ocasionadas por defoliadores limántridos, enrollamientos y agallas en las hojas, así como escobas de bruja en las ramillas de menor diámetro.

8. De entre los síntomas presentes sobre *Quercus petraea* destacan sobre todo las mordeduras en las hojas causadas por defoliadores tortricidos, decoloraciones amarillentas o rojizas sobre buena parte de los pies, junto con puntisecado de ramillas y roturas en partes leñosas asociadas a granizos, nevadas o vendavales, tan frecuentes en las zonas montañosas en las que se da la especie.
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: mordeduras de distinto tipo en las hojas debidas a defoliadores tortricidos, decoloraciones de las hojas de distinta naturaleza, perforaciones y lesiones en los troncos causadas por *Cerambyx sp*, puntisecado de ramillas y descortezados en los troncos debido a antiguas operaciones de descorche, así como exudaciones negruzcas y pudriciones en las partes leñosas del árbol.



FIG 11: Amarilleamiento de acículas antiguas. Microfilia en metidas del año. Esqueletización. Agallas. Aborto de ramillos. Tumoración.

	<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.	Animales											
	Jabalí											
	Aves											
INSECTOS	<i>Picidae</i>											
	Defoliadores											
	<i>Luperus espanoli</i>											
	<i>Thaumetopoea pityocampa</i>											
	Perforadores											
	<i>Cerambyx sp</i>											
	<i>Coroebus florentinus</i>											
	<i>Coroebus undatus</i>											
	<i>Dioryctria splendidella</i>											
	<i>Retinia resinella</i>											
	<i>Tomicus destruens</i>											
	<i>Tomicus minor</i>											
	<i>Tomicus piniperda</i>											
	<i>Tomicus sp</i>											
	Chupadores											
	<i>Glycaspis brimblecombei</i>											
	<i>Kermococcus ilicis</i>											
	<i>Leucaspis pini</i>											
	<i>Pulgones</i>											
	Minadores											
	<i>Rhynchaenus fagi</i>											
	Form. Agallas											
	<i>Andricus sp</i>											
	<i>Biorhiza pallida</i>											
	<i>Dryomyia lichtensteini</i>											
	<i>Eriophyes nervisequus</i>											
	<i>Mikiola fagi</i>											
	ENFERMEDADES	Hongos/Royas acic										
		<i>Spilocaea quercusilicis</i>										
		<i>Thyriopsis halepensis</i>										
Royas tronco y brotes												
<i>Cronartium flaccidum</i>												
Tizón												
<i>Botryosphaeria stevensii</i>												
<i>Hypochoxylon 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												
<i>Fumaginas</i>												
ABIOTICOS	Fact. físicos											
	Sequia											
	Granizo											
	Calor											
	Nieve/Hielo											
	Viento/Tornado											
	Otros fact.abióticos											
ANTROPICOS	Daños antrópicos											
	Cortas											
	Podas											
	Resinación											
	Descorche											
	Op. en pies próximos											
	Daños mecánicos/vehículos											
	Const. caminos											
F	Fuego											
	Plantas parásitas											
	<i>Viscum album</i>											
	<i>Hedera helix</i>											
	<i>Smilax aspera</i>											
	Bacterias											
	<i>Bacillus vulemini</i>											
	<i>Brenneria quercinea</i>											
	<i>Agrobacterium tumefaciens</i>											
	Falta luz											
	Inter.físicas											
	Compet/Espesura											
<i>Eriophyes ilicis</i>												
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											
	Muestras											
	Esqueletizadas											
	Minadas											
	Caída prematura											
Totalm. comidas/perd.												
Hojas/Acículas Comidas/perdidas												
Hojas/Acículas Decoloración Verde-amarillo	Completa											
	Punteado											
	Bandeado											
	Intermerval											
	Apical											
Parcial												
Paralelo nervios												
Hojas/Acículas Decoloración Verde-amarillo												
Hojas/Acículas Decol. Rojo-marrón	Completa											
	Punteado											
	Apical											
	Parcial											
Hojas/Acículas Decoloración Rojo-marrón												
Microfilia	Hojas/Acículas Microfilia											
Hojas/Acículas Microfilia												
Deformaciones	Enrolladas											
	Plegadas											
	Agallas											
	Otras deformaciones											
	Chancros											
	Tumores											
	Escobas de bruja											
	Fendas longitudinales											
	Inclinadas											
	Rizadas											
Deformaciones												
Otros síntomas	Otros síntomas											
Otros síntomas												
Signos insectos	Adultos, larvas, ninfas											
	Perforaciones, serrín											
Signos insectos												
Signos hongos	Cob. blanca hojas											
	C. fructificación											
Signos hongos												
Otros signos	Otros signos											
Otros signos												
Rotura	Rotura											
Rotura en tronco y ramas												
Muertas/morib.	Muertas/moribundas											
Ramillas muertas/moribundas												
Aborto de ramillas	Aborto de ramillas											
Aborto de ramillas												
Heridas en tronco y ramas	Descortezamientos											
	Grietas											
	Otras heridas											
	Fendas longitudinales											
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 su vertiente ejecutiva 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*)

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.

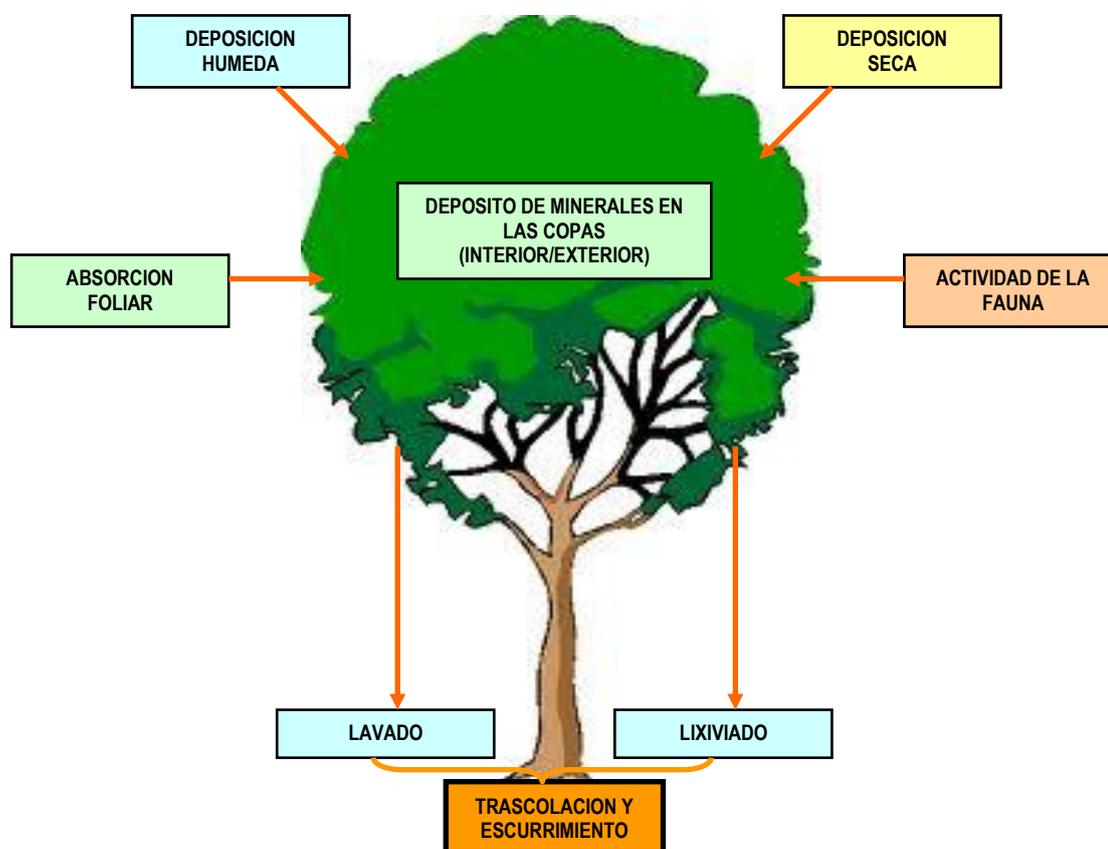


FIG 13: Vías de entrada/salida al ecosistema

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 1997-2012-, 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.

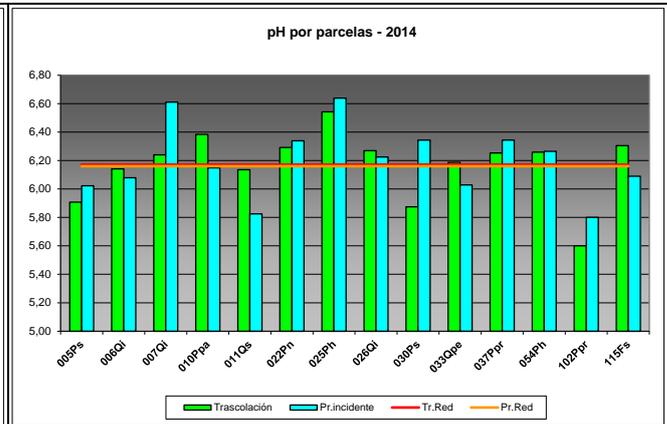
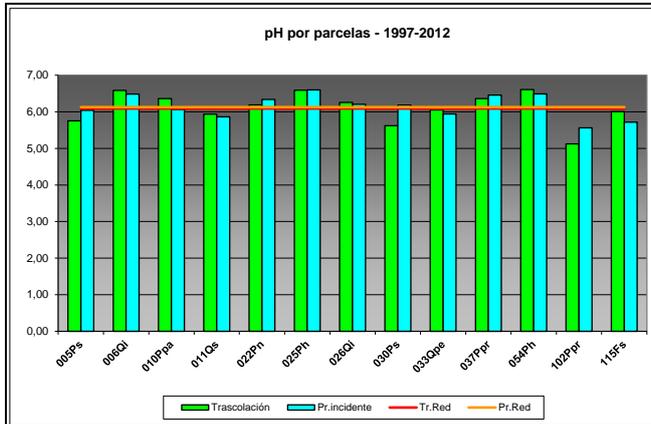
4.2.1. pH.

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 1997-2012 y el último año 2014

PERIODO 1997-2012								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	5,75	33,67	829	6,04	17,12	1049	6,09	6,13
006Qi	6,58	2,00	474	6,49	10,65	604	6,09	6,13
010Ppa	6,36	3,14	357	6,06	20,45	575	6,09	6,13
011Qs	5,94	22,03	681	5,86	30,51	767	6,09	6,13
022Pn	6,19	17,28	415	6,34	9,68	490	6,09	6,13
025Ph	6,59	2,56	297	6,60	2,77	361	6,09	6,13
026Qi	6,26	5,40	591	6,20	6,48	643	6,09	6,13
030Ps	5,62	49,58	564	6,18	14,28	744	6,09	6,13
033Qpe	6,05	17,52	890	5,94	27,75	1192	6,09	6,13
037Ppr	6,36	2,29	327	6,46	3,39	420	6,09	6,13
054Ph	6,61	0,00	306	6,49	4,53	441	6,09	6,13
102Ppr	5,12	76,13	1756	5,56	59,22	2168	6,09	6,13
115Fs	6,00	19,14	1592	5,72	33,56	1782	6,09	6,13

PERIODO 2014								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	5,91	12,50	530	6,02	12,50	705	6,17	6,16
006Qi	6,14	0,00	558	6,08	12,50	713	6,17	6,16
007Qi	6,24	0,00	328	6,61	0,00	358	6,17	6,16
010Ppa	6,38	0,00	171	6,15	0,00	295	6,17	6,16
011Qs	6,14	0,00	577	5,82	33,33	615	6,17	6,16
022Pn	6,29	0,00	383	6,34	0,00	404	6,17	6,16
025Ph	6,54	0,00	205	6,64	0,00	226	6,17	6,16
026Qi	6,27	0,00	364	6,22	0,00	358	6,17	6,16
030Ps	5,87	12,50	397	6,34	0,00	528	6,17	6,16
033Qpe	6,19	0,00	648	6,03	12,50	941	6,17	6,16
037Ppr	6,25	0,00	221	6,34	0,00	314	6,17	6,16
054Ph	6,26	0,00	345	6,26	0,00	362	6,17	6,16
102Ppr	5,60	37,50	1291	5,80	37,50	1590	6,17	6,16

PERIODO 2014								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
115Fs	6,30	0,00	1286	6,09	12,50	1384	6,17	6,16



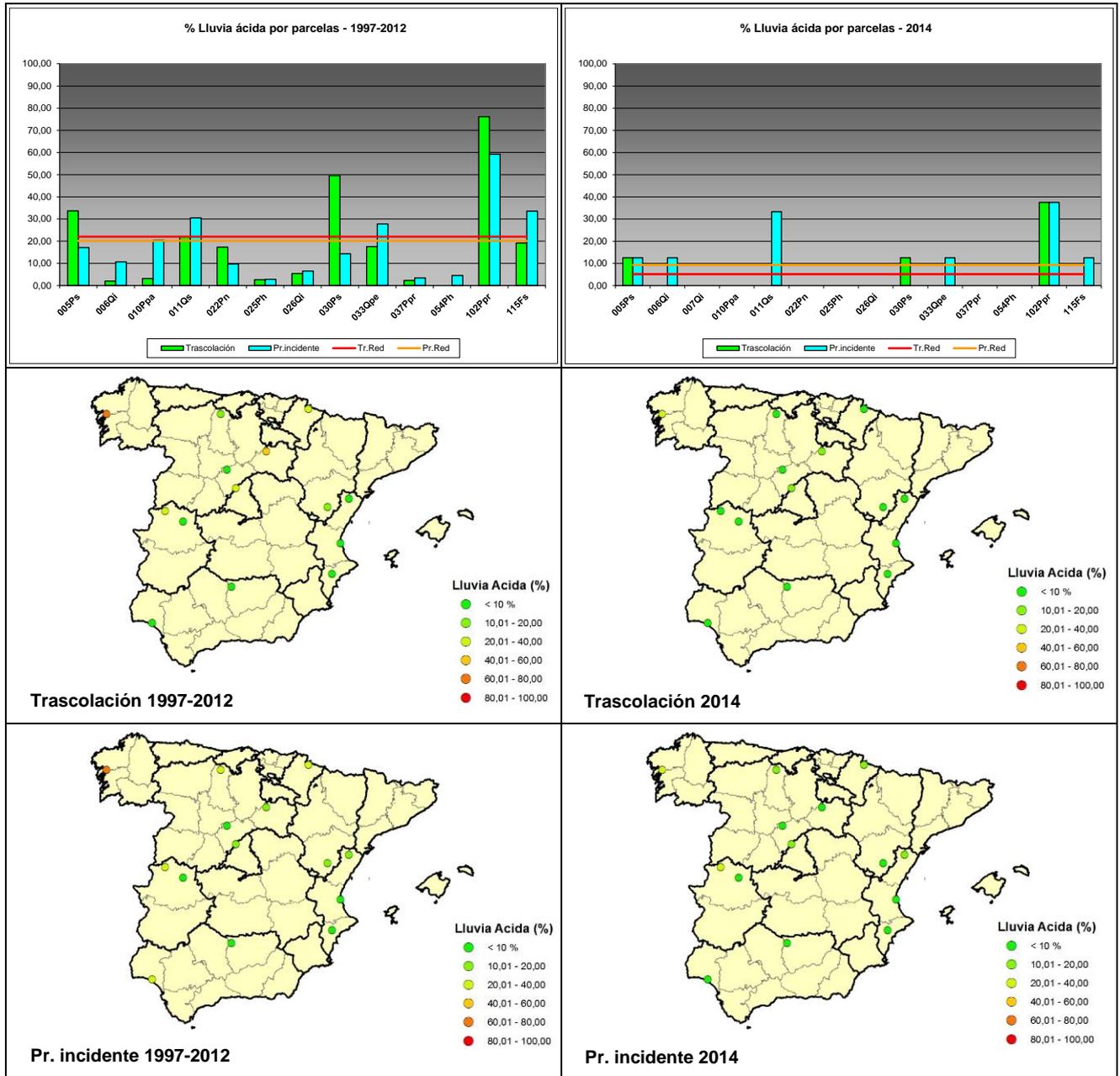


FIG 14: pH. Valores medios por parcela y porcentaje de precipitaciones por debajo del umbral de lluvia ácida serie histórica 1997-2012 y año 2014

4.2.2. Conductividad.

TABLA 4: Conductividad. Valores medios ponderados por volumen por parcela; precipitación en mm en cada parcela para la serie histórica 1997-2012 y el último año 2014

PERIODO 1997-2012								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	21,70		829	12,99		1049	46,57	23,94
006Qi	38,34		474	25,20		604	46,57	23,94
010Ppa	62,91		357	36,40		575	46,57	23,94
011Qs	20,67		681	17,35		767	46,57	23,94
022Pn	40,23		415	27,46		490	46,57	23,94
025Ph	69,94		297	32,30		361	46,57	23,94
026Qi	29,79		591	18,93		643	46,57	23,94
030Ps	24,82		564	23,53		744	46,57	23,94
033Qpe	17,69		890	14,34		1192	46,57	23,94
037Ppr	40,55		327	25,64		420	46,57	23,94
054Ph	232,67		306	39,61		441	46,57	23,94
102Ppr	51,96		1756	26,31		2168	46,57	23,94
115Fs	22,40		1592	17,27		1782	46,57	23,94

PERIODO 2014								
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
005Ps	16,69		530	7,96		705	28,66	15,29
006Qi	25,37		558	18,98		713	28,66	15,29
010Ppa	37,50		171	33,41		295	28,66	15,29
007Qi	18,54		328	14,35		358	28,66	15,29
011Qs	16,53		577	9,94		615	28,66	15,29
022Pn	28,66		383	21,99		404	28,66	15,29
025Ph	79,67		205	19,92		226	28,66	15,29
026Qi	28,00		364	19,06		358	28,66	15,29
030Ps	22,97		397	12,53		528	28,66	15,29
033Qpe	8,87		648	5,00		941	28,66	15,29
037Ppr	23,25		221	12,14		314	28,66	15,29
054Ph	45,90		345	14,85		362	28,66	15,29
102Ppr	19,63		1291	12,73		1590	28,66	15,29
115Fs	19,58		1286	10,32		1384	28,66	15,29

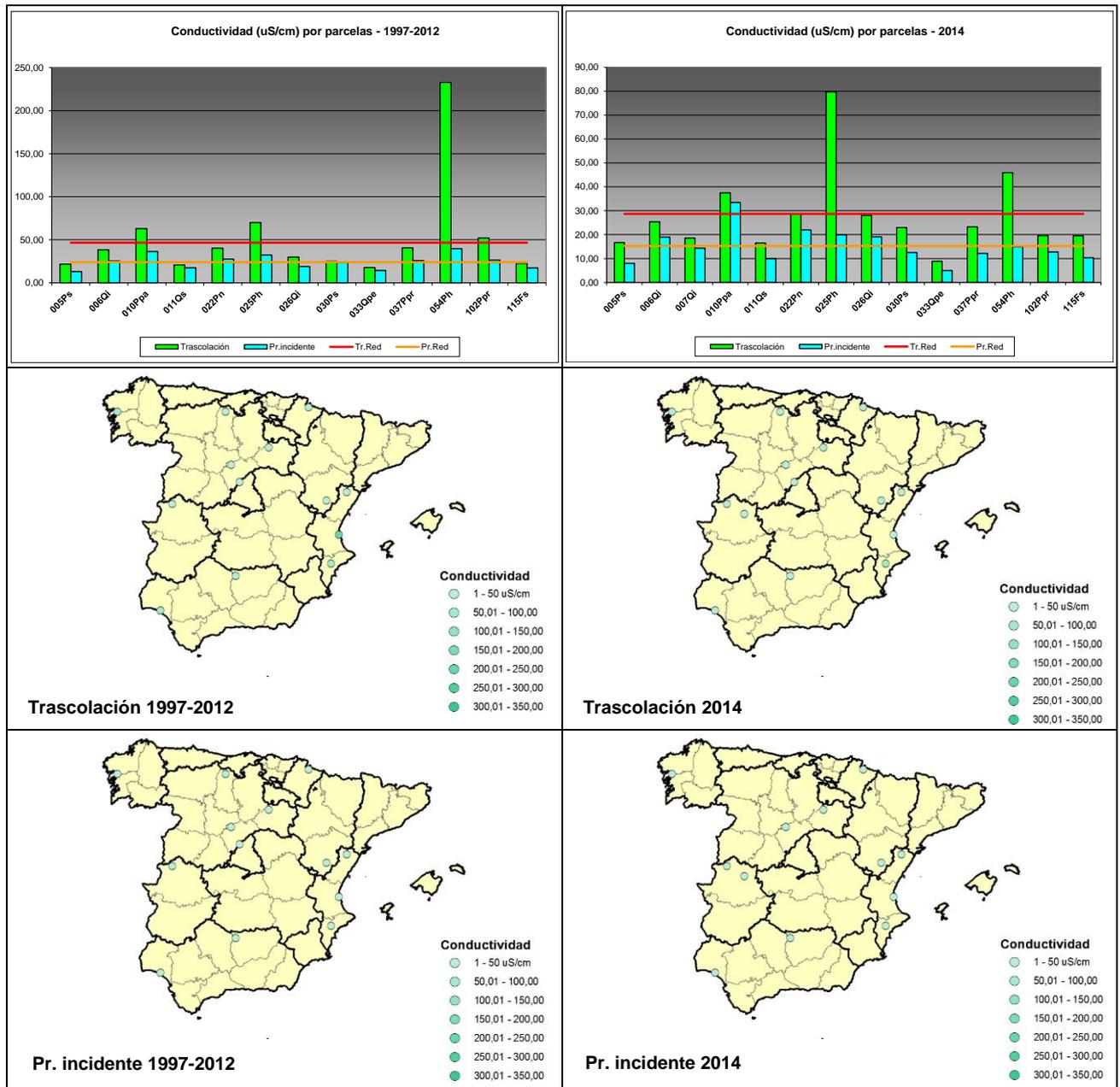


FIG 15: Conductividad. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
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	2,31	18,62	829	0,78	8,39	1049	10,23	16,80	7,11
006Qi	3,79	13,96	474	0,31	1,55	604	12,41	16,80	7,11
010Ppa	4,76	16,14	357	1,34	6,80	575	9,34	16,80	7,11
011Qs	2,14	14,28	681	0,88	6,71	767	7,57	16,80	7,11
022Pn	2,65	10,50	415	1,19	5,46	490	5,04	16,80	7,11
025Ph	2,50	7,01	297	1,28	4,11	361	2,90	16,80	7,11
026Qi	3,20	17,45	591	1,02	6,52	643	10,93	16,80	7,11
030Ps	2,38	13,19	564	1,15	8,42	744	4,78	16,80	7,11
033Qpe	1,64	14,30	890	0,78	9,63	1192	4,67	16,80	7,11
037Ppr	2,58	8,02	327	1,38	5,60	420	2,42	16,80	7,11
054Ph	5,80	15,51	306	0,39	1,67	441	13,84	16,80	7,11
102Ppr	1,94	34,98	1756	0,80	17,18	2168	17,80	16,80	7,11
115Fs	2,05	33,41	1592	0,42	7,31	1782	26,10	16,80	7,11

PERIODO 2014									
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	3,71	19,67	530	0,20	1,43	705	18,24	12,25	1,58
006Qi	2,64	14,74	558	0,22	1,54	713	13,20	12,25	1,58
007Qi	2,56	8,39	328	0,51	1,82	358	6,57	12,25	1,58
010Ppa	4,97	8,51	171	0,48	1,41	295	7,10	12,25	1,58
011Qs	2,10	12,10	577	0,16	1,01	615	11,08	12,25	1,58
022Pn	2,21	8,48	383	0,19	0,75	404	7,73	12,25	1,58
025Ph	2,31	4,73	205	0,46	1,03	226	3,70	12,25	1,58
026Qi	3,25	11,84	364	0,73	2,62	358	9,22	12,25	1,58
030Ps	3,77	14,98	397	0,19	0,99	528	13,99	12,25	1,58
033Qpe	1,50	9,73	648	0,08	0,74	941	8,99	12,25	1,58
037Ppr	1,56	3,44	221	0,18	0,58	314	2,86	12,25	1,58
054Ph	1,66	5,73	345	0,13	0,48	362	5,25	12,25	1,58
102Ppr	0,94	12,08	1291	0,13	2,10	1590	9,98	12,25	1,58
115Fs	2,58	33,22	1286	0,43	5,92	1384	27,31	12,25	1,58

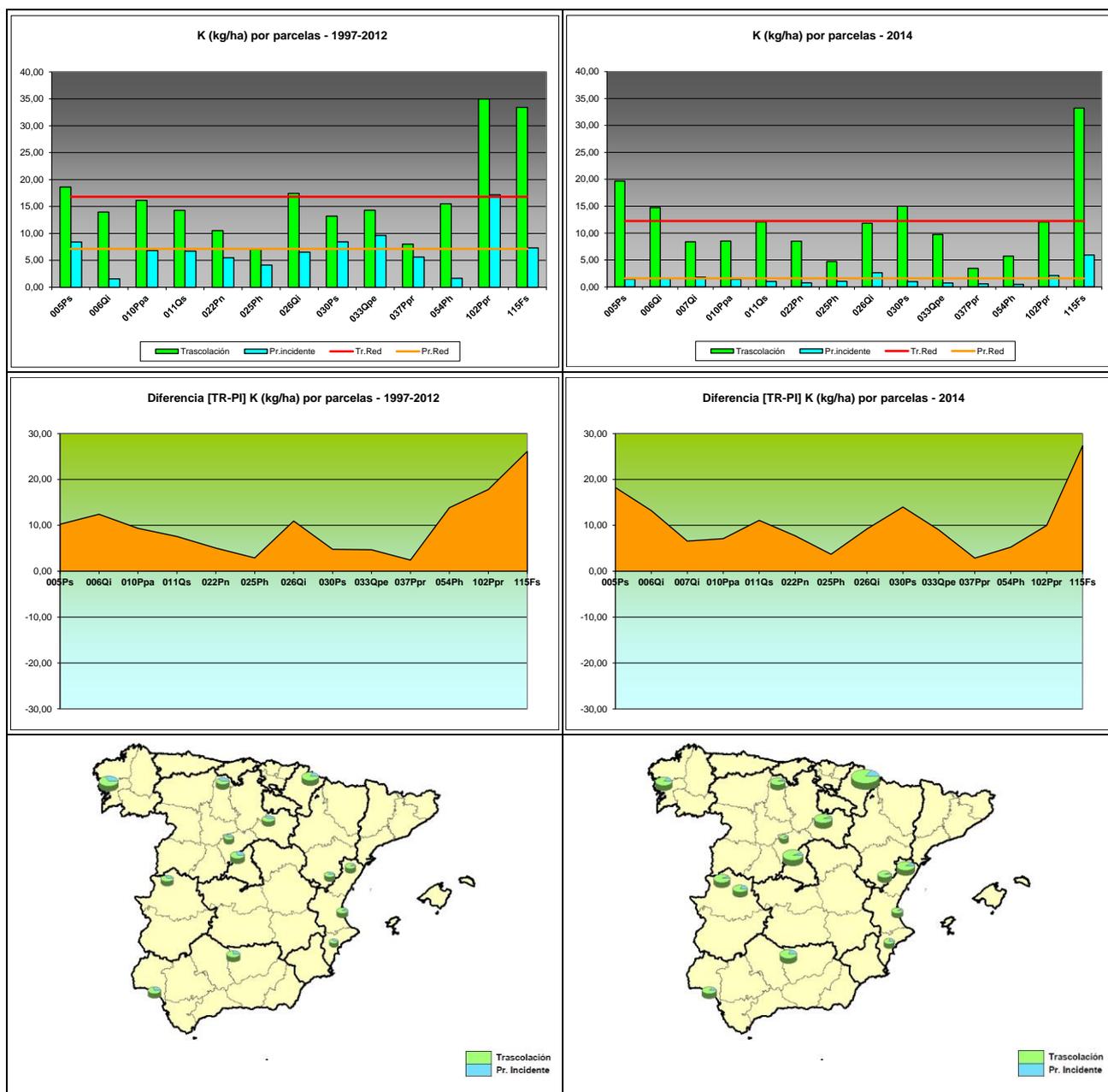


FIG 16: Deposición potasio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	1,05	8,86	829	0,82	8,90	1049	-0,03	12,48	10,37
006Qi	3,45	16,12	474	2,32	13,75	604	2,37	12,48	10,37
010Ppa	2,46	7,22	357	1,60	7,28	575	-0,06	12,48	10,37
011Qs	0,89	5,73	681	1,07	7,01	767	-1,27	12,48	10,37
022Pn	3,40	13,55	415	2,39	11,80	490	1,76	12,48	10,37
025Ph	7,35	21,34	297	3,21	11,51	361	9,83	12,48	10,37
026Qi	1,95	10,62	591	1,24	7,65	643	2,97	12,48	10,37
030Ps	1,52	8,32	564	1,47	10,26	744	-1,94	12,48	10,37
033Qpe	0,90	7,87	890	0,83	9,43	1192	-1,56	12,48	10,37
037Ppr	2,23	7,05	327	1,87	7,74	420	-0,70	12,48	10,37
054Ph	10,00	29,81	306	2,35	9,51	441	20,30	12,48	10,37
102Ppr	0,99	17,82	1756	0,68	14,36	2168	3,46	12,48	10,37
115Fs	1,00	15,13	1592	0,92	15,89	1782	-0,76	12,48	10,37

PERIODO 2014									
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	1,03	5,43	530	0,71	5,02	705	0,41	8,87	6,09
006Qi	3,34	18,66	558	2,05	14,63	713	4,02	8,87	6,09
007Qi	1,45	4,74	328	0,80	2,88	358	1,87	8,87	6,09
010Ppa	1,99	3,40	171	2,05	6,04	295	-2,65	8,87	6,09
011Qs	1,23	7,07	577	0,67	4,11	615	2,96	8,87	6,09
022Pn	2,57	9,85	383	1,31	5,30	404	4,55	8,87	6,09
025Ph	9,78	20,06	205	2,56	5,78	226	14,28	8,87	6,09
026Qi	1,92	6,98	364	1,13	4,06	358	2,92	8,87	6,09
030Ps	1,49	5,92	397	0,94	4,97	528	0,96	8,87	6,09
033Qpe	0,72	4,67	648	0,43	4,08	941	0,59	8,87	6,09
037Ppr	2,01	4,43	221	1,05	3,30	314	1,14	8,87	6,09
054Ph	3,49	12,03	345	1,39	5,02	362	7,01	8,87	6,09
102Ppr	0,54	7,01	1291	0,41	6,46	1590	0,55	8,87	6,09
115Fs	0,76	9,73	1286	0,75	10,39	1384	-0,66	8,87	6,09

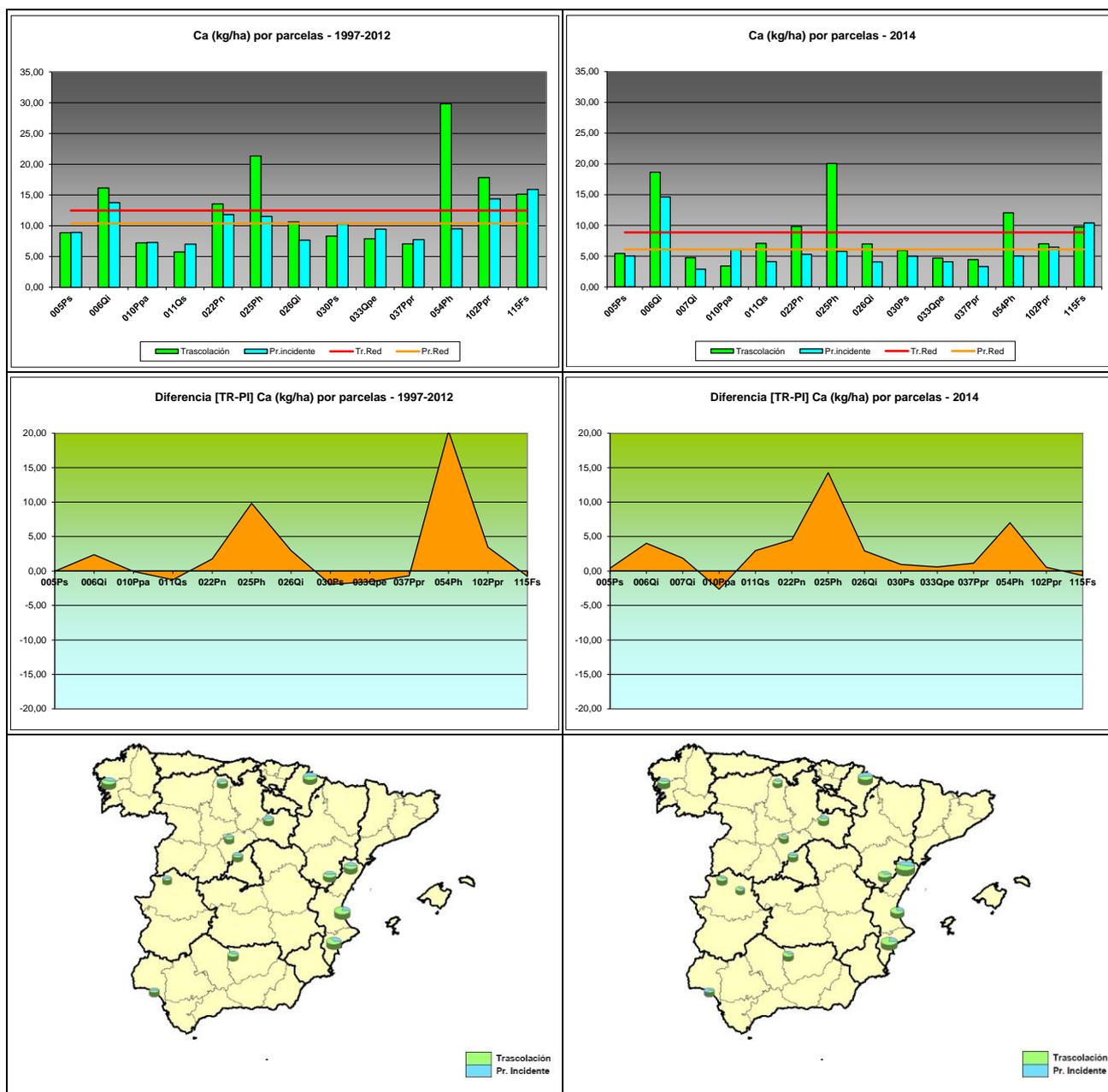


FIG 17: Deposición calcio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
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	0,35	2,73	829	0,15	1,14	1049	1,59	3,77	1,92
006Qi	0,47	2,15	474	0,22	1,19	604	0,96	3,77	1,92
010Ppa	1,31	3,94	357	0,56	2,43	575	1,51	3,77	1,92
011Qs	0,28	1,58	681	0,23	1,21	767	0,37	3,77	1,92
022Pn	0,53	1,96	415	0,22	0,94	490	1,02	3,77	1,92
025Ph	0,92	2,49	297	0,34	1,04	361	1,45	3,77	1,92
026Qi	0,48	2,27	591	0,17	1,04	643	1,23	3,77	1,92
030Ps	0,31	1,49	564	0,22	1,21	744	0,28	3,77	1,92
033Qpe	0,19	1,38	890	0,17	1,27	1192	0,11	3,77	1,92
037Ppr	0,47	1,41	327	0,23	0,77	420	0,64	3,77	1,92
054Ph	3,71	10,56	306	0,59	2,49	441	8,07	3,77	1,92
102Ppr	0,84	14,87	1756	0,34	7,00	2168	7,87	3,77	1,92
115Fs	0,32	4,41	1592	0,22	3,36	1782	1,06	3,77	1,92

PERIODO 2014									
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	0,30	1,60	530	0,06	0,43	705	1,17	1,96	0,77
006Qi	0,36	2,01	558	0,15	1,10	713	0,90	1,96	0,77
007Qi	0,34	1,11	328	0,11	0,41	358	0,70	1,96	0,77
010Ppa	1,20	2,05	171	0,42	1,25	295	0,80	1,96	0,77
011Qs	0,21	1,22	577	0,10	0,60	615	0,63	1,96	0,77
022Pn	0,41	1,56	383	0,10	0,39	404	1,17	1,96	0,77
025Ph	1,11	2,28	205	0,20	0,46	226	1,82	1,96	0,77
026Qi	0,43	1,57	364	0,17	0,62	358	0,95	1,96	0,77
030Ps	0,29	1,14	397	0,06	0,32	528	0,81	1,96	0,77
033Qpe	0,14	0,90	648	0,03	0,31	941	0,59	1,96	0,77
037Ppr	0,56	1,23	221	0,09	0,28	314	0,94	1,96	0,77
054Ph	0,85	2,94	345	0,12	0,44	362	2,50	1,96	0,77
102Ppr	0,40	5,22	1291	0,16	2,52	1590	2,70	1,96	0,77
115Fs	0,14	1,74	1286	0,09	1,31	1384	0,43	1,96	0,77

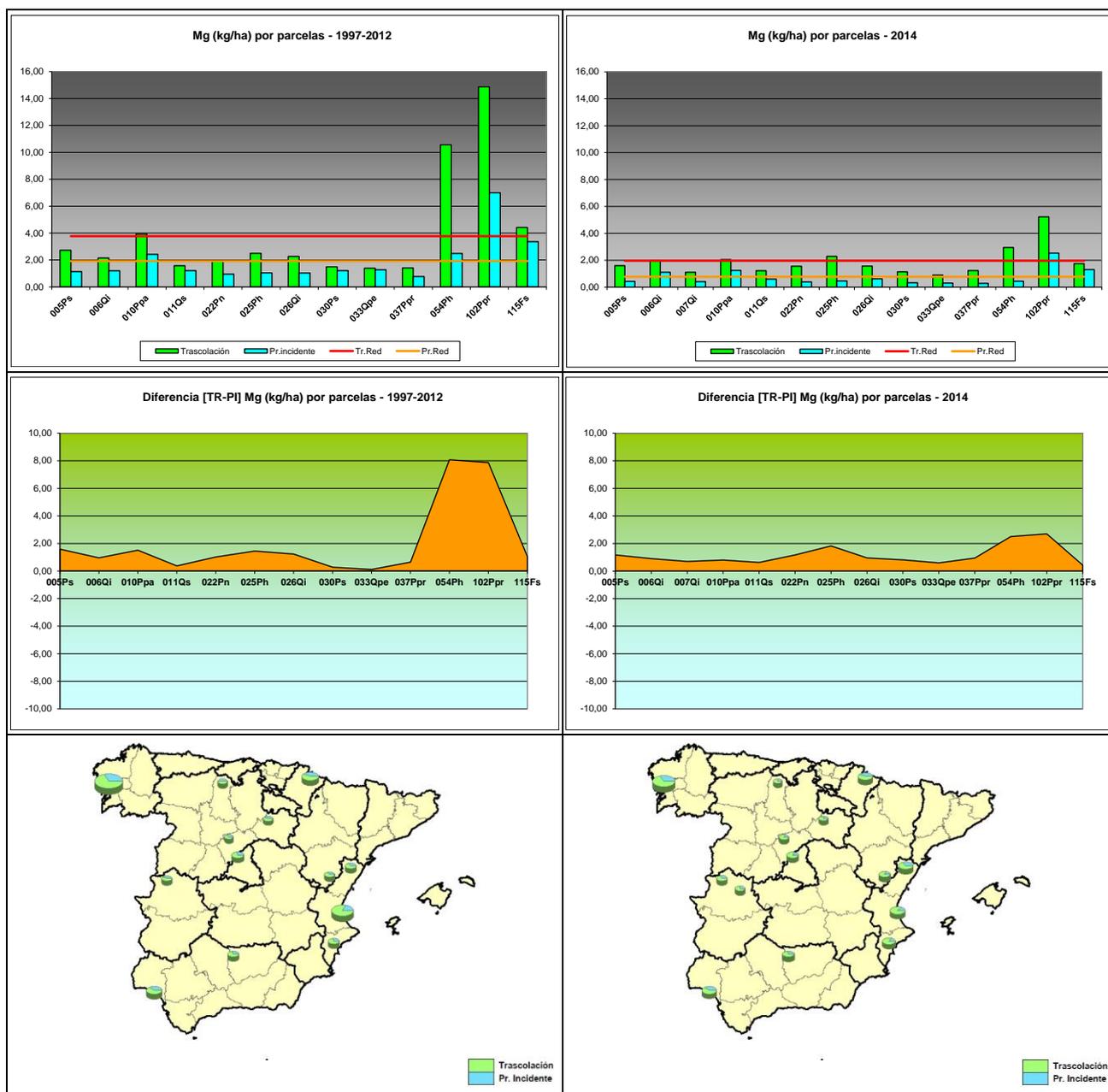


FIG 18: Deposición magnesio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,84	7,05	829	0,53	5,69	1049	1,36	18,92	11,94
006Qi	1,07	5,05	474	0,91	5,48	604	-0,43	18,92	11,94
010Ppa	5,14	17,98	357	2,95	16,72	575	1,26	18,92	11,94
011Qs	1,06	7,41	681	0,84	6,49	767	0,91	18,92	11,94
022Pn	1,17	4,70	415	0,83	4,07	490	0,63	18,92	11,94
025Ph	2,21	6,41	297	1,17	4,06	361	2,35	18,92	11,94
026Qi	1,30	7,91	591	0,92	6,04	643	1,87	18,92	11,94
030Ps	0,86	4,80	564	0,67	5,00	744	-0,19	18,92	11,94
033Qpe	0,65	5,67	890	0,61	6,91	1192	-1,24	18,92	11,94
037Ppr	1,39	4,31	327	0,88	3,63	420	0,68	18,92	11,94
054Ph	21,00	60,13	306	3,47	15,34	441	44,79	18,92	11,94
102Ppr	5,80	106,35	1756	2,44	53,64	2168	52,71	18,92	11,94
115Fs	1,31	21,08	1592	0,98	17,28	1782	3,80	18,92	11,94

PERIODO 2014									
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	0,85	4,52	530	0,36	2,51	705	2,00	7,06	4,77
006Qi	1,15	6,44	558	0,67	4,79	713	1,64	7,06	4,77
007Qi	0,93	3,06	328	0,48	1,71	358	1,35	7,06	4,77
010Ppa	5,09	8,71	171	2,46	7,25	295	1,45	7,06	4,77
011Qs	0,68	3,93	577	0,66	4,07	615	-0,13	7,06	4,77
022Pn	0,73	2,79	383	0,52	2,09	404	0,70	7,06	4,77
025Ph	2,57	5,27	205	0,71	1,61	226	3,66	7,06	4,77
026Qi	1,06	3,84	364	0,81	2,90	358	0,95	7,06	4,77
030Ps	0,55	2,18	397	0,28	1,49	528	0,69	7,06	4,77
033Qpe	0,28	1,81	648	0,23	2,12	941	-0,31	7,06	4,77
037Ppr	0,71	1,57	221	0,32	0,99	314	0,58	7,06	4,77
054Ph	0,93	3,21	345	0,39	1,40	362	1,81	7,06	4,77
102Ppr	2,81	36,23	1291	1,41	22,44	1590	13,79	7,06	4,77
115Fs	0,88	11,26	1286	0,60	8,35	1384	2,92	7,06	4,77

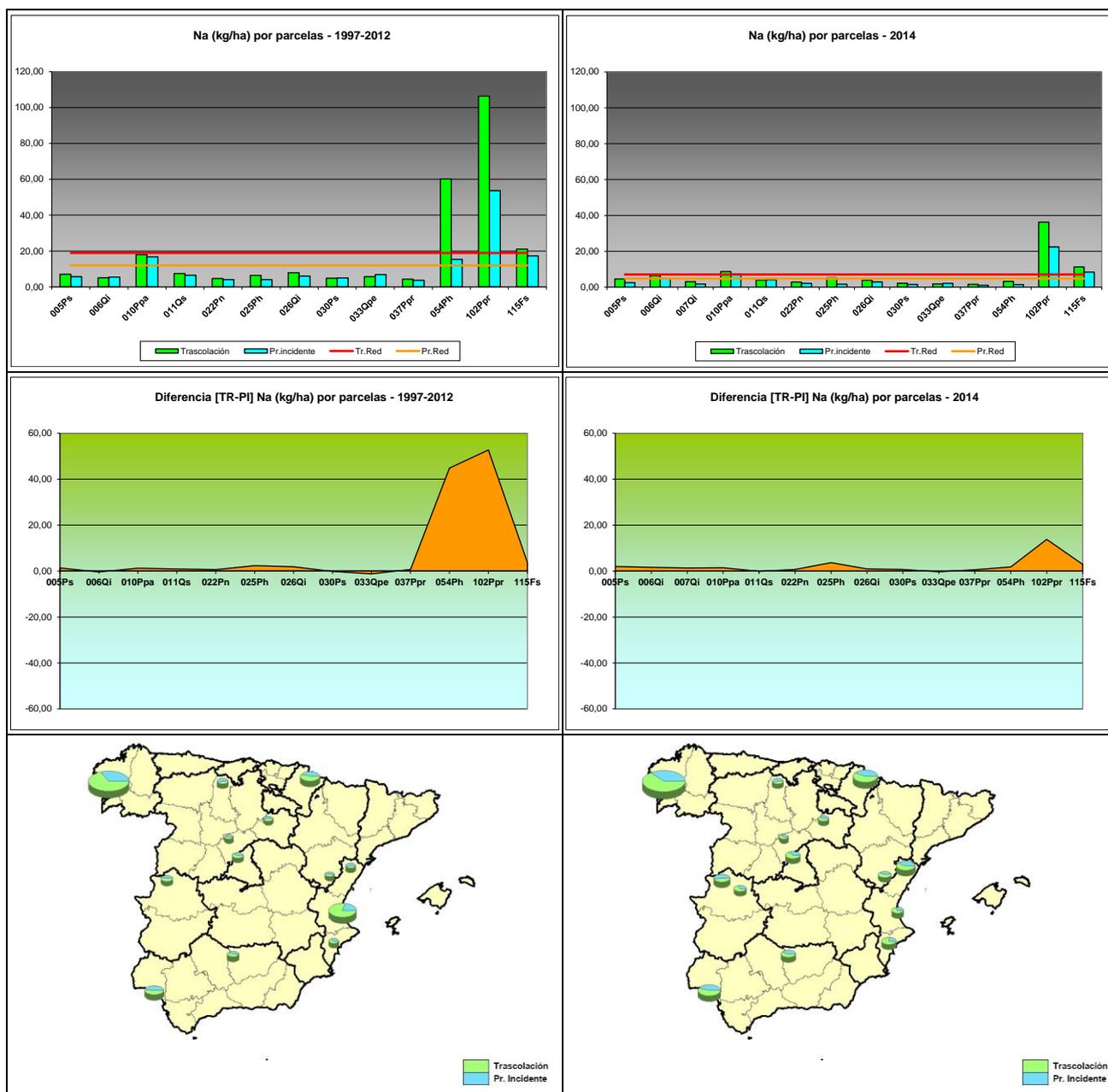


FIG 19: Deposition sodio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
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	3,21	829	0,36	3,68	1049	-0,48	2,88	3,39
006Qi	0,38	1,58	474	0,41	2,33	604	-0,76	2,88	3,39
010Ppa	0,53	1,54	357	0,75	3,34	575	-1,79	2,88	3,39
011Qs	0,29	1,59	681	0,29	1,93	767	-0,34	2,88	3,39
022Pn	0,48	1,83	415	0,42	1,96	490	-0,13	2,88	3,39
025Ph	1,14	2,98	297	0,43	1,37	361	1,60	2,88	3,39
026Qi	0,34	1,68	591	0,36	2,15	643	-0,48	2,88	3,39
030Ps	0,38	1,87	564	1,19	8,09	744	-6,21	2,88	3,39
033Qpe	0,35	2,62	890	0,29	3,13	1192	-0,51	2,88	3,39
037Ppr	1,56	4,78	327	0,80	3,22	420	1,57	2,88	3,39
054Ph	2,30	6,54	306	0,39	1,68	441	4,86	2,88	3,39
102Ppr	0,28	4,55	1756	0,36	6,40	2168	-1,85	2,88	3,39
115Fs	0,34	3,81	1592	0,31	3,94	1782	-0,14	2,88	3,39

PERIODO 2014									
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	0,74	3,91	530	0,54	3,78	705	0,13	4,22	3,26
006Qi	0,61	3,40	558	0,30	2,13	713	1,27	4,22	3,26
007Qi	1,04	3,41	328	1,26	4,52	358	-1,11	4,22	3,26
010Ppa	1,17	2,00	171	0,85	2,50	295	-0,50	4,22	3,26
011Qs	0,37	2,15	577	0,33	2,04	615	0,10	4,22	3,26
022Pn	1,32	5,04	383	0,67	2,73	404	2,32	4,22	3,26
025Ph	1,83	3,75	205	0,42	0,94	226	2,81	4,22	3,26
026Qi	0,69	2,53	364	0,68	2,43	358	0,10	4,22	3,26
030Ps	0,71	2,80	397	0,75	3,97	528	-1,17	4,22	3,26
033Qpe	0,50	3,21	648	0,30	2,81	941	0,40	4,22	3,26
037Ppr	1,92	4,25	221	0,73	2,29	314	1,95	4,22	3,26
054Ph	2,08	7,18	345	0,73	2,63	362	4,54	4,22	3,26
102Ppr	0,52	6,75	1291	0,48	7,71	1590	-0,96	4,22	3,26
115Fs	0,62	7,94	1286	0,46	6,36	1384	1,58	4,22	3,26

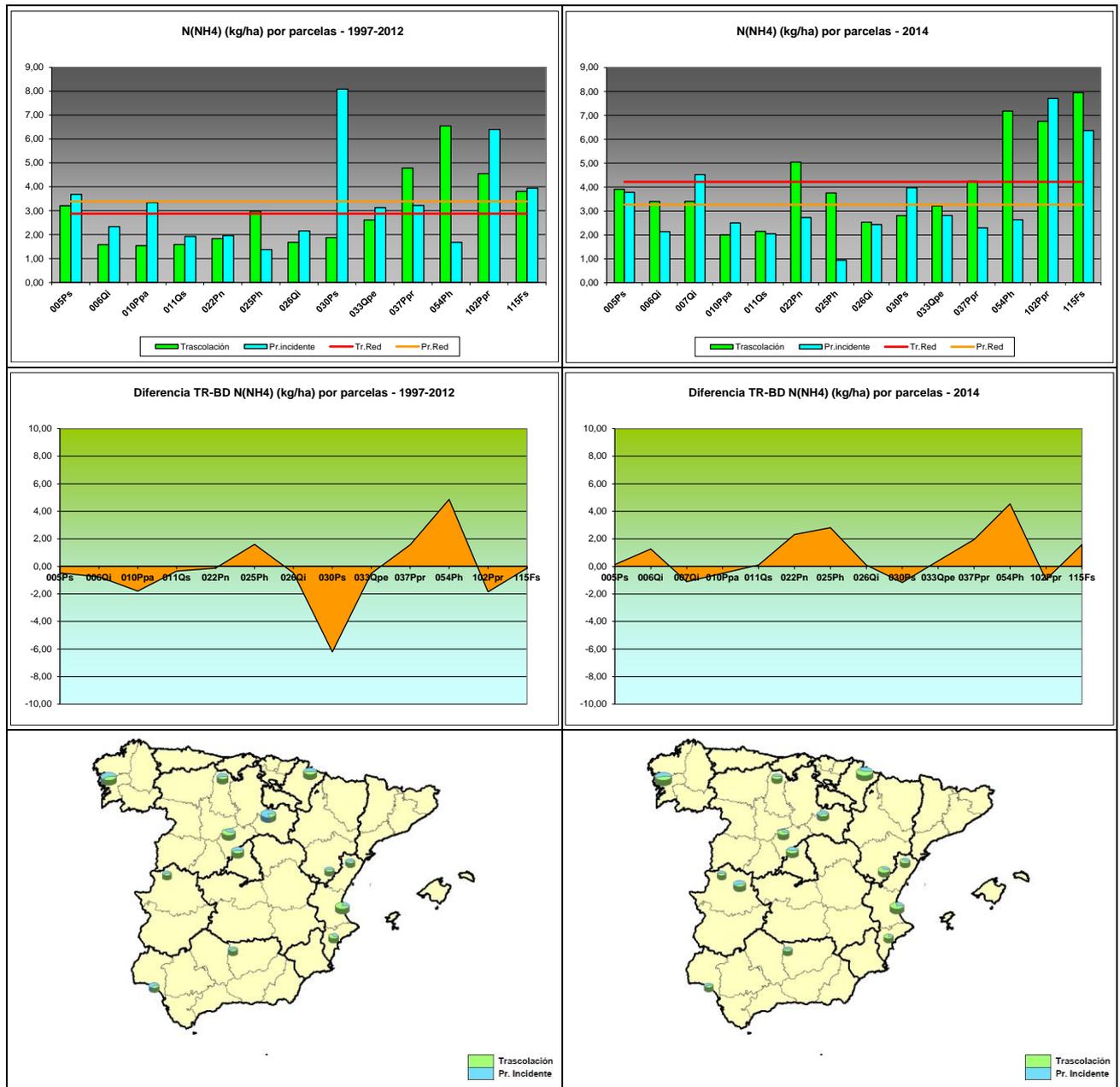


FIG 20: Deposition amonio (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
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	1,58	13,54	829	1,03	10,88	1049	2,66	24,90	23,88
006Qi	2,33	10,86	474	2,06	12,66	604	-1,80	24,90	23,88
010Ppa	10,10	34,34	357	6,13	33,67	575	0,67	24,90	23,88
011Qs	2,10	13,43	681	2,18	15,51	767	-2,08	24,90	23,88
022Pn	2,30	9,43	415	2,46	12,88	490	-3,45	24,90	23,88
025Ph	5,24	15,39	297	3,16	11,58	361	3,81	24,90	23,88
026Qi	2,84	15,41	591	2,34	14,45	643	0,95	24,90	23,88
030Ps	1,68	8,92	564	1,85	13,10	744	-4,18	24,90	23,88
033Qpe	1,08	9,30	890	1,18	13,42	1192	-4,12	24,90	23,88
037Ppr	2,84	9,21	327	2,43	10,29	420	-1,08	24,90	23,88
054Ph	36,14	105,47	306	6,74	28,47	441	77,00	24,90	23,88
102Ppr	10,69	191,46	1756	4,54	97,67	2168	93,79	24,90	23,88
115Fs	2,41	38,88	1592	1,98	35,41	1782	3,46	24,90	23,88

PERIODO 2014									
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	0,90	4,77	530	0,18	1,27	705	3,50	6,22	3,12
006Qi	1,38	7,70	558	0,98	6,96	713	0,74	6,22	3,12
007Qi	0,00	0,00	328	0,01	0,03	358	-0,03	6,22	3,12
010Ppa	3,43	5,86	171	1,14	3,36	295	2,50	6,22	3,12
011Qs	0,29	1,65	577	0,18	1,13	615	0,52	6,22	3,12
022Pn	1,41	5,39	383	0,52	2,10	404	3,29	6,22	3,12
025Ph	2,40	4,91	205	0,25	0,56	226	4,35	6,22	3,12
026Qi	0,57	2,09	364	0,41	1,46	358	0,63	6,22	3,12
030Ps	0,98	3,88	397	0,25	1,31	528	2,57	6,22	3,12
033Qpe	0,24	1,54	648	0,12	1,12	941	0,43	6,22	3,12
037Ppr	0,50	1,10	221	0,19	0,60	314	0,50	6,22	3,12
054Ph	0,34	1,16	345	0,16	0,59	362	0,57	6,22	3,12
102Ppr	2,14	27,65	1291	0,72	11,41	1590	16,24	6,22	3,12
115Fs	1,03	13,21	1286	0,63	8,70	1384	4,52	6,22	3,12

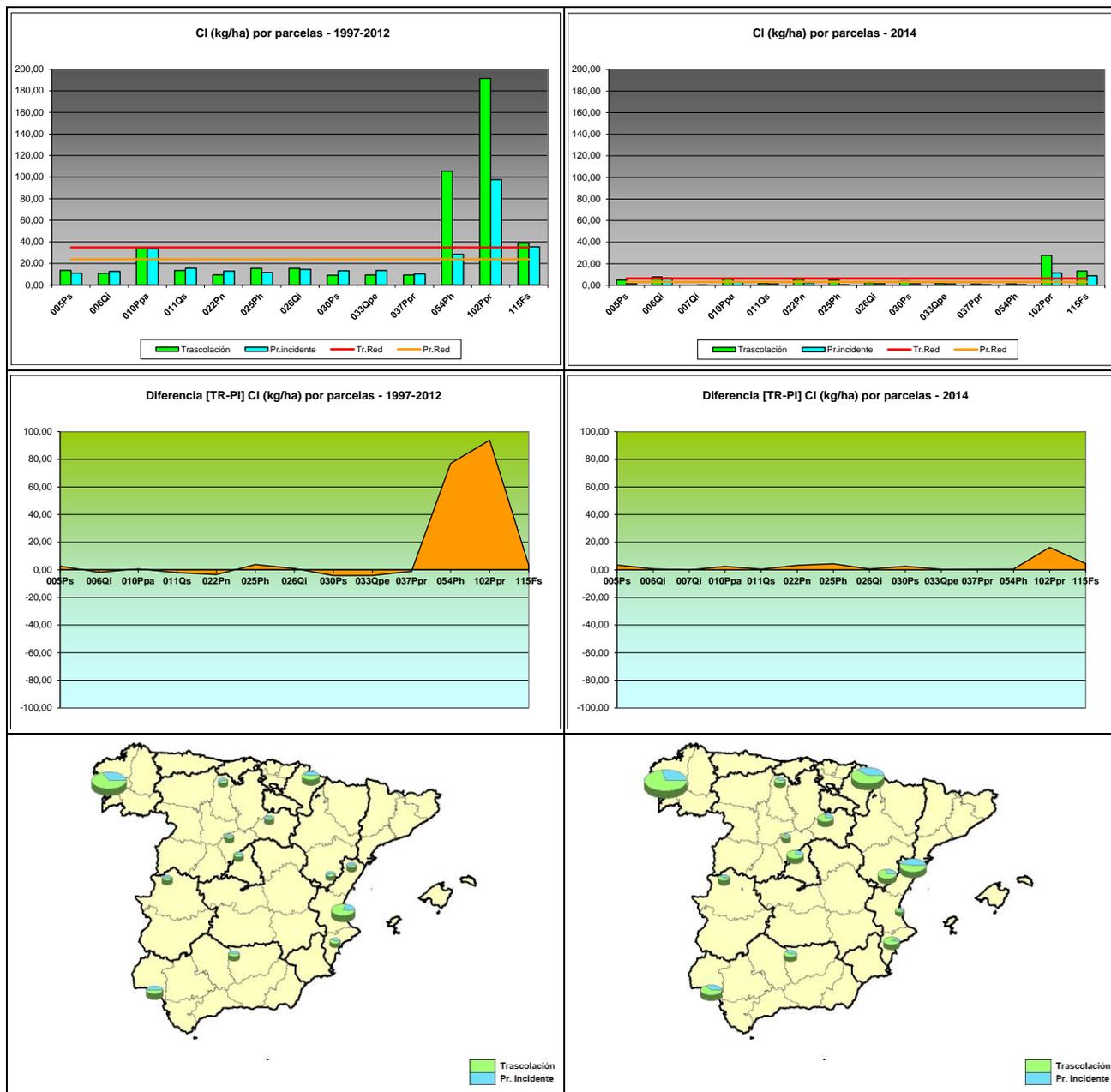


FIG 21: Depositione cloro (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
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	0,54	3,94	829	0,25	2,53	1049	1,41	4,34	2,60
006Qi	0,79	3,45	474	0,52	2,99	604	0,46	4,34	2,60
010Ppa	0,95	2,85	357	0,36	1,84	575	1,00	4,34	2,60
011Qs	0,33	2,06	681	0,26	1,88	767	0,18	4,34	2,60
022Pn	1,17	4,30	415	0,44	2,11	490	2,19	4,34	2,60
025Ph	2,40	6,52	297	0,55	1,94	361	4,58	4,34	2,60
026Qi	0,45	2,30	591	0,33	2,00	643	0,30	4,34	2,60
030Ps	0,51	2,56	564	0,33	2,36	744	0,21	4,34	2,60
033Qpe	0,30	2,34	890	0,23	2,56	1192	-0,22	4,34	2,60
037Ppr	1,26	3,66	327	0,42	1,69	420	1,97	4,34	2,60
054Ph	4,29	11,24	306	0,55	2,40	441	8,84	4,34	2,60
102Ppr	0,53	8,69	1756	0,23	4,59	2168	4,09	4,34	2,60
115Fs	0,32	4,93	1592	0,28	4,85	1782	0,08	4,34	2,60

PERIODO 2014									
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	0,35	1,85	530	0,18	1,29	705	0,56	2,70	1,48
006Qi	0,46	2,57	558	0,31	2,21	713	0,36	2,70	1,48
007Qi	0,14	0,45	328	0,21	0,75	358	-0,30	2,70	1,48
010Ppa	1,26	2,15	171	0,83	2,45	295	-0,30	2,70	1,48
011Qs	0,06	0,36	577	0,19	1,17	615	-0,81	2,70	1,48
022Pn	0,97	3,72	383	0,30	1,21	404	2,51	2,70	1,48
025Ph	3,54	7,26	205	0,37	0,84	226	6,42	2,70	1,48
026Qi	0,30	1,09	364	0,22	0,78	358	0,31	2,70	1,48
030Ps	0,26	1,05	397	0,19	0,98	528	0,06	2,70	1,48
033Qpe	0,38	2,46	648	0,14	1,29	941	1,17	2,70	1,48
037Ppr	0,85	1,87	221	0,24	0,75	314	1,13	2,70	1,48
054Ph	1,51	5,19	345	0,34	1,22	362	3,97	2,70	1,48
102Ppr	0,17	2,25	1291	0,14	2,16	1590	0,09	2,70	1,48
115Fs	0,25	3,23	1286	0,21	2,92	1384	0,31	2,70	1,48

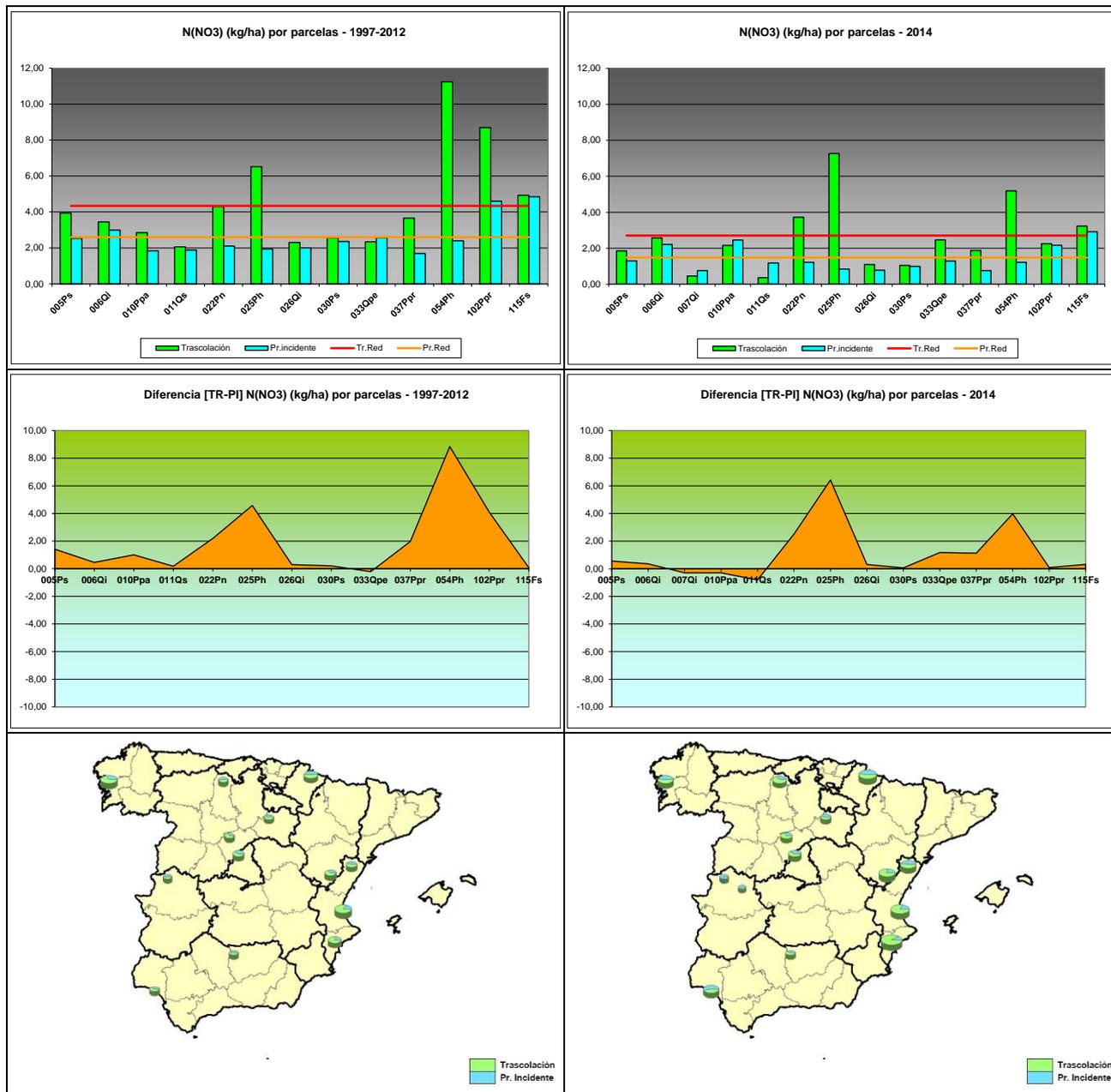


FIG 22: Deposición nitratos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolación y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 1997-2012 y año 2014.

PERIODO 1997-2012									
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	3,93	829	0,32	3,42	1049	0,50	5,70	4,27
006Qi	1,23	5,81	474	0,78	4,68	604	1,14	5,70	4,27
010Ppa	1,67	5,25	357	0,81	4,11	575	1,14	5,70	4,27
011Qs	0,39	2,59	681	0,37	2,77	767	-0,18	5,70	4,27
022Pn	0,98	3,79	415	0,65	3,09	490	0,71	5,70	4,27
025Ph	1,53	4,39	297	0,76	2,72	361	1,67	5,70	4,27
026Qi	0,51	2,75	591	0,40	2,51	643	0,24	5,70	4,27
030Ps	0,47	2,54	564	0,51	3,75	744	-1,20	5,70	4,27
033Qpe	0,43	3,57	890	0,36	3,99	1192	-0,42	5,70	4,27
037Ppr	0,66	2,14	327	0,52	2,10	420	0,05	5,70	4,27
054Ph	4,67	13,62	306	1,03	4,38	441	9,25	5,70	4,27
102Ppr	1,12	19,57	1756	0,56	11,45	2168	8,12	5,70	4,27
115Fs	0,46	7,19	1592	0,38	6,64	1782	0,55	5,70	4,27

PERIODO 2014									
Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
005Ps	0,25	1,31	530	0,20	1,39	705	-0,08	2,25	2,07
006Qi	0,68	3,77	558	0,59	4,22	713	-0,45	2,25	2,07
007Qi	0,23	0,75	328	0,30	1,06	358	-0,31	2,25	2,07
010Ppa	1,59	2,71	171	0,60	1,77	295	0,95	2,25	2,07
011Qs	0,21	1,18	577	0,35	2,16	615	-0,98	2,25	2,07
022Pn	0,43	1,63	383	0,35	1,43	404	0,20	2,25	2,07
025Ph	0,97	1,99	205	0,42	0,95	226	1,04	2,25	2,07
026Qi	0,38	1,37	364	0,46	1,64	358	-0,27	2,25	2,07
030Ps	0,20	0,79	397	0,24	1,26	528	-0,46	2,25	2,07
033Qpe	0,23	1,50	648	0,18	1,67	941	-0,17	2,25	2,07
037Ppr	0,27	0,60	221	0,23	0,73	314	-0,13	2,25	2,07
054Ph	0,41	1,40	345	0,36	1,29	362	0,11	2,25	2,07
102Ppr	0,51	6,54	1291	0,30	4,77	1590	1,77	2,25	2,07
115Fs	0,35	4,49	1286	0,27	3,71	1384	0,78	2,25	2,07

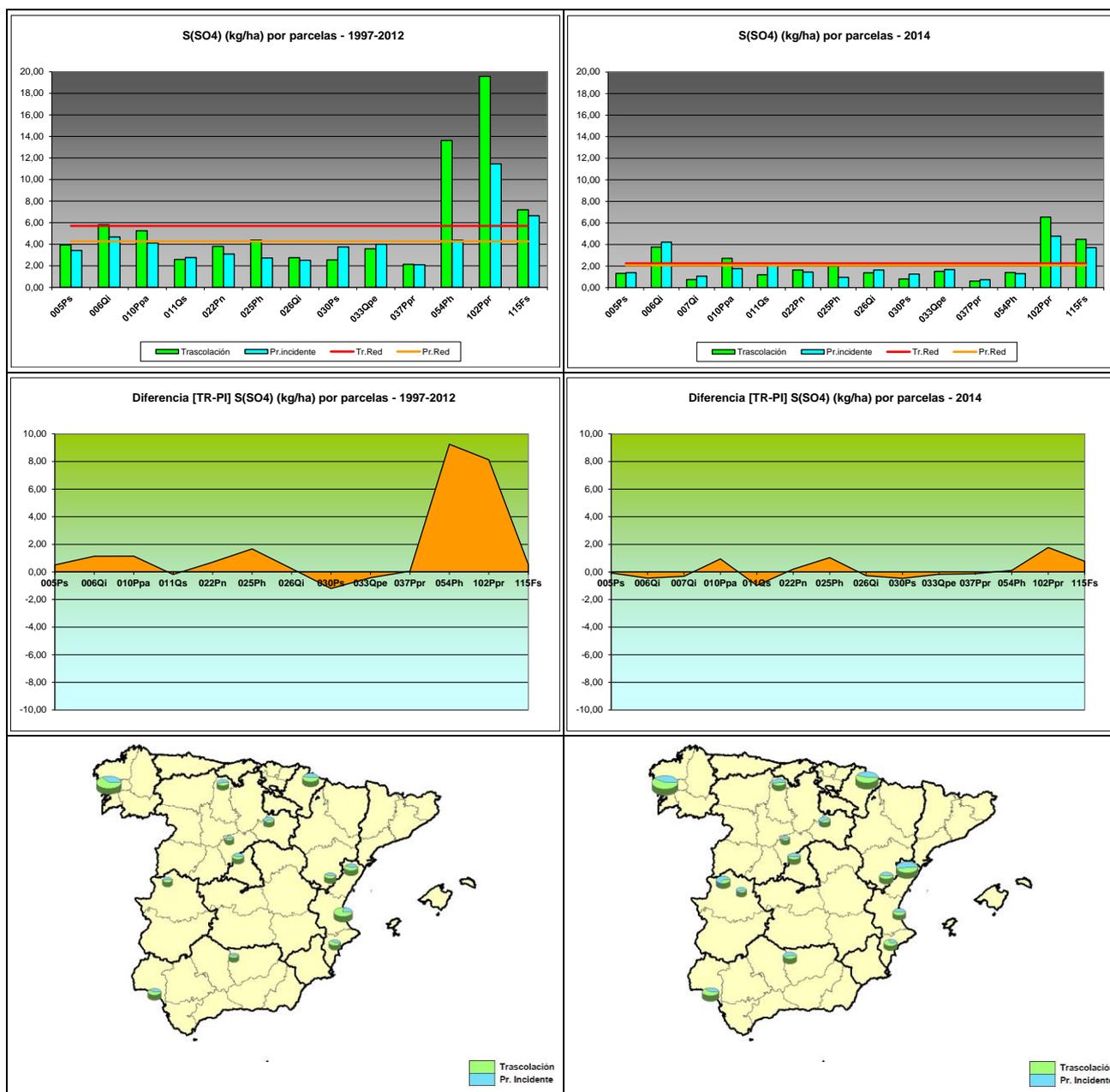


FIG 23: Deposición sulfatos (kg/ha). Valores medios por parcela y diferencia entre trascolución y precipitación a campo abierto serie histórica 1997-2012 y año 2014

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. Se registran precipitaciones considerablemente ácidas en la parcela 102Ppr, y en menor medida 05Ps, 30Ps y 11Qs, resultando por el contrario las precipitaciones más básicas en 06Qi, 10Ppa, 25Ph, 26Qi, 37Ppr y 54Ph; así como una ligera basificación de los resultados a lo largo del último año de evaluación.

2. Por lo que respecta a la **conductividad**, parámetro que engloba la concentración de sales en una disolución, se observan valores netamente superiores en las muestras obtenidas bajo cubierta que en las tomadas a campo abierto, en lo que incidirían los efectos de la deposición seca, así como los elevados valores de las parcelas 54Ph, 25Ph y 102Ppr, más próximas a la línea de costa y que podrían estar influenciadas por los aportes de origen marino.
3. En cuanto al **potasio**, elemento de carácter terrígeno, se han obtenido los mayores aportes en las parcelas 102Ppr y 115Fs, mientras que el nivel general de deposición ha disminuido con respecto al periodo precedente. En todos los casos los depósitos bajo cubierta arbórea han superado a los obtenidos al raso, poniendo de manifiesto la contribución de la deposición seca.
4. La deposición de **calcio** alcanza sus máximos en los puntos 54Ph y 25Ph, en zonas de suelo muy calizo, junto con valores elevados a campo abierto en 115Fs y 102Ppr, registrándose los mínimos de la serie en 11Qs. A lo largo del último año se observa en general una reducción en este tipo de aportes, salvo en la parcela 06Qi. Al igual que en el caso anterior, las tasas bajo cubierta han resultado ser en general superiores a las obtenidas a campo abierto.
5. El tercer elemento terrígeno considerado, el **magnesio**, presenta un patrón de distribución similar al del caso anterior: niveles históricamente elevados en 102Ppr y en menor medida 54Ph, con una notable reducción en el último año evaluado, debiéndose hacer constar que no se prospectó el periodo enero-abril. Nuevamente las mayores deposiciones se han obtenido bajo cubierta arbórea.
6. Por lo que respecta al **sodio**, elemento que como el cloro tiene un origen mayoritariamente marino, alcanza sus mayores valores en las parcelas 102Ppr y 54Ph, más próximas a la costa, y en menor medida 10Ppa y 115Fs resultando el resto de deposiciones notablemente inferiores. Salvo en los casos antedichos, no se han registrado grandes diferencias entre las tasas de trascolación y precipitación incidente.
7. El **amonio**, sustancia de origen agrícola y ganadero, presenta tasas considerablemente inferiores, destacando las altas deposiciones a cielo abierto obtenidas en 30Ps debidas a antiguas actividades ganaderas en las inmediaciones de la parcela interior entre 1997 y 1999, momento en que al cesar éstas se redujeron notablemente los niveles encontrados, junto con niveles considerablemente altos en la trascolación de 54Ph. A lo largo del último año se ha observado en general un aumento en los aportes de este contaminante, que no tiene una tendencia tan clara en lo que a la distribución de trascolación y precipitación incidente se refiere.
8. El **cloro**, segundo elemento de origen marino, tiene su máxima expresión en aquellas parcelas situadas junto a la línea de costa, alcanzando sus valores máximos en 102Ppr y 54Ph, seguidas de 10Ppa y 115Fs, disminuyendo notablemente a lo largo del último año de evaluación y sin que se adviertan grandes diferencias entre las vías de entrada al sistema salvo en los puntos de máximo.
9. Por lo que respecta a los **nitratos**, contaminantes antropogénicos propiamente dichos procedentes de la actividad humana e industrial, presentan sus mayores tasas en 54Ph y 115Fs, con depósitos inferiores a 10 kg/ha y un descenso generalizado a lo largo del último año, a excepción de la parcela 25Ph, en donde se ha registrado un incremento en los niveles de depósito, sobre todo en trascolación. En general se han encontrado mayores aportes bajo cubierta arbórea que a cielo abierto, hecho posiblemente relacionado con la influencia de la deposición seca.
10. Por último, y en cuanto a los **sulfatos**, los mayores depósitos tanto en trascolación como en precipitación incidente, se han obtenido en 102Ppr y en menor medida 54Ph, en un patrón ya

observado en el contaminante anterior, advirtiéndose una reducción general del nivel de depósito a lo largo del último año. Se advierte de nuevo, y presumiblemente por las mismas causas, un mayor nivel de incidencia de los depósitos obtenidos bajo cubierta.

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).

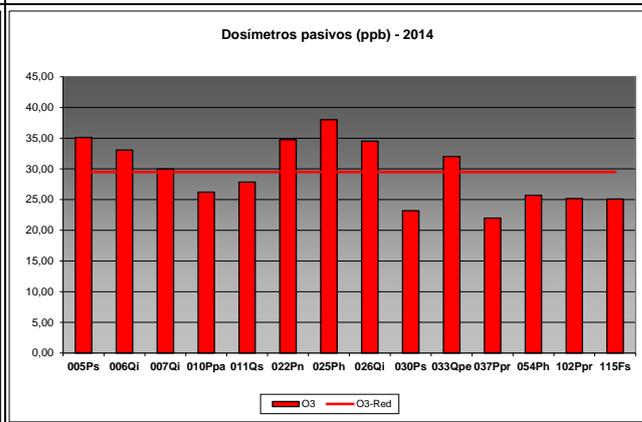
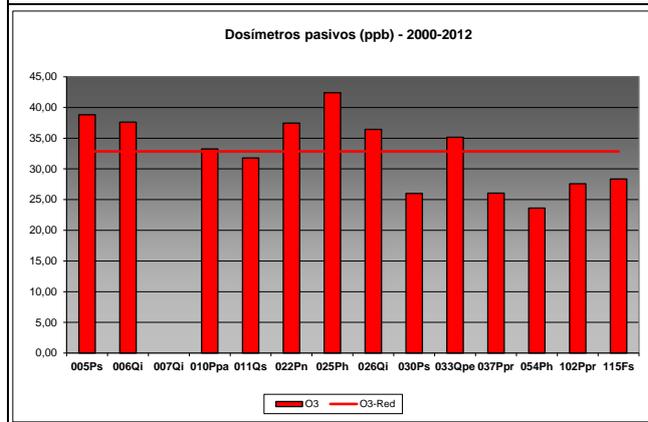
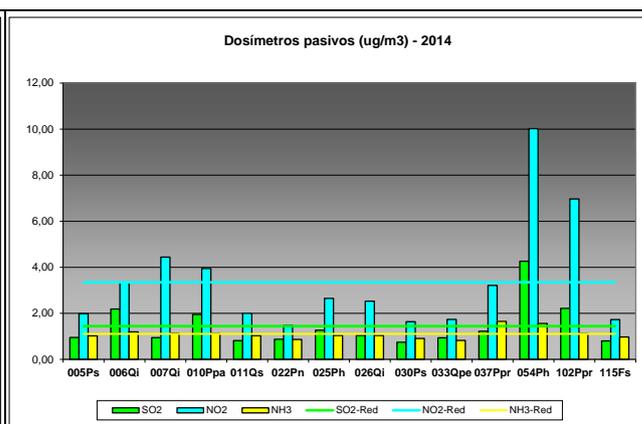
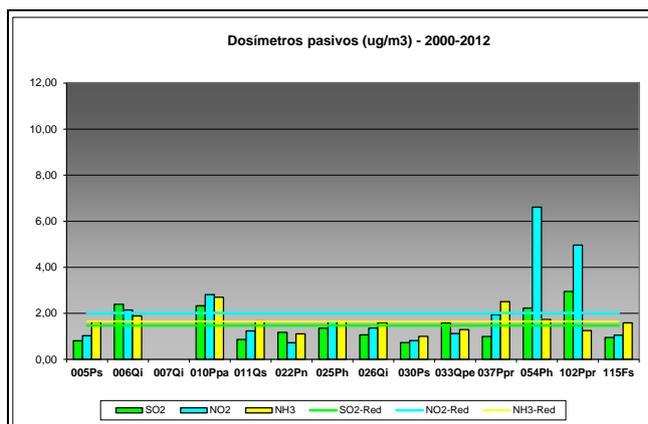
La medición se hace a través de dosímetros pasivos, dispositivos de muestreo dotados de un compuesto químico diana sensible a los distintos contaminantes con los que va reaccionando y que permite evaluar la concentración en aire de los mismos. En el periodo 2000-2009 el cambio de dispositivos fue quincenal, 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 1997-2012-, 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.

TABLA 13: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red.

PERIODO 2000-2012								
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	0,81	1,03	1,62	38,82	1,47	2,01	1,65	32,84
006 Qi	2,39	2,15	1,88	37,61	1,47	2,01	1,65	32,84
007 Qi					1,47	2,01	1,65	32,84
010 Ppa	2,33	2,81	2,70	33,25	1,47	2,01	1,65	32,84
011 Qs	0,86	1,24	1,67	31,77	1,47	2,01	1,65	32,84
022 Pn	1,17	0,72	1,11	37,45	1,47	2,01	1,65	32,84
025 Ph	1,35	1,64	1,66	42,39	1,47	2,01	1,65	32,84
026 Qi	1,06	1,36	1,60	36,44	1,47	2,01	1,65	32,84
030 Ps	0,73	0,81	1,00	26,00	1,47	2,01	1,65	32,84
033 Qpe	1,58	1,12	1,29	35,15	1,47	2,01	1,65	32,84
037 Ppr	0,99	1,94	2,50	26,04	1,47	2,01	1,65	32,84
054 Ph	2,23	6,61	1,74	23,62	1,47	2,01	1,65	32,84
102 Ppr	2,95	4,96	1,25	27,59	1,47	2,01	1,65	32,84
115 Fs	0,95	1,05	1,59	28,36	1,47	2,01	1,65	32,84
Media	1,49	2,11	1,66	32,65	1,47	2,01	1,65	32,84

PERIODO 2014								
Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
005 Ps	0,95	1,99	1,03	35,12	1,44	3,35	1,11	29,51
006 Qi	2,18	3,34	1,19	33,05	1,44	3,35	1,11	29,51
007 Qi	0,94	4,44	1,14	29,98	1,44	3,35	1,11	29,51
010 Ppa	1,95	3,95	1,12	26,22	1,44	3,35	1,11	29,51
011 Qs	0,82	2,00	1,03	27,83	1,44	3,35	1,11	29,51
022 Pn	0,87	1,48	0,87	34,79	1,44	3,35	1,11	29,51
025 Ph	1,27	2,65	1,04	38,01	1,44	3,35	1,11	29,51
026 Qi	1,04	2,53	1,03	34,50	1,44	3,35	1,11	29,51
030 Ps	0,74	1,64	0,91	23,18	1,44	3,35	1,11	29,51
033 Qpe	0,94	1,73	0,82	32,03	1,44	3,35	1,11	29,51
037 Ppr	1,22	3,21	1,65	21,99	1,44	3,35	1,11	29,51
054 Ph	4,26	10,02	1,56	25,71	1,44	3,35	1,11	29,51
102 Ppr	2,21	6,97	1,13	25,16	1,44	3,35	1,11	29,51
115 Fs	0,80	1,73	0,97	25,08	1,44	3,35	1,11	29,51
Media	1,44	3,40	1,11	29,48	1,44	3,35	1,11	29,51



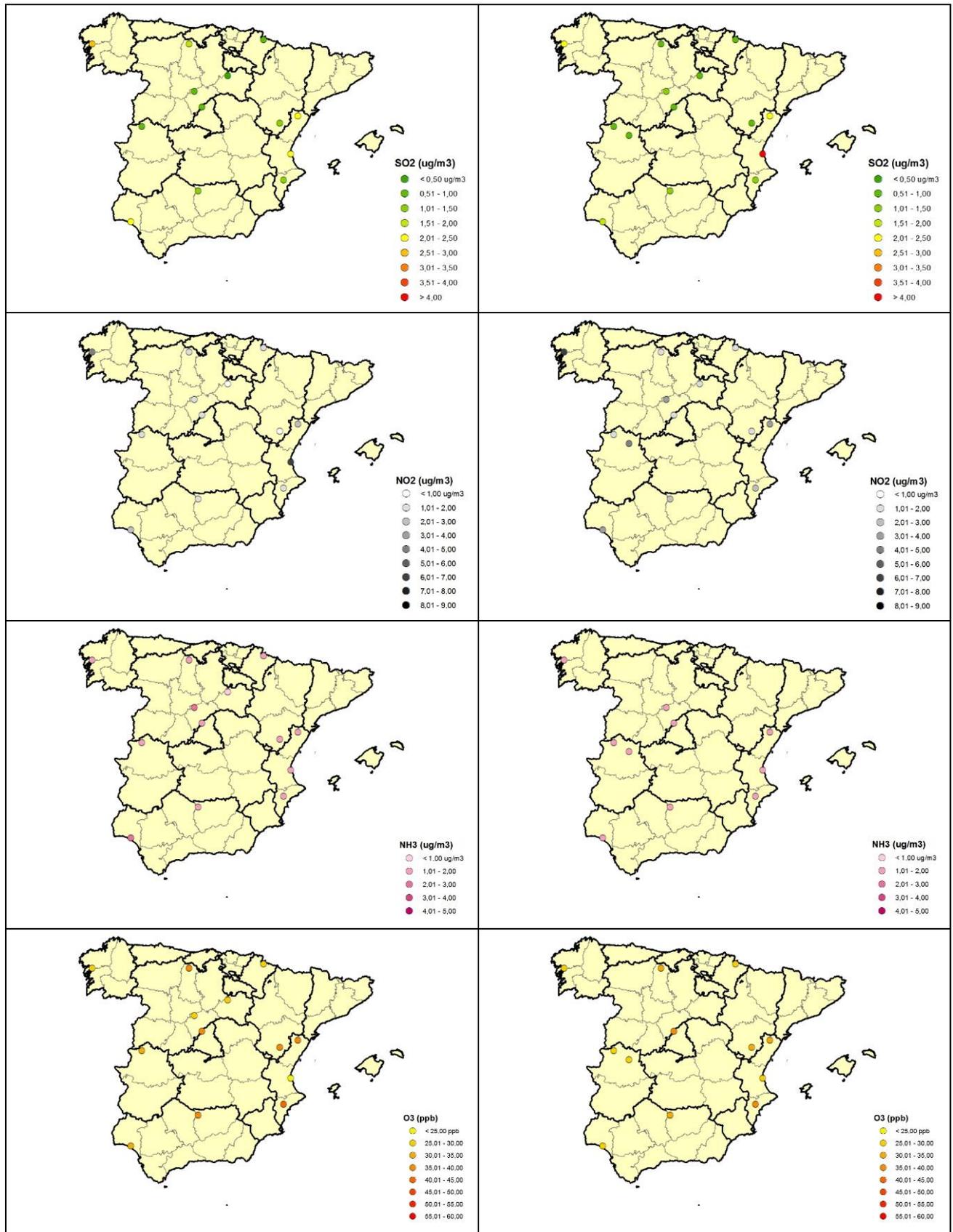


FIG 24: Inmisión atmosférica. Dióxido de azufre, óxidos de nitrógeno, amoníaco y ozono. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

1. Por lo que se refiere a la calidad del aire, las mayores concentraciones de **dióxido de azufre** en 102Ppr, y en menor medida 06Qi, 10Ppa y 54Ph, parcela esta que experimenta un repunte a lo largo del último año de evaluación sin que se hayan llegado a superar los $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ de media anual.
2. En cuanto a los **óxidos de nitrógeno** los máximos valores se han encontrado en las mismas parcelas mencionadas en el caso anterior, con nuevos máximos en 102Ppr y 54Ph y un notable incremento de los niveles a lo largo del último año en prácticamente todas las parcelas. Por el contrario, los niveles de **amoniaco** han tendido a reducirse a lo largo del último año, destacando –si bien de forma poco significativa- las concentraciones observadas en 37Ppr y 54Ph.
3. Por lo que se refiere al **ozono**, no se advierten grandes diferencias entre los valores obtenidos a lo largo del último año y el conjunto de la serie histórica, destacando con los mayores niveles las parcelas 25Ph, 22Pn, 26Qi, 05Ps y 06Qi.

6. Análisis foliar.

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

6.1. Caracterización de los árboles muestra.

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

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

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

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

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

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

- ✓ Poder caer libremente al suelo.

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

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

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

6.2. Variables de medición.

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

TABLA 14: Muesteos foliares efectuados en la red

Variable	Campaña de Muestreo									
	1995-1996	1997-1998	1999-2000	2001-2002	2003-2004	2005-2006	2007-2008	2009-2010	2011-2012	2013-2014
Peso Seco	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C
Macronutrientes										
N	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C
S	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C
P	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C
Ca	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C
Mg	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C
K	T	P+F	T	T	T	T	T	T	T	P+C
C										P+C
Micronutrientes										
Na		P+F								
Zn	T	P+F								P+C
Mn	T	P+F								P+C
Fe	T	P+F								P+C
Cu										P+C
Metidas analiz										
Frondosas cad.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	
Frondosas per.	1	2	1	2	1	2	2	2	2	2
Coníferas	1		1	2	1	2	2	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
005 Ps	8,00		11,00	16,00	13,00	14,00	13,50	13,67	13,97	15,87
006 Qi	7,00	7,50	8,00	6,00	12,00	8,00	11,00	5,00	7,64	6,88
007 Qi										13,92
010 Ppa	16,00		16,00	37,00	42,00	27,00	47,00	23,50	32,88	35,63
011 Qs	9,00		7,00	8,00	9,00	10,00	10,00	10,50	9,50	9,32
022 Pn	33,00		27,00	26,00	41,00	28,00	31,50	44,00	37,59	43,18
025 Ph	10,00		14,00	18,00	16,00	13,00	15,00	14,00	15,05	13,22
026 Qi	5,00	8,50	5,00	7,00	8,00	7,00	9,00	7,00	7,41	9,11
030 Ps	8,00		11,00	12,00	13,00	11,00	12,00	14,33	13,77	17,50
033 Qpe	19,00	19,00	21,00	24,00	22,00	20,00	28,00	17,00	21,25	
037 Ppr	76,00		75,00	113,00	129,00	95,00	134,50	135,00	134,42	129,60
054 Ph							17,50	13,50	15,50	12,55
102 Ppr	169,00		149,00				155,00	168,67	162,48	173,07
115 Fs	7,00	8,00	9,00	9,00	12,00	11,00	11,00	8,00	9,38	

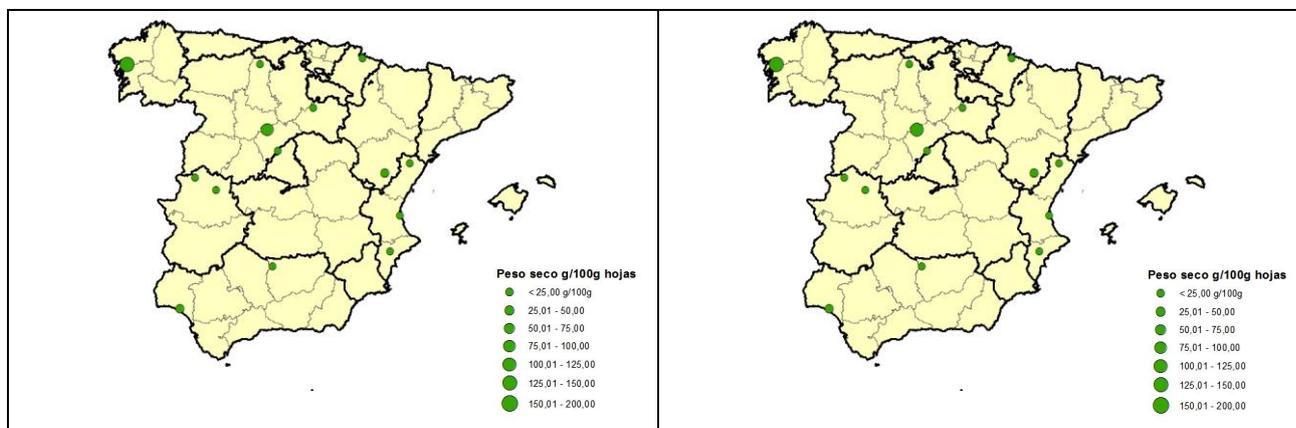
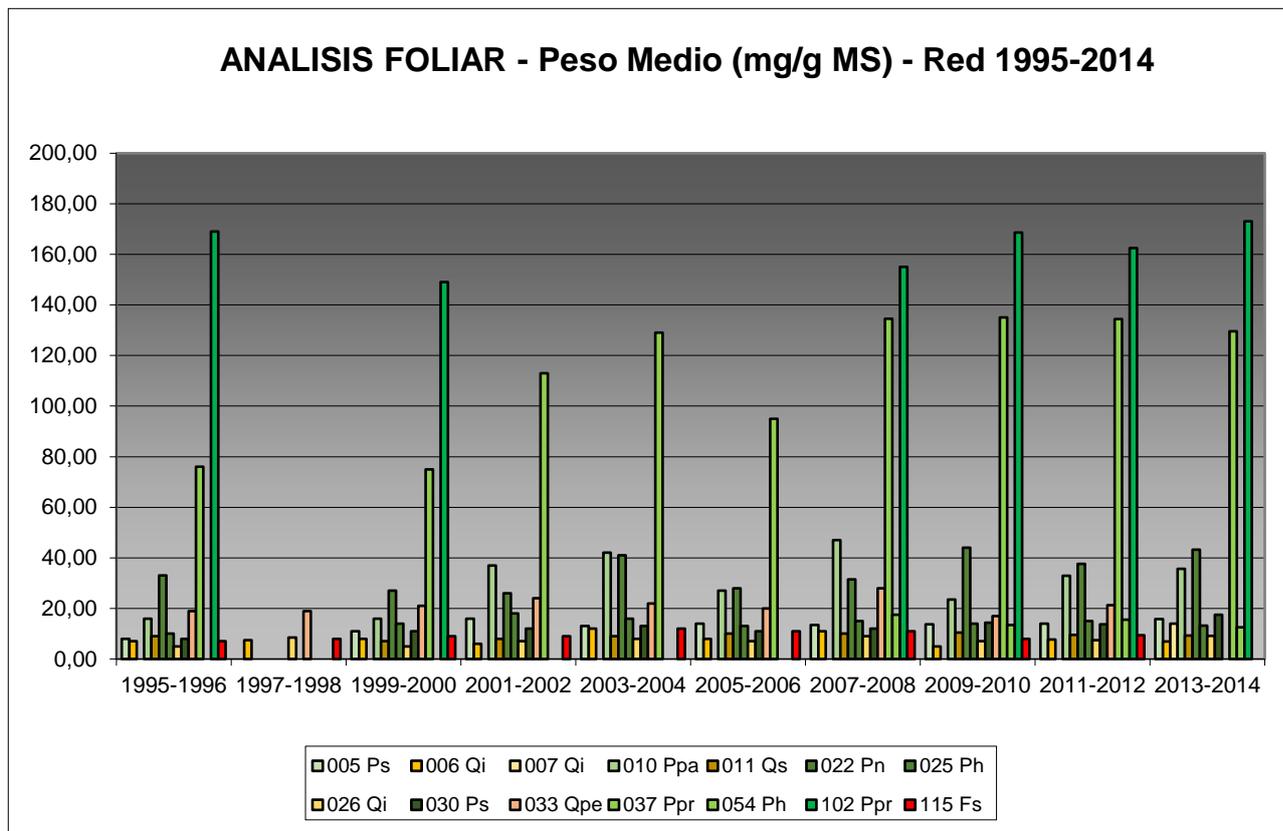
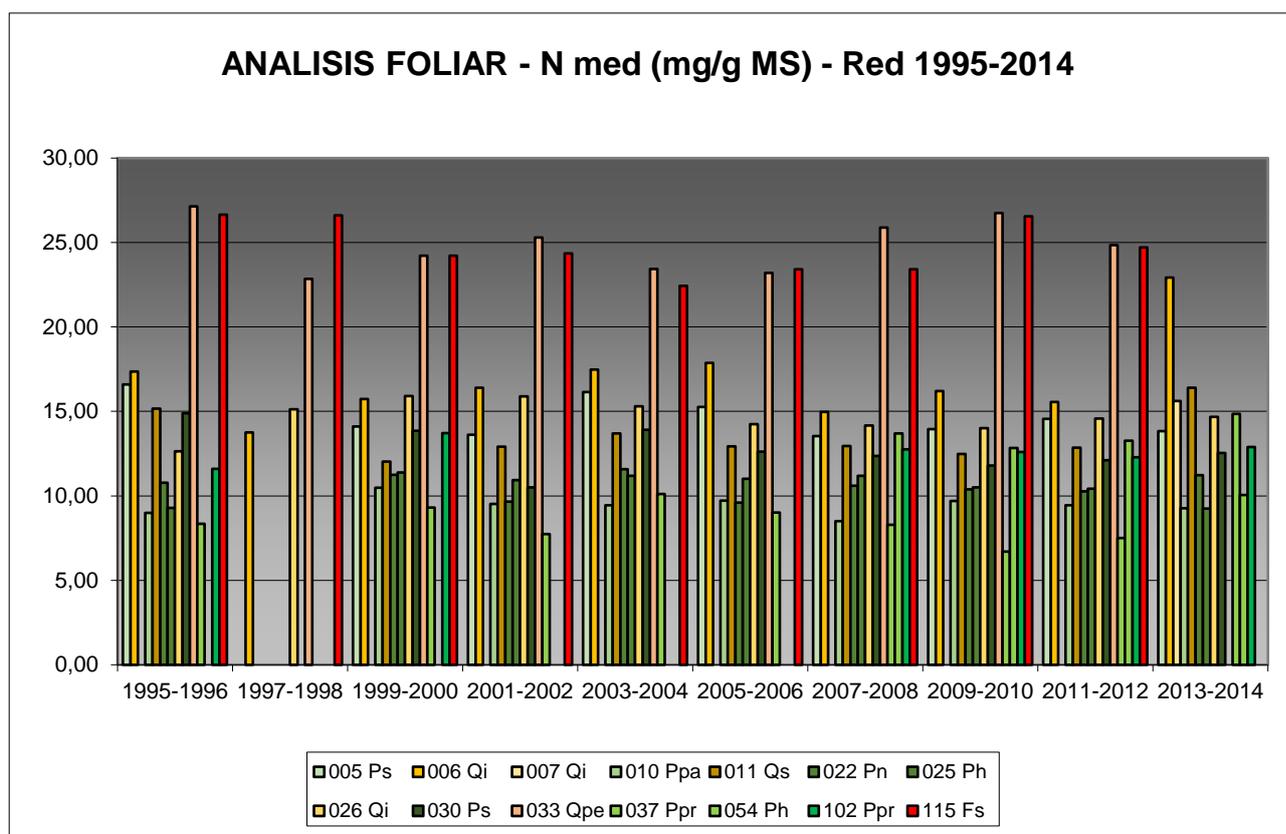


FIG 25: Peso seco hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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
005 Ps	16,60		14,10	13,62	16,14	15,26	13,54	13,95	14,56	13,84
006 Qi	17,35	13,75	15,74	16,39	17,47	17,86	14,97	16,20	15,55	22,93
007 Qi										15,62
010 Ppa	8,99		10,48	9,52	9,44	9,71	8,51	9,70	9,43	9,28
011 Qs	15,17		12,03	12,91	13,70	12,94	12,95	12,48	12,86	16,39
022 Pn	10,78		11,24	9,66	11,57	9,60	10,59	10,39	10,28	11,23
025 Ph	9,28		11,39	10,94	11,19	11,01	11,20	10,51	10,42	9,25
026 Qi	12,64	15,13	15,91	15,88	15,31	14,25	14,16	14,00	14,59	14,67
030 Ps	14,89		13,86	10,51	13,92	12,61	12,36	11,79	12,12	12,54
033 Qpe	27,14	22,84	24,22	25,30	23,43	23,19	25,88	26,75	24,84	
037 Ppr	8,34		9,30	7,73	10,10	9,02	8,29	6,71	7,51	14,86
054 Ph							13,70	12,83	13,27	10,05
102 Ppr	11,59		13,71				12,75	12,60	12,29	12,88
115 Fs	26,64	26,60	24,22	24,35	22,44	23,42	23,42	26,54	24,70	



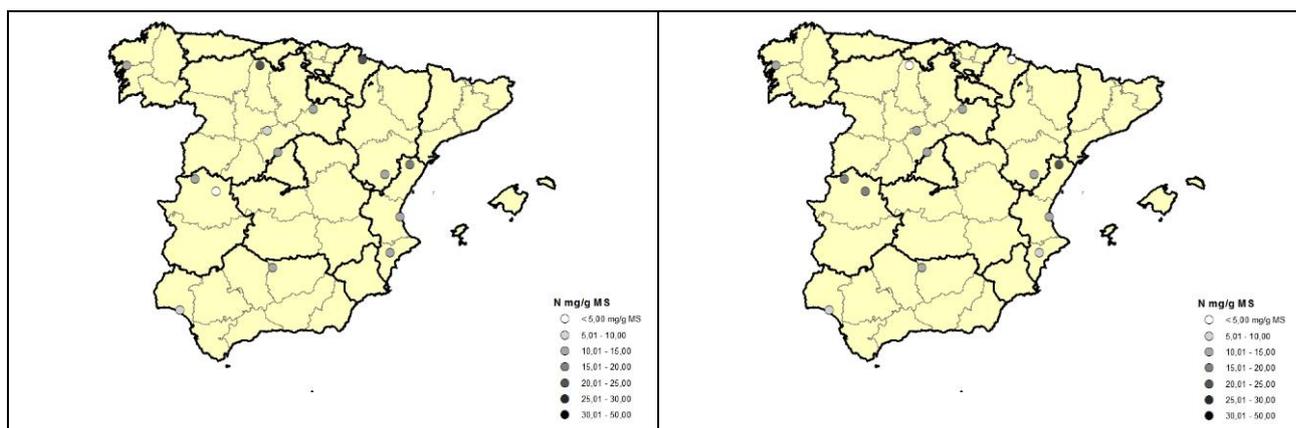


FIG 26: Contenido en nitrógeno hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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
005 Ps	1,15		0,93	1,00	1,21	1,10	1,22	1,19	1,17	0,97
006 Qi	1,39	1,20	1,16	1,36	1,48	1,46	1,14	1,29	1,29	1,04
007 Qi										1,01
010 Ppa	0,83		1,22	1,11	1,16	1,26	1,23	1,12	1,18	1,10
011 Qs	1,08		1,07	0,99	1,07	1,33	1,18	1,28	1,19	1,03
022 Pn	1,03		0,87	0,91	0,92	0,96	0,91	1,27	1,08	0,91
025 Ph	1,10		1,54	1,43	1,61	1,39	1,48	1,77	1,57	1,35
026 Qi	0,92	1,04	1,20	1,15	1,14	1,13	1,22	1,32	1,14	0,97
030 Ps	1,05		0,98	0,95	0,96	1,04	1,27	1,20	1,13	1,08
033 Qpe	1,90	1,61	1,68	1,70	1,67	1,61	1,69	1,68	1,69	
037 Ppr	0,86		0,77	0,88	0,96	0,91	1,28	0,96	1,00	0,93
054 Ph							2,17	1,41	1,79	1,08
102 Ppr	1,02		1,09				1,59	1,29	1,36	0,86
115 Fs	1,94	1,72	1,70	1,68	1,40	1,58	1,49	1,67	1,65	

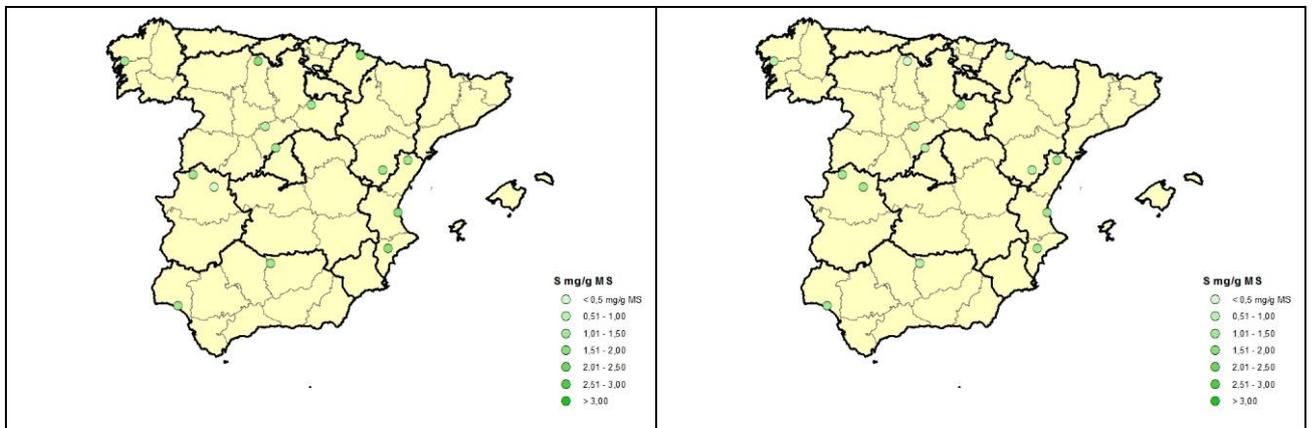
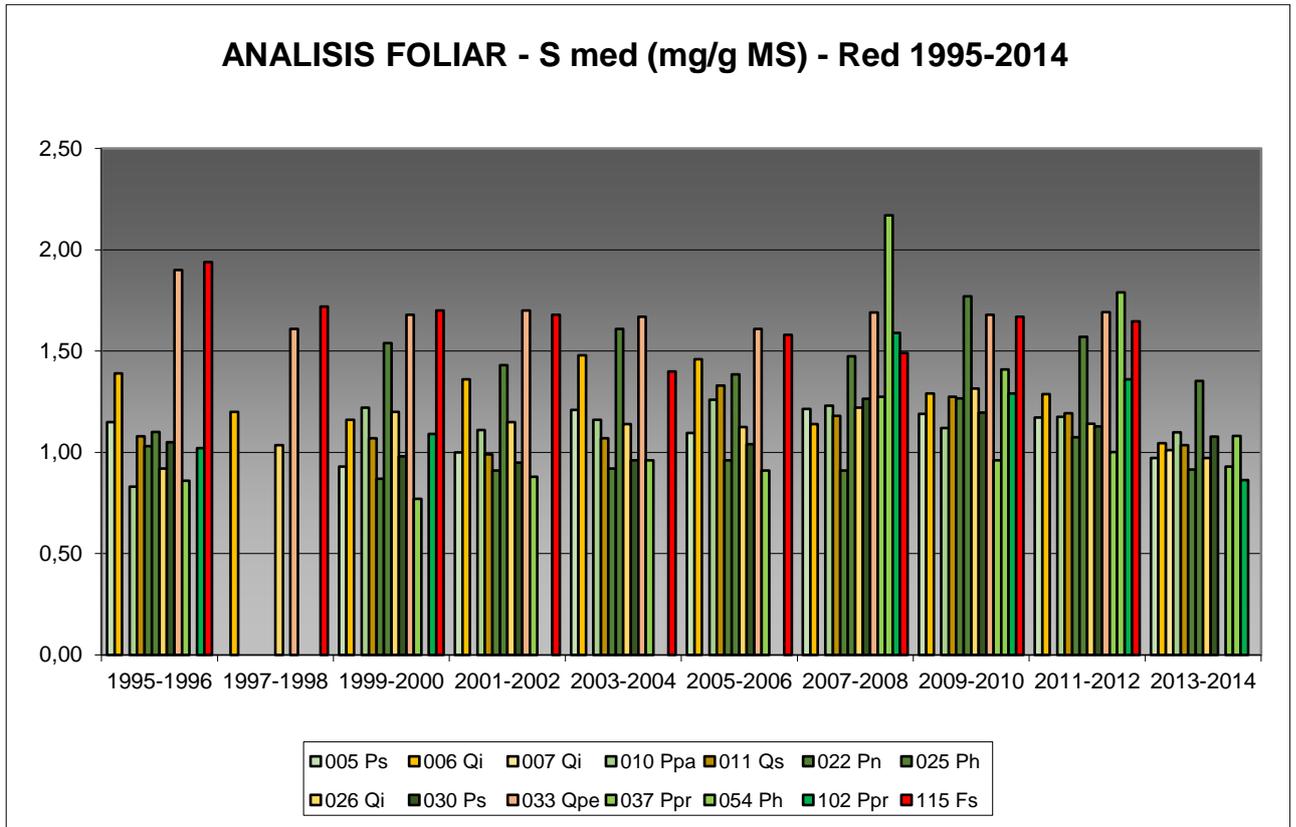
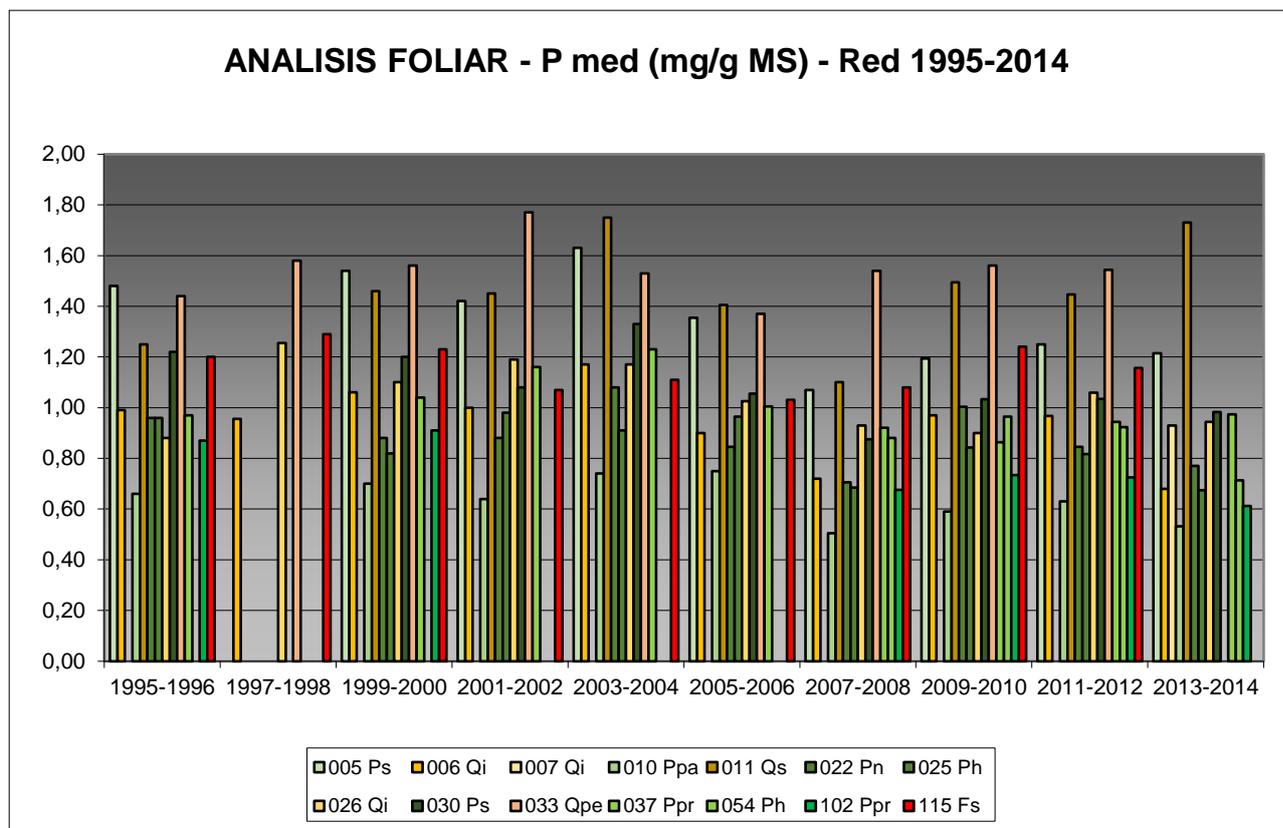


FIG 27: Contenido en azufre hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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
005 Ps	1,48		1,54	1,42	1,63	1,36	1,07	1,19	1,25	1,21
006 Qi	0,99	0,96	1,06	1,00	1,17	0,90	0,72	0,97	0,97	0,68
007 Qi										0,93
010 Ppa	0,66		0,70	0,64	0,74	0,75	0,51	0,59	0,63	0,53
011 Qs	1,25		1,46	1,45	1,75	1,41	1,10	1,50	1,45	1,73
022 Pn	0,96		0,88	0,88	1,08	0,85	0,71	1,00	0,85	0,77
025 Ph	0,96		0,82	0,98	0,91	0,97	0,69	0,84	0,82	0,67
026 Qi	0,88	1,26	1,10	1,19	1,17	1,03	0,93	0,90	1,06	0,94
030 Ps	1,22		1,20	1,08	1,33	1,06	0,88	1,03	1,03	0,98
033 Qpe	1,44	1,58	1,56	1,77	1,53	1,37	1,54	1,56	1,54	
037 Ppr	0,97		1,04	1,16	1,23	1,01	0,92	0,86	0,94	0,97
054 Ph							0,88	0,97	0,92	0,71
102 Ppr	0,87		0,91				0,68	0,73	0,73	0,61
115 Fs	1,20	1,29	1,23	1,07	1,11	1,03	1,08	1,24	1,16	



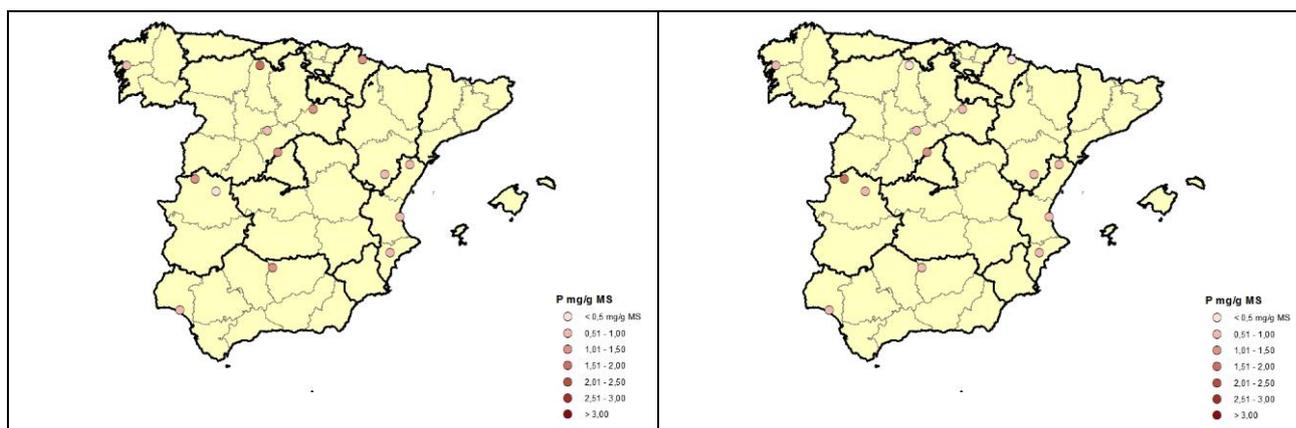


FIG 28: Contenido en fósforo hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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

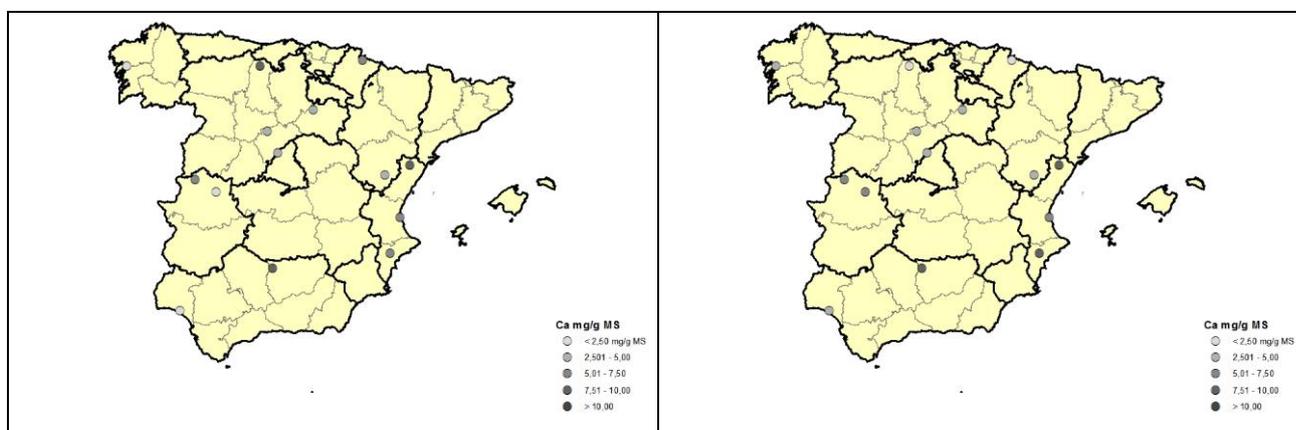
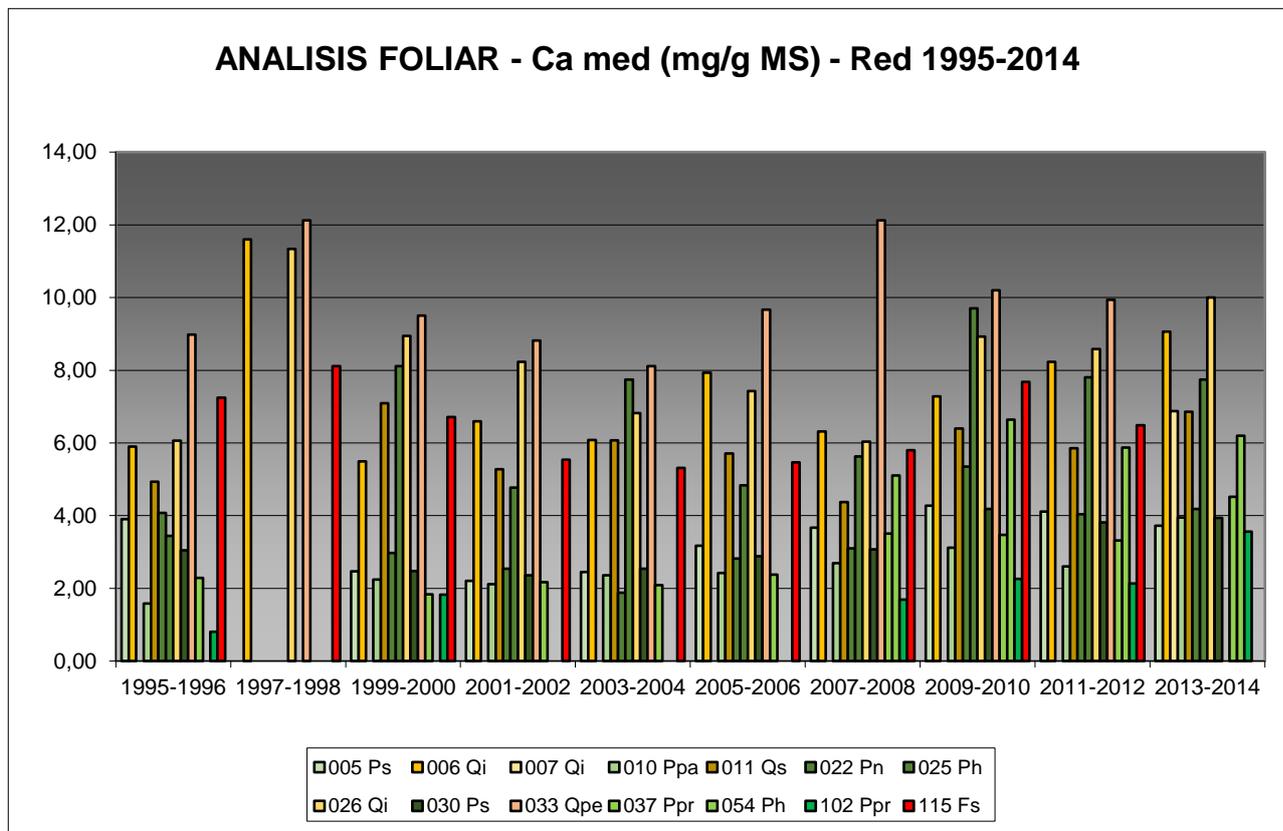
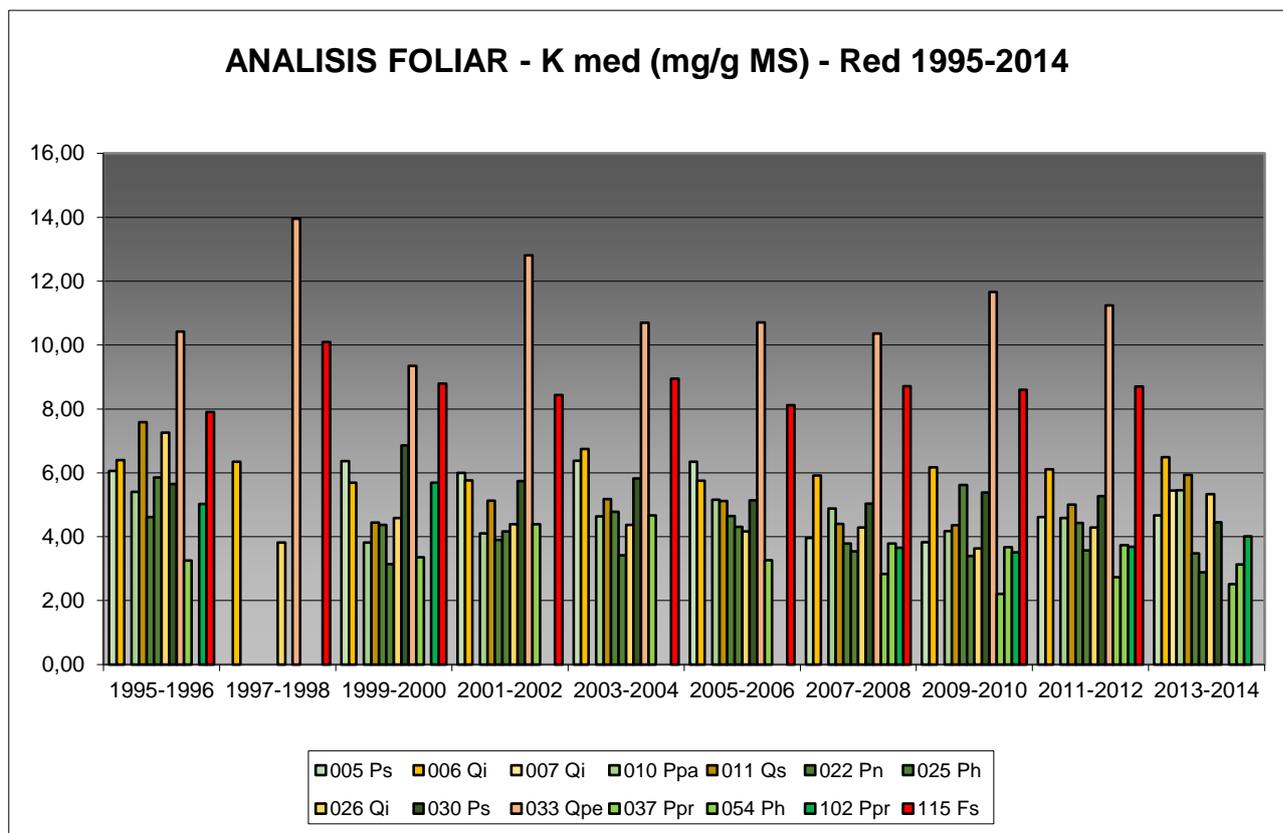


FIG 29: Contenido en calcio hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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
005 Ps	6,06		6,37	6,00	6,38	6,35	3,97	3,83	4,62	4,66
006 Qi	6,40	6,35	5,69	5,76	6,75	5,75	5,92	6,17	6,11	6,49
007 Qi										5,44
010 Ppa	5,40		3,82	4,10	4,64	5,16	4,88	4,18	4,59	5,45
011 Qs	7,59		4,44	5,13	5,18	5,12	4,40	4,36	5,00	5,93
022 Pn	4,62		4,37	3,90	4,78	4,65	3,79	5,62	4,43	3,48
025 Ph	5,85		3,14	4,17	3,42	4,31	3,54	3,39	3,57	2,89
026 Qi	7,26	3,82	4,58	4,39	4,37	4,17	4,29	3,64	4,28	5,33
030 Ps	5,65		6,86	5,74	5,82	5,14	5,04	5,38	5,28	4,45
033 Qpe	10,42	13,95	9,35	12,81	10,70	10,71	10,36	11,66	11,25	
037 Ppr	3,25		3,36	4,39	4,67	3,27	2,84	2,21	2,73	2,52
054 Ph							3,79	3,67	3,73	3,13
102 Ppr	5,03		5,69				3,65	3,51	3,69	4,01
115 Fs	7,90	10,09	8,79	8,44	8,95	8,12	8,71	8,60	8,70	



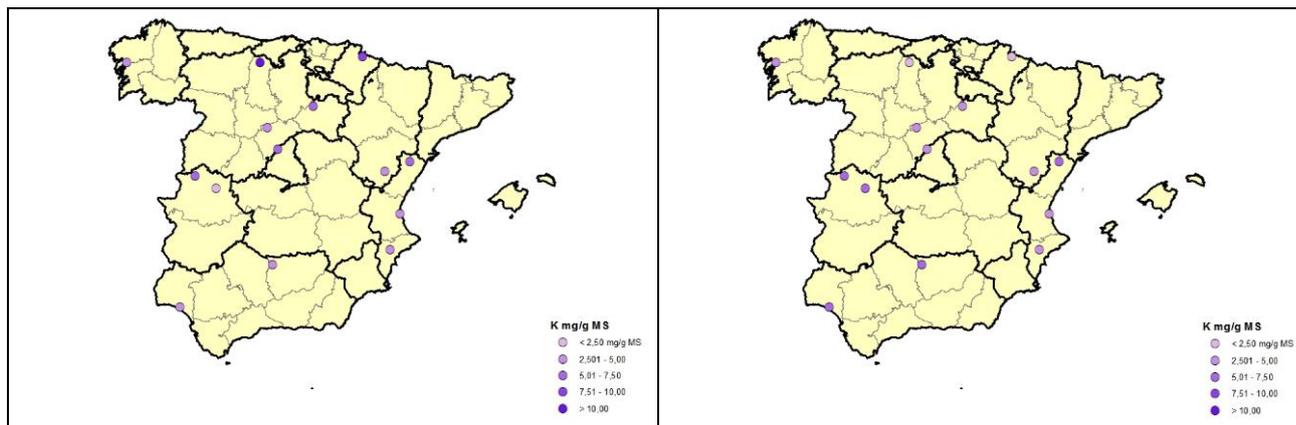


FIG 30: Contenido en potasio hojas/acículas. Valores medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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
005 Ps										53,52
006 Qi										51,34
007 Qi										50,06
010 Ppa										50,41
011 Qs										52,40
022 Pn										54,12
025 Ph										52,98
026 Qi										50,48
030 Ps										53,37
033 Qpe										
037 Ppr										53,28
054 Ph										54,86
102 Ppr										52,48
115 Fs										

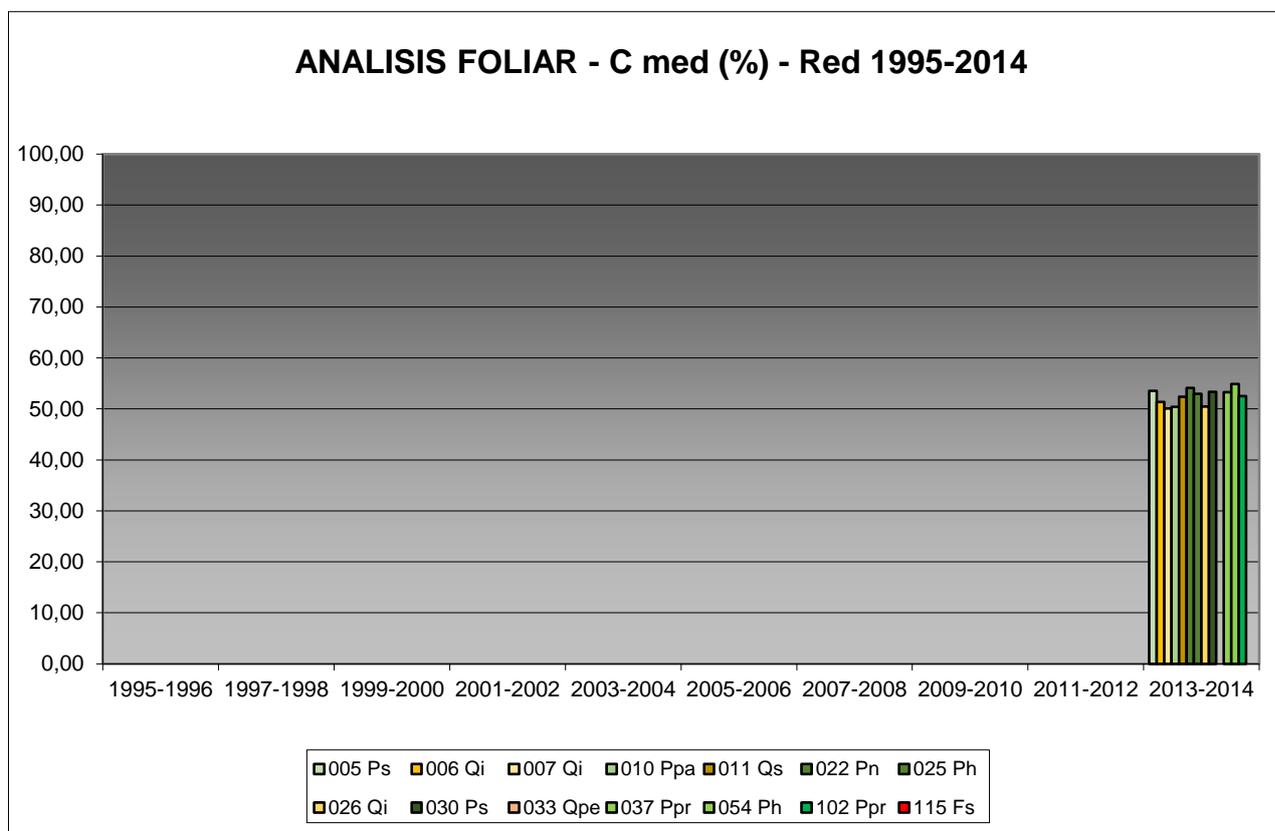


FIG 31: Contenido en carbono hojas/acículas. Valores medios por parcela año 2014

6.4. Interpretación de resultados.

En cuanto a los análisis foliares efectuados, cabe concluir:

1. El **peso seco** ha alcanzado sus mayores valores en las parcelas pobladas por pino negral: 102Ppr y 37Ppr y parece experimentar un cierto crecimiento a lo largo de los últimos años, mientras que los valores menores se dan en los encinares, poblados por las parcelas 06Qi 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.
3. Los contenidos en **azufre** no presentan una tendencia tan definida, abundando los máximos en las parcelas de caducifolias 33Qpe y 115Fs y en menor medida 54Ph y 25Ph, con una disminución más o menos generalizada a lo largo del último año de evaluación.
4. Los mayores niveles en **fósforo** se han encontrado de nuevo en la parcela 33Qpe, con algún episodio elevado en 11Qs a lo largo del periodo 2003-2006 y mínimos de la serie muy concentrados en 10Ppa, sin que se observen grandes diferencias entre el último año de evaluación y el conjunto de la serie histórica.

5. Los contenidos en **calcio** son nuevamente superiores en 33Qpe a lo largo de prácticamente todos los años evaluados, mientras que las menores tasas se han encontrado en 102Ppr. 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 negro.
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.

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 2005-2012. Debe tenerse en cuenta que los muestreos correspondientes a 2014 se ha muestreado el periodo mayo-diciembre.

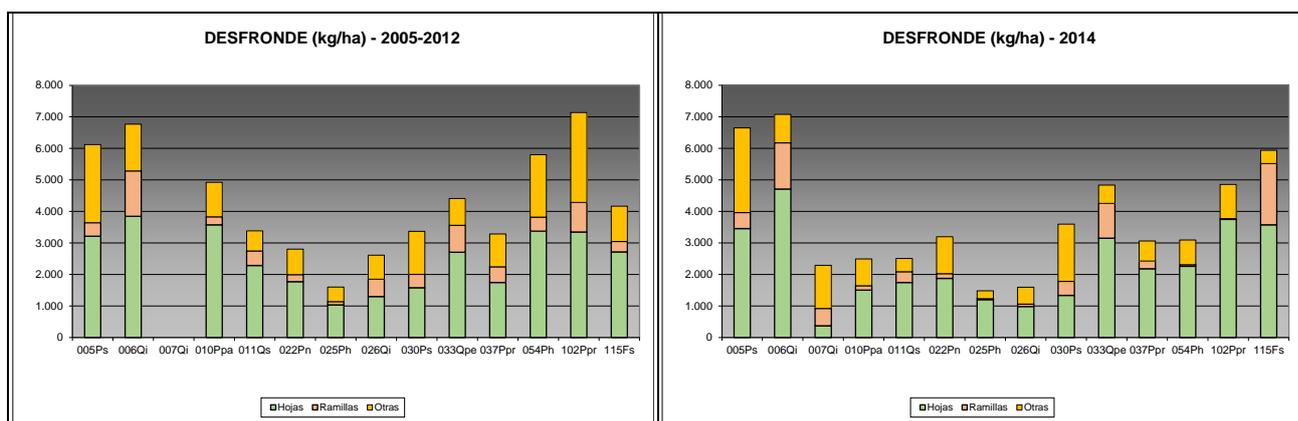
TABLA 22: Caracterización desfronde. Periodo 2005-2012 y 2014.

Año	PERIODO 2005-2012								
	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	3.213	53,02	9,50	0,88	0,72	5,47	1,07	2,36
	Ramillas	433	54,36	9,14	0,92	0,55	4,38	0,91	1,65
	Otras	2.475	53,03	9,25	0,87	0,71	3,90	0,85	1,68
006 Qi	Hojas	3.845	51,34	11,72	1,08	0,61	13,40	2,25	4,73
	Ramillas	1.445	48,99	8,40	0,85	0,50	29,60	3,79	3,83
	Otras	1.478	49,12	15,68	1,37	1,19	13,25	2,86	6,11
010 Ppa	Hojas	3.579	52,09	5,29	1,05	0,46	3,90	2,47	2,80
	Ramillas	254	53,77	4,80	0,89	0,50	5,92	1,17	1,21
	Otras	1.094	52,54	6,31	0,99	0,44	5,33	1,41	1,73
011 Qs	Hojas	2.287	52,67	6,51	0,87	1,12	7,37	2,26	4,11
	Ramillas	459	52,13	5,65	0,69	0,96	11,91	2,07	4,54
	Otras	639	50,14	16,99	1,31	1,89	7,80	2,13	7,27

Año	PERIODO 2005-2012								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
022 Pn	Hojas	1.775	54,46	6,48	0,86	0,42	5,90	1,34	2,34
	Ramillas	221	53,62	5,08	0,76	0,19	10,40	1,31	0,71
	Otras	811	52,65	7,46	0,94	0,41	5,70	0,83	1,08
025 Ph	Hojas	1.039	53,13	6,41	1,05	0,31	10,08	2,22	1,33
	Ramillas	105	51,56	4,67	0,64	0,28	13,88	2,18	1,27
	Otras	457	49,76	7,37	0,83	0,42	16,46	2,31	1,71
026 Qi	Hojas	1.300	51,61	10,03	0,85	0,65	9,79	1,59	2,83
	Ramillas	551	50,44	8,28	0,62	0,80	17,38	2,01	3,68
	Otras	761	49,41	17,25	1,36	1,18	9,46	1,73	4,42
030 Ps	Hojas	1.582	53,93	6,70	0,88	0,40	6,79	1,17	2,14
	Ramillas	426	54,28	5,82	0,70	0,25	4,63	0,69	1,06
	Otras	1.363	53,52	6,83	0,71	0,47	5,92	0,75	1,24
033Qpe	Hojas	2.705	52,14	18,39	1,34	1,06	7,23	1,71	5,29
	Ramillas	857	52,24	6,31	0,46	0,36	4,87	0,83	1,80
	Otras	849	51,49	13,39	1,03	0,85	8,64	1,36	2,80
037 Ppr	Hojas	1.749	53,96	5,40	0,83	0,68	5,86	2,28	1,47
	Ramillas	498	52,94	6,84	0,80	0,38	10,69	2,91	0,95
	Otras	1.040	52,54	10,04	1,08	1,20	8,42	1,98	4,15
054 Ph	Hojas	3.377	54,52	9,82	1,35	0,63	8,23	2,50	2,38
	Ramillas	442	53,37	10,40	1,42	0,80	12,98	3,06	1,98
	Otras	1.980	52,58	9,78	1,11	1,20	11,83	2,26	2,63
102 Ppr	Hojas	3.348	54,29	8,25	0,97	0,40	2,83	1,19	1,70
	Ramillas	939	56,32	8,15	1,05	0,32	2,14	0,74	0,67
	Otras	2.851	54,69	10,25	1,23	0,61	1,48	0,83	1,27
115 Fs	Hojas	2.717	53,03	18,64	1,37	0,95	8,44	1,93	3,52
	Ramillas	334	53,69	9,14	0,79	0,36	6,80	0,98	0,99
	Otras	1.116	50,38	16,54	1,36	0,95	6,12	1,51	2,57

Año	PERIODO 2014								
	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	3.458	52,96	11,00	0,72	0,59	5,94	0,86	2,46
	Ramillas	504							
	Otras	2.687							
006 Qi	Hojas	4.712	49,84	14,37	0,99	0,46	14,56	0,88	5,15
	Ramillas	1.468							
	Otras	899							
007 Qi	Hojas	375	49,69	9,62	0,91	0,63	13,39	1,17	2,66
	Ramillas	546							
	Otras	1.370							
010 Ppa	Hojas	1.505	50,00	6,23	0,79	0,22	4,03	2,38	4,34
	Ramillas	139							
	Otras	850							
011 Qs	Hojas	1.746	51,58	5,60	0,68	0,91	9,52	1,88	3,13
	Ramillas	342							
	Otras	423							
022 Pn	Hojas	1.877	54,35	5,92	0,74	0,31	6,08	1,43	2,35
	Ramillas	148							

Año	PERIODO 2014								
	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
	Otras	1.174							
025 Ph	Hojas	1.204	53,19	5,72	1,22	0,38	10,75	1,68	1,32
	Ramillas	31							
	Otras	249							
026 Qi	Hojas	987	50,63	11,22	0,71	0,53	8,37	1,07	2,93
	Ramillas	73							
	Otras	537							
030 Ps	Hojas	1.339	54,08	7,28	0,65	0,27	7,49	0,82	2,48
	Ramillas	445							
	Otras	1.813							
033Qpe	Hojas	3.151	50,51	17,76	1,01	0,85	6,99	1,35	5,09
	Ramillas	1.105							
	Otras	581							
037 Ppr	Hojas	2.179	52,19	3,42	0,74	0,55	6,96	2,25	0,93
	Ramillas	247							
	Otras	635							
054 Ph	Hojas	2.257	56,34	11,77	1,25	0,44	7,45	1,73	2,15
	Ramillas	57							
	Otras	781							
102 Ppr	Hojas	3.747	53,63	8,53	0,60	0,17	2,76	1,18	0,78
	Ramillas	23							
	Otras	1.087							
115 Fs	Hojas	3.574	50,84	13,42	1,30	0,75	10,12	1,05	4,84
	Ramillas	1.945							
	Otras	422							



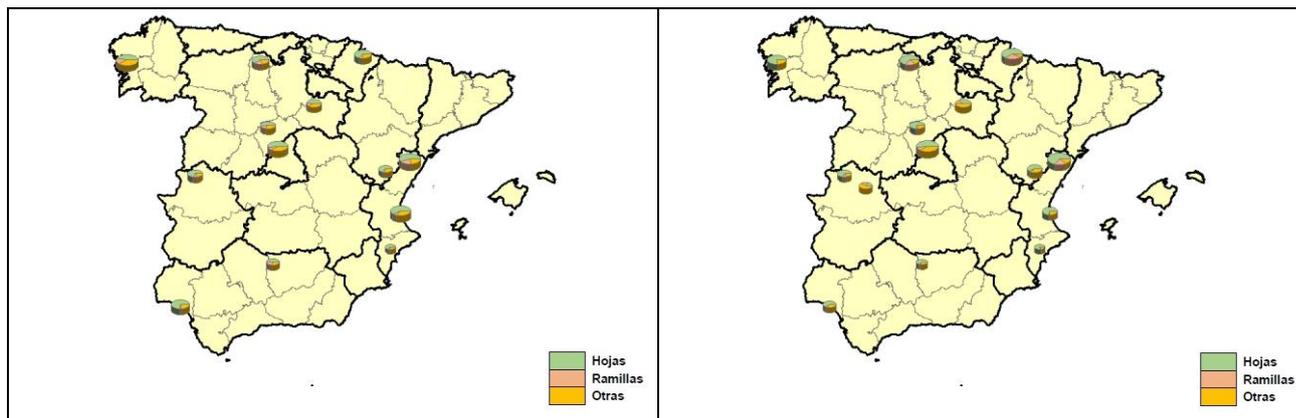


FIG 32: Desfronde o litterfall. Pesos medios por parcela serie histórica 1997-2012 y año 2014

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 hasta 7.000 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.
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 y en alguna parcela aislada, como 05Ps, 06Qi y 115FS se han registrado tasas superiores a las del periodo precedente.

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 1999-2012 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 2000-2012										
Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)
005 Ps	10/06	22/07	43	160	731	06/06	30/06	24	156	763
006 Qi	13/05	16/07	64	132	1258	29/05	18/06	20	149	1416
010 Ppa	30/04	17/07	78	120	1566	24/04	28/05	34	114	1429
011 Qs	10/05	19/06	40	130	1508	17/05	10/06	24	137	1564
022 Pn	05/06	18/07	43	155	957	22/06	12/07	21	172	1160
025 Ph	05/05	14/07	70	124	1276	12/04	14/05	31	102	863
026 Qi	04/04	15/05	41	94	829	05/04	16/05	40	95	851
030 Ps	06/06	28/07	52	157	786	03/06	24/06	21	153	702
033 Qpe	06/05	30/05	33	126	558	09/06	29/06	21	159	853
037 Ppr	31/05	06/07	48	151	1151	13/05	12/06	30	133	849

PERIODO 2000-2012										
Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)
054 Ph	29/04	26/06	59	118	1416	13/03	07/04	25	71	787
102 Ppr	19/04	13/06	64	109	1065	26/03	28/04	33	85	754
115 Fs	30/04	01/06	32	120	463	20/05	15/06	27	140	658

PERIODO 2014										
Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)
005 Ps	30/05/14	30/06/14	31	149	627	30/05/14	30/06/14	31	149	627
006 Qi	23/06/14	26/07/14	33	173	1926	23/06/14	26/07/14			1926
010 Ppa	22/04/14	24/06/14	63	111	1505	22/04/14	27/05/14	35	111	1505
011 Qs	21/04/14	23/06/14	63	110	1127	21/04/14	26/05/14	35	110	1127
022 Pn	26/05/14	23/06/14	28	145	913	26/05/14	23/06/14	28	145	913
025 Ph	25/06/14	30/07/14	35	175	2195	23/04/14	28/05/14	35	112	1129
026 Qi	22/04/14	27/05/14	35	111	1243	22/04/14	27/05/14	35	111	1243
030 Ps	27/05/14	24/06/14	28	146		27/05/14	24/06/14	28	146	
033 Qpe	23/04/14	28/05/14	35	112	687	28/05/14	25/06/14	28	147	1048
037 Ppr	30/05/14	30/06/14	31	149	1402	28/04/14	30/05/14	32	117	1074
054 Ph	25/05/14	26/06/14	32	144	2153					
102 Ppr	29/04/14	29/05/14	30	118	1159	29/04/14	29/05/14	30	118	1159
115 Fs	22/04/14	27/05/14	35	111	610	22/04/14	27/05/14	35	111	610

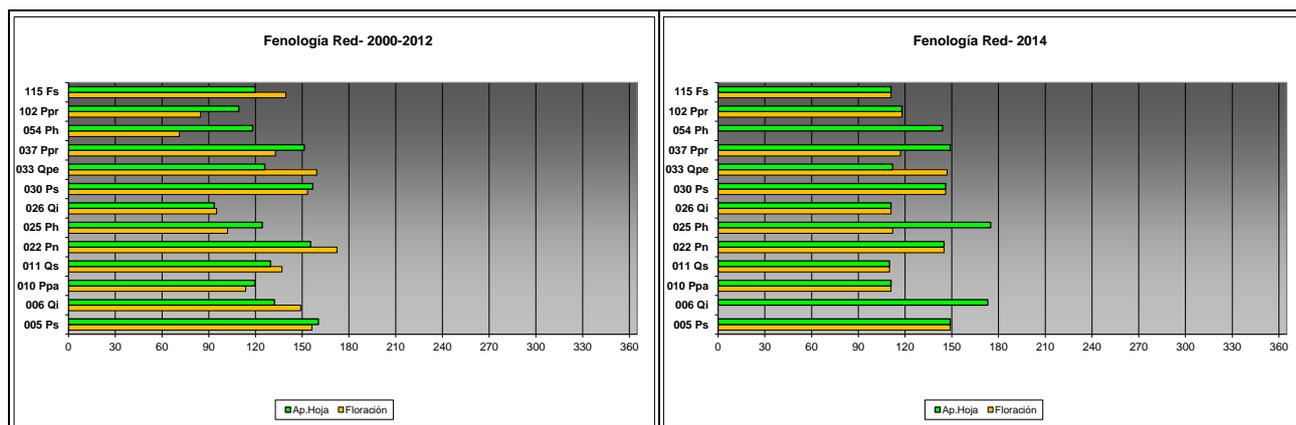


FIG 33: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase. Periodo 1999-2012 y año 2014.



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 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. Por lo que respecta a la floración, la parcela más temprana

es 54Ph, donde el fenómeno tiene lugar a comienzos de marzo y la más retrasada la 22Pn, donde se observa a mediados de junio.

- 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.
- 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.
- 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	1999-2012				2014			
	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)
005 Ps	0,34	1,09	0,34	0,72	0,32	0,90	0,32	0,83
006 Qi	0,15	0,71	0,15	0,83	0,04	0,17	0,04	0,05
010 Ppa	0,27	0,96	0,27	0,73	0,19	0,66	0,19	0,64
011 Qs	0,51	1,32	0,51	1,01	0,25	0,68	0,25	0,88
022 Pn	0,15	0,51	0,15	0,20	0,14	0,45	0,14	0,44
025 Ph	0,22	0,92	0,22	0,69	0,08	0,33	0,08	0,30
026 Qi	0,23	0,75	0,23	0,40	0,13	0,39	0,13	0,36
030 Ps	0,15	0,47	0,15	0,38	0,19	0,58	0,19	0,38
033 Qpe	0,16	0,97	0,16	0,75	0,12	0,58	0,12	0,57
037 Ppr	0,37	0,88	0,37	0,62	0,16	0,40	0,16	0,29

PARCELA	1999-2012				2014			
	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)	Cr. medio (cm)	Cr. medio (%)	Osc. media (cm)	Osc. media (%)
054 Ph	0,14	0,33	0,14	0,16	0,08	0,17	0,08	0,07
102 Ppr	0,34	0,89	0,34	0,71	0,28	0,68	0,28	0,36
115 Fs	0,31	0,73	0,31	0,58	0,45	1,00	0,45	0,99

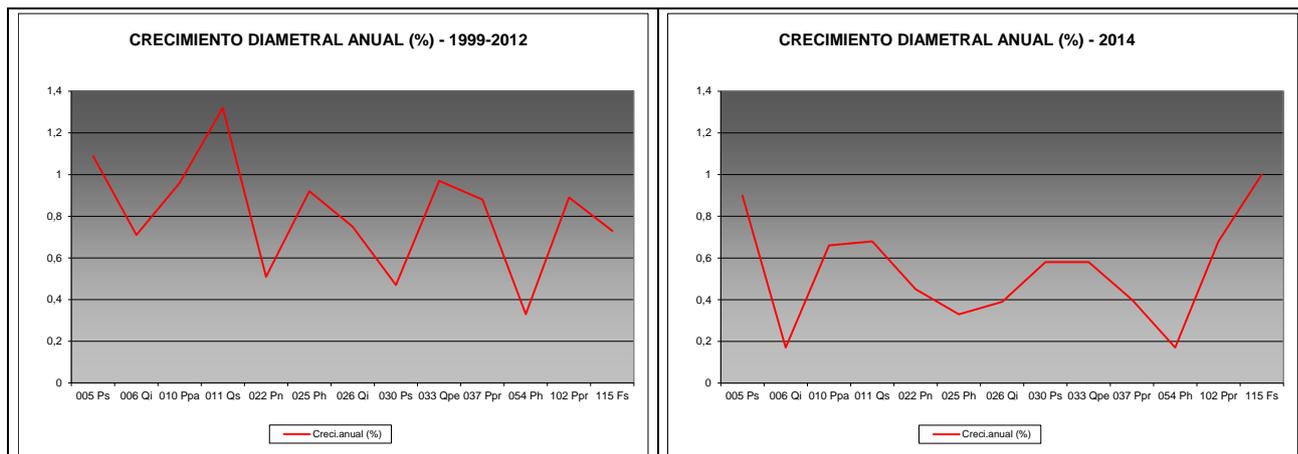


FIG 35: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

La variable crecimiento debe abordarse más desde una escala parcela que a escala nacional, aunque por regla general oscila entre un 0,33 y un 1,32% anual, con un cierto repunte del haya en el último año de evaluación.

10. 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:

10.1. Situación de la parcela.

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

10.2. Caracterización de la parcela.

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

10.3. 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.

10.4. Instrumentación.

- ✓ Equipos de medida instalados

10.5. Deposición.

- ✓ Caracterización de la deposición sobre la parcela

10.6. Calidad del aire. Inmisión

- ✓ Caracterización de la concentración de contaminantes en el aire

10.7. Análisis foliar.

- ✓ Macronutrientes
- ✓ Micronutrientes

10.8. Desfronde.

- ✓ Caracterización del desfronde o litterfall

10.9. Fenología.

- ✓ Caracterización fenológica de la vegetación

10.10. Crecimiento. Cintas diamétricas

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

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

http://www.mapama.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/politica-forestal/inventario-cartografia/redes-europeas-seguimiento-bosques/red_nivel_II_resultados.aspx