

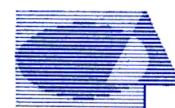


**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y
CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES**

**RED DE NIVEL II
MEMORIA – 2016**

PARCELA 30 Ps (SORIA)

**20
16**



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

**DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL Y POLÍTICA FORESTAL
SUBDIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL
ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICAS FORESTALES**

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

Índice

1. Situación de la parcela	1
2. Caracterización de la parcela	2
2.1. Climatología	2
2.2. Geología y suelos	2
2.3. Vegetación	4
2.4. Caracterización forestal y dasométrica	5
3. Estado fitosanitario de la parcela	6
3.1. Defoliación y decoloración	6
3.2. Daños forestales	8
4. Instrumentación	20
5. Deposición atmosférica	22
5.1. pH	24
5.2. Conductividad	25
5.3. Potasio	26
5.4. Calcio	27
5.5. Magnesio	28
5.6. Sodio	29
5.7. Amonio	30
5.8. Cloro	31
5.9. Nitratos	32
5.10. Sulfatos	33
5.11. Interpretación de resultados	34
6. Calidad del aire. Inmisión	35
7. Análisis foliar	37
7.1. Macronutrientes	37
7.2. Micronutrientes	39
7.3. Interpretación de resultados	40
8. Desfronde	41
9. Fenología	42
10. Cintas diamétricas	46
11. Meteorología	47

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Características de la parcela.
TABLA 2: Datos meteorológicos parcela.
TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009
TABLA 4: Características dasométricas
TABLA 5: Distribución de agentes dañinos en la parcela
TABLA 6: Distribución de síntomas y signos en la parcela
TABLA 7: Relación entre agentes, síntomas y signos observados
TABLA 8: Equipos de medición instalados
TABLA 9: Parámetros descriptores de la deposición atmosférica
TABLA 10: Caracterización pH
TABLA 11: Caracterización conductividad
TABLA 12: Caracterización potasio
TABLA 13: Caracterización calcio
TABLA 14: Caracterización magnesio
TABLA 15: Caracterización sodio
TABLA 16: Caracterización amonio
TABLA 17: Caracterización cloro
TABLA 18: Caracterización nitratos
TABLA 19: Caracterización sulfatos
TABLA 20: Valores de referencia inmisión atmosférica
TABLA 21: Inmisión atmosférica

- TABLA 22:** Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Macronutrientes
TABLA 23: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Micronutrientes
TABLA 24: Resultados medios del análisis de desfronde
TABLA 25: Resultados de la evaluación fenológica
TABLA 26: Valor medio dendrómetros
TABLA 27: Valores medios meteorológicos

INDICE DE FIGURAS

- FIG 1:** Posición y vistas de la parcela
FIG 2: Climodiagrama de la parcela
FIG 3: Caracterización dasométrica de la parcela
FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media
FIG 5: Tipos de defoliación
FIG 6: Daños forestales
FIG 7: Instrumentación
FIG 8: Variación temporal de pH
FIG 9: Variación temporal de conductividad
FIG 10: Variación temporal de potasio
FIG 11: Variación temporal de calcio
FIG 12: Variación temporal de magnesio
FIG 13: Variación temporal de sodio
FIG 14: Variación temporal de amonio
FIG 15: Variación temporal de cloro
FIG 16: Variación temporal de nitratos
FIG 17: Variación temporal de sulfatos
FIG 18: Variación temporal de inmisión por dosímetros
FIG 19: Evolución de macronutrientes
FIG 20: Evolución de micronutrientes
FIG 21: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica
FIG 22: Fases fenológicas. Inicio de fase
FIG 23: Fases fenológicas
FIG 24: Crecimiento diametral anual
FIG 25: Principales variables meteorológicas

1. Situación de la parcela.

La parcela representa el pinar de *Pinus sylvestris* del sector Ibérico-Soriano de la Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa (Rivas-Martínez).

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	NIVEL
30 Ps	<i>Pinus sylvestris</i>	Soria	Soria	04/08/1994	III

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+41°53'00"	-02°53'00"	510.000	4.635.000	1.100	0	Llana	El Morico

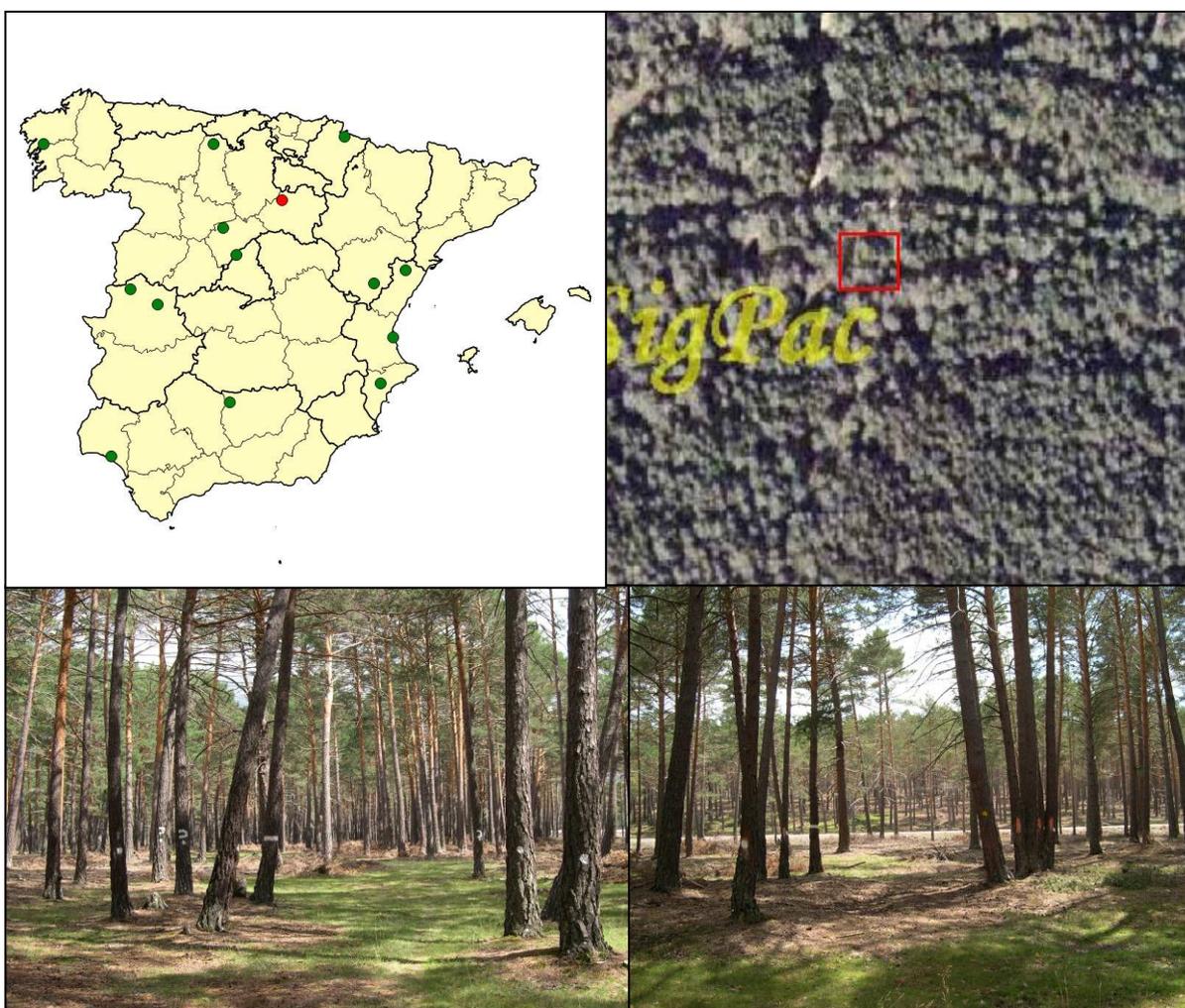


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 30Ps.

2. Caracterización de la parcela.

2.1. Climatología.

Las principales características de la parcela se dan en la siguiente tabla:

TABLA 2: Datos meteorológicos estación ecológica (Modelos y Cartografía de Estimaciones Climáticas Termopluviométricas de la España Peninsular. Sánchez Palomares et al. Datación 1940-1990. INIA, 1999).

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
T(°C)	1,6	2,9	5,3	7,6	11,4	15,5	18,8	18,3	15,3	10,1	5,0	1,9	9,5
P(mm)	72	59	68	58	67	59	27	25	49	59	76	75	694
T. Media Máximas Mes más Cálido							27,1						
	-2,7	T. Media Mínimas Mes más Frío											

De acuerdo a clasificación de Allué, el clima se corresponde con un VI(IV)1 *Nemoromediterráneo genuino*.

De acuerdo a la clasificación en pisos bioclimáticos, la parcela se encuentra en el *Piso Supramediterráneo*.

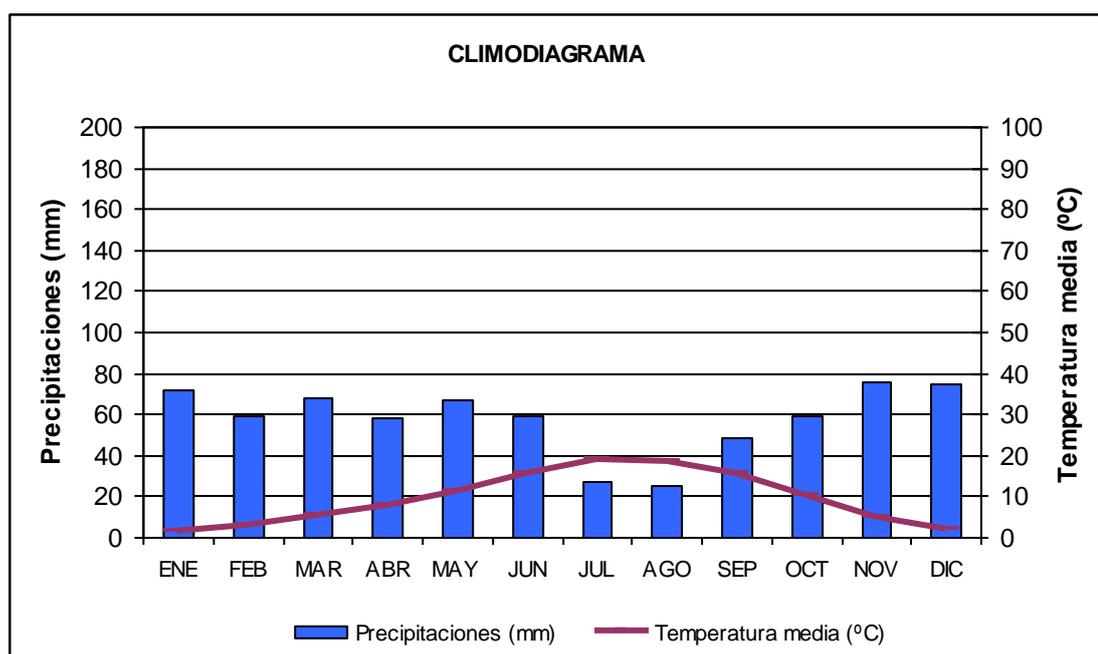


FIG 2: Climodiagrama de la parcela

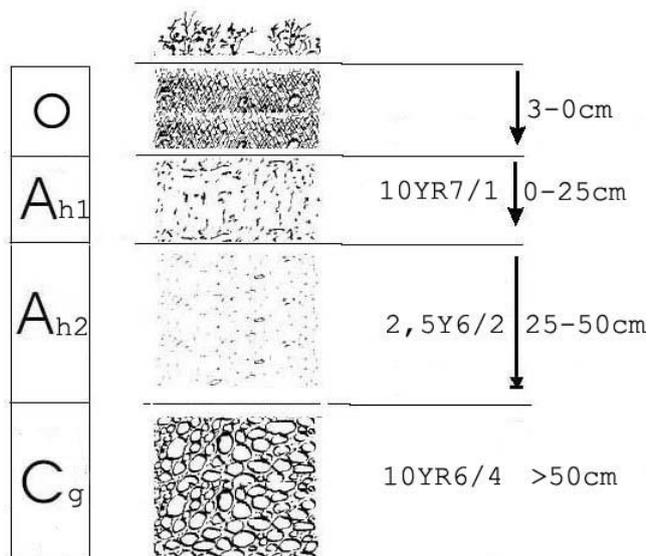
2.2. Geología y Suelos.

Litología: areniscas y conglomerados.

Edafología: Arenosol háplico/Gleysol dístico.

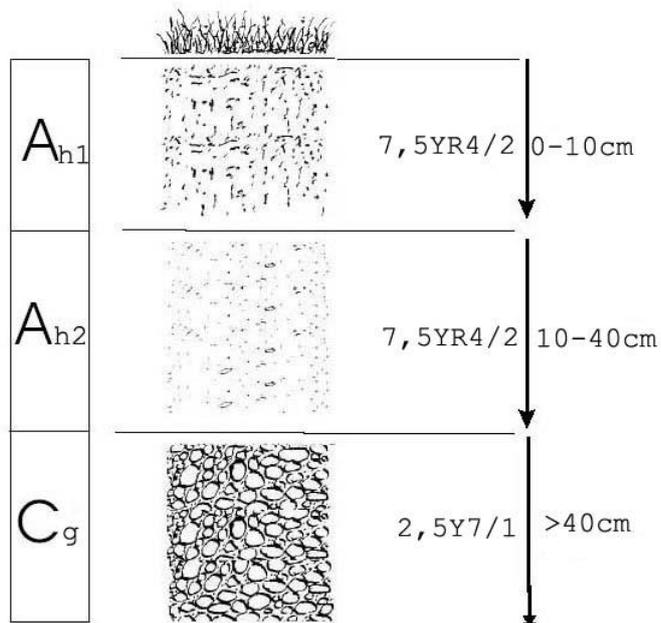
La topografía llana y reducida altura sobre el nivel del río confieren al suelo dos características fundamentales: textura arenosa e hidromorfía temporal. Suelo químicamente muy pobre y de espesor limitado debido al hidromorfismo.

Arenosol háplico:



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
O	0-3	Capa de acículas en fase de descomposición
A _h	0-25	Gris claro en seco (10YR7/1); 20% de manchas de herrumbre medianas; limo arenosa; poliédrica angular mediana, débil; consistencia blanda; pocas raíces, medianas; muy poroso; escasos vestigios de actividad de la fauna; límite neto y plano.
E	25-50	Amarillo grisáceo en seco (2,5Y6/2); areno limoso; 15% de gravillas de cuarcita y cuarzo; poliédrica angular mediana, débil; consistencia blanda; pocas raíces, medianas; muy poroso; límite brusco y plano.
B _t	>50	Amarillo rojizo oscuro (10YR6/4); pequeñas manchas de segregación de hierro; areno pedregoso, 50% de gravillas de cuarcita y cuarzo; grano suelto; muy poroso.

Gleysol dístrico:



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A _{h1}	0-25	Pardo grisáceo (7,5YR4/2); arenoso; poliédrica angular fina, débil;; muy friable; abundantes raíces medianas; frecuentes vestigios de actividad de la fauna; límite neto y plano.
A _{h2}	25-50	Pardo grisáceo (7,5YR4/2); arenosa con algo limo; restos vegetales quemados; poliédrica angular mediana, débil; friable; abundantes raíces, medianas; muy poroso; abundantes vestigios de actividad de la fauna; límite difuso y ondulado.
C _g	>50	Gris claro (2,5Y7/1); 50% de manchas rojizas, grandes y definidas; arenosa con algo de arcilla; grano suelto; muy poroso; abundantes vestigios de actividad de la fauna en los primeros centímetros.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Estrato arbóreo monoespecífico de *Pinus sylvestris* con cobertura del 85%. Estrato arbustivo formado principalmente por corros de *Calluna vulgaris* y *Erica vagans*. El pasto y los musgos se encuentran a menudo íntimamente mezclados. La cobertura del tapiz de pasto y musgo varía considerablemente dentro de la parcela, llegando al 80% en la zona central. En los lugares más húmedos domina *Nardus stricta*.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	85,0	<i>Luzula campestris</i> (L.) DC.	+
<i>Pinus sylvestris</i> L.	85,0	<i>Luzula lactea</i> (Link) E.H.F. Meyer	+
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	13,0	<i>Luzula multiflora</i> (Retz.) Lej.	+
<i>Agrostis canina</i> L.	+	<i>Melampyrum pratense</i> L.	+

	Cob		Cob
<i>Aira caryophylla</i> L.	+	<i>Nardus stricta</i> L.	10,0
<i>Aira praecox</i> L.	+	<i>Pinus sylvestris</i> L.	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	+	<i>Polygala serpyllifolia</i> J.A.C. Hose	+
<i>Avenula marginata</i> (Lowe) J. Holub	+	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeuschel	+
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	+	<i>Quercus pyrenaica</i> Willd.	+
<i>Carex pilulifera</i> L.	+	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	+
<i>Carum verticillatum</i> (L.) Koch	+	<i>Scorzonera humilis</i> L.	+
<i>Cerastium pumilum</i> Curtis	+	<i>Simethis planifolia</i> (L.) Gren.	+
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	+	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	+
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.	+	<i>Veronica officinalis</i> L.	+
<i>Erica vagans</i> L.	2,5	<i>Viola riviniana</i> Reichenb.	+
<i>Festuca</i> sp.	20,0	ESTRATO MUSCINAL-LIQUENICO	1,0
<i>Hieracium</i> sp.	+	<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	+
<i>Holcus lanatus</i> L.	+	<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	+
<i>Hypochoeris radicata</i> L.	+	<i>Polytrichum formosum</i> Hedw.	+
<i>Juncus bufonius</i> L.	+	<i>Scleropodium purum</i> (Hedw.) Limpr.	+

Vegetación potencial: La parcela se encuentra en una zona de transición entre las series 18 a Serie supramediterránea carpetano-ibérico-alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* (*Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*) y 18 c Serie supramediterránea ibérico-soriana y ayllonense húmedo-hiperhúmeda de *Quercus pyrenaica* (*Festuco heterophyllae-Querceto pyrenaicae sigmetum*).

2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de pino silvestre en estado de fustal de 80-100 años de edad, cuyas características principales se resumen a continuación:

TABLA 4: Características dasométricas. Área de la parcela, número de pies en la parcela, densidad en pies/ha, Número de pies de la especie principal, número de pies de otras especies, número de pies muertos, edad media, diámetro medio, área basimétrica, diámetro medio cuadrático, altura media, altura dominante, existencias.

Parcela	Area ha	N par	N/ha	Sp.p	Otras	Muerto	Edad años	D med (cm)	AB m ² /ha	D m c cm	Alt m m	Alt do m	Exist m ³ cc
30 Ps	0,2500	114	456	114	0	9	80-100	31,77	39,03	32,87	17,23	20,57	74,18

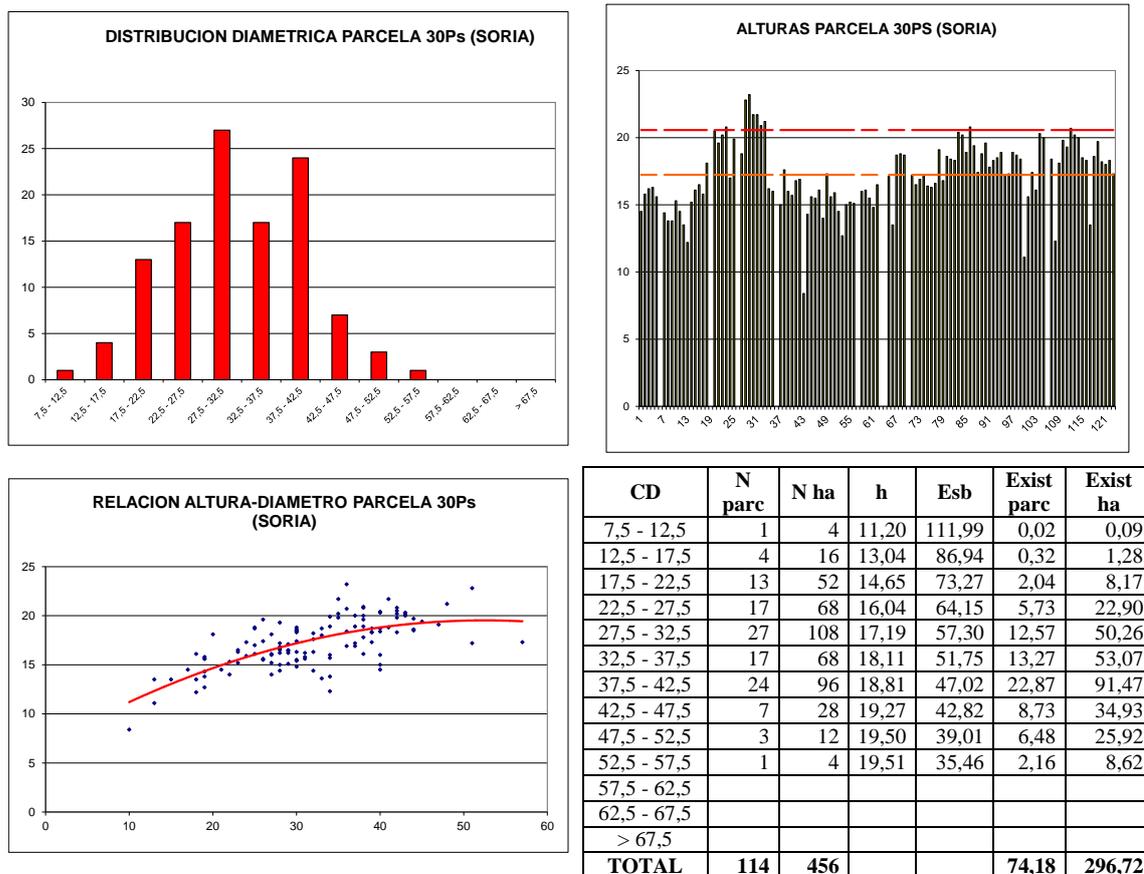


FIG 3: Distribución diamétrica de la parcela; distribución de alturas y comparación con las alturas media y dominante; relación de alturas-diámetros; frecuencias, alturas, esbelteces y existencias por clase diamétrica.

3. Estado fitosanitario de la parcela.

3.1. Defoliación y decoloración.

En la presente revisión la parcela presenta un buen estado fitosanitario, con una defoliación media del 22,61%, dentro por tanto de la escala de daños ligeros, categoría en la que se han calificado algo más del 85% de los pies, en lo que supone una leve mejoría con respecto al año anterior, con una disminución del parámetro de casi un punto, inferior en todo caso al umbral de cinco puntos porcentuales que supondrían una variación estadísticamente significativa, de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales.

Atendiendo a la serie histórica de datos, se observa un comportamiento muy estable de la parcela desde su replanteo, registrándose los peores datos en el trienio 2001-2003 cuando se produjeron algunas muertes salpicadas por falta de luz y decaimiento por *Peridermium pini*, variedad cortícola de *Cronartium flaccidum* y que constituye un peligro potencial en los pinares de silvestre de toda la zona. Por regla general, la defoliación media se ha movido en torno a valores del 20% y con alrededor del 90% de los pies calificados con daños ligeros, lo que pone de manifiesto la buena adaptación del arbolado a las condiciones de estación, corroborado por la buena regeneración existente, sobre un suelo llano, bien desarrollado y sin problemas de disponibilidad hídrica. Esta buena situación se habría visto alterada en episodios de sequía como los registrados en los años 2005 y 2012, con un aumento del parámetro y de la frecuencia de defoliaciones

moderadas observadas, aunque el daño global producido sería menor que en estaciones más meridionales. Cabe destacar sin embargo que desde 2012 viene observándose un lento pero sostenido deterioro del estado fitosanitario del arbolado.

La decoloración, el segundo gran parámetro definidor del estado de salud de la masa, se presenta de forma esporádica en una corta fracción del arbolado, posiblemente relacionada con las elevadas temperaturas que vienen registrándose a mediados del verano.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

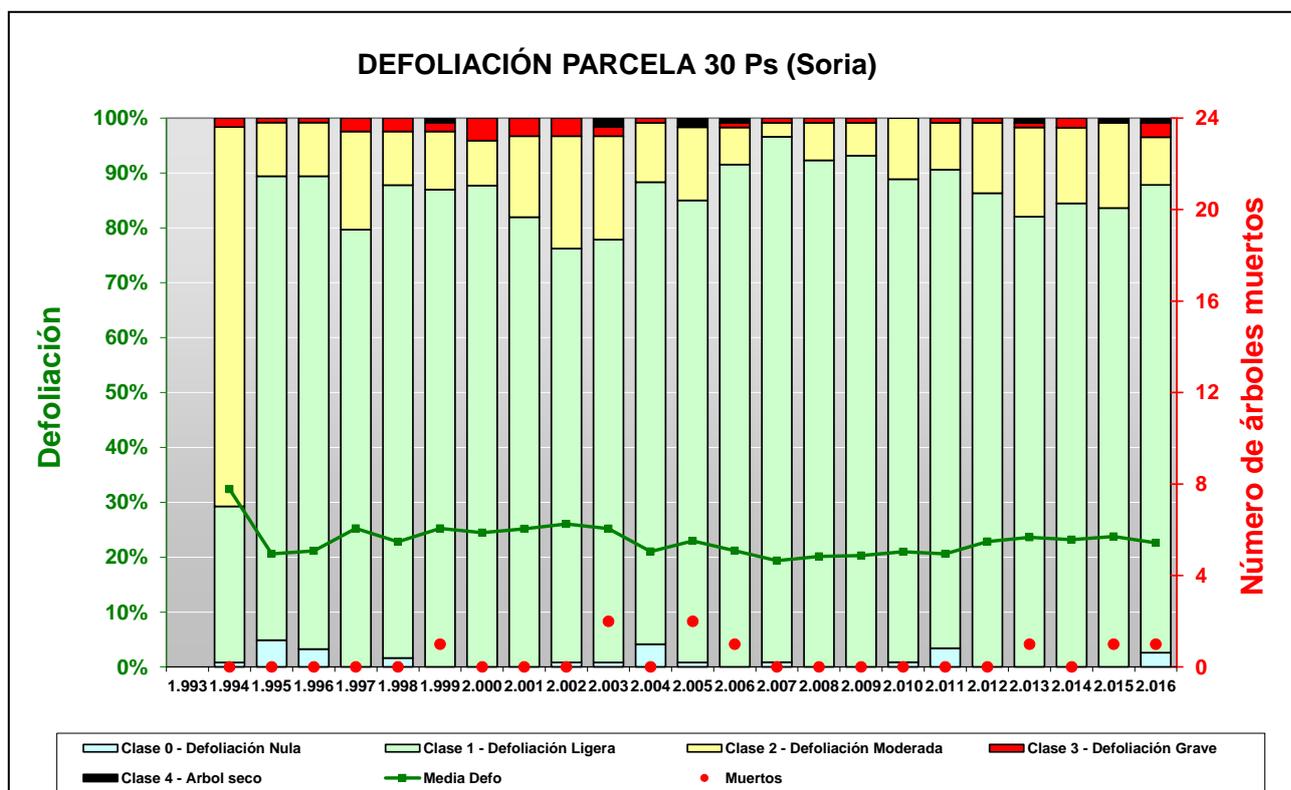


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



FIG 5: Defoliación 10% (árbol tipo), 20% y 50%

3.2. Daños forestales.

Los principales agentes dañinos identificados se resumen en la siguiente tabla, indicándose el número de pies afectados, sus características dendrométricas, defoliación y decoloración asociadas y la diferencia con los valores medios de la parcela.

TABLA 5: Distribución de agentes dañinos en la parcela: pies afectados (Npar), Extensión de los daños en clases de porcentajes en grado de 1 a 7 (Extensión), pies afectados por ha (N/ha), porcentaje de pies afectados (%), defoliación y decoloración de los pies afectados por cada agente (Defo/Deco), diferencia de las defoliaciones y decoloraciones con las medias de la parcela (DifDefo y DifDeco, marcados en **rojo** si el valor de los pies afectados es superior al valor medio de la parcela y en **verde** en caso contrario), diámetro (Diam) y altura medias (Alt) de los pies afectados por cada agente y diferencias con los valores medios de la parcela (DifDiam y DifAlt).

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
ANIMALES												
<i>Picidae</i>	1	5,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	31,00	16,20	-0,77	-1,03
Tronco	1	5,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	31,00	16,20	-0,77	-1,03
INSECTOS												
Defoliadores	13	1,00	52	11,30	18,85	0,23	-3,76	0,08	33,00	16,73	1,23	-0,50
Acíc. antiguas	13	1,00	52	11,30	18,85	0,23	-3,76	0,08	33,00	16,73	1,23	-0,50
Perforadores	30	1,00	120	26,09	19,17	0,07	-3,44	-0,08	34,10	17,28	2,33	0,04
<i>Retinia resinella</i>	3	1,00	12	2,61	18,33	0,00	-4,28	-0,15	25,33	16,43	-6,44	-0,80
Brotos del año	3	1,00	12	2,61	18,33	0,00	-4,28	-0,15	25,33	16,43	-6,44	-0,80
<i>Tomicus minor</i>	27	1,00	108	23,48	19,26	0,07	-3,35	-0,08	35,07	17,37	3,30	0,14
Brotos del año	27	1,00	108	23,48	19,26	0,07	-3,35	-0,08	35,07	17,37	3,30	0,14
Chupadores	5	1,00	20	4,35	20,00	0,00	-2,61	-0,15	29,80	17,34	-1,97	0,11
Acíc. antiguas	5	1,00	20	4,35	20,00	0,00	-2,61	-0,15	29,80	17,34	-1,97	0,11
ENFERMEDADES												
Royas tronco y brotes	2	3,50	8	1,74	47,50	0,50	24,89	0,35	38,00	17,30	6,23	0,07
<i>Cronartium flaccidum</i>	2	3,50	8	1,74	47,50	0,50	24,89	0,35	38,00	17,30	6,23	0,07
Guía principal	1	5,00	4	0,87	70,00	1,00	47,39	0,85	34,00	13,80	2,23	-3,43
Tronco en copa	1	2,00	4	0,87	25,00	0,00	2,39	-0,15	42,00	20,80	10,23	3,57

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Hongos pudrición	1	1,00	4	0,87	20,00	0,00	-2,61	-0,15	30,00	18,30	-1,77	1,07
<i>Fomes pini</i>	1	1,00	4	0,87	20,00	0,00	-2,61	-0,15	30,00	18,30	-1,77	1,07
Tronco	1	1,00	4	0,87	20,00	0,00	-2,61	-0,15	30,00	18,30	-1,77	1,07
AG.ABIÓTICOS												
Calor	105	1,43	420	91,30	20,62	0,10	-1,99	-0,05	32,28	17,40	0,50	0,16
Acíc. antiguas	105	1,43	420	91,30	20,62	0,10	-1,99	-0,05	32,28	17,40	0,50	0,16
Viento/Tornado	11	1,00	44	9,57	22,73	0,09	0,12	-0,06	33,00	18,23	1,23	0,99
Brotos del año	1	1,00	4	0,87	25,00	0,00	2,39	-0,15	38,00	20,00	6,23	2,77
Ramillos <2 cm	8	1,00	32	6,96	22,50	0,13	-0,11	-0,03	30,25	17,69	-1,52	0,46
Ramas 2-10 cm	2	1,00	8	1,74	22,50	0,00	-0,11	-0,15	41,50	19,50	9,73	2,27
ANTRÓPICOS												
Op. en pies próximos	1	1,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	38,00	17,80	6,23	0,57
Tronco	1	1,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	38,00	17,80	6,23	0,57
OTROS DAÑOS												
<i>Viscum album</i>	48	1,65	192	41,74	20,52	0,06	-2,09	-0,09	37,48	18,70	5,71	1,47
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	0,87	20,00	0,00	-2,61	-0,15	29,00	17,10	-2,77	-0,13
Ramas 2-10 cm	15	1,07	60	13,04	20,67	0,07	-1,94	-0,08	34,67	18,50	2,89	1,27
Ramas >10 cm	3	1,00	12	2,61	20,00	0,00	-2,61	-0,15	41,00	20,83	9,23	3,60
Ramas tam. variable	9	2,11	36	7,83	22,22	0,11	-0,39	-0,04	41,78	19,09	10,01	1,86
Guía principal	12	2,17	48	10,43	21,25	0,08	-1,36	-0,07	38,58	18,89	6,81	1,66
Tronco	8	1,75	32	6,96	17,50	0,00	-5,11	-0,15	36,00	17,78	4,23	0,54
Falta luz	23	1,87	92	20,00	25,00	0,04	2,39	-0,11	25,00	15,51	-6,77	-1,72
Acíc. todas edades	3	4,00	12	2,61	43,33	0,00	20,72	-0,15	21,67	13,10	-10,11	-4,13
Ramillos <2 cm	11	1,18	44	9,57	20,00	0,00	-2,61	-0,15	26,45	16,20	-5,32	-1,03
Ramas 2-10 cm	7	1,00	28	6,09	21,43	0,14	-1,18	-0,01	25,57	16,06	-6,20	-1,18
Ramas tam. variable	2	5,50	8	1,74	37,50	0,00	14,89	-0,15	20,00	13,45	-11,77	-3,78
Inter.físicas	14	6,71	56	12,17	23,93	0,07	1,32	-0,08	31,36	17,03	-0,41	-0,20
Tronco en copa	10	7,00	40	8,70	25,50	0,10	2,89	-0,05	30,70	15,99	-1,07	-1,24
Tronco	2	5,00	8	1,74	25,00	0,00	2,39	-0,15	36,50	19,40	4,73	2,17
Tronco completo	2	7,00	8	1,74	15,00	0,00	-7,61	-0,15	29,50	19,85	-2,27	2,62
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	19	1,53	76	16,52	25,00	0,32	2,39	0,17	29,68	17,05	-2,09	-0,19
Acíc. todas edades	1	4,00	4	0,87	40,00	1,00	17,39	0,85	27,00	18,10	-4,77	0,87
Brotos del año	3	1,00	12	2,61	18,33	0,00	-4,28	-0,15	29,00	16,67	-2,77	-0,57
Ramillos <2 cm	9	1,00	36	7,83	20,00	0,00	-2,61	-0,15	30,67	17,33	-1,11	0,10
Ramas 2-10 cm	3	1,00	12	2,61	20,00	0,33	-2,61	0,18	28,67	16,03	-3,11	-1,20
Ramas tam. variable	1	7,00	4	0,87	95,00	3,00	72,39	2,85	28,00	19,30	-3,77	2,07
Tronco	1	1,00	4	0,87	30,00	1,00	7,39	0,85	42,00	20,20	10,23	2,97
Cuello raíz	1	2,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	18,00	12,20	-13,77	-5,03

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados, destaca en primer lugar la presencia salpicada del escolítido perforador *Tomicus minor*, endémico en la zona y que afecta a casi el 25% del arbolado muestra, lo que supone una reducción en su nivel de actividad respecto a la pasada revisión, sin que se lleguen a observar daños de consideración, no apareciendo así orificios de entrada o galerías en los troncos, limitándose el daño a la presencia de 1-2 ramillos atabacados en la parte superior de las copas causados por la alimentación de maduración de los imagos, que en ocasiones aparecen caídos por el suelo de la parcela con el característico agujero basal. Se advierte también algún grumo de resina en algún brote del año ocasionado por los refugios de *Retinia resinella* también relativamente frecuente en la zona, sin mayor significación fitosanitaria. En el primer caso se observa una predilección por pies de dimensiones mayores al

vuelo medio de la masa; en un patrón de comportamiento ya observado en anteriores revisiones y que posiblemente esté relacionado por una predilección de este tipo de insectos por ubicaciones de mayor talla, bien insoladas. De forma más salpicada se ha advertido algún festoneado en las acículas por la acción de algún **defoliador** y alguna punteadura necrótica de color amarillento en las acículas de mayor edad debido a la acción de algún insecto chupador, de quien se advierten las secreciones de resina que taponan el orificio de entrada causado por el estilete succionador del insecto.

Al igual que en años anteriores continúa observándose la presencia de anillamientos transversales en algunos troncos debido a las estrategias de marcaje del territorio de **pícid** sin mayor importancia, no relacionados con un daño directo sobre el árbol. Las lesiones se encuentran recubiertas por un patente callo de cicatrización de forma anular en la mayoría de los casos, del que en algún caso aislado mana una ligera resinación, estimulada sobre todo en veranos especialmente cálidos.

Tal y como ya se observara en anteriores revisiones, el hongo *Peridermium pini*, variedad cortícola de *Cronartium flaccidum*, se revela como uno de los principales factores de daño de la masa, y constituye uno de los principales agentes de daño del pino silvestre en toda la mitad norte peninsular, de forma que los pies afectados presentan defoliaciones graves, claramente superiores a las del arbolado circundante. El daño suele estar asociado a pies de mayores dimensiones, en los que se advierte un chancro de color negruzco en la parte superior del tronco acompañado en ocasiones de resinosis y que provoca el enteamiento de la sección de tronco situada por debajo, causando el decaimiento y posterior muerte de la fracción de copa situada por encima, quedando además el resto de la ramificación bajo el dosel principal de las copas, en zona de menor iluminación y por tanto más proclive al debilitamiento. Esta enfermedad puede llegar a causar la muerte del pie afectado, tal y como ya se observó años atrás incluso entre parte del arbolado muestra, donde se ha revelado como el principal factor de debilitamiento de la masa. En zonas de alta montaña los daños suelen ir asociados a heridas mecánicas o resquebrajaduras en troncos y ramas causadas por la nieve que serían aprovechados por las esporas para colonizar al pie hospedante.

Dadas las elevadas temperaturas registradas durante el verano, incluido un aumento brusco o pico a finales de julio, se ha observado pérdida de las acículas de mayor edad en casi la totalidad de los pies evaluados, debido a un fenómeno de **golpe de calor**, frente al que un arbolado acostumbrado a un clima frío reacciona con cierta celeridad, siendo mucho más patente en frondosas de hoja blanda, tales como los abundantes rebollos de las inmediaciones, donde se han visto amarilleamientos súbitos y enrollamientos en el follaje en sólo unos pocos días, adquiriendo en ocasiones coloraciones otoñales. Los daños mecánicos por **viento** son por el contrario bastante más limitados, presentándose en una fracción del arbolado mucho menor, en forma de las habituales roturas en ramas, que en algún caso ha podido favorecer la infección por hongos como el respaldar. Como es lógico, este tipo de daños tiende a concentrarse en pies de dimensiones superiores al vuelo medio de la masa, en zonas donde se reduce el efecto coprotector del dosel arbóreo. En alguno de los árboles de menor tamaño, en posición sumergida en la parcela y con excesiva esbeltez y reducida resistencia mecánica a la flexión se han visto también deformaciones debidas a la nieve, al dejar la copa del pie afectado bajo el dosel principal de la masa, comenzando un proceso de decaimiento por falta de luz ampliamente conocido en una zona tan batida por las nevadas como la que nos ocupa.

Al igual que en revisiones anteriores, se observan también daños salpicados por muérdago, *Viscum album*, de quien se ha venido observando la expansión de un foco situado en la esquina NE de la parcela e identificado hace algo más de diez años que ha ido progresando hasta extenderse por toda la superficie, afectando en la presente revisión a algo más del 40% del arbolado, incrementándose respecto a la revisión anterior. Como suele ser habitual, la fanerógama parece sentir predilección por los árboles de mayores dimensiones, posiblemente relacionado con el comportamiento de los pájaros que le sirven de vector y que son muy abundantes en la zona en la que se ubica la parcela. Los daños son mayores cuando afectan a ramillas finas y en ocasiones actúa en conjunción con otros agentes tales como el chancro, amplificando el daño. La parásita se concentra sobre todo en la guía principal y cruz de las copas afectando por regla general

a los árboles de mayores dimensiones y con copas más abiertas, por lo que las habituales deformaciones en las copas causadas por las nevadas (ramas abiertas, formas en candelabro,...) tan frecuentes en la zona favorecen mucho el arraigo de las matas de muérdago. En masas netamente productoras como la que nos ocupa y en la que se está intensificando el aprovechamiento maderero, las pérdidas de crecimiento asociadas pueden llegar a suponer un problema económico en su explotación.

Se registran también daños salpicados por **falta de luz** en buena parte de los pies, concentrándose en las ramillas de la parte baja de las copas, debidos sobre todo a fenómenos puntuales de autopoda y que, salvo casos dispersos, no llegan a afectar a la guía principal del árbol, responsable última de su desarrollo. En algún caso aislado, sin embargo, se han observado daños de mayor importancia sobre pinos dominados que manifiestan una defoliación superior a la media. La afección se manifiesta en forma de pérdidas de las metidas más antiguas, de forma que el follaje queda con aspecto apenachado, al concentrarse en cortos plumeros de acículas de 1-2 años, apareciendo el resto del ramillo desnudo, observándose algún daño de carácter moderado por esta causa, y en menor medida y por **interacciones físicas** entre pies próximos, pueden darse heridas o roces entre ramas y troncos.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se han observado algunos ramillos puntisecos, **tumoraciones** en troncos y ramas, **aborto** de algún brote reciente, junto con algún **tumor** aislado afectando a una corta extensión de tronco y ramas y sin mayor significación fitosanitaria en el momento de la evaluación.

El conjunto de **síntomas y signos** observados se resumen en la tabla adjunta.

TABLA 6: Distribución de síntomas y signos en la parcela: pies afectados (Npar), Extensión de los daños en clases de porcentajes en grado de 1 a 7 (Extensión), pies afectados por ha (N/ha), porcentaje de pies afectados (%), defoliación y decoloración de los pies afectados por cada agente (Defo/Deco), diferencia de las defoliaciones y decoloraciones con las medias de la parcela (DifDefo y DifDeco, marcados en **rojo** si el valor de los pies afectados es superior al valor medio de la parcela y en **verde** en caso contrario), diámetro (Diam) y altura medias (Alt) de los pies afectados por cada agente y diferencias con los valores medios de la parcela (DifDiam y DifAlt).

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
HOJAS/ACÍCULAS												
Acíc. antiguas	123	1,37	492	100,00	20,41	0,11	-2,20	-0,04	32,25	17,32	0,48	0,09
Comidos/perdidos	13	1,00	52	11,30	18,85	0,23	-3,76	0,08	33,00	16,73	1,23	-0,50
Agujeros/Parc. comidas	2	1,00	8	1,74	22,50	0,00	-0,11	-0,15	27,00	18,20	-4,77	0,97
Minadas	11	1,00	44	9,57	18,18	0,27	-4,43	0,12	34,09	16,46	2,32	-0,77
Dec. Verde-amarillo	110	1,41	440	95,65	20,59	0,09	-2,02	-0,06	32,16	17,39	0,39	0,16
Completa	105	1,43	420	91,30	20,62	0,10	-1,99	-0,05	32,28	17,40	0,50	0,16
Punteado	5	1,00	20	4,35	20,00	0,00	-2,61	-0,15	29,80	17,34	-1,97	0,11
Acíc. todas edades	4	4,00	16	3,48	42,50	0,25	19,89	0,10	23,00	14,35	-8,77	-2,88
Comidos/perdidos	4	4,00	16	3,48	42,50	0,25	19,89	0,10	23,00	14,35	-8,77	-2,88
Caída prematura	4	4,00	16	3,48	42,50	0,25	19,89	0,10	23,00	14,35	-8,77	-2,88
RAMAS/BROTOS												
Brotos del año	34	1,00	136	29,57	19,26	0,06	-3,35	-0,09	33,76	17,30	1,99	0,07
Rotura	1	1,00	4	0,87	25,00	0,00	2,39	-0,15	38,00	20,00	6,23	2,77
Muerto/moribundo	29	1,00	116	25,22	18,97	0,07	-3,64	-0,08	34,62	17,27	2,85	0,04
Aborto	2	1,00	8	1,74	20,00	0,00	-2,61	-0,15	28,00	16,90	-3,77	-0,33
Resinosis	2	1,00	8	1,74	20,00	0,00	-2,61	-0,15	25,00	16,85	-6,77	-0,38
Ramillos <2 cm	29	1,07	116	25,22	20,69	0,03	-1,92	-0,12	28,90	16,99	-2,88	-0,24
Deformaciones	4	1,00	16	3,48	21,25	0,00	-1,36	-0,15	28,75	17,08	-3,02	-0,16
Tumores	4	1,00	16	3,48	21,25	0,00	-1,36	-0,15	28,75	17,08	-3,02	-0,16

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Otros signos	1	1,00	4	0,87	20,00	0,00	-2,61	-0,15	29,00	17,10	-2,77	-0,13
Rotura	8	1,00	32	6,96	22,50	0,13	-0,11	-0,03	30,25	17,69	-1,52	0,46
Muerto/moribundo	16	1,13	64	13,91	19,69	0,00	-2,92	-0,15	28,25	16,62	-3,52	-0,61
Ramas 2-10 cm	27	1,04	108	23,48	20,93	0,11	-1,68	-0,04	32,15	17,67	0,38	0,43
Deformaciones	3	1,00	12	2,61	20,00	0,33	-2,61	0,18	28,67	16,03	-3,11	-1,20
Tumores	3	1,00	12	2,61	20,00	0,33	-2,61	0,18	28,67	16,03	-3,11	-1,20
Otros signos	15	1,07	60	13,04	20,67	0,07	-1,94	-0,08	34,67	18,50	2,89	1,27
Rotura	2	1,00	8	1,74	22,50	0,00	-0,11	-0,15	41,50	19,50	9,73	2,27
Muerto/moribundo	7	1,00	28	6,09	21,43	0,14	-1,18	-0,01	25,57	16,06	-6,20	-1,18
Ramas >10 cm	3	1,00	12	2,61	20,00	0,00	-2,61	-0,15	41,00	20,83	9,23	3,60
Otros signos	3	1,00	12	2,61	20,00	0,00	-2,61	-0,15	41,00	20,83	9,23	3,60
Ramas tam. variable	12	3,08	48	10,43	30,83	0,33	8,22	0,18	37,00	18,17	5,23	0,93
Otros signos	9	2,11	36	7,83	22,22	0,11	-0,39	-0,04	41,78	19,09	10,01	1,86
Muerto/moribundo	3	6,00	12	2,61	56,67	1,00	34,06	0,85	22,67	15,40	-9,11	-1,83
Guía principal	13	2,38	52	11,30	25,00	0,15	2,39	0,00	38,23	18,50	6,46	1,27
Otros signos	12	2,17	48	10,43	21,25	0,08	-1,36	-0,07	38,58	18,89	6,81	1,66
Muerto/moribundo	1	5,00	4	0,87	70,00	1,00	47,39	0,85	34,00	13,80	2,23	-3,43
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	11	6,55	44	9,57	25,45	0,09	2,84	-0,06	31,73	16,43	-0,04	-0,81
Deformaciones	1	2,00	4	0,87	25,00	0,00	2,39	-0,15	42,00	20,80	10,23	3,57
Chancros	1	2,00	4	0,87	25,00	0,00	2,39	-0,15	42,00	20,80	10,23	3,57
Inclinado	10	7,00	40	8,70	25,50	0,10	2,89	-0,05	30,70	15,99	-1,07	-1,24
Tronco	14	2,29	56	12,17	19,29	0,07	-3,32	-0,08	35,86	18,11	4,09	0,87
Deformaciones	1	1,00	4	0,87	30,00	1,00	7,39	0,85	42,00	20,20	10,23	2,97
Tumores	1	1,00	4	0,87	30,00	1,00	7,39	0,85	42,00	20,20	10,23	2,97
Signos hongos	1	1,00	4	0,87	20,00	0,00	-2,61	-0,15	30,00	18,30	-1,77	1,07
C.fructificación	1	1,00	4	0,87	20,00	0,00	-2,61	-0,15	30,00	18,30	-1,77	1,07
Otros signos	8	1,75	32	6,96	17,50	0,00	-5,11	-0,15	36,00	17,78	4,23	0,54
Heridas	3	3,00	12	2,61	21,67	0,00	-0,94	-0,15	37,33	18,07	5,56	0,83
Grietas	1	1,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	38,00	17,80	6,23	0,57
Otras heridas	2	4,00	8	1,74	25,00	0,00	2,39	-0,15	37,00	18,20	5,23	0,97
Inclinado	1	7,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	30,00	18,60	-1,77	1,37
Cuello raíz	1	2,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	18,00	12,20	-13,77	-5,03
Deformaciones	1	2,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	18,00	12,20	-13,77	-5,03
Tumores	1	2,00	4	0,87	15,00	0,00	-7,61	-0,15	18,00	12,20	-13,77	-5,03
Tronco completo	2	7,00	8	1,74	15,00	0,00	-7,61	-0,15	29,50	19,85	-2,27	2,62
Inclinado	2	7,00	8	1,74	15,00	0,00	-7,61	-0,15	29,50	19,85	-2,27	2,62

Por último, se presenta a continuación la relación entre agentes dañinos identificados y los distintos síntomas observados.

TABLA 7: Relación entre agentes, síntomas y signos observados.

	N par	<i>Picidae</i>		Defoliadores		Perforadores		Chupadores	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. antiguas	123			13	100,00			5	100,00

	N par	<i>Picidae</i>		Defoliadores		Perforadores		Chupadores	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Comidos/perdidos	13			13	100,00				
Agujer/Parc. comidas	2			2	15,38				
Minadas	11			11	84,62				
Dec. Verde-amarillo	110							5	100,00
Completa	105								
Punteado	5							5	100,00
Acíc. todas edades	4								
Comidos/perdidos	4								
Caída prematura	4								
RAMAS/BROTOS									
Brotos del año	34					30	100,00		
Rotura	1								
Muerto/moribundo	29					28	93,33		
Aborto	2								
Resinosis	2					2	6,67		
Ramillos <2 cm	29								
Deformaciones	4								
Tumores	4								
Otros signos	1								
Rotura	8								
Muerto/moribundo	16								
Ramas 2-10 cm	27								
Deformaciones	3								
Tumores	3								
Otros signos	15								
Rotura	2								
Muerto/moribundo	7								
Ramas >10 cm	3								
Otros signos	3								
Ramas tam. variable	12								
Otros signos	9								
Muerto/moribundo	3								
Guía principal	13								
Otros signos	12								
Muerto/moribundo	1								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	11								
Deformaciones	1								
Chancros	1								
Inclinado	10								
Tronco	14	1	100,00						
Deformaciones	1								
Tumores	1								
Signos hongos	1								
C.fructificación	1								
Otros signos	8								
Heridas	3	1	100,00						
Grietas	1								
Otras heridas	2	1	100,00						
Inclinado	1								

	N par	<i>Picidae</i>		Defoliadores		Perforadores		Chupadores	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Cuello raíz	1								
Deformaciones	1								
Tumores	1								
Tronco completo	2								
Inclinado	2								

	N par	Royas tronco y brotes		Hongos pudrición		Calor		Viento/Tornado	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. antiguas	123					105	100,00		
Comidos/perdidos	13								
Agujer/Parc. comidas	2								
Minadas	11								
Dec. Verde-amarillo	110					105	100,00		
Completa	105					105	100,00		
Punteado	5								
Acíc. todas edades	4								
Comidos/perdidos	4								
Caída prematura	4								
RAMAS/BROTOS									
Brotos del año	34							1	9,09
Rotura	1							1	9,09
Muerto/moribundo	29								
Aborto	2								
Resinosis	2								
Ramillos <2 cm	29							8	72,73
Deformaciones	4								
Tumores	4								
Otros signos	1								
Rotura	8							8	72,73
Muerto/moribundo	16								
Ramas 2-10 cm	27							2	18,18
Deformaciones	3								
Tumores	3								
Otros signos	15								
Rotura	2							2	18,18
Muerto/moribundo	7								
Ramas >10 cm	3								
Otros signos	3								
Ramas tam. variable	12								
Otros signos	9								
Muerto/moribundo	3								
Guía principal	13	1	50,00						
Otros signos	12								
Muerto/moribundo	1	1	50,00						
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	11	1	50,00						
Deformaciones	1	1	50,00						

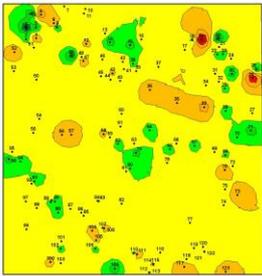
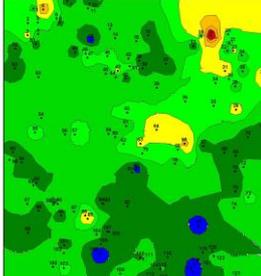
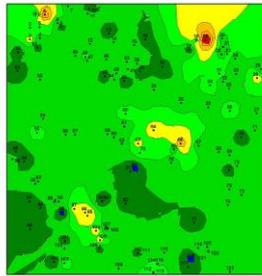
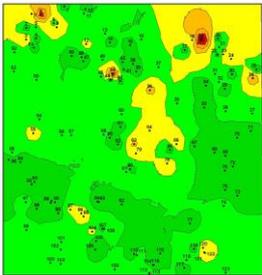
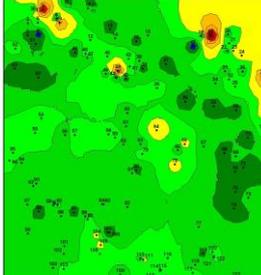
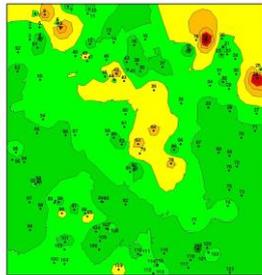
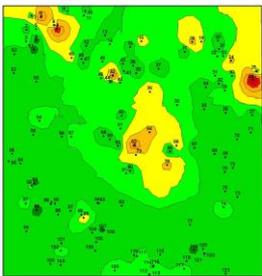
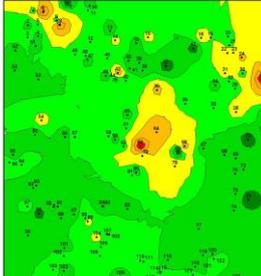
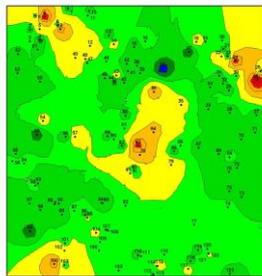
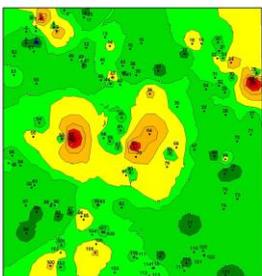
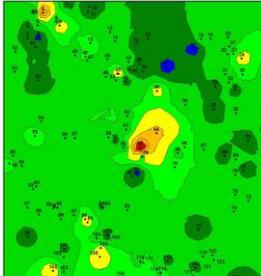
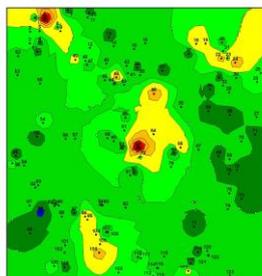
	N par	Royas tronco y brotes		Hongos pudrición		Calor		Viento/Tornado	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Chancros	1	1	50,00						
Inclinado	10								
Tronco	14			1	100,00				
Deformaciones	1								
Tumores	1								
Signos hongos	1			1	100,00				
C.fructificación	1			1	100,00				
Otros signos	8								
Heridas	3								
Grietas	1								
Otras heridas	2								
Inclinado	1								
Cuello raíz	1								
Deformaciones	1								
Tumores	1								
Tronco completo	2								
Inclinado	2								

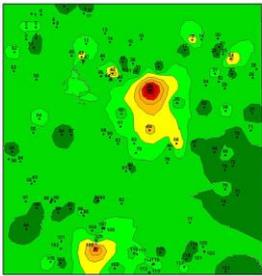
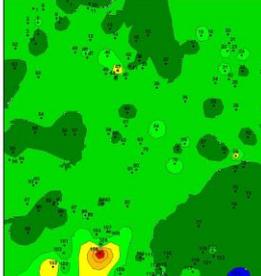
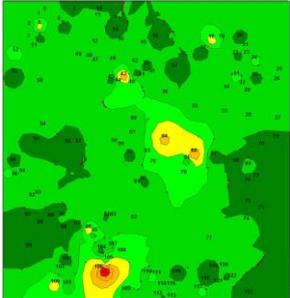
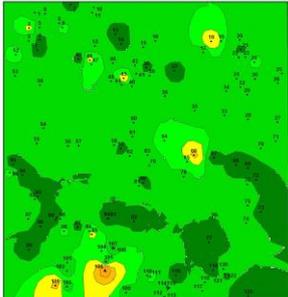
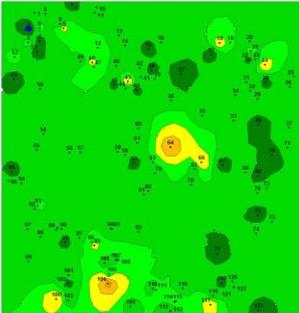
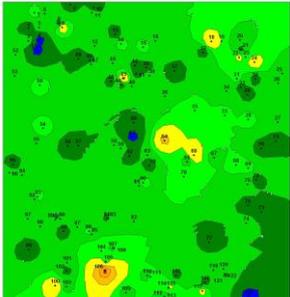
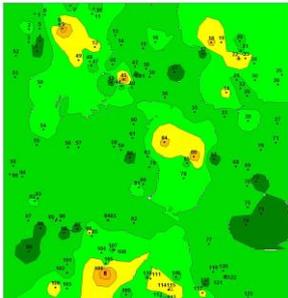
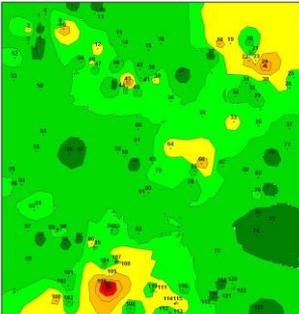
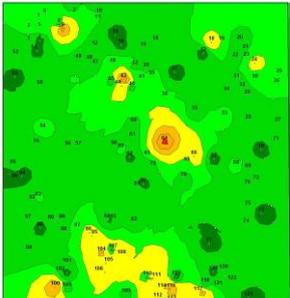
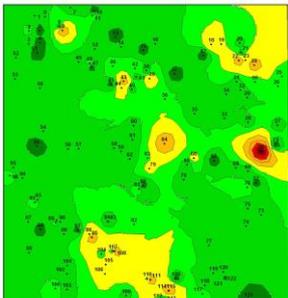
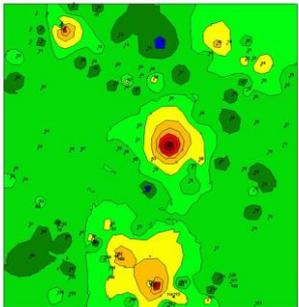
	N par	Op. en pies próximos		<i>Viscum album</i>		Falta luz		Inter.físicas		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. antiguas	123										
Comidos/perdidos	13										
Agujer/Parc. comidas	2										
Minadas	11										
Dec. Verde-amarillo	110										
Completa	105										
Punteado	5										
Acíc. todas edades	4					3	13,04			1	5,26
Comidos/perdidos	4					3	13,04			1	5,26
Caída prematura	4					3	13,04			1	5,26
RAMAS/BROTOS											
Brotos del año	34									3	15,79
Rotura	1										
Muerto/moribundo	29									1	5,26
Aborto	2									2	10,53
Resinosis	2										
Ramillos <2 cm	29			1	2,08	11	47,83			9	47,37
Deformaciones	4									4	21,05
Tumores	4									4	21,05
Otros signos	1			1	2,08						
Rotura	8										
Muerto/moribundo	16					11	47,83			5	26,32
Ramas 2-10 cm	27			15	31,25	7	30,43			3	15,79
Deformaciones	3									3	15,79
Tumores	3									3	15,79
Otros signos	15			15	31,25						

	N par	Op. en pies próximos		<i>Viscum album</i>		Falta luz		Inter.físicas		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Rotura	2										
Muerto/moribundo	7					7	30,43				
Ramas >10 cm	3			3	6,25						
Otros signos	3			3	6,25						
Ramas tam. variable	12			9	18,75	2	8,70			1	5,26
Otros signos	9			9	18,75						
Muerto/moribundo	3					2	8,70			1	5,26
Guía principal	13			12	25,00						
Otros signos	12			12	25,00						
Muerto/moribundo	1										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	11							10	71,43		
Deformaciones	1										
Chancros	1										
Inclinado	10							10	71,43		
Tronco	14	1	100,00	8	16,67			2	14,29	1	5,26
Deformaciones	1									1	5,26
Tumores	1									1	5,26
Signos hongos	1										
C.fructificación	1										
Otros signos	8			8	16,67						
Heridas	3	1	100,00					1	7,14		
Grietas	1	1	100,00								
Otras heridas	2							1	7,14		
Inclinado	1							1	7,14		
Cuello raíz	1									1	5,26
Deformaciones	1									1	5,26
Tumores	1									1	5,26
Tronco completo	2							2	14,29		
Inclinado	2							2	14,29		



FIG 6. Daños en la guía principal y chancro ennegrecido debidos a *Peridermium pini*. Muérdago. Tumoración en tronco

MODELOS DE DEFOLIACION		
		
1994	1995	1996
		
1997	1998	1999
		
2000	2001	2002
		
2003	2004	2005

MODELOS DE DEFOLIACION		
		
2006	2007	2008
		
2009	2010	2011
		
2012	2013	2014
		
2015	2016	

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



4. Instrumentación.

Para el seguimiento intensivo y continuo de la parcela están instalados los siguientes equipos de medición:

TABLA 8: Equipos de medición instalados en la parcela. Periodicidad quincenal 1997-2011; Mensual desde 2012

Variable	Equipo	Parcela Interior	Parcela Exterior	Instalación	Periodicidad
Meteorología	Torre meteorológica		1	1997	Quincenal/Mensual
	Placa solar		1		
	Meteodata		1		
	Anemómetro		1		
	Veleta		1		
	Piranómetro		1		
	Termómetro		1		
	Sonda Humedad		1		
	Pluviómetro		1		
Precipitación incidente	Acumuladores		4	1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro		1		
	Captador nieve		1		
Trascolación	Acumuladores	6		1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro	1			
	Captador nieve	1			
Desfronde	Captadores desfronde	4		1999	Quincenal/Mensual
Solución del suelo	Lisímetros	8		1998	Quincenal/Mensual
Humedad del suelo	Sonda de humedad	1		2009	Quincenal/Mensual
Inmisión	Dosímetros pasivos		12	2000	Quincenal/Mensual
Crecimiento	Dialdendro en continuo	15		1999	Quincenal/Mensual
Fenología	Árboles de seguimiento	20		1997	Quincenal/Mensual



FIG 7: Parcela interior. Acumuladores de deposición. Captador de desfronde. Sonda de humedad. Pluviómetro. Caja de lisímetros. Dialdendro

5. Deposición atmosférica.

La **deposición atmosférica** es un conjunto de procesos que conducen al depósito de materiales ajenos (a través de hidrometeoros, aerosoles o movimientos de gases) sobre la superficie descubierta del suelo o sobre la superficie exterior de árboles y plantas (troncos, ramas y hojas). La deposición depende de la concentración de contaminantes en una estación y momento determinados, lo que a su vez es función de la situación y actividad de las fuentes de emisión (grandes núcleos urbanos o industrias) así como de las condiciones atmosféricas, que determinan no sólo el movimiento de los contaminantes sino la reactividad entre los mismos.

La deposición atmosférica total consta de tres componentes:

- ✓ **Deposición seca:** depósito directo de los contaminantes sobre la superficie del suelo, el agua y la vegetación. Es el tipo de deposición más abundante en las zonas próximas a los focos de emisión.
- ✓ **Deposición húmeda:** depósito arrastrado hacia el ecosistema por la lluvia o la nieve. Previa unión de los contaminantes 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, niebla, rocío y escarcha.

Para desarrollar un programa de seguimiento de los efectos de la contaminación atmosférica sobre la salud de los bosques, uno de los objetivos principales del programa, es necesario disponer de una estimación de la cantidad de contaminantes que entran periódicamente por unidad de superficie. Como sistema de medición más económico y eficaz se ha desarrollado el **método de trascolación**, empleado en todo el sistema ICP-Forests, que permite la estimación de las deposiciones total y seca, el cálculo de la deposición húmeda y la caracterización de los procesos de interacción entre los contaminantes que tienen lugar dentro del arbolado.

Para caracterizar la deposición se toman como vías de entrada al ecosistema:

- ✓ **Precipitación en campo abierto:** denominada también precipitación incidente o *bulk deposition*, que llega al suelo directamente desde el cielo, sin atravesar el dosel arbóreo y que se corresponde con la deposición húmeda
- ✓ **Precipitación bajo dosel arbóreo:** denominada también 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 caída, así como la precipitación húmeda.

La toma de muestras se hace en una batería de colectores normalizados situados a campo abierto y bajo cubierta arbórea y se analizan en una serie de laboratorios de referencia convenientemente intercalibrados entre sí, a través de un exhaustivo sistema de control y aseguramiento de calidad, de forma que resulten intercomparables y coherentes entre sí los resultados obtenidos en los países integrantes del programa. Para el cálculo de la deposición hay que tener en cuenta tanto la cantidad de precipitación al ecosistema como la concentración de los diferentes solutos en la misma.

Como variables de medición de la deposición, el manual considera los siguientes parámetros:

TABLA 9: parámetros descriptores de la deposición atmosférica en los ecosistemas forestales del Programa ICP-Forests.

Variable	Descripción	Valores de referencia RTSAP(*)
pH	Medida de la acidez o basicidad. Se considera lluvia ácida con valores $\leq 5,65$.	6,5 – 9,5
Conductividad	Índice de la presencia general de solutos en el agua.	$\leq 2.500 \mu\text{S/cm}$
Calcio	Elementos 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.	n.d
Magnesio		n.d
Potasio		n.d
Sodio		200 mg/l
Cloro	Elementos de origen marino, dependiendo su presencia de la distancia a la línea de costa. Papel tóxico en la vegetación	250 mg/l
Amonio	Procede de emisiones contaminantes a la atmósfera fundamentalmente de actividades agrícolas o ganaderas. Papel en la acidificación de los suelos.	0,50 mg/l
Nitratos	Producidos por la actividad industrial, doméstica y de transporte, ligados a procesos de combustión y responsables de la acidificación de la deposición que llega a los ecosistemas forestales. Papel precursor (N) en la formación de ozono, contaminante secundario en forma de aerosol.	50 mg/l
Sulfatos		250 mg/l

(*)RTSAP: Reglamento Técnico-Sanitario de Aguas Potables.

Se caracteriza a continuación la deposición atmosférica en la parcela 30Ps, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la series histórica estudiada, haciendo la salvedad de que se trata de años completos, a excepción de los años 1997 (mayo-diciembre); 2012 (enero-julio) y 2014 (abril-diciembre), por lo que caben ciertas anomalías.

De cada parámetro se da el comportamiento del parámetro, la diferencia existente entre trascolación (bajo cubierta arbórea) y precipitación incidente (a campo abierto), lo que da idea tanto del papel del arbolado como sumidero como de la incidencia de la deposición seca, así como la distribución por trimestres de cada deposición, con objeto de caracterizar una posible tendencia temporal en el aporte de polutentes al ecosistema.

5.1. pH.

TABLA 10: Caracterización pH. Media anual ponderada por volumen (en rojo valores anuales < 5,65), porcentaje de muestreos en los que se ha obtenido pH < 5,65 (lluvia ácida), precipitación anual y media de la Red

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997	5,58	64,29	559	6,60	0,00	687	5,95	6,27
1998	5,57	50,00	553	6,61	5,56	595	5,84	6,21
1999	6,25	0,00	685	6,60	0,00	957	6,19	6,48
2000	5,63	22,22	687	6,15	16,67	961	6,07	6,27
2001	5,55	60,00	598	5,96	21,05	802	5,86	6,00
2002	6,32	42,86	676	6,71	0,00	872	6,41	6,54
2003	5,57	50,00	796	6,15	5,00	941	6,17	6,21
2004	5,88	42,86	502	6,11	33,33	622	6,19	6,13
2005	5,20	73,33	257	5,73	40,00	354	6,01	5,98
2006	5,53	61,11	602	6,08	22,22	816	6,13	6,07
2007	5,49	50,00	448	5,88	30,00	663	6,01	5,79
2008	5,48	66,67	719	5,99	25,00	946	6,14	5,99
2009	5,37	63,64	404	6,24	0,00	582	6,14	6,13
2010	5,53	50,00	908	6,03	0,00	1196	6,22	6,19
2011	5,52	66,67	468	5,95	27,27	643	6,10	6,04
2012	5,48	66,67	169	6,16	16,67	261	5,96	5,98
2014	5,87	12,50	397	6,34	0,00	528	6,17	6,20
2015	5,88	18,18	418	6,42	0,00	585	6,08	6,18
Media	5,65	47,83	547	6,21	13,49	723	6,09	6,15

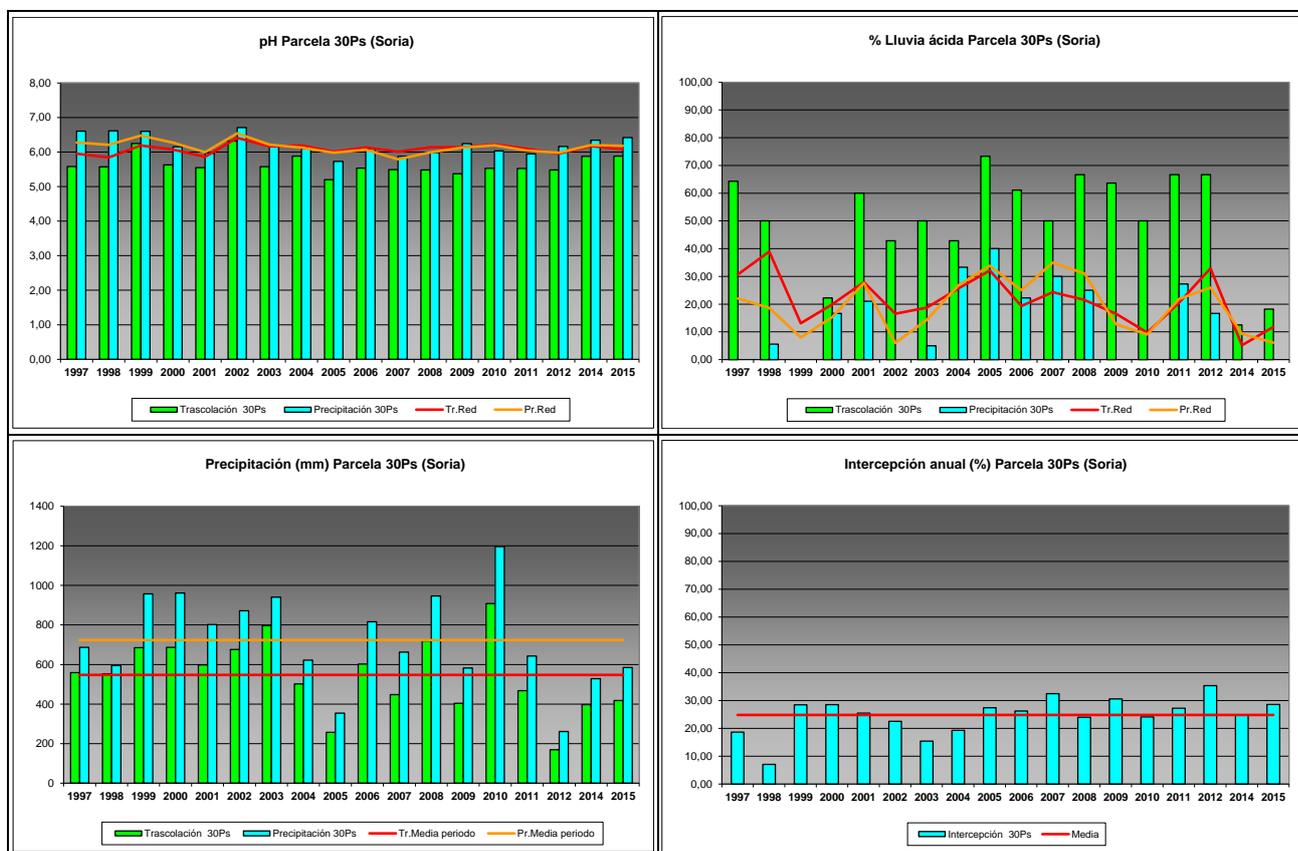


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

5.2. Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

TABLA 11: Caracterización Conductividad. Media anual ponderada por volumen, precipitación anual y media de la Red

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997	13,11		559	52,99		687	25,59	22,11
1998	20,24		553	52,97		595	29,47	22,63
1999	19,60		685	17,02		957	33,24	19,93
2000	23,99		687	26,13		961	35,37	22,07
2001	13,23		598	8,68		802	28,43	16,06
2002	34,56		676	25,96		872	49,05	30,17
2003	18,47		796	20,76		941	46,47	25,27
2004	44,74		502	41,69		622	63,98	37,20
2005	35,11		257	25,61		354	65,86	30,61
2006	32,96		602	25,64		816	61,93	28,83
2007	32,67		448	24,79		663	50,03	28,98
2008	19,04		719	11,70		946	46,84	22,94
2009	26,29		404	14,08		582	49,56	20,18
2010	15,99		908	9,14		1196	44,44	15,09
2011	22,84		468	10,26		643	51,52	19,09
2012	24,29		169	9,10		261	53,38	20,50
2014	22,97		397	12,53		528	27,94	15,23
2015	25,96		418	11,61		585	45,28	18,25
Media	24,78		547	22,26		723	44,91	23,06

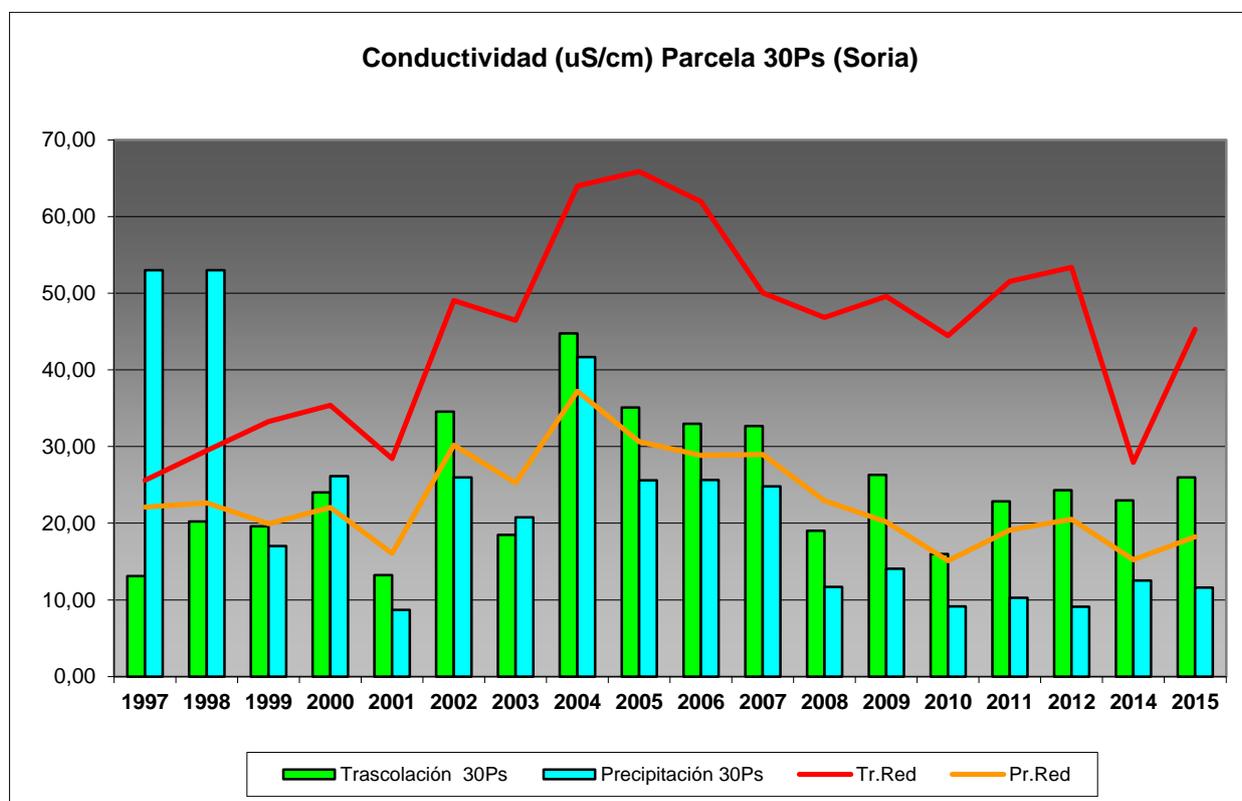


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

5.3. Potasio.

TABLA 12: Caracterización Potasio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	1,16	6,48	559	1,70	11,67	687	-5,19	7,33	5,18
1998	3,79	20,94	553	3,70	22,00	595	-1,06	19,45	13,28
1999	2,46	16,82	685	1,48	14,13	957	2,69	17,99	11,86
2000	3,15	21,65	687	2,41	23,20	961	-1,54	22,33	15,28
2001	1,44	8,51	598	0,69	5,48	802	3,04	16,00	9,92
2002	2,54	17,18	676	0,90	7,89	872	9,29	19,36	7,73
2003	1,29	10,16	796	0,50	4,66	941	5,51	12,93	3,83
2004	3,49	15,20	502	0,77	4,17	622	11,03	16,14	4,88
2005	2,99	7,69	257	1,41	4,99	354	2,70	12,47	5,15
2006	2,82	16,98	602	1,27	10,31	816	6,67	19,14	9,86
2007	3,47	15,40	448	1,43	9,31	663	6,09	20,44	7,92
2008	2,49	17,94	719	0,79	7,51	946	10,43	22,97	6,57
2009	2,73	11,01	404	0,48	2,81	582	8,20	18,05	4,28
2010	1,60	14,53	908	0,37	4,38	1196	10,15	21,96	3,59
2011	2,02	9,37	468	0,27	1,75	643	7,62	18,92	5,75
2012	0,72	1,22	169	0,16	0,42	261	0,80	2,99	0,92
2014	3,77	14,98	397	0,19	0,99	528	13,99	11,97	1,60
2015	4,16	17,37	418	0,29	1,67	585	15,70	18,33	4,20
Media	2,56	13,52	547	1,04	7,63	723	5,89	16,60	6,77

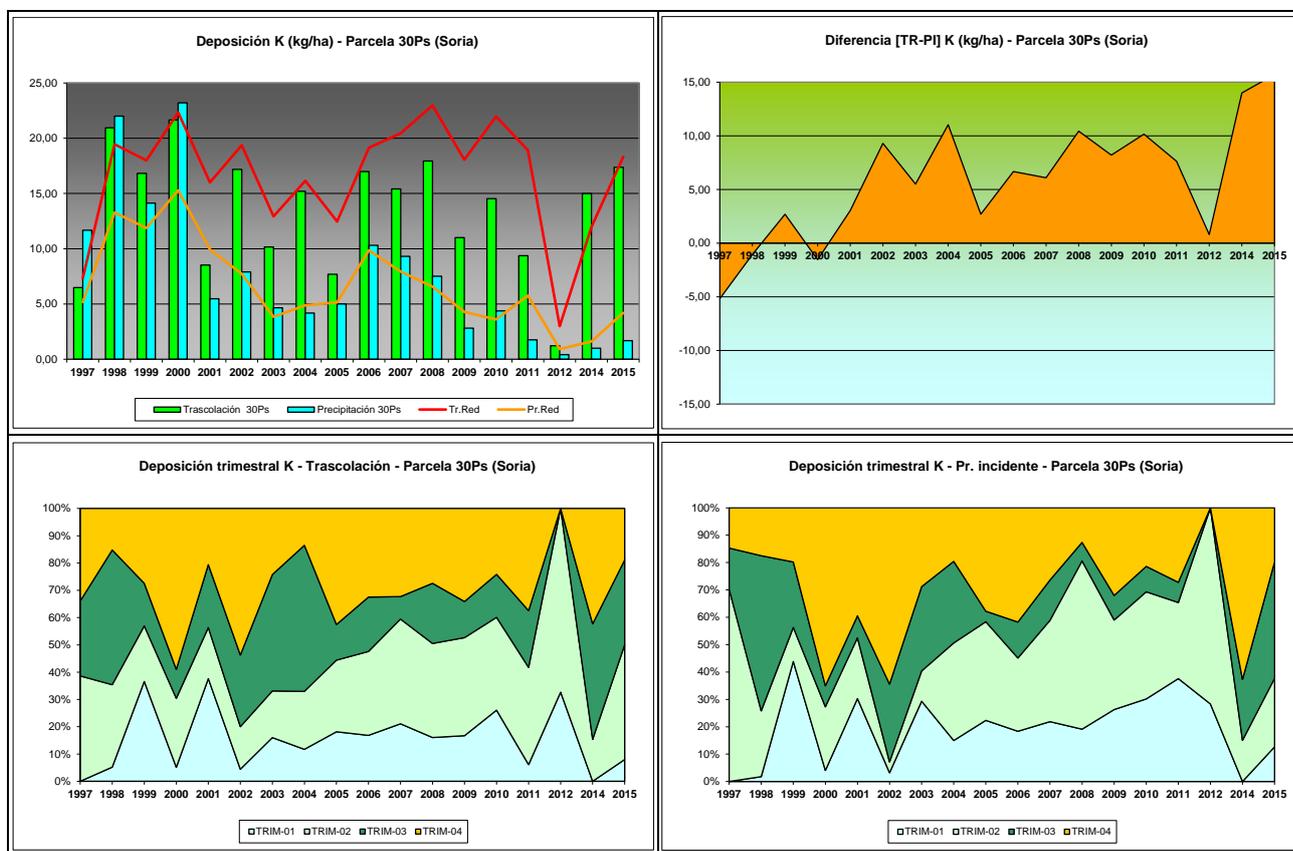


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.4. Calcio.

TABLA 13: Caracterización Calcio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	0,91	5,11	559	1,33	9,16	687	-4,05	7,29	5,16
1998	0,78	4,33	553	0,88	5,21	595	-0,87	6,91	4,05
1999	0,92	6,33	685	0,69	6,57	957	-0,24	10,77	6,68
2000	1,22	8,36	687	0,50	4,82	961	3,54	10,94	7,70
2001	0,68	4,03	598	0,37	2,96	802	1,07	8,58	6,22
2002	1,35	9,16	676	1,00	8,73	872	0,43	12,23	9,40
2003	2,84	22,62	796	3,66	34,47	941	-11,85	23,45	26,64
2004	3,84	16,69	502	5,52	29,91	622	-13,22	18,95	20,04
2005	2,09	5,37	257	2,02	7,15	354	-1,78	11,17	9,81
2006	2,06	12,40	602	1,96	15,99	816	-3,60	17,51	16,49
2007	2,02	8,96	448	1,86	12,11	663	-3,15	18,16	14,99
2008	1,13	8,12	719	0,80	7,57	946	0,55	14,94	12,47
2009	1,58	6,37	404	1,12	6,52	582	-0,16	10,43	6,81
2010	0,86	7,81	908	0,58	6,88	1196	0,93	11,50	7,59
2011	1,32	6,11	468	0,76	4,88	643	1,24	11,32	6,29
2012	0,78	1,31	169	0,45	1,17	261	0,14	3,22	2,60
2014	1,49	5,92	397	0,94	4,97	528	0,96	8,57	5,86
2015	2,45	10,24	418	1,50	8,75	585	1,48	15,19	12,39
Media	1,57	8,29	547	1,44	9,88	723	-1,59	12,28	10,07

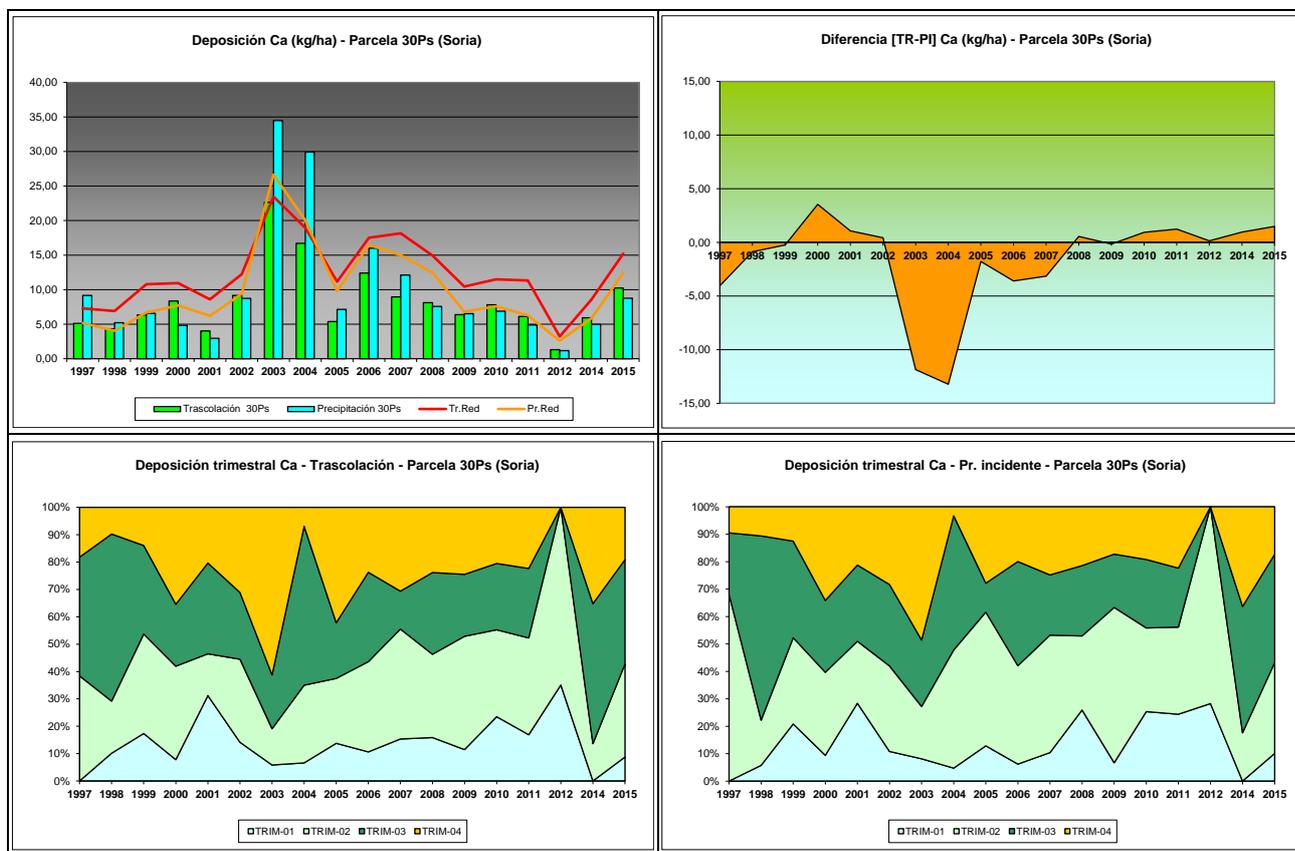


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.5. Magnesio.

TABLA 14: Caracterización Magnesio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	0,24	1,35	559	0,37	2,54	687	-1,19	3,66	3,20
1998	0,45	2,50	553	0,59	3,49	595	-0,99	4,07	2,78
1999	0,23	1,59	685	0,16	1,50	957	0,09	4,18	2,58
2000	0,23	1,61	687	0,16	1,53	961	0,08	3,46	1,84
2001	0,15	0,89	598	0,11	0,56	802	0,33	2,99	1,45
2002	0,22	1,48	676	0,12	0,82	872	0,66	3,93	1,83
2003	0,19	1,36	796	0,16	0,73	941	0,63	3,97	1,65
2004	0,43	1,87	502	0,57	2,66	622	-0,79	4,03	2,51
2005	0,32	0,83	257	0,16	0,33	354	0,49	2,73	1,01
2006	0,27	1,61	602	0,16	0,91	816	0,70	4,06	1,94
2007	0,32	1,41	448	0,15	0,85	663	0,56	4,56	2,17
2008	0,22	1,57	719	0,11	0,69	946	0,88	3,99	1,87
2009	0,30	1,21	404	0,09	0,52	582	0,69	3,95	1,67
2010	0,19	1,73	908	0,06	0,74	1196	0,99	4,42	1,89
2011	0,25	1,19	468	0,06	0,41	643	0,78	3,98	1,27
2012	0,98	1,66	169	0,43	1,11	261	0,55	2,35	1,52
2014	0,29	1,14	397	0,06	0,32	528	0,81	1,90	0,75
2015	0,40	1,67	418	0,11	0,63	585	1,04	3,32	1,84
Media	0,32	1,48	547	0,20	1,13	723	0,35	3,64	1,87

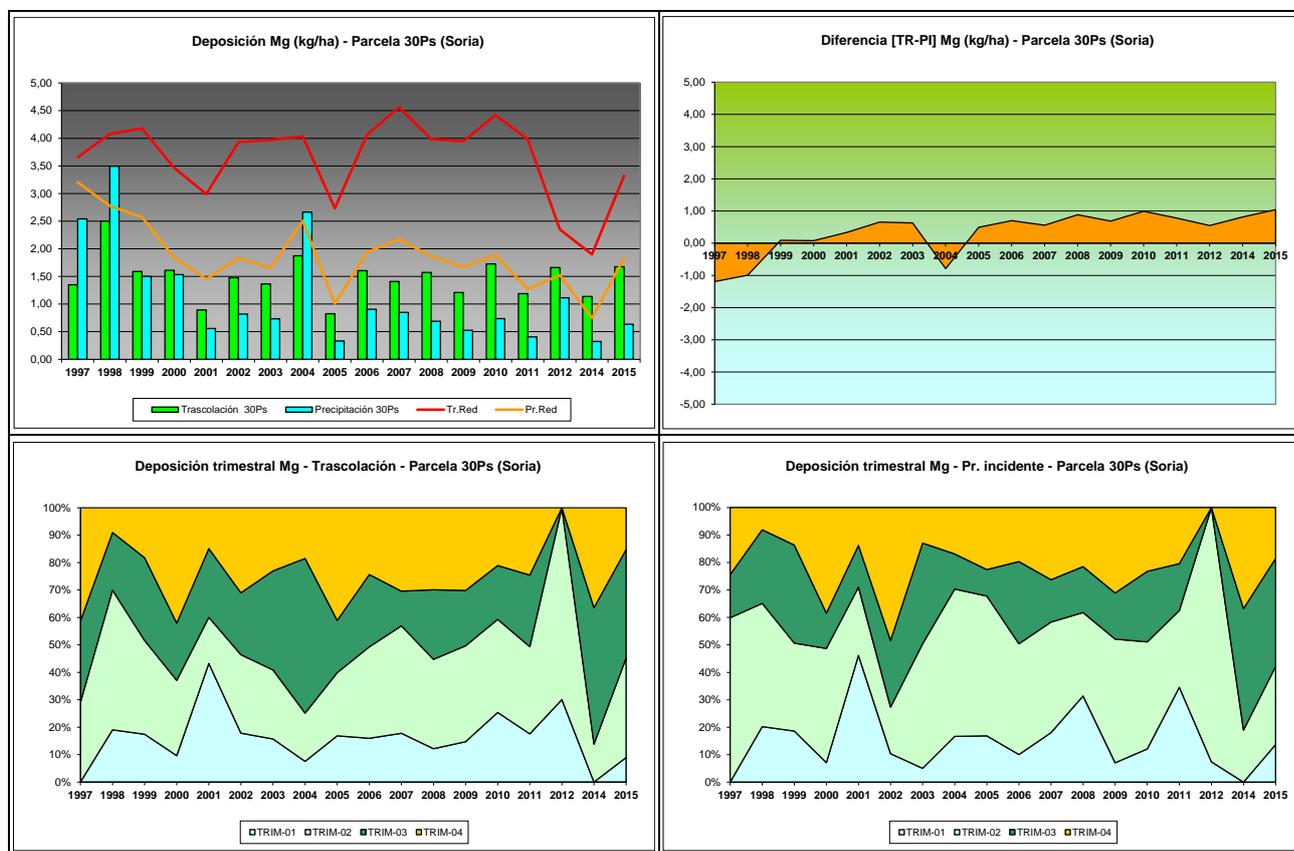


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.6. Sodio.

TABLA 15: Caracterización Sodio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	0,32	1,79	559	0,49	3,36	687	-1,57	6,07	6,65
1998	0,83	4,57	553	0,94	5,60	595	-1,03	11,74	10,50
1999	0,94	6,45	685	0,93	8,88	957	-2,43	19,31	13,85
2000	1,05	7,23	687	0,86	8,25	961	-1,02	18,12	13,02
2001	0,44	2,58	598	0,33	2,65	802	-0,07	18,38	12,14
2002	1,54	10,43	676	1,30	11,33	872	-0,90	28,50	18,75
2003	0,57	4,45	796	0,55	5,21	941	-0,76	22,49	12,86
2004	2,22	9,64	502	1,51	8,20	622	1,44	22,85	13,75
2005	0,88	2,27	257	0,62	2,18	354	0,08	14,42	7,16
2006	1,05	6,34	602	0,78	6,36	816	-0,02	24,17	16,07
2007	0,78	3,49	448	0,56	3,68	663	-0,19	23,14	14,21
2008	0,60	4,29	719	0,42	3,96	946	0,32	19,63	11,01
2009	0,70	2,82	404	0,54	3,13	582	-0,30	22,09	12,27
2010	0,61	5,52	908	0,44	5,31	1196	0,21	24,37	13,76
2011	0,95	4,42	468	0,17	1,11	643	3,31	20,72	5,97
2012	0,33	0,56	169	0,28	0,74	261	-0,18	4,35	2,86
2014	0,55	2,18	397	0,28	1,49	528	0,69	6,77	4,55
2015	0,74	3,09	418	0,46	2,71	585	0,38	15,27	11,59
Media	0,84	4,56	547	0,64	4,67	723	-0,11	17,91	11,17

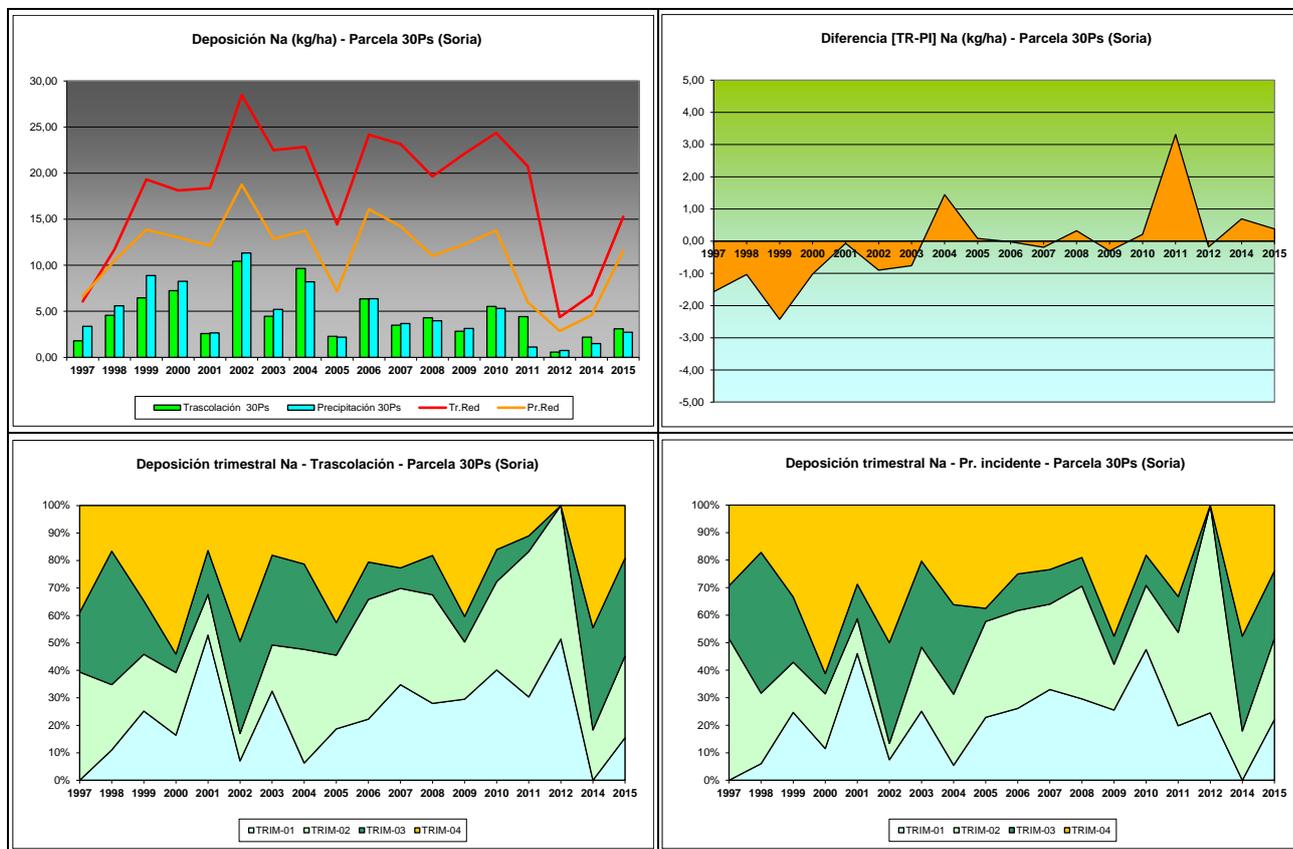


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.7. Amonio.

TABLA 16: Caracterización Amonio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	0,29	1,61	559	5,69	39,09	687	-37,48	1,81	8,19
1998	0,26	1,44	553	6,38	37,93	595	-36,49	2,24	8,36
1999	0,44	2,98	685	0,84	8,03	957	-5,05	2,71	3,66
2000	0,29	2,01	687	1,50	14,38	961	-12,37	2,48	4,26
2001	0,19	1,10	598	0,27	2,12	802	-1,01	1,86	1,82
2002	0,27	1,52	676	0,26	2,16	872	-0,64	2,43	2,91
2003	0,26	2,03	796	0,35	3,32	941	-1,29	3,06	3,10
2004	0,47	2,14	502	0,51	3,05	622	-0,90	4,12	3,23
2005	0,45	1,13	257	0,44	1,54	354	-0,42	2,41	1,80
2006	0,45	2,69	602	0,45	3,62	816	-0,93	3,62	3,05
2007	0,45	2,01	448	0,38	2,44	663	-0,43	3,53	3,58
2008	0,27	1,74	719	0,26	2,46	946	-0,72	2,91	2,62
2009	0,37	1,50	404	0,34	1,96	582	-0,46	2,73	1,82
2010	0,18	1,60	908	0,19	2,25	1196	-0,66	3,12	2,09
2011	0,64	2,98	468	0,51	3,25	643	-0,27	4,36	3,15
2012	0,89	1,50	169	0,68	1,77	261	-0,26	2,26	2,06
2014	0,71	2,80	397	0,75	3,97	528	-1,17	4,16	3,35
2015	1,06	4,44	418	1,60	9,33	585	-4,89	5,30	6,04
Media	0,44	2,07	547	1,19	7,93	723	-5,86	3,06	3,61

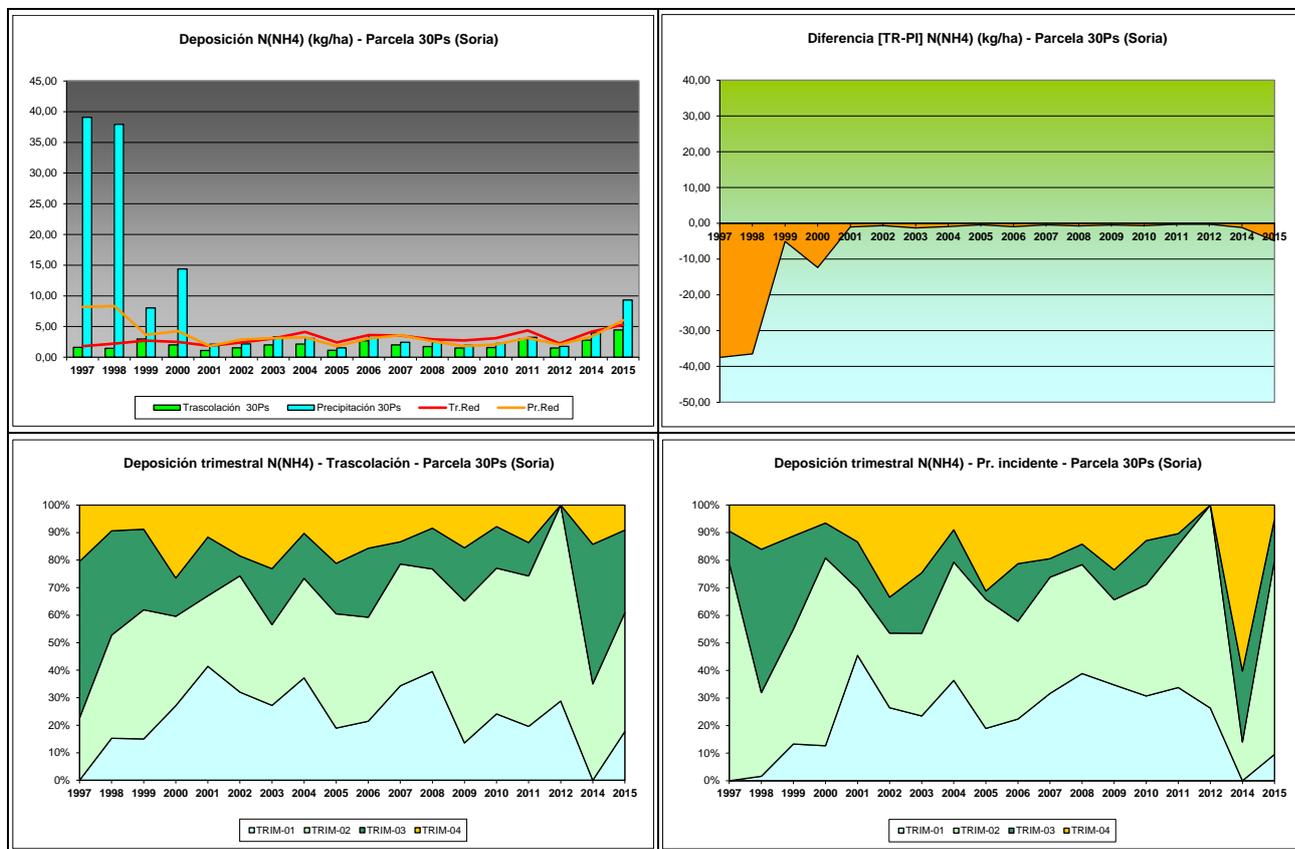


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.8. Cloro.

TABLA 17: Caracterización Cloro. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	0,62	3,48	559	0,87	5,96	687	-2,48	10,88	10,93
1998	1,41	7,80	553	1,26	7,48	595	0,32	19,88	16,27
1999	1,41	9,67	685	1,11	10,59	957	-0,91	36,56	23,56
2000	1,00	6,85	687	0,95	9,15	961	-2,30	28,62	15,70
2001	1,04	5,89	598	0,53	4,03	802	1,86	32,37	19,20
2002	1,89	12,80	676	1,36	11,89	872	0,91	44,79	24,88
2003	1,34	10,51	796	2,97	27,91	941	-17,41	39,97	31,89
2004	3,95	19,85	502	6,19	38,45	622	-18,60	47,45	37,43
2005	2,39	6,14	257	3,90	13,82	354	-7,67	28,61	21,76
2006	3,02	18,18	602	3,66	29,82	816	-11,64	49,90	41,76
2007	2,62	11,75	448	3,20	20,83	663	-9,09	45,78	37,79
2008	1,31	9,28	719	1,27	12,04	946	-2,76	40,90	30,60
2009	1,45	5,84	404	0,92	5,38	582	0,46	45,08	25,80
2010	0,93	8,47	908	0,76	9,11	1196	-0,64	41,17	21,32
2011	0,95	3,77	468	0,37	2,41	643	1,37	29,44	13,12
2012	1,49	2,51	169	0,30	0,79	261	1,72	11,34	5,87
2014	0,98	3,88	397	0,25	1,31	528	2,57	5,78	2,90
2015	1,22	5,11	418	0,47	2,76	585	2,35	24,25	15,25
Media	1,61	8,43	547	1,69	11,87	723	-3,44	32,38	22,00

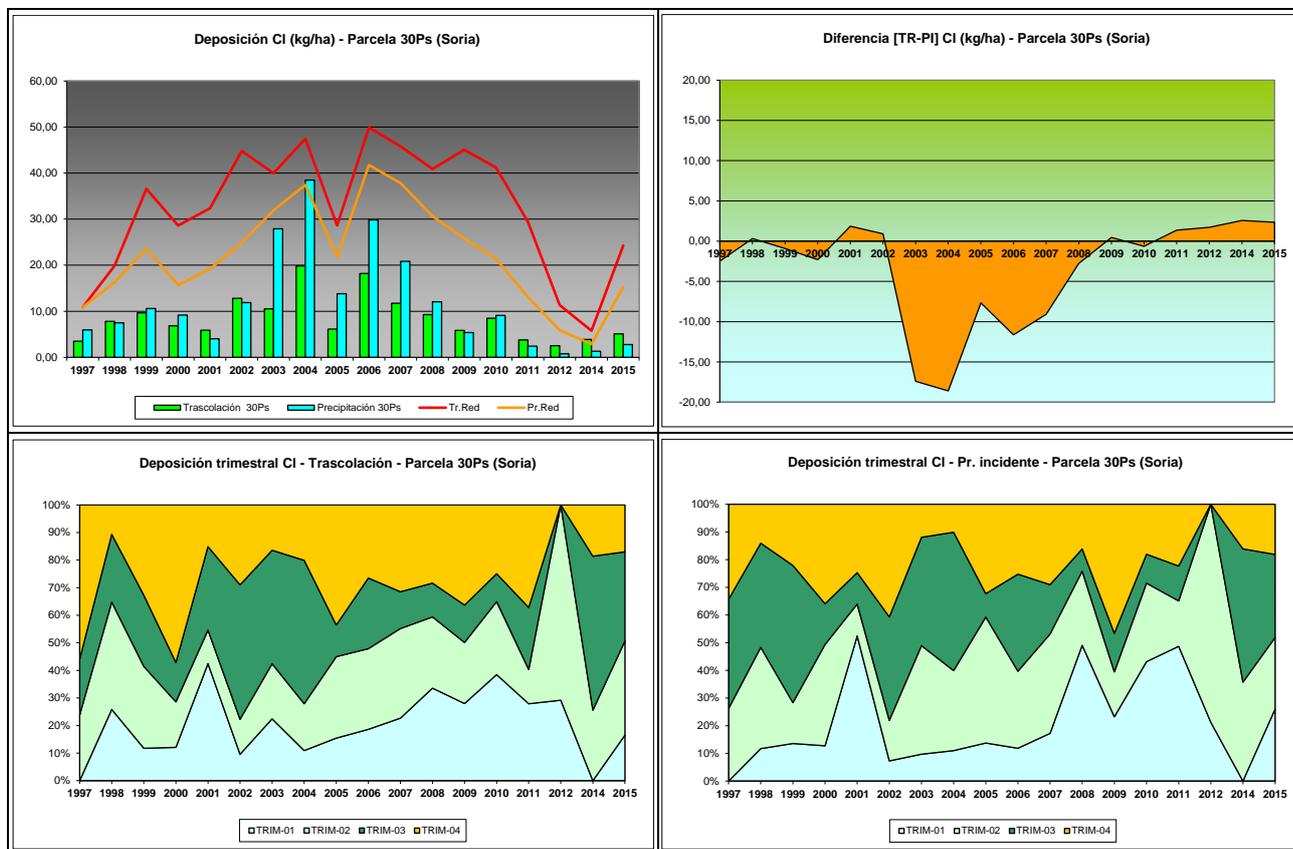


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.9. Nitratos.

TABLA 18: Caracterización Nitratos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	0,34	1,88	559	0,24	1,62	687	0,26	2,24	2,13
1998	0,60	3,29	553	0,39	2,33	595	0,97	3,67	2,27
1999	0,56	3,83	685	0,47	4,47	957	-0,64	4,43	2,94
2000	0,35	2,39	687	0,28	2,69	961	-0,31	3,79	2,38
2001	0,38	2,13	598	0,20	1,50	802	0,63	3,51	2,09
2002	0,45	3,07	676	0,34	2,93	872	0,13	4,15	2,84
2003	0,38	2,97	796	0,28	2,63	941	0,35	5,39	2,74
2004	0,66	3,33	502	0,46	2,83	622	0,51	6,93	3,28
2005	0,77	1,98	257	0,32	1,13	354	0,86	4,31	1,83
2006	0,60	3,61	602	0,33	2,65	816	0,96	5,54	2,75
2007	0,58	2,61	448	0,26	1,71	663	0,90	5,06	2,96
2008	0,19	1,31	719	0,20	1,87	946	-0,55	4,72	3,38
2009	0,52	2,08	404	0,30	1,75	582	0,33	3,87	1,87
2010	0,22	1,75	908	0,20	2,42	1196	-0,67	1,87	2,37
2011	0,90	3,58	468	0,69	4,41	643	-0,84	7,76	4,61
2012	0,70	1,18	169	0,29	0,76	261	0,43	1,65	0,99
2014	0,26	1,05	397	0,19	0,98	528	0,06	2,54	1,43
2015	0,49	2,03	418	0,32	1,85	585	0,18	3,25	2,17
Media	0,50	2,45	547	0,32	2,25	723	0,20	4,15	2,50

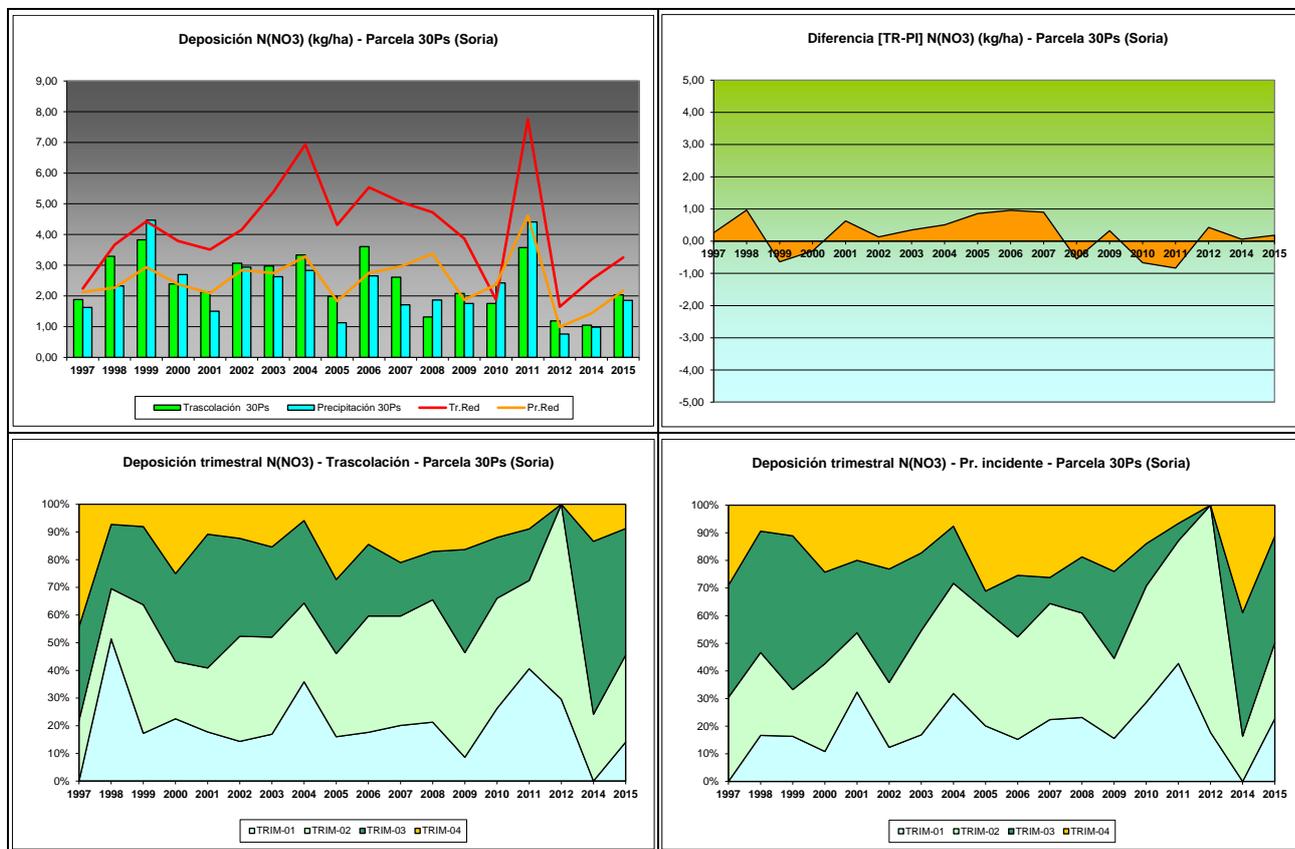


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.10. Sulfatos.

TABLA 19: Caracterización Sulfatos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

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)
1997	0,40	2,23	559	0,89	6,11	687	-3,88	3,00	3,70
1998	0,86	4,78	553	1,24	7,40	595	-2,62	5,81	5,79
1999	0,85	5,80	685	1,06	10,13	957	-4,33	7,17	6,35
2000	0,37	2,54	687	0,53	5,07	961	-2,53	6,42	4,57
2001	0,34	1,95	598	0,28	2,07	802	-0,13	5,68	4,11
2002	0,54	3,68	676	0,47	4,13	872	-0,45	7,73	6,07
2003	0,34	2,68	796	0,42	3,97	941	-1,30	6,85	4,80
2004	0,82	4,11	502	0,66	4,10	622	0,00	8,72	5,84
2005	0,54	1,38	257	0,45	1,58	354	-0,21	4,69	3,12
2006	0,49	2,94	602	0,41	3,36	816	-0,42	6,80	4,69
2007	0,55	2,46	448	0,41	2,67	663	-0,22	7,24	5,12
2008	0,30	2,16	719	0,22	2,04	946	0,12	4,49	2,61
2009	0,28	1,13	404	0,32	1,85	582	-0,72	4,67	3,32
2010	0,10	0,93	908	0,16	1,94	1196	-1,01	4,27	2,88
2011	0,36	1,45	468	0,45	2,92	643	-1,48	5,93	4,57
2012	0,29	0,50	169	0,22	0,57	261	-0,08	1,84	1,35
2014	0,20	0,79	397	0,24	1,26	528	-0,46	2,14	2,00
2015	0,32	1,35	418	0,24	1,39	585	-0,04	3,56	2,95
Media	0,44	2,38	547	0,48	3,48	723	-1,10	5,39	4,10

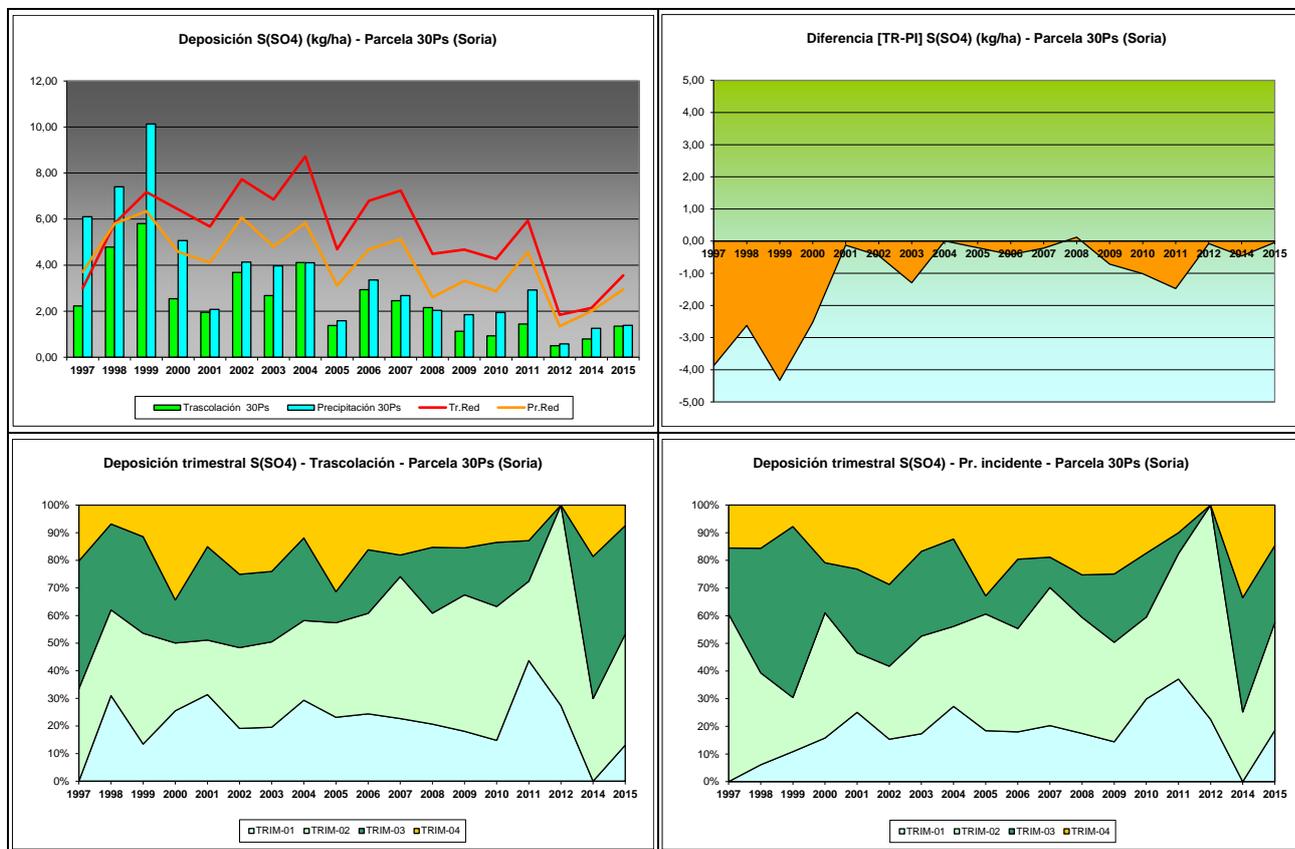


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.11. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 30Ps, cabe destacar:

Se observa una acidificación en los valores de **pH** correspondientes a la trascolación, con pH por debajo del umbral de 5,65, mientras que los valores correspondientes a la precipitación incidente se advierte un comportamiento más normal; siendo 2005 el año con resultados globales más adversos. La frecuencia de valores anormales disminuye a lo largo de los dos últimos años, en que apenas se han observado precipitaciones que puedan caracterizarse como lluvia ácida. Con una precipitación total inferior a 600 mm la parcela se sitúa en uno de sus años más secos, lo que influirá también en la deposición atmosférica. El valor de la intercepción debida a la cubierta arbórea se sitúa en el 24,77%.

Por lo que se refiere a la **conductividad**, se advierten valores generalmente por debajo del resto de la Red a lo largo de la serie de años, mayores valores en la serie de trascolación debido a la incidencia del depósito sobre la cubierta arbórea, excepto el periodo 1997-1998 en el que se registraron valores altos a campo abierto al haberse situado la parcela exterior junto a una zona ganadera, lo que dio lugar al traslado de la misma a una zona con menor influencia animal en 1999, momento a partir del cual los valores se estabilizan, situándose en el entorno de los 10-20 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En cuanto al **potasio**, presenta también en general valores por debajo de la media nacional, concentrándose los máximos al comienzo de la serie y los mínimos al final, con un repunte en los dos últimos años del valor de la trascolación que alcanza tasas superiores a los del conjunto de parcelas. En general, los valores observados son mayores en trascolación que en precipitación a campo abierto y en general unas mayores tasas en primavera y otoño.

El **calcio** presenta también sus máximos concentrados en torno a 2003, registrándose las menores tasas de deposición en 2012 y con un aumento ligero pero sostenido a lo largo del último bienio alcanzándose tasas próximas a 10 kg/ha. En 2003-2004 las deposiciones a campo abierto se situaron incluso por encima del valor medio de la Red, superando incluso a los valores de trascolación, mientras que el mayor aporte tiende a producirse en primavera y verano.

Por lo que respecta al **magnesio**, elemento también de carácter terrígeno, los mayores aportes se han producido en 1997-1998 y 2004 en los que se registraron tasas mayores en la precipitación a campo abierto, superándose incluso en algún caso la media de la Red. Por regla general, y salvo estos casos puntuales, se advierten deposición mayores en la trascolación, debido a la influencia de la deposición seca. Se advierten niveles de depósito muy estables a lo largo de la serie histórica, sin que se hayan superado los 2 kg/ha anuales, con una distribución temporal similar al del soluto anterior.

El **sodio**, elemento procedente en gran parte del aporte de sal marina, presenta en general valores muy por debajo de la media de la Red, registrándose las mayores deposiciones en 2002, sin demasiadas variaciones entre trascolación y precipitación a campo abierto, fuera de una mayor tendencia a la concentración en campo abierta que va atenuándose a medida que avanza la serie histórica y un ligero incremento a lo largo del último año. Los mayores aportes se han registrado en primavera y otoño.

El **amonio**, muy ligado a actividades agrícolas y ganaderas, presenta tasas considerablemente elevadas en el periodo 1997-1998 por la ubicación mencionada de la parcela exterior, cuyo cambio en 1999 provoca la reducción de las tasas de deposición que a partir de ese momento se mantienen en niveles estables y comparativamente bajos, por debajo de 5 kg/ha, destacando el depósito del último año que se incrementa considerablemente a lo largo del último año en lo que se refiere al aporte a campo abierto, en que casi se alcanzan los 10 kg/ha. Por regla general no se observan grandes diferencias entre los niveles obtenidos a

campo abierto y bajo cubierta, lo que indicaría una baja participación en la deposición seca. Destaca una concentración del aporte en primavera.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por la influencia de la sal marina, se registran las mayores tasas en los bienios 2003-2004 y 2006-2007, siempre –al igual que el sodio– con mayores deposiciones a campo abierto, tendencia que se invierte en a partir de 2011 cuando se registran mayores valores bajo cubierta, y con tasas en general inferiores a la media de la Red. No se advierte una tendencia temporal tan marcada.

Las tasas de deposición de **nitratos** son en general inferiores a la media de la Red, con los mayores valores en 1999 y 2011, y escasas diferencias entre la trascolación y la precipitación a campo abierto, situándose en el entorno de los 2 kg/ha. Al igual que en casos anteriores, los mayores aportes tienden a producirse en primavera.

Por último, y en referencia a los **sulfatos**, se advierten unas tasas comparativamente grandes en los tres primeros años de funcionamiento de la red, 1997-1999, para reducirse a partir de ese momento; por debajo de umbrales de 3-4 kg/ha. En general las tasas de deposición a campo abierto son mayores, y al igual que en el caso anterior, se registran los mayores aportes en primavera.

6. 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.

Como valores de referencia para estos parámetros, se han tomado:

TABLA 20: Valores de referencia de calidad del aire mediante dosímetros pasivos

Variable	Descripción	Valores de referencia (*)
SO ₂	Promedio anual. Nivel crítico Mapping Manual ICP-2010 (afección a líquenes)	10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NO ₂	Promedio anual. Nivel crítico Mapping Manual ICP-2010	30 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
NH ₃	Promedio Anual. Protección líquenes y briofitos	1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
	Promedio Anual. Protección plantas superiores	2-4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

(*) Seguimiento de la Calidad Ambiental y de los Daños por Contaminación en los Bosques Españoles. Proyecto LIFE 07 ENV/DE/000218 FutMon. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, Fundación CEAM, 2011.

Los principales resultados habidos en la parcela se especifican a continuación.

TABLA 21: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red.

Año	Parcela 30Ps				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)
2000	0,89	1,05	1,28	23,32	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	1,65	1,18	1,27	29,37	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	0,45	0,27	0,99	26,05	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	0,42	0,30	2,32	24,06	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	0,52	0,38	1,15	19,41	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	0,70	0,46	0,77	21,44	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	0,67	0,54	0,89	22,17	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	0,50	0,42	0,60	22,09	0,82	1,32	0,93	27,18
2009	0,76	1,32	0,71	29,14	1,06	2,89	1,30	36,30
2010	0,64	1,26	0,60	29,08	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	0,73				1,50		0,48	
2012	0,90	1,37	0,54	30,32	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	0,74	1,64	0,91	23,18	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	0,71	1,43	0,77	18,67	1,32	3,73	1,24	26,27
Media	0,74	0,89	0,99	24,48	1,49	2,25	1,52	31,66

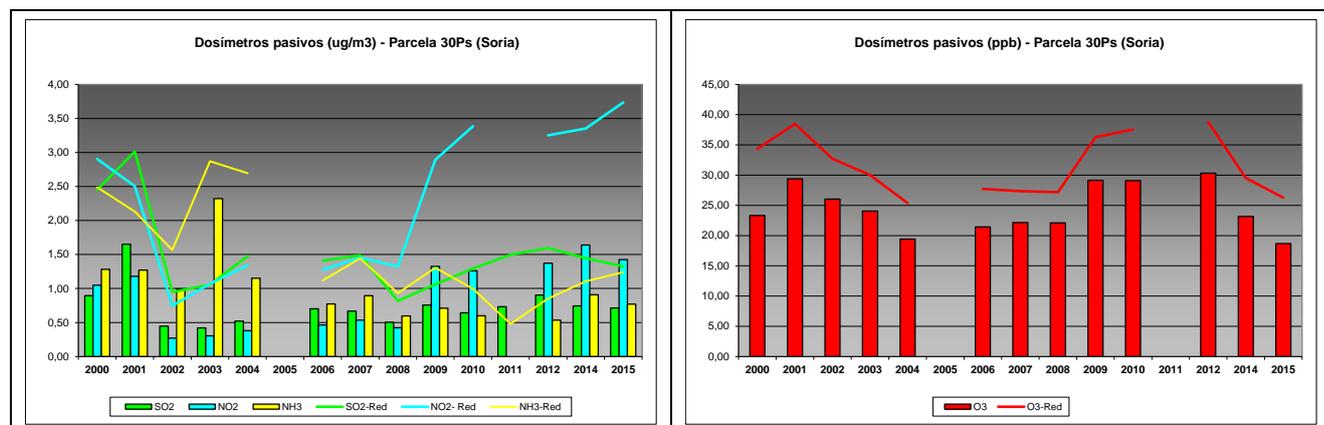


FIG 18: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, los valores de inmisión en la parcela 30Ps son inferiores a los habidos en el conjunto de la Red, destacando quizá el incremento relativo experimentado en los dos últimos años por los compuestos nitrogenados, mientras el contenido en ozono se ha mantenido bastante estable a lo largo de la serie histórica, en torno a la banda de 25-30 ppb, en todos los casos por debajo de los niveles medios de inmisión en la red. Salvo en algún año puntual y por lo que al amoniaco se refiere, no se han alcanzado los umbrales de referencia antedichos.

7. 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.

7.1. Análisis Macronutrientes.

Los macronutrientes analizados han registrado los siguientes valores:

TABLA 22: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y comparación con el resto de las 54 parcelas de la Red de Nivel II pobladas con la misma especie y la media de la especie. A partir de 2009-2010 sólo se miden las 14 parcelas instrumentadas.

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
1995-1996	05 Ps	Segovia	8,00	16,60	1,15	1,48	3,90	1,25	6,06	
	21 Ps	Teruel	13,00	13,74	1,18	1,30	3,37	1,60	6,40	
	24 Ps	Huesca	10,00	15,61	1,16	1,37	7,20	1,66	6,52	
	30Ps	Soria	8,00	14,89	1,05	1,22	3,05	1,28	5,65	
	47 Ps	Lérida	12,00	15,71	1,52	1,39	5,56	1,62	6,58	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	10,20	15,31	1,21	1,35	4,62	1,48	6,24	
1997-1998	05 Ps	Segovia								
	21 Ps	Teruel								
	24 Ps	Huesca								
	30Ps	Soria								
	47 Ps	Lérida								
	<i>P.sylvestris</i>	Red								
1999-2000	05 Ps	Segovia	11,00	14,10	0,93	1,54	2,47	1,04	6,37	
	21 Ps	Teruel	14,00	13,65	0,87	1,34	3,00	1,42	5,52	
	24 Ps	Huesca	10,00	14,45	1,00	1,20	4,14	1,10	7,13	
	30Ps	Soria	11,00	13,86	0,98	1,20	2,48	1,10	6,86	
	47 Ps	Lérida	11,00	14,39	1,20	1,34	3,76	1,35	7,03	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	11,40	14,09	1,00	1,32	3,17	1,20	6,58	
2001-2002	05 Ps	Segovia	16,00	13,62	1,00	1,42	2,21	1,03	6,00	
	21 Ps	Teruel	16,00	10,56	0,87	1,07	1,99	1,15	4,43	
	24 Ps	Huesca	10,00	14,31	1,16	1,32	3,19	1,11	6,27	
	30Ps	Soria	12,00	10,51	0,95	1,08	2,36	1,09	5,74	
	47 Ps	Lérida	12,00	13,99	1,17	1,48	2,80	1,26	7,46	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,20	12,60	1,03	1,27	2,51	1,13	5,98	
2003-2004	05 Ps	Segovia	13,00	16,14	1,21	1,63	2,45	1,20	6,38	
	21 Ps	Teruel								
	24 Ps	Huesca	12,00	14,86	1,04	1,38	3,04	1,19	7,10	
	30Ps	Soria	13,00	13,92	0,96	1,33	2,54	1,32	5,82	
	47 Ps	Lérida	15,00	14,65	1,14	1,50	2,41	1,44	7,14	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,25	14,89	1,09	1,46	2,61	1,29	6,61	
2005-2006	05 Ps	Segovia	14,00	15,26	1,10	1,36	3,18	0,98	6,35	
	21 Ps	Teruel	19,00	14,13	1,44	1,26	3,39	1,34	5,75	
	24 Ps	Huesca	11,00	13,02	0,94	1,10	4,30	1,05	5,96	
	30Ps	Soria	11,00	12,61	1,04	1,06	2,88	1,10	5,14	

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
	47 Ps	Lérida	12,50	13,94	1,40	1,23	4,24	1,31	6,05	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,50	13,79	1,18	1,20	3,60	1,16	5,85	
2007-2008	05 Ps	Segovia	13,50	13,54	1,22	1,07	3,67	1,04	3,97	
	21 Ps	Teruel	20,00	12,84	1,18	1,01	3,37	1,23	5,13	
	24 Ps	Huesca	15,00	11,82	1,18	0,89	5,99	1,03	4,11	
	30Ps	Soria	12,00	12,36	1,27	0,88	3,08	1,06	5,04	
	47 Ps	Lérida	14,00	13,82	1,24	1,28	5,70	1,27	4,74	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	14,90	12,87	1,21	1,02	4,36	1,12	4,60	
2009-2010	05 Ps	Segovia	13,67	13,95	1,19	1,19	4,28	0,92	3,83	
	30 Ps	Soria	14,33	11,79	1,20	1,03	4,18	1,12	5,38	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	14,00	12,87	1,19	1,11	4,23	1,02	4,61	
2011-2012	05 Ps	Segovia	13,97	14,56	1,17	1,25	4,11	0,94	4,62	
	30 Ps	Soria	13,77	12,12	1,13	1,03	3,82	1,08	5,28	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,87	13,34	1,15	1,14	3,96	1,01	4,95	
2013-2014	05 Ps	Segovia	15,87	13,84	0,97	1,21	3,73	0,90	4,66	53,52
	30 Ps	Soria	17,50	12,54	1,08	0,98	3,94	1,07	4,45	53,37
	<i>P.sylvestris</i>	Red	16,68	13,19	1,03	1,10	3,83	0,98	4,56	53,44
2015-2016	05 Ps	Segovia	15,73	17,41	1,14	1,61	5,22	1,10	6,26	54,34
	30 Ps	Soria	13,73	12,90	0,95	1,12	4,34	1,20	6,14	52,90
	<i>P.sylvestris</i>	Red	14,73	15,15	1,05	1,36	4,78	1,15	6,20	53,62

En rojo, análisis de azufre que superan el valor de referencia para la especie, 0,948 mg/g, lo que indica incidencia de la contaminación atmosférica por lluvia ácida. Fuente: (2001) Peña Martínez, J.M. El Estudio del Impacto de la Contaminación Atmosférica en los Bosques. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Serie técnica.

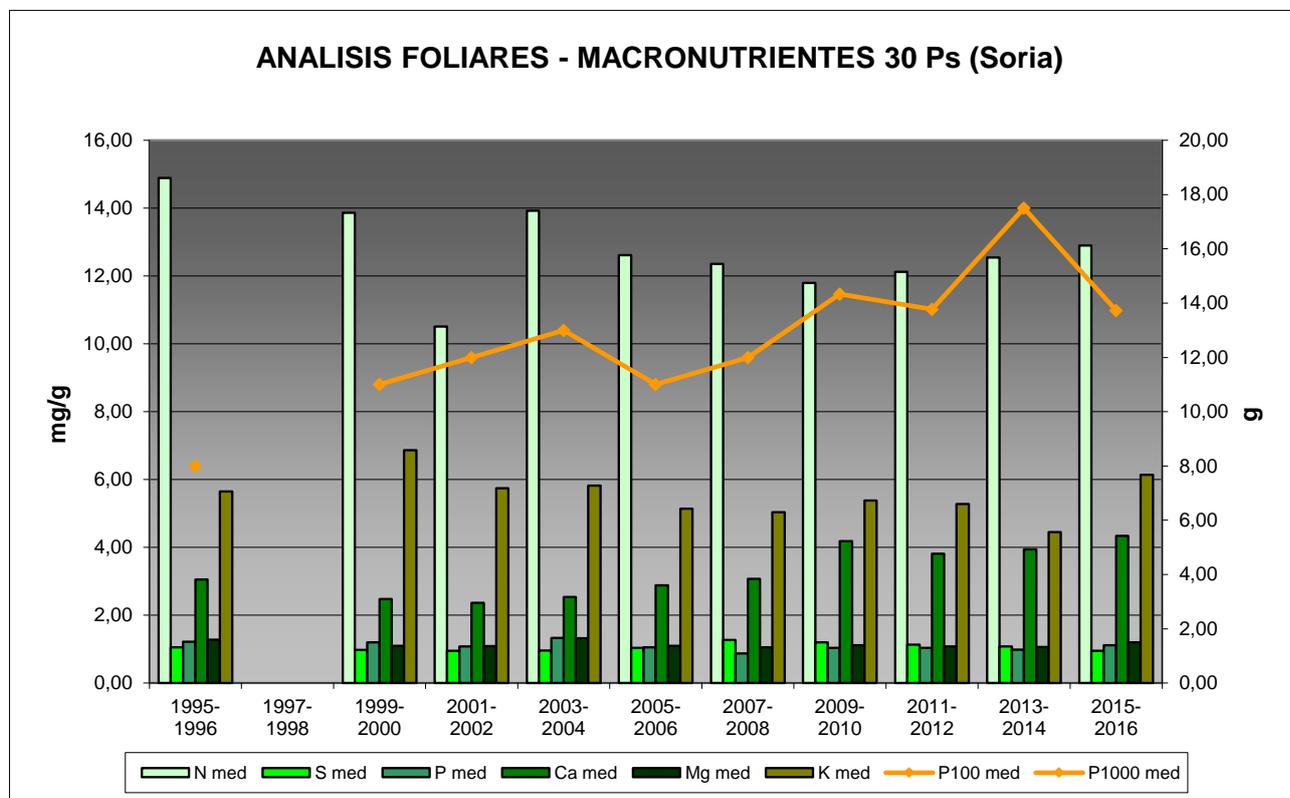


FIG 19: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

TABLA 23: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y comparación con el resto de las 54 parcelas de la Red de Nivel II pobladas con la misma especie y la media de la especie. A partir de 2009-2010 sólo se miden las 14 parcelas instrumentadas.

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
1995-1996	05 Ps	Segovia		37,00	1283,00	126,00	
	21 Ps	Teruel		36,00	583,00	163,00	
	24 Ps	Huesca		38,00	669,00	144,00	
	30Ps	Soria		39,00	567,00	68,00	
	47 Ps	Lérida		49,00	1748,00	258,00	
	<i>P.sylvestris</i>	España		<i>39,80</i>	<i>970,00</i>	<i>151,80</i>	
1997-1998	05 Ps	Segovia					
	21 Ps	Teruel					
	24 Ps	Huesca					
	30Ps	Soria					
	47 Ps	Lérida					
	<i>P.sylvestris</i>	España					
2013-2014	05 Ps	Segovia		25,05	557,22	81,97	2,60
	30 Ps	Soria		47,15	454,25	122,84	2,48
	<i>P.sylvestris</i>	España		<i>36,10</i>	<i>505,73</i>	<i>102,40</i>	<i>2,54</i>
2015-2016	05 Ps	Segovia		32,03	775,32	82,17	3,43
	30 Ps	Soria		46,51	428,86	105,52	3,04
	<i>P.sylvestris</i>	España		<i>39,27</i>	<i>602,09</i>	<i>93,85</i>	<i>3,24</i>

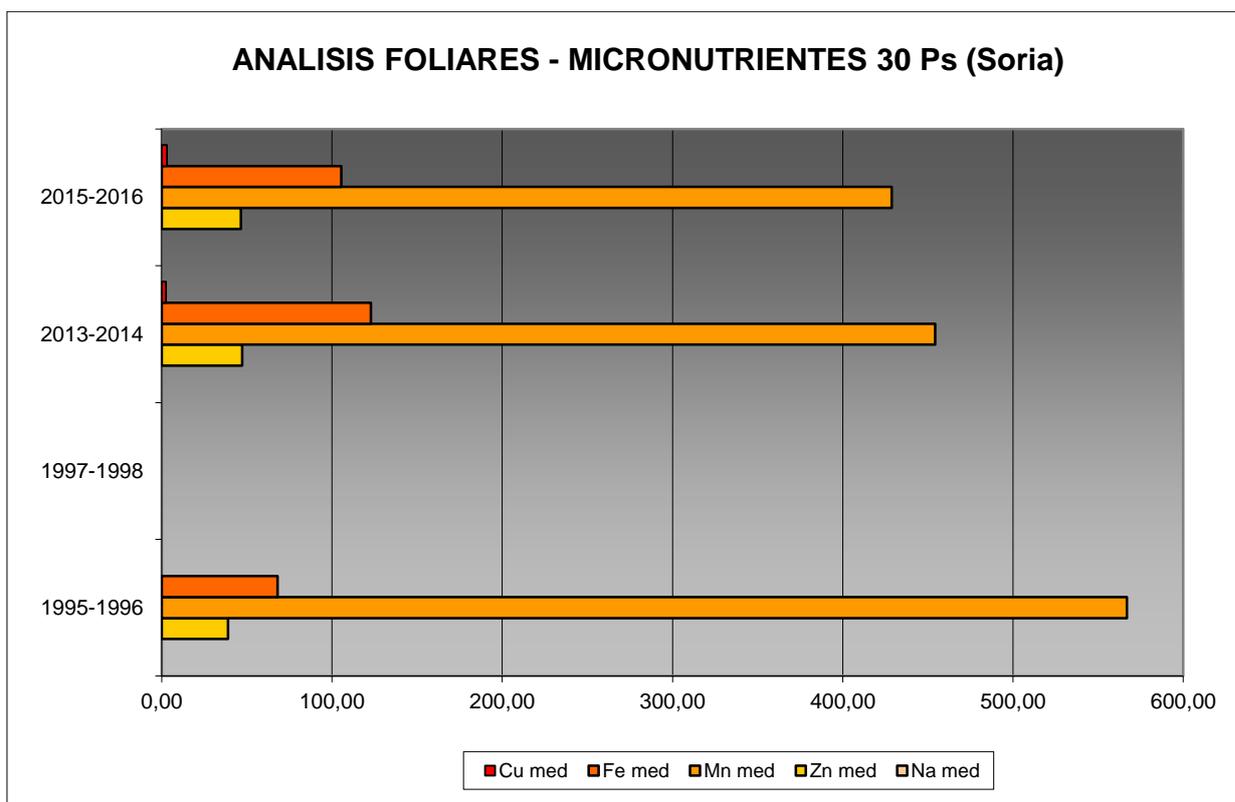


FIG 20: Evolución de micronutrientes ($\mu\text{g/g}$) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

7.3. Interpretación de resultados.

Por lo que respecta a los análisis foliares efectuados en la parcela, cabe concluir:

En primer lugar hay que tener en cuenta que en la parcela 30Ps no se realizó el análisis foliar en 1997-1998.

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis de la muestra foliar de la parcela 30Ps podemos hacer las siguientes observaciones tanto de la parcela tratada individualmente como respecto a la media interanual del resto de parcelas con el pino silvestre como especie dominante:

El **peso medio** de la muestra analizada sigue una tendencia creciente desde el inicio de los análisis, tendencia que sólo se interrumpe a lo largo de la última revisión, en que se experimenta un descenso del parámetro, que se sitúa sin embargo en la línea de la serie histórica, tras el incremento habido en 2013-2014.

Respecto a los **macronutrientes**; el contenido en **nitrógeno** de las acículas ha permanecido muy constante a lo largo de la serie de análisis, en torno a valores de 12-14 mg/g. Por lo que respecta al **azufre** se advierte una disminución del parámetro por debajo de 1 mg/g lo que no se observaba desde 2003-2004, muy similar al valor de referencia de la especie, situado en 0,948 mg/g. El resto de elementos analizados, **fósforo**, **calcio**, **magnesio** y **potasio** experimentan por el contrario un ligero aumento a lo largo de la última campaña; alcanzándose el máximo de la serie histórica en calcio. Por lo que se refiere al contenido en **carbono** del follaje, parámetro medido por primera vez en la campaña anterior, se ha situado sin demasiados cambios en el entorno del 53%.

Los *micronutrientes* sólo se han analizado en los muestreos de 1995-1996, 1997-1998 y 2013-2014 y no siempre se han evaluado todos ellos: sodio no se ha medido en ninguno, cobre sólo en el muestreo de 2013-2014 y zinc, manganeso y hierro en los dos últimos. Esta situación conlleva que no se pueda abordar la valoración de la evolución temporal de los nutrientes en acículas. En la última revisión se advierte un ligero descenso de zinc, manganeso y hierro y un ligero incremento en los valores de cobre.

8. Desfronde.

Con periodicidad mensual se ha recogido el desfronde o litterfall en la parcela mediante captadores normalizados que recogen la caída correspondiente a 1 m² de superficie. La muestra así tomada se divide en sus principales componentes (hojas, ramillas de diámetro inferior a 2 cm y otras, que incluyen frutos, líquenes, musgos,...) y se analiza en el laboratorio.

Se presentan a continuación los resultados obtenidos desde 2010; haciéndose la salvedad al igual que en casos anteriores, de que en 2012 se ha muestreado el periodo enero-julio, mientras que en 2014 los análisis corresponden al periodo mayo-diciembre.

TABLA 24: Resultados medios del análisis de desfronde en sus distintas fracciones. Aporte anual en kg/ha; porcentaje de carbono y contenido en mg/g de materia seca de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio.

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2005	Hojas	1.670	53,12	7,84	0,73	0,36	6,67	0,95	2,70
	Ramillas	871	53,53	7,27	0,51	0,28	4,78	0,54	1,27
	Otras	1.430	52,46	8,18	0,56	0,42	6,92	0,42	1,08
2006	Hojas	1.185	53,81	6,70	0,73	0,40	6,06	0,82	2,34
	Ramillas	545	53,31	5,33	0,60	0,20	4,64	0,48	1,28
	Otras	1.339	52,82	5,41	0,51	0,30	5,88	0,37	1,17
2007	Hojas	2.473	54,98	6,80	0,89	0,52	6,74	1,91	1,75
	Ramillas	406	55,27	5,69	0,64	0,24	4,26	1,19	0,92
	Otras	1.690	54,71	6,99	0,72	0,54	5,88	1,51	1,07
2008	Hojas	2.030	53,28	6,10	0,96	0,37	7,73	0,81	1,86
	Ramillas	358	54,40	5,31	0,77	0,28	4,86	0,39	0,82
	Otras	1.150	53,83	5,46	0,69	0,32	6,91	0,48	1,01
2009	Hojas	1.460	54,25	5,97	1,04	0,39	7,10	0,87	2,73
	Ramillas	460	54,01	3,69	0,76	0,18	4,14	0,41	0,81
	Otras	1.700	53,68	8,00	1,01	0,67	5,39	0,54	1,85
2010	Hojas	1.760	54,08	6,30	0,81	0,30	7,37	0,80	1,67
	Ramillas	66	55,07	7,37	0,84	0,33	5,42	0,49	1,32
	Otras	1.190	53,69	5,86	0,62	0,41	5,76	0,41	1,21
2011	Hojas	1.608	53,85	6,23	0,89	0,36	6,21	2,03	1,81
	Ramillas	466	54,07	5,77	0,70	0,25	4,14	1,18	0,94
	Otras	1.396	53,30	6,61	0,68	0,43	5,31	1,46	1,13
2012	Hojas	472	54,03	7,65	0,99	0,48	6,43	1,18	2,26
	Ramillas	237	54,55	6,14	0,82	0,27	4,80	0,83	1,09
	Otras	1.011	53,67	8,12	0,89	0,65	5,33	0,84	1,38
2014	Hojas	1.339	54,08	7,28	0,65	0,27	7,49	0,82	2,48
	Ramillas	445							
	Otras	1.813							
2015	Hojas	1.405	51,29	5,25	0,77	0,28	8,06	0,81	1,92
	Ramillas	613							
	Otras	1.025	49,93	4,00	0,47	0,23	7,16	0,31	1,38

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
Media	Hojas	1.540	53,68	6,61	0,84	0,37	6,99	1,10	2,15
	Ramillas	447	54,28	5,82	0,70	0,25	4,63	0,69	1,06
	Otras	1.374	53,12	6,51	0,68	0,44	6,06	0,70	1,25

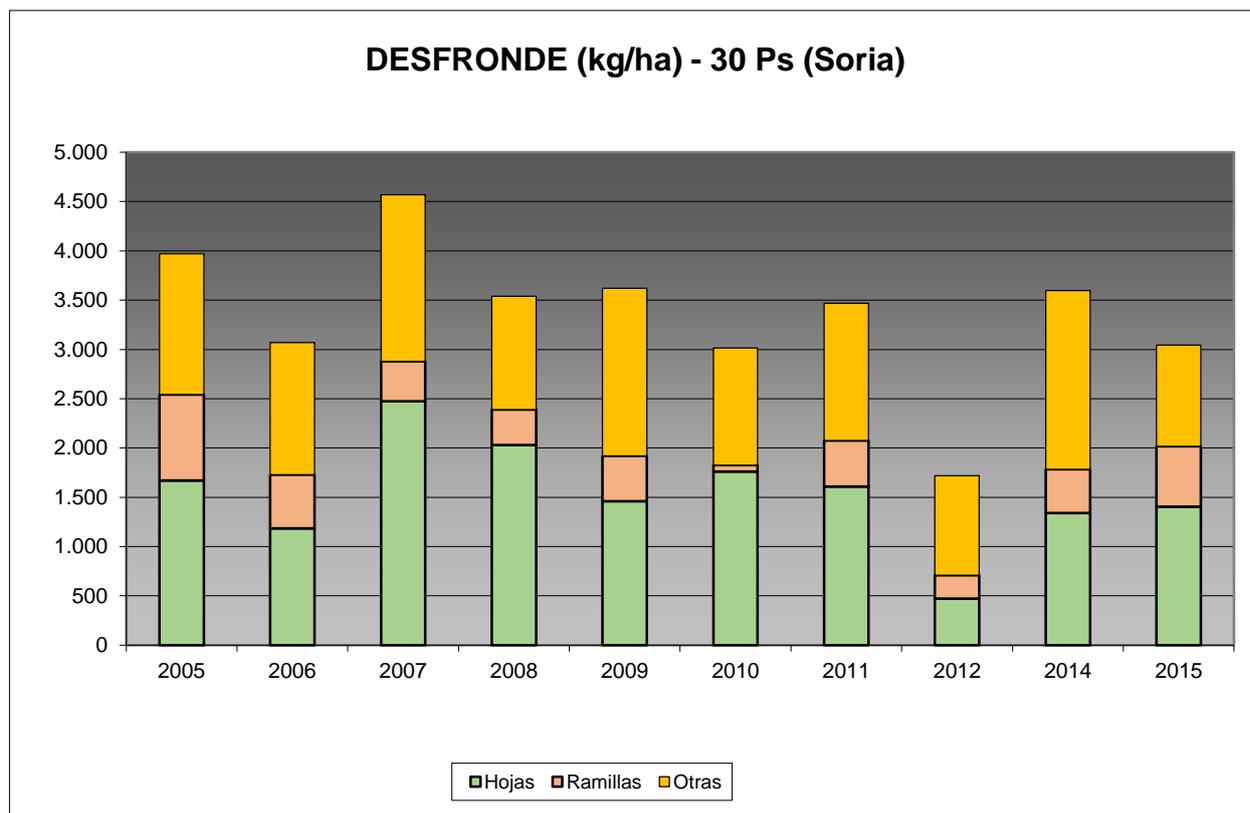


FIG 21: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde foliar se sitúa en torno a los 3.000-3.500 kg/ha; experimentándose una ligera reducción a lo largo de la última campaña. La aportación de las ramillas es considerablemente menor, siempre teniendo en cuenta que hace referencia a las ramillas con diámetro inferior a 2 cm; y que los contenidos en carbono de estos aportes superan el 50% del desfronde total, lo que puede suponer una importante contribución a la fijación de CO₂ atmosférico

9. 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.

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.

Se presentan a continuación y para las fases mencionadas, los valores históricos obtenidos en la parcela 30Ps, 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 25: 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.

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)
1999	14/06/99	15/07/99	31	164	1068	31/05/99	07/07/99	37	150	882
2000	05/05/00	11/07/00	67	125	475					
2001	27/05/01	31/07/01	65	146	914					
2002	28/05/02	03/09/02	98	147	713					
2003	03/06/03	17/06/03	14	153	846					
2004	02/06/04	28/06/04	26	153	680	02/06/04	16/06/04	14	153	680
2005	31/05/05	27/07/05	57	150	603	31/05/05	14/06/05	14	150	603
2006	31/05/06	30/08/06	91	150	692	14/06/06	28/06/06	14	164	890
2007	28/06/07	27/09/07	91	178	1178	01/06/07	14/06/07	13	151	823
2008	17/07/08	04/09/08	49	198	1227	05/06/08	03/07/08	28	156	817
2009	22/06/09	20/07/09	28	172	812	08/06/09	22/06/09	14	158	594
2010	15/06/10	30/07/10	45	165	705	08/06/10	22/06/10	14	158	640
2011	24/05/11	29/06/11	36	143	604	24/05/11	29/06/11	36	143	604
2012	31/05/12	26/06/12	26	151	485	31/05/12	26/06/12	26	151	485
2014	27/05/14	24/06/14	28	146		27/05/14	24/06/14	28	146	
2015	26/05/15	23/06/15	28	145	655	26/05/15	23/06/15	28	145	655
Media			49	155	777			22	152	698

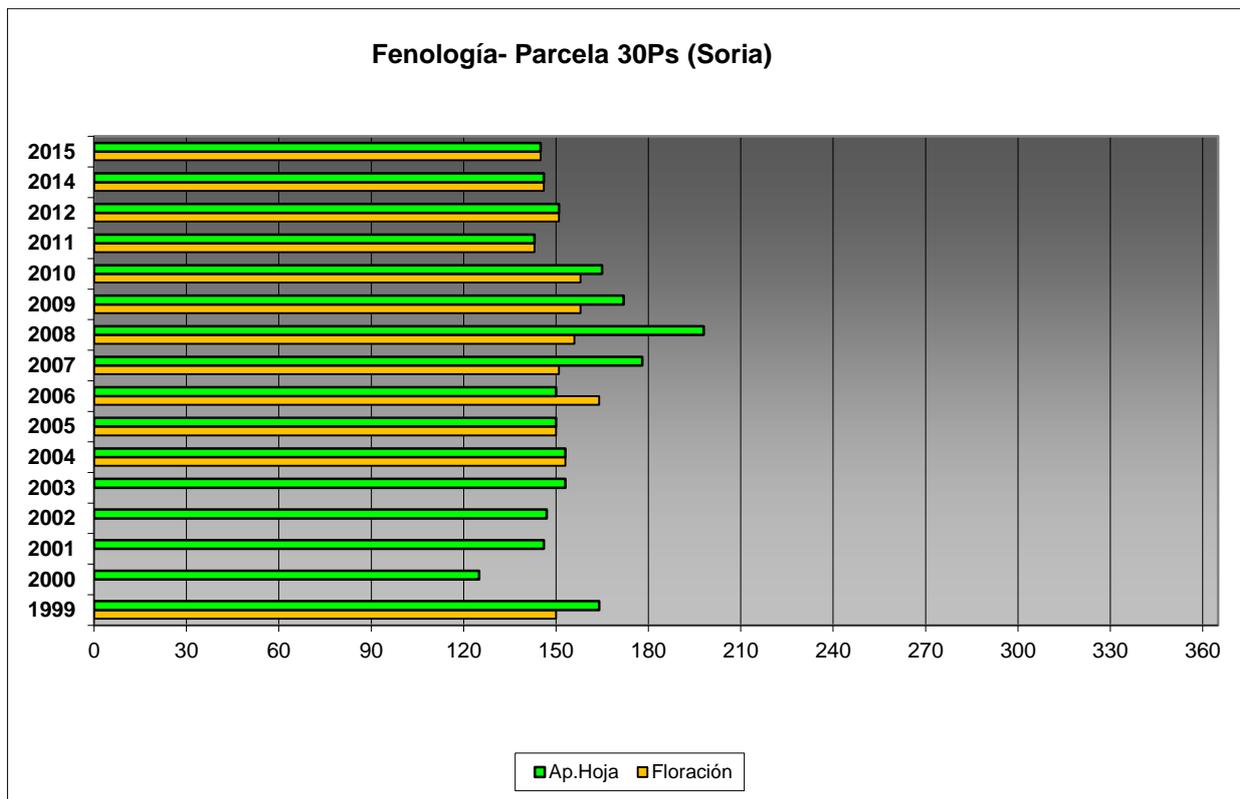


FIG 22: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, la floración precede en la mayoría de los casos a la aparición de las acículas de la nueva metida, registrándose un cierto retraso en la serie 2007-2010 en torno al mes de junio y un cierto adelantamiento de los ciclos a lo largo del último trienio, cuando la actividad vegetativa se concentró en el mes de mayo.



FIG 23: Elongación metida (mayo) y aparición acícula (mayo). Floración masculina (mayo y junio, conos abiertos)

10. Cintas diamétricas.

Como se ha indicado anteriormente, las parcelas van dotadas de dendrómetros en continuo, 5 instalados en 1999 ampliados a 15 en 2010, de quienes se ha tomado la medida de forma quincenal hasta 2009 y mensualmente a partir de 2010.

Para cada una de las cintas instaladas y año de observación se ha obtenido el crecimiento medio, mediante diferencia entre los valores máximos y mínimos anuales –expresado en datos absolutos y en porcentaje sobre el diámetro mínimo- junto con la oscilación o diferencia entre el diámetro en enero y diciembre de cada año, en idénticos términos que el parámetro anterior; y que no tiene necesariamente que coincidir, debido a movimientos de expansión y contracción del tronco ligados al flujo o parón de la savia.

TABLA 26: 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)

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
1999	0,02	0,07	0,02	-0,04
2000	0,12	0,44	0,12	0,30
2001	0,17	0,61	0,17	0,44
2002	0,27	0,86	0,27	0,76
2003	0,23	0,74	0,23	0,67
2004	0,19	0,58	0,19	0,46
2005	0,18	0,61	0,18	0,45
2006	0,27	0,91	0,27	0,65
2007	0,15	0,48	0,15	0,34
2008	0,18	0,53	0,18	0,52
2009	0,07	0,18	0,07	0,08
2010	0,15	0,44	0,15	0,38
2011	0,13	0,38	0,13	0,31
2012	0,10	0,29	0,10	0,27
2014	0,19	0,58	0,19	0,38
2015	0,22	0,61	0,22	0,37
Media	0,16	0,48	0,16	0,37

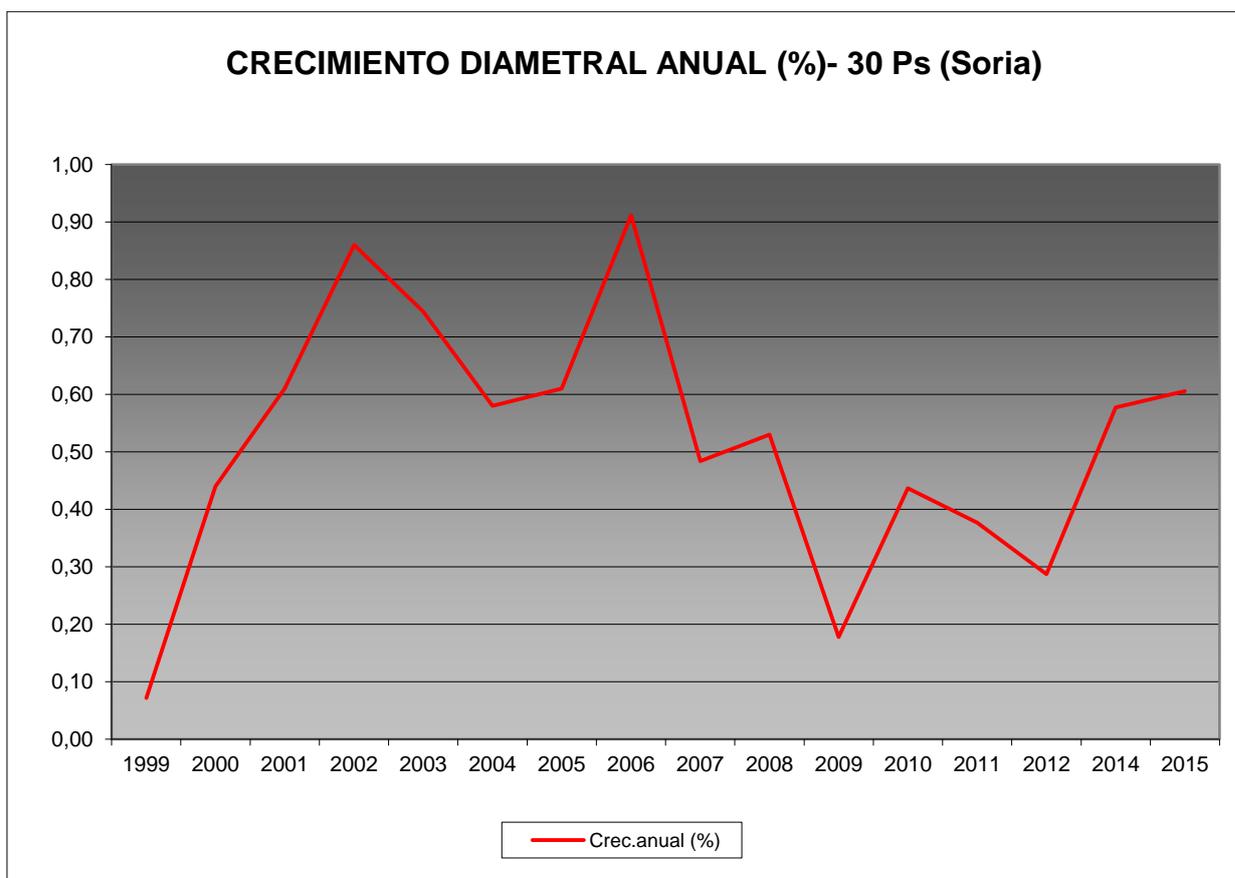


FIG 24: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

Como puede verse en el gráfico anterior, el crecimiento diamétrico anual en la parcela considerada ha oscilado, excepción hecha del primer año de evaluación, entre el 0,18% de 2009 y el 0,91% de 2006, situándose por regla general en valores próximos al 0,50% anual y una tendencia ascendente a lo largo de los últimos años.

11. Meteorología.

Se presenta a continuación un resumen de las principales variables meteorológicas recogidas en la estación de la parcela, de los datos disponibles en el sistema en el momento de la redacción del presente informe. Cabe hacer constar, por lo que se refiere a la meteorología, que los datos correspondientes a 2012 abarcan sólo el periodo enero-junio.

TABLA 27: Parámetros meteorológicos básicos. Precipitación anual. Temperatura media anual, máxima de las máximas, mínima de las mínimas, media de las máximas, media de las mínimas. Radiación solar media. Humedad relativa media. Velocidad del viento media y máxima.

Año	Prec	T med	T MAX	T MIN	T max	T min	Rad med	HR med	V viento med	V viento max
	(mm)	(°C)					(W/m ²)	(%)	(m/s)	
1997	687									
1998	595									
1999	957									
2000	961									
2001	802	0,8	25,0	-19,4	10,1	-6,4	111,6	74,9	1,3	27,6
2002	872	8,0	33,1	-10,6	15,4	0,9	171,2	75,1	1,7	17,8
2003	941	8,0	33,1	-10,6	15,4	0,9	171,2	75,1	1,7	17,8
2004	622	8,1	33,1	-14,4	16,2	0,5		73,5	1,6	17,5
2005	354	8,0	35,0	-24,9	16,9	-0,9		67,2	1,5	24,2
2006	816	6,2	35,9	-16,5	14,1	-0,7	153,0	76,9	3,2	48,1
2007	663	7,8	34,6	-17,7	16,2	-0,3		73,0	1,8	
2008	946	5,2	30,2	-13,3	12,2	-1,0	157,6	79,4	1,9	28,0
2009	582	7,8	33,8	-19,0	16,5	-1,0	182,5	70,7	1,5	27,6
2010	1196	6,9	33,0	-16,0	14,7	-0,4		73,3	1,4	19,7
2011	643	7,8	34,3	-16,0	17,0	-0,1	149,0	71,2	1,2	25,3
2012	261	2,9	26,9	-15,3	10,7	-3,4	131,7	66,7	1,6	18,6
2014	528	9,2	31,3	-9,8	17,7	1,6	151,5	78,2	1,2	17,5
2015	585	9,0	34,2	-17,3	17,6	0,1	194,5	71,3	1,3	68,0
Media	723	6,82	32	-15,77	15,04	-0,73	157,38	73,33	1,63	27,52

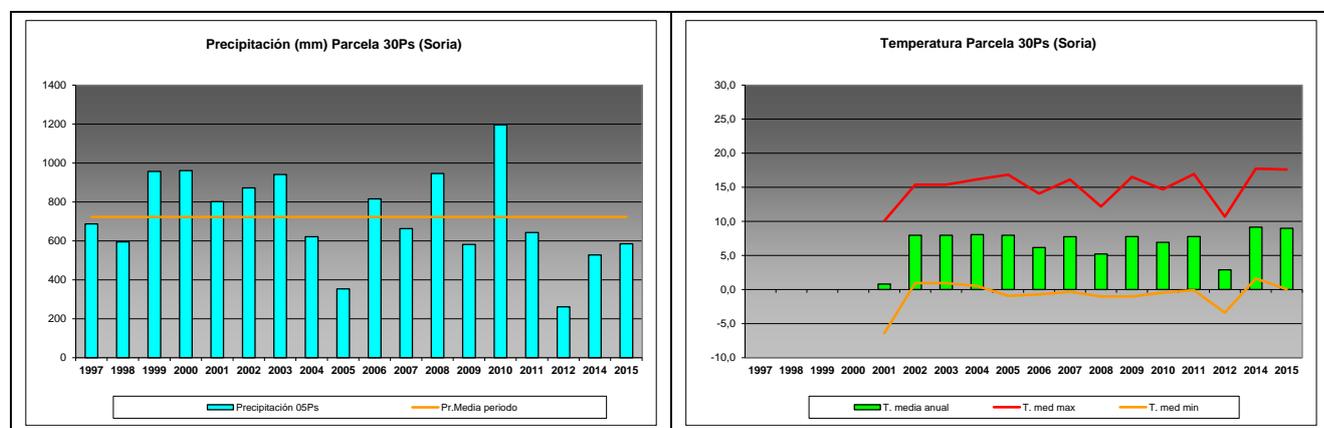


FIG 25: Principales variables meteorológicas.