

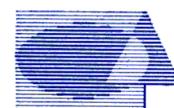
RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

**RED DE NIVEL II
MEMORIA – 2015**

PARCELA 05 Ps (SEGOVIA)



**20
15**



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

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

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

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	2
2.4. Caracterización forestal y dasométrica	4
3. Estado fitosanitario de la parcela	5
3.1. Defoliación y decoloración	5
3.2. Daños forestales	7
4. Instrumentación	17
5. Deposición atmosférica	19
5.1. pH	20
5.2. Conductividad	21
5.3. Potasio	22
5.4. Calcio	23
5.5. Magnesio	24
5.6. Sodio	25
5.7. Amonio	26
5.8. Cloro	27
5.9. Nitratos	28
5.10. Sulfatos	29
5.11. Interpretación de resultados	31
6. Calidad del aire. Inmisión	32
7. Análisis foliar	33
7.1. Macronutrientes	33
7.2. Micronutrientes	35
7.3. Interpretación de resultados	36
8. Desfronde	37
9. Fenología	39
10. Cintas diamétricas	41

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: Inmisión atmosférica

TABLA 21: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Macronutrientes

TABLA 22: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Micronutrientes

TABLA 23: Resultados medios del análisis de desfronde

TABLA 24: Resultados de la evaluación fenológica

TABLA 25: Valor medio dendrómetros

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

1. Situación de la parcela.

La parcela representa el pinar de *Pinus sylvestris* del sector Guadarrámico 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
05 Ps	<i>Pinus sylvestris</i>	Segovia	La Granja	04/08/1993	III

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+40°52'00"	-03°58'00"	418.000	4.525.000	1.630	20	Noreste	Raso del Pino

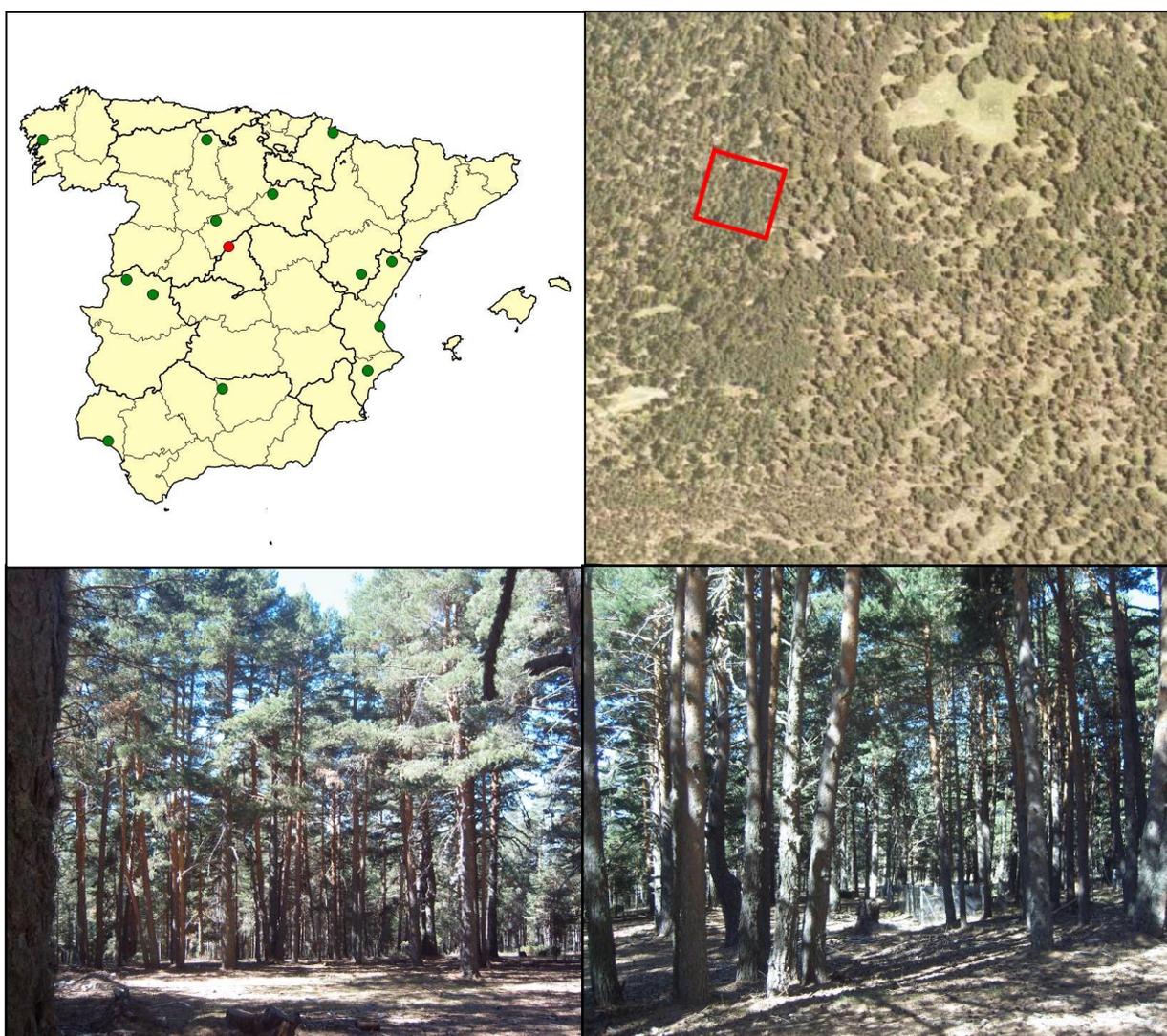


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 05 Ps

2. Caracterización de la parcela.

2.1. Climatología.

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

TABLA 2: Datos meteorológicos parcela.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
T(°C)	0	0,5	2,6	4,5	8,6	12,5	16,3	16	12,6	7,8	3,2	0,6	7,1
P(mm)	123	107	114	111	113	76	31	31	71	109	138	131	1153
T. Media Máximas Mes más Cálido							24,1						
-3,5		T. Media Mínimas Mes más Frío											

De acuerdo a clasificación de Allué, el clima se corresponde con un VI *Nemoral Genuino*.

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

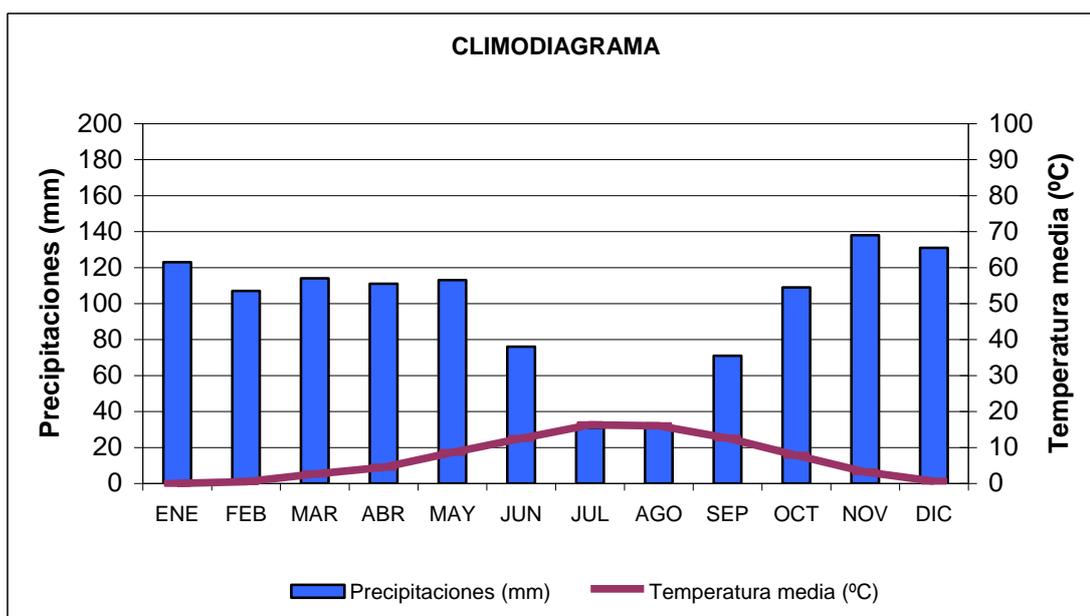


FIG 2: Climodiagrama de la parcela

2.2. Geología y Suelos.

Litología: *gneis*.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Pinar de *Pinus sylvestris* en terreno de escasa pendiente y con encharcamiento temporal en algunos puntos. Bajo el dosel de árboles maduros aparece un subpiso de pinos sumergidos de unos seis metros de altura. El estrato arbustivo es de baja cobertura pero el número de individuos ha aumentado en el periodo 1999-2003. El pasto está sometido a una alta presión de ganado vacuno. El césped clarea bajo las copas de los pinos y se hace muy denso en las zonas de mayor luz y humedad.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	70,0	<i>Jasione laevis Lam.</i>	+
<i>Pinus sylvestris L.</i>	70,0	<i>Koeleria caudata (Link) Steudel</i>	+
ESTRATO ARBUSTIVO	3,0	<i>Linaria nivea Boiss. & Reuter</i>	+
<i>Cytisus sp.</i>	1,0	<i>Luzula lactea (Link) E.H.F. Meyer</i>	+
<i>Juniperus communis L.</i>	2,0	<i>Nardus stricta L.</i>	25,0
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	27,0	<i>Pinus sylvestris L.</i>	+
<i>Arenaria montana L.</i>	+	<i>Poa pratensis L.</i>	+
<i>Arrhenatherum album (Vahl) W.D. Clayton</i>	+	<i>Ranunculus ollisiponensis Pers.</i>	+
<i>Cerastium ramosissimum Boiss.</i>	+	<i>Rumex acetosella L.</i>	+
<i>Conopodium pyrenaicum (Loisel.) Miégevill</i>	+	<i>Stellaria media (L.) Vill.</i>	+
<i>Cruciata glabra (L.) Ehrend.</i>	+	<i>Taraxacum officinale</i>	+
<i>Deschampsia flexuosa (L.) Trin.</i>	+	<i>Teesdalia nudicaulis (L.) R. Br.</i>	+
<i>Festuca iberica (Hackel) K. Richter</i>	+	<i>Veronica arvensis L.</i>	+
<i>Galium rivulare Boiss. & Reuter</i>	+	<i>Veronica officinalis L.</i>	+
<i>Hieracium sp.</i>	+		

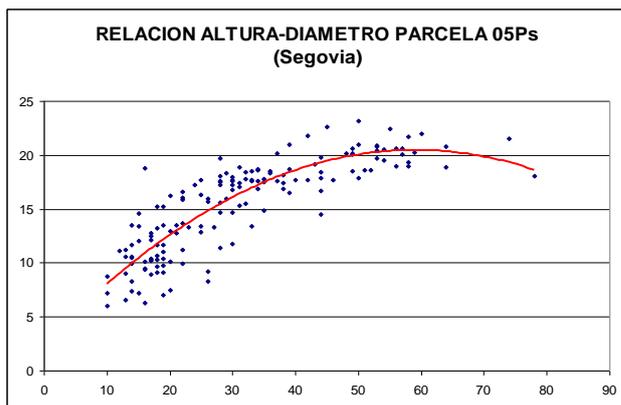
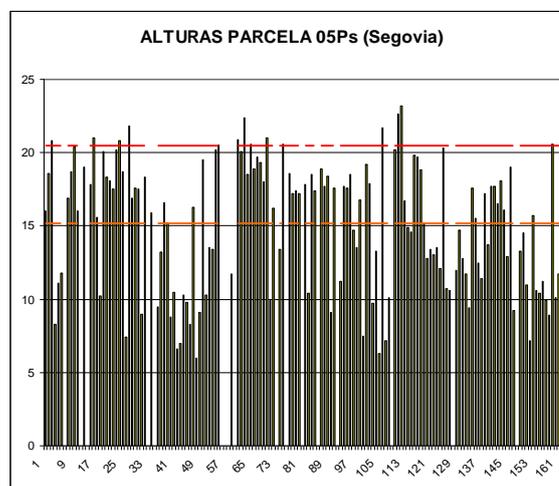
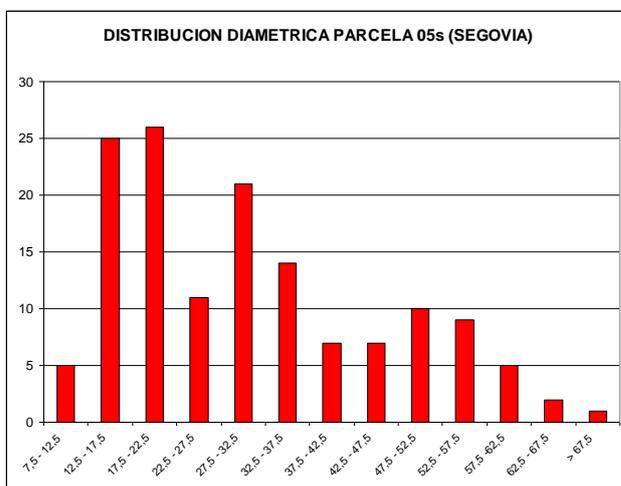
Vegetación potencial: La parcela se encuentra en la serie 13a Serie Oromediterranea Guadarramica Silicicola de *Juniperus nana* o enebro rastrero (*Junipero nanae-Cytiseto purgantis sigmetum*).

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	Alt do m	Exist m ³ cc
05 Ps	0,2500	140	560	140	0	22	80-100	31,95	54,66	35,25	16,04	21,24	134,72



CD	N parc	N ha	h	Esb	Exist parc	Exist ha
7,5 - 12,5	6	24	8,07	80,73	1,90	7,59
12,5 - 17,5	20	80	10,77	71,80	4,48	17,92
17,5 - 22,5	24	96	13,14	65,71	5,57	22,27
22,5 - 27,5	12	48	15,19	60,76	6,65	26,61
27,5 - 32,5	21	84	16,91	56,37	8,77	35,07
32,5 - 37,5	14	56	18,31	52,31	12,86	51,45
37,5 - 42,5	9	36	19,38	48,45	8,28	33,11
42,5 - 47,5	7	28	20,13	44,73	12,59	50,34
47,5 - 52,5	6	24	20,55	41,10	19,82	79,29
52,5 - 57,5	11	44	20,65	37,54	27,17	108,67
57,5 - 62,5	7	28	20,42	34,03	12,51	50,02
62,5 - 67,5	2	8	19,87	30,56	8,02	32,07
> 67,5	1	4	19,38	28,50	6,12	24,48
TOTAL	140	560			134,72	538,88

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 22,82%, dentro por tanto de la escala de daños ligeros, categoría en la que se han calificado más del 80% de la población, en lo que supone una ligera mejoría con respecto a la revisión anterior, al descender el parámetro en cerca de un punto porcentual, inferior en todo caso al umbral de cinco puntos que supondría una variación estadísticamente significativa de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales. Al contrario que en años pasados, no se han registrado muertes en la actual campaña, tendencia que ya se apuntó en la revisión anterior.

Atendiendo a la serie histórica de datos, y tal y como se advirtiera en revisiones anteriores, se viene observando una cierta recuperación del arbolado en el último periodo 2014-2015 tras el empeoramiento sostenido que venía observándose en el periodo 2009-2013, en el que se registró un incremento acumulado de más de cinco puntos porcentuales y de las clases de mayor daño; inferior sin embargo a los resultados habidos en el bienio 2003-2004 en el que se registraron los peores resultados de la serie. La mejoría mencionada es aún tenue, pero vuelven a observarse pies con defoliaciones nulas (inferiores al 10%) y se estabilizan o reducen ligeramente las clases superiores. A esta mejoría contribuiría el hecho de no haberse producido muertes, fenómeno que no se observaba desde el mínimo local de 2009. También podría estar relacionado con un proceso natural de renovación de la masa, dentro de la dinámica poblacional de la estación, en la que los pies más dañados van muriendo paulatinamente, desapareciendo de la población, que se va rejuveneciendo.

En la línea de la mejoría apuntada anteriormente se ha movido también la decoloración, el segundo gran parámetro definidor del estado de salud de los bosques, que disminuye notablemente con respecto al año anterior, en el que llegó a afectar a casi tres de cada cuatro pinos evaluados, para convertirse en un fenómeno anecdótico.

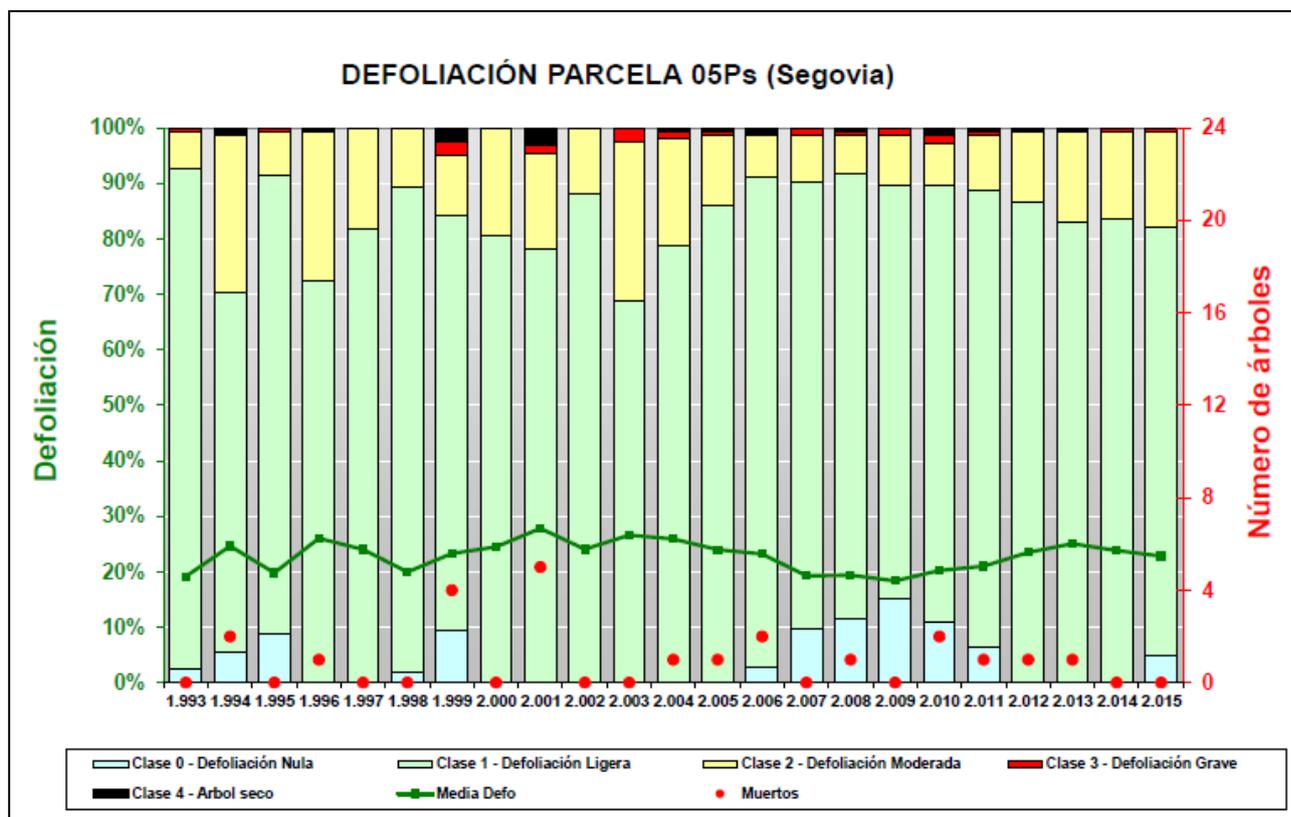


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



FIG 5: Defoliación 10%, 25% y 35%

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												
Aves	1	2,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	49,00	20,00	17,05	3,96
Tronco	1	2,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	49,00	20,00	17,05	3,96
INSECTOS												
Perforadores	27	1,00	108	19,29	21,30	0,00	-1,52	-0,01	39,00	18,57	7,05	2,53
<i>Tomicus minor</i>	27	1,00	108	19,29	21,30	0,00	-1,52	-0,01	39,00	18,57	7,05	2,53
Ramillos <2 cm	27	1,00	108	19,29	21,30	0,00	-1,52	-0,01	39,00	18,57	7,05	2,53
ENFERMEDADES												
Royas tronco y brotes	2	4,50	8	1,43	40,00	1,00	17,18	0,99	49,50	18,20	17,55	2,16
<i>Cronartium flaccidum</i>	2	4,50	8	1,43	40,00	1,00	17,18	0,99	49,50	18,20	17,55	2,16
Ramas >10 cm	1	5,00	4	0,71	55,00	2,00	32,18	1,99	59,00	17,50	27,05	1,46
Tronco	1	4,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	40,00	18,90	8,05	2,86
Hongos pudrición	2	1,00	8	1,43	25,00	0,00	2,18	-0,01	68,50	19,25	36,55	3,21
Tronco	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	78,00	17,50	46,05	1,46
<i>Phelinus pini</i>	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	59,00	21,00	27,05	4,96
Tronco	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	59,00	21,00	27,05	4,96
AG.ABIÓTICOS												
Calor	9	1,00	36	6,43	24,44	0,00	1,62	-0,01	46,78	19,71	14,83	3,67
Acíc. antiguas	9	1,00	36	6,43	24,44	0,00	1,62	-0,01	46,78	19,71	14,83	3,67
Nieve/Hielo	6	2,00	24	4,29	23,33	0,00	0,51	-0,01	38,17	15,20	6,22	-0,84
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	35,00	19,50	3,05	3,46
Ramas >10 cm	2	2,00	8	1,43	30,00	0,00	7,18	-0,01	61,50	16,65	29,55	0,61
Guía principal	3	2,33	12	2,14	18,33	0,00	-4,49	-0,01	23,67	12,80	-8,28	-3,24
ANTRÓPICOS												
Cortas	1	3,00	4	0,71	20,00	0,00	-2,82	-0,01	32,00	19,10	0,05	3,06
Tronco	1	3,00	4	0,71	20,00	0,00	-2,82	-0,01	32,00	19,10	0,05	3,06
Op. en pies próximos	3	2,00	12	2,14	26,67	0,00	3,85	-0,01	53,00	20,43	21,05	4,40
Tronco	3	2,00	12	2,14	26,67	0,00	3,85	-0,01	53,00	20,43	21,05	4,40
OTROS DAÑOS												
<i>Viscum album</i>	4	1,25	16	2,86	26,25	0,00	3,43	-0,01	58,50	21,00	26,55	4,96
Ramas >10 cm	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	60,00	18,50	28,05	2,46
Guía principal	3	1,33	12	2,14	26,67	0,00	3,85	-0,01	58,00	21,83	26,05	5,80
Falta luz	17	2,53	68	12,14	36,18	0,00	13,36	-0,01	14,88	9,81	-17,07	-6,23
Acíc. todas edades	17	2,53	68	12,14	36,18	0,00	13,36	-0,01	14,88	9,81	-17,07	-6,23
Inter.físicas	39	1,13	156	27,86	20,90	0,00	-1,92	-0,01	30,46	17,16	-1,49	1,12
Acíc. todas edades	18	1,06	72	12,86	20,28	0,00	-2,54	-0,01	30,17	17,61	-1,78	1,57

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif defo	Dif deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Ramillos <2 cm	19	1,21	76	13,57	22,37	0,00	-0,45	-0,01	31,47	17,32	-0,48	1,28
Guía principal	1	1,00	4	0,71	15,00	0,00	-7,82	-0,01	19,00	10,10	-12,95	-5,94
Tronco en copa	1	1,00	4	0,71	10,00	0,00	-12,82	-0,01	28,00	13,10	-3,95	-2,94
Compet/Espesura	28	1,14	112	20,00	21,43	0,00	-1,39	-0,01	24,54	13,44	-7,41	-2,60
Acíc. todas edades	28	1,14	112	20,00	21,43	0,00	-1,39	-0,01	24,54	13,44	-7,41	-2,60
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	9	1,67	36	6,43	25,56	0,00	2,74	-0,01	46,56	19,28	14,61	3,24
Acíc. antiguas	1	1,00	4	0,71	30,00	0,00	7,18	-0,01	45,00	21,30	13,05	5,26
Ramas >10 cm	1	4,00	4	0,71	30,00	0,00	7,18	-0,01	55,00	20,30	23,05	4,26
Tronco en copa	2	1,50	8	1,43	25,00	0,00	2,18	-0,01	28,00	15,35	-3,95	-0,69
Tronco	5	1,40	20	3,57	24,00	0,00	1,18	-0,01	52,60	20,24	20,65	4,20

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados, destaca en primer lugar la aparición de heridas transversales en los troncos, en algún caso ya antiguas y recubiertas por un callo de cicatrización, causadas por **pícid** en sus habituales estrategias de marcaje del territorio, concentradas en pies de mayores dimensiones de la parcela y sin mayor significación fitosanitaria, aunque en alguna ocasión puede estar relacionado con resinosis, particularmente si el verano ha sido muy cálido, se estimula la producción de resina y la cicatrización no es completa.

En la presente revisión, se advierte una reducción en el nivel de actividad de los insectos, siendo prácticamente inapreciables los daños causados por defoliadores braquiderinos, apreciables el año anterior, y una reducción también notable en la acción del escolítido perforador *Tomicus minor* presente en la quinta parte de los pies, cuando el año pasado aparecía en más de la mitad, siguiendo el patrón de comportamiento ya observado en el pasado: preferencia sobre pies de mayores dimensiones y altura superior en más de 2 m al vuelo medio de la parcela, aunque sin aparecer asociados a daños forestales de consideración, al tratarse sobre todo de ramillos superiores atabacados debidos a la alimentación de maduración del adulto que a las peligrosas galerías larvianas, que al afectar al cambium, pueden llegar a comprometer gravemente al hospedante. En revisiones pasadas y asociadas a este insecto se han llegado a registrar pies muertos, previamente debilitados por problemas puntuales por falta de luz, siendo bien conocida la predilección por pies en debilitamiento y que ponen de manifiesto la utilidad del correcto manejo selvícola como método de prevención de la plaga.

Entre las enfermedades cabe mencionar en primer lugar al hongo *Peridermium pini*, variedad cortícola de *Cronartium flaccidum* presente en un corto número de pies pero asociado a daños de importancia, al causar un chancro resinoso en el tronco, generalmente en su mitad superior, que causa el enteamiento de la sección de madera situada bajo él y la muerte por desecación de la fracción de copa situada por encima del punto de infección. La afección, relativamente frecuente en pinares de silvestre de zonas de alta montaña se configura como uno de los principales agentes dañinos de este tipo de masas, causando incluso la muerte del pie afectado. El problema se amplifica en masas de cierta densidad, en las que la muerte del ápice de los pies afectados deja a estos bajo el dosel principal de copas, empezando a verse afectados además por falta de luz. Los árboles afectados son además presa fácil de otros agentes secundarios u oportunistas, agravándose el efecto en una zona donde existe un segundo agente de debilitamiento de los pies como es el muérdago. Se ha advertido repetidamente que este chancro es más frecuente en pies afectados por heridas y daños mecánicos a consecuencia de nevadas o temporales, posiblemente por aprovechar las roturas en la corteza para infectar al hospedante. El nivel de peligrosidad lo pone de manifiesto el hecho de que los pies afectados presentan los mayores niveles de defoliación de la muestra. Se registra también algún caso aislado por hongos de pudrición del tipo *Phellinus pini* en algún pie de mayores dimensiones, afección esta ya observada en anteriores revisiones, y que la literatura cita como un precursor

de daño forestal; presentando, como ya ocurriera en revisiones anteriores, el pie afectado una defoliación superior al nivel medio de la parcela.

Se registra también una cierta afección por **agentes abióticos** relacionados básicamente con roturas de ramas y ramillas a causa de **nieve**, lógicos en una parcela situada en posición de umbría en una zona de alta montaña y con cierta predilección por pies de mayores dimensiones, que sobresalen por encima del conjunto general del arbolado y pierden así el efecto coprotector de la masa, quedando más expuestos a la acción de los agentes meteorológicos. Se ha advertido también en pinares montanos similares que las heridas mecánicas causadas por la nieve o el viento favorecen la entrada de esporas de hongos como *Cronartium flaccidum* que encuentran así una vía franca para la infección del hospedante. Vía similar de entrada encuentran otros patógenos tales como *Sphaeropsis sapinea*, no presente en la estación considerada. Dadas las elevadas temperaturas registradas a mitad del verano, se han registrado también unos pocos daños salpicados debidos a **golpe de calor** asociados a amarilleamientos de las acículas de mayor edad, previos a su caída, en una típica estrategia del árbol de reducción de las pérdidas de transpiración a través de la reducción del follaje.

La presencia de daños antrópicos es menor, limitándose a daños mecánicos en los troncos, ya cicatrizados, por corta y arrastre de troncos de antiguas operaciones selvícolas, procedentes de antiguos aprovechamientos y lógicos en una masa en producción sujeta a planes de ordenación dasocrática. Se registra también, de forma aislada, alguna mata de muérdago, *Viscum album*, sin mayor significación, aunque cabe mencionar que esta fanerógama es también un potente agente debilitador de este tipo de masas, registrándose incluso pérdidas de crecimiento en volumen maderable en el propio monte, aunque a cotas más bajas. El muérdago se dispersa a través de los pájaros, que se alimentan de sus frutos y excretan las semillas, por lo que suelen colonizar los árboles de mayores dimensiones, con las copas más abiertas por la nieve, que presentan mayor superficie de colonización. La patógena se mantiene estable en la presente revisión, tras el ligero incremento observado el año pasado.

Los daños por **competencia o falta de luz** se encuentran ampliamente extendidos, sobre algo menos de la tercera parte del arbolado muestra, afectando como es lógico a los pies situados bajo el nivel general del conjunto, que reciben menor insolación. Este tipo de daños, muy frecuentes en masas de pinar de montaña, pueden llegar a ser importantes, habiéndose registrado varias muertes por su causa en evaluaciones anteriores o bien un debilitamiento previo que ha favorecido la entrada posterior de escoltidos que acaban con el árbol poco tiempo después de su localización. Los daños son habitualmente visibles por la pérdida de las acículas de mayor edad, metidas de tres y cuatro años, quedando los ramillos afectados poblados únicamente por acículas de uno o dos años y dando al conjunto general un aspecto apenachado. Están también ampliamente extendidos, aunque su efecto sobre el estado de salud de los pinos afectados es mucho menor, los daños por **interacciones físicas** en los que el pie afectado recibe insolación en su ápice pero no en su ramificación lateral que incluso tiene dificultades para expandirse al impedirlo la cercanía de los pies próximos.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se observa alguna **escoba de bruja** en ramas o **heridas** o **tumores** de distinta naturaleza en los troncos.

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	10	1,00	40	7,14	25,00	0,00	2,18	-0,01	46,60	19,87	14,65	3,83
Comidos/perdidos	1	1,00	4	0,71	30,00	0,00	7,18	-0,01	45,00	21,30	13,05	5,26
Totalmente comidas/perd.	1	1,00	4	0,71	30,00	0,00	7,18	-0,01	45,00	21,30	13,05	5,26
Dec. Verde-amarillo	9	1,00	36	6,43	24,44	0,00	1,62	-0,01	46,78	19,71	14,83	3,67
Completa	9	1,00	36	6,43	24,44	0,00	1,62	-0,01	46,78	19,71	14,83	3,67
Acíc. todas edades	63	1,49	252	45,00	25,08	0,00	2,26	-0,01	23,54	13,65	-8,41	-2,39
Comidos/perdidos	63	1,49	252	45,00	25,08	0,00	2,26	-0,01	23,54	13,65	-8,41	-2,39
Totalmente comidas/perd.	63	1,49	252	45,00	25,08	0,00	2,26	-0,01	23,54	13,65	-8,41	-2,39
RAMAS/BROTOS												
Ramillos <2 cm	46	1,09	184	32,86	21,74	0,00	-1,08	-0,01	35,89	18,05	3,94	2,02
Rotura	25	1,16	100	17,86	22,60	0,00	-0,22	-0,01	35,64	17,91	3,69	1,87
Muerto/moribundo	21	1,00	84	15,00	20,71	0,00	-2,11	-0,01	36,19	18,22	4,24	2,18
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	35,00	19,50	3,05	3,46
Rotura	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	35,00	19,50	3,05	3,46
Ramas >10 cm	5	2,80	20	3,57	34,00	0,40	11,18	0,39	59,40	17,92	27,45	1,88
Deformaciones	2	4,50	8	1,43	42,50	1,00	19,68	0,99	57,00	18,90	25,05	2,86
Tumores	1	5,00	4	0,71	55,00	2,00	32,18	1,99	59,00	17,50	27,05	1,46
Escobas de bruja	1	4,00	4	0,71	30,00	0,00	7,18	-0,01	55,00	20,30	23,05	4,26
Otros signos	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	60,00	18,50	28,05	2,46
Rotura	2	2,00	8	1,43	30,00	0,00	7,18	-0,01	61,50	16,65	29,55	0,61
Guía principal	7	1,71	28	5,00	21,43	0,00	-1,39	-0,01	37,71	16,29	5,76	0,25
Otros signos	3	1,33	12	2,14	26,67	0,00	3,85	-0,01	58,00	21,83	26,05	5,80
Rotura	4	2,00	16	2,86	17,50	0,00	-5,32	-0,01	22,50	12,13	-9,45	-3,91
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	3	1,33	12	2,14	20,00	0,00	-2,82	-0,01	28,00	14,60	-3,95	-1,44
Heridas	2	1,50	8	1,43	15,00	0,00	-7,82	-0,01	25,00	14,80	-6,95	-1,24
Otras heridas	2	1,50	8	1,43	15,00	0,00	-7,82	-0,01	25,00	14,80	-6,95	-1,24
Resinosis	1	1,00	4	0,71	30,00	0,00	7,18	-0,01	34,00	14,20	2,05	-1,84
Tronco	13	1,85	52	9,29	24,62	0,00	1,80	-0,01	52,31	19,92	20,36	3,89
Deformaciones	5	2,00	20	3,57	25,00	0,00	2,18	-0,01	53,40	20,02	21,45	3,98
Otras deformaciones	2	1,50	8	1,43	25,00	0,00	2,18	-0,01	56,00	20,85	24,05	4,81
Tumores	3	2,33	12	2,14	25,00	0,00	2,18	-0,01	51,67	19,47	19,72	3,43
Signos hongos	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	59,00	21,00	27,05	4,96
C.fructificación	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	59,00	21,00	27,05	4,96
Heridas	6	2,00	24	4,29	24,17	0,00	1,35	-0,01	46,00	20,07	14,05	4,03
Otras heridas	6	2,00	24	4,29	24,17	0,00	1,35	-0,01	46,00	20,07	14,05	4,03
Pudriciones	1	1,00	4	0,71	25,00	0,00	2,18	-0,01	78,00	17,50	46,05	1,46

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	Aves		Perforadores		Royas tronco y brotes		Hongos pudrición	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. antiguas	10								
Comidos/perdidos	1								
Totalmente comidas/perd.	1								
Dec. Verde-amarillo	9								
Completa	9								
Acíc. todas edades	63								
Comidos/perdidos	63								
Totalmente comidas/perd.	63								
RAMAS/BROTOS									
Ramillos <2 cm	46			27	100,00				
Rotura	25			7	25,93				
Muerto/moribundo	21			20	74,07				
Ramas 2-10 cm	1								
Rotura	1								
Ramas >10 cm	5					1	50,00		
Deformaciones	2					1	50,00		
Tumores	1					1	50,00		
Escobas de bruja	1								
Otros signos	1								
Rotura	2								
Guía principal	7								
Otros signos	3								
Rotura	4								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	3								
Heridas	2								
Otras heridas	2								
Resinosis	1								
Tronco	13	1	100,00			1	50,00	2	100,00
Deformaciones	5					1	50,00		
Otras deformaciones	2								
Tumores	3					1	50,00		
Signos hongos	1							1	50,00
C.fructificación	1							1	50,00
Heridas	6	1	100,00						
Otras heridas	6	1	100,00						
Pudriciones	1							1	50,00

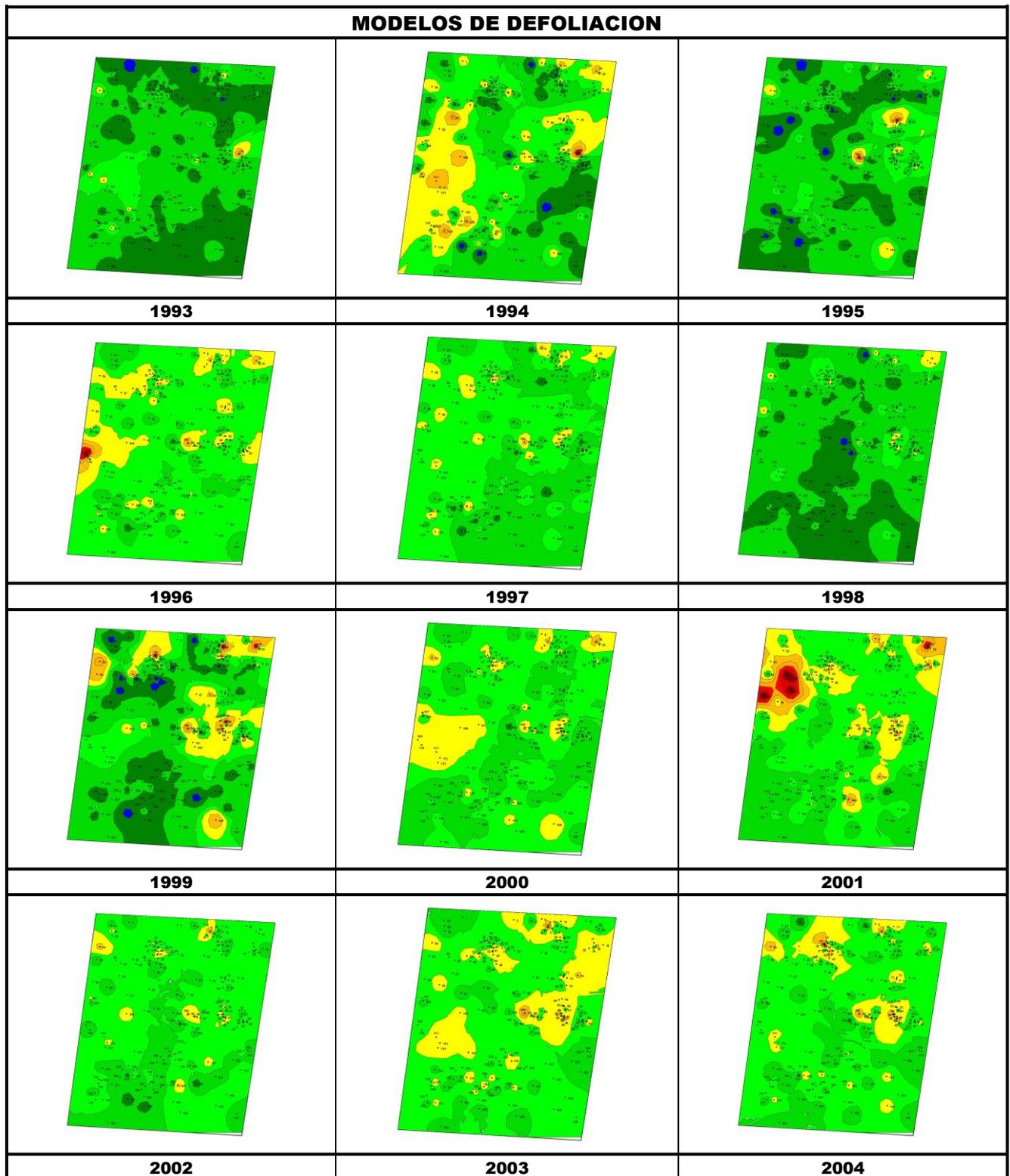
	N par	Calor		Nieve/Hielo		Cortas		Op. en pies próximos	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. antiguas	10	9	100,00						
Comidos/perdidos	1								
Totalmente comidas/perd.	1								
Dec. Verde-amarillo	9	9	100,00						
Completa	9	9	100,00						
Acíc. todas edades	63								
Comidos/perdidos	63								
Totalmente comidas/perd.	63								
RAMAS/BROTOS									
Ramillos <2 cm	46								
Rotura	25								
Muerto/moribundo	21								
Ramas 2-10 cm	1			1	16,67				
Rotura	1			1	16,67				
Ramas >10 cm	5			2	33,33				
Deformaciones	2								
Tumores	1								
Escobas de bruja	1								
Otros signos	1								
Rotura	2			2	33,33				
Guía principal	7			3	50,00				
Otros signos	3								
Rotura	4			3	50,00				
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	3								
Heridas	2								
Otras heridas	2								
Resinosis	1								
Tronco	13					1	100,00	3	100,00
Deformaciones	5								
Otras deformaciones	2								
Tumores	3								
Signos hongos	1								
C.fructificación	1								
Heridas	6					1	100,00	3	100,00
Otras heridas	6					1	100,00	3	100,00
Pudriciones	1								

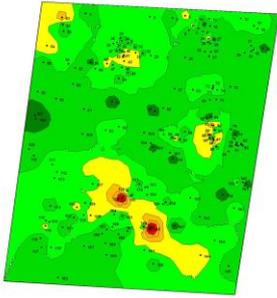
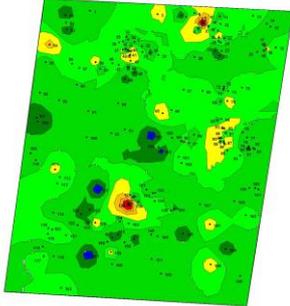
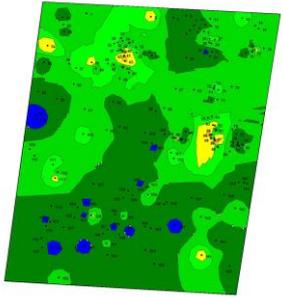
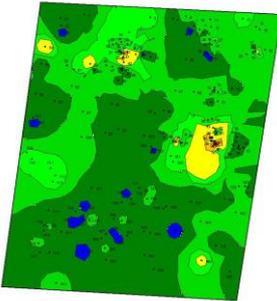
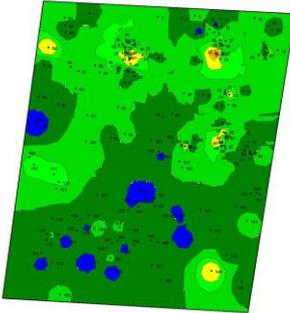
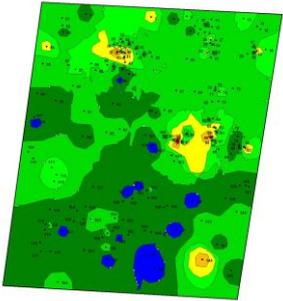
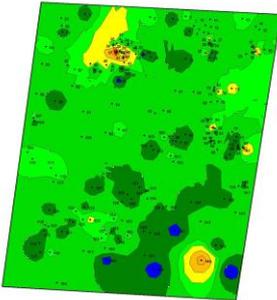
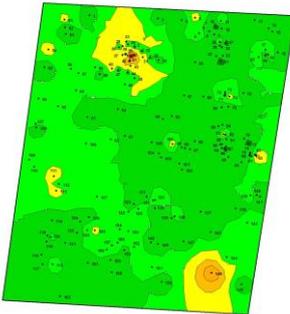
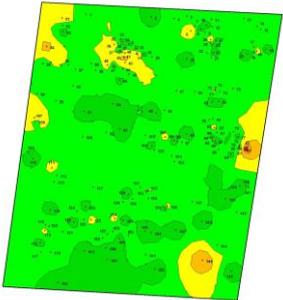
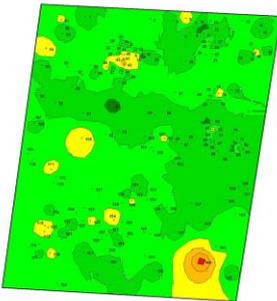
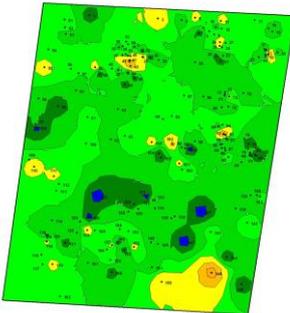
	N par	<i>Viscum album</i>		Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag. desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. antiguas	10									1	11,11
Comidos/perdidos	1									1	11,11

	N par	Viscum album		Falta luz		Inter.físicas		Compet/ Espesura		Ag. desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Totalmente comidas/perd.	1									1	11,11
Dec. Verde-amarillo	9										
Completa	9										
Acíc. todas edades	63			17	100,00	18	46,15	28	100,00		
Comidos/perdidos	63			17	100,00	18	46,15	28	100,00		
Totalmente comidas/perd.	63			17	100,00	18	46,15	28	100,00		
RAMAS/BROTOS											
Ramillos <2 cm	46					19	48,72				
Rotura	25					18	46,15				
Muerto/moribundo	21					1	2,56				
Ramas 2-10 cm	1										
Rotura	1										
Ramas >10 cm	5	1	25,00							1	11,11
Deformaciones	2									1	11,11
Tumores	1										
Escobas de bruja	1									1	11,11
Otros signos	1	1	25,00								
Rotura	2										
Guía principal	7	3	75,00			1	2,56				
Otros signos	3	3	75,00								
Rotura	4					1	2,56				
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	3					1	2,56			2	22,22
Heridas	2					1	2,56			1	11,11
Otras heridas	2					1	2,56			1	11,11
Resinosis	1									1	11,11
Tronco	13									5	55,56
Deformaciones	5									4	44,44
Otras deformaciones	2									2	22,22
Tumores	3									2	22,22
Signos hongos	1										
C.fructificación	1										
Heridas	6									1	11,11
Otras heridas	6									1	11,11
Pudriciones	1										



FIG 6: Chancro cortical por *Peridermium pini*. Tumoración. Daños mecánicos por apeo de pies próximos. Ramillos terminales muertos por *Tomicus minor*. Cicatriz de marcaje de pícidos. Cuerpo de fructificación de *Phellinus pini*. Daños por nieve



MODELOS DE DEFOLIACION		
		
2005	2006	2007
		
2008	2009	2010
		
2011	2012	2013
		
2014	2015	

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.

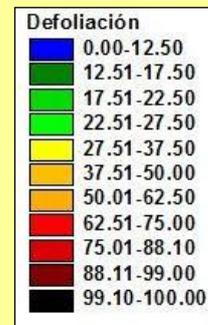
De acuerdo con la normativa europea, se consideran las siguientes clases de defoliación o daño:

- ✓ **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		6	1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro		2		
	Captador nieve		1		
Trascolación	Acumuladores	8		1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro	4			
	Captador nieve	4			
Desfronde	Captadores desfronde	4		1999	Quincenal/Mensual
Solución del suelo	Lisímetros	8		1998	Quincenal/Mensual
Humedad del suelo	Sonda de humedad	16		2009	Quincenal/Mensual
Inmisión	Dosímetros pasivos		12	2000	Quincenal/Mensual

Variable	Equipo	Parcela Interior	Parcela Exterior	Instalación	Periodicidad
Crecimiento	Dialdendro en continuo	15		1999	Quincenal/Mensual
Fenología	Árboles de seguimiento	20		1998	Quincenal/Mensual



FIG 7: Parcela exterior. Pluviómetros, captadores e instrumentación meteorológica. Parcela interior. Lisímetros, sondas de humedad, captadores de desfronde y acumuladores.

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	Elementos de origen marino, dependiendo su presencia de la distancia a la línea de costa. Papel tóxico en la vegetación	200 mg/l
Cloro		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 05Ps, 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	5,72	15,38	784	5,99	23,08	962	5,95	6,27
1998	5,67	33,33	880	6,00	11,11	1157	5,84	6,21
1999	5,50	23,53	833	6,04	5,56	1180	6,19	6,48
2000	5,84	36,84	997	6,13	5,26	1212	6,07	6,27
2001	5,47	68,75	831	5,81	33,33	1067	5,86	6,00
2002	5,95	33,33	1185	6,55	9,09	1349	6,41	6,54
2003	5,63	61,11	1295	6,02	15,79	1516	6,17	6,21
2004	6,13	31,25	732	6,13	31,25	990	6,19	6,13
2005	5,68	56,25	635	5,88	29,41	753	6,01	5,98
2006	5,86	29,41	925	5,98	10,53	1174	6,13	6,07
2007	5,66	50,00	588	5,81	43,75	930	6,01	5,79
2008	5,84	10,00	945	6,10	10,00	1288	6,14	5,99
2009	5,95	11,11	417	6,24	11,11	480	6,14	6,13
2010	5,83	9,09	978	6,18	0,00	1134	6,22	6,19
2011	5,80	33,33	794	6,02	25,00	1096	6,10	6,04
2012	5,50	57,14	442	5,77	14,29	502	5,96	5,98
2014	5,91	12,50	530	6,02	12,50	705	6,17	6,16
Media	5,76	33,67	811	6,04	17,12	1029	6,09	6,14

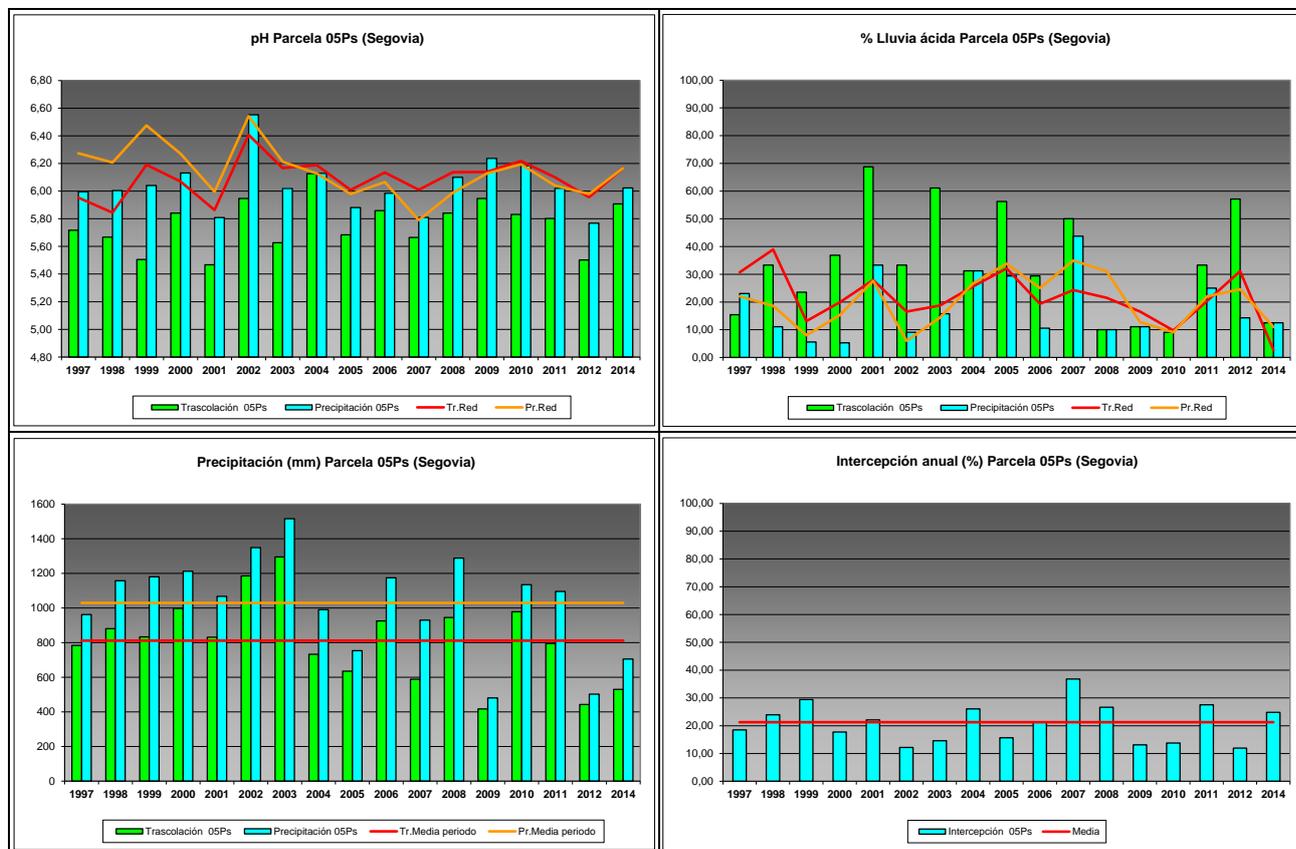


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción

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	13,34		784	7,90		962	25,59	22,11
1998	18,28		880	11,71		1157	29,47	22,63
1999	15,61		833	11,15		1180	33,24	19,93
2000	22,24		997	13,56		1212	35,37	22,07
2001	5,47		831	10,71		1067	28,43	16,06
2002	24,62		1185	19,10		1349	49,05	30,17
2003	25,27		1295	13,74		1516	46,47	25,27
2004	28,87		732	24,56		990	63,98	37,20
2005	28,15		635	17,08		753	65,86	30,61
2006	22,35		925	14,33		1174	61,93	28,83
2007	28,32		588	18,16		930	50,03	28,98
2008	17,41		945	11,81		1288	46,84	22,94
2009	28,85		417	11,29		480	49,56	20,18
2010	18,80		978	8,47		1134	44,44	15,09
2011	18,33		794	7,60		1096	51,52	19,09
2012	14,09		442	6,74		502	53,38	20,50
2014	16,69		530	7,96		705	28,66	15,29
Media	20,39		811	12,70		1029	44,93	23,35

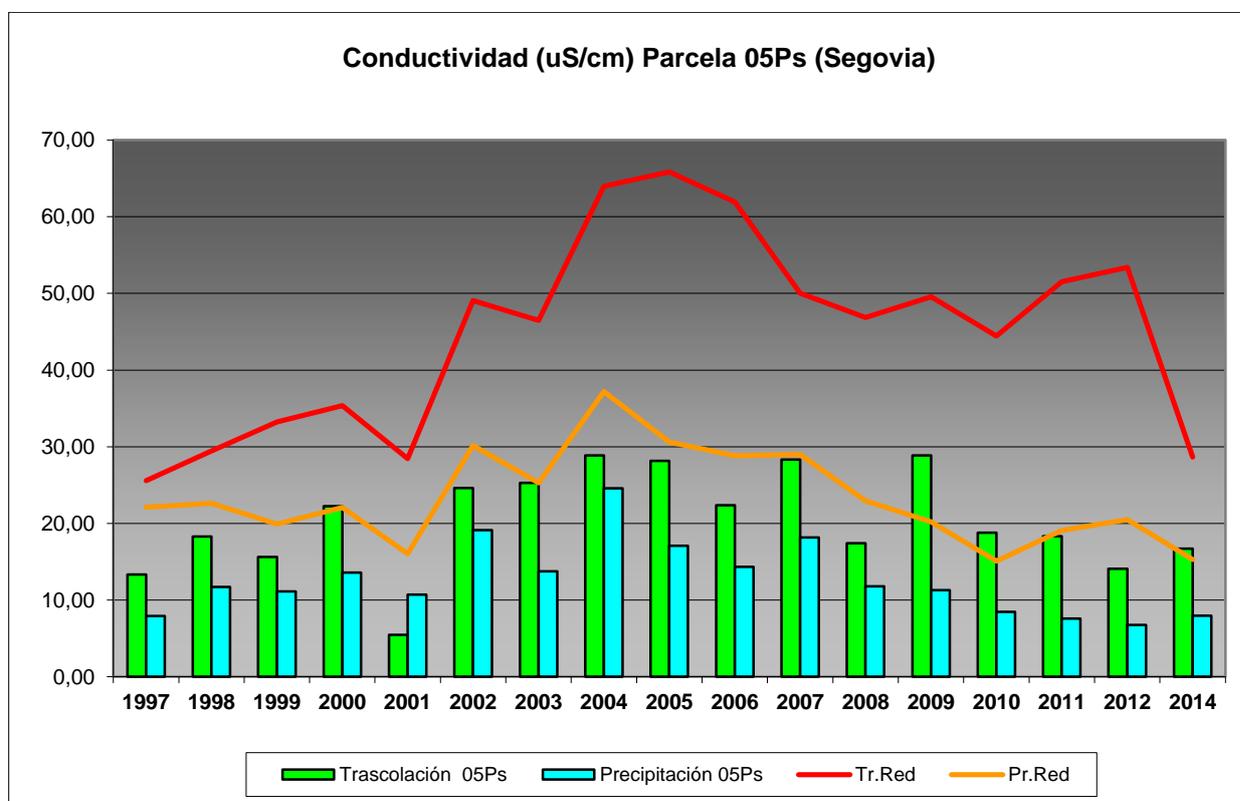


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

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	1,27	9,99	784	0,58	5,55	962	4,44	7,33	5,18
1998	3,53	31,07	880	1,82	21,05	1157	10,02	19,45	13,28
1999	2,31	19,28	833	1,20	14,13	1180	5,15	17,99	11,86
2000	3,17	31,58	997	1,66	20,12	1212	11,46	22,33	15,28
2001	5,47	21,18	831	1,22	12,93	1067	8,25	16,00	9,92
2002	1,87	22,16	1185	0,73	8,67	1349	13,49	19,36	7,73
2003	1,27	16,38	1295	0,45	6,81	1516	9,57	12,93	3,83
2004	2,42	16,94	732	0,82	7,75	990	9,19	16,14	4,88
2005	2,88	18,27	635	0,87	6,54	753	11,73	12,47	5,15
2006	2,26	20,90	925	0,75	8,76	1174	12,14	19,14	9,86
2007	2,61	15,02	588	0,63	5,86	930	9,16	20,44	7,92
2008	1,94	18,32	945	0,39	5,00	1288	13,33	22,97	6,57
2009	3,98	16,60	417	0,61	2,93	480	13,67	18,05	4,28
2010	2,16	21,10	978	0,34	3,88	1134	17,22	21,96	3,59
2011	2,12	16,44	794	0,35	3,67	1096	12,77	18,92	5,75
2012	0,61	2,71	442	0,12	0,61	502	2,09	2,99	0,92
2014	3,71	19,67	530	0,20	1,43	705	18,24	12,25	1,58
Media	2,56	18,68	811	0,75	7,98	1029	10,70	16,51	6,92

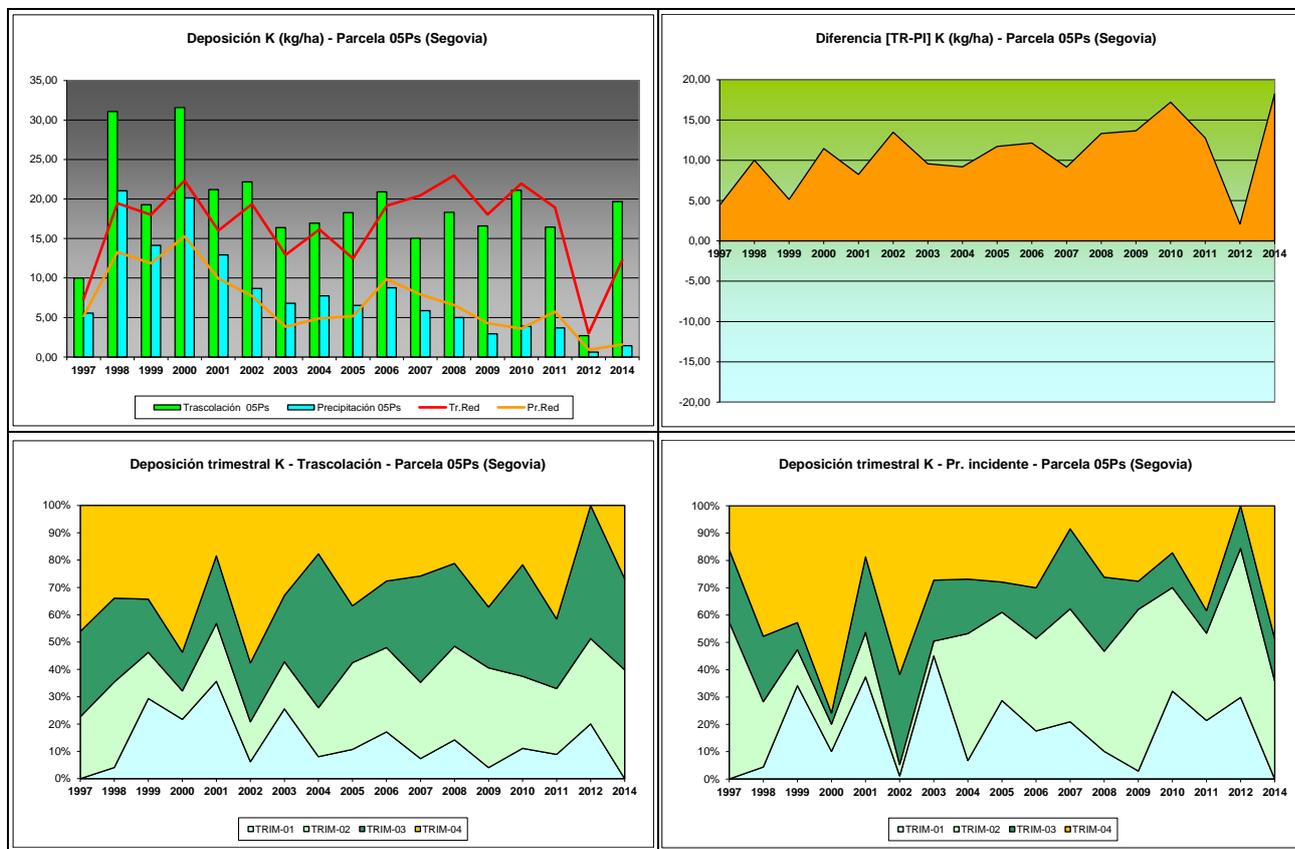


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,53	4,16	784	0,47	4,54	962	-0,37	7,29	5,16
1998	0,82	7,25	880	0,32	3,65	1157	3,60	6,91	4,05
1999	0,82	6,80	833	0,40	4,68	1180	2,11	10,77	6,68
2000	0,87	8,68	997	0,51	6,14	1212	2,54	10,94	7,70
2001	5,47	6,30	831	0,44	4,67	1067	1,63	8,58	6,22
2002	0,87	10,33	1185	0,61	8,27	1349	2,06	12,23	9,40
2003	2,33	30,11	1295	2,12	32,09	1516	-1,98	23,45	26,64
2004	1,66	11,60	732	2,48	23,36	990	-11,76	18,95	20,04
2005	1,18	7,48	635	0,96	7,22	753	0,26	11,17	9,81
2006	1,20	11,06	925	0,80	9,41	1174	1,66	17,51	16,49
2007	1,78	10,21	588	1,35	12,54	930	-2,33	18,16	14,99
2008	0,92	8,68	945	0,99	12,70	1288	-4,02	14,94	12,47
2009	1,21	5,04	417	0,63	3,04	480	2,00	10,43	6,81
2010	0,69	6,74	978	0,44	5,04	1134	1,70	11,50	7,59
2011	0,71	5,66	794	0,34	3,69	1096	1,97	11,32	6,29
2012	0,38	1,70	442	0,26	1,32	502	0,38	3,22	2,60
2014	1,03	5,43	530	0,71	5,02	705	0,41	8,87	6,09
Media	1,32	8,66	811	0,81	8,67	1029	-0,01	12,13	9,94

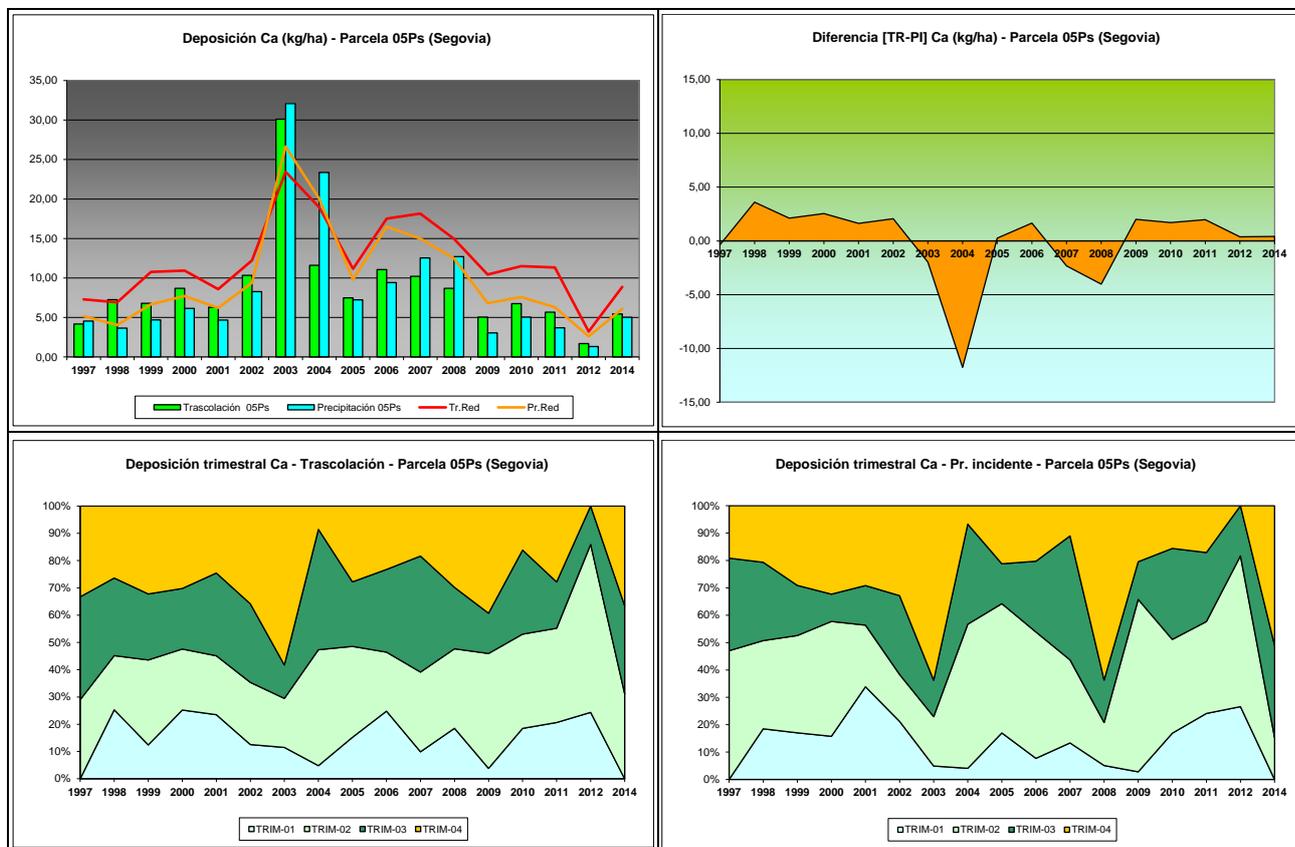


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,42	3,32	784	0,14	1,30	962	2,01	3,66	3,20
1998	0,93	8,14	880	0,23	2,68	1157	5,47	4,07	2,78
1999	0,28	2,30	833	0,12	1,44	1180	0,87	4,18	2,58
2000	0,23	2,34	997	0,12	0,98	1212	1,36	3,46	1,84
2001	5,47	1,80	831	0,11	0,95	1067	0,85	2,99	1,45
2002	0,18	2,17	1185	0,14	0,69	1349	1,48	3,93	1,83
2003	0,40	4,75	1295	0,13	0,42	1516	4,32	3,97	1,65
2004	0,52	3,66	732	0,52	4,87	990	-1,21	4,03	2,51
2005	0,27	1,74	635	0,13	0,41	753	1,33	2,73	1,01
2006	0,24	1,95	925	0,12	0,67	1174	1,28	4,06	1,94
2007	0,29	1,69	588	0,14	0,89	930	0,80	4,56	2,17
2008	0,21	2,03	945	0,16	0,77	1288	1,25	3,99	1,87
2009	0,36	1,49	417	0,06	0,30	480	1,19	3,95	1,67
2010	0,22	2,13	978	0,07	0,82	1134	1,32	4,42	1,89
2011	0,19	1,48	794	0,03	0,38	1096	1,10	3,98	1,27
2012	0,60	2,66	442	0,14	0,70	502	1,96	2,35	1,52
2014	0,30	1,60	530	0,06	0,43	705	1,17	1,96	0,77
Media	0,65	2,66	811	0,14	1,10	1029	1,56	3,66	1,88

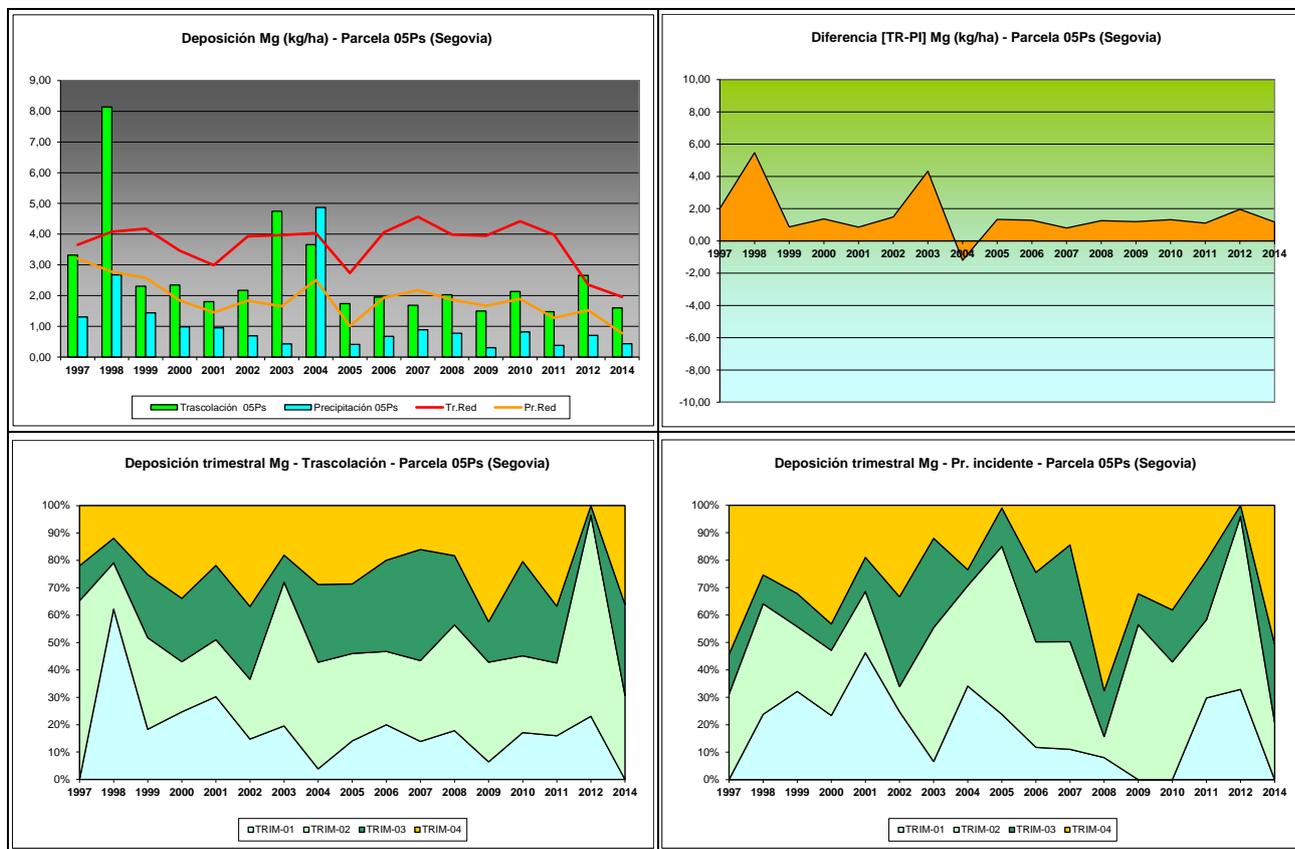


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	2,54	784	0,26	2,52	962	0,02	6,07	6,65
1998	0,82	7,25	880	0,59	6,82	1157	0,42	11,74	10,50
1999	1,22	10,14	833	0,73	8,57	1180	1,57	19,31	13,85
2000	1,14	11,37	997	0,76	9,24	1212	2,13	18,12	13,02
2001	5,47	7,73	831	0,49	5,22	1067	2,51	18,38	12,14
2002	1,14	13,55	1185	0,89	12,06	1349	1,49	28,50	18,75
2003	0,64	8,21	1295	0,39	5,83	1516	2,38	22,49	12,86
2004	1,58	11,02	732	1,51	14,21	990	-3,19	22,85	13,75
2005	0,83	5,28	635	0,50	3,75	753	1,53	14,42	7,16
2006	0,85	7,87	925	0,59	6,98	1174	0,89	24,17	16,07
2007	0,73	4,22	588	0,33	3,07	930	1,15	23,14	14,21
2008	0,66	6,22	945	0,32	4,11	1288	2,11	19,63	11,01
2009	0,70	2,93	417	0,39	1,87	480	1,07	22,09	12,27
2010	0,78	7,61	978	0,43	4,91	1134	2,70	24,37	13,76
2011	0,65	5,19	794	0,11	1,17	1096	4,03	20,72	5,97
2012	0,39	1,71	442	0,15	0,76	502	0,95	4,35	2,86
2014	0,85	4,52	530	0,36	2,51	705	2,00	7,06	4,77
Media	1,10	6,90	811	0,52	5,51	1029	1,40	18,08	11,15

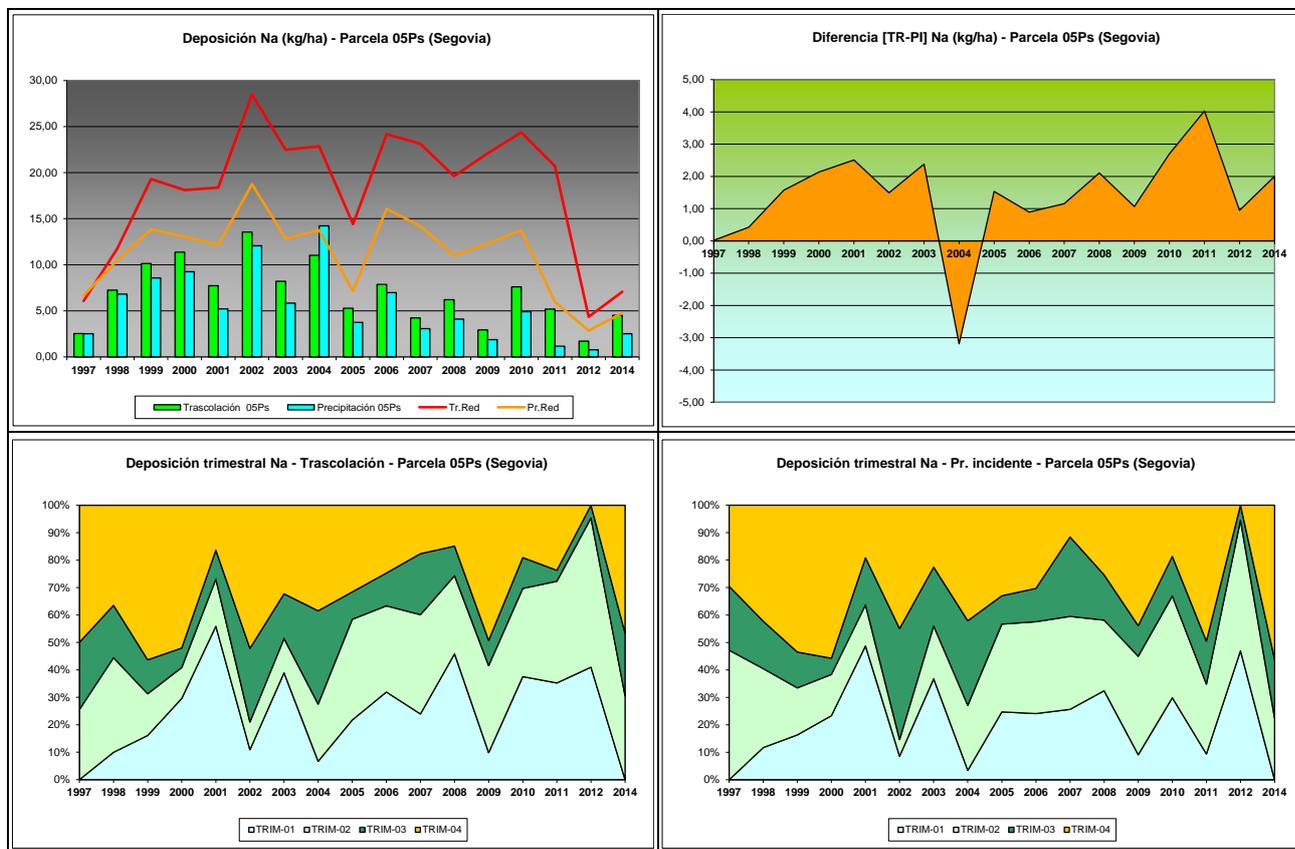


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	2,31	784	0,28	2,69	962	-0,38	1,81	8,19
1998	0,30	2,63	880	0,39	4,56	1157	-1,93	2,24	8,36
1999	0,34	2,87	833	0,44	5,15	1180	-2,28	2,71	3,66
2000	0,55	4,56	997	0,36	3,77	1212	0,79	2,48	4,26
2001	5,47	2,87	831	0,29	2,55	1067	0,32	1,86	1,82
2002	0,24	2,65	1185	0,45	5,83	1349	-3,19	2,43	2,91
2003	0,25	3,17	1295	0,29	4,46	1516	-1,29	3,06	3,10
2004	0,40	2,95	732	0,45	4,47	990	-1,52	4,12	3,23
2005	0,53	3,37	635	0,40	3,04	753	0,32	2,41	1,80
2006	0,42	3,08	925	0,33	3,86	1174	-0,78	3,62	3,05
2007	0,36	1,63	588	0,37	3,48	930	-1,85	3,53	3,58
2008	0,27	2,52	945	0,24	3,03	1288	-0,52	2,91	2,62
2009	0,50	2,07	417	0,35	1,70	480	0,37	2,73	1,82
2010	0,26	2,51	978	0,24	2,68	1134	-0,17	3,12	2,09
2011	1,12	8,90	794	0,52	5,66	1096	3,25	4,36	3,15
2012	0,73	3,22	442	0,41	2,03	502	1,19	2,26	2,06
2014	0,74	3,91	530	0,54	3,78	705	0,13	4,22	3,26
Media	0,75	3,25	811	0,37	3,69	1029	-0,44	2,93	3,47

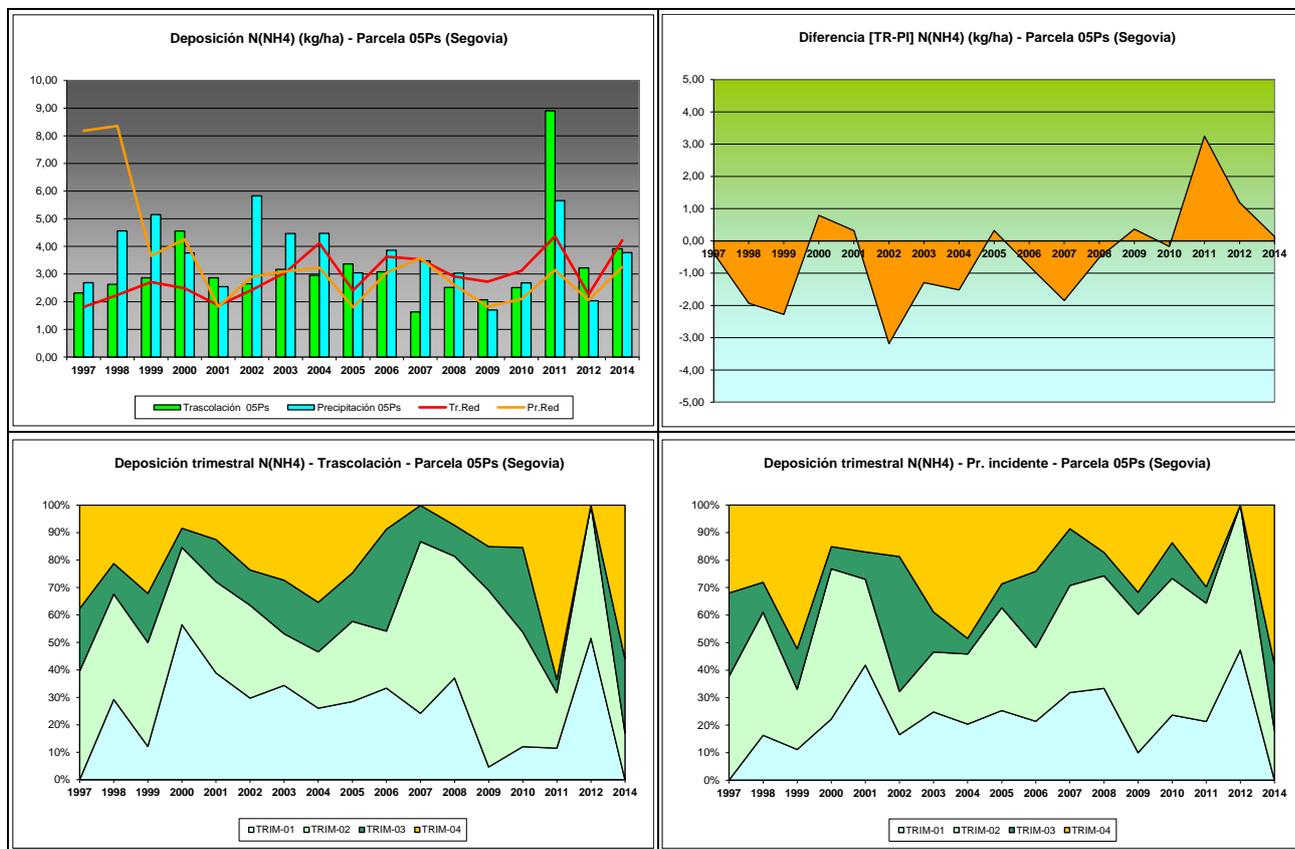


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,67	5,23	784	0,33	3,22	962	2,01	10,88	10,93
1998	1,13	9,93	880	0,49	5,66	1157	4,27	19,88	16,27
1999	1,56	12,98	833	0,85	9,99	1180	2,99	36,56	23,56
2000	1,66	16,51	997	0,54	6,51	1212	10,00	28,62	15,70
2001	5,47	12,33	831	0,55	5,83	1067	6,50	32,37	19,20
2002	1,30	15,39	1185	1,05	14,12	1349	1,27	44,79	24,88
2003	3,48	44,75	1295	1,23	18,64	1516	26,11	39,97	31,89
2004	2,24	16,37	732	3,03	29,89	990	-13,52	47,45	37,43
2005	1,85	11,70	635	1,79	13,41	753	-1,71	28,61	21,76
2006	1,77	16,38	925	1,80	21,17	1174	-4,79	49,90	41,76
2007	1,80	10,38	588	1,77	16,46	930	-6,08	45,78	37,79
2008	1,38	13,03	945	0,97	12,51	1288	0,51	40,90	30,60
2009	1,60	6,68	417	0,76	3,67	480	3,01	45,08	25,80
2010	1,12	10,92	978	0,65	7,39	1134	3,53	41,17	21,32
2011	1,23	9,76	794	0,37	4,00	1096	5,76	29,44	13,12
2012	0,99	4,37	442	0,33	1,65	502	2,73	11,34	5,87
2014	0,90	4,77	530	0,18	1,27	705	3,50	6,22	3,12
Media	1,77	13,03	811	0,98	10,32	1029	2,71	32,88	22,41

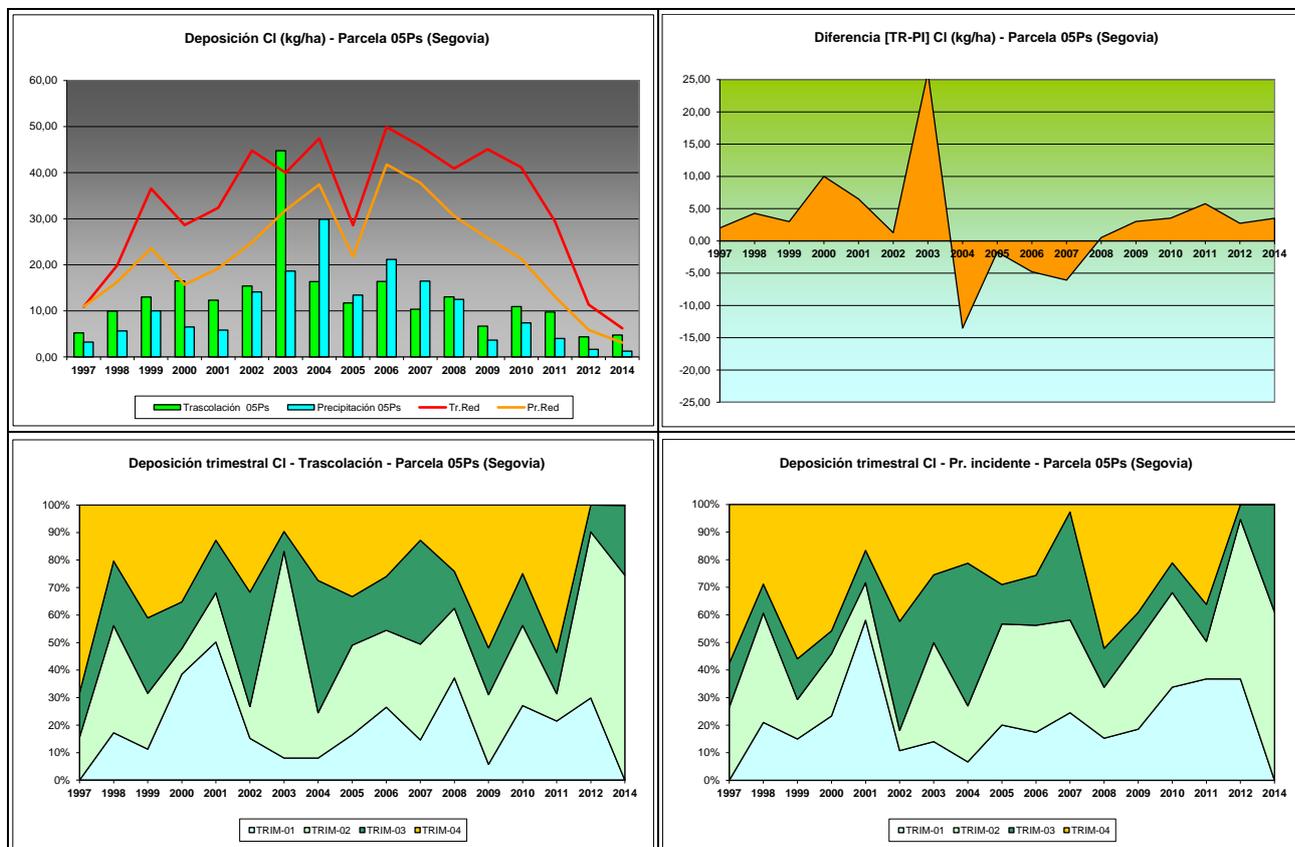


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,27	2,15	784	0,19	1,85	962	0,29	2,24	2,13
1998	0,33	2,91	880	0,22	2,51	1157	0,41	3,67	2,27
1999	0,50	4,16	833	0,26	3,11	1180	1,05	4,43	2,94
2000	0,70	4,65	997	0,25	1,97	1212	2,68	3,79	2,38
2001	5,47	4,64	831	0,20	2,13	1067	2,51	3,51	2,09
2002	0,32	3,77	1185	0,23	3,02	1349	0,75	4,15	2,84
2003	0,41	4,76	1295	0,18	2,72	1516	2,04	5,39	2,74
2004	0,48	3,49	732	0,28	2,81	990	0,69	6,93	3,28
2005	0,73	4,62	635	0,25	1,90	753	2,72	4,31	1,83
2006	0,50	4,65	925	0,22	2,55	1174	2,10	5,54	2,75
2007	0,53	2,78	588	0,25	2,37	930	0,42	5,06	2,96
2008	0,26	2,48	945	0,25	3,19	1288	-0,71	4,72	3,38
2009	0,77	3,21	417	0,22	1,04	480	2,17	3,87	1,87
2010	0,35	1,04	978	0,15	1,67	1134	-0,63	1,87	2,37
2011	1,52	12,07	794	0,60	6,55	1096	5,52	7,76	4,61
2012	0,37	1,62	442	0,21	1,05	502	0,58	1,65	0,99
2014	0,35	1,85	530	0,18	1,29	705	0,56	2,70	1,48
Media	0,81	3,81	811	0,24	2,45	1029	1,36	4,21	2,52

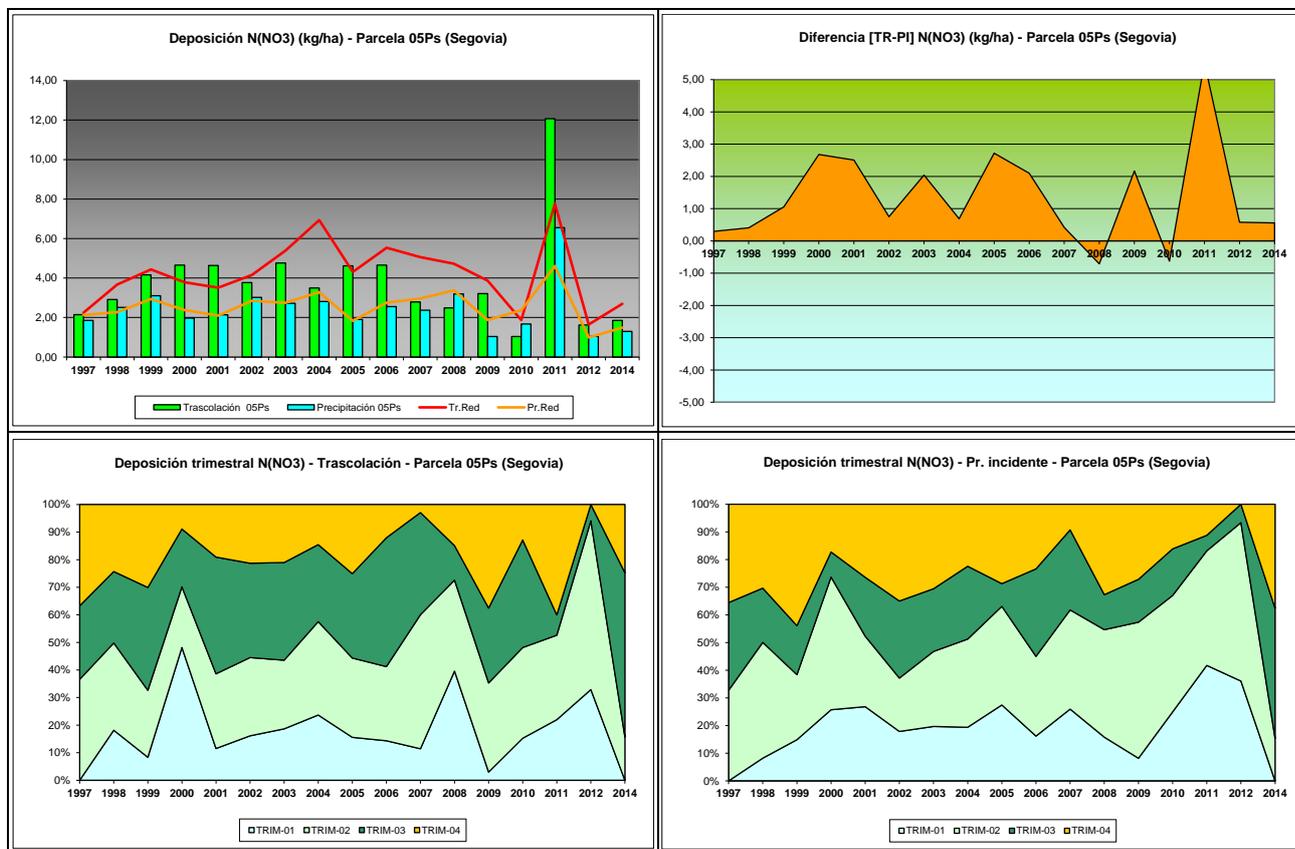


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,39	2,80	784	0,30	2,86	962	-0,06	3,00	3,70
1998	0,74	6,55	880	0,40	4,61	1157	1,94	5,81	5,79
1999	0,60	4,98	833	0,63	7,43	1180	-2,45	7,17	6,35
2000	0,69	6,85	997	0,29	3,50	1212	3,34	6,42	4,57
2001	5,47	5,49	831	0,32	3,31	1067	2,19	5,68	4,11
2002	0,51	6,07	1185	0,40	5,44	1349	0,63	7,73	6,07
2003	0,34	4,42	1295	0,24	3,63	1516	0,78	6,85	4,80
2004	0,67	4,89	732	0,51	5,03	990	-0,15	8,72	5,84
2005	0,52	3,30	635	0,34	2,55	753	0,75	4,69	3,12
2006	0,34	3,17	925	0,25	2,96	1174	0,20	6,80	4,69
2007	0,59	3,41	588	0,33	3,07	930	0,34	7,24	5,12
2008	0,32	3,05	945	0,19	2,45	1288	0,61	4,49	2,61
2009	0,31	1,29	417	0,26	1,26	480	0,03	4,67	3,32
2010	0,20	1,96	978	0,15	1,69	1134	0,27	4,27	2,88
2011	0,44	3,53	794	0,37	4,01	1096	-0,48	5,93	4,57
2012	0,25	1,10	442	0,19	0,95	502	0,15	1,84	1,35
2014	0,25	1,31	530	0,20	1,39	705	-0,08	2,25	2,07
Media	0,74	3,77	811,18	0,32	3,30	1029,09	0,47	5,50	4,17

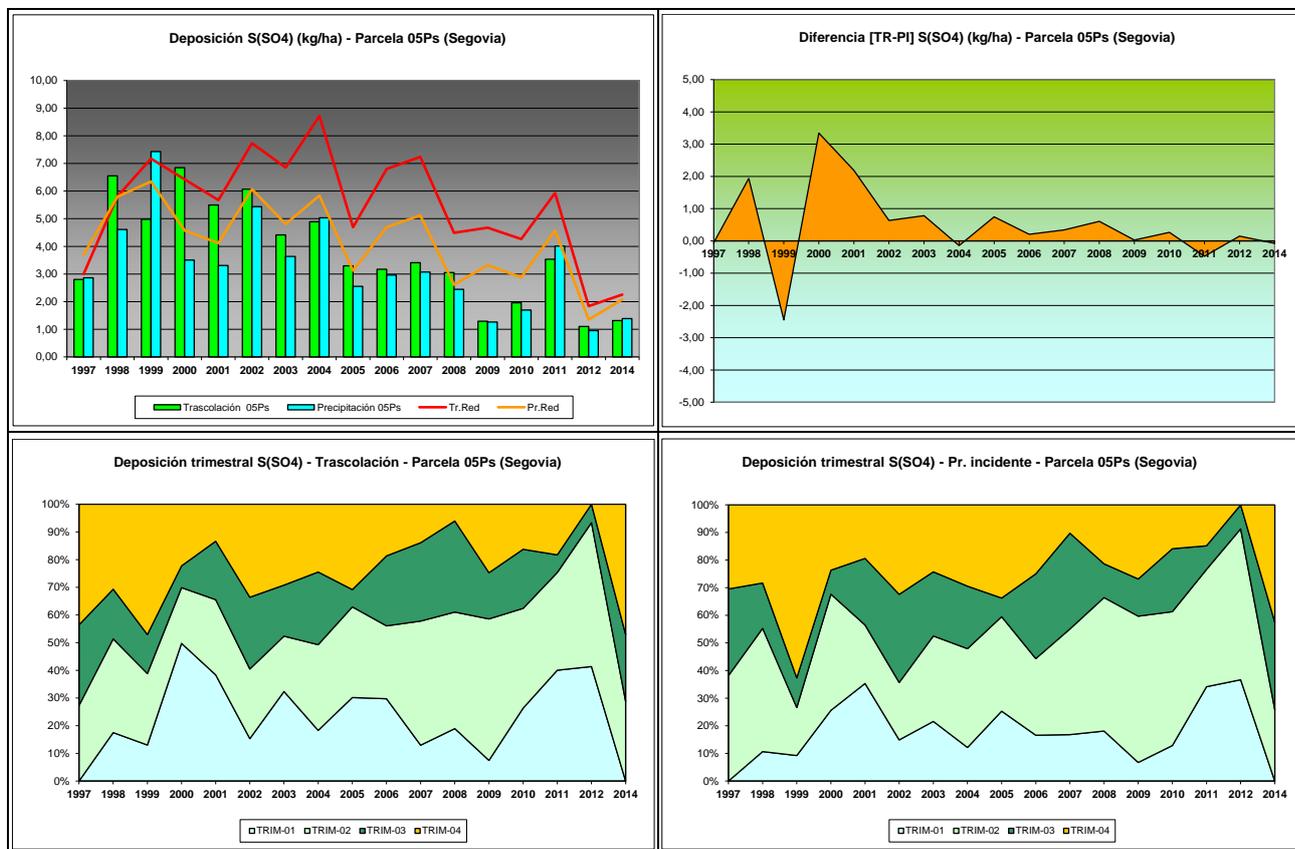


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.11. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 05Ps, cabe destacar:

Se observa una acidificación en los valores de **pH** correspondientes a la trascolación, con pH por debajo del umbral de 5,65 en algunos años, mientras que los valores correspondientes a la precipitación incidente se advierte un comportamiento más básico; destacando los años 2001, 2003, 2005, 2007 y 2012 en los que más del 50% de las precipitaciones bajo cubierta se situaron por debajo de este umbral; en lo que parece fijar una cierta tendencia bianual. La frecuencia de valores anormales disminuye a lo largo del último año de evaluación, pero se sitúa con carácter general por encima de los valores medios de la red. El valor de la intercepción debida a la cubierta arbórea se sitúa en el 21,28%.

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, junto con un cierto descenso de la series a lo largo de los últimos años.

En cuanto al **potasio**, presenta también en general valores similares al del conjunto de la red, salvo los años 1998 y 2000 cuando se alcanzaron se superaron los valores medios, A lo largo de la serie se observan valores notablemente superiores en trascolación que en precipitación a campo abierto, presumiblemente a causa de la deposición seca, mientras que parecen registrarse mayores tasas de aporte en la segunda mitad del año.

El **calcio**, al igual que otras parcelas de la red, presenta un notable incremento en el bienio 2003-2004 sobre todo en lo que se refiere a la deposición a campo abierto, superándose incluso la media de la red, para disminuir a continuación en torno a lo 5-10 kg/ha, sobre todo a partir de 2009. Salvo la excepción indicada, en general las tasas de deposición bajo cubierta y a campo abierto son similares, lo que indicaría la influencia de la deposición seca.

Por lo que respecta al **magnesio**, los mayores aportes se han producido nuevamente en 2003-2004, con un máximo local muy marcado al comienzo de la serie, en 1998; mientras que en el resto de años no se han sobrepasado las tasas medias de la red, siendo las deposiciones bajo cubierta superiores en casi todos los casos a las obtenidas a campo abierto. Destaca también el mayor aporte a lo largo de la primavera, como se ha observado en la otra parcela poblada por la especie.

El **sodio**, elemento en gran parte procedente del aporte de sal marina, presenta en general valores muy por debajo de la media de la Red, registrándose las mayores deposiciones en 2002-2004, sin demasiadas variaciones entre trascolación y precipitación a campo abierto, fuera de una mayor tendencia a la concentración en trascolación que va atenuándose a medida que avanza la serie histórica. Los mayores aportes se han registrado en primavera y otoño.

El **amonio** ha presentado tasas en general similares a la media de la red, en torno a 2-5 kg/ha, con deposiciones generalmente mayores en campo abierto, situación que se invierte a partir de 2011 cuando se registran mayores valores bajo cubierta; año este en el que se registra además el máximo local de la serie. Al igual que en otros solutos, los mayores aportes se producen en primavera y los menores en verano.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por la influencia de la sal marina, se registran las mayores tasas en el periodo 2003-2004, llegándose a superar la media de la red, para ir disminuyendo progresivamente hasta tasas inferiores a 10 kg/ha en los últimos años. Por regla general se han encontrado, salvo en el periodo 2004-2007, tasas superiores en la trascolación bajo cubierta; mientras que se da un ligero incremento del aporte a lo largo de la primavera.

Las tasas de deposición de **nitratos** son en general similares a la media de la Red sin superar apenas los 5 kg/ha, con un marcado aporte en 2011, y una reducción notable en el último bienio, debiéndose hacer constar que no se han considerado anualidades completas. Las tasas de trascolación son en general superiores a las obtenidas a campo abierto; mientras que se observan mayores aportes en primavera y verano.

Por último, y en referencia a los **sulfatos**, se advierten también tasas de deposición inferiores a las medias de la red y una reducción progresiva de los aportes desde los máximos locales de 1998-2000, situándose por debajo del nivel de los 5 kg/ha y destacando un cierto incremento en 2011. Tras deposiciones superiores bajo cubierta, las diferencias entre ambas formas de entrada se han ido atenuando hasta registrar diferencias inferiores a 1 kg/ha. Como en anteriores contaminantes, se registran mayores entradas a lo largo de la 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.

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

TABLA 20: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red.

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)
2000	1,16	1,31	2,30	38,24	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	2,03	1,48	1,45	44,90	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	0,49	0,46	1,00	38,42	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	0,43	0,50	2,48	37,09	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	0,89	0,51	2,95	30,83	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	0,64	0,57	0,91	33,24	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	0,68	0,86	2,56	33,54	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	0,47	0,63	1,39	33,53	0,82	1,32	0,93	27,18
2009					1,06	2,89	1,30	36,30
2010	0,76	2,11	0,89	43,40	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	0,67		0,48		1,50		0,48	
2012	0,69	1,10	0,59	50,04	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	0,95	1,99	1,03	35,12	1,44	3,35	1,11	29,51
Media	0,82	1,05	1,50	38,03	1,50	2,13	1,54	32,11

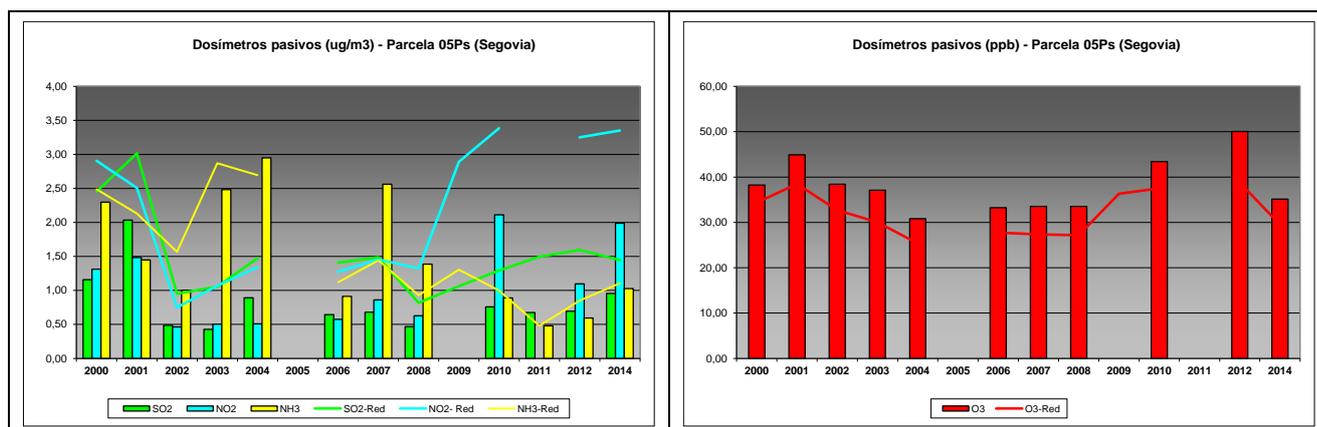


FIG 18: Variación temporal de inmisión por dosímetros

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 los comparativamente altos valores de amoníaco desde el inicio de la serie hasta 2008, junto con el incremento de las tasas de óxidos de nitrógeno en los últimos cuatro años, con un repunte a lo largo del último año de evaluación; mientras que se observa también un cierto incremento de los niveles de ozono en el último periodo, sin que se hayan llegado a superar los 50 ppb.

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 21: 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>	España	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>	España								

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
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>	España	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>	España	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>	España	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	
	47 Ps	Lérida	12,50	13,94	1,40	1,23	4,24	1,31	6,05	
	<i>P.sylvestris</i>	España	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>	España	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>	España	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>	España	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>	España	16,68	13,19	1,03	1,10	3,83	0,98	4,56	53,44

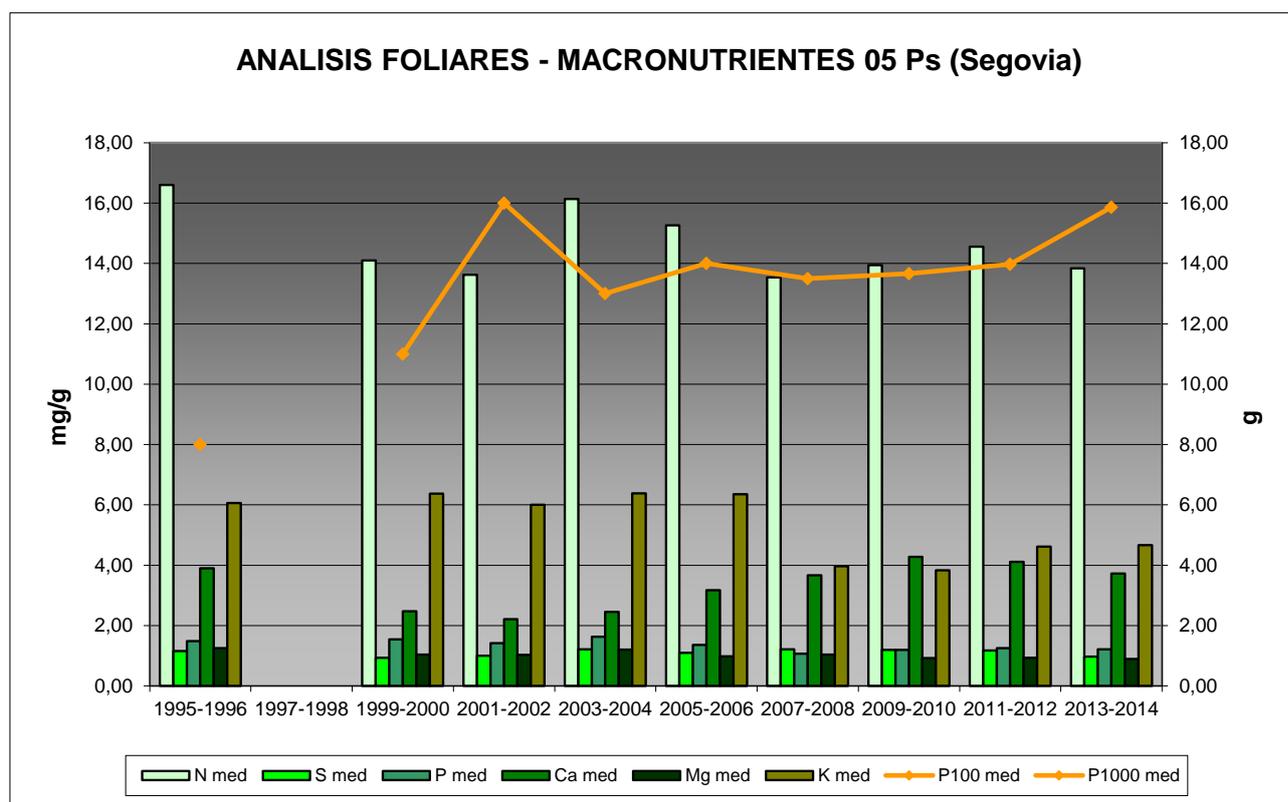


FIG 19: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

TABLA 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	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		39,80	970,00	151,80	
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		36,10	505,73	102,40	2,54

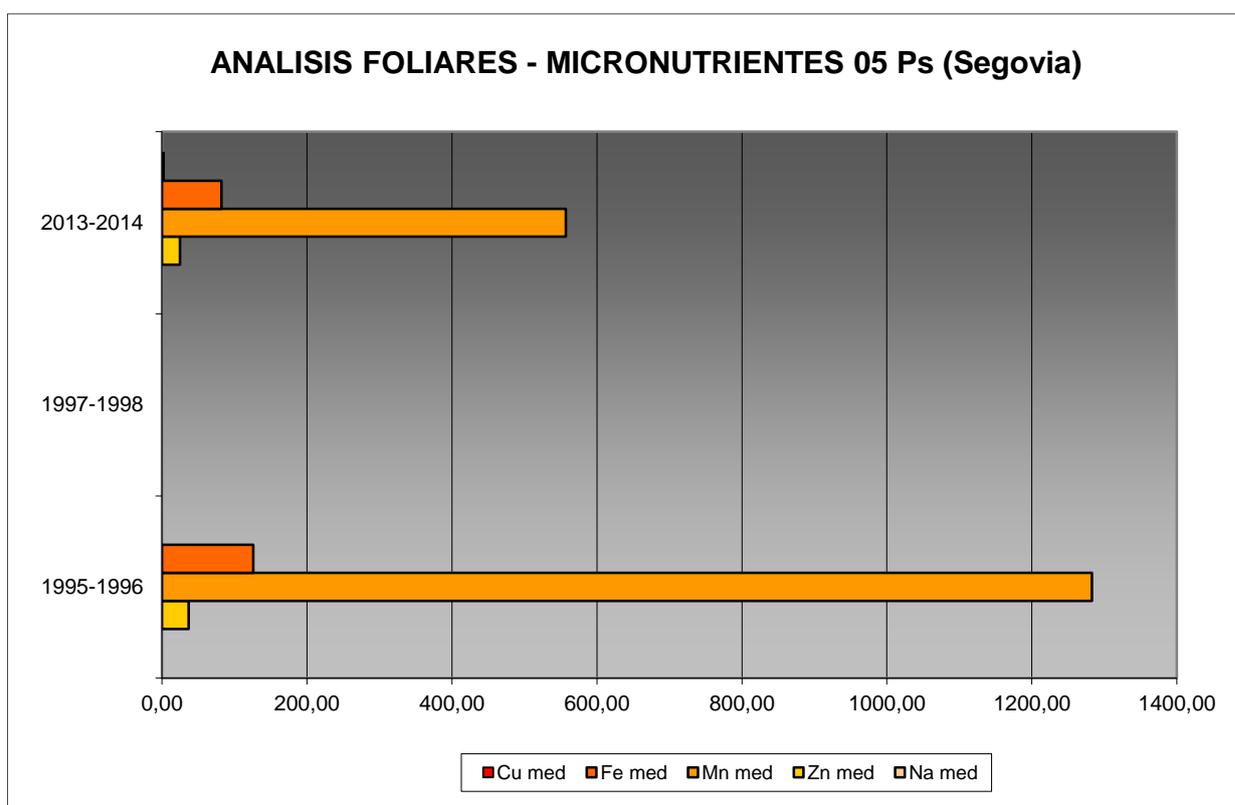


FIG 20: Evolución de micronutrientes ($\mu\text{g/g}$) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 05Ps se realizó un análisis foliar en 1996-1996 y el siguiente no se realizó hasta 1999-2000.

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis de la muestra foliar de la parcela 05Ps 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 así como el peso medio de la especie fue muy bajo en 1995, año en que se produjo el mínimo registrado hasta el momento, 8 g/1000 acículas y 10,20 g/1000 acículas respectivamente. Posteriormente, a partir del año 2000 la tendencia es creciente y se mantienen en valores más o menos constantes entre 13 y 16 g/1000 acículas.

Respecto a los macronutrientes; se han obtenido valores bastante homogéneos para el **nitrógeno** en las acículas de la parcela, oscilan entre 13,5 mg/g en 2007 y 16,5 mg/g en 1995 manteniéndose muy próximos a la media de la especie. En 1995 se detectó un valor muy elevado de **azufre** para la especie, máximo compartido con el año 2007, desde entonces se aprecia un descenso tanto para la especie como para la parcela. Hasta 2003 se midieron valores muy altos de **fósforo**, de hecho fue en ese año cuando se produjo el máximo de la serie temporal, posteriormente ha descendido hasta que en los últimos años la cantidad de fósforo en acículas es estable, con valores en torno a 1,2 mg/g, ligeramente por encima de la media para la especie. **Calcio** y **magnesio** se han comportado de manera similar a lo largo del tiempo, para ambos

nutrientes se encontraron valores muy altos en 1995 que han terminado por descender especialmente en los últimos años. En cuanto al **potasio**, se ha mantenido elevado hasta 2005, tanto en la parcela como en general para la especie, descendiendo en los últimos años. Por último, el análisis foliar de 2013-2014 ha sido el primero en el que se ha incluido la medición del contenido de **carbono** contando con una concentración de 53,52%, prácticamente igual a la media de las parcelas de *Pinus sylvestris* (53,44%).

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. Lo que si podemos confirmar es un claro descenso en el contenido de zinc, manganeso y hierro.

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 2005; 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 23: 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	4.043	53,59	8,22	0,84	0,65	6,24	0,83	2,45
	Ramillas	344	55,20	10,92	1,14	0,59	5,18	0,64	1,50
	Otras	1.872	53,39	8,22	0,79	0,64	3,93	0,57	1,79
2006	Hojas	3.167	52,68	10,47	0,88	0,82	4,60	0,69	2,67
	Ramillas	508	53,58	8,90	0,76	0,53	4,72	0,59	1,55
	Otras	3.416	54,04	8,45	0,77	0,60	3,83	0,58	1,79
2007	Hojas	3.160	52,77	8,87	0,85	0,69	5,25	1,84	1,98
	Ramillas	435	54,23	9,21	0,92	0,56	3,74	1,71	1,49
	Otras	2.630	52,46	8,31	0,81	0,59	3,52	1,41	1,36
2008	Hojas	3.030	53,84	9,40	0,87	0,73	6,22	0,82	2,55
	Ramillas	276	54,31	8,89	0,84	0,51	3,70	0,60	2,21
	Otras	2.390	52,62	9,33	0,81	0,70	4,13	0,68	1,40
2009	Hojas	4.080	52,59	8,37	0,89	0,66	5,94	0,82	2,52
	Ramillas	388	55,16	8,12	0,97	0,61	4,68	0,73	1,94
	Otras	2.850	53,31	9,59	0,94	0,73	4,20	0,68	1,83
2010	Hojas	4.090	52,90	10,02	0,88	0,66	5,45	0,76	2,22
	Ramillas	715	53,69	9,09	0,86	0,51	4,67	0,58	1,36
	Otras	2.410	52,48	10,12	0,95	0,75	4,20	0,67	1,86
2011	Hojas	3.378	53,02	9,68	0,89	0,72	5,03	1,75	1,99
	Ramillas	446	54,34	9,08	0,90	0,55	3,97	1,49	1,49
	Otras	2.563	53,17	9,16	0,85	0,74	3,59	1,29	1,49
2012	Hojas	754	52,75	11,00	0,97	0,80	5,05	1,08	2,53
	Ramillas	348	54,39	8,92	0,93	0,57	4,36	0,92	1,68
	Otras	1.667	52,82	10,85	1,03	0,90	3,82	0,91	1,94

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2014	Hojas	3.458	52,96	11,00	0,72	0,59	5,94	0,86	2,46
	Ramillas	504							
	Otras	2.687							
Media	Hojas	3.240	53,01	9,67	0,87	0,70	5,52	1,05	2,38
	Ramillas	440	54,36	9,14	0,92	0,55	4,38	0,91	1,65
	Otras	2.498	53,03	9,25	0,87	0,71	3,90	0,85	1,68

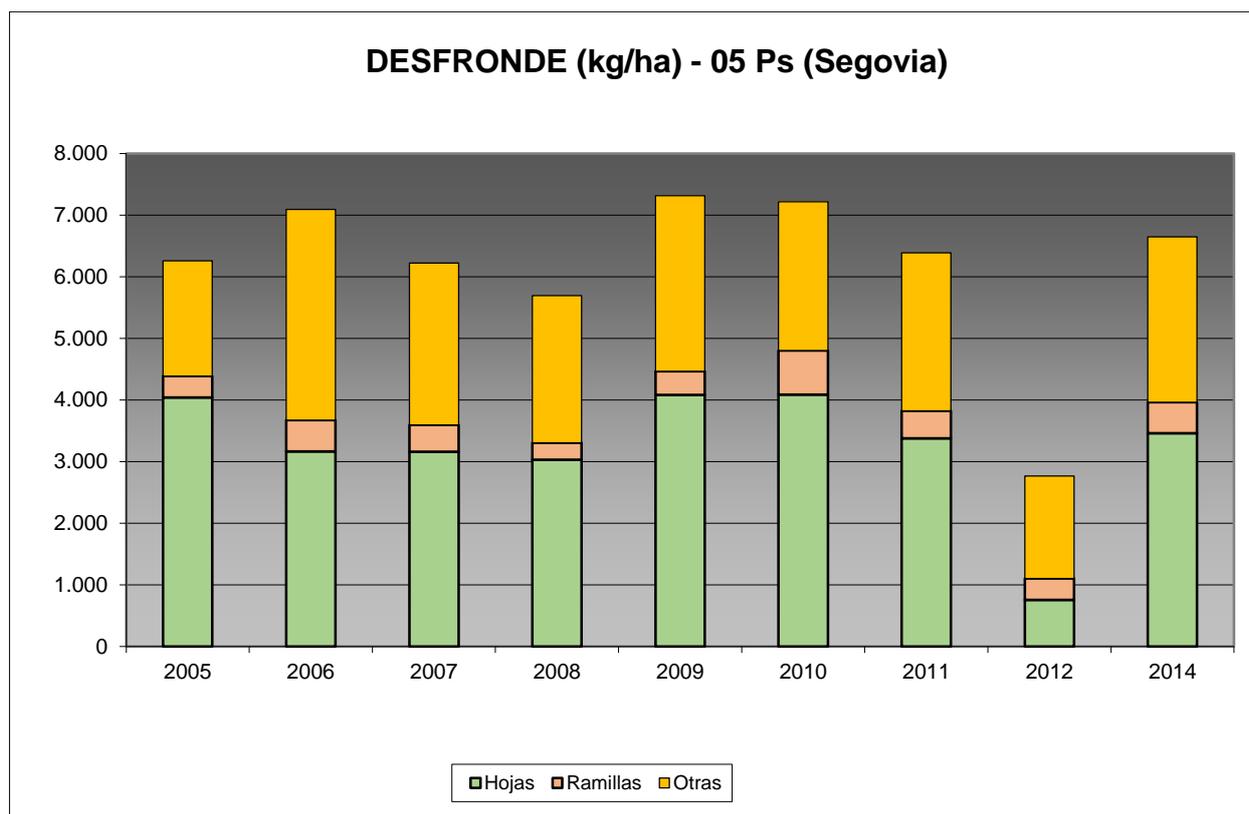


FIG 21: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde foliar se sitúa en torno a los 6.000 kg/ha; 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 se sitúan en torno al 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 05Ps, 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 24: 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	03/06/99	02/08/99	60	153	667	03/06/99	17/07/99	44	153	667
2000	15/06/00	13/07/00	28	166	931					
2001	28/05/01	30/07/01	63	147	467					
2002	27/05/02	02/09/02	98	146	533					
2003	02/06/03	30/06/03	28	152	610					
2004	17/06/04	01/07/04	14	168	657	17/06/04	01/07/04	14	168	657
2005	30/05/05	28/07/05	59	149	424	30/05/05	13/06/05	14	149	424
2006	15/06/06	31/07/06	46	165	940	15/05/06	01/06/06	17	134	940
2007	22/06/07	13/08/07	52	172	928	22/06/07	02/08/07	41	172	928
2008	09/07/08	28/08/08	50	190	1313	24/06/08	23/07/08	29	175	1068
2009	16/06/09	14/07/09	28	166	927	30/06/09	14/07/09	14	180	1160
2010	01/07/10	12/07/10	11	181	623	17/06/10	01/07/10	14	167	807
2011	23/05/11	27/06/11	35	142	654	28/04/11	23/05/11	25	117	418
2012	28/05/12	25/06/12	28	148	560	28/05/12	25/06/12	28	148	560
2014	30/05/14	30/06/14	31	149	627	30/05/14	30/06/14	31	149	627
Media			42	160	724			25	156	751

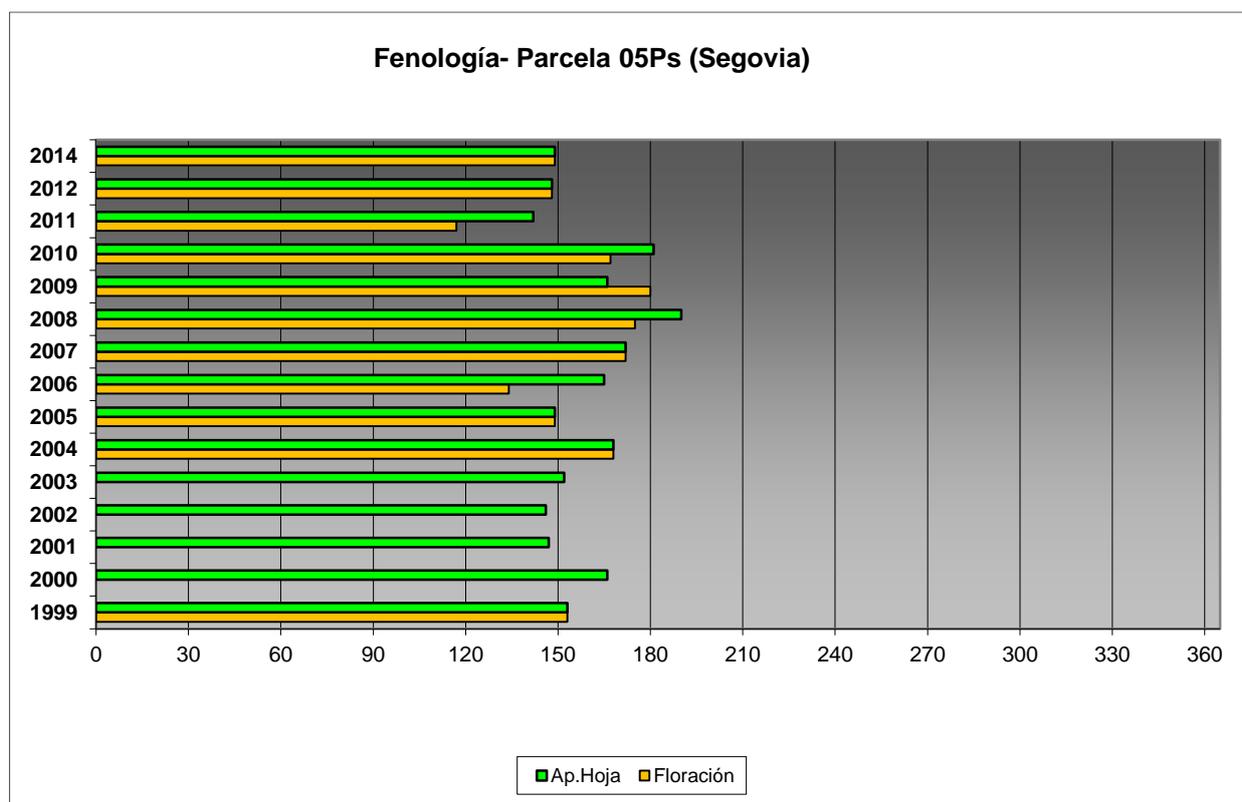


FIG 22: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, la floración precede o es simultánea a la aparición de las acículas de la nueva metida, registrándose un cierto adelanto de la serie en 2011; por regla general ambos fenómenos se han tendido a producir a lo largo del mes de mayo, exceptando el periodo 2007-2010 en que la actividad vegetativa se concentró en junio.



FIG 23: Elongación metida y aparición acícula. Floración masculina. Floración femenina.

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 25: 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	0,01	0,02	0,01	0,02
2000	0,33	1,03	0,33	0,59
2001	0,18	0,63	0,18	0,53
2002	0,44	1,56	0,44	1,15
2003	0,29	1,00	0,29	0,93
2004	0,26	0,86	0,26	1,06
2005	0,35	1,20	0,35	0,94
2006	0,39	1,32	0,39	0,85
2007	0,86	2,89	0,86	1,07
2008	0,51	1,71	0,51	1,42
2009	0,19	0,67	0,19	0,47
2010	0,42	1,25	0,42	0,45

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
2011	0,35	1,02	0,35	0,82
2012	0,24	0,70	0,24	0,53
2014	0,32	0,90	0,32	0,83
Media	0,34	1,12	0,34	0,78

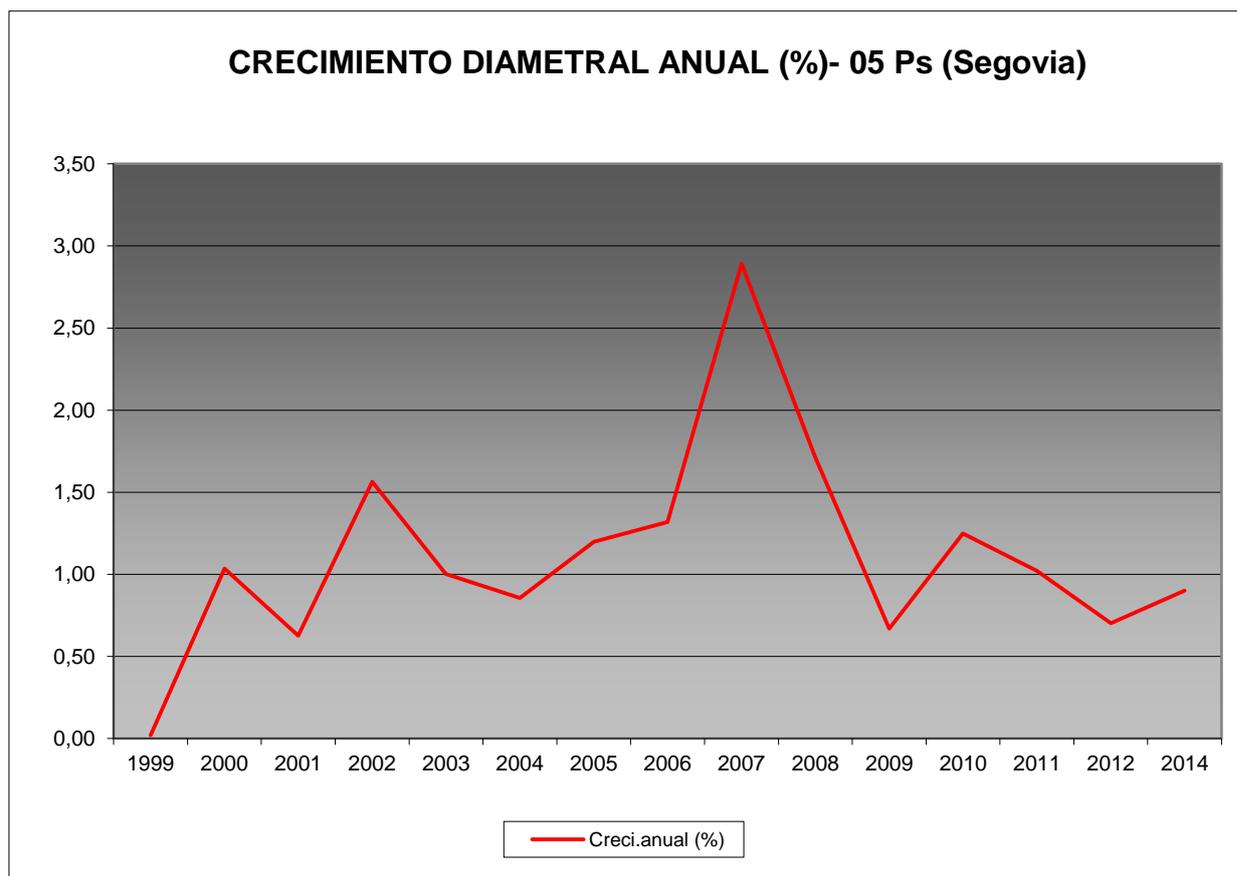


FIG 24: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

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 0,63% de 2001 y el 2,89% de 2007, situándose por regla general en valores próximos al 1% anual.