



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

**RED DE NIVEL II
MEMORIA – 2021**

PARCELA 37 Ppr (SEGOVIA)

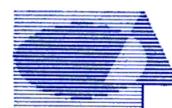
**20
21**

 **ICP Forests**



DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN

**SUBDIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL Y LUCHA CONTRA LA DESERTIFICACIÓN
ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICAS FORESTALES**



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

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

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	3
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	19
5. Deposición atmosférica	20
5.1. pH	22
5.2. Conductividad	23
5.3. Potasio	24
5.4. Calcio	26
5.5. Magnesio	27
5.6. Sodio	28
5.7. Amonio	29
5.8. Cloro	31
5.9. Nitratos	32
5.10. Sulfatos	33
5.11. Alcalinidad.....	34
5.12. Nitrógeno total	36
5.13. Carbono orgánico disuelto.....	37
5.14. Aluminio	38
5.15. Manganeseo.....	38
5.16. Hierro.....	39
5.17. Interpretación de resultados	40
6. Calidad del aire. Inmisión	41
7. Análisis foliar	43
7.1. Macronutrientes	43
7.2. Micronutrientes	46
7.3. Interpretación de resultados	47
8. Desfronde	48
9. Fenología	51
10. Cintas diamétricas	53
11. Meteorología	55
12. Índice de Área Foliar	57

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: Caracterización alcalinidad
TABLA 21: Caracterización nitrógeno total
TABLA 22: Caracterización carbono orgánico disuelto
TABLA 23: Caracterización aluminio
TABLA 24: Caracterización manganeso
TABLA 25: Caracterización hierro
TABLA 26: Valores de referencia de inmisión atmosférica
TABLA 27: Inmisión atmosférica
TABLA 28: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Macronutrientes
TABLA 29: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Micronutrientes
TABLA 30: Resultados medios del análisis de desfronde
TABLA 31: Resultados de la evaluación fenológica
TABLA 32: Valor medio dendrómetros
TABLA 33: Valores medios meteorológicos
TABLA 34: Parámetros de estrés meteorológico
TABLA 35: Índices de Área Foliar

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 alcalinidad
FIG 19: Variación temporal de nitrógeno total
FIG 20: Variación temporal de carbono orgánico disuelto
FIG 21: Variación temporal de aluminio
FIG 22: Variación temporal de manganeso
FIG 23: Variación temporal de hierro
FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros
FIG 25: Evolución de macronutrientes
FIG 26: Evolución de micronutrientes
FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica
FIG 28: Fases fenológicas. Inicio de fase
FIG 29: Fases fenológicas
FIG 30: Crecimiento diametral anual
FIG 31: Principales variables meteorológicas
FIG 32: Índices de Área Foliar
FIG 33: Fotos hemisféricas

1. Situación de la parcela.

La parcela representa el pinar de *Pinus pinaster* del sector Castellano duriense de la provincia Castellano-Maestrazgo-Manchega (Rivas-Martínez).

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	NIVEL
37 Ppr	<i>Pinus pinaster</i>	Segovia	Cuéllar	25/07/1994	III

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+41°21'00"	-04°17'00"	392.000	4.579.000	800	2	Plano	Vivero Viejo

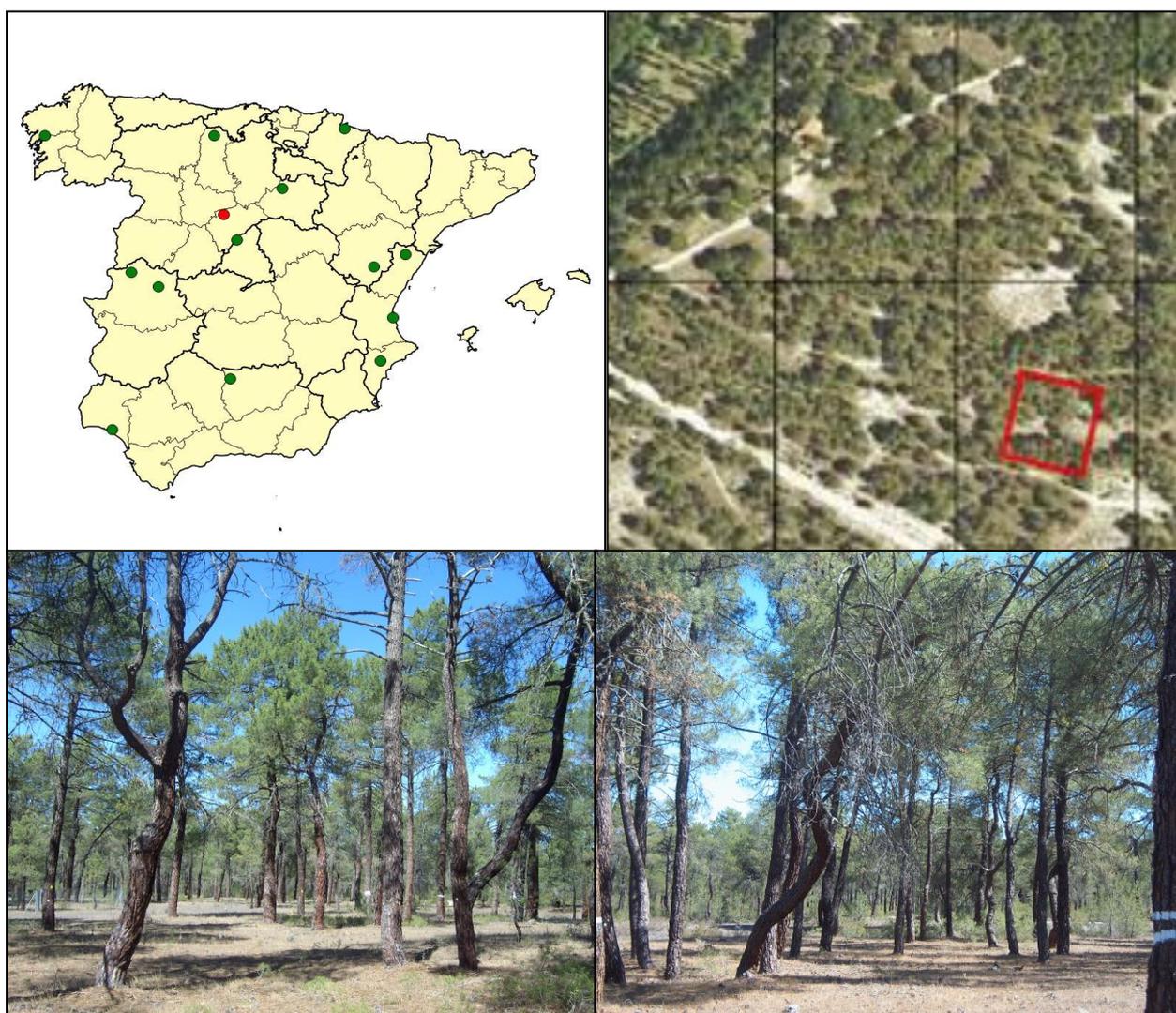


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 37Ppr.

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)	3,4	4,8	7,5	9,9	13,8	18,0	21,4	20,8	17,6	12,5	7,0	3,6	11,7
P(mm)	41	35	39	39	45	39	18	13	34	38	41	38	421
T. Media Máximas Mes más Cálido							29,8						
-0,9		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*.

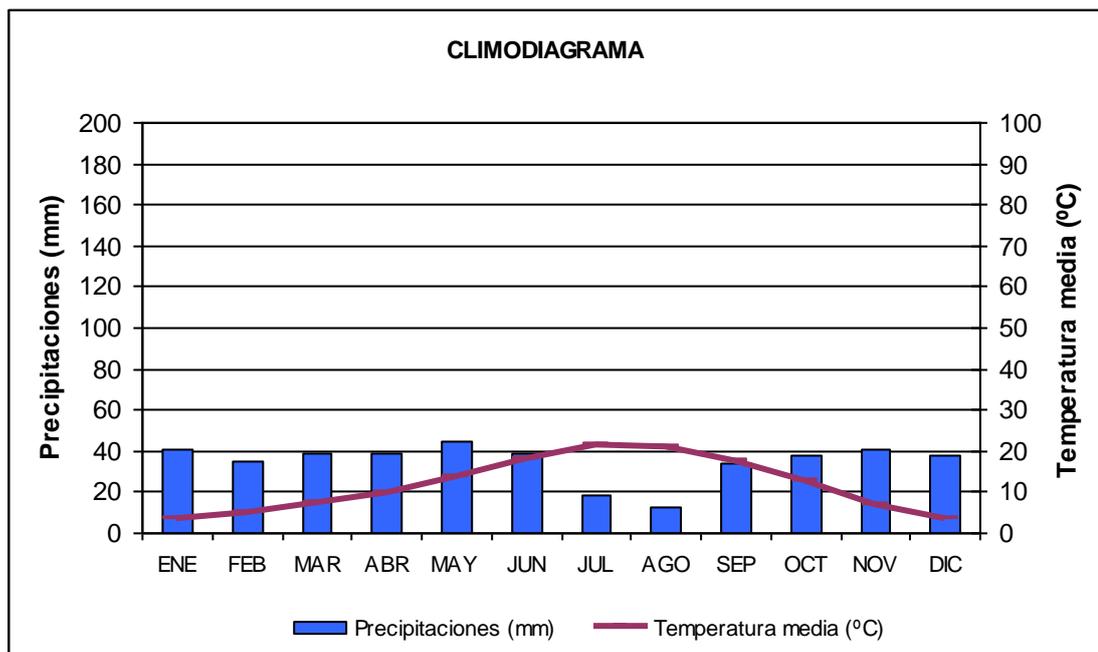


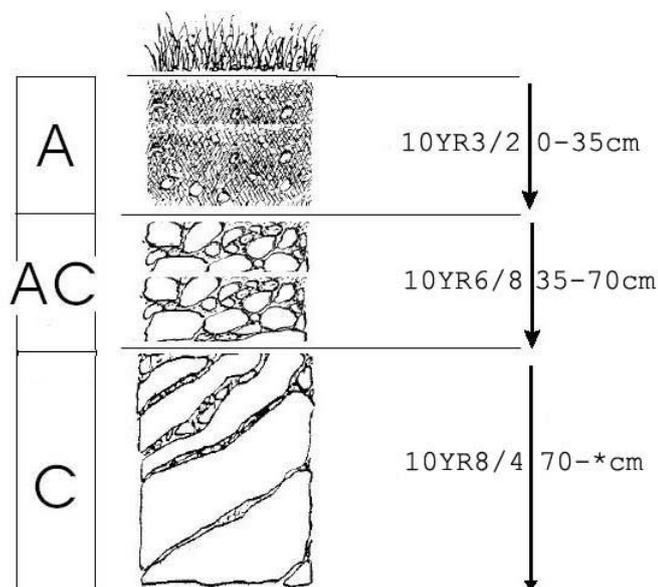
FIG 2: Climodiagrama de la parcela.

2.2. Geología y Suelos.

Litología: arenas silíceas.

Edafología: Arenosol háplico.

Suelo pobre, ya que está prácticamente constituido sólo por materiales inertes. El mayor aporte de nutrientes proviene de la descomposición de la materia orgánica; las arenas inferiores son materiales casi estériles.



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A	0-35	Pardo grisáceo muy oscuro (10 YR 3/2) en seco; particular; muy arenoso; raíces abundantes finas y gruesas; límite difuso.
CA	35-70	Amarillo pardusco (10 YR 6/8) en seco; particular; muy arenoso; raíces escasas; límite difuso.
C	70- *	Pardo muy claro (10 YR 8/4) en seco; particular; muy arenoso, arenas lavadas, aspecto de "pan rallado"; sin raíces.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Estrato arbóreo de *Pinus pinaster*, cubre un tercio de la superficie, estando el resto de estratos poco desarrollados, excepto el muscinal y líquénico. El matorral se concentra en el vértice oriental de la parcela, donde no hay árboles. El pasto está más o menos uniformemente distribuido.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	28,0	<i>Linaria spartea (L.) Willd.</i>	+
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	28,0	<i>Lupinus angustifolius L.</i>	+
ESTRATO ARBUSTIVO	2,5	<i>Micropyrum tenellum (L.) Link</i>	+
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	2,0	<i>Ornithopus compressus L.</i>	+
<i>Pinus pinea L.</i>	+	<i>Pinus pinaster Aiton</i>	2,4
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	12,5	<i>Pinus pinea L.</i>	+
<i>Anarrhinum bellidifolium (L.) Willd.</i>	+	<i>Quercus faginea Lam.</i>	+
<i>Andryala integrifolia L.</i>	+	<i>Rumex acetosella L.</i>	+
<i>Armeria sp.</i>	+	<i>Sedum amplexicaule DC.</i>	+

	Cob		Cob
<i>Campanula lusitanica</i> L.	+	<i>Senecio</i> sp.	+
<i>Centranthus calcitrapae</i> (L.) Dufresne	+	<i>Sesamoides</i> sp.	+
<i>Corynephorus canescens</i> (L.) Beauv.	+	<i>Silene colorata</i> Poiret	+
<i>Filago</i> sp.	+	<i>Silene portensis</i> L.	+
<i>Halimium umbellatum</i> (L.) Spach	+	<i>Thymus mastichina</i> L.	1,0
<i>Helichrysum italicum</i> (Roth) G. Don fil.	+	<i>Vicia angustifolia</i> L.	+
<i>Hispidella hispanica</i> Barnades ex Lam.	+	<i>Vicia lathyroides</i> L.	+
<i>Hypochoeris glabra</i> L.	+	<i>Tuberaria guttata</i> (L.) Fourr.	1,0
<i>Lactuca viminea</i> (L.) J. & C. Presl	+	ESTRATO MUSCINAL-LIQUENICO	15,0
<i>Lathyrus angulatus</i> L.	+	<i>Cladonia foliacea</i>	1,0
<i>Lavandula stoechas</i> L.	+	<i>Cladonia furcata</i>	14,0
<i>Leucanthemopsis pulverulenta</i> (Lag.)	1,0		

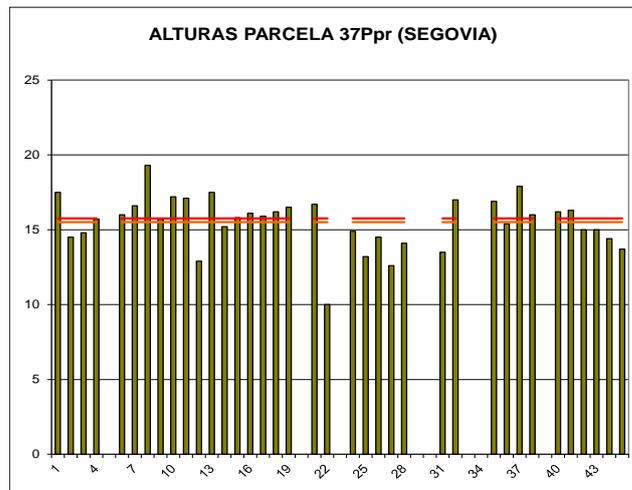
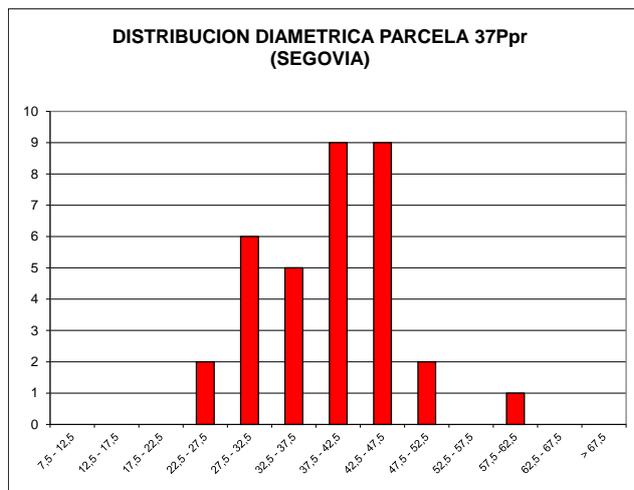
Vegetación potencial: La parcela se encuentra en la serie 24 a, Serie supra-mesomediterránea guadarrámica ibérico-soriana celtibérico-alcarreña y leonesa silicícola de la encina (*Quercus rotundifolia*). *Junipero oxycedri-Querceto rotundifoliae sigmetum*.

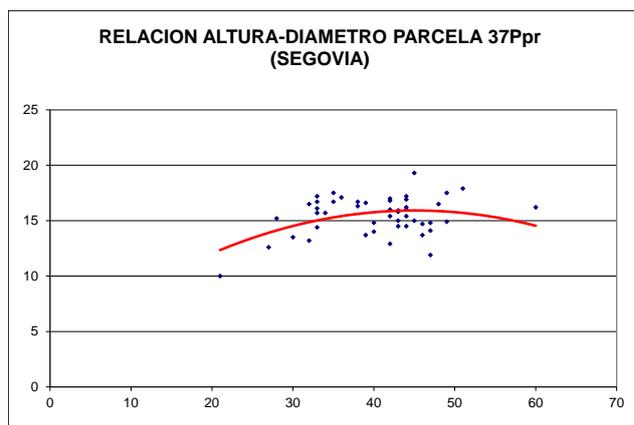
2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de *Pinus pinaster* de 41-60 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 según criterio diámetro, 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
37 Ppr	0,2500	34	136	34	0	11	41-60	39,15	16,96	39,85	15,66	16,08	27,01





CD	N parc	N ha	h	Esb	Exist parc	Exist ha
7,5 - 12,5						
12,5 - 17,5						
17,5 - 22,5						
22,5 - 27,5	2	8	14,0	56,18	0,43	1,70
27,5 - 32,5	6	24	14,8	49,41	2,63	10,54
32,5 - 37,5	5	20	15,4	44,10	2,92	11,67
37,5 - 42,5	9	36	15,9	39,69	7,52	30,10
42,5 - 47,5	9	36	16,1	35,88	9,10	36,40
47,5 - 52,5	2	8	16,2	32,49	2,49	9,95
52,5 - 57,5						
57,5 - 62,5	1	4	15,9	26,56	1,92	7,68
62,5 - 67,5						
> 62,5						
TOTAL	34	136			27,01	108,05

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 estado fitosanitario mediocre, con una defoliación media del 27,86% dentro por tanto de la escala de daños moderados si bien en sus valores más bajos, categoría en la que se han calificado algo más de la cuarta parte de los pies evaluados, en lo que supone una mejoría con respecto al año pasado, con una disminución del parámetro de tres puntos porcentuales, inferior al umbral de cinco que supondría una variación estadísticamente significativa, de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales. La mejoría va produciéndose a medida que van muriendo los pies más debilitados y van quedando los árboles más vigorosos; así como a medida que han aumentado las precipitaciones, que el pasado año se han situado por encima de los 400 mm, tras el bienio 2019-2020 en que no se alcanzó el umbral inferior de la especie.

Atendiendo a la serie histórica de datos, parece ir superándose el periodo de decaimiento del bienio precedente, debido a las escasas precipitaciones, recuperándose durante la revisión del año en curso a medida que ha ido aumentando el agua caída, siendo los principales agentes de daño de esta masa la proliferación de muérdago, prácticamente generalizado en el arbolado, junto con un suelo de naturaleza muy arenosa, con escasa capacidad de retención de agua y aporte de nutrientes, y que podría dejar al arbolado con escasa capacidad de reacción frente a las elevadas temperaturas registradas durante el verano.

En la presente revisión, y por lo que se refiere a la decoloración –el segundo gran parámetro definitorio del estado de salud del arbolado– y continuando con la idea de deterioro de la masa, se ha advertido, si bien en grado ligero, sobre árboles con defoliaciones moderadas.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

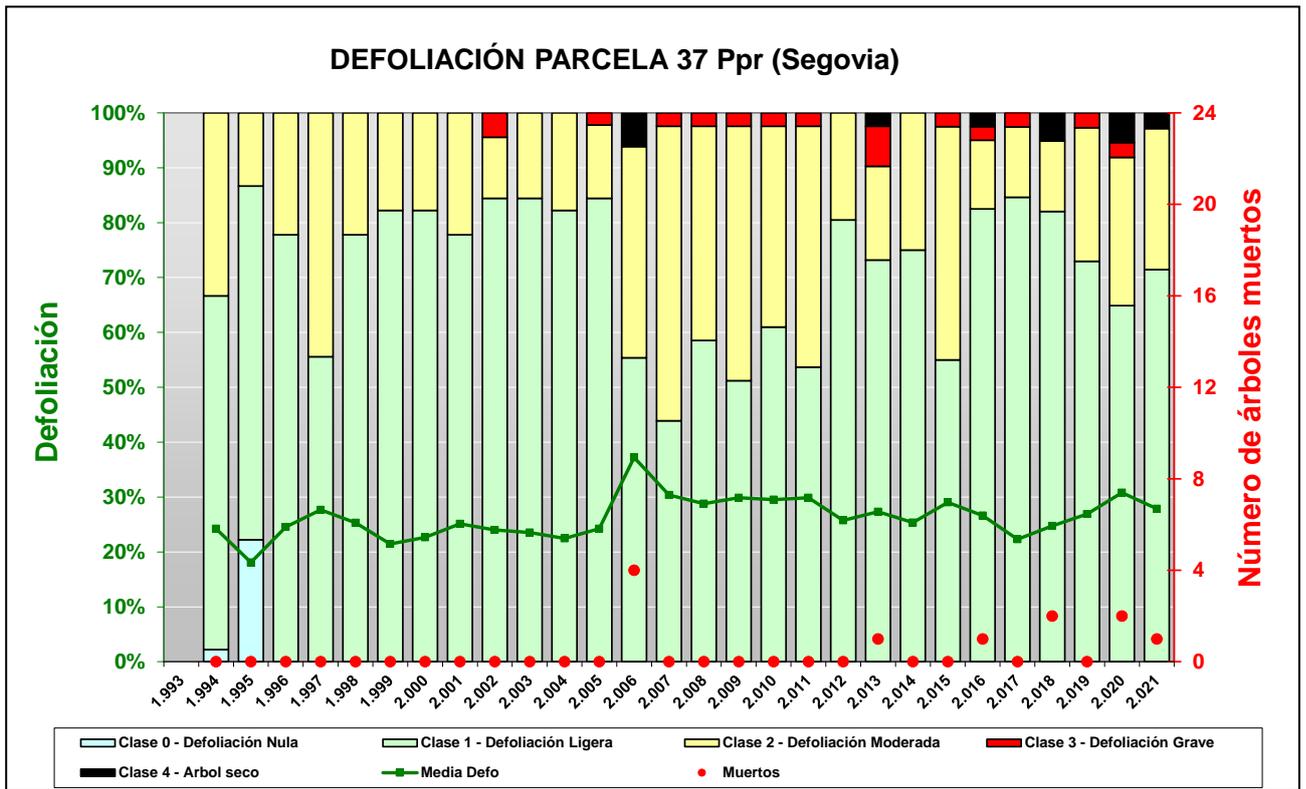


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



FIG 5: Defoliación 20%, 30% y 65%

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
INSECTOS												
Defoliadores	14	1,00	56	40,00	24,29	0,14	-3,57	-0,12	38,86	15,52	-0,29	-0,14
<i>Anoxia australis</i>	14	1,00	56	40,00	24,29	0,14	-3,57	-0,12	38,86	15,52	-0,29	-0,14
Acíc. del año	9	1,00	36	25,71	25,56	0,22	-2,30	-0,04	40,11	15,67	0,96	0,01
Acíc. antiguas	2	1,00	8	5,71	22,50	0,00	-5,36	-0,26	36,00	15,05	-3,15	-0,61
Acíc. todas edades	3	1,00	12	8,57	21,67	0,00	-6,19	-0,26	37,00	15,40	-2,15	-0,26
Chupadores	11	1,00	44	31,43	26,36	0,09	-1,50	-0,17	37,73	15,57	-1,42	-0,09
Acíc. antiguas	6	1,00	24	17,14	26,67	0,17	-1,19	-0,09	39,50	15,10	0,35	-0,56
<i>Leucaspis pini</i>	5	1,00	20	14,29	26,00	0,00	-1,86	-0,26	35,60	16,14	-3,55	0,48
Acíc. antiguas	5	1,00	20	14,29	26,00	0,00	-1,86	-0,26	35,60	16,14	-3,55	0,48
ENFERMEDADES												
Hongos/Royas acíc	8	1,00	32	22,86	29,38	0,25	1,52	-0,01	35,00	15,19	-4,15	-0,47
<i>Leptostroma rostrupii</i>	8	1,00	32	22,86	29,38	0,25	1,52	-0,01	35,00	15,19	-4,15	-0,47
Acíc. del año	7	1,00	28	20,00	29,29	0,14	1,43	-0,12	34,86	15,01	-4,29	-0,64
Acíc. antiguas	1	1,00	4	2,86	30,00	1,00	2,14	0,74	36,00	16,40	-3,15	0,74
Hongos pudrición	2	1,00	8	5,71	30,00	0,00	2,14	-0,26	40,50	14,75	1,35	-0,91
<i>Phelinus pini</i>	2	1,00	8	5,71	30,00	0,00	2,14	-0,26	40,50	14,75	1,35	-0,91
Tronco	2	1,00	8	5,71	30,00	0,00	2,14	-0,26	40,50	14,75	1,35	-0,91
AG.ABIÓTICOS												
Fact. físicos	2	1,00	8	5,71	37,50	0,00	9,64	-0,26	43,00	16,95	3,85	1,29
Acíc. antiguas	1	1,00	4	2,86	55,00	0,00	27,14	-0,26	44,00	17,80	4,85	2,14
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	42,00	16,10	2,85	0,44
Sequía	1	1,00	4	2,86	35,00	0,00	7,14	-0,26	39,00	13,00	-0,15	-2,66
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	2,86	35,00	0,00	7,14	-0,26	39,00	13,00	-0,15	-2,66
Calor	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	34,00	17,30	-5,15	1,64
Acíc. antiguas	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	34,00	17,30	-5,15	1,64
Viento/Tornado	1	2,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	43,00	14,50	3,85	-1,16
Ramas 2-10 cm	1	2,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	43,00	14,50	3,85	-1,16
ANTRÓPICOS												
Resinación	33	2,94	132	94,29	25,91	0,15	-1,95	-0,11	39,64	15,82	0,49	0,16
Tronco	33	2,94	132	94,29	25,91	0,15	-1,95	-0,11	39,64	15,82	0,49	0,16
OTROS DAÑOS												
<i>Viscum album</i>	29	2,31	116	82,86	26,38	0,17	-1,48	-0,09	39,93	15,92	0,78	0,27
Ramas 2-10 cm	5	1,40	20	14,29	26,00	0,00	-1,86	-0,26	37,40	15,92	-1,75	0,26
Ramas >10 cm	3	2,67	12	8,57	33,33	0,00	5,47	-0,26	44,00	16,03	4,85	0,37
Ramas tam. variable	17	2,59	68	48,57	26,18	0,24	-1,68	-0,02	41,47	15,94	2,32	0,28
Tronco en copa	2	3,00	8	5,71	22,50	0,50	-5,36	0,24	33,00	15,80	-6,15	0,14
Tronco	2	1,00	8	5,71	22,50	0,00	-5,36	-0,26	34,00	15,80	-5,15	0,14
Falta luz	12	1,17	48	34,29	24,58	0,00	-3,28	-0,26	36,83	16,21	-2,31	0,55

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Acíc. antiguas	1	3,00	4	2,86	35,00	0,00	7,14	-0,26	25,00	12,70	-14,15	-2,96
Ramas 2-10 cm	6	1,00	24	17,14	24,17	0,00	-3,69	-0,26	34,50	16,57	-4,65	0,91
Ramas tam. variable	5	1,00	20	14,29	23,00	0,00	-4,86	-0,26	42,00	16,48	2,85	0,82
Inter.físicas	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	45,00	14,20	5,85	-1,46
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	45,00	14,20	5,85	-1,46
Compet/Espesura	2	3,00	8	5,71	35,00	0,50	7,14	0,24	33,00	14,50	-6,15	-1,16
Ramas tam. variable	1	1,00	4	2,86	35,00	0,00	7,14	-0,26	25,00	12,70	-14,15	-2,96
Tronco	1	5,00	4	2,86	35,00	1,00	7,14	0,74	41,00	16,30	1,85	0,64
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	42	1,00	168	100,00	24,64	0,19	-3,22	-0,07	41,88	15,85	2,73	0,19
Acíc. del año	7	1,00	28	20,00	24,29	0,14	-3,57	-0,12	42,00	16,09	2,85	0,43
Acíc. antiguas	13	1,00	52	37,14	23,08	0,15	-4,78	-0,11	41,69	15,85	2,55	0,19
Acíc. todas edades	12	1,00	48	34,29	25,42	0,17	-2,44	-0,09	40,33	15,69	1,19	0,03
Ramas 2-10 cm	2	1,00	8	5,71	20,00	0,00	-7,86	-0,26	44,50	14,40	5,35	-1,26
Ramas tam. variable	2	1,00	8	5,71	27,50	0,50	-0,36	0,24	54,00	16,15	14,85	0,49
Yemas	2	1,00	8	5,71	25,00	0,00	-2,86	-0,26	40,50	16,30	1,35	0,64
Tronco en copa	2	1,00	8	5,71	32,50	0,50	4,64	0,24	44,50	16,00	5,35	0,34
Tronco	2	1,00	8	5,71	25,00	0,50	-2,86	0,24	36,00	16,60	-3,15	0,94

La parcela se sitúa en una masa regular de pino negral en espesura defectiva con claros de gran tamaño. El regenerado está presente pero es escaso y de tamaño variable (diseminado, repoblado y monte bravo). Dada la escasa densidad de la parcela y alrededores, la mayoría de los pies evaluados formaban parte del nivel general de la masa, siendo en su mayoría pies codominantes; los árboles subdominantes son escasos y asociados a pinos jóvenes o del regenerado. Los lados de copa sombreados son igualmente escasos salvo en los rodales más densos y de pequeño tamaño que salpicaban la parcela y sus alrededores. La parcela se encuentra en estos momentos en explotación para resinación, dentro del normal aprovechamiento forestal de la zona.

Es necesario hacer constar también la naturaleza del suelo, muy arenoso, con escasa capacidad de retención de agua y con un material de base constituido por arenas, lo que puede agravar los efectos de una temporada de escasas precipitaciones, factor que contribuye a la desestabilización del arbolado. Las malas condiciones de estación se ven agravadas por la escasa capacidad del material de base del suelo para aportar nutrientes, que provienen casi exclusivamente de la descomposición de la materia orgánica del horizonte superior. En condiciones de escasas precipitaciones y elevadas temperaturas a comienzos del verano pueden llegar a conformar unas malas condiciones de habitación para el desarrollo de la especie.

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados, se advierte la habitual cohorte en este tipo de pinares de la meseta norte: mordeduras y festoneados ligeros a lo largo del margen de la acícula debidos a defoliadores braquiderinos, generalmente *Brachyderes suturalis* aunque también puede intervenir *Pachyrhinus sp* sobre las hojas de mayor edad, así como escamaciones blanquecinas debidas al chupador *Leucaspis pini*, sobre todo en el nivel de regenerado, y que se incrementan apreciablemente respecto al año previo. En la presente revisión se observa la presencia del coleóptero *Anoxia australis* ya citado en la revisión del año previo y del que se localizan varios ejemplares adultos asociados a mordeduras en las acículas del año en curso sobre más de la tercera parte de la población muestra, no asociado en principio a daños forestales de consideración, pero aumentando ligeramente su presencia.

La debilidad de alguno de los pies debido a la acción de muérdago y malas condiciones de estación, han llegado a favorecer la entrada de insectos perforadores oportunistas que han llegado a causar la muerte

de algún pie en años precedentes y que es un mecanismo que debe ser tenido en cuenta en la gestión fitosanitaria de la zona.

Se advierte alguna presencia salpicada de hongos foliares, tales como *Leptostroma rostrupii* ya observado en anteriores revisiones y aumentando respecto al año anterior quizá debido a unas condiciones de mayor humedad, no asociado a daños de consideración mientras que el hongo de pudrición *Phellinus pini* continúa viéndose de forma salpicada por la zona, asociado en algún caso a defoliaciones elevadas, poniendo de nuevo de manifiesto la relación de estos patógenos con los pies decaídos o en proceso de decaimiento.

La presente revisión, tal como se ha mencionado anteriormente, se ha caracterizado por un incremento en la precipitación, que se sitúa por encima del umbral mínimo para la especie por primera vez desde 2019, lo que se traduce en una mejora en el vigor fitosanitario del arbolado y la práctica desaparición de los daños por sequía, tan abundantes en el bienio precedente, y que se manifestaba en microfiliarias y defoliaciones prematuras, mientras que continúa viéndose algún daño mecánico salpicado por acción del viento, sin mayor trascendencia fitosanitaria.

Desde 2011 el tramo en el que se encuentra la parcela está en explotación resinera, abriéndose caras en la parte baja de los pies, dentro de una política de recuperación de este aprovechamiento tan tradicional en las llanuras segovianas y que parece ir extendiéndose a otras zonas de tradición resinera como Burgos y Soria.

Al igual que en años anteriores la casi totalidad del arbolado muestra se encuentra afectado por muérdago, *Viscum album*, parásita muy frecuente en los pinares de negral de la gran llanura de la Tierra de Pinares, en una progresión sostenida que ha terminado por interesar a casi toda la parcela desde los primeros focos situados en su margen meridional, y que juega un papel desestabilizador bien conocido, al colonizar ramas y troncos del hospedante introduciendo sus austorios bajo la corteza y detraer agua y nutrientes necesarios para el buen desarrollo de la copa, de forma que la ramificación situada sobre el punto de infestación acaba apareciendo pobremente poblada, con apenas acículas de 1-2 años y en ocasiones con una decoloración amarillenta. En condiciones de sequía se amplifican los efectos debilitadores. La fanerógama es trasladada por los pájaros que se alimentan del fruto maduro y diseminan la semilla, por lo que suele ser más frecuente en pies del piso principal de la masa y muy frecuente en copas abiertas o en candelabro, por lo que se ve favorecido en zonas de fuertes nevadas. En los árboles muestra se aprecian además deformaciones, abultamientos y descortezamientos en las ramas a causa de la fuerte colonización por la parásita. Los daños son más graves de afectar a la guía terminal, responsable en último término del desarrollo del árbol. Cabe destacar también la posible pérdida de producción de resina que puede producir al detraer recursos del árbol afectado y que podría llegar a constituir un daño de importancia económica, una vez recuperado el aprovechamiento resinero.

La densidad de la masa, reducida a 160 pies/ha, se encuentra en equilibrio con el medio y pone de manifiesto la importancia de una correcta selvicultura para el buen desarrollo del pinar en condiciones límite, como pone de manifiesto la escasa presencia de daños por competencia o falta de luz, tan habituales en el medio forestal, reducidos a fenómenos de autopoda sobre la ramificación más baja.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se advierten **decoloraciones** de distinta naturaleza en algunas de las acículas de mayor edad, enrollamientos en algunas acículas sueltas del año en curso, **puntisecados** de ramillas, y alguna **deformación** en tronco, siempre en una corta fracción de la población muestra y sin mayor trascendencia fitosanitaria.

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. del año	23	1,00	92	65,71	26,30	0,17	-1,56	-0,09	39,09	15,60	-0,06	-0,06
Comidos/perdidos	9	1,00	36	25,71	25,56	0,22	-2,30	-0,04	40,11	15,67	0,96	0,01
Muestras	9	1,00	36	25,71	25,56	0,22	-2,30	-0,04	40,11	15,67	0,96	0,01
Dec. Verde-amarillo	2	1,00	8	5,71	22,50	0,50	-5,36	0,24	33,50	15,60	-5,65	-0,06
Parcial	2	1,00	8	5,71	22,50	0,50	-5,36	0,24	33,50	15,60	-5,65	-0,06
Dec. Rojo-marrón	6	1,00	24	17,14	30,83	0,17	2,97	-0,09	35,33	15,28	-3,81	-0,38
Parcial	6	1,00	24	17,14	30,83	0,17	2,97	-0,09	35,33	15,28	-3,81	-0,38
Microfilia	1	1,00	4	2,86	35,00	0,00	7,14	-0,26	25,00	12,70	-14,15	-2,96
Deformaciones	5	1,00	20	14,29	22,00	0,00	-5,86	-0,26	46,80	16,42	7,65	0,76
Enrolladas	5	1,00	20	14,29	22,00	0,00	-5,86	-0,26	46,80	16,42	7,65	0,76
Acíc. antiguas	30	1,07	120	85,71	25,83	0,13	-2,03	-0,13	38,93	15,72	-0,21	0,06
Comidos/perdidos	5	1,40	20	14,29	26,00	0,20	-1,86	-0,06	32,80	15,12	-6,35	-0,54
Muestras	2	1,00	8	5,71	22,50	0,00	-5,36	-0,26	36,00	15,05	-3,15	-0,61
Caída prematura	3	1,67	12	8,57	28,33	0,33	0,47	0,07	30,67	15,17	-8,48	-0,49
Dec. Verde-amarillo	15	1,00	60	42,86	24,00	0,13	-3,86	-0,13	41,07	15,51	1,92	-0,15
Bandeado	6	1,00	24	17,14	26,67	0,17	-1,19	-0,09	39,50	15,10	0,35	-0,56
Apical	2	1,00	8	5,71	20,00	0,00	-7,86	-0,26	40,00	15,75	0,85	0,09
Parcial	7	1,00	28	20,00	22,86	0,14	-5,00	-0,12	42,71	15,79	3,57	0,13
Dec. Rojo-marrón	4	1,00	16	11,43	25,00	0,25	-2,86	-0,01	41,50	16,23	2,35	0,57
Completa	3	1,00	12	8,57	23,33	0,00	-4,53	-0,26	43,33	16,17	4,19	0,51
Parcial	1	1,00	4	2,86	30,00	1,00	2,14	0,74	36,00	16,40	-3,15	0,74
Microfilia	1	1,00	4	2,86	55,00	0,00	27,14	-0,26	44,00	17,80	4,85	2,14
Signos insectos	5	1,00	20	14,29	26,00	0,00	-1,86	-0,26	35,60	16,14	-3,55	0,48
Adultos,larvas,ninfas	5	1,00	20	14,29	26,00	0,00	-1,86	-0,26	35,60	16,14	-3,55	0,48
Acíc. todas edades	15	1,00	60	42,86	24,67	0,13	-3,19	-0,13	39,67	15,63	0,52	-0,03
Comidos/perdidos	3	1,00	12	8,57	21,67	0,00	-6,19	-0,26	37,00	15,40	-2,15	-0,26
Muestras	3	1,00	12	8,57	21,67	0,00	-6,19	-0,26	37,00	15,40	-2,15	-0,26
Dec. Verde-amarillo	2	1,00	8	5,71	35,00	1,00	7,14	0,74	43,00	16,50	3,85	0,84
Parcial	2	1,00	8	5,71	35,00	1,00	7,14	0,74	43,00	16,50	3,85	0,84
Dec. Rojo-marrón	10	1,00	40	28,57	23,50	0,00	-4,36	-0,26	39,80	15,53	0,65	-0,13
Completa	10	1,00	40	28,57	23,50	0,00	-4,36	-0,26	39,80	15,53	0,65	-0,13
RAMAS/BROTOS												
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	2,86	35,00	0,00	7,14	-0,26	39,00	13,00	-0,15	-2,66
Muerto/moribundo	1	1,00	4	2,86	35,00	0,00	7,14	-0,26	39,00	13,00	-0,15	-2,66
Ramas 2-10 cm	16	1,19	64	45,71	23,44	0,00	-4,42	-0,26	38,31	15,79	-0,83	0,13
Otros signos	5	1,40	20	14,29	26,00	0,00	-1,86	-0,26	37,40	15,92	-1,75	0,26
Rotura	1	2,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	43,00	14,50	3,85	-1,16
Muerto/moribundo	9	1,00	36	25,71	22,78	0,00	-5,08	-0,26	37,56	16,03	-1,59	0,37
Heridas	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	45,00	14,20	5,85	-1,46
Descortezamientos	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	45,00	14,20	5,85	-1,46
Ramas >10 cm	3	2,67	12	8,57	33,33	0,00	5,47	-0,26	44,00	16,03	4,85	0,37
Otros signos	2	2,00	8	5,71	22,50	0,00	-5,36	-0,26	44,00	15,15	4,85	-0,51
Muerto/moribundo	1	4,00	4	2,86	55,00	0,00	27,14	-0,26	44,00	17,80	4,85	2,14
Ramas tam. variable	25	2,08	100	71,43	26,00	0,20	-1,86	-0,06	41,92	15,93	2,77	0,27
Otros signos	17	2,59	68	48,57	26,18	0,24	-1,68	-0,02	41,47	15,94	2,32	0,28

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Muerto/moribundo	8	1,00	32	22,86	25,63	0,13	-2,24	-0,14	42,88	15,93	3,73	0,27
Yemas	2	1,00	8	5,71	25,00	0,00	-2,86	-0,26	40,50	16,30	1,35	0,64
Resinosis	2	1,00	8	5,71	25,00	0,00	-2,86	-0,26	40,50	16,30	1,35	0,64
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	4	2,00	16	11,43	27,50	0,50	-0,36	0,24	38,75	15,90	-0,40	0,24
Deformaciones	2	3,00	8	5,71	22,50	0,50	-5,36	0,24	33,00	15,80	-6,15	0,14
Tumores	2	3,00	8	5,71	22,50	0,50	-5,36	0,24	33,00	15,80	-6,15	0,14
Resinosis	2	1,00	8	5,71	32,50	0,50	4,64	0,24	44,50	16,00	5,35	0,34
Tronco	40	2,70	160	100,00	26,13	0,18	-1,74	-0,09	39,25	15,82	0,10	0,16
Deformaciones	3	1,00	12	8,57	23,33	0,33	-4,53	0,07	33,33	16,27	-5,81	0,61
Otras deformaciones	2	1,00	8	5,71	25,00	0,50	-2,86	0,24	36,00	16,60	-3,15	0,94
Tumores	1	1,00	4	2,86	20,00	0,00	-7,86	-0,26	28,00	15,60	-11,15	-0,06
Signos hongos	2	1,00	8	5,71	30,00	0,00	2,14	-0,26	40,50	14,75	1,35	-0,91
C.fructificación	2	1,00	8	5,71	30,00	0,00	2,14	-0,26	40,50	14,75	1,35	-0,91
Otros signos	1	1,00	4	2,86	25,00	0,00	-2,86	-0,26	40,00	16,00	0,85	0,34
Heridas	34	3,00	136	97,14	26,18	0,18	-1,68	-0,08	39,68	15,83	0,53	0,17
Descortezamientos	33	2,94	132	94,29	25,91	0,15	-1,95	-0,11	39,64	15,82	0,49	0,16
Otras heridas	1	5,00	4	2,86	35,00	1,00	7,14	0,74	41,00	16,30	1,85	0,64

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	Defoliadores		Chupadores		Hongos/Royas acíc		Hongos pudrición		Fact. físicos	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. del año	23	9	64,29			7	87,50				
Comidos/perdidos	9	9	64,29								
Muestras	9	9	64,29								
Dec. Verde-amarillo	2					1	12,50				
Parcial	2					1	12,50				
Dec. Rojo-marrón	6					6	75,00				
Parcial	6					6	75,00				
Microfilia	1										
Deformaciones	5										
Enrolladas	5										
Acíc. antiguas	30	2	14,29	11	100,00	1	12,50			1	50,00
Comidos/perdidos	5	2	14,29								
Muestras	2	2	14,29								
Caída prematura	3										
Dec. Verde-amarillo	15			6	54,55						
Bandeado	6			6	54,55						
Apical	2										
Parcial	7										
Dec. Rojo-marrón	4					1	12,50				
Completa	3										
Parcial	1					1	12,50				
Microfilia	1									1	50,00

	N par	Defoliadores		Chupadores		Hongos/ Royas acíc		Hongos pudrición		Fact. físicos	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Signos insectos	5			5	45,45						
Adultos,larvas,ninfas	5			5	45,45						
Acíc. todas edades	15	3	21,43								
Comidos/perdidos	3	3	21,43								
Muestras	3	3	21,43								
Dec. Verde-amarillo	2										
Parcial	2										
Dec. Rojo-marrón	10										
Completa	10										
RAMAS/BROTOS											
Ramillos <2 cm	1										
Muerto/moribundo	1										
Ramas 2-10 cm	16									1	50,00
Otros signos	5										
Rotura	1										
Muerto/moribundo	9									1	50,00
Heridas	1										
Descortezamientos	1										
Ramas >10 cm	3										
Otros signos	2										
Muerto/moribundo	1										
Ramas tam. variable	25										
Otros signos	17										
Muerto/moribundo	8										
Yemas	2										
Resinosis	2										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	4										
Deformaciones	2										
Tumores	2										
Resinosis	2										
Tronco	40							2	100,00		
Deformaciones	3										
Otras deformaciones	2										
Tumores	1										
Signos hongos	2							2	100,00		
C.fructificación	2							2	100,00		
Otros signos	1										
Heridas	34										
Descortezamientos	33										
Otras heridas	1										

	N par	Sequía		Calor		Viento/Tornado		Resinación		Viscum album	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. del año	23										
Comidos/perdidos	9										
Muestras	9										
Dec. Verde-amarillo	2										
Parcial	2										
Dec. Rojo-marrón	6										
Parcial	6										
Microfilia	1										
Deformaciones	5										
Enrolladas	5										
Acíc. antiguas	30			1	100,00						
Comidos/perdidos	5										
Muestras	2										
Caída prematura	3										
Dec. Verde-amarillo	15			1	100,00						
Bandeado	6										
Apical	2			1	100,00						
Parcial	7										
Dec. Rojo-marrón	4										
Completa	3										
Parcial	1										
Microfilia	1										
Signos insectos	5										
Adultos, larvas, ninfas	5										
Acíc. todas edades	15										
Comidos/perdidos	3										
Muestras	3										
Dec. Verde-amarillo	2										
Parcial	2										
Dec. Rojo-marrón	10										
Completa	10										
RAMAS/BROTOS											
Ramillos <2 cm	1	1	100,00								
Muerto/moribundo	1	1	100,00								
Ramas 2-10 cm	16					1	100,00			5	17,24
Otros signos	5									5	17,24
Rotura	1					1	100,00				
Muerto/moribundo	9										
Heridas	1										
Descortezamientos	1										
Ramas >10 cm	3									3	10,34
Otros signos	2									2	6,90
Muerto/moribundo	1									1	3,45
Ramas tam. variable	25									17	58,62
Otros signos	17									17	58,62
Muerto/moribundo	8										
Yemas	2										
Resinosis	2										
TRONCO/C.RAÍZ											

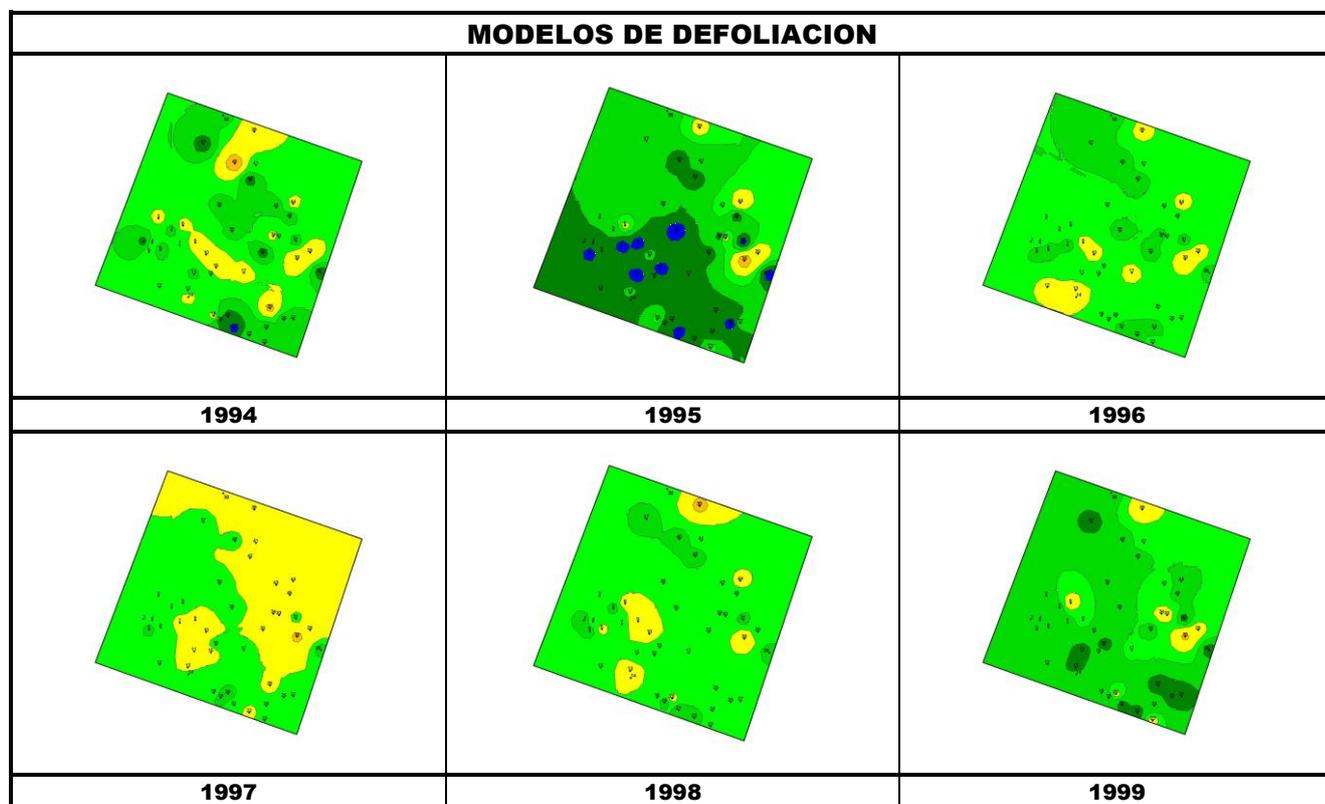
	N par	Sequía		Calor		Viento/Tornado		Resinación		Viscum album	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Tronco en copa	4									2	6,90
Deformaciones	2									2	6,90
Tumores	2									2	6,90
Resinosis	2										
Tronco	40							33	100,00	2	6,90
Deformaciones	3									1	3,45
Otras deformaciones	2										
Tumores	1									1	3,45
Signos hongos	2										
C.fructificación	2										
Otros signos	1									1	3,45
Heridas	34							33	100,00		
Descortezamientos	33							33	100,00		
Otras heridas	1										

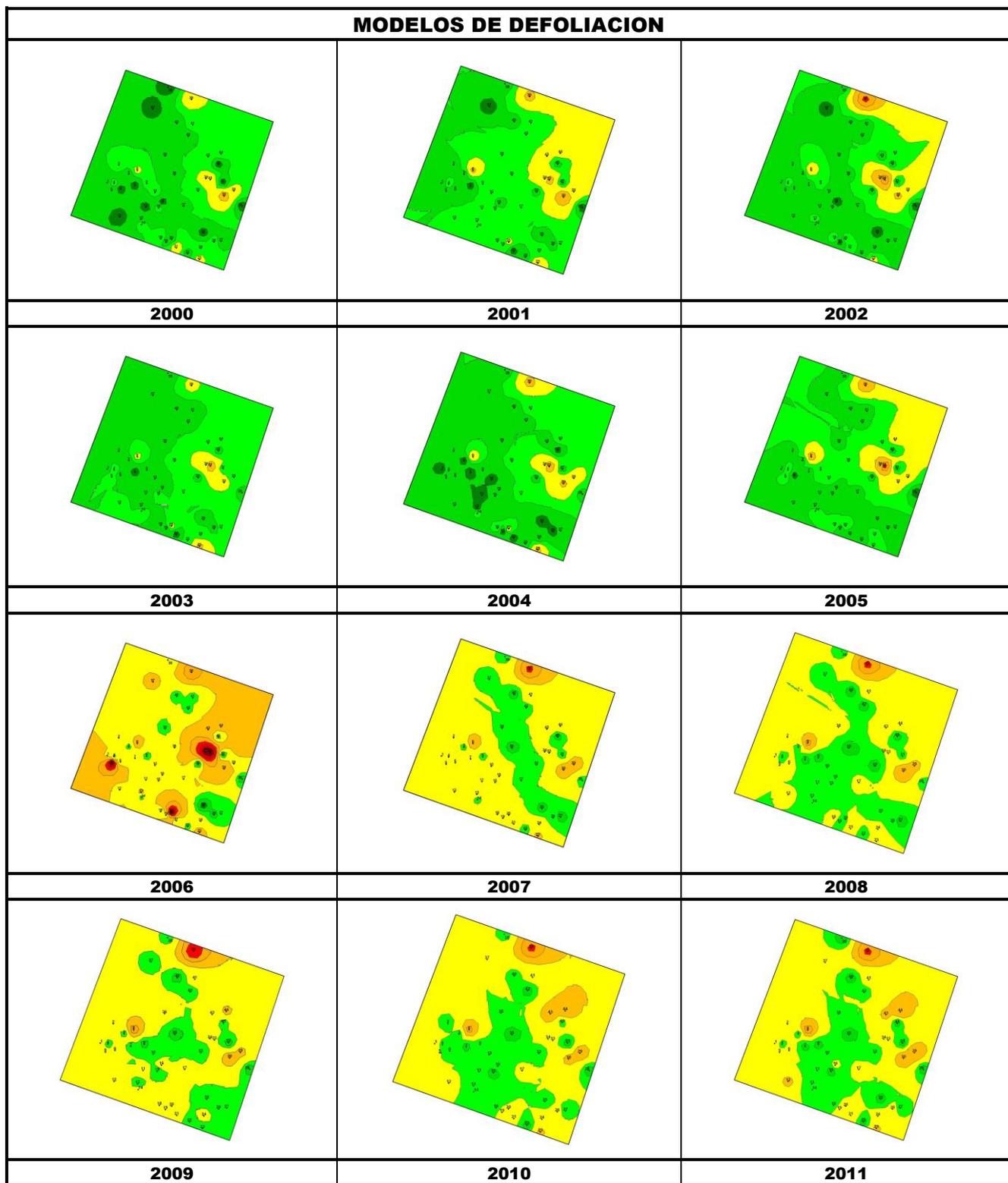
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	23							7	16,67
Comidos/perdidos	9								
Muescas	9								
Dec. Verde-amarillo	2							1	2,38
Parcial	2							1	2,38
Dec. Rojo-marrón	6								
Parcial	6								
Microfilia	1							1	2,38
Deformaciones	5							5	11,90
Enrolladas	5							5	11,90
Acíc. antiguas	30	1	8,33					13	30,95
Comidos/perdidos	5	1	8,33					2	4,76
Muescas	2								
Caída prematura	3	1	8,33					2	4,76
Dec. Verde-amarillo	15							8	19,05
Bandeado	6								
Apical	2							1	2,38
Parcial	7							7	16,67
Dec. Rojo-marrón	4							3	7,14
Completa	3							3	7,14
Parcial	1								
Microfilia	1								
Signos insectos	5								
Adultos,larvas,ninfas	5								
Acíc. todas edades	15							12	28,57
Comidos/perdidos	3								
Muescas	3								
Dec. Verde-amarillo	2							2	4,76
Parcial	2							2	4,76
Dec. Rojo-marrón	10							10	23,81
Completa	10							10	23,81

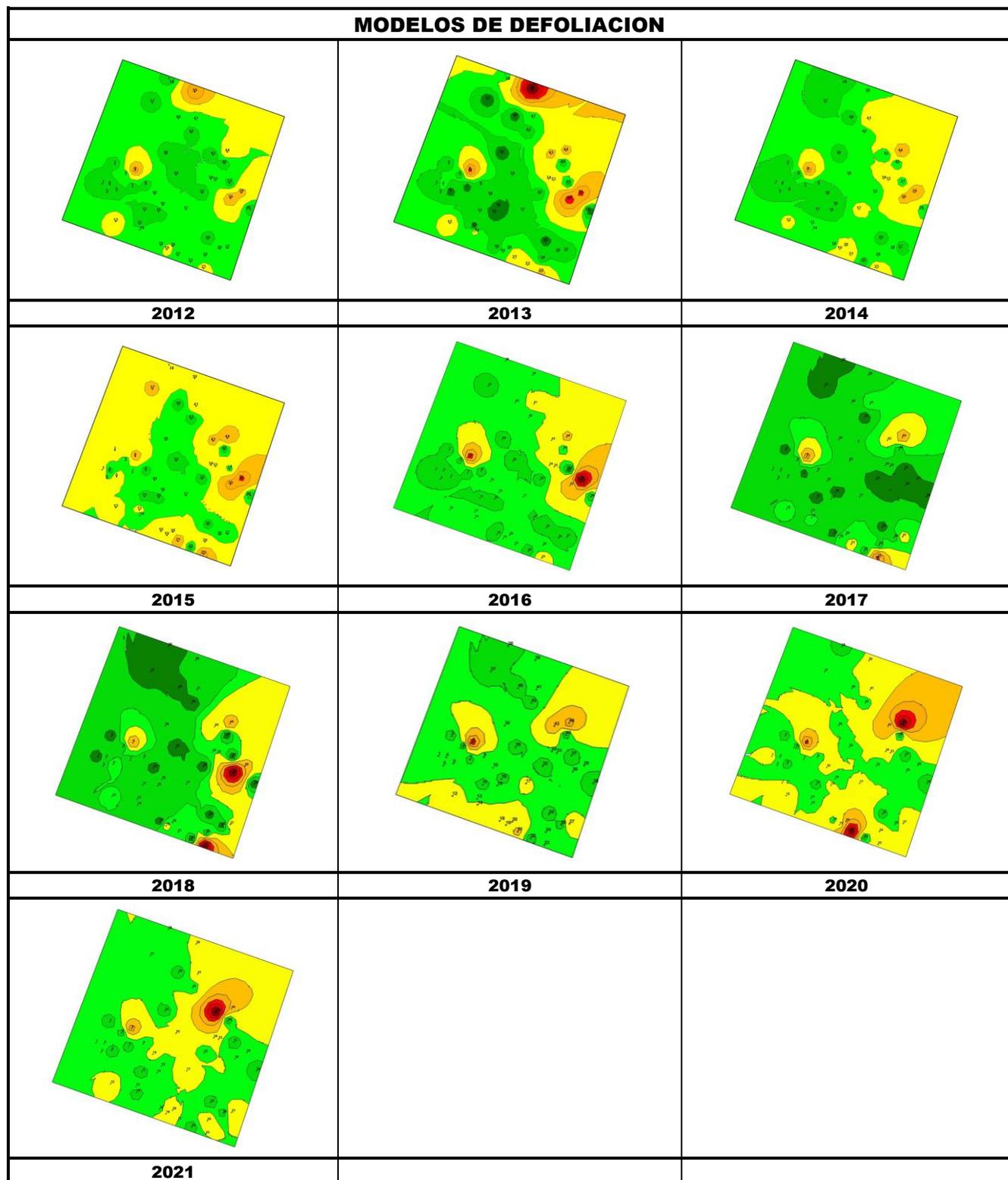
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
RAMAS/BROTOS									
Ramillos <2 cm	1								
Muerto/moribundo	1								
Ramas 2-10 cm	16	6	50,00	1	100,00			2	4,76
Otros signos	5								
Rotura	1								
Muerto/moribundo	9	6	50,00					2	4,76
Heridas	1			1	100,00				
Descortezamientos	1			1	100,00				
Ramas >10 cm	3								
Otros signos	2								
Muerto/moribundo	1								
Ramas tam. variable	25	5	41,67			1	50,00	2	4,76
Otros signos	17								
Muerto/moribundo	8	5	41,67			1	50,00	2	4,76
Yemas	2							2	4,76
Resinosis	2							2	4,76
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	4							2	4,76
Deformaciones	2								
Tumores	2								
Resinosis	2							2	4,76
Tronco	40					1	50,00	2	4,76
Deformaciones	3							2	4,76
Otras deformaciones	2							2	4,76
Tumores	1								
Signos hongos	2								
C.fructificación	2								
Otros signos	1								
Heridas	34					1	50,00		
Descortezamientos	33								
Otras heridas	1					1	50,00		



FIG 6: Debilitamiento y muerte de ramas por muérdago.







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		-		
Trascolación	Acumuladores	6		1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro	1			
	Captador nieve	-			
Desfronde	Captadores desfronde	4		1999	Quincenal/Mensual
Inmisión	Dosímetros pasivos		12	2000	Quincenal/Mensual
Crecimiento	Dialdendro en continuo	15		1999	Quincenal/Mensual
Fenología	Árboles de seguimiento	20		1998	Quincenal/Mensual



FIG 7: Parcela interior. Acumuladores de deposición. Captador de desfronde. Pluviómetros

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
Alcalinidad	Capacidad para neutralizar los ácidos disueltos	
Nitrógeno total	Nitrógeno total disuelto presente en la deposición	
Carbono	Carbono presente en la muestra procedente de materia orgánica	

Variable	Descripción	Valores de referencia RTSAP (*)
orgánico disuelto		
Aluminio	Metales pesados	0,2 mg/l
Manganeso		0,05 mg/l
Hierro		0,2 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	6,39	0,00	371	6,63	0,00	441	5,89	6,23
1998	6,30	5,88	298	6,26	0,00	367	5,78	6,12
1999	6,57	0,00	288	6,55	0,00	364	6,16	6,33
2000	6,27	0,00	337	6,62	0,00	426	6,06	6,27
2001	5,89	0,00	337	6,13	0,00	405	5,76	5,88
2002	6,62	4,76	326	6,89	0,00	423	6,39	6,53
2003	6,16	0,00	452	6,31	0,00	537	6,07	6,14
2004	6,14	20,00	313	6,16	7,14	401	5,99	6,00
2005	6,23	8,33	207	6,30	7,69	241	5,96	5,93
2006	6,22	0,00	398	6,09	12,50	504	6,08	6,01
2007	6,26	0,00	398	6,25	5,26	509	5,98	5,72
2008	6,33	0,00	432	6,44	0,00	614	6,12	5,97
2009	6,48	0,00	251	6,41	0,00	367	6,10	6,07
2010	6,37	0,00	489	6,23	8,33	617	6,22	6,19
2011	6,39	0,00	218	6,43	0,00	309	6,06	6,02
2012	6,05	0,00	115	6,18	16,67	193	5,96	5,98
2014	6,25	0,00	221	6,34	0,00	314	6,17	6,20
2015	6,46	0,00	176	6,53	0,00	304	6,08	6,18
2016	6,39	0,00	332	6,29	0,00	537	6,16	6,12
2017	6,27	0,00	169	6,40	0,00	304	6,09	6,10
2018	6,22	0,00	483	6,14	8,33	745	5,89	5,94
2019	6,23	0,00	143	6,23	0,00	298	5,99	6,04
2020	6,13	0,00	301	6,24	0,00	363	6,17	6,17
Media	6,29	1,69	307	6,35	2,87	417	6,05	6,09

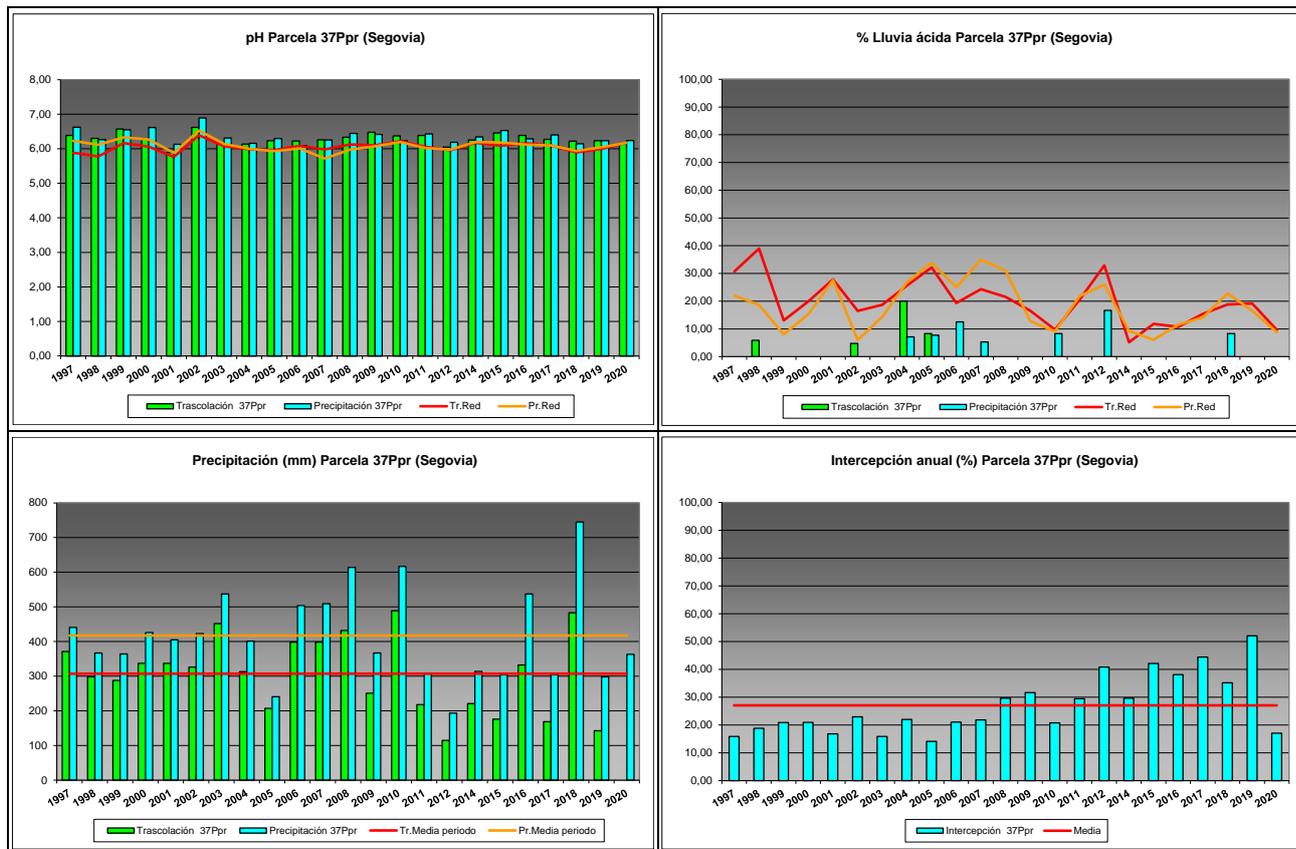


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

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	21,71		371	18,44		441	25,52	22,05
1998	37,07		298	19,88		367	29,37	22,53
1999	38,39		288	28,73		364	33,18	19,89
2000	31,11		337	25,03		426	35,34	22,06
2001	23,63		337	12,20		405	27,99	15,78
2002	68,91		326	43,07		423	48,98	30,11
2003	33,71		452	31,11		537	45,96	25,07
2004	72,74		313	53,33		401	62,42	37,00
2005	45,86		207	29,63		241	65,42	30,19
2006	41,99		398	35,82		504	61,52	28,60
2007	42,65		398	35,55		509	49,85	28,88
2008	28,21		432	14,67		614	46,65	22,88
2009	42,24		251	20,28		367	49,43	20,10
2010	29,15		489	12,46		617	44,44	15,09
2011	53,85		218	16,00		309	51,36	19,04
2012	33,23		115	10,68		193	53,38	20,50
2014	33,03		221	12,14		314	33,76	15,23

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
2015	53,04		176	17,33		305	45,28	18,25
2016	38,71		332	7,65		537	47,39	15,22
2017	40,04		169	16,86		304	56,13	18,87
2018	24,24		483	11,06		745	38,75	16,20
2019	60,85		143	27,02		298	74,16	28,49
2020	38,66		301	18,17		363	46,43	20,40
Media	40,57		307	22,48		417	46,64	22,28

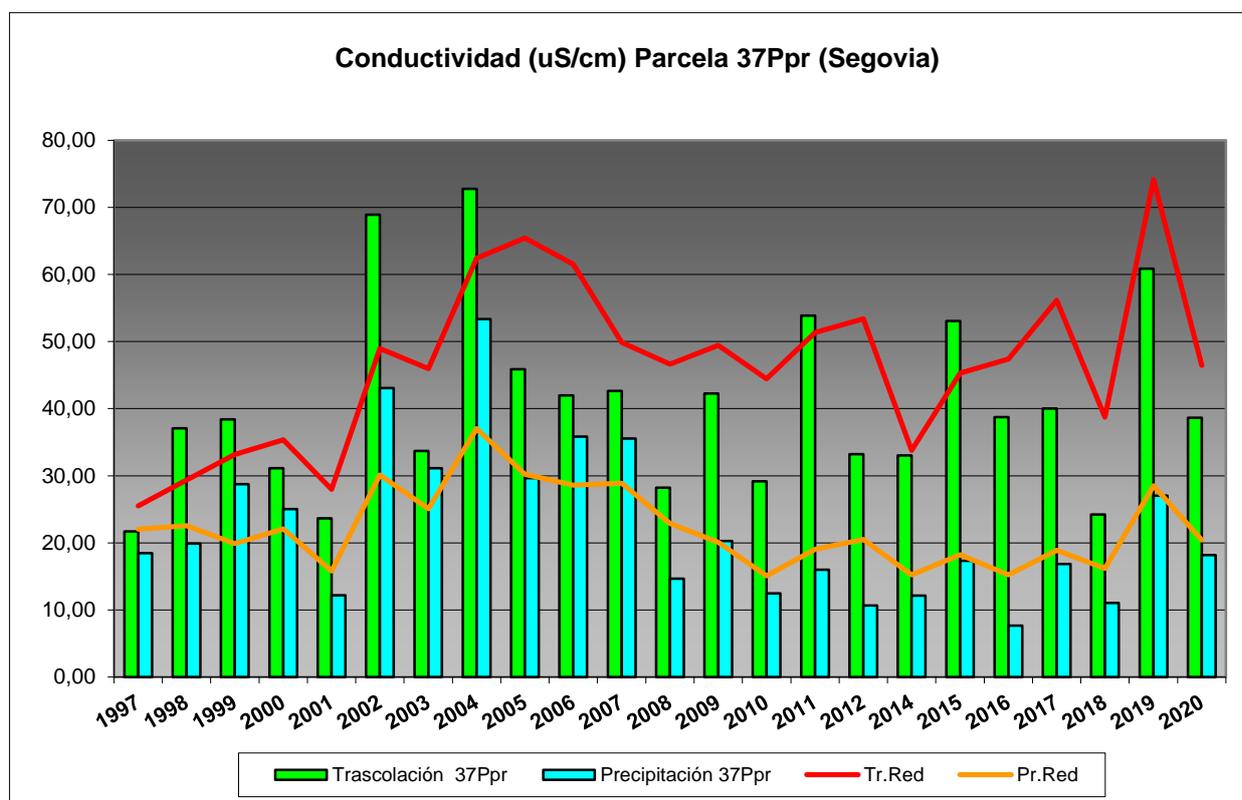


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

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	1,11	4,11	371	1,50	6,62	441	-2,51	7,33	5,18
1998	5,38	16,03	298	3,37	12,36	367	3,67	19,45	13,28
1999	4,81	13,84	288	3,07	11,18	364	2,67	17,99	11,86
2000	2,48	8,36	337	2,44	10,38	426	-2,02	22,33	15,28
2001	1,94	6,55	337	1,22	4,96	405	1,59	16,00	9,92
2002	4,72	15,40	326	1,11	4,68	423	10,72	19,36	7,73
2003	1,29	5,83	452	0,27	1,46	537	4,38	12,93	3,83

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)
2004	2,94	9,20	313	1,04	4,19	401	5,01	16,14	4,88
2005	2,56	5,31	207	1,68	4,06	241	1,25	12,47	5,15
2006	2,05	8,14	398	1,82	9,17	504	-1,03	19,14	9,86
2007	2,22	8,85	398	1,76	8,93	509	-0,08	20,44	7,92
2008	1,89	8,15	432	0,86	5,26	614	2,89	22,97	6,57
2009	2,30	5,77	251	0,75	2,74	367	3,03	18,05	4,28
2010	1,59	7,79	489	0,30	1,84	617	5,96	21,96	3,59
2011	1,94	4,23	218	0,46	1,42	309	2,81	18,92	5,75
2012	0,66	0,75	115	0,15	0,29	193	0,46	2,99	0,92
2014	1,56	3,44	221	0,18	0,58	314	2,86	11,97	1,60
2015	1,55	2,73	176	1,53	4,67	305	-1,94	18,33	4,20
2016	1,91	6,35	332	0,46	2,49	537	3,85	19,15	2,17
2017	2,56	4,32	169	0,42	1,27	304	3,05	16,19	1,94
2018	1,07	5,18	483	0,27	2,04	745	3,15	17,14	2,96
2019	2,17	3,10	143	0,28	0,85	298	2,25	17,04	3,33
2020	1,77	5,34	301	0,50	1,83	363	3,51	22,26	2,32
Media	2,28	6,90	307	1,11	4,49	417	2,41	16,98	5,85

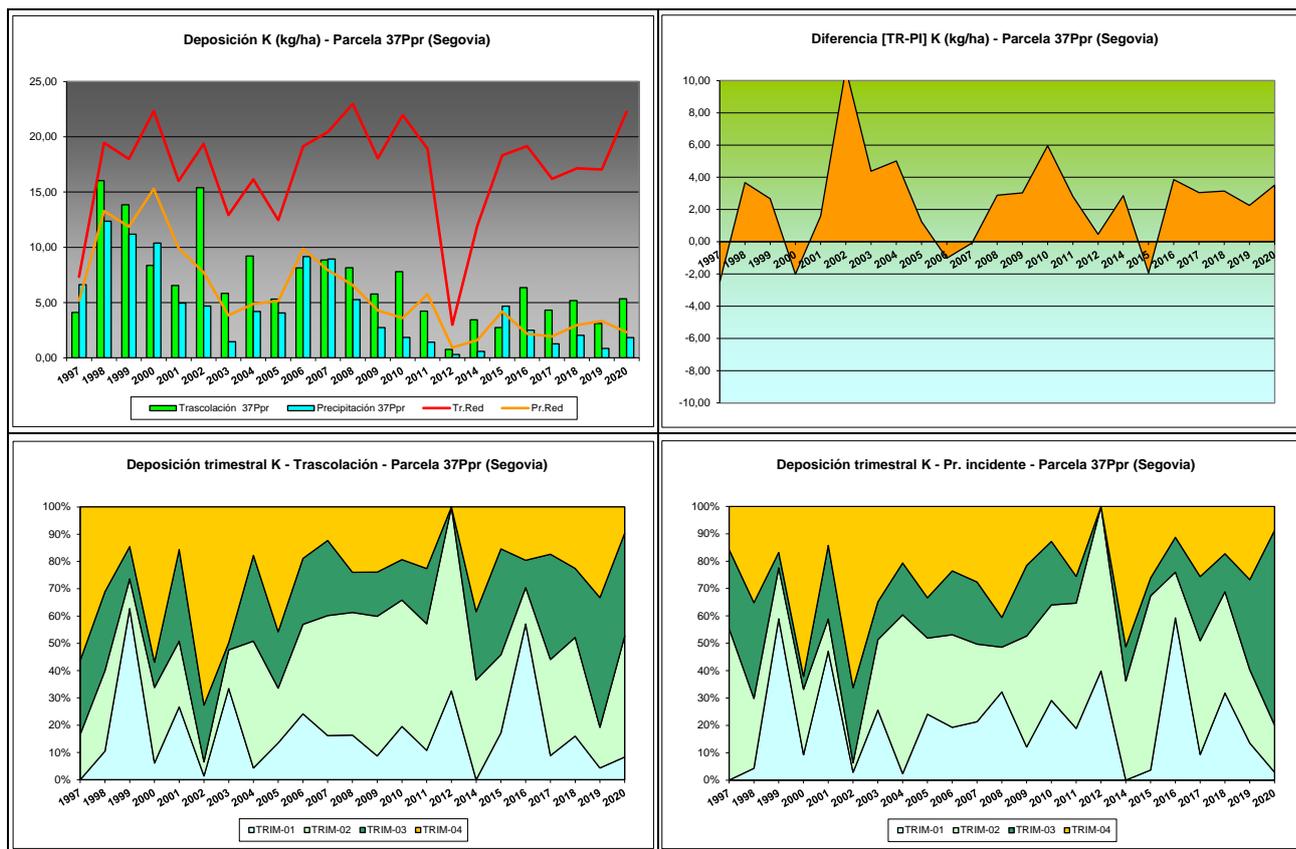
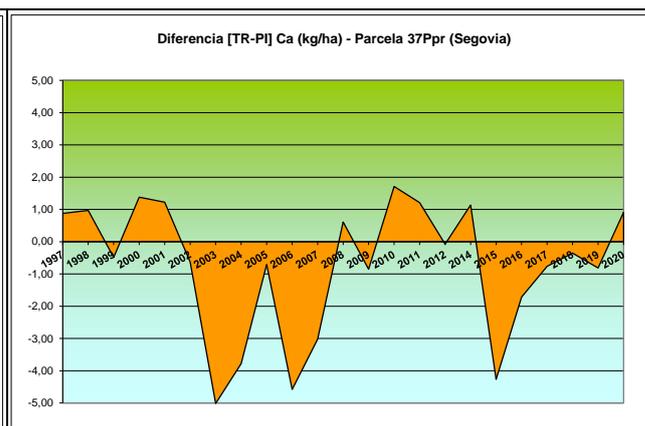
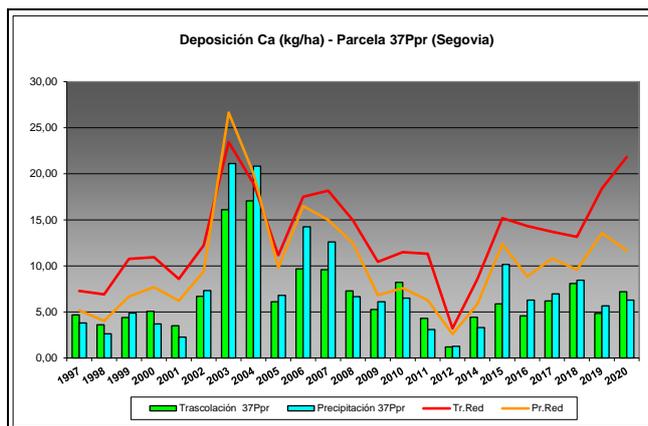


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	1,26	4,69	371	0,86	3,81	441	0,88	7,29	5,16
1998	1,21	3,61	298	0,72	2,63	367	0,97	6,91	4,05
1999	1,53	4,40	288	1,34	4,88	364	-0,49	10,77	6,68
2000	1,51	5,08	337	0,87	3,70	426	1,38	10,94	7,70
2001	1,04	3,49	337	0,56	2,27	405	1,23	8,58	6,22
2002	2,05	6,70	326	1,73	7,33	423	-0,63	12,23	9,40
2003	3,56	16,10	452	3,93	21,12	537	-5,02	23,45	26,64
2004	5,45	17,06	313	5,20	20,84	401	-3,78	18,95	20,04
2005	2,95	6,10	207	2,82	6,81	241	-0,71	11,17	9,81
2006	2,43	9,67	398	2,83	14,25	504	-4,58	17,51	16,49
2007	2,41	9,59	398	2,48	12,61	509	-3,02	18,16	14,99
2008	1,68	7,28	432	1,09	6,67	614	0,61	14,94	12,47
2009	2,10	5,26	251	1,67	6,12	367	-0,85	10,43	6,81
2010	1,68	8,21	489	1,05	6,50	617	1,71	11,50	7,59
2011	1,98	4,31	218	1,00	3,10	309	1,21	11,32	6,29
2012	1,05	1,20	115	0,66	1,27	193	-0,07	3,22	2,60
2014	2,01	4,43	221	1,05	3,30	314	1,14	8,57	5,86
2015	3,35	5,88	176	3,33	10,15	305	-4,27	15,19	12,39
2016	1,38	4,58	332	1,17	6,29	537	-1,71	14,34	8,83
2017	3,68	6,20	169	2,29	6,97	304	-0,76	13,71	10,82
2018	1,67	8,08	483	1,13	8,44	745	-0,35	13,15	9,58
2019	3,39	4,84	143	1,90	5,66	298	-0,81	18,41	13,57
2020	2,39	7,20	301	1,73	6,29	363	0,91	21,83	11,67
Media	2,25	6,69	307	1,80	7,43	417	-0,74	13,16	10,25



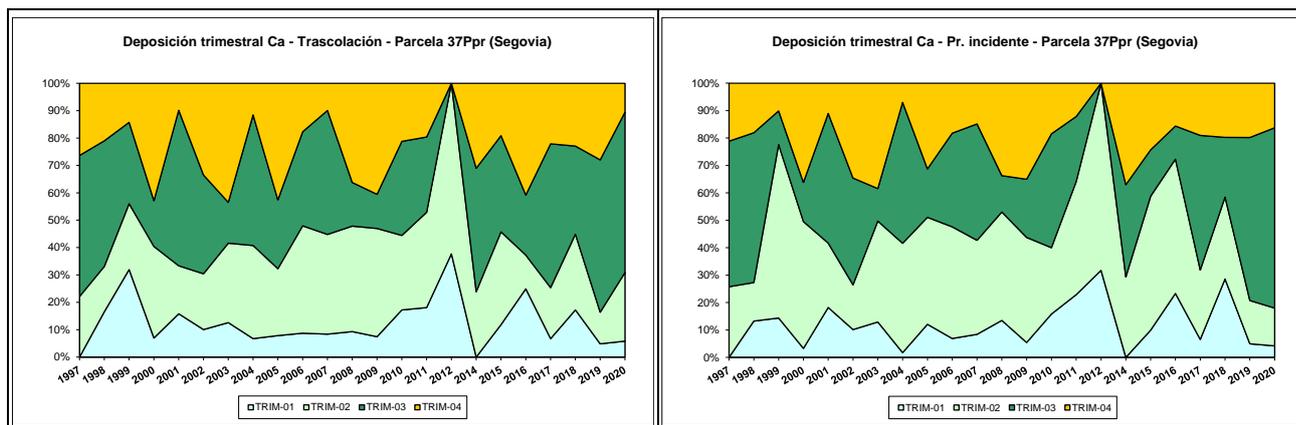


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	Trascolución (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	0,37	1,36	371	0,21	0,95	441	0,42	3,66	3,20
1998	0,69	2,05	298	0,30	1,09	367	0,96	4,07	2,78
1999	0,51	1,47	288	0,23	0,84	364	0,63	4,18	2,58
2000	0,35	1,19	337	0,21	0,89	426	0,30	3,46	1,84
2001	0,28	0,96	337	0,08	0,34	405	0,62	2,99	1,45
2002	0,50	1,64	326	0,21	0,87	423	0,76	3,93	1,83
2003	0,38	1,71	452	0,15	0,80	537	0,91	3,97	1,65
2004	0,50	1,57	313	0,25	1,01	401	0,56	4,03	2,51
2005	0,48	1,00	207	0,11	0,27	241	0,73	2,73	1,01
2006	0,31	1,24	398	0,18	0,88	504	0,36	4,06	1,94
2007	0,42	1,67	398	0,18	0,90	509	0,77	4,56	2,17
2008	0,38	1,64	432	0,11	0,67	614	0,97	3,99	1,87
2009	0,47	1,19	251	0,16	0,58	367	0,61	3,95	1,67
2010	0,39	1,92	489	0,11	0,71	617	1,21	4,42	1,89
2011	0,50	1,09	218	0,09	0,28	309	0,81	3,98	1,27
2012	0,79	0,90	115	0,64	1,23	193	-0,33	2,35	1,52
2014	0,56	1,23	221	0,09	0,28	314	0,94	1,90	0,75
2015	0,55	0,97	176	0,47	1,43	305	-0,45	3,32	1,84
2016	0,38	1,26	332	0,09	0,46	537	0,81	4,44	1,71
2017	1,00	1,69	169	0,24	0,72	304	0,97	4,43	1,69
2018	0,37	1,77	483	0,10	0,77	745	1,00	4,24	2,01
2019	0,94	1,35	143	0,21	0,62	298	0,72	3,74	2,26
2020	0,52	1,56	301	0,17	0,63	363	0,94	4,38	2,00
Media	0,51	1,41	307	0,20	0,75	417	0,66	3,77	1,89

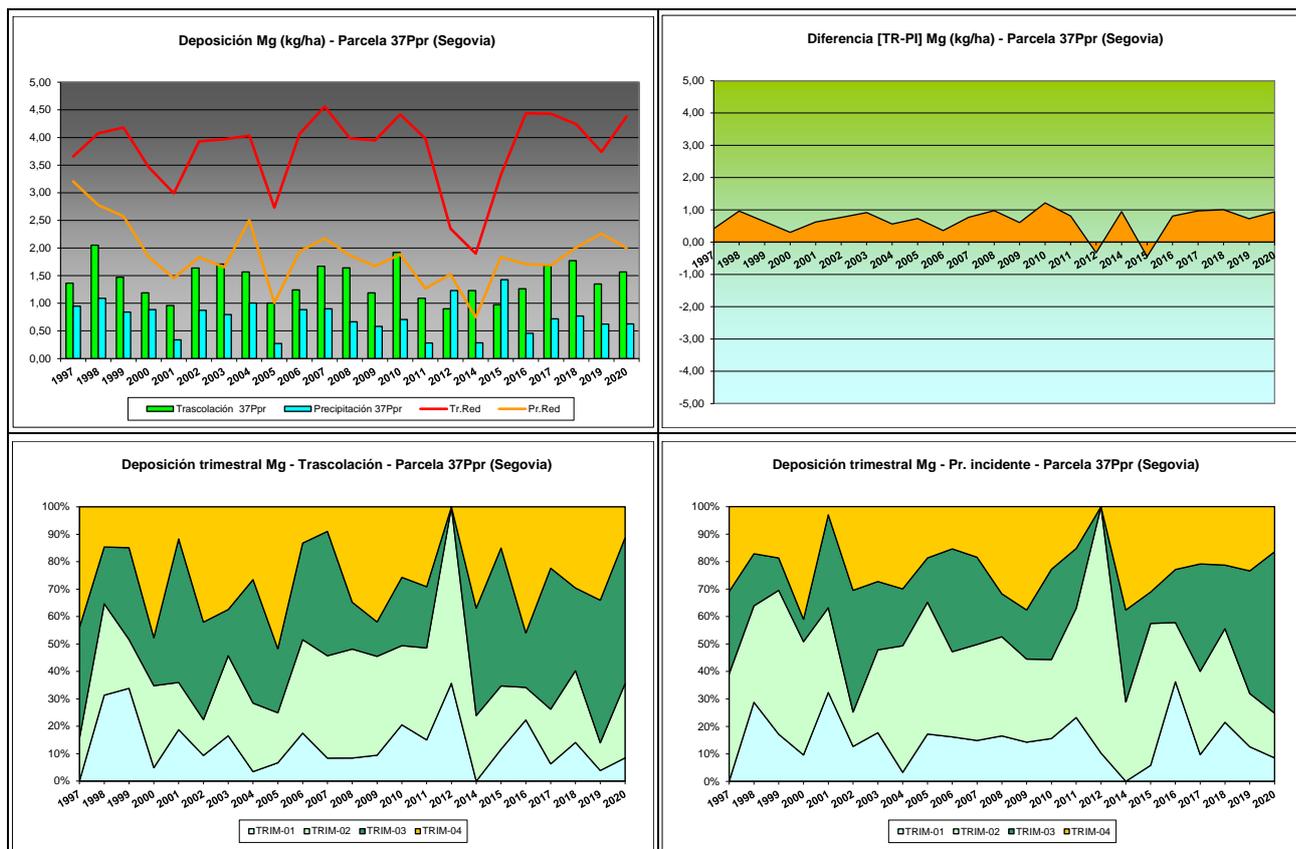


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,50	1,87	371	0,54	2,39	441	-0,51	6,07	6,65
1998	1,51	4,49	298	0,96	3,53	367	0,95	11,74	10,50
1999	2,38	6,85	288	1,59	5,78	364	1,07	19,31	13,85
2000	1,28	4,32	337	1,12	4,76	426	-0,44	18,12	13,02
2001	0,74	2,48	337	0,48	1,95	405	0,53	18,38	12,14
2002	3,30	10,75	326	2,16	9,13	423	1,61	28,50	18,75
2003	1,14	5,15	452	0,82	4,39	537	0,76	22,49	12,86
2004	2,52	7,89	313	1,29	5,17	401	2,72	22,85	13,75
2005	1,15	2,38	207	0,77	1,85	241	0,53	14,42	7,16
2006	1,26	5,03	398	1,23	6,22	504	-1,19	24,17	16,07
2007	0,86	3,44	398	0,68	3,44	509	-0,01	23,14	14,21
2008	0,74	3,19	432	0,44	2,72	614	0,47	19,63	11,01
2009	1,13	2,84	251	0,58	2,13	367	0,72	22,09	12,27
2010	1,05	5,15	489	0,52	3,23	617	1,92	24,37	13,76
2011	1,07	2,33	218	0,26	0,79	309	1,54	20,72	5,97
2012	0,66	0,75	115	0,32	0,61	193	0,14	4,35	2,86
2014	0,71	1,57	221	0,32	0,99	314	0,58	6,77	4,55

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)
2015	0,92	1,61	176	0,89	2,70	305	-1,09	15,27	11,59
2016	0,75	2,51	332	0,49	2,61	537	-0,10	22,84	11,19
2017	1,29	2,18	169	0,69	2,11	304	0,07	19,35	10,47
2018	0,71	3,43	483	0,59	4,37	745	-0,94	22,61	14,29
2019	1,57	2,25	143	0,90	2,67	298	-0,43	19,32	13,98
2020	0,95	2,87	301	0,62	2,26	363	0,61	20,09	11,74
Media	1,23	3,71	307	0,79	3,30	417	0,41	18,55	11,42

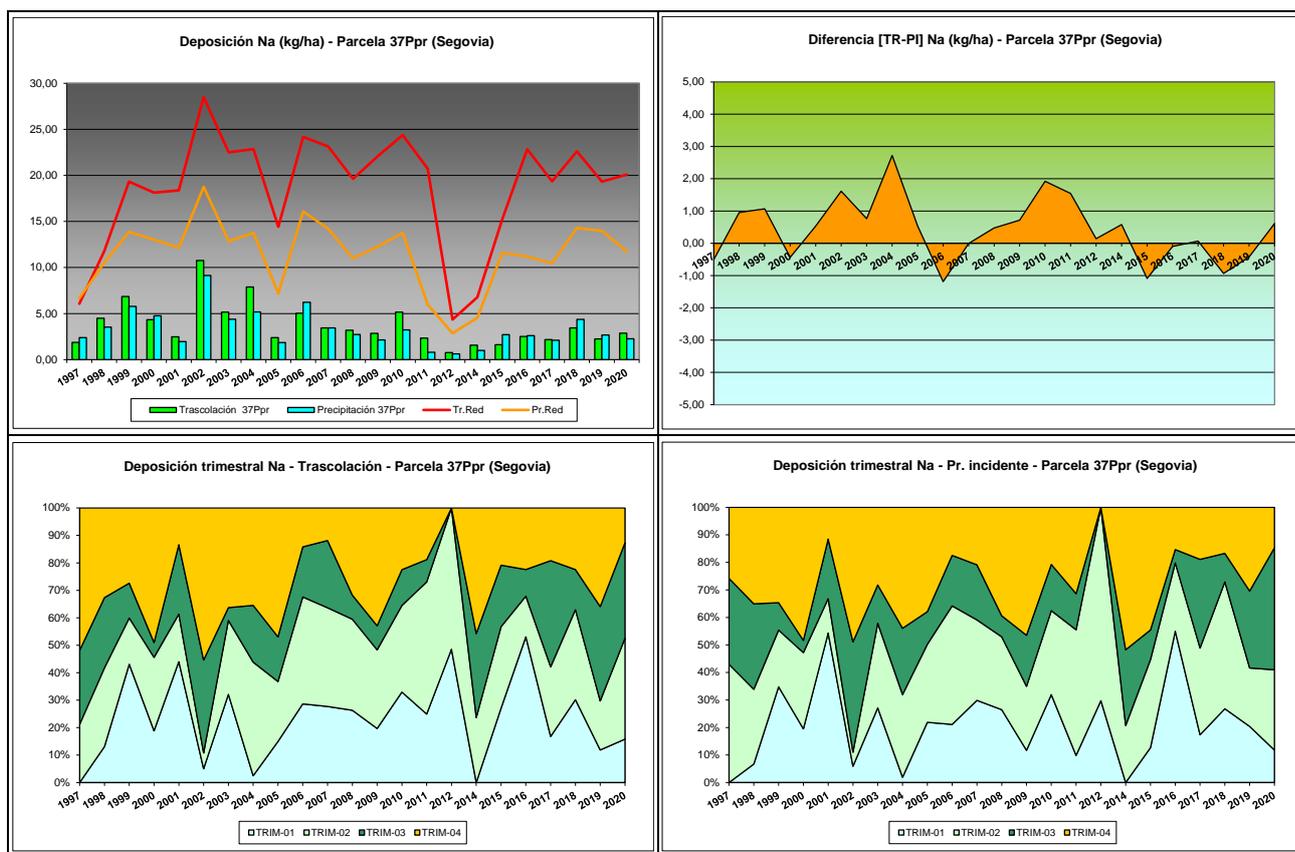


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	1,49	5,52	371	1,07	4,70	441	0,82	1,81	8,19
1998	2,33	6,95	298	0,72	2,64	367	4,31	2,24	8,36
1999	1,90	5,47	288	1,68	6,10	364	-0,64	2,71	3,66
2000	1,21	4,08	337	1,12	4,78	426	-0,70	2,48	4,26
2001	0,82	2,76	337	0,39	1,59	405	1,17	1,86	1,82

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)
2002	1,20	3,92	326	0,59	2,49	423	1,43	2,43	2,91
2003	1,24	5,60	452	0,63	3,38	537	2,22	3,06	3,10
2004	1,71	5,35	313	1,15	4,63	401	0,72	4,12	3,23
2005	1,76	3,64	207	0,74	1,80	241	1,85	2,41	1,80
2006	1,62	6,44	398	0,87	4,38	504	2,06	3,62	3,05
2007	1,69	6,74	398	1,07	5,44	509	1,30	3,53	3,58
2008	1,10	4,74	432	0,50	3,05	614	1,69	2,91	2,62
2009	1,64	4,12	251	0,42	1,52	367	2,60	2,73	1,82
2010	1,08	5,30	489	0,23	1,43	617	3,87	3,12	2,09
2011	1,41	3,08	218	0,54	1,68	309	1,40	4,36	3,15
2012	2,48	2,84	115	0,97	1,88	193	0,96	2,26	2,06
2014	1,92	4,25	221	0,73	2,29	314	1,95	4,16	3,35
2015	2,79	4,91	176	1,52	4,63	305	0,28	5,30	6,04
2016	1,68	5,58	332	0,52	2,81	537	2,76	5,94	4,26
2017	1,46	2,46	169	0,45	1,36	304	1,10	2,40	1,52
2018	0,72	3,46	483	0,35	2,64	745	0,83	2,79	2,39
2019	1,11	1,59	143	0,38	1,12	298	0,47	1,60	1,23
2020	1,05	3,17	301	0,62	2,24	363	0,93	1,98	1,81
Media	1,54	4,43	307	0,75	2,98	417	1,45	3,04	3,32

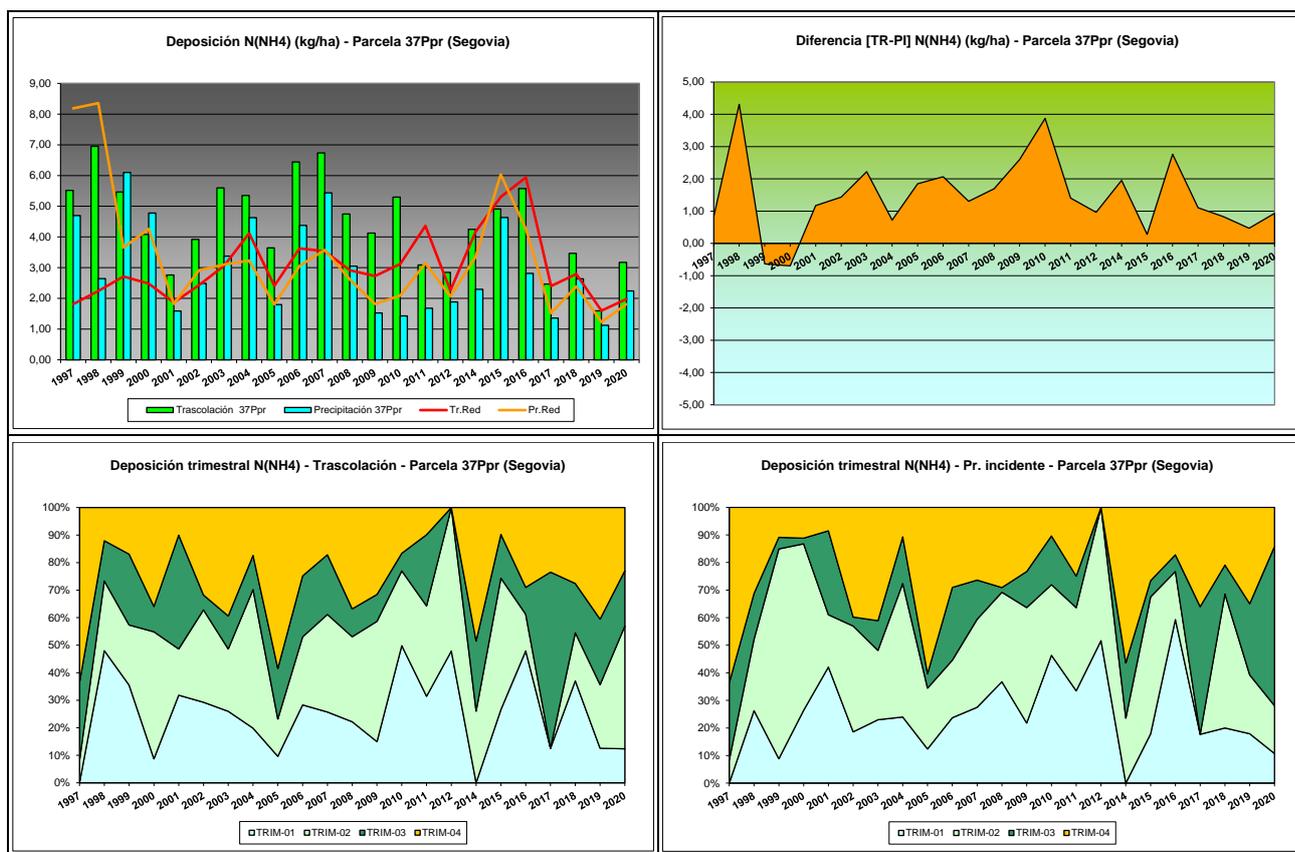
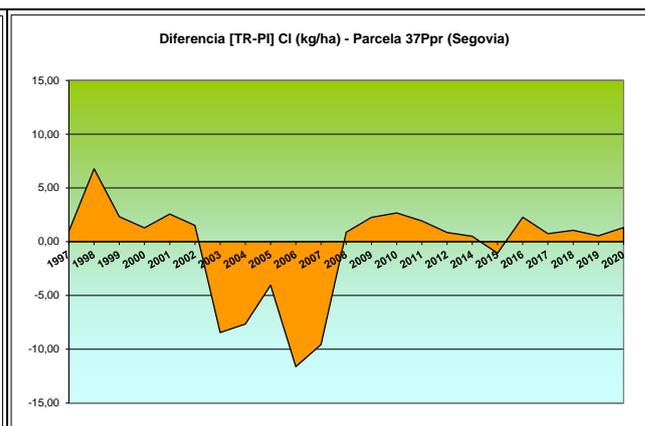
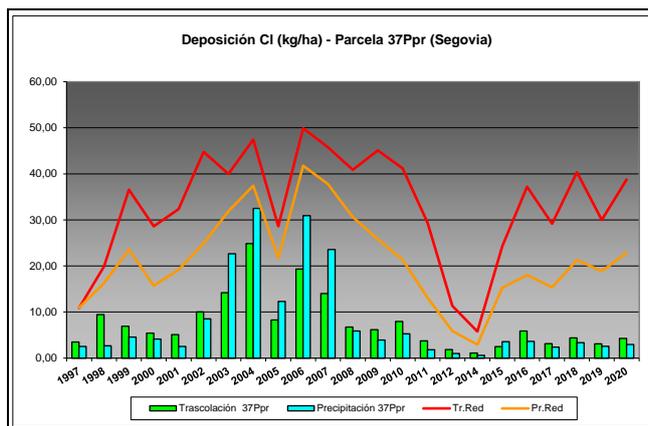


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,94	3,48	371	0,57	2,51	441	0,97	10,88	10,93
1998	3,17	9,45	298	0,73	2,68	367	6,78	19,88	16,27
1999	2,39	6,89	288	1,25	4,57	364	2,32	36,56	23,56
2000	1,61	5,42	337	0,97	4,13	426	1,28	28,62	15,70
2001	1,51	5,09	337	0,62	2,53	405	2,57	32,37	19,20
2002	3,07	10,01	326	2,01	8,50	423	1,51	44,79	24,88
2003	3,14	14,19	452	4,21	22,63	537	-8,45	39,97	31,89
2004	7,94	24,86	313	8,11	32,51	401	-7,65	47,45	37,43
2005	3,99	8,25	207	5,10	12,30	241	-4,05	28,61	21,76
2006	4,85	19,32	398	6,14	30,93	504	-11,62	49,90	41,76
2007	3,52	14,01	398	4,63	23,58	509	-9,57	45,78	37,79
2008	1,56	6,74	432	0,95	5,86	614	0,88	40,90	30,60
2009	2,46	6,17	251	1,07	3,91	367	2,26	45,08	25,80
2010	1,62	7,93	489	0,85	5,26	617	2,67	41,17	21,32
2011	1,71	3,73	218	0,58	1,80	309	1,93	29,44	13,12
2012	1,60	1,83	115	0,50	0,97	193	0,85	11,34	5,87
2014	0,50	1,10	221	0,19	0,60	314	0,50	5,78	2,90
2015	1,41	2,47	176	1,16	3,55	305	-1,08	24,25	15,25
2016	1,77	5,89	332	0,67	3,61	537	2,28	37,19	18,03
2017	1,85	3,12	169	0,78	2,38	304	0,74	29,16	15,38
2018	0,91	4,39	483	0,45	3,33	745	1,06	40,34	21,30
2019	2,16	3,08	143	0,85	2,54	298	0,55	29,98	18,87
2020	1,41	4,25	301	0,81	2,94	363	1,31	38,79	22,86
Media	2,39	7,46	307	1,88	7,98	417	-0,52	32,97	21,41



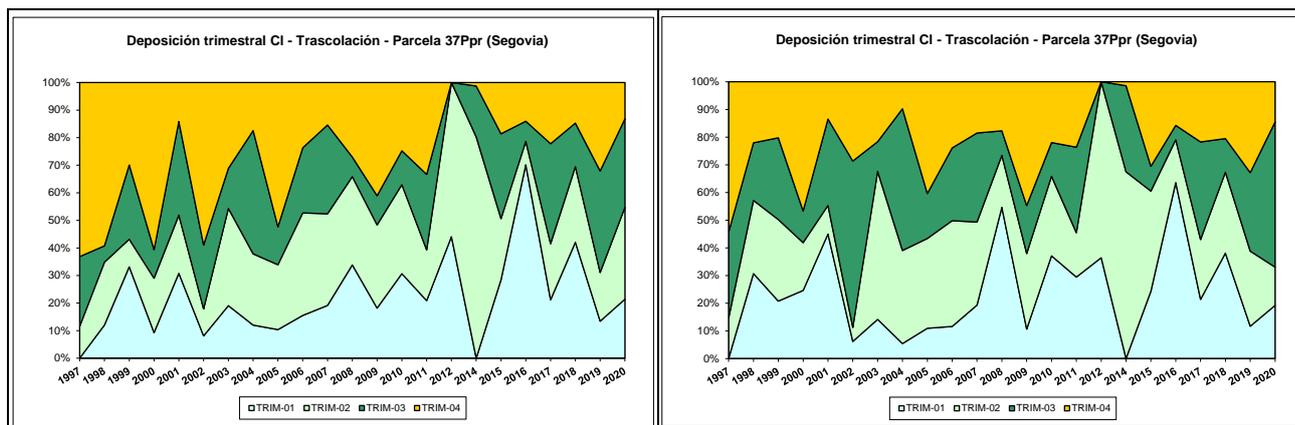


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,43	1,60	371	0,34	1,51	441	0,09	2,24	2,13
1998	2,44	7,27	298	0,43	1,57	367	5,70	3,67	2,27
1999	1,18	3,39	288	0,77	2,82	364	0,57	4,43	2,94
2000	0,65	2,20	337	0,26	1,10	426	1,10	3,79	2,38
2001	0,87	2,93	337	0,27	1,10	405	1,83	3,51	2,09
2002	1,10	3,58	326	0,36	1,52	423	2,06	4,15	2,84
2003	1,04	4,72	452	0,41	2,21	537	2,51	5,39	2,74
2004	2,87	8,98	313	0,65	2,59	401	6,39	6,93	3,28
2005	1,31	2,70	207	0,31	0,76	241	1,94	4,31	1,83
2006	0,93	3,70	398	0,42	2,14	504	1,56	5,54	2,75
2007	0,90	3,58	398	0,37	1,89	509	1,69	5,06	2,96
2008	0,39	1,68	432	0,31	1,89	614	-0,21	4,72	3,38
2009	1,31	3,30	251	0,39	1,41	367	1,89	3,87	1,87
2010	0,56	1,41	489	0,23	1,40	617	0,02	1,87	2,37
2011	2,88	6,29	218	0,83	2,58	309	3,71	7,76	4,61
2012	1,10	1,25	115	0,32	0,62	193	0,64	1,65	0,99
2014	0,85	1,87	221	0,24	0,75	314	1,13	2,54	1,43
2015	1,16	2,05	176	0,71	2,17	305	-0,13	3,25	2,17
2016	0,60	2,00	332	0,16	0,85	537	1,15	3,58	1,83
2017	1,53	2,59	169	0,51	1,53	304	1,05	3,32	1,74
2018	0,50	2,41	483	0,14	1,07	745	1,34	3,41	2,08
2019	1,20	1,71	143	0,36	1,06	298	0,65	2,46	1,61
2020	0,71	2,14	301	0,25	0,89	363	1,24	2,02	1,64
Media	1,15	3,19	307	0,39	1,54	417	1,65	3,89	2,34

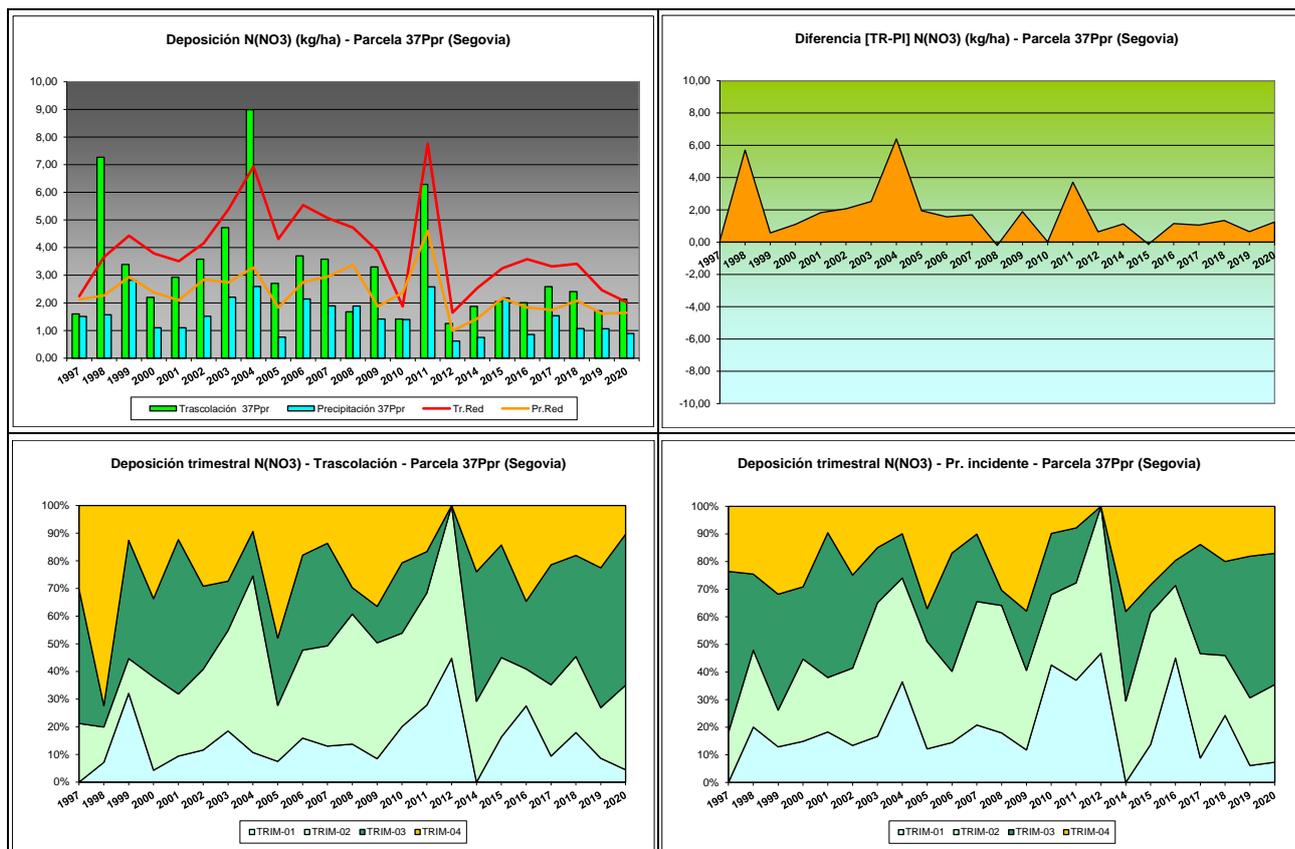


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	Trascolución (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	0,63	2,35	371	0,55	2,44	441	-0,09	3,00	3,70
1998	1,04	3,10	298	0,65	2,40	367	0,70	5,81	5,79
1999	1,25	3,61	288	1,04	3,80	364	-0,19	7,17	6,35
2000	0,45	1,51	337	0,46	1,95	426	-0,44	6,42	4,57
2001	0,52	1,77	337	0,35	1,42	405	0,35	5,68	4,11
2002	1,10	3,58	326	0,64	2,72	423	0,85	7,73	6,07
2003	0,56	2,52	452	0,48	2,59	537	-0,07	6,85	4,80
2004	1,00	3,13	313	0,77	3,09	401	0,04	8,72	5,84
2005	0,53	1,10	207	0,46	1,11	241	-0,01	4,69	3,12
2006	0,51	2,02	398	0,46	2,33	504	-0,31	6,80	4,69
2007	0,59	2,36	398	0,50	2,53	509	-0,17	7,24	5,12
2008	0,67	2,91	432	0,23	1,42	614	1,48	4,49	2,61
2009	0,42	1,05	251	0,41	1,52	367	-0,48	4,67	3,32
2010	0,29	1,42	489	0,26	1,61	617	-0,19	4,27	2,88
2011	0,71	1,55	218	0,66	2,05	309	-0,50	5,93	4,57
2012	0,27	0,31	115	0,28	0,54	193	-0,23	1,84	1,35
2014	0,27	0,60	221	0,23	0,73	314	-0,13	2,14	2,00

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)
2015	0,44	0,77	176	0,40	1,22	305	-0,44	3,56	2,95
2016	0,16	0,54	332	0,16	0,84	537	-0,30	4,08	2,76
2017	0,40	0,68	169	0,44	1,34	304	-0,67	4,28	2,71
2018	0,18	0,88	483	0,19	1,40	745	-0,52	4,28	3,39
2019	0,46	0,65	143	0,39	1,16	298	-0,50	3,75	3,13
2020	0,26	0,79	301	0,38	1,37	363	-0,58	3,59	3,24
Media	0,55	1,70	307	0,45	1,81	417	-0,10	5,09	3,87

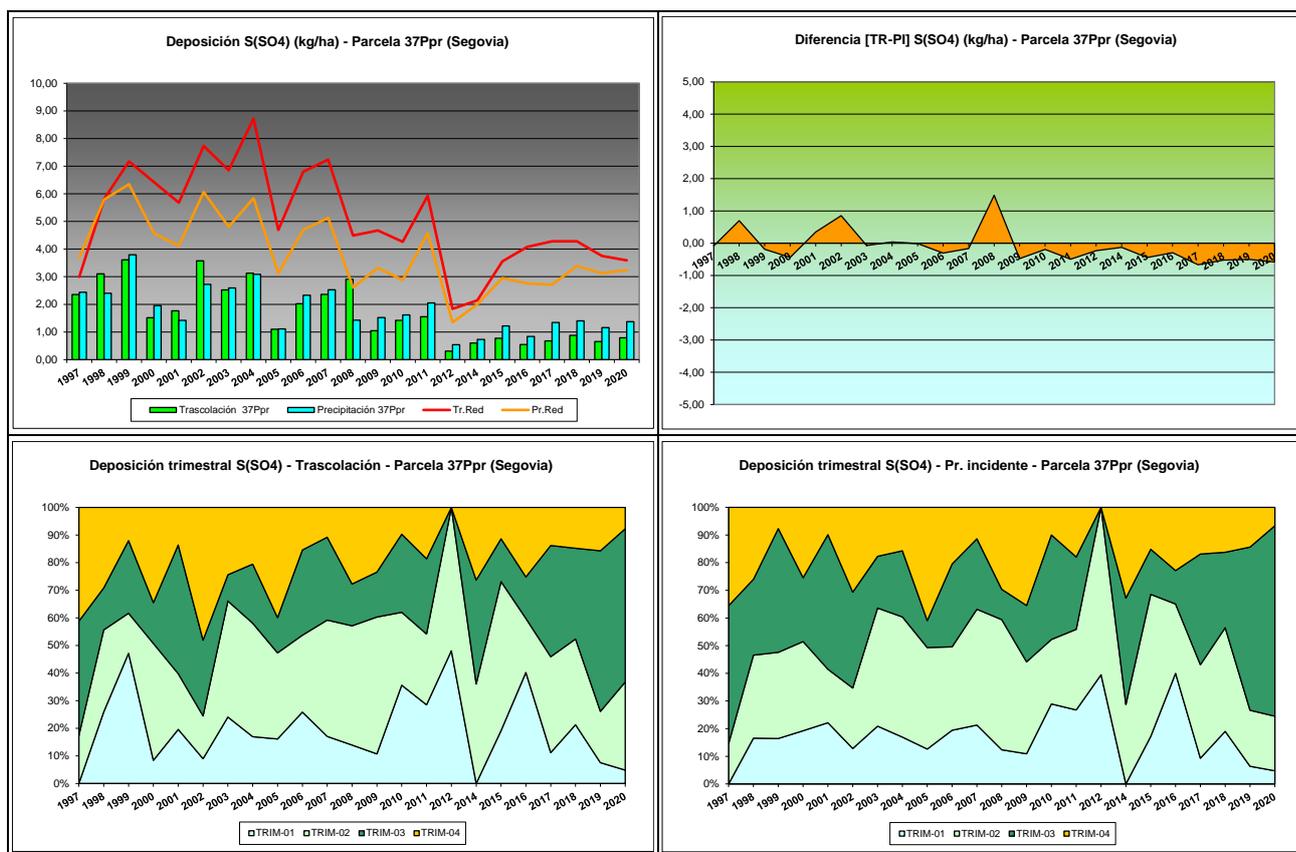


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.11. Alcalinidad (µeq/l).

TABLA 20: Caracterización Alcalinidad. 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			371			441		
1998			298			367		
1999	545,00		288	413,10		364	258,14	255,59
2000	209,46		337	212,31		426	157,24	154,47
2001	75,33		337	58,50		405	76,17	54,64
2002	340,86		326	270,71		423	169,83	139,42

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
2003	8,61		452	7,16		537	21,95	10,18
2004	159,08		313	713,70		401	109,89	117,44
2005	87,49		207	60,68		241	76,86	45,33
2006	89,37		398	63,76		504	105,76	56,48
2007	81,54		398	79,06		509	59,09	37,75
2008	81,22		432	63,08		614	71,35	40,35
2009	85,01		251	57,25		367	68,62	36,01
2010	106,66		489	65,22		617	86,39	49,13
2011	84,05		218	66,84		309	75,33	49,79
2012			115			193	19,53	10,46
2014	158,42		221	100,40		314	136,23	120,02
2015	147,32		176	114,54		305	114,70	71,81
2016	212,40		332	44,36		537	108,18	61,70
2017	129,41		169	71,86		304	132,93	56,84
2018	88,47		483	47,20		745	94,72	48,11
2019	83,94		143	59,94		298	101,80	58,32
2020	104,56		301	107,37		363	86,06	49,71
Media	143,91		307	133,85		417	101,47	72,55

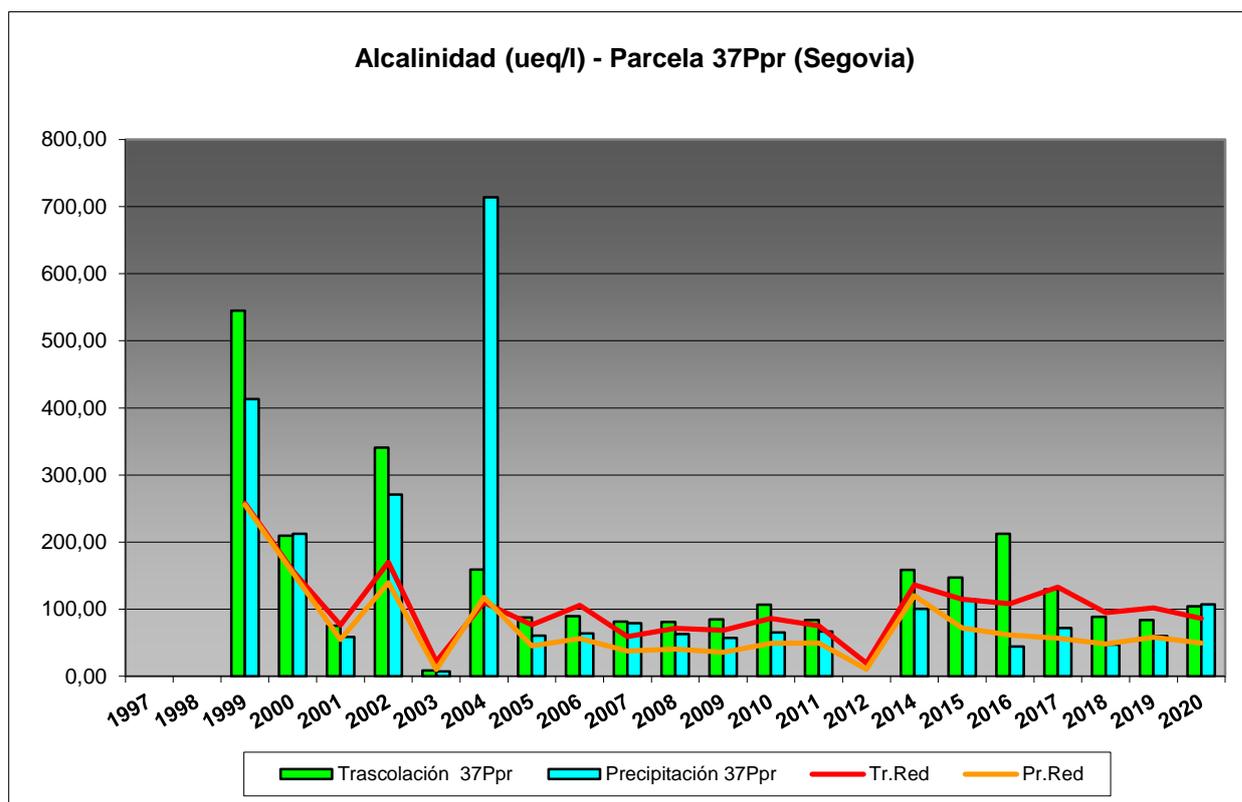
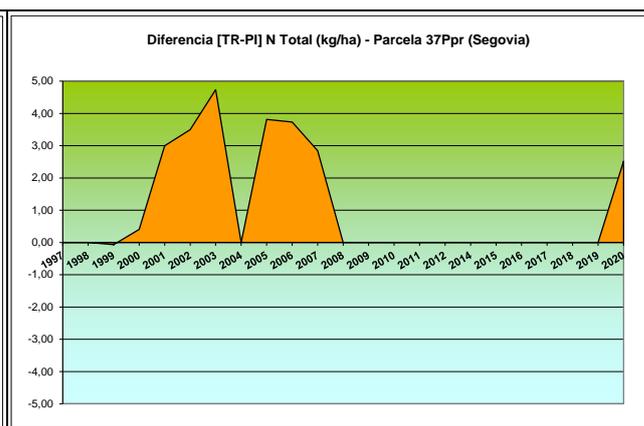
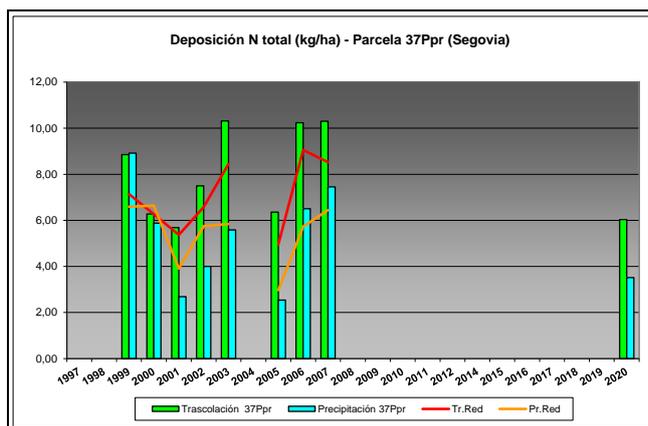


FIG 18: Variación temporal de la alcalinidad.

5.12. Nitrógeno total.

TABLA 21: Caracterización Nitrógeno total. 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			371			441			
1998			298			367			
1999	3,07	8,85	288	2,45	8,92	364	-0,07	7,14	6,59
2000	1,86	6,28	337	1,38	5,88	426	0,41	6,27	6,64
2001	1,69	5,68	337	0,66	2,69	405	3,00	5,37	3,91
2002	2,30	7,50	326	0,95	4,00	423	3,50	6,58	5,75
2003	2,28	10,32	452	1,04	5,58	537	4,74	8,44	5,84
2004			313			401			
2005	3,07	6,35	207	1,05	2,54	241	3,81	4,96	2,97
2006	2,57	10,24	398	1,29	6,51	504	3,73	9,06	5,73
2007	2,59	10,30	398	1,46	7,46	509	2,84	8,53	6,45
2008			432			614			
2009			251			367			
2010			489			617			
2011			218			309			
2012			115			193			
2014			221			314			
2015			176			305			
2016			332			537			
2017			169			304			
2018			483			745			
2019			143			298			
2020	2,00	6,03	301	0,97	3,52	363	2,52	5,40	4,36
Media	2,38	7,95	307	1,25	5,23	417	2,72	6,86	5,36



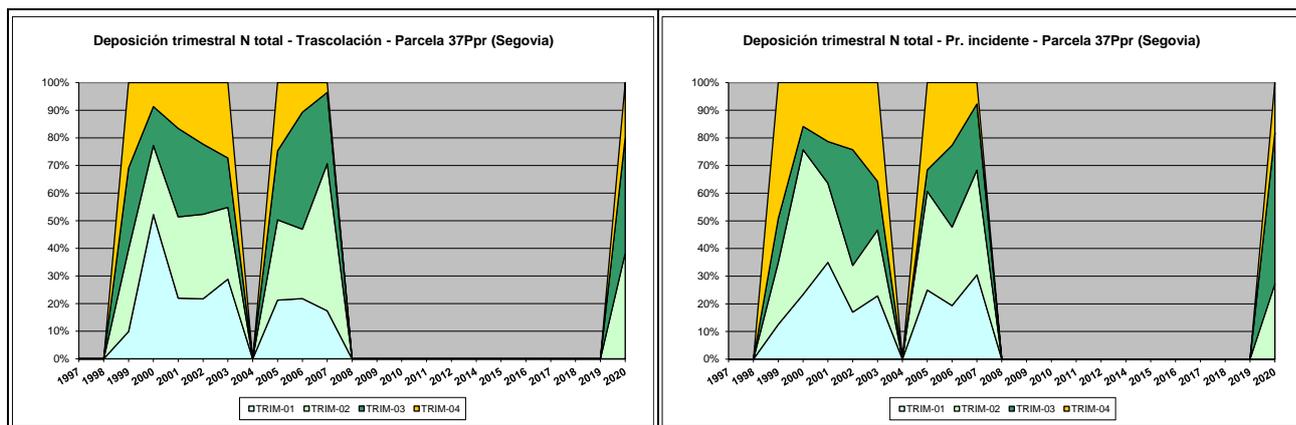


FIG 19: Variación temporal de deposición de Ntotal, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.13. Carbono orgánico disuelto – DOC (mg/l).

TABLA 22: Caracterización Alcalinidad. Media anual ponderada por volumen, precipitación anual y media de la Red

Año	Trascolución (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
2020	21,74		301	18,34		363	54,88	57,75
Media	21,74		301	18,34		363	54,88	57,75

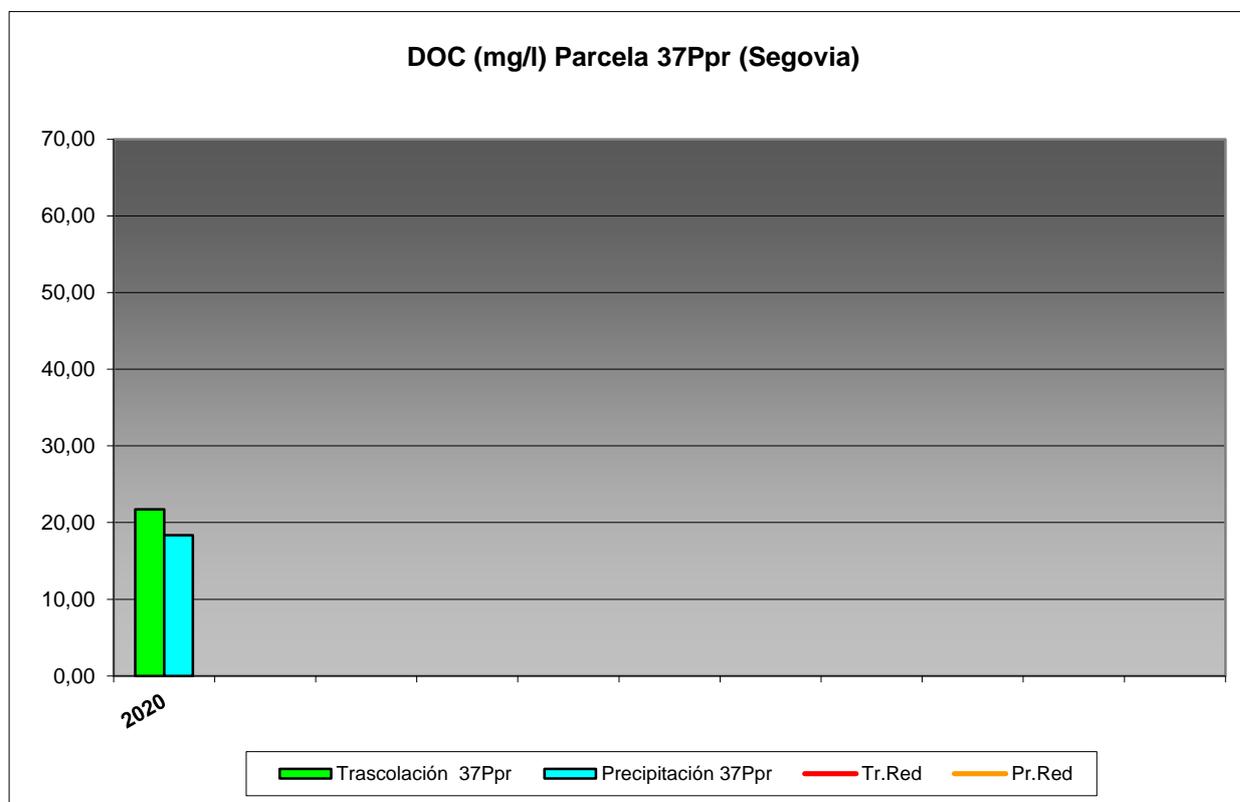


FIG 20: Variación temporal de DOC.

5.14. Aluminio.

TABLA 23: Caracterización Aluminio. 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)
2020	0,13	0,41	301	0,02	0,08	363	0,33	0,38	0,25
Media	0,13	0,41	301	0,02	0,08	363	0,33	0,38	0,25

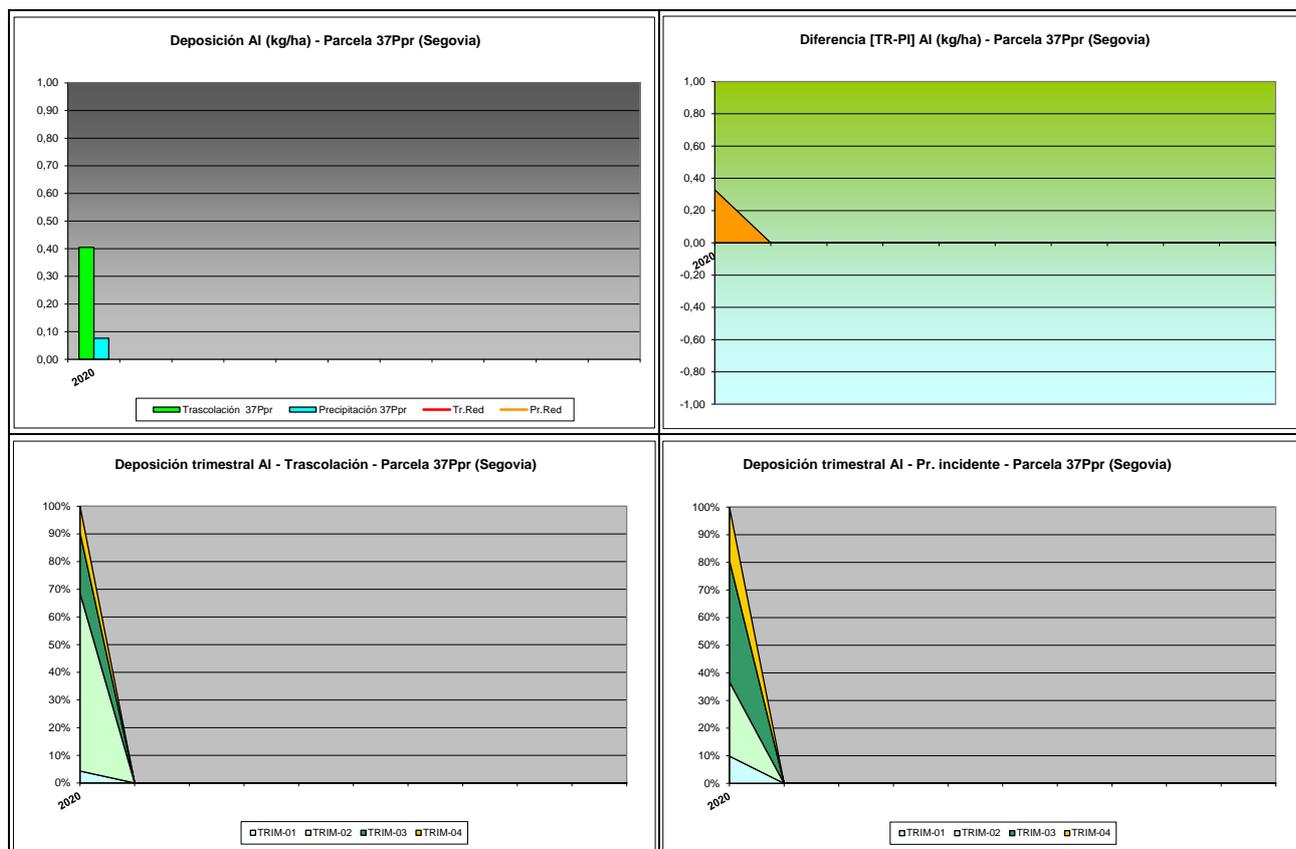


FIG 21: Variación temporal de deposición de Al, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.15. Manganeso.

TABLA 24: Caracterización Manganeso. 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)
2020	0,01	0,04	301	0,00	0,01	363	0,02	0,21	0,05
Media	0,01	0,04	301	0,00	0,01	363	0,02	0,21	0,05

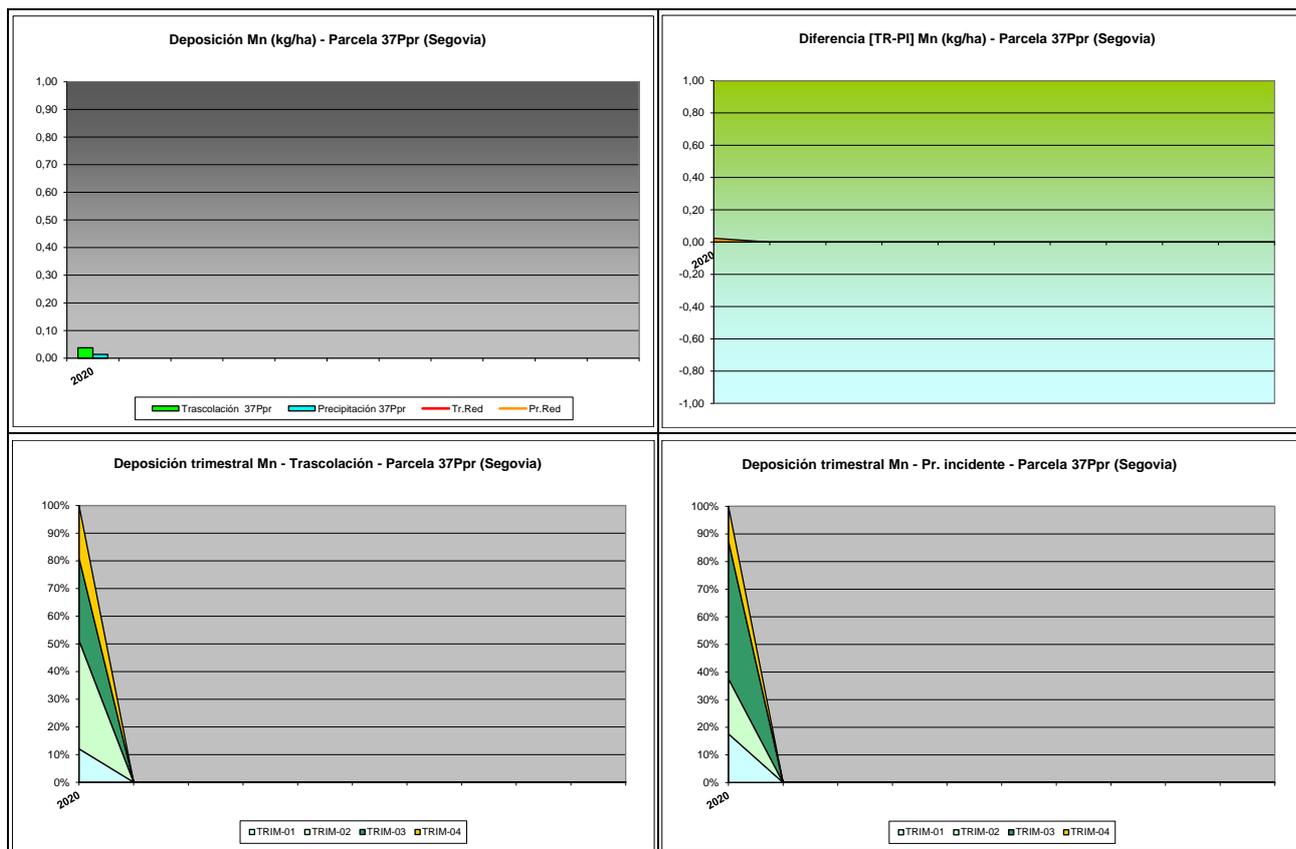
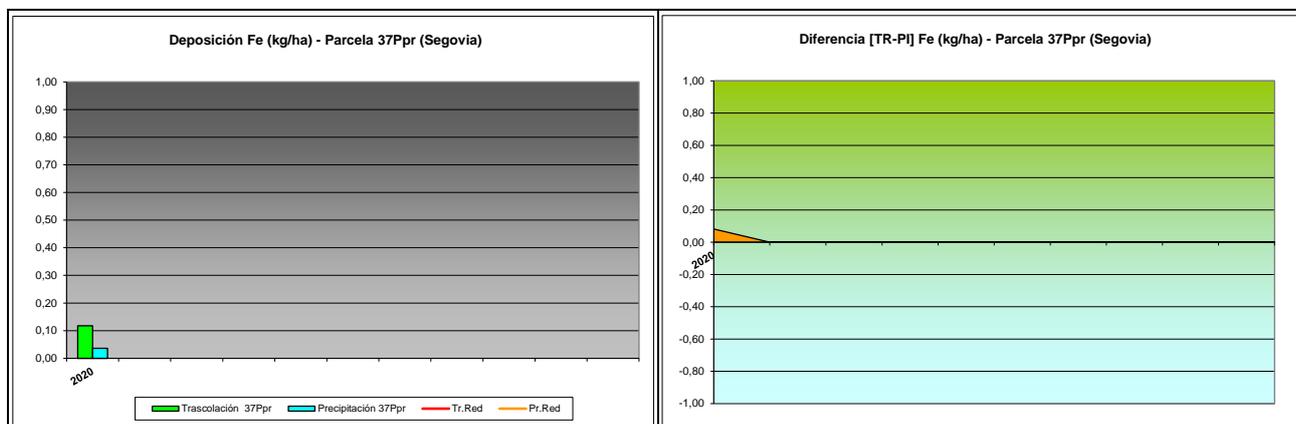


FIG 22: Variación temporal de deposición de Mn, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.16. Hierro.

TABLA 25: Caracterización Hierro. 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)
2020	0,04	0,12	301	0,01	0,04	363	0,08	0,15	0,08
Media	0,04	0,12	301	0,01	0,04	363	0,08	0,15	0,08



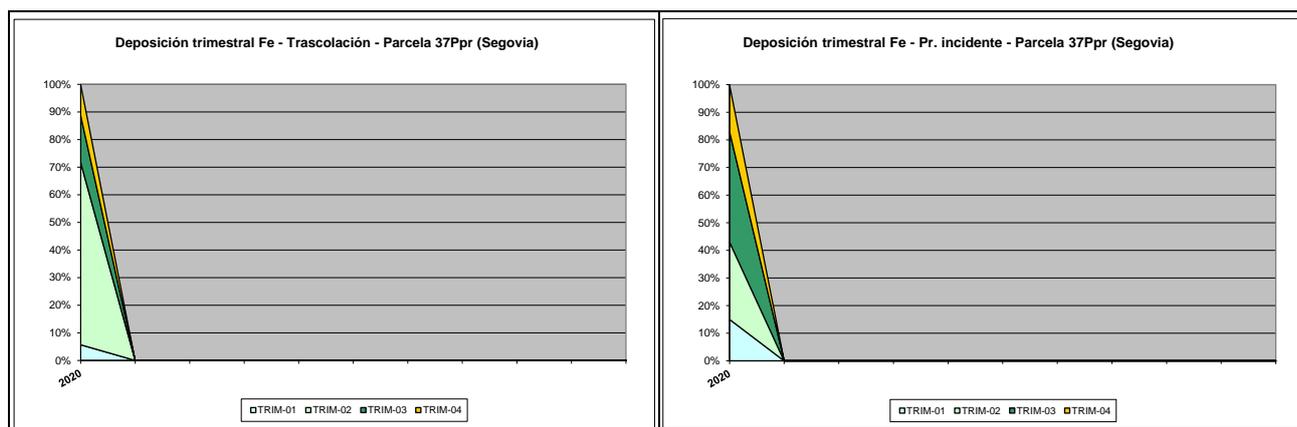


FIG 23: Variación temporal de deposición de Fe, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.17. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 37Ppr, cabe destacar:

La deposición mantiene valores de **pH** superiores en general a los de la media de la red, sin que se hayan registrado una precipitación por debajo del umbral que marcaría la conocida como “lluvia ácida” tal como ya ocurriera durante la revisión anterior. Por regla general no suele haber grandes diferencias entre los valores correspondientes a ambas vías de entrada al sistema. Con una precipitación de 363 mm la parcela se recupera de la marcada sequía experimentada durante 2019, si bien se sitúa todavía por debajo del valor medio anual. El valor de la interceptación debido a la cubierta arbórea se sitúa alrededor del 27% de la precipitación incidente

Por lo que se refiere a la **conductividad**, y tras el repunte experimentado durante la pasada revisión, el parámetro tiende a moverse en torno a 20-40 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en el entorno de la media de la parcela y siempre por debajo de los valores medios de la Red. Continúan advirtiéndose valores considerablemente mayores en el depósito bajo cubierta arbórea, posiblemente debido a efectos de la deposición seca.

En cuanto al **potasio**, se registran también deposiciones inferiores a la media de la red, con máximos locales de la serie en torno a 1998 y 2002, para experimentar a partir de ese momento una reducción sostenida en estos aportes con un ligero incremento en el último año tras el mínimo de 2019. En general el depósito correspondiente no suele superar en los últimos años el umbral de 5 kg/ha. Como suele ser habitual, las tasas en trascolación superan a los depósitos obtenidos a cielo abierto.

Por lo que respecta al **calcio**, elemento como el anterior de origen terrígeno, se advierte un comportamiento similar: deposiciones inferiores a la media de la red, con un periodo de máximos marcados en torno a 2003-2004, un repunte en 2006-2007 y un ligero incremento de los aportes durante el último año, que se decantan hacia mayores tasas a campo abierto.

En lo referente al **magnesio** se advierte un comportamiento muy estable, por debajo de los 2 kg/ha y sin demasiadas diferencias entre años, presentándose tasas superiores bajo cubierta que a cielo abierto, influenciado quizá por los efectos de la deposición seca. En el último año se ha observado un ligero incremento de este soluto, tendencia ya observada en otras parcelas de la red.

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, y obteniéndose, como

en el caso anterior, mayores aportes bajo cubierta que al raso en la mayoría de los casos, aunque esta tendencia parece revertirse a lo largo del último tramo de la serie. Se observa una ligera reducción del depósito a campo abierto junto con un pequeño incremento bajo cubierta a lo largo del último año.

Las tasas de **amonio**, compuesto muy ligado a la actividad agrícola y ganadera, son, por el contrario, superiores a la media de la red en la mayoría de los años observados, reduciéndose a partir de 2011, momento a partir del cual el depósito se sitúa por debajo de los 5 kg/ha pero en un incremento sostenido. Tras el mínimo de la serie obtenido en 2019, durante la presente revisión se incrementa apreciablemente e incluso se sitúa por encima de los valores medios de la red, superándose los 3 kg/ha en trascolación. Contrariamente a como sucede en otras parcelas, los aportes bajo cubierta resultan ser superiores a los habidos a campo abierto.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado como el sodio por la sal marina, se observa una tendencia ya apuntada en otros puntos de la red: 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 tiende a igualarse a partir de 2008, momento en que la deposición experimenta una reducción generalizada. En el último año se ha advertido un ligero incremento de este depósito, dentro de un comportamiento bastante estable.

La deposición de **nitratos** ha experimentado tres claros máximos en 1998, 2004 y 2011, en que se han superado los 5 kg/ha, con valores inferiores en el resto de los años de observación y casi siempre por debajo de la media de la Red, registrándose tasas superiores bajo cubierta arbórea que al raso, posiblemente influido por efectos de la deposición seca. En el último año se incrementan ligeramente los niveles obtenidos respecto al año anterior.

En referencia a los **sulfatos**, se advierte un comportamiento más estable, por debajo en general de los 3 kg/ha, siempre en valores inferiores a la media de la red y sin demasiadas diferencias entre la forma de aporte al sistema, con un pequeño pero marcado incremento en favor de la deposición al raso a lo largo de los últimos años, en los que apenas se ha alcanzado el umbral de 1 kg/ha, y un comportamiento muy estable a lo largo de los últimos cuatro años.

Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierten en general valores superiores a las medias de la Red, superiores bajo cubierta arbórea, con una tendencia progresivamente descendente desde los valores más altos habidos al comienzo de la serie histórica, que en algún caso aislado llegaron a situarse por encima de 700 $\mu\text{eq/l}$, un ligero repunte durante el periodo 2014-2016 y una situación bastante estable durante los últimos cuatro años, en el entorno de 100 $\mu\text{eq/l}$.

A lo largo del último año se retoma el análisis del **nitrógeno total**, interrumpido en 2007, y que se sitúa en el entorno de los 4-6 kg/ha, con mayores tasas bajo cubierta y en todo caso inferiores a las habidas durante el inicio de la serie. Se han analizado también el **carbono orgánico disuelto** con valores por debajo de la red y superiores bajo cubierta, **aluminio, manganeso y hierro**, también con aportes mayores bajo arbolado y en tasas traza en todos los casos, sin superar 0,4 kg/ha.

Por regla general los mayores aportes se han producido en primavera y en menor medida a lo largo del otoño.

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 26: 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 27: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red. O₃ 1 ppb ~ 1,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

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	1,09	2,94	2,80	27,66	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	2,25	2,87	2,66	30,92	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	0,64	0,90	1,85	26,63	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	0,59	0,99	4,00	23,37	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	0,74	1,32	3,45	18,94	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	0,92	1,32	1,83	22,63	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	0,89	1,46	3,48	20,82	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	0,57	1,12	1,65	21,76	0,82	1,32	0,93	27,18
2009					1,06	2,89	1,30	36,30
2010	0,96	2,87	1,55	32,13	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	1,02				1,50		0,48	
2012	1,21	4,23	1,79	25,52	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	1,22	3,21	1,65	21,99	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	0,88	4,04	2,16	19,94	1,32	3,73	1,24	26,27
2016	1,00	3,33	2,02	22,54	1,12	3,37	1,28	28,68
2017	0,73	3,53	2,21	22,96	1,00	3,57	1,47	30,55
2018	1,07	2,99	2,65	20,32	1,32	3,02	1,85	27,00
2019	0,91	3,22	2,75	21,16	1,11	2,98	1,85	24,94
2020	0,62	2,92	2,73	20,02	0,73	2,73	1,98	23,42
2021	0,66	2,84	2,51	21,74	0,76	2,63	1,47	25,19
Media	0,94	2,56	2,43	23,39	1,35	2,50	1,56	30,07

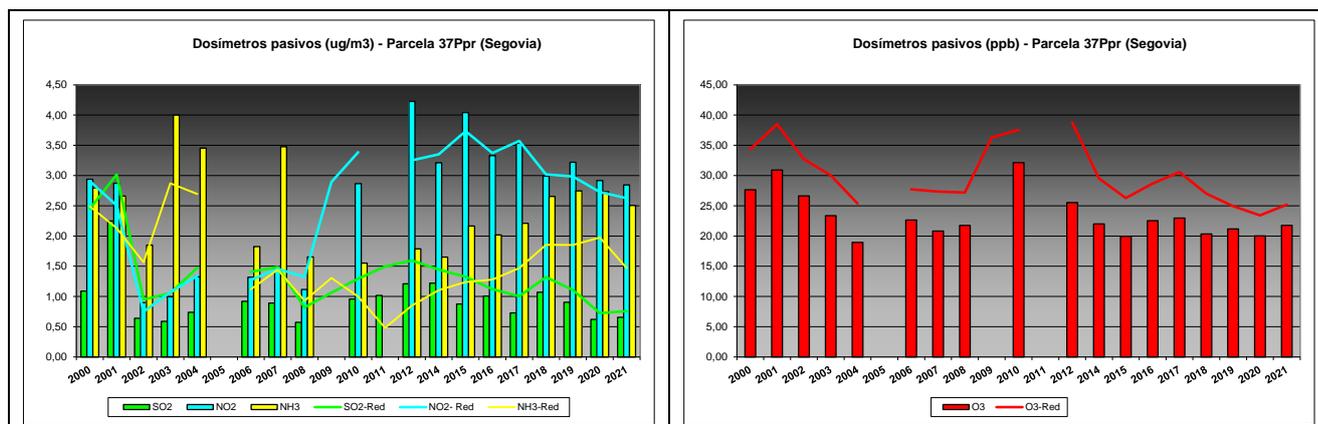


FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, las mayores inmisiones en la parcela corresponden a los compuestos nitrogenados que llegan a exceder el valor medio de la red, destacando el amonio en la primera serie de años, quien se ve sustituido en el periodo final por el dióxido de nitrógeno como contaminante más abundante y que alcanza niveles de cierta entidad en los últimos años, mientras que los óxidos de azufre tienden a reducirse en el último bienio. Como en otras parcelas, destaca el incremento ligero pero sostenido del amoniaco a lo largo del último tramo de la serie, tendencia que se interrumpe durante el último año. Salvo por lo que se refiere a la posible afección de los líquenes por efecto de este compuesto, que se ha mantenido por encima de los valores medios, de forma habitual, y de la vegetación superior en 2003-2004, 2007 y 2015-2021, no se han superado los valores de referencia marcados por la bibliografía. En cuanto a los niveles de ozono, se advierte una situación bastante estable de las concentraciones durante los últimos años, en el entorno de los 20 ppb, inferior en todo caso a los valores medios de la red.

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 28: 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	37 Ppr	Segovia	76,00	8,34	0,86	0,97	2,29	1,78	3,25	
	39 Ppr	Avila	75,00	8,19	0,67	1,04	2,51	2,29	6,88	
	43 Ppr	Cuenca	120,00	8,14	0,88	0,56	2,09	1,81	5,76	

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
	46 Ppr	Albacete	74,00	7,37	0,73	0,74	1,88	2,07	4,76	
	102 Ppr	La Coruña	169,00	11,59	1,02	0,87	0,81	1,17	5,03	
	150 Ppr	Orense	104,00	10,39	0,85	1,03	1,48	1,47	6,73	
	<i>P.pinaster</i>	Red	103,00	9,00	0,84	0,87	1,84	1,77	5,40	
1997-1998	37 Ppr	Segovia								
	39 Ppr	Avila								
	43 Ppr	Cuenca								
	46 Ppr	Albacete								
	102 Ppr	La Coruña								
	150 Ppr	Orense								
	<i>P.pinaster</i>	Red								
1999-2000	37 Ppr	Segovia	75,00	9,30	0,77	1,04	1,84	1,54	3,36	
	39 Ppr	Avila	51,00	10,97	0,99	1,81	3,53	2,76	5,98	
	43 Ppr	Cuenca	122,00	8,26	0,97	0,53	1,95	1,67	4,26	
	46 Ppr	Albacete	90,00	10,17	0,90	0,95	2,69	2,53	3,53	
	102 Ppr	La Coruña	149,00	13,71	1,09	0,91	1,83	1,68	5,69	
	150 Ppr	Orense	114,00	10,00	0,76	0,69	0,77	1,00	7,65	
	<i>P.pinaster</i>	Red	100,17	10,40	0,91	0,99	2,10	1,86	5,08	
2001-2002	37 Ppr	Segovia	113,00	7,73	0,88	1,16	2,17	1,85	4,39	
	39 Ppr	Avila	131,00	8,58	0,95	1,26	2,68	1,99	5,15	
	43 Ppr	Cuenca	118,00	8,93	1,08	0,66	1,95	1,99	4,73	
	46 Ppr	Albacete	100,00	9,62	0,91	1,00	2,67	2,71	3,46	
	102 Ppr	La Coruña	135,00	12,91	1,20	0,87	1,26	1,37	5,83	
	150 Ppr	Orense	114,00	9,02	0,86	0,76	0,73	1,05	8,31	
	<i>P.pinaster</i>	Red	118,50	9,47	0,98	0,95	1,91	1,83	5,31	
2003-2004	37 Ppr	Segovia	129,00	10,10	0,96	1,23	2,09	2,05	4,67	
	39 Ppr	Avila	170,00	9,64	0,96	1,37	2,85	2,39	5,72	
	43 Ppr	Cuenca	158,00	9,35	1,15	0,65	1,85	2,01	4,78	
	46 Ppr	Albacete	118,00	8,64	0,85	0,97	2,30	2,48	4,01	
	102 Ppr	La Coruña	185,00	13,70	1,12	0,85	1,25	1,27	5,72	
	150 Ppr	Orense	137,00	9,49	0,78	0,81	0,73	1,12	8,37	
	<i>P.pinaster</i>	Red	149,50	10,15	0,97	0,98	1,85	1,89	5,55	
2005-2006	37 Ppr	Segovia	95,00	9,02	0,91	1,01	2,38	1,68	3,27	
	39 Ppr	Avila	156,50	8,98	1,03	1,48	3,79	2,34	4,64	
	43 Ppr	Cuenca	155,00	8,69	1,13	0,51	3,04	2,30	5,07	
	46 Ppr	Albacete	66,00	9,47	1,09	1,16	4,45	2,76	4,08	
	102 Ppr	La Coruña	147,00	13,60	1,22	0,76	1,70	1,21	4,37	
	150 Ppr	Orense	144,50	9,69	0,96	0,60	1,01	0,86	5,52	
	<i>P.pinaster</i>	Red	127,33	9,91	1,06	0,92	2,73	1,85	4,49	
2007-2008	37 Ppr	Segovia	134,50	8,29	1,28	0,92	3,51	1,77	2,84	
	39 Ppr	Avila	191,00	10,89	1,40	1,87	4,59	2,33	4,78	
	43 Ppr	Cuenca	127,00	7,88	1,21	0,43	2,99	2,05	4,17	
	46 Ppr	Albacete	124,00	7,57	1,15	0,72	2,81	2,19	3,46	
	102 Ppr	La Coruña	155,00	12,75	1,59	0,68	1,69	1,14	3,65	
	150 Ppr	Orense	184,50	9,57	0,92	0,53	1,40	0,94	4,42	
	<i>P.pinaster</i>	Red	152,67	9,49	1,26	0,86	2,83	1,74	3,88	
2009-2010	37 Ppr	Segovia	135,00	6,71	0,96	0,86	3,47	1,73	2,21	
	102 Ppr	La Coruña	168,67	12,70	1,29	0,73	2,26	1,18	3,51	
	<i>P.pinaster</i>	Red	151,83	9,65	1,13	0,80	2,87	1,46	2,86	
2011-2012	37 Ppr	Segovia	134,42	7,51	1,00	0,94	3,32	1,79	2,73	
	102 Ppr	La Coruña	162,48	12,29	1,36	0,73	2,13	1,16	3,69	

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
	<i>P. pinaster</i>	Red	148,45	9,90	1,18	0,83	2,73	1,47	3,21	
2013-2014	37 Ppr	Segovia	129,60	14,86	0,93	0,97	4,52	2,25	2,52	53,28
	102 Ppr	La Coruña	173,07	12,88	0,86	0,61	3,56	1,96	4,01	52,48
	<i>P. pinaster</i>	Red	151,33	13,87	0,90	0,79	4,04	2,11	3,26	52,88
2015-2016	37 Ppr	Segovia	113,60	6,69	0,70	0,85	3,30	1,72	2,36	51,26
	102 Ppr	La Coruña	143,53	14,74	0,92	0,82	1,81	1,29	4,44	52,91
	<i>P. pinaster</i>	Red	128,57	10,71	0,81	0,83	2,55	1,50	3,40	52,08
2017-2018	37 Ppr	Segovia	97,44	7,77	0,47	0,72	3,32	1,65	2,13	51,83
	102 Ppr	La Coruña	141,95	12,22	0,78	0,67	1,83	0,98	4,24	51,34
	<i>P. pinaster</i>	Red	119,69	9,99	0,62	0,69	2,58	1,32	3,18	51,58
2019-2020	37 Ppr	Segovia	98,84	8,07	0,89	1,00	3,34	1,83	2,64	52,19
	102 Ppr	La Coruña	142,03	11,50	1,31	1,01	2,38	1,10	4,97	53,06
	<i>P. pinaster</i>	Red	120,44	9,79	1,10	1,01	2,86	1,46	3,80	52,62

En rojo, análisis de azufre que superan el valor de referencia para la especie, 0,838 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.

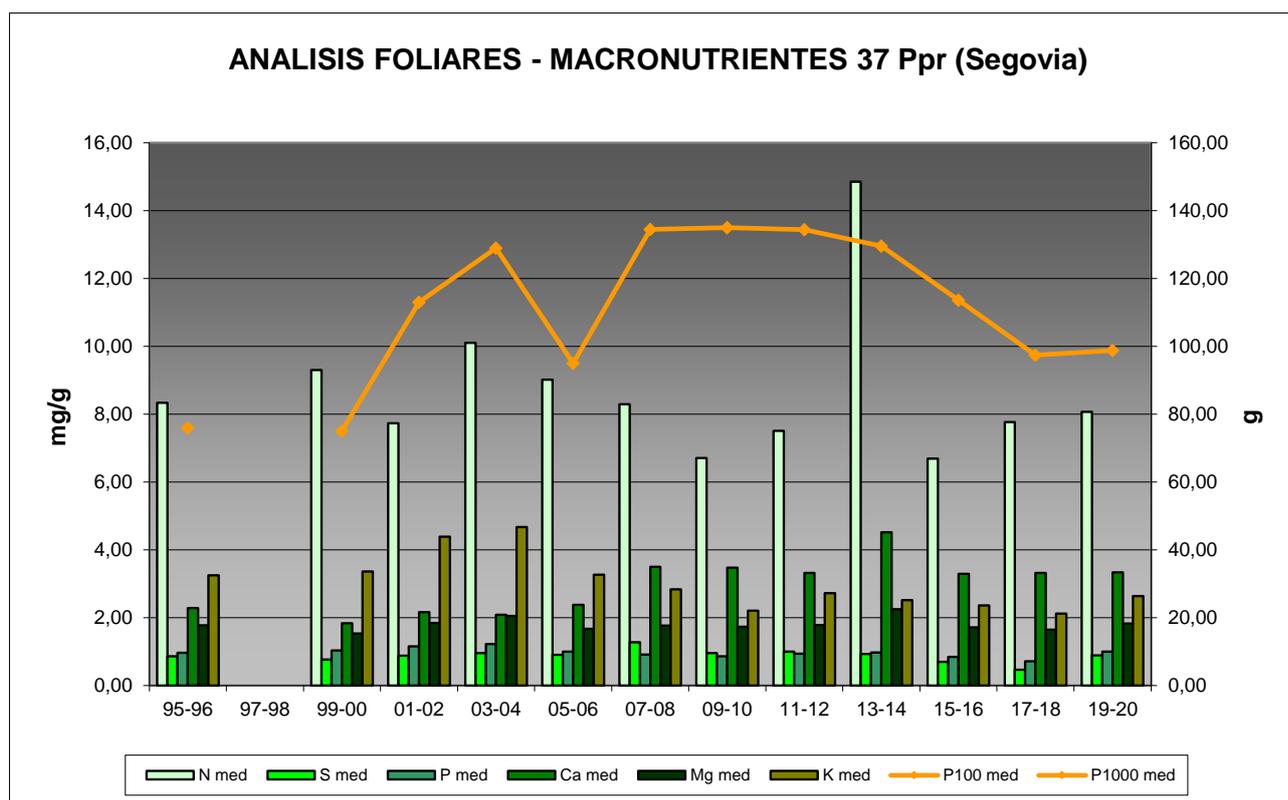


FIG 25: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

TABLA 29: 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	37 Ppr	Segovia		12,00	126,00	330,00	
	39 Ppr	Avila		17,00	144,00	103,00	
	43 Ppr	Cuenca		24,00	230,00	78,00	
	46 Ppr	Albacete		24,00	71,00	55,00	
	102 Ppr	La Coruña		22,00	651,00	559,00	
	150 Ppr	Orense		16,00	825,00	758,00	
	<i>P.pinaster</i>	Red		<i>19,17</i>	<i>341,17</i>	<i>313,83</i>	
1997-1998	37 Ppr	Segovia					
	39 Ppr	Avila					
	43 Ppr	Cuenca					
	46 Ppr	Albacete					
	102 Ppr	La Coruña					
	150 Ppr	Orense					
	<i>P.pinaster</i>	Red					
2013-2014	37 Ppr	Segovia		14,07	102,11	56,07	1,15
	102 Ppr	La Coruña		17,98	321,25	41,60	2,52
	<i>P.pinaster</i>	Red		<i>16,03</i>	<i>211,68</i>	<i>48,84</i>	<i>1,83</i>
2015-2016	37 Ppr	Segovia		11,52	67,82	53,59	1,78
	102 Ppr	La Coruña		18,29	204,72	66,77	3,10
	<i>P.pinaster</i>	Red		<i>14,91</i>	<i>136,27</i>	<i>60,18</i>	<i>2,44</i>
2017-2018	37 Ppr	Segovia		9,94	59,52	51,24	1,27
	102 Ppr	La Coruña		17,94	162,66	42,89	2,70
	<i>P.pinaster</i>	Red		<i>13,94</i>	<i>111,09</i>	<i>47,06</i>	<i>1,99</i>
2019-2020	37 Ppr	Segovia		10,23	63,48	56,72	1,96
	102 Ppr	La Coruña		18,11	295,06	55,08	3,75
	<i>P.pinaster</i>	Red		<i>14,17</i>	<i>179,27</i>	<i>55,90</i>	<i>2,86</i>

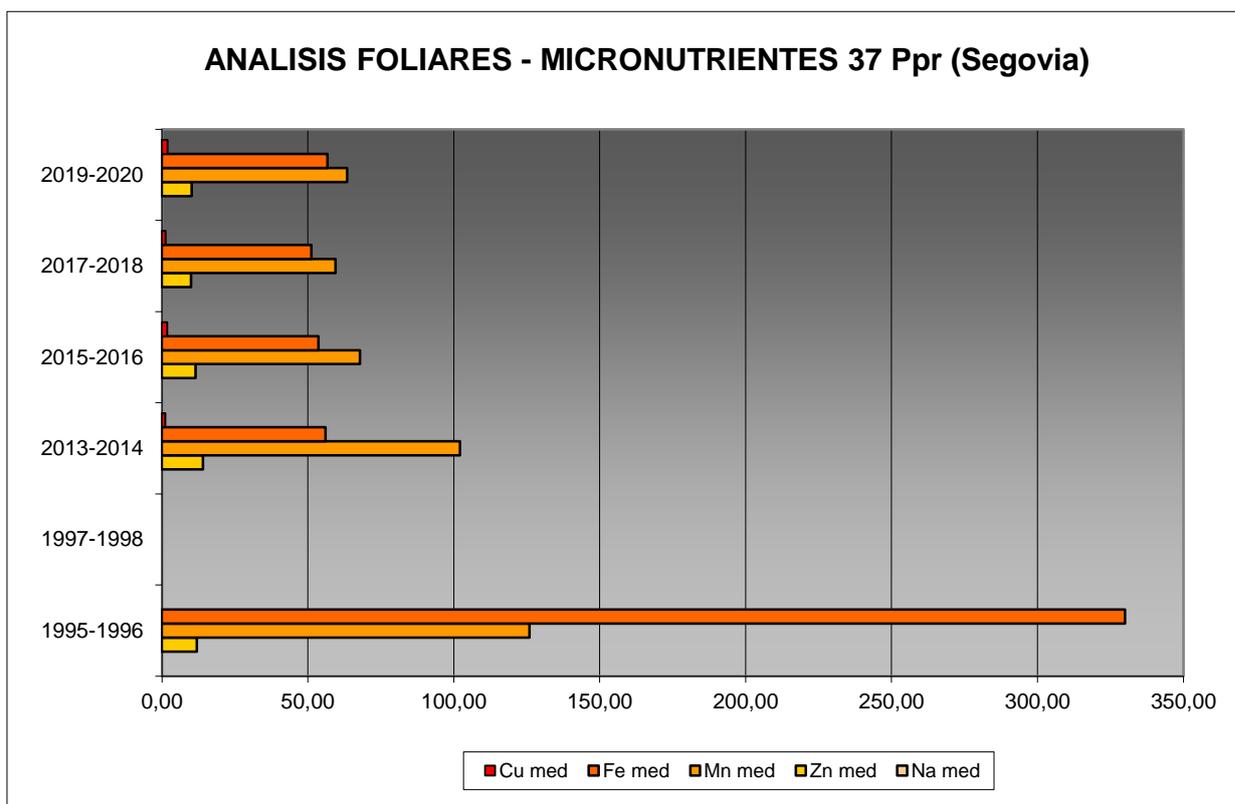


FIG 26: Evolución de micronutrientes ($\mu\text{g/g}$) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 37Ppr 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 37Ppr podemos hacer las siguientes observaciones tanto de la parcela tratada individualmente como respecto a la media interanual del resto de parcelas con el pino rodeno como especie dominante:

El **peso** medido en la parcela se reduce apreciablemente desde el periodo de meseta precedente, hasta situarse en torno a 98 g/1000 acículas, lo que supone uno de los valores más bajos de la serie; y que podría estar relacionado con una mayor sequía, como ya ocurriera en 2005-2006, que redujera tanto la producción de biomasa como el follaje presente al estimularse la defoliación. Cabe hacer constar también que las variaciones de este parámetro en el pino negral son más patentes que en otras especies, por el elevado tamaño de sus acículas.

Respecto a los **macronutrientes**; y tras el notable incremento del contenido en **nitrógeno** que marcó el máximo hace tres campañas, los niveles han recuperado los valores medios de la serie histórica en torno a 6-8 mg/g incrementándose ligeramente respecto a la pasada revisión. Por lo que se refiere al **azufre** se supera el mínimo habido hace dos años y aumenta considerablemente, hasta llegar a superar el valor patrón de la especie, lo que indicaría una cierta afección por contaminantes de naturaleza sulfurosa. Los contenidos de

fósforo, el elemento más limitante al ser el menos representado usualmente, se incrementan también respecto a la campaña anterior; mientras que **calcio**, **potasio** y **magnesio** aumentan ligeramente en la presente revisión. Por lo que se refiere al contenido en **carbono** del follaje, parámetro analizado por primera vez en la campaña 2013-2014, se sitúa con un valor muy estable ligeramente por encima del 50%.

Los *micronutrientes* sólo se han analizado en los muestreos de 1995-1996 y a partir de 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 ambos. Esta situación conlleva que no se pueda abordar la valoración de la evolución temporal de los nutrientes en acículas. Se aprecia un incremento en el contenido de los cuatro elementos analizados: zinc, manganeso, hierro y 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.

8.1. Análisis Macronutrientes.

TABLA 30: 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	2.210	53,16	6,45	0,61	0,74	6,19	2,18	1,65
	Ramillas	256	52,89	6,89	0,68	0,40	12,33	1,74	1,40
	Otras	710	52,05	10,86	0,88	1,33	7,87	1,48	4,69
2006	Hojas	1.257	53,33	6,40	0,81	0,79	5,81	2,10	1,83
	Ramillas	820	52,22	7,87	0,87	0,59	14,38	1,36	1,49
	Otras	867	51,50	10,83	1,14	1,41	10,95	1,66	5,53
2007	Hojas	2.100	55,59	5,96	0,84	0,73	5,51	3,10	1,64
	Ramillas	49	53,99	8,01	0,96	0,41	7,29	8,13	0,82
	Otras	1.630	54,15	10,84	1,11	1,96	7,03	3,39	2,83
2008	Hojas	1.924	54,70	5,08	0,85	0,69	6,79	1,92	1,31
	Ramillas	254	54,38	6,11	0,85	0,38	14,69	1,65	0,82
	Otras	1.550	52,76	9,92	1,12	0,77	8,92	1,30	2,68
2009	Hojas	1.670	53,89	4,00	0,96	0,57	5,98	1,92	1,25
	Ramillas	115	52,32	6,73	0,84	0,26	11,90	0,76	0,53
	Otras	1.090	52,75	9,36	1,18	0,92	8,16	1,27	4,15
2010	Hojas	2.490	53,46	4,92	0,79	0,60	5,96	1,93	1,17
	Ramillas	1.080	52,59	5,62	0,64	0,27	8,15	0,82	0,70
	Otras	850	52,29	9,03	1,06	1,22	8,55	1,60	6,27
2011	Hojas	1.790	53,84	5,10	0,86	0,66	5,14	2,90	1,46
	Ramillas	779	52,72	6,94	0,80	0,42	8,24	5,31	1,03
	Otras	973	52,28	9,97	1,08	1,12	7,82	3,36	3,84

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2012	Hojas	554	53,73	5,31	0,94	0,66	5,53	2,20	1,42
	Ramillas	632	52,43	6,59	0,78	0,33	8,51	3,49	0,80
	Otras	650	52,54	9,47	1,09	0,86	8,10	1,77	3,21
2014	Hojas	2.179	52,19	3,42	0,74	0,55	6,96	2,25	0,93
	Ramillas	247							
	Otras	635							
2015	Hojas	1.371	52,24	4,05	0,62	0,54	6,62	2,13	0,78
	Ramillas	251							
	Otras	1.037	50,58	8,93	0,59	0,63	4,64	0,90	2,54
2016	Hojas	2.020	52,71	4,20	0,73	0,61	6,70	2,07	1,37
	Ramillas	211							
	Otras	829	49,43	10,37	1,34	1,06	6,29	1,15	4,77
2017	Hojas	2.031	52,94	5,24	0,50	0,60	6,05	2,00	1,34
	Ramillas	329							
	Otras	984							
2018	Hojas	2.967	52,39	4,52	0,84	0,61	6,40	1,96	1,10
	Ramillas	137							
	Otras	1.249							
2019	Hojas	2.729	52,88	3,59	0,70	0,54	6,55	2,03	1,06
	Ramillas	518							
	Otras	1.051							
2020	Hojas	2.020			0,62	0,53	7,24	2,06	1,17
	Ramillas	552							
	Otras	1.595							
Media	Hojas	1.954	53,36	4,87	0,76	0,63	6,23	2,18	1,30
	Ramillas	415	52,94	6,84	0,80	0,38	10,69	2,91	0,95
	Otras	1.047	52,03	9,96	1,06	1,13	7,83	1,79	4,05

8.2. Análisis Micronutrientes.

TABLA 30b: Resultados medios del análisis de desfronde en sus distintas fracciones. Contenido en µg/g de materia seca de zinc, manganeso, hierro, cobre, plomo, cobalto, níquel y cadmio (ng/g)

Año	Fracción	Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cd (ng/g)
2014	Hojas	10,70	93,50	96,45	0,79				
	Ramillas								
	Otras								
2015	Hojas	9,40	99,51	60,84	1,03				
	Ramillas								
	Otras	15,61	27,23	160,88	3,41				
2016	Hojas	8,49	91,12	89,90	1,07				
	Ramillas								
	Otras	51,08	969,67	218,21	5,55				
2017	Hojas	12,18	87,72	96,90	1,18				
	Ramillas								
	Otras								
2018	Hojas	16,24	90,85	88,49	1,39				
	Ramillas								

Año	Fracción	Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cd (ng/g)
2019	Otras								
	Hojas	8,28	100,38	82,02	0,98				
	Ramillas								
2020	Hojas	13,41	107,11	108,34	1,19	0,42	0,08	0,38	89,37
	Ramillas								
	Otras								
Media	Hojas	11,24	95,74	88,99	1,09	0,42	0,08	0,38	89,37
	Ramillas								
	Otras	33,34	498,45	189,54	4,48				

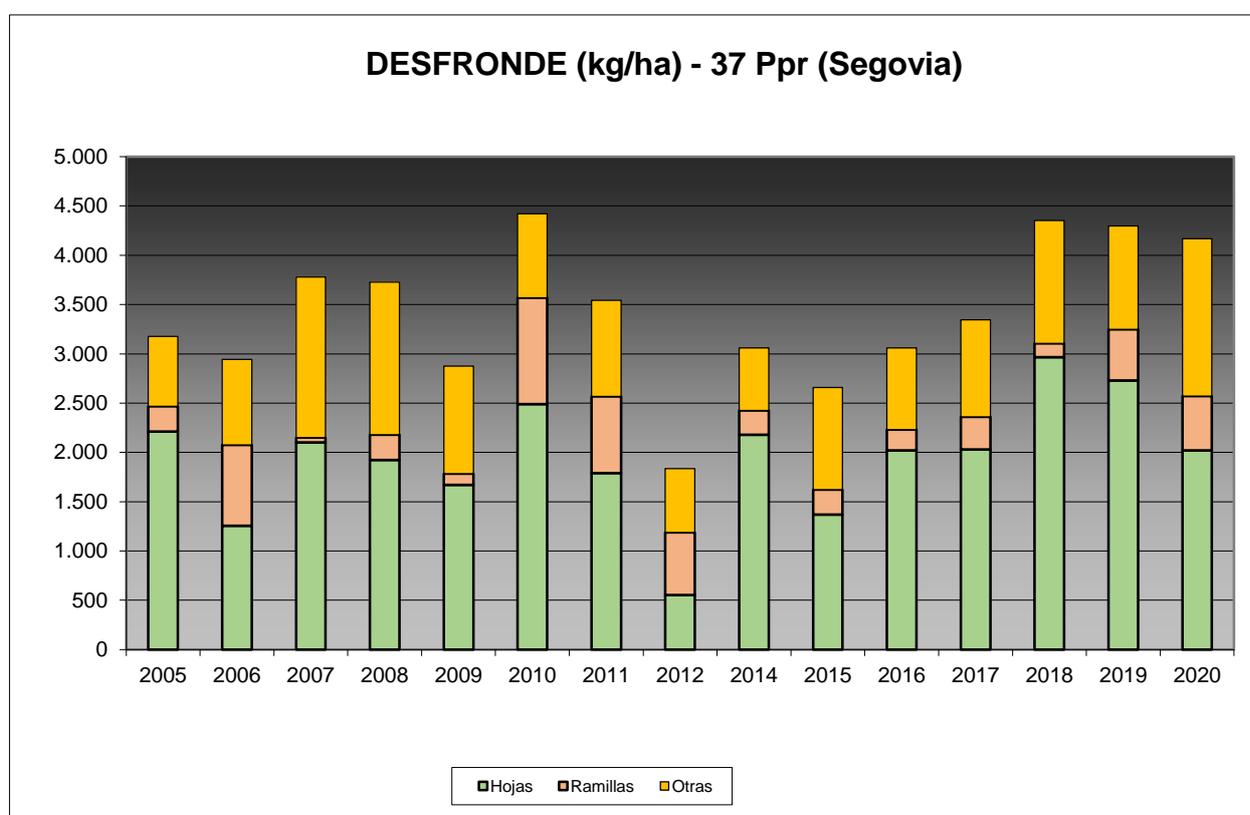


FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde foliar se sitúa en torno a los 3.000-4.000 kg/ha, con una tendencia creciente durante las tres últimas campañas; con una importante reducción de la fracción foliar a lo largo del último año, mientras se incrementa el aporte correspondiente a frutos o líquenes y con contenidos de C de este tipo de aportes rondando el 50%, lo que puede ser de importancia en la fijación de CO₂ de este tipo de ecosistemas.

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 37Ppr, 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 31: 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. (°Cdía)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)
1999	06/07/99	02/08/99	27	186	1665	27/04/99	02/08/99	97	116	561
2000	18/05/00	13/07/00	56	138	914					
2001	05/05/01	16/07/01	72	124	800					
2002	13/05/02	29/07/02	77	132	864					
2003	19/05/03	16/06/03	28	138	902					
2004	17/06/04	01/07/04	15	168	1292	01/06/04	01/07/04	30	152	993
2005	30/05/05	11/08/05	73	149	931	09/05/05	30/05/05	21	128	627
2006	01/06/06	31/07/06	60	151	1115	04/05/06	15/05/06	11	123	682
2007	17/05/07	03/08/07	78	136	1084	04/05/07	17/05/07	13	123	903
2008	24/06/08	26/08/08	63	175	1830	27/05/08	11/06/08	15	147	1366
2009	15/06/09	04/08/09	50	165	1300	12/05/09	15/06/09	34	131	757
2010	15/06/10	29/06/10	14	165	1259	25/05/10	15/06/10	21	144	917
2011	23/05/11	27/06/11	35	142	1170	27/04/11	23/05/11	26	116	790
2012	28/05/12	25/06/12	28	148	983	28/05/12	25/06/12	28	148	893
2014	30/05/14	30/06/14	31	149	1402	28/04/14	30/05/14	32	117	1074
2015	25/05/15	25/06/15	31	144	935	25/05/15	25/06/15	31	144	935
2016	06/06/16	01/07/16	25	157	587	06/06/16	01/07/16	25	157	587

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)
2017	29/05/17	24/07/17	56	148	1047	25/04/17	29/05/17	34	114	559
2018	29/05/18	20/07/18	52	148	1087	29/05/18	22/06/18	24	148	1087
2019	27/05/19	23/08/19	88	146	1107	27/05/19	20/06/19	24	146	1107
2020	25/05/20	27/07/20	63	145	1308	29/04/20	25/05/20	26	119	923
2021	24/05/21	27/07/21	64	143	1037	26/04/21	24/05/21	28	115	705
Media			49	150	1119			29	133	859

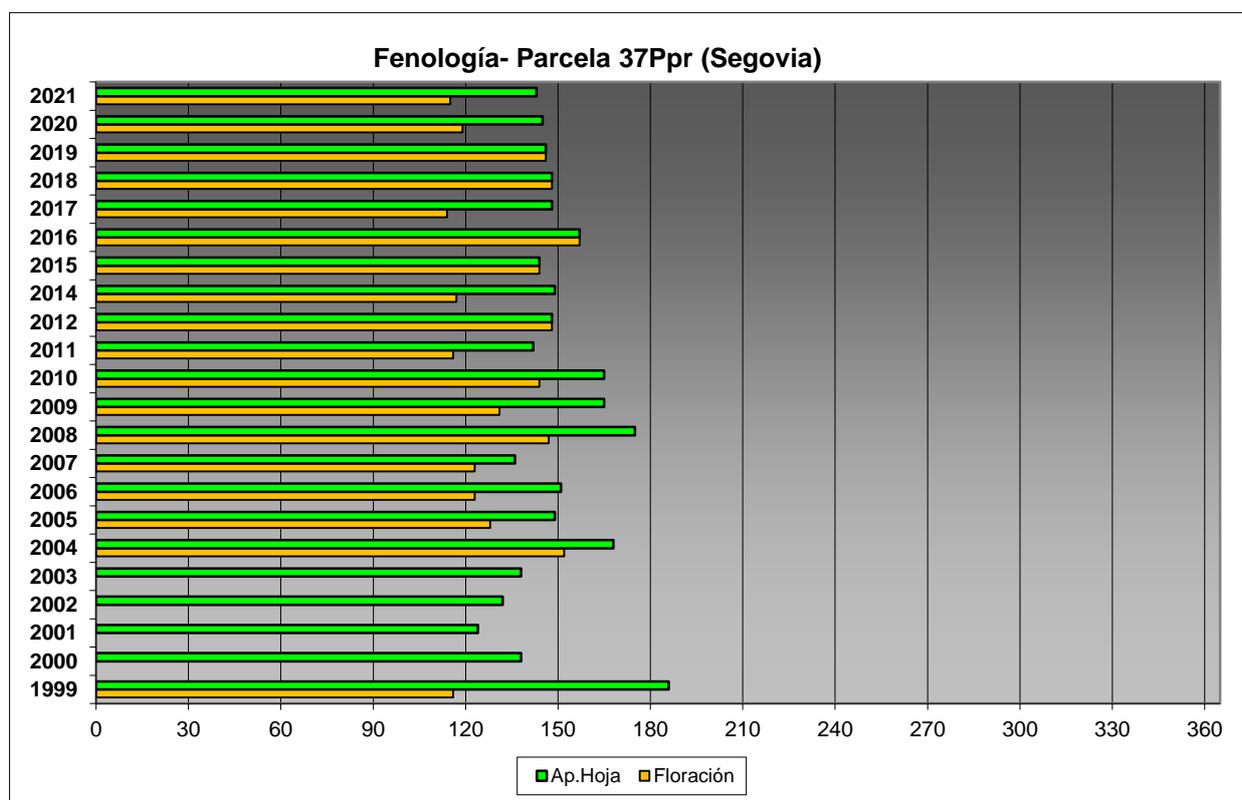


FIG 28: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, y como suele ocurrir en los pinos, 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 de los últimos años, cuando la actividad vegetativa se concentró en el mes de mayo. A lo largo de la última campaña, la floración ha adelantado hasta finales de abril.



FIG 29: Elongación metida y aparición acícula sobre la floración (mayo). Despliegamiento de la acícula y comienzo de la caída de los conos (junio)

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 los que 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 32: 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	0,05	0,02	0,05
2000	0,68	1,82	0,68	0,48
2001	0,46	1,21	0,46	1,13
2002	0,44	1,15	0,44	1,15
2003	0,69	1,78	0,69	1,08
2004	0,70	1,78	0,70	0,84
2005	0,25	0,63	0,25	0,53
2006	0,31	0,78	0,31	0,78
2007	0,62	1,55	0,62	1,27
2008	0,37	0,91	0,37	0,37
2009	0,88	2,19	0,88	0,00
2010	0,41	0,93	0,41	0,74
2011	0,25	0,55	0,25	0,44

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
2014	0,16	0,40	0,16	0,29
2015	0,19	0,53	0,19	0,43
2016	0,29	0,80	0,29	0,80
2017	0,26	0,75	0,26	0,49
2018	0,29	0,82	0,29	0,72
2019	0,22	0,69	0,22	0,60
2020	0,28	0,77	0,28	0,75
2021	0,32	0,91	0,32	0,89
Media	0,39	1,00	0,39	0,66

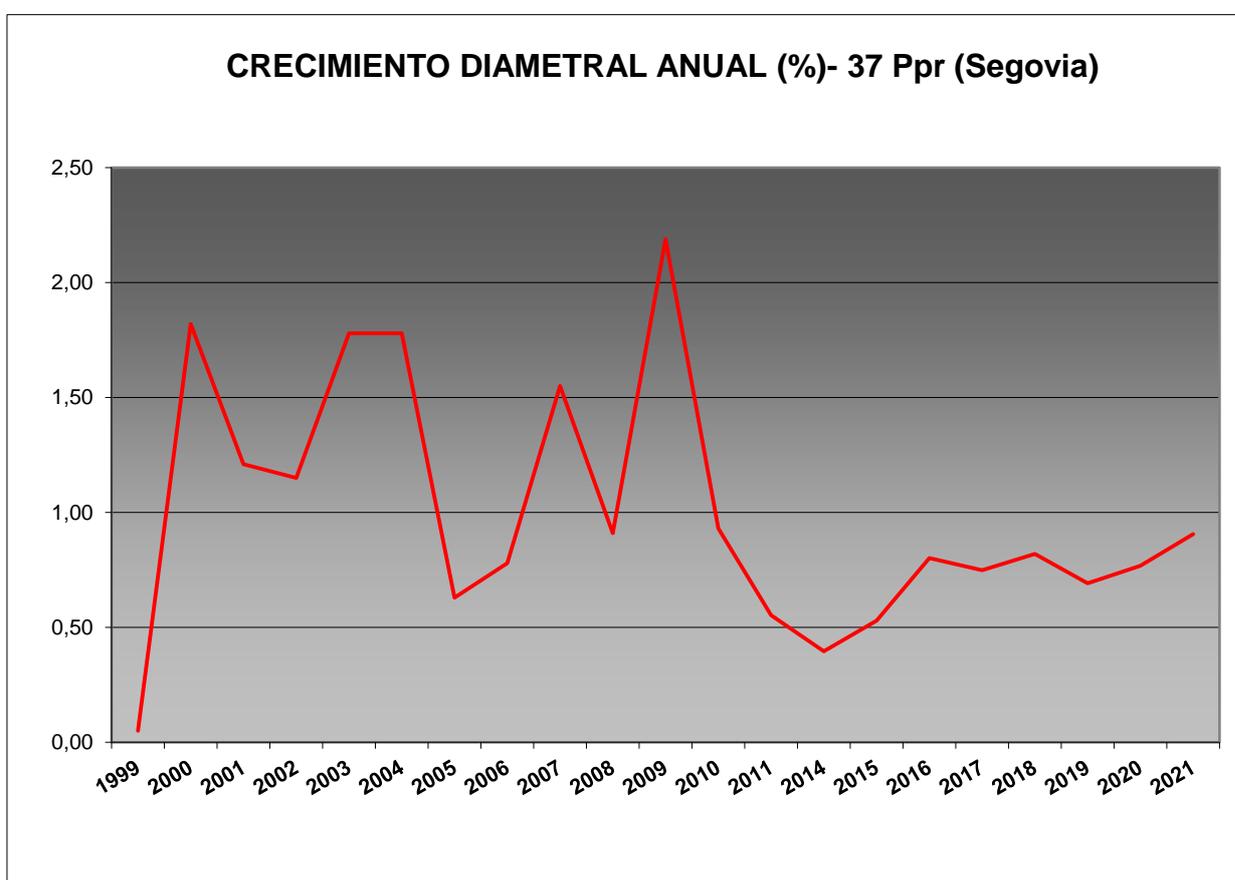


FIG 30: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

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 0,40% de 2014 y el 2,19% de 2009, situándose por regla general en valores ligeramente superiores al 1% anual y un incremento ligero a lo largo de los últimos años. Cabe hacer constar que esta parcela está en aprovechamiento resinero, por lo que la apertura de las caras de resinación puede influir considerablemente en el comportamiento del parámetro.

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-julio.

TABLA 33: 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	441									
1998	367									
1999	364	10,6	37,3	-11,9	18,6	3,1	172,6	70,5	1,4	21,6
2000	426	8,5	36,8	-10,8	15,3	2,1	123,9	78,8	1,4	21,6
2001	405	10,8	37,5	-18,4	19,1	3,1	191,6	69,8	1,3	22,3
2002	423	11,2	37,5	-9,9	18,8	3,8	180,3	70,1	1,4	17,8
2003	537	11,2	37,5	-9,9	18,8	3,8	180,3	70,1	1,4	17,8
2004	401	10,5	36,8	-11,3	18,4	3,0		67,6	1,5	17,5
2005	241	10,6	37,7	-13,7	19,2	2,2		66,2	1,5	18,6
2006	504	11,9	37,8	-14,2	19,7	2,3	199,2	69,2	1,6	22,3
2007	509	11,8	38,1	-18,1	18,4	-3,2		67,5	1,6	
2008	614	11,4	36,8	-18,4	17,9	-3,0	249,6	62,6	1,5	32,7
2009	367	11,4	36,5	-19,5	19,8	2,5	234,2	56,8	1,4	20,8
2010	617	11,2	36,5	-16,9	19,0	2,5		61,0	1,3	19,7
2011	309	11,7	37,4	-12,1	20,0	2,8	198,6	59,5	1,3	20,1
2012	193	9,9	38,1	-7,3	17,7	1,2	214,1	73,6	1,4	16,7
2014	314	12,5	37,2	-9,9	19,2	4,0	238,5	67,7	1,5	20,5
2015	304	10,9	38,8	-11,7	19,3	2,9	189,3	69,4	1,2	22,7
2016	537	8,9	38,0	-12,0	16,7	0,1	193,2	80,5	1,3	20,5
2017	304	10,9	38,3	-14,8	19,9	2,4	196,4	58,4	1,2	19,3
2018	745	11,7	38,7	-11,9	19,5	4,0	176,0	66,0	1,3	19,7
2019	298	11,8	40,6	-12,0	20,8	2,8	192,4	60,8	1,5	24,6
2020	363	12,1	39,4	-9,6	20,2	4,1	180,0	73,8	1,4	35,8
2021	464	11,2	39,8	-15,9	19,4	3,4	184,3	72,5	1,4	20,8
Media	419	11,0	37,9	-13,2	18,9	2,3	194,0	67,8	1,4	21,6

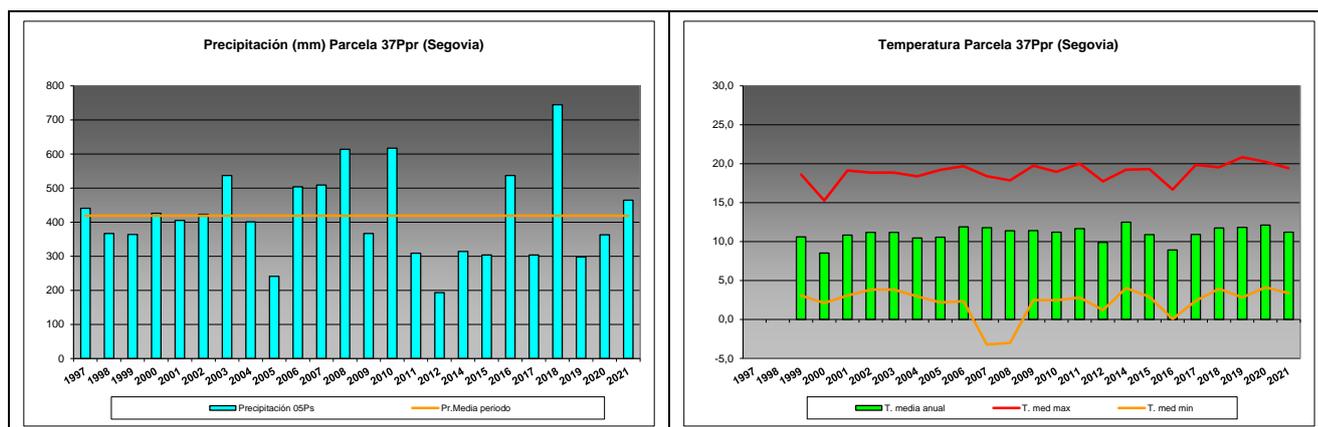


FIG 31: Principales variables meteorológicas.

Siguiendo la metodología publicada por ICP-Forests, se adjuntan a continuación varios parámetros definitorios de estrés climático, relativos a temperatura y precipitación, si bien cabe hacer constar que no todas las series meteorológicas están disponibles o completas.

TABLA 34: Parámetros de estrés meteorológico. DT: número de días con una temperatura máxima del aire superior a 30°C. DH: número de días con una temperatura máxima del aire inferior a 0°C. PMAX5: precipitación máxima acumulada a lo largo de 5 días durante el invierno (1 de enero a 28 de febrero y 1 de octubre a 31 de diciembre). PPES: días con una precipitación de más de 20 mm durante el periodo vegetativo (1 de mayo a 31 de agosto). NOPREC: número de días seguidos sin precipitación durante el periodo vegetativo (1 de mayo a 31 de agosto).

Año	DT	DH	PMAX5		PPES	NOPREC	
	días	Días	mm	Intervalo	Días	Días	Intervalo
2000	8	0	20,9	05/12 a 09/12	0	19	13/07 a 31/07
2001	47	0	36,6	02/01 a 06/01	0	21	11/06 a 01/07
2002	41	0	30,7	19/11 a 23/11	0	20	09/06 a 28/06
2003							
2004	46	0	22,1	28/11 a 02/12	0	15	21/06 a 05/07
2005	63	2	54,2	28/10 a 01/11	0	43	28/06 a 09/08
2006	64	0	56,9	19/10 a 23/10	1	28	20/07 a 16/08
2007	23	1	48,7	01/10 a 05/10	1	18	06/08 a 23/08
2008	36	2	130,5	27/12 a 31/12	0		
2009	56	2	25,8	20/10 a 24/10	0	21	30/06 a 22/07
2010	53	1	27,3	02/01 a 06/01	0	21	11/08 a 31/08
2011	43	0	22,0	06/11 a 10/11	1	32	10/06 a 11/07
2012							
2013							
2014	33	0	45,6	09/10 a 13/10	1	24	31/05 a 23/06
2015	64	0	22,0	29/01 a 02/02	0	32	05/05 a 05/06
2016	65	4	66,5	01/01 a 05/01	0	27	30/07 a 25/08
2017	64	1	16,8	07/12 a 11/12	0	36	09/07 a 13/08
2018	70	0	54,3	05/01 a 09/01	1	32	22/07 a 22/08
2019	65	0	80,0	18/12 a 22/12	0	23	08/06 a 30/06
2020	59	0	36,9	20/10 a 24/10	0	30	01/05 a 30/05
2021	55	1	49,2	29/10 a 02/11	1	28	07/07 a 03/08

12. Índice de Área Foliar.

El Índice de Área Foliar (Leaf Area Index o LAI) es un parámetro adimensional que se define como el área total de la superficie superior de las hojas por área de unidad de terreno que se encuentre directamente debajo de la planta. El LAI permite estimar la capacidad fotosintética de la vegetación y ayuda a entender la relación entre acumulación de biomasa y rendimiento bajo condiciones ambientales imperantes en una región determinada.

Su medición se efectúa anualmente en época de máxima foliación (generalmente a lo largo del verano) en todas las parcelas, y adicionalmente en invierno en aquellas pobladas por frondosas, mediante fotografía hemisférica situada en 16 ubicaciones fijas en cada parcela siguiendo una cuadrícula preestablecida, tratada posteriormente mediante software específico. Las evaluaciones han quedado normalizadas a partir de 2014, incluyéndose en el presente informe los datos disponibles a partir de dicha fecha, con la salvedad de haber corregido por un algoritmo más exacto a partir de 2016, de acuerdo con las actualizaciones del manual, a lo que pueden atribuirse parte de las variaciones interanuales.

TABLA 35: Índice de Área Foliar (LAI) por punto de observación y año.

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	Media
S-01	1,19	4,40	1,23	1,47	1,25	1,25	1,08	1,23	1,64
S-02	1,36	4,55	1,35	1,34	1,29	1,15	1,30	1,37	1,71
S-03	1,26	2,61	1,26	1,45	1,39	1,04	1,10	1,22	1,42
S-04	1,30	2,39	1,27	0,96	1,19	1,17	1,55	1,42	1,41
S-05	1,05	2,06	1,14	1,45	1,21	0,88	1,19	1,16	1,27
S-06	1,24	1,77	1,25	0,86	1,25	1,14	1,20	1,25	1,24
S-07	1,27	1,92	1,35	1,40	1,42	1,27	1,20	1,78	1,45
S-08	1,34	1,59	1,32	0,97	1,25	1,18	1,32	1,83	1,35
S-09	1,39	1,41	1,38	1,49	1,31	1,27	1,45	1,79	1,44
S-10	1,32	1,46	1,36	1,08	1,40	1,22	1,31	1,83	1,37
S-11	1,40	1,39	1,20	1,07	1,28	1,18	1,30	1,77	1,32
S-12	1,00	1,05	1,07	0,87	1,13	1,08	1,23	0,92	1,04
S-13	0,84	1,08	0,96	0,88	0,94	0,93	0,98	0,91	0,94
S-14	1,07	0,98	1,02	1,45	1,03	1,11	1,08	0,79	1,07
S-15	1,40	1,05	1,13	0,87	1,23	1,10	1,28	0,51	1,07
S-16	3,74	0,98	1,25	0,98	1,22	1,43	1,59	1,31	1,56
Media	1,39	1,92	1,22	1,16	1,24	1,15	1,26	1,32	1,33

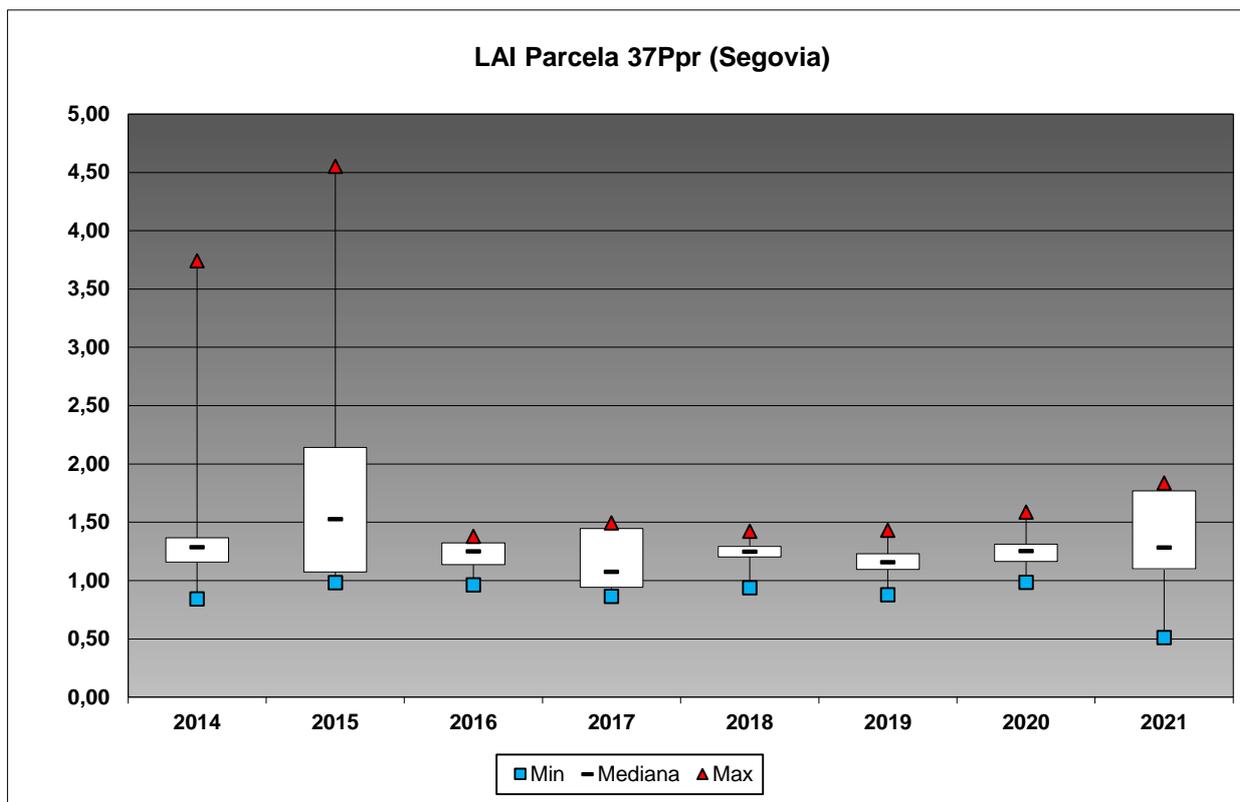
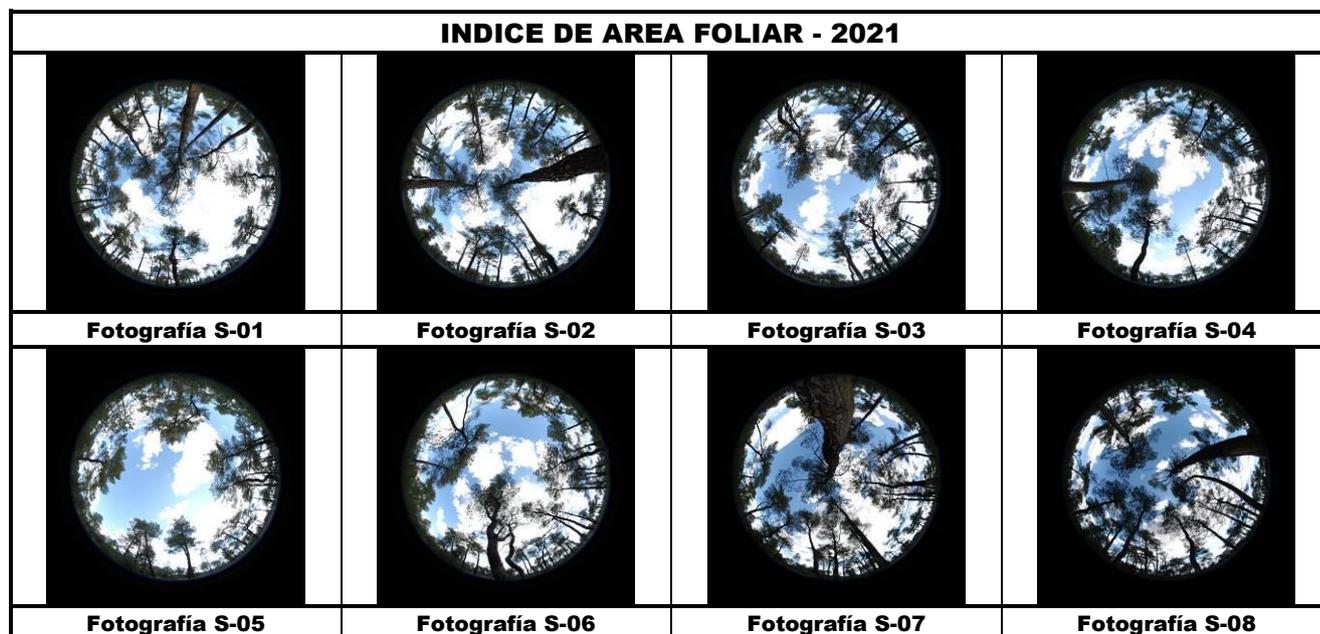


FIG 32: Diagrama de cajas LAI anual.



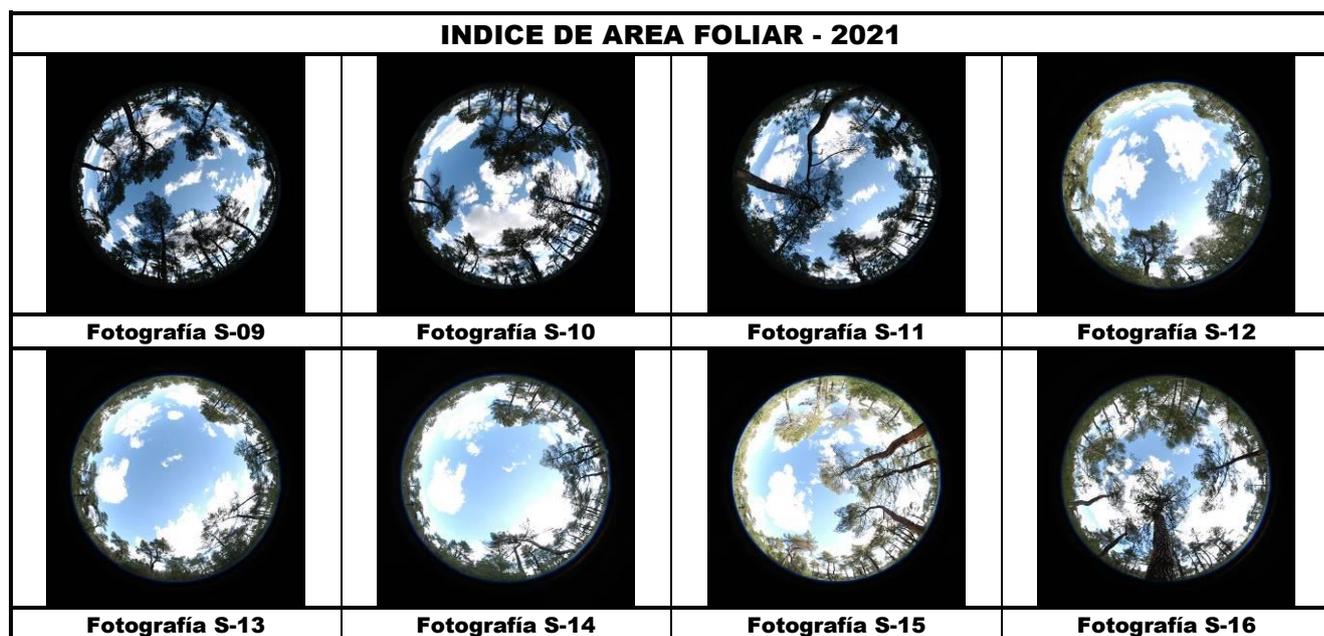


FIG 33: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.