



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

**RED DE NIVEL II
MEMORIA – 2019**

PARCELA 33 Qpe (PALENCIA)

**20
19**



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

**DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL,
INNOVACIÓN Y POLÍTICA FORESTAL**

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

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

Índice

1. Situación de la parcela	1
2. Caracterización de la parcela	2
2.1. Climatología	2
2.2. Geología y suelos	2
2.3. Vegetación	4
2.4. Caracterización forestal y dasométrica	5
3. Estado fitosanitario de la parcela	6
3.1. Defoliación y decoloración	6
3.2. Daños forestales	8
4. Instrumentación	19
5. Deposición atmosférica	21
5.1. pH	22
5.2. Conductividad	23
5.3. Potasio	25
5.4. Calcio	26
5.5. Magnesio	27
5.6. Sodio	28
5.7. Amonio	30
5.8. Cloro	31
5.9. Nitratos	32
5.10. Sulfatos	33
5.11. Interpretación de resultados	35
6. Calidad del aire. Inmisión	36
7. Análisis foliar	38
7.1. Macronutrientes	38
7.2. Micronutrientes	39
7.3. Interpretación de resultados	40
8. Desfronde	41
9. Fenología	43
10. Cintas diamétricas	45
11. Meteorología	46
12. Índice de Área Foliar	48
13. Solución del suelo	50

INDICE DE TABLAS

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

TABLA 19: Caracterización sulfatos

TABLA 20: Valores de referencia inmisión atmosférica

TABLA 21: Inmisión atmosférica

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

TABLA 23: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Micronutrientes

TABLA 24: Resultados medios del análisis de desfronde

TABLA 25: Resultados de la evaluación fenológica

TABLA 26: Valor medio dendrómetros

TABLA 27: Valores medios meteorológicos

TABLA 28: Parámetros de estrés meteorológico

TABLA 29: Índices de Área Foliar

TABLA 30: Resultados de análisis de la solución del suelo

INDICE DE FIGURAS

FIG 1: Posición y vistas de la parcela

FIG 2: Climodiagrama de la parcela

FIG 3: Caracterización dasométrica de la parcela

FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media

FIG 5: Tipos de defoliación

FIG 6: Daños forestales

FIG 7: Instrumentación

FIG 8: Variación temporal de pH

FIG 9: Variación temporal de conductividad

FIG 10: Variación temporal de potasio

FIG 11: Variación temporal de calcio

FIG 12: Variación temporal de magnesio

FIG 13: Variación temporal de sodio

FIG 14: Variación temporal de amonio

FIG 15: Variación temporal de cloro

FIG 16: Variación temporal de nitratos

FIG 17: Variación temporal de sulfatos

FIG 18: Variación temporal de inmisión por dosímetros

FIG 19: Evolución de macronutrientes

FIG 20: Evolución de micronutrientes

FIG 21: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

FIG 22: Fases fenológicas. Inicio de fase

FIG 23: Fases fenológicas

FIG 24: Crecimiento diametral anual

FIG 25: Principales variables meteorológicas

FIG 26: Índices de Área Foliar

FIG 27: Fotos hemisféricas

FIG 28: Variación temporal de pH de la solución del suelo

FIG 29: Variación temporal de conductividad de la solución del suelo

FIG 30: Variación temporal de potasio de la solución del suelo

FIG 31: Variación temporal de calcio de la solución del suelo

FIG 32: Variación temporal de magnesio de la solución del suelo

FIG 33: Variación temporal de sodio de la solución del suelo

FIG 34: Variación temporal de amonio de la solución del suelo

FIG 35: Variación temporal de cloro de la solución del suelo

FIG 36: Variación temporal de nitratos de la solución del suelo

FIG 37: Variación temporal de sulfatos de la solución del suelo

1. Situación de la parcela.

La parcela representa el robledal de *Quercus petraea* del sector Campurriano-Carrionés de la provincia Orocántabrica (Rivas-Martínez).

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	NIVEL
33 Qpe	<i>Quercus petraea</i>	Palencia	Cervera del Pisuerga	26/07/1994	III

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+42°52'00"	-04°33'00"	373.000	4.747.000	1150	22	Este	El Calejo

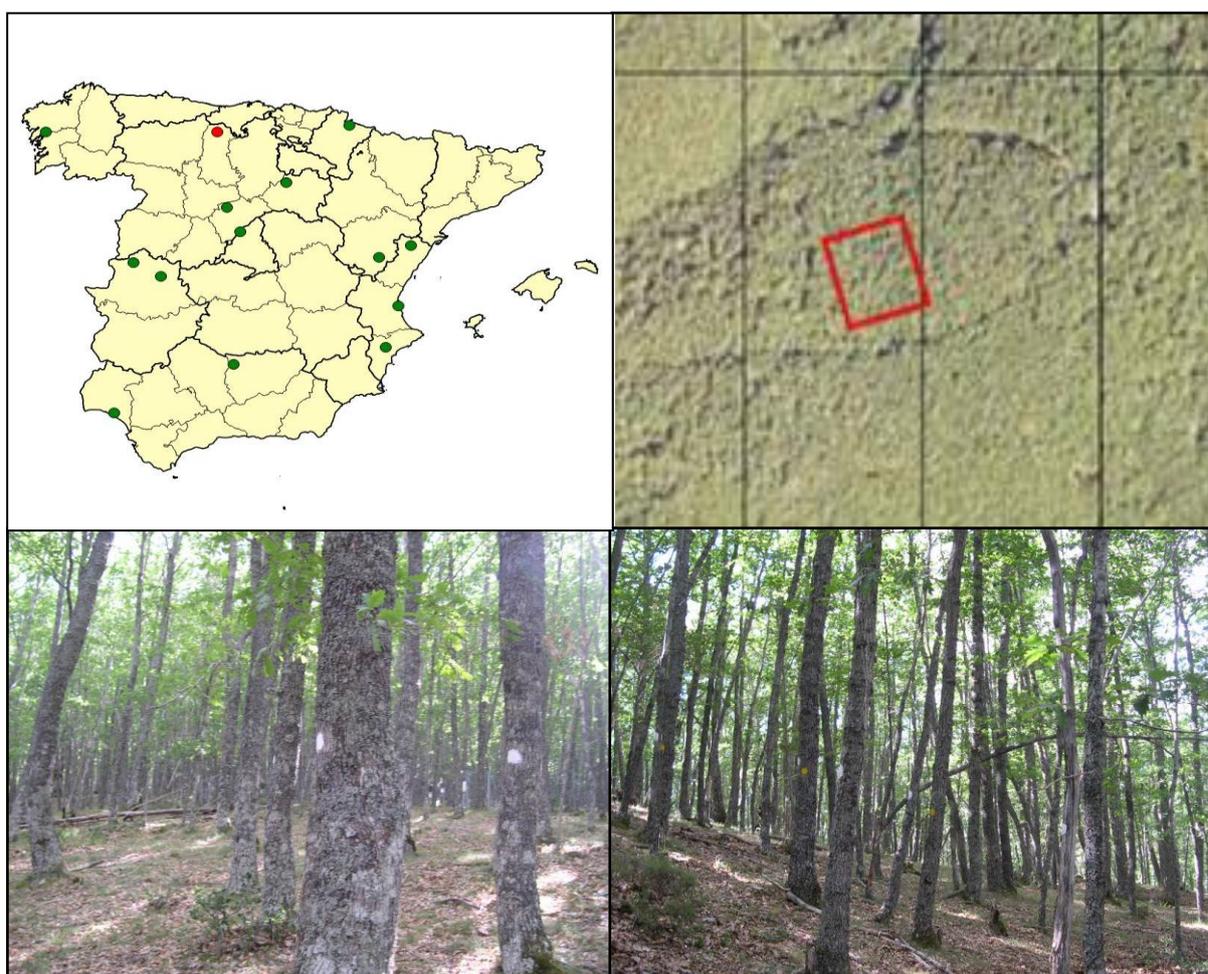


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 33Qpe.

2. Caracterización de la parcela.

2.1. Climatología.

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

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

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
T(°C)	1,2	2,2	5,1	7,4	10,4	14,3	17,2	16,9	14,2	9,9	5,0	1,9	8,8
P(mm)	100	88	94	74	77	62	28	29	55	83	119	104	912
T. Media Máximas Mes más Cálido							25,7						
	-3,5	T. Media Mínimas Mes más Frío											

De acuerdo a clasificación de Allué, el clima se corresponde con un VI(IV)2 *Nemoromediterráneo genuino*.

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

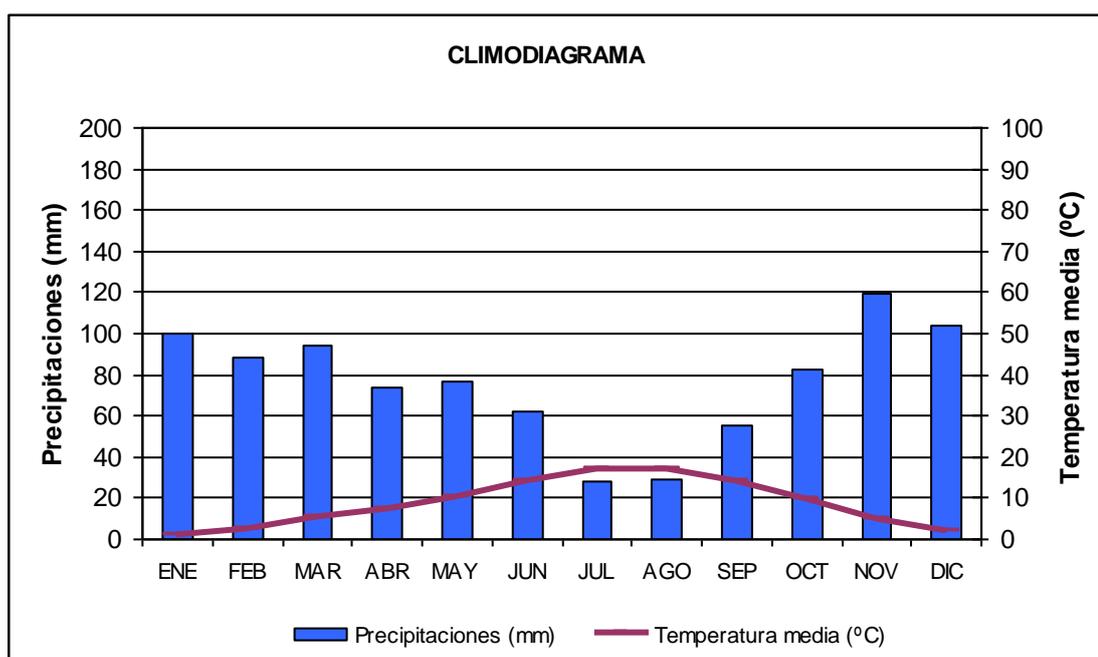


FIG 2: Climodiagrama de la parcela

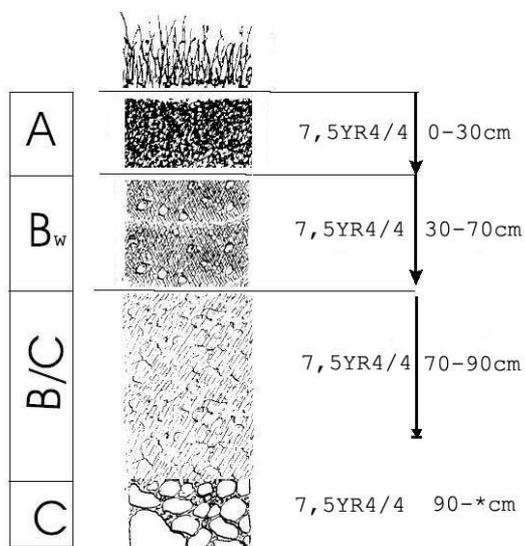
2.2. Geología y Suelos.

Litología: *pizarras ferruginosas algo sericíticas.*

Edafología: *Cambisol eútrico / Lluvisol gléico.*

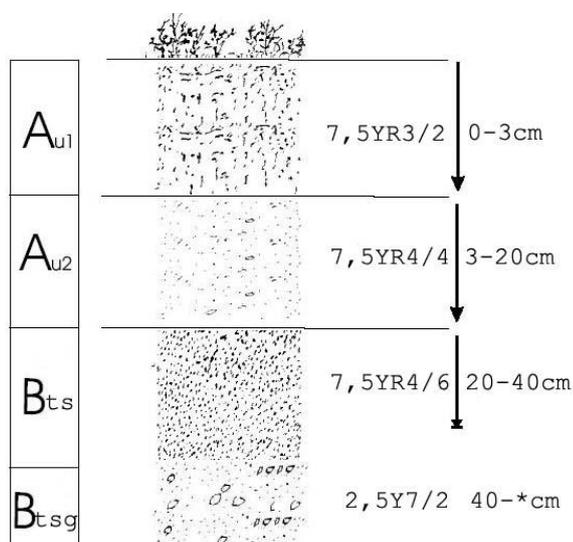
Aunque el material litológico, por su constitución, podría propiciar cierta abundancia de fracción fina, ésta no es apreciable y los suelos sin dificultad. Suelo muy pedregoso, presenta cantidad de broza sin descomponer sobre la superficie del suelo.

Cambisol eútrico:



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A	0-30	Pardo algo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; grumoso; franco-limoso; raíces abundantes finas y medias; límite neto.
B _w	30-70	Pardo intenso (7,5 YR 4/4) en húmedo; particular; franco-limoso; raíces frecuentes; límite difuso.
BC	70-90	Pardo intenso (7,5 YR 4/4) en húmedo; particular; franco-limoso; raíces escasas; límite difuso.
C	90-*	Pardo intenso (7,5 YR 4/4) en húmedo; particular; franco-limoso; mas del 80 % de pedregosidad; sin raíces.

Luvisol gléico:



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
Aul	0-3	Pardo oscuro (7,5 YR 3/2) en húmedo; grumoso, migajoso; franco-limoso; raíces abundantes finas; límite neto.
Au2	3-20	Pardo algo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; grumoso-particular; franco-limoso; raíces abundantes; límite difuso.
Bts	20-40	Pardo intenso (7,5 YR 4/6) en húmedo; particular; franco-limoso; raíces frecuentes; límite neto.
Btsg	40- *	Gris claro (2,5 Y 7/2) en húmedo; manchas bandeadas de herrumbre pardo intensas (2,5 Y 7/2); masivo; arcilloso; sin raíces.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Robledal en monte alto denso de *Quercus petraea* y ejemplares de haya entremezclados con sotobosque ralo de acebos (*Ilex aquifolium*) y brezos.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	100,0	<i>Hieracium sp.</i>	+
<i>Fagus sylvatica L.</i>	+	<i>Ilex aquifolium L.</i>	2,0
<i>Quercus petraea (Mattuschka) Liebl.</i>	100,0	<i>Lathyrus sp.</i>	+
ESTRATO ARBUSTIVO	2,0	<i>Linaria triornithophora (L.) Willd.</i>	+
<i>Ilex aquifolium L.</i>	2,0	<i>Luzula lactea (Link) E.H.F. Meyer</i>	+
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	12,0	<i>Melampyrum pratense L.</i>	+
<i>Anemone nemorosa L.</i>	+	<i>Melica uniflora Retz.</i>	+
<i>Anthoxanthum odoratum L.</i>	+	<i>Narcissus triandrus L.</i>	+
<i>Arenaria montana L.</i>	+	<i>Paris quadrifolia L.</i>	+
<i>Avenula marginata (Lowe) J. Holub</i>	+	<i>Physospermum cornubiense (L.) DC.</i>	+
<i>Clinopodium vulgare L.</i>	+	<i>Polygonatum multiflorum (L.) All.</i>	+
<i>Conopodium pyrenaicum (Loisel.) Miégev</i>	+	<i>Polypodium vulgare L.</i>	+
<i>Corylus avellana L.</i>	+	<i>Quercus petraea (Mattuschka) Liebl.</i>	+
<i>Crataegus monogyna Jacq.</i>	+	<i>Silene nutans L.</i>	+
<i>Cruciata glabra (L.) Ehrend.</i>	+	<i>Sorbus aria (L.) Crantz</i>	+
<i>Cytisus cantabricus (Willk.) Reichenb. Fil.</i>	+	<i>Sorbus aucuparia L.</i>	+
<i>Deschampsia flexuosa (L.) Trin.</i>	1,0	<i>Stellaria holostea L.</i>	+
<i>Erica arborea L.</i>	+	<i>Symphytum tuberosum L.</i>	+
<i>Erythronium dens-canis L.</i>	+	<i>Vaccinium myrtillus L.</i>	+
<i>Euphorbia amygdaloides L.</i>	+	<i>Veronica officinalis L.</i>	+
<i>Fagus sylvatica L.</i>	+	<i>Viola riviniana Reichenb.</i>	+
<i>Festuca sp.</i>	+	ESTRATO MUSCINAL-LIQUENICO	0,7
<i>Galium odoratum (L.) Scop.</i>	+	<i>Dicranum scoparium Hedw.</i>	+
<i>Genista florida L.</i>	+	<i>Hypnum cupressiforme Hedw.</i>	0,5
<i>Hieracium murorum</i>	+		

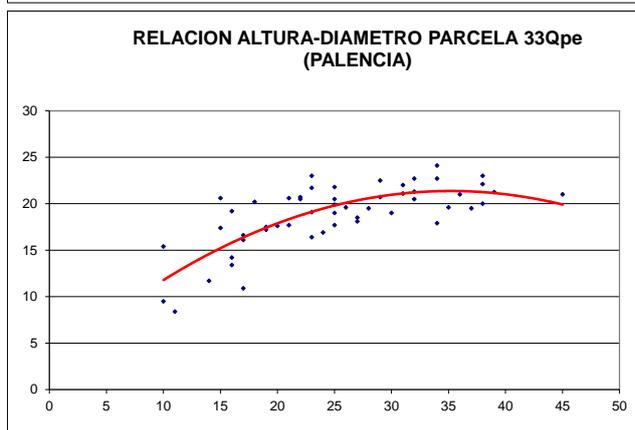
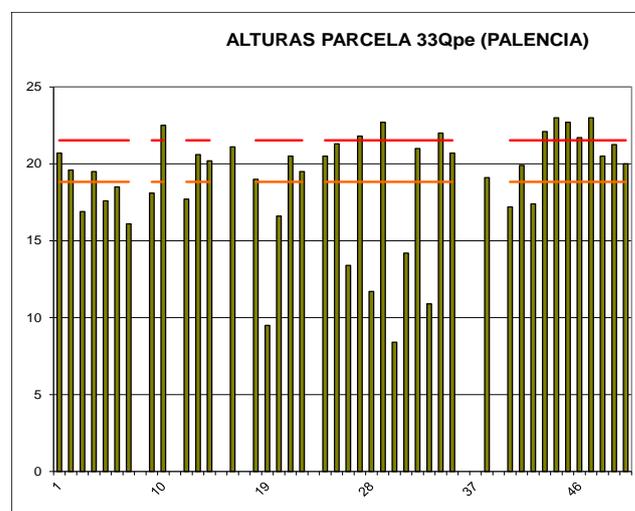
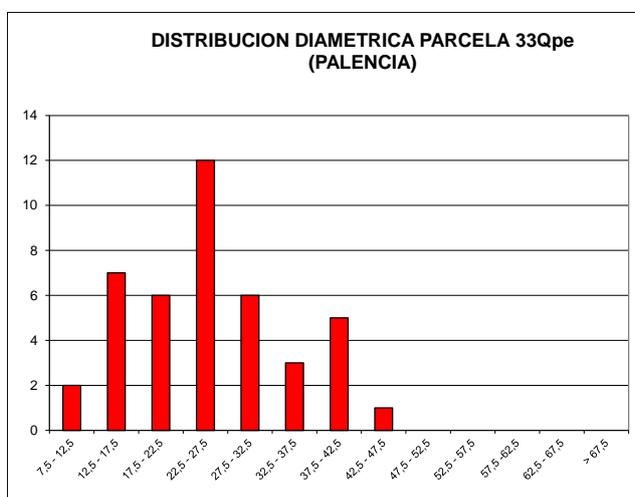
Vegetación potencial: La parcela se encuentra en la serie 5 b, Serie montana orocantábrica y cantabroeskalduna basófila del haya (*Fagus sylvatica*). *Carici sylvaticae-Fageto sigmetum*.

2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa de roble (*Quercus petraea*) de elevada densidad, por lo que de acuerdo con la normativa se replantea una subparcela de 0,08 ha, 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	Área 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)
33 Qpe	0,0824	42	510	40	2	8	41-60	25,60	28,85	26,85	19,09	22,38	14,18



CD	N parc	N ha	h	Esb	Exist parc	Exist ha
7,5 - 12,5	2	24,27	10,19	101,92	0,07	0,86
12,5 - 17,5	7	84,95	14,46	96,37	0,75	9,13
17,5 - 22,5	6	72,82	17,77	88,87	1,06	12,84
22,5 - 27,5	12	145,63	20,15	80,59	3,48	42,19
27,5 - 32,5	6	72,82	21,58	71,92	2,62	31,83
32,5 - 37,5	3	36,41	22,06	63,03	1,66	20,10
37,5 - 42,5	5	60,68	21,60	53,99	3,64	44,19
42,5 - 47,5	1	12,14	20,19	44,87	0,90	10,95
47,5 - 52,5						
52,5 - 57,5						
57,5 - 62,5						
62,5 - 67,5						
> 62,5						
TOTAL	42	510			14,18	172,12

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

3. Estado fitosanitario de la parcela.

3.1. Defoliación y decoloración.

En la presente revisión, la parcela presenta un buen estado fitosanitario, con una defoliación media del 22,50%, dentro por tanto de la escala de daños ligeros, categoría en la que se han calificado más del 80% de los pies, en lo que supone una ligera mejoría al reducirse el parámetro en algo menos de un punto porcentual, inferior sin embargo al umbral de cinco que supondría una variación significativa en términos estadísticos de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales. En la presente revisión se registra de nuevo la muerte de un pie.

Atendiendo a la serie histórica de datos, y tal como ya se advirtiera en años anteriores, se viene observando una ligera mejoría de la masa, superándose los resultados habidos en el periodo 2014-2017, tras una situación mejor y muy estable a lo largo del periodo 2006-2013, en el que no se registraron daños graves y la defoliación media se situó por debajo del 20%, alejada de los daños por sequía del año 1997 y de la muerte por decaimiento de los árboles que se encontraban en peores condiciones a partir del periodo 2001-2002, lo que indicaría –vista la relativa velocidad con que un pie con daños graves tarda en morir- una menor resiliencia de la especie.

Al igual que en revisiones anteriores, se observa que los pies más afectados son de dimensiones claramente inferiores al vuelo medio de la parcela, apareciendo afectados por falta de luz, que se configura como uno de los principales problemas del arbolado.

En cuanto a la decoloración, el segundo gran parámetro evaluador del estado fitosanitario, se aprecia en unos pocos pies salpicados y siempre en grado ligero, sin mayor trascendencia fitosanitaria.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

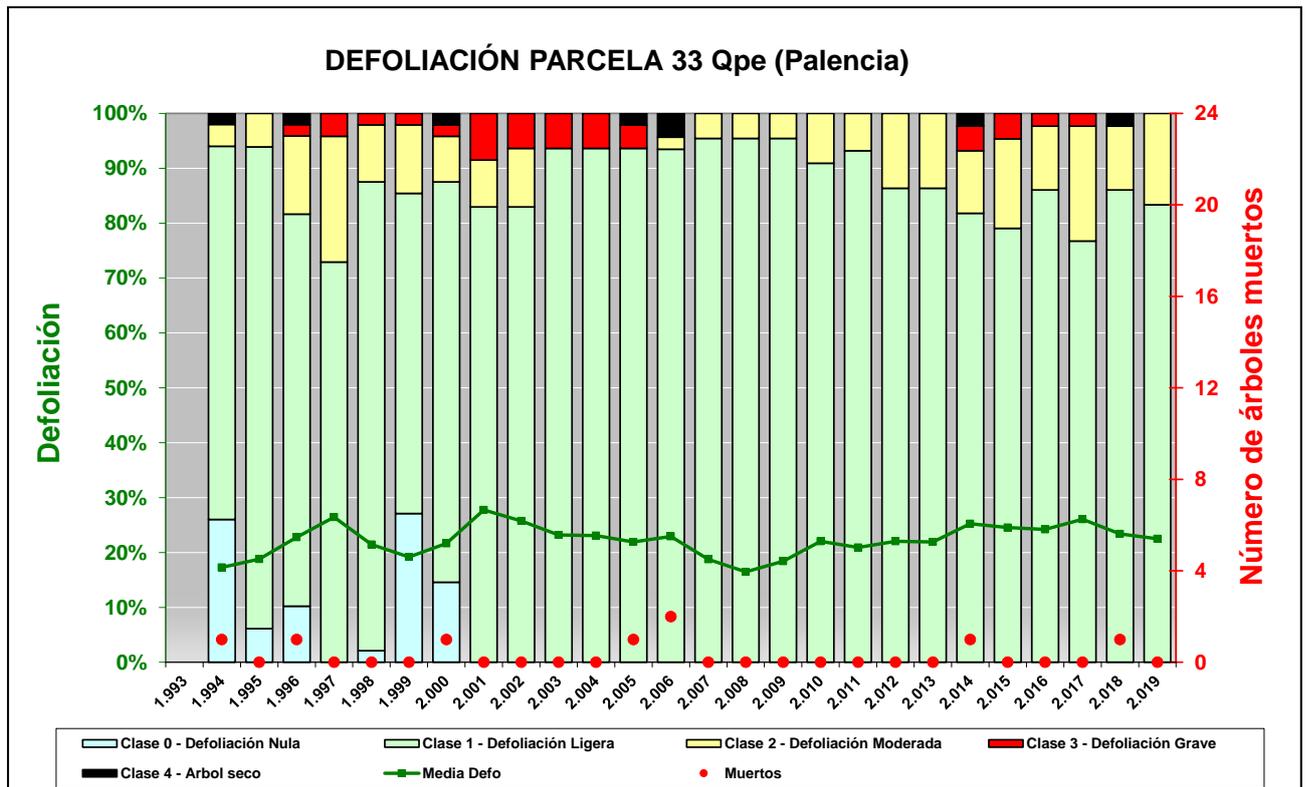


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.

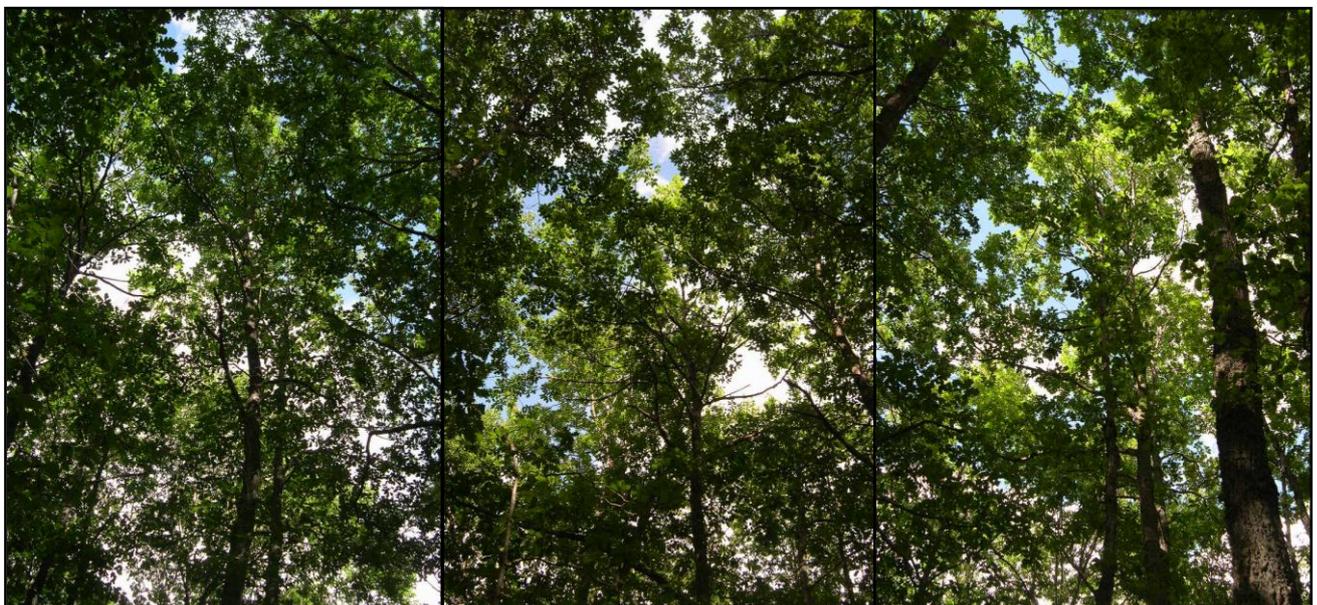


FIG 5: Defoliación 15%, 25% y 45%

3.2. Daños forestales.

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

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

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
ANIMALES												
Ciervo	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	11,00	8,50	-14,60	-10,59
Tronco	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	11,00	8,50	-14,60	-10,59
INSECTOS												
Defoliadores	24	1,00	291	57,14	21,88	0,21	-0,63	0,02	26,79	20,03	1,20	0,93
Hojas	21	1,00	255	50,00	20,95	0,14	-1,55	-0,05	27,43	20,41	1,83	1,32
<i>Tortrix sp</i>	3	1,00	36	7,14	28,33	0,67	5,83	0,48	22,33	17,33	-3,26	-1,76
Hojas	3	1,00	36	7,14	28,33	0,67	5,83	0,48	22,33	17,33	-3,26	-1,76
Perforadores	4	1,25	49	9,52	25,00	0,00	2,50	-0,19	33,50	22,15	7,90	3,06
<i>Coroebus florentinus</i>	4	1,25	49	9,52	25,00	0,00	2,50	-0,19	33,50	22,15	7,90	3,06
Ramas 2-10 cm	4	1,25	49	9,52	25,00	0,00	2,50	-0,19	33,50	22,15	7,90	3,06
Minadores	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	11,00	8,50	-14,60	-10,59
<i>Rhynchaenus fagi</i>	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	11,00	8,50	-14,60	-10,59
Hojas	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	11,00	8,50	-14,60	-10,59
Form. Agallas	4	1,00	49	9,52	18,75	0,00	-3,75	-0,19	22,25	18,85	-3,35	-0,24
<i>Hartigiola annulipes</i>	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	17,00	14,90	-8,60	-4,19
Hojas	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	17,00	14,90	-8,60	-4,19
<i>Neuroterus sp</i>	3	1,00	36	7,14	20,00	0,00	-2,50	-0,19	24,00	20,17	-1,60	1,08
Hojas	3	1,00	36	7,14	20,00	0,00	-2,50	-0,19	24,00	20,17	-1,60	1,08
ENFERMEDADES												
Hongos/Royas acíc	1	2,00	12	2,38	45,00	0,00	22,50	-0,19	17,00	5,00	-8,60	-14,09
Hojas	1	2,00	12	2,38	45,00	0,00	22,50	-0,19	17,00	5,00	-8,60	-14,09
Hongos pudrición	8	1,38	97	19,05	25,63	0,13	3,13	-0,07	19,63	17,90	-5,97	-1,19
Cuello raíz	8	1,38	97	19,05	25,63	0,13	3,13	-0,07	19,63	17,90	-5,97	-1,19
Manchas hojas	6	1,17	73	14,29	20,83	0,83	-1,67	0,64	26,83	21,37	1,24	2,28
Hojas	1	1,00	12	2,38	20,00	1,00	-2,50	0,81	23,00	21,50	-2,60	2,41
<i>Mycosphaerella maculiformis</i>	5	1,20	61	11,90	21,00	0,80	-1,50	0,61	27,60	21,34	2,00	2,25
Hojas	5	1,20	61	11,90	21,00	0,80	-1,50	0,61	27,60	21,34	2,00	2,25
Oidio	21	1,00	255	50,00	24,05	0,10	1,55	-0,09	25,14	19,18	-0,45	0,09
<i>Microsphaera alphitoides</i>	21	1,00	255	50,00	24,05	0,10	1,55	-0,09	25,14	19,18	-0,45	0,09
Hojas	21	1,00	255	50,00	24,05	0,10	1,55	-0,09	25,14	19,18	-0,45	0,09
Otros hongos	1	1,00	12	2,38	45,00	0,00	22,50	-0,19	17,00	5,00	-8,60	-14,09
Brotos del año	1	1,00	12	2,38	45,00	0,00	22,50	-0,19	17,00	5,00	-8,60	-14,09
AG.ABIÓTICOS												
Fact. físicos	8	1,25	97	19,05	22,50	0,13	0,00	-0,07	28,25	20,73	2,65	1,63
Hojas	5	1,40	61	11,90	24,00	0,20	1,50	0,01	27,60	20,68	2,00	1,59
Ramillos <2 cm	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	26,00	19,50	0,40	0,41
Ramas 2-10 cm	1	1,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	30,00	21,50	4,40	2,41
Ramas tam. variable	1	1,00	12	2,38	30,00	0,00	7,50	-0,19	32,00	21,40	6,40	2,31
Nieve/Hielo	2	1,50	24	4,76	17,50	0,00	-5,00	-0,19	30,00	22,25	4,40	3,16

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Ramas 2-10 cm	1	1,00	12	2,38	20,00	0,00	-2,50	-0,19	31,00	21,70	5,40	2,61
Ramas >10 cm	1	2,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	29,00	22,80	3,40	3,71
Viento/Tornado	19	1,16	231	45,24	21,05	0,26	-1,45	0,07	25,74	20,25	0,14	1,16
Brotos del año	5	1,00	61	11,90	18,00	0,20	-4,50	0,01	28,80	22,34	3,20	3,25
Ramillos <2 cm	11	1,00	133	26,19	20,91	0,27	-1,59	0,08	25,00	19,40	-0,60	0,31
Ramas 2-10 cm	2	1,00	24	4,76	20,00	0,50	-2,50	0,31	25,00	20,95	-0,60	1,86
Guía principal	1	4,00	12	2,38	40,00	0,00	17,50	-0,19	20,00	17,70	-5,60	-1,39
OTROS DAÑOS												
Bacterias	1	2,00	12	2,38	40,00	0,00	17,50	-0,19	16,00	11,10	-9,60	-7,99
Cuello raíz	1	2,00	12	2,38	40,00	0,00	17,50	-0,19	16,00	11,10	-9,60	-7,99
Falta luz	28	1,14	340	66,67	25,00	0,18	2,50	-0,01	23,54	17,44	-2,06	-1,65
Hojas	5	1,40	61	11,90	37,00	0,20	14,50	0,01	16,40	10,82	-9,20	-8,27
Ramillos <2 cm	6	1,00	73	14,29	20,83	0,17	-1,67	-0,02	24,33	18,57	-1,26	-0,52
Ramas 2-10 cm	3	1,00	36	7,14	21,67	0,00	-0,83	-0,19	30,33	20,83	4,74	1,74
Ramas tam. variable	14	1,14	170	33,33	23,21	0,21	0,71	0,02	24,29	18,59	-1,31	-0,50
Inter.físicas	21	1,52	255	50,00	24,29	0,19	1,79	0,00	24,81	19,49	-0,79	0,40
Hojas	2	1,00	24	4,76	17,50	0,00	-5,00	-0,19	24,00	20,60	-1,60	1,51
Ramillos <2 cm	2	1,00	24	4,76	25,00	0,50	2,50	0,31	20,00	19,00	-5,60	-0,09
Ramas 2-10 cm	8	1,25	97	19,05	22,50	0,13	0,00	-0,07	25,00	19,04	-0,60	-0,05
Ramas tam. variable	5	1,40	61	11,90	28,00	0,20	5,50	0,01	25,80	20,06	0,20	0,97
Guía principal	1	4,00	12	2,38	40,00	1,00	17,50	0,81	14,00	11,70	-11,60	-7,39
Tronco	3	2,33	36	7,14	21,67	0,00	-0,83	-0,19	30,00	21,90	4,40	2,81
Compet/Espesura	4	5,50	49	9,52	31,25	0,25	8,75	0,06	17,75	14,65	-7,85	-4,44
Ramas tam. variable	1	1,00	12	2,38	25,00	0,00	2,50	-0,19	25,00	17,10	-0,60	-1,99
Tronco	3	7,00	36	7,14	33,33	0,33	10,83	0,14	15,33	13,83	-10,26	-5,26
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	23	1,35	279	54,76	21,96	0,22	-0,54	0,03	26,26	19,31	0,67	0,22
Hojas	8	1,13	97	19,05	18,75	0,25	-3,75	0,06	25,88	20,90	0,28	1,81
Ramas 2-10 cm	1	2,00	12	2,38	30,00	1,00	7,50	0,81	39,00	21,50	13,40	2,41
Ramas tam. variable	1	1,00	12	2,38	20,00	1,00	-2,50	0,81	23,00	21,50	-2,60	2,41
Tronco	5	1,40	61	11,90	20,00	0,20	-2,50	0,01	30,00	19,86	4,40	0,77
Cuello raíz	8	1,50	97	19,05	25,63	0,00	3,13	-0,19	23,13	16,84	-2,47	-2,25

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados destaca en primer lugar la presencia generalizada de **defoliadores**, presentes en buena parte del arbolado muestra, reduciéndose respecto a la revisión anterior y asociados a la presencia de mordeduras irregulares, esqueletizaciones y festoneados a lo largo del margen foliar, sin aparecer asociados a daños forestales de consideración. De entre ellos se han observado algunos refugios salpicados de orugas de **tortrícidos**. Se registra también la presencia del minador ***Rhynchaenus fagi*** sobre las hayas, asociado a los típicos agujeros o perdigonados en el limbo foliar causadas por la alimentación del adulto junto con las típicas minaduras triangulares en el extremo distal de la hoja debidos a la pupación de la larva; no asociado a daños forestales de importancia y que resulta casi endémico en los hayedos de la zona. En cuanto a la presencia de insectos agallícolas, se advierte también un cierto incremento de su grado de presencia, afectando a algo menos del 10% de la población, más frecuentes sobre las hayas entremezcladas en el robledal, viéndose las habituales agallas piriformes asociadas a la larva de ***Mikiola fagi*** junto con las estructuras pilosas de ***Hartigiola annulipes*** y en menor grado discos lenticulares causados por ***Neuroterus sp*** en el envés de las hojas de los robles, sin mayor trascendencia fitosanitaria. Mención aparte cabe hacer de los ramillos terminales muertos por la acción de ***Coroebus florentinus*** en algo menos del 10% de los pies, y que causa los habituales fagonazos o muerte de ramillas distales debido a galerías larvarias que anillan la rama afectada y que termina por secarse.

En hayas próximas, no sobre el arbolado muestra, se ha visto también deformaciones causadas por el ácaro *Eriophyes nervisequus*.

Se han observado también algunas heridas en los troncos debidas a descorreaje de algún cérvido, frecuentes en la zona.

En varios pies, y posiblemente favorecido por la humedad de la estación, se han advertido pudriciones en la base del tronco, que en algún caso sí han manifestado un cierto efecto desestabilizador del pie y que parecen continuar expandiéndose de forma lenta pero constante a lo largo de los últimos años, hasta afectar a cerca del 20% de la población, resultando más peligrosas cuando afectan al cuello de la raíz que cuando se presentan sobre secciones superiores del tronco, como ponen de manifiesto las mayores defoliaciones asociadas. Destaca también la presencia de oidio en los robles, causado por *Microsphaera alphitoides*, de quien se ven los habituales micelios blanquecinos en las hojas más bajas y próximas a los reservorios de esporas del suelo, que en ocasiones llegan a dar necrosis y deformaciones en fracciones importantes del limbo y que en la presente revisión llega a afectar a cerca de la mitad de la muestra, en niveles muy similares a los habidos el año anterior. Cabe destacar que la pérdida de hojas ocasionada por la enfermedad aumenta la susceptibilidad a los daños por heladas; aspecto este a tener en cuenta en zonas montanas como la que nos ocupa. Se advierten también alguna necrosis foliar por *Mycosphaerella sp*, sin mayor significación, aunque su incidencia es superior a la observada el año anterior.

En la presente revisión destaca la presencia salpicada de ramillas rotas debido al **viento** y en menor medida la nieve propias de las tormentas del mes de abril, que llegaron a ser muy importantes en toda la mitad norte peninsular, particularmente en situaciones de montaña, y que parecen haberse concentrado más sobre árboles de dimensiones superiores al vuelo medio de la parcela, menos protegidos por el dosel general de copas. Los daños son más acusados cuando se han concentrado en la guía principal, que cuando han afectado al sistema de ramificación lateral.

Se advierten también daños por **falta de luz** en las dos terceras partes del arbolado, debidos sobre todo a fenómenos de autopoda en los que el árbol afectado se desprende de forma natural de la ramificación más baja para favorecer el crecimiento del ápice principal, en busca de luz, responsable en última instancia del desarrollo del árbol, y que lógicamente se concentran sobre pies de un tamaño inferior al vuelo medio de la parcela y a los que en algún caso concreto se han asociado daños puntuales de consideración, aún teniendo en cuenta el temperamento más umbrófilo de la especie; junto con fenómenos más escasos de **interacción física** en los que el pie afectado se encuentra bien iluminado en su ápice pero experimenta dificultades en el desarrollo lateral de su ramificación por impedírsele la cercanía del arbolado colindante; lo que en un arbolado que supera los 500 pies/ha podría empezar a indicar algún problema de exceso de densidad, así como se propicia el desarrollo de una masa excesivamente esbelta, con poca resistencia mecánica frente a nevadas o temporales, de importancia en la zona.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con precisión, se advierten también **decoloraciones amarillentas** en algunas hojas salpicadas, algún **puntisecado** en ramas, **tumoraciones** y **deformaciones** en los troncos, sin mayor significación 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												
Hojas	77	1,09	934	100,00	23,12	0,21	0,62	0,02	24,99	19,04	-0,61	-0,05
Comidos/perdidos	35	1,14	425	83,33	23,43	0,17	0,93	-0,02	25,14	18,75	-0,45	-0,34
Agujeros/Parc. comidas	21	1,00	255	50,00	20,48	0,14	-2,02	-0,05	27,14	20,02	1,55	0,93
Esqueletizadas	1	1,00	12	2,38	25,00	0,00	2,50	-0,19	17,00	16,60	-8,60	-2,49
Caída prematura	13	1,38	158	30,95	28,08	0,23	5,58	0,04	22,54	16,85	-3,06	-2,24
Dec. Verde-amarillo	5	1,00	61	11,90	19,00	0,40	-3,50	0,21	24,80	20,90	-0,80	1,81
Internervial	1	1,00	12	2,38	20,00	0,00	-2,50	-0,19	23,00	23,40	-2,60	4,31
Parcial	4	1,00	49	9,52	18,75	0,50	-3,75	0,31	25,25	20,28	-0,35	1,18
Dec. Rojo-marrón	11	1,18	133	26,19	22,27	0,45	-0,23	0,26	26,18	19,51	0,59	0,42
Completa	2	1,50	24	4,76	30,00	0,00	7,50	-0,19	23,00	13,90	-2,60	-5,19
Punteado	5	1,20	61	11,90	21,00	0,80	-1,50	0,61	27,60	21,34	2,00	2,25
Parcial	4	1,00	49	9,52	20,00	0,25	-2,50	0,06	26,00	20,03	0,40	0,93
Deformaciones	7	1,00	85	16,67	22,86	0,29	0,36	0,10	22,29	18,20	-3,31	-0,89
Enrolladas	3	1,00	36	7,14	28,33	0,67	5,83	0,48	22,33	17,33	-3,26	-1,76
Agallas	4	1,00	49	9,52	18,75	0,00	-3,75	-0,19	22,25	18,85	-3,35	-0,24
Signos hongos	19	1,00	231	45,24	24,21	0,05	1,71	-0,14	25,05	19,14	-0,54	0,05
Cob. blanca hojas	19	1,00	231	45,24	24,21	0,05	1,71	-0,14	25,05	19,14	-0,54	0,05
RAMAS/BROTES												
Brotos del año	6	1,00	73	14,29	22,50	0,17	0,00	-0,02	26,83	19,45	1,24	0,36
Rotura	5	1,00	61	11,90	18,00	0,20	-4,50	0,01	28,80	22,34	3,20	3,25
Muerto/moribundo	1	1,00	12	2,38	45,00	0,00	22,50	-0,19	17,00	5,00	-8,60	-14,09
Ramillos <2 cm	20	1,00	243	47,62	21,00	0,25	-1,50	0,06	24,35	19,12	-1,25	0,02
Rotura	14	1,00	170	33,33	21,07	0,29	-1,43	0,10	24,36	19,35	-1,24	0,26
Muerto/moribundo	6	1,00	73	14,29	20,83	0,17	-1,67	-0,02	24,33	18,57	-1,26	-0,52
Ramas 2-10 cm	20	1,20	243	47,62	22,50	0,15	0,00	-0,04	28,75	20,50	3,15	1,41
Rotura	8	1,00	97	19,05	21,88	0,25	-0,63	0,06	24,38	19,45	-1,22	0,36
Muerto/moribundo	10	1,20	121	23,81	22,00	0,00	-0,50	-0,19	31,90	21,23	6,30	2,14
Necrosis	1	2,00	12	2,38	30,00	1,00	7,50	0,81	39,00	21,50	13,40	2,41
Heridas	1	2,00	12	2,38	25,00	0,00	2,50	-0,19	22,00	20,60	-3,60	1,51
Descortezamientos	1	2,00	12	2,38	25,00	0,00	2,50	-0,19	22,00	20,60	-3,60	1,51
Ramas >10 cm	1	2,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	29,00	22,80	3,40	3,71
Rotura	1	2,00	12	2,38	15,00	0,00	-7,50	-0,19	29,00	22,80	3,40	3,71
Ramas tam. variable	22	1,18	267	52,38	24,55	0,23	2,05	0,04	24,95	19,11	-0,64	0,02
Rotura	5	1,20	61	11,90	26,00	0,20	3,50	0,01	28,20	20,80	2,60	1,71
Muerto/moribundo	17	1,18	206	40,48	24,12	0,24	1,62	0,05	24,00	18,62	-1,60	-0,47
Guía principal	2	4,00	24	4,76	40,00	0,50	17,50	0,31	17,00	14,70	-8,60	-4,39
Rotura	2	4,00	24	4,76	40,00	0,50	17,50	0,31	17,00	14,70	-8,60	-4,39
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco	12	3,00	146	28,57	23,33	0,17	0,83	-0,02	24,75	17,92	-0,85	-1,17
Deformaciones	5	1,40	61	11,90	20,00	0,20	-2,50	0,01	30,00	19,86	4,40	0,77
Otras deformaciones	5	1,40	61	11,90	20,00	0,20	-2,50	0,01	30,00	19,86	4,40	0,77
Heridas	4	2,00	49	9,52	20,00	0,00	-2,50	-0,19	25,25	18,55	-0,35	-0,54
Descortezamientos	4	2,00	49	9,52	20,00	0,00	-2,50	-0,19	25,25	18,55	-0,35	-0,54
Inclinado	3	7,00	36	7,14	33,33	0,33	10,83	0,14	15,33	13,83	-10,26	-5,26

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Cuello raíz	17	1,47	206	40,48	26,47	0,06	3,97	-0,13	21,06	17,00	-4,54	-2,09
Deformaciones	9	1,56	109	21,43	27,22	0,00	4,72	-0,19	22,33	16,20	-3,26	-2,89
Otras deformaciones	7	1,57	85	16,67	27,14	0,00	4,64	-0,19	24,86	18,03	-0,74	-1,06
Tumores	2	1,50	24	4,76	27,50	0,00	5,00	-0,19	13,50	9,80	-12,10	-9,29
Pudriciones	8	1,38	97	19,05	25,63	0,13	3,13	-0,07	19,63	17,90	-5,97	-1,19

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	Ciervo		Defoliadores		Perforadores		Minadores		Form. Agallas		Hongos/Royas acíc	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS													
Hojas	77			24	100,00			1	100,00	4	100,00	1	100,00
Comidos/perdidos	35			21	87,50			1	100,00				
Agujeros/Parc. comidas	21			20	83,33			1	100,00				
Esqueletizadas	1			1	4,17								
Caída prematura	13												
Dec. Verde-amarillo	5												
Internervial	1												
Parcial	4												
Dec. Rojo-marrón	11											1	100,00
Completa	2											1	100,00
Punteado	5												
Parcial	4												
Deformaciones	7			3	12,50					4	100,00		
Enrolladas	3			3	12,50								
Agallas	4									4	100,00		
Signos hongos	19												
Cob. blanca hojas	19												
RAMAS/BROTOS													
Brotos del año	6												
Rotura	5												
Muerto/moribundo	1												
Ramillos <2 cm	20												
Rotura	14												
Muerto/moribundo	6												
Ramas 2-10 cm	20							4	100,00				
Rotura	8												
Muerto/moribundo	10							4	100,00				
Necrosis	1												
Heridas	1												
Descortezamientos	1												
Ramas >10 cm	1												
Rotura	1												
Ramas tam. variable	22												
Rotura	5												

	N par	Ciervo		Defoliadores		Perforadores		Minadores		Form. Agallas		Hongos/Royas acíc	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Muerto/moribundo	17												
Guía principal	2												
Rotura	2												
TRONCO/C.RAÍZ													
Tronco	12	1	100,00										
Deformaciones	5												
Otras deformaciones	5												
Heridas	4	1	100,00										
Descortezamientos	4	1	100,00										
Inclinado	3												
Cuello raíz	17												
Deformaciones	9												
Otras deformaciones	7												
Tumores	2												
Pudriciones	8												

	N par	Hongos pudrición		Manchas hojas		Oidio		Otros hongos		Fact. físicos		Nieve/Hielo	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS													
Hojas	77			6	100,00	21	100,00			5	62,50		
Comidos/perdidos	35									5	62,50		
Agujeros/Parc. comidas	21												
Esqueletizadas	1												
Caída prematura	13									5	62,50		
Dec. Verde-amarillo	5			1	16,67								
Internervial	1												
Parcial	4			1	16,67								
Dec. Rojo-marrón	11			5	83,33	2	9,52						
Completa	2												
Punteado	5			5	83,33								
Parcial	4					2	9,52						
Deformaciones	7												
Enrolladas	3												
Agallas	4												
Signos hongos	19					19	90,48						
Cob. blanca hojas	19					19	90,48						
RAMAS/BROTES													
Brotos del año	6							1	100,00				
Rotura	5												
Muerto/moribundo	1							1	100,00				
Ramillos <2 cm	20									1	12,50		
Rotura	14									1	12,50		
Muerto/moribundo	6												
Ramas 2-10 cm	20									1	12,50	1	50,00
Rotura	8									1	12,50	1	50,00
Muerto/moribundo	10												
Necrosis	1												

	N par	Hongos pudrición		Manchas hojas		Oidio		Otros hongos		Fact. físicos		Nieve/Hielo	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Heridas	1												
Descortezamientos	1												
Ramas >10 cm	1											1	50,00
Rotura	1											1	50,00
Ramas tam. variable	22									1	12,50		
Rotura	5									1	12,50		
Muerto/moribundo	17												
Guía principal	2												
Rotura	2												
TRONCO/C.RAÍZ													
Tronco	12												
Deformaciones	5												
Otras deformaciones	5												
Heridas	4												
Descortezamientos	4												
Inclinado	3												
Cuello raíz	17	8	100,00										
Deformaciones	9												
Otras deformaciones	7												
Tumores	2												
Pudriciones	8	8	100,00										

	N par	Viento/Tornado		Bacterias		Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag. desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS													
Hojas	77					5	17,86	2	9,52			8	34,78
Comidos/perdidos	35					5	17,86	2	9,52			1	4,35
Agujeros/Parc. comidas	21												
Esqueletizadas	1												
Caída prematura	13					5	17,86	2	9,52			1	4,35
Dec. Verde-amarillo	5											4	17,39
Internervial	1											1	4,35
Parcial	4											3	13,04
Dec. Rojo-marrón	11											3	13,04
Completa	2											1	4,35
Punteado	5												
Parcial	4											2	8,70
Deformaciones	7												
Enrolladas	3												
Agallas	4												
Signos hongos	19												
Cob. blanca hojas	19												
RAMAS/BROTOS													
Brotos del año	6	5	26,32										
Rotura	5	5	26,32										
Muerto/moribundo	1												
Ramillos <2 cm	20	11	57,89			6	21,43	2	9,52				

	N par	Viento/ Tornado		Bacterias		Falta luz		Inter.físicas		Compet/ Espesura		Ag. desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Rotura	14	11	57,89					2	9,52				
Muerto/moribundo	6					6	21,43						
Ramas 2-10 cm	20	2	10,53			3	10,71	8	38,10			1	4,35
Rotura	8	2	10,53					4	19,05				
Muerto/moribundo	10					3	10,71	3	14,29				
Necrosis	1											1	4,35
Heridas	1							1	4,76				
Descortezamientos	1							1	4,76				
Ramas >10 cm	1												
Rotura	1												
Ramas tam. variable	22					14	50,00	5	23,81	1	25,00	1	4,35
Rotura	5							4	19,05				0,00
Muerto/moribundo	17					14	50,00	1	4,76	1	25,00	1	4,35
Guía principal	2	1	5,26					1	4,76				
Rotura	2	1	5,26					1	4,76				
TRONCO/C.RAÍZ													
Tronco	12							3	14,29	3	75,00	5	21,74
Deformaciones	5											5	21,74
Otras deformaciones	5											5	21,74
Heridas	4							3	14,29				
Descortezamientos	4							3	14,29				
Inclinado	3									3	75,00		
Cuello raíz	17			1	100,00							8	34,78
Deformaciones	9			1	100,00							8	34,78
Otras deformaciones	7											7	30,43
Tumores	2			1	100,00							1	4,35
Pudriciones	8												

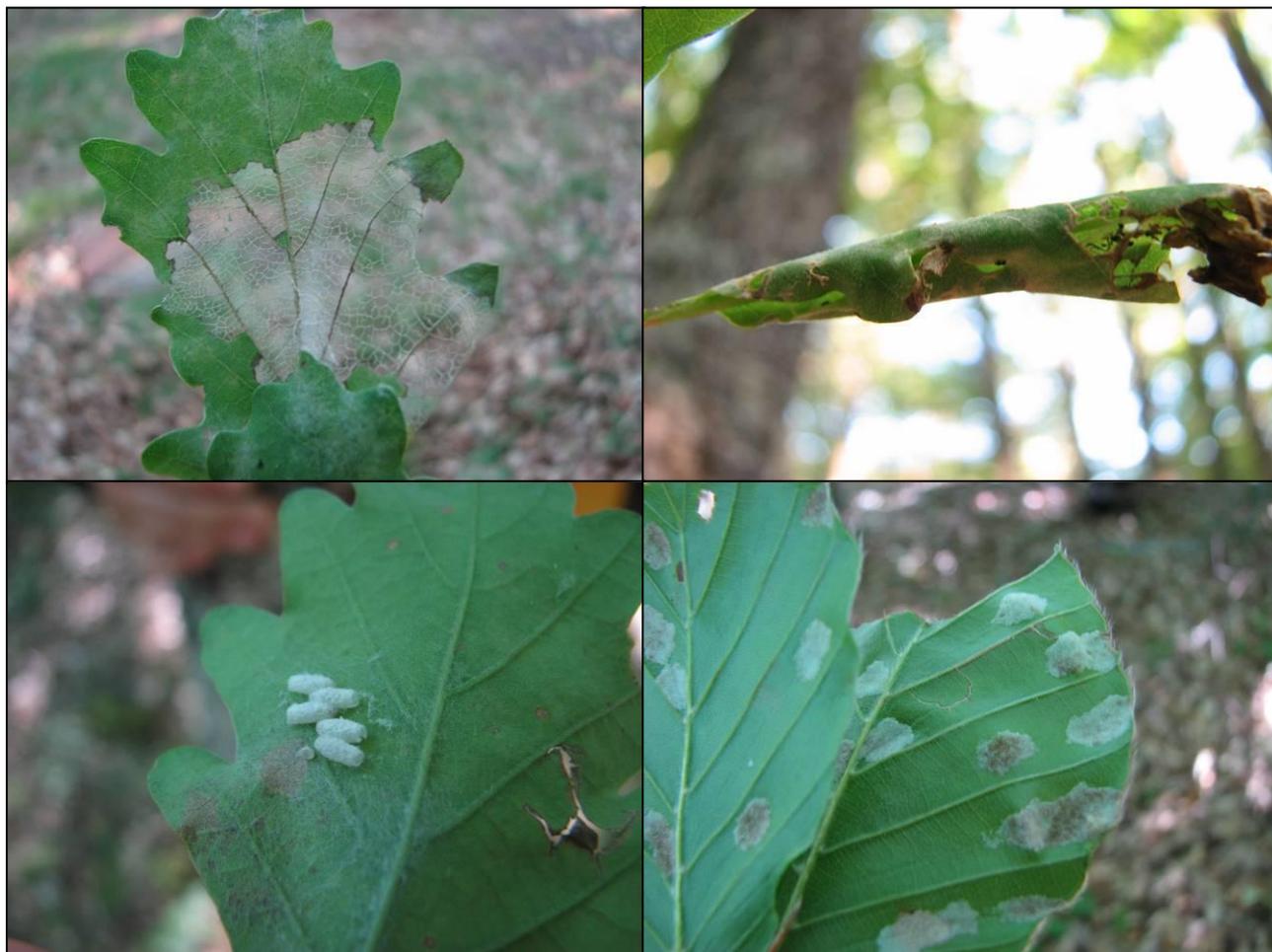
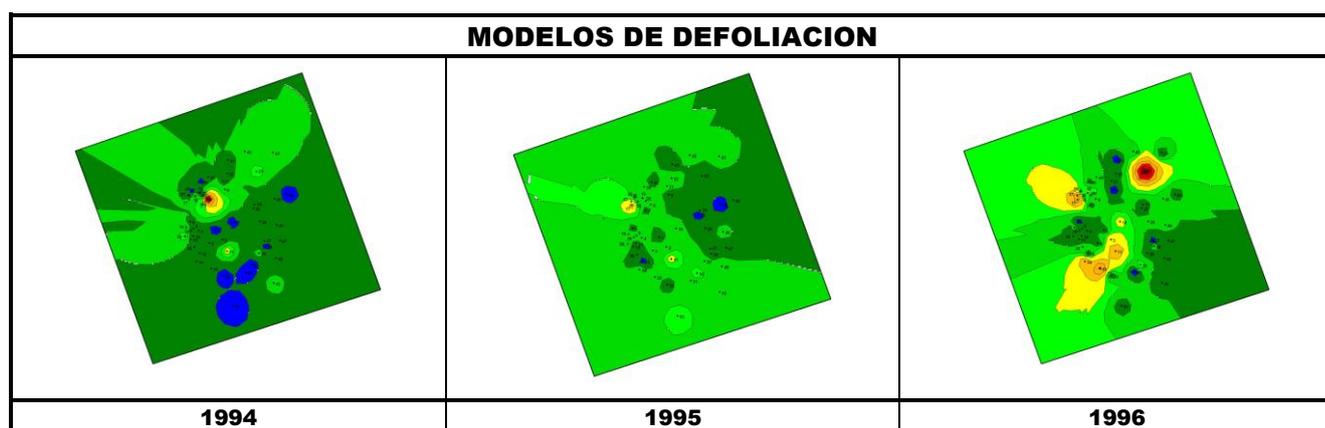
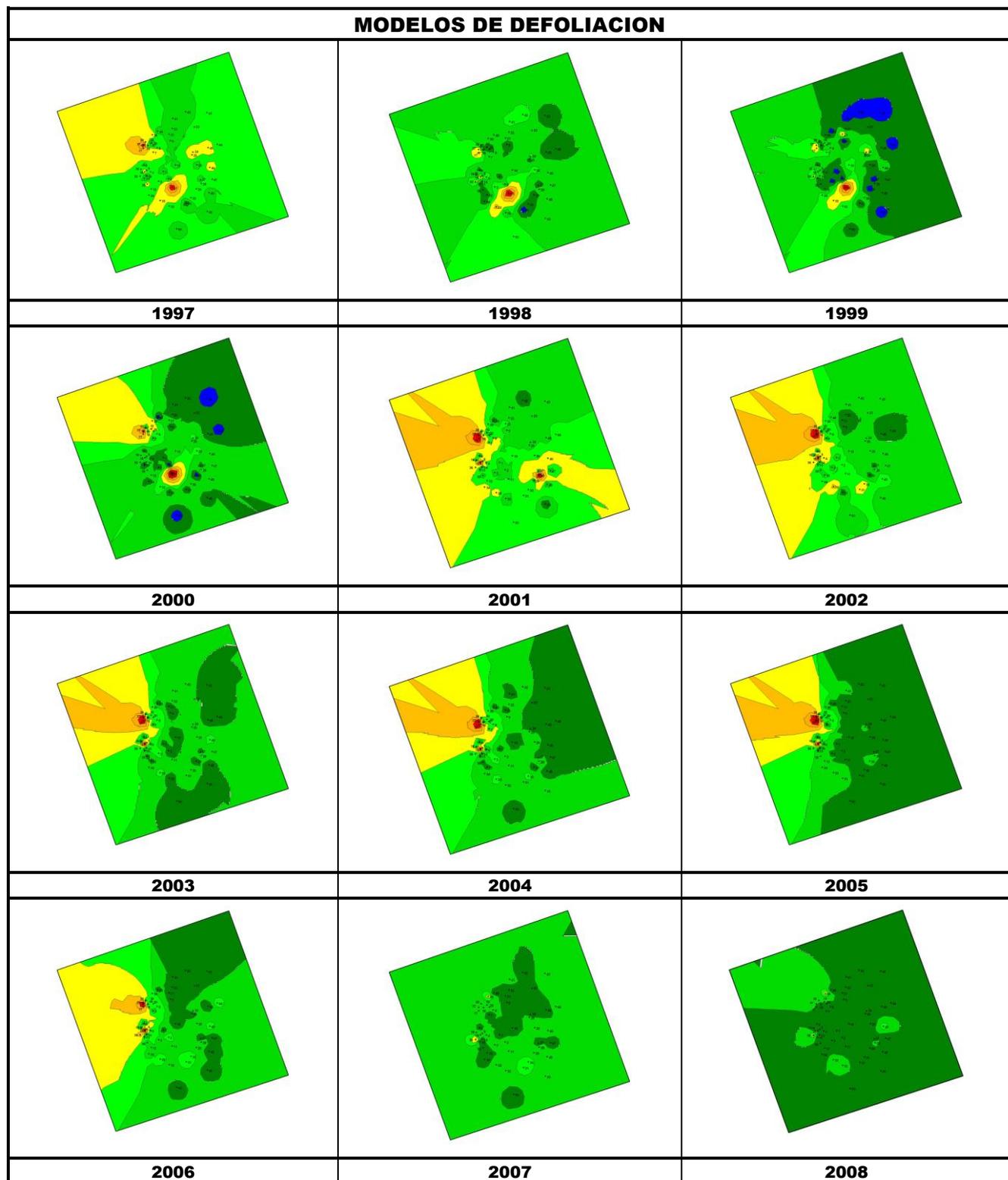
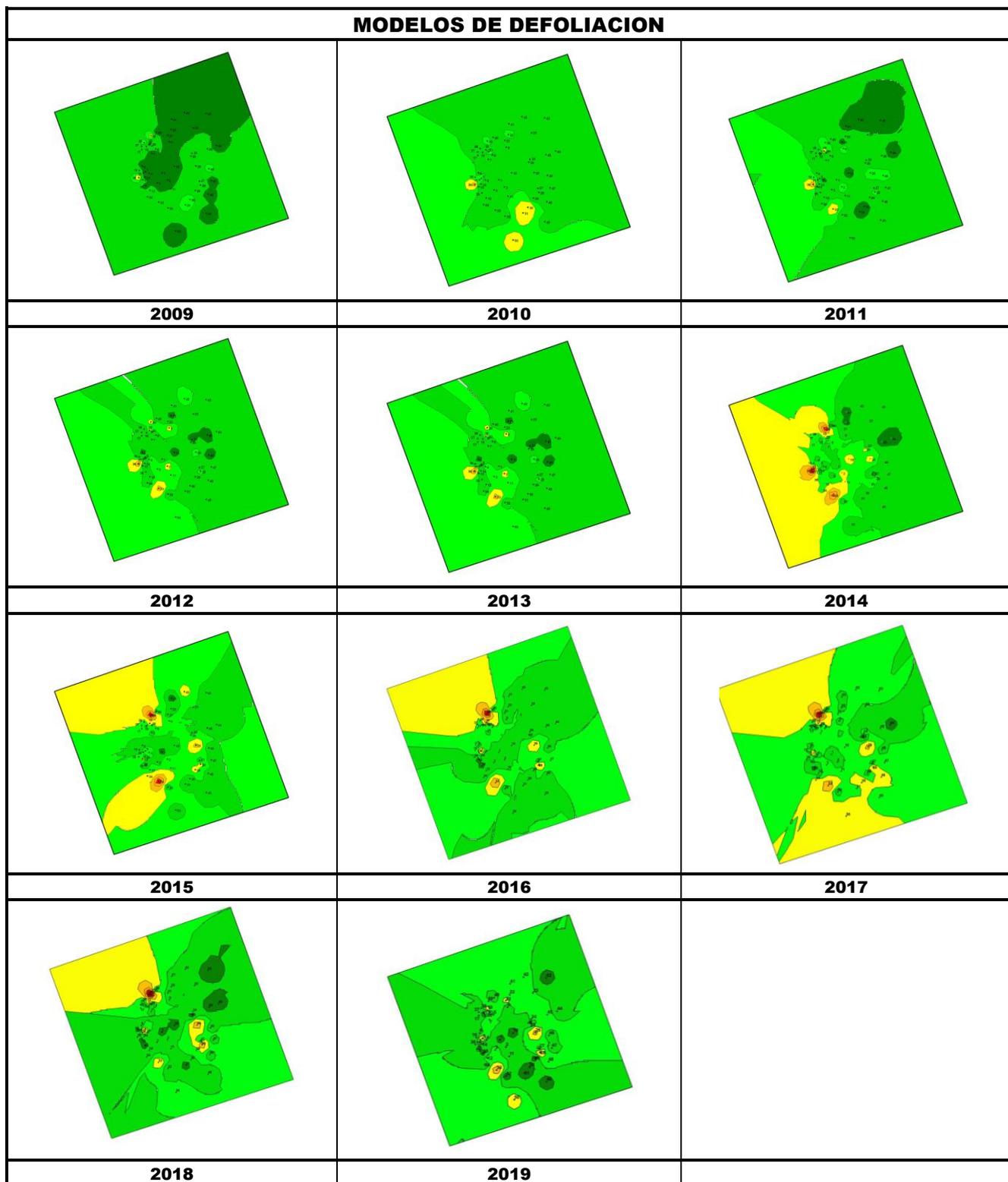


FIG 6: Esqueletización en hoja. Refugio de tortrícido. Capullos. *Eriophyes nervisequus* en hayas acompañantes.







Los dos principales parámetros para evaluar el estado de salud en masas forestales son la **defoliación** y **decoloración**

DEFOLIACION: se entiende por defoliación la pérdida de hojas/acículas que sufre un árbol en la parte de su copa evaluable, es decir, eliminando del proceso de estima la copa muerta (ramas y ramillos claramente muertos) y la parte de la copa con ramas secas por poda natural o competencia.

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

- ✓ **Arboles sin daño:** defoliación 0-10%
- ✓ **Ligeramente dañados:** defoliación 15-25%
- ✓ **Moderadamente dañados:** defoliación 30-60%
- ✓ **Gravemente dañados:** defoliación 65-95%
- ✓ **Arboles muertos:** defoliación 100%

DECOLORACION: se entiende por decoloración, la aparición de coloraciones anormales en la totalidad del follaje o en una parte apreciable del mismo, utilizándose en su evaluación un criterio subjetivo que implica el conocimiento del medio forestal correspondiente por parte del evaluador.

De acuerdo con la normativa europea, se consideran las siguientes clases de decoloración:

- ✓ **Clase 0:** decoloración nula
- ✓ **Clase 1:** decoloración ligera
- ✓ **Clase 2:** decoloración moderada
- ✓ **Clase 3:** decoloración grave



4. Instrumentación.

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

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

Variable	Equipo	Parcela Interior	Parcela Exterior	Instalación	Periodicidad
Meteorología	Torre meteorológica		1	1997	Quincenal/Mensual
	Placa solar		1		
	Meteodata		1		
	Anemómetro		1		
	Veleta		1		
	Piranómetro		1		
	Termómetro		1		
	Sonda Humedad		1		
	Pluviómetro		1		
Precipitación incidente	Acumuladores		4	1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro		1		
	Captador nieve		1		
Trascolación	Acumuladores	6		1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro	1			
	Captador nieve	1			
Desfronde	Captadores desfronde	4		1999	Quincenal/Mensual
Solución del suelo	Lisímetros	8		1998	Quincenal/Mensual
	Bomba de succión	1		2018	Continua
Humedad/Temp. del suelo	Sonda HT	1		2018	Mensual
Inmisión	Dosímetros pasivos		12	2000	Quincenal/Mensual

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



FIG 7: Parcela exterior. Captadores. Data-logger. Parcela interior. Acumuladores de deposición, captador de desfronde, caja de lisímetros. Parcela exterior y torre meteorológica.

5. Deposición atmosférica.

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

La deposición atmosférica total consta de tres componentes:

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

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

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

- ✓ **Precipitación en campo abierto:** denominada también precipitación incidente o *bulk deposition*, que llega al suelo directamente desde el cielo, sin atravesar el dosel arbóreo y que se corresponde con la deposición húmeda
- ✓ **Precipitación bajo dosel arbóreo:** denominada también trascolación o *throughfall* en la que se recoge el agua que llega al suelo tras atravesar el follaje de la masa forestal, tras mojar la superficie de las copas e interactuar con ellas, arrastrando parte de la deposición seca previamente caída, así como la precipitación húmeda.

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

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

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

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

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

Se caracteriza a continuación la deposición atmosférica en la parcela 33Qpe, 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 $\text{pH} < 5,65$ (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	6,05	23,08	723	5,68	69,23	1074	5,95	6,27
1998	5,66	37,50	618	5,86	25,00	869	5,84	6,21
1999	6,30	4,55	937	6,57	0,00	1266	6,19	6,48
2000	5,84	19,05	1350	5,83	38,10	1617	6,07	6,27
2001	5,90	11,76	1155	5,81	38,89	1364	5,86	6,00
2002	6,40	5,56	1036	6,43	10,00	1561	6,41	6,54
2003	5,94	13,04	1185	6,05	12,50	1435	6,17	6,21
2004	6,23	35,71	761	5,94	46,67	953	6,19	6,13
2005	6,06	37,50	436	5,76	53,33	628	6,01	5,98
2006	6,21	15,00	1050	6,05	26,32	1472	6,13	6,07

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
2007	6,01	28,57	796	5,58	40,91	1102	6,01	5,79
2008	5,90	27,27	959	5,80	36,36	1264	6,14	5,99
2009	6,10	0,00	828	6,08	0,00	1178	6,14	6,13
2010	6,21	0,00	1390	6,04	0,00	1912	6,22	6,19
2011	5,93	25,00	707	5,84	33,33	1028	6,10	6,04
2012	6,09	14,29	302	5,71	28,57	347	5,96	5,98
2014	6,19	0,00	648	6,03	12,50	941	6,17	6,20
2015	5,47	9,09	769	5,16	18,18	1059	6,08	6,18
2016	6,19	0,00	909	6,08	0,00	1203	6,16	6,12
2017	6,30	0,00	616	6,10	8,33	856	6,09	6,10
2018	5,79	18,18	1123	5,75	18,18	1557	5,89	5,94
Media	6,04	15,48	871	5,91	24,59	1175	6,08	6,13

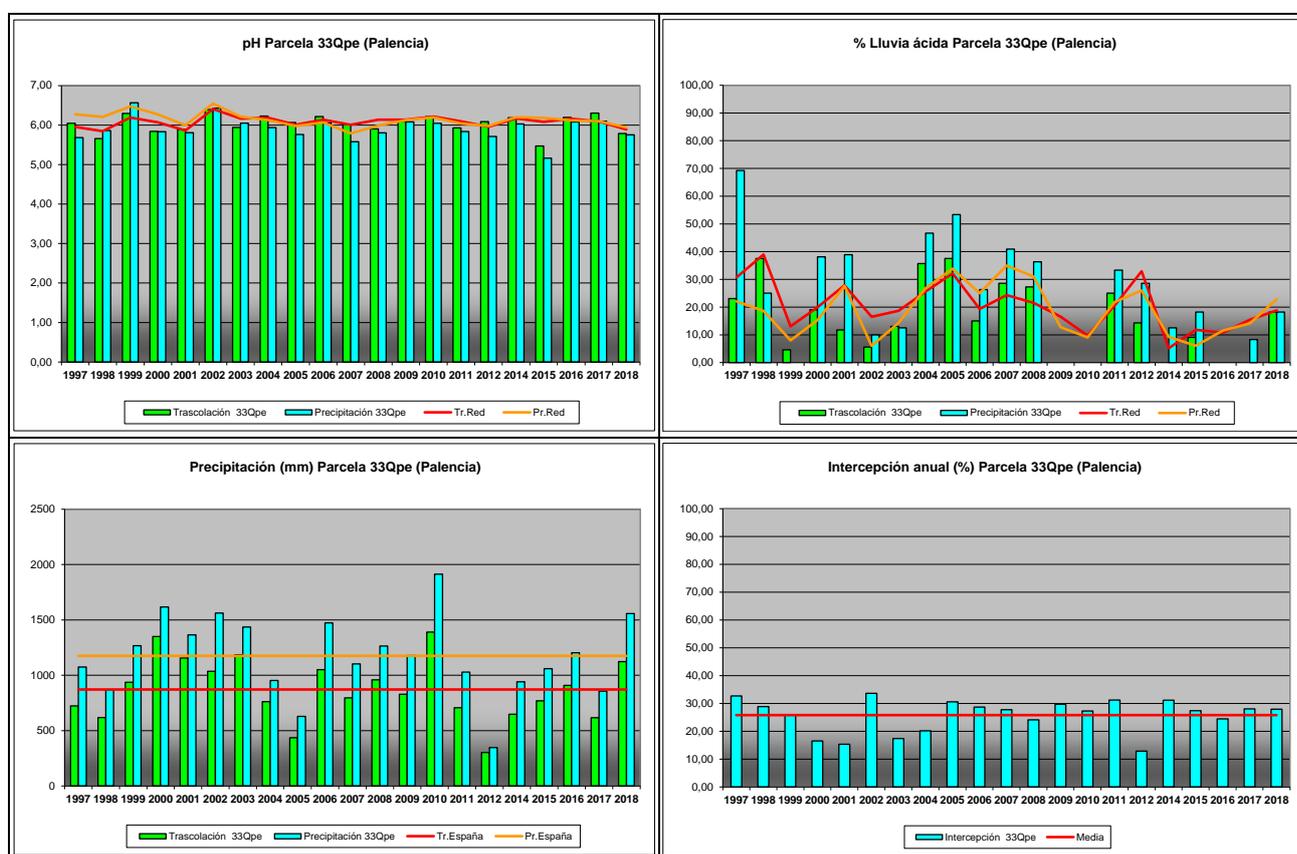


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

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	37,91		723	22,95		1074	25,59	22,11

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
1998	13,58		618	8,91		869	29,47	22,63
1999	13,71		937	12,37		1266	33,24	19,93
2000	14,35		1350	12,56		1617	35,37	22,07
2001	9,39		1155	8,49		1364	28,43	16,06
2002	19,57		1036	14,63		1561	49,05	30,17
2003	17,93		1185	17,01		1435	46,47	25,27
2004	32,82		761	29,96		953	63,98	37,20
2005	22,19		436	17,18		628	65,86	30,61
2006	18,37		1050	15,02		1472	61,93	28,83
2007	21,64		796	16,51		1102	50,03	28,98
2008	13,63		959	8,55		1264	46,84	22,94
2009	11,62		828	8,67		1178	49,56	20,18
2010	10,36		1390	7,47		1912	44,44	15,09
2011	13,53		707	19,43		1028	51,52	19,09
2012	12,50		302	9,75		347	53,38	20,50
2014	8,87		648	5,00		941	27,94	15,23
2015	11,35		769	5,23		1059	45,28	18,25
2016	17,07		909	5,21		1203	47,39	15,22
2017	17,88		616	7,38		856	56,13	18,87
2018	11,43		1123	7,20		1557	38,75	16,20
Media	16,65		871	12,36		1175	45,27	22,16

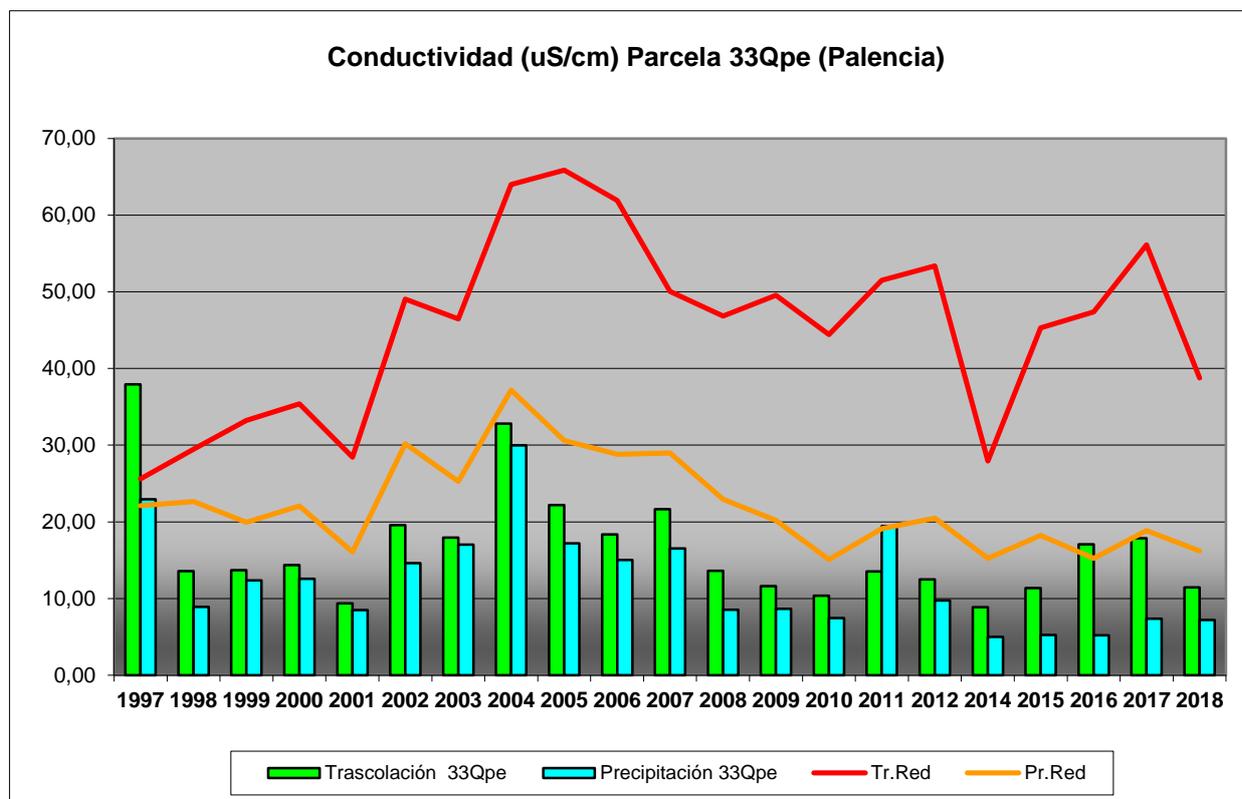
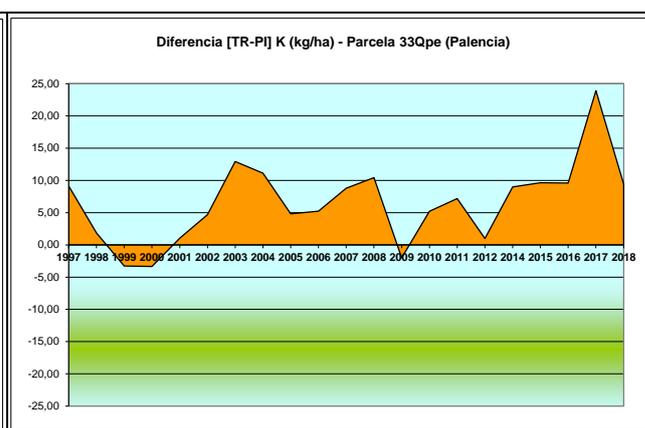
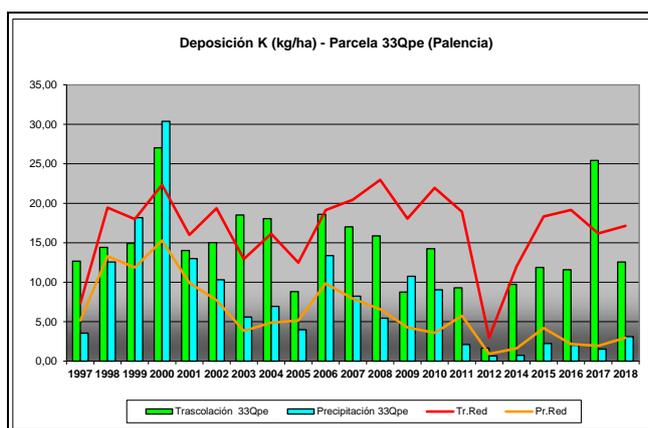


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

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	1,76	12,66	723	0,33	3,54	1074	9,12	7,33	5,18
1998	2,33	14,41	618	1,45	12,56	869	1,85	19,45	13,28
1999	1,59	14,90	937	1,44	18,18	1266	-3,28	17,99	11,86
2000	2,00	27,02	1350	1,88	30,37	1617	-3,35	22,33	15,28
2001	1,22	14,03	1155	0,96	12,99	1364	1,03	16,00	9,92
2002	1,45	15,01	1036	0,68	10,32	1561	4,69	19,36	7,73
2003	1,57	18,52	1185	0,39	5,59	1435	12,93	12,93	3,83
2004	2,74	18,06	761	0,84	6,94	953	11,12	16,14	4,88
2005	2,02	8,80	436	0,63	3,99	628	4,82	12,47	5,15
2006	1,77	18,59	1050	0,91	13,36	1472	5,23	19,14	9,86
2007	2,15	17,02	796	0,75	8,23	1102	8,79	20,44	7,92
2008	1,66	15,87	959	0,43	5,44	1264	10,43	22,97	6,57
2009	1,06	8,74	828	0,92	10,75	1178	-2,01	18,05	4,28
2010	1,03	14,26	1390	0,47	9,04	1912	5,21	21,96	3,59
2011	1,31	9,29	707	0,21	2,11	1028	7,18	18,92	5,75
2012	0,55	1,65	302	0,19	0,66	347	0,99	2,99	0,92
2014	1,50	9,73	648	0,08	0,74	941	8,99	11,97	1,60
2015	1,54	11,87	769	0,21	2,23	1059	9,64	18,33	4,20
2016	1,28	11,59	909	0,17	2,00	1203	9,59	19,15	2,17
2017	4,13	25,43	616	0,18	1,52	856	23,91	16,19	1,94
2018	1,12	12,55	1123	0,20	3,12	1557	9,44	17,14	2,96
Media	1,70	14,28	871	0,63	7,79	1175	6,49	16,73	6,14



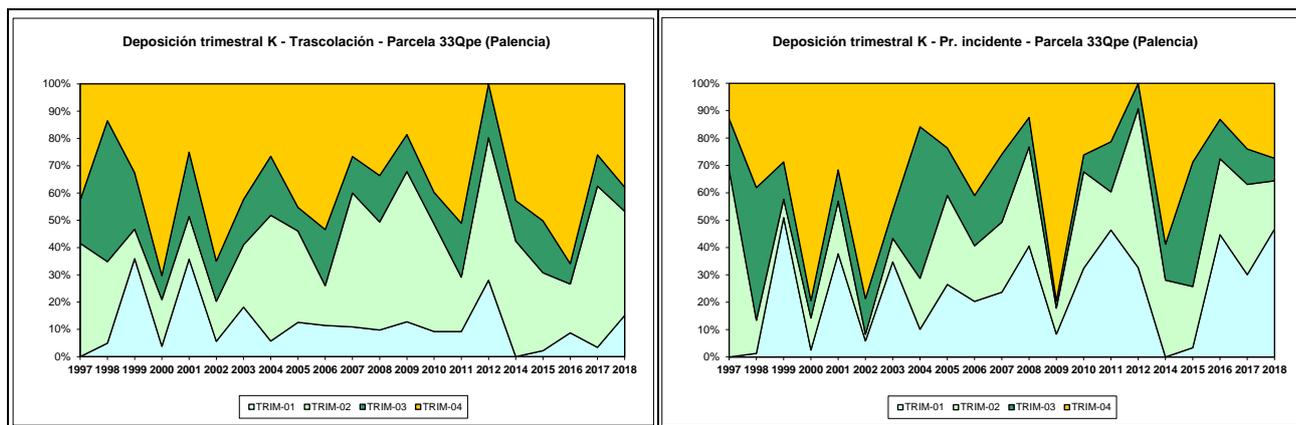


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	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	0,79	5,65	723	0,37	3,98	1074	1,67	7,29	5,16
1998	0,55	3,41	618	0,28	2,42	869	0,99	6,91	4,05
1999	0,64	6,00	937	0,37	4,73	1266	1,27	10,77	6,68
2000	0,49	6,58	1350	0,43	6,98	1617	-0,40	10,94	7,70
2001	0,34	3,94	1155	0,23	3,07	1364	0,87	8,58	6,22
2002	0,63	6,55	1036	0,44	6,90	1561	-0,35	12,23	9,40
2003	3,11	36,80	1185	3,40	48,81	1435	-12,01	23,45	26,64
2004	2,02	13,35	761	2,70	22,42	953	-9,07	18,95	20,04
2005	1,14	4,96	436	1,27	7,99	628	-3,03	11,17	9,81
2006	0,92	9,62	1050	0,78	11,49	1472	-1,86	17,51	16,49
2007	1,00	7,88	796	0,98	10,77	1102	-2,88	18,16	14,99
2008	0,61	5,85	959	0,40	5,04	1264	0,81	14,94	12,47
2009	0,42	3,48	828	0,36	4,18	1178	-0,70	10,43	6,81
2010	0,38	5,30	1390	0,32	6,16	1912	-0,86	11,50	7,59
2011	0,61	4,31	707	0,41	4,20	1028	0,10	11,32	6,29
2012	0,75	2,28	302	0,50	1,73	347	0,54	3,22	2,60
2014	0,72	4,67	648	0,43	4,08	941	0,59	8,57	5,86
2015	1,05	8,09	769	0,86	9,11	1059	-1,02	15,19	12,39
2016	0,65	5,91	909	0,42	5,08	1203	0,82	14,34	8,83
2017	1,02	6,26	616	0,82	7,02	856	-0,76	13,71	10,82
2018	0,67	7,50	1123	0,43	6,68	1557	0,83	13,15	9,58
Media	0,88	7,54	871	0,77	8,71	1175	-1,16	12,49	10,02

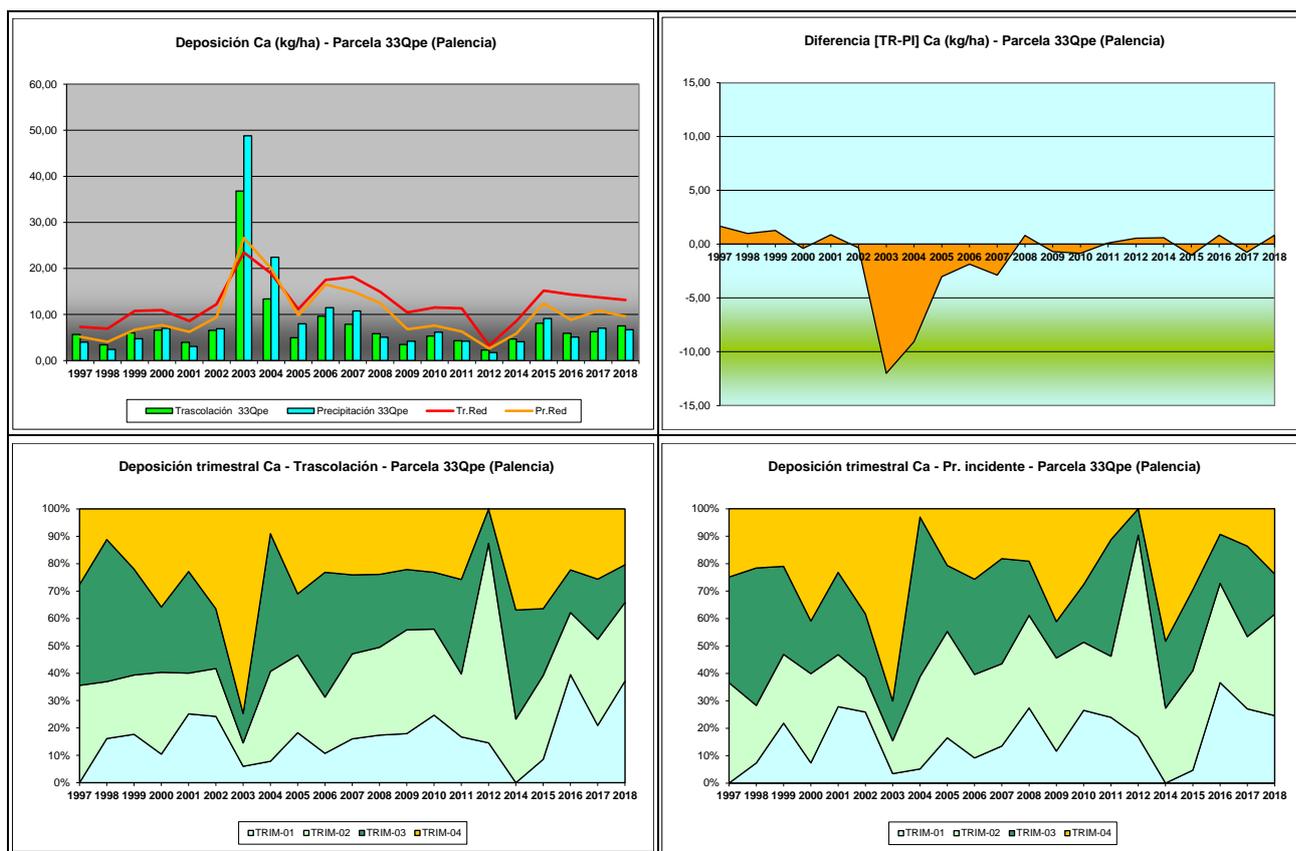


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,24	1,75	723	0,16	1,68	1074	0,06	3,66	3,20
1998	0,33	2,04	618	0,22	1,92	869	0,12	4,07	2,78
1999	0,21	1,95	937	0,17	2,16	1266	-0,21	4,18	2,58
2000	0,12	1,59	1350	0,11	1,33	1617	0,27	3,46	1,84
2001	0,18	1,01	1155	0,13	0,62	1364	0,39	2,99	1,45
2002	0,13	1,27	1036	0,11	1,07	1561	0,20	3,93	1,83
2003	0,19	1,74	1185	0,19	0,99	1435	0,75	3,97	1,65
2004	0,33	2,17	761	0,57	4,74	953	-2,58	4,03	2,51
2005	0,19	0,65	436	0,13	0,41	628	0,23	2,73	1,01
2006	0,17	1,41	1050	0,15	0,63	1472	0,78	4,06	1,94
2007	0,19	1,53	796	0,16	0,68	1102	0,85	4,56	2,17
2008	0,18	1,02	959	0,12	0,38	1264	0,64	3,99	1,87
2009	0,11	0,88	828	0,05	0,61	1178	0,27	3,95	1,67
2010	0,11	1,58	1390	0,07	1,36	1912	0,22	4,42	1,89
2011	0,13	0,92	707	0,04	0,45	1028	0,47	3,98	1,27
2012	0,21	0,63	302	0,36	1,25	347	-0,62	2,35	1,52
2014	0,14	0,90	648	0,03	0,31	941	0,59	1,90	0,75

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	0,15	1,13	769	0,07	0,73	1059	0,41	3,32	1,84
2016	0,13	1,20	909	0,05	0,58	1203	0,62	4,44	1,71
2017	0,37	2,28	616	0,10	0,89	856	1,40	4,43	1,69
2018	0,15	1,69	1123	0,05	0,76	1557	0,93	4,24	2,01
Media	0,19	1,40	871	0,15	1,12	1175	0,27	3,75	1,86

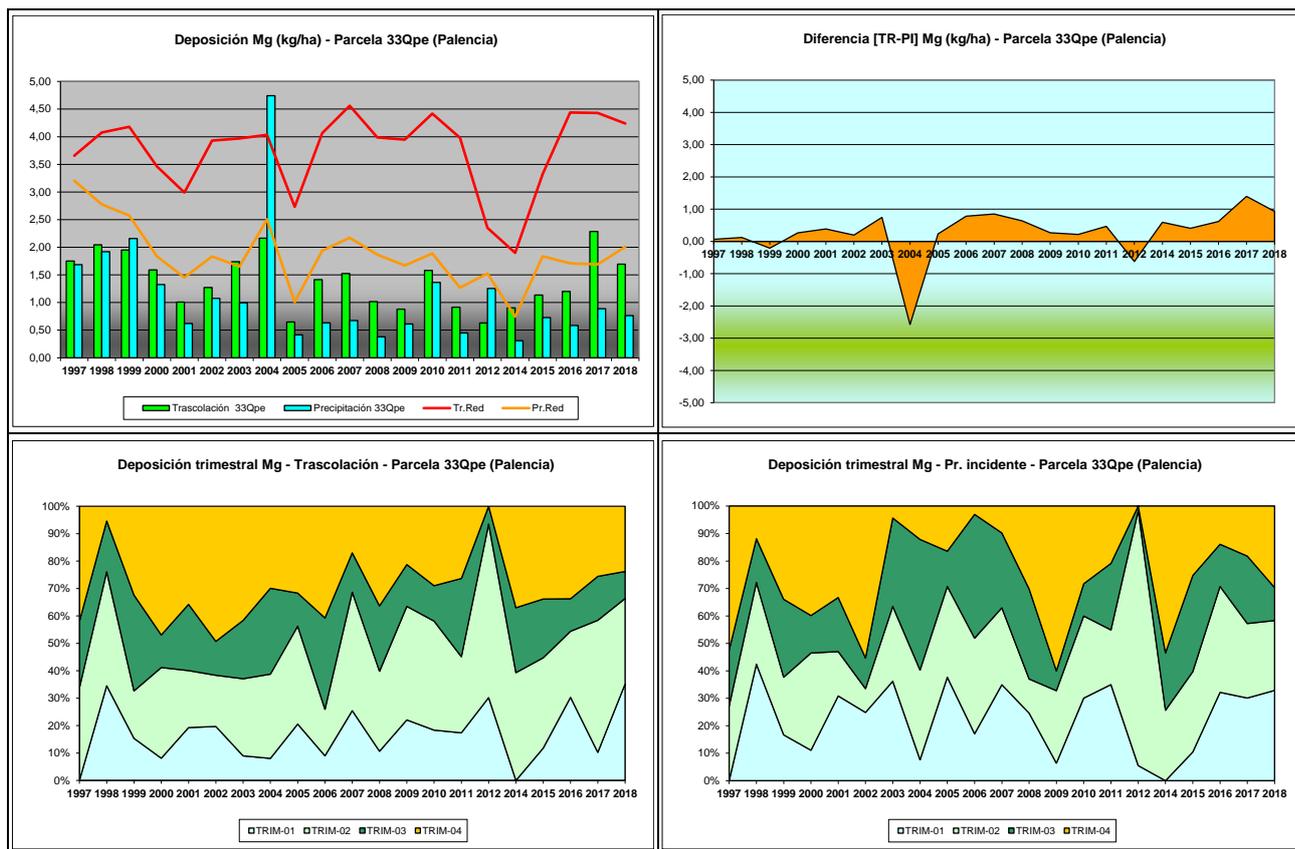


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,31	2,19	723	0,22	2,40	1074	-0,21	6,07	6,65
1998	0,46	2,85	618	0,40	3,46	869	-0,61	11,74	10,50
1999	0,88	8,27	937	0,93	11,75	1266	-3,48	19,31	13,85
2000	0,66	8,97	1350	0,67	10,86	1617	-1,89	18,12	13,02
2001	0,42	4,79	1155	0,47	6,43	1364	-1,63	18,38	12,14
2002	0,95	9,83	1036	0,78	12,23	1561	-2,41	28,50	18,75
2003	0,59	6,94	1185	0,62	8,89	1435	-1,95	22,49	12,86

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	1,91	12,59	761	2,10	17,39	953	-4,80	22,85	13,75
2005	0,61	2,67	436	0,44	2,74	628	-0,07	14,42	7,16
2006	0,73	7,68	1050	0,64	9,43	1472	-1,75	24,17	16,07
2007	0,58	4,61	796	0,48	5,24	1102	-0,63	23,14	14,21
2008	0,34	3,23	959	0,29	3,62	1264	-0,39	19,63	11,01
2009	0,44	3,67	828	0,38	4,49	1178	-0,82	22,09	12,27
2010	0,43	5,93	1390	0,40	7,72	1912	-1,79	24,37	13,76
2011	0,76	5,37	707	0,13	1,36	1028	4,00	20,72	5,97
2012	0,37	1,10	302	0,74	2,57	347	-1,47	4,35	2,86
2014	0,28	1,81	648	0,23	2,12	941	-0,31	6,77	4,55
2015	0,40	3,11	769	0,34	3,58	1059	-0,47	15,27	11,59
2016	0,40	3,64	909	0,32	3,79	1203	-0,15	22,84	11,19
2017	0,79	4,88	616	0,43	3,69	856	1,19	19,35	10,47
2018	0,69	7,79	1123	0,41	6,35	1557	1,44	22,61	14,29
Media	0,62	5,33	871	0,54	6,20	1175	-0,87	18,44	11,28

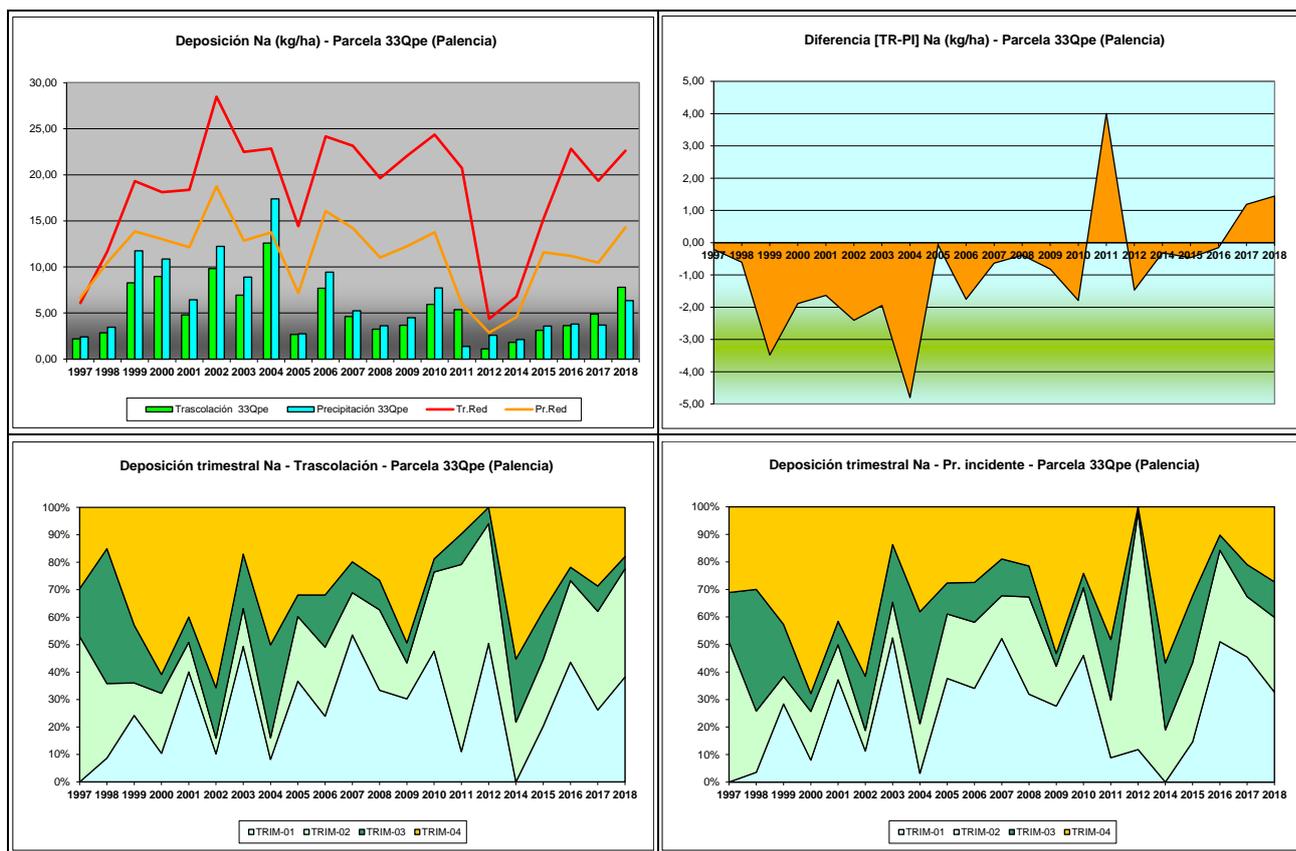
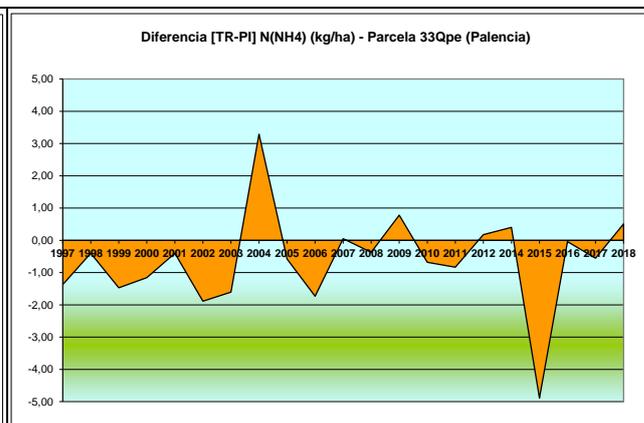
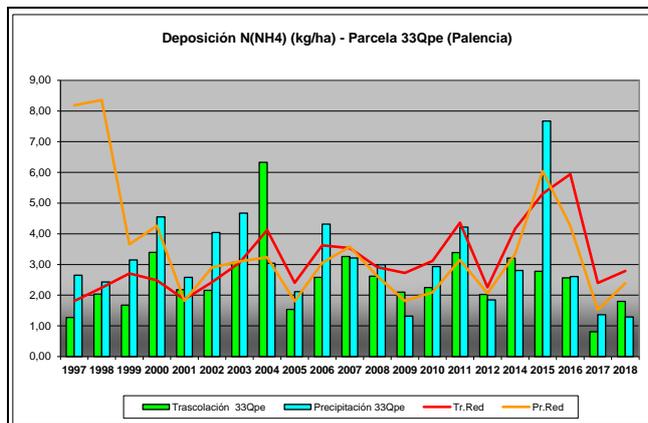


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.7. Amonio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,18	1,28	723	0,25	2,65	1074	-1,37	1,81	8,19
1998	0,33	2,03	618	0,28	2,43	869	-0,40	2,24	8,36
1999	0,18	1,68	937	0,25	3,15	1266	-1,47	2,71	3,66
2000	0,37	3,39	1350	0,28	4,55	1617	-1,16	2,48	4,26
2001	0,19	2,18	1155	0,19	2,58	1364	-0,40	1,86	1,82
2002	0,28	2,16	1036	0,26	4,04	1561	-1,89	2,43	2,91
2003	0,28	3,07	1185	0,33	4,67	1435	-1,61	3,06	3,10
2004	0,86	6,33	761	0,32	3,04	953	3,29	4,12	3,23
2005	0,39	1,54	436	0,34	2,11	628	-0,58	2,41	1,80
2006	0,25	2,58	1050	0,29	4,32	1472	-1,73	3,62	3,05
2007	0,45	3,26	796	0,29	3,21	1102	0,05	3,53	3,58
2008	0,30	2,62	959	0,27	2,99	1264	-0,37	2,91	2,62
2009	0,25	2,10	828	0,13	1,32	1178	0,78	2,73	1,82
2010	0,16	2,25	1390	0,15	2,93	1912	-0,68	3,12	2,09
2011	0,48	3,39	707	0,41	4,22	1028	-0,83	4,36	3,15
2012	0,67	2,02	302	0,53	1,85	347	0,18	2,26	2,06
2014	0,50	3,21	648	0,30	2,81	941	0,40	4,16	3,35
2015	0,36	2,78	769	0,72	7,67	1059	-4,89	5,30	6,04
2016	0,28	2,56	909	0,22	2,60	1203	-0,04	5,94	4,26
2017	0,13	0,81	616	0,16	1,36	856	-0,55	2,40	1,52
2018	0,16	1,80	1123	0,08	1,29	1557	0,51	2,79	2,39
Media	0,34	2,53	871	0,29	3,13	1175	-0,61	3,15	3,49



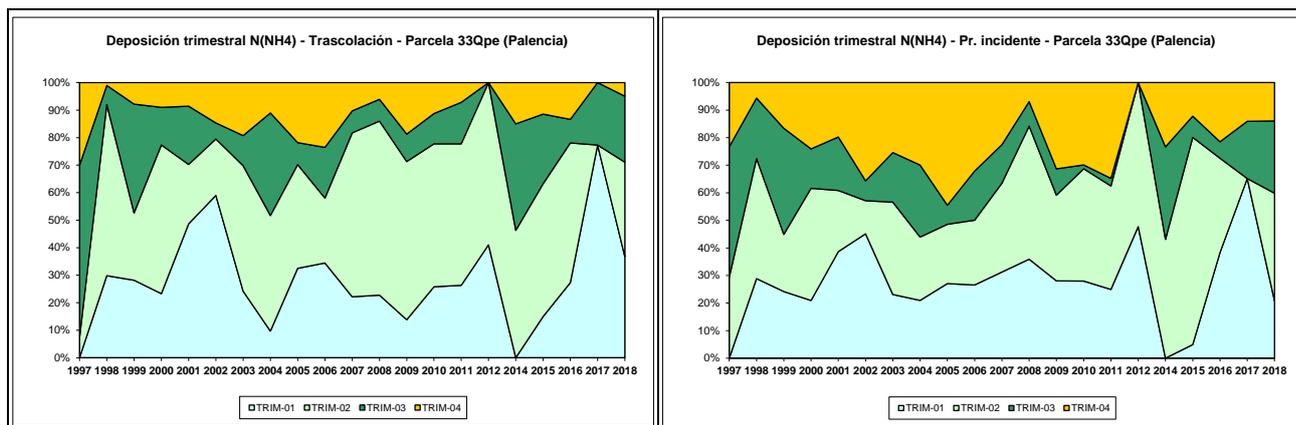


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	Trascalación (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	0,51	3,68	723	0,55	5,87	1074	-2,19	10,88	10,93
1998	0,75	4,62	618	0,53	4,64	869	-0,02	19,88	16,27
1999	1,08	10,15	937	0,88	11,08	1266	-0,93	36,56	23,56
2000	0,60	8,15	1350	0,41	6,62	1617	1,54	28,62	15,70
2001	0,71	8,17	1155	0,73	8,60	1364	-0,44	32,37	19,20
2002	1,23	12,74	1036	1,17	18,20	1561	-5,46	44,79	24,88
2003	1,04	12,29	1185	1,73	24,88	1435	-12,59	39,97	31,89
2004	2,35	17,85	761	3,82	36,25	953	-18,41	47,45	37,43
2005	1,77	7,72	436	2,17	13,66	628	-5,94	28,61	21,76
2006	1,67	17,57	1050	1,74	25,61	1472	-8,04	49,90	41,76
2007	1,57	12,45	796	1,98	21,76	1102	-9,31	45,78	37,79
2008	1,01	9,63	959	0,82	10,42	1264	-0,79	40,90	30,60
2009	0,81	6,68	828	0,77	8,97	1178	-2,30	45,08	25,80
2010	0,78	10,81	1390	0,68	13,07	1912	-2,26	41,17	21,32
2011	0,57	3,83	707	0,36	3,49	1028	0,33	29,44	13,12
2012	0,82	2,47	302	0,47	1,62	347	0,85	11,34	5,87
2014	0,24	1,54	648	0,12	1,12	941	0,43	5,78	2,90
2015	0,53	4,07	769	0,42	4,47	1059	-0,40	24,25	15,25
2016	0,52	4,70	909	0,36	4,29	1203	0,41	37,19	18,03
2017	0,82	5,04	616	0,47	4,00	856	1,04	29,16	15,38
2018	0,68	7,67	1123	0,41	6,41	1557	1,25	40,34	21,30
Media	0,96	8,18	871	0,98	11,19	1175	-3,01	32,83	21,46

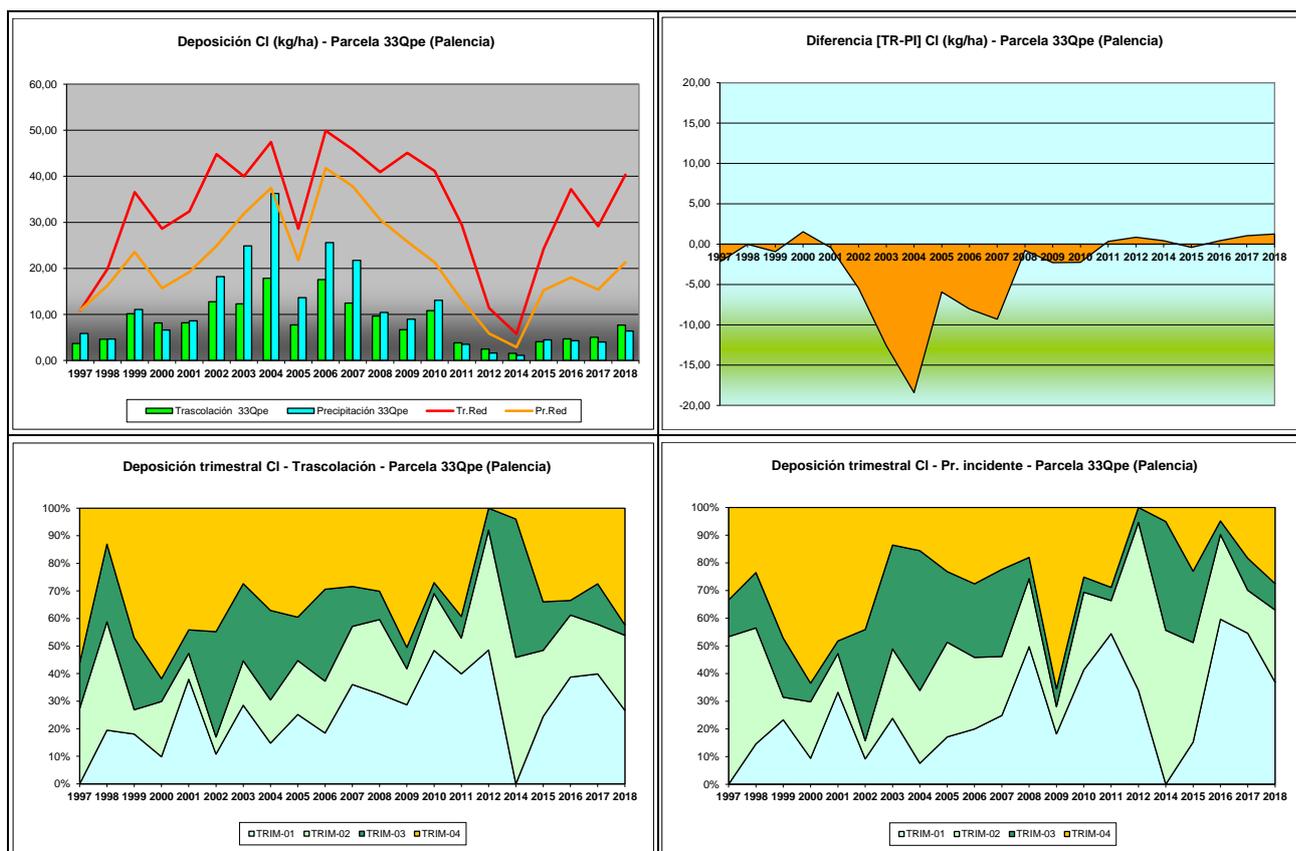


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,47	3,40	723	0,20	2,12	1074	1,29	2,24	2,13
1998	0,27	1,68	618	0,20	1,78	869	-0,10	3,67	2,27
1999	0,27	2,49	937	0,23	2,88	1266	-0,39	4,43	2,94
2000	0,23	2,86	1350	0,17	2,47	1617	0,39	3,79	2,38
2001	0,15	1,44	1155	0,20	1,98	1364	-0,54	3,51	2,09
2002	0,27	2,77	1036	0,23	3,09	1561	-0,32	4,15	2,84
2003	0,29	3,05	1185	0,26	3,76	1435	-0,71	5,39	2,74
2004	0,34	2,59	761	0,35	3,31	953	-0,72	6,93	3,28
2005	0,33	1,43	436	0,24	1,52	628	-0,09	4,31	1,83
2006	0,35	3,71	1050	0,20	2,87	1472	0,84	5,54	2,75
2007	0,24	1,93	796	0,19	2,06	1102	-0,13	5,06	2,96
2008	0,22	2,11	959	0,19	2,38	1264	-0,27	4,72	3,38
2009	0,17	1,42	828	0,10	1,14	1178	0,29	3,87	1,87
2010	0,13	1,14	1390	0,17	3,32	1912	-2,18	1,87	2,37
2011	0,66	4,45	707	0,54	5,26	1028	-0,81	7,76	4,61
2012	0,33	0,99	302	0,29	1,02	347	-0,03	1,65	0,99
2014	0,38	2,46	648	0,14	1,29	941	1,17	2,54	1,43

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	0,12	0,95	769	0,15	1,62	1059	-0,67	3,25	2,17
2016	0,14	1,29	909	0,12	1,42	1203	-0,13	3,58	1,83
2017	0,15	0,90	616	0,20	1,67	856	-0,77	3,32	1,74
2018	0,08	0,86	1123	0,12	1,84	1557	-0,97	3,41	2,08
Media	0,27	2,09	871	0,21	2,32	1175	-0,23	4,05	2,41

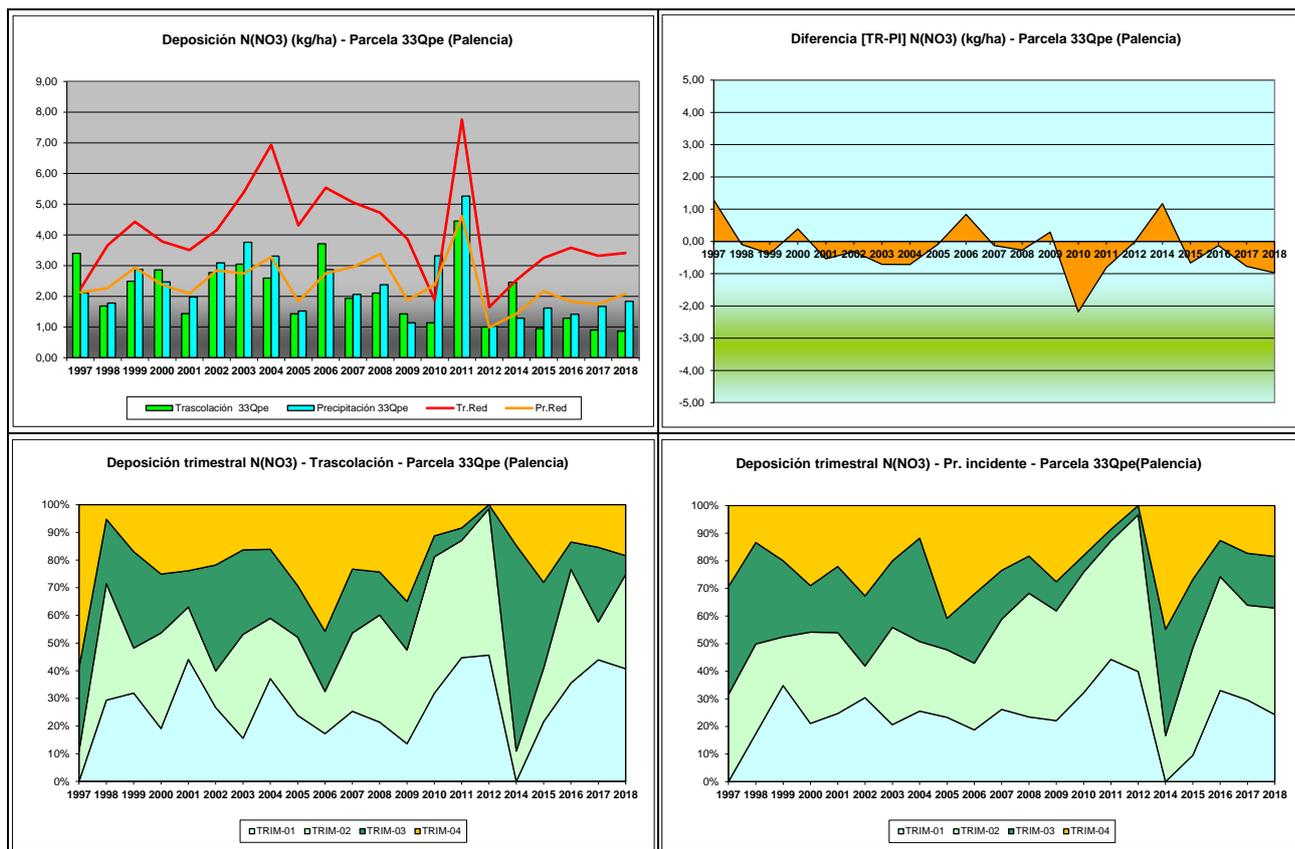


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.10. Sulfatos.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,48	3,47	723	0,43	4,57	1074	-1,10	3,00	3,70
1998	0,60	3,72	618	0,46	3,96	869	-0,24	5,81	5,79
1999	0,53	4,99	937	0,45	5,68	1266	-0,69	7,17	6,35
2000	0,37	5,05	1350	0,29	4,67	1617	0,38	6,42	4,57
2001	0,30	3,39	1155	0,36	4,28	1364	-0,89	5,68	4,11
2002	0,49	5,08	1036	0,43	6,70	1561	-1,62	7,73	6,07
2003	0,49	5,78	1185	0,41	5,93	1435	-0,15	6,85	4,80

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	0,84	6,34	761	0,71	6,70	953	-0,36	8,72	5,84
2005	0,52	2,27	436	0,41	2,55	628	-0,28	4,69	3,12
2006	0,46	4,80	1050	0,33	4,80	1472	0,01	6,80	4,69
2007	0,46	3,63	796	0,33	3,63	1102	0,00	7,24	5,12
2008	0,19	1,67	959	0,18	2,25	1264	-0,58	4,49	2,61
2009	0,17	1,39	828	0,12	1,41	1178	-0,02	4,67	3,32
2010	0,12	1,64	1390	0,11	2,11	1912	-0,47	4,27	2,88
2011	0,41	2,76	707	0,35	3,47	1028	-0,71	5,93	4,57
2012	0,38	1,16	302	0,35	1,21	347	-0,05	1,84	1,35
2014	0,23	1,50	648	0,18	1,67	941	-0,17	2,14	2,00
2015	0,18	1,36	769	0,17	1,76	1059	-0,40	3,56	2,95
2016	0,14	1,26	909	0,12	1,46	1203	-0,20	4,08	2,76
2017	0,26	1,58	616	0,21	1,78	856	-0,20	4,28	2,71
2018	0,18	1,97	1123	0,13	2,00	1557	-0,03	4,28	3,39
Media	0,37	3,09	871	0,31	3,46	1175	-0,37	5,22	3,94

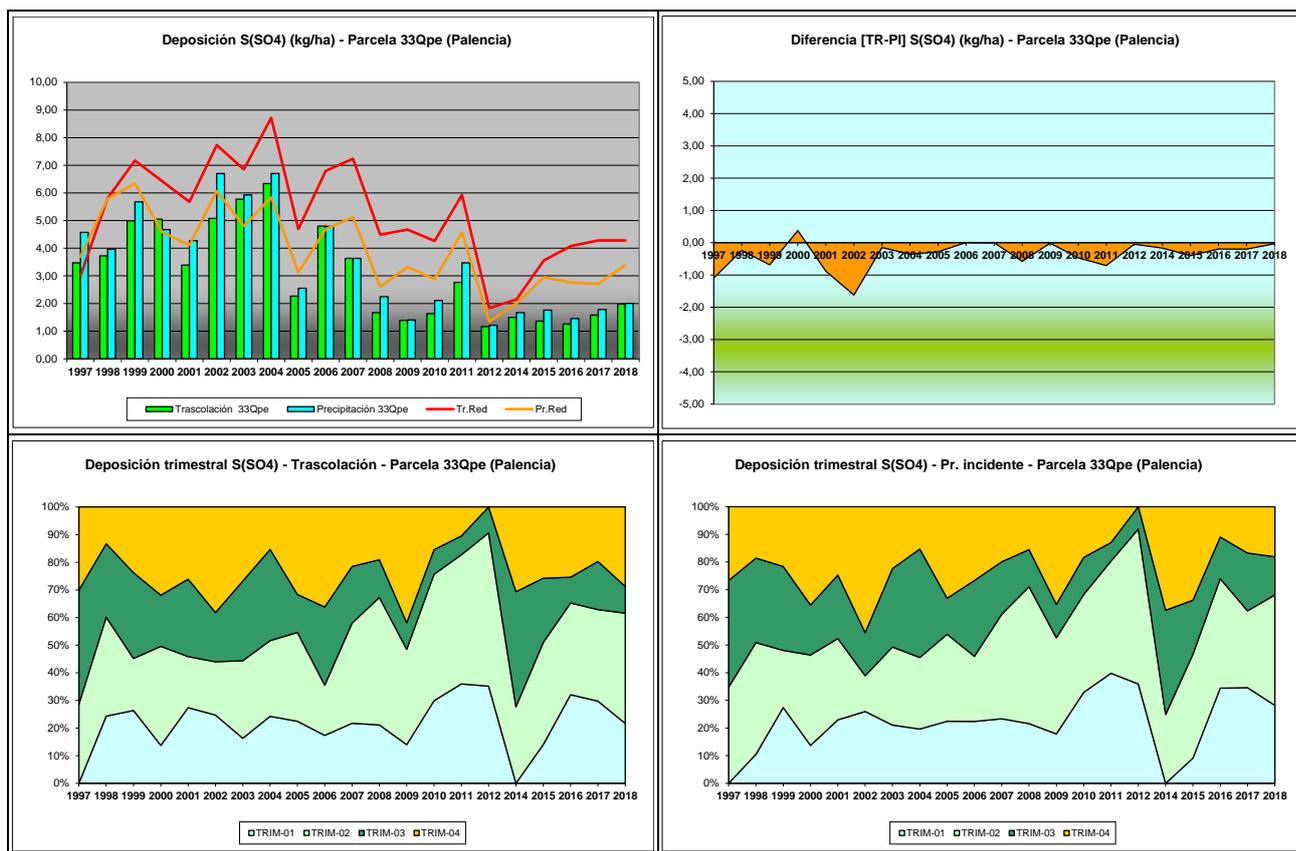


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.11. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 33Qpe, cabe destacar:

En cuanto al **pH**, se observan valores similares a los medios de la red, con una cierta acidificación a lo largo del último año, alejado de los comparativamente malos resultados obtenidos en el periodo 2004-2008, registrándose por regla general valores más bajos a campo abierto. Durante el último año se han obtenido algunas muestras que entrarían en el rango de lluvia ácida, en ambas vías de entrada al ecosistema. Con una precipitación total superior a los 1550 mm a lo largo del último año, se alcanza uno de los valores más elevados a lo largo de la serie histórica, tal y como ha ocurrido en otras parcelas de la Red, poniendo fin al episodio de sequía del año anterior. La intercepción provocada por la cubierta arbórea se ha situado en el entorno del 26%, si bien cabe hacer constar que el efecto es mucho menor a lo largo del otoño e invierno al encontrarnos bajo una masa de caducifolias.

Por lo que se refiere a la **conductividad**, se advierten valores comparativamente bajos, inferiores a los valores medios de la red y en ligera disminución a lo largo del último año, rondando los 10 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En cuanto al **potasio**, elemento típicamente terrígeno, presenta también en general valores similares a los de la media de la Red, sobrepasándolos ligeramente en ocasiones salpicadas, sobre todo por lo que se refiere a la deposición a campo abierto, que resulta ser casi siempre inferior a los valores de trascolación, lo que posiblemente estaría relacionado con los efectos de la deposición seca. Tras el incremento observado el año pasado, particularmente por lo que se refiere a la trascolación en que se llegaron a alcanzar los 25 kg/ha, en la presente revisión se recuperan los valores normales en torno a 10 kg/ha y un ligero repunte de la deposición a campo abierto, sin mayor importancia.

El **calcio** tras el considerable pico experimentado en 2003-2004 ha tendido a estabilizarse por debajo de los 10 kg/ha y valores en general por debajo de la media de la red y sin diferencias considerables entre las tasas bajo cubierta y a campo abierto, superando ésta a aquella en el periodo 2002-2007 y en algún periodo más aislado desde entonces. A lo largo del último año se advierte un ligero incremento de este soluto.

Por lo que respecta al **magnesio**, se advierte un comportamiento similar: máximo muy marcado en 2003, con valores a campo abierto muy superiores, y estabilización posterior de la serie por debajo del umbral de 2 kg/ha y tasas en general ligeramente superiores bajo cubierta, con incremento marcado a lo largo del último bienio, particularmente por lo que se refiere a la trascolación.

El **sodio**, elemento procedente en gran parte del aporte de sal marina, presenta en general valores inferiores a la media de la Red, y habitualmente superiores en el exterior de la cubierta arbórea; con un máximo muy marcado en torno a 2003 y una reducción más o menos sostenida desde ese punto hacia el final de la serie, que experimenta un aumento más o menos sostenido desde 2014.

El **amonio**, sustancia muy ligada a la actividad agrícola y ganadera, presenta también un máximo bajo cubierta en 2004, cuando se han superado incluso los valores medios de la red, para estabilizarse a continuación y experimentar un ligero incremento en los últimos años, siempre por debajo de los 5 kg/ha, y reduciéndose notablemente con respecto al máximo de la serie en 2015, particularmente a lo largo del último año. Habitualmente se han registrado deposiciones mayores a cielo abierto que en trascolación, donde se registra un ligero incremento a lo largo del último año.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por la influencia de la sal marina, y al igual que en el caso anterior, se han registrado generalmente tasas mayores a cielo abierto, tendencia que parece invertirse a lo largo del último tramo de la serie, y una mayor concentración de valores en el periodo 2003-

2007, momento a partir del cual la serie experimenta una reducción sostenida, con un ligero incremento a lo largo del último año.

Las tasas de deposición de **nitratos** son en general inferiores a la media de la Red, aunque en momentos puntuales se haya sobrepasado ligeramente la tasa obtenida a cielo abierto, como en 2003 y 2011. Las diferencias obtenidas entre las dos vías de entrada al sistema son en todo caso muy tenues, lo que indicaría una menor incidencia de la deposición seca, tendiendo a ser superiores a campo abierto a lo largo del último año. Durante el último bienio el soluto ha tendido a presentar un comportamiento muy estable y sin superar los 2 kg/ha, con mayor incidencia a campo abierto.

Por último, y en referencia a los **sulfatos**, se observa un comportamiento muy similar: máximos locales en 2002-2004 y posterior atenuación de la serie, que experimenta un ligero repunte en 2011, y depósitos algo más pequeños bajo cubierta arbórea, sin superar en los últimos años el nivel de los 2 kg/ha, con un ligero incremento a lo largo del último año.

Por lo que se refiere a la distribución estacional de las precipitaciones, los mayores aportes se han producido en otoño y primavera. Cabe mencionar también que el hecho de encontrarnos en una parcela poblada por caducifolias, que se encuentra sin hojas más de la mitad del año, disminuiría los efectos de la trascolación en tanto que indicadora de la deposición seca; mucho más patente en masas de perennifolias.

6. Calidad del aire. Inmisión.

Además del aporte de un determinado componente al ecosistema forestal, vía deposición seca/húmeda evaluada en el apartado anterior, en la Red Europea de Nivel II se mide desde 2000 la concentración en el aire de determinados contaminantes, lo que se conoce con el nombre de inmisión. Normativamente y en España se analiza la concentración de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, amonio (expresados en $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y ozono (expresado en ppb).

La medición se hace a través de dosímetros pasivos, dispositivos de muestreo dotados de un compuesto químico diana sensible a los distintos contaminantes con los que va reaccionando y que permite evaluar la concentración en aire de los mismos. En el periodo 2000-2009 el cambio de dispositivos fue quincenal, efectuándose de forma mensual a partir de 2010.

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

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

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

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

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

TABLA 21: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red. O₃ 1 ppb ~ 1,96 µg/m³

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
2000	4,05	2,35	1,94	34,28	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	3,75	1,93	1,10	42,16	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	1,55	0,75	0,83	34,59	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	1,19	0,66	2,34	32,56	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	1,68	1,25	4,30	28,87	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	1,25	0,65	1,19	31,12	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	1,69	0,88	0,95	28,66	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	0,61	0,56	0,71	28,34	0,82	1,32	0,93	27,18
2009		1,17	0,79		1,06	2,89	1,30	36,30
2010	0,76	1,09	0,72	40,16	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	0,82				1,50		0,48	
2012	1,19	1,67	0,63	45,97	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	0,94	1,73	0,82	32,03	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	1,30	2,13	1,16	31,63	1,32	3,73	1,24	26,27
2016	0,82	1,49	1,01	28,24	1,12	3,37	1,28	28,68
2017	0,81	1,57	1,10	34,98	1,00	3,57	1,47	30,55
2018	0,88	1,21	1,36	30,04	1,32	3,02	1,85	27,00
2019	0,84	1,13	1,59	29,17	1,11	2,98	1,85	24,94
Media	1,42	1,31	1,33	33,30	1,41	2,48	1,54	30,75

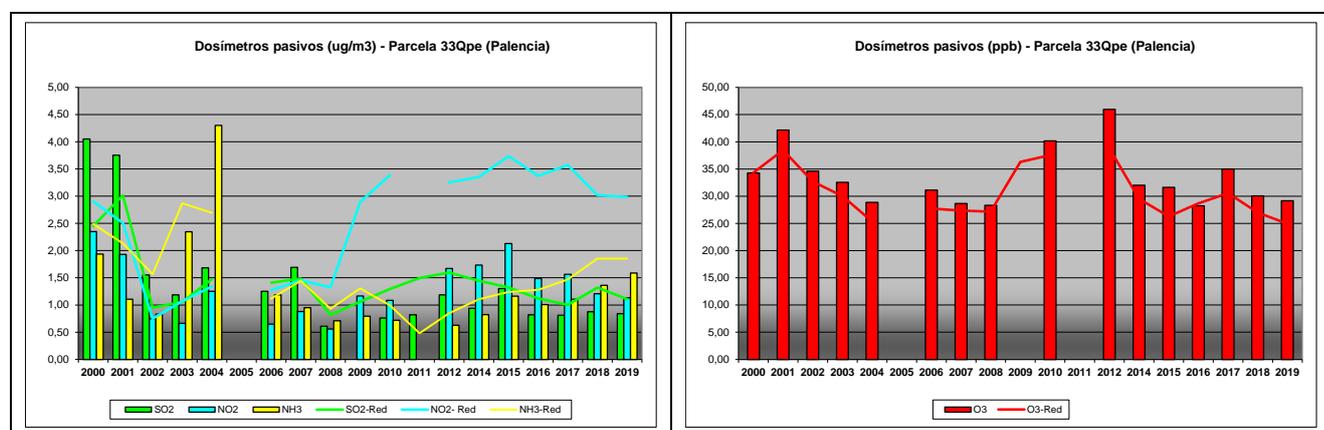


FIG 18: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, los valores de inmisión en la parcela 33Qpe han resultado superiores a los de la media de la red en óxidos de azufre y amoníaco a lo largo del primer periodo, para reducirse a continuación a tasas de en torno a 1-2 µg/m³ siempre por debajo de los niveles medios de la red y sin alcanzar los umbrales de referencia antedichos salvo por lo que se refiere a la protección de los líquenes, destacando un ligero aumento en los niveles a lo largo del último tramo de la serie, tal y como ha ocurrido en otras parcelas y parece ir definiéndose como una tendencia. Se observa también una reducción en los niveles de inmisión de ozono tras el máximo local de hace dos años, situándose por encima de los valores medios de la red en todos los casos.

7. Análisis foliar.

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

7.1. Análisis Macronutrientes.

Los macronutrientes analizados han registrado los siguientes valores:

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

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 100 hojas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
1995-1996	33 Qpe	Palencia	19,00	27,14	1,90	1,44	8,98	1,45	10,42	
	<i>Q. petraea</i>	Red	19,00	27,14	1,90	1,44	8,98	1,45	10,42	
1997-1998	33 Qpe	Palencia	19,00	22,84	1,61	1,58	12,12	1,35	13,95	
	<i>Q. petraea</i>	Red	19,00	22,84	1,61	1,58	12,12	1,35	13,95	
1999-2000	33 Qpe	Palencia	21,00	24,22	1,68	1,56	9,50	1,69	9,35	
	<i>Q. petraea</i>	Red	21,00	24,22	1,68	1,56	9,50	1,69	9,35	
2001-2002	33 Qpe	Palencia	24,00	25,30	1,70	1,77	8,82	1,81	12,81	
	<i>Q. petraea</i>	Red	24,00	25,30	1,70	1,77	8,82	1,81	12,81	
2003-2004	33 Qpe	Palencia	22,00	23,43	1,67	1,53	8,11	1,63	10,70	
	<i>Q. petraea</i>	Red	22,00	23,43	1,67	1,53	8,11	1,63	10,70	
2005-2006	33 Qpe	Palencia	20,00	23,19	1,61	1,37	9,67	1,50	10,71	
	<i>Q. petraea</i>	Red	20,00	23,19	1,61	1,37	9,67	1,50	10,71	
2007-2008	33 Qpe	Palencia	28,00	25,88	1,69	1,54	12,12	1,89	10,36	
	<i>Q. petraea</i>	Red	28,00	25,88	1,69	1,54	12,12	1,89	10,36	
2009-2010	33 Qpe	Palencia	17,00	26,75	1,68	1,56	10,20	1,82	11,66	
	<i>Q. petraea</i>	Red	17,00	26,75	1,68	1,56	10,20	1,82	11,66	
2011-2012	33 Qpe	Palencia	21,25	24,84	1,69	1,54	9,94	1,64	11,25	
	<i>Q. petraea</i>	Red	21,25	24,84	1,69	1,54	9,94	1,64	11,25	
2015-2016	33 Qpe	Palencia	24,60	27,04	1,74	1,47	7,54	1,45	10,00	49,48
	<i>Q. petraea</i>	Red	24,60	27,04	1,74	1,47	7,54	1,45	10,00	49,48
2017-2018	33 Qpe	Palencia	27,89	26,33	1,88	1,69	8,48	1,56	12,87	49,19
	<i>Q. petraea</i>	Red	27,89	26,33	1,88	1,69	8,48	1,56	12,87	49,19

No se dispone de valor de referencia para esta especie. Fuente: (2001) Peña Martínez, J.M. El Estudio del Impacto de la Contaminación Atmosférica en los Bosques. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Serie técnica.

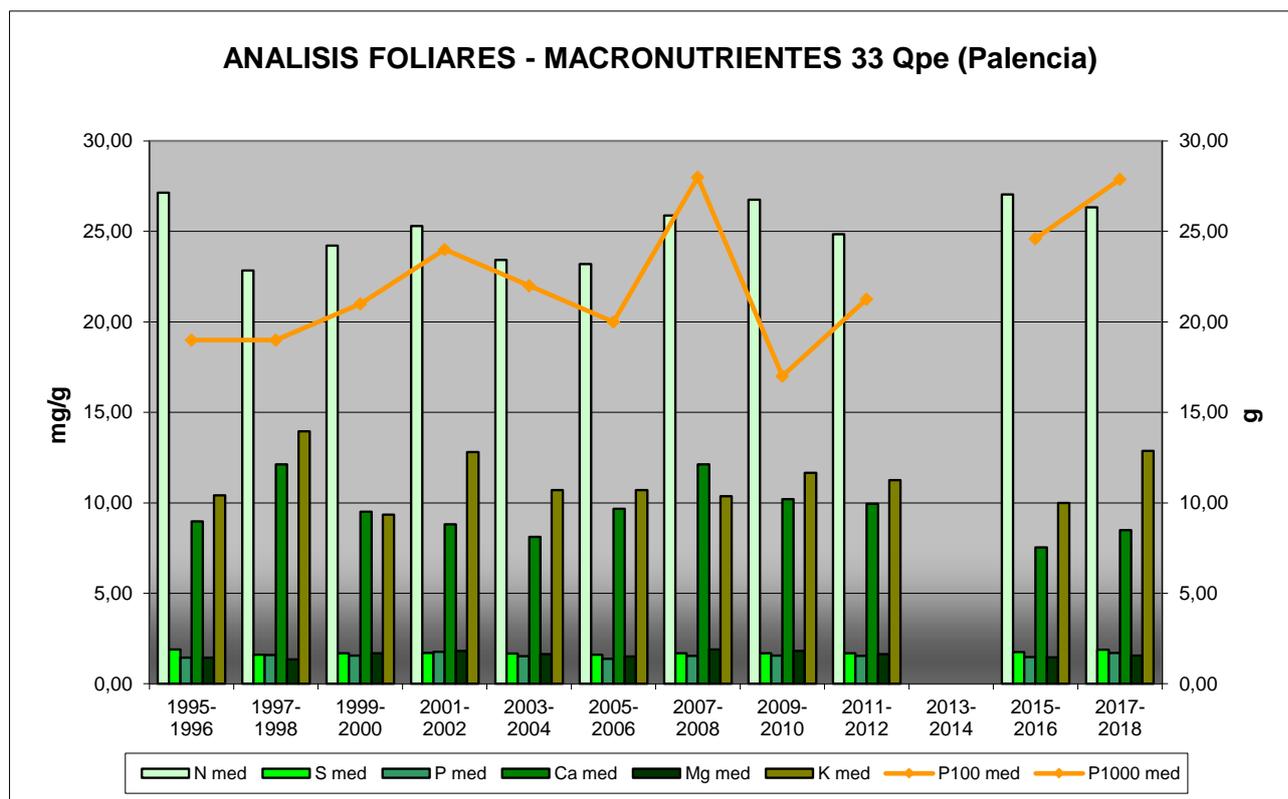


FIG 19: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

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

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES ($\mu\text{g/g MS}$)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
1995-1996	33 Qpe	Palencia		23,00	4885,00	119,00	
	<i>Q. petraea</i>	Red		23,00	4885,00	119,00	
1997-1998	33 Qpe	Palencia	56,00	25,00	2317,00	98,00	
	<i>Q. petraea</i>	Red	56,00	25,00	2317,00	98,00	
2015-2016	33 Qpe	Palencia		16,08	2252,58	76,25	7,51
	<i>Q. petraea</i>	Red		16,08	2252,58	76,25	7,51
2017-2018	33 Qpe	Palencia		20,50	1914,83	89,27	7,83
	<i>Q. petraea</i>	Red		20,50	1914,83	89,27	7,83

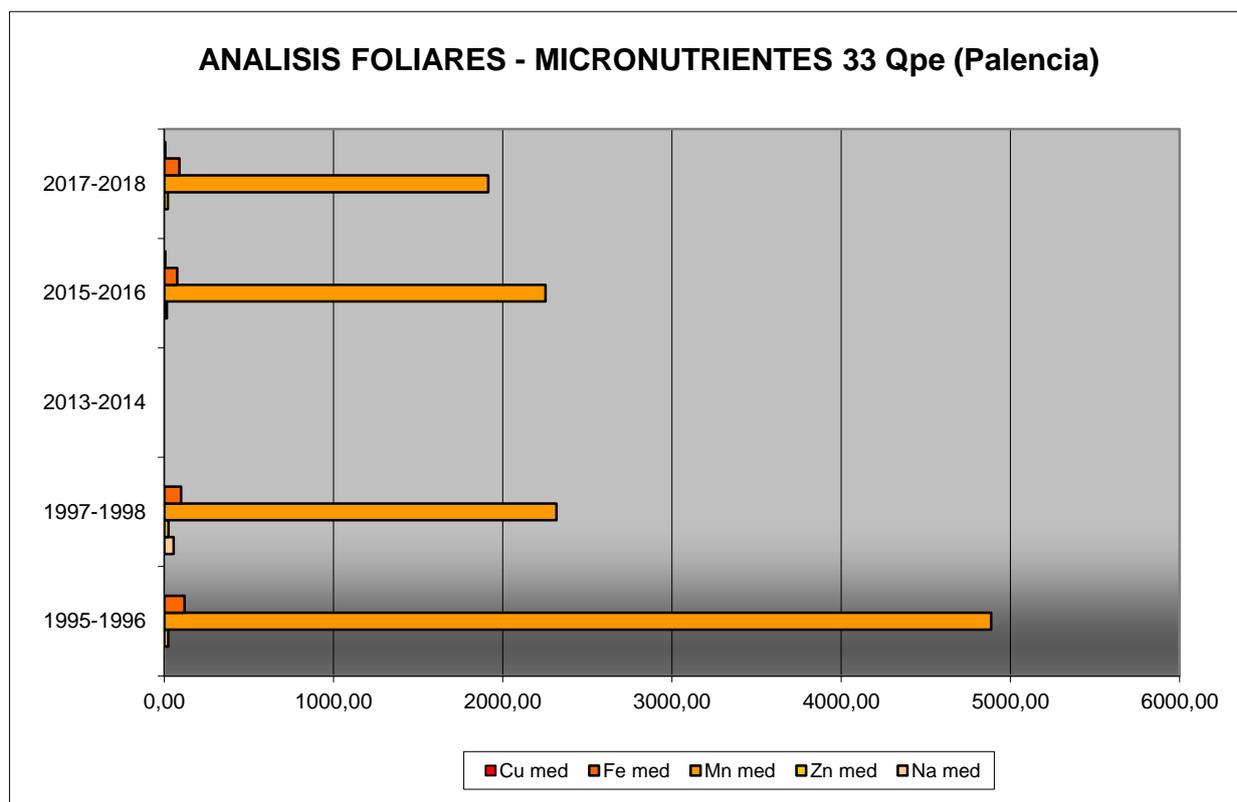


FIG 20: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 33Qpe no se realizó el análisis foliar en 2013-2014.

La parcela 33Qpe es la única con especie dominante *Quercus petraea*, por eso en este apartado no se han realizado valoraciones para la media de la especie, sólo se refieren a los resultados obtenidos del análisis de las distintas muestras foliares:

El **peso** de la muestra obtenida, tras un comportamiento previo más estable, inicia un incremento sostenido desde el mínimo de 2009-2010 para alcanzar el máximo de la serie a lo largo del último año, con cerca de 28 g/100 hojas

Respecto a los **macronutrientes**; se han obtenido valores de **nitrógeno** muy estables y elevados con respecto a otras especies a lo largo de los distintos análisis efectuados, en torno a los 25 mg/g y un ligero descenso con respecto a la campaña anterior. El **azufre** se mantiene también bastante estable, alrededor de 1,7 mg/g no disponiéndose de valor de referencia para esta especie forestal y con un ligero incremento respecto a la campaña anterior. El resto de elementos, **fósforo, magnesio, calcio y potasio** se han mantenido bastante estables también a lo largo de la serie histórica analizada, experimentando un ligero incremento respecto a la campaña anterior. Por último y en lo que se refiere al contenido en **carbono** del follaje, parámetro de reciente medición, situándose en torno a valores ligeramente por debajo del 50%.

Los *micronutrientes* sólo se han analizado en los muestreos de 1995-1996 y 1997-1998 y en la campaña 2015-2016 y no siempre se han evaluado todos ellos: cobre no se ha medido en ninguno y sodio sólo en el muestreo de 1997-1998 mientras que zinc, manganeso y hierro se han medido en ambos muestreos. Esta situación conlleva que no se pueda abordar la valoración de la evolución temporal de los nutrientes en hojas. Lo que si podemos confirmar es un incremento del contenido de **zinc, hierro y cobre**, junto con una ligera reducción del **manganeso**.

8. Desfronde.

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

Se presentan a continuación los resultados obtenidos desde 2005; haciéndose la salvedad al igual que en casos anteriores, de que en 2012 se ha muestreado el periodo enero-julio, mientras que en 2014 los análisis corresponden al periodo mayo-diciembre.

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

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2005	Hojas	2.726	51,40	14,21	1,01	0,79	8,10	1,44	4,41
	Ramillas	405	51,46	7,31	0,11	0,38	5,04	0,57	2,49
	Otras	668	50,11	15,59	0,91	1,00	7,00	0,99	3,56
2006	Hojas	3.061	51,04	17,20	1,30	1,28	7,57	1,60	6,87
	Ramillas	667	51,92	6,71	0,50	0,41	5,46	0,57	2,13
	Otras	744	50,91	11,43	0,91	0,74	9,37	0,80	3,04
2007	Hojas	3.174	53,16	18,10	1,27	1,09	7,72	2,52	4,35
	Ramillas	332	53,45	6,42	0,43	0,36	4,36	1,81	1,62
	Otras	822	52,42	13,56	1,00	0,83	7,28	2,50	2,58
2008	Hojas	3.572	52,32	22,71	1,38	1,47	8,47	1,62	6,35
	Ramillas	547	51,96	6,47	0,51	0,37	5,54	0,54	1,92
	Otras	557	51,19	15,81	1,05	1,11	12,00	1,14	3,25
2009	Hojas	2.943	51,50	14,36	1,14	0,73	6,36	1,37	4,67
	Ramillas	761	51,80	4,43	0,47	0,30	4,68	0,45	1,67
	Otras	873	51,27	11,43	1,13	0,86	8,30	0,78	3,57
2010	Hojas	2.912	53,64	18,33	1,58	0,73	6,40	1,13	4,97
	Ramillas	1.957	53,04	6,88	0,62	0,34	4,69	0,48	1,66
	Otras	1.624	52,48	12,62	1,11	0,58	8,10	0,70	2,19
2011	Hojas	3.087	52,06	19,46	1,40	1,13	7,00	2,45	4,84
	Ramillas	957	52,06	6,28	0,46	0,36	4,48	1,40	1,62
	Otras	872	51,19	13,40	1,02	0,86	7,69	2,63	2,64
2012	Hojas	167	52,00	22,76	1,64	1,26	6,24	1,57	5,82
	Ramillas	1.226	52,23	5,94	0,56	0,33	4,71	0,77	1,33
	Otras	635	52,34	13,32	1,11	0,85	9,38	1,37	1,59
2014	Hojas	3.151	50,51	17,76	1,01	0,85	6,99	1,35	5,09
	Ramillas	1.105							
	Otras	581							
2015	Hojas	2.421	49,63	14,27	1,10	0,61	8,72	1,29	4,67

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
	Ramillas	1.181							
	Otras	682	48,39	13,20	0,97	1,29	5,66	0,98	5,18
2016	Hojas	3.228	50,95	9,83	0,99	0,48	8,23	1,66	5,73
	Ramillas	612							
	Otras	401	50,05	12,74	1,03	1,16	7,85	1,45	6,05
2017	Hojas	3.416	48,21	15,23	1,08	0,92	7,90	1,65	4,69
	Ramillas	633							
	Otras	607							
2018	Hojas	2.920	50,51	8,60	0,93	0,37	8,20	1,29	2,69
	Ramillas	454							
	Otras	847							
Media	Hojas	2.829	51,30	16,37	1,22	0,90	7,53	1,61	5,01
	Ramillas	834	52,24	6,31	0,46	0,36	4,87	0,83	1,80
	Otras	762	51,03	13,31	1,02	0,93	8,26	1,33	3,36

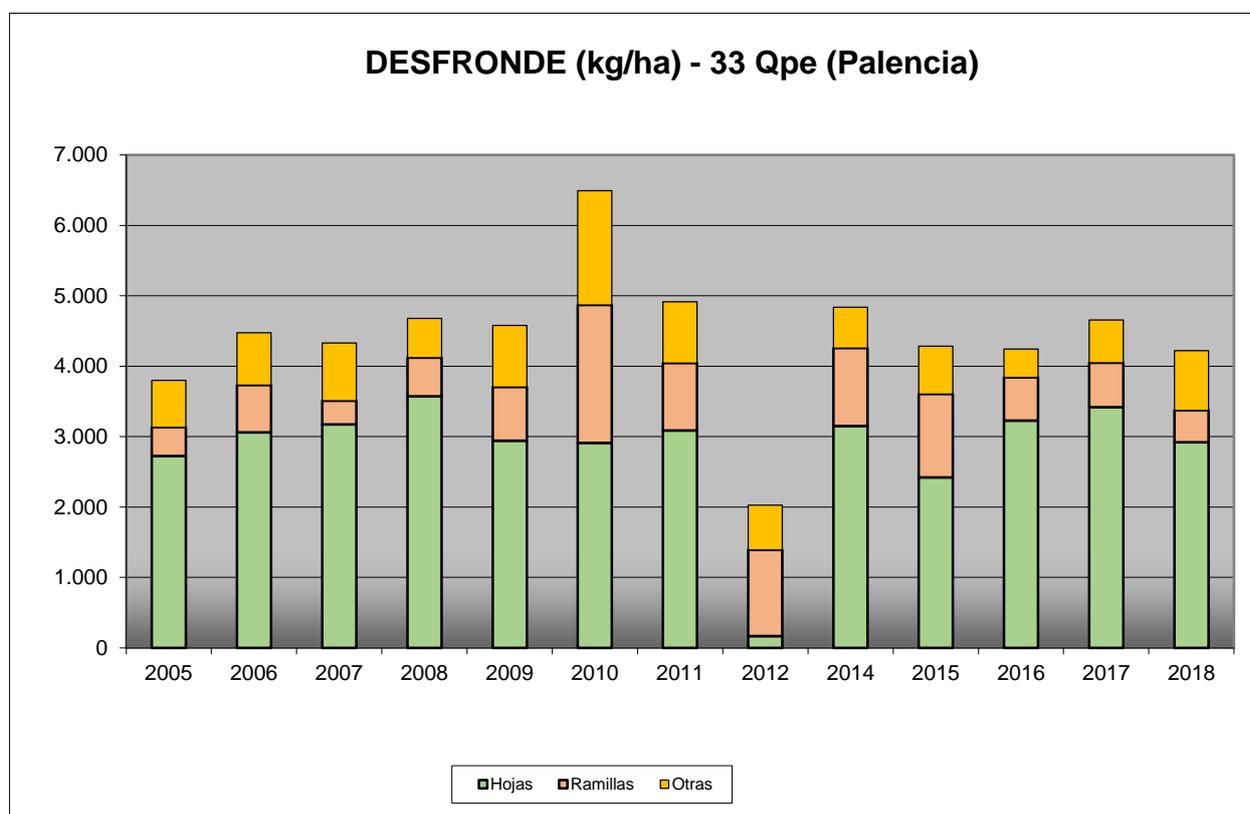


FIG 21: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde foliar es considerablemente elevado, posiblemente debido al carácter caducifolio de la masa y que la fracción de ramillas de diámetro inferior a 2 cm alcanza también una proporción considerable, contrariamente a lo que sucede en otras especies. Las bajas tasas observadas en 2012 se deberían a no haber muestreado el otoño de ese año, momento en el que se incorpora la mayoría del litter. El contenido medio en C del desfronde obtenido se situaría ligeramente por encima del 50%.

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 33Qpe, de entre ellos el comienzo y fin de fase; su duración o amplitud; el número de días transcurrido entre el 1 de enero y la fecha de inicio de la fase, y –como esbozo de la influencia de la temperatura en el fenómeno- los días-grado transcurridos desde el 1 de enero (periodo de parada vegetativa) y el comienzo de la fase, obtenido de la estación meteorológica instalada en la parcela.

TABLA 25: Resultados de la evaluación fenológica. Comienzo, final y amplitud de la fase. Días desde el 1 de enero hasta el comienzo de fase. Temperatura acumulada (grados-día) hasta el inicio de fase.

Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)
1999	28/04/99	07/07/99	70	117	500					
2000	16/05/00	15/06/00	30	136	705					
2001	15/05/01	17/07/01	63	134	661					
2002	15/05/02	17/07/02	63	134	689					
2003	21/05/03	04/06/03	14	140	720					
2004	27/04/04	19/05/04	15	117	423	29/06/04	13/07/04	14	180	1180
2005	11/05/05	02/06/05	22	130	500	02/06/05	15/06/05	13	152	761
2006	02/05/06	16/05/06	14	121	453					
2007	05/05/07	30/05/07	25	124	600	30/05/07	14/06/07	15	149	790
2008	07/05/08	02/07/08	56	127	692	18/06/08	15/07/08	27	169	1074
2009	05/05/09	19/05/09	14	124	499	07/07/09	21/07/09	14	187	907
2010	11/05/10	25/05/10	14	130	424	25/05/10	15/06/10	21	144	568
2011	26/04/11	25/05/11	29	115	448	25/05/11	29/06/11	35	144	695
2012	25/04/12	30/05/12	35	115	493	30/05/12	27/06/12	28	150	845
2014	23/04/14	28/05/14	35	112	687	28/05/14	25/06/14	28	147	1048
2015	21/04/15	23/06/15	63	110	473	27/05/15	23/06/15	27	146	861

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)
2016	30/05/16	05/07/16	36	150	736	30/05/16	05/07/16	36	150	736
2017	26/04/17	21/06/17	56	115	701	31/05/17	21/06/17	21	150	1108
2018	29/05/18	26/07/18	58	148	700	29/05/18	27/06/18	29	148	700
2019	29/05/19	25/06/19	27	148	968	29/05/19	25/06/19	27	148	968
Media			37	127	604			24	155	874

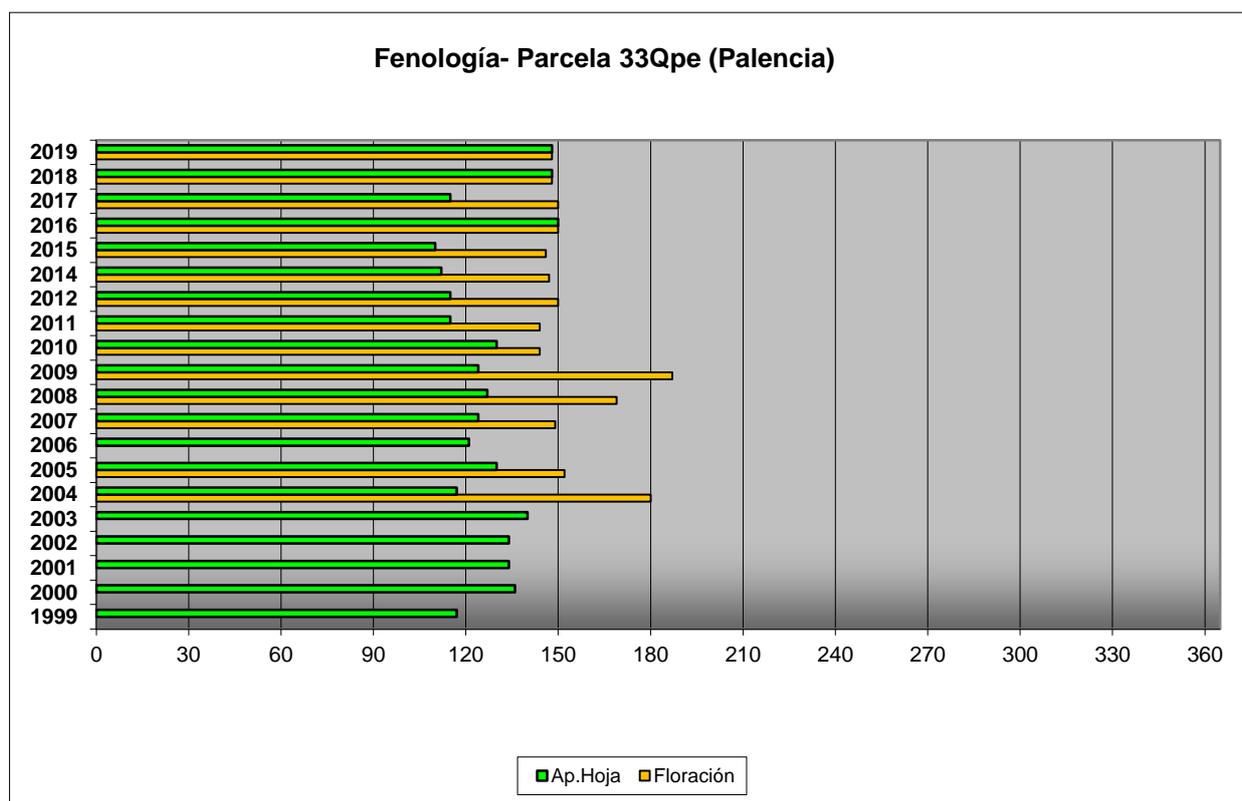


FIG 22: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, la brotación es en general anterior a la aparición de la flor, estructura que por otra parte y para el roble se mantiene poco tiempo en el árbol; produciéndose la primera en torno a abril y la segunda alrededor de mayo, situación muy estable a lo largo de los últimos años.



FIG 23: Brotación hoja nueva y aparición y elongación de los amentos masculinos (mayo).

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 26: Valor medio dendrómetros. Crecimiento medio: diferencia en cm y porcentaje entre el máximo y mínimo del año. Oscilación media: diferencia y porcentaje entre los valores de enero y diciembre (o comienzo/fin de año en años incompletos)

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
1999	0,01	0,06	0,01	0,00
2000	0,15	1,09	0,15	1,02
2001	0,19	1,41	0,19	1,30
2002	0,17	1,21	0,17	1,08
2003				
2004	0,18	1,23	0,18	0,95
2005	0,21	1,43	0,21	1,06
2006	0,26	1,75	0,26	1,40
2007	0,18	1,22	0,18	0,99
2008	0,10	0,69	0,10	0,61
2009	0,10	0,67	0,10	0,67
2010	0,22	1,05	0,22	0,52
2011	0,16	0,79	0,16	0,60
2012	0,14	0,68	0,14	0,60
2014	0,12	0,58	0,12	0,57
2015	0,21	1,02	0,21	0,73
2016	0,12	0,49	0,12	0,40

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
2017	0,14	0,57	0,14	0,53
2018	0,17	0,73	0,17	0,58
2019	0,15	0,65	0,15	0,60
Media	0,16	0,91	0,16	0,75

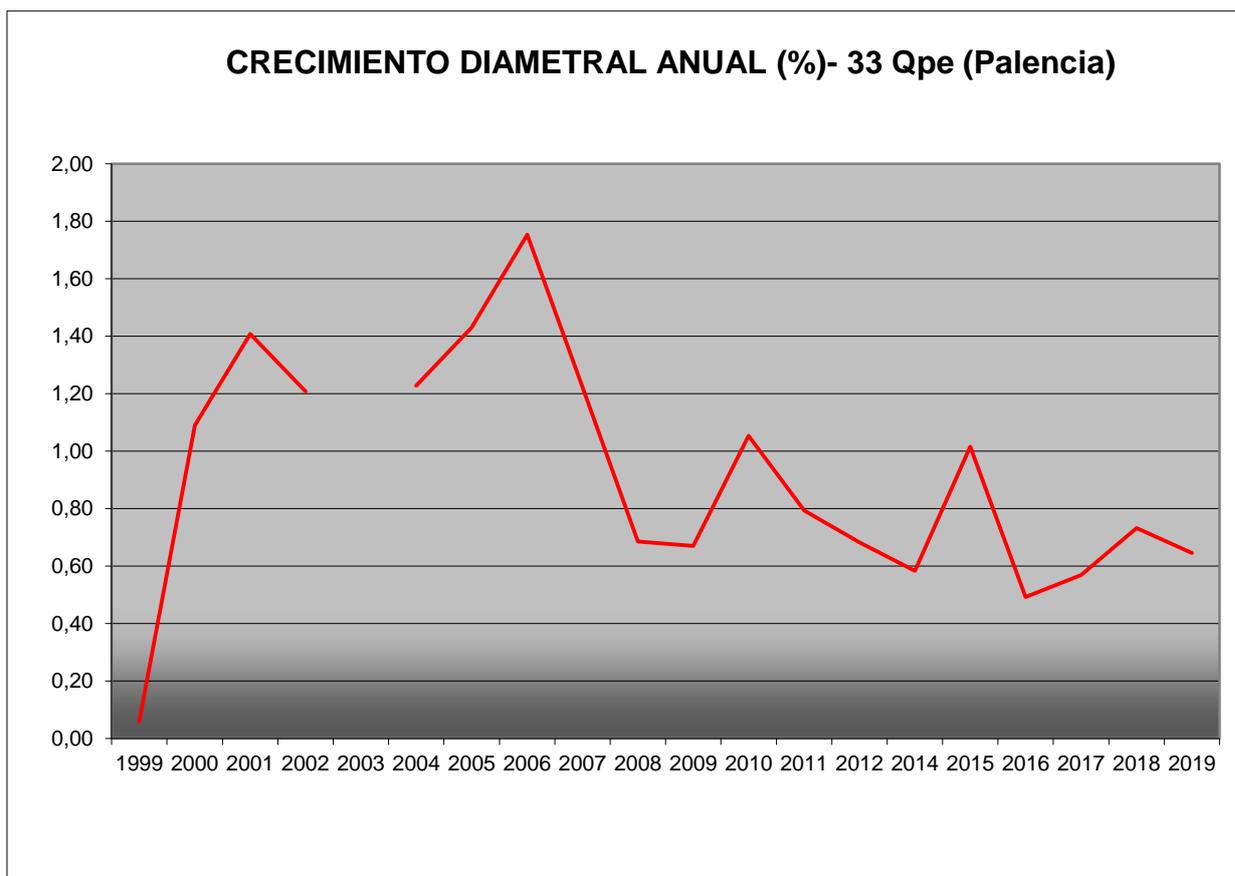


FIG 24: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

Como puede verse en el gráfico anterior, el crecimiento diamétrico anual en la parcela considerada ha oscilado, excepción hecha del primer año de evaluación, entre el 0,57% de 2016 y el 1,75% de 2006, situándose por regla general en valores próximos al 1% anual, manteniéndose la reducción del parámetro desde el máximo local de 2015, si bien con un cierto incremento a lo largo del último bienio.

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

Año	Prec	T med	T MAX	T MIN	T max	T min	Rad med	HR med	V viento med	V viento max
	(mm)	(°C)					(W/m ²)	(%)	(m/s)	
1997	1074	3,5	12,9	-4,7	6,8	0,2	56,6	73,8	2,0	20,8
1998	869	9,2	44,6	-6,9	14,3	4,8	171,9	69,0	2,0	31,9
1999	1266	9,6	30,6	-7,3	14,7	5,2				33,6
2000	1617	9,5	30,7	-14,8	14,6	4,4	189,8	66,7	2,1	30,2
2001	1364	8,2	30,4	-19,2	14,3	-1,3	171,7	59,2	2,1	32,5
2002	1561	9,3	30,5	-15,2	14,4	4,3	154,4	72,8	2,1	32,8
2003	1435	9,3	30,5	-15,2	14,4	4,3	154,4	72,8	2,1	32,8
2004	953	8,4	30,6	-7,6	13,3	4,1		75,4	2,0	32,8
2005	628	8,7	31,1	-14,4	13,9	3,5		68,1	1,8	25,7
2006	1472	8,2	32,6	-17,2	13,2	3,4	143,7	70,8	1,7	29,5
2007	1102	7,6	30,5	-15,1	12,4	2,9		71,4	1,7	
2008	1264	7,7	30,5	-19,0	12,3	-0,9	151,7	73,7	1,8	27,2
2009	1178	10,4	30,6	-19,0	15,8	3,3	214,2	69,8	1,8	57,7
2010	1912	8,0	29,9	-11,3	12,7	3,7		75,8	2,0	34,0
2011	1028	8,1	34,3	-16,0	16,2	0,8	149,0	72,6	2,0	66,0
2012	347	7,9	31,5	-6,8	13,2	3,1	153,3	82,9	2,0	26,8
2014	941	10,2	32,0	-6,0	15,5	4,7	148,5	70,7	2,0	35,8
2015	1059	9,7	31,8	-6,0	14,9	5,0	141,9	67,5	1,5	37,3
2016	1203	9,2	33,0	-9,8	14,3	4,7	135,6	70,0	1,6	33,6
2017	856	10,2	33,0	-7,4	15,8	5,1	196,8	62,8	1,7	43,3
2018	1557	9,0	32,1	-14,7	14,1	4,2	186,3	66,0	1,7	29,5
2019	1206	9,6	32,1	-10,5	15,2	4,4	216,5	58,5	2,0	29,1
Media	1177	8,7	31,2	-12,0	13,9	3,3	161,0	70,0	1,9	34,4

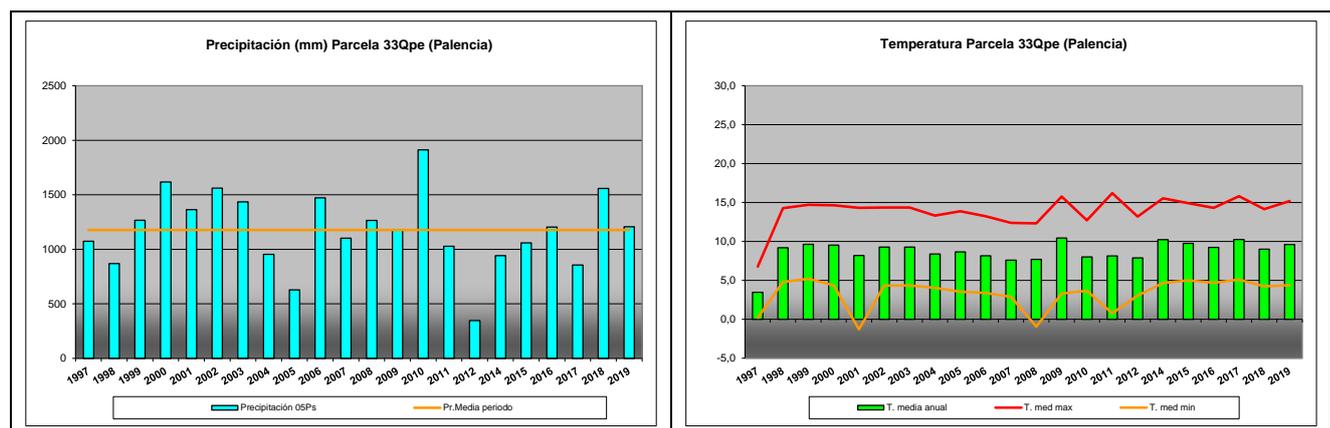


FIG 25: Principales variables meteorológicas.

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 28: 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	5	1			0	23	10/06 a 02/07
2001	3	3	116,2	18/10 a 22/10	2	15	12/06 a 26/06
2002	2	0	131,0	19/11 a 23/11	0	12	11/08 a 22/08
2003							
2004	2	5	95,8	16/10 a 20/10	3	15	18/07 a 01/08
2005	4	13	123,2	01/12 a 05/12	1	24	24/06 a 17/07
2006	4	1	51,2	16/02 a 20/02	1	13	06/07 a 14/08
2007	1	5	84,4	10/02 a 14/02	3	31	20/06 a 20/07
2008	2	1	116,8	11/01 a 15/01	2	34	04/07 a 06/08
2009	1	7	145,0	27/12 a 31/12	1	22	30/06 a 21/07
2010	0	16	190,0	23/02 a 27/02	3	53	10/07 a 31/08
2011	13	1	43,0	04/01 a 08/01	0	16	11/06 a 26/06
2012							
2013							
2014	4	0	136,0	08/10 a 12/10	21	28	04/08 a 31/08
2015	5	4	110,2	04/10 a 08/10	2	28	23/06 a 20/07
2016	8	2	215,0	06/01 a 10/01	2	23	07/07 a 29/07
2017	5	2	95,5	01/02 a 05/02	0	34	20/07 a 22/08
2018	2	5	83,4	21/11 a 25/11	0	49	14/07 a 31/08
2019	6	1	174,8	18/12 a 22/12	0	15	20/05 a 03/06

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

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Media
S-01	1,60	1,35	1,35	1,22	1,21	1,47	1,37
S-02	1,61	1,37	1,38	1,32	1,27	1,68	1,44
S-03	1,45	1,09	1,25	1,19	1,13	1,56	1,28
S-04	1,49	1,15	1,27	1,21	1,11	1,34	1,26
S-05	1,38	1,12	1,17	1,25	1,10	1,26	1,22

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Media
S-06	1,45	1,08	1,24	1,27	1,11	1,42	1,26
S-07	1,54	1,14	1,38	1,32	1,19	1,46	1,34
S-08	1,48	1,30	1,36	1,24	1,25	1,36	1,33
S-09	1,55	1,19	1,29	1,21	1,33	1,45	1,34
S-10	1,47	1,12	1,20	1,22	1,11	1,50	1,27
S-11	1,44	1,13	1,18	1,28	1,03	1,20	1,21
S-12	1,48	1,20	1,22	1,29	1,14	1,25	1,26
S-13	1,45	1,17	1,20	1,33	1,16	1,27	1,27
S-14	1,89	1,23	1,54	1,34	1,34	1,52	1,48
S-15	1,51	1,21	1,41	1,33	1,21	1,40	1,34
S-16	1,81	1,18	1,34	1,10	1,13	1,33	1,31
Media	1,54	1,19	1,30	1,26	1,18	1,41	1,31

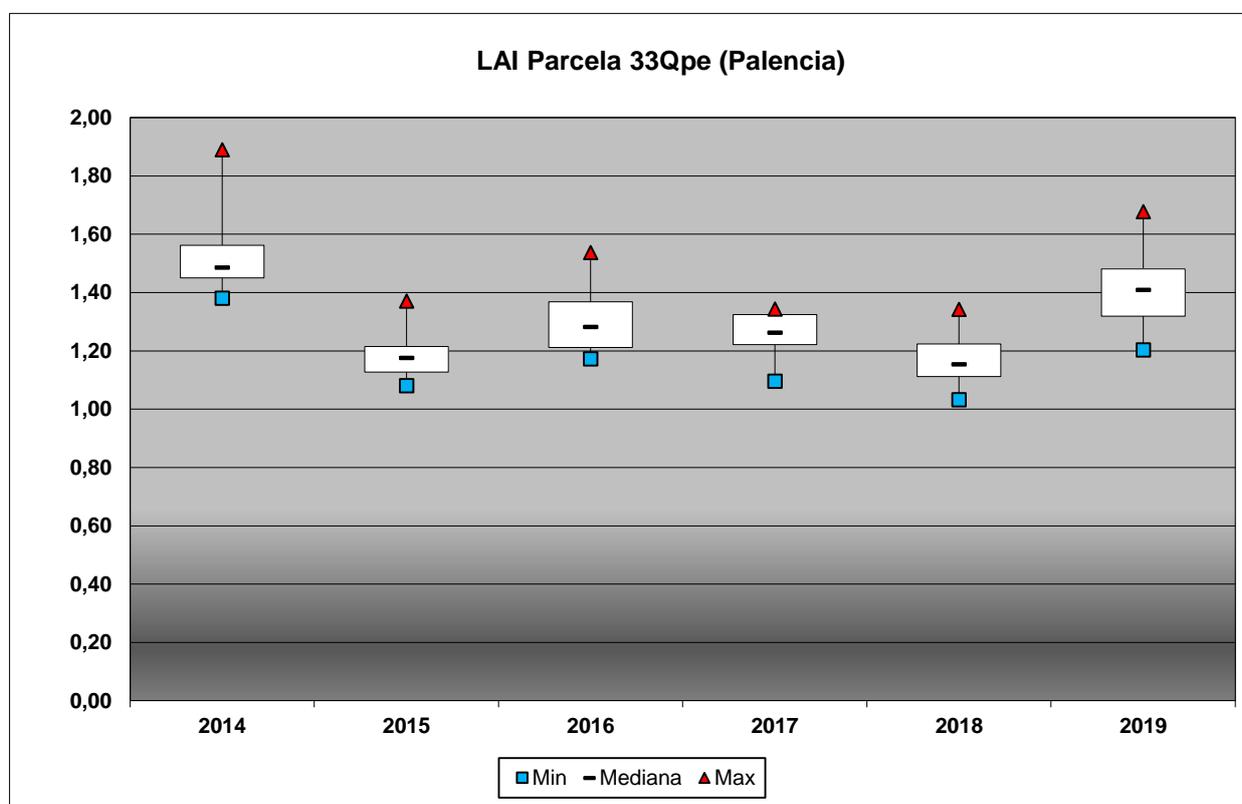


FIG 26: Diagrama de cajas LAI anual.

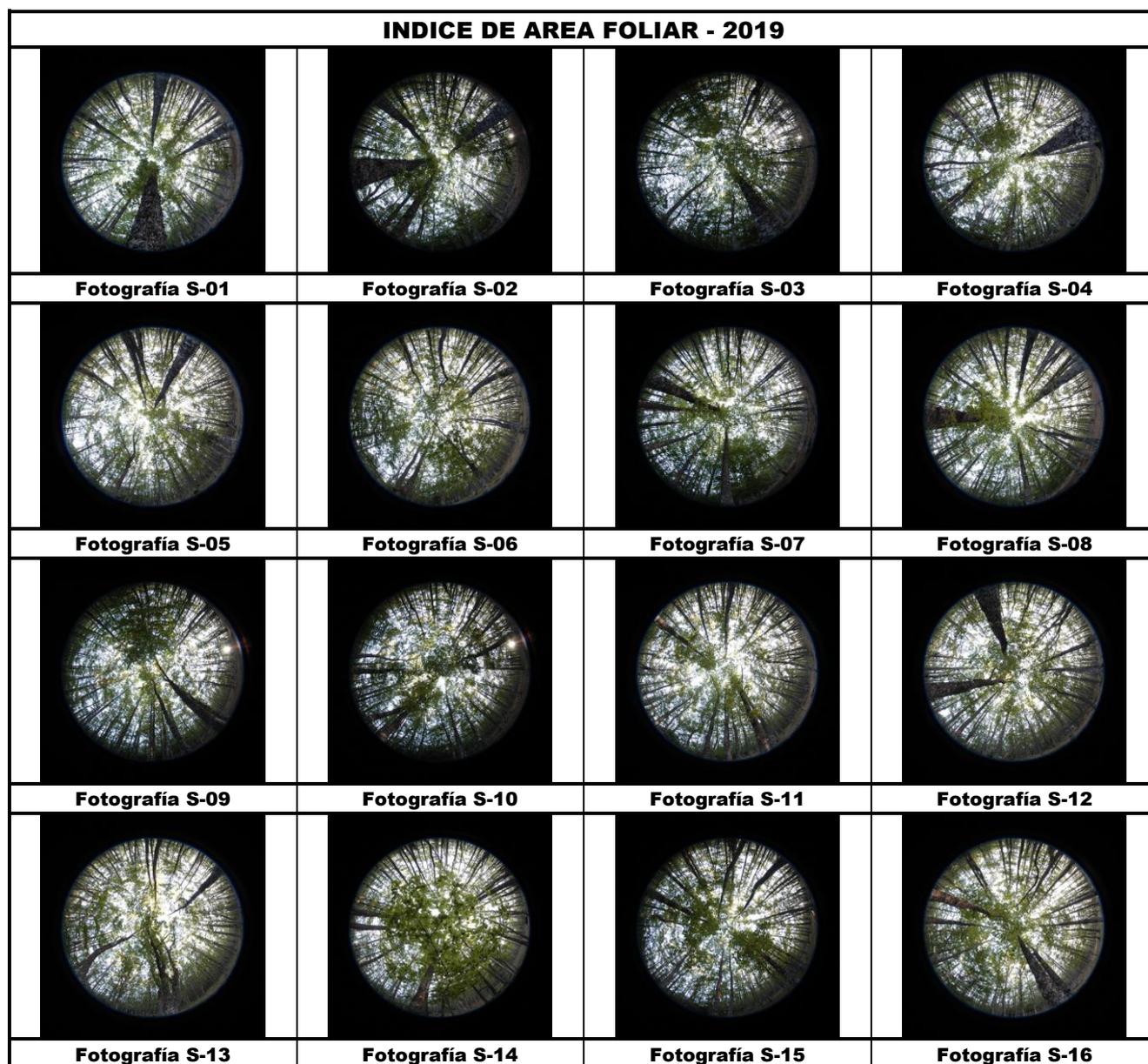


FIG 27: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.

13. Solución del suelo.

La solución del suelo es la componente acuosa del mismo a saturación o capacidad de campo y expresa el contenido en nutrientes o posibles contaminantes que puede absorber el ecosistema por vía radical. La obtención de muestra en climas mediterráneos se ve dificultada por la irregularidad de las precipitaciones, lo que disminuye los periodos en que el suelo se encuentra saturado, siendo frecuente que no pueda obtenerse muestra durante periodos considerables. De acuerdo con la normativa, se toma muestra de agua a dos profundidades, 20 y 60 cm.

Se caracteriza a continuación la solución del suelo en la parcela 33Qpe, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la series histórica estudiada, haciendo la salvedad de que

tras la mejora del método de extracción de muestra mediante bomba de vacío en continuo y l aobtención de mayores volúmenes de muestra, se ha podido disponer de las primeras series de datos

TABLA 30: Resultados de análisis de la solución del suelo por año. Datos medios referidos a las dos profundidades de toma de muestra, 20 y 60 cm de profundidad.

Año	pH	Cond (µS/cm)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	N(NH4) (mg/l)	Cl (mg/l)	N(NO3) (mg/l)	S(SO4) (mg/l)
2016	6,42	7,55					0,35	0,71	0,11	0,12
2017										
2018	6,18	62,13	2,08	18,14	1,80	1,86	0,37	8,25	0,26	0,93

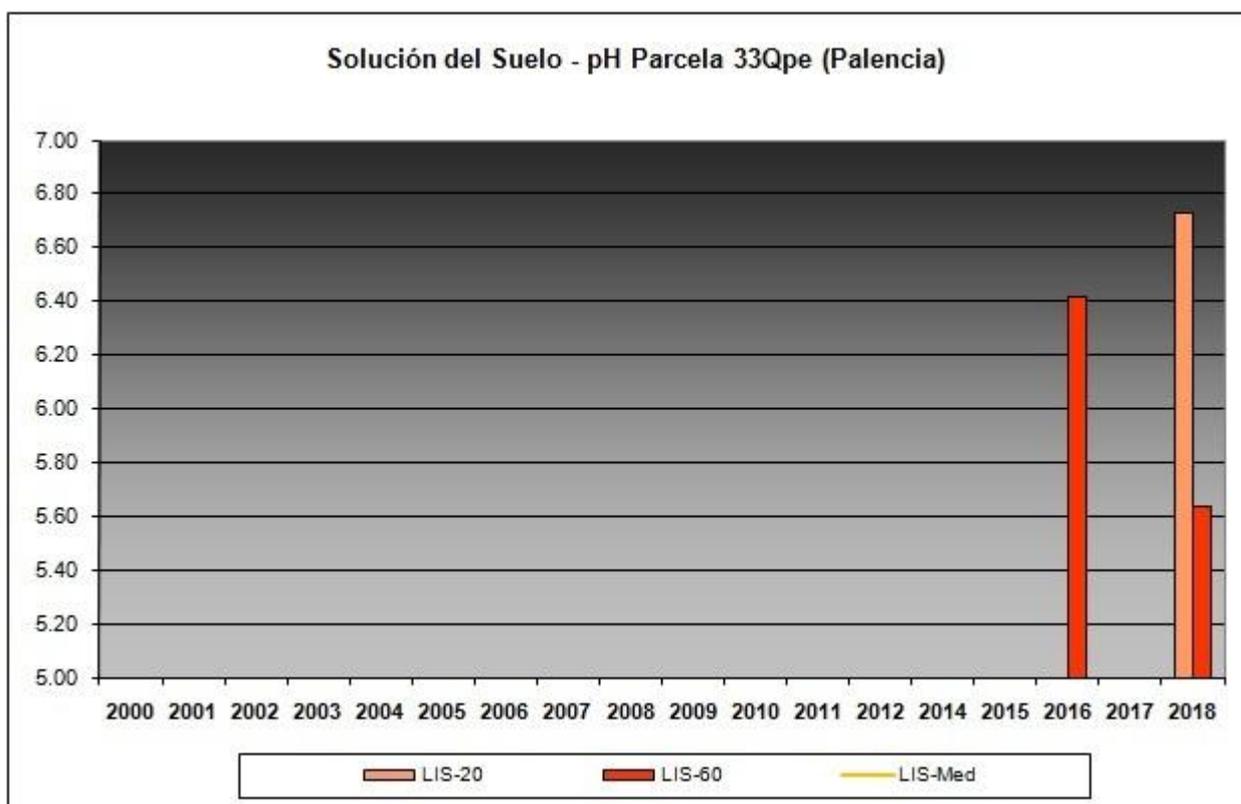


FIG 28: pH solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

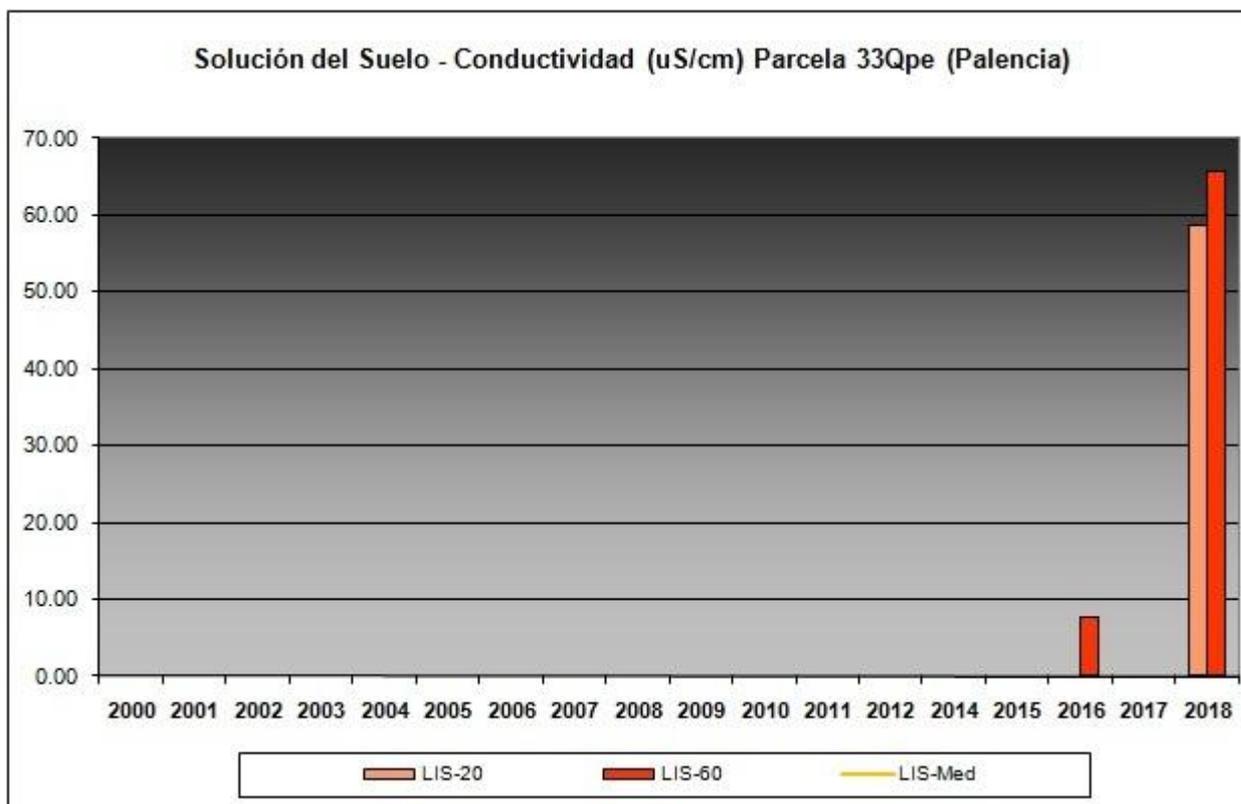


FIG 29: Conductividad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

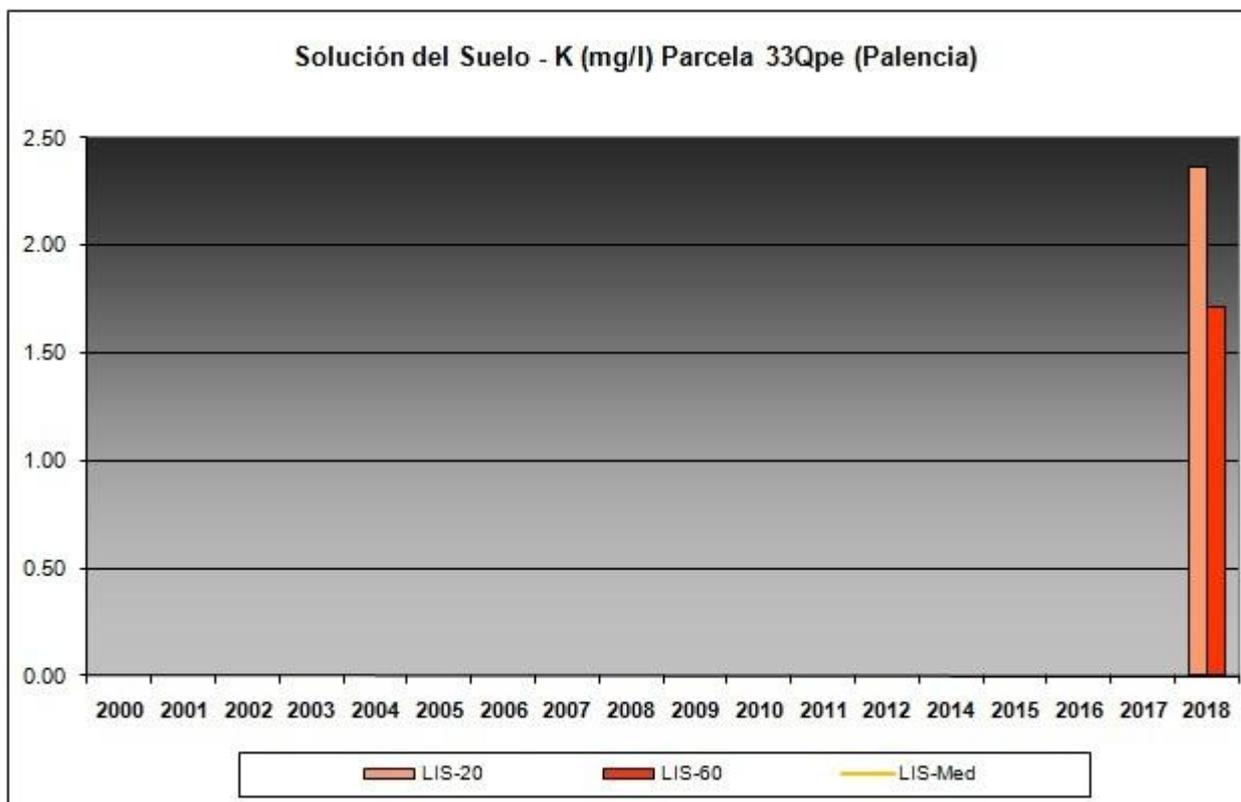


FIG 30: Contenido en K solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

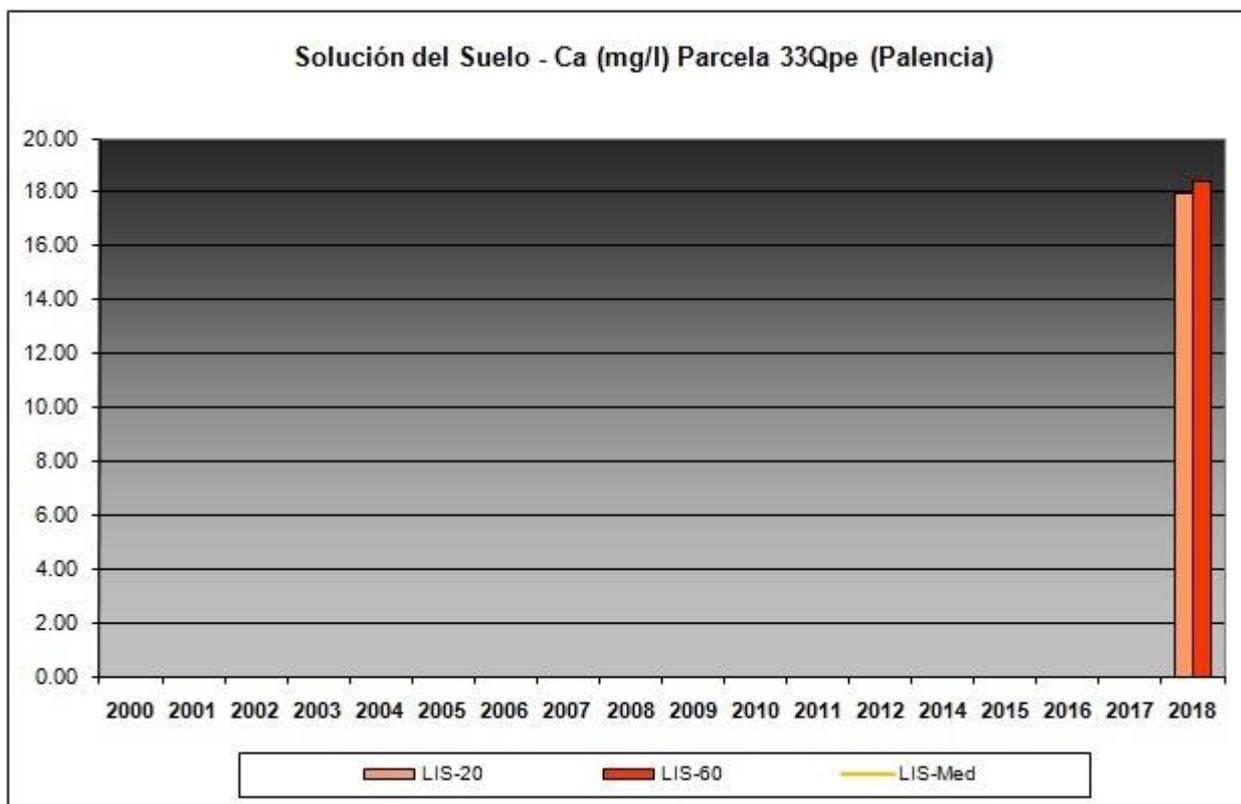


FIG 31: Contenido en Ca solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

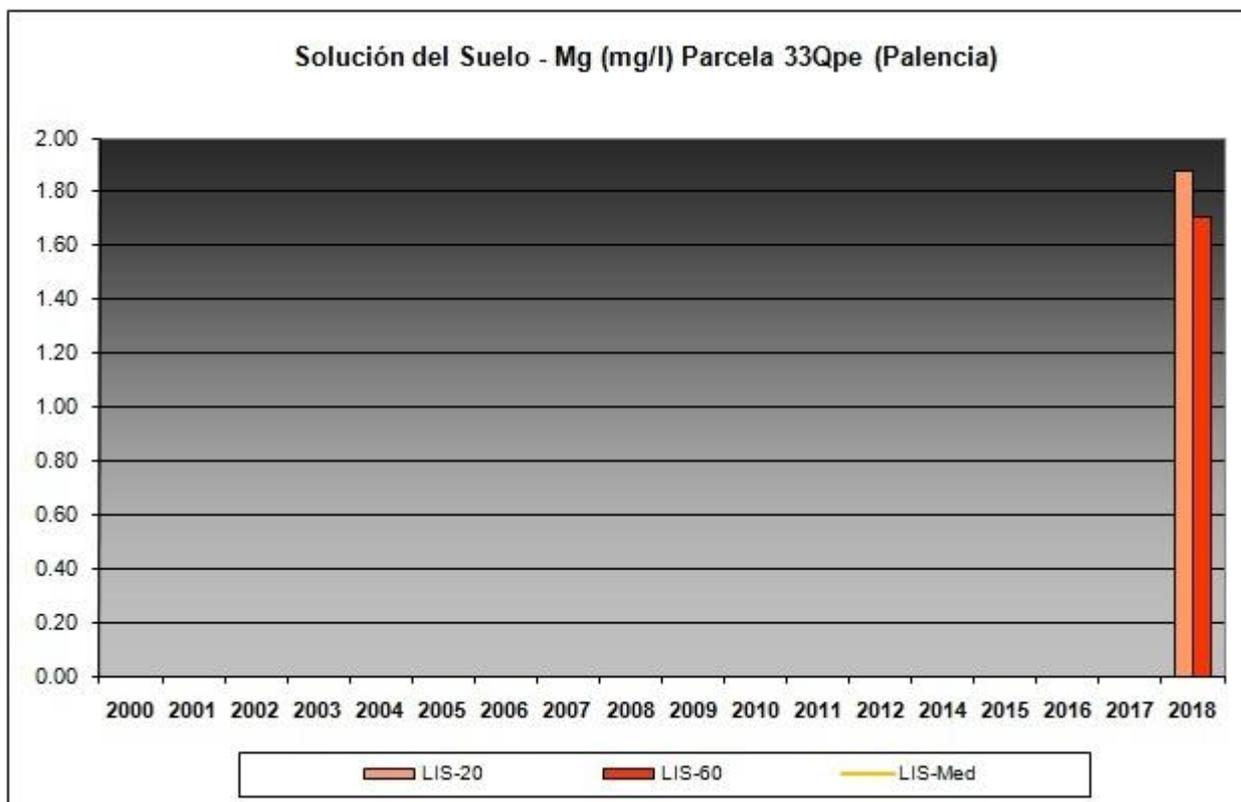


FIG 32: Contenido en Mg solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

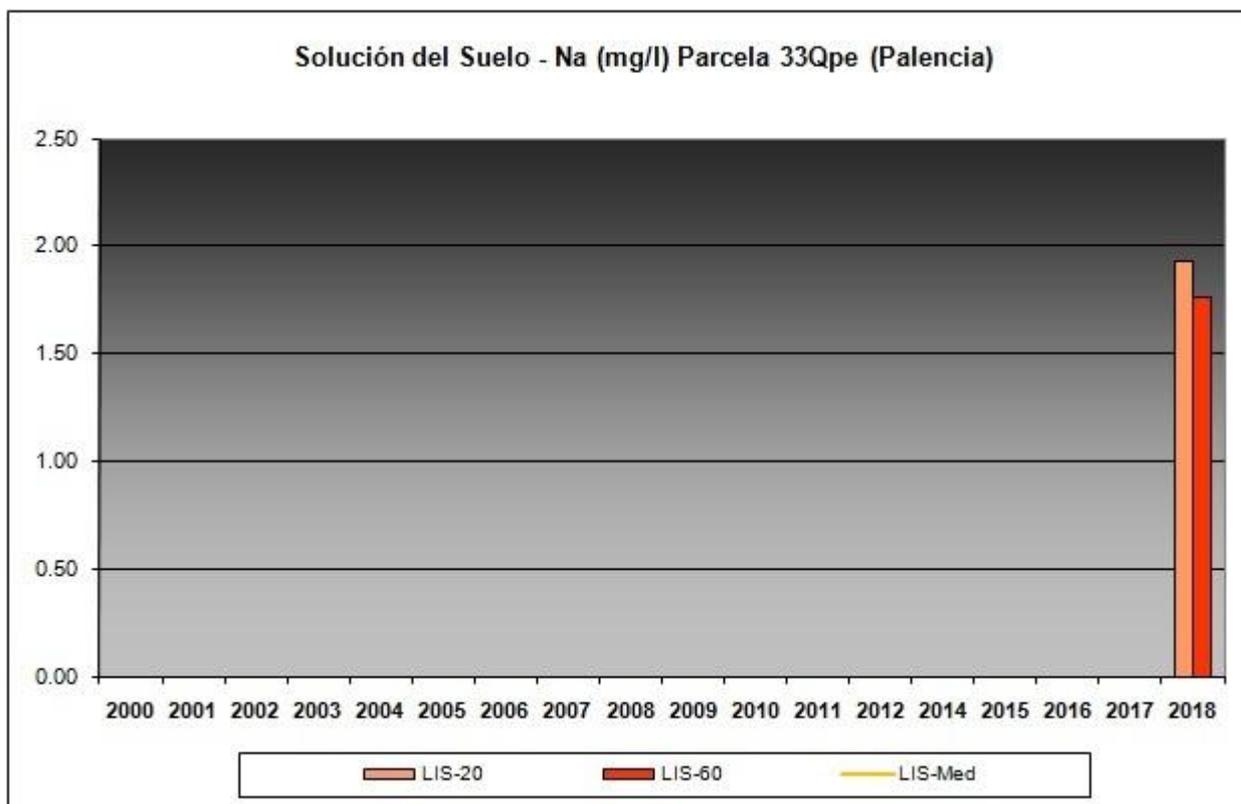


FIG 33: Contenido en Na solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

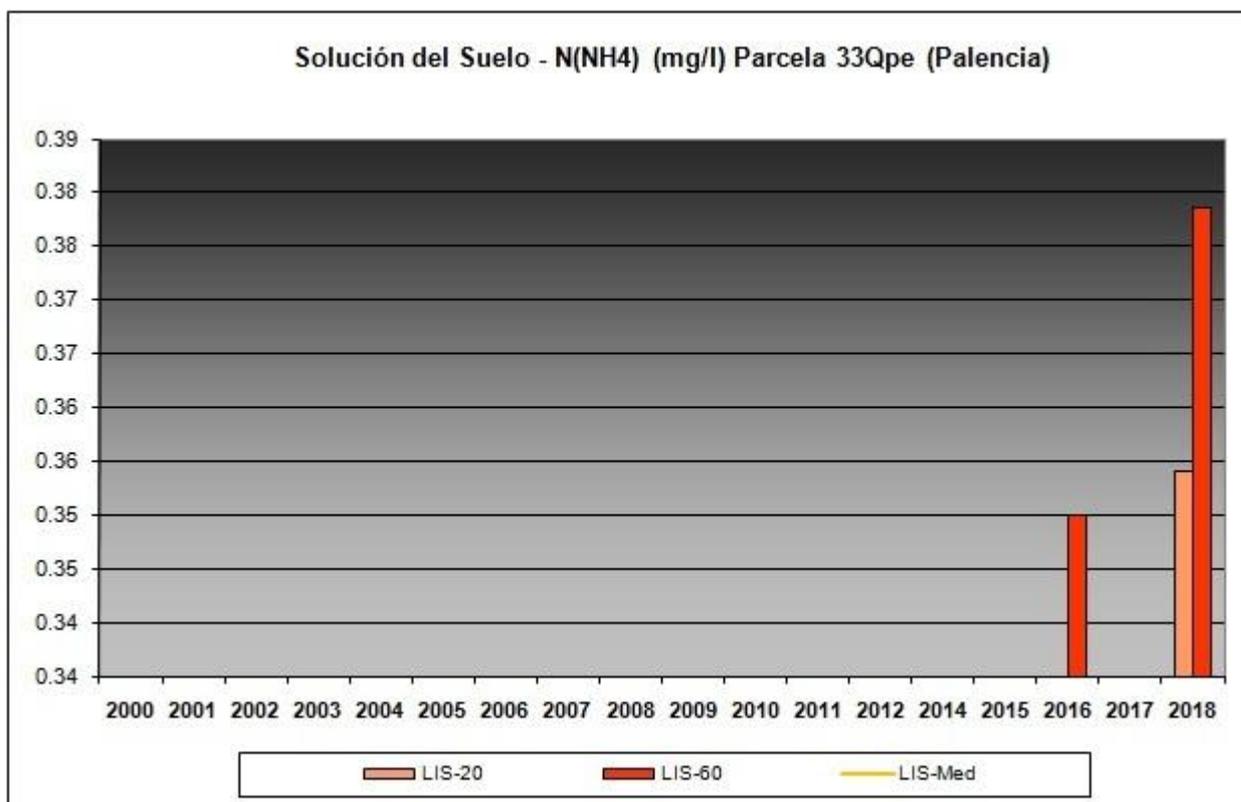


FIG 34: Contenido en N(NH4) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

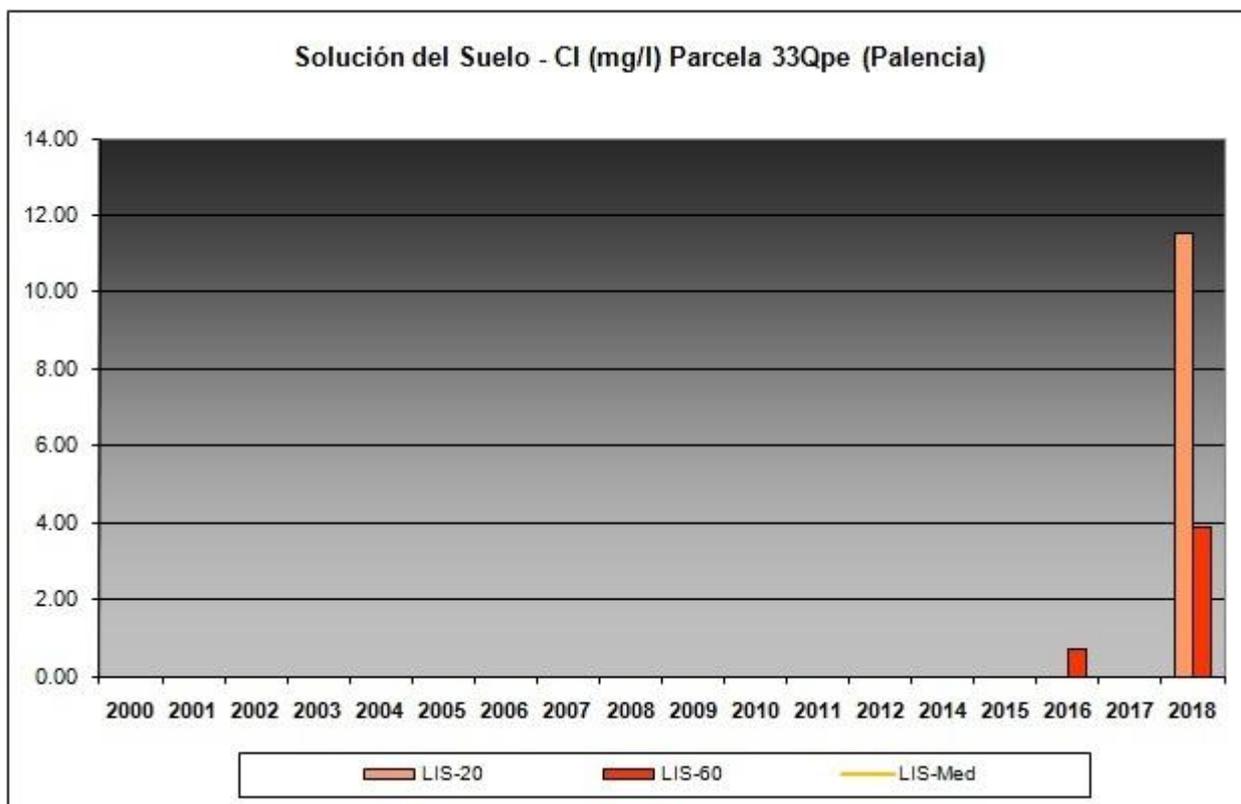


FIG 35: Contenido en Cl solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

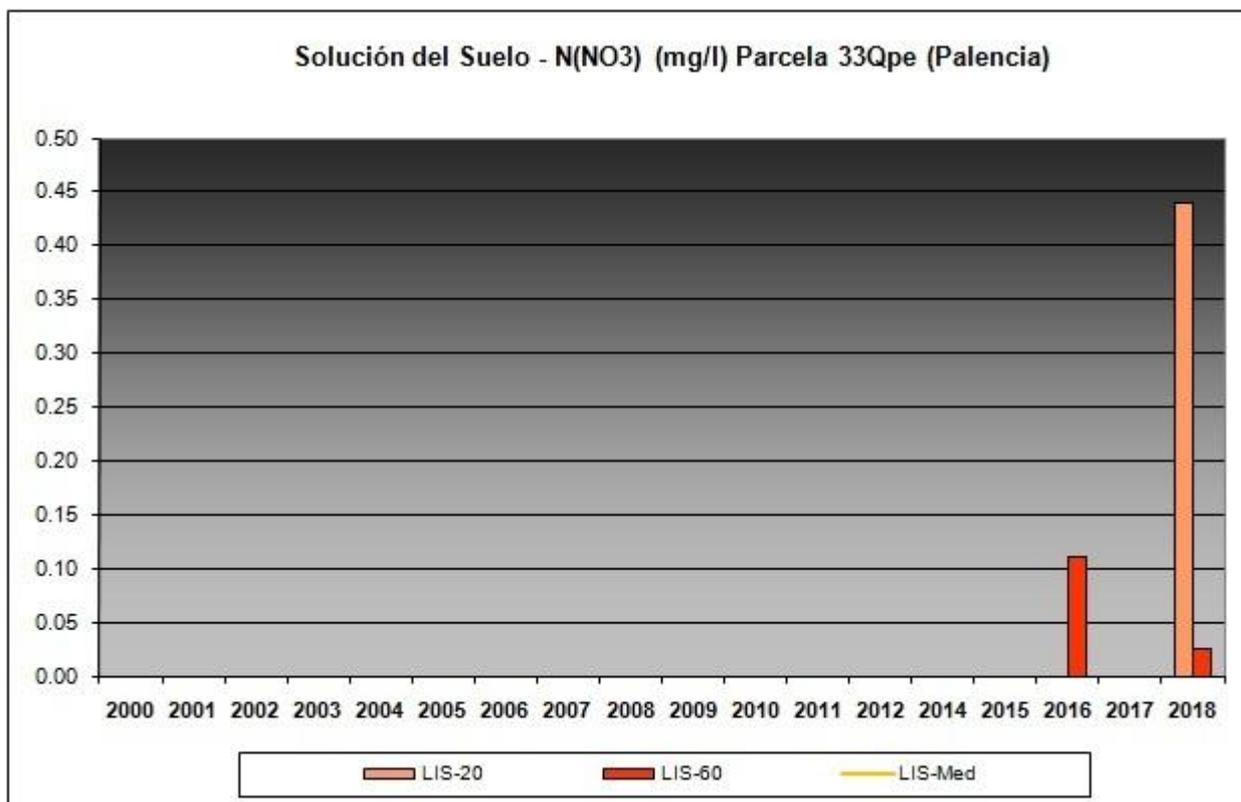


FIG 36: Contenido en N(NO3) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

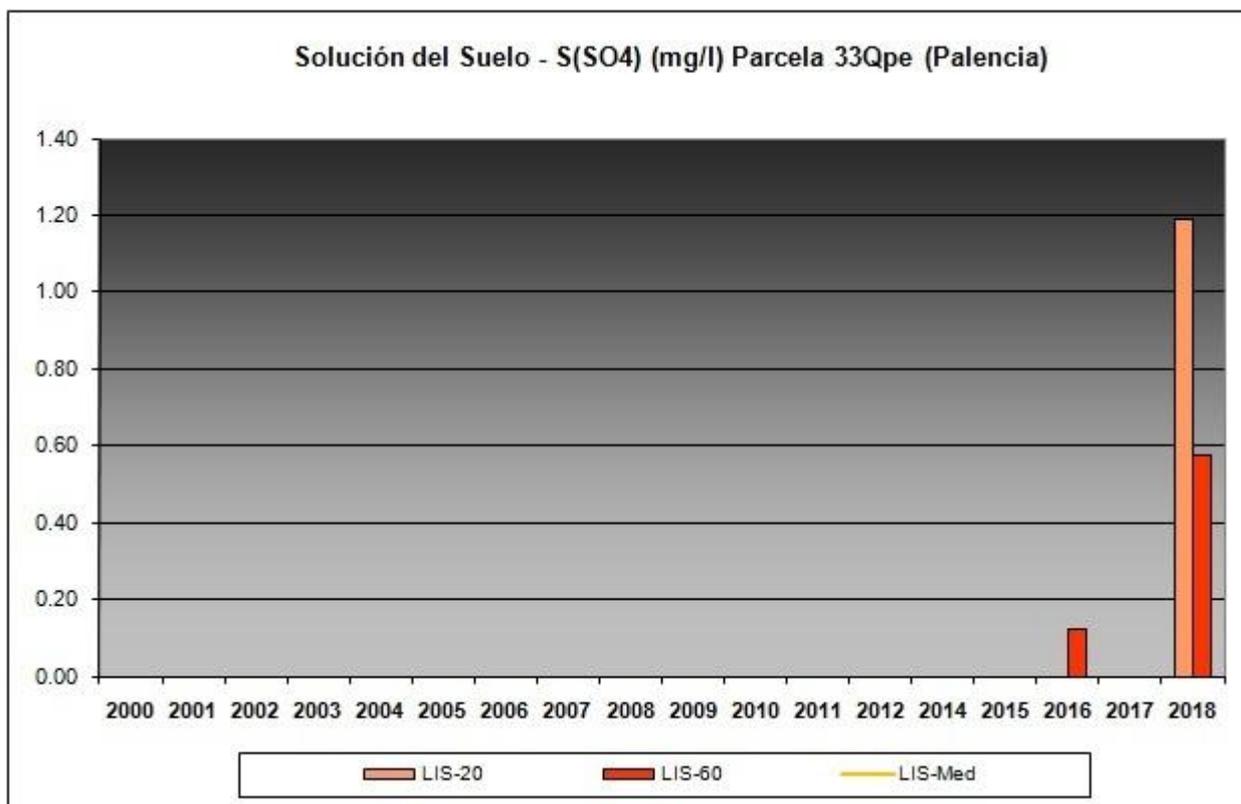


FIG 37: Contenido en S(SO4) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

En cuanto a las características de la solución del suelo, destaca en primer lugar que es la parcela en la que se han podido extraer menos muestras, por lo que necesariamente las series temporales de que se dispone son cortas, así como las conclusiones que se puedan derivar de ellas. Aparentemente, la solución del suelo es más ácida a mayor profundidad, no hay demasiadas diferencias por lo que se refiere a los elementos terrígenos, K, Ca y Mg; el contenido en amoníaco es mayor a mayor profundidad y hay mayor representación de cloro, nitratos y sulfatos en el horizonte superior.