

20
24



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

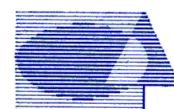
RED DE NIVEL II MEMORIA – 2024

PARCELA 33 Qpe (PALENCIA)



**DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES
Y DESERTIFICACIÓN**

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



Tecmena, S.L.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

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

Índice

1. Situación de la parcela	1
2. Caracterización de la parcela	2
2.1. Climatología	2
2.2. Geología y suelos	2
2.3. Vegetación	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	23
5.2. Conductividad	24
5.3. Potasio	25
5.4. Calcio	26
5.5. Magnesio	28
5.6. Sodio	29
5.7. Amonio	30
5.8. Cloro	31
5.9. Nitratos	33
5.10. Sulfatos	34
5.11. Alcalinidad.....	35
5.12. Nitrógeno total	37
5.13. Carbono orgánico disuelto.....	38
5.14. Aluminio	39
5.15. Manganeseo.....	40
5.16. Hierro.....	41
5.17. Interpretación de resultados	42
6. Calidad del aire. Inmisión	44
7. Análisis foliar	46
7.1. Macronutrientes	46
7.2. Micronutrientes	47
7.3. Interpretación de resultados	48
8. Desfronde	49
9. Fenología	52
10. Cintas diamétricas	55
11. Meteorología	56
12. Índice de Área Foliar	58
13. Solución del suelo	60

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Características de la parcela.

TABLA 2: Datos meteorológicos parcela.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

TABLA 4: Características dasométricas

TABLA 5: Distribución de agentes dañinos en la parcela

TABLA 6: Distribución de síntomas y signos en la parcela

TABLA 7: Relación entre agentes, síntomas y signos observados

TABLA 8: Equipos de medición instalados

TABLA 9: Parámetros descriptores de la deposición atmosférica

TABLA 10: Caracterización pH

TABLA 11: Caracterización conductividad

TABLA 12: Caracterización potasio

TABLA 13: Caracterización calcio

TABLA 14:	Caracterización magnesio
TABLA 15:	Caracterización sodio
TABLA 16:	Caracterización amonio
TABLA 17:	Caracterización cloro
TABLA 18:	Caracterización nitratos
TABLA 19:	Caracterización sulfatos
TABLA 20:	Caracterización alcalinidad
TABLA 21:	Caracterización nitrógeno total
TABLA 22:	Caracterización carbono orgánico disuelto
TABLA 23:	Caracterización aluminio
TABLA 24:	Caracterización manganeso
TABLA 25:	Caracterización hierro
TABLA 26:	Valores de referencia de inmisión atmosférica
TABLA 27:	Inmisión atmosférica
TABLA 28:	Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Macronutrientes
TABLA 29:	Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Micronutrientes
TABLA 30:	Resultados medios del análisis de desfronde
TABLA 31:	Resultados de la evaluación fenológica
TABLA 32:	Valor medio dendrómetros
TABLA 33:	Valores medios meteorológicos
TABLA 34:	Parámetros de estrés meteorológico
TABLA 35:	Índices de Área Foliar
TABLA 36:	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 alcalinidad
FIG 19:	Variación temporal de nitrógeno total
FIG 20:	Variación temporal de carbono orgánico disuelto
FIG 21:	Variación temporal de aluminio
FIG 22:	Variación temporal de manganeso
FIG 23:	Variación temporal de hierro
FIG 24:	Variación temporal de inmisión por dosímetros
FIG 25:	Evolución de macronutrientes
FIG 26:	Evolución de micronutrientes
FIG 27:	Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica
FIG 28:	Fases fenológicas. Inicio de fase
FIG 29:	Fases fenológicas
FIG 30:	Crecimiento diametral anual. Crecimientos mensuales dendrómetros y media parcela
FIG 31:	Principales variables meteorológicas

FIG 32: Índices de Área Foliar

FIG 33: Fotos hemisféricas

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

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

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

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

FIG 38: Variación temporal de magnesio de la solución del suelo

FIG 39: Variación temporal de sodio de la solución del suelo

FIG 40: Variación temporal de amonio de la solución del suelo

FIG 41: Variación temporal de cloro de la solución del suelo

FIG 42: Variación temporal de nitratos de la solución del suelo

FIG 43: Variación temporal de sulfatos de la solución del suelo

FIG 44: Variación temporal de alcalinidad de la solución del suelo

FIG 45: Variación temporal de nitrógeno total de la solución del suelo

FIG 46: Variación temporal de carbono orgánico disuelto de la solución del suelo

FIG 47: Variación temporal de aluminio de la solución del suelo

FIG 48: Variación temporal de manganeso de la solución del suelo

FIG 49: Variación temporal de hierro 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	LTER
33 Qpe	<i>Quercus petraea</i>	Palencia	Cervera de Pisuerga	26/07/1994	ES-020

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

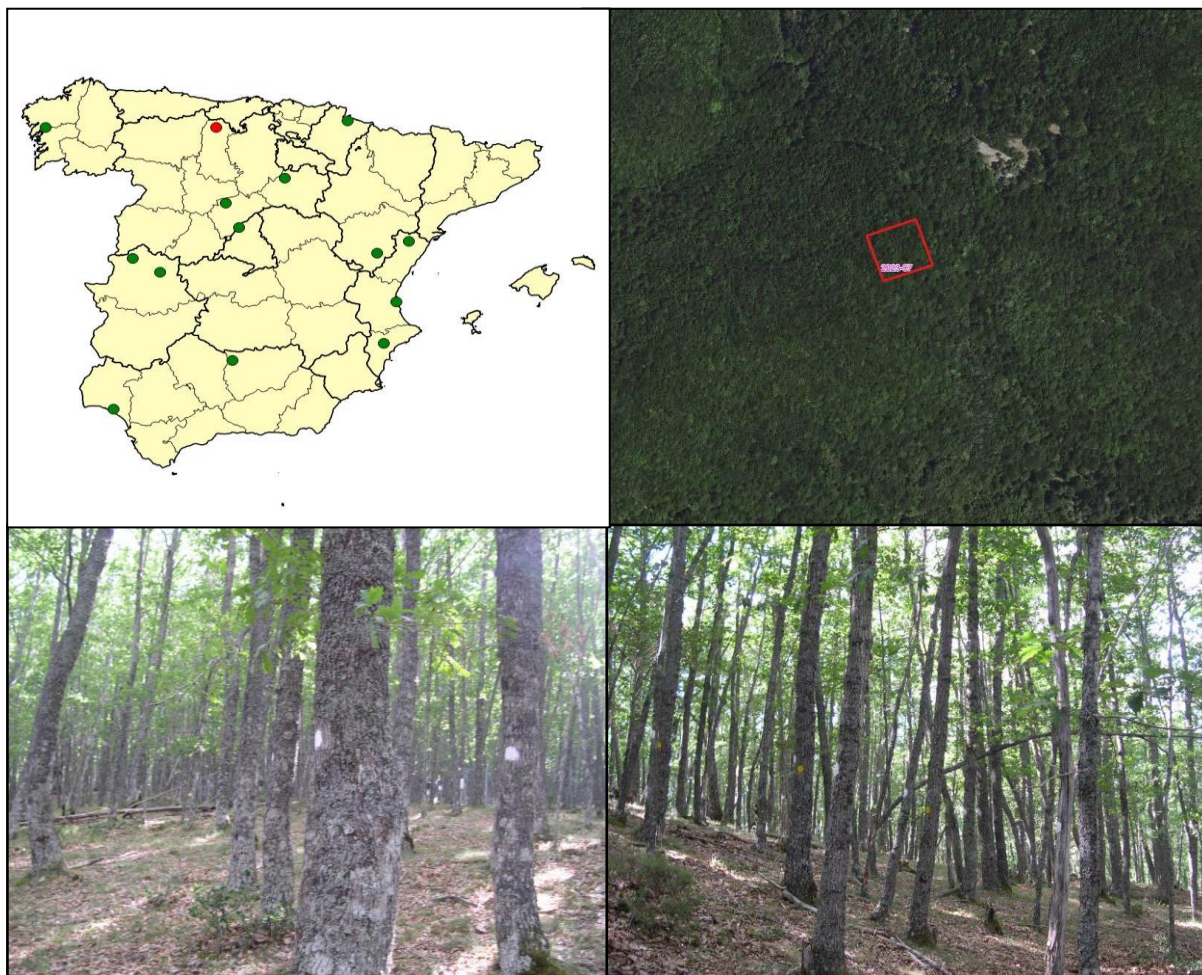


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 33Qpe.

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*.

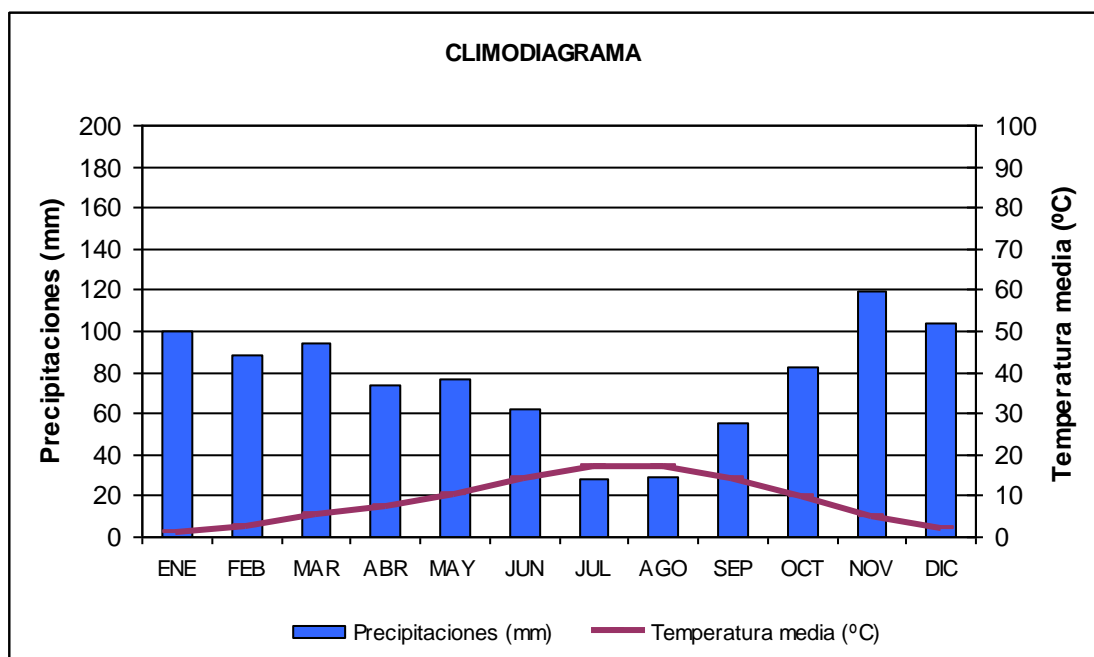


FIG 2: Climodiagrama de la parcela

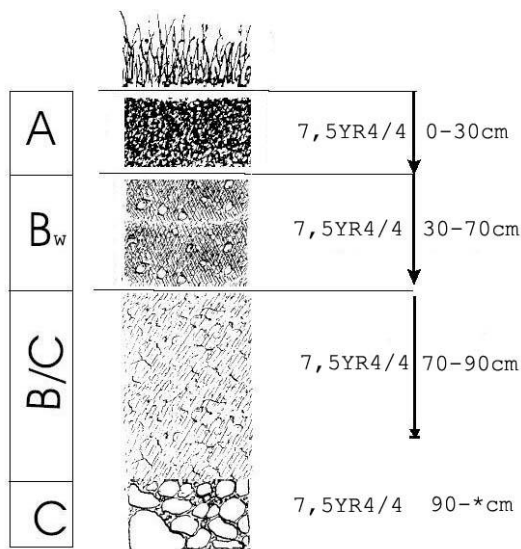
2.2. Geología y Suelos.

Litología: *pizarras ferruginosas algo sericíticas.*

Edafología: *Cambisol eútrico / Lluvisol gléico.*

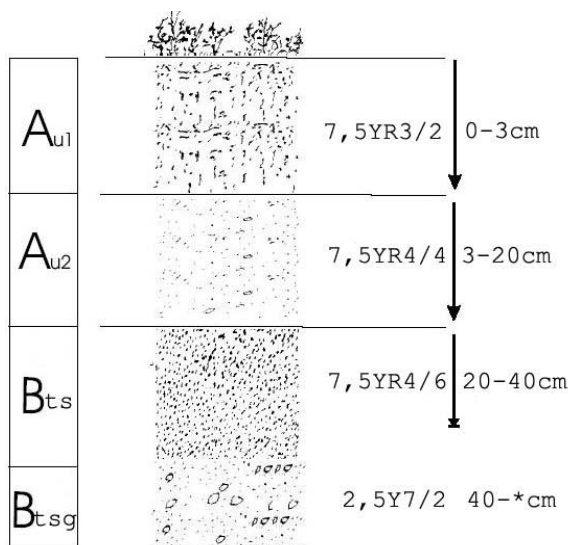
Aunque el material litológico, por su constitución, podría propiciar cierta abundancia de fracción fina, ésta no es apreciable y los suelos sin dificultad. Suelo muy pedregoso, presenta cantidad de broza sin descomponer sobre la superficie del suelo.

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>	+		

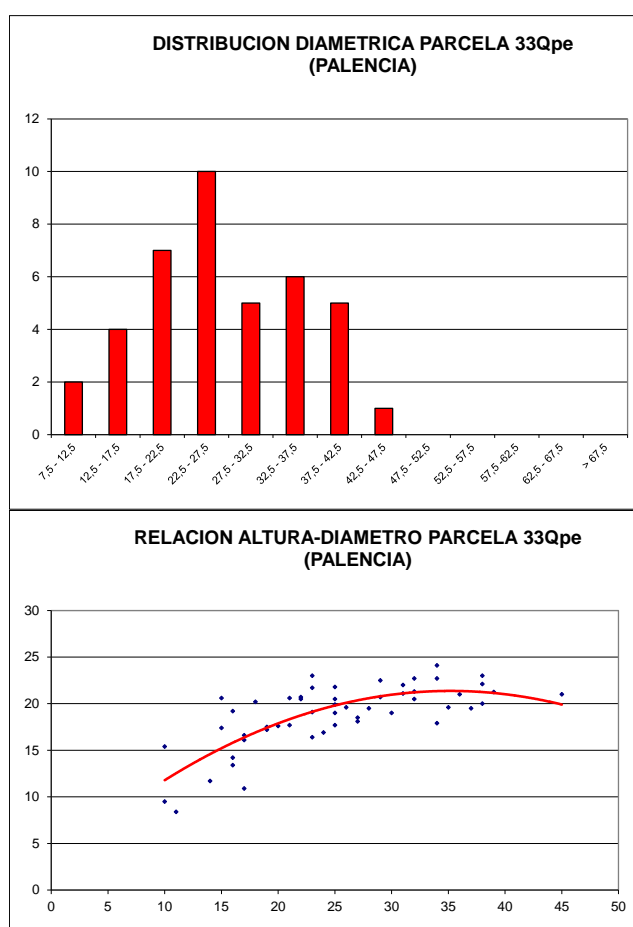
Vegetación potencial: La parcela se encuentra en la serie 5 b, Serie montana orocantábrica y cantabro-euskalduna basófila del haya (*Fagus sylvatica*). *Carici sylvaticae-Fageto sigmetum*.

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, carbono fijado (partes aérea y radical). Existencias según IFN4.

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)	C (t)
0,0824	40	485	38	2	10	41-60	26,93	30,45	28,26	20,12	23,61	16,17	12,04



CD	N parc	N ha	h	Esb	Exist parc	Exist ha
7,5 - 12,5	2	24,27	9,64	96,42	0,06	0,77
12,5 - 17,5	4	48,54	14,19	94,63	0,48	5,80
17,5 - 22,5	7	84,95	17,83	89,16	1,30	15,82
22,5 - 27,5	10	121,36	20,56	82,22	3,12	37,83
27,5 - 32,5	5	60,68	22,36	74,55	2,16	26,24
32,5 - 37,5	6	72,82	23,26	66,45	3,55	43,12
37,5 - 42,5	5	60,68	23,23	58,09	4,34	52,62
42,5 - 47,5	1	12,14	22,30	49,55	1,16	14,03
47,5 - 52,5						
52,5 - 57,5						
57,5 - 62,5						
62,5 - 67,5						
> 67,5						
TOTAL	40	485			16,17	196,24

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 muy buen estado fitosanitario, con una defoliación media del 18,70%, dentro por tanto de la escala de daños ligeros, categoría en la que se han calificado más del 90% de los pies, en lo que supone una mejoría respecto al año anterior al reducirse el parámetro en algo más de tres puntos porcentuales, 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.

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, desde 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. En la presente revisión, como ya ocurriera en la anterior, se advierte la muerte de otro roble previamente calificado con daño grave, hecho relativamente escaso a lo largo de la serie histórica que se compensa con un incremento de los pies calificados como sin daños (con defoliaciones inferiores al 15%) que llegan a suponer el 29% de la masa y que con un incremento sostenido desde hace cuatro años se sitúan en niveles no vistos desde los primeros años de evaluación.

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 algún pie salpicado y siempre en grado ligero, sin mayor trascendencia fitosanitaria.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

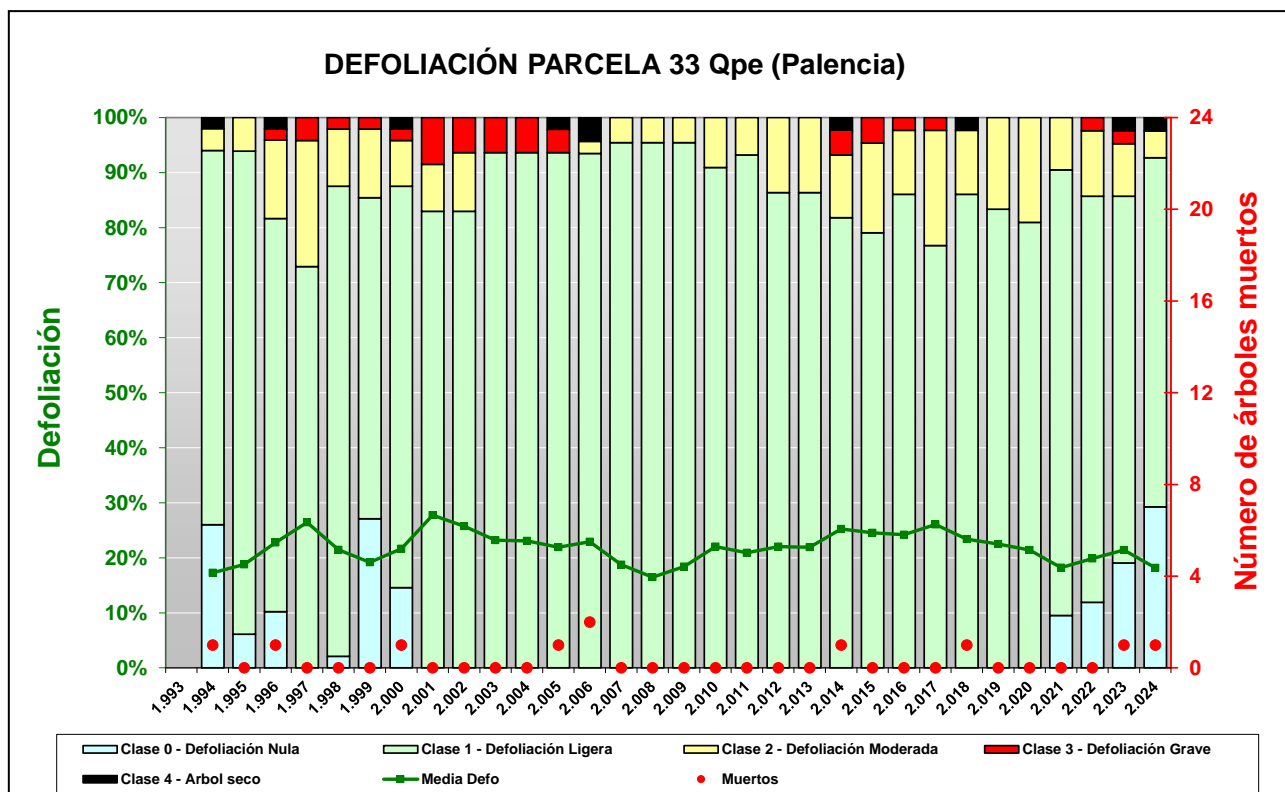


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.

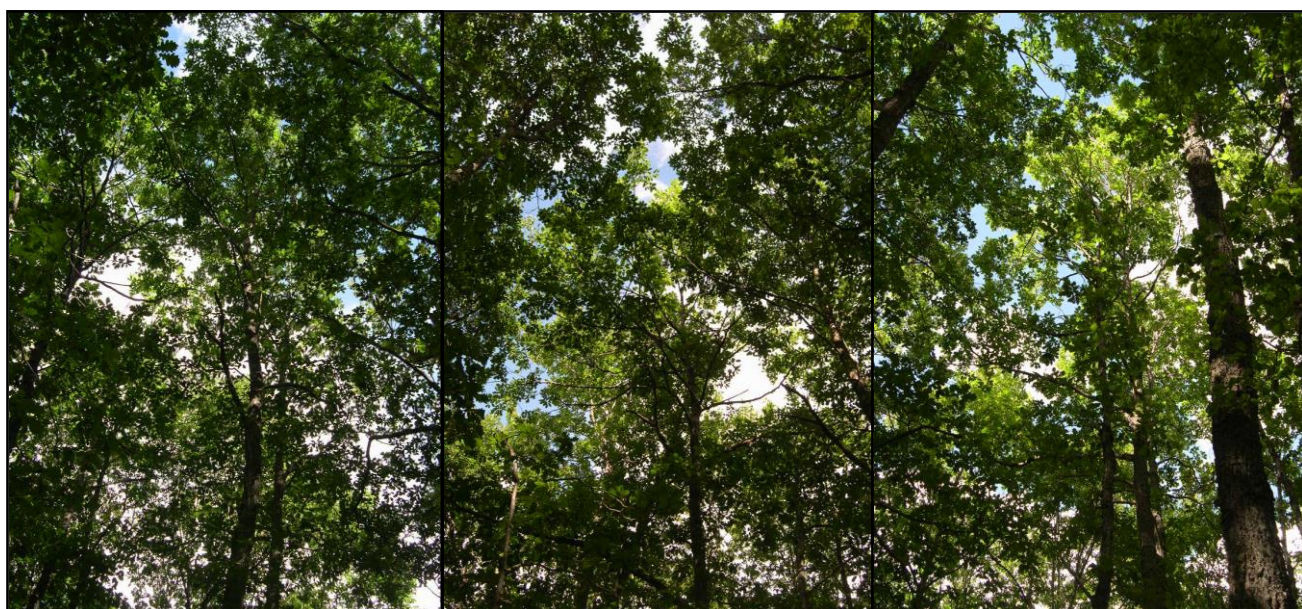


FIG 5: Defoliación 15%, 25% y 45%

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												
Cérvidos	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	11,00	8,70	-15,93	-11,42
Tronco	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	11,00	8,70	-15,93	-11,42
INSECTOS												
Defoliadores	33	1,00	400	82,50	16,97	0,03	-1,20	-0,09	27,21	20,40	0,29	0,28
Hojas	32	1,00	388	80,00	16,72	0,03	-1,45	-0,09	27,53	20,88	0,61	0,76
<i>Tortrix sp</i>	1	1,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	17,00	5,00	-9,93	-15,12
Hojas	1	1,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	17,00	5,00	-9,93	-15,12
Perforadores	1	1,00	12	2,50	20,00	0,00	1,83	-0,12	23,00	23,80	-3,93	3,68
<i>Coroebus florentinus</i>	1	1,00	12	2,50	20,00	0,00	1,83	-0,12	23,00	23,80	-3,93	3,68
Ramas 2-10 cm	1	1,00	12	2,50	20,00	0,00	1,83	-0,12	23,00	23,80	-3,93	3,68
Chupadores	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	20,00	18,90	-6,93	-1,22
<i>Pulgonas</i>	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	20,00	18,90	-6,93	-1,22
Hojas	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	20,00	18,90	-6,93	-1,22
Minadores	2	1,00	24	5,00	10,00	0,00	-8,17	-0,12	14,50	12,30	-12,43	-7,82
<i>Rhynchaenus fagi</i>	2	1,00	24	5,00	10,00	0,00	-8,17	-0,12	14,50	12,30	-12,43	-7,82
Hojas	2	1,00	24	5,00	10,00	0,00	-8,17	-0,12	14,50	12,30	-12,43	-7,82
ENFERMEDADES												
Hongos pudrición	7	1,57	85	17,50	20,71	0,00	2,54	-0,12	20,14	18,76	-6,78	-1,36
Tronco	1	2,00	12	2,50	45,00	0,00	26,83	-0,12	16,00	10,70	-10,93	-9,42
Cuello raíz	6	1,50	73	15,00	16,67	0,00	-1,50	-0,12	20,83	20,10	-6,09	-0,02
Manchas hojas	3	1,00	36	7,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	30,00	21,83	3,08	1,71
<i>Mycosphaerella maculiformis</i>	3	1,00	36	7,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	30,00	21,83	3,08	1,71
Hojas	3	1,00	36	7,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	30,00	21,83	3,08	1,71
Oidio	6	1,00	73	15,00	23,33	0,00	5,16	-0,12	21,67	15,83	-5,26	-4,29
<i>Microsphaera alphitoides</i>	6	1,00	73	15,00	23,33	0,00	5,16	-0,12	21,67	15,83	-5,26	-4,29
Hojas	6	1,00	73	15,00	23,33	0,00	5,16	-0,12	21,67	15,83	-5,26	-4,29
AG.ABIÓTICOS												
Fact. físicos	2	1,50	24	5,00	25,00	0,00	6,83	-0,12	18,50	15,00	-8,43	-5,12
Ramas 2-10 cm	1	2,00	12	2,50	35,00	0,00	16,83	-0,12	10,00	9,00	-16,93	-11,12
Tronco	1	1,00	12	2,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	27,00	21,00	0,07	0,88
Heladas	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	36,00	23,30	9,08	3,18
Tronco	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	36,00	23,30	9,08	3,18
Viento/Tornado	8	1,13	97	20,00	15,63	0,00	-2,55	-0,12	28,00	22,01	1,08	1,89
Hojas	1	1,00	12	2,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	28,00	21,00	1,08	0,88
Brotes del año	1	1,00	12	2,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	27,00	21,00	0,07	0,88
Ramillos <2 cm	5	1,00	61	12,50	14,00	0,00	-4,17	-0,12	30,00	22,70	3,08	2,58
Tronco en copa	1	2,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	19,00	20,60	-7,93	0,48
OTROS DAÑOS												
Bacterias	1	2,00	12	2,50	45,00	0,00	26,83	-0,12	16,00	10,70	-10,93	-9,42

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Cuello raíz	1	2,00	12	2,50	45,00	0,00	26,83	-0,12	16,00	10,70	-10,93	-9,42
Falta luz	26	1,15	316	65,00	15,96	0,04	-2,21	-0,08	27,19	20,33	0,27	0,21
Hojas	1	2,00	12	2,50	35,00	0,00	16,83	-0,12	10,00	9,00	-16,93	-11,12
Ramillos <2 cm	6	1,00	73	15,00	15,83	0,00	-2,34	-0,12	21,83	20,87	-5,09	0,75
Ramas 2-10 cm	5	1,00	61	12,50	16,00	0,20	-2,17	0,08	27,60	21,20	0,67	1,08
Ramas tam. variable	14	1,21	170	35,00	14,64	0,00	-3,53	-0,12	30,57	20,59	3,65	0,47
Inter.físicas	16	1,31	194	40,00	15,63	0,00	-2,55	-0,12	27,75	21,43	0,82	1,31
Hojas	1	1,00	12	2,50	20,00	0,00	1,83	-0,12	23,00	23,80	-3,93	3,68
Ramillos <2 cm	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	25,00	21,90	-1,93	1,78
Ramas 2-10 cm	10	1,20	121	25,00	16,50	0,00	-1,67	-0,12	25,90	20,27	-1,03	0,15
Ramas tam. variable	2	1,00	24	5,00	15,00	0,00	-3,17	-0,12	41,00	25,40	14,08	5,28
Tronco	2	2,50	24	5,00	12,50	0,00	-5,67	-0,12	27,50	21,80	0,57	1,68
Compet/Espeura	7	3,00	85	17,50	21,43	0,00	3,26	-0,12	26,71	18,79	-0,21	-1,33
Ramas tam. variable	5	1,40	61	12,50	20,00	0,00	1,83	-0,12	31,00	20,30	4,08	0,18
Tronco	2	7,00	24	5,00	25,00	0,00	6,83	-0,12	16,00	15,00	-10,93	-5,12
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	16	1,31	194	40,00	17,19	0,06	-0,98	-0,06	26,31	19,06	-0,61	-1,06
Hojas	3	1,00	36	7,50	20,00	0,33	1,83	0,21	26,00	21,50	-0,93	1,38
Brotos del año	1	1,00	12	2,50	20,00	0,00	1,83	-0,12	17,00	17,50	-9,93	-2,62
Tronco	5	1,40	61	12,50	16,00	0,00	-2,17	-0,12	31,40	20,38	4,48	0,26
Cuello raíz	7	1,43	85	17,50	16,43	0,00	-1,74	-0,12	24,14	17,29	-2,78	-2,83

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados destaca en primer lugar la presencia de **defoliadores** tortricídeos, presentes en más del 80% del arbolado muestra, que se incrementan respecto a la revisión anterior y asociados a la presencia de mordeduras irregulares, agujeros y festoneados a lo largo del margen foliar, sin aparecer asociados a daños forestales de consideración, de entre los que destaca algún refugio entre las hojas ligado ya a *Tortrix sp.* Se registra también la presencia del minador *Rhynchaenus fagi* sobre las escasas hayas entremezcladas de la masa, asociado a los típicos agujeros o perdigonados en el limbo foliar causadas por la alimentación del adulto junto con las características 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. Contrariamente a lo que ha venido siendo habitual no se observa la presencia de insectos agallícolos, relativamente abundantes en evaluaciones previas mientras que sí se advierten algunos daños de **pulgones** ligados a punteaduras amarillas en algún pie aislado. Mención aparte cabe hacer de los ramillos terminales muertos por la acción de *Coroebus florentinus* en algún pie aislado, que se reducen ligeramente respecto a la revisión anterior, y que causa los habituales fogonazos o muerte de ramillas distales debido a galerías larvarias que anillan la rama afectada que termina por secarse.

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 algo menos del 20% de la población, asociadas en algún caso a defoliaciones más elevadas sobre todo si la pudrición llega a afectar al sistema conductor del árbol. 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 del 15% de la población muestra, en niveles inferiores 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 montañas como la que nos ocupa. Se advierten también alguna necrosis foliar por *Mycosphaerella maculiformis*, sin mayor significación, y que se reduce

apreciablemente respecto a la revisión anterior.

En cuanto a los daños abióticos, desaparecen los daños por granizo, tan abundantes en la revisión del año previo, mientras que se incrementan los daños mecánicos en las ramas asociados a **viento** sobre uno de cada cinco pies evaluados, concentrándose en los ejemplares de mayores dimensiones, más expuestos a tormentas que el vuelo medio de la parcela.

Se advierten también daños por **falta de luz y competencia** en más de la mitad 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, aun 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 una masa que supera los 500 pies/ha podría empezar a indicar algún problema de exceso de densidad, así como se propicia el desarrollo de un vuelo excesivamente esbelto, 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 **aborto** de brotes del año 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	51	1,02	619	100,00	17,75	0,04	-0,42	-0,08	25,61	19,52	-1,32	-0,60
Comidos/perdidos	37	1,03	449	92,50	16,89	0,03	-1,28	-0,09	26,24	20,18	-0,68	0,06
Agujeros/Parc. comidas	34	1,00	413	85,00	16,32	0,03	-1,85	-0,09	26,76	20,38	-0,16	0,26
Caída prematura	3	1,33	36	7,50	23,33	0,00	5,16	-0,12	20,33	17,93	-6,59	-2,19
Dec. Verde-amarillo	3	1,00	36	7,50	15,00	0,33	-3,17	0,21	26,33	20,93	-0,59	0,81
Punteado	1	1,00	12	2,50	10,00	0,00	-8,17	-0,12	20,00	18,90	-6,93	-1,22
Parcial	2	1,00	24	5,00	17,50	0,50	-0,67	0,38	29,50	21,95	2,58	1,83
Dec. Rojo-marrón	4	1,00	49	10,00	17,50	0,00	-0,67	-0,12	27,25	21,53	0,32	1,41
Punteado	3	1,00	36	7,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	30,00	21,83	3,08	1,71
Parcial	1	1,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	19,00	20,60	-7,93	0,48
Deformaciones	1	1,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	17,00	5,00	-9,93	-15,12
Enrolladas	1	1,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	17,00	5,00	-9,93	-15,12
Signos hongos	6	1,00	73	15,00	23,33	0,00	5,16	-0,12	21,67	15,83	-5,26	-4,29
Cob. blanca hojas	6	1,00	73	15,00	23,33	0,00	5,16	-0,12	21,67	15,83	-5,26	-4,29
RAMAS/BROTES												
Brotes del año	2	1,00	24	5,00	17,50	0,00	-0,67	-0,12	22,00	19,25	-4,93	-0,87
Rotura	1	1,00	12	2,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	27,00	21,00	0,07	0,88

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Aborto	1	1,00	12	2,50	20,00	0,00	1,83	-0,12	17,00	17,50	-9,93	-2,62
Ramillos <2 cm	12	1,00	146	30,00	14,58	0,00	-3,59	-0,12	25,50	21,72	-1,43	1,60
Rotura	6	1,00	73	15,00	13,33	0,00	-4,84	-0,12	29,17	22,57	2,24	2,45
Muerto/moribundo	6	1,00	73	15,00	15,83	0,00	-2,34	-0,12	21,83	20,87	-5,09	0,75
Ramas 2-10 cm	17	1,18	206	42,50	17,65	0,06	-0,52	-0,06	25,29	20,09	-1,63	-0,03
Rotura	8	1,25	97	20,00	17,50	0,00	-0,67	-0,12	24,00	20,09	-2,93	-0,03
Muerto/moribundo	8	1,13	97	20,00	18,13	0,13	-0,05	0,01	26,25	19,98	-0,68	-0,15
Heridas	1	1,00	12	2,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	28,00	21,00	1,08	0,88
Descortezamientos	1	1,00	12	2,50	15,00	0,00	-3,17	-0,12	28,00	21,00	1,08	0,88
Ramas tam. variable	21	1,24	255	52,50	15,95	0,00	-2,22	-0,12	31,67	20,98	4,74	0,86
Rotura	2	1,00	24	5,00	15,00	0,00	-3,17	-0,12	41,00	25,40	14,08	5,28
Muerto/moribundo	19	1,26	231	47,50	16,05	0,00	-2,12	-0,12	30,68	20,52	3,76	0,40
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	1	2,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	19,00	20,60	-7,93	0,48
Heridas	1	2,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	19,00	20,60	-7,93	0,48
Descortezamientos	1	2,00	12	2,50	25,00	0,00	6,83	-0,12	19,00	20,60	-7,93	0,48
Tronco	13	2,38	158	32,50	18,08	0,00	-0,09	-0,12	25,69	18,40	-1,23	-1,72
Deformaciones	5	1,40	61	12,50	16,00	0,00	-2,17	-0,12	31,40	20,38	4,48	0,26
Otras deformaciones	5	1,40	61	12,50	16,00	0,00	-2,17	-0,12	31,40	20,38	4,48	0,26
Heridas	5	1,60	61	12,50	12,00	0,00	-6,17	-0,12	25,80	19,32	-1,13	-0,80
Descortezamientos	2	2,50	24	5,00	12,50	0,00	-5,67	-0,12	27,50	21,80	0,57	1,68
Grietas	3	1,00	36	7,50	11,67	0,00	-6,50	-0,12	24,67	17,67	-2,26	-2,45
Pudriciones	1	2,00	12	2,50	45,00	0,00	26,83	-0,12	16,00	10,70	-10,93	-9,42
Inclinado	2	7,00	24	5,00	25,00	0,00	6,83	-0,12	16,00	15,00	-10,93	-5,12
Cuello raíz	14	1,50	170	35,00	18,57	0,00	0,40	-0,12	22,14	18,02	-4,78	-2,10
Deformaciones	8	1,50	97	20,00	20,00	0,00	1,83	-0,12	23,13	16,46	-3,80	-3,66
Otras deformaciones	6	1,50	73	15,00	17,50	0,00	-0,67	-0,12	26,33	18,72	-0,59	-1,40
Tumores	2	1,50	24	5,00	27,50	0,00	9,33	-0,12	13,50	9,70	-13,43	-10,42
Pudriciones	6	1,50	73	15,00	16,67	0,00	-1,50	-0,12	20,83	20,10	-6,09	-0,02

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	Cérvidos		Defoliadores		Perforadores		Chupadores	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Hojas	51			33	100,00			1	100,00
Comidos/perdidos	37			32	96,97				
Agujeros/Parc. comidas	34			32	96,97				
Caída prematura	3								
Dec. Verde-amarillo	3							1	100,00
Punteado	1							1	100,00
Parcial	2								
Dec. Rojo-marrón	4								
Punteado	3								
Parcial	1								
Deformaciones	1			1	3,03				

	N par	Cérvidos		Defoliadores		Perforadores		Chupadores	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Enrolladas	1			1	3,03				
Signos hongos	6								
Cob. blanca hojas	6								
RAMAS/BROTOS									
Brotos del año	2								
Rotura	1								
Aborto	1								
Ramillos <2 cm	12								
Rotura	6								
Muerto/moribundo	6								
Ramas 2-10 cm	17					1	100,00		
Rotura	8								
Muerto/moribundo	8					1	100,00		
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Ramas tam. variable	21								
Rotura	2								
Muerto/moribundo	19								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	1								
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Tronco	13	1	100,00						
Deformaciones	5								
Otras deformaciones	5								
Heridas	5	1	100,00						
Descortezamientos	2								
Grietas	3	1	100,00						
Pudriciones	1								
Inclinado	2								
Cuello raíz	14								
Deformaciones	8								
Otras deformaciones	6								
Tumores	2								
Pudriciones	6								

	N par	Minadores		Hongos pudrición		Manchas hojas		Oidio	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Hojas	51	2	100,00			3	100,00	6	100,00
Comidos/perdidos	37	2	100,00						
Agujeros/Parc. comidas	34	2	100,00						
Caída prematura	3								
Dec. Verde-amarillo	3								
Punteado	1								
Parcial	2								
Dec. Rojo-marrón	4					3	100,00		
Punteado	3					3	100,00		
Parcial	1								

	N par	Minadores		Hongos pudrición		Manchas hojas		Oidio	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Deformaciones	1								
Enrolladas	1								
Signos hongos	6							6	100,00
Cob. blanca hojas	6							6	100,00
RAMAS/BROTES									
Brotos del año	2								
Rotura	1								
Aborto	1								
Ramillos <2 cm	12								
Rotura	6								
Muerto/moribundo	6								
Ramas 2-10 cm	17								
Rotura	8								
Muerto/moribundo	8								
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Ramas tam. variable	21								
Rotura	2								
Muerto/moribundo	19								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	1								
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Tronco	13			1	14,29				
Deformaciones	5								
Otras deformaciones	5								
Heridas	5								
Descortezamientos	2								
Grietas	3								
Pudriciones	1			1	14,29				
Inclinado	2								
Cuello raíz	14			6	85,71				
Deformaciones	8								
Otras deformaciones	6								
Tumores	2								
Pudriciones	6			6	85,71				

	N par	Fact. físicos		Heladas		Viento/Tornado		Bacterias	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Hojas	51					1	12,50		
Comidos/perdidos	37					1	12,50		
Agujeros/Parc. comidas	34								
Caída prematura	3					1	12,50		
Dec. Verde-amarillo	3								
Punteado	1								
Parcial	2								
Dec. Rojo-marrón	4								
Punteado	3								

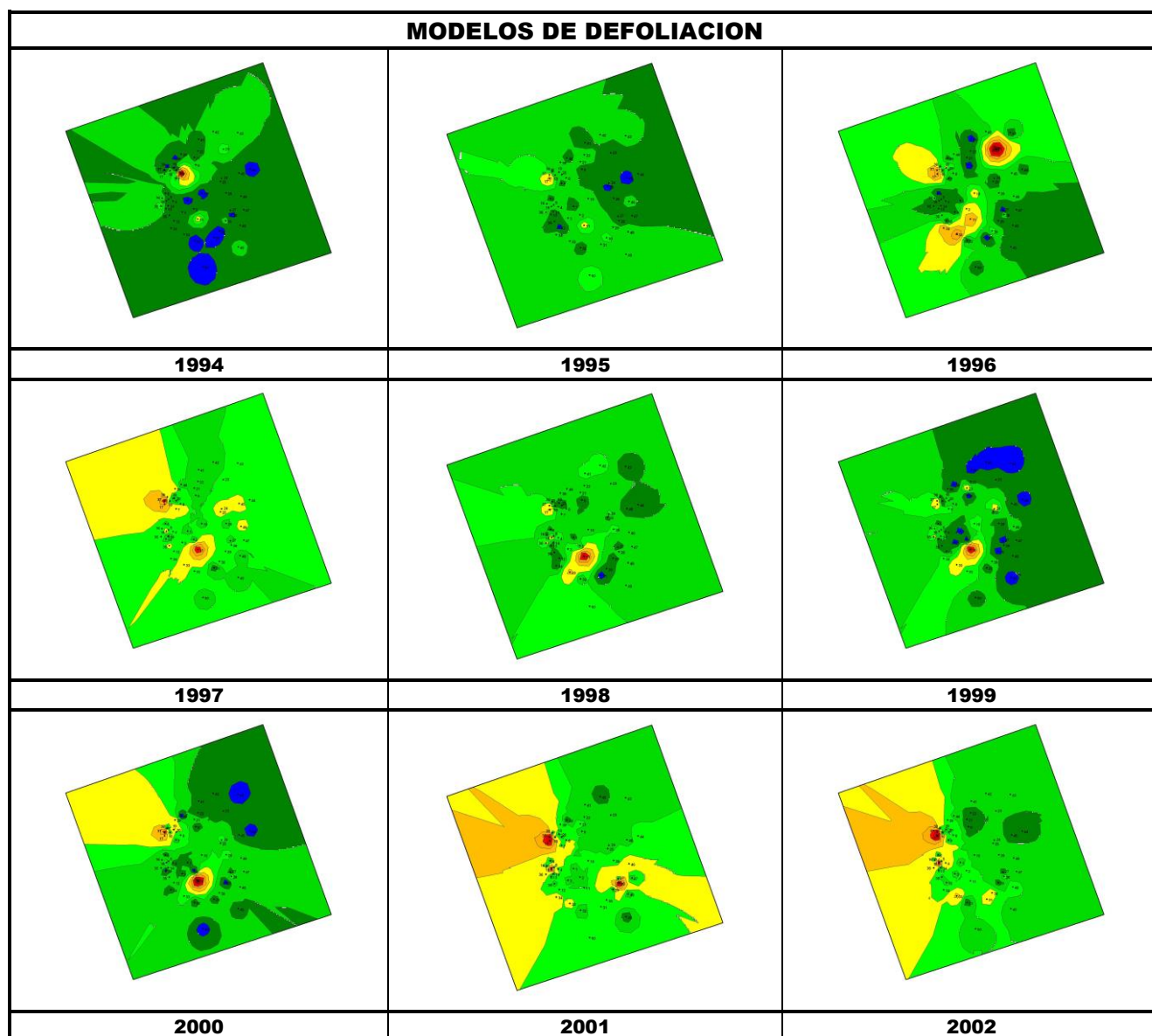
	N par	Fact. físicos		Heladas		Viento/Tornado		Bacterias	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Parcial	1								
Deformaciones	1								
Enrolladas	1								
Signos hongos	6								
Cob. blanca hojas	6								
RAMAS/BROTES									
Brotos del año	2					1	12,50		
Rotura	1					1	12,50		
Aborto	1								
Ramillos <2 cm	12					5	62,50		
Rotura	6					5	62,50		
Muerto/moribundo	6								
Ramas 2-10 cm	17	1	50,00						
Rotura	8								
Muerto/moribundo	8	1	50,00						
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Ramas tam. variable	21								
Rotura	2								
Muerto/moribundo	19								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	1					1	12,50		
Heridas	1					1	12,50		
Descortezamientos	1					1	12,50		
Tronco	13	1	50,00	1	100,00				
Deformaciones	5								
Otras deformaciones	5								
Heridas	5	1	50,00	1	100,00				
Descortezamientos	2								
Grietas	3	1	50,00	1	100,00				
Pudriciones	1								
Inclinado	2								
Cuello raíz	14							1	100,00
Deformaciones	8							1	100,00
Otras deformaciones	6								
Tumores	2							1	100,00
Pudriciones	6								

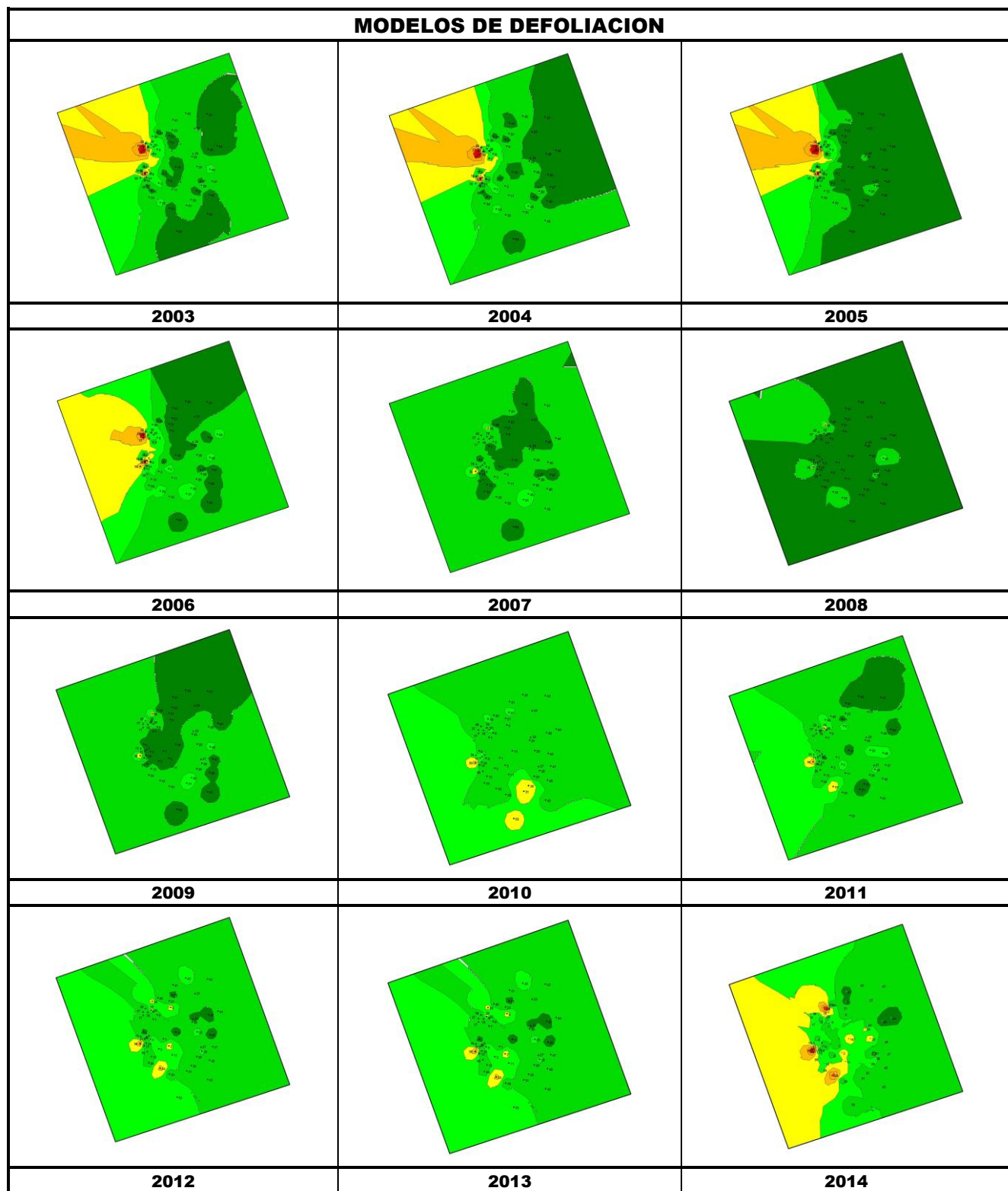
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCLAS									
Hojas	51	1	3,85	1	6,25			3	18,75
Comidos/perdidos	37	1	3,85	1	6,25				
Agujeros/Parc. comidas	34								
Caída prematura	3	1	3,85	1	6,25				
Dec. Verde-amarillo	3							2	12,50
Punteado	1								
Parcial	2							2	12,50
Dec. Rojo-marrón	4							1	6,25

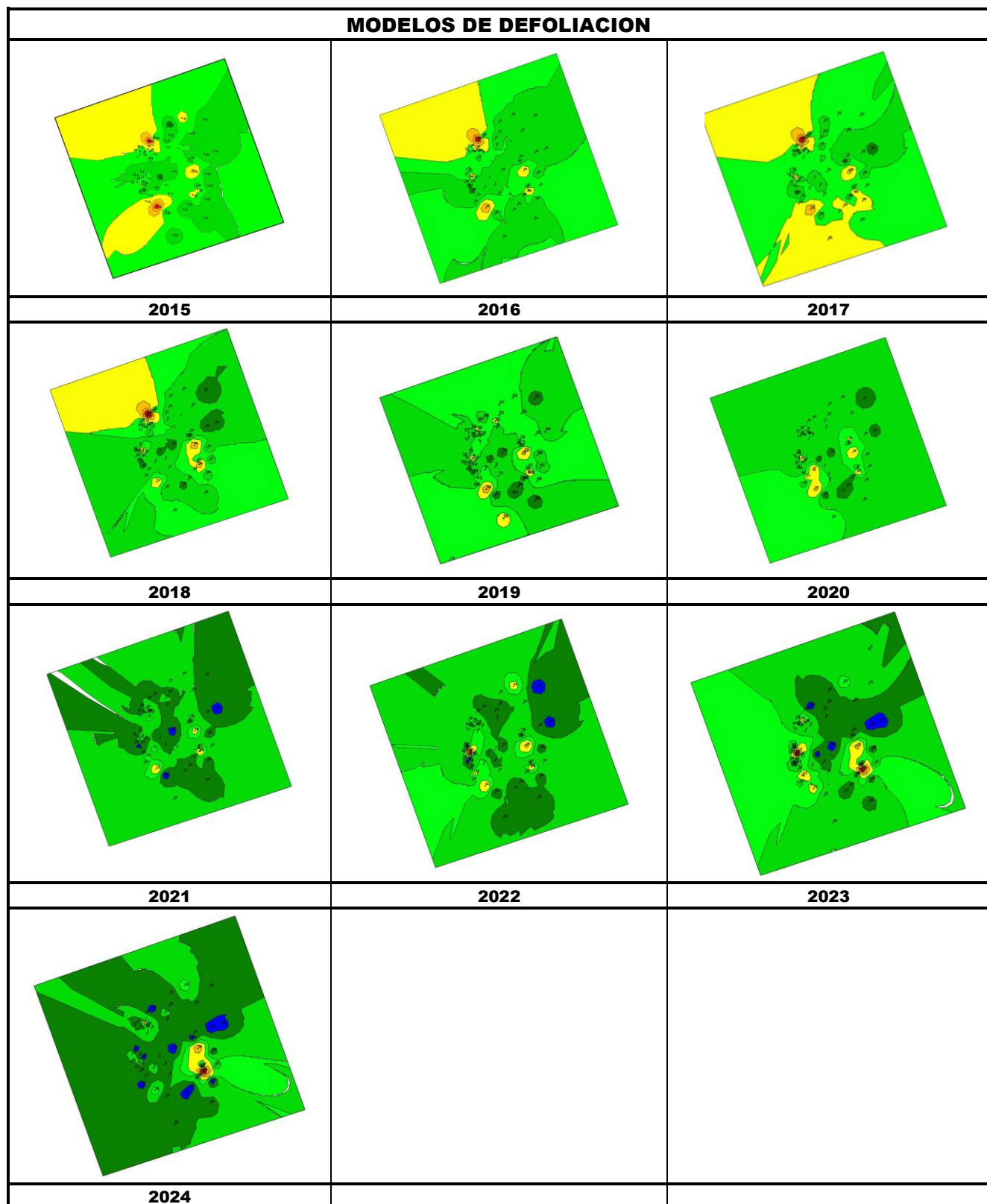
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Punteado	3								
Parcial	1							1	6,25
Deformaciones	1								
Enrolladas	1								
Signos hongos	6								
Cob. blanca hojas	6								
RAMAS/BROTES									
Brotes del año	2							1	6,25
Rotura	1								
Aborto	1							1	6,25
Ramillos <2 cm	12	6	23,08	1	6,25				
Rotura	6			1	6,25				
Muerto/moribundo	6	6	23,08						
Ramas 2-10 cm	17	5	19,23	10	62,50				
Rotura	8			8	50,00				
Muerto/moribundo	8	5	19,23	1	6,25				
Heridas	1			1	6,25				
Descortezamientos	1			1	6,25				
Ramas tam. variable	21	14	53,85	2	12,50	5	71,43		
Rotura	2			2	12,50				
Muerto/moribundo	19	14	53,85			5	71,43		
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	1								
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Tronco	13			2	12,50	2	28,57	5	31,25
Deformaciones	5							5	31,25
Otras deformaciones	5							5	31,25
Heridas	5			2	12,50				
Descortezamientos	2			2	12,50				
Grietas	3								
Pudriciones	1								
Inclinado	2					2	28,57		
Cuello raíz	14							7	43,75
Deformaciones	8							7	43,75
Otras deformaciones	6							6	37,50
Tumores	2							1	6,25
Pudriciones	6								



FIG 6: Daños y refugio de defoliadores







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.

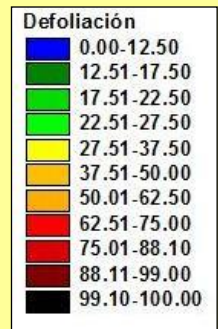
De acuerdo con la normativa europea, se consideran las siguientes clases de defoliación o daño:

- ✓ **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
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 (nitrógeno en forma de)	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 (nitrógeno en forma de)	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 (azufre en forma de)		250 mg/l
Alcalinidad	Capacidad para neutralizar los ácidos disueltos	
Nitrógeno total	Nitrógeno total disuelto presente en la deposición	
Carbono orgánico disuelto	Carbono presente en la muestra procedente de materia orgánica	
Aluminio	Metales pesados	0,2 mg/l
Manganeso		0,05 mg/l
Hierro		0,2 mg/l

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

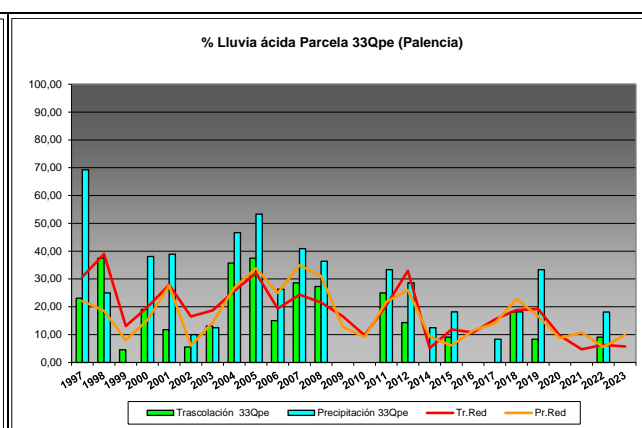
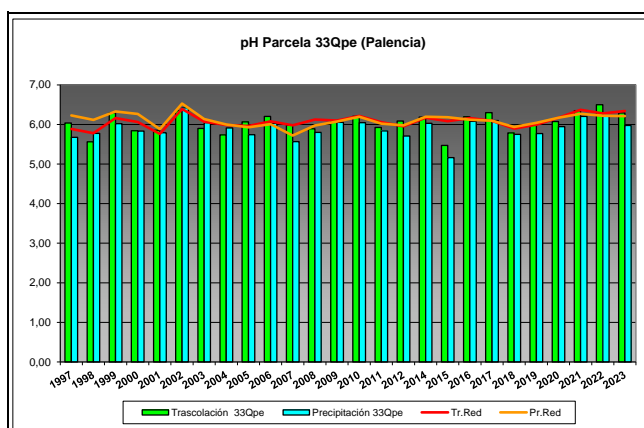
Se caracteriza a continuación la deposición atmosférica en la parcela 33Qpe, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la series histórica estudiada, haciendo la salvedad de que se trata de años completos, a excepción de los años 1997 (mayo-diciembre); 2012 (enero-julio) 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 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	6,04	23,08	723	5,68	69,23	1074	5,89	6,23
1998	5,56	37,50	618	5,78	25,00	869	5,78	6,12
1999	6,30	4,55	937	6,02	0,00	1266	6,16	6,33
2000	5,84	19,05	1350	5,83	38,10	1617	6,06	6,27
2001	5,85	11,76	1155	5,79	38,89	1364	5,76	5,88
2002	6,35	5,56	1036	6,42	10,00	1561	6,39	6,53
2003	5,90	13,04	1185	6,05	12,50	1435	6,07	6,14
2004	5,74	35,71	761	5,91	46,67	953	5,99	6,00
2005	6,06	37,50	436	5,74	53,33	628	5,96	5,93
2006	6,20	15,00	1050	6,03	26,32	1472	6,08	6,01
2007	5,98	28,57	796	5,57	40,91	1102	5,98	5,72
2008	5,89	27,27	959	5,80	36,36	1264	6,12	5,97
2009	6,09	0,00	828	6,05	0,00	1178	6,10	6,07
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	6,06	6,02
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
2019	5,98	8,33	941	5,77	33,33	1206	5,99	6,04
2020	6,08	0,00	1145	5,95	0,00	1495	6,17	6,17
2021	6,35	0,00	739	6,20	0,00	941	6,37	6,27
2022	6,50	9,09	779	6,22	18,08	1070	6,28	6,22
2023	6,29	0,00	1109	5,97	0,00	1476	6,34	6,21
Media	6,04	13,18	885	5,90	21,84	1187	6,08	6,11



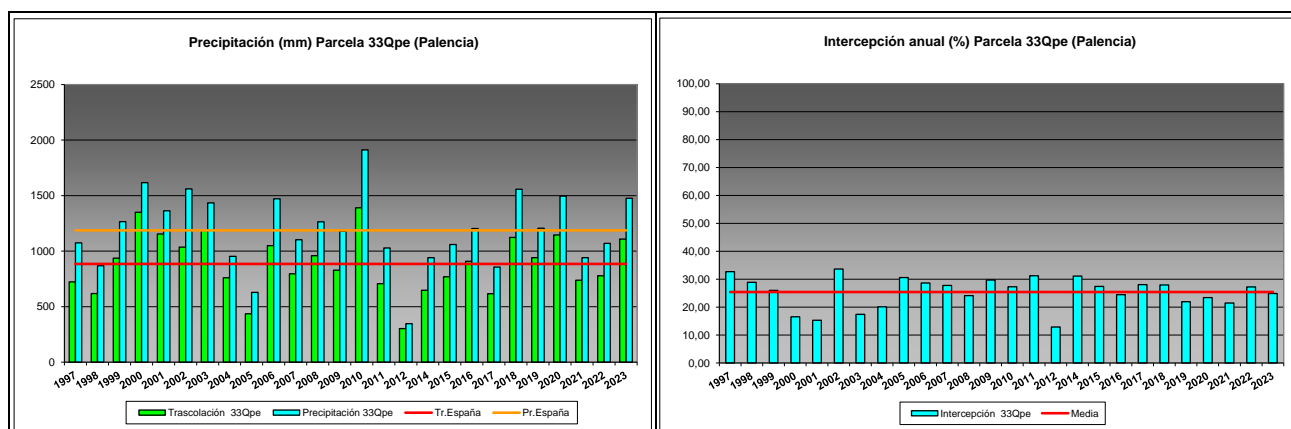


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

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	25,52	22,05
1998	13,49		618	8,84		869	29,37	22,53
1999	13,71		937	12,37		1266	33,18	19,89
2000	14,35		1350	12,56		1617	35,34	22,06
2001	9,32		1155	8,47		1364	27,99	15,78
2002	19,57		1036	14,61		1561	48,98	30,11
2003	17,93		1185	17,01		1435	45,96	25,07
2004	32,74		761	29,84		953	62,42	37,00
2005	22,19		436	17,12		628	65,42	30,19
2006	18,30		1050	14,96		1472	61,52	28,60
2007	21,53		796	16,48		1102	49,85	28,88
2008	13,60		959	8,54		1264	46,65	22,88
2009	11,59		828	8,63		1178	49,43	20,10
2010	10,36		1390	7,47		1912	44,44	15,09
2011	13,53		707	19,43		1028	51,36	19,04
2012	12,50		302	9,75		347	53,38	20,50
2014	12,89		648	5,00		941	33,76	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
2019	17,50		941	10,02		1206	74,16	28,49
2020	12,23		1145	6,91		1495	46,43	20,40
2021	14,51		739	11,15		941	40,51	22,14
2022	15,76		779	9,90		1070	44,12	20,37
2023	13,20		1109	7,42		1476	45,95	17,21
Media	16,40		885	11,71		1187	46,28	22,01

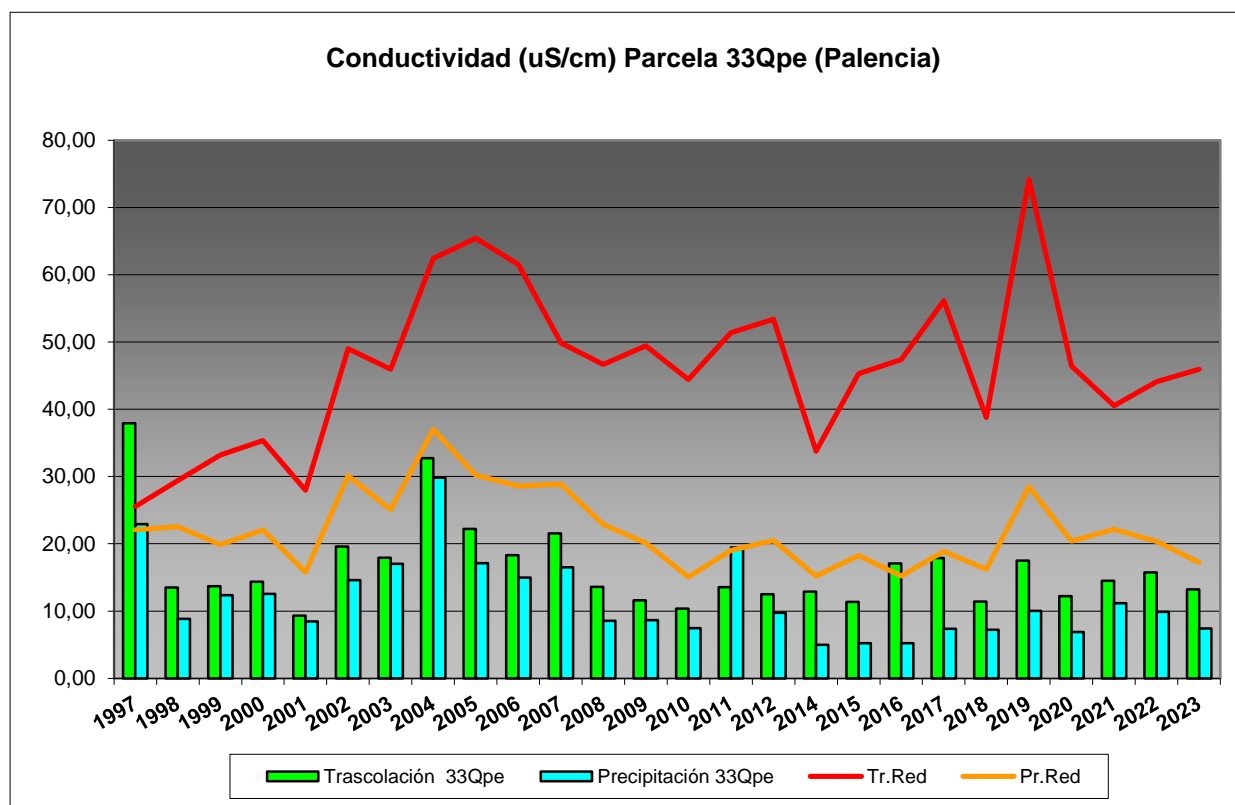


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

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	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	1,75	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	1,21	14,03	1155	0,95	12,99	1364	1,03	16,00	9,92
2002	1,45	15,01	1036	0,66	10,32	1561	4,69	19,36	7,73
2003	1,56	18,52	1185	0,39	5,59	1435	12,93	12,93	3,83
2004	2,37	18,06	761	0,73	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	2,14	17,02	796	0,75	8,23	1102	8,79	20,44	7,92
2008	1,65	15,87	959	0,43	5,44	1264	10,43	22,97	6,57
2009	1,06	8,74	828	0,91	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

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)
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
2019	1,34	12,62	941	0,35	4,24	1206	8,38	17,04	3,33
2020	1,18	13,54	1145	0,13	1,90	1495	11,64	22,26	2,32
2021	1,28	9,47	739	0,94	1,41	941	8,06	15,69	1,94
2022	1,43	11,15	779	0,11	1,22	1070	9,93	18,27	1,30
2023	1,49	16,48	1109	0,03	0,43	1476	16,05	20,05	0,93
Media	1,62	13,97	885	0,57	6,65	1187	7,32	17,10	5,33

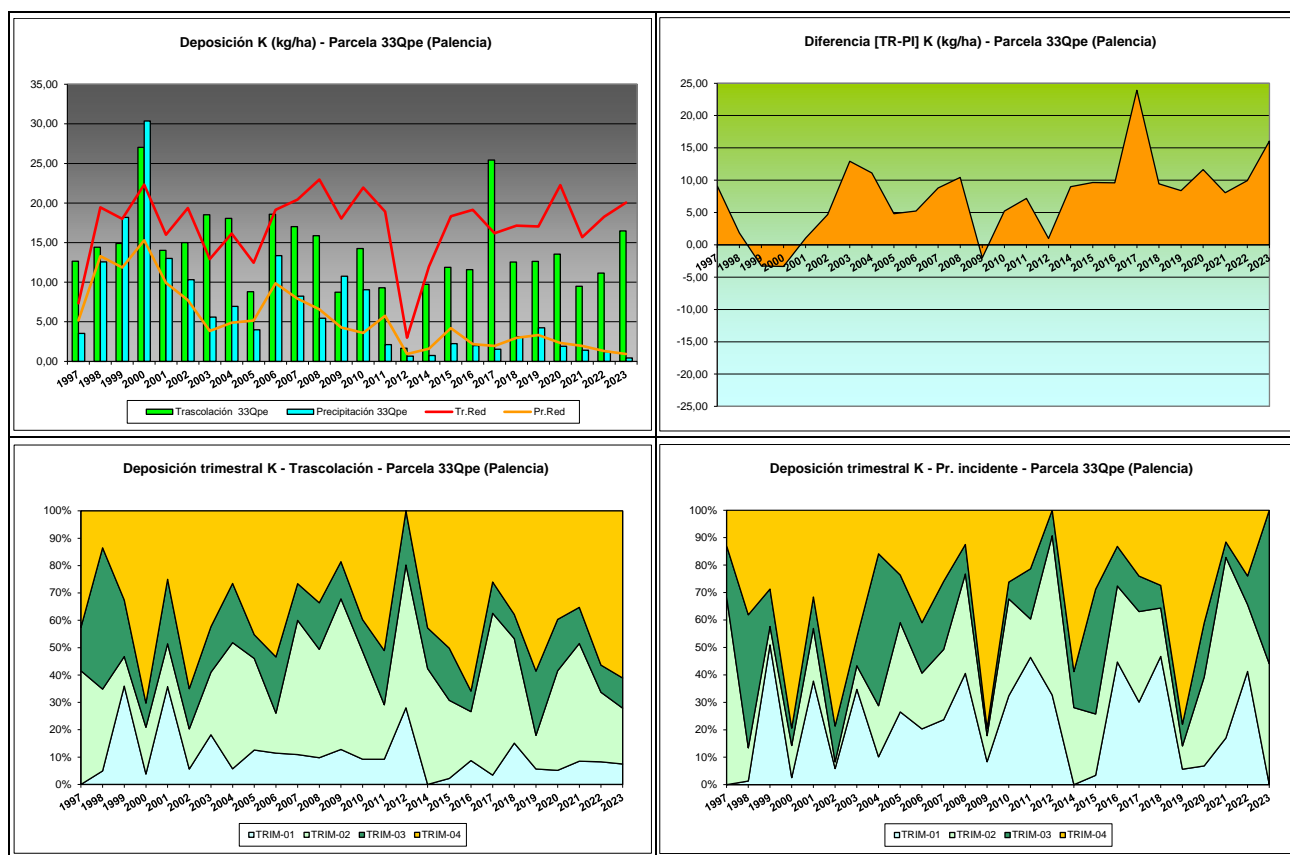


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.4. Calcio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,78	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

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)
2001	0,34	3,94	1155	0,22	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	1,75	13,35	761	2,35	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	0,99	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	0,35	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
2019	0,81	7,60	941	0,60	7,27	1206	0,34	18,41	13,57
2020	0,67	7,66	1145	0,43	6,46	1495	1,19	21,83	11,67
2021	0,79	5,81	739	1,24	11,65	941	-5,84	13,31	19,20
2022	1,22	9,48	779	0,82	8,77	1070	0,71	16,71	13,93
2023	1,03	11,42	1109	0,75	11,12	1476	0,29	13,29	8,93
Media	0,87	7,71	885	0,76	8,77	1187	-1,07	13,30	10,68

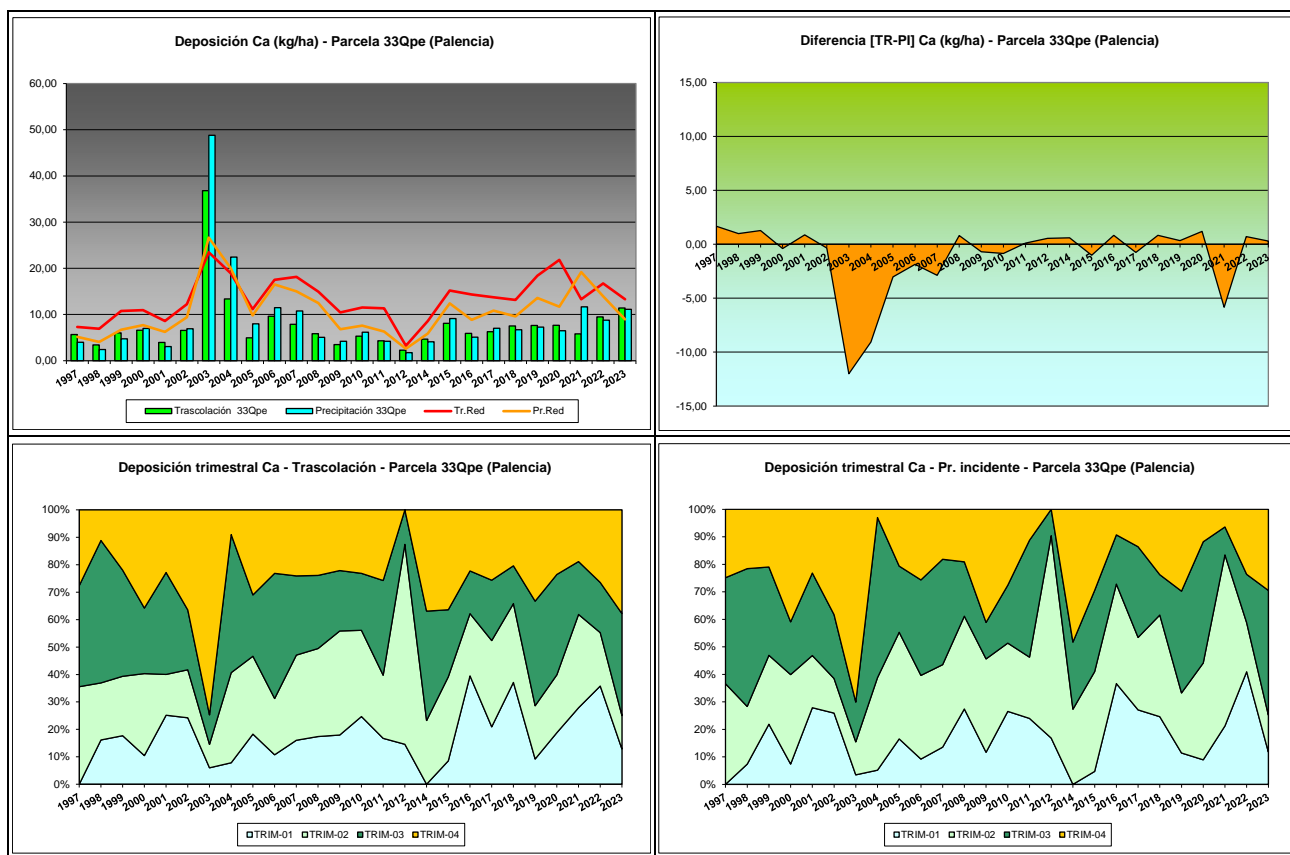
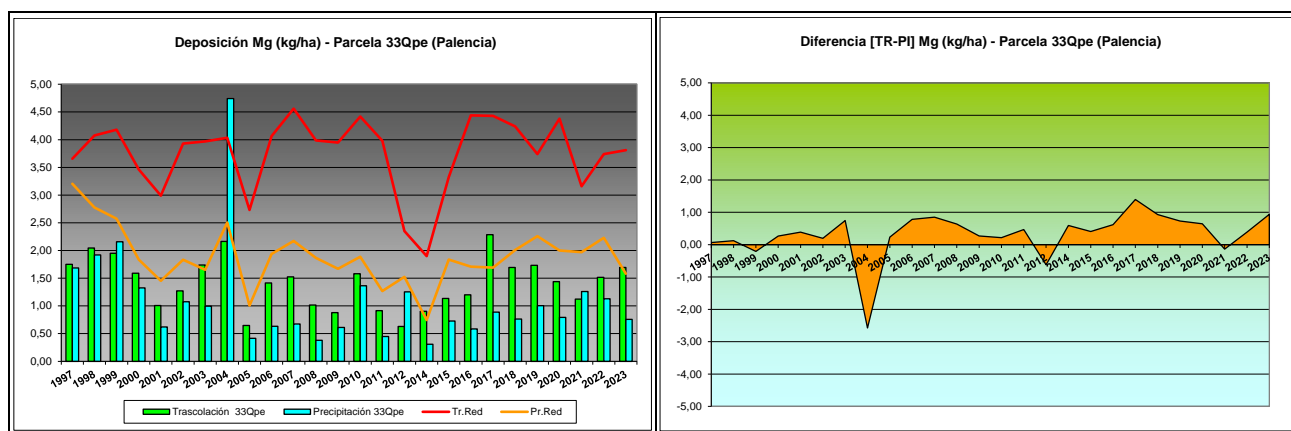


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.5. Magnesio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,24	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	0,08	1,33	1617	0,27	3,46	1,84
2001	0,09	1,01	1155	0,05	0,62	1364	0,39	2,99	1,45
2002	0,12	1,27	1036	0,07	1,07	1561	0,20	3,93	1,83
2003	0,15	1,74	1185	0,07	0,99	1435	0,75	3,97	1,65
2004	0,28	2,17	761	0,50	4,74	953	-2,58	4,03	2,51
2005	0,15	0,65	436	0,07	0,41	628	0,23	2,73	1,01
2006	0,13	1,41	1050	0,04	0,63	1472	0,78	4,06	1,94
2007	0,19	1,53	796	0,06	0,68	1102	0,85	4,56	2,17
2008	0,11	1,02	959	0,03	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
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
2019	0,18	1,73	941	0,08	1,00	1206	0,73	3,74	2,26
2020	0,13	1,44	1145	0,05	0,79	1495	0,64	4,38	2,00
2021	0,15	1,12	739	0,13	1,26	941	-0,14	3,16	1,97
2022	0,19	1,52	779	0,11	1,13	1070	0,39	3,74	2,23
2023	0,15	1,69	1109	0,05	0,76	1476	0,94	3,81	1,58
Media	0,17	1,42	885	0,11	1,10	1187	0,32	3,75	1,89



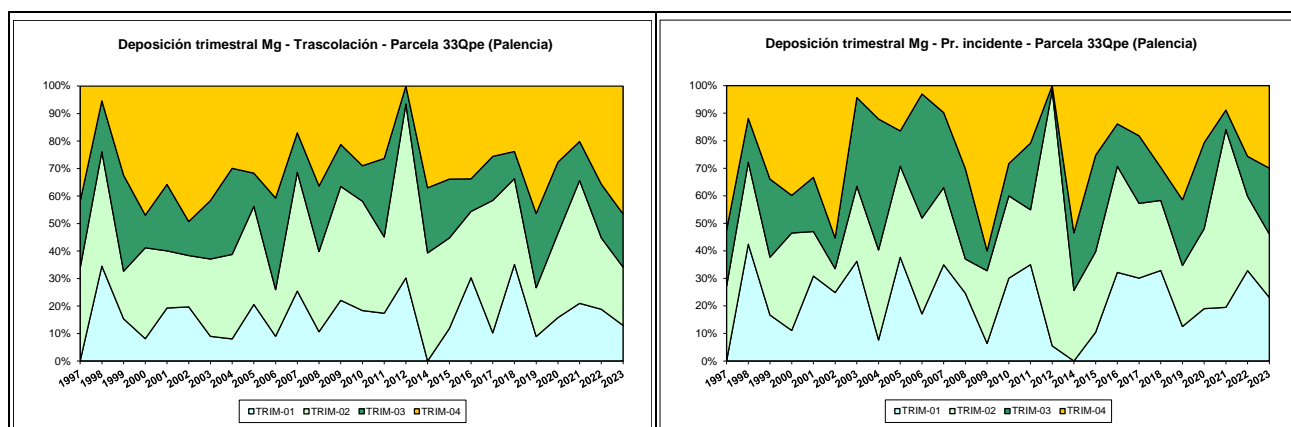


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.6. Sodio.

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

Año	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	0,30	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	0,41	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
2004	1,65	12,59	761	1,83	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
2019	0,63	5,96	941	0,48	5,80	1206	0,17	19,32	13,98
2020	0,37	4,21	1145	0,35	5,21	1495	-1,00	20,09	11,74
2021	0,50	3,72	739	0,51	4,82	941	-1,10	12,97	10,32
2022	0,52	4,01	779	0,44	4,74	1070	-0,73	18,67	11,08
2023	0,68	7,53	1109	0,35	5,15	1476	2,38	18,93	11,19
Media	0,59	5,28	885	0,51	5,99	1187	-0,71	18,35	11,36

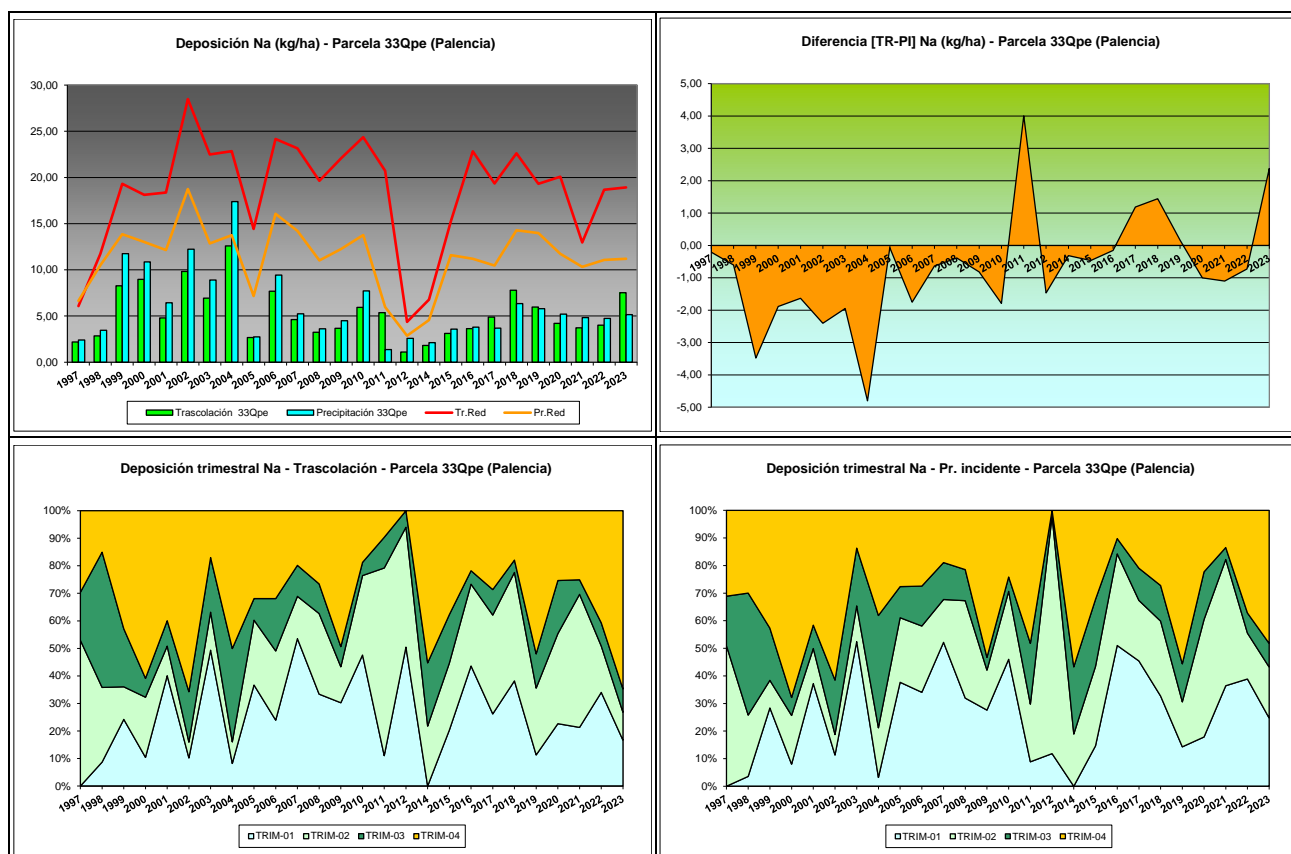


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.7. Amonio (nitrógeno en forma de).

TABLA 16: Caracterización Amonio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. N(NH4) ~ 0,777 NH4

Año	Traslación (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	0,25	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	0,21	2,16	1036	0,26	4,04	1561	-1,89	2,43	2,91
2003	0,26	3,07	1185	0,33	4,67	1435	-1,61	3,06	3,10
2004	0,83	6,33	761	0,32	3,04	953	3,29	4,12	3,23
2005	0,35	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	0,41	3,26	796	0,29	3,21	1102	0,05	3,53	3,58
2008	0,27	2,62	959	0,24	2,99	1264	-0,37	2,91	2,62
2009	0,25	2,10	828	0,11	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

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	0,36	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
2019	0,14	1,29	941	0,11	1,37	1206	-0,08	1,60	1,23
2020	0,17	1,94	1145	0,16	2,40	1495	-0,47	1,98	1,81
2021	0,35	2,61	739	0,18	1,65	941	0,96	2,18	1,71
2022	0,15	1,19	779	0,12	1,33	1070	-0,14	1,60	2,23
2023	0,13	1,46	1109	0,18	2,72	1476	-1,27	1,96	1,66
Media	0,29	2,37	885	0,26	2,90	1187	-0,53	2,91	3,15

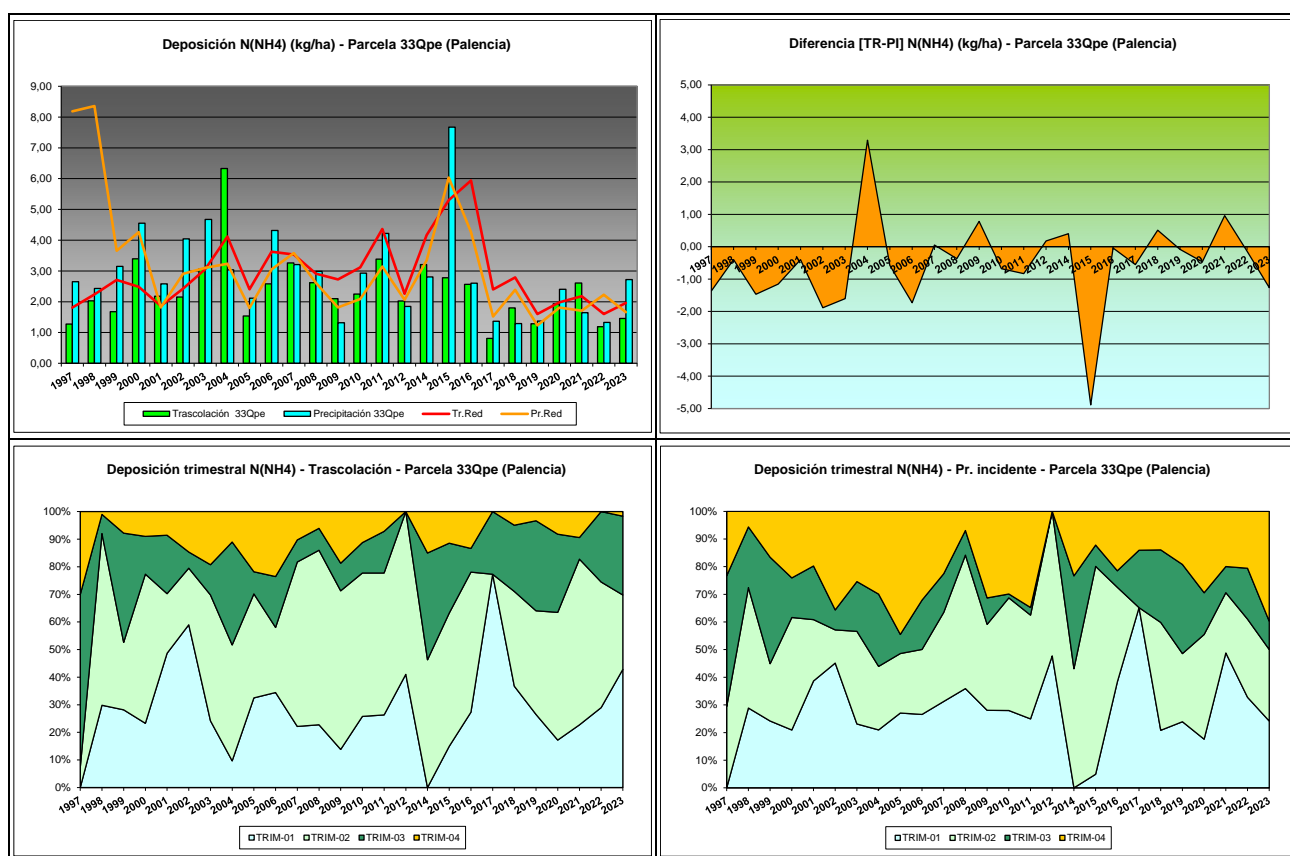


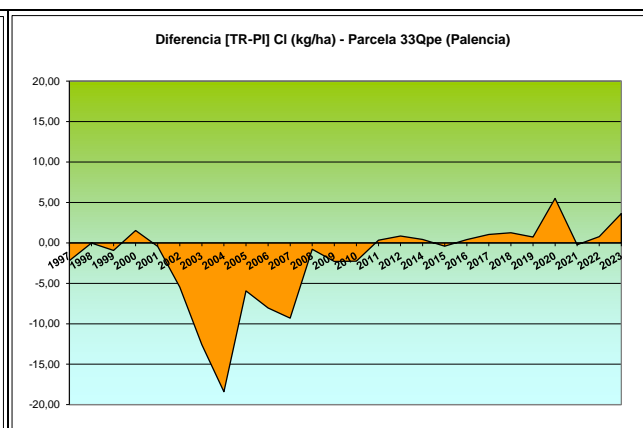
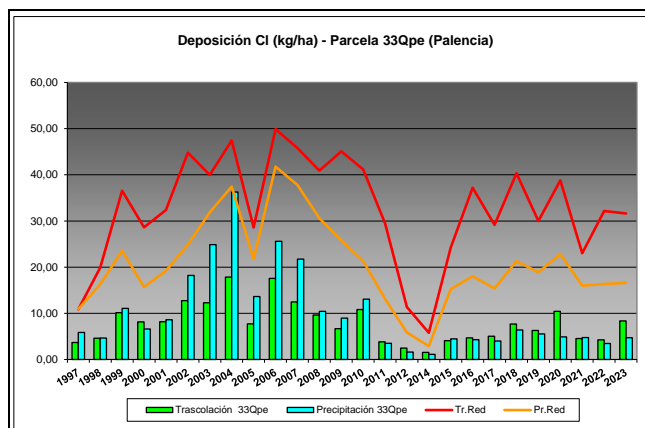
FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.8. Cloro.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,51	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

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)
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	0,63	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	3,80	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	-8,05	49,90	41,76
2007	1,56	12,45	796	1,97	21,76	1102	-9,31	45,78	37,79
2008	1,00	9,63	959	0,82	10,42	1264	-0,79	40,90	30,60
2009	0,81	6,68	828	0,76	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	0,54	3,83	707	0,34	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
2019	0,67	6,28	941	0,46	5,56	1206	0,72	29,98	18,87
2020	0,91	10,41	1145	0,33	4,91	1495	5,50	38,79	22,86
2021	0,61	4,53	739	0,51	4,76	941	-0,23	23,04	15,99
2022	0,55	4,25	779	0,33	3,48	1070	0,77	32,15	16,37
2023	0,75	8,34	1109	0,32	4,71	1476	3,63	31,63	16,59
Media	0,90	7,91	885	0,86	9,94	1187	-2,03	32,50	20,82



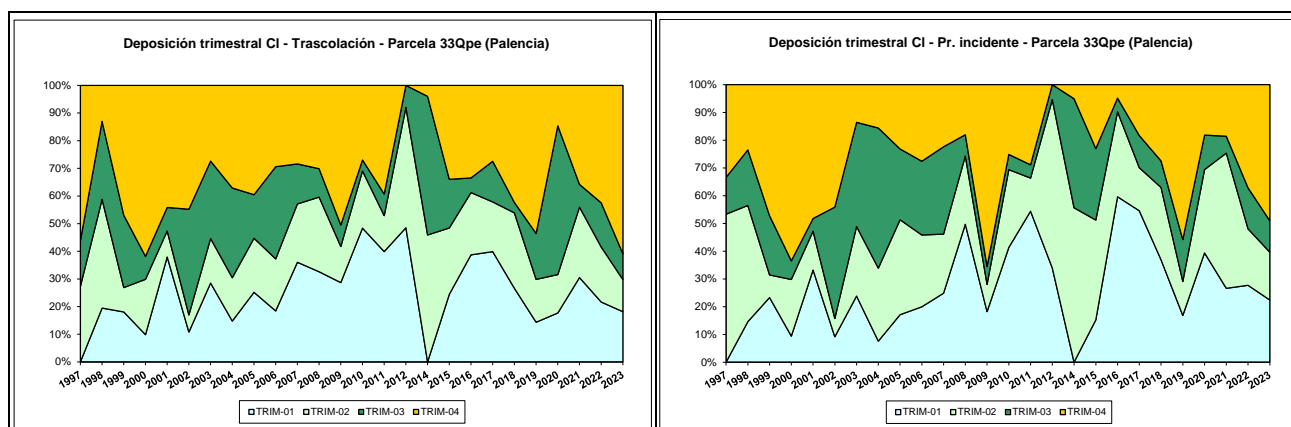


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.9. Nitratos (nitrógeno en forma de).

TABLA 18: Caracterización Nitratos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. N(NO₃) ~ 0,226 NO₃

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	0,47	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	0,21	2,86	1350	0,15	2,47	1617	0,39	3,79	2,38
2001	0,12	1,44	1155	0,14	1,98	1364	-0,54	3,51	2,09
2002	0,27	2,77	1036	0,20	3,09	1561	-0,32	4,15	2,84
2003	0,26	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	0,63	4,45	707	0,51	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
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
2019	0,14	1,36	941	0,14	1,73	1206	-0,37	2,46	1,61
2020	0,11	1,27	1145	0,11	1,57	1495	-0,30	2,02	1,64
2021	0,16	1,16	739	0,12	1,12	941	0,03	2,15	1,43
2022	0,10	0,75	779	0,11	1,17	1070	-0,43	2,09	1,49
2023	0,10	1,10	1109	0,10	1,44	1476	-0,34	2,00	1,29
Media	0,23	1,91	885	0,19	2,15	1187	-0,24	3,68	2,24

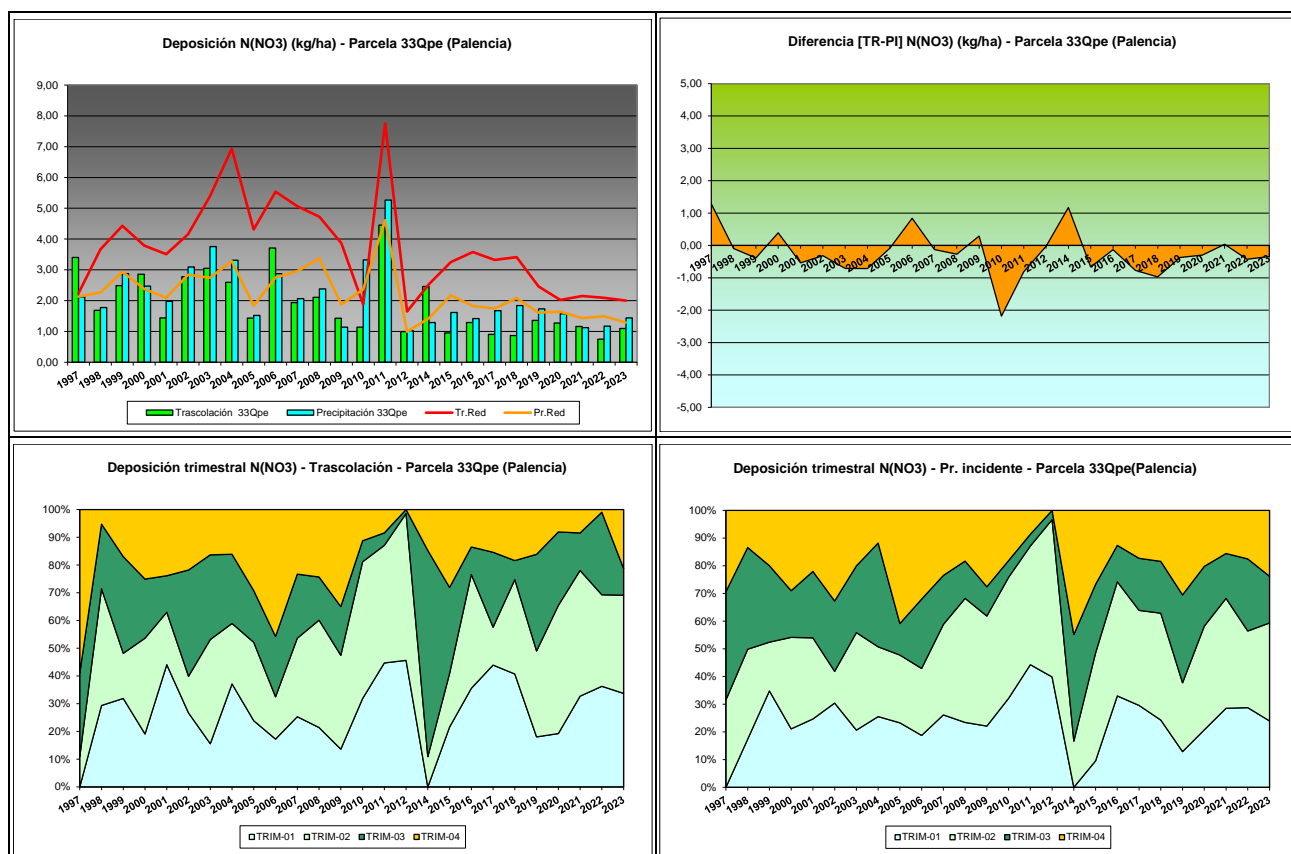


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.10. Sulfatos (azufre en forma de).

TABLA 19: Caracterización Sulfatos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. S(SO₄) ~ 0,333 SO₄

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	0,29	3,39	1155	0,31	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
2004	0,83	6,34	761	0,70	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	0,17	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	0,39	2,76	707	0,34	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

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	0,18	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
2019	0,47	4,42	941	0,16	1,92	1206	2,50	3,75	3,13
2020	0,16	1,78	1145	0,14	2,15	1495	-0,37	3,59	3,24
2021	0,16	1,21	739	0,20	1,89	941	-0,68	2,60	2,69
2022	0,16	1,24	779	0,14	1,53	1070	-0,29	3,19	2,67
2023	0,21	2,30	1109	0,16	2,37	1476	-0,07	3,07	2,32
Media	0,34	2,91	885	0,28	3,17	1187	-0,26	4,84	3,72

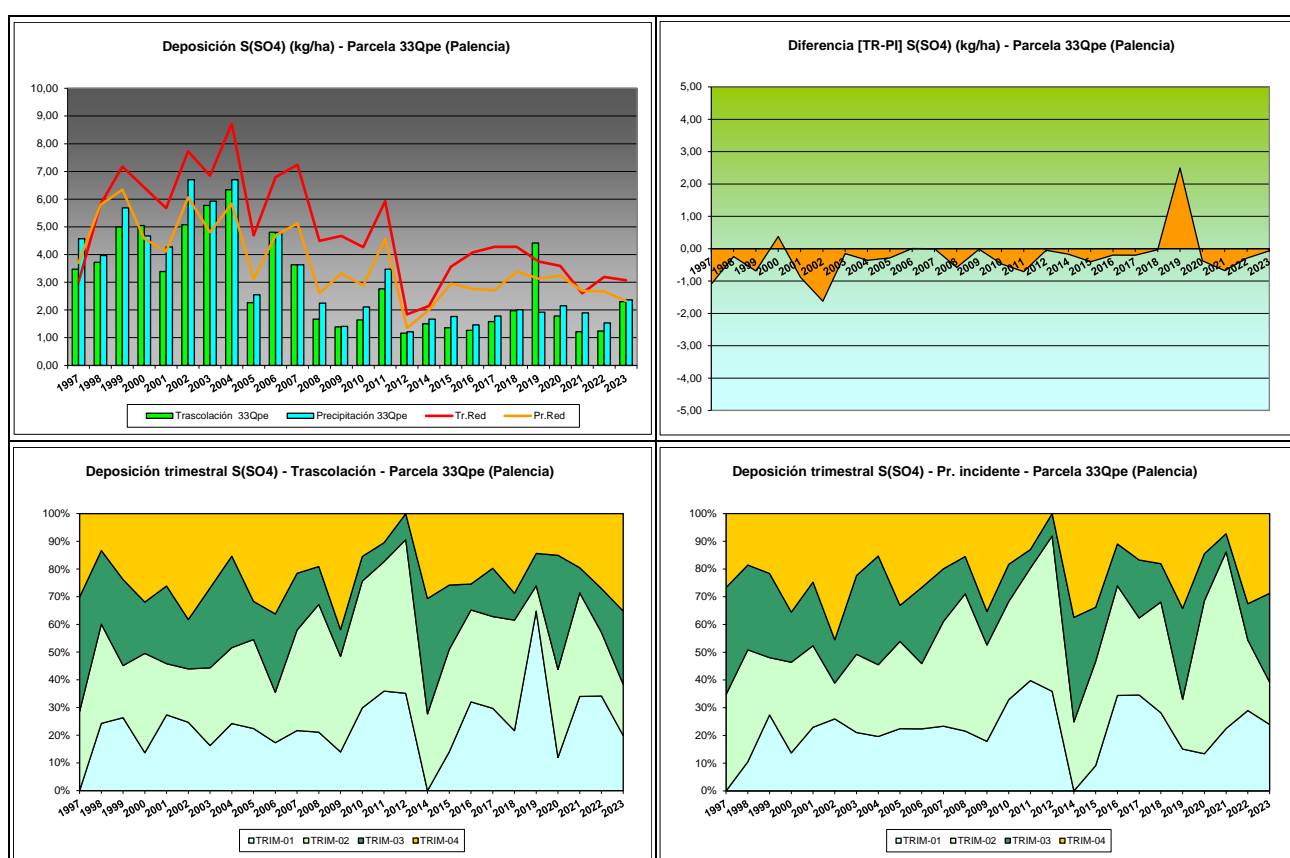


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.11. Alcalinidad (µeq/l).

TABLA 20: Caracterización Alcalinidad. Media anual ponderada por volumen, precipitación anual y media de la Red

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997			723			1074		
1998			618			869		

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
1999	222,18		937	206,48		1266	258,14	255,59
2000	110,47		1350	112,55		1617	157,24	154,47
2001	40,71		1155	28,26		1364	76,17	54,64
2002	88,60		1036	70,02		1561	169,83	139,42
2003	5,55		1185	5,49		1435	21,95	10,18
2004	110,04		761	67,33		953	109,89	117,44
2005	56,67		436	29,84		628	76,86	45,33
2006	50,36		1050	31,69		1472	105,76	56,48
2007	55,62		796	16,65		1102	59,09	37,75
2008	39,63		959	21,07		1264	71,35	40,35
2009	30,12		828	28,02		1178	68,62	36,01
2010	53,91		1390	35,45		1912	86,39	49,13
2011	59,57		707	40,27		1028	75,33	49,79
2012			302			347	19,53	10,46
2014	97,28		648	65,95		941	136,23	120,02
2015	120,23		769	50,93		1059	114,70	71,81
2016	56,52		909	65,12		1203	108,18	61,70
2017	80,76		616	26,78		856	132,93	56,84
2018	44,93		1123	20,37		1557	94,72	48,11
2019	44,30		941	30,05		1206	101,80	58,32
2020	49,32		1145	18,64		1495	86,06	49,71
2021	50,54		739	47,49		941	117,39	82,82
2022	54,67		779	34,95		1070	105,33	59,15
2023	52,06		1109	30,07		1476	90,82	45,63
Media	68,44		885	47,11		1187	101,85	71,30

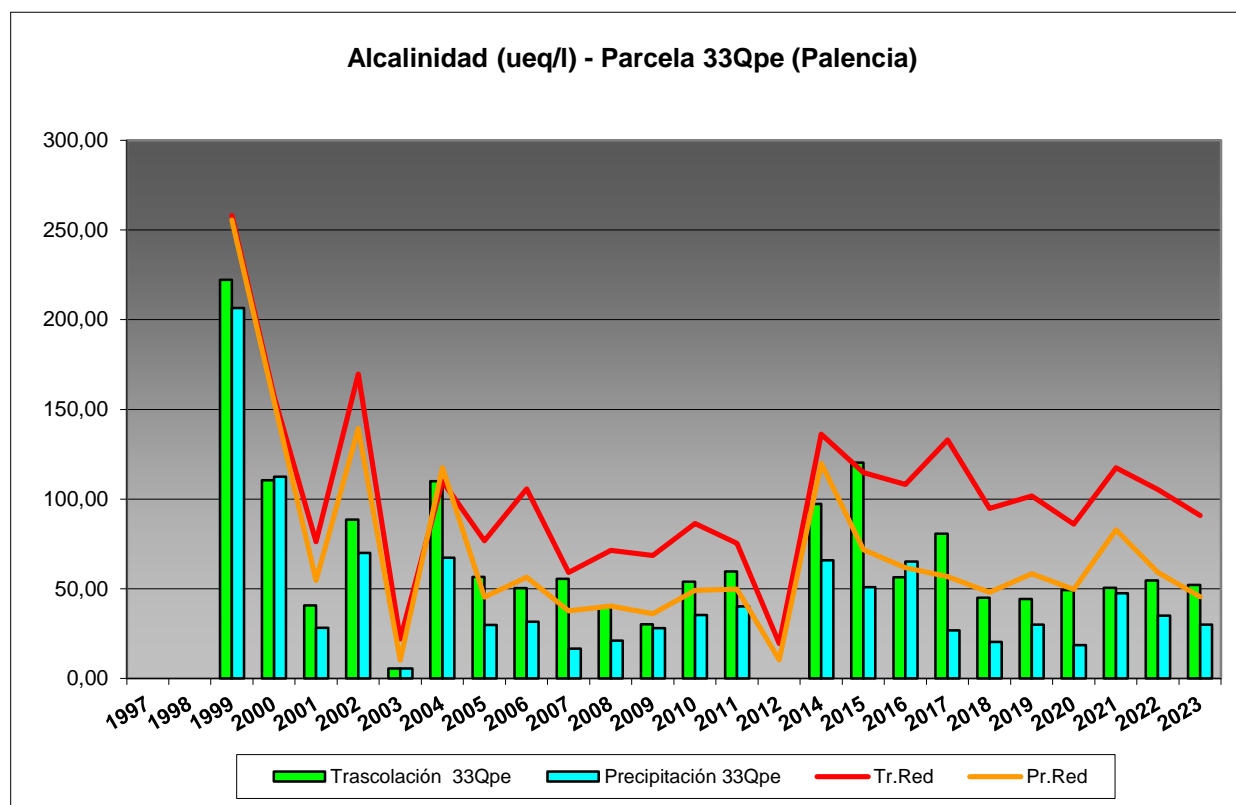


FIG 18: Variación temporal de la alcalinidad.

5.12. Nitrógeno total.

TABLA 21: Caracterización Nitrógeno total. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia traslación-precipitación incidente y media de la Red

Año	Traslación (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			723			1074			
1998			618			869			
1999	0,44	4,16	937	0,48	6,02	1266	-1,86	7,14	6,59
2000	0,46	6,25	1350	0,43	7,02	1617	-0,77	6,27	6,64
2001	0,31	3,62	1155	0,33	4,56	1364	-0,94	5,37	3,91
2002	0,48	4,93	1036	0,46	7,13	1561	-2,20	6,58	5,75
2003	0,52	6,12	1185	0,59	8,43	1435	-2,32	8,44	5,84
2004			761			953			
2005	0,67	2,92	436	0,55	3,48	628	-0,56	4,96	2,97
2006	0,56	5,84	1050	0,49	7,27	1472	-1,43	9,06	5,73
2007	0,63	5,04	796	0,49	5,41	1102	-0,37	8,53	6,45
2008			959			1264			
2009			828			1178			
2010			1390			1912			
2011			707			1028			
2012			302			347			
2014			648			941			
2015			769			1059			

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)
2016			909			1203			
2017			616			856			
2018			1123			1557			
2019			941			1206			
2020	0,40	4,60	1145	0,38	5,60	1495	-1,01	5,40	4,36
2021	0,77	5,66	739	0,54	5,06	941	0,60	8,83	5,67
2022	0,65	5,05	779	0,60	6,41	1070	-1,36	6,71	6,31
2023	0,60	6,66	1109	0,46	6,77	1476	-0,12	7,06	4,94
Media	0,54	5,07	885	0,48	6,10	1187	-1,03	7,03	5,43

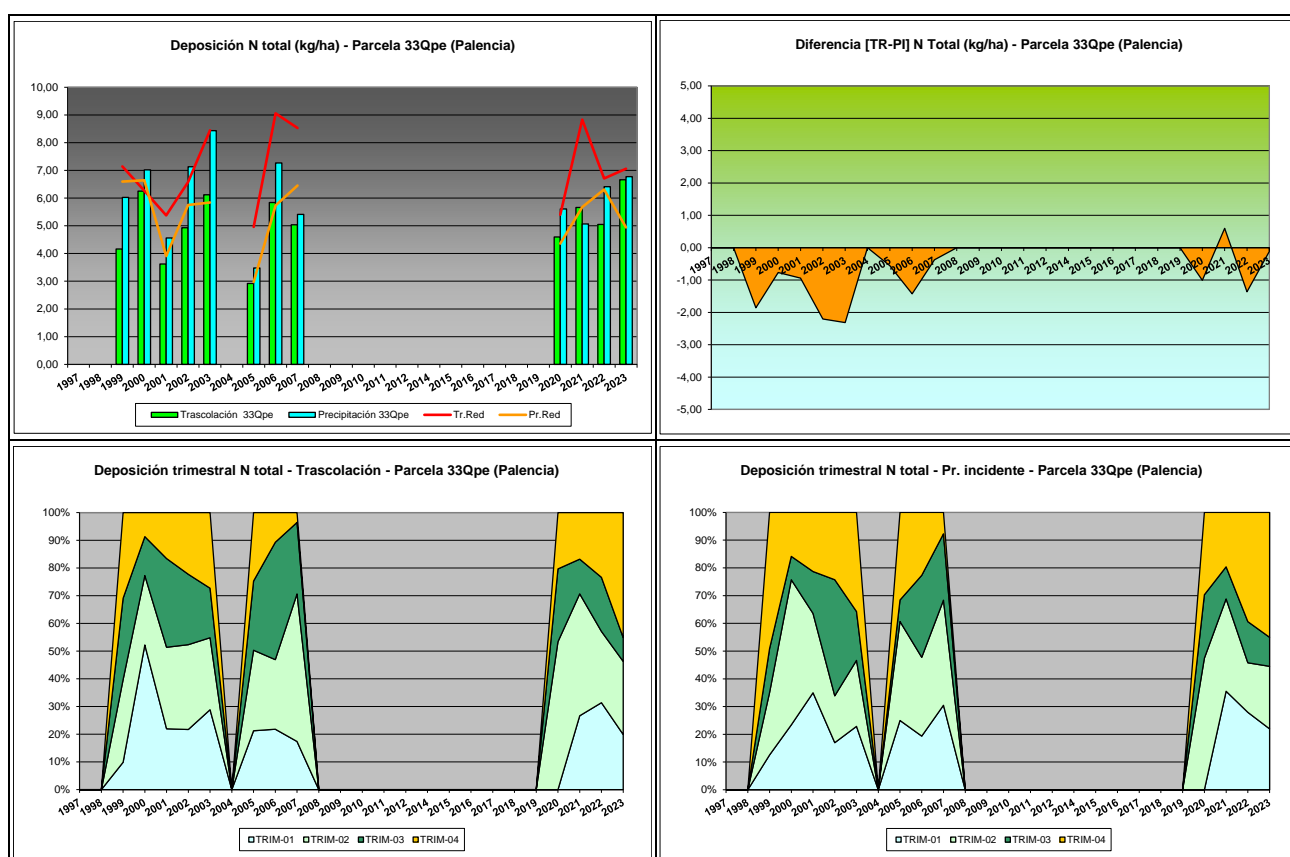


FIG 19: Variación temporal de deposición de Ntotal, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
2020	64,84		1145	91,97		1495	54,88	57,75
2021	45,40		739	67,25		941	48,33	66,04
2022	50,05		779	73,10		1070	45,72	59,49

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
2023	62,35		1109	58,08		1476	53,85	59,36
Media	55,66		943	72,60		1245	50,70	60,66

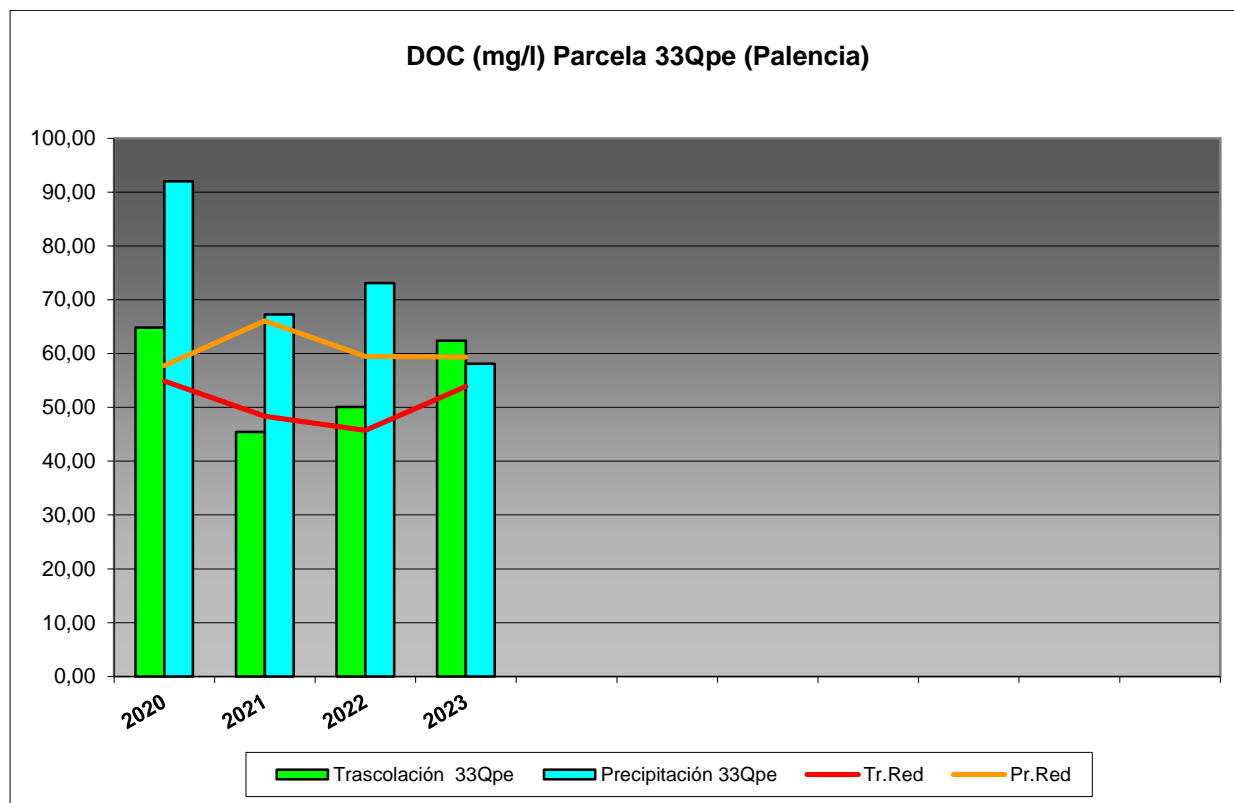


FIG 20: Variación temporal de DOC.

5.14. Aluminio.

TABLA 23: Caracterización Aluminio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2020	0,03	0,37	1145	0,02	0,23	1495	0,14	0,38	0,25
2021	0,03	0,23	739	0,03	0,27	941	-0,05	0,28	0,19
2022	0,00	0,00	779	0,00	0,00	1070	0,00	0,05	0,11
2023	0,02	0,27	1109	0,01	0,14	1476	0,13	0,25	0,08
Media	0,02	0,22	943	0,01	0,16	1245	0,05	0,24	0,16

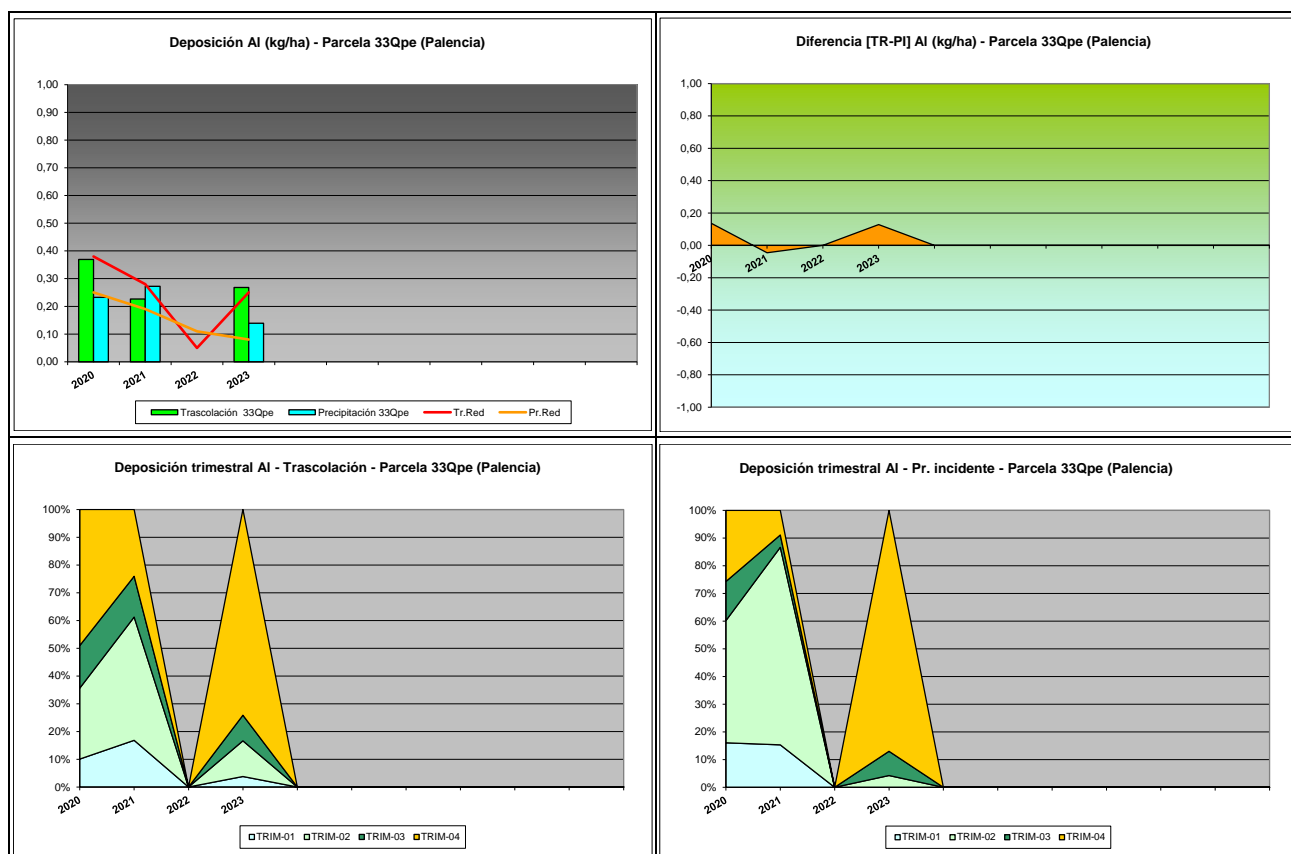


FIG 21: Variación temporal de deposición de Al, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.15. Manganeso.

TABLA 24: Caracterización Manganeso. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

Año	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)
2020	0,08	0,86	1145	0,00	0,06	1495	0,80	0,21	0,05
2021	0,08	0,57	739	0,01	0,05	941	0,52	0,17	0,04
2022	0,09	0,70	779	0,00	0,02	1070	0,68	0,21	0,05
2023	0,15	1,67	1109	0,01	0,11	1476	1,56	0,26	0,05
Media	0,10	0,95	943	0,00	0,06	1245	0,89	0,21	0,05

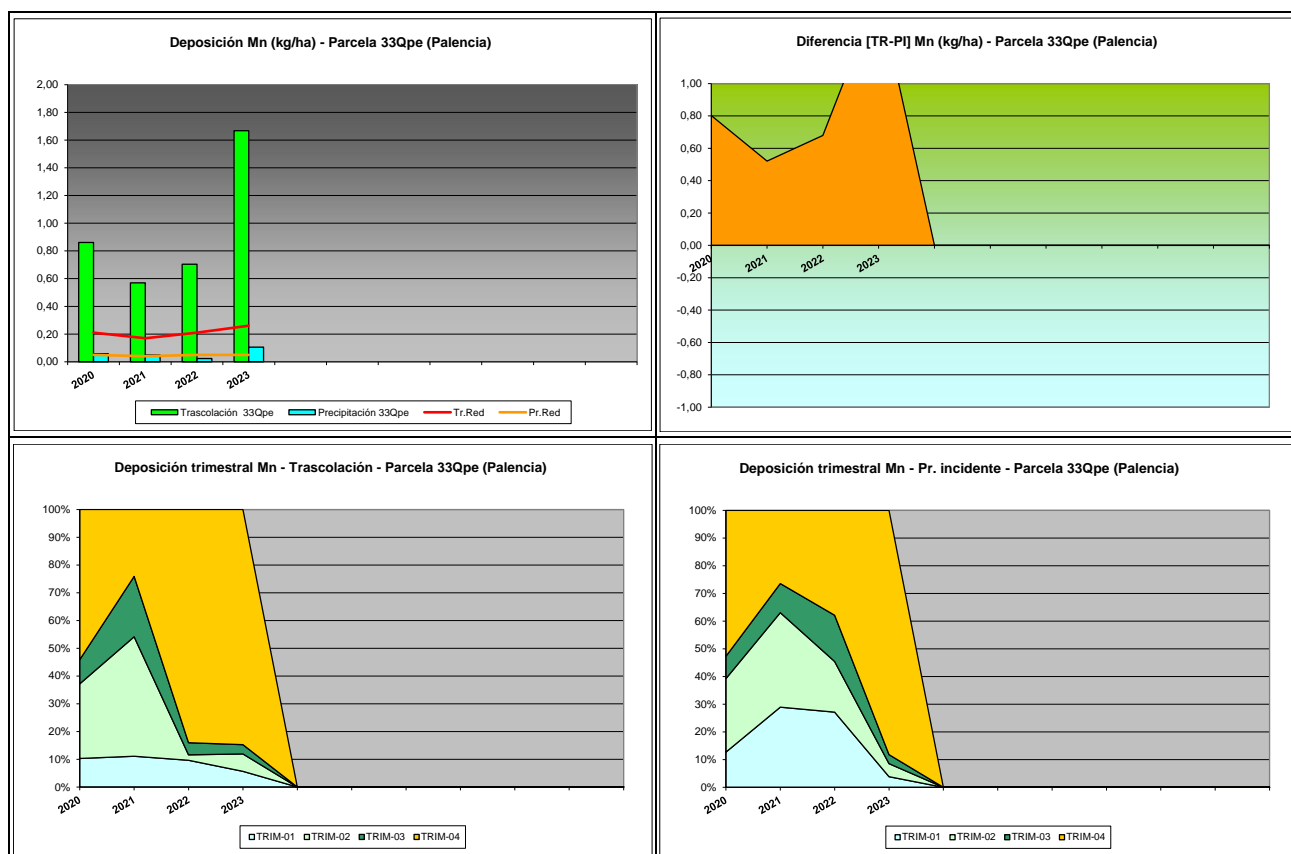


FIG 22: Variación temporal de deposición de Mn, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.16. Hierro.

TABLA 25: Caracterización Hierro. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

Año	Traslación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2020	0,01	0,17	1145	0,01	0,09	1495	0,08	0,15	0,08
2021	0,01	0,10	739	0,01	0,08	941	0,02	0,11	0,14
2022	0,01	0,09	779	0,00	0,04	1070	0,06	0,12	0,06
2023	0,01	0,15	1109	0,01	0,09	1476	0,06	0,13	0,04
Media	0,01	0,13	943	0,01	0,07	1245	0,05	0,13	0,08

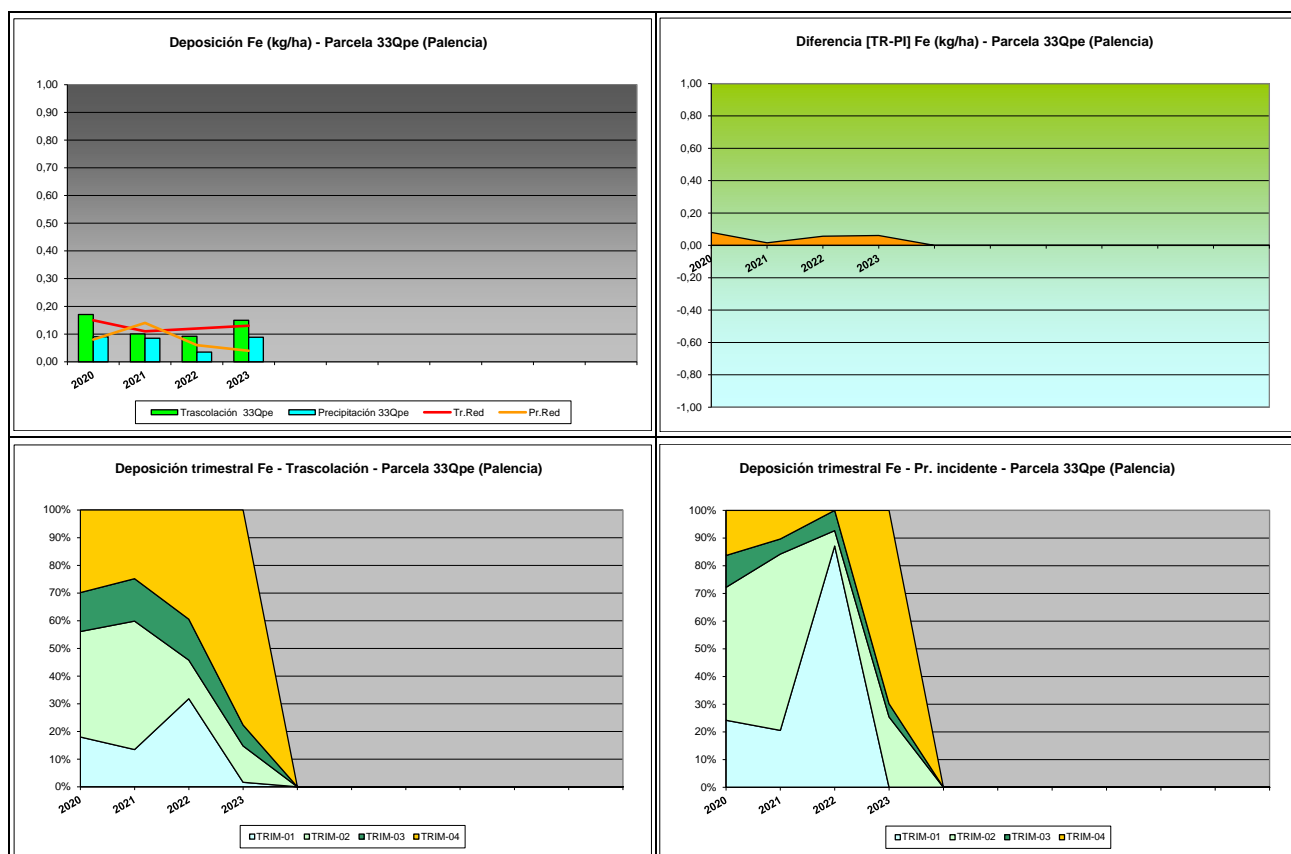


FIG 23: Variación temporal de deposición de Fe, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.17. Interpretación de resultados.

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

En cuanto al **pH**, se observan valores similares a los medios de la Red, con una ligera reducción durante el último año tras el gradual incremento del quinquenio previo, alejado de los comparativamente malos resultados obtenidos en el periodo 2004-2008, registrándose por regla general valores más bajos a campo abierto. Desaparecen de nuevo los episodios de precipitaciones que podrían calificarse como lluvia ácida, muy frecuentes en la primera mitad de la serie –y que llegaban a abarcar cerca de la mitad de las muestras tomadas- y anecdóticos en los últimos años. Durante 2023 y con una precipitación total de 1500 mm anuales se supera el episodio de relativa sequía de 2021-2022. La intercepción provocada por la cubierta arbórea se ha situado en el entorno del 25%, 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 que se reducen ligeramente a lo largo del último año, rondando los 10-20 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En cuanto al **potasio**, elemento típicamente terrígeno, presenta a campo abierto valores similares a los de la media de la Red, sobrepasándolos ligeramente en ocasiones salpicadas, mientras que los valores bajo cubierta se sitúan generalmente bajo esta cota, tendiendo a sobrepasar las tasas de trascolación a las de la precipitación incidente, posiblemente debido a efectos de la deposición seca. Tras el incremento observado en 2017, en que la trascolación llegó a alcanzar los 25 kg/ha constituyendo un máximo local, en la presente

revisión se advierte un considerable incremento del depósito bajo cubierta, que sobrepasa los 15 kg/ha constituyendo uno de los máximos locales de la serie mientras que el aporte a cielo abierto no llega a 0,5 kg/ha, el valor más bajo alcanzado en esta parcela.

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. Tras un comportamiento muy estable a lo largo de los últimos años de la serie, se advierte un incremento en el depósito de este soluto desde 2021, más marcado en el aporte a campo abierto que se sitúa en el umbral de 10 kg/ha.

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, que se incrementan ligeramente durante los últimos tres años a la vez que los aportes a cielo abierto van disminuyendo.

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 a campo abierto –tendencia esta más errática a medida que progresa la serie histórica- con un máximo muy marcado en torno a 2003 y una reducción más o menos sostenida desde ese punto hasta el episodio valle de 2012-2014, momento a partir del cual comienza un periodo de incremento que culmina en valores del entorno de 5 kg/ha durante los últimos años, con un incremento más marcado en trascolación durante el último año.

El **amonio**, compuesto muy ligado 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 en tasas inferiores a 5 kg/ha, y que tras el marcado pico a campo abierto de 2015 pasa de nuevo a situarse por debajo del umbral de 3 kg/ha, con un incremento durante el último año tras el mínimo local de 2022. Habitualmente se han registrado deposiciones mayores a cielo abierto que en trascolación, aunque la tendencia, en diente de sierra, resulta ser bastante errática.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por 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, incrementándose ligeramente en ambas vías tras el episodio valle de 2021-2022.

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. 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 tramo. Durante los últimos años el soluto ha tendido a presentar un comportamiento muy estable, sin superar los 2 kg/ha y con mayor incidencia a campo abierto y con un ligero incremento durante el último año.

En referencia a los **sulfatos**, se observa un comportamiento muy similar: máximos locales en 2002-2004 y posterior descenso de la serie, que experimenta un ligero repunte en 2011, y depósitos algo más pequeños bajo cubierta arbórea, tendencia esta que se ha invertido esporádicamente, sin apenas superar en los últimos años el nivel de los 2 kg/ha, y aumentando ligeramente durante el último año tras el mínimo local de 2022.

Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierten en general valores inferiores a las medias de la Red, superiores bajo cubierta arbórea, con una tendencia progresivamente descendente desde los valores más

altos habidos al comienzo de la serie histórica, en que llegaron a superarse los 200 $\mu\text{eq/l}$, y una situación bastante estable durante los últimos años, en los que apenas se sobrepasan los 50 $\mu\text{eq/l}$.

Desde 2020 se retoma el análisis del **nitrógeno total**, interrumpido en 2007, y que se sitúa en el entorno de los 4-6 kg/ha, con mayores tasas a campo abierto en general y en todo caso inferiores a las habidas durante el inicio de la serie, y con un incremento de las tasas en ambas vías durante el último año. Se han analizado también el **carbono orgánico disuelto** que se mantiene en niveles similares a los de la revisión anterior, **aluminio, manganeso y hierro**, también con aportes mayores bajo arbolado y en tasas traza en casi todos los casos, sin superar 1 kg/ha, si bien cabe hacer constar la deposición de manganeso en trascolación, que alcanza ya el valor de 1,60 kg/ha en la línea de otros solutos analizados. Por regla general, se advierte un incremento en la entrada de metales durante el 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 $\mu\text{g/m}^3$) y ozono (expresado en ppb).

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

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

TABLA 26: Valores de referencia de calidad del aire mediante dosímetros pasivos

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

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

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

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

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)
2000	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
2020	0,53	1,10	1,64	24,16	0,73	2,73	1,98	23,42
2021	0,47	0,99	1,31	28,24	0,76	2,63	1,47	25,19
2022	0,41	1,13	1,54	21,02	0,68	2,88	1,75	21,13
2023	0,37	0,99	1,79	23,59	0,50	2,58	2,06	22,45
2024	0,77	0,88	1,26	24,81	0,94	2,35	1,60	22,14
Media	1,21	1,24	1,37	31,24	1,26	2,52	1,59	28,99

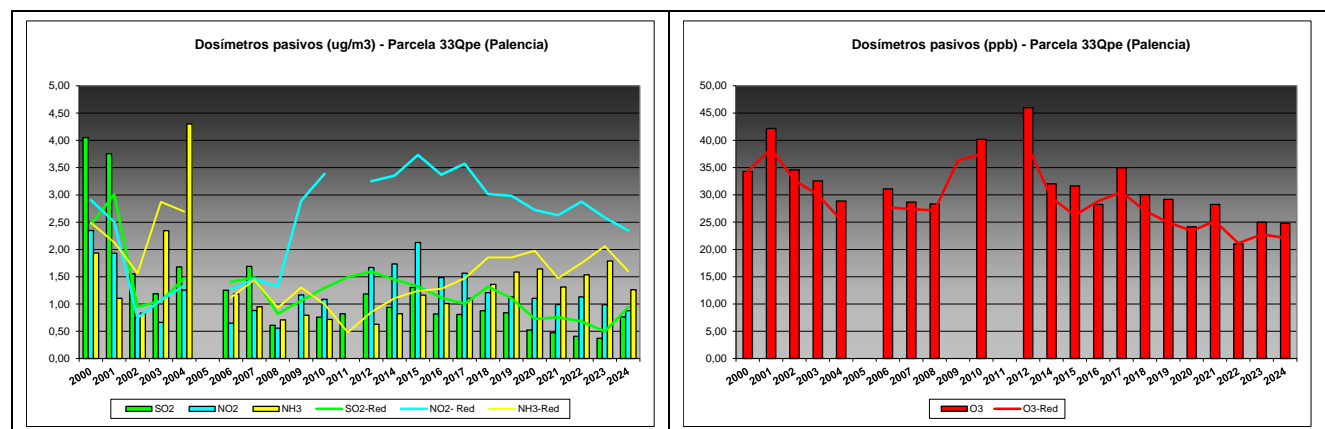


FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ siempre por debajo de los niveles

medios del conjunto y sin alcanzar los umbrales de referencia antedichos salvo por lo que se refiere a la protección de los líquenes, destacando una ligera disminución en los niveles a lo largo del último tramo de la serie junto con un marcado incremento de los óxidos de azufre tras el mínimo de inmisión registrado el año previo, tal como ha ocurrido en otras parcelas de la Red. Los niveles de ozono se mantienen muy similares a los del año anterior y siempre por encima de la media de la Red, superándose el valor mínimo alcanzado en la revisión de hace dos años.

7. Análisis foliar.

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

7.1. Análisis Macronutrientes.

Los macronutrientes analizados han registrado los siguientes valores:

TABLA 28: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y comparación con el resto de las 54 parcelas de la Red de Nivel II pobladas con la misma especie y la media de la especie. A partir de 2009-2010 sólo se miden las 14 parcelas instrumentadas.

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 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
2019-2020	33 Qpe	Palencia	23,89	28,07	2,09	1,63	8,78	1,58	11,08	49,75
	<i>Q. petraea</i>	Red	23,89	28,07	2,09	1,63	8,78	1,58	11,08	49,75
2021-2022	33 Qpe	Palencia	30,08		0,71	1,75	9,61	1,35	11,08	
	<i>Q. petraea</i>	Red	30,08		0,71	1,75	9,61	1,35	11,08	

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 100 hojas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
2023-2024	33 Qpe	Palencia	27,78	24,40	1,59	1,69	9,66	1,47	10,64	46,86
	<i>Q. petraea</i>	Red	27,78	24,40	1,59	1,69	9,66	1,47	10,64	46,86

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.

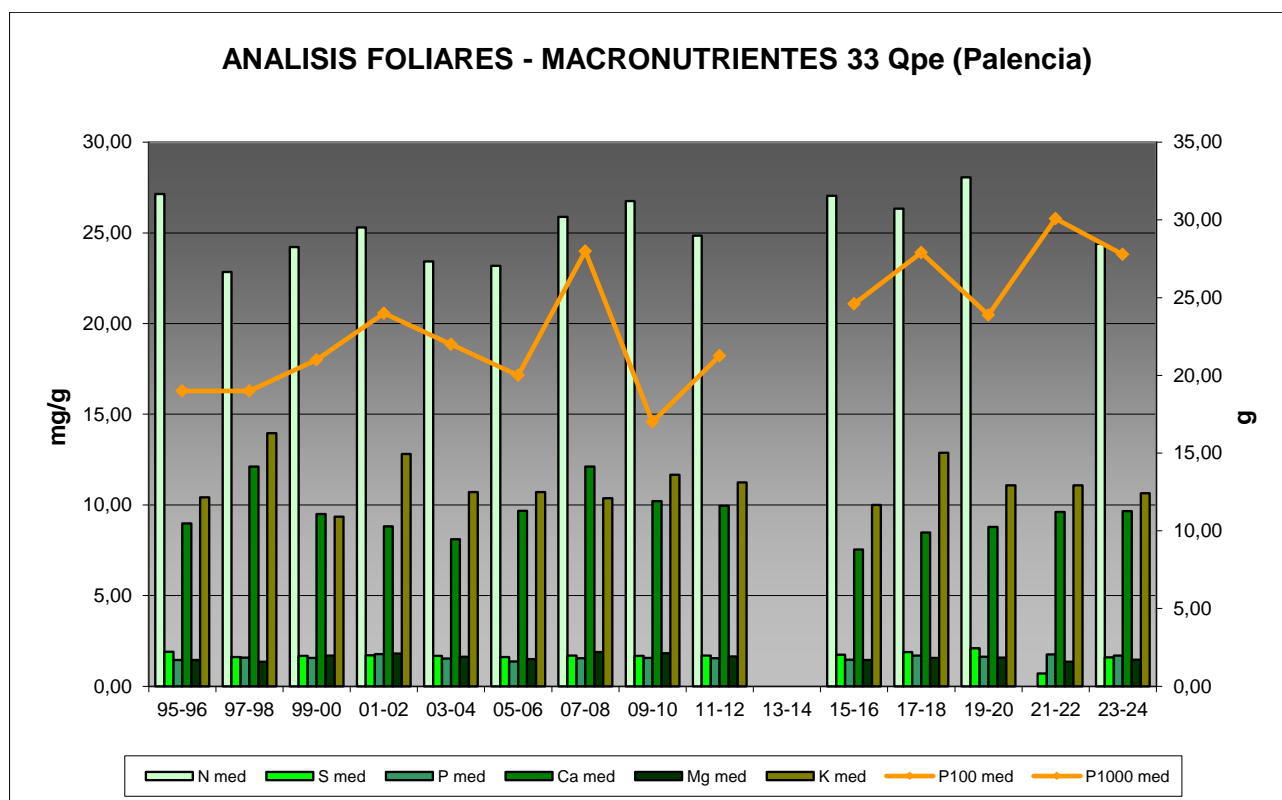


FIG 25: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

TABLA 29: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y comparación con el resto de las 54 parcelas de la Red de Nivel II pobladas con la misma especie y la media de la especie. A partir de 2009-2010 sólo se miden las 14 parcelas instrumentadas.

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
1995-1996	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

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
2019-2020	33 Qpe	Palencia		15,71	2192,62	83,09	8,24
	<i>Q. petraea</i>	Red		15,71	2192,62	83,09	8,24
2021-2022	33 Qpe	Palencia		15,85	1480,83	48,17	9,11
	<i>Q. petraea</i>	Red		15,85	1480,83	48,17	9,11
2023-2024	33 Qpe	Palencia		16,81	2058,92	85,81	7,45
	<i>Q. petraea</i>	Red		16,81	2058,92	85,81	7,45

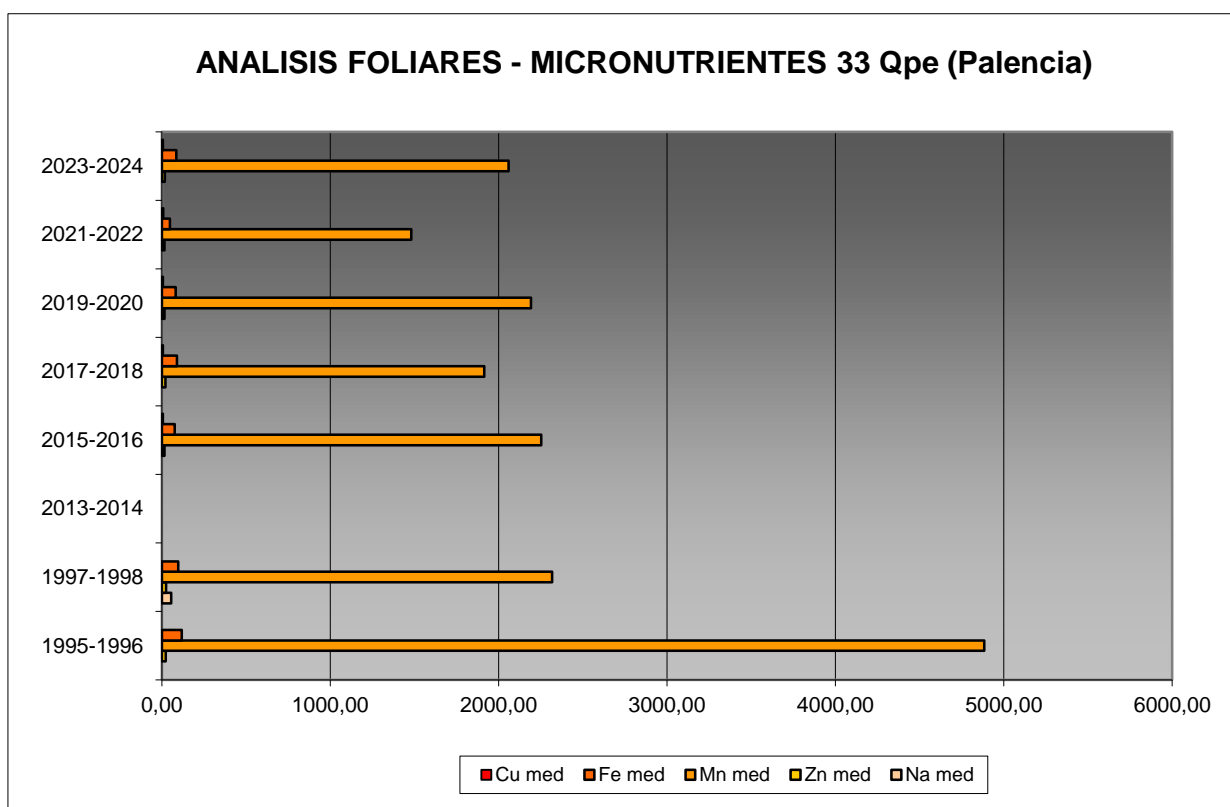


FIG 26: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 que con oscilaciones marca los mayores valores del parámetro

dentro de la serie, en el entorno de los 30 g/100 hojas, reduciéndose ligeramente respecto al máximo absoluto de la campaña anterior.

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 disminuyendo ligeramente durante la presente campaña tras el máximo de la revisión anterior. El **azufre**, como parece ser una tendencia en toda la red, se incrementa apreciablemente tras el valor mínimo de la revisión previa, superándose el valor de 1 mg/g, no disponiéndose de valor patrón o de referencia para la especie. El resto de elementos analizados no experimenta grandes cambios respecto a la campaña precedente, incrementándose ligeramente **calcio y magnesio** mientras se reducen ligeramente **fósforo y potasio**. Por último y en lo que se refiere al contenido en **carbono** del follaje, parámetro de reciente medición, se sitúa en torno a valores ligeramente inferiores al 50%.

Los **micronutrientes** se han analizado con menos regularidad y no siempre todos ellos, lo que dificulta abordar su evolución temporal. Destacan los elevados niveles de **manganeso**, que se incrementan apreciablemente a lo largo de la última campaña, tal y como sucede también con el **hierro**, mientras que el **zinc** se mantiene bastante estable y el **cobre** se reduce ligeramente.

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.

8.1. Análisis Macronutrientes.

TABLA 30: Resultados medios del análisis de desfronde en sus distintas fracciones. Aporte anual en kg/ha; porcentaje de carbono y contenido en mg/g de materia seca de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio.

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2005	Hojas	2.726	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

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
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
	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							
2019	Hojas	2.694	49,54	13,93	1,05	0,64	8,80	1,35	4,14
	Ramillas	597							
	Otras	1.081							
2020	Hojas	3.004			0,84	0,56	8,16	1,41	5,49
	Ramillas	505							
	Otras	1.052							
2021	Hojas	3.228			1,12	0,83	8,41	1,32	3,65
	Ramillas	304							
	Otras	637							
2022	Hojas	2.932	47,28	12,73	0,90	0,82	6,52	1,37	5,49
	Ramillas	765							
	Otras	1.049							
2023	Hojas	3.096	47,16	15,49	1,26	1,15	8,53	1,57	5,26
	Ramillas	588							
	Otras	1.040							
Media	Hojas	2.874	50,68	15,93	1,17	0,87	7,68	1,55	4,95
	Ramillas	755	52,24	6,31	0,46	0,36	4,87	0,83	1,80
	Otras	821	51,03	13,31	1,02	0,93	8,26	1,33	3,36

8.2. Análisis Micronutrientes.

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

Año	Fracción	Zn (µg/g)	Mn (µg/g)	Fe (µg/g)	Cu (µg/g)	Pb (µg/g)	Co (µg/g)	Ni (µg/g)	Cd (ng/g)
2014	Hojas	15,12	4128,29	68,50	5,38				
	Ramillas								
	Otras								
2015	Hojas	17,73	4204,96	72,83	5,02				
	Ramillas								
	Otras	22,38	1606,31	142,65	7,82				
2016	Hojas	17,72	4615,34	126,30	5,10				
	Ramillas								
	Otras	21,14	1123,57	241,23	6,51				
2017	Hojas	24,56	4283,41	100,44	6,62				
	Ramillas								
	Otras								
2018	Hojas	18,91	4923,01	84,78	17,39				
	Ramillas								
	Otras								
2019	Hojas	17,99	3667,43	98,62	5,27				
	Ramillas								
	Otras								
2020	Hojas	26,62	3998,71	136,56	5,96	2,03	0,11	8,12	33,29
	Ramillas								
	Otras								
2021	Hojas	24,88	3116,57	132,49	6,20				
	Ramillas								
	Otras								
2022	Hojas	15,58	3823,87	148,87	5,49				
	Ramillas								
	Otras								
2023	Hojas	26,70	4044,91	189,19	7,33				
	Ramillas								
	Otras								
Media	Hojas	20,58	4080,65	115,86	6,98	2,03	0,11	8,12	33,29
	Ramillas								
	Otras	21,76	1364,94	191,94	7,17				

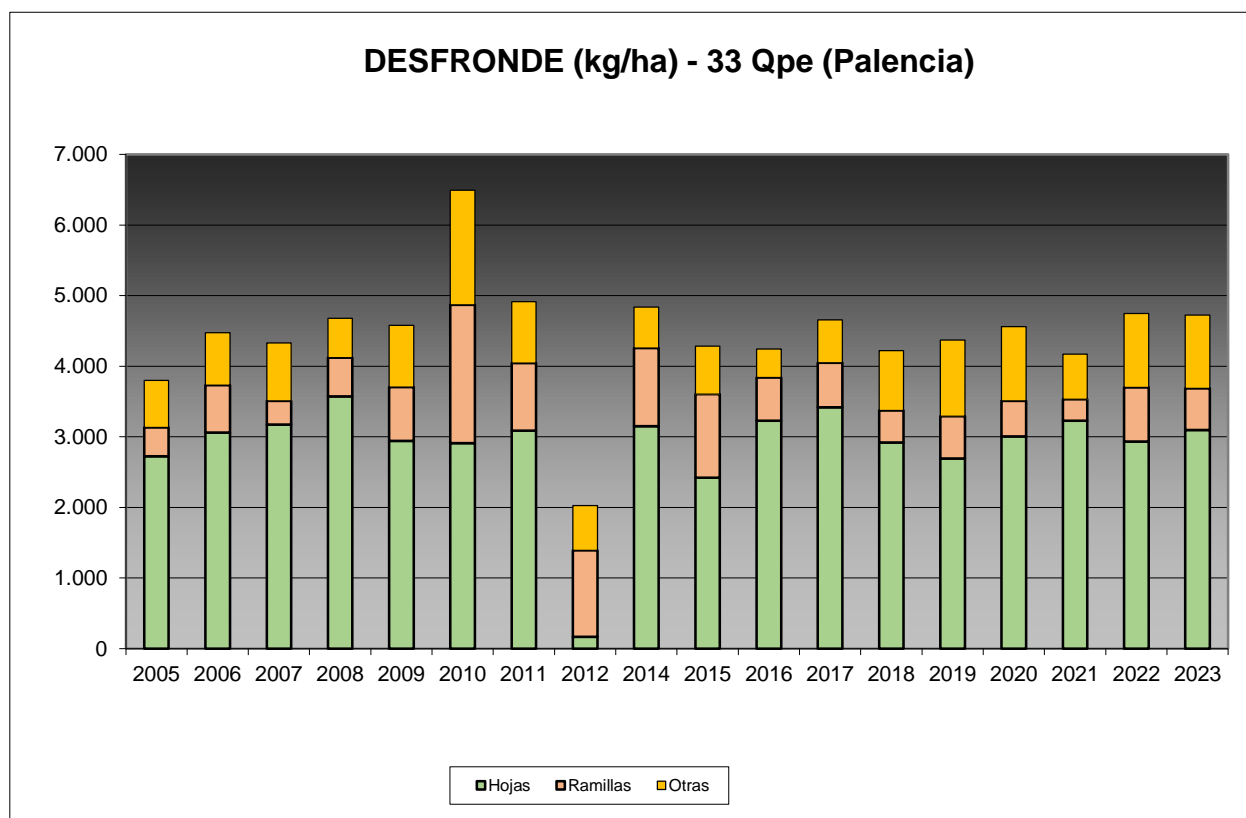


FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde 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 desfronde en general se mantiene bastante estable a lo largo de la serie en torno a los 4.000 kg/ha, excepción hecha de los resultados de 2010. El contenido medio en C 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 31: Resultados de la evaluación fenológica. Comienzo, final y amplitud de la fase. Días desde el 1 de enero hasta el comienzo de fase. Temperatura acumulada (grados-día) hasta el inicio de fase.

Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)
1999	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
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
2020	29/04/20	23/06/20	55	119	733	23/05/20	23/06/20	31	143	1025
2021	25/05/21	29/06/21	35	144	800	25/05/21	29/06/21	35	144	800
2022	24/05/22	27/06/22	34	143	923	24/05/22	27/06/22	34	143	923
2023	26/04/23	27/06/23	62	115	624	30/05/23	27/06/23	28	149	991
2024	23/04/24	29/05/24	36	113	715	29/05/24	03/07/24	35	149	1013
Media			38	127	635			26	152	894

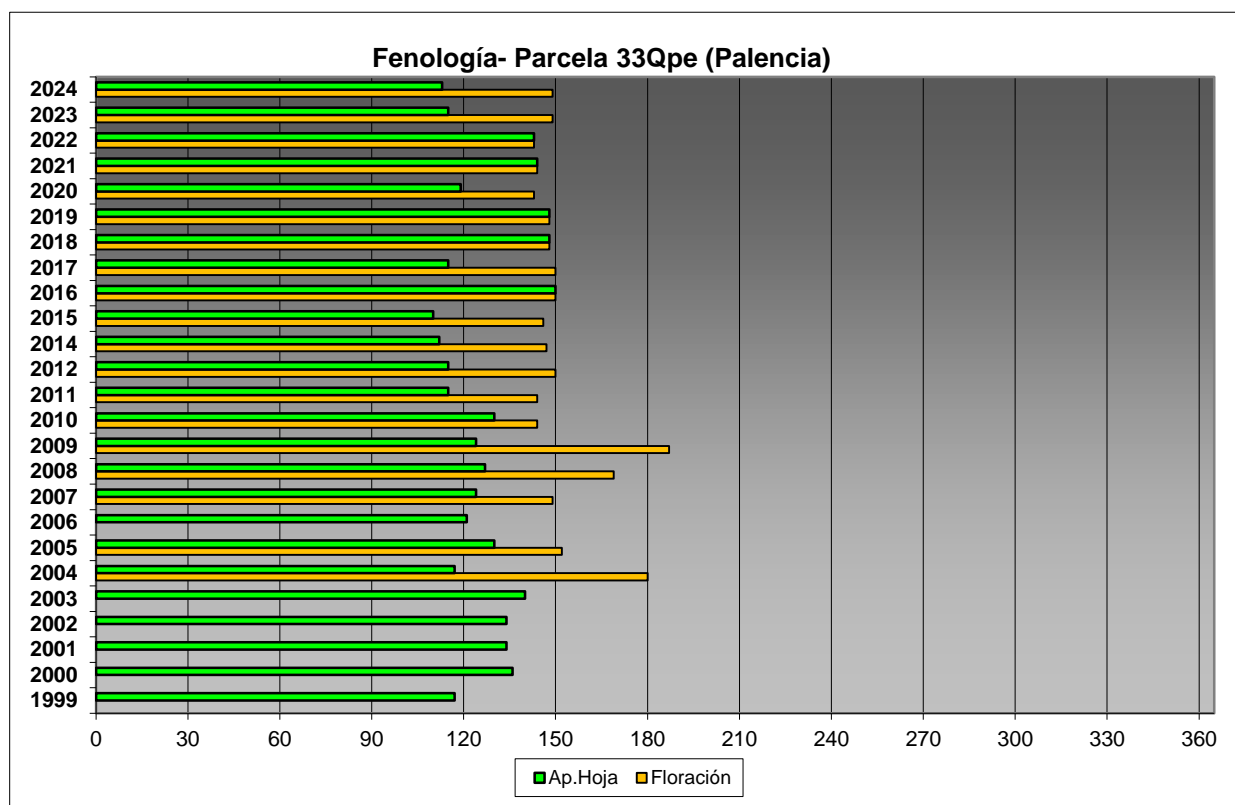


FIG 28: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

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 29: 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 32: Valor medio dendrómetros. Crecimiento medio: diferencia en cm y porcentaje entre el máximo y mínimo del año. Oscilación media: diferencia y porcentaje entre los valores de enero y diciembre (o comienzo/fin de año en años incompletos)

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
1999	0,01	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
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
2020	0,19	0,79	0,19	0,70
2021	0,19	0,78	0,19	0,72
2022	0,17	0,70	0,17	0,69
2023	0,20	0,85	0,20	0,68
2024	0,17	0,67	0,17	0,60
Media	0,16	0,88	0,16	0,73

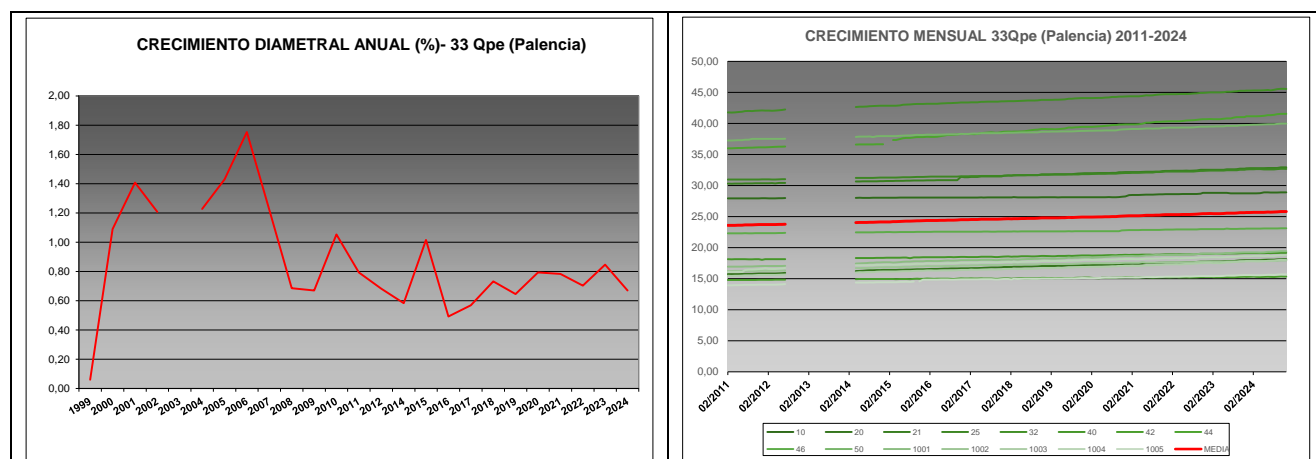


FIG 30: Crecimiento diametral anual y porcentaje sobre el inicio. Crecimientos mensuales dendrómetros y media parcela

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, con un incremento sostenido desde el mínimo local de 2016 y una ligera reducción durante el último año, manteniendo un comportamiento en diente de sierra.

11. Meteorología.

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

TABLA 33: Parámetros meteorológicos básicos. Precipitación anual. Temperatura media anual, máxima de las máximas, mínima de las mínimas, media de las máximas, media de las mínimas. Radiación solar media. Humedad relativa media. Velocidad del viento media y máxima.

Año	Prec	T med	T MAX	T MIN	T max	T min	Rad med	HR med	V viento med	V viento max
	(mm)	(°C)					(W/m ²)	(%)	(m/s)	
1997	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

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)	
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
2020	1495	9,8	32,6	-4,9	14,8	5,2	185,7	70,3	1,9	27,6
2021	941	9,2	32,6	-8,7	14,4	4,5	187,0	69,3	1,9	31,0
2022	1070	10,5	34,8	-6,1	15,8	5,7	188,2	66,3	1,8	25,0
2023	1476	10,3	34,4	-7,9	15,8	5,3	194,2	66,8	1,9	32,5
2024	1546	9,9	32,5	-9,8	15,2	4,9	187,6	71,1	1,7	31,3
Media	1201	8,9	31,6	-11,2	14,2	3,7	169,3	69,8	1,9	33,5

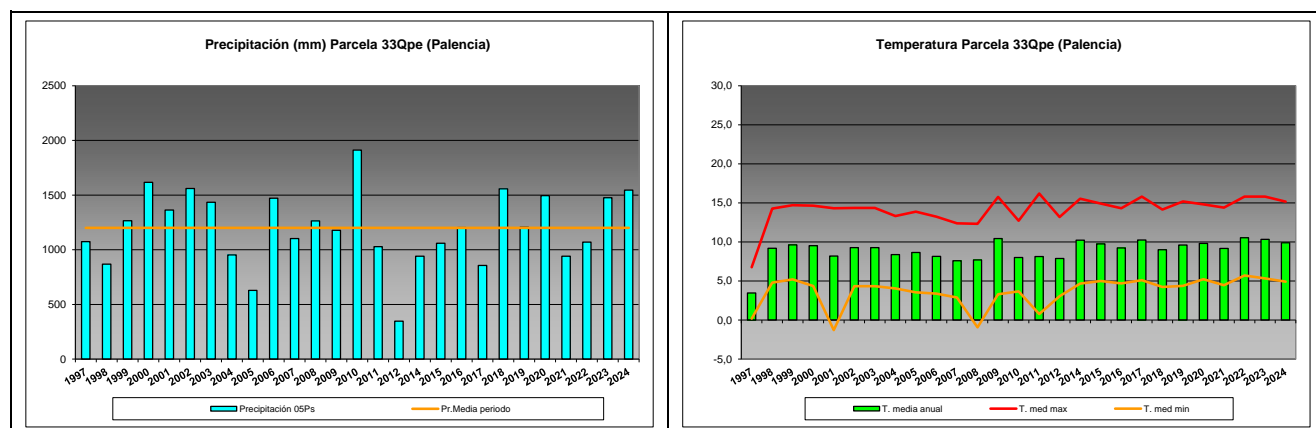


FIG 31: Principales variables meteorológicas.

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

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

Año	DT	DH	PMAX5		PPES	NOPREC	
	Días	Días	mm	Intervalo	Días	Días	Intervalo
2000	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

Año	DT	DH	PMA5		PPES	NOPREC	
	Días	Días	mm	Intervalo	Días	Días	Intervalo
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
2020	5	2	83,8	19/10 a 23/10	0	17	14/05 a 30/05
2021	4	5	46,5	20/01 a 24/01	0	22	05/08 a 26/08
2022	22	1	35,4	25/12 a 29/12	0	16	17/07 a 01/08
2023	9	3	67,0	16/10 a 20/10	0	51	06/07 a 25/08
2024	10	0	133,6	05/10 a 09/10	2	15	23/05 a 06/06

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

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Media
S-01	1,60	1,35	1,35	1,22	1,21	1,47	1,31	1,35	1,29	1,37	1,19	1,34
S-02	1,61	1,37	1,38	1,32	1,27	1,68	1,57	1,40	1,49	1,60	1,34	1,46
S-03	1,45	1,09	1,25	1,19	1,13	1,56	1,19	1,28	1,33	1,34	1,17	1,27
S-04	1,49	1,15	1,27	1,21	1,11	1,34	1,50	1,19	1,29	1,27	1,12	1,27
S-05	1,38	1,12	1,17	1,25	1,10	1,26	1,45	1,10	1,19	1,19	1,06	1,21
S-06	1,45	1,08	1,24	1,27	1,11	1,42	1,32	1,30	1,25	1,34	1,15	1,27
S-07	1,54	1,14	1,38	1,32	1,19	1,46	1,42	1,31	1,59	1,46	1,24	1,37
S-08	1,48	1,30	1,36	1,24	1,25	1,36	1,27	1,29	1,39	1,35	1,22	1,32
S-09	1,55	1,19	1,29	1,21	1,33	1,45	1,35	1,33	1,32	1,40	1,29	1,34
S-10	1,47	1,12	1,20	1,22	1,11	1,50	1,20	1,12	1,09	1,26	1,04	1,21
S-11	1,44	1,13	1,18	1,28	1,03	1,20	1,32	1,16	1,13	1,35	1,05	1,21
S-12	1,48	1,20	1,22	1,29	1,14	1,25	1,29	1,25	1,26	1,32	1,12	1,26

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Media
S-13	1,45	1,17	1,20	1,33	1,16	1,27	1,49	1,27	1,19	1,25	1,06	1,26
S-14	1,89	1,23	1,54	1,34	1,34	1,52	1,31	1,45	1,29	1,45	1,20	1,41
S-15	1,51	1,21	1,41	1,33	1,21	1,40	1,44	1,35	1,28	1,32	1,14	1,33
S-16	1,81	1,18	1,34	1,10	1,13	1,33	1,27	1,43	1,21	1,32	1,18	1,30
Media	1,54	1,19	1,30	1,26	1,18	1,41	1,36	1,29	1,29	1,35	1,16	1,30

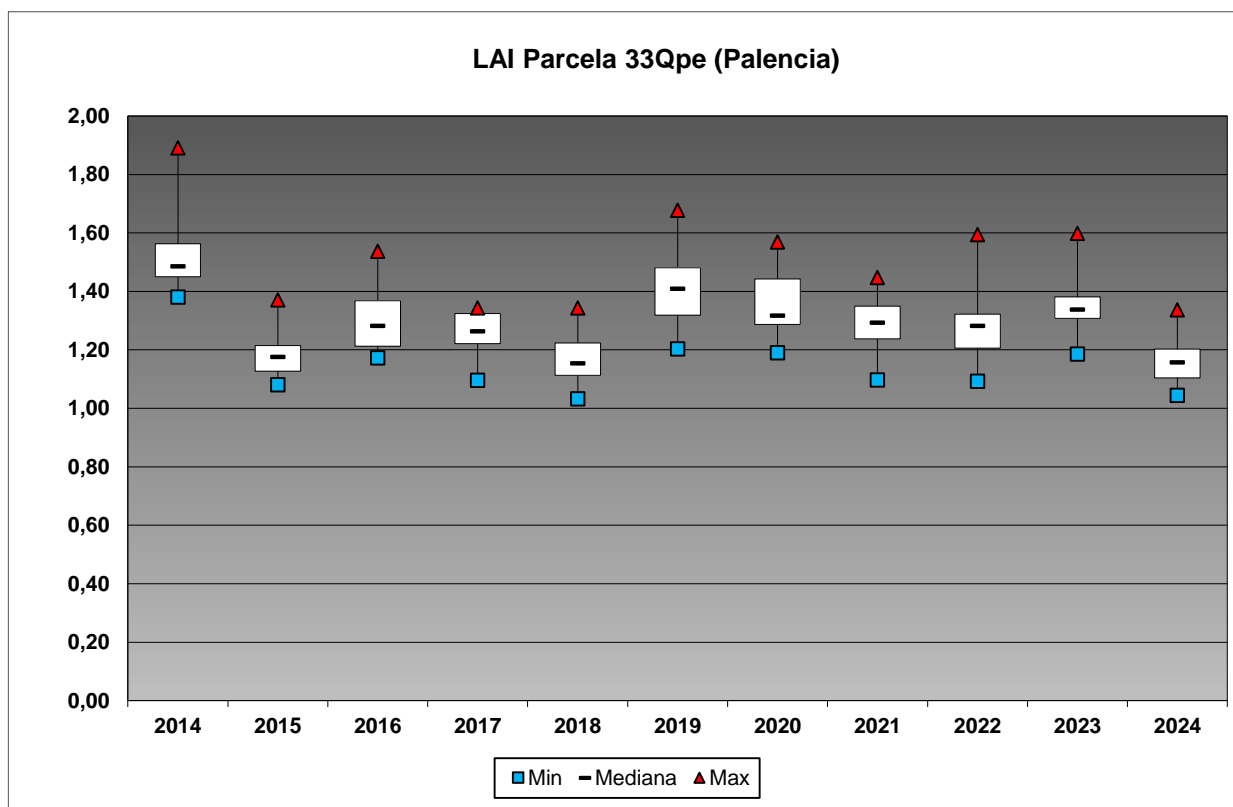


FIG 32: Diagrama de cajas LAI anual.

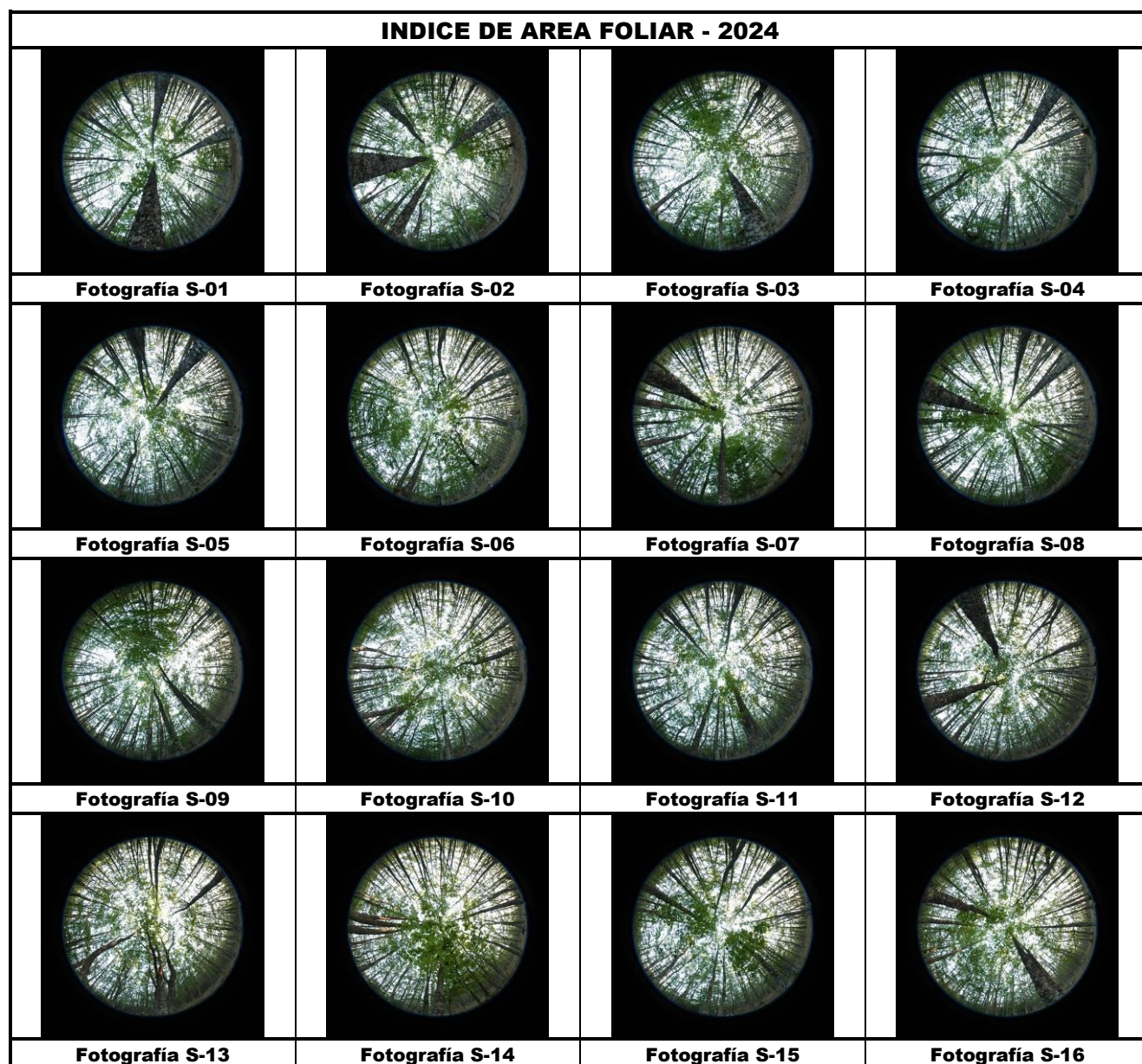


FIG 33: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.

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 la obtención de mayores volúmenes de muestra, se ha podido disponer de las primeras series de datos

TABLA 36: 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 (ponderados por volumen desde 2019).

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
2019	6,33	76,23	2,52	8,63	1,19	2,51	0,02	4,65	0,15	0,85
2020	6,47	33,34	1,01	3,68	0,51	0,77	0,01	1,49	0,02	0,60
2021	6,18	38,97	1,36	4,57	0,76	1,13	0,10	2,41	0,04	1,17
2022	6,09	39,87	1,03	4,96	0,57	1,62	0,02	2,89	0,04	0,64
2023	6,29	36,65	0,70	4,96	0,70	0,93	0,01	2,48	0,01	0,87

Año	Alcalinidad (µeq/l)	N total (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
2018	441,75					
2019	230,09					
2020	119,10	0,37	10,44	0,36	0,02	0,11
2021	64,73	0,94	23,55	0,28	0,02	0,06
2022	90,27	0,42	11,14	0,15	0,01	0,03
2023	84,78	0,35	8,82	0,17	0,02	0,03

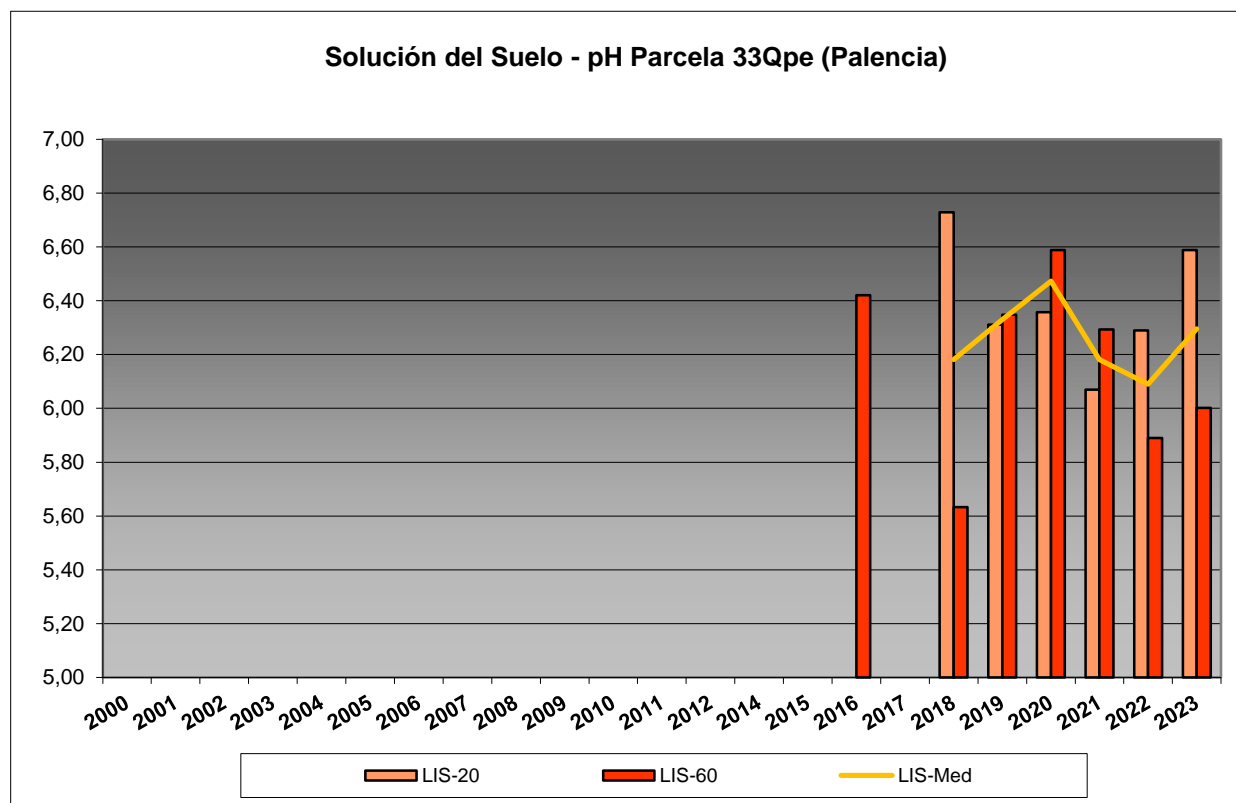


FIG 34: pH solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

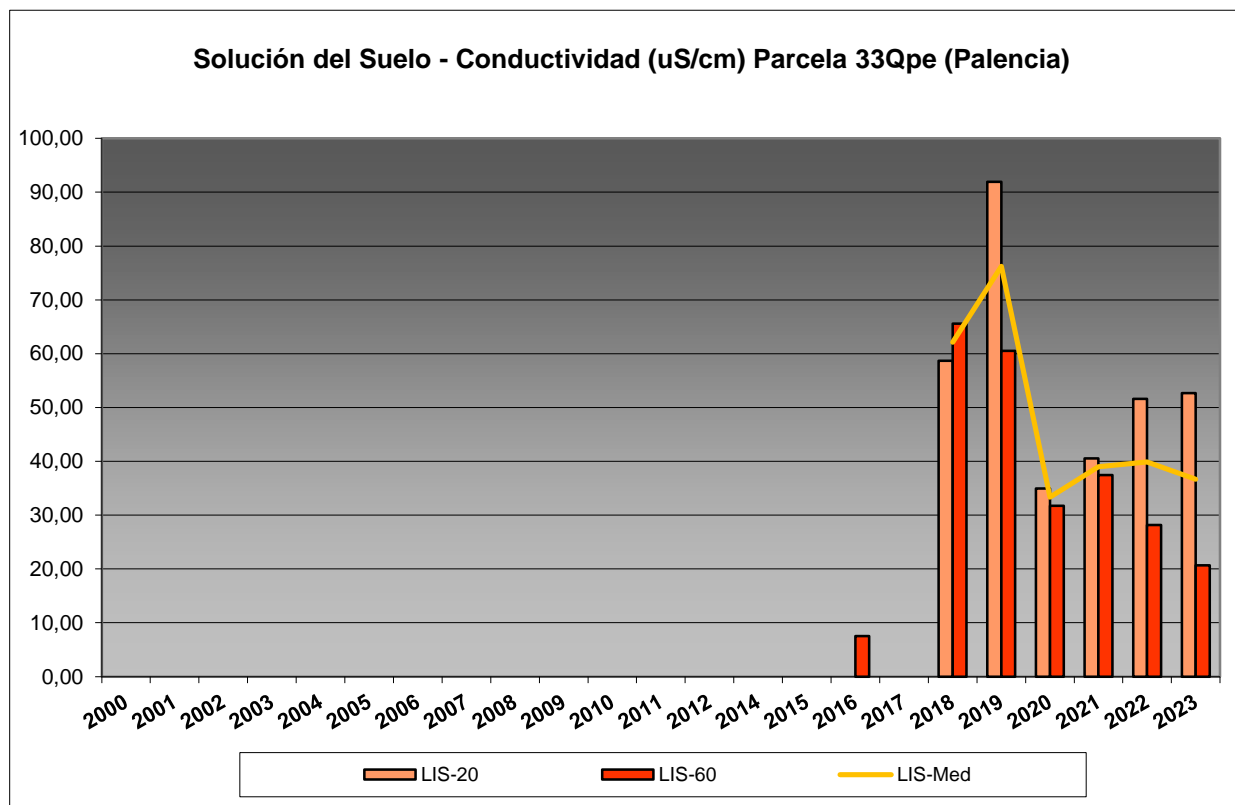


FIG 35: Conductividad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

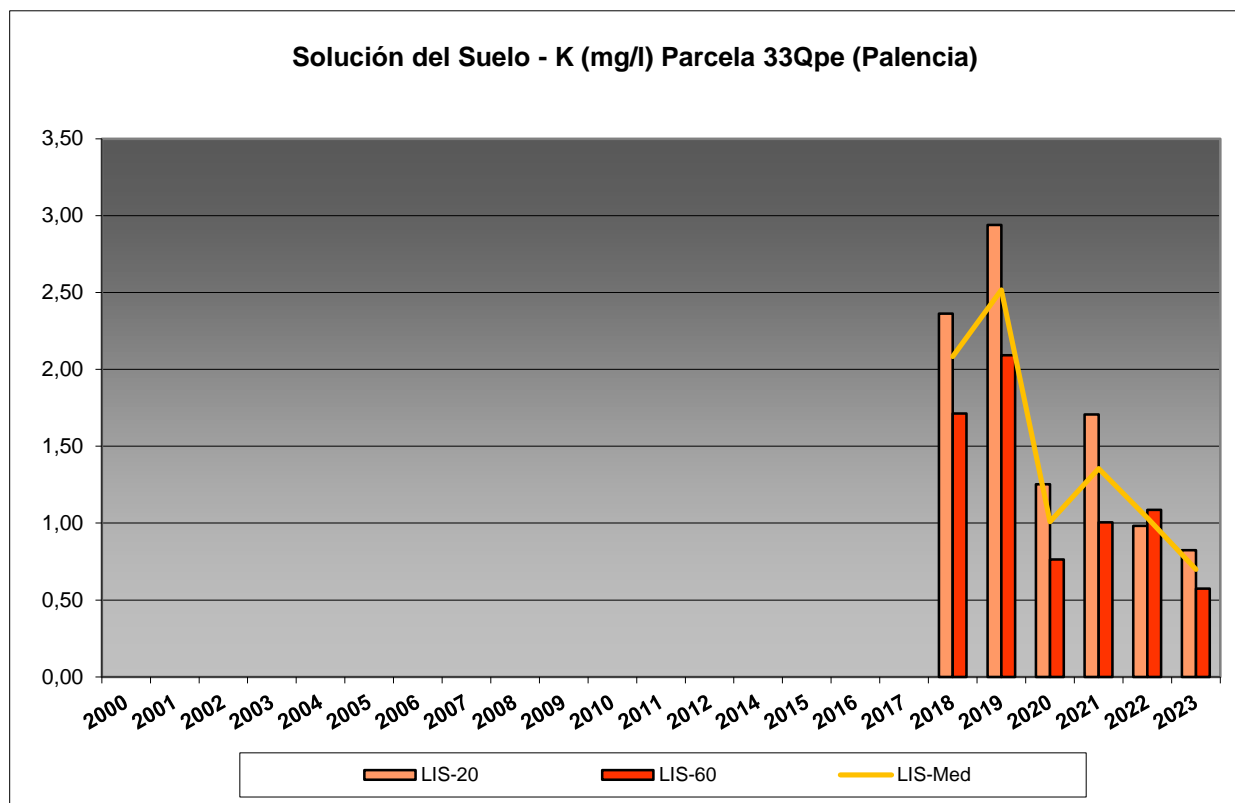


FIG 36: Contenido en K solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

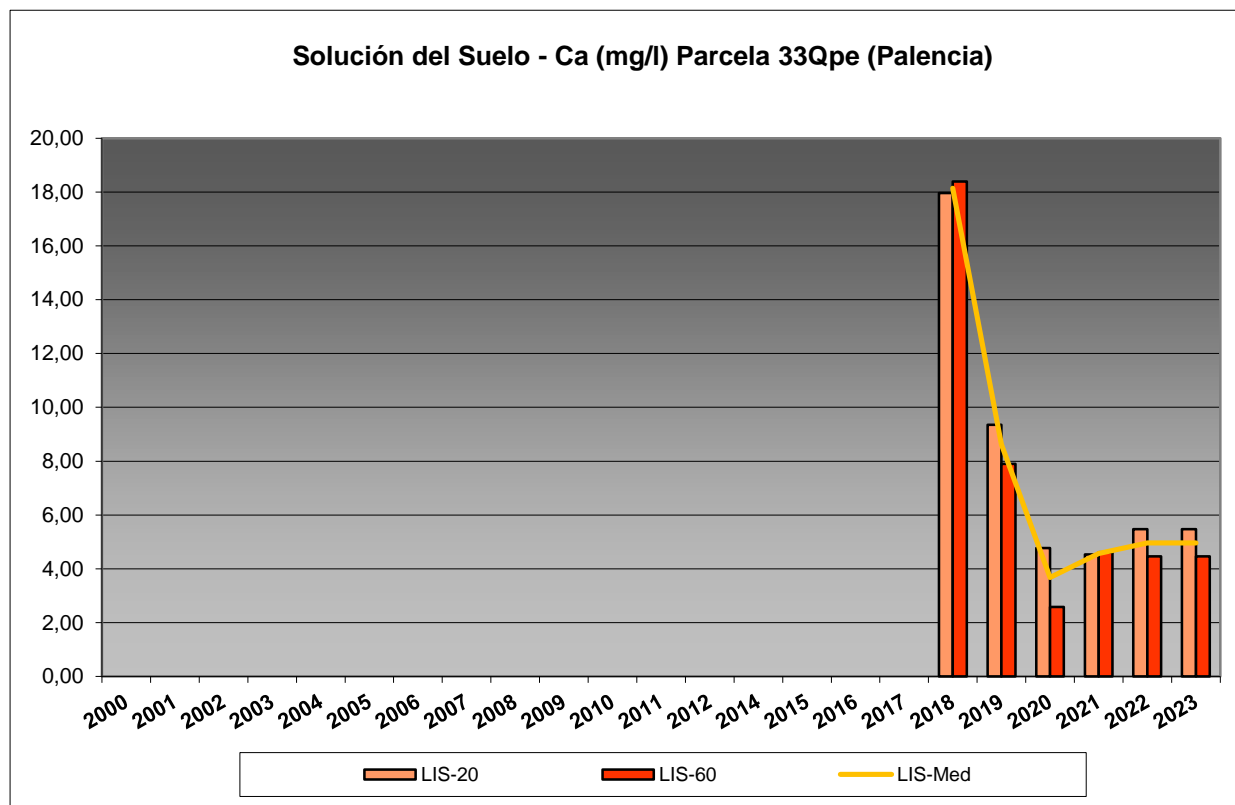


FIG 37: Contenido en Ca solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

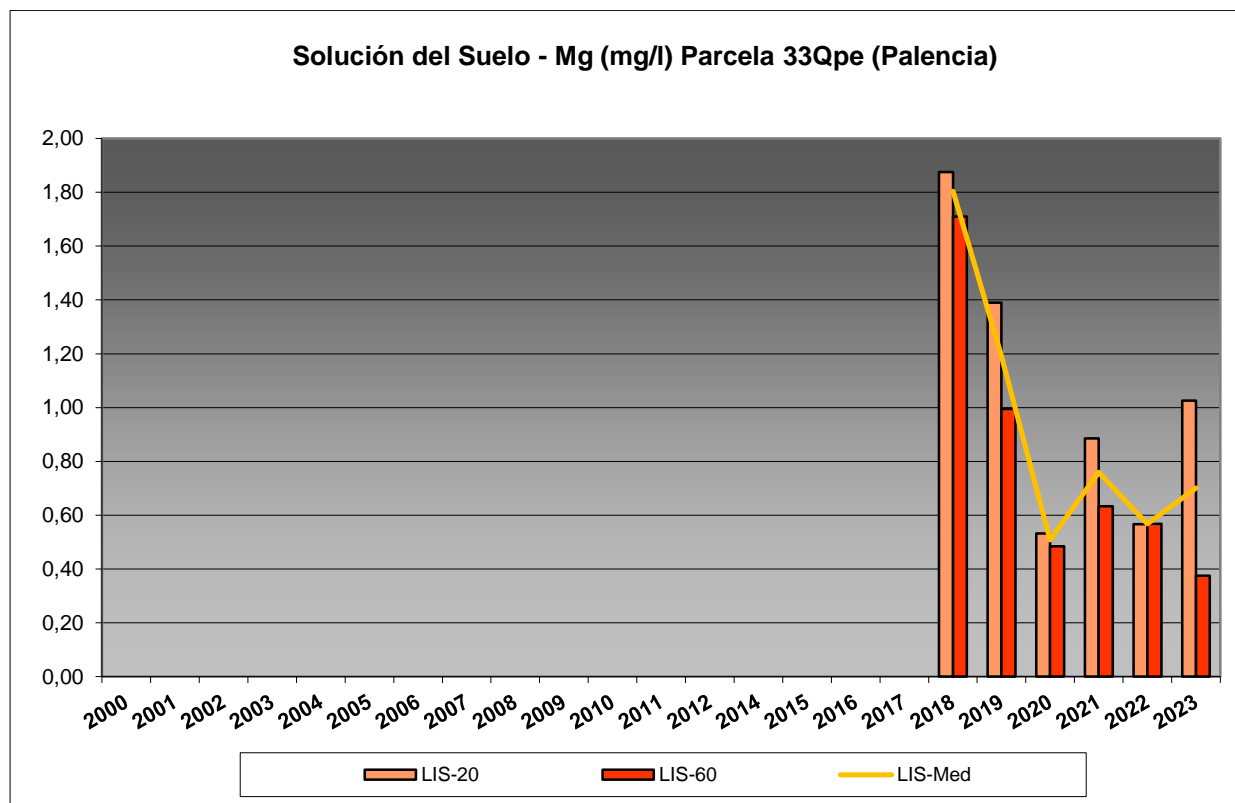


FIG 38: Contenido en Mg solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

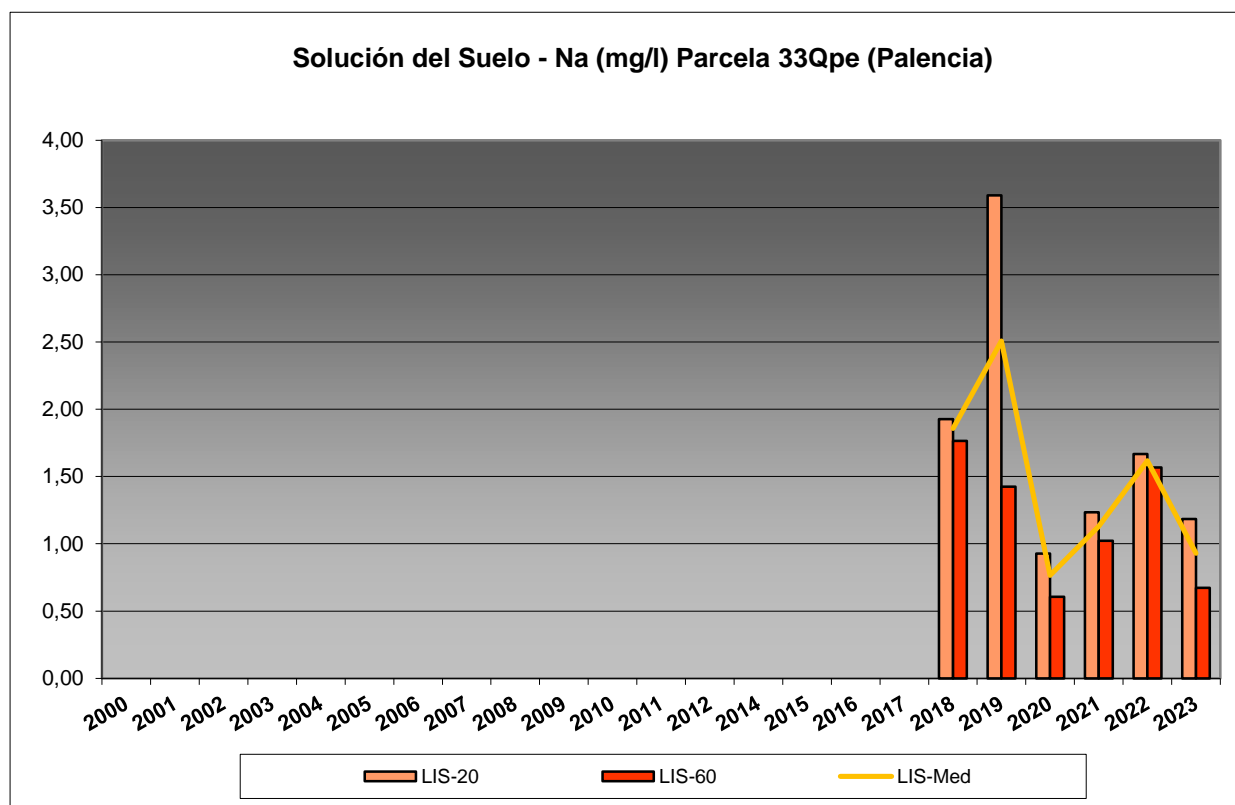


FIG 39: Contenido en Na solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

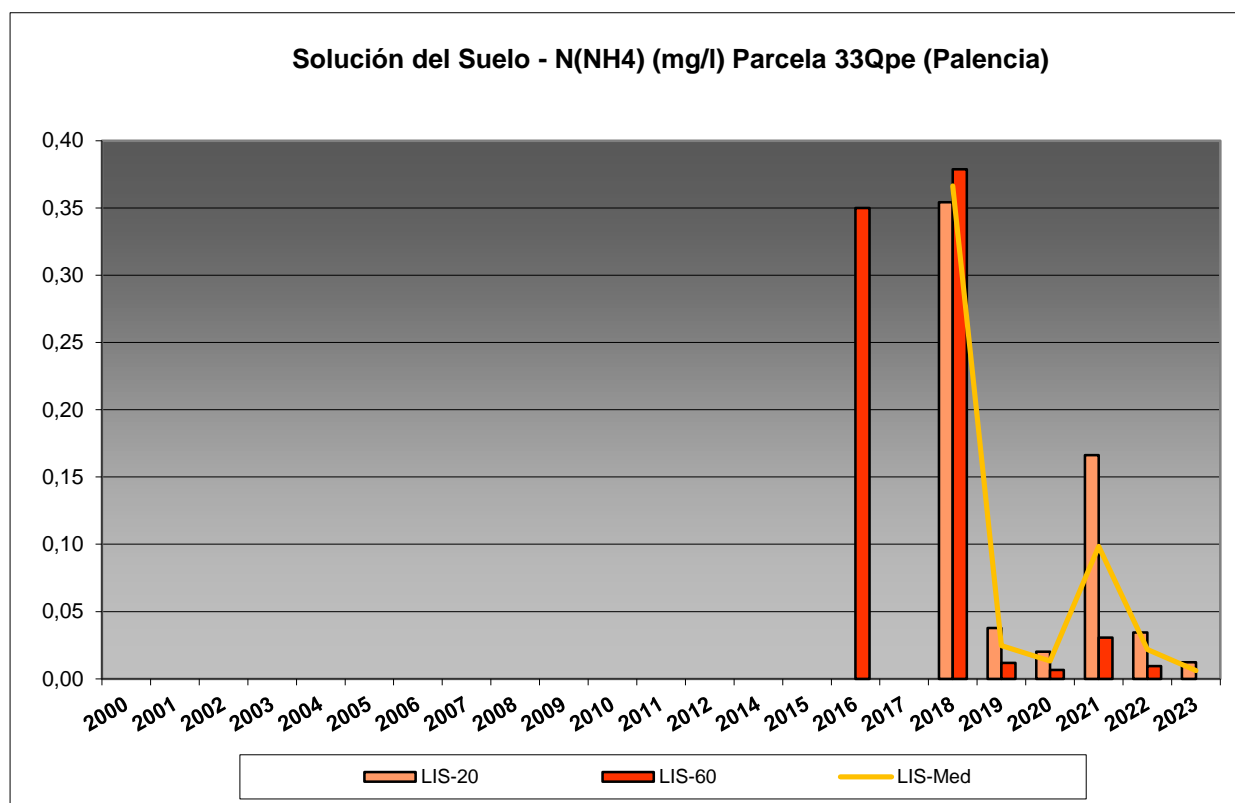


FIG 40: Contenido en N(NH4) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

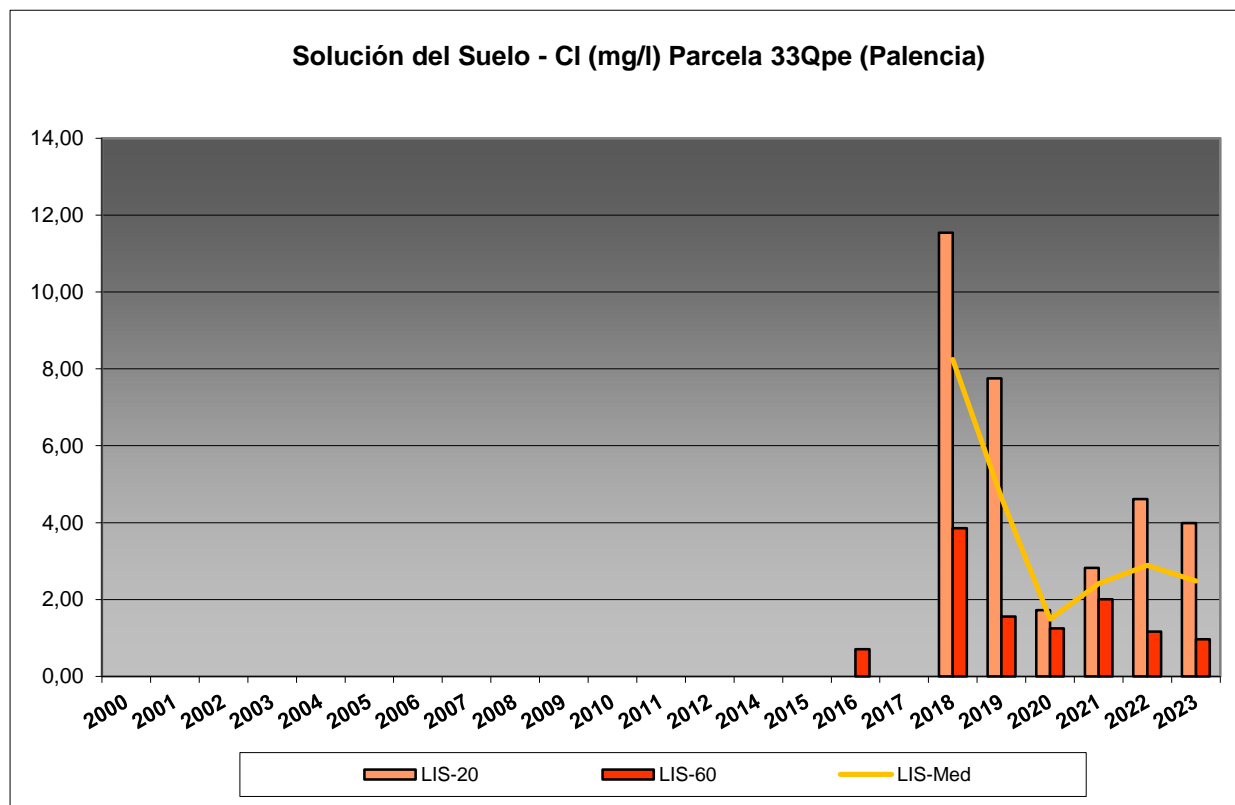


FIG 41: Contenido en Cl solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

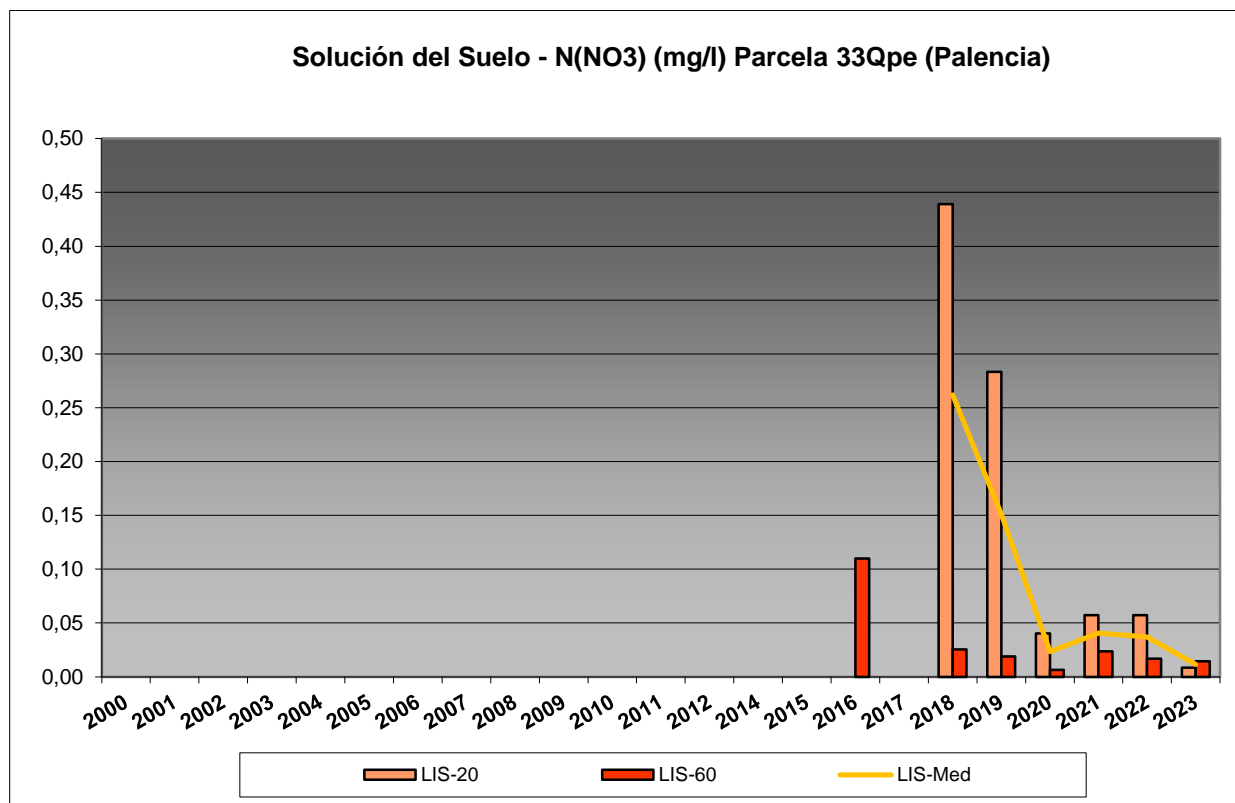


FIG 42: Contenido en N(NO3) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

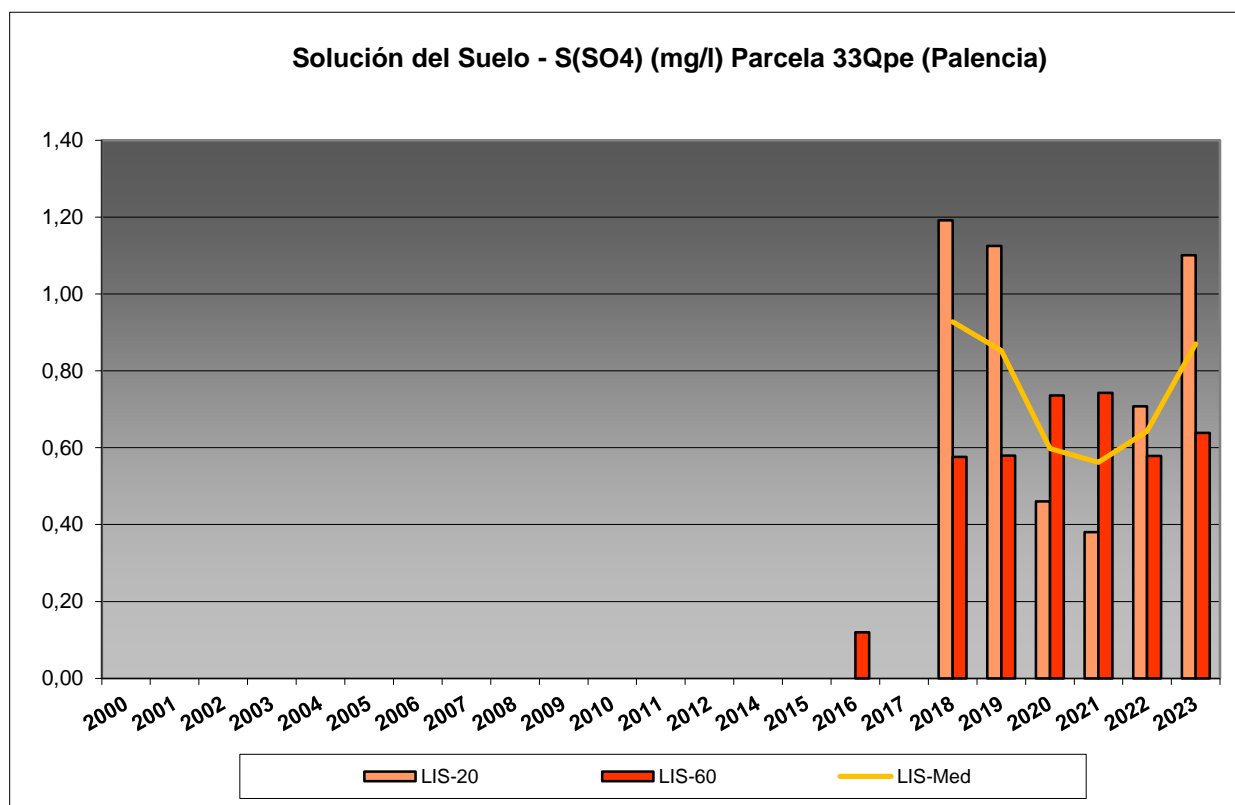


FIG 43: Contenido en S(SO₄) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

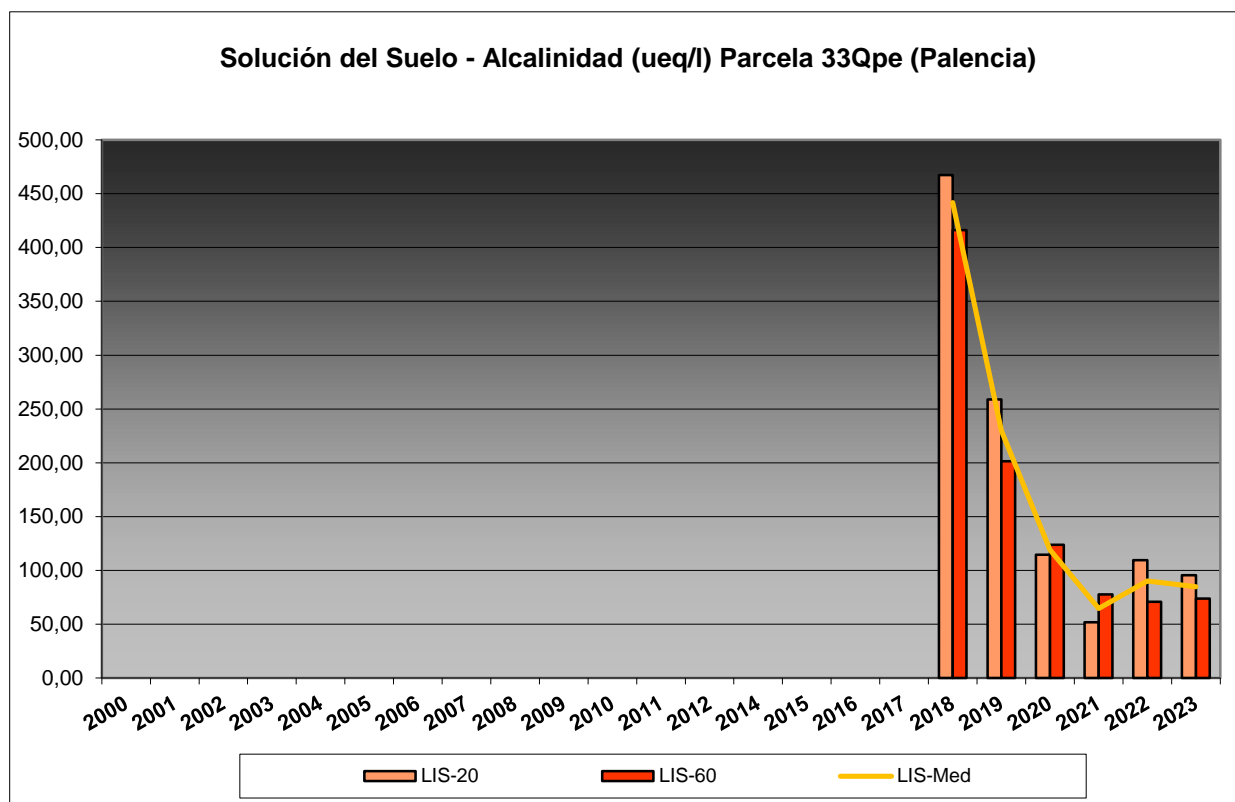


FIG 44: Contenido en Alcalinidad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

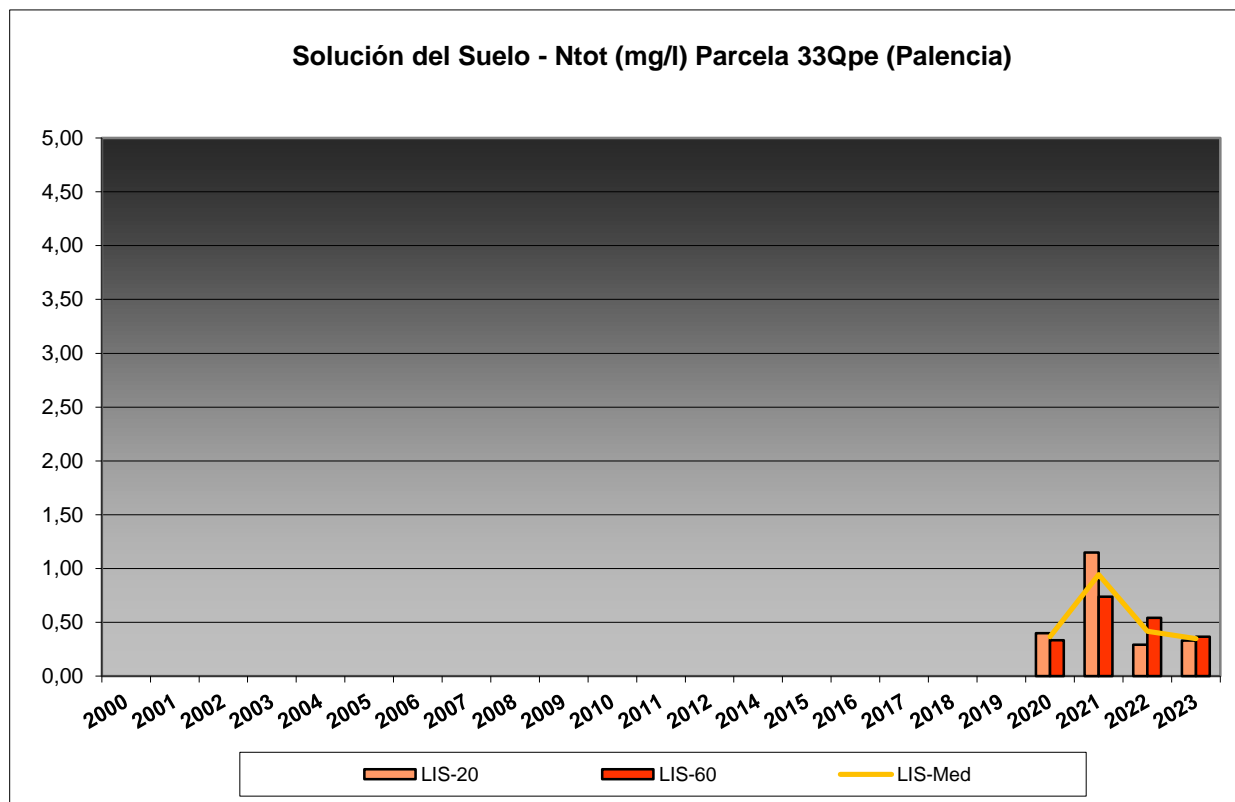


FIG 45: Contenido en N total solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

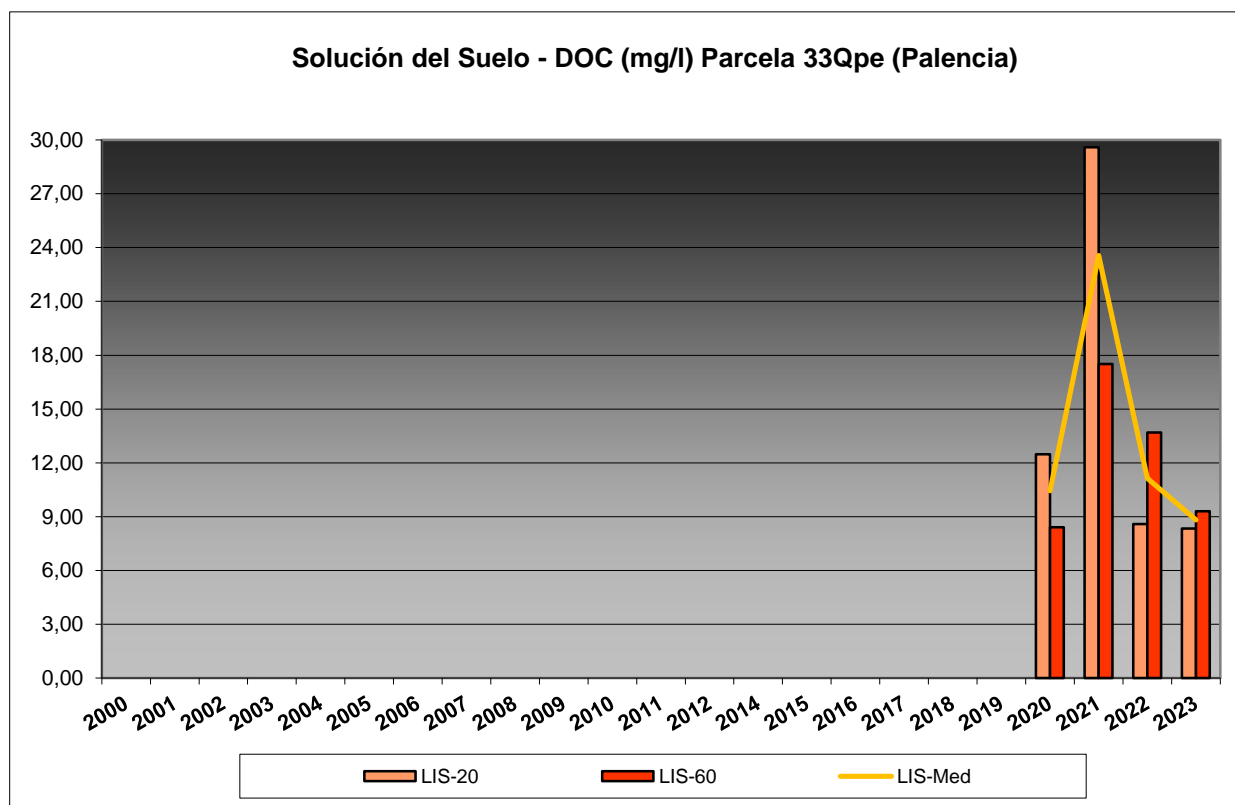


FIG 46: Contenido en C orgánico disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

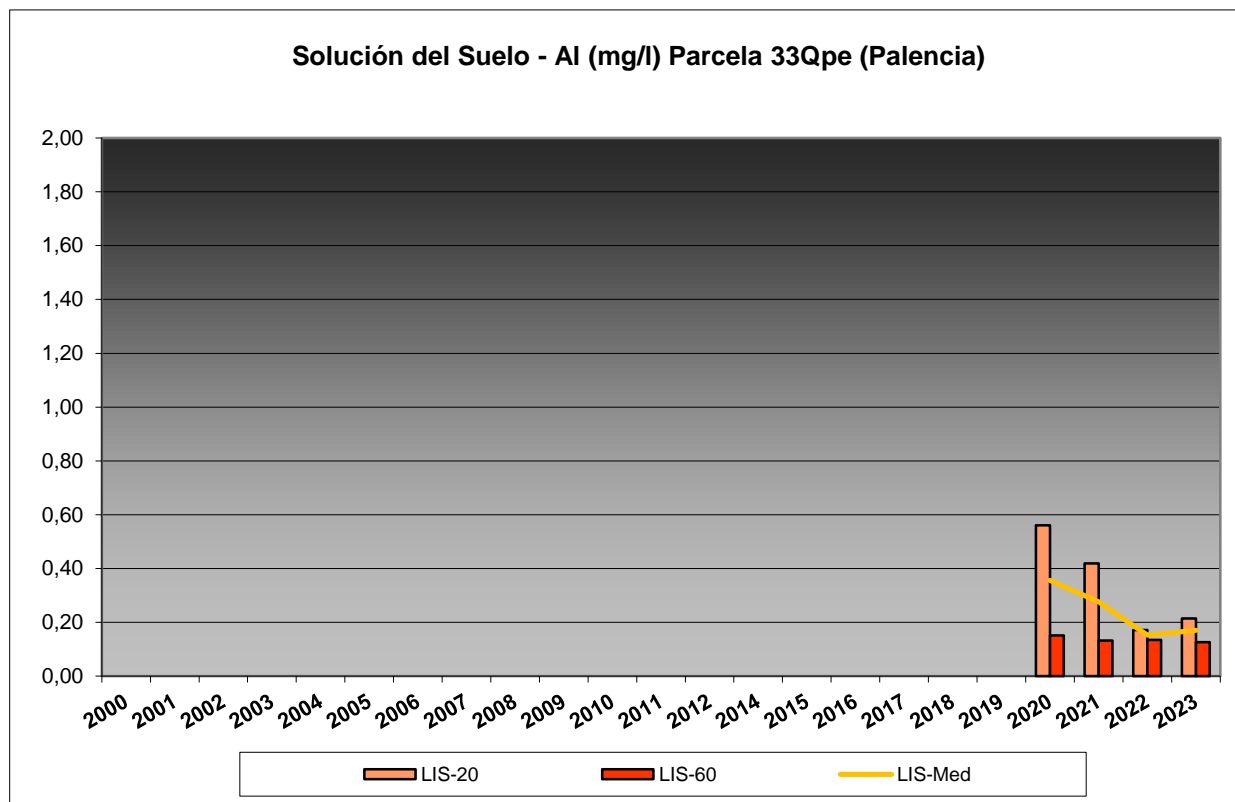


FIG 47: Contenido en Al solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

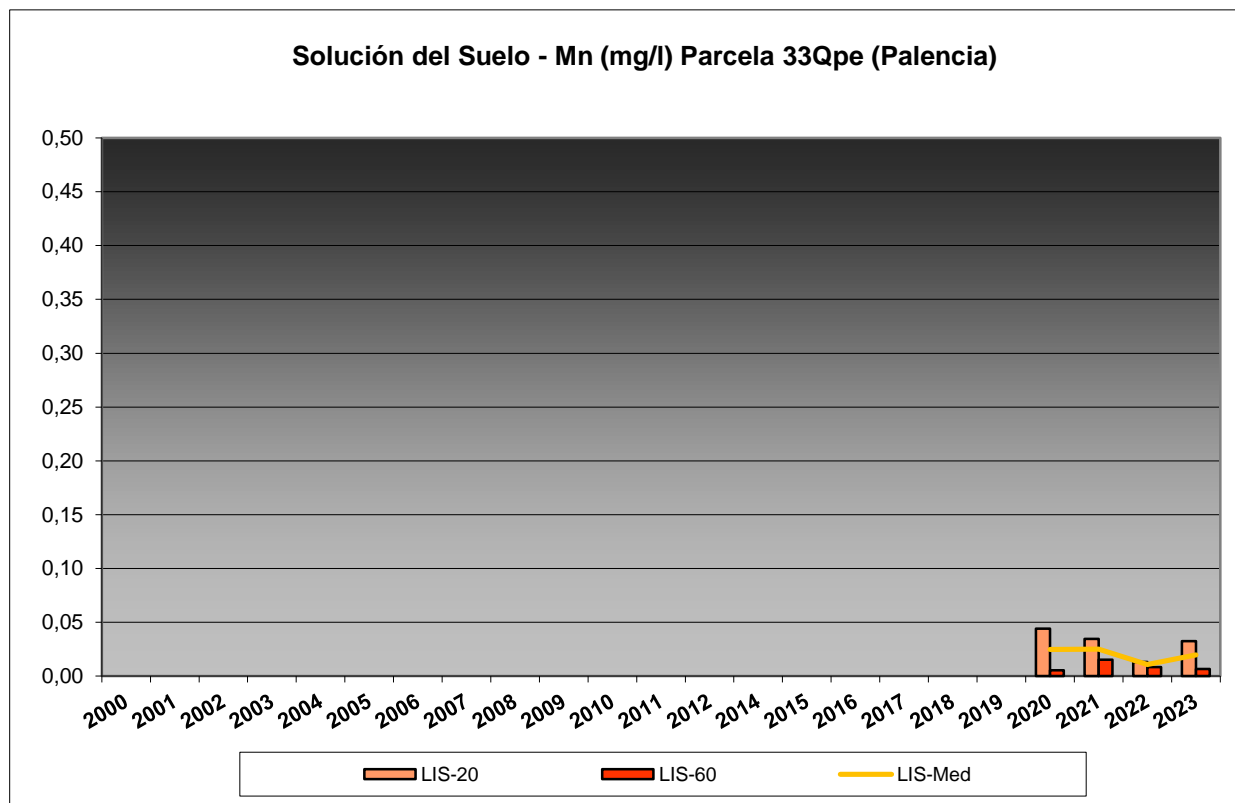


FIG 48: Contenido en Mn solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

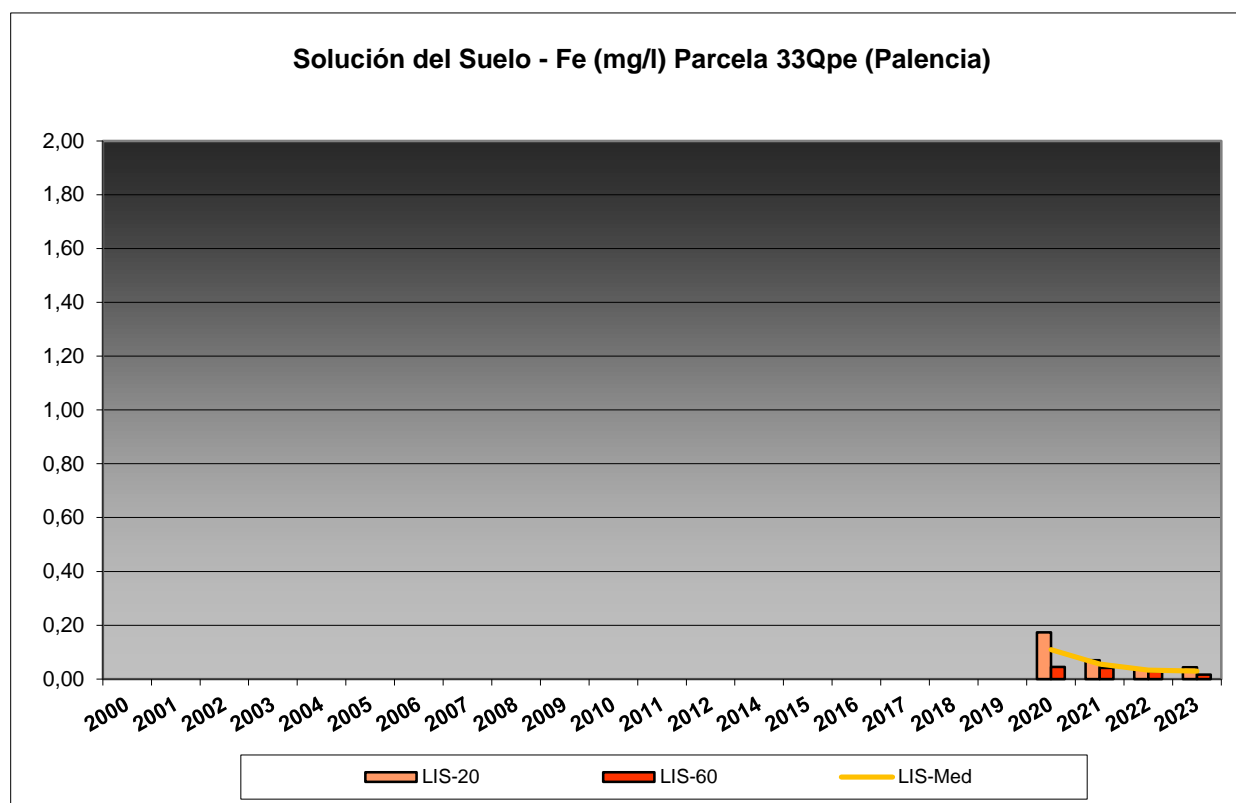


FIG 49: Contenido en Fe solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

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. El pH se incrementa tras la acidificación experimentada durante el último año, con valores mayores a mayor profundidad, tendencia esta que se interrumpe en los dos últimos años, mientras que la conductividad se mantiene en niveles similares a los de la revisión del año previo. El comportamiento de los elementos terrígenos es dispar, reduciéndose en el caso del potasio hasta los valores menores de la serie, manteniéndose estabilizado el calcio y aumentando el calcio a 20 cm de profundidad. Mientras que los nitratos se reducen hasta uno de los valores más bajos de la serie, los sulfatos se incrementan apreciablemente en las muestras tomadas a menos profundidad.