

20
25



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

RED DE NIVEL II MEMORIA – 2025

PARCELA 102/202 Ppr (LA CORUÑA)

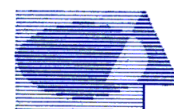


DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES
Y DESERTIFICACIÓN

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



Cofinanciado por
la Unión Europea



Tecmena, S.L.

TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

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

Índice

1. Situación de la parcela	1
2. Caracterización de la parcela	2
2.1. Climatología	2
2.2. Geología y suelos	2
2.3. Vegetación	3
2.4. Caracterización forestal y dasométrica	4
3. Estado fitosanitario de la parcela	5
3.1. Defoliación y decoloración	5
3.2. Daños forestales	7
4. Instrumentación	17
5. Deposición atmosférica	20
5.1. pH	21
5.2. Conductividad	23
5.3. Potasio	24
5.4. Calcio	25
5.5. Magnesio	27
5.6. Sodio	28
5.7. Amonio	29
5.8. Cloro	31
5.9. Nitratos	32
5.10. Sulfatos	33
5.11. Alcalinidad.....	35
5.12. Nitrógeno total	36
5.13. Carbono orgánico disuelto.....	37
5.14. Aluminio	38
5.15. Manganeseo.....	39
5.16. Hierro.....	40
5.17. Interpretación de resultados	41
6. Calidad del aire. Inmisión	43
7. Análisis foliar	45
7.1. Macronutrientes	45
7.2. Micronutrientes	47
7.3. Interpretación de resultados	49
8. Desfronde	49
9. Fenología	53
10. Cintas diamétricas	55
11. Meteorología	57
12. Índice de Área Foliar	59
13. Solución del suelo	61

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 pinar de *Pinus pinaster* del sector Galaico-Portugués de la Provincia Cantabroatlántica (Rivas-Martínez). La parcela 102 Ppr se taló, dentro del normal aprovechamiento forestal del monte en que se encontraba, en el mes de julio, reemplazándose por la 202Ppr situada en sus inmediaciones. La mayoría de las observaciones de la presente memoria harán referencia a la parcela original, a excepción de los apartados de caracterización forestal y dasométrica, estado fitosanitario e índice de área foliar que se han hecho ya sobre la parcela 202Ppr

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	LTER
102 Ppr	<i>Pinus pinaster</i>	La Coruña	Dodro	10/09/1998	ES-023
202 Ppr	<i>Pinus pinaster</i>	La Coruña	Dodro	18/09/2025	ES-023

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+42°44'00"	-08°42'00"	32.000	4.747.000	260	5	Sur	Vivero de la Poza
+42°44'00"	-08°42'00"	32.000	4.747.000	260	12	Oeste	Vivero de la Poza

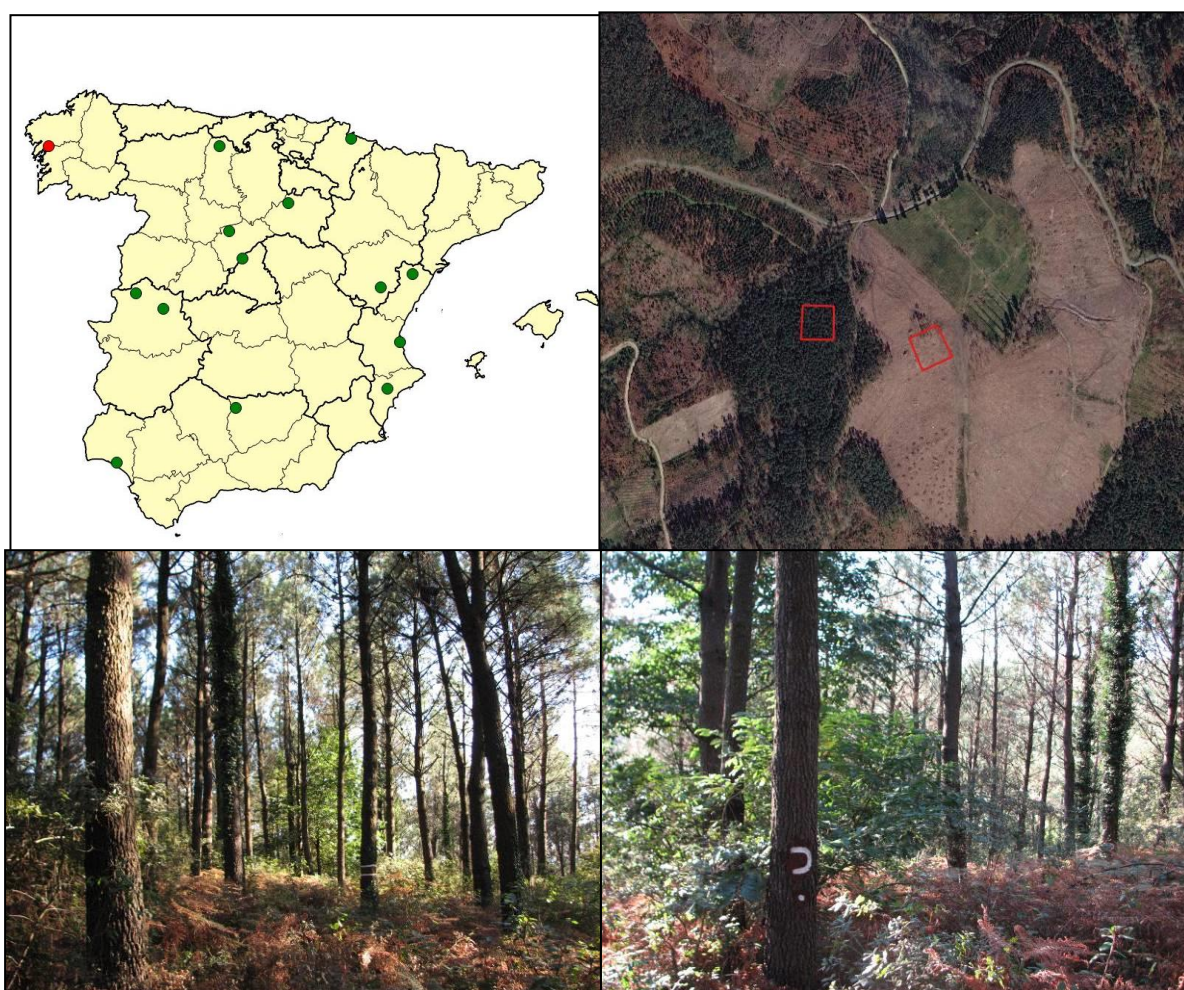


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 202 Ppr. Parcela original en zona talada y de sustitución sobre zona arbolada

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)	7,1	8,1	9,8	11,1	13,6	16,5	18,8	18,8	17,3	14,0	10,0	8,1	12,8
P(mm)	227	191	181	113	106	66	34	54	92	146	199	209	1616
T. Media Máximas Mes más Cálido							25,1						
	3,4	T. Media Mínimas Mes más Frío											

De acuerdo a clasificación de Allué, el clima se corresponde con un VI(V) *Nemoral genuino*.

De acuerdo a la clasificación en pisos bioclimáticos, la parcela se encuentra en el *Piso Colino* de la *Región Eurosiberiana*.

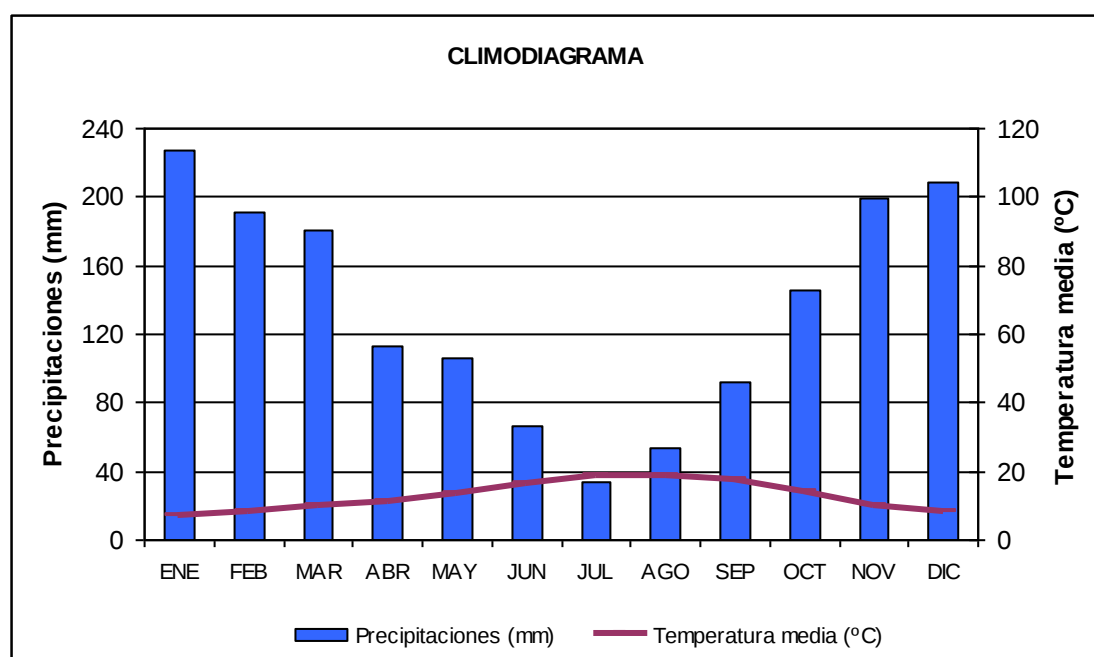


FIG 2: Climodiagrama de la parcela.

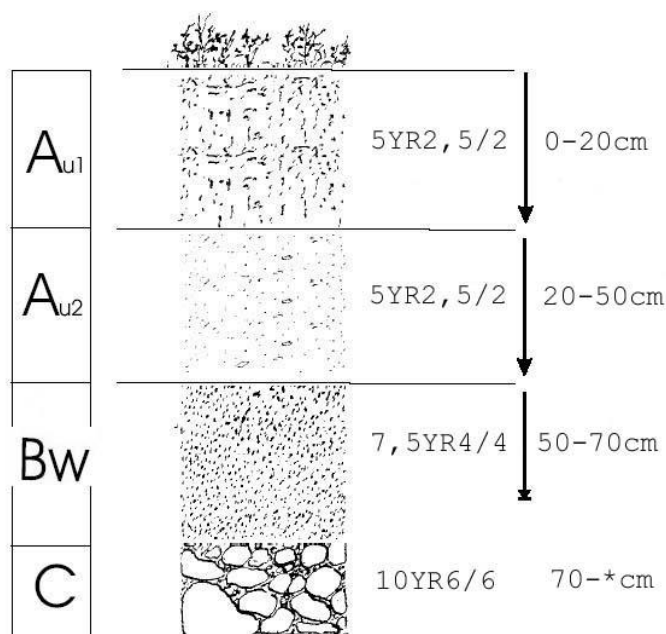
2.2. Geología y Suelos.

Litología: granito

Edafología: Cambisol húmico.

Son suelos moderadamente profundos, con escasa pedregosidad y, también escasa fracción fina. Los horizontes humíferos aparecen bastante bien estructurados; el Bw y el C se encuentran sin aparente solución de continuidad, en tránsito difuso; el horizonte C, también escasamente pedregoso, está constituido por

granito muy descompuesto y arenizado. Todo el perfil muestra abundantes señales de actividad de entomofauna edáfica.



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A _{u1}	0-20	Pardo oscuro rojizo (5 YR 2,5/2) en húmedo; franco; grumoso, migajoso; poroso; edafofauna muy activa; raíces abundantes y finas; límite difuso.
A _{u2}	20-50	Pardo oscuro rojizo (50 YR 2,5/2) en húmedo; franco; grumoso, migajoso; poroso; edafofauna muy activa; raíces frecuentes finas y medias; límite difuso.
Bw	50-70	Pardo algo oscuro (7,5 YR 4/4) en húmedo; franco-arenoso; estructura migajoso-particular; raíces escasas; límite difuso.
C	70- *	Amarillo parduzco (10 YR 6/6) en húmedo; arenoso; estructura particular; raíces nulas u ocasionales.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Pinar de *Pinus pinaster* en terreno llano. Estrato arbóreo no muy denso en el que además de *P. Pinaster* también participan *Quercus robur* y un pie de *Pinus radiata*. Bajo el dosel de pinos aparecen un subpiso de castaños y robles de casi el 20% de cobertura y un sotobosque donde las especies leñosas no ocupan mucho dejando lugar a un pastizal con helechos que ocupa cerca del 40% de la superficie de la parcela. En el interior de la parcela hay algunos afloramientos gneísicos en bloque que albergan algunas especies rupícolas. En las inmediaciones de la parcela se ha detectado *Ilex aquifolium*.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	88,0	<i>Avenula marginata</i> (Lowe) J. Holub	+
<i>Castanea sativa</i> Miller	9,0	<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	+
<i>Pinus pinaster</i> Aiton	70,0	<i>Erica cinerea</i> L.	+
<i>Pinus radiata</i> D. Don	4,0	<i>Frangula alnus</i> Miller	+
<i>Quercus robur</i> L.	5,0	<i>Hedera helix</i> L.	5,0
ESTRATO ARBUSTIVO	19,5	<i>Lonicera periclymenum</i> L.	+
<i>Castanea sativa</i> Miller	8,3	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeuschel	+
<i>Frangula alnus</i> Miller	4,7	<i>Pseudarrhenatherum longifolium</i> (Thore)	+
<i>Quercus robur</i> L.	6,5	<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn	24,0
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	38,5	<i>Quercus robur</i> L.	+
<i>Agrostis capillaris</i> L.	+	<i>Rubus ulmifolius</i> Schott	5,0
<i>Agrostis curtisii</i> Kerquélen	+	<i>Ulex gallii</i> Planchon	2,0
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	+		

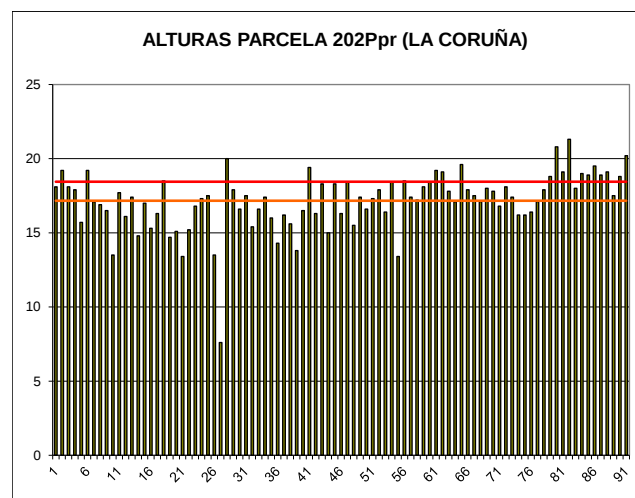
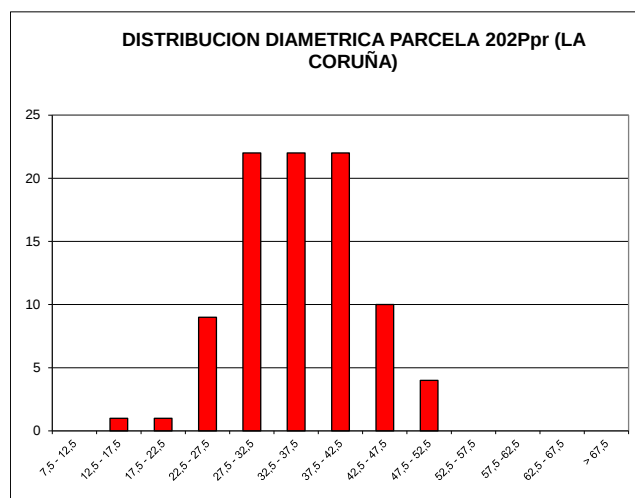
Vegetación potencial: La parcela se encuentra en la serie 8c Serie colina galaicoportuguesa acidófila del roble o *Quercus robur* (*Rusco aculeati-Querceto roboris sigmetum*).

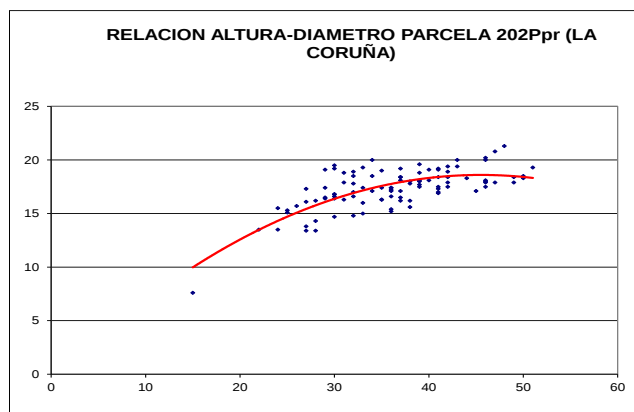
2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de pino resinero, en estado de fustal de 81-100 años de edad, cuyas características principales se resumen a continuación:

TABLA 4: Características dasométricas. Área de la parcela, número de pies en la parcela, densidad en pies/ha, Número de pies de la especie principal, número de pies de otras especies, número de pies muertos, edad media, diámetro medio, área basimétrica, diámetro medio cuadrático, altura media, altura dominante 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)
0,2500	91	364	90	1	0	81-100	35,77	38,00	36,46	17,16	18,44	75,31	n.d





CD	N parc	N ha	h	Esb	Exist parc	Exist ha
7,5 - 12,5						
12,5 - 17,5	1	4	10,0	66,45	0,09	0,38
17,5 - 22,5	1	4	12,6	62,78	0,24	0,98
22,5 - 27,5	9	36	14,7	58,72	3,17	12,67
27,5 - 32,5	22	88	16,3	54,47	11,28	45,13
32,5 - 37,5	22	88	17,5	50,10	16,90	67,61
37,5 - 42,5	22	88	18,3	45,66	22,54	90,15
42,5 - 47,5	10	40	18,5	41,17	14,33	57,33
47,5 - 52,5	4	16	18,3	36,65	6,75	26,98
52,5 - 57,5						
57,5 - 62,5						
62,5 - 67,5						
> 67,5						
TOTAL	91	364			75,31	301,23

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.

La parcela original, 102Ppr, se taló en el mes de julio dentro del normal aprovechamiento forestal del monte en que se encuentra. Siguiendo la metodología contemplada en el Manual de Campo, se replantea una parcela de sustitución denominada 202Ppr situada unos 150 m al noroeste de la ubicación original, en una masa similar en cuanto a composición y características de la estación, con una menor proporción de ejemplares aislados de roble escapados desde el sotobosque a dimensiones arbóreas, que han pasado del 15% de la masa original (con una mortalidad acumulada en 25 años del 60%, generalmente por falta de luz) hasta reducirse a un único pie salpicado.

En la presente revisión, la parcela presenta un estado fitosanitario aceptable, con una defoliación media del 26,76% dentro por tanto de la escala de daños ligeros, aún dentro de la escala de daños ligeros pero próxima al umbral de la clase de daños moderados, categoría esta en la que se calificaron a cerca del 30% de los pies evaluados, en una situación similar al de la parcela original evaluada el año anterior.

En lo que respecta a la decoloración, el segundo gran parámetro definitorio del estado de vitalidad del arbolado, no se advierte durante la evaluación del año en curso.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

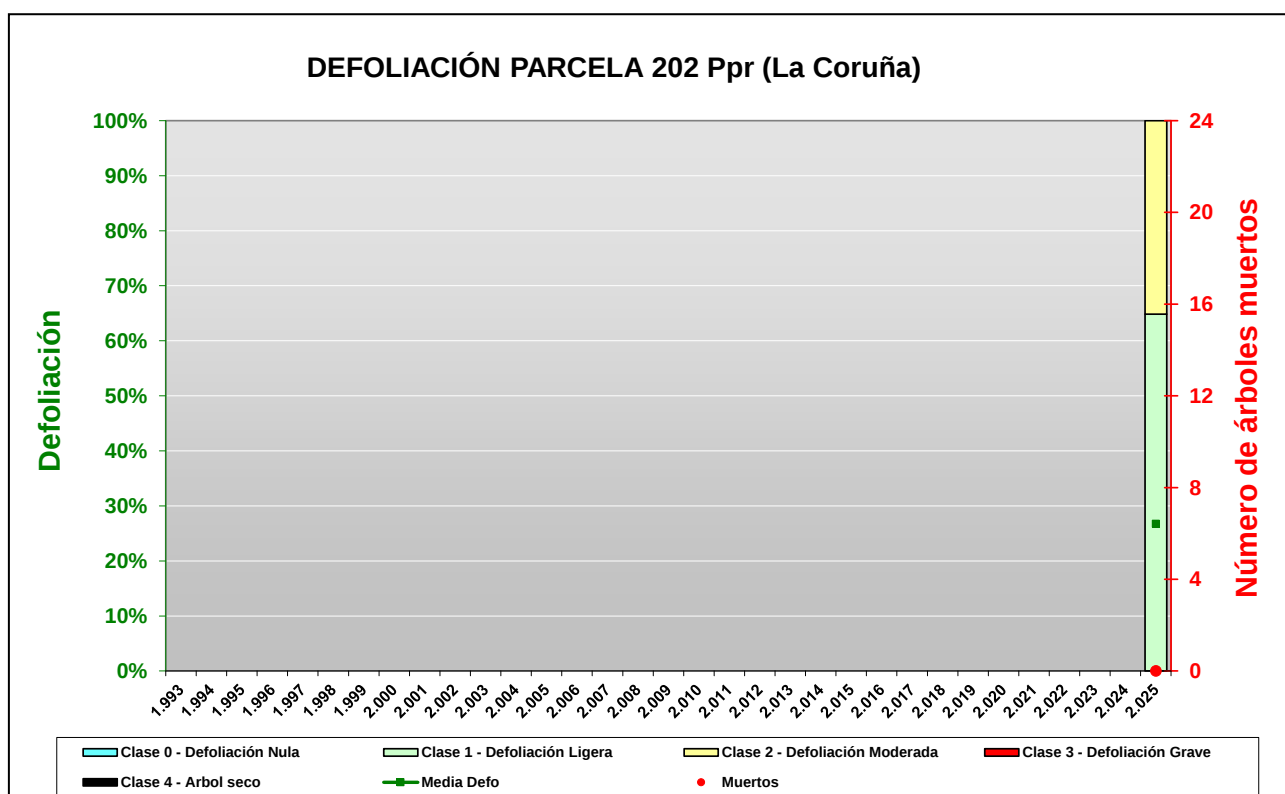


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



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
INSECTOS												
Defoliadores	3	1,00	12	3,30	26,67	0,00	-0,09	0,00	27,00	12,97	-8,77	-4,20
Acíc. antiguas	2	1,00	8	2,20	27,50	0,00	0,74	0,00	33,00	15,65	-2,77	-1,51
Hojas	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
Perforadores	24	1,04	96	26,37	26,46	0,00	-0,30	0,00	35,42	17,23	-0,35	0,07
<i>Dioryctria splendella</i>	24	1,04	96	26,37	26,46	0,00	-0,30	0,00	35,42	17,23	-0,35	0,07
Tronco en copa	14	1,07	56	15,38	26,43	0,00	-0,33	0,00	35,00	17,16	-0,77	-0,01
Tronco	8	1,00	32	8,79	25,63	0,00	-1,14	0,00	37,50	17,69	1,73	0,52
Tronco completo	2	1,00	8	2,20	30,00	0,00	3,24	0,00	30,00	15,95	-5,77	-1,21
Chupadores	10	1,00	40	10,99	28,00	0,00	1,24	0,00	36,50	17,12	0,73	-0,04
Acíc. del año	8	1,00	32	8,79	28,75	0,00	1,99	0,00	37,00	17,53	1,23	0,36
Acíc. antiguas	2	1,00	8	2,20	25,00	0,00	-1,76	0,00	34,50	15,50	-1,27	-1,66
ENFERMEDADES												
Tizón	9	1,11	36	9,89	26,67	0,00	-0,09	0,00	34,67	16,41	-1,10	-0,75
<i>Sphaeropsis sapinea</i>	9	1,11	36	9,89	26,67	0,00	-0,09	0,00	34,67	16,41	-1,10	-0,75
Tronco en copa	7	1,14	28	7,69	26,43	0,00	-0,33	0,00	35,43	16,36	-0,34	-0,81
Tronco completo	2	1,00	8	2,20	27,50	0,00	0,74	0,00	32,00	16,60	-3,77	-0,56
Oidio	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
<i>Microsphaera alphitoides</i>	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
Hojas	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
AG.ABIÓTICOS												
Sequía	44	1,41	176	48,35	26,14	0,00	-0,62	0,00	36,68	17,41	0,91	0,25
Acíc. del año	7	1,00	28	7,69	30,00	0,00	3,24	0,00	35,86	17,01	0,09	-0,15
Acíc. antiguas	32	1,56	128	35,16	25,47	0,00	-1,29	0,00	36,75	17,31	0,98	0,15
Brotes del año	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	41,00	19,10	5,23	1,94
Ramillos <2 cm	4	1,00	16	4,40	25,00	0,00	-1,76	0,00	36,50	18,48	0,73	1,31
Calor	62	1,77	248	68,13	27,10	0,00	0,34	0,00	35,81	17,41	0,04	0,25
Acíc. del año	1	1,00	4	1,10	20,00	0,00	-6,76	0,00	36,00	17,20	0,23	0,04
Acíc. antiguas	58	1,83	232	63,74	27,41	0,00	0,65	0,00	35,69	17,41	-0,08	0,25
Brotes del año	1	1,00	4	1,10	30,00	0,00	3,24	0,00	36,00	16,60	0,23	-0,56
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	1,10	20,00	0,00	-6,76	0,00	37,00	18,40	1,23	1,24
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	1,10	20,00	0,00	-6,76	0,00	41,00	17,50	5,23	0,34
Viento/Tornado	16	1,00	64	17,58	28,44	0,00	1,68	0,00	34,25	17,13	-1,52	-0,03
Ramillos <2 cm	14	1,00	56	15,38	28,93	0,00	2,17	0,00	32,71	17,09	-3,05	-0,08
Ramas 2-10 cm	2	1,00	8	2,20	25,00	0,00	-1,76	0,00	45,00	17,45	9,23	0,29
Otros fact.abióticos	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	36,00	15,20	0,23	-1,96
Ramas tam. variable	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	36,00	15,20	0,23	-1,96
ANTRÓPICOS												

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Daños mecánicos/vehículos	1	1,00	4	1,10	30,00	0,00	3,24	0,00	48,00	21,30	12,23	4,14
Tronco	1	1,00	4	1,10	30,00	0,00	3,24	0,00	48,00	21,30	12,23	4,14
CONTAMINANTES												
Contaminantes	6	1,00	24	6,59	27,50	0,00	0,74	0,00	33,67	16,25	-2,10	-0,91
Acíc. del año	1	1,00	4	1,10	30,00	0,00	3,24	0,00	37,00	18,40	1,23	1,24
Acíc. antiguas	5	1,00	20	5,49	27,00	0,00	0,24	0,00	33,00	15,82	-2,77	-1,34
OTROS DAÑOS												
Hedera helix	13	1,92	52	14,29	27,69	0,00	0,93	0,00	38,77	17,92	3,00	0,76
Tronco	13	1,92	52	14,29	27,69	0,00	0,93	0,00	38,77	17,92	3,00	0,76
Falta luz	60	1,05	240	65,93	27,67	0,00	0,91	0,00	35,32	16,98	-0,45	-0,18
Acíc. antiguas	2	2,00	8	2,20	37,50	0,00	10,74	0,00	24,00	14,60	-11,77	-2,56
Ramas 2-10 cm	25	1,00	100	27,47	25,40	0,00	-1,36	0,00	36,72	17,69	0,95	0,53
Ramas tam. variable	33	1,03	132	36,26	28,79	0,00	2,03	0,00	34,94	16,59	-0,83	-0,57
Inter.físicas	4	1,25	16	4,40	28,75	0,00	1,99	0,00	36,00	18,60	0,23	1,44
Ramillos <2 cm	3	1,00	12	3,30	28,33	0,00	1,57	0,00	32,00	17,70	-3,77	0,54
Ramas 2-10 cm	1	2,00	4	1,10	30,00	0,00	3,24	0,00	48,00	21,30	12,23	4,14
Compet/Espesura	3	2,00	12	3,30	38,33	0,00	11,57	0,00	25,00	14,20	-10,77	-2,96
Acíc. antiguas	1	3,00	4	1,10	40,00	0,00	13,24	0,00	27,00	13,40	-8,77	-3,76
Ramas tam. variable	2	1,50	8	2,20	37,50	0,00	10,74	0,00	24,00	14,60	-11,77	-2,56
Otros daños	2	1,00	8	2,20	25,00	0,00	-1,76	0,00	37,50	18,15	1,73	0,99
Tronco	2	1,00	8	2,20	25,00	0,00	-1,76	0,00	37,50	18,15	1,73	0,99
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	67	1,00	268	73,63	25,75	0,00	-1,01	0,00	36,36	17,30	0,59	0,14
Acíc. del año	22	1,00	88	24,18	24,77	0,00	-1,99	0,00	38,45	17,64	2,69	0,48
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
Yemas	7	1,00	28	7,69	25,00	0,00	-1,76	0,00	38,43	17,86	2,66	0,69
Tronco en copa	25	1,00	100	27,47	26,00	0,00	-0,76	0,00	36,92	17,54	1,15	0,38
Tronco	12	1,00	48	13,19	27,50	0,00	0,74	0,00	31,92	16,66	-3,85	-0,50

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados, se advierte en primer lugar una cohorte muy similar a la de la parcela 102 a la que sustituye y que se encuentra a corta distancia. La presencia de insectos es relativamente abundante, destacando en primer lugar el perforador *Dioryctria splendidella* ya presente en la zona en revisiones anteriores y del que se ven perforaciones en los troncos acompañado de emisión de resina teñida de rojo por el serrín de la corteza, sobre uno de cada cuatro pies evaluados, sin que aparezcan por el momento daños forestales de consideración asociados si bien no es descartar un incremento de la población favorecida por las operaciones de corta en las inmediaciones. Se advierten también algunas mordeduras en diente de sierra a lo largo de las acículas causadas por **defoliadores** braquiderinos, sin mayor importancia, junto con algunos **chupadores** en forma de bandeados amarillentos sobre las acículas de mayor edad sobre las que se pueden apreciar los pequeños grumos de resina que taponan la herida dejada por el aparato succionador del insecto.

Destaca también la práctica desaparición del agallícola de cuarentena *Dryocosmus kuriphillus*, muy abundante sobre el sotobosque de castaños de la zona y de quien se venía observando una rápida proliferación desde los primeros casos en torno a 2012-2014, cuya reducción podría deberse a la expansión y asentamiento del parasitoide *Torymus sinensis* empleado como método de control biológico mediante sueltas desde hace cerca de 10 años, poniendo de manifiesto el éxito de tratamientos integrados de plagas forestales.

La elevada humedad de la estación favorece el desarrollo de enfermedades, tales como *Spaheropsis sapinea* (*Diplodia pinea*) presente en unos pocos pies salpicados sobre los que se ven las típicas resinosas a

lo largo del tronco debido a la formación de chancros o heridas en las partes leñosas, enfermedad muy frecuente en los pinares de la orla atlántico-cantábrica que se ve muy favorecida en condiciones de alta humedad y por la aparición de heridas o resquebrajaduras que sirven de entrada al patógeno. En el único ejemplar de roble aparecen oidios blanquecino por *Microsphaera alphitoides* sin mayor importancia, afección esta que puede verse también en los robles de los alrededores y que se expande hacia las ramas y pies más bajos desde el reservorio de esporas del suelo, y que se ve favorecido en zonas húmedas.

En cuanto al conjunto de agentes abióticos, se advierten en primer lugar ligeras afecciones ligadas al **calor** y en menor medida a la **sequía**, viéndose caída prematura de las acículas de mayor edad en una estrategia típica de reducción de área foliar para disminuir las pérdidas de agua por transpiración, o bien de amarilleamientos y marchitamientos previos a la caída. Si bien la parcela se asienta sobre una estación húmeda con una precipitación media que supera los 2000 mm anuales, durante los dos meses previos a la evaluación apenas han caído 25 mm, a lo que se superpone una prolongada ola de calor durante la primera mitad de agosto, que amplifica los efectos de la falta de agua. Se ven también, como era habitual en la parcela sustituida, algunas roturas de ramas por **viento**, bastante frecuente en la zona y que amplifica sus efectos cuando afecta a la guía terminal, dejando al pie afectado bajo el dosel principal de copas, en condiciones de menor iluminación a lo que se suele suceder un decaimiento que puede terminar con la muerte del pie afectado. Los daños se suelen manifestar más en árboles de dimensiones superiores al vuelo medio de la parcela, menos favorecidos por el efecto coprotector de la masa.

Como es habitual en la zona, y muy posiblemente estimulada por la elevada humedad de la estación, es relativamente frecuente la aparición de **hiedras** colonizando los troncos y que incluso llega a afectar a la ramificación inferior, ahogando a parte del follaje del árbol afectando, viéndose árboles muertos completamente colonizados por la epífita a lo largo del camino de acceso, antes del vivero, poniendo de manifiesto la peligrosidad potencial sobre el arbolado muestra. La epífita parece tener cierta predilección por los pies de mayores dimensiones y se presenta en menor medida que en la parcela 102 a la que sustituye, afectando a cerca del 15% del arbolado muestra. Se encuentran también ampliamente distribuidos los daños por **falta de luz**, asociados a la muerte o decadencia de los ramillos más bajos al favorecerse los fenómenos de autopoda, en los que el árbol busca favorecer el desarrollo de su guía terminal en detrimento de la ramificación más baja, de la que se desprende. El fenómeno es así más habitual en los pies de menores dimensiones que en algún caso puntual llega a causar daños forestales de consideración, habiéndose registrado muertes por esta causa en la zona. Están también representados los fenómenos de **interacción física** o competencia lateral, en los que el pie afectado recibe una buena iluminación en el ápice pero experimenta dificultades para expandir su ramificación hacia los lados por impedirlo la cercanía de los pies próximos.

Se advierten también punteaduras necróticas sobre las acículas de mayor edad, sin los típicos grumos de resina causados por los insectos chupadores; concentradas además en las superficies abiertas al aire; resultando muy llamativa la presencia de ramillos caídos en el suelo punteados en la zona expuesta al aire y verdes en la superficie protegida en contacto con el suelo, lo que hace pensar en la acción de algún **contaminante atmosférico** afección ya vista en la parcela 102 sustituida y que se viene advirtiendo en la zona casi desde el replanteo de la parcela.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se observan **amarilleamientos** y en parte de las acículas, fenómeno muy extendido por la parcela, **microfilia** en algunas acículas del año, **enrollamientos** en las acículas del año en curso, junto con **puntisecados** en ramas y **resinosis** en yemas y tronco, 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												
Acíc. del año	39	1,00	156	42,86	26,54	0,00	-0,22	0,00	37,59	17,51	1,82	0,35
Dec. Verde-amarillo	23	1,00	92	25,27	27,61	0,00	0,85	0,00	37,09	17,63	1,32	0,46
Completa	6	1,00	24	6,59	27,50	0,00	0,74	0,00	39,50	17,62	3,73	0,45
Punteado	3	1,00	12	3,30	30,00	0,00	3,24	0,00	35,67	17,43	-0,10	0,27
Bandeado	6	1,00	24	6,59	28,33	0,00	1,57	0,00	37,67	17,72	1,90	0,55
Parcial	8	1,00	32	8,79	26,25	0,00	-0,51	0,00	35,38	17,64	-0,39	0,47
Dec. Rojo-marrón	1	1,00	4	1,10	40,00	0,00	13,24	0,00	22,00	13,50	-13,77	-3,66
Completa	1	1,00	4	1,10	40,00	0,00	13,24	0,00	22,00	13,50	-13,77	-3,66
Deformaciones	15	1,00	60	16,48	24,00	0,00	-2,76	0,00	39,40	17,61	3,63	0,44
Enrolladas	15	1,00	60	16,48	24,00	0,00	-2,76	0,00	39,40	17,61	3,63	0,44
Acíc. antiguas	102	1,69	408	100,00	27,06	0,00	0,30	0,00	35,50	17,14	-0,27	-0,03
Comidos/perdidos	89	1,79	356	97,80	26,85	0,00	0,09	0,00	35,78	17,22	0,01	0,06
Agujeros/Parc. comidas	2	1,00	8	2,20	27,50	0,00	0,74	0,00	33,00	15,65	-2,77	-1,51
Caída prematura	87	1,80	348	95,60	26,84	0,00	0,08	0,00	35,84	17,26	0,07	0,09
Dec. Verde-amarillo	13	1,00	52	14,29	28,46	0,00	1,70	0,00	33,62	16,55	-2,15	-0,61
Completa	3	1,00	12	3,30	35,00	0,00	8,24	0,00	29,33	16,93	-6,44	-0,23
Punteado	5	1,00	20	5,49	27,00	0,00	0,24	0,00	33,00	15,82	-2,77	-1,34
Bandeado	2	1,00	8	2,20	25,00	0,00	-1,76	0,00	34,50	15,50	-1,27	-1,66
Apical	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	35,00	16,30	-0,77	-0,86
Parcial	2	1,00	8	2,20	27,50	0,00	0,74	0,00	40,00	19,00	4,23	1,84
Hojas	2	1,00	8	2,20	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
Comidos/perdidos	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
Agujeros/Parc. comidas	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
Signos hongos	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
Cob. blanca hojas	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	15,00	7,60	-20,77	-9,56
RAMAS/BROTES												
Brotes del año	2	1,00	8	2,20	27,50	0,00	0,74	0,00	38,50	17,85	2,73	0,69
Aborto	2	1,00	8	2,20	27,50	0,00	0,74	0,00	38,50	17,85	2,73	0,69
Ramillos <2 cm	23	1,00	92	25,27	27,61	0,00	0,85	0,00	32,70	17,05	-3,07	-0,11
Rotura	17	1,00	68	18,68	28,82	0,00	2,06	0,00	32,59	17,19	-3,18	0,03
Muerto/moribundo	6	1,00	24	6,59	24,17	0,00	-2,59	0,00	33,00	16,65	-2,77	-0,51
Ramas 2-10 cm	29	1,03	116	31,87	25,34	0,00	-1,42	0,00	37,83	17,79	2,06	0,63
Rotura	3	1,33	12	3,30	26,67	0,00	-0,09	0,00	46,00	18,73	10,23	1,57
Muerto/moribundo	26	1,00	104	28,57	25,19	0,00	-1,57	0,00	36,88	17,68	1,12	0,52
Ramas tam. variable	36	1,06	144	39,56	29,17	0,00	2,41	0,00	34,36	16,44	-1,41	-0,72
Muerto/moribundo	36	1,06	144	39,56	29,17	0,00	2,41	0,00	34,36	16,44	-1,41	-0,72
Yemas	7	1,00	28	7,69	25,00	0,00	-1,76	0,00	38,43	17,86	2,66	0,69
Resinosis	7	1,00	28	7,69	25,00	0,00	-1,76	0,00	38,43	17,86	2,66	0,69
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	46	1,04	184	50,55	26,20	0,00	-0,56	0,00	36,11	17,24	0,34	0,08
Signos insectos	14	1,07	56	15,38	26,43	0,00	-0,33	0,00	35,00	17,16	-0,77	-0,01
Perforaciones,serrín	14	1,07	56	15,38	26,43	0,00	-0,33	0,00	35,00	17,16	-0,77	-0,01
Resinosis	32	1,03	128	35,16	26,09	0,00	-0,67	0,00	36,59	17,28	0,82	0,12
Tronco	36	1,33	144	39,56	27,08	0,00	0,32	0,00	36,39	17,56	0,62	0,39
Deformaciones	5	1,00	20	5,49	26,00	0,00	-0,76	0,00	33,40	16,12	-2,37	-1,04

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Otras deformaciones	5	1,00	20	5,49	26,00	0,00	-0,76	0,00	33,40	16,12	-2,37	-1,04
Signos insectos	8	1,00	32	8,79	25,63	0,00	-1,14	0,00	37,50	17,69	1,73	0,52
Perforaciones,serrín	8	1,00	32	8,79	25,63	0,00	-1,14	0,00	37,50	17,69	1,73	0,52
Otros signos	13	1,92	52	14,29	27,69	0,00	0,93	0,00	38,77	17,92	3,00	0,76
Heridas	1	1,00	4	1,10	30,00	0,00	3,24	0,00	48,00	21,30	12,23	4,14
Descortezamientos	1	1,00	4	1,10	30,00	0,00	3,24	0,00	48,00	21,30	12,23	4,14
Resinosis	8	1,00	32	8,79	28,13	0,00	1,37	0,00	31,25	17,29	-4,52	0,12
Inclinado	1	1,00	4	1,10	25,00	0,00	-1,76	0,00	41,00	17,30	5,23	0,14
Tronco completo	4	1,00	16	4,40	28,75	0,00	1,99	0,00	31,00	16,28	-4,77	-0,89
Signos insectos	2	1,00	8	2,20	30,00	0,00	3,24	0,00	30,00	15,95	-5,77	-1,21
Perforaciones,serrín	2	1,00	8	2,20	30,00	0,00	3,24	0,00	30,00	15,95	-5,77	-1,21
Resinosis	2	1,00	8	2,20	27,50	0,00	0,74	0,00	32,00	16,60	-3,77	-0,56

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

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

	N par	Defoliadores		Perforadores		Chupadores		Tizón	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	39					8	80,00		
Dec. Verde-amarillo	23					8	80,00		
Completa	6								
Punteado	3					2	20,00		
Bandeado	6					6	60,00		
Parcial	8								
Dec. Rojo-marrón	1								
Completa	1								
Deformaciones	15								
Enrolladas	15								
Acíc. antiguas	102	2	66,67			2	20,00		
Comidos/perdidos	89	2	66,67						
Agujeros/Parc. comidas	2	2	66,67						
Caída prematura	87								
Dec. Verde-amarillo	13					2	20,00		
Completa	3								
Punteado	5								
Bandeado	2					2	20,00		
Apical	1								
Parcial	2								
Hojas	2	1	33,33						
Comidos/perdidos	1	1	33,33						
Agujeros/Parc. comidas	1	1	33,33						
Signos hongos	1								
Cob. blanca hojas	1								
RAMAS/BROTES									
Brotos del año	2								
Aborto	2								

	N par	Defoliadores		Perforadores		Chupadores		Tizón	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Ramillos <2 cm	23								
Rotura	17								
Muerto/moribundo	6								
Ramas 2-10 cm	29								
Rotura	3								
Muerto/moribundo	26								
Ramas tam. variable	36								
Muerto/moribundo	36								
Yemas	7								
Resinosis	7								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	46			14	58,33			7	77,78
Signos insectos	14			14	58,33				
Perforaciones,serrín	14			14	58,33				
Resinosis	32							7	77,78
Tronco	36			8	33,33				
Deformaciones	5								
Otras deformaciones	5								
Signos insectos	8			8	33,33				
Perforaciones,serrín	8			8	33,33				
Otros signos	13								
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Resinosis	8								
Inclinado	1								
Tronco completo	4			2	8,33			2	22,22
Signos insectos	2			2	8,33				
Perforaciones,serrín	2			2	8,33				
Resinosis	2							2	22,22

	N par	Oidio		Sequía		Calor		Viento/Tornado	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	39			7	15,91	1	1,61		
Dec. Verde-amarillo	23			6	13,64	1	1,61		
Completa	6			4	9,09				
Punteado	3								
Bandeado	6								
Parcial	8			2	4,55	1	1,61		
Dec. Rojo-marrón	1			1	2,27				
Completa	1			1	2,27				
Deformaciones	15								
Enrolladas	15								
Acíc. antiguas	102			32	72,73	58	93,55		
Comidos/perdidos	89			27	61,36	57	91,94		
Agujeros/Parc. comidas	2								
Caída prematura	87			27	61,36	57	91,94		
Dec. Verde-amarillo	13			5	11,36	1	1,61		
Completa	3			2	4,55	1	1,61		

	N par	Oidio		Sequía		Calor		Viento/Tornado	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Punteado	5								
Bandeado	2								
Apical	1			1	2,27				
Parcial	2			2	4,55				
Hojas	2	1	100,00						
Comidos/perdidos	1								
Agujeros/Parc. comidas	1								
Signos hongos	1	1	100,00						
Cob. blanca hojas	1	1	100,00						
RAMAS/BROTES									
Brotes del año	2			1	2,27	1	1,61		
Aborto	2			1	2,27	1	1,61		
Ramillos <2 cm	23			4	9,09	1	1,61	14	87,50
Rotura	17							14	87,50
Muerto/moribundo	6			4	9,09	1	1,61		
Ramas 2-10 cm	29					1	1,61	2	12,50
Rotura	3							2	12,50
Muerto/moribundo	26					1	1,61		
Ramas tam. variable	36								
Muerto/moribundo	36								
Yemas	7								
Resinosis	7								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	46								
Signos insectos	14								
Perforaciones,serrín	14								
Resinosis	32								
Tronco	36								
Deformaciones	5								
Otras deformaciones	5								
Signos insectos	8								
Perforaciones,serrín	8								
Otros signos	13								
Heridas	1								
Descortezamientos	1								
Resinosis	8								
Inclinado	1								
Tronco completo	4								
Signos insectos	2								
Perforaciones,serrín	2								
Resinosis	2								

	N par	Otros fact. abióticos		Daños mecánicos /vehículos		Contaminantes		Hedera helix	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	39					1	16,67		
Dec. Verde-amarillo	23					1	16,67		
Completa	6								

	N par	Otros fact. abióticos		Daños mecánicos /vehículos		Contaminantes		<i>Hedera helix</i>	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Punteado	3					1	16,67		
Bandeado	6								
Parcial	8								
Dec. Rojo-marrón	1								
Completa	1								
Deformaciones	15								
Enrolladas	15								
Acíc. antiguas	102					5	83,33		
Comidos/perdidos	89								
Agujeros/Parc. comidas	2								
Caída prematura	87								
Dec. Verde-amarillo	13					5	83,33		
Completa	3								
Punteado	5					5	83,33		
Bandeado	2								
Apical	1								
Parcial	2								
Hojas	2								
Comidos/perdidos	1								
Agujeros/Parc. comidas	1								
Signos hongos	1								
Cob. blanca hojas	1								
RAMAS/BROTES									
Brotes del año	2								
Aborto	2								
Ramillos <2 cm	23								
Rotura	17								
Muerto/moribundo	6								
Ramas 2-10 cm	29								
Rotura	3								
Muerto/moribundo	26								
Ramas tam. variable	36	1	100,00						
Muerto/moribundo	36	1	100,00						
Yemas	7								
Resinosis	7								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	46								
Signos insectos	14								
Perforaciones,serrín	14								
Resinosis	32								
Tronco	36			1	100,00			13	100,00
Deformaciones	5								
Otras deformaciones	5								
Signos insectos	8								
Perforaciones,serrín	8								
Otros signos	13							13	100,00
Heridas	1			1	100,00				
Descortezamientos	1			1	100,00				
Resinosis	8								

	N par	Otros fact. abióticos		Daños mecánicos /vehículos		Contaminantes		Hedera helix	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Inclinado	1								
Tronco completo	4								
Signos insectos	2								
Perforaciones, serrín	2								
Resinosis	2								

	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/ Espesura		Otros daños		Ag. desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. del año	39									22	32,84
Dec. Verde-amarillo	23									7	10,45
Completa	6									2	2,99
Punteado	3										
Bandeado	6										
Parcial	8									5	7,46
Dec. Rojo-marrón	1										
Completa	1										
Deformaciones	15									15	22,39
Enrolladas	15									15	22,39
Acíc. antiguas	102	2	3,33			1	33,33				
Comidos/perdidos	89	2	3,33			1	33,33				
Agujeros/Parc. comidas	2										
Caída prematura	87	2	3,33			1	33,33				
Dec. Verde-amarillo	13										
Completa	3										
Punteado	5										
Bandeado	2										
Apical	1										
Parcial	2										
Hojas	2										
Comidos/perdidos	1										
Agujeros/Parc. comidas	1										
Signos hongos	1										
Cob. blanca hojas	1										
RAMAS/BROTES											
Brotes del año	2										
Aborto	2										
Ramillos <2 cm	23			3	75,00					1	1,49
Rotura	17			3	75,00						
Muerto/moribundo	6									1	1,49
Ramas 2-10 cm	29	25	41,67	1	25,00						
Rotura	3			1	25,00						
Muerto/moribundo	26	25	41,67								
Ramas tam. variable	36	33	55,00			2	66,67				
Muerto/moribundo	36	33	55,00			2	66,67				
Yemas	7									7	10,45
Resinosis	7									7	10,45

	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/ Espesura		Otros daños		Ag. desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	46									25	37,31
Signos insectos	14										
Perforaciones,serrín	14										
Resinosis	32									25	37,31
Tronco	36							2	100,00	12	17,91
Deformaciones	5							2	100,00	3	4,48
Otras deformaciones	5							2	100,00	3	4,48
Signos insectos	8										
Perforaciones,serrín	8										
Otros signos	13										
Heridas	1										
Descortezamientos	1										
Resinosis	8									8	11,94
Inclinado	1									1	1,49
Tronco completo	4										
Signos insectos	2										
Perforaciones,serrín	2										
Resinosis	2										

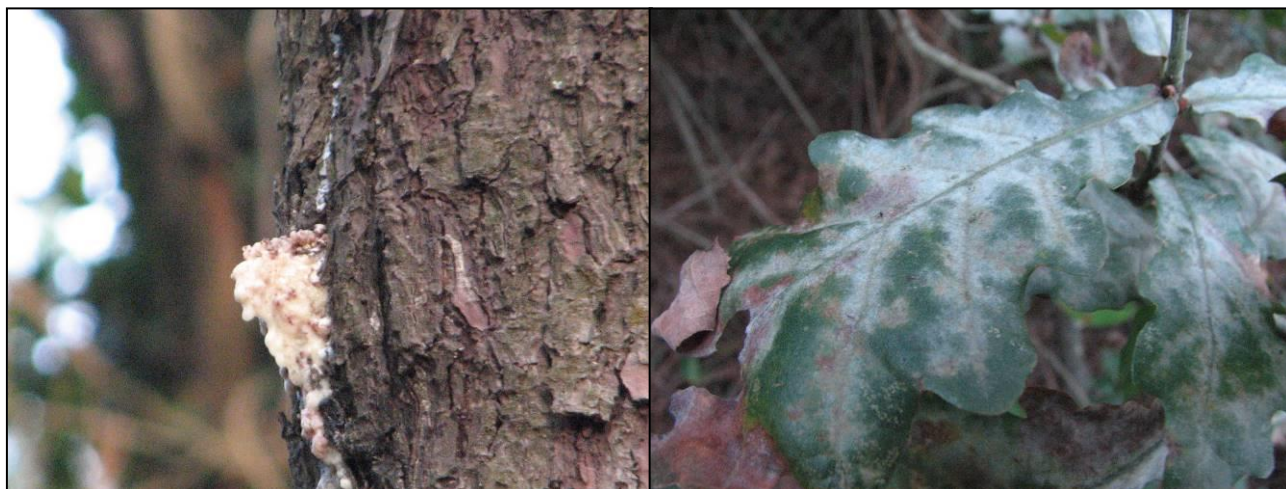
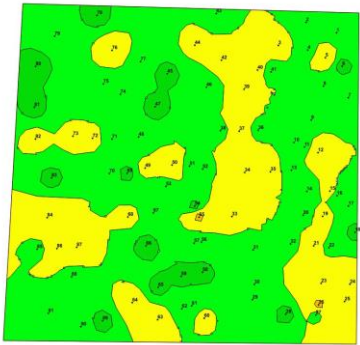


FIG 6: Grumo de resina por *Dioryctria splendidella*. Oidio en robles acompañantes por *Microsphaera alphitoides*.

MODELOS DE DEFOLIACION		
		
2025		

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

Defoliación	
0.00-12.50	
12.51-17.50	
17.51-22.50	
22.51-27.50	
27.51-37.50	
37.51-50.00	
50.01-62.50	
62.51-75.00	
75.01-88.10	
88.11-99.00	
99.10-100.00	

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		

Variable	Equipo	Parcela Interior	Parcela Exterior	Instalación	Periodicidad
	Sonda Humedad		1		
	Pluviómetro		1		
Precipitación incidente	Acumuladores		4	1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro		1		
	Captador nieve		-		
Trascolación	Acumuladores	6		1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro	1			
	Captador nieve	-			
Desfronde	Captadores desfronde	4		1999	Quincenal/Mensual
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, torre meteorológica y dosímetros. Parcela interior, captadores. Caja de lisímetros. Sondas de humedad

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 interaccionar 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.	$\leq 2.500 \mu\text{S}/\text{cm}$
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 102Ppr, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la series histórica estudiada, haciendo la salvedad de que se trata de años completos, a excepción de los años 1997 (mayo-diciembre); 2012 (enero-julio) y 2014 (abril-diciembre), por lo que caben ciertas anomalías.

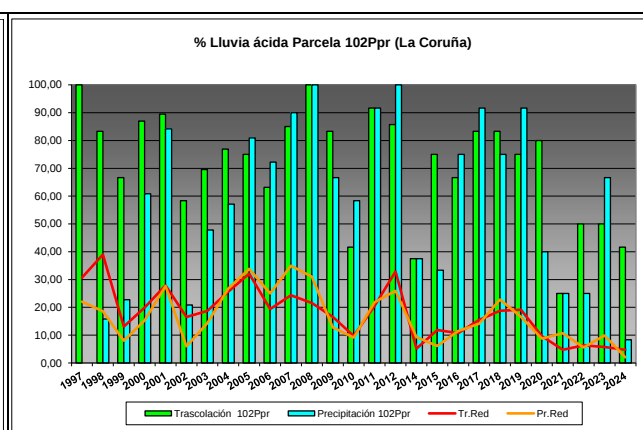
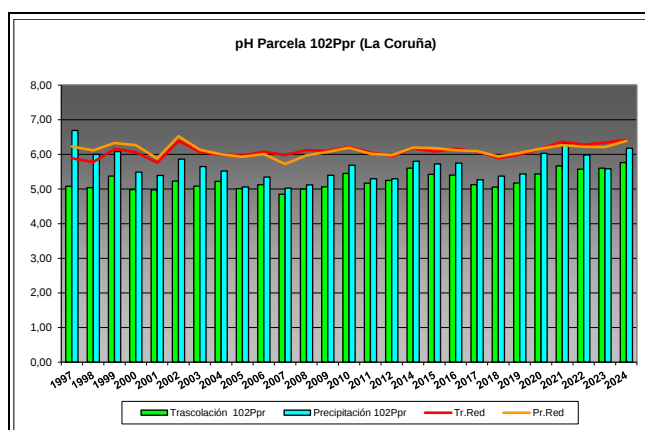
De cada parámetro se da el comportamiento del parámetro, la diferencia existente entre trascolación (bajo cubierta arbórea) y precipitación incidente (a campo abierto), lo que da idea tanto del papel del arbolado como sumidero como de la incidencia de la deposición seca, así como la distribución por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

5.1. pH.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997	5,08	100,00	1013	6,69	0,00	1510	5,08	100,00
1998	5,04	83,33	1374	6,00	15,79	1800	5,04	83,33

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1999	5,37	66,67	1926	6,08	22,73	2359	5,37	66,67
2000	4,98	86,96	2252	5,49	60,87	2555	4,98	86,96
2001	4,98	89,47	2210	5,39	84,21	2701	4,98	89,47
2002	5,23	58,33	2332	5,86	20,83	2780	5,23	58,33
2003	5,08	69,57	2061	5,65	47,83	2226	5,08	69,57
2004	5,22	76,92	1428	5,52	57,14	1774	5,22	76,92
2005	5,01	75,00	1292	5,06	80,95	1489	5,01	75,00
2006	5,12	63,16	2352	5,34	72,22	3116	5,12	63,16
2007	4,85	85,00	1691	5,03	90,00	2227	4,85	85,00
2008	5,00	100,00	1735	5,12	100,00	2225	5,00	100,00
2009	5,06	83,33	2111	5,40	66,67	2725	5,06	83,33
2010	5,45	41,67	1856	5,69	58,33	2290	5,45	41,67
2011	5,17	91,67	1748	5,30	91,67	1941	5,17	91,67
2012	5,25	85,71	716	5,30	100,00	973	5,25	85,71
2014	5,60	37,50	1291	5,80	37,50	1590	5,60	37,50
2015	5,43	75,00	1528	5,72	33,33	2013	5,43	75,00
2016	5,40	66,67	2027	5,75	75,00	2577	5,40	66,67
2017	5,13	83,33	1248	5,27	91,67	1735	5,13	83,33
2018	5,05	83,33	2439	5,38	75,00	3091	5,05	83,33
2019	5,17	75,00	1914	5,44	91,67	2392	5,17	75,00
2020	5,44	80,00	2403	6,03	40,00	2970	6,17	6,17
2021	5,67	25,00	1935	6,30	25,00	2399	6,37	6,27
2022	5,57	50,00	1785	5,98	25,00	2287	6,28	6,22
2023	5,60	50,00	2397	5,59	66,67	2993	6,34	6,21
2024	5,76	41,67	2649	6,18	8,33	3254	6,42	6,39
Media	5,25	71,27	1841	5,64	56,98	2296	6,09	6,12



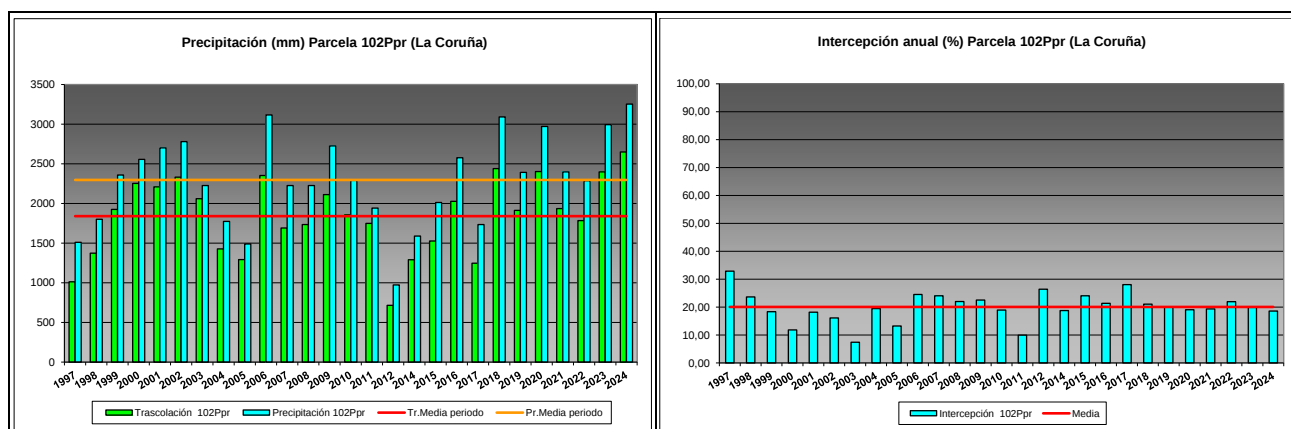


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

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	33,90		1013	29,20		1510	25,52	22,05
1998	37,09		1374	27,33		1800	29,37	22,53
1999	42,11		1926	18,43		2359	33,18	19,89
2000	47,75		2252	20,44		2555	35,34	22,06
2001	52,06		2210	19,15		2701	27,99	15,78
2002	70,70		2332	27,81		2780	48,98	30,11
2003	36,94		2061	21,94		2226	45,96	25,07
2004	76,98		1428	34,45		1774	62,42	37,00
2005	58,71		1292	31,68		1489	65,42	30,19
2006	58,11		2352	28,71		3116	61,52	28,60
2007	67,31		1691	31,76		2227	49,85	28,88
2008	48,96		1735	21,26		2225	46,65	22,88
2009	61,62		2111	24,04		2725	49,43	20,10
2010	60,00		1856	23,04		2290	44,44	15,09
2011	42,97		1748	46,79		1941	51,36	19,04
2012	35,71		716	14,50		973	53,38	20,50
2014	24,18		1291	12,73		1590	33,76	15,23
2015	38,63		1528	36,46		2013	45,28	18,25
2016	36,73		2027	16,57		2577	47,39	15,22
2017	48,29		1248	21,99		1735	56,13	18,87
2018	45,01		2439	24,54		3091	38,75	16,20
2019	55,15		1914	27,86		2392	74,16	28,49
2020	40,08		2403	18,61		2970	46,43	20,40
2021	37,99		1935	35,85		2399	40,51	22,14
2022	39,41		1785	20,66		2287	44,12	20,37
2023	42,36		2397	21,51		2993	45,95	17,21
2024	33,97		2649	18,15		3254	43,89	17,33
Media	47,14		1841	25,02		2296	46,19	21,83

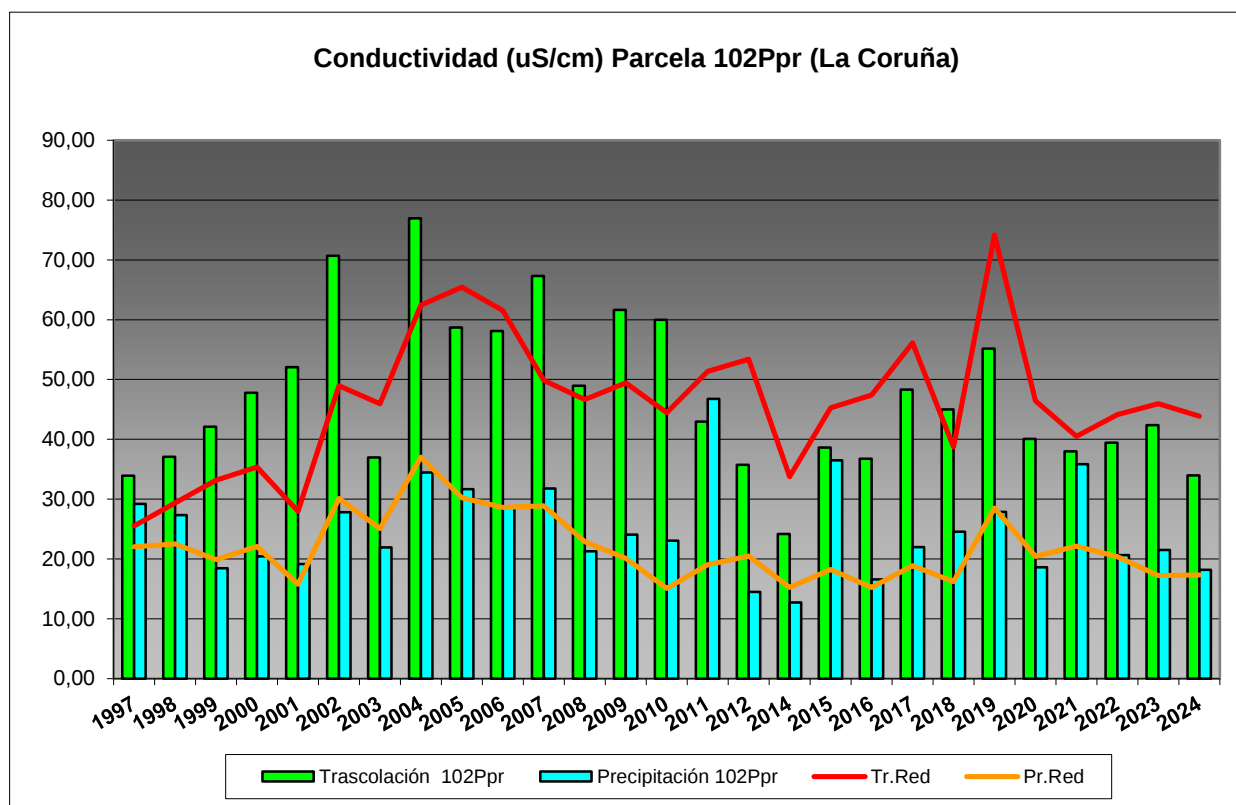


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

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	0,84	8,48	1013	0,93	14,06	1510	-5,58	7,33	5,18
1998	2,56	35,11	1374	1,46	26,24	1800	8,88	19,45	13,28
1999	2,44	46,93	1926	1,20	28,20	2359	18,74	17,99	11,86
2000	2,61	58,70	2252	1,51	38,69	2555	20,02	22,33	15,28
2001	2,12	46,88	2210	1,06	28,71	2701	18,17	16,00	9,92
2002	1,76	41,03	2332	0,57	15,79	2780	25,24	19,36	7,73
2003	1,44	29,67	2061	0,40	8,87	2226	20,80	12,93	3,83
2004	2,06	29,42	1428	0,60	10,64	1774	18,78	16,14	4,88
2005	2,42	31,26	1292	0,75	11,22	1489	20,04	12,47	5,15
2006	1,71	40,21	2352	0,59	18,46	3116	21,75	19,14	9,86
2007	1,99	33,69	1691	0,64	14,19	2227	19,50	20,44	7,92
2008	1,99	34,51	1735	0,42	9,28	2225	25,23	22,97	6,57
2009	1,39	29,41	2111	0,40	10,81	2725	18,60	18,05	4,28
2010	1,77	32,82	1856	0,29	6,58	2290	26,25	21,96	3,59
2011	3,26	56,99	1748	1,56	30,32	1941	26,67	18,92	5,75
2012	0,63	4,52	716	0,28	2,76	973	1,76	2,99	0,92
2014	0,94	12,08	1291	0,13	2,10	1590	9,98	11,97	1,60
2015	1,63	24,90	1528	0,89	17,93	2013	6,97	18,33	4,20

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	1,32	26,69	2027	0,27	7,00	2577	19,69	19,15	2,17
2017	1,56	19,52	1248	0,31	5,35	1735	14,17	16,19	1,94
2018	0,85	20,83	2439	0,30	9,23	3091	11,60	17,14	2,96
2019	1,35	25,91	1914	0,36	8,65	2392	17,26	17,04	3,33
2020	0,99	23,84	2403	0,20	6,03	2970	17,81	22,26	2,32
2021	1,06	20,45	1935	1,34	4,46	2399	15,99	15,69	1,94
2022	1,57	27,96	1785	0,11	2,58	2287	25,38	18,27	1,30
2023	1,34	32,16	2397	0,10	3,10	2993	29,07	20,05	0,93
2024	1,39	36,90	2649	0,21	6,99	3254	29,91	20,53	2,02
Media	1,67	30,77	1841	0,63	12,90	2296	17,88	17,23	5,21

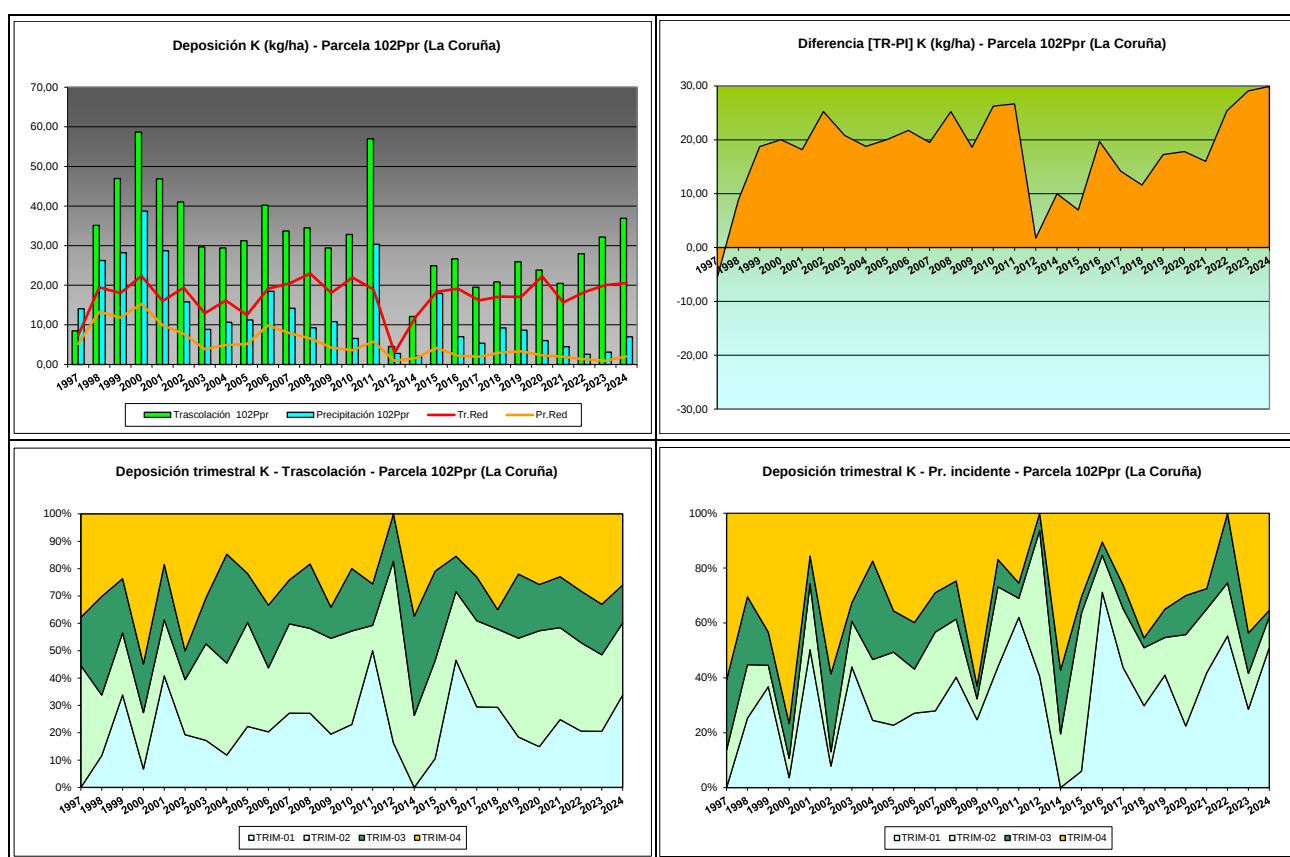


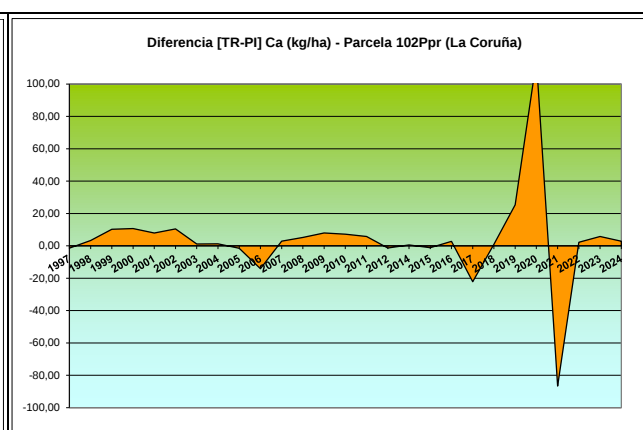
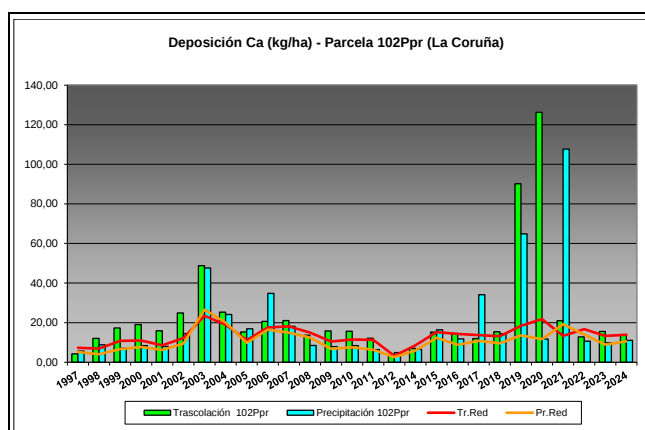
FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,41	4,20	1013	0,37	5,64	1510	-1,44	7,29	5,16
1998	0,88	12,07	1374	0,49	8,80	1800	3,28	6,91	4,05

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	0,90	17,28	1926	0,30	7,06	2359	10,22	10,77	6,68
2000	0,85	19,06	2252	0,33	8,40	2555	10,67	10,94	7,70
2001	0,72	15,85	2210	0,29	7,94	2701	7,91	8,58	6,22
2002	1,07	24,91	2332	0,52	14,46	2780	10,45	12,23	9,40
2003	2,37	48,75	2061	2,14	47,62	2226	1,13	23,45	26,64
2004	1,77	25,33	1428	1,36	24,10	1774	1,23	18,95	20,04
2005	1,19	15,34	1292	1,13	16,86	1489	-1,52	11,17	9,81
2006	0,88	20,60	2352	1,12	34,75	3116	-14,15	17,51	16,49
2007	1,24	21,02	1691	0,81	18,15	2227	2,87	18,16	14,99
2008	0,79	13,66	1735	0,38	8,48	2225	5,18	14,94	12,47
2009	0,75	15,84	2111	0,29	7,89	2725	7,95	10,43	6,81
2010	0,84	15,60	1856	0,37	8,42	2290	7,18	11,50	7,59
2011	0,69	12,13	1748	0,33	6,36	1941	5,77	11,32	6,29
2012	0,49	3,51	716	0,50	4,87	973	-1,35	3,22	2,60
2014	0,54	7,01	1291	0,41	6,46	1590	0,55	8,57	5,86
2015	1,00	15,24	1528	0,81	16,40	2013	-1,16	15,19	12,39
2016	0,72	14,53	2027	0,46	11,77	2577	2,76	14,34	8,83
2017	0,96	11,96	1248	1,97	34,16	1735	-22,19	13,71	10,82
2018	0,63	15,37	2439	0,47	14,42	3091	0,95	13,15	9,58
2019	4,71	90,17	1914	2,71	64,85	2392	25,32	18,41	13,57
2020	5,25	126,25	2403	0,40	11,74	2970	114,51	21,83	11,67
2021	1,08	20,96	1935	4,49	107,64	2399	-86,68	13,31	19,20
2022	0,72	12,83	1785	0,47	10,65	2287	2,18	16,71	13,93
2023	0,65	15,53	2397	0,33	9,77	2993	5,76	13,29	8,93
2024	0,53	13,93	2649	0,34	11,09	3254	2,84	13,85	10,52
Media	1,21	23,29	1841	0,87	19,58	2296	3,71	13,32	10,68



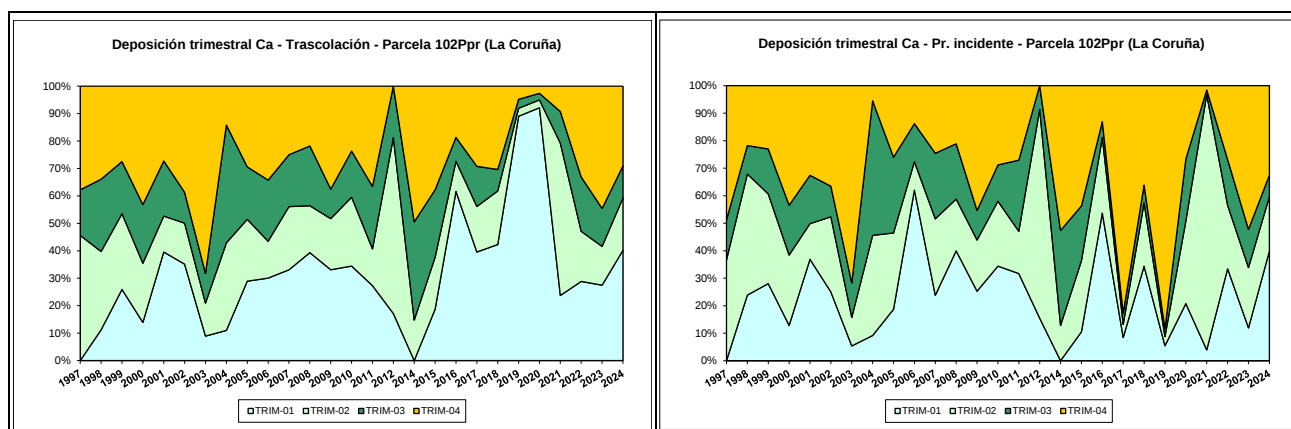


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	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	0,49	4,95	1013	0,69	10,49	1510	-5,55	3,66	3,20
1998	0,70	9,65	1374	0,41	7,30	1800	2,36	4,07	2,78
1999	0,89	17,09	1926	0,35	8,37	2359	8,72	4,18	2,58
2000	0,75	16,97	2252	0,22	5,66	2555	11,31	3,46	1,84
2001	0,82	18,06	2210	0,23	6,23	2701	11,83	2,99	1,45
2002	1,04	24,35	2332	0,32	8,99	2780	15,36	3,93	1,83
2003	0,77	15,84	2061	0,23	5,20	2226	10,64	3,97	1,65
2004	0,94	13,47	1428	0,28	5,03	1774	8,44	4,03	2,51
2005	0,78	10,03	1292	0,28	4,14	1489	5,90	2,73	1,01
2006	0,81	18,97	2352	0,33	10,21	3116	8,77	4,06	1,94
2007	0,99	16,79	1691	0,35	7,86	2227	8,93	4,56	2,17
2008	0,73	12,66	1735	0,25	5,66	2225	7,00	3,99	1,87
2009	0,98	20,77	2111	0,32	8,75	2725	12,02	3,95	1,67
2010	1,01	18,83	1856	0,35	8,10	2290	10,73	4,42	1,89
2011	0,68	11,86	1748	0,25	4,88	1941	6,98	3,98	1,27
2012	1,07	7,64	716	0,53	5,20	973	2,44	2,35	1,52
2014	0,40	5,22	1291	0,16	2,52	1590	2,70	1,90	0,75
2015	0,61	9,29	1528	0,27	5,44	2013	3,84	3,32	1,84
2016	0,71	14,47	2027	0,33	8,45	2577	6,02	4,44	1,71
2017	1,04	13,03	1248	0,43	7,37	1735	5,66	4,43	1,69
2018	0,65	15,93	2439	0,34	10,40	3091	5,53	4,24	2,01
2019	0,76	14,47	1914	0,43	10,21	2392	4,26	3,74	2,26
2020	0,71	17,03	2403	0,24	7,22	2970	9,81	4,38	2,00
2021	0,58	11,27	1935	0,32	7,72	2399	3,55	3,16	1,97
2022	0,54	9,70	1785	0,26	6,05	2287	3,64	3,74	2,23
2023	0,67	16,14	2397	0,33	9,87	2993	6,26	3,81	1,58
2024	0,56	14,82	2649	0,24	7,74	3254	7,09	3,74	2,19
Media	0,77	14,05	1841	0,32	7,22	2296	6,82	3,75	1,90

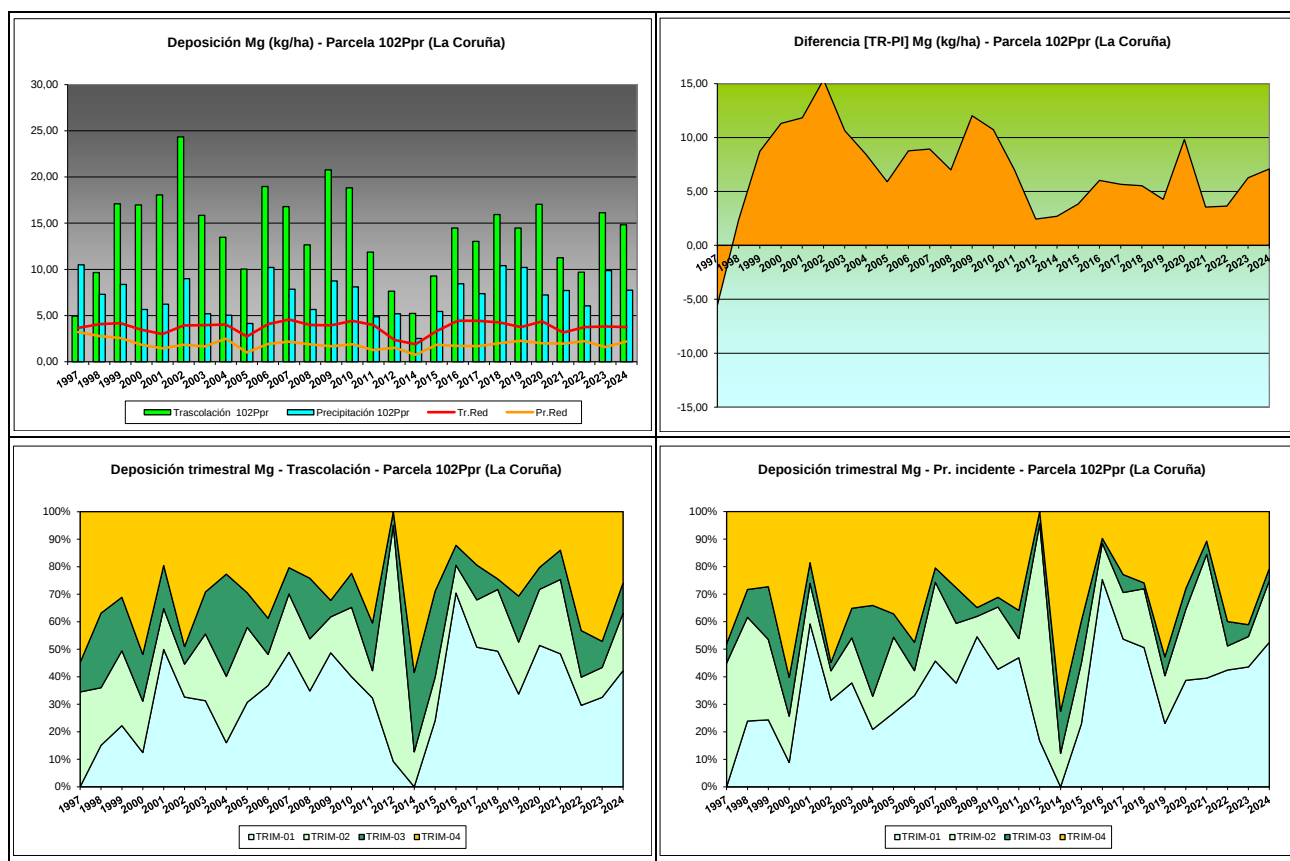


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	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	2,48	25,08	1013	2,32	35,09	1510	-10,01	6,07	6,65
1998	4,22	57,94	1374	2,48	44,72	1800	13,22	11,74	10,50
1999	5,53	106,49	1926	2,41	56,90	2359	49,59	19,31	13,85
2000	5,13	115,51	2252	2,10	53,60	2555	61,91	18,12	13,02
2001	6,29	138,99	2210	2,17	58,62	2701	80,38	18,38	12,14
2002	8,42	196,38	2332	3,03	84,30	2780	112,08	28,50	18,75
2003	5,27	108,66	2061	2,18	48,57	2226	60,10	22,49	12,86
2004	7,93	113,20	1428	3,22	57,12	1774	56,08	22,85	13,75
2005	6,08	78,59	1292	2,42	36,09	1489	42,50	14,42	7,16
2006	6,51	153,06	2352	2,78	86,54	3116	66,52	24,17	16,07
2007	6,89	116,53	1691	2,76	61,45	2227	55,08	23,14	14,21
2008	5,82	100,90	1735	2,29	50,88	2225	50,02	19,63	11,01
2009	7,63	161,02	2111	2,75	75,00	2725	86,02	22,09	12,27
2010	7,85	145,67	1856	3,06	70,18	2290	75,49	24,37	13,76
2011	3,64	63,65	1748	1,27	24,73	1941	38,92	20,72	5,97
2012	2,78	19,91	716	1,48	14,39	973	5,52	4,35	2,86
2014	2,81	36,23	1291	1,41	22,44	1590	13,79	6,77	4,55

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2015	3,94	60,20	1528	2,56	51,60	2013	8,60	15,27	11,59
2016	4,89	99,06	2027	2,48	63,86	2577	35,20	22,84	11,19
2017	7,36	91,85	1248	3,18	55,16	1735	36,68	19,35	10,47
2018	5,11	124,69	2439	2,70	83,44	3091	41,26	22,61	14,29
2019	5,30	101,44	1914	3,38	80,86	2392	20,58	19,32	13,98
2020	4,33	104,15	2403	1,84	54,50	2970	49,65	20,09	11,74
2021	3,57	69,10	1935	2,22	53,30	2399	15,80	12,97	10,32
2022	4,31	76,93	1785	2,12	48,50	2287	28,43	18,67	11,08
2023	5,22	125,16	2397	2,80	83,75	2993	41,41	18,93	11,19
2024	3,91	103,46	2649	1,97	64,24	3254	39,23	18,56	11,05
Media	5,30	99,77	1841	2,42	56,29	2296	43,48	18,36	11,34

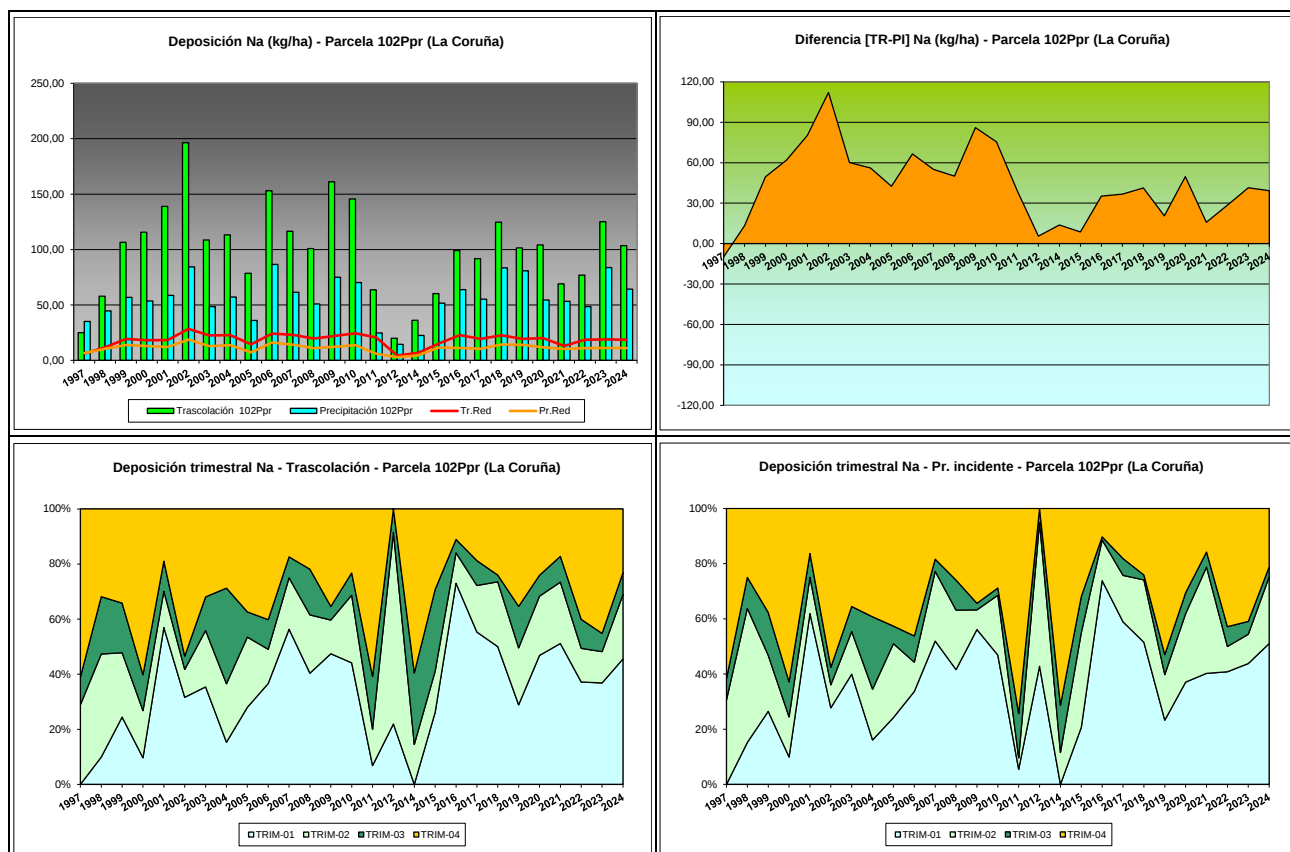


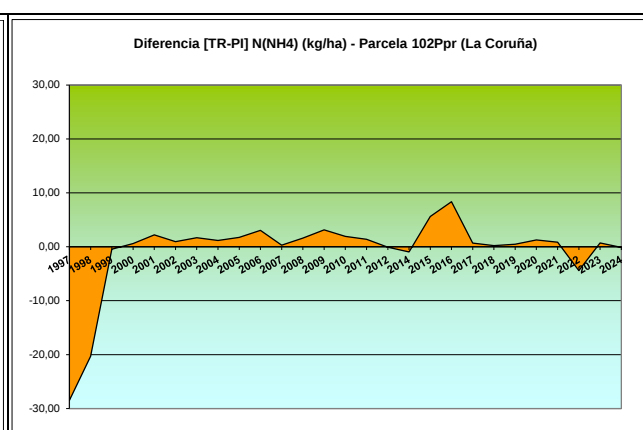
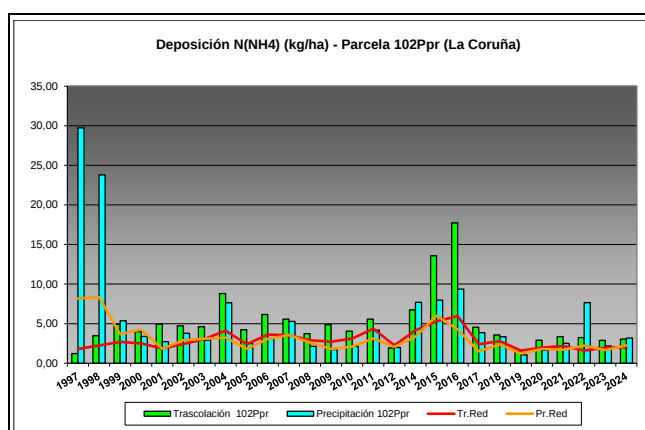
FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	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	0,12	1,23	1013	1,97	29,72	1510	-28,49	1,81	8,19

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)
1998	0,25	3,48	1374	1,32	23,79	1800	-20,31	2,24	8,36
1999	0,26	4,92	1926	0,23	5,37	2359	-0,45	2,71	3,66
2000	0,18	3,99	2252	0,13	3,39	2555	0,60	2,48	4,26
2001	0,22	4,93	2210	0,10	2,72	2701	2,21	1,86	1,82
2002	0,20	4,73	2332	0,14	3,78	2780	0,95	2,43	2,91
2003	0,22	4,62	2061	0,13	2,94	2226	1,68	3,06	3,10
2004	0,62	8,80	1428	0,43	7,63	1774	1,17	4,12	3,23
2005	0,33	4,24	1292	0,17	2,49	1489	1,74	2,41	1,80
2006	0,26	6,17	2352	0,10	3,12	3116	3,05	3,62	3,05
2007	0,33	5,58	1691	0,24	5,28	2227	0,30	3,53	3,58
2008	0,22	3,74	1735	0,10	2,13	2225	1,61	2,91	2,62
2009	0,23	4,86	2111	0,06	1,72	2725	3,14	2,73	1,82
2010	0,22	4,05	1856	0,09	2,12	2290	1,93	3,12	2,09
2011	0,32	5,57	1748	0,22	4,18	1941	1,39	4,36	3,15
2012	0,27	1,93	716	0,21	2,00	973	-0,08	2,26	2,06
2014	0,52	6,75	1291	0,48	7,71	1590	-0,96	4,16	3,35
2015	0,89	13,58	1528	0,40	7,96	2013	5,61	5,30	6,04
2016	0,87	17,73	2027	0,36	9,37	2577	8,36	5,94	4,26
2017	0,36	4,54	1248	0,22	3,86	1735	0,69	2,40	1,52
2018	0,15	3,57	2439	0,11	3,35	3091	0,22	2,79	2,39
2019	0,08	1,53	1914	0,04	1,06	2392	0,47	1,60	1,23
2020	0,12	2,91	2403	0,06	1,64	2970	1,27	1,98	1,81
2021	0,17	3,36	1935	0,10	2,51	2399	0,85	2,18	1,71
2022	0,18	3,24	1785	0,34	7,67	2287	-4,42	1,60	2,23
2023	0,12	2,89	2397	0,07	2,18	2993	0,71	1,96	1,66
2024	0,12	3,06	2649	0,10	3,17	3254	-0,11	2,04	2,27
Media	0,29	5,04	1841	0,29	5,66	2296	-0,63	2,87	3,12



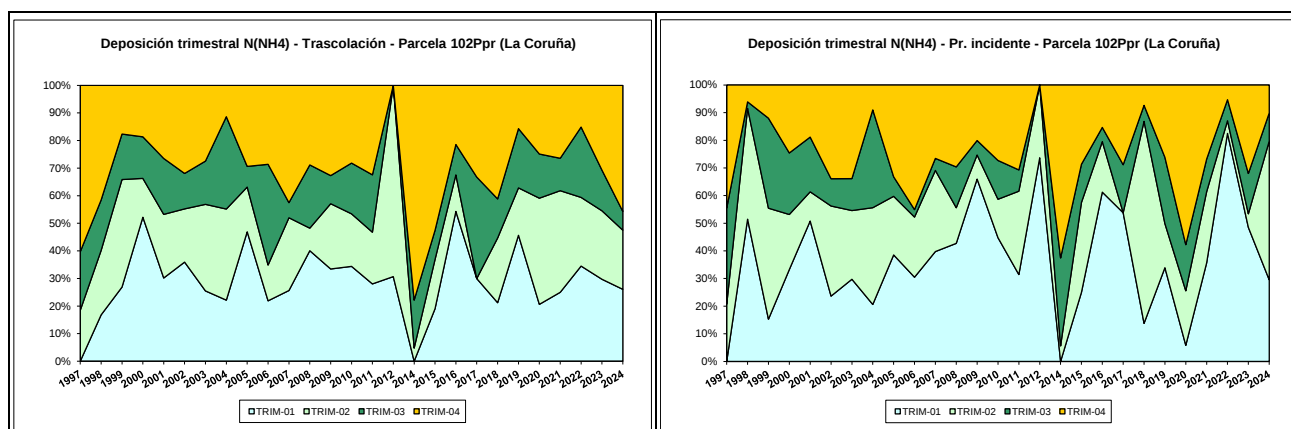


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	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	4,59	46,50	1013	3,59	54,28	1510	-7,78	10,88	10,93
1998	6,44	88,52	1374	4,43	79,75	1800	8,77	19,88	16,27
1999	11,92	229,66	1926	5,57	131,38	2359	98,29	36,56	23,56
2000	8,43	189,82	2252	2,96	75,68	2555	114,14	28,62	15,70
2001	10,73	237,23	2210	3,71	100,32	2701	136,91	32,37	19,20
2002	14,08	328,38	2332	4,22	117,18	2780	211,20	44,79	24,88
2003	9,03	186,01	2061	4,30	95,69	2226	90,32	39,97	31,89
2004	14,06	200,84	1428	5,89	104,43	1774	96,41	47,45	37,43
2005	10,23	132,13	1292	5,20	77,46	1489	54,67	28,61	21,76
2006	12,07	283,98	2352	5,21	162,42	3116	121,56	49,90	41,76
2007	12,53	211,96	1691	5,43	120,93	2227	91,03	45,78	37,79
2008	10,22	177,29	1735	4,25	94,57	2225	82,72	40,90	30,60
2009	15,38	324,76	2111	5,53	150,65	2725	174,11	45,08	25,80
2010	12,96	240,58	1856	4,59	105,14	2290	135,43	41,17	21,32
2011	7,37	128,91	1748	3,25	63,07	1941	65,84	29,44	13,12
2012	7,94	56,82	716	3,06	29,75	973	27,07	11,34	5,87
2014	2,14	27,65	1291	0,72	11,41	1590	16,24	5,78	2,90
2015	6,29	96,19	1528	3,36	67,53	2013	28,66	24,25	15,25
2016	8,60	174,28	2027	4,00	103,19	2577	71,08	37,19	18,03
2017	10,87	135,68	1248	4,85	84,11	1735	51,57	29,16	15,38
2018	10,07	245,63	2439	4,23	130,71	3091	114,91	40,34	21,30
2019	7,76	148,50	1914	4,39	104,90	2392	43,61	29,98	18,87
2020	8,55	205,38	2403	4,31	128,02	2970	77,36	38,79	22,86
2021	6,62	128,06	1935	3,56	85,34	2399	42,73	23,04	15,99
2022	7,50	133,89	1785	3,55	81,17	2287	52,72	32,15	16,37
2023	8,93	214,17	2397	4,50	134,55	2993	79,62	31,63	16,59
2024	6,84	181,14	2649	3,11	101,28	3254	79,86	34,07	18,11
Media	9,34	176,07	1841	4,14	96,11	2296	79,96	32,56	20,72

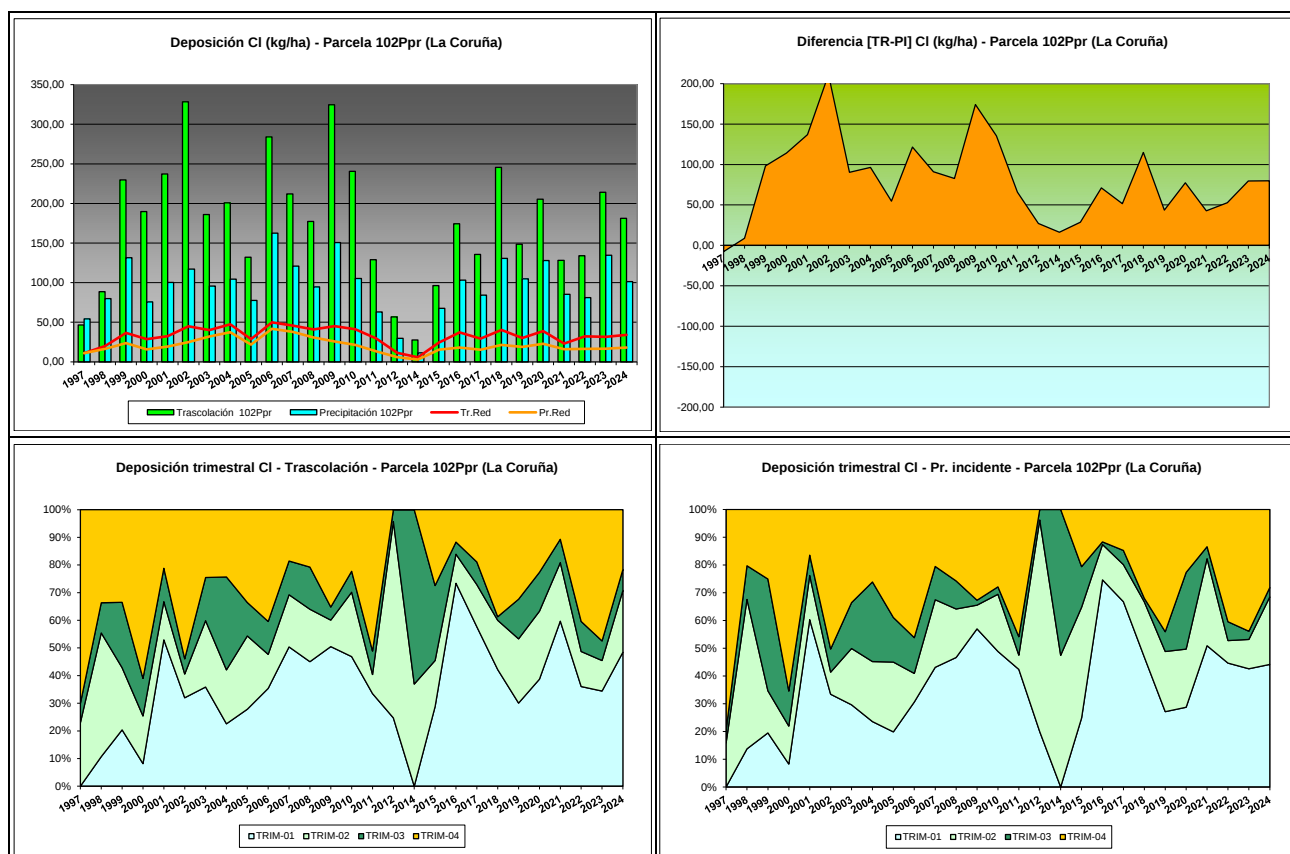


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,18	1,84	1013	0,23	3,49	1510	-1,65	2,24	2,13
1998	0,43	5,84	1374	0,25	4,44	1800	1,40	3,67	2,27
1999	0,43	8,30	1926	0,22	5,11	2359	3,19	4,43	2,94
2000	0,36	8,01	2252	0,16	4,00	2555	4,01	3,79	2,38
2001	0,35	7,79	2210	0,11	3,09	2701	4,70	3,51	2,09
2002	0,46	10,74	2332	0,18	5,08	2780	5,66	4,15	2,84
2003	0,55	11,38	2061	0,17	3,89	2226	7,49	5,39	2,74
2004	0,96	13,73	1428	0,36	6,39	1774	7,34	6,93	3,28
2005	0,62	8,07	1292	0,23	3,48	1489	4,59	4,31	1,83
2006	0,32	7,45	2352	0,14	4,38	3116	3,08	5,54	2,75
2007	0,59	9,97	1691	0,26	5,78	2227	4,19	5,06	2,96
2008	0,91	15,87	1735	0,40	8,81	2225	7,07	4,72	3,38
2009	0,33	7,03	2111	0,13	3,56	2725	3,47	3,87	1,87
2010	0,39	3,56	1856	0,13	3,01	2290	0,55	1,87	2,37
2011	0,95	16,63	1748	0,39	7,61	1941	9,02	7,76	4,61
2012	0,39	2,80	716	0,14	1,41	973	1,39	1,65	0,99
2014	0,17	2,25	1291	0,14	2,16	1590	0,09	2,54	1,43

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2015	0,34	5,22	1528	0,19	3,83	2013	1,39	3,25	2,17
2016	0,27	5,45	2027	0,11	2,74	2577	2,71	3,58	1,83
2017	0,50	6,29	1248	0,16	2,80	1735	3,49	3,32	1,74
2018	0,20	4,86	2439	0,11	3,35	3091	1,52	3,41	2,08
2019	0,21	4,04	1914	0,11	2,75	2392	1,29	2,46	1,61
2020	0,16	3,94	2403	0,14	4,03	2970	-0,08	2,02	1,64
2021	0,20	3,83	1935	0,09	2,20	2399	1,63	2,15	1,43
2022	0,21	3,81	1785	0,10	2,24	2287	1,57	2,09	1,49
2023	0,10	2,39	2397	0,08	2,42	2993	-0,03	2,00	1,29
2024	0,10	2,52	2649	0,09	2,92	3254	-0,40	2,12	1,45
Media	0,40	6,80	1841	0,18	3,89	2296	2,91	3,62	2,21

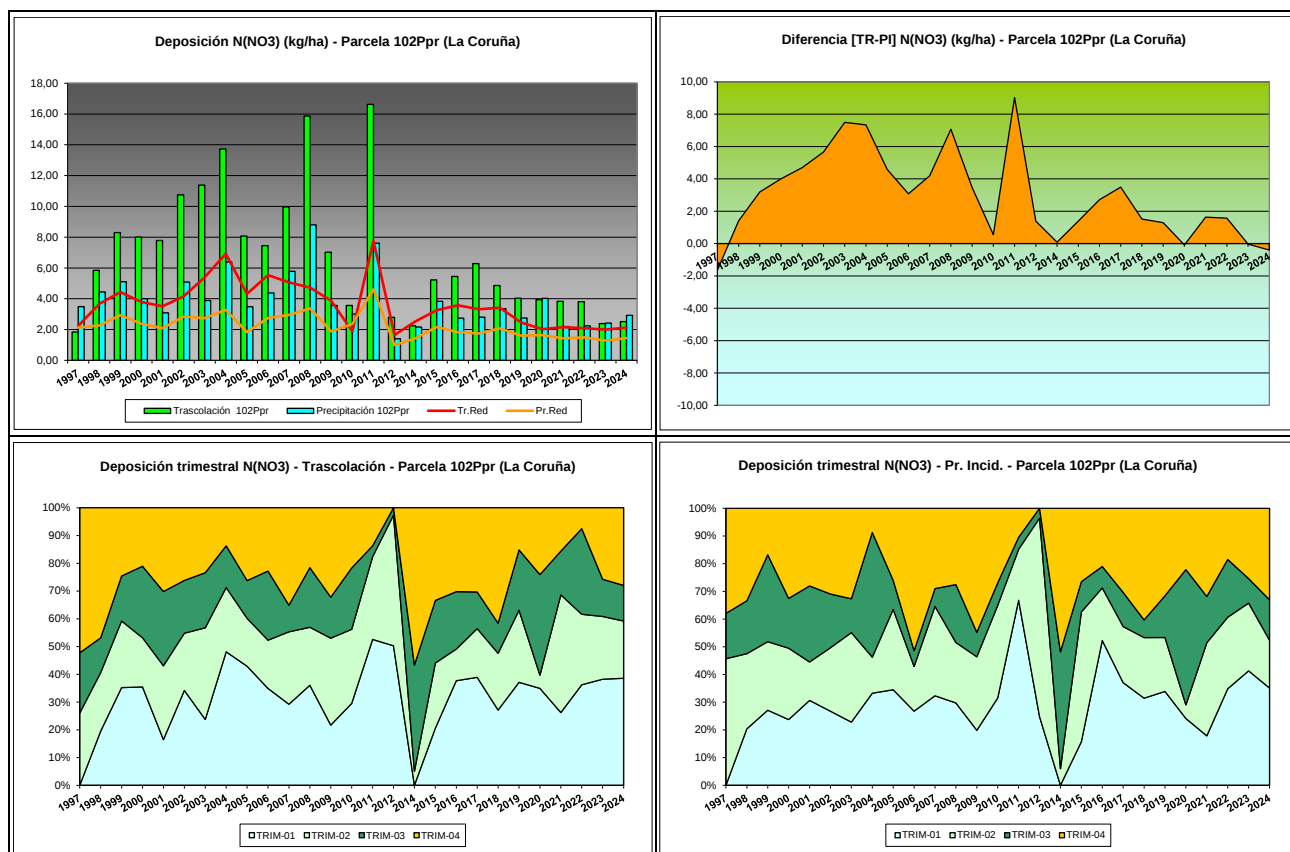


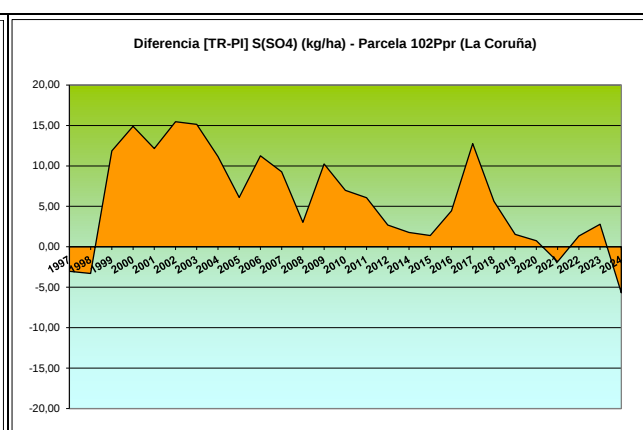
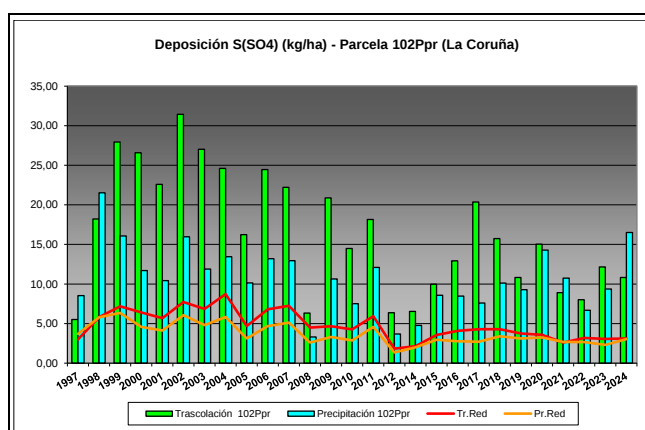
FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,54	5,51	1013	0,57	8,54	1510	-3,03	3,00	3,70

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)
1998	1,33	18,22	1374	1,20	21,52	1800	-3,30	5,81	5,79
1999	1,45	27,94	1926	0,68	16,08	2359	11,86	7,17	6,35
2000	1,18	26,59	2252	0,46	11,70	2555	14,90	6,42	4,57
2001	1,02	22,58	2210	0,39	10,44	2701	12,15	5,68	4,11
2002	1,35	31,44	2332	0,57	15,98	2780	15,46	7,73	6,07
2003	1,31	27,03	2061	0,53	11,89	2226	15,14	6,85	4,80
2004	1,72	24,60	1428	0,76	13,45	1774	11,16	8,72	5,84
2005	1,26	16,24	1292	0,68	10,14	1489	6,10	4,69	3,12
2006	1,04	24,46	2352	0,42	13,21	3116	11,25	6,80	4,69
2007	1,31	22,21	1691	0,58	12,94	2227	9,27	7,24	5,12
2008	0,36	6,33	1735	0,15	3,31	2225	3,02	4,49	2,61
2009	0,99	20,89	2111	0,39	10,65	2725	10,24	4,67	3,32
2010	0,78	14,49	1856	0,33	7,51	2290	6,98	4,27	2,88
2011	1,04	18,16	1748	0,62	12,09	1941	6,07	5,93	4,57
2012	0,89	6,38	716	0,38	3,69	973	2,69	1,84	1,35
2014	0,51	6,54	1291	0,30	4,77	1590	1,77	2,14	2,00
2015	0,65	9,98	1528	0,43	8,59	2013	1,39	3,56	2,95
2016	0,64	12,92	2027	0,33	8,47	2577	4,45	4,08	2,76
2017	1,63	20,36	1248	0,44	7,60	1735	12,76	4,28	2,71
2018	0,65	15,74	2439	0,33	10,11	3091	5,62	4,28	3,39
2019	0,57	10,82	1914	0,39	9,29	2392	1,53	3,75	3,13
2020	0,63	15,02	2403	0,48	14,28	2970	0,74	3,59	3,24
2021	0,46	8,90	1935	0,45	10,75	2399	-1,84	2,60	2,69
2022	0,45	8,01	1785	0,29	6,68	2287	1,33	3,19	2,67
2023	0,51	12,17	2397	0,31	9,38	2993	2,79	3,07	2,32
2024	0,41	10,82	2649	0,51	16,52	3254	-5,69	3,13	3,04
Media	0,91	16,46	1841	0,48	10,72	2296	5,73	4,78	3,70



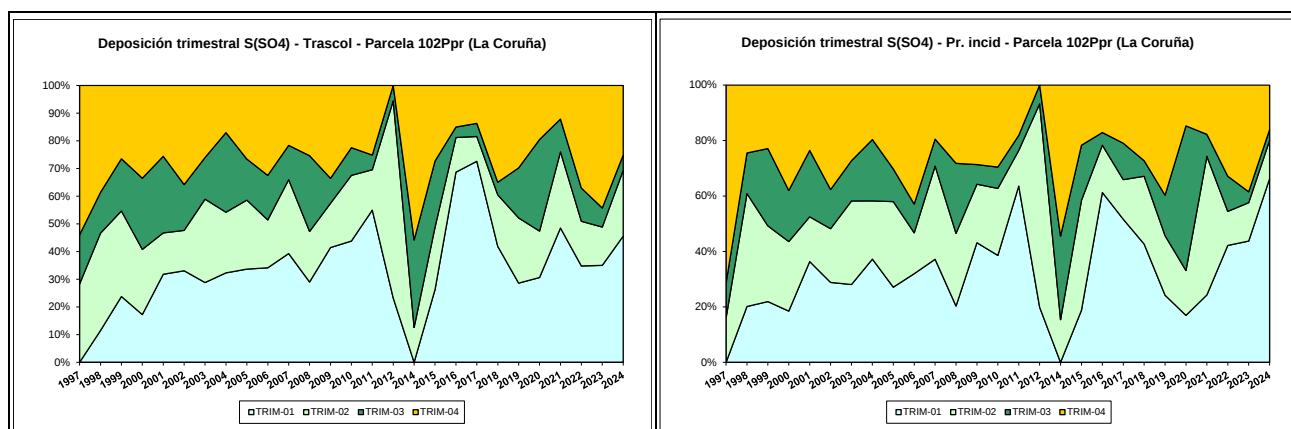


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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			1013			1510		
1998			1374			1800		
1999	150,09		1926	109,80		2359	258,14	255,59
2000	94,07		2252	72,31		2555	157,24	154,47
2001	60,56		2210	36,11		2701	76,17	54,64
2002	32,49		2332	49,24		2780	169,83	139,42
2003			2061			2226	21,95	10,18
2004	35,72		1428	29,31		1774	109,89	117,44
2005	11,06		1292	10,58		1489	76,86	45,33
2006	13,67		2352	10,60		3116	105,76	56,48
2007	2,66		1691	7,57		2227	59,09	37,75
2008	5,80		1735	4,56		2225	71,35	40,35
2009	3,56		2111	4,34		2725	68,62	36,01
2010	34,28		1856	29,86		2290	86,39	49,13
2011	17,60		1748	23,74		1941	75,33	49,79
2012			716			973	19,53	10,46
2014	71,74		1291	106,75		1590	136,23	120,02
2015	69,83		1528	34,25		2013	114,70	71,81
2016	20,40		2027	16,22		2577	108,18	61,70
2017	7,76		1248	17,17		1735	132,93	56,84
2018	54,19		2439	20,90		3091	94,72	48,11
2019	38,01		1914	21,27		2392	101,80	58,32
2020	13,90		2403	12,86		2970	86,06	49,71
2021	32,16		1935	191,81		2399	117,39	82,82
2022	17,69		1785	26,78		2287	105,33	59,15
2023	14,57		2397	7,77		2993	90,82	45,63
2024	17,36		2649	11,58		3254	99,50	60,55
Media	35,62		1841	37,19		2296	101,75	70,87

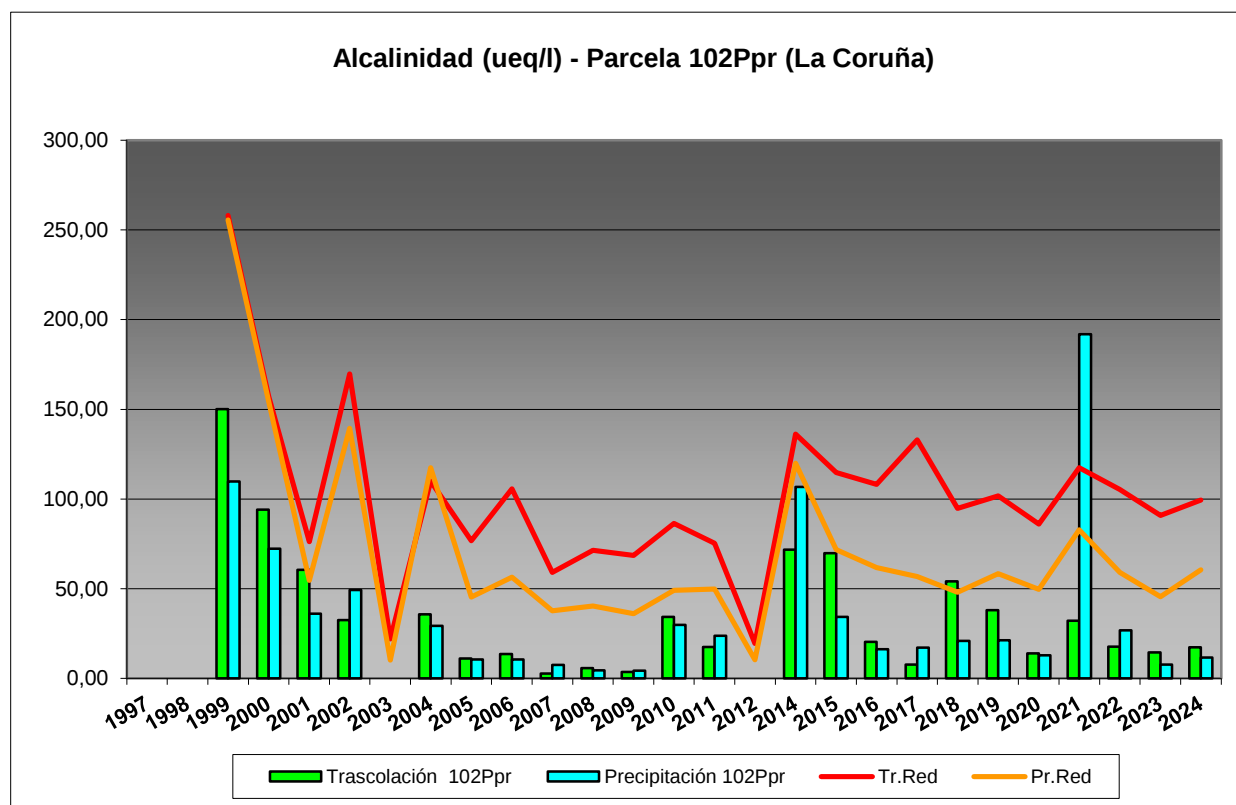


FIG 18: Variación temporal de la alcalinidad.

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			1013			1510			
1998			1374			1800			
1999	0,69	13,22	1926	0,44	10,47	2359	2,75	7,14	6,59
2000	0,53	12,00	2252	0,29	7,40	2555	4,60	6,27	6,64
2001	0,58	12,71	2210	0,21	5,80	2701	6,91	5,37	3,91
2002	0,66	15,47	2332	0,32	8,86	2780	6,61	6,58	5,75
2003	0,78	16,00	2061	0,31	6,83	2226	9,18	8,44	5,84
2004			1428			1774			
2005	0,93	12,07	1292	0,39	5,86	1489	6,21	4,96	2,97
2006	0,56	13,20	2352	0,22	6,88	3116	6,32	9,06	5,73
2007	0,93	15,67	1691	0,49	10,89	2227	4,79	8,53	6,45
2008			1735			2225			
2009			2111			2725			
2010			1856			2290			
2011			1748			1941			
2012			716			973			
2014			1291			1590			
2015			1528			2013			

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			2027			2577			
2017			1248			1735			
2018			2439			3091			
2019			1914			2392			
2020	0,35	8,33	2403	0,24	7,21	2970	1,11	5,40	4,36
2021	1,20	23,26	1935	0,66	15,79	2399	7,48	8,83	5,67
2022	0,68	12,17	1785	0,59	13,52	2287	-1,35	6,71	6,31
2023	0,49	11,63	2397	0,30	9,12	2993	2,51	7,06	4,94
2024	0,40	10,72	2649	0,32	10,26	3254	0,46	7,08	5,43
Media	0,68	13,57	1841	0,37	9,14	2296	4,43	7,03	5,43

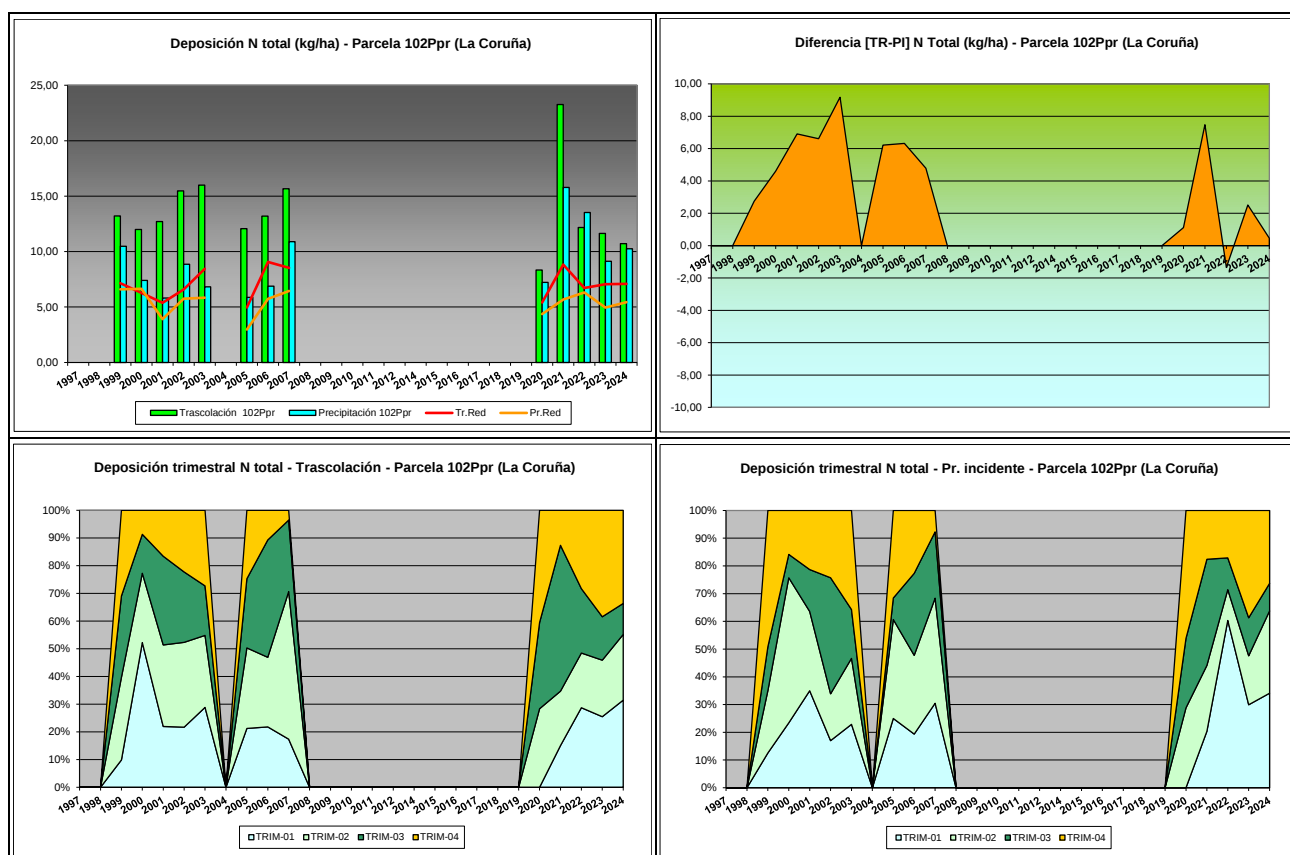


FIG 19: Variación temporal de deposición de Ntotal, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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

TABLA 22: Caracterización Carbono orgánico disuelto. 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	8,13		2403	3,98		2970	13,09	7,05
2021	7,12		1935	4,35		2399	14,46	8,48

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
2022	7,90		1785	2,45		2287	11,86	5,70
2023	5,42		2397	2,01		2993	12,56	3,79
2024	5,08		2649	2,08		3254	12,14	3,09
Media	6,73		2234	2,98		2780	12,82	5,62

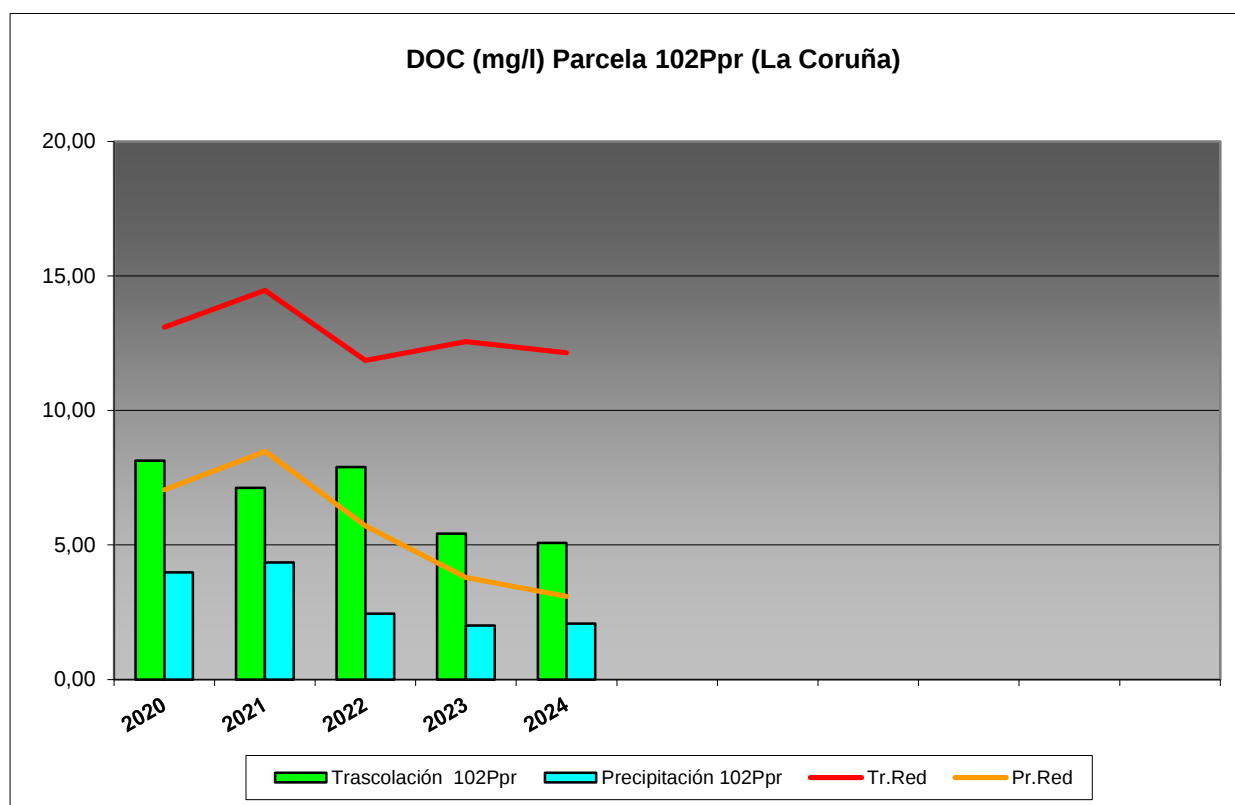


FIG 20: Variación temporal de DOC.

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	0,04	1,07	2403	0,03	1,03	2970	0,03	0,38	0,25
2021	0,02	0,46	1935	0,02	0,54	2399	-0,07	0,28	0,19
2022	0,00	0,01	1785	0,03	0,68	2287	-0,67	0,05	0,11
2023	0,02	0,51	2397	0,01	0,16	2993	0,35	0,25	0,08
2024	0,01	0,37	2649	0,00	0,03	3254	0,34	0,19	0,01
Media	0,02	0,48	2234	0,02	0,49	2780	0,00	0,23	0,13

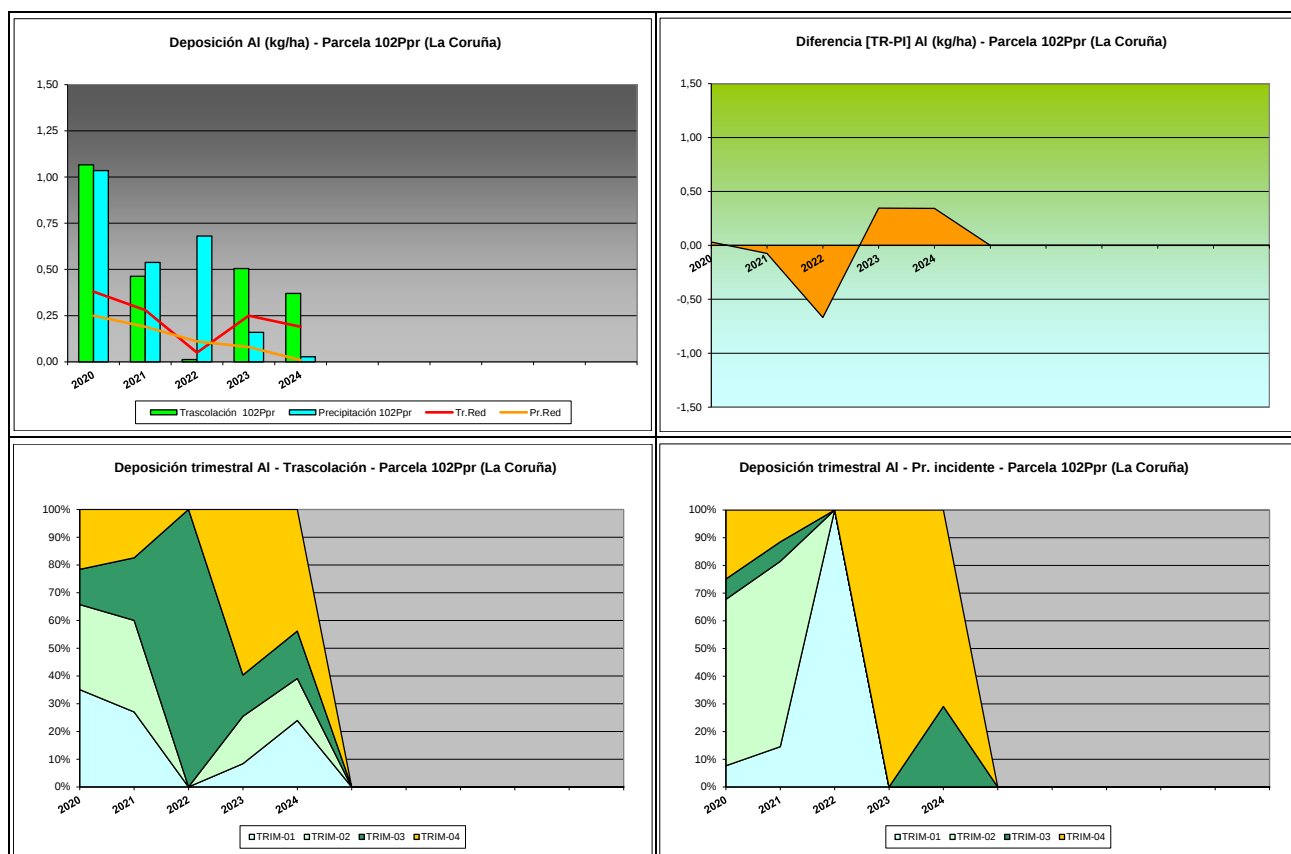


FIG 21: Variación temporal de deposición de Al, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.15. Manganeso.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2020	0,01	0,29	2403	0,00	0,14	2970	0,15	0,21	0,05
2021	0,01	0,29	1935	0,00	0,11	2399	0,18	0,17	0,04
2022	0,02	0,32	1785	0,00	0,11	2287	0,20	0,21	0,05
2023	0,02	0,50	2397	0,01	0,16	2993	0,34	0,26	0,05
2024	0,02	0,48	2649	0,01	0,22	3254	0,26	0,20	0,02
Media	0,02	0,38	2234	0,01	0,15	2780	0,23	0,21	0,04

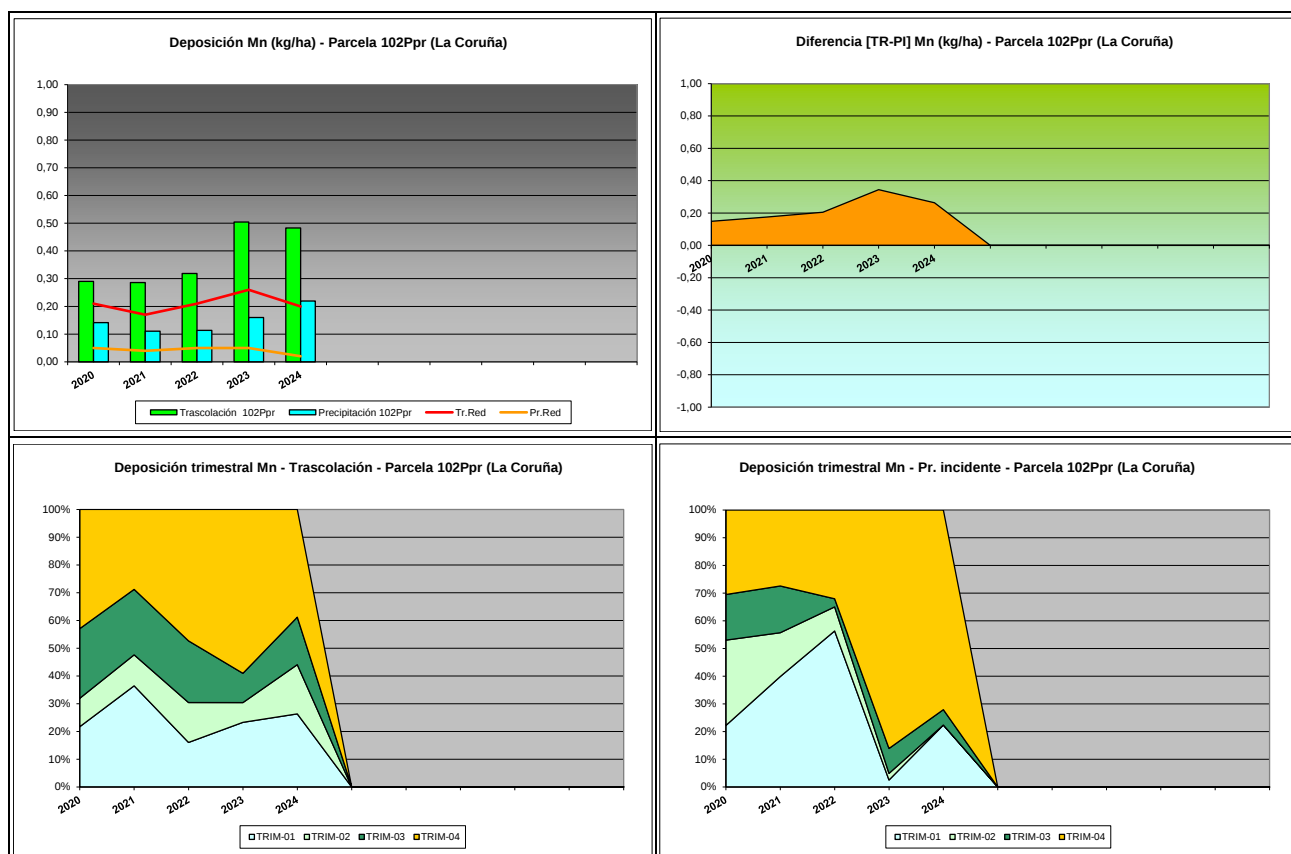


FIG 22: Variación temporal de deposición de Mn, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.16. Hierro.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2020	0,02	0,37	2403	0,01	0,27	2970	0,11	0,15	0,08
2021	0,01	0,19	1935	0,04	0,92	2399	-0,73	0,11	0,14
2022	0,01	0,21	1785	0,01	0,17	2287	0,05	0,12	0,06
2023	0,01	0,24	2397	0,00	0,10	2993	0,14	0,13	0,04
2024	0,00	0,12	2649	0,00	0,00	3254	0,12	0,08	0,01
Media	0,01	0,23	2234	0,01	0,29	2780	-0,06	0,12	0,07

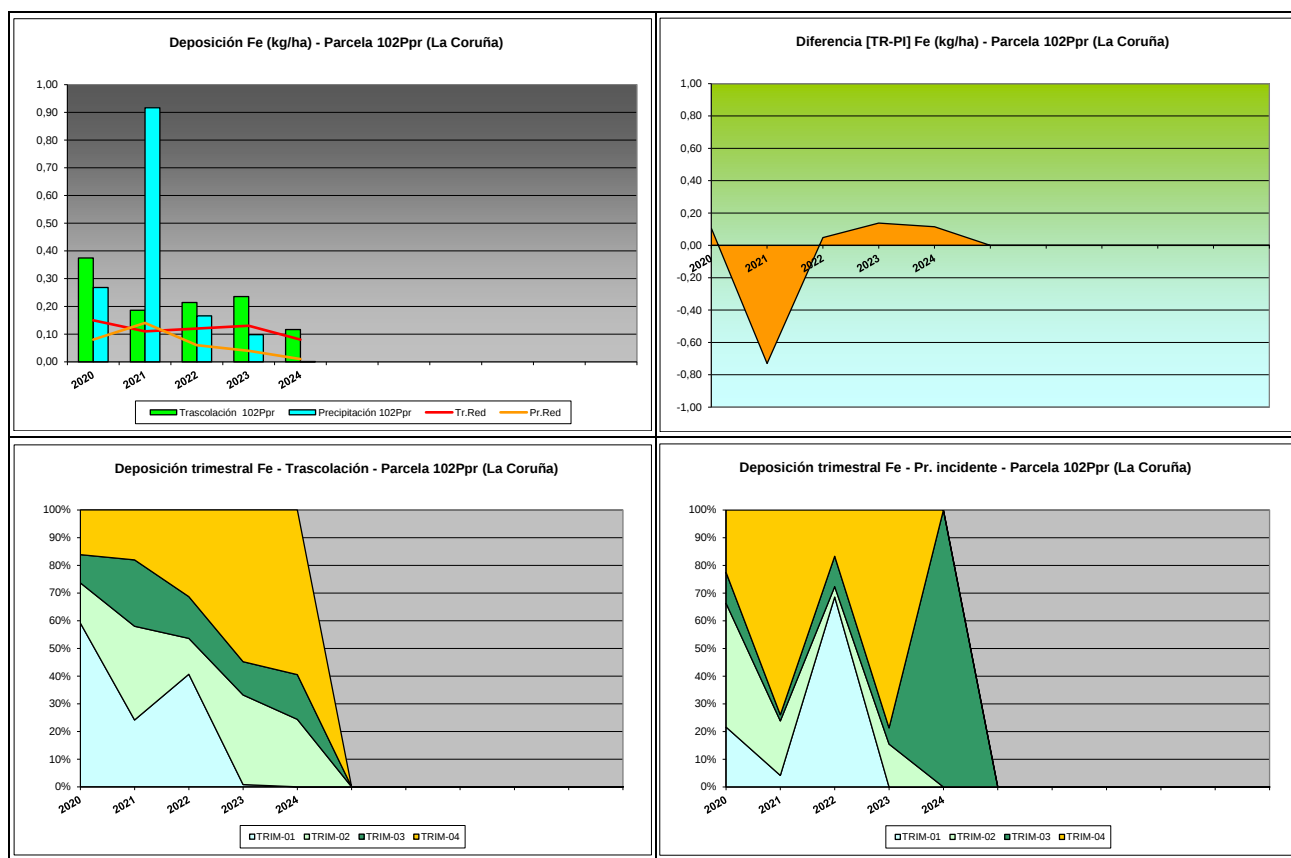


FIG 23: Variación temporal de deposición de Fe, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.17. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 102Ppr, cabe destacar:

En la parcela se recogen las deposiciones con menor **pH** de la Red, alcanzándose valores inferiores a 5 en varias ocasiones, con valores inferiores en la trascolación y con años en los que todas las precipitaciones recogidas han entrado dentro de lo que se denomina como “lluvia ácida”, con una reducción de estos episodios durante los últimos cuatro años particularmente marcada en 2021-2022. Con una precipitación anual superior a los 3000 mm la parcela encadena dos años seguidos particularmente húmedos. El valor de la intercepción debida a la cubierta arbórea se sitúa en el entorno del 20%.

Por lo que se refiere a la **conductividad**, se han venido observando en general valores superiores a los de la media de la Red, tendencia que va modulándose a lo largo de la última parte de la serie, en que no hay apenas diferencias entre ambas series, observándose una reducción de los valores a lo de los últimos años, particularmente marcado en la deposición a campo abierto, posiblemente debido a los efectos de la deposición seca que incrementa los valores bajo cubierta.

En cuanto al **potasio**, se observan deposiciones superiores a la media nacional, con máximos locales en 2000 y 2011, año este en el que se incrementa considerablemente la deposición a campo abierto, que se sitúa siempre por debajo de las deposiciones en trascolación, debido quizá a la influencia de la deposición seca. Tras el mínimo local de 2021 en que el depósito en trascolación se situó en el entorno de 20 kg/ha los

aportes por ambas vías se encuentran en un incremento continuado hasta alcanzarse valores propios de la primera mitad de la serie.

El **calcio**, elemento también de carácter terrígeno, presenta también tasas superiores a las de la media nacional, si bien no tan marcadas como en el caso anterior, con máximos locales en 2003 y 2006, momento a partir del cual los depósitos van disminuyendo hasta quedar por debajo de los 10 kg/ha en 2012-2014. Durante la presente revisión, apenas se incrementan los aportes de este elemento tras el acusado pico de 2019-2021, hasta alcanzar uno de los valores más bajos de la serie, recuperando los valores habituales de la serie por debajo de 20 kg/ha. Por regla general se observa un mayor depósito bajo cubierta, aunque el comportamiento es más errático.

Por lo que respecta al **magnesio**, y como parece ir configurándose como una tendencia, se aprecian también depósitos considerablemente superiores a la media de la Red, con una reducción generalizada en 2011-2014 y un incremento en el último bienio en el que se han superado los 15 kg/ha tras el episodio valle de 2021-2022. El depósito bajo cubierta resulta ser superior al habido a campo abierto en prácticamente todos los años de evaluación.

El **sodio**, elemento procedente en gran parte del aporte de sal marina, presenta en general valores muy altos, que llegan a triplicar la media de la Red, influenciado quizá por la escasa distancia a la línea de costa a lo que se añaden las abundantes precipitaciones de la estación, con un repunte del depósito en los últimos años tras el valle de 2012-2014 aunque cabe recordar que este periodo no abarca años completos y un aumento considerable durante los dos últimos años tras el episodio valle de 2021-2022. Como viene siendo habitual, los principales depósitos se han producido bajo cubierta arbórea y es relativamente frecuente que se superen los 100 kg/ha y año.

El **amonio**, compuesto ligado a la actividad agrícola y ganadera, presenta tasas considerablemente elevadas en el periodo 1997-1998 para disminuir a continuación situándose en el entorno de los 5 kg/ha con un ligero repunte en 2004 y un aumento muy marcado a lo largo de 2014-2016, superando las tasas de trascolación a las de precipitación incidente y sobrepasando el umbral de 15 kg/ha, para reducirse después a lo largo de los últimos años a cerca de la tercera parte, como ha ocurrido en otras parcelas, hasta tender a igualarse con los valores medios de la Red, reduciéndose apreciablemente el depósito a campo abierto desde el máximo local de 2022 y un ligero incremento durante el último año siempre por debajo de 5 kg/ha. Las diferencias entre ambas vías de entrada al ecosistema resultan ser mucho más atenuadas que en otros compuestos, generalmente superiores en trascolación.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por la sal marina, presenta un comportamiento muy parecido al del sodio: tasas considerablemente elevadas, muy por encima de la media de la Red, valores muy superiores bajo cubierta, y una ligera reducción en ambas vías tras el máximo local de 2023. Como en otras parcelas próximas a la línea de costa, los depósitos de cloro resultan ser superiores a los de sodio y situarse en una relación de 1,5-2,0.

Las tasas de deposición de **nitratos** son también considerablemente superiores a la media de la Red, duplicando en alguna ocasión estos valores, y máximos locales muy marcados en el periodo 2002-2004, 2008 y 2011; con un aumento del parámetro en 2015-2017 tras el mencionado periodo valle de 2012-2014 y valores muy estables durante los últimos años, situándose en el entorno de 3-5 kg/ha y reduciéndose nuevamente durante los últimos dos años hasta situarse en el entorno de los 2 kg/ha. Como en solutos anteriores, y presumiblemente debido a las mismas causas, las deposiciones correspondientes a la trascolación son superiores a las obtenidas a campo abierto.

En referencia a los **sulfatos**, se advierte un comportamiento similar a la del contaminante anterior: deposiciones considerablemente superiores a la media de la Red y más elevadas bajo cubierta arbórea si bien los aportes por ambas vías se incrementan apreciablemente durante el último año tras el mínimo local de

2022, particularmente por lo que se refiere a la precipitación a campo abierto, que supera los 15 kg/ha en uno de los mayores valores de la serie.

Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierten en general valores considerablemente 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, un máximo local en 2014 y una recuperación de los valores habituales en la parcela tras el importante repunte de los valores obtenidos a cielo abierto durante 2021, en que con cerca de 200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ se alcanzó el valor máximo de la serie histórica.

Desde 2020 se retoma el análisis del **nitrógeno total**, interrumpido en 2007, y que se se mantiene relativamente estable desde el máximo de 2021 en el entorno de los 10 kg/ha, continuando con la tendencia ya observada el año anterior. Se han analizado también el **carbono orgánico disuelto** con valores inferiores a los medios de la Red y en niveles muy similares a los del año anterior, **aluminio, manganeso y hierro**, también con aportes mayores bajo arbolado y en tasas traza en todos los casos, sin superar 0,5 kg/ha, ligeramente por debajo de los aportes de la revisión previa.

Por lo que se refiere a la distribución a lo largo del año, los mayores depósitos tienden a producirse en el invierno y otoño.

6. Calidad del aire. Inmisión.

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

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

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

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

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

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

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

TABLA 27: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red. O₃ 1 ppb ~ 1,96 µg/m³

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
2000	7,81	6,94	1,69	26,95	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	6,71	6,94	1,32	32,93	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	2,39	1,85	0,83	27,44	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	2,70	2,39	2,58	24,83	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	3,04	2,60	1,49	21,30	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	3,35	2,45	1,25	22,95	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	3,44	2,91	0,93	22,73	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	1,04	2,20	0,71	23,78	0,82	1,32	0,93	27,18
2009	1,60	7,27	1,24	27,52	1,06	2,89	1,30	36,30
2010	1,89	8,04	0,88	32,10	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	1,65				1,50		0,48	
2012	2,01	9,41	0,92	35,76	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	2,21	6,97	1,13	25,16	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	2,36	7,93	1,08	21,29	1,32	3,73	1,24	26,27
2016	1,64	7,29	1,11	21,70	1,12	3,37	1,28	28,68
2017	1,93	8,67	1,39	24,79	1,00	3,57	1,47	30,55
2018	2,34	7,04	1,93	26,12	1,32	3,02	1,85	27,00
2019	1,48	6,00	1,74	19,68	1,11	2,98	1,85	24,94
2020	1,04	5,68	1,76	19,79	0,73	2,73	1,98	23,42
2021	0,97	5,13	1,34	19,39	0,76	2,63	1,47	25,19
2022	0,88	5,51	1,59	17,25	0,68	2,88	1,75	21,13
2023	0,70	3,56	2,24	19,86	0,50	2,58	2,06	22,45
2024	1,07	3,69	1,55	19,43	0,94	2,35	1,60	22,14
2025	0,97	2,78	1,33	38,14	0,80	1,81	1,25	36,99
Media	2,30	5,36	1,39	24,82	1,24	2,48	1,57	29,33

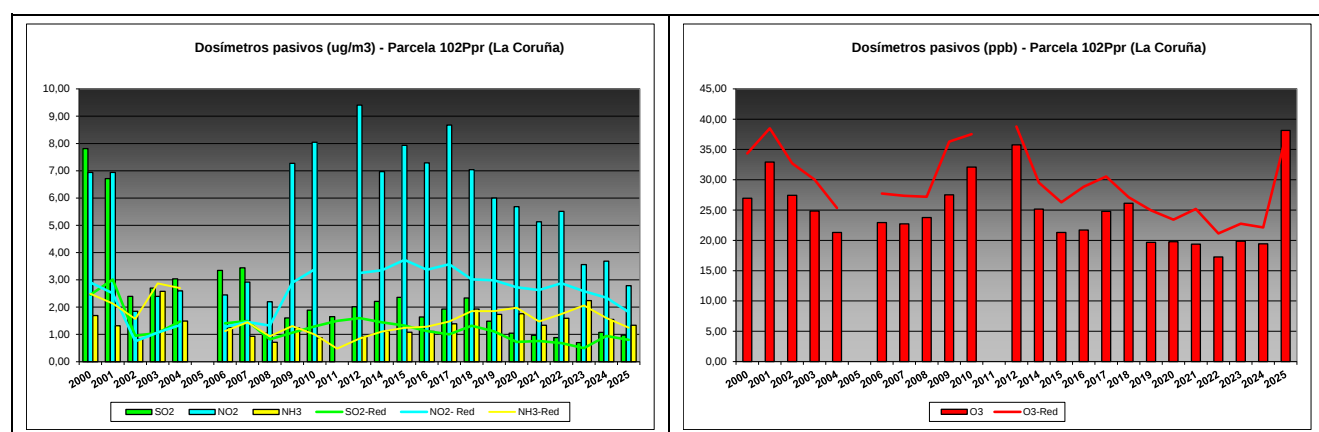


FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, se observan niveles comparativamente altos de **óxidos de nitrógeno**, junto con valores importantes de **dióxido de azufre** que han ido mitigándose a medida que avanzaba la serie temporal sin que apenas se supere el umbral de 1 µg/m³ durante los últimos años, mientras los contenidos en **amoníaco** se han comportado de forma más estable, reduciéndose los tres compuestos a lo

largo del final de la serie. En los dos primeros compuestos se han superado considerablemente las medias de la Red, sin que se hayan superado los umbrales de referencia antedichos, cuestión aparte cabe hacer del umbral de afección a los líquenes, y esporádicamente a la vegetación superior, por el amoniaco. Al igual que en el resto de las parcelas, los niveles de **ozono** se han incrementado apreciablemente hasta alcanzar el máximo de la serie, próximo a 40 ppb por encima del valor medio del conjunto.

7. Análisis foliar.

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

7.1. Análisis Macronutrientes.

Los macronutrientes analizados han registrado los siguientes valores:

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

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
1995-1996	37 Ppr	Segovia	76,00	8,34	0,86	0,97	2,29	1,78	3,25	
	39 Ppr	Avila	75,00	8,19	0,67	1,04	2,51	2,29	6,88	
	43 Ppr	Cuenca	120,00	8,14	0,88	0,56	2,09	1,81	5,76	
	46 Ppr	Albacete	74,00	7,37	0,73	0,74	1,88	2,07	4,76	
	102 Ppr	La Coruña	169,00	11,59	1,02	0,87	0,81	1,17	5,03	
	150 Ppr	Orense	104,00	10,39	0,85	1,03	1,48	1,47	6,73	
	<i>P.pinaster</i>	Red	103,00	9,00	0,84	0,87	1,84	1,77	5,40	
1997-1998	37 Ppr	Segovia								
	39 Ppr	Avila								
	43 Ppr	Cuenca								
	46 Ppr	Albacete								
	102 Ppr	La Coruña								
	150 Ppr	Orense								
	<i>P.pinaster</i>	Red								
1999-2000	37 Ppr	Segovia	75,00	9,30	0,77	1,04	1,84	1,54	3,36	
	39 Ppr	Avila	51,00	10,97	0,99	1,81	3,53	2,76	5,98	
	43 Ppr	Cuenca	122,00	8,26	0,97	0,53	1,95	1,67	4,26	
	46 Ppr	Albacete	90,00	10,17	0,90	0,95	2,69	2,53	3,53	
	102 Ppr	La Coruña	149,00	13,71	1,09	0,91	1,83	1,68	5,69	
	150 Ppr	Orense	114,00	10,00	0,76	0,69	0,77	1,00	7,65	
	<i>P.pinaster</i>	Red	100,17	10,40	0,91	0,99	2,10	1,86	5,08	
2001-2002	37 Ppr	Segovia	113,00	7,73	0,88	1,16	2,17	1,85	4,39	
	39 Ppr	Avila	131,00	8,58	0,95	1,26	2,68	1,99	5,15	
	43 Ppr	Cuenca	118,00	8,93	1,08	0,66	1,95	1,99	4,73	
	46 Ppr	Albacete	100,00	9,62	0,91	1,00	2,67	2,71	3,46	
	102 Ppr	La Coruña	135,00	12,91	1,20	0,87	1,26	1,37	5,83	
	150 Ppr	Orense	114,00	9,02	0,86	0,76	0,73	1,05	8,31	
	<i>P.pinaster</i>	Red	118,50	9,47	0,98	0,95	1,91	1,83	5,31	

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
2003-2004	37 Ppr	Segovia	129,00	10,10	0,96	1,23	2,09	2,05	4,67	
	39 Ppr	Avila	170,00	9,64	0,96	1,37	2,85	2,39	5,72	
	43 Ppr	Cuenca	158,00	9,35	1,15	0,65	1,85	2,01	4,78	
	46 Ppr	Albacete	118,00	8,64	0,85	0,97	2,30	2,48	4,01	
	102 Ppr	La Coruña	185,00	13,70	1,12	0,85	1,25	1,27	5,72	
	150 Ppr	Orense	137,00	9,49	0,78	0,81	0,73	1,12	8,37	
	<i>P.pinaster</i>	Red	149,50	10,15	0,97	0,98	1,85	1,89	5,55	
2005-2006	37 Ppr	Segovia	95,00	9,02	0,91	1,01	2,38	1,68	3,27	
	39 Ppr	Avila	156,50	8,98	1,03	1,48	3,79	2,34	4,64	
	43 Ppr	Cuenca	155,00	8,69	1,13	0,51	3,04	2,30	5,07	
	46 Ppr	Albacete	66,00	9,47	1,09	1,16	4,45	2,76	4,08	
	102 Ppr	La Coruña	147,00	13,60	1,22	0,76	1,70	1,21	4,37	
	150 Ppr	Orense	144,50	9,69	0,96	0,60	1,01	0,86	5,52	
	<i>P.pinaster</i>	Red	127,33	9,91	1,06	0,92	2,73	1,85	4,49	
2007-2008	37 Ppr	Segovia	134,50	8,29	1,28	0,92	3,51	1,77	2,84	
	39 Ppr	Avila	191,00	10,89	1,40	1,87	4,59	2,33	4,78	
	43 Ppr	Cuenca	127,00	7,88	1,21	0,43	2,99	2,05	4,17	
	46 Ppr	Albacete	124,00	7,57	1,15	0,72	2,81	2,19	3,46	
	102 Ppr	La Coruña	155,00	12,75	1,59	0,68	1,69	1,14	3,65	
	150 Ppr	Orense	184,50	9,57	0,92	0,53	1,40	0,94	4,42	
	<i>P.pinaster</i>	Red	152,67	9,49	1,26	0,86	2,83	1,74	3,88	
2009-2010	37 Ppr	Segovia	135,00	6,71	0,96	0,86	3,47	1,73	2,21	
	102 Ppr	La Coruña	168,67	12,70	1,29	0,73	2,26	1,18	3,51	
	<i>P.pinaster</i>	Red	151,83	9,65	1,13	0,80	2,87	1,46	2,86	
2011-2012	37 Ppr	Segovia	134,42	7,51	1,00	0,94	3,32	1,79	2,73	
	102 Ppr	La Coruña	162,48	12,29	1,36	0,73	2,13	1,16	3,69	
	<i>P.pinaster</i>	Red	148,45	9,90	1,18	0,83	2,73	1,47	3,21	
2013-2014	37 Ppr	Segovia	129,60	14,86	0,93	0,97	4,52	2,25	2,52	53,28
	102 Ppr	La Coruña	173,07	12,88	0,86	0,61	3,56	1,96	4,01	52,48
	<i>P.pinaster</i>	Red	151,33	13,87	0,90	0,79	4,04	2,11	3,26	52,88
2015-2016	37 Ppr	Segovia	113,60	6,69	0,70	0,85	3,30	1,72	2,36	51,26
	102 Ppr	La Coruña	143,53	14,74	0,92	0,82	1,81	1,29	4,44	52,91
	<i>P.pinaster</i>	Red	128,57	10,71	0,81	0,83	2,55	1,50	3,40	52,08
2017-2018	37 Ppr	Segovia	97,44	7,77	0,47	0,72	3,32	1,65	2,13	51,83
	102 Ppr	La Coruña	141,95	12,22	0,78	0,67	1,83	0,98	4,24	51,34
	<i>P.pinaster</i>	Red	119,69	9,99	0,62	0,69	2,58	1,32	3,18	51,58
2019-2020	37 Ppr	Segovia	98,84	8,07	0,89	1,00	3,34	1,83	2,64	52,19
	102 Ppr	La Coruña	142,03	11,50	1,31	1,01	2,38	1,10	4,97	53,06
	<i>P.pinaster</i>	Red	120,44	9,79	1,10	1,01	2,86	1,46	3,80	52,62
2021-2022	37 Ppr	Segovia	114,65		0,35	0,93	3,90	2,03	2,62	
	102 Ppr	La Coruña	180,53		0,42	0,87	2,10	1,17	5,85	
	<i>P.pinaster</i>	Red	147,59		0,38	0,90	3,00	1,60	4,24	
2023-2024	37 Ppr	Segovia	80,31	8,33	0,75	0,86	3,59	1,69	2,33	49,31
	102 Ppr	La Coruña	110,81	10,10	0,97	0,81	2,13	1,44	4,65	48,78
	<i>P.pinaster</i>	Red	95,56	9,22	0,86	0,84	2,86	1,56	3,49	49,04
2024-2025	37 Ppr	Segovia	101,90	8,81	0,65	0,70	3,62	1,51	2,16	53,04
	102 Ppr	La Coruña	178,24	13,47	0,60	0,55	1,29	0,89	3,13	53,46
	<i>P.pinaster</i>	Red	140,07	11,14	0,62	0,63	2,46	1,20	2,65	53,25

En rojo, análisis de azufre que superan el valor de referencia para la especie, 0,838 mg/g, lo que indica incidencia de la contaminación atmosférica por compuestos sulfurosos. Fuente: (2001) Peña Martínez, J.M. El Estudio del Impacto de la Contaminación Atmosférica en los Bosques. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Serie técnica.

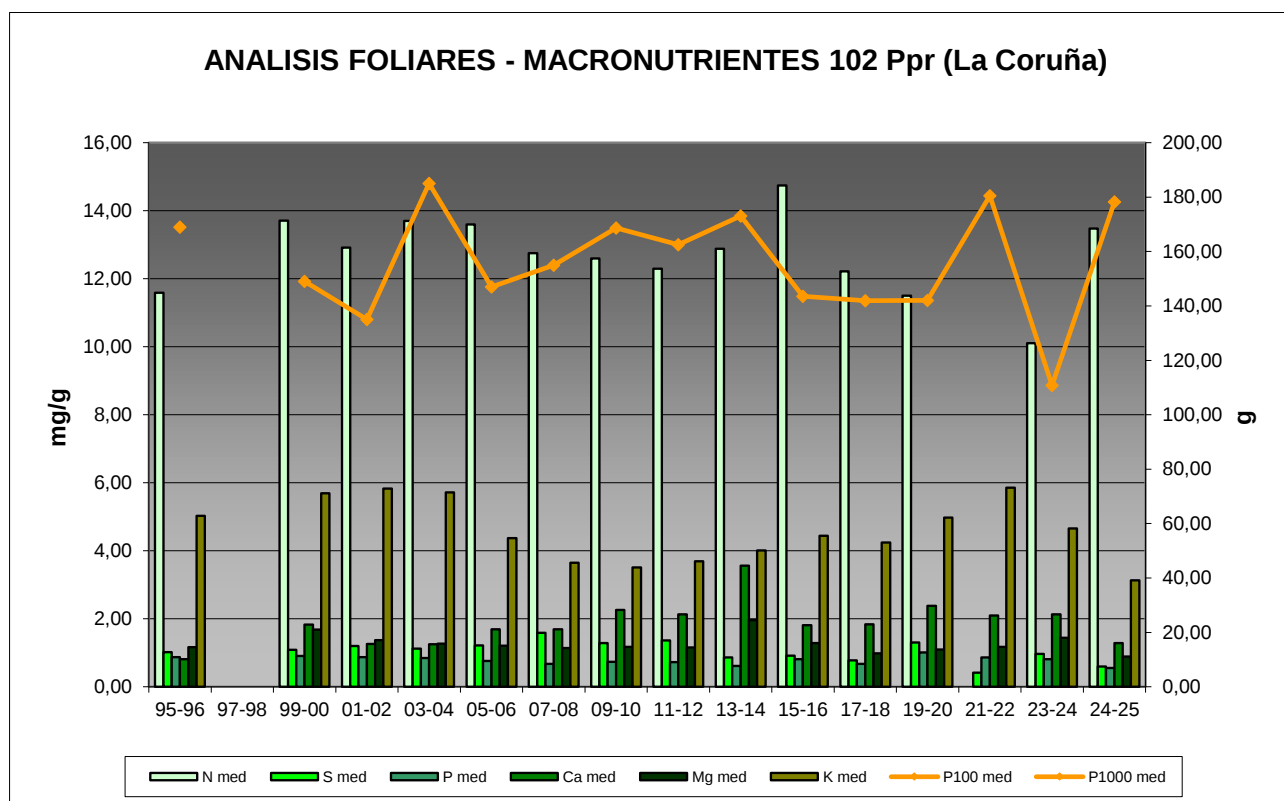


FIG 25: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

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

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
1995-1996	37 Ppr	Segovia		12,00	126,00	330,00	
	39 Ppr	Avila		17,00	144,00	103,00	
	43 Ppr	Cuenca		24,00	230,00	78,00	
	46 Ppr	Albacete		24,00	71,00	55,00	
	102 Ppr	La Coruña		22,00	651,00	559,00	
	150 Ppr	Orense		16,00	825,00	758,00	
	<i>P.pinaster</i>	España		19,17	341,17	313,83	
1997-1998	37 Ppr	Segovia					
	39 Ppr	Avila					
	43 Ppr	Cuenca					
	46 Ppr	Albacete					
	102 Ppr	La Coruña					
	150 Ppr	Orense					
	<i>P.pinaster</i>	España					
2013-2014	37 Ppr	Segovia		14,07	102,11	56,07	1,15
	102 Ppr	La Coruña		17,98	321,25	41,60	2,52

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
	<i>P.pinaster</i>	España		16,03	211,68	48,84	1,83
2015-2016	37 Ppr	Segovia		11,52	67,82	53,59	1,78
	102 Ppr	La Coruña		18,29	204,72	66,77	3,10
	<i>P.pinaster</i>	España		14,91	136,27	60,18	2,44
2017-2018	37 Ppr	Segovia		9,94	59,52	51,24	1,27
	102 Ppr	La Coruña		17,94	162,66	42,89	2,70
	<i>P.pinaster</i>	España		13,94	111,09	47,06	1,99
2019-2020	37 Ppr	Segovia		10,23	63,48	56,72	1,96
	102 Ppr	La Coruña		18,11	295,06	55,08	3,75
	<i>P.pinaster</i>	España		14,17	179,27	55,90	2,86
2021-2022	37 Ppr	Segovia		11,47	47,37	47,12	1,91
	102 Ppr	La Coruña		24,02	230,86	39,52	3,49
	<i>P.pinaster</i>	España		17,74	139,12	43,32	2,70
2023-2024	37 Ppr	Segovia		10,23	63,20	73,52	1,76
	102 Ppr	La Coruña		15,30	215,16	53,49	3,00
	<i>P.pinaster</i>	España		12,77	139,18	63,51	2,38
2024-2025	37 Ppr	Segovia		6,63	57,72	73,49	1,39
	102 Ppr	La Coruña		14,06	117,17	34,04	2,32
	<i>P.pinaster</i>	España		10,35	87,45	53,77	1,86

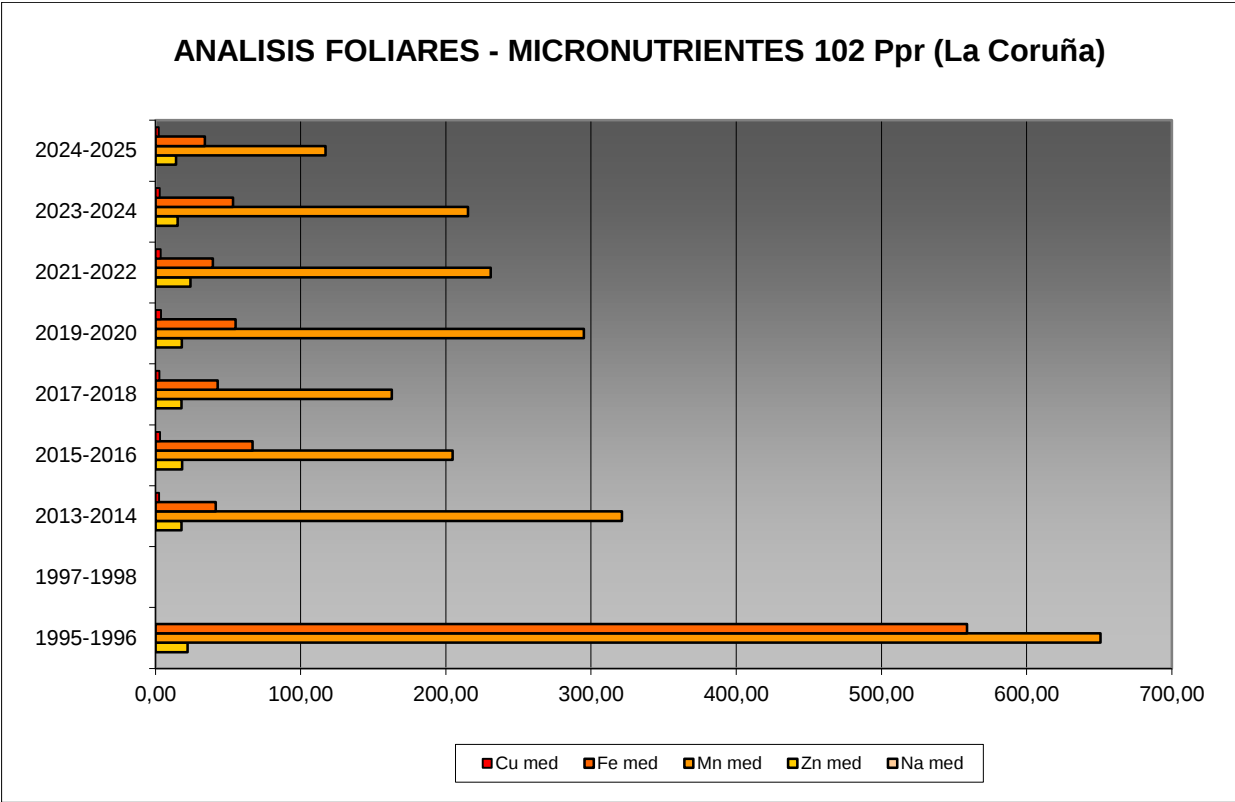


FIG 26: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 102Ppr no se realizó el análisis foliar en 1997-1998.

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis de la muestra foliar de la parcela 102Ppr podemos hacer las siguientes observaciones tanto de la parcela tratada individualmente como respecto a la media interanual del resto de parcelas con el pino negral como especie dominante:

El **peso** medio para la especie se incrementa considerablemente respecto a los de las campañas previas, alcanzándose un valor próximo a 180 g/1000 acículas en uno de los mayores valores de la serie y que contrasta con los bajos valores de la campaña anterior, presentando un comportamiento típico en diente de sierra que podría deberse, entre otros factores, a oscilaciones en la disponibilidad de agua del arbolado, necesaria para la producción de biomasa. Cabe hacer constar que las variaciones en este parámetro son muy patentes debido al gran tamaño de las acículas de esta especie en comparación con el resto de pinos.

Respecto a los **macronutrientes**; y por lo que se refiere al **nitrógeno**, el elemento más abundante en el follaje, se incrementa apreciablemente durante la última revisión, hasta niveles próximos a 14 mg/g en los mayores valores de la serie; el **fósforo**, el elemento más limitante al ser el menos representado, se reduce hasta el mínimo histórico de la serie situándose próximo a 0,5 mg/g, mientras que el **azufre** se reduce también respecto al año previo, sin que se llegue a alcanzar el valor patrón o de referencia de la especie -tal como es habitual en esta estación-, y que indica que se está ante la presencia de un posible contaminante de naturaleza sulfurosa. Los niveles de **calcio**, **magnesio** y **potasio** se reducen también de forma apreciable con respecto a la campaña anterior, de forma que los tres elementos se encuentran en valores mínimos. Por lo que se refiere al contenido en **carbono** del follaje, parámetro evaluado a partir de 2013-2014, se incrementa ligeramente hasta situarse próximo al 53%, tal como se ha observado en otras parcelas de la red.

Los **micronutrientes** se han analizado con menos regularidad y no siempre todos ellos, lo que dificulta la elaboración de tendencias temporales, reduciéndose los contenidos de todos ellos hasta los valores más bajos de las respectivas series.

8. Desfronde.

Con periodicidad mensual se ha recogido el desfronde 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	3.650	53,99	7,63	0,92	0,33	2,65	1,00	1,75
	Ramillas	1.531	56,76	6,90	1,03	0,26	2,05	0,38	0,46
	Otras	1.360	54,83	10,36	1,20	0,61	1,55	0,82	1,16
2006	Hojas	4.561	52,94	8,57	0,88	0,38	2,75	1,05	2,12
	Ramillas	667	55,09	7,73	0,93	0,31	2,08	0,58	0,66
	Otras	4.033	53,42	11,44	1,21	0,71	1,41	0,88	1,44
2007	Hojas	3.960	56,09	8,37	0,99	0,66	2,88	1,48	1,33
	Ramillas	113	57,64	7,50	1,06	0,34	1,65	0,72	0,39
	Otras	1.230	56,83	11,07	1,27	0,72	1,55	0,98	1,16
2008	Hojas	3.050	54,04	7,16	0,93	0,34	3,35	1,01	1,38
	Ramillas	703	56,17	10,52	0,90	0,47	2,41	0,78	0,98
	Otras	2.400	54,73	10,08	1,02	0,51	1,80	0,85	1,08
2009	Hojas	3.770	54,57	8,26	1,04	0,34	2,49	1,05	1,85
	Ramillas	1.790	55,64	7,56	1,17	0,28	2,29	0,61	0,86
	Otras	4.170	54,49	9,67	1,40	0,61	1,14	0,68	1,38
2010	Hojas	3.070	54,55	8,51	0,98	0,35	3,02	1,17	1,68
	Ramillas	341	57,04	9,03	1,19	0,32	2,37	0,68	0,65
	Otras	3.342	54,58	10,09	1,32	0,60	1,61	0,83	1,46
2011	Hojas	3.618	54,05	8,15	0,96	0,35	2,76	1,46	1,52
	Ramillas	1.367	56,05	8,15	1,03	0,32	1,93	1,08	0,70
	Otras	3.225	54,42	10,33	1,23	0,60	1,52	0,92	1,19
2012	Hojas	1.103	54,11	9,31	1,05	0,42	2,71	1,28	2,00
	Ramillas	998	56,17	7,77	1,05	0,29	2,34	1,10	0,63
	Otras	3.045	54,24	8,95	1,22	0,54	1,23	0,69	1,33
2014	Hojas	3.747	53,63	8,53	0,60	0,17	2,76	1,18	0,78
	Ramillas	23							
	Otras	1.087							
2015	Hojas	3.838	53,19	9,06	0,80	0,28	3,33	1,41	1,71
	Ramillas	450							
	Otras	2.259	50,68	11,02	0,50	0,43	1,76	0,75	1,23
2016	Hojas	4.037	52,78	8,02	0,93	0,31	4,91	1,26	2,15
	Ramillas	397							
	Otras	2.174	53,02	8,85	1,11	0,62	2,60	1,02	1,14
2017	Hojas	3.409	52,39	7,96	0,64	0,40	2,43	1,20	2,26
	Ramillas	1.002							
	Otras	2.889							
2018	Hojas	2.644	52,87	7,21	0,86	0,37	2,54	1,12	1,76
	Ramillas	609							
	Otras	1.759							
2019	Hojas	2.568	52,47	7,27	0,69	0,34	2,20	0,98	2,08
	Ramillas	836							
	Otras	2.647							
2020	Hojas	3.064			0,82	0,82	2,99	1,42	1,91
	Ramillas	356							
	Otras	2.513							

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2021	Hojas	3.297			1,00	0,32	2,53	1,27	1,47
	Ramillas	400							
	Otras	1.774							
2022	Hojas	2.830	52,94	6,53	0,84	0,30	2,96	1,33	1,70
	Ramillas	517							
	Otras	3.743							
2023	Hojas	3.488	49,65	7,75	0,72	0,38	3,13	1,53	1,77
	Ramillas	537							
	Otras	2.686							
2024	Hojas	3.499	53,00	7,72	0,83	0,39	3,28	1,58	1,90
	Ramillas	842							
	Otras	4.110							
Media	Hojas	3.326	53,37	8,00	0,87	0,38	2,93	1,25	1,74
	Ramillas	710	56,32	8,15	1,05	0,32	2,14	0,74	0,67
	Otras	2.655	54,12	10,19	1,15	0,60	1,62	0,84	1,26

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	229,61	137,07	83,22	1,47				
	Ramillas								
	Otras								
2015	Hojas	26,19	204,56	63,02	2,16				
	Ramillas								
	Otras	28,64	44,45	185,79	5,78				
2016	Hojas	26,20	410,24	120,15	2,85				
	Ramillas								
	Otras	33,57	71,60	464,31	8,52				
2017	Hojas	23,21	170,30	64,37	2,23				
	Ramillas								
	Otras								
2018	Hojas	11,35	173,76	77,04	3,04				
	Ramillas								
	Otras								
2019	Hojas	17,02	124,89	50,92	2,15				
	Ramillas								
	Otras								
2020	Hojas	28,00	211,80	87,96	2,46	0,61	0,27	0,44	68,59
	Ramillas								
	Otras								
2021	Hojas	26,87	146,20	53,29	1,77				
	Ramillas								
	Otras								
2022	Hojas	21,38	166,79	110,96	1,85				
	Ramillas								
	Otras								

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)
2023	Hojas	24,86	210,69	82,75	2,23				
	Ramillas								
	Otras								
2024	Hojas	27,45	231,95	84,55	2,88				
	Ramillas								
	Otras								
Media	Hojas	42,01	198,93	79,84	2,28	0,61	0,27	0,44	68,59
	Ramillas								
	Otras	31,11	58,02	325,05	7,15				

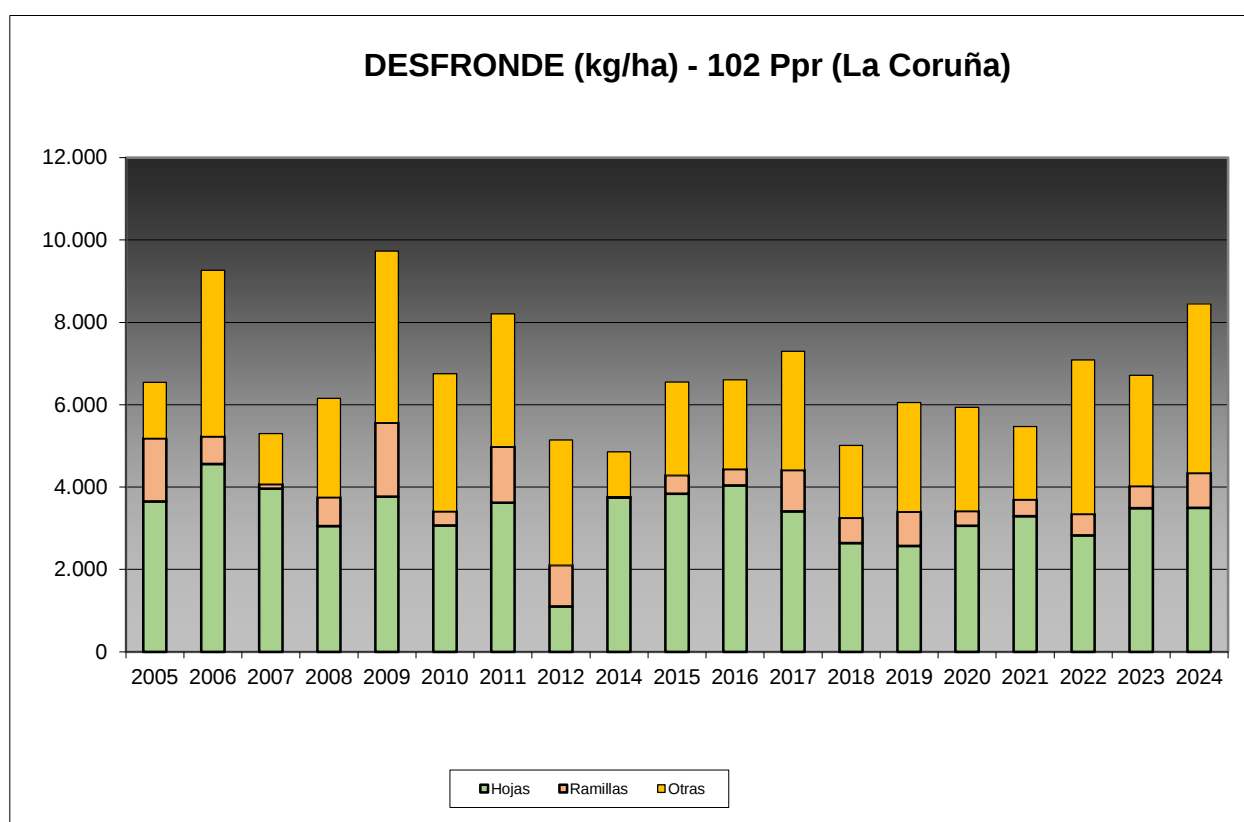


FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, la importancia que tiene el desfronde en esta parcela, en la que en algún año puntual se ha estado próximo a los 10.000 kg/ha, y en la que tienen también un papel importante las ramillas finas y la fracción “otros” que se incrementa apreciablemente durante el último año hasta uno de los mayores valores de la serie. Se advierten también unos contenidos en carbono del desfronde total ligeramente superiores a los que vienen siendo habituales en la red y que ponen de manifiesto la capacidad del follaje para la fijación del CO₂ atmosférico.

9. Fenología.

La fenología estudia la relación entre los fenómenos climáticos y las características morfológicas del desarrollo anual de los vegetales. Tras las observaciones de series anuales suficientemente representativas, puede obtenerse una valiosa información sobre la respuesta de la vegetación frente a variaciones climáticas, acrecentar el papel de las especies forestales como bioindicadoras y explicar el estado actual de la vegetación. El conocimiento de las fases fenológicas del arbolado es también una importante herramienta de gestión fitosanitaria de las masas forestales, pues el ciclo biológico y la capacidad de daño de buena parte de las plagas forestales van ligadas al desarrollo de una determinada fase, particularmente en el caso de los insectos defoliadores. Los cambios fenológicos en la vegetación juegan además un importante papel en la modelación del paisaje.

La evaluación fenológica se hace sobre 20 árboles de la parcela, seleccionando de entre aquellos de las clases dominante o codominante y preferentemente con buena visibilidad de copa; siempre desde una posición fija para evitar sesgos de observación; quincenalmente desde 1999 hasta 2010 y de forma mensual a partir de entonces.

La evaluación de las distintas fases fenológicas ha experimentado sucesivos cambios metodológicos a lo largo de la serie histórica de estudio, resultando de entre ellas, las más significativas y coherentes la aparición de hoja y la floración; siempre haciendo la salvedad de que se ha considerado que una fase comenzaba cuando lo hacía el 50% de la población muestra.

Se presentan a continuación y para las fases mencionadas, los valores históricos obtenidos en la parcela 102Ppr, 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 $\geq 50\%$ Población					Floración $\geq 50\%$ 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	28/03/99	16/06/99	80	86	760	18/02/99	28/03/99	38	48	396
2000	13/04/00	31/05/00	48	103	952					
2001	04/04/01	27/06/01	84	93	962					
2002	04/04/02	31/07/02	118	93	1000					
2003	20/03/03	05/06/03	77	78	743					
2004	26/04/04	10/05/04	15	116	1094	17/03/04	31/05/04	75	76	696
2005	14/04/05	12/07/05	89	103	897	16/03/05	27/04/05	42	74	548
2006	16/05/06	26/07/06	71	135	1349	18/04/06	01/05/06	13	107	938
2007	07/05/07	27/08/07	112	126	1297	26/03/07	09/04/07	14	84	791
2008	03/06/08	05/08/08	63	154	1693	01/04/08	06/05/08	35	91	921
2009	20/05/09	24/06/09	35	139	1344	01/04/09	06/05/09	35	90	808
2010	12/04/10	25/05/10	43	101	805	12/04/10	12/05/10	30	101	805
2011	25/04/11	26/05/11	31	114	1201	30/03/11	25/04/11	26	88	816
2012	29/03/12	24/04/12	26	88	817	29/03/12	24/04/12	26	88	817
2014	29/04/14	29/05/14	30	118	1159	29/04/14	29/05/14	30	118	1159
2015	27/04/15	22/06/15	56	116	1263	27/04/15	28/05/15	31	116	1263
2016	28/04/16	07/07/16	70	118	1275	31/03/16	28/04/16	28	90	945

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)
2017	26/04/17	22/06/17	57	115	1333	29/03/17	26/04/17	28	87	913
2018	04/06/18	19/07/18	45	154	1744	25/04/18	04/06/18	40	114	1144
2019	25/04/19	25/07/19	91	114	1220	28/03/19	25/04/19	28	86	880
2020	22/05/20	24/07/20	63	142	1819	n.d	n.d			
2021	22/04/21	28/06/21	67	111	1277	22/03/21	22/04/21	31	80	849
2022	22/04/22	27/06/22	66	111	1209	29/03/22	22/04/22	24	87	919
2023	25/04/23	26/06/23	62	114	1320	23/03/23	25/04/23	33	81	849
2024	22/04/24	02/07/24	71	112	1381	19/03/24	22/04/24	34	78	900
2025	23/04/25	01/07/25	69	112	1323	25/03/25	23/04/25	29	83	915
Media			63	114	1201			32	89	870

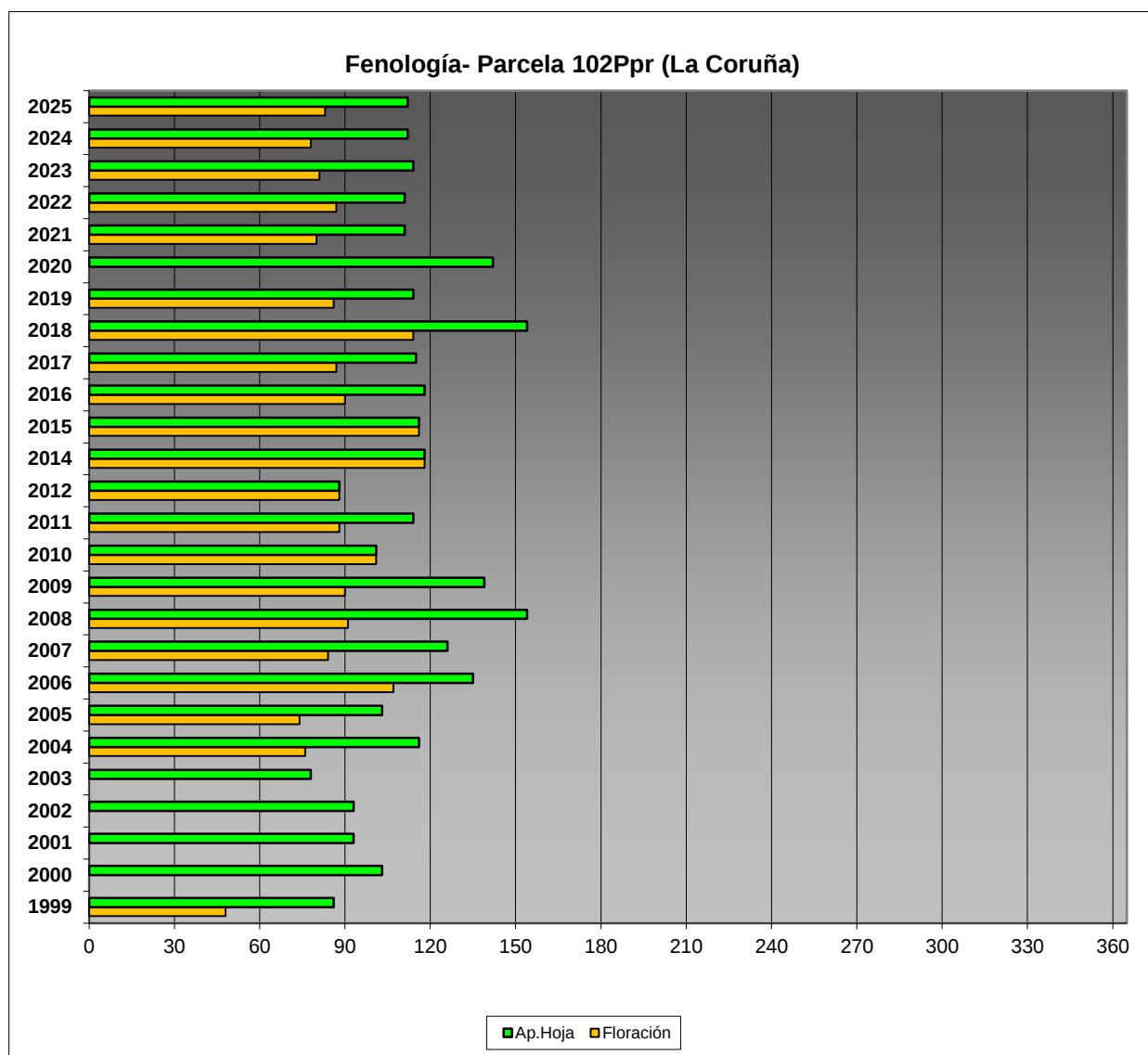


FIG 28: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, la floración precede en la mayoría de los casos a la aparición de las acículas de la nueva metida, registrándose un cierto retraso en la serie 2006-2009. La actividad vegetativa de la parcela ha tendido a producirse en el mes de marzo, con un retraso en las fases durante 2018. Durante la presente revisión se advierte un cierto adelantamiento de los ciclos, con una floración en marzo y la brotación hacia finales de abril, en la línea de lo observado durante los últimos años.



FIG. 29: Elongación metida y aparición de los primeros conos. Inicio de brotación. Aparición de hojas (febrero, marzo, abril)

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	0,04	0,18	0,04	0,04
2000	0,35	1,04	0,35	0,49
2001	0,31	0,90	0,31	0,80
2002	0,35	0,98	0,35	0,88

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
2003	0,30	0,85	0,30	0,84
2004	0,47	1,33	0,47	1,21
2005	0,40	1,09	0,40	0,93
2006	0,59	1,62	0,59	0,92
2007	0,40	1,07	0,40	0,64
2008	0,38	1,00	0,38	-0,02
2009	0,33	0,87	0,33	0,87
2010	0,36	0,86	0,36	0,82
2011	0,29	0,69	0,29	0,62
2012	0,32	0,77	0,32	0,73
2014	0,28	0,68	0,28	0,36
2015	0,28	0,64	0,28	0,61
2016	0,21	0,50	0,21	0,41
2017	0,26	0,60	0,26	0,56
2018	0,31	0,71	0,31	0,67
2019	0,41	0,94	0,41	0,64
2020	0,22	0,49	0,22	0,43
2021	0,24	0,51	0,24	0,43
2022	0,30	0,66	0,30	0,60
2023	0,23	0,49	0,23	0,41
2024	0,24	0,51	0,24	0,48
2025	0,09	0,20	0,09	0,08
Media	0,31	0,78	0,31	0,59

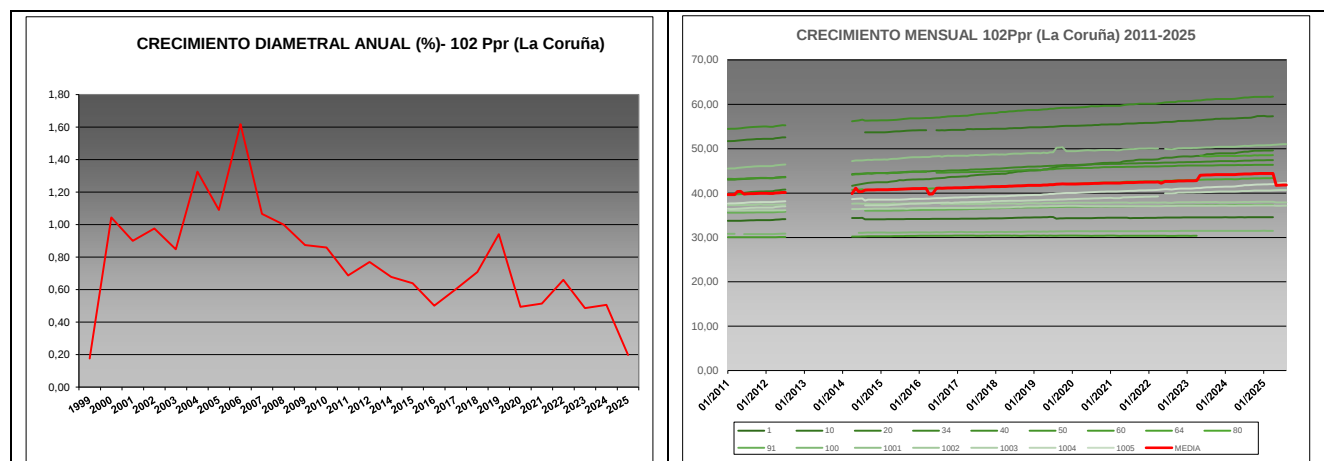


FIG 30: Crecimiento diametral anual y porcentaje sobre el inicio. Crecimientos mensuales dendrómetros y media parcela

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 0,21% de 2016 y el 1,62% de 2006, situándose por regla general en valores próximos al 1% anual, advirtiéndose con una tendencia general a la baja en los últimos años, excepción hecha del pico de 2017-2019, de tal forma que durante la última revisión se alcanza uno de los valores más bajos de la serie. Cabe hacer constar que debido a la corta de la parcela original, los dendrómetros ubicados en el arbolado muestra sólo han estado operativos hasta el mes de mayo.

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	1510									
1998	1800	11,3	30,6	-12,5	15,9	3,8	139,8	85,4	2,1	44,8
1999	2359	12,4	34,8	-11,1	16,5	9,4	149,9	90,8	1,9	37,0
2000	2555	11,7	32,0	-12,2	16,4	2,5	148,9	73,2	2,6	48,0
2001	2701									
2002	2780	13,4	31,9	1,7	17,8	10,4	166,6	93,2	1,8	70,7
2003	2226	13,4	31,9	1,7	17,8	10,4	166,6	93,2	1,8	70,7
2004	1774	12,9	32,3	-0,9	17,4	9,6	16,2	79,2	1,6	32,8
2005	1489	12,6	35,6	-1,8	17,1	9,4	16,5	77,9	1,6	29,8
2006	3116	11,9	36,8	-1,9	16,4	8,7	153,3	79,7	1,2	20,5
2007	2227	13,0	33,5	0,5	17,8	9,4	13,9	76,8	1,1	
2008	2225	12,5	31,5	-1,3	16,8	9,4	114,3	80,3	0,8	26,8
2009	2725	12,8	31,7	-1,5	17,3	9,4	122,3	79,7	0,7	23,8
2010	2290	13,5	35,5	-5,7	18,6	9,4	16,3	85,9	1,2	27,6
2011	1941	13,5	35,8	0,6	18,3	10,1	239,1	90,8	2,9	86,0
2012	973	11,8	35,3	-0,9	16,7	8,3	225,7	91,6	1,4	21,6
2014	1590	14,1	34,3	-3,5	18,5	10,1	206,1	85,7	1,9	20,8
2015	2013	15,4	37,5	-1,4	20,7	10,2			2,8	14,7
2016	2577	14,5	39,2	-1,3	20,6	9,8	151,9	79,8	1,3	22,7
2017	1735	14,8	37,1	-2,4	21,2	9,7	153,2	79,2	1,3	25,0
2018	3091	14,6	39,0	-1,4	20,2	10,1	140,6	81,4	0,8	24,2
2019	2392	14,3	34,3	-2,1	19,6	9,6	133,3	79,0	1,1	22,0
2020	2970	15,2	36,8	0,0	20,9	10,8	131,9	76,6	1,4	22,7
2021	2399	14,6	36,5	-2,4	20,5	9,9	137,4	75,2	1,2	19,0
2022	2287	15,4	40,7	-0,6	21,4	10,7	138,8	76,1	1,0	22,0
2023	2993	15,4	38,0	-1,1	21,3	10,5	132,6	78,7	0,7	21,2
2024	3254	15,2	36,4	-1,7	20,2	10,9	156,1	76,3	1,2	24,2
2025	3229	15,2	37,9	-0,7	21,3	10,5	120,9	82,2	1,4	20,5
Media	2329	13,7	35,3	-2,5	18,7	9,3	131,7	81,9	1,5	32,0

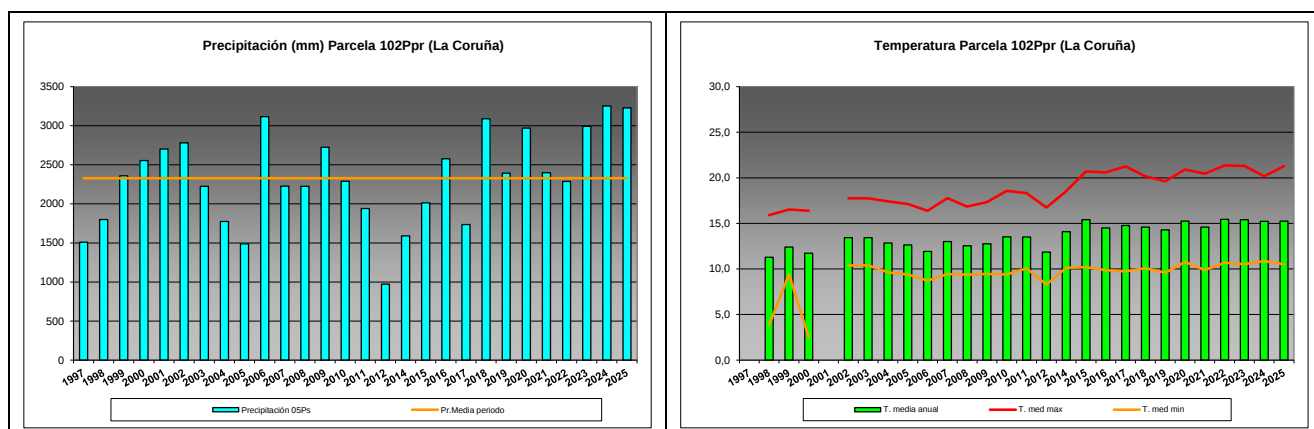


FIG 31: Principales variables meteorológicas.

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	2	0	211,2	01/11 a 06/11	5	17	27/07 a 12/08
2001							
2002	1	0	151,6	10/11 a 15/11	3	18	23/07 a 09/08
2003							
2004	7	0	191,1	09/01 a 13/01	6	28	10/05 a 06/06
2005	10	0	214,1	11/01 a 15/01	4	14	11/08 a 24/08
2006	5	0	241,2	03/12 a 07/12	2	9	17/06 a 25/06
2007	5	0	156,2	11/02 a 15/02	8	20	21/05 a 10/06
2008	3	0	211,6	03/12 a 07/12	14	10	21/06 a 30/06
2009	7	0	379,6	19/01 a 23/01	3	40	23/07 a 31/08
2010	13	0	348,6	21/02 a 25/02	2	36	17/07 a 21/08
2011	9	0	303,3	03/01 a 07/01	8	19	10/05 a 28/05
2012							
2013							
2014	12	0	113,8	10/11 a 14/11	6	12	07/05 a 18/05
2015							
2016	34	0	140,6	09/02 a 13/02	0	12	24/06 a 05/07
2017	28	0	178,6	07/12 a 11/12	1	20	06/08 a 25/08
2018	37	0	146,8	05/11 a 09/11	1	37	01/05 a 06/06
2019	14	0	211,2	13/10 a 17/10	3	23	11/05 a 02/06
2020	35	0	186,0	27/01 a 31/01	0	27	15/07 a 10/08
2021	13	0	281,2	24/12 a 28/12	3	13	08/08 a 20/08
2022	27	0	223,4	13/11 a 17/11	0	22	01/05 a 22/05
2023	19	0	199,0	25/10 a 29/10	1	13	13/05 a 25/05
2024	23	0	439,2	05/10 a 09/10	10	12	26/05 a 06/06
2025	35	0	290,2	04/01 a 08/01	4	28	22/07 a 18/08

12. Índice de Área Foliar.

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

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

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

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	Media
S-01												1,09	1,09
S-02												1,02	1,02
S-03												1,33	1,33
S-04												1,34	1,34
S-05												1,82	1,82
S-06												1,49	1,49
S-07												1,18	1,18
S-08												1,36	1,36
S-09												1,21	1,21
S-10												1,59	1,59
S-11												1,70	1,70
S-12												1,86	1,86
S-13												1,26	1,26
S-14												1,36	1,36
S-15												1,17	1,17
S-16												1,51	1,51
Media												1,39	1,39

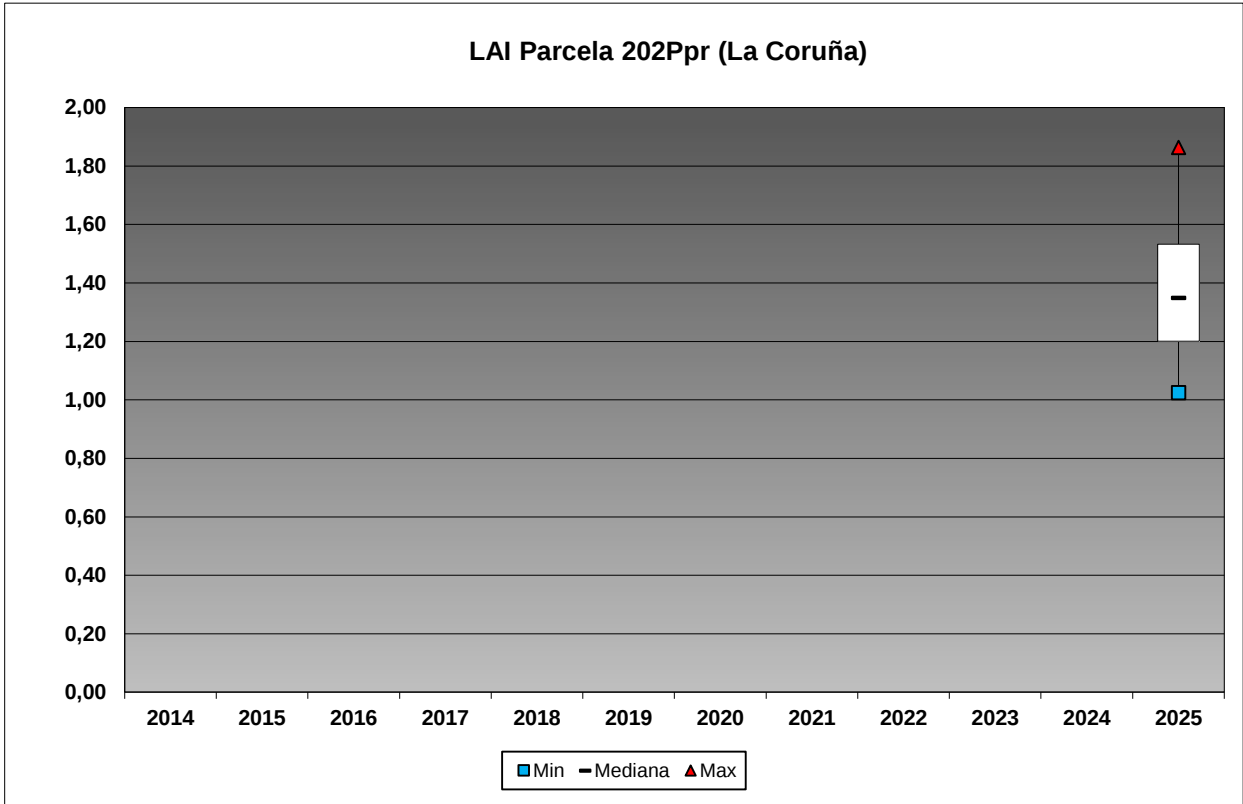
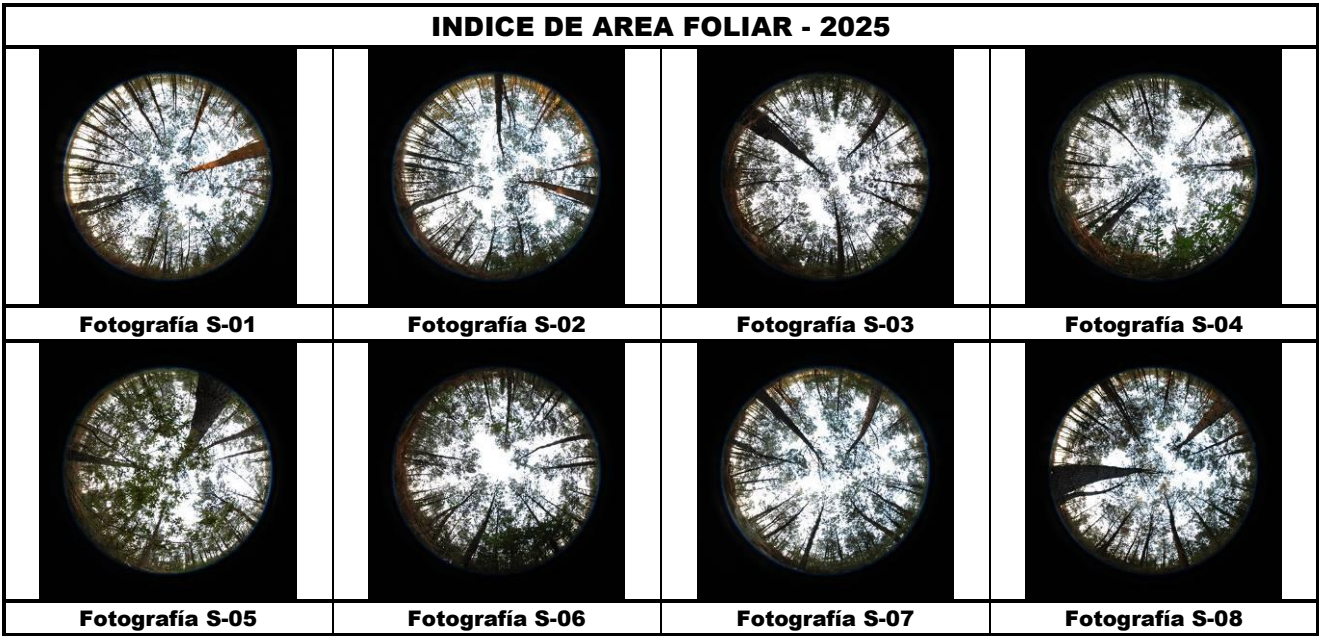


FIG 32: Diagrama de cajas LAI anual.



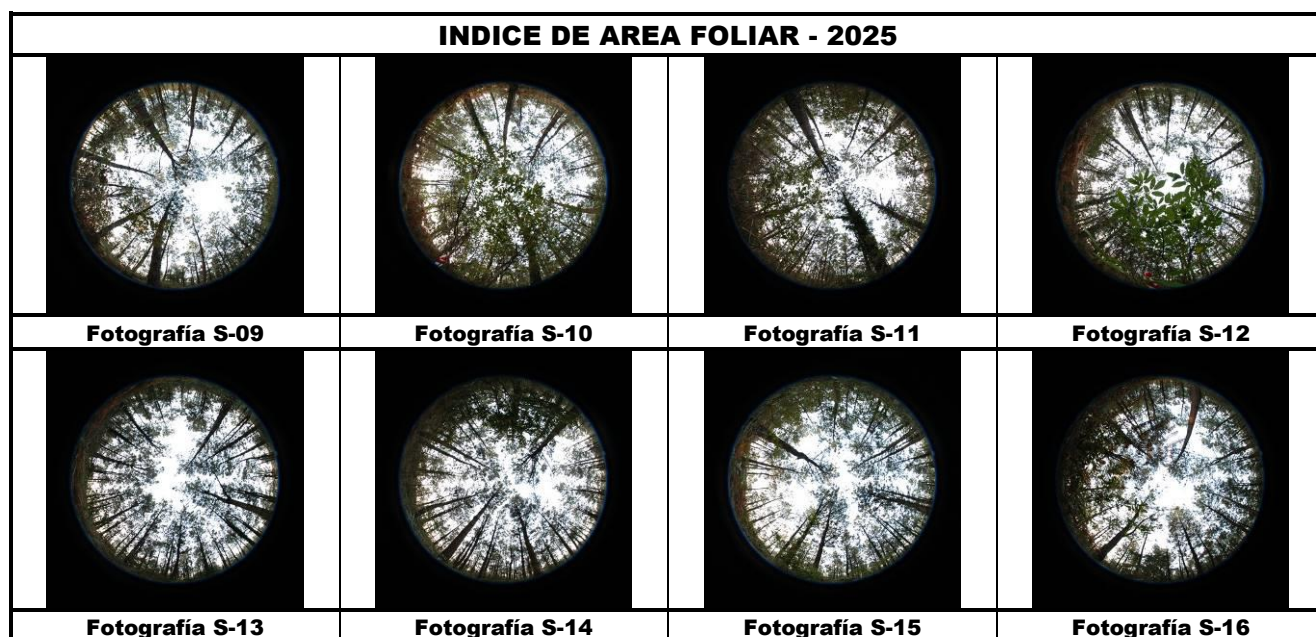


FIG 33: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.

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 102Ppr, 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 del año 2014 (abril-diciembre), por lo que caben ciertas anomalías.

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 ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	N(NH ₄) (mg/l)	Cl (mg/l)	N(NO ₃) (mg/l)	S(SO ₄) (mg/l)
2011	6,30	89,72		3,97	1,17		1,46	19,33	2,46	4,16
2012	5,56	40,10	1,82	0,89	0,49	4,43	1,31	6,17	0,55	1,02
2014										
2015	6,70	192,00	4,20	4,34	1,05	8,18	1,35	11,80	0,42	1,41
2016										
2017	5,26	124,10	2,24	6,43	3,00	10,83	2,39	21,14	1,34	
2018	7,72	214,16	2,33	35,03	2,06	5,85	1,04	15,17	0,71	2,03
2019	7,62	171,13	1,14	29,92	1,29	6,32	0,05	11,97	0,16	1,37
2020	7,91	180,23	0,45	34,46	1,04	5,26	0,12	9,17	0,09	1,80
2021	7,54	142,60	0,44	26,82	0,84	3,60	0,10	6,53	0,08	1,07
2022	7,91	168,96	0,38	32,37	0,95	5,01	0,29	9,86	0,13	1,58
2023	8,00	183,34	0,24	34,51	0,97	5,17	0,23	14,57	0,07	1,33

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)
2024	7,88	168,03	0,57	32,42	0,94	5,27	0,16	8,00	0,20	1,63

Año	Alcalinidad (µeq/l)	N total (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
2018	1300,04					
2019	968,43					
2020	1451,60	0,62	17,71	0,12	0,00	0,04
2021	1139,93	3,98	11,09	0,10	0,00	0,04
2022	1234,45	0,89	19,70	0,17	0,00	0,07
2023	1384,75	0,75	15,63	0,11	0,00	0,04
2024	1286,34	0,90	17,82	0,12	0,00	0,04

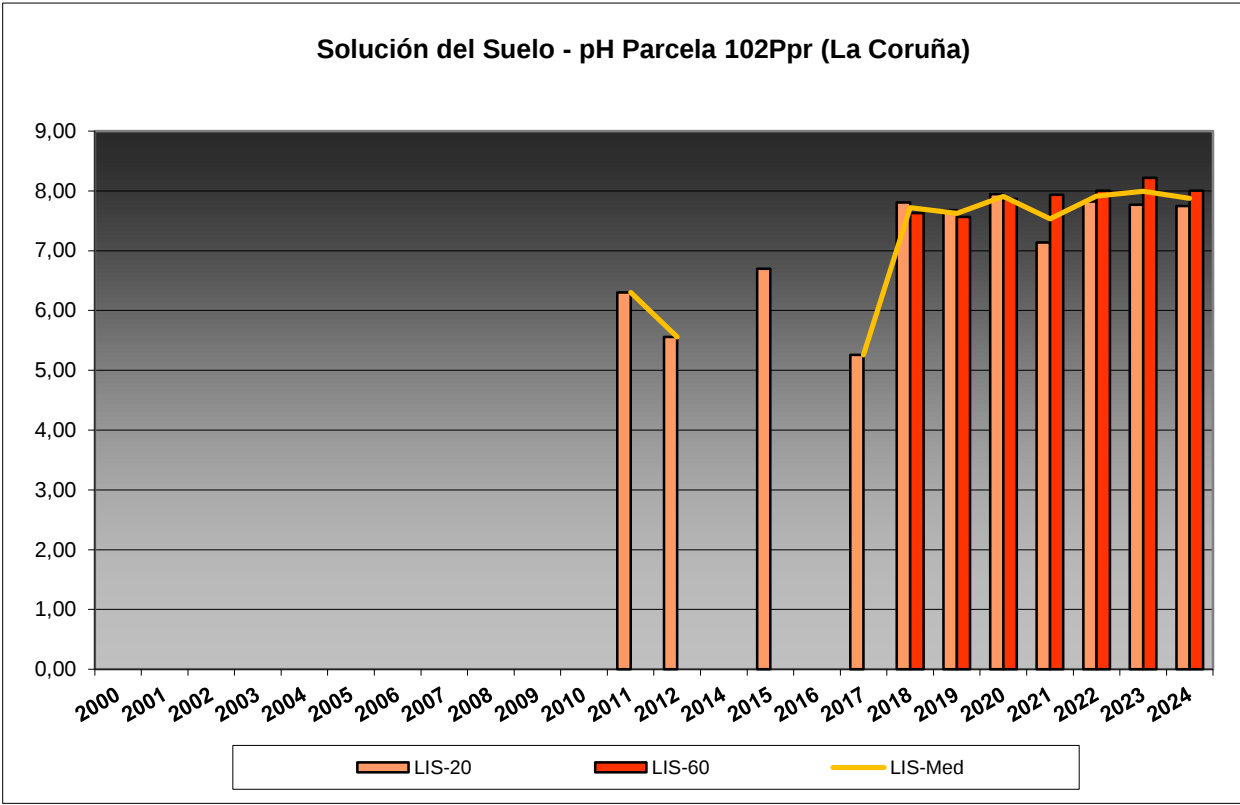


FIG 34: pH solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

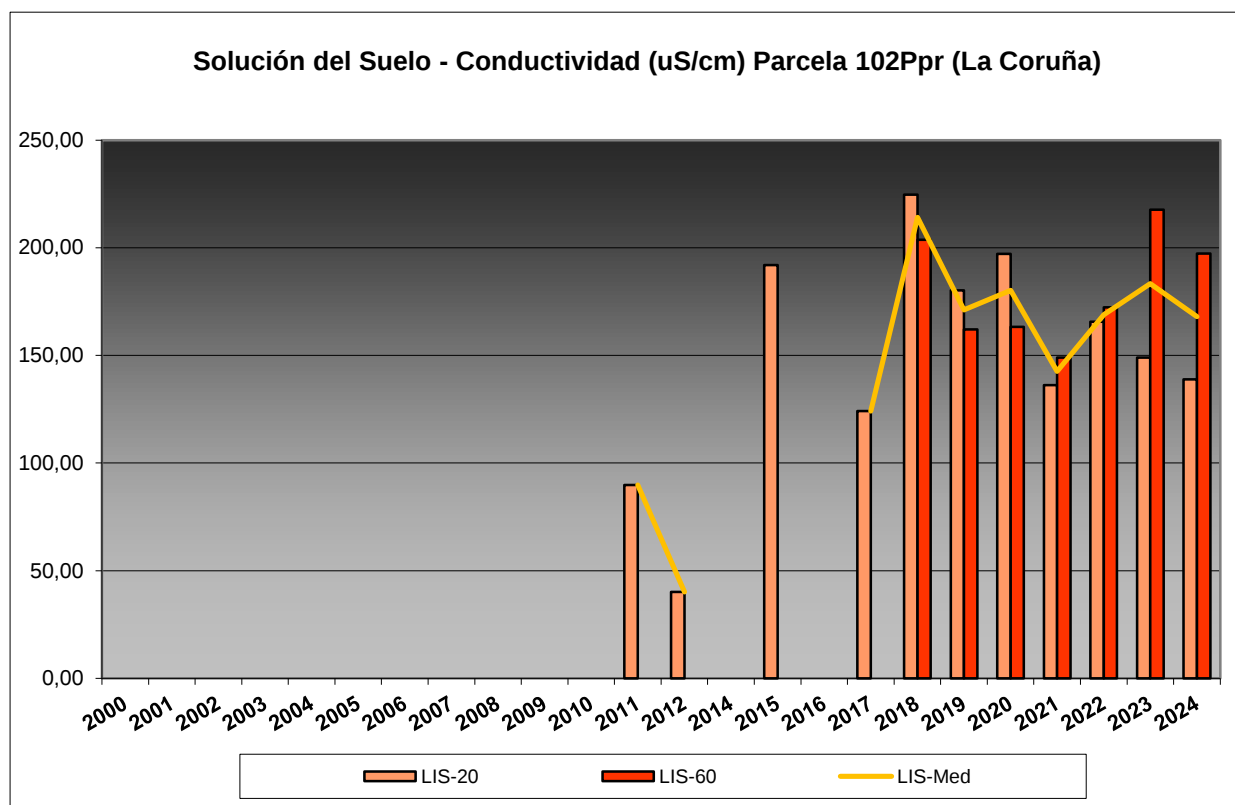


FIG 35: Conductividad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

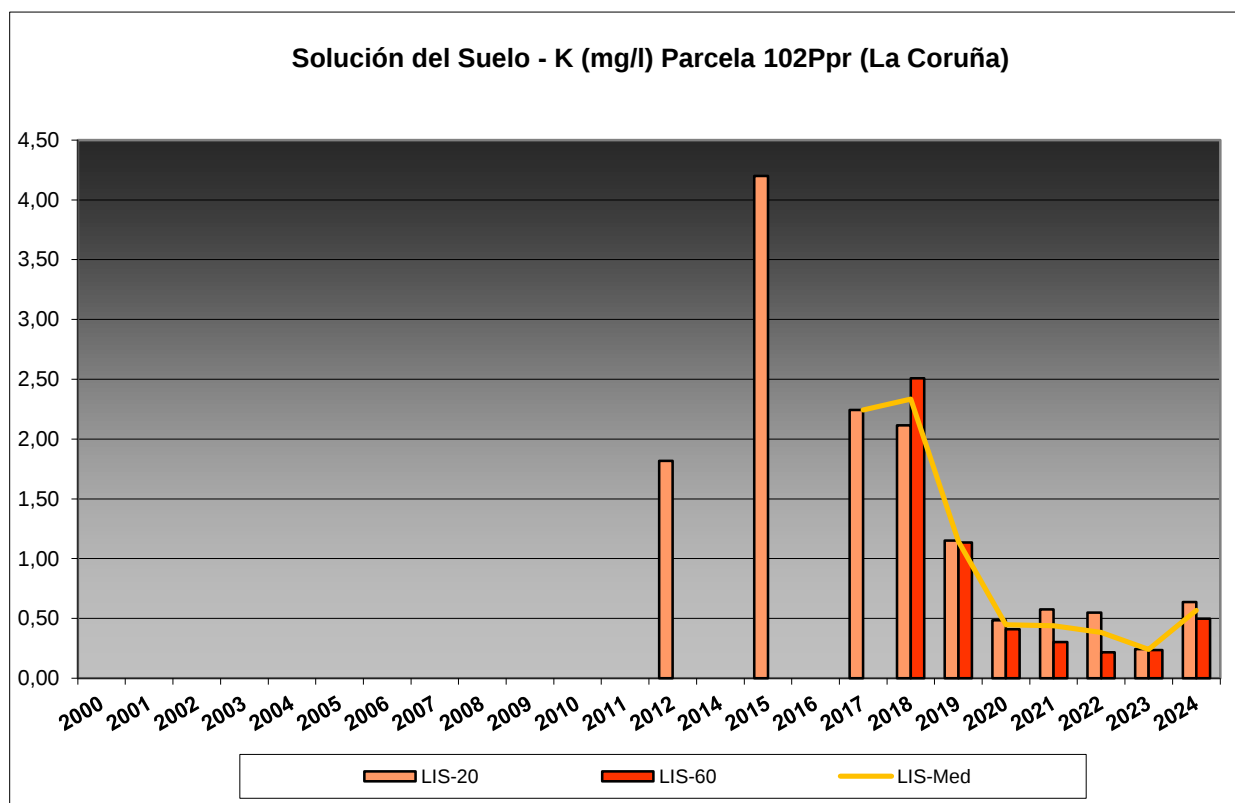


FIG 36: Contenido en K solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

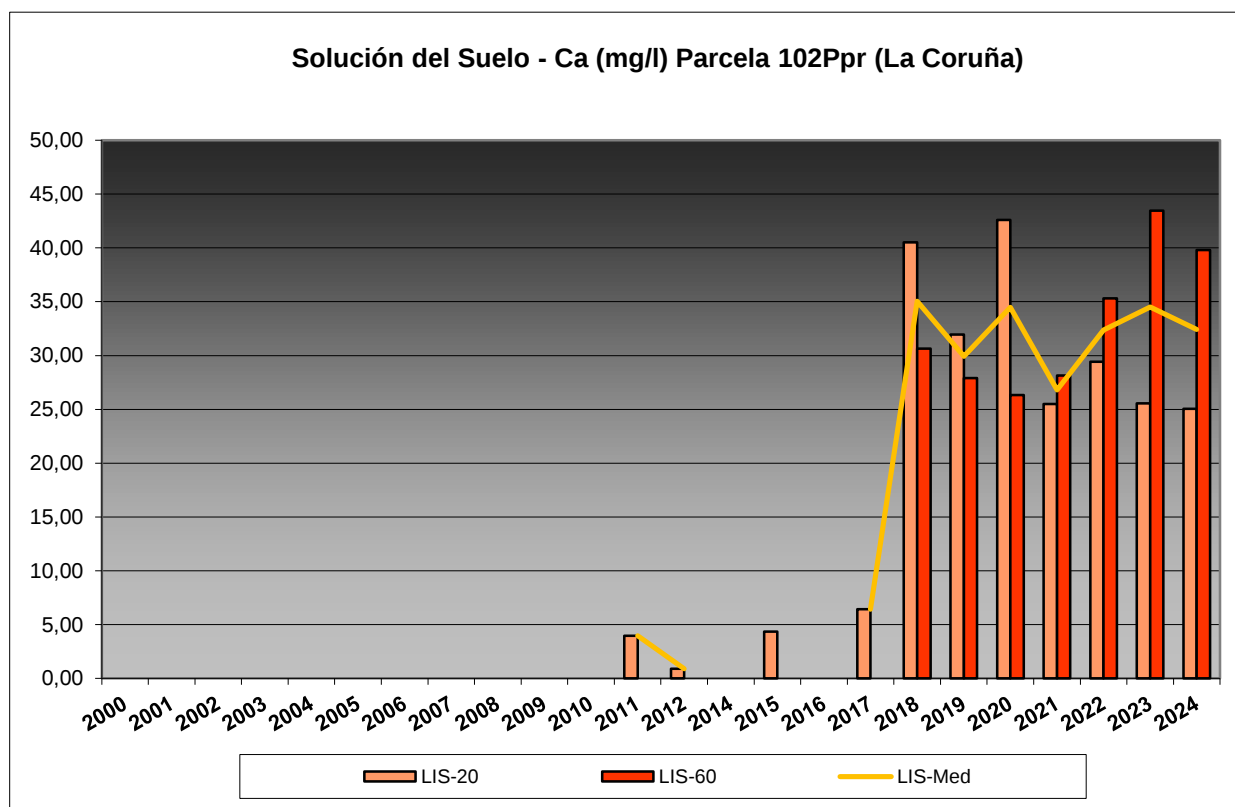


FIG 37: Contenido en Ca solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

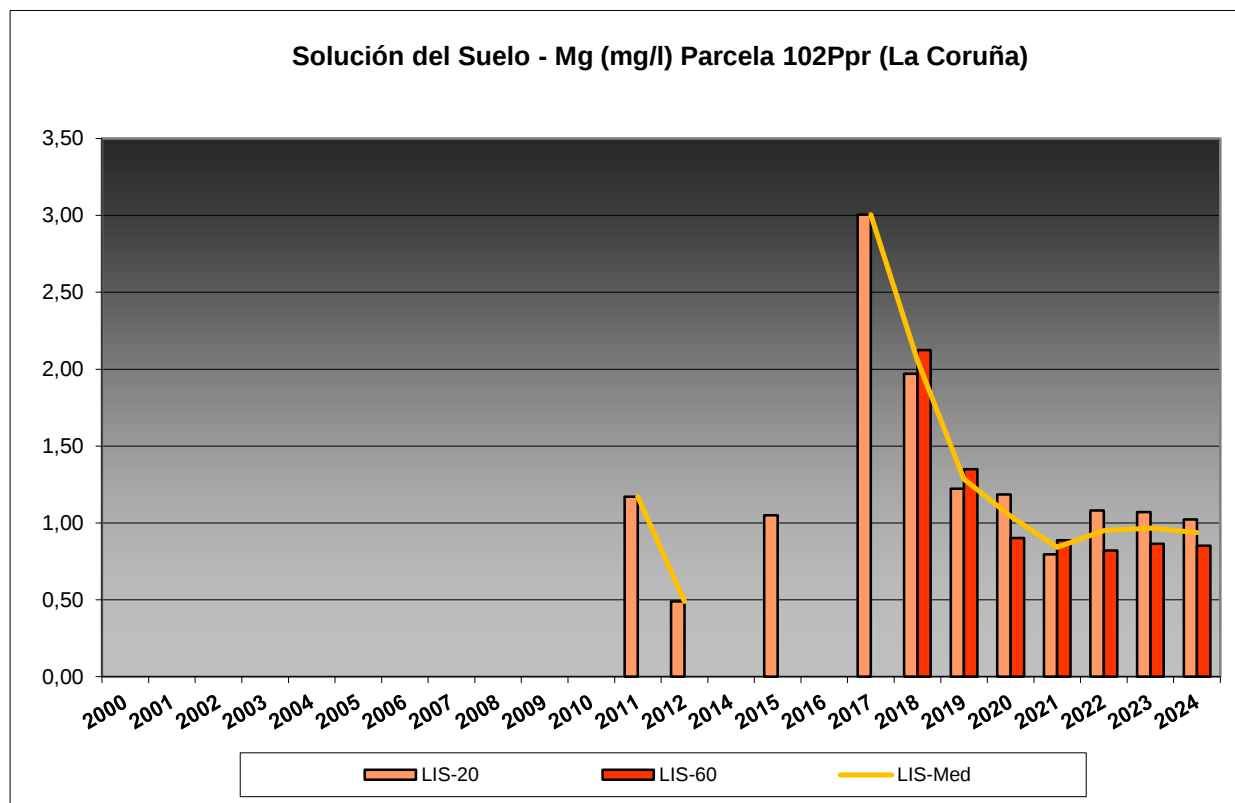


FIG 38: Contenido en Mg solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

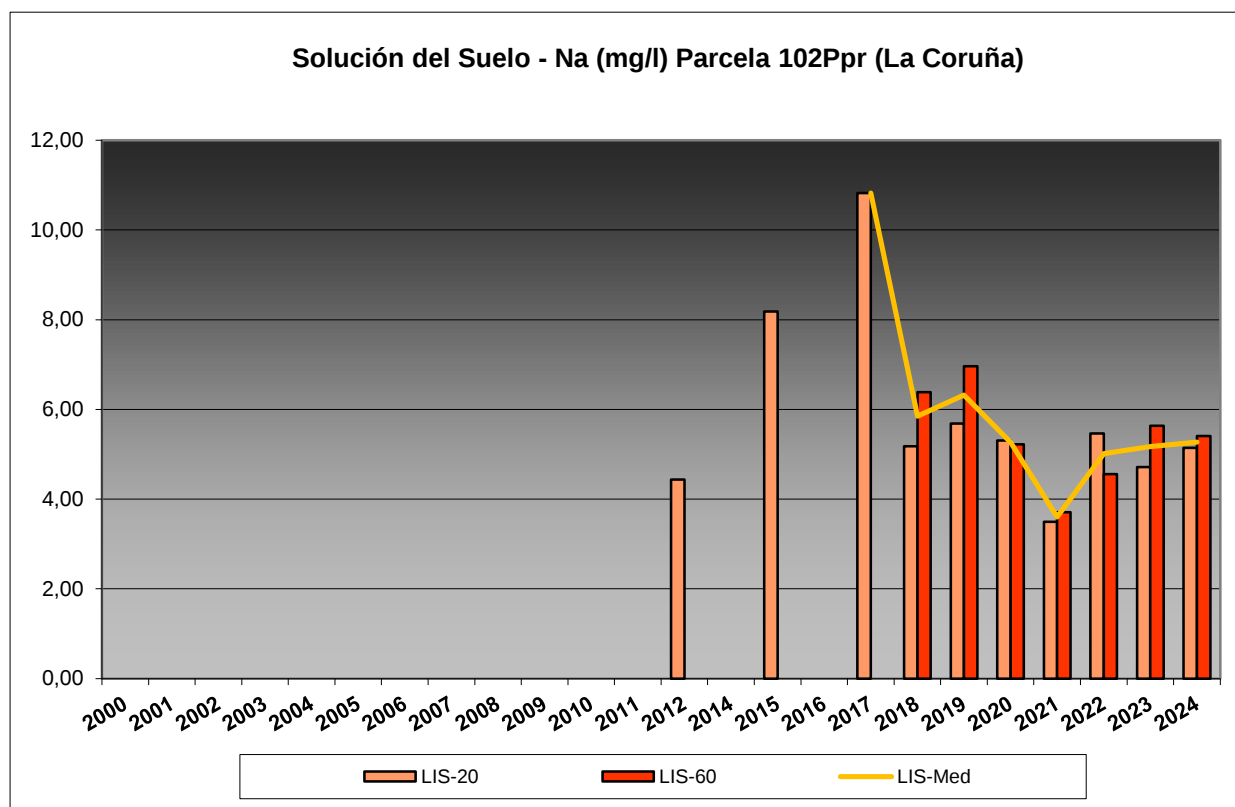


FIG 39: Contenido en Na solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

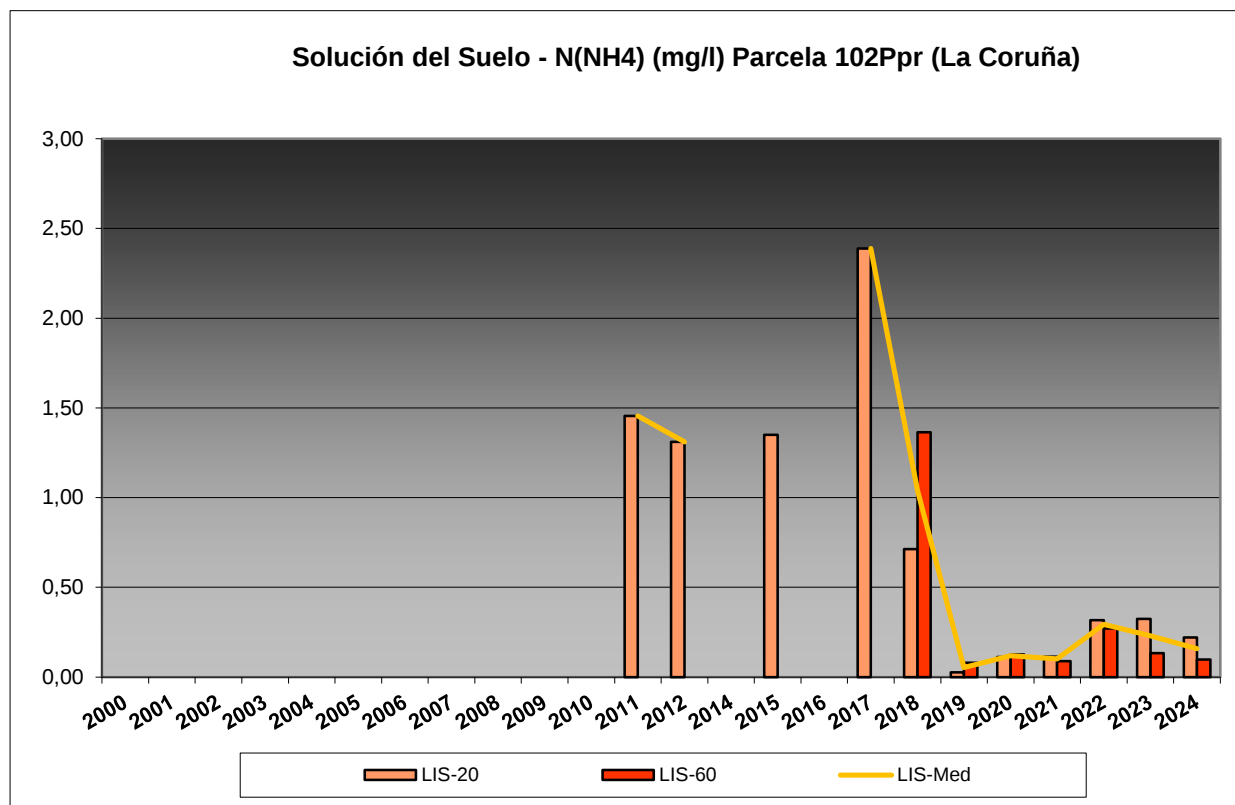


FIG 40: Contenido en N(NH4) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

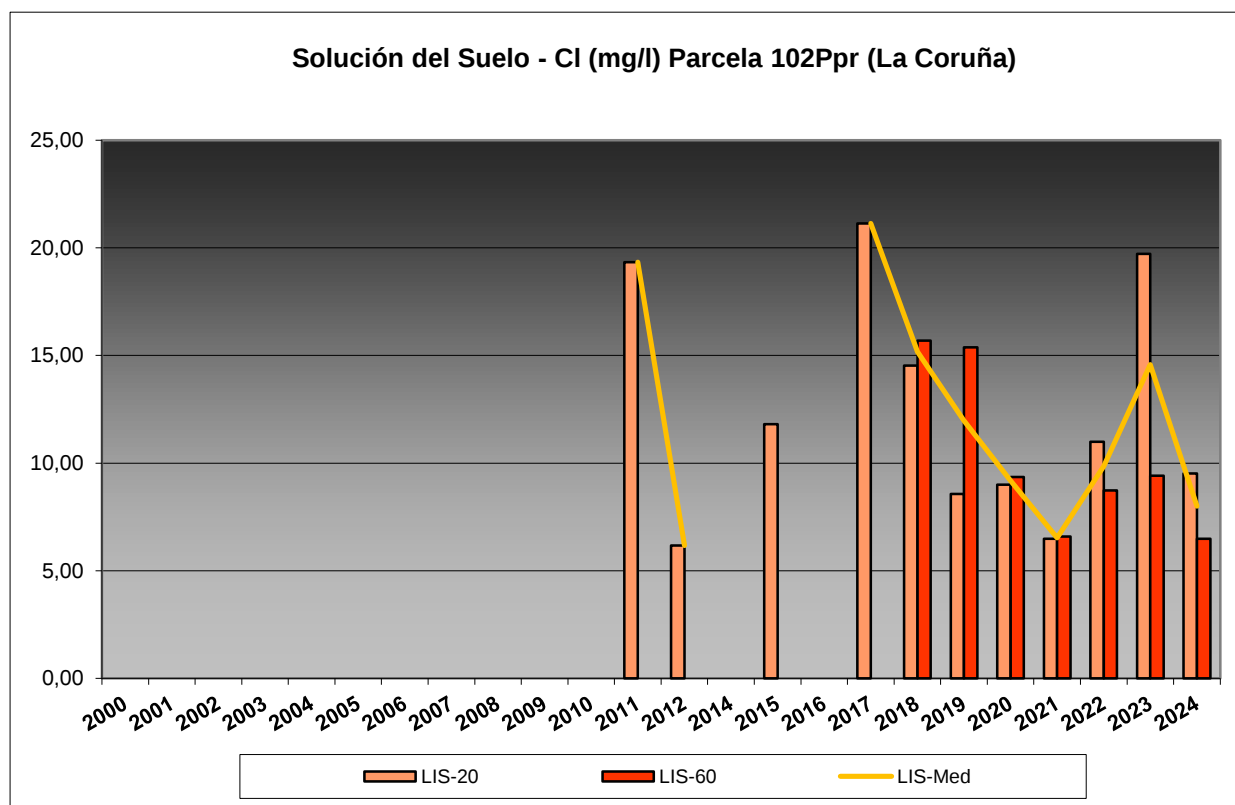


FIG 41: Contenido en Cl solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

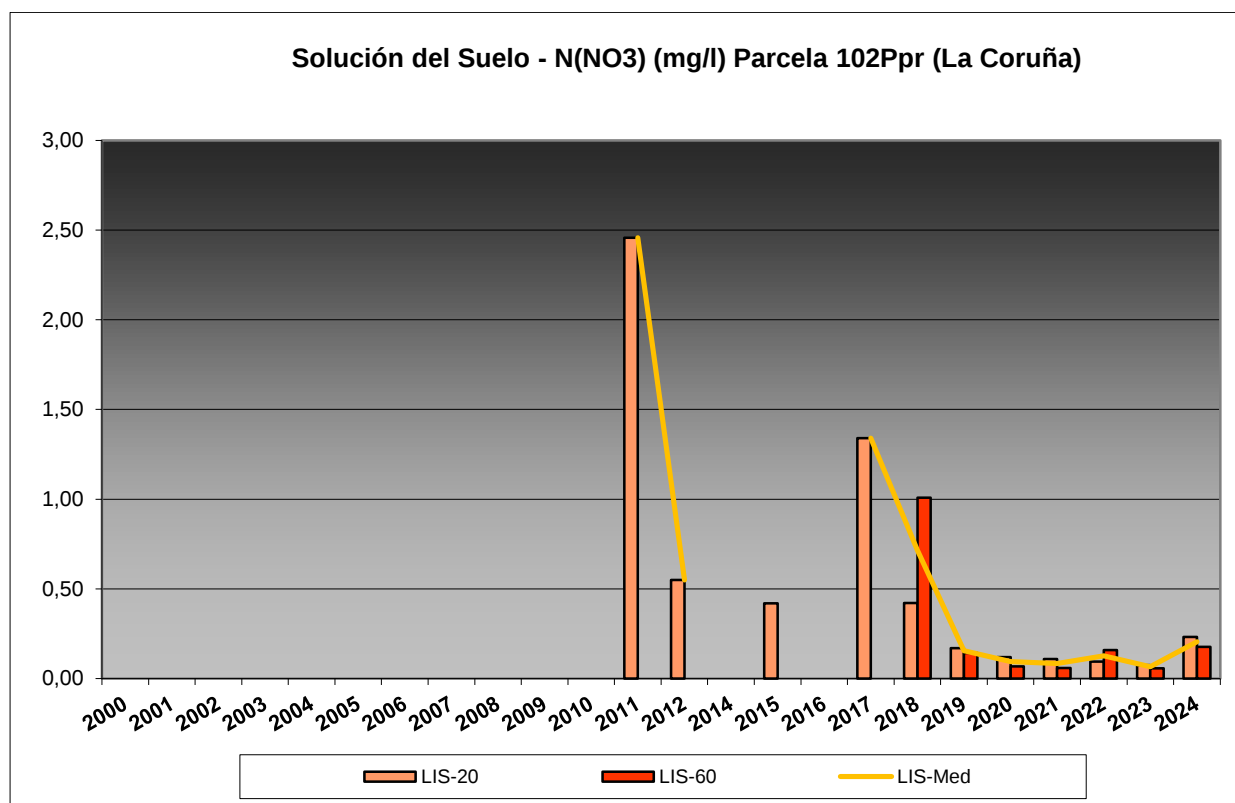


FIG 42: Contenido en N(NO3) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

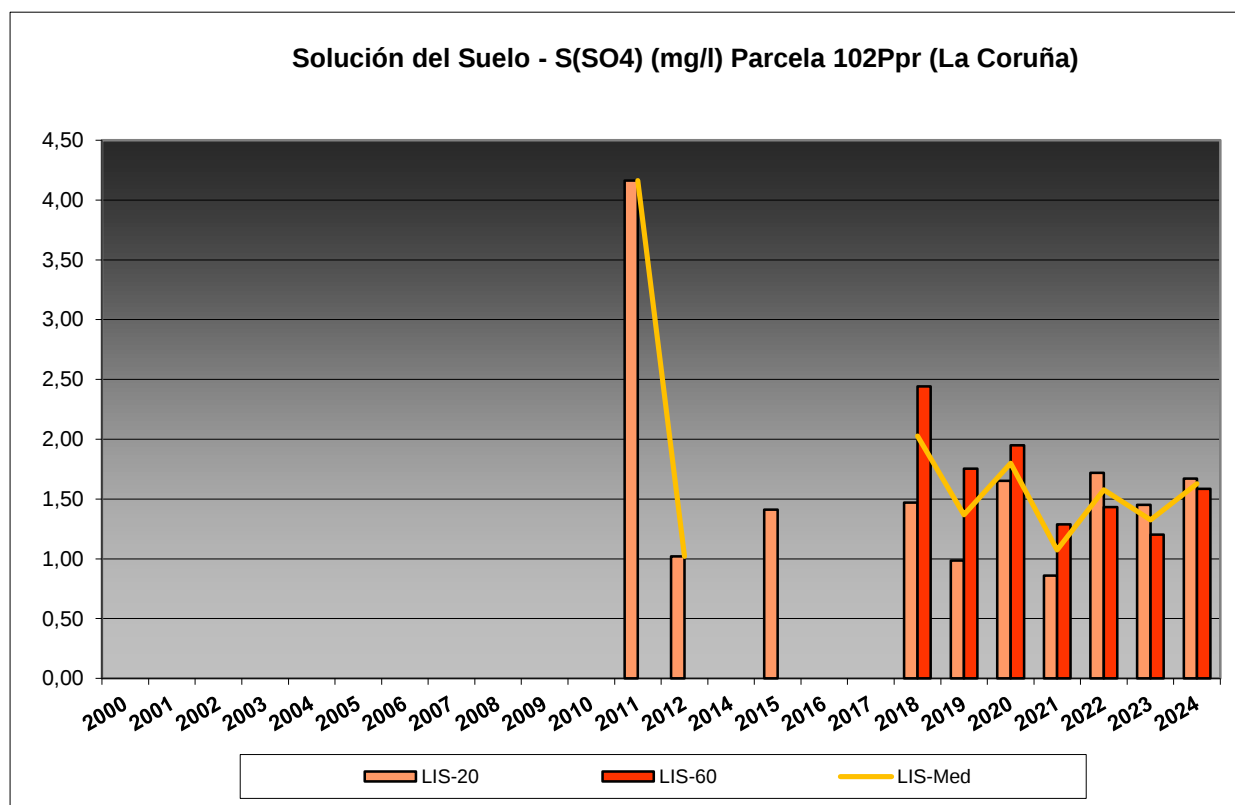
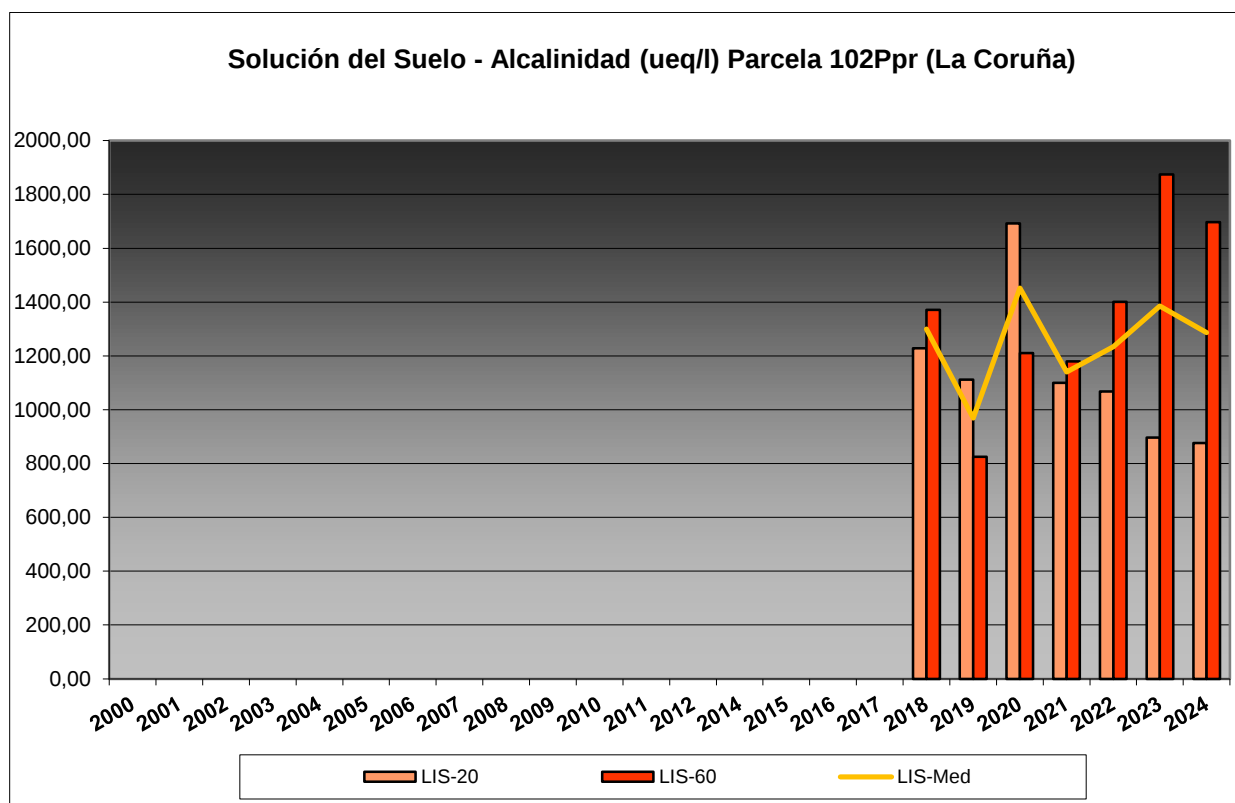
FIG 43: Contenido en S(SO₄) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

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

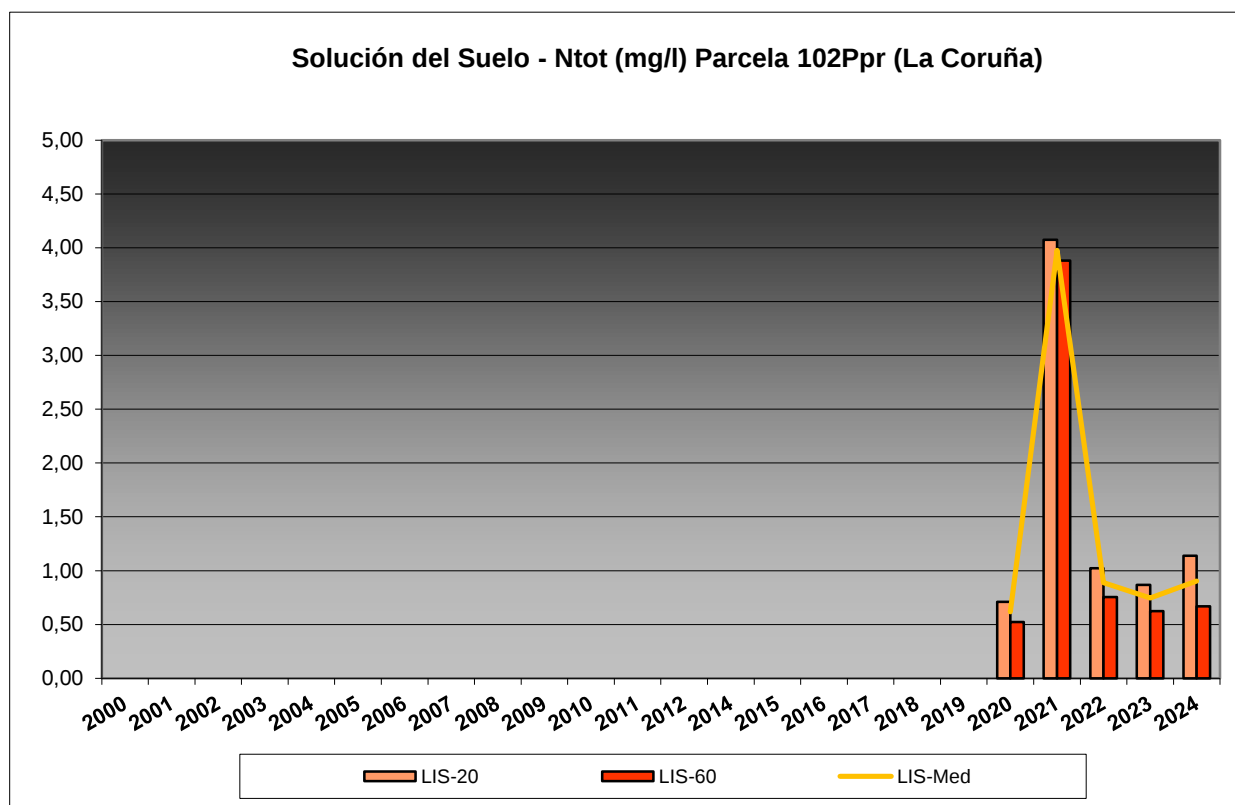


FIG 45: Contenido en N total solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

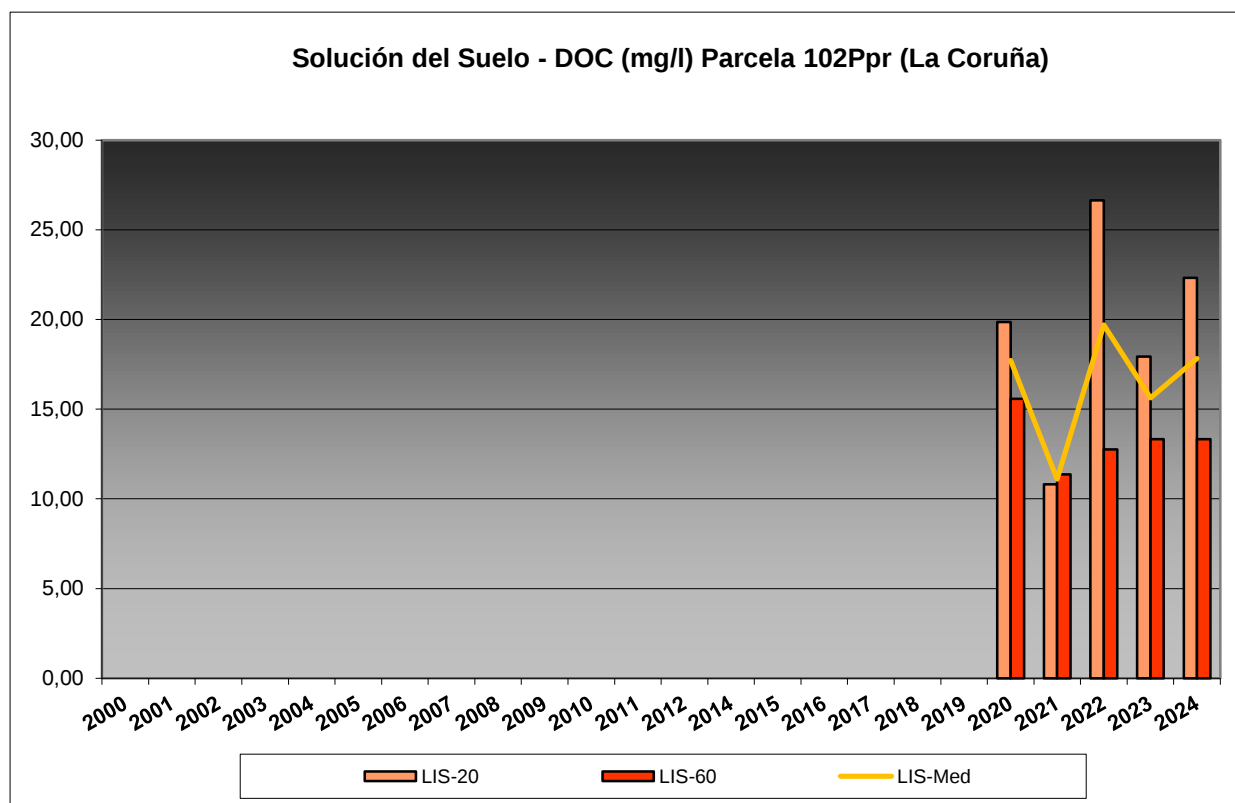


FIG 46: Contenido en C orgánico disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

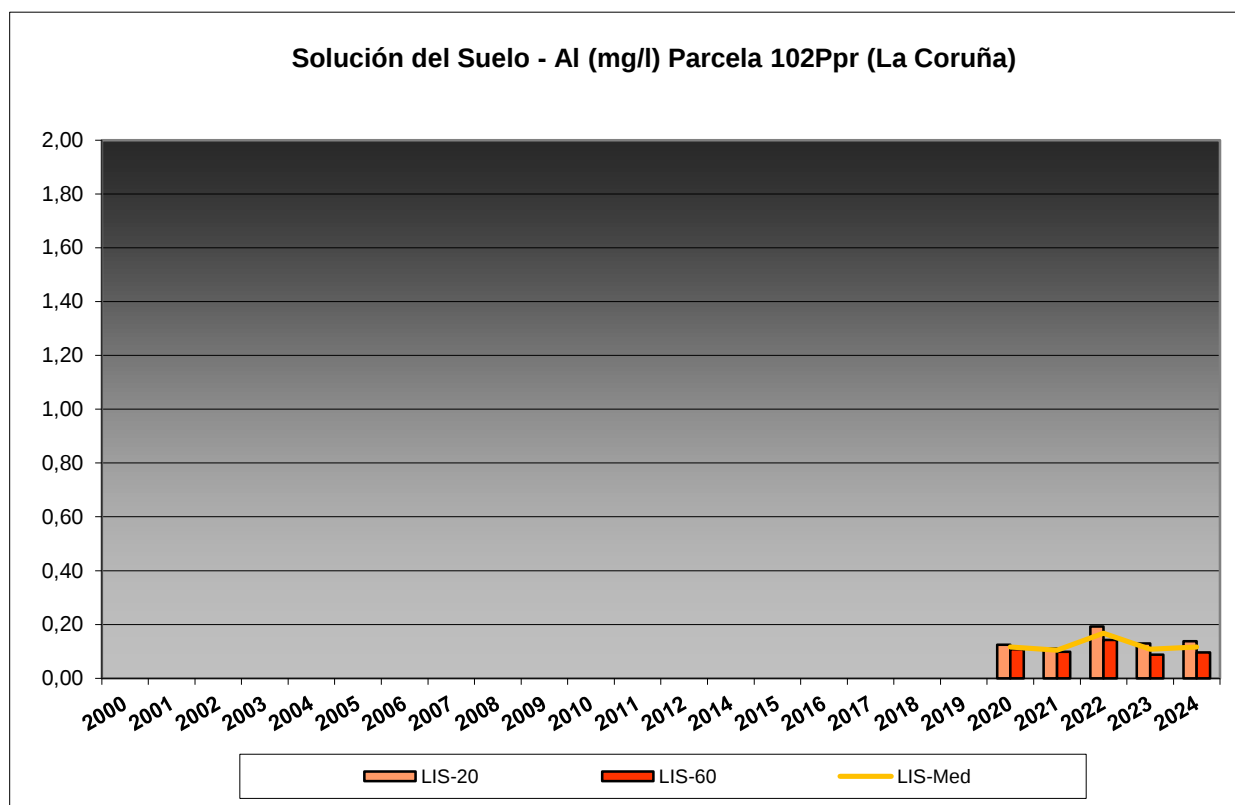


FIG 47: Contenido en Al disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

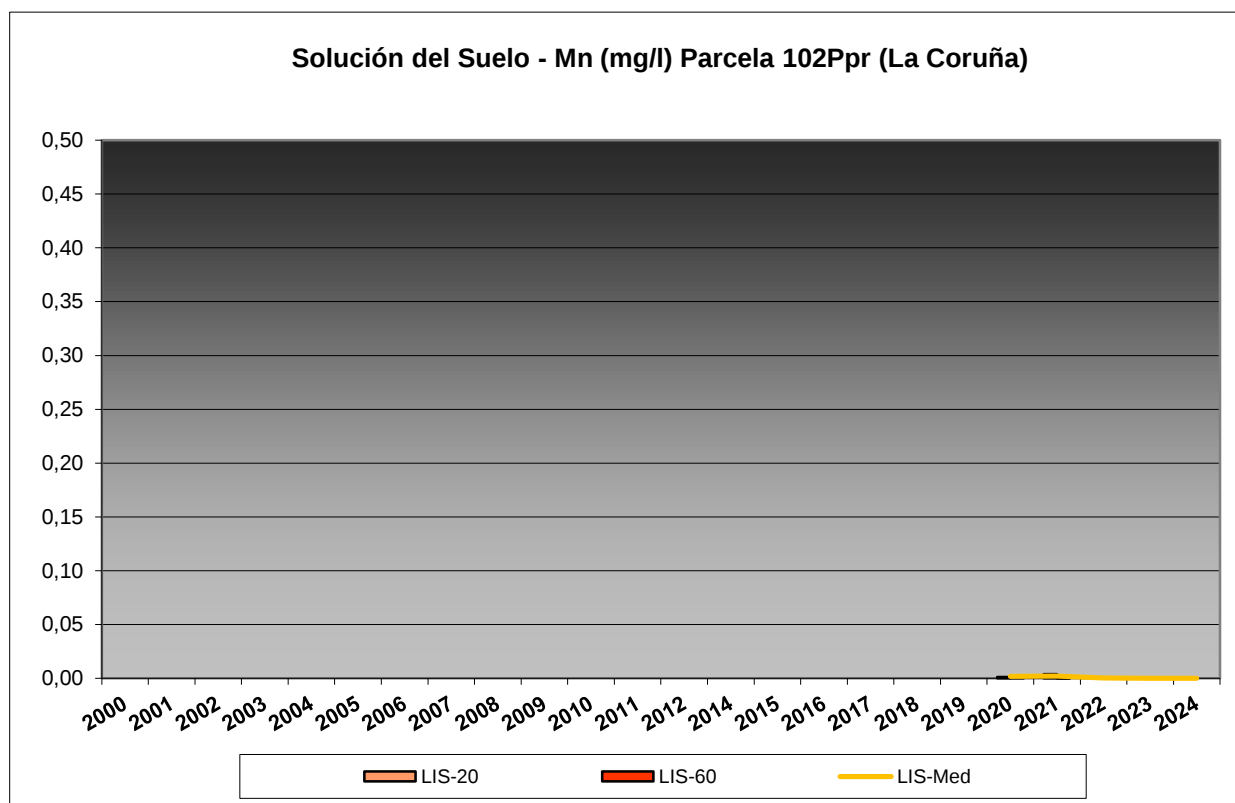


FIG 48: Contenido en Mn disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

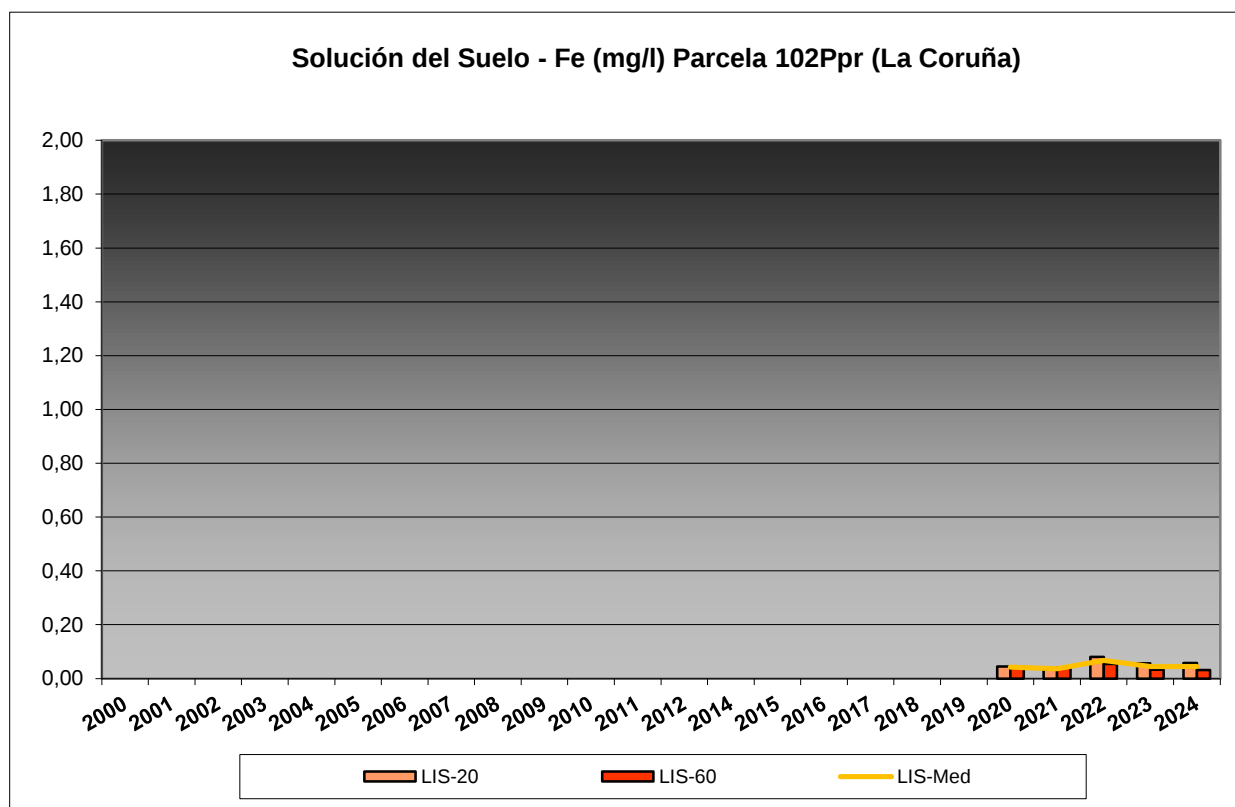


FIG 49: Contenido en Fe disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

En cuanto a la solución del suelo en esta parcela, cabe destacar las dificultades para su obtención, derivadas no tanto de ausencia de precipitaciones, pues en medio atlántico no resulta ser este el factor limitante, sino a las características locales del suelo que presenta poca capacidad de retención de agua; de forma que sólo se han empezado a obtener muestras a 60 cm de profundidad mediante un sistema de bomba de vacío en continuo instalada durante 2018, con lo que la serie temporal disponible es escasa. Se advierte en general niveles estables en el pH con niveles más bajos en superficie y que con valores en el entorno de 7-8 contrastan apreciablemente con la acidez de la precipitación caída que suele moverse en el entorno de 5, mientras se reduce ligeramente la conductividad –más marcada en las muestras más profundas- desde el máximo del año previo. En la presente revisión el comportamiento de los elementos terrígenos es dispar, manteniéndose calcio y magnesio en niveles similares a los de la revisión anterior, mientras se incrementa el potasio. El sodio, y sobre todo el cloro, se reducen durante el último año. Los compuestos nitrogenados, amonio y nitratos, tienen también un comportamiento diferente: con una leve reducción del primero y un incremento más acusado en el segundo, tal como también le ocurre también a los sulfatos, presentando todos ellos mayores tasas a menos profundidad, posiblemente debido al pronunciado lavado del perfil por la lluvia. Por lo que respecta a los metales cabe destacar la ausencia de manganeso a lo largo de todos los años analizados mientras que aluminio y hierro se presentan en concentraciones muy bajas sin apenas variación durante los últimos años.