

20
24



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

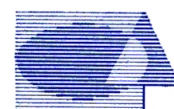
RED DE NIVEL II MEMORIA – 2024

PARCELA 115 Fs (NAVARRA)



DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES
Y DESERTIFICACIÓN

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



Tecmena, S.L.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

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

Índice

1. Situación de la parcela	1
2. Caracterización de la parcela	2
2.1. Climatología	2
2.2. Geología y suelos	2
2.3. Vegetación	4
2.4. Caracterización forestal y dasométrica	4
3. Estado fitosanitario de la parcela	5
3.1. Defoliación y decoloración	5
3.2. Daños forestales	7
4. Instrumentación	19
5. Deposición atmosférica	21
5.1. pH	22
5.2. Conductividad	24
5.3. Potasio	25
5.4. Calcio	26
5.5. Magnesio	28
5.6. Sodio	29
5.7. Amonio	30
5.8. Cloro	31
5.9. Nitratos	33
5.10. Sulfatos	34
5.11. Alcalinidad.....	35
5.12. Nitrógeno total	37
5.13. Carbono orgánico disuelto.....	38
5.14. Aluminio	39
5.15. Manganeseo.....	40
5.16. Hierro.....	41
5.17. Interpretación de resultados	42
6. Calidad del aire. Inmisión	44
7. Análisis foliar	46
7.1. Macronutrientes	46
7.2. Micronutrientes	47
7.3. Interpretación de resultados	48
8. Desfronde	49
9. Fenología	52
10. Cintas diamétricas	55
11. Meteorología	56
12. Índice de Área Foliar	58
13. Solución del suelo	60

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Características de la parcela.

TABLA 2: Datos meteorológicos parcela.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

TABLA 4: Características dasométricas

TABLA 5: Distribución de agentes dañinos en la parcela

TABLA 6: Distribución de síntomas y signos en la parcela

TABLA 7: Relación entre agentes, síntomas y signos observados

TABLA 8: Equipos de medición instalados

TABLA 9: Parámetros descriptores de la deposición atmosférica

TABLA 10: Caracterización pH

TABLA 11: Caracterización conductividad

TABLA 12: Caracterización potasio

TABLA 13: Caracterización calcio

TABLA 14: Caracterización magnesio
TABLA 15: Caracterización sodio
TABLA 16: Caracterización amonio
TABLA 17: Caracterización cloro
TABLA 18: Caracterización nitratos
TABLA 19: Caracterización sulfatos
TABLA 20: Caracterización alcalinidad
TABLA 21: Caracterización nitrógeno total
TABLA 22: Caracterización carbono orgánico disuelto
TABLA 23: Caracterización aluminio
TABLA 24: Caracterización manganeso
TABLA 25: Caracterización hierro
TABLA 26: Valores de referencia de inmisión atmosférica
TABLA 27: Inmisión atmosférica
TABLA 28: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Macronutrientes
TABLA 29: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Micronutrientes
TABLA 30: Resultados medios del análisis de desfronde
TABLA 31: Resultados de la evaluación fenológica
TABLA 32: Valor medio dendrómetros
TABLA 33: Valores medios meteorológicos
TABLA 34: Parámetros de estrés meteorológico
TABLA 35: Índices de Área Foliar
TABLA 36: Resultados de análisis de la solución del suelo

INDICE DE FIGURAS

FIG 1: Posición y vistas de la parcela
FIG 2: Climodiagrama de la parcela
FIG 3: Caracterización dasométrica de la parcela
FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media
FIG 5: Tipos de defoliación
FIG 6: Daños forestales
FIG 7: Instrumentación
FIG 8: Variación temporal de pH
FIG 9: Variación temporal de conductividad
FIG 10: Variación temporal de potasio
FIG 11: Variación temporal de calcio
FIG 12: Variación temporal de magnesio
FIG 13: Variación temporal de sodio
FIG 14: Variación temporal de amonio
FIG 15: Variación temporal de cloro
FIG 16: Variación temporal de nitratos
FIG 17: Variación temporal de sulfatos
FIG 18: Variación temporal de alcalinidad
FIG 19: Variación temporal de nitrógeno total
FIG 20: Variación temporal de carbono orgánico disuelto
FIG 21: Variación temporal de aluminio
FIG 22: Variación temporal de manganeso
FIG 23: Variación temporal de hierro
FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros
FIG 25: Evolución de macronutrientes
FIG 26: Evolución de micronutrientes
FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica
FIG 28: Fases fenológicas. Inicio de fase
FIG 29: Fases fenológicas
FIG 30: Crecimiento diametral anual. Crecimientos mensuales dendrómetros y media parcela
FIG 31: Principales variables meteorológicas

FIG 32: Índices de Área Foliar

FIG 33: Fotos hemisféricas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

FIG 49: Variación temporal de hierro de la solución del suelo

1. Situación de la parcela.

La parcela representa el hayedo de *Fagus sylvatica* del Sector Cántabro-Euscaldún de la Provincia Cantabroatlántica (Rivas-Martínez).

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	LTER
115 Fs	<i>Fagus sylvatica</i>	Navarra	Burguete	23/07/2008	ES-024

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+42°60'00"	-01°20'00"	634.000	4.762.000	900	5	Este	Ausobi

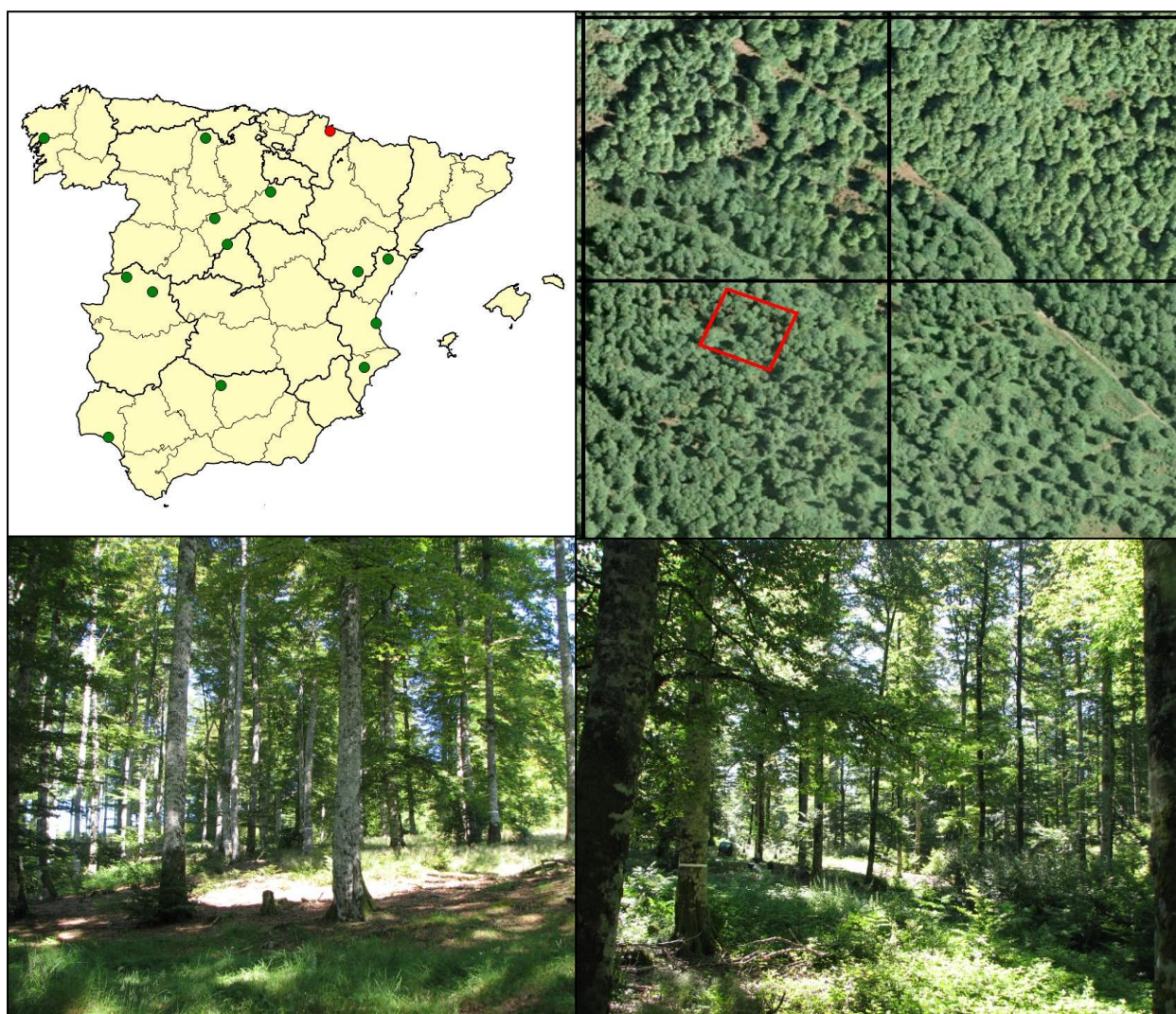


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 115 Fs.

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)	2,5	3,3	5,2	7,2	10,3	14,2	17	16,6	14,4	10,4	5,9	3,3	9,2
P(mm)	199	178	180	161	165	86	61	81	100	174	200	202	1787
T. Media Máximas Mes más Cálido							23,7						
	-1.7	T. Media Mínimas Mes más Frío											

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

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

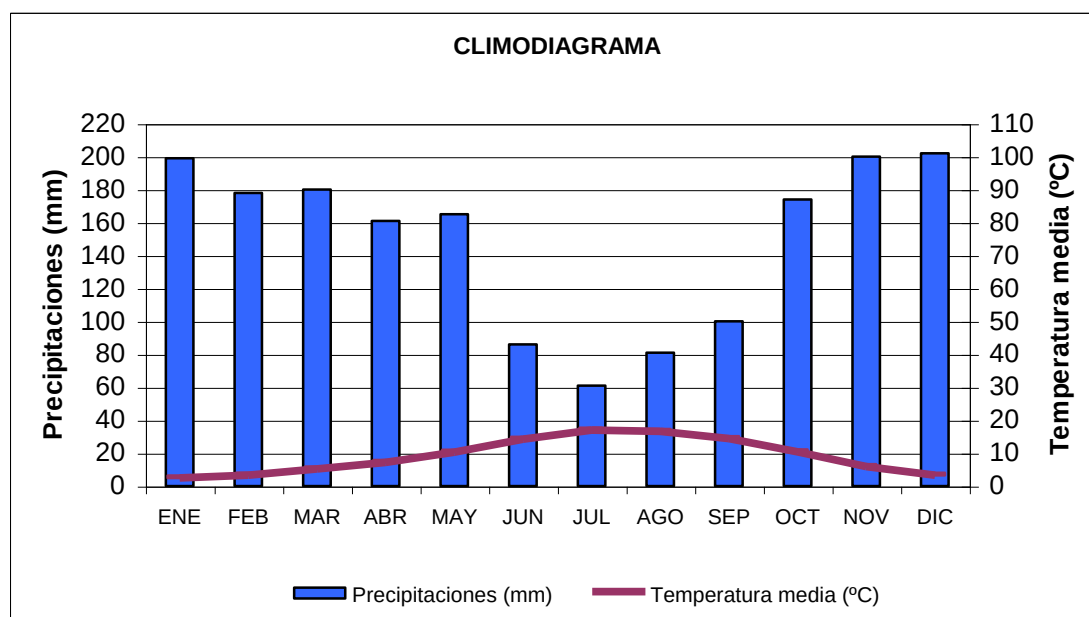


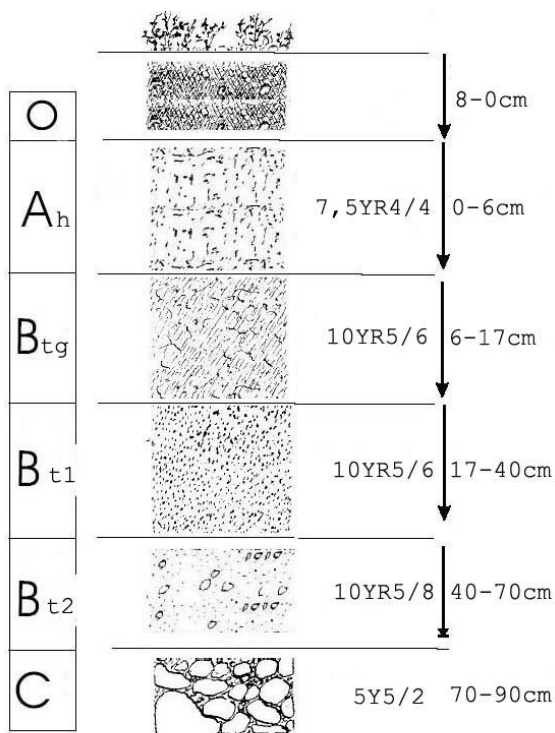
FIG 2: Climodiagrama de la parcela

2.2. Geología y Suelos.

Litología: limolita.

Edafología: Alisol haplico(Acrisol haplico/Luvisol haplico).

La parcela situada en un valle de alta montaña, tiene topografía llana y como sustrato geológico una roca sedimentaria blanda de tipo limonita. El suelo que caracteriza esta parcela tiene como propiedades más destacadas la textura arcillosa, la gran actividad de la fauna edáfica y el moderado espesor. La gran actividad de la fauna y el potente horizonte O son aspectos en principio antitéticos, pero hay que tener en cuenta la gran cantidad de biomasa que el hayedo aporta al suelo.



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
O	8-0	Material orgánico en el que se diferencia la hojarasca del año parcialmente descompuesta y otra capa inferior con un grado de fermentación mucho mas avanzado
A _h	0-6	Pardo (75YR4/4), limo arcilloso; grumosa fina, fuerte; muy friable; abundantes raíces, medianas; muy poroso; intensa actividad de la fauna; límite brusco y plano.
B _{tg}	6-17	Pardo amarillento (10YR5/6); 7% de pequeñas manchas pardo rojizas; arcillo limoso; poliédrica angular mediana, moderada; friable; películas de arcilla iluvial, delgadas y zonales; abundantes raíces, medianas; muy poroso; acusados vestigios de macro fauna; límite difuso y plano.
B _{t1}	17-40	Pardo amarillento (10YR5/6); arcillo limosa; poliédrica angular mediana, moderada; friable; películas de arcilla iluvial, delgadas y zonales; abundantes raíces, medianas; poco poroso; acusados vestigios de macro fauna; límite difuso y plano
B _{t2}	40-70	Pardo amarillento (10YR5/8); arcillosa; poliédrica angular fina, moderada; friable; películas de arcilla iluvial, delgadas y zonales; abundantes raíces, medianas; poco poroso; acusados vestigios de macro fauna; límite brusco y plano.
C _g	70-90	Oliva grisáceo (5Y5/2); arcilloso; estructura de roca; películas de arcilla iluvial, moderadamente espesas y continuas; frecuentes raíces, medianas; poco poroso; 3% de pequeños nódulos, negros, blandos; límite brusco y ondulado, pero el horizonte es discontinuo.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Hayedo maduro formado por árboles de 20 a 25 m de altura que cubren el 50% de la superficie, junto con ejemplares de regenerado que alcanzan bastante potencia y zarzal denso sobre todo en la zona occidental de la parcela, en una zona de pequeña vaguada en la que tiende a acumularse la humedad.

En las inmediaciones de los límites se han localizado *Crocus nudiflorus* y *Pinus sylvestris*, especies no encontradas dentro de la parcela.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	50,0	<i>Carex ferruginea</i> Scop.	+
<i>Fagus sylvatica</i> L.	50,0	<i>Fagus sylvatica</i> L.	+
ESTRATO ARBUSTIVO	95,5	<i>Rubus caesius</i> L.	+
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	+	<i>Rubus</i> sp.	+
<i>Fagus sylvatica</i> L.	95,0	<i>Scilla lilio-hyacinthus</i> L.	+
<i>Ilex aquifolium</i> L.	+	<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz	+
<i>Rosa canina</i> L.	+	<i>Sorbus aucuparia</i> L.	+
<i>Salix atrocinerea</i> Brot.	+	ESTRATO MUSCINAL-LIQUENICO	0,5
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	1,5	<i>Polytrichum formosum</i> Hedw.	+
<i>Agrostis capillaris</i> L.	+	<i>Thuidium tamariscinum</i> (Hedw.) Schimp.	+
<i>Arum maculatum</i> L.	+		

Vegetación potencial: La parcela se encuentra en la serie 5g Serie montana cantabro-euskalduna y pyrenaica occidental acidofila del haya o *Fagus sylvatica* (*Saxifraga hirsutae*-*Fageto sigmetum*).

2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de haya 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, fijación de carbono (partes aérea y radical). Existencias según

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	38	152	38	0	1	81-100	51,13	31,85	51,66	31,52	32,12	61,98	31,08

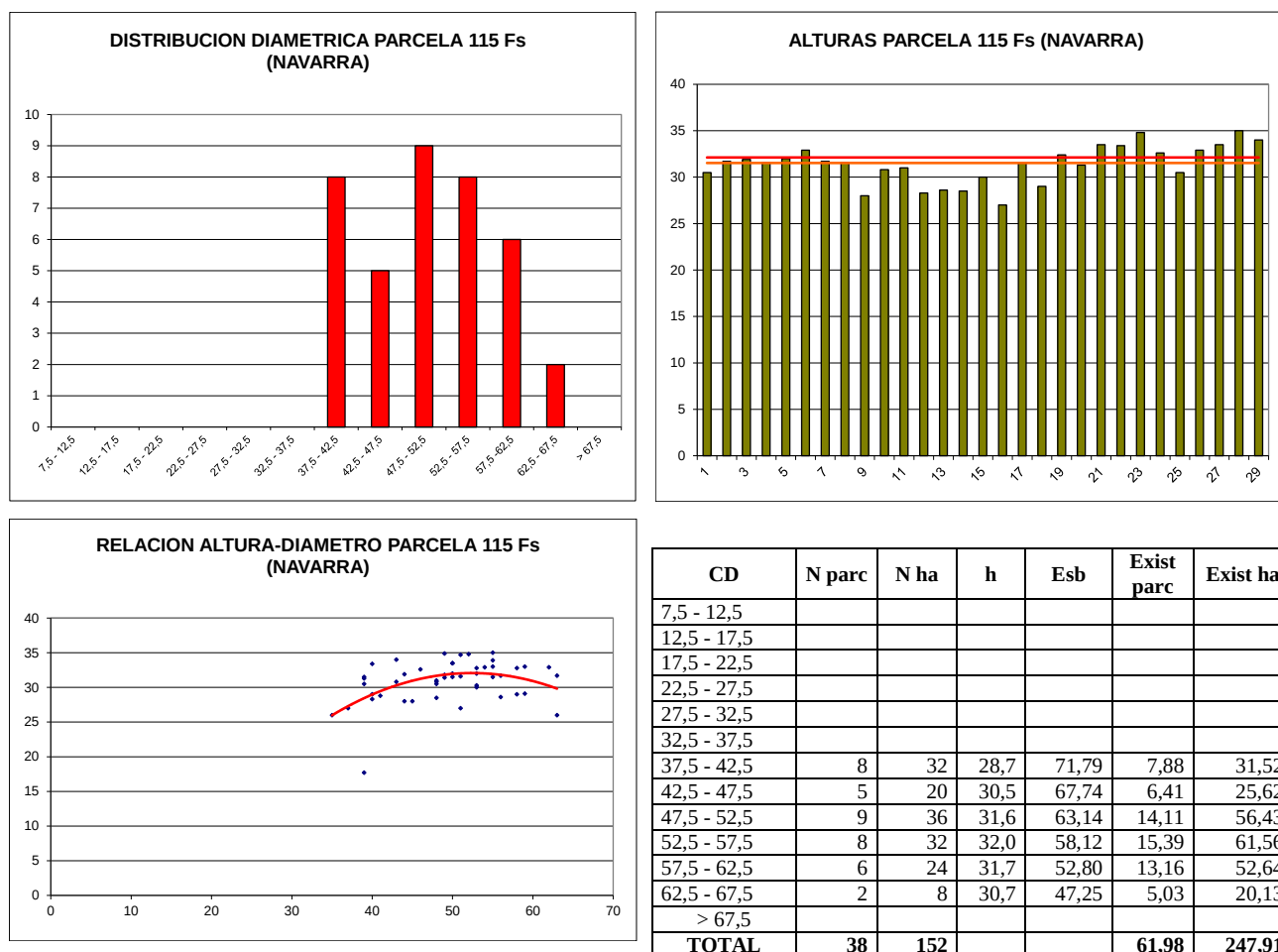


FIG 3: Distribución diamétrica de la parcela; distribución de alturas y comparación con las alturas media y dominante; relación de alturas-diámetros; frecuencias, alturas, esbelteces y existencias por clase diamétrica.

3. Estado fitosanitario de la parcela.

3.1. Defoliación y decoloración.

En la presente revisión, la parcela presenta muy buen estado fitosanitario, con una defoliación media del 16,53%, dentro por tanto de la escala de daños ligeros y próxima al umbral inferior de la misma, categoría en la que se han calificado casi el 95% de los pies, en lo que supone una mejoría con respecto a la pasada revisión, con una reducción del parámetro de algo más de dos puntos porcentuales, inferior por tanto al umbral de cinco puntos que supondría una variación estadísticamente significativa de acuerdo a la normativa europea en materia de redes forestales.

Atendiendo a la serie histórica de datos, escasa por la corta de la parcela original 15Fs en 2007 dentro del normal aprovechamiento forestal de la zona, y superado el pequeño decaimiento observado en la revisión del año 2014, parece recuperarse el comportamiento estable del arbolado, con defoliaciones en torno a valores del 20% y escasa representación de las clases de daño moderadas, sólo interrumpido en la revisión del año 2010. Durante la presente revisión se advierte la menor defoliación de la serie histórica y la relativa abundancia de pies calificados como sin daños o con una defoliación inferior al 15%, destacando únicamente la muerte de un pie que se calificó con daños graves durante los dos años anteriores a la evaluación.

La decoloración, el segundo gran parámetro definitorio del estado de salud del arbolado, se reduce apreciablemente respecto a la revisión del año previo, apareciendo en un par de pies aislados y siempre en grado ligero.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

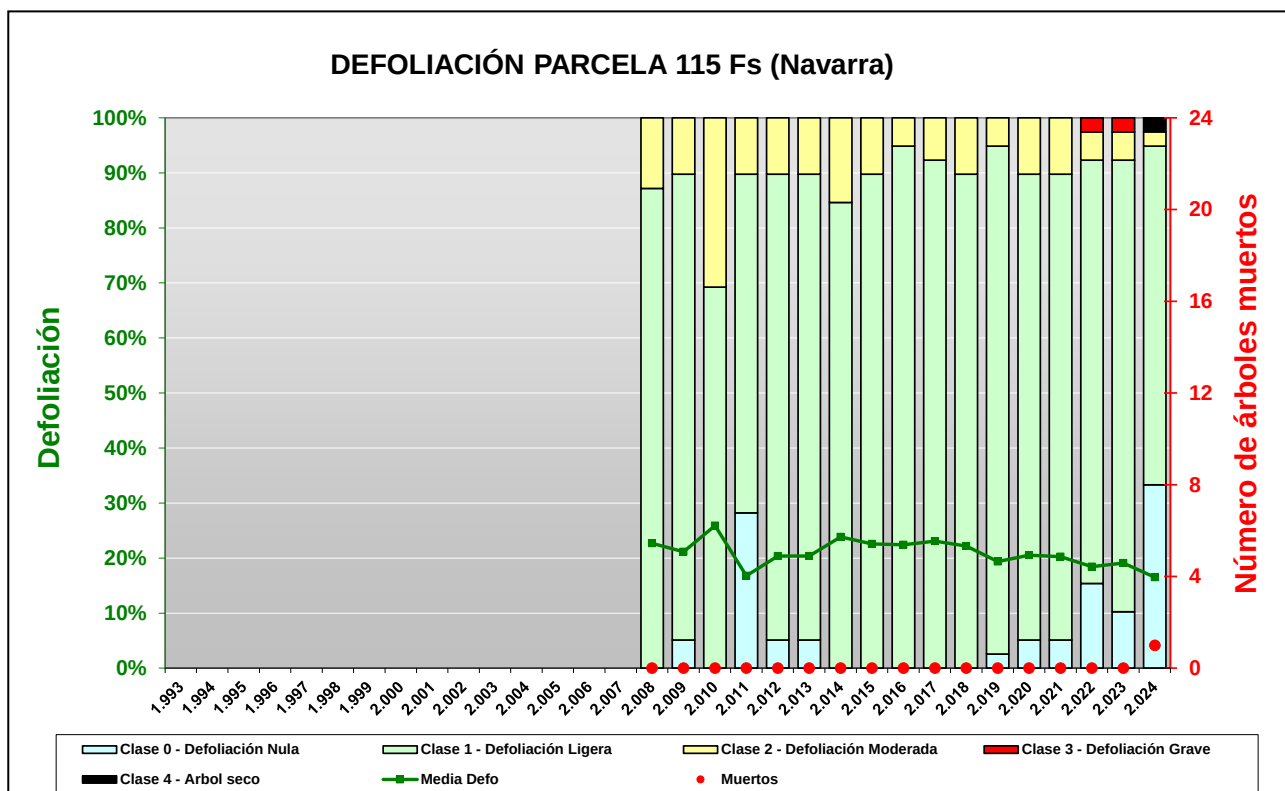


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



FIG 5: Defoliación 15%, 35% 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	2	1,00	8	5,26	15,00	0,00	-1,54	-0,15	51,50	31,10	0,37	-0,42
Hojas	2	1,00	8	5,26	15,00	0,00	-1,54	-0,15	51,50	31,10	0,37	-0,42
Chupadores	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	57,00	32,00	5,87	0,48
<i>Pulgones</i>	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	57,00	32,00	5,87	0,48
Hojas	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	57,00	32,00	5,87	0,48
Minadores	17	1,00	68	44,74	14,71	0,06	-1,83	-0,09	53,35	31,17	2,22	-0,35
<i>Rhynchaenus fagi</i>	17	1,00	68	44,74	14,71	0,06	-1,83	-0,09	53,35	31,17	2,22	-0,35
Hojas	17	1,00	68	44,74	14,71	0,06	-1,83	-0,09	53,35	31,17	2,22	-0,35
Form. Agallas	3	1,00	12	7,89	11,67	0,00	-4,87	-0,15	44,00	31,60	-7,13	0,08
<i>Hartigiola annulipes</i>	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	42,00	33,40	-9,13	1,88
Hojas	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	42,00	33,40	-9,13	1,88
<i>Mikiola fagi</i>	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	45,00	30,70	-6,13	-0,82
Hojas	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	45,00	30,70	-6,13	-0,82
ENFERMEDADES												
Hongos pudrición	10	1,10	40	26,32	14,50	0,00	-2,04	-0,15	53,00	32,67	1,87	1,15

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Cuello raíz	10	1,10	40	26,32	14,50	0,00	-2,04	-0,15	53,00	32,67	1,87	1,15
Manchas hojas	8	1,00	32	21,05	13,13	0,00	-3,42	-0,15	52,00	30,88	0,87	-0,65
Hojas	8	1,00	32	21,05	13,13	0,00	-3,42	-0,15	52,00	30,88	0,87	-0,65
AG.ABIÓTICOS												
Fact. físicos	14	1,07	56	36,84	15,36	0,07	-1,18	-0,08	52,71	32,90	1,58	1,38
Ramillos <2 cm	9	1,00	36	23,68	15,00	0,00	-1,54	-0,15	53,00	32,27	1,87	0,75
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	2,63	20,00	0,00	3,46	-0,15	62,00	33,00	10,87	1,48
Ramas tam. variable	2	1,50	8	5,26	20,00	0,50	3,46	0,35	51,50	34,50	0,37	2,98
Tronco en copa	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	54,00	34,80	2,87	3,28
Cuello raíz	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	42,00	33,40	-9,13	1,88
Calor	11	1,00	44	28,95	15,45	0,09	-1,09	-0,06	50,00	31,57	-1,13	0,05
Hojas	11	1,00	44	28,95	15,45	0,09	-1,09	-0,06	50,00	31,57	-1,13	0,05
Nieve/Hielo	1	2,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	50,00	30,80	-1,13	-0,72
Cuello raíz	1	2,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	50,00	30,80	-1,13	-0,72
Viento/Tornado	2	1,00	8	5,26	17,50	0,00	0,96	-0,15	51,50	33,65	0,37	2,13
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	48,00	32,60	-3,13	1,08
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	2,63	20,00	0,00	3,46	-0,15	55,00	34,70	3,87	3,18
Otros fact.abióticos	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	47,00	31,90	-4,13	0,38
Cuello raíz	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	47,00	31,90	-4,13	0,38
ANTRÓPICOS												
Op. en pies próximos	16	1,19	64	42,11	13,13	0,00	-3,42	-0,15	49,38	31,28	-1,76	-0,24
Tronco	3	1,67	12	7,89	11,67	0,00	-4,87	-0,15	46,00	31,83	-5,13	0,31
Cuello raíz	10	1,00	40	26,32	13,50	0,00	-3,04	-0,15	49,60	30,61	-1,53	-0,91
Tronco completo	3	1,33	12	7,89	13,33	0,00	-3,21	-0,15	52,00	32,97	0,87	1,45
Daños mecánicos/vehículos	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	54,50	34,25	3,37	2,73
Cuello raíz	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	54,50	34,25	3,37	2,73
Const. caminos	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	50,00	30,80	-1,13	-0,72
Tronco	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	50,00	30,80	-1,13	-0,72
Otros daños antrópicos	2	1,00	8	5,26	17,50	0,50	0,96	0,35	58,00	31,85	6,87	0,33
Tronco	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	57,00	32,00	5,87	0,48
Cuello raíz	1	1,00	4	2,63	20,00	1,00	3,46	0,85	59,00	31,70	7,87	0,18
OTROS DAÑOS												
Falta luz	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	65,00	31,70	13,87	0,18
Ramas tam. variable	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	65,00	31,70	13,87	0,18
Inter.físicas	4	1,00	16	10,53	11,25	0,00	-5,29	-0,15	45,50	30,53	-5,63	-1,00
Ramillos <2 cm	2	1,00	8	5,26	10,00	0,00	-6,54	-0,15	41,00	30,15	-10,13	-1,37
Ramas tam. variable	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	50,00	30,90	-1,13	-0,62
Compet/Espesura	1	4,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	40,00	31,30	-11,13	-0,22
Tronco	1	4,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	40,00	31,30	-11,13	-0,22
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	24	1,13	96	63,16	15,63	0,13	-0,91	-0,03	51,75	32,30	0,62	0,78
Hojas	11	1,18	44	28,95	17,73	0,18	1,19	0,03	52,82	33,00	1,69	1,48
Ramillos <2 cm	4	1,00	16	10,53	13,75	0,00	-2,79	-0,15	51,50	30,88	0,37	-0,65
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	51,00	33,50	-0,13	1,98
Ramas tam. variable	2	1,50	8	5,26	15,00	0,50	-1,54	0,35	50,50	32,55	-0,63	1,03
Tronco	5	1,00	20	13,16	13,00	0,00	-3,54	-0,15	50,20	31,32	-0,93	-0,20
Cuello raíz	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	52,00	33,50	0,87	1,98

En cuanto a la presencia de agente dañinos identificados, destaca en primer lugar la presencia del curculiónido ***Rhynchaenus fagi*** sobre casi el 45% de los pies, reduciéndose considerablemente con respecto a la revisión anterior y de quien pueden verse las clásicas minaduras triangulares en el ápice foliar progresando desde el nervio central debidas a la alimentación de la fase larvaria, junto con agujeros de perdigonado ocasionados por la alimentación de la fase adulta del insecto, así como mordeduras a lo largo del margen. Se advierte también la presencia de agallícolas tales como el cecidómido ***Mikiola fagi***, de quien se ven los habituales engrosamientos piriformes en el haz foliar de los que emergerán los adultos de la siguiente generación en la primavera siguiente, en niveles muy similares a los del año previo, mientras que se observa de nuevo al agallícola ***Hartigiola annulipes*** ausente en la revisión previa. Se advierte también algún caso aislado de **chupadores** asociados a punteaduras amarillentas en las hojas en las zonas donde ha introducido el aparato suctor para alimentarse, sin mayor trascendencia fitosanitaria pero que se reducen apreciablemente respecto a la evaluación previa.

Se han observado también unos pocos ejemplares sueltos con signos de **podriciones** en el tronco, aunque sin aparecer tampoco asociadas a daños forestales de consideración, toda vez que la elevada humedad de la estación favorece su desarrollo, hasta afectar a algo más de la cuarta parte de la población, en una lenta pero sostenida expansión durante los últimos años. En la presente revisión se advierte también la presencia de **hongos foliares** que parecen incrementarse durante los últimos años, y que ligados a bronceados parciales no parecen tener mayor trascendencia fitosanitaria.

En cuanto a los daños por agentes abióticos destacan en primer lugar rizados o plegamientos de las hojas a lo largo del nervio central ligados a las altas temperaturas estivales, toda vez que la precipitación caída desde comienzos de año y hasta el momento de la evaluación supera los 1200 mm lo que parece descartar la sequía como explicación del fenómeno. Pueden verse también pequeños daños mecánicos en forma de roturas de ramas debidos a la acción de **viento** o **nevadas** muy frecuentes en la zona, mientras que se advierten puntisecados en ramillas y daños o heridas de tracción en los troncos causados por otros agentes abióticos no determinados, sin mayor trascendencia fitosanitaria en ningún caso.

Se advierten también **daños antrópicos** en casi la mitad de las hayas evaluadas, asociados sobre todo a heridas en los troncos por antiguas operaciones de corta y saca planificadas, dentro del normal aprovechamiento forestal de la masa, que en algún caso aparecen asociados a alguna defoliación superior a los valores medios de la parcela sobre algún tronco de dimensiones superiores al vuelo medio. En la mayoría de los casos se trata de heridas antiguas ya cicatrizadas y sin mayor relevancia fitosanitaria que su mera cita.

En una especie tan esciadófila como el haya, no es de extrañar la práctica ausencia de daños por competencia o falta de luz, tan habituales en otro tipo de masas, apareciendo tan sólo algún ejemplar afectado por **interacciones físicas**, en las que el pie afectado tiene dificultades para expandir sus ramas al dificultarlo la cercanía de los pies próximos, sin aparecer asociado a algún daño forestal digno de mención.

Sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se han observado también decoloraciones amarillentas de distinta naturaleza en parte de las hojas, junto con alguna caída prematura, **puntisecados** en ramillos, junto con alguna **tumoración** y algunas **fendas y tumoraciones** en los troncos, posiblemente relacionadas con fenómenos de expansión/contracción por diferencias de temperatura, no asociadas a daños forestales de consideración, y habituales en especies de corteza fina como el haya.

El conjunto de **síntomas y signos** observados se resume en la tabla adjunta.

TABLA 6: Distribución de síntomas y signos en la parcela: pies afectados (Npar), Extensión de los daños en clases de porcentajes en grado de 1 a 7 (Extensión), pies afectados por ha (N/ha), porcentaje de pies afectados (%), defoliación y decoloración de los pies afectados por cada agente (Defo/Deco), diferencia de las defoliaciones y decoloraciones con las medias de la parcela (DifDefo y DifDeco, marcados en **rojo** si el valor de los pies afectados es superior al valor medio de la parcela y en **verde** en caso contrario), diámetro (Diam) y altura medias (Alt) de los pies afectados por cada agente y diferencias con los valores medios de la parcela (DifDiam y DifAlt).

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
HOJAS/ACÍCULAS												
Hojas	53	1,04	212	100,00	15,09	0,08	-1,45	-0,07	51,81	31,63	0,68	0,11
Comidos/perdidos	22	1,05	88	57,89	15,23	0,05	-1,31	-0,10	53,18	31,48	2,05	-0,04
Agujeros/Parc. comidas	18	1,00	72	47,37	14,72	0,06	-1,82	-0,09	53,83	31,20	2,70	-0,32
Minadas	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	41,00	30,50	-10,13	-1,02
Caída prematura	3	1,33	12	7,89	18,33	0,00	1,79	-0,15	53,33	33,50	2,20	1,98
Dec. Verde-amarillo	9	1,11	36	23,68	17,22	0,22	0,68	0,07	53,11	32,72	1,98	1,20
Completa	4	1,25	16	10,53	18,75	0,50	2,21	0,35	51,50	32,90	0,37	1,38
Punteado	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	57,00	32,00	5,87	0,48
Parcial	4	1,00	16	10,53	16,25	0,00	-0,29	-0,15	53,75	32,73	2,62	1,20
Dec. Rojo-marrón	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	65,00	31,70	13,87	0,18
Parcial	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	65,00	31,70	13,87	0,18
Bronceado	7	1,00	28	18,42	12,86	0,00	-3,68	-0,15	50,14	30,76	-0,99	-0,76
Parcial	7	1,00	28	18,42	12,86	0,00	-3,68	-0,15	50,14	30,76	-0,99	-0,76
Deformaciones	14	1,00	56	36,84	14,64	0,07	-1,90	-0,08	48,71	31,58	-2,42	0,06
Rizadas	11	1,00	44	28,95	15,45	0,09	-1,09	-0,06	50,00	31,57	-1,13	0,05
Agallas	3	1,00	12	7,89	11,67	0,00	-4,87	-0,15	44,00	31,60	-7,13	0,08
RAMAS/BROTES												
Ramillos <2 cm	16	1,00	64	42,11	14,06	0,00	-2,48	-0,15	50,81	31,68	-0,32	0,15
Rotura	4	1,00	16	10,53	12,50	0,00	-4,04	-0,15	44,00	30,93	-7,13	-0,60
Muerto/moribundo	12	1,00	48	31,58	14,58	0,00	-1,96	-0,15	53,08	31,93	1,95	0,40
Ramas 2-10 cm	3	1,00	12	7,89	18,33	0,00	1,79	-0,15	56,00	33,73	4,87	2,21
Rotura	1	1,00	4	2,63	20,00	0,00	3,46	-0,15	55,00	34,70	3,87	3,18
Muerto/moribundo	2	1,00	8	5,26	17,50	0,00	0,96	-0,15	56,50	33,25	5,37	1,73
Ramas tam. variable	7	1,29	28	18,42	15,71	0,29	-0,83	0,14	52,71	32,51	1,58	0,99
Rotura	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	50,00	30,90	-1,13	-0,62
Muerto/moribundo	5	1,40	20	13,16	17,00	0,40	0,46	0,25	53,80	33,16	2,67	1,64
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	54,00	34,80	2,87	3,28
Heridas	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	54,00	34,80	2,87	3,28
Grietas	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	54,00	34,80	2,87	3,28
Tronco	11	1,45	44	28,95	12,27	0,00	-4,27	-0,15	48,73	31,47	-2,40	-0,05
Deformaciones	3	1,00	12	7,89	13,33	0,00	-3,21	-0,15	47,33	31,03	-3,80	-0,49
Fendas longitudinales	3	1,00	12	7,89	13,33	0,00	-3,21	-0,15	47,33	31,03	-3,80	-0,49
Heridas	7	1,29	28	18,42	12,14	0,00	-4,40	-0,15	50,57	31,69	-0,56	0,16
Descortezamientos	3	1,67	12	7,89	13,33	0,00	-3,21	-0,15	46,67	31,97	-4,46	0,45
Grietas	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	54,50	31,75	3,37	0,23
Otras heridas	2	1,00	8	5,26	10,00	0,00	-6,54	-0,15	52,50	31,20	1,37	-0,32
Inclinado	1	4,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	40,00	31,30	-11,13	-0,22
Cuello raíz	27	1,07	108	71,05	13,89	0,04	-2,65	-0,11	51,30	31,95	0,16	0,43
Deformaciones	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	47,00	31,90	-4,13	0,38
Fendas longitudinales	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	47,00	31,90	-4,13	0,38
Heridas	16	1,06	64	42,11	13,44	0,06	-3,10	-0,09	50,50	31,50	-0,63	-0,02

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Descortezamientos	11	1,00	44	28,95	14,09	0,09	-2,45	-0,06	52,18	31,35	1,05	-0,17
Grietas	2	1,00	8	5,26	12,50	0,00	-4,04	-0,15	47,00	33,45	-4,13	1,93
Otras heridas	3	1,33	12	7,89	11,67	0,00	-4,87	-0,15	46,67	30,73	-4,46	-0,79
Pudriciones	10	1,10	40	26,32	14,50	0,00	-2,04	-0,15	53,00	32,67	1,87	1,15
Tronco completo	3	1,33	12	7,89	13,33	0,00	-3,21	-0,15	52,00	32,97	0,87	1,45
Heridas	3	1,33	12	7,89	13,33	0,00	-3,21	-0,15	52,00	32,97	0,87	1,45
Descortezamientos	1	2,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	57,00	33,90	5,87	2,38
Grietas	1	1,00	4	2,63	10,00	0,00	-6,54	-0,15	51,00	32,40	-0,13	0,88
Otras heridas	1	1,00	4	2,63	15,00	0,00	-1,54	-0,15	48,00	32,60	-3,13	1,08

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

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

	N par	Defoliadores		Chupadores		Minadores		Form. Agallas		Hongos pudrición	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Hojas	53	2	100,00	1	100,00	17	100,00	3	100,00		
Comidos/perdidos	22	2	100,00			17	100,00				
Agujeros/Parc. comidas	18	2	100,00			16	94,12				
Minadas	1					1	5,88				
Caída prematura	3										
Dec. Verde-amarillo	9			1	100,00						
Completa	4										
Punteado	1			1	100,00						
Parcial	4										
Dec. Rojo-marrón	1										
Parcial	1										
Bronceado	7										
Parcial	7										
Deformaciones	14							3	100,00		
Rizadas	11										
Agallas	3							3	100,00		
RAMAS/BROTES											
Ramillos <2 cm	16										
Rotura	4										
Muerto/moribundo	12										
Ramas 2-10 cm	3										
Rotura	1										
Muerto/moribundo	2										
Ramas tam. variable	7										
Rotura	2										
Muerto/moribundo	5										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	1										

	N par	Defoliadores		Chupadores		Minadores		Form. Agallas		Hongos pudrición	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Heridas	1										
Grietas	1										
Tronco	11										
Deformaciones	3										
Fendas longitudinales	3										
Heridas	7										
Descortezamientos	3										
Grietas	2										
Otras heridas	2										
Inclinado	1										
Cuello raíz	27									10	100,00
Deformaciones	1										
Fendas longitudinales	1										
Heridas	16										
Descortezamientos	11										
Grietas	2										
Otras heridas	3										
Pudriciones	10									10	100,00
Tronco completo	3										
Heridas	3										
Descortezamientos	1										
Grietas	1										
Otras heridas	1										

	N par	Manchas hojas		Fact. físicos		Calor		Nieve/ Hielo		Viento/ Tornado	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Hojas	53	8	100,00			11	100,00				
Comidos/perdidos	22										
Agujeros/Parc. comidas	18										
Minadas	1										
Caída prematura	3										
Dec. Verde-amarillo	9										
Completa	4										
Punteado	1										
Parcial	4										
Dec. Rojo-marrón	1	1	12,50								
Parcial	1	1	12,50								
Bronceado	7	7	87,50								
Parcial	7	7	87,50								
Deformaciones	14					11	100,00				
Rizadas	11					11	100,00				
Agallas	3										
RAMAS/BROTES											
Ramillos <2 cm	16			9	64,29					1	50,00

	N par	Manchas hojas		Fact. físicos		Calor		Nieve/ Hielo		Viento/ Tornado	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Rotura	4			1	7,14					1	50,00
Muerto/moribundo	12			8	57,14						
Ramas 2-10 cm	3			1	7,14					1	50,00
Rotura	1									1	50,00
Muerto/moribundo	2			1	7,14						
Ramas tam. variable	7			2	14,29						
Rotura	2										
Muerto/moribundo	5			2	14,29						
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	1			1	7,14						
Heridas	1			1	7,14						
Grietas	1			1	7,14						
Tronco	11										
Deformaciones	3										
Fendas longitudinales	3										
Heridas	7										
Descortezamientos	3										
Grietas	2										
Otras heridas	2										
Inclinado	1										
Cuello raíz	27			1	7,14			1	100,00		
Deformaciones	1										
Fendas longitudinales	1										
Heridas	16			1	7,14			1	100,00		
Descortezamientos	11				0,00						
Grietas	2			1	7,14						
Otras heridas	3							1	100,00		
Pudriciones	10										
Tronco completo	3										
Heridas	3										
Descortezamientos	1										
Grietas	1										
Otras heridas	1										

	N par	Otros fact.abióticos		Op. en pies próximos		Daños mec/ vehículos		Const. caminos		Otros daños antrópicos	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Hojas	53										
Comidos/perdidos	22										
Agujeros/Parc. comidas	18										
Minadas	1										
Caída prematura	3										
Dec. Verde-amarillo	9										
Completa	4										
Punteado	1										

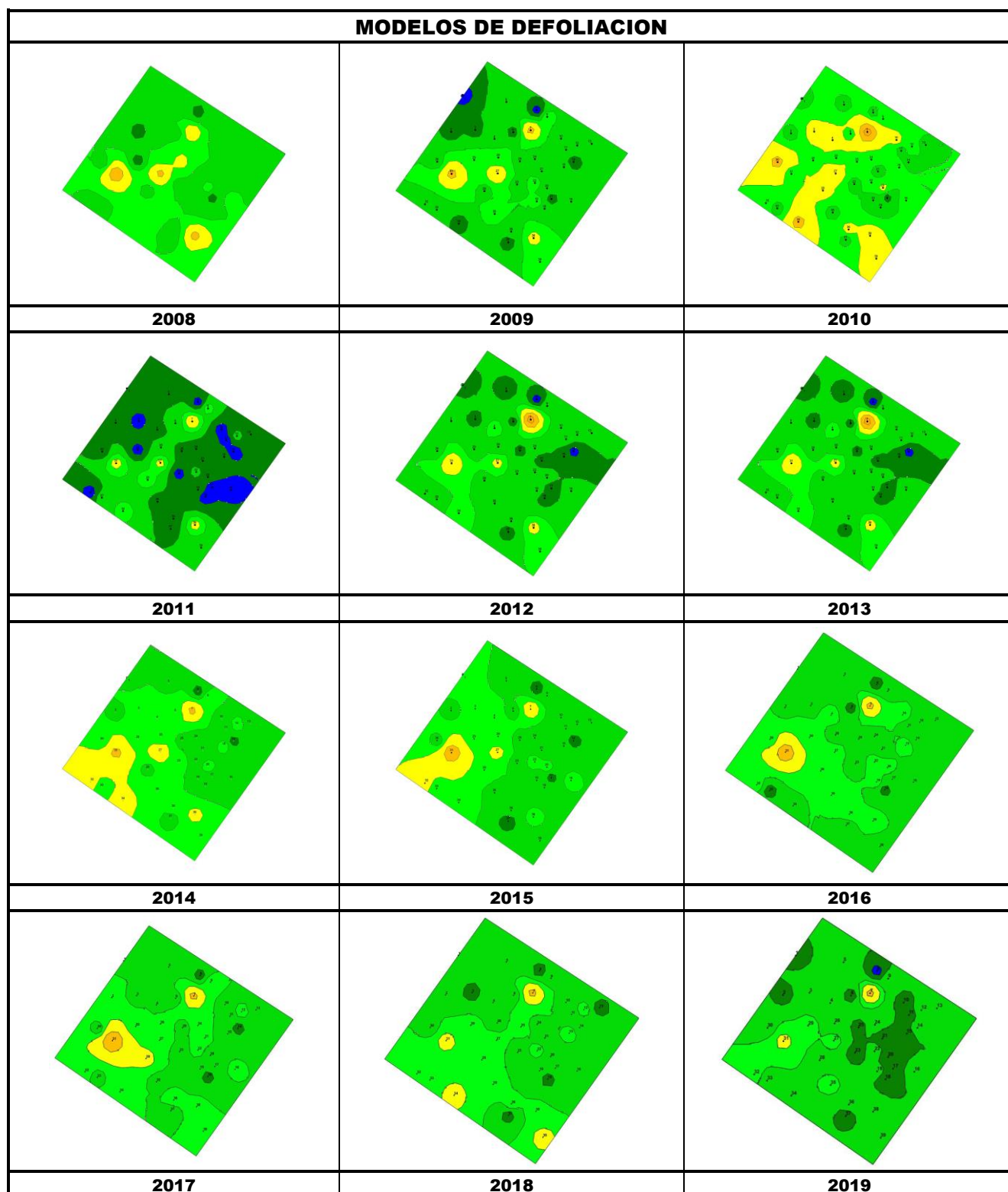
	N par	Otros fact.abióticos		Op. en pies próximos		Daños mec/ vehículos		Const. caminos		Otros daños antrópicos	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Parcial	4										
Dec. Rojo-marrón	1										
Parcial	1										
Bronceado	7										
Parcial	7										
Deformaciones	14										
Rizadas	11										
Agallas	3										
RAMAS/BROTES											
Ramillos <2 cm	16										
Rotura	4										
Muerto/moribundo	12										
Ramas 2-10 cm	3										
Rotura	1										
Muerto/moribundo	2										
Ramas tam. variable	7										
Rotura	2										
Muerto/moribundo	5										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	1										
Heridas	1										
Grietas	1										
Tronco	11			3	18,75			1	100,00	1	50,00
Deformaciones	3										
Fendas longitudinales	3										
Heridas	7			3	18,75			1	100,00	1	50,00
Descortezamientos	3			2	12,50					1	50,00
Grietas	2										
Otras heridas	2			1	6,25			1	100,00		
Inclinado	1										
Cuello raíz	27	1	100,00	10	62,50	2	100,00			1	50,00
Deformaciones	1	1	100,00								
Fendas longitudinales	1	1	100,00								
Heridas	16			10	62,50	2	100,00			1	50,00
Descortezamientos	11			8	50,00	2	100,00			1	50,00
Grietas	2										
Otras heridas	3			2	12,50						
Pudriciones	10										
Tronco completo	3			3	18,75						
Heridas	3			3	18,75						
Descortezamientos	1			1	6,25						
Grietas	1			1	6,25						
Otras heridas	1			1	6,25						

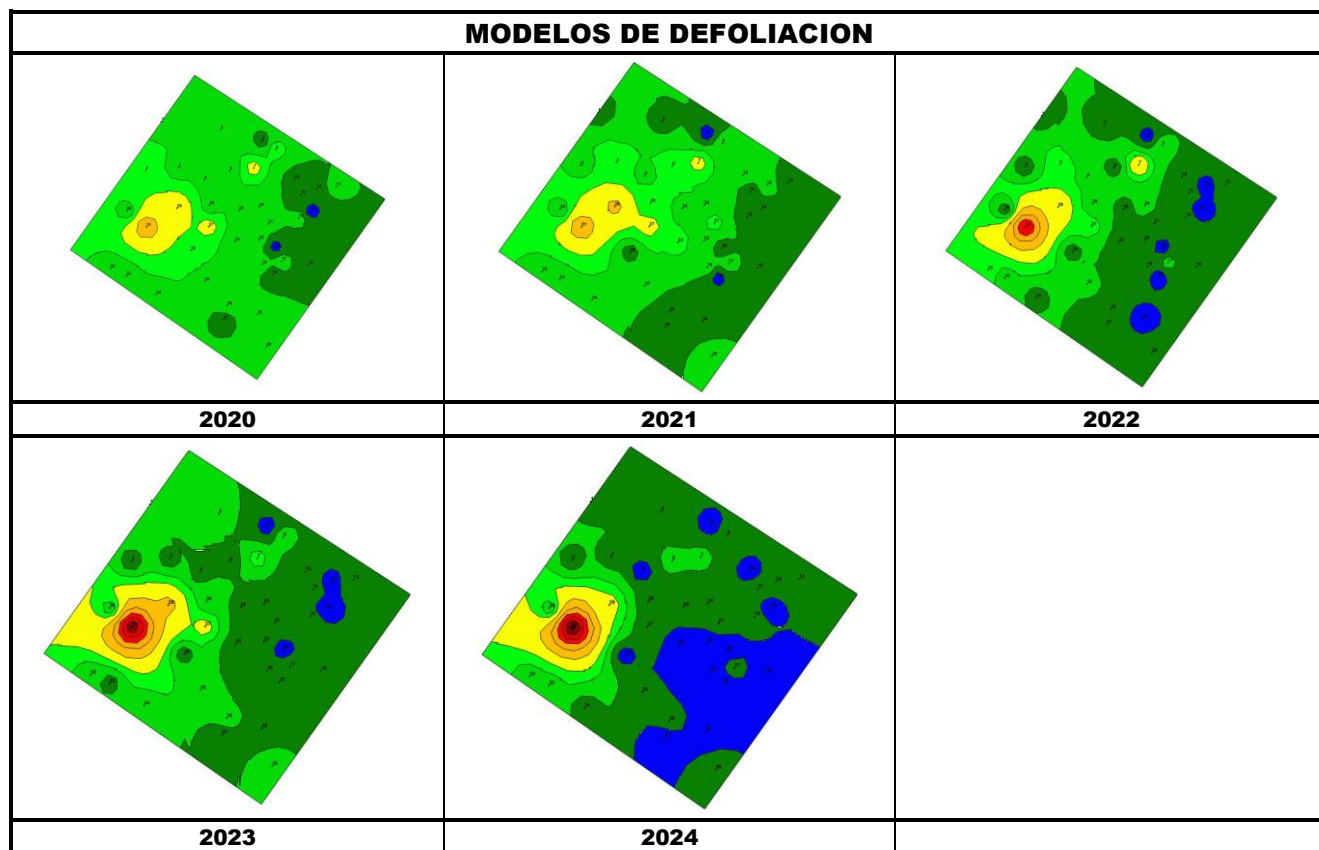
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Hojas	53							11	45,83
Comidos/perdidos	22							3	12,50
Agujeros/Parc. comidas	18								
Minadas	1								
Caída prematura	3							3	12,50
Dec. Verde-amarillo	9							8	33,33
Completa	4							4	16,67
Punteado	1								
Parcial	4							4	16,67
Dec. Rojo-marrón	1								
Parcial	1								
Bronceado	7								
Parcial	7								
Deformaciones	14								
Rizadas	11								
Agallas	3								
RAMAS/BROTES									
Ramillos <2 cm	16			2	50,00			4	16,67
Rotura	4			2	50,00				
Muerto/moribundo	12							4	16,67
Ramas 2-10 cm	3							1	4,17
Rotura	1								0,00
Muerto/moribundo	2							1	4,17
Ramas tam. variable	7	1	100,00	2	50,00			2	8,33
Rotura	2			2	50,00				
Muerto/moribundo	5	1	100,00					2	8,33
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	1								
Heridas	1								
Grietas	1								
Tronco	11					1	100,00	5	20,83
Deformaciones	3							3	12,50
Fendas longitudinales	3							3	12,50
Heridas	7							2	8,33
Descortezamientos	3								
Grietas	2							2	8,33
Otras heridas	2								
Inclinado	1					1	100,00		
Cuello raíz	27							1	4,17
Deformaciones	1								
Fendas longitudinales	1								
Heridas	16							1	4,17
Descortezamientos	11								
Grietas	2							1	4,17
Otras heridas	3								
Pudriciones	10								

	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Tronco completo	3								
Heridas	3								
Descortezamientos	1								
Grietas	1								
Otras heridas	1								



FIG 6. Minaduras por *Rhynchaenus fagi*. Agallas de *Mikiola fagi*. Agallas de *Hartigiola nnulipes*.. Daños por granizo.





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

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

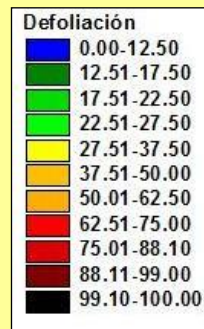
De acuerdo con la normativa europea, se consideran las siguientes clases de defoliación o daño:

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

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

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

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



4. Instrumentación.

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

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

Variable	Equipo	Parcela Interior	Parcela Exterior	Instalación	Periodicidad
Meteorología	Torre meteorológica		1	1997	Quincenal/Mensual
	Placa solar		1		
	Meteodata		1		
	Anemómetro		1		
	Veleta		1		
	Piranómetro		1		
	Termómetro		1		
	Sonda Humedad		1		
	Pluviómetro		1		
Precipitación incidente	Acumuladores		4	1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro		1		
	Captador nieve		1		
Trascolación	Acumuladores	6		1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro	1			
	Captador nieve	1			
Desfronde	Captadores desfronde	4		1999	Quincenal/Mensual
Solución del suelo	Lisímetros	8		1998	Quincenal/Mensual
	Bomba de succión	1		2018	Continua
Humedad/Temp. del suelo	Sonda de humedad	1		2015	Mensual
Inmisión	Dosímetros pasivos		12	2000	Quincenal/Mensual
Crecimiento	Dialdendro en continuo	15		1999	Quincenal/Mensual
Fenología	Árboles de seguimiento	20		1998	Quincenal/Mensual



FIG 7: Parcela interior, acumuladores de deposición, captador de desfronde, Estación meteorológica. Lisímetros

5. Deposición atmosférica.

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

La deposición atmosférica total consta de tres componentes:

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

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

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

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

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

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

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

Variable	Descripción	Valores de referencia RTSAP (*)
pH	Medida de la acidez o basicidad. Se considera lluvia ácida con valores $\leq 5,65$.	6,5 – 9,5
Conductividad	Índice de la presencia general de solutos en el agua.	$\leq 2.500 \mu\text{S}/\text{cm}$
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 115Fs, 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	5,56	47,06	1063	5,56	58,82	1302	5,89	6,23
1998	5,30	65,22	1561	5,30	78,26	1822	5,78	6,12
1999	5,67	28,57	1476	5,60	37,50	1819	6,16	6,33
2000	6,05	8,33	1792	5,93	20,83	2132	6,06	6,27

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
2001	5,83	13,04	1278	5,75	34,78	1519	5,76	5,88
2002	6,62	0,00	1605	6,15	10,53	1864	6,39	6,53
2003	6,06	4,55	1853	5,94	9,09	1959	6,07	6,14
2004	5,67	31,25	1737	5,04	56,25	1663	5,99	6,00
2005	5,86	30,43	1331	5,34	65,22	1520	5,96	5,93
2006	6,22	10,00	1445	5,72	35,00	1648	6,08	6,01
2007	6,05	16,67	1790	5,38	62,50	2087	5,98	5,72
2008	6,00	33,33	1881	5,66	41,67	2072	6,12	5,97
2009	6,28	8,33	2008	5,99	8,33	2156	6,10	6,07
2010	6,32	0,00	1979	5,85	16,67	2073	6,22	6,19
2011	6,25	0,00	1670	5,88	8,33	1751	6,06	6,02
2012	5,91	28,57	1007	5,85	14,29	1125	5,96	5,98
2014	6,30	0,00	1286	6,09	12,50	1384	6,17	6,20
2015	6,26	0,00	2015	6,00	0,00	2186	6,08	6,18
2016	6,47	0,00	1675	6,18	8,33	1959	6,16	6,12
2017	6,30	0,00	1822	5,97	0,00	1963	6,09	6,10
2018	6,20	0,00	2095	6,00	16,67	2512	5,89	5,94
2019	6,15	8,33	2270	5,69	33,33	2592	5,99	6,04
2020	6,37	0,00	1844	5,88	9,09	2104	6,17	6,17
2021	6,40	0,00	1770	5,98	25,00	1922	6,37	6,27
2022	6,52	0,00	1337	6,37	0,00	1542	6,28	6,22
2023	5,89	0,00	1971	5,04	18,18	2191	6,34	6,21
Media	6,10	12,83	1675	5,77	26,20	1879	6,08	6,11

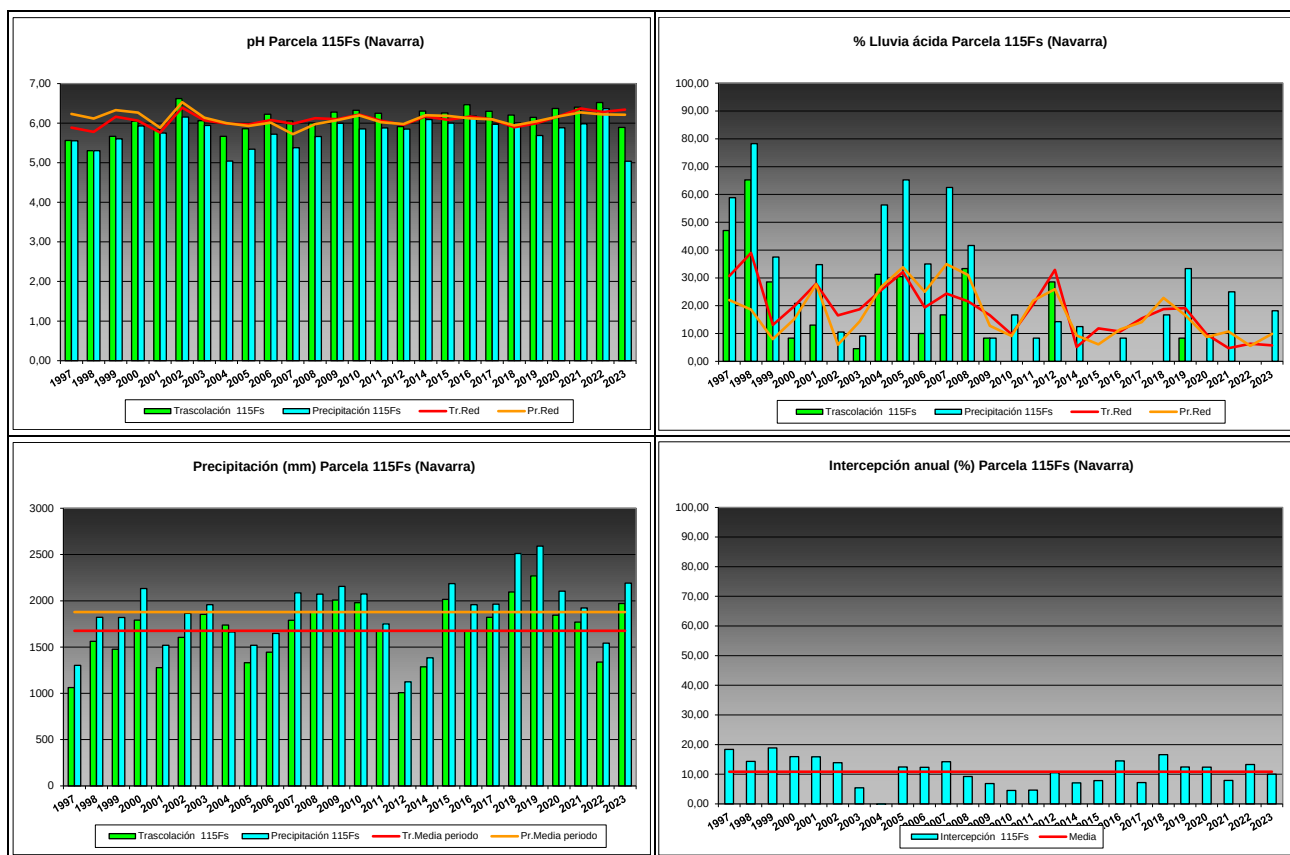


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

5.2. Conductividad ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

TABLA 11: Caracterización Conductividad. Media anual ponderada por volumen, precipitación anual y media de la Red

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997	21,29		1063	17,43		1302	25,52	22,05
1998	26,15		1561	19,95		1822	29,37	22,53
1999	22,56		1476	16,31		1819	33,18	19,89
2000	16,17		1792	12,90		2132	35,34	22,06
2001	19,15		1278	14,52		1519	27,99	15,78
2002	27,38		1605	23,00		1864	48,98	30,11
2003	20,91		1853	22,28		1959	45,96	25,07
2004	28,34		1737	25,16		1663	62,42	37,00
2005	23,46		1331	18,95		1520	65,42	30,19
2006	25,22		1445	22,69		1648	61,52	28,60
2007	27,08		1790	23,54		2087	49,85	28,88
2008	18,29		1881	12,51		2072	46,65	22,88
2009	23,13		2008	12,53		2156	49,43	20,10
2010	23,65		1979	12,07		2073	44,44	15,09
2011	19,96		1670	11,11		1751	51,36	19,04
2012	15,42		1007	9,32		1125	53,38	20,50
2014	21,08		1286	10,32		1384	33,76	15,23
2015	15,05		2015	9,12		2186	45,28	18,25
2016	21,90		1675	9,11		1959	47,39	15,22
2017	15,79		1822	9,38		1963	56,13	18,87
2018	21,01		2095	16,68		2512	38,75	16,20
2019	31,41		2270	17,29		2592	74,16	28,49
2020	26,10		1844	11,63		2104	46,43	20,40
2021	20,76		1770	11,58		1922	40,51	22,14
2022	26,78		1337	15,44		1542	44,12	20,37
2023	22,24		1971	7,89		2191	45,95	17,21
Media	22,32		1675	15,10		1879	46,28	22,01

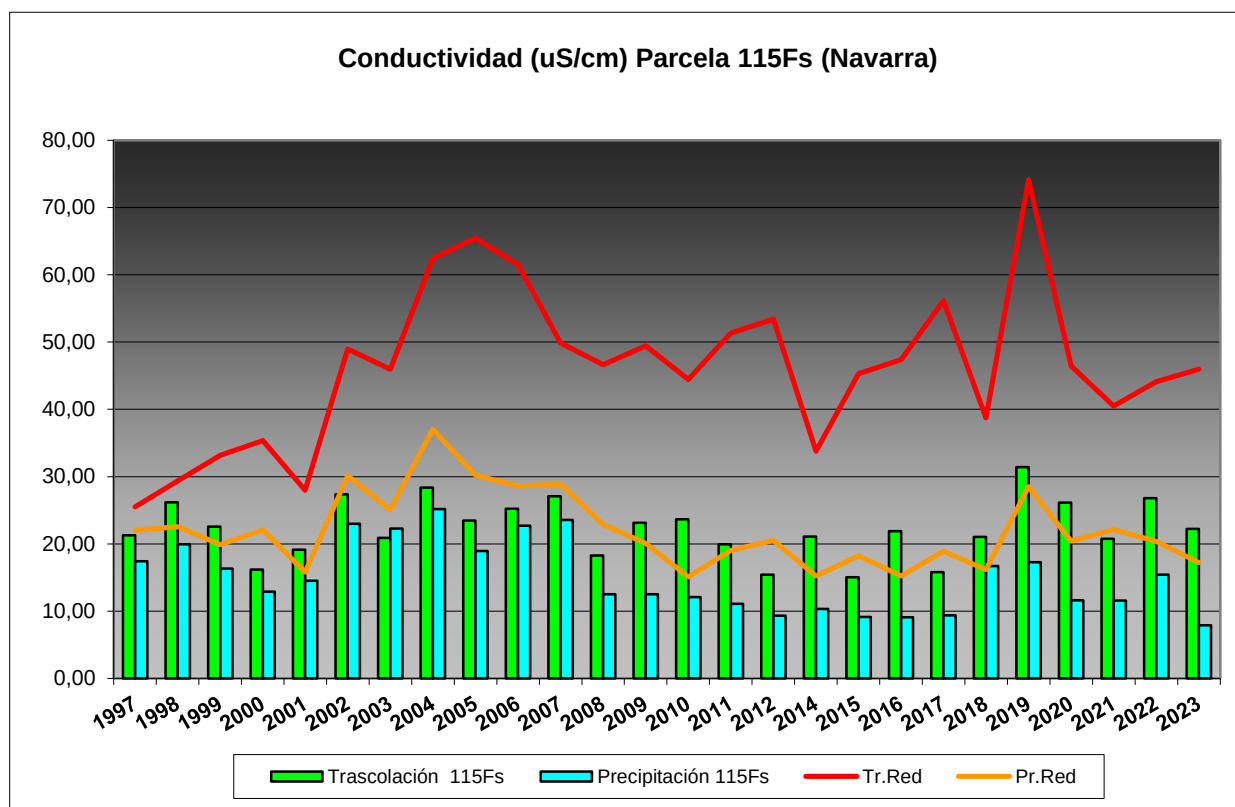


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

5.3. Potasio.

TABLA 12: Caracterización Potasio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

Año	Trascolución (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	1,08	11,53	1063	0,13	1,64	1302	9,89	7,33	5,18
1998	1,02	15,97	1561	0,31	5,62	1822	10,35	19,45	13,28
1999	1,27	18,79	1476	0,12	2,13	1819	16,66	17,99	11,86
2000	1,24	22,17	1792	0,26	5,57	2132	16,60	22,33	15,28
2001	1,24	15,83	1278	0,11	1,61	1519	14,23	16,00	9,92
2002	2,43	39,05	1605	0,87	16,21	1864	22,84	19,36	7,73
2003	1,47	27,17	1853	0,47	9,22	1959	17,95	12,93	3,83
2004	1,83	31,81	1737	0,38	6,40	1663	25,41	16,14	4,88
2005	1,80	23,93	1331	0,63	9,64	1520	14,29	12,47	5,15
2006	2,50	36,19	1445	0,89	14,65	1648	21,54	19,14	9,86
2007	2,40	42,90	1790	0,67	13,92	2087	28,98	20,44	7,92
2008	2,70	50,78	1881	0,51	10,49	2072	40,29	22,97	6,57
2009	3,04	61,09	2008	0,27	5,88	2156	55,21	18,05	4,28
2010	3,70	73,25	1979	0,22	4,66	2073	68,59	21,96	3,59
2011	3,46	57,83	1670	0,43	7,58	1751	50,25	18,92	5,75
2012	0,63	6,35	1007	0,16	1,79	1125	4,56	2,99	0,92
2014	2,58	33,22	1286	0,43	5,92	1384	27,31	11,97	1,60
2015	2,30	46,31	2015	0,35	7,59	2186	38,72	18,33	4,20
2016	3,08	51,60	1675	0,16	3,20	1959	48,40	19,15	2,17

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2017	2,84	51,75	1822	0,30	5,86	1963	45,90	16,19	1,94
2018	2,33	48,85	2095	0,27	6,75	2512	42,10	17,14	2,96
2019	3,22	73,01	2270	0,16	4,16	2592	68,84	17,04	3,33
2020	3,95	72,85	1844	0,18	3,70	2104	69,15	22,26	2,32
2021	2,33	41,27	1770	1,17	2,14	1922	39,13	15,69	1,94
2022	3,38	45,17	1337	0,13	2,02	1542	43,15	18,27	1,30
2023	4,09	80,66	1971	0,04	0,87	2191	79,79	20,05	0,93
Media	2,38	41,51	1675	0,37	6,12	1879	35,39	17,10	5,33

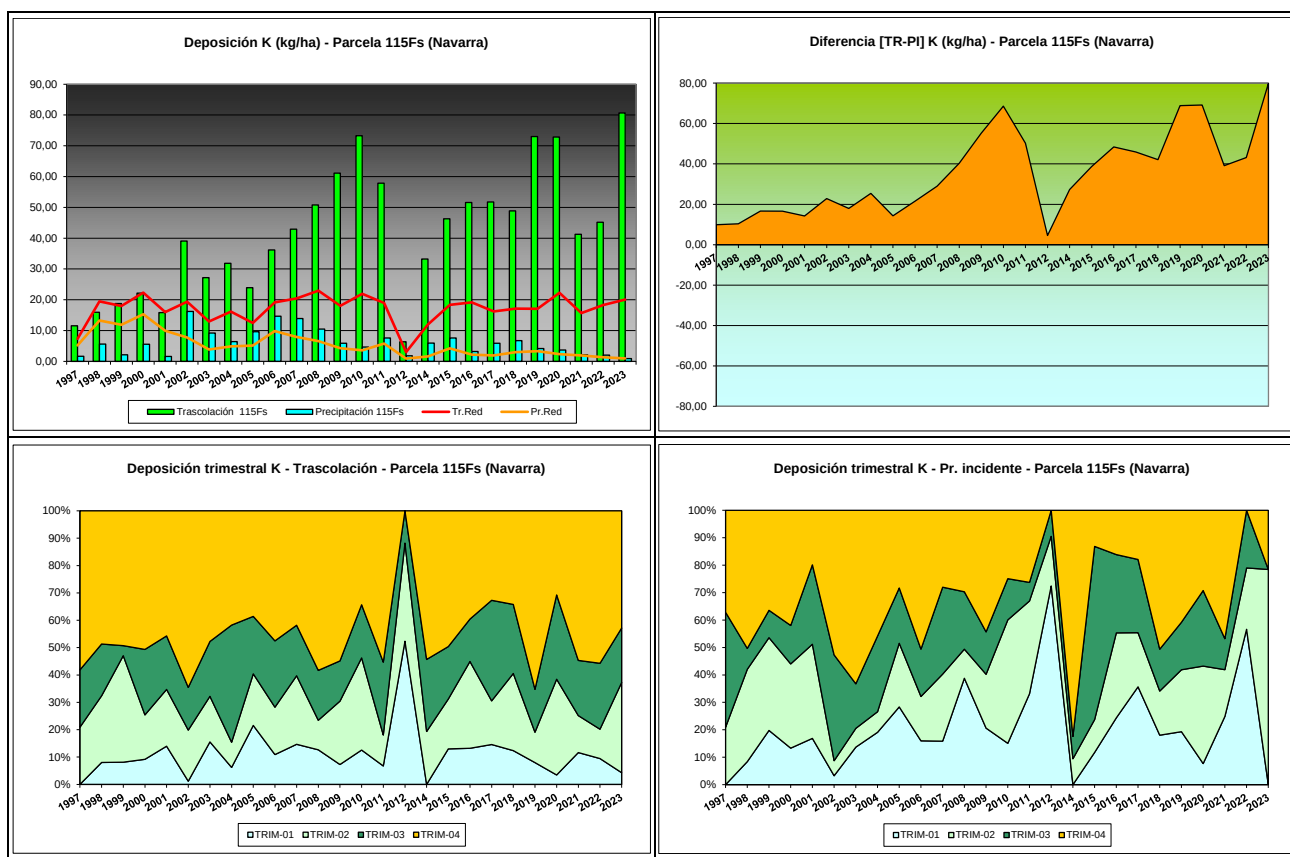


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.4. Calcio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	2,01	21,40	1063	0,44	5,78	1302	15,62	7,29	5,16
1998	1,20	18,67	1561	0,43	7,82	1822	10,85	6,91	4,05
1999	0,86	12,73	1476	0,94	17,07	1819	-4,34	10,77	6,68
2000	1,05	18,73	1792	0,76	16,14	2132	2,59	10,94	7,70

115 Fs (NAVARRA)

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES – RED DE NIVEL II

AÑO 2024

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2001	0,89	11,32	1278	1,02	15,54	1519	-4,23	8,58	6,22
2002	0,71	11,45	1605	0,67	12,44	1864	-0,99	12,23	9,40
2003	2,12	39,25	1853	2,83	55,37	1959	-16,12	23,45	26,64
2004	0,92	16,00	1737	1,41	23,47	1663	-7,47	18,95	20,04
2005	0,84	11,13	1331	1,02	15,54	1520	-4,41	11,17	9,81
2006	1,11	16,07	1445	1,34	22,03	1648	-5,96	17,51	16,49
2007	0,99	17,72	1790	0,99	20,71	2087	-2,99	18,16	14,99
2008	0,60	11,24	1881	0,53	10,88	2072	0,36	14,94	12,47
2009	0,51	10,27	2008	0,49	10,65	2156	-0,38	10,43	6,81
2010	0,51	10,14	1979	0,46	9,49	2073	0,65	11,50	7,59
2011	0,62	10,34	1670	0,48	8,43	1751	1,91	11,32	6,29
2012	0,56	5,63	1007	0,25	2,83	1125	2,80	3,22	2,60
2014	0,76	9,73	1286	0,75	10,39	1384	-0,66	8,57	5,86
2015	0,93	18,73	2015	0,56	12,21	2186	6,53	15,19	12,39
2016	0,51	8,50	1675	0,52	10,18	1959	-1,68	14,34	8,83
2017	0,69	12,56	1822	0,85	16,73	1963	-4,16	13,71	10,82
2018	0,78	16,35	2095	0,65	16,26	2512	0,09	13,15	9,58
2019	0,69	15,67	2270	0,53	13,69	2592	1,98	18,41	13,57
2020	0,59	10,94	1844	0,57	12,04	2104	-1,10	21,83	11,67
2021	0,74	13,12	1770	0,64	12,22	1922	0,89	13,31	19,20
2022	0,81	10,79	1337	0,75	11,61	1542	-0,82	16,71	13,93
2023	0,61	12,03	1971	0,33	7,33	2191	4,71	13,29	8,93
Media	0,87	14,25	1675	0,78	14,49	1879	-0,24	13,30	10,68

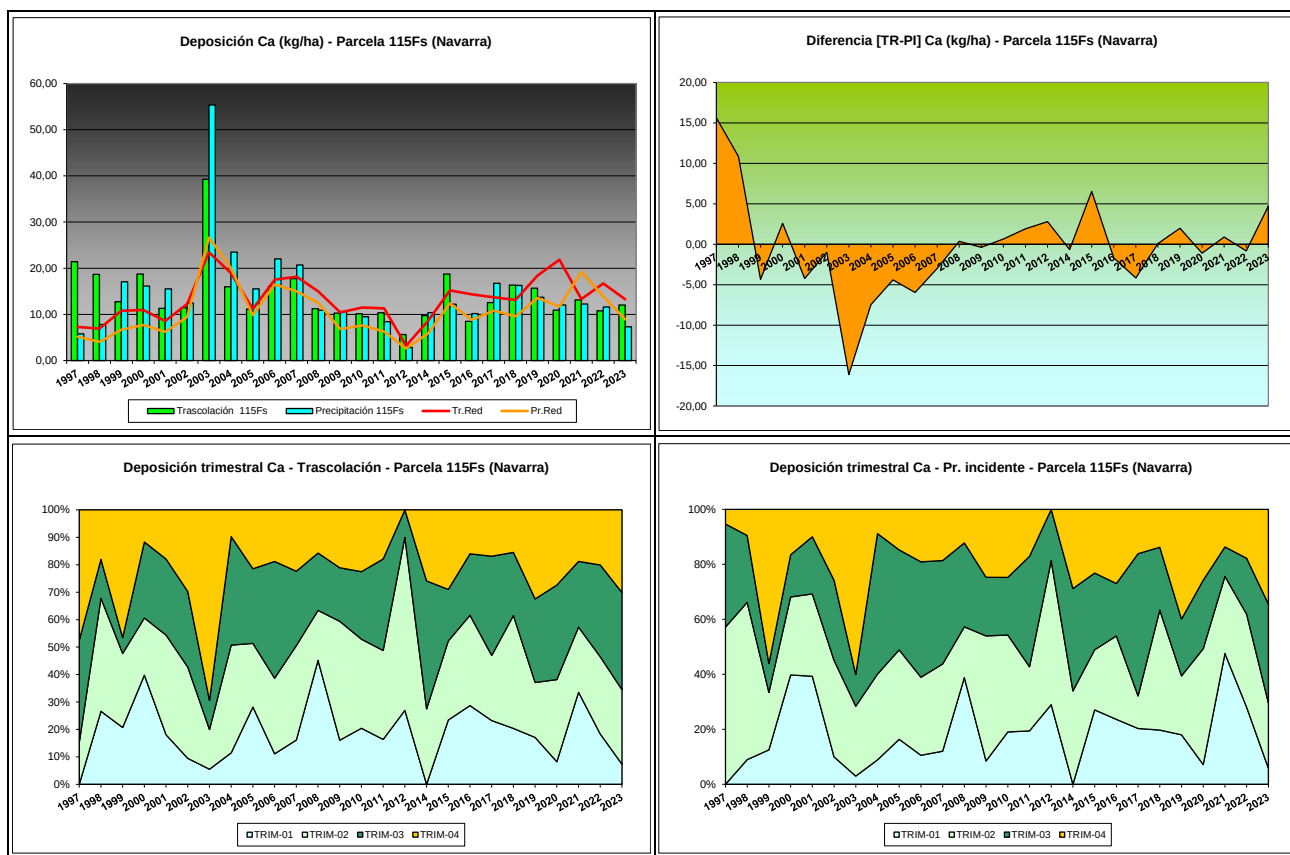
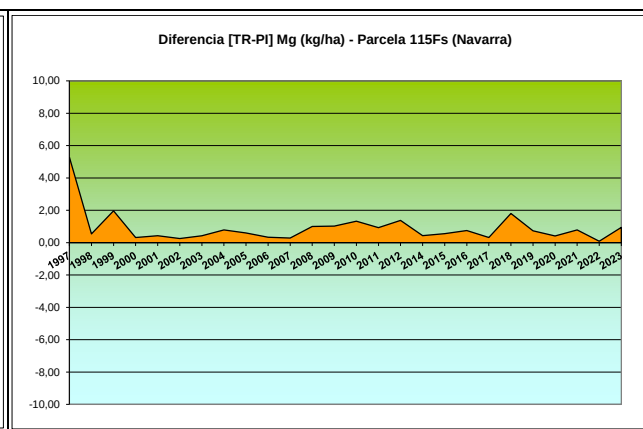
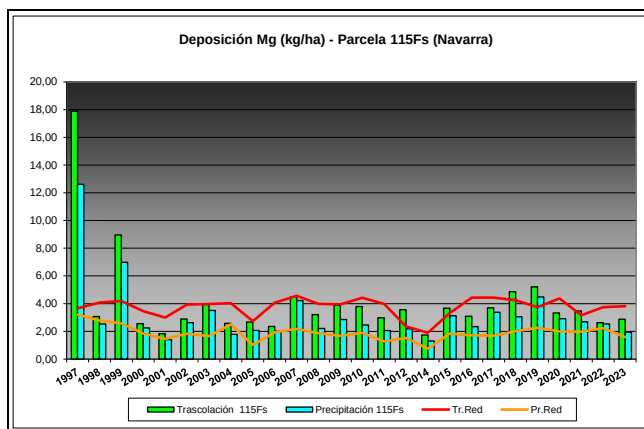


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.5. Magnesio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	1,68	17,89	1063	0,97	12,61	1302	5,29	3,66	3,20
1998	0,20	3,07	1561	0,14	2,53	1822	0,54	4,07	2,78
1999	0,61	8,95	1476	0,38	6,99	1819	1,97	4,18	2,58
2000	0,14	2,56	1792	0,11	2,24	2132	0,32	3,46	1,84
2001	0,14	1,83	1278	0,09	1,40	1519	0,43	2,99	1,45
2002	0,18	2,88	1605	0,14	2,63	1864	0,26	3,93	1,83
2003	0,21	3,93	1853	0,18	3,51	1959	0,43	3,97	1,65
2004	0,15	2,57	1737	0,11	1,79	1663	0,79	4,03	2,51
2005	0,20	2,67	1331	0,14	2,07	1520	0,60	2,73	1,01
2006	0,16	2,35	1445	0,12	2,02	1648	0,34	4,06	1,94
2007	0,25	4,50	1790	0,20	4,22	2087	0,28	4,56	2,17
2008	0,17	3,21	1881	0,11	2,21	2072	1,00	3,99	1,87
2009	0,19	3,87	2008	0,13	2,85	2156	1,02	3,95	1,67
2010	0,19	3,79	1979	0,12	2,46	2073	1,33	4,42	1,89
2011	0,18	2,98	1670	0,12	2,05	1751	0,93	3,98	1,27
2012	0,35	3,57	1007	0,19	2,19	1125	1,38	2,35	1,52
2014	0,14	1,74	1286	0,09	1,31	1384	0,43	1,90	0,75
2015	0,18	3,68	2015	0,14	3,12	2186	0,56	3,32	1,84
2016	0,18	3,09	1675	0,12	2,34	1959	0,75	4,44	1,71
2017	0,20	3,69	1822	0,17	3,37	1963	0,32	4,43	1,69
2018	0,23	4,86	2095	0,12	3,05	2512	1,80	4,24	2,01
2019	0,23	5,21	2270	0,17	4,48	2592	0,73	3,74	2,26
2020	0,18	3,33	1844	0,14	2,92	2104	0,41	4,38	2,00
2021	0,20	3,47	1770	0,14	2,68	1922	0,79	3,16	1,97
2022	0,20	2,62	1337	0,16	2,54	1542	0,09	3,74	2,23
2023	0,15	2,88	1971	0,09	1,93	2191	0,94	3,81	1,58
Media	0,27	4,05	1675	0,18	3,13	1879	0,91	3,75	1,89



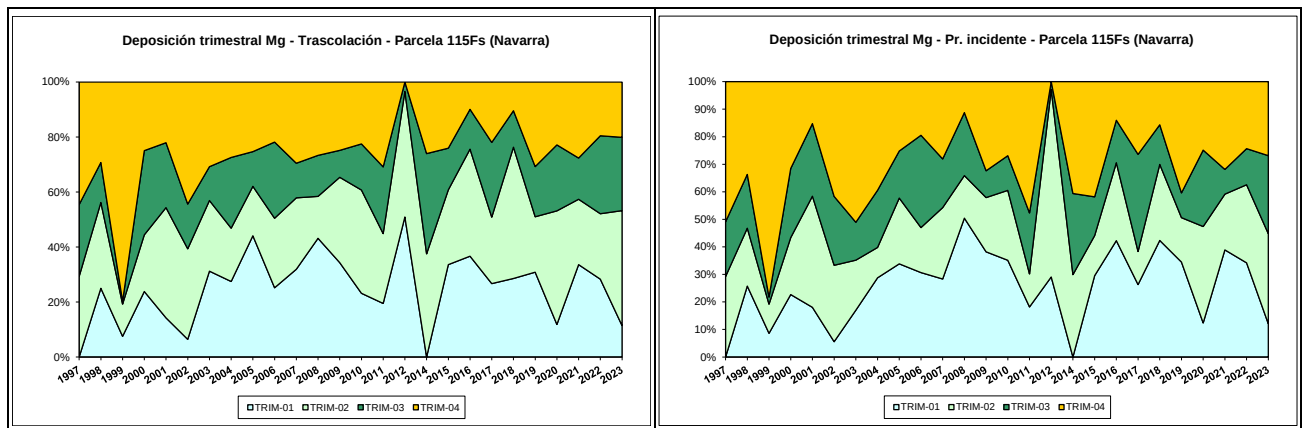


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.6. Sodio.

TABLA 15: Caracterización Sodio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolución-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	0,76	8,05	1063	0,50	6,55	1302	1,50	6,07	6,65
1998	1,12	17,51	1561	0,85	15,46	1822	2,05	11,74	10,50
1999	0,95	14,04	1476	0,66	11,97	1819	2,08	19,31	13,85
2000	0,73	13,06	1792	0,59	12,59	2132	0,47	18,12	13,02
2001	1,07	13,66	1278	0,82	12,53	1519	1,13	18,38	12,14
2002	1,73	27,69	1605	1,46	27,26	1864	0,44	28,50	18,75
2003	1,67	31,01	1853	1,42	27,73	1959	3,28	22,49	12,86
2004	1,68	29,18	1737	1,57	26,06	1663	3,12	22,85	13,75
2005	1,41	18,80	1331	0,97	14,68	1520	4,11	14,42	7,16
2006	1,21	17,54	1445	1,03	16,91	1648	0,64	24,17	16,07
2007	1,76	31,47	1790	1,35	28,21	2087	3,26	23,14	14,21
2008	1,14	21,46	1881	0,74	15,26	2072	6,20	19,63	11,01
2009	1,53	30,72	2008	1,06	22,82	2156	7,90	22,09	12,27
2010	1,35	26,66	1979	0,83	17,29	2073	9,37	24,37	13,76
2011	1,50	25,08	1670	0,75	13,12	1751	11,96	20,72	5,97
2012	1,13	11,40	1007	0,72	8,08	1125	3,32	4,35	2,86
2014	0,88	11,26	1286	0,60	8,35	1384	2,92	6,77	4,55
2015	1,40	28,24	2015	1,10	24,11	2186	4,13	15,27	11,59
2016	1,33	22,28	1675	0,88	17,16	1959	5,12	22,84	11,19
2017	1,51	27,56	1822	1,04	20,47	1963	7,09	19,35	10,47
2018	1,56	32,77	2095	0,94	23,65	2512	9,12	22,61	14,29
2019	1,87	42,35	2270	1,23	31,91	2592	10,45	19,32	13,98
2020	1,47	27,03	1844	0,97	20,34	2104	6,69	20,09	11,74
2021	1,30	23,08	1770	0,89	17,08	1922	6,00	12,97	10,32
2022	1,58	21,13	1337	0,96	14,85	1542	6,29	18,67	11,08
2023	1,12	21,99	1971	0,72	15,80	2191	6,19	18,93	11,19
Media	1,34	22,89	1675	0,95	18,09	1879	4,80	18,35	11,36

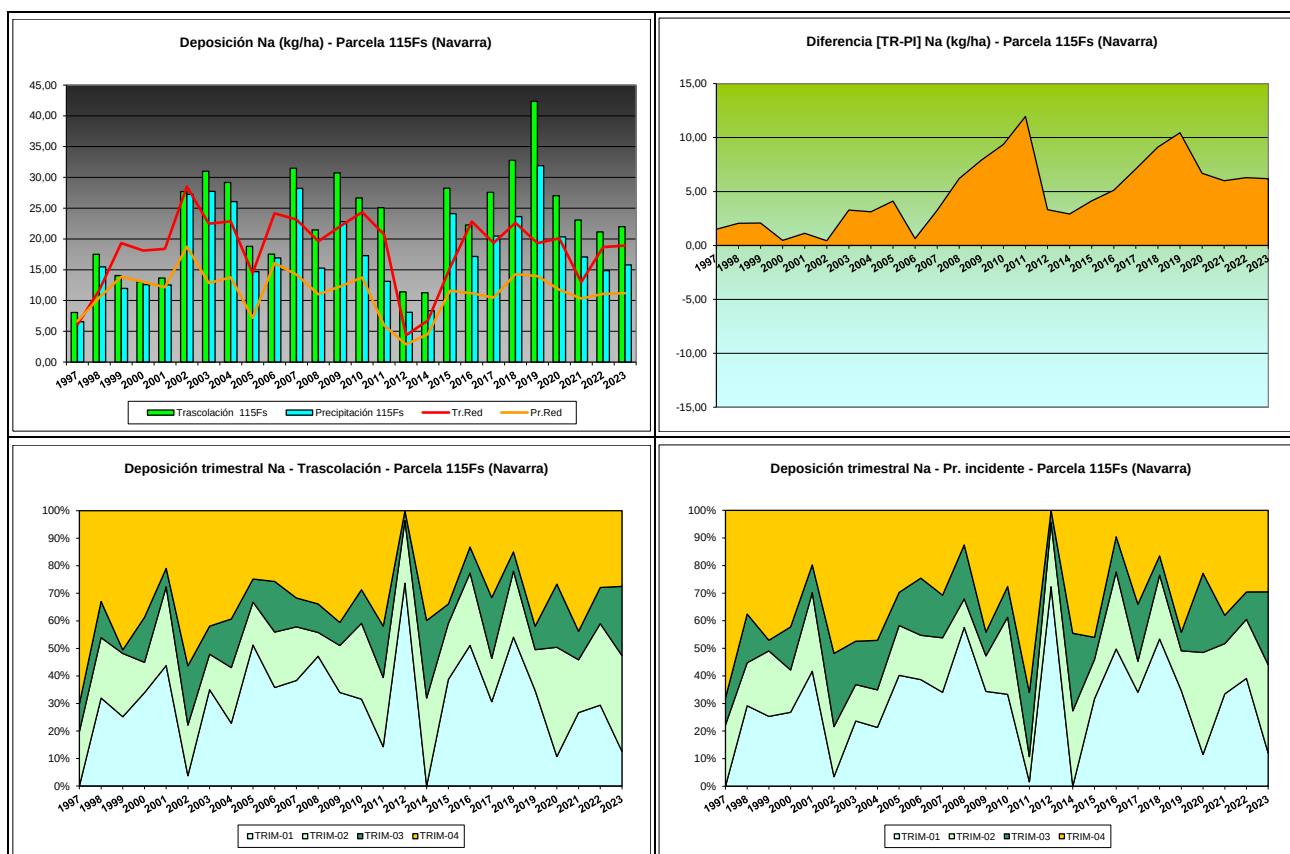


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.7. Amonio (nitrógeno en forma de).

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

Año	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			1063			1302	0,00	1,81	8,19
1998			1561			1822	0,00	2,24	8,36
1999			1476			1819	0,00	2,71	3,66
2000			1792			2132	0,00	2,48	4,26
2001			1278			1519	0,00	1,86	1,82
2002	0,34	5,49	1605	0,32	5,93	1864	-0,43	2,43	2,91
2003	0,27	4,92	1853	0,30	5,78	1959	-0,87	3,06	3,10
2004	0,40	7,00	1737	0,33	5,42	1663	1,58	4,12	3,23
2005	0,26	3,51	1331	0,29	4,46	1520	-0,95	2,41	1,80
2006	0,40	5,74	1445	0,37	6,02	1648	-0,28	3,62	3,05
2007	0,35	6,24	1790	0,37	7,65	2087	-1,42	3,53	3,58
2008	0,19	3,64	1881	0,23	4,67	2072	-1,02	2,91	2,62
2009	0,27	5,33	2008	0,18	3,92	2156	1,41	2,73	1,82
2010	0,25	4,98	1979	0,23	4,84	2073	0,13	3,12	2,09
2011	0,38	6,39	1670	0,37	6,42	1751	-0,02	4,36	3,15
2012	0,76	7,69	1007	0,71	8,00	1125	-0,30	2,26	2,06
2014	0,62	7,94	1286	0,46	6,36	1384	1,58	4,16	3,35

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2015	0,40	8,09	2015	0,99	21,72	2186	-13,63	5,30	6,04
2016	0,69	11,61	1675	0,73	14,36	1959	-2,75	5,94	4,26
2017	0,20	3,71	1822	0,21	4,03	1963	-0,32	2,40	1,52
2018	0,22	4,70	2095	0,18	4,42	2512	0,28	2,79	2,39
2019	0,11	2,61	2270	0,11	2,96	2592	-0,35	1,60	1,23
2020	0,14	2,54	1844	0,16	3,45	2104	-0,91	1,98	1,81
2021	0,27	4,70	1770	0,14	2,72	1922	1,98	2,18	1,71
2022	0,24	3,16	1337	0,61	9,41	1542	-6,24	1,60	2,23
2023	0,22	4,26	1971	0,12	2,62	2191	1,64	1,96	1,66
Media	0,33	5,44	1675	0,35	6,44	1879	-0,80	2,91	3,15

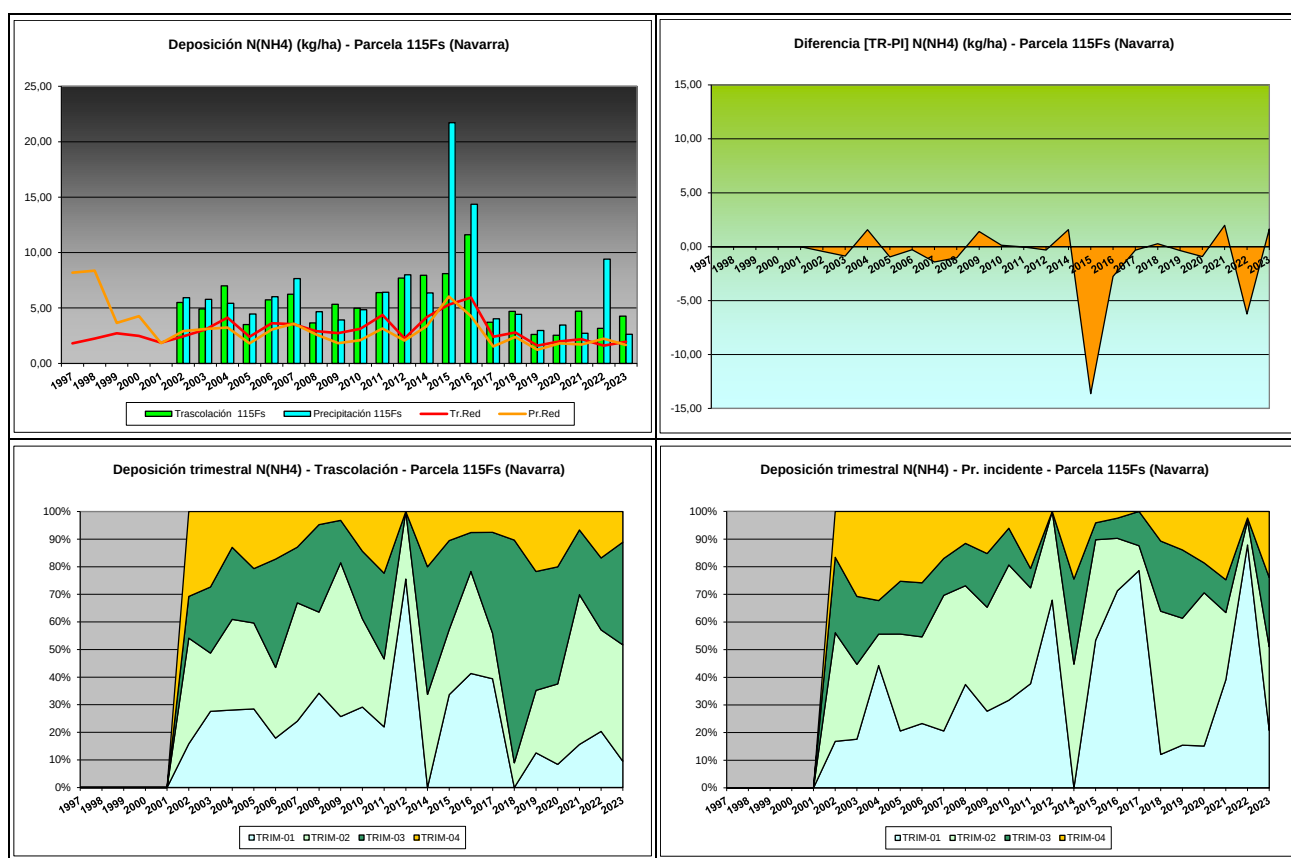


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.8. Cloro.

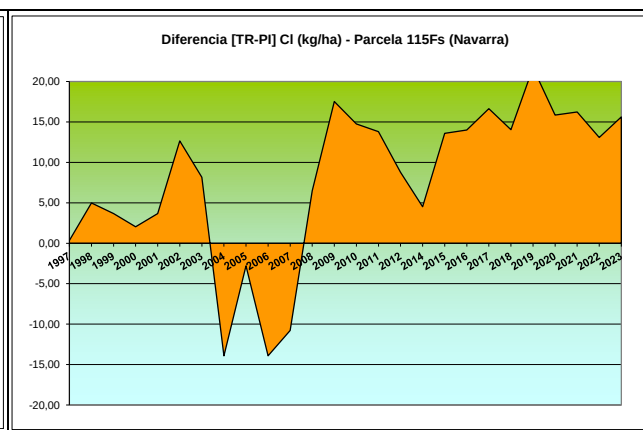
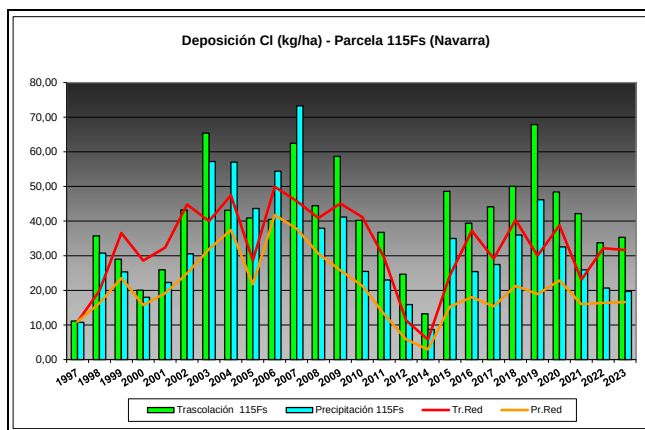
TABLA 17: Caracterización Cloro. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	1,05	11,12	1063	0,83	10,77	1302	0,35	10,88	10,93
1998	2,29	35,73	1561	1,69	30,75	1822	4,98	19,88	16,27

115 Fs (NAVARRA)

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES – RED DE NIVEL II
AÑO 2024

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1999	1,96	29,00	1476	1,39	25,33	1819	3,67	36,56	23,56
2000	1,12	20,04	1792	0,84	18,01	2132	2,04	28,62	15,70
2001	2,03	25,93	1278	1,47	22,26	1519	3,67	32,37	19,20
2002	2,69	43,21	1605	1,64	30,56	1864	12,65	44,79	24,88
2003	3,53	65,36	1853	2,92	57,20	1959	8,16	39,97	31,89
2004	2,48	43,09	1737	3,43	57,01	1663	-13,92	47,45	37,43
2005	3,07	40,86	1331	2,87	43,66	1520	-2,79	28,61	21,76
2006	2,80	40,49	1445	3,30	54,41	1648	-13,92	49,90	41,76
2007	3,49	62,49	1790	3,51	73,27	2087	-10,79	45,78	37,79
2008	2,36	44,42	1881	1,83	37,93	2072	6,49	40,90	30,60
2009	2,92	58,69	2008	1,91	41,17	2156	17,52	45,08	25,80
2010	2,03	40,22	1979	1,23	25,47	2073	14,75	41,17	21,32
2011	2,20	36,76	1670	1,31	22,96	1751	13,80	29,44	13,12
2012	2,45	24,65	1007	1,41	15,88	1125	8,77	11,34	5,87
2014	1,03	13,21	1286	0,63	8,70	1384	4,52	5,78	2,90
2015	2,41	48,56	2015	1,60	34,98	2186	13,59	24,25	15,25
2016	2,35	39,39	1675	1,30	25,39	1959	14,00	37,19	18,03
2017	2,42	44,09	1822	1,40	27,45	1963	16,64	29,16	15,38
2018	2,39	50,01	2095	1,43	35,97	2512	14,04	40,34	21,30
2019	2,99	67,85	2270	1,78	46,15	2592	21,70	29,98	18,87
2020	2,62	48,38	1844	1,55	32,53	2104	15,85	38,79	22,86
2021	2,38	42,15	1770	1,35	25,92	1922	16,23	23,04	15,99
2022	2,52	33,74	1337	1,34	20,66	1542	13,08	32,15	16,37
2023	1,79	35,32	1971	0,90	19,70	2191	15,62	31,63	16,59
Media	2,36	40,18	1675	1,73	32,46	1879	7,72	32,50	20,82



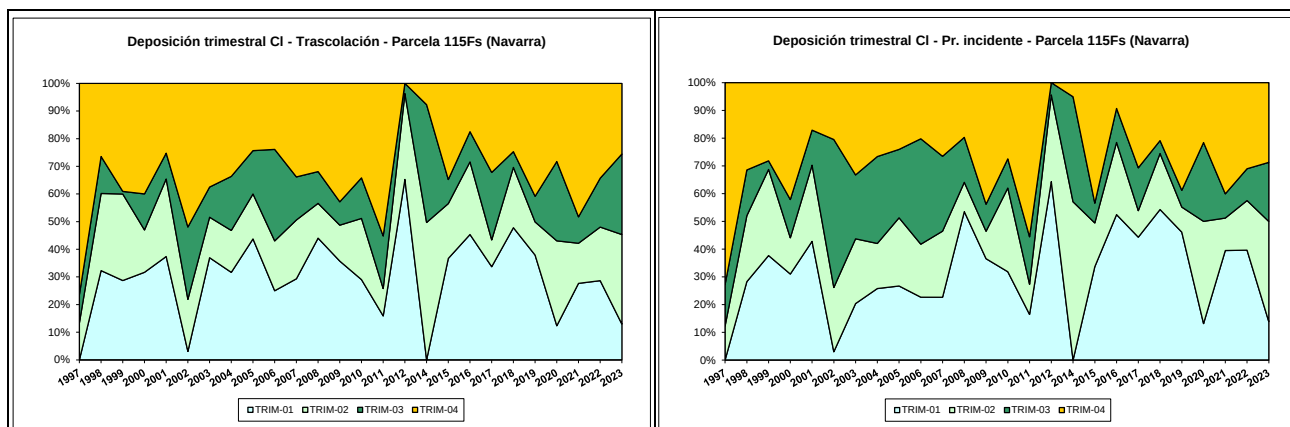


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.9. Nitratos (nitrógeno en forma de).

TABLA 18: Caracterización Nitratos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolución-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	0,29	3,07	1063	0,23	3,05	1302	0,01	2,24	2,13
1998	0,35	5,44	1561	0,23	4,26	1822	1,18	3,67	2,27
1999	0,34	5,00	1476	0,24	4,37	1819	0,63	4,43	2,94
2000	0,24	4,38	1792	0,25	5,36	2132	-0,98	3,79	2,38
2001	0,36	4,58	1278	0,27	4,15	1519	0,44	3,51	2,09
2002	0,36	5,82	1605	0,28	5,23	1864	0,59	4,15	2,84
2003	0,26	4,79	1853	0,24	4,65	1959	0,14	5,39	2,74
2004	0,48	8,32	1737	0,46	7,62	1663	0,70	6,93	3,28
2005	0,33	4,44	1331	0,24	3,62	1520	0,82	4,31	1,83
2006	0,28	4,10	1445	0,24	3,98	1648	0,12	5,54	2,75
2007	0,32	5,71	1790	0,27	5,67	2087	0,04	5,06	2,96
2008	0,31	5,91	1881	0,25	5,18	2072	0,73	4,72	3,38
2009	0,16	3,19	2008	0,17	3,65	2156	-0,46	3,87	1,87
2010	0,22	3,65	1979	0,27	5,54	2073	-1,89	1,87	2,37
2011	0,48	8,08	1670	0,49	8,65	1751	-0,57	7,76	4,61
2012	0,24	2,38	1007	0,24	2,65	1125	-0,27	1,65	0,99
2014	0,25	3,23	1286	0,21	2,92	1384	0,31	2,54	1,43
2015	0,16	3,31	2015	0,15	3,22	2186	0,09	3,25	2,17
2016	0,15	2,51	1675	0,17	3,39	1959	-0,88	3,58	1,83
2017	0,13	2,39	1822	0,13	2,52	1963	-0,13	3,32	1,74
2018	0,32	6,73	2095	0,16	4,01	2512	2,73	3,41	2,08
2019	0,16	3,53	2270	0,12	3,18	2592	0,35	2,46	1,61
2020	0,07	1,35	1844	0,10	2,18	2104	-0,84	2,02	1,64
2021	0,10	1,72	1770	0,10	1,91	1922	-0,19	2,15	1,43
2022	0,15	1,94	1337	0,12	1,88	1542	0,06	2,09	1,49
2023	0,06	1,17	1971	0,08	1,83	2191	-0,66	2,00	1,29
Media	0,25	4,10	1675	0,22	4,02	1879	0,08	3,68	2,24

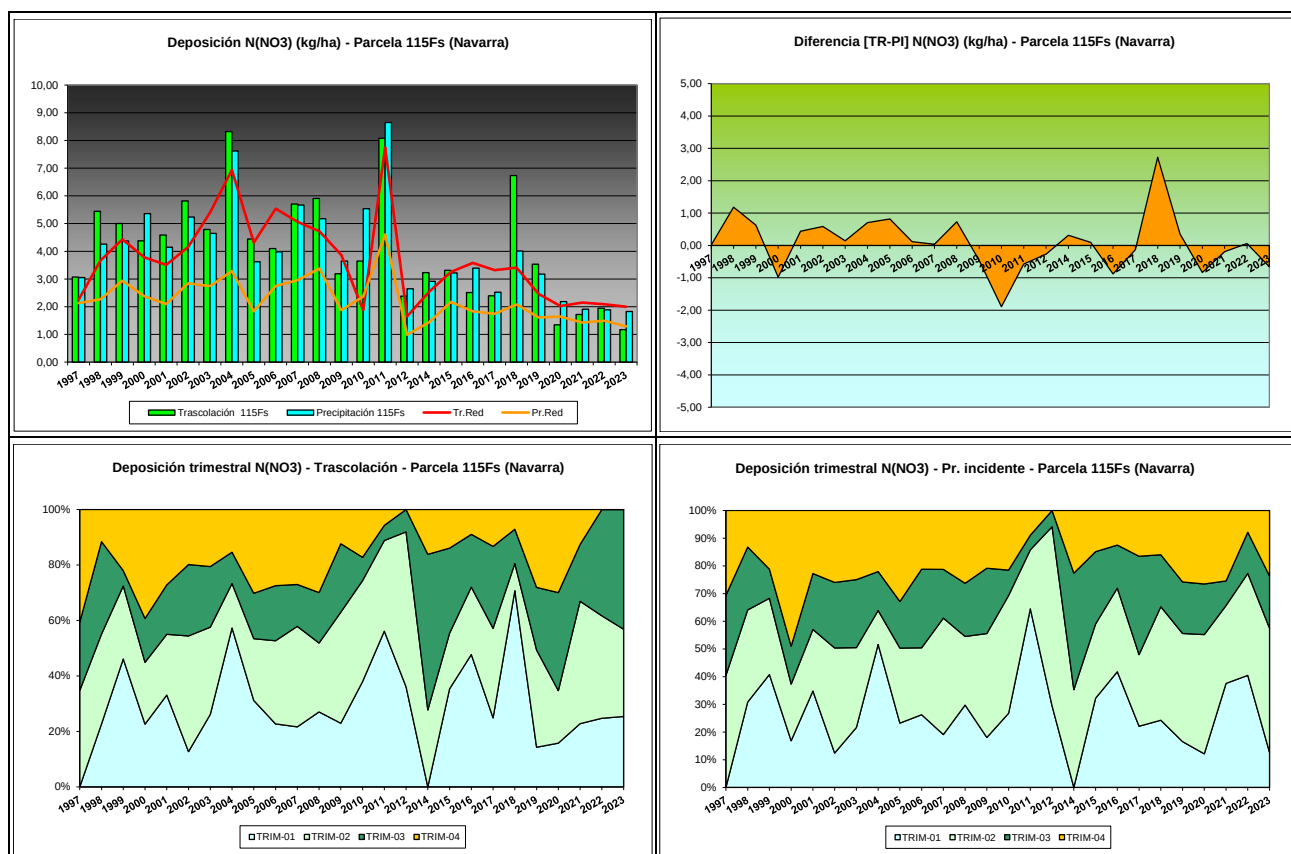


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.10. Sulfatos (azufre en forma de).

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

Año	Traslación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,47	5,05	1063	0,38	4,92	1302	0,12	3,00	3,70
1998	0,50	7,81	1561	0,40	7,38	1822	0,44	5,81	5,79
1999	0,42	6,27	1476	0,39	7,03	1819	-0,76	7,17	6,35
2000	0,41	7,40	1792	0,32	6,82	2132	0,58	6,42	4,57
2001	0,46	5,90	1278	0,37	5,62	1519	0,28	5,68	4,11
2002	0,61	9,80	1605	0,54	10,07	1864	-0,27	7,73	6,07
2003	0,55	10,16	1853	0,41	8,08	1959	2,08	6,85	4,80
2004	0,73	12,63	1737	0,63	10,49	1663	2,14	8,72	5,84
2005	0,46	6,19	1331	0,39	6,00	1520	0,19	4,69	3,12
2006	0,48	6,93	1445	0,41	6,75	1648	0,18	6,80	4,69
2007	0,56	10,04	1790	0,42	8,81	2087	1,23	7,24	5,12
2008	0,20	3,72	1881	0,18	3,76	2072	-0,04	4,49	2,61
2009	0,32	6,43	2008	0,26	5,57	2156	0,86	4,67	3,32
2010	0,28	5,61	1979	0,22	4,55	2073	1,06	4,27	2,88
2011	0,44	7,39	1670	0,40	7,02	1751	0,37	5,93	4,57
2012	0,37	3,71	1007	0,31	3,44	1125	0,27	1,84	1,35
2014	0,35	4,49	1286	0,27	3,71	1384	0,78	2,14	2,00

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2015	0,24	4,88	2015	0,19	4,19	2186	0,69	3,56	2,95
2016	0,26	4,28	1675	0,22	4,40	1959	-0,12	4,08	2,76
2017	0,25	4,48	1822	0,25	4,87	1963	-0,39	4,28	2,71
2018	0,30	6,35	2095	0,21	5,26	2512	1,09	4,28	3,39
2019	0,25	5,76	2270	0,21	5,38	2592	0,38	3,75	3,13
2020	0,21	3,93	1844	0,18	3,83	2104	0,10	3,59	3,24
2021	0,22	3,83	1770	0,19	3,59	1922	0,24	2,60	2,69
2022	0,25	3,36	1337	0,20	3,14	1542	0,22	3,19	2,67
2023	0,19	3,67	1971	0,14	3,11	2191	0,57	3,07	2,32
Media	0,38	6,16	1675	0,31	5,68	1879	0,47	4,84	3,72

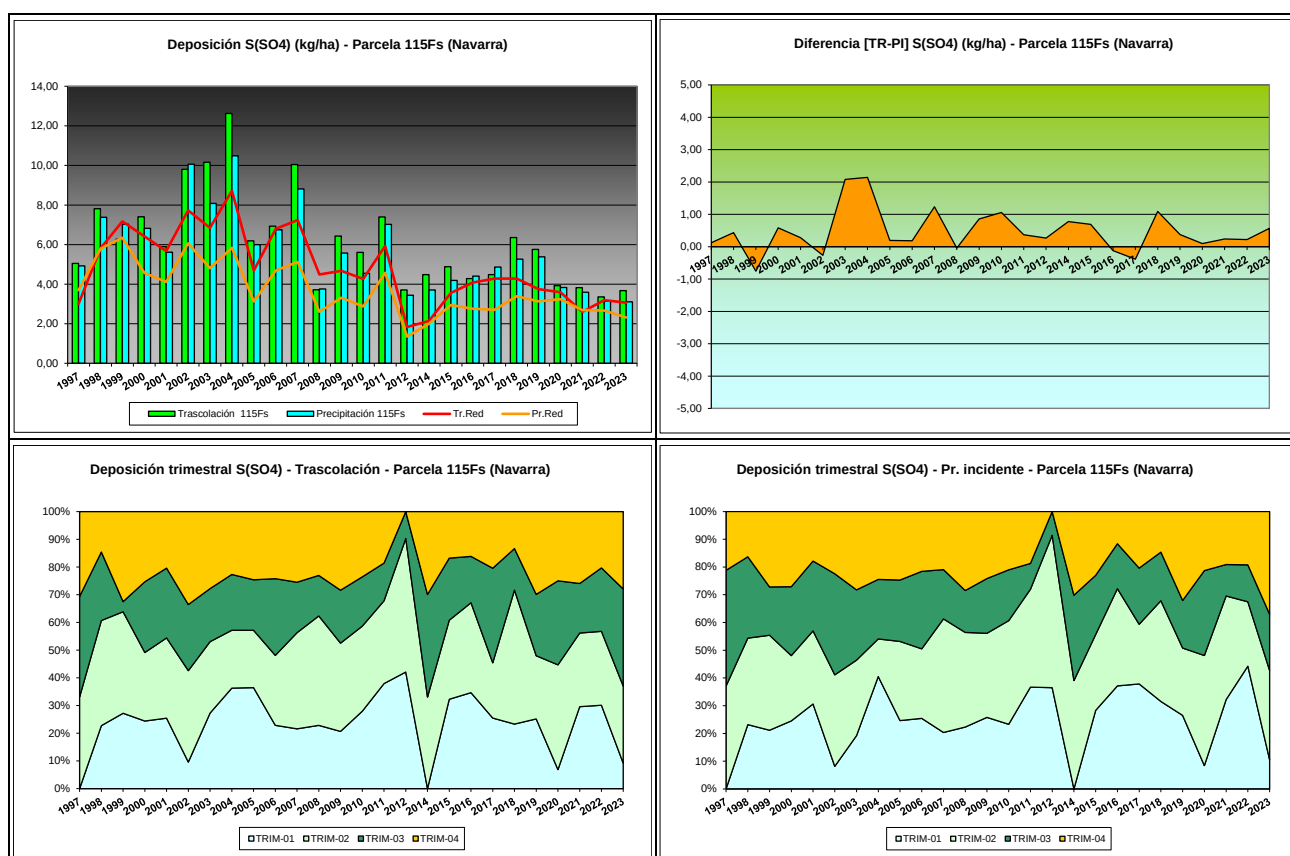


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.11. Alcalinidad (µeq/l).

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997			1063			1302		
1998			1561			1822		

115 Fs (NAVARRA)

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES – RED DE NIVEL II

AÑO 2024

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1999			1476			1819	258,14	255,59
2000	86,13		1792	80,90		2132	157,24	154,47
2001	70,98		1278	69,30		1519	76,17	54,64
2002	117,14		1605	85,49		1864	169,83	139,42
2003	4,92		1853	3,83		1959	21,95	10,18
2004	72,87		1737	33,64		1663	109,89	117,44
2005	39,79		1331	16,68		1520	76,86	45,33
2006	66,15		1445	32,93		1648	105,76	56,48
2007	33,70		1790	10,98		2087	59,09	37,75
2008	43,62		1881	17,88		2072	71,35	40,35
2009	63,09		2008	17,81		2156	68,62	36,01
2010	98,41		1979	39,70		2073	86,39	49,13
2011	59,48		1670	35,99		1751	75,33	49,79
2012			1007			1125	19,53	10,46
2014	101,74		1286	81,26		1384	136,23	120,02
2015	77,14		2015	31,09		2186	114,70	71,81
2016	51,20		1675	31,62		1959	108,18	61,70
2017	51,26		1822	35,06		1963	132,93	56,84
2018	68,02		2095	74,39		2512	94,72	48,11
2019	59,98		2270	23,96		2592	101,80	58,32
2020	89,18		1844	18,76		2104	86,06	49,71
2021	65,17		1770	24,25		1922	117,39	82,82
2022	77,61		1337	47,56		1542	105,33	59,15
2023	85,70		1971	6,97		2191	90,82	45,63
Media	67,42		1675	37,28		1879	101,85	71,30

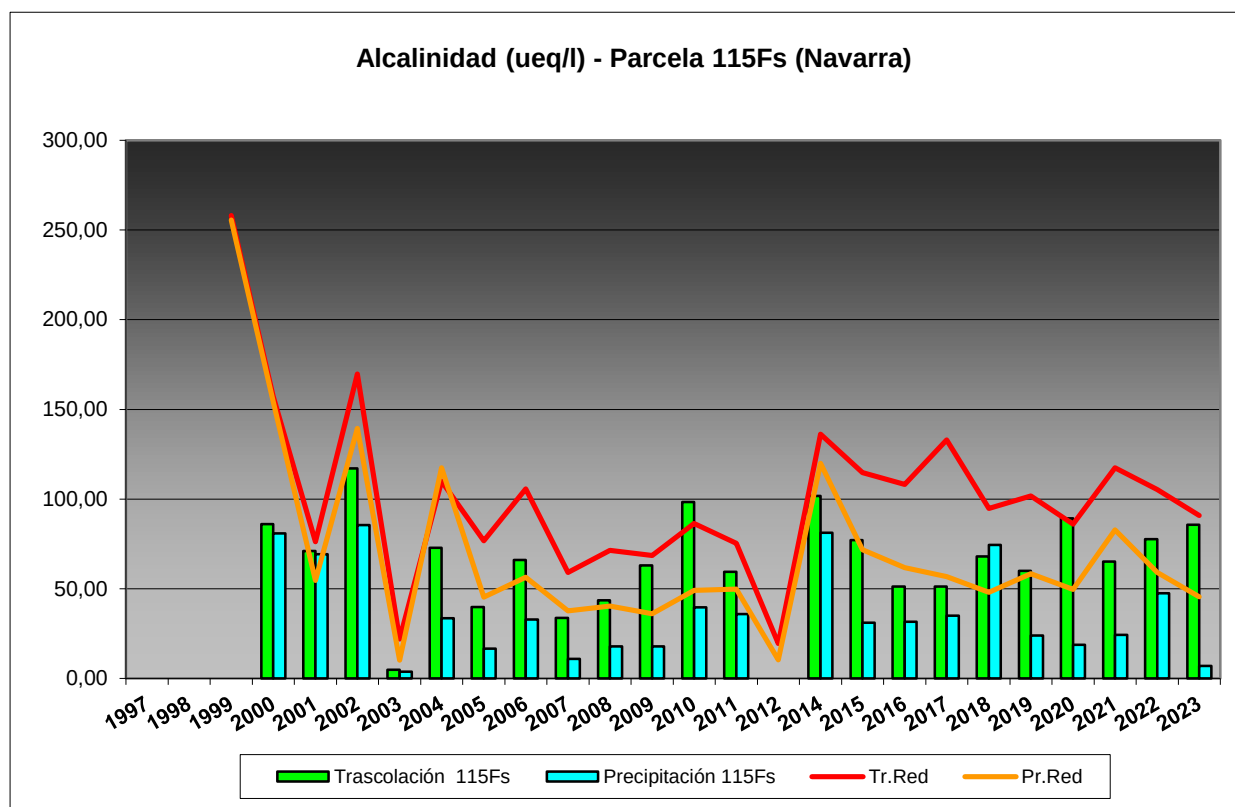


FIG 18: Variación temporal de la alcalinidad.

5.12. Nitrógeno total.

TABLA 21: Caracterización Nitrógeno total. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia 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			1063			1302			
1998			1561			1822			
1999	0,34	5,00	1476	0,24	4,37	1819	0,63	7,14	6,59
2000	0,24	4,38	1792	0,25	5,36	2132	-0,98	6,27	6,64
2001	0,36	4,58	1278	0,27	4,15	1519	0,44	5,37	3,91
2002	0,70	11,31	1605	0,60	11,16	1864	0,15	6,58	5,75
2003	0,52	9,71	1853	0,53	10,43	1959	-0,72	8,44	5,84
2004			1737			1663			
2005	0,58	7,78	1331	0,52	7,83	1520	-0,05	4,96	2,97
2006	0,69	9,95	1445	0,61	10,07	1648	-0,12	9,06	5,73
2007	0,66	11,73	1790	0,65	13,51	2087	-1,79	8,53	6,45
2008			1881			2072			
2009			2008			2156			
2010			1979			2073			
2011			1670			1751			
2012			1007			1125			
2014			1286			1384			
2015			2015			2186			
2016			1675			1959			

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2017			1822			1963			
2018			2095			2512			
2019			2270			2592			
2020	0,58	10,75	1844	0,47	9,81	2104	0,95	5,40	4,36
2021	1,30	23,08	1770	0,45	8,63	1922	14,44	8,83	5,67
2022	0,84	11,17	1337	0,88	13,57	1542	-2,40	6,71	6,31
2023	0,66	13,11	1971	0,40	8,87	2191	4,24	7,06	4,94
Media	0,62	10,21	1675	0,49	8,98	1879	1,23	7,03	5,43

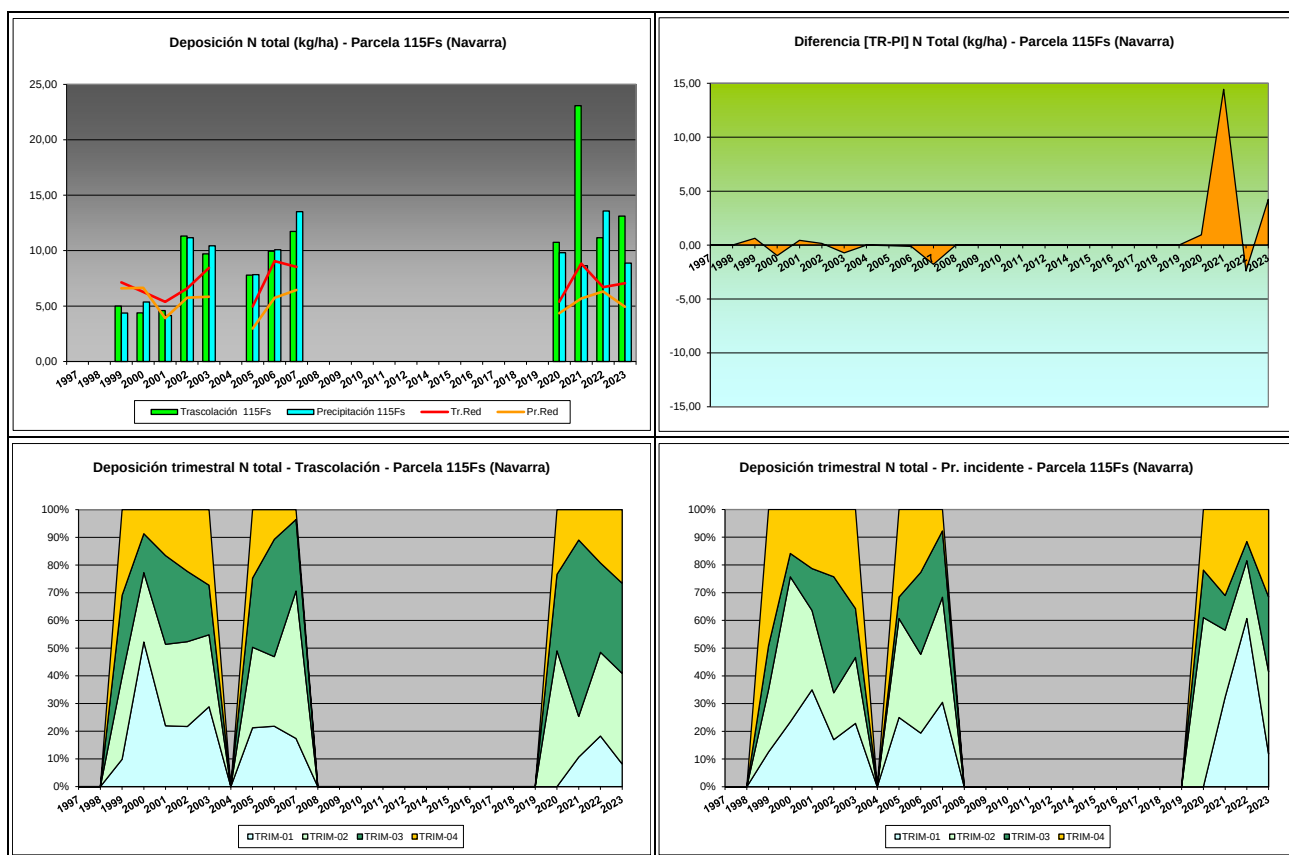


FIG 19: Variación temporal de deposición de Ntotal, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
2020	168,78		1844	114,35		2104	54,88	57,75
2021	97,08		1770	118,48		1922	48,33	66,04
2022	67,50		1337	55,47		1542	45,72	59,49
2023	144,99		1971	157,21		2191	53,85	59,36
Media	119,59		1731	111,38		1940	50,70	60,66

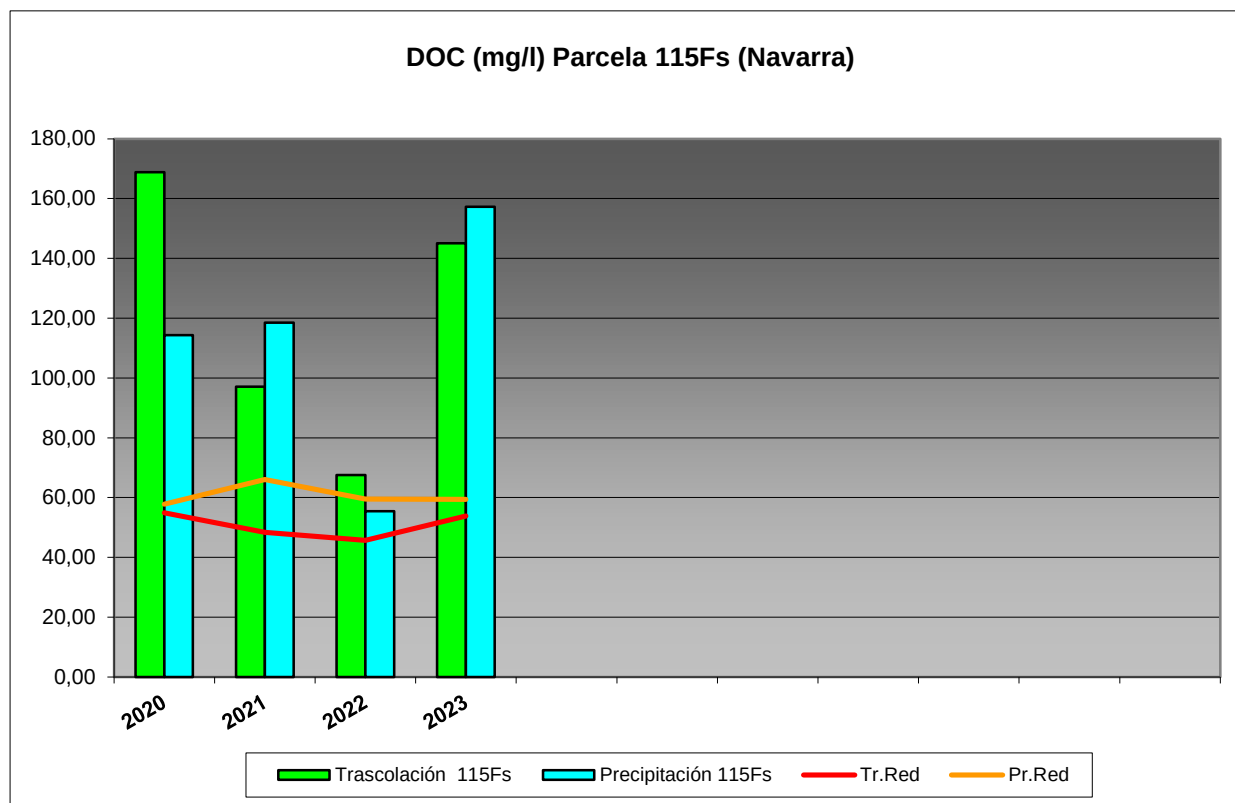


FIG 20: Variación temporal de DOC.

5.14. Aluminio.

TABLA 23: Caracterización Aluminio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia 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)
2020	0,03	0,56	1844	0,03	0,56	2104	-0,01	0,38	0,25
2021	0,03	0,49	1770	0,02	0,41	1922	0,08	0,28	0,19
2022	0,00	0,00	1337	0,00	0,00	1542	0,00	0,05	0,11
2023	0,02	0,32	1971	0,01	0,17	2191	0,15	0,25	0,08
Media	0,02	0,34	1731	0,01	0,29	1940	0,06	0,24	0,16

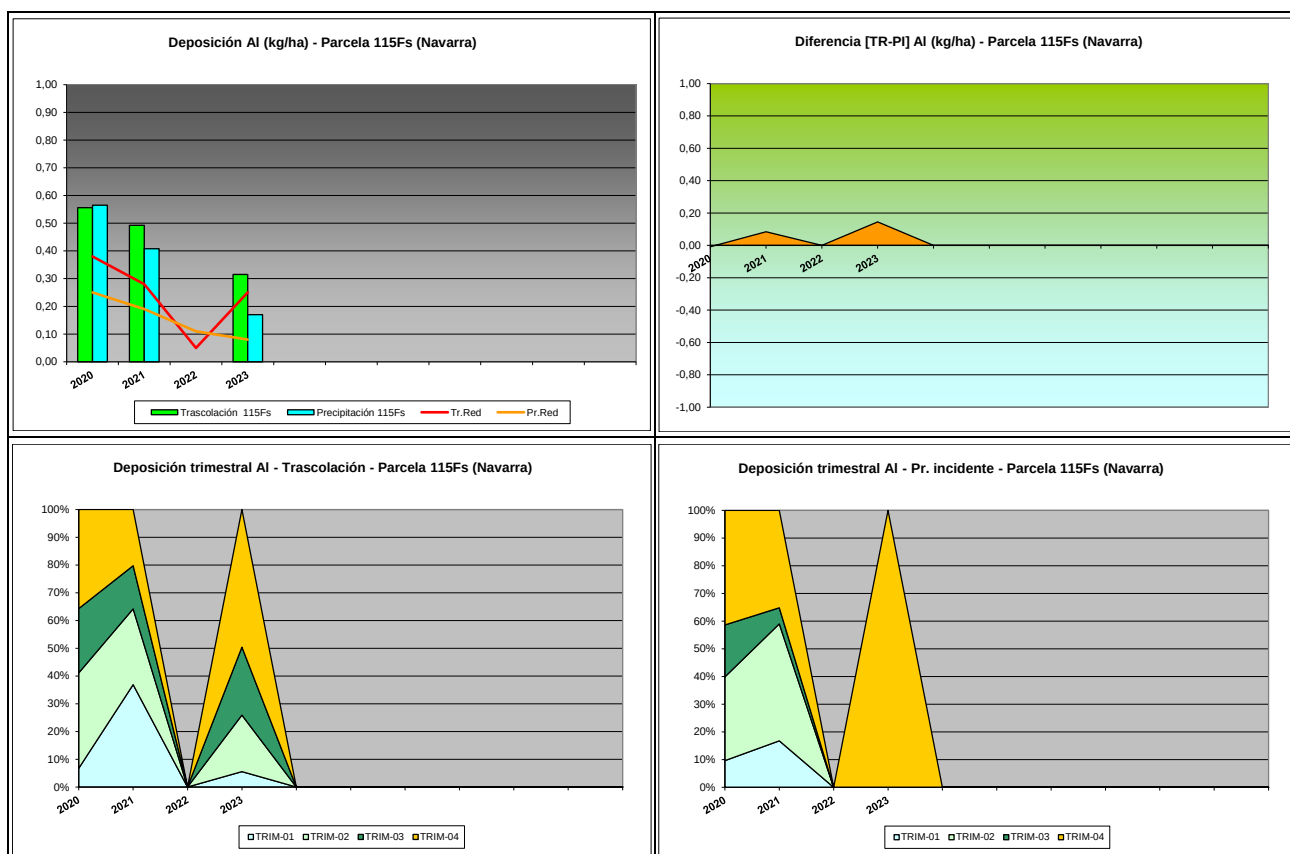


FIG 21: Variación temporal de deposición de Al, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.15. Manganeso.

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

Año	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	0,17	1844	0,01	0,15	2104	0,02	0,21	0,05
2021	0,01	0,10	1770	0,01	0,10	1922	0,00	0,17	0,04
2022	0,01	0,10	1337	0,02	0,26	1542	-0,16	0,21	0,05
2023	0,00	0,09	1971	0,00	0,08	2191	0,01	0,26	0,05
Media	0,01	0,11	1731	0,01	0,15	1940	-0,03	0,21	0,05

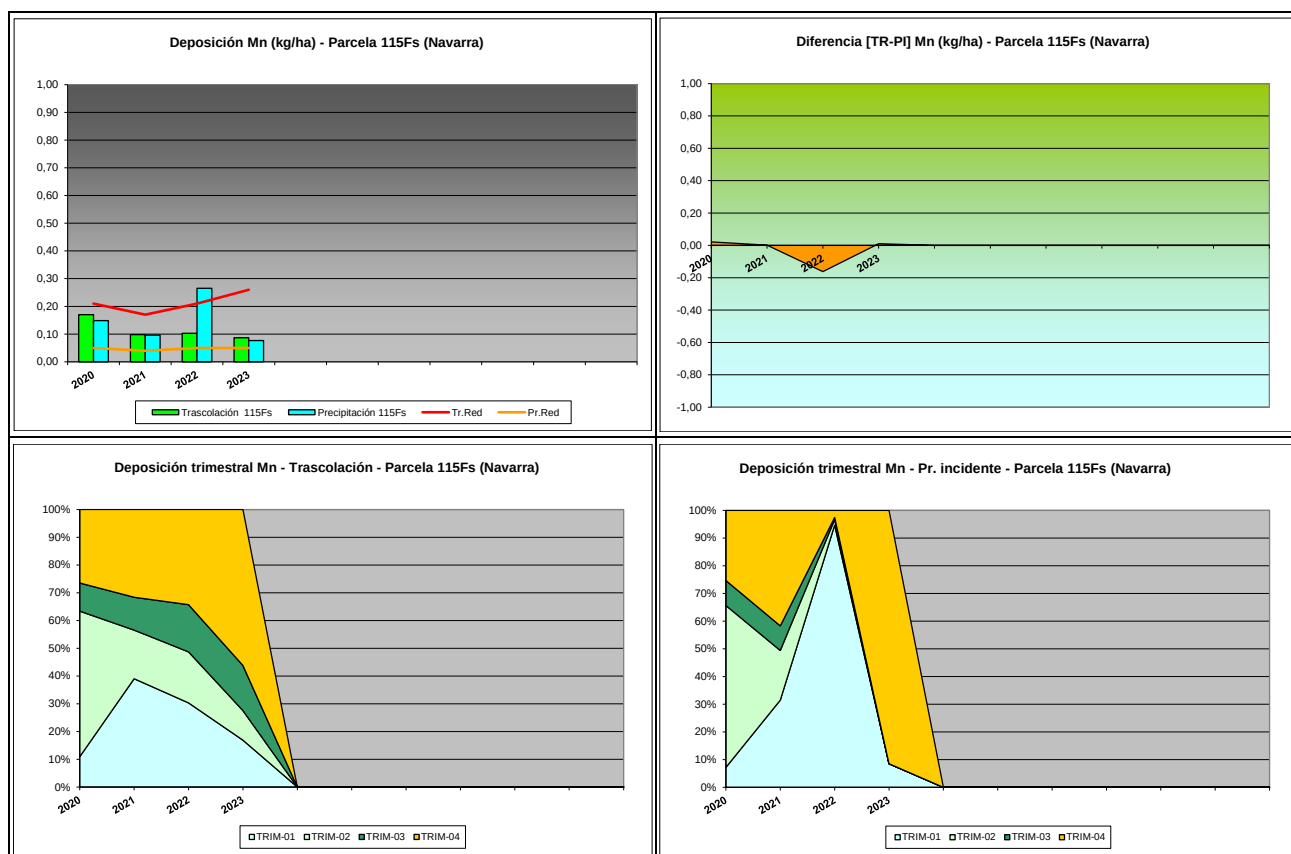


FIG 22: Variación temporal de deposición de Mn, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.16. Hierro.

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

Año	Traslación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2020	0,01	0,23	1844	0,01	0,18	2104	0,05	0,15	0,08
2021	0,01	0,19	1770	0,01	0,13	1922	0,06	0,11	0,14
2022	0,01	0,19	1337	0,00	0,06	1542	0,13	0,12	0,06
2023	0,01	0,16	1971	0,00	0,04	2191	0,12	0,13	0,04
Media	0,01	0,19	1731	0,01	0,10	1940	0,09	0,13	0,08

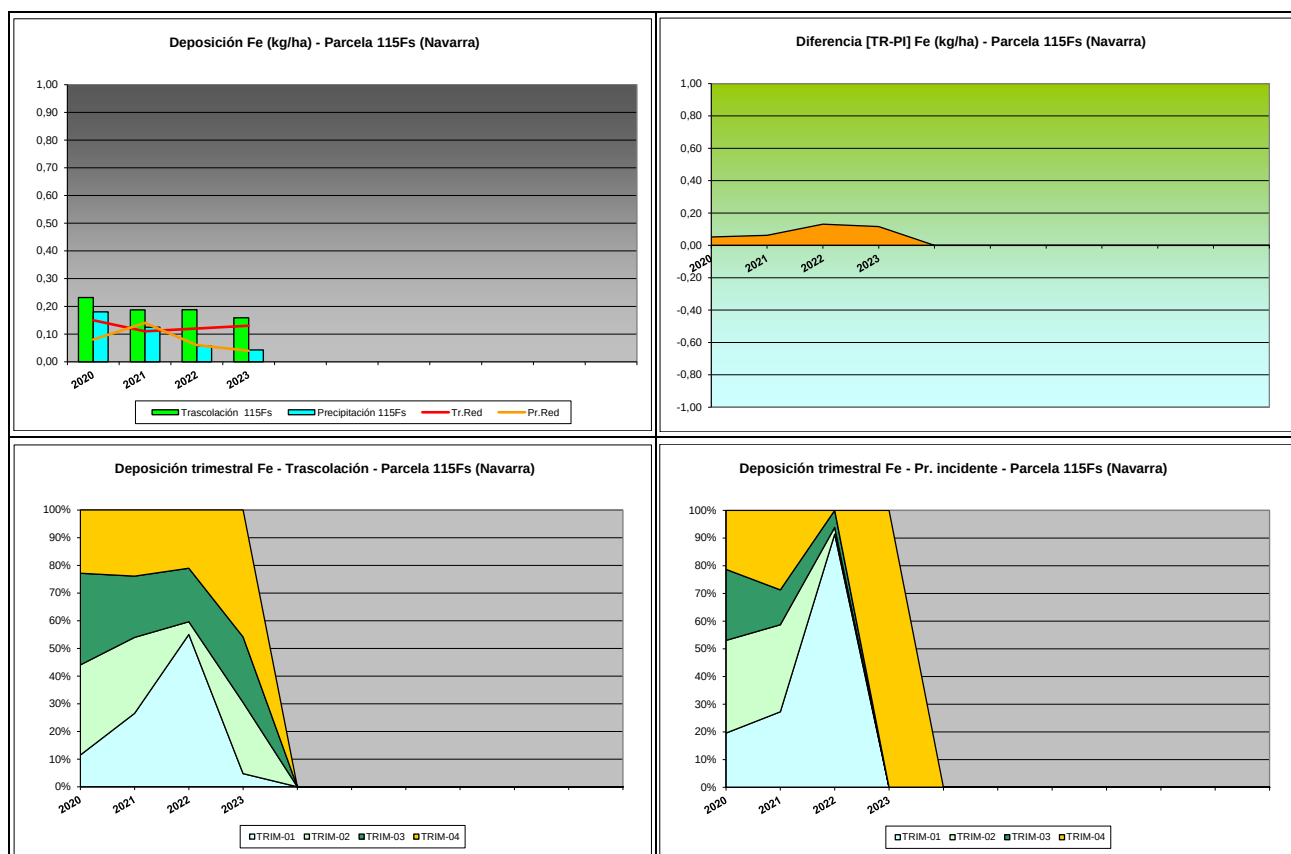


FIG 23: Variación temporal de deposición de Fe, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.17. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 115Fs, cabe destacar:

Se observan valores de **pH** similares en general a la media de la Red, con valores ligeramente más ácidos en la precipitación a campo abierto, con una mayor acidificación general a lo largo del periodo 2004-2008 cuando una fracción no desdeñable de las precipitaciones se situó en lo que se ha dado en denominar “lluvia ácida”, reduciéndose posteriormente el número de casos, y presentándose de forma más o menos episódica en los últimos años siempre a campo abierto, destacando el bajo nivel de este aporte durante el último año en el que apenas se supera el nivel de 5,08. Con una precipitación de 2190 mm anuales, la parcela se encuentra en la media histórica superándose el aporte de 2022, uno de los más secos de la serie. Los valores de la intercepción debidos a la cubierta arbórea son, en general bajos, en torno al 11%, como corresponde a una parcela poblada por una caducifolia que pierde el follaje durante algo más de la mitad del año.

Por lo que se refiere a la **conductividad**, se advierten valores generalmente por debajo del resto de la red a lo largo de la serie de años, con un comportamiento muy estable en torno a 10-20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, mayores valores en traslación y una ligera reducción en ambas vías durante el último año.

En cuanto al **potasio**, se registran deposiciones por encima de la media de la Red, alcanzándose el máximo local en 2010, para decaer a partir de ese momento, experimentándose un repunte considerable en 2019-2020 que tras el episodio valle de 2021-2022 alcanza en traslación el máximo histórico de la serie al

alcanzarse los 80 kg/ha. Las tasas obtenidas en trascolación son también netamente superiores a las obtenidas en la precipitación incidente.

El **calcio**, elemento como el anterior de naturaleza terrígena, presenta también tasas similares a la media de la Red, a excepción del periodo 1997-2003 en que los registros fueron siempre superiores, para ir reduciéndose paulatinamente a partir de ese momento hasta situarse en el entorno de los 10-15 kg/ha, situación muy estable que se viene observando desde 2008, excepción hecha de 2015 cuando se advirtió un incremento en esta deposición. Por regla general el elemento ha presentado mayores tasas de deposición a cielo abierto que bajo cubierta arbórea, con un comportamiento más errático a lo largo de la última parte de la serie. Durante el último año el aporte bajo cubierta se ha mantenido estable mientras se ha reducido el depósito a cielo abierto.

Por lo que respecta al **magnesio**, y excepción hecha del periodo inicial, se han encontrado en general deposiciones por debajo de la media de la Red y muy estables en torno a valores de 2-4 kg/ha, y escasas diferencias entre las dos vías de entrada al sistema. Tras el incremento habido durante 2018-2019, se observa una reducción durante los últimos tres años, con tasas superiores bajo cubierta.

El **sodio**, elemento procedente en gran parte del aporte de sal marina, presenta en general valores superiores a la media de la Red, recuperando las tasas de depósito en torno a los 20-25 kg/ha, tras el pico de 2019 en que llegaron a superarse los 40 kg/ha. Por regla general se han encontrado tasas mayores bajo cubierta arbórea que a campo abierto; y con una reducción sostenida a lo largo de 2020-2022 y un ligero incremento durante el último año. Como suele ser habitual, el aporte bajo cubierta resulta ser superior al habido a campo abierto, posiblemente debido a los efectos de la deposición seca.

El **amonio**, compuesto de origen agrícola y ganadero, presenta también deposiciones superiores a la media de la Red, destacando los elevados depósitos obtenidos a lo largo de 2015-2016, sobre todo en el aporte a cielo abierto, en torno a valores de 15-20 kg/ha. A lo largo de los últimos años, tal y como se ha observado en otras parcelas, se ha observado una reducción del compuesto, sin que se superen los 5 kg/ha, tendencia que se recupera tras el marcado máximo local a cielo abierto de 2022.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por la sal marina, se han registrado también deposiciones superiores a la media del conjunto a lo largo de la serie, tal como ocurriera con el sodio, recuperándose valores propios de 2007-2009 tras el bienio valle de 2012-2014, resultando mayores los aportes correspondientes a la trascolación y sin apenas variación en las dos vías de aporte durante el último año.

Las tasas de deposición de **nitratos** son en general superiores a la media de la Red –tendencia esta que va modulándose en el tramo final de la serie- con máximos locales en 2004 y 2011 en los que se supera el umbral de 5-6 kg/ha característico del resto de la serie y un comportamiento más estable a lo largo de los últimos años en torno a valores de 3 kg/ha, reduciéndose en los últimos años tras el máximo local habido en 2018, con un comportamiento muy estable a lo largo de los últimos años.

El comportamiento de los **sulfatos** ha sido similar al del contaminante anterior, con máximos en el periodo 2002-2004 y repuntes en 2007 y 2011, superándose los valores medios de la Red, valores más elevados bajo cubierta arbórea en todos los años de evaluación y una situación muy estable durante el último tramo de la serie y un ligero incremento durante el último año.

Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierten en general valores inferiores a las medias de la Red, superiores bajo cubierta arbórea, con un comportamiento relativamente estable a lo largo de la serie, situándose en el entorno de 50-100 µeq/l y destacando la marcada disminución del parámetro el último año por lo que a la deposición a campo abierto se refiere.

Desde 2020 se retoma el análisis del **nitrógeno total**, interrumpido en 2007, y que se sitúa en el entorno de los 10 kg/ha, superior por tanto a los valores medios de la Red, sin demasiadas diferencias entre las dos vías de entrada al sistema salvo por lo que se refiere a la última revisión en que el depósito a campo abierto se reduce apreciablemente desde el máximo del año anterior mientras que aumenta la deposición bajo cubierta. Se han analizado también el **carbono orgánico disuelto** con valores considerablemente superiores a la media del conjunto y que alcanza también uno de los mayores valores de la serie histórica, **aluminio, manganeso y hierro**, también con aportes mayores bajo arbolado y en tasas traza en todos los casos, sin superar 0,5 kg/ha, pero con tasas apreciablemente mayores en el primero de los elementos citados y una ligera reducción respecto al año precedente de los metales analizados

Los mayores aportes han tendido a producirse en primavera 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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)
2000	1,34	1,32	1,74	25,73	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	3,47	1,22	1,54	32,96	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	0,57	0,37	1,45	27,29	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	0,56	0,46	3,86	26,65	1,05	1,07	2,87	30,03

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)
2004	0,74	0,57	2,03	23,61	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	0,67	0,51	1,35	24,46	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	0,75	0,64	1,58	22,71	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	0,51	0,57	1,32	23,37	0,82	1,32	0,93	27,18
2009	0,81	1,74	1,15	30,46	1,06	2,89	1,30	36,30
2010	0,82	1,89	0,92	31,69	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	0,62				1,50		0,48	
2012	0,79	1,59	0,90	35,01	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	0,80	1,73	0,97	25,08	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	0,88	1,70	1,01	20,51	1,32	3,73	1,24	26,27
2016	0,75	1,61	1,07	21,17	1,12	3,37	1,28	28,68
2017	0,71	1,64	1,17	22,20	1,00	3,57	1,47	30,55
2018	1,43	1,68	1,91	23,09	1,32	3,02	1,85	27,00
2019	0,95	1,50	1,75	17,89	1,11	2,98	1,85	24,94
2020	0,58	1,31	2,12	16,98	0,73	2,73	1,98	23,42
2021	0,56	1,37	1,37	17,63	0,76	2,63	1,47	25,19
2022	0,56	1,56	1,83	17,81	0,68	2,88	1,75	21,13
2023	0,50	1,42	1,87	16,12	0,50	2,58	2,06	22,45
2024	0,88	1,38	1,58	14,72	0,94	2,35	1,60	22,14
Media	0,88	1,26	1,57	23,55	1,26	2,52	1,59	28,99

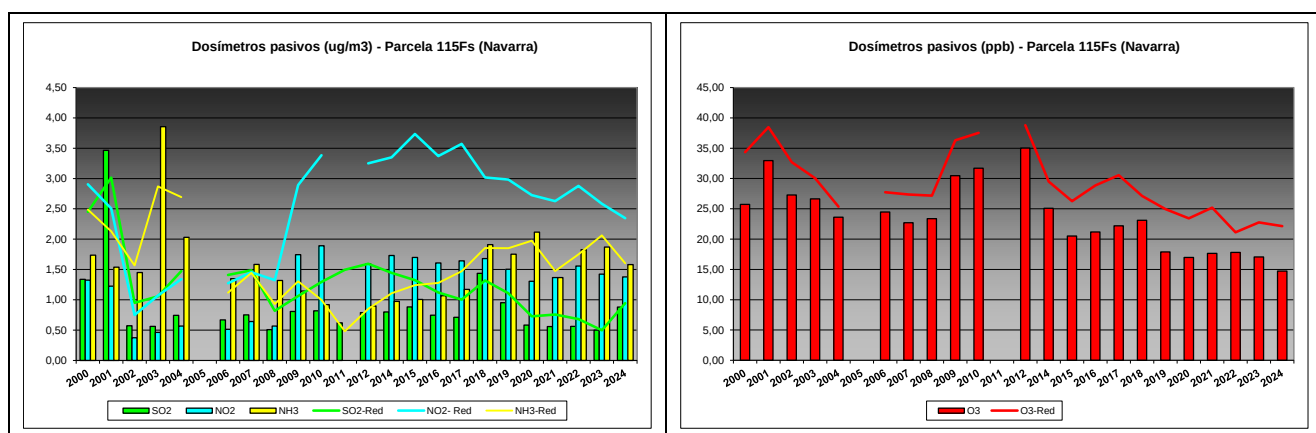


FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, los compuestos nitrogenados han sido los más abundantes en el aire, el amoníaco hacia comienzos de la serie, que se ha ido reduciendo hasta ser sustituido por los óxidos de nitrógeno, tendencia que se invierte a lo largo de los últimos años, como ha ocurrido en otras parcelas, mientras que el dióxido de azufre presenta un comportamiento más estable con excepción del pico de 2001, un ligero repunte en 2018 y un ligero incremento tras el mínimo de la serie habido durante el año anterior; con valores en general muy estables en torno a 1-2 µg/m³, inferiores a las inmisiones medias de la Red, y sin que se hayan superado los umbrales de referencia antedichos salvo por lo que se refiere a los líquenes a lo largo de los últimos años. Durante los últimos años se observa una estabilidad marcada en los niveles de inmisión de los distintos contaminantes, que se sitúan generalmente por debajo de los valores

medios del conjunto de parcelas. Mención aparte cabe hacer del ozono, que como en otros puntos, alcanza el valor mínimo de la serie durante el último año, tal como ya ocurriera en la revisión precedente.

7. Análisis foliar.

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

7.1. Análisis Macronutrientes.

Los macronutrientes analizados han registrado los siguientes valores:

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

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 100 hojas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
1995-1996	03 Fs	La Rioja	9,00	27,56	2,20	1,62	11,57	1,77	7,52	
	115 Fs	Navarra	7,00	26,64	1,94	1,20	7,25	1,24	7,90	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	8,00	27,10	2,07	1,41	9,41	1,51	7,71	
1997-1998	03 Fs	La Rioja	7,00	29,24	1,76	1,88	11,49	1,77	10,59	
	115 Fs	Navarra	8,00	26,60	1,72	1,29	8,11	1,06	10,09	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	7,50	27,92	1,74	1,59	9,80	1,42	10,34	
1999-2000	03 Fs	La Rioja	7,00	24,78	1,78	1,47	9,30	1,69	8,55	
	115 Fs	Navarra	9,00	24,22	1,70	1,23	6,71	1,12	8,79	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	8,00	24,50	1,74	1,35	8,01	1,41	8,67	
2001-2002	03 Fs	La Rioja	8,00	26,46	1,81	1,75	9,66	1,81	9,06	
	115 Fs	Navarra	9,00	24,35	1,68	1,07	5,54	0,86	8,44	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	8,50	25,41	1,75	1,41	7,60	1,34	8,75	
2003-2004	03 Fs	La Rioja	10,00	24,58	1,53	1,66	8,86	1,62	10,12	
	115 Fs	Navarra	12,00	22,44	1,40	1,11	5,31	0,70	8,95	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	11,00	23,51	1,47	1,39	7,09	1,16	9,54	
2005-2006	03 Fs	La Rioja	13,00	25,11	1,62	1,39	9,45	1,59	8,20	
	115 Fs	Navarra	11,00	23,42	1,58	1,03	5,47	1,16	8,12	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	12,00	24,27	1,60	1,21	7,46	1,38	8,16	
2007-2008	03 Fs	La Rioja	11,00	23,01	1,43	1,37	7,61	1,39	8,03	
	115 Fs	Navarra	11,00	23,42	1,49	1,08	5,80	1,18	8,71	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	11,00	23,22	1,46	1,23	6,71	1,29	8,37	
2009-2010	115 Fs	Navarra	8,00	26,54	1,67	1,24	7,68	1,53	8,60	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	8,00	26,54	1,67	1,24	7,68	1,53	8,60	
2011-2012	115 Fs	Navarra	9,38	24,70	1,65	1,16	6,48	1,11	8,70	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	9,38	24,70	1,65	1,16	6,48	1,11	8,70	
2015-2016	115 Fs	Navarra	16,60	24,36	1,44	1,13	8,04	1,34	7,35	51,08
	<i>F.sylvatica</i>	Red	16,60	24,36	1,44	1,13	8,04	1,34	7,35	51,08
2017-2018	115 Fs	Navarra	11,67	23,21	1,61	1,26	10,02	1,26	8,50	49,22
	<i>F.sylvatica</i>	Red	11,67	23,21	1,61	1,26	10,02	1,26	8,50	49,22
2019-2020	115 Fs	Navarra	11,44	23,70	1,67	1,34	9,88	1,31	8,00	50,97
	<i>F.sylvatica</i>	Red	11,44	23,70	1,67	1,34	9,88	1,31	8,00	50,97

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 100 hojas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
2021-2022	115 Fs	Navarra	11,88		0,62	1,25	8,49	1,29	6,73	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	11,88		0,62	1,25	8,49	1,29	6,73	
2023-2024	115 Fs	Navarra	11,72	22,80	1,61	1,24	8,53	1,32	8,28	47,65
	<i>F.sylvatica</i>	Red	11,72	22,80	1,61	1,24	8,53	1,32	8,28	47,65

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

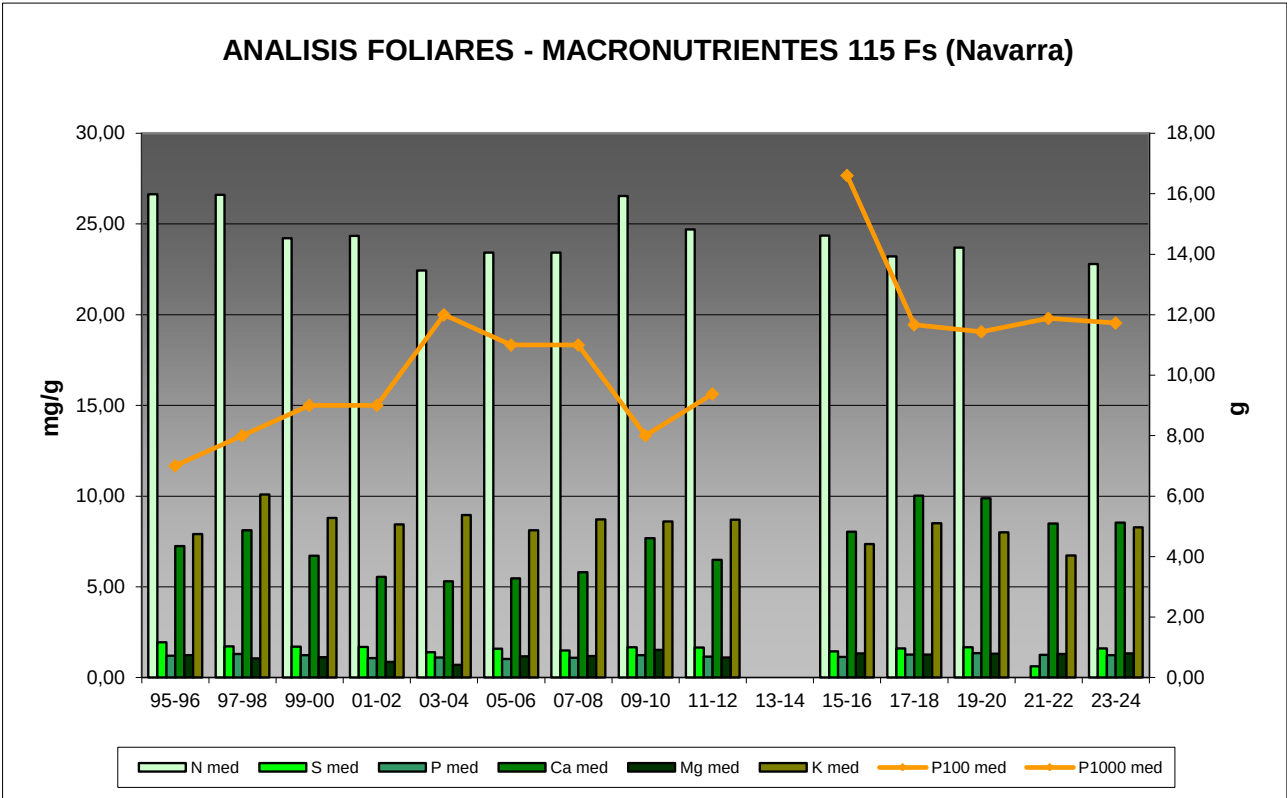


FIG 25: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

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

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
1995-1996	03 Fs	La Rioja		60,00	2368,00	279,00	
	115 Fs	Navarra		33,00	2491,00	412,00	
	<i>F.sylvatica</i>	Red		46,50	2429,50	345,50	
1997-1998	03 Fs	La Rioja	2762,00	58,00	1066,00	142,00	
	115 Fs	Navarra	3309,00	23,00	1270,00	95,00	
	<i>F.sylvatica</i>	Red	3035,50	40,50	1168,00	118,50	

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
2015-2016	115 Fs	Navarra		19,40	864,79	88,31	6,71
	<i>F.sylvatica</i>	Red		19,40	864,79	88,31	6,71
2017-2018	115 Fs	Navarra		21,50	1148,11	115,18	6,89
	<i>F.sylvatica</i>	Red		21,50	1148,11	115,18	6,89
2019-2020	115 Fs	Navarra		18,89	1195,57	113,36	7,44
	<i>F.sylvatica</i>	Red		18,89	1195,57	113,36	7,44
2021-2022	115 Fs	Navarra		20,09	993,94	78,45	7,37
	<i>F.sylvatica</i>	Red		20,09	993,94	78,45	7,37
2023-2024	115 Fs	Navarra		19,73	1087,10	118,72	6,56
	<i>F.sylvatica</i>	Red		19,73	1087,10	118,72	6,56

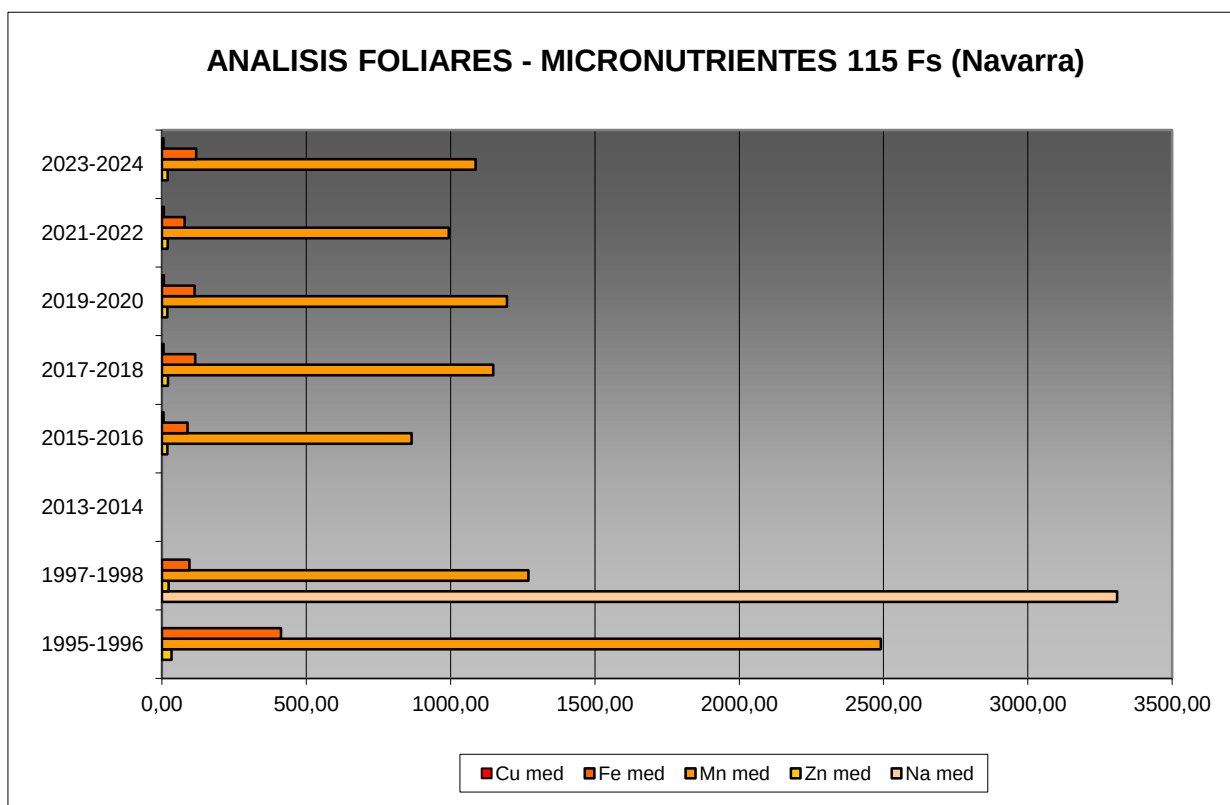


FIG 26: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 115Fs no se realizó el análisis foliar en 2013-2014.

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis de la muestra foliar de la parcela 115Fs podemos hacer las siguientes observaciones tanto de la parcela tratada individualmente como respecto a la media interanual del resto de parcelas con el haya como especie dominante:

Tras el máximo experimentado por el **peso** de la muestra en 2015-2016, en la presente revisión la variable se mantiene estable en torno a los 12 g/100 hojas y en los valores más altos de la serie histórica, tal como ya se venía observando durante las campañas anteriores.

Respecto a los **macronutrientes**; se han obtenido valores bastante homogéneos para el **nitrógeno**, mientras que el contenido en **azufre** se incrementa apreciablemente respecto al mínimo de la serie de la campaña anterior, tal como ha ocurrido en casi toda la red, no disponiéndose de valor de referencia para la especie. En cuanto al resto de elementos analizados, **fósforo, calcio y magnesio** se mantienen en niveles muy parecidos a los de la revisión del año anterior mientras que el **potasio** se incrementa respecto al mínimo del año previo. Por lo que se refiere al contenido en **carbono** del follaje, mantiene un valor muy estable en torno al 49-50%.

Los **micronutrientes** se han analizado con menor regularidad y no siempre todos ellos, lo que dificulta el estudio de su tendencia, si bien los principales elementos mantienen un comportamiento muy estable a lo largo de los últimos años, presentando también valores comparativamente altos en **manganeso y hierro** que se incrementan respecto a la campaña anterior, mientras que **zinc y cobre** se reducen ligeramente.

8. Desfronde.

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

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

8.1. Análisis Macronutrientes.

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

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2005	Hojas	3.274	52,82	15,60	1,25	0,69	8,58	0,95	2,68
	Ramillas	315	54,36	7,50	0,83	0,20	3,42	0,24	0,80
	Otras	1.210	50,68	7,68	0,86	0,50	4,75	0,60	1,55
2006	Hojas	3.464	52,64	19,75	1,38	1,04	10,72	1,36	4,61
	Ramillas	327	54,62	9,37	0,72	0,34	7,57	0,52	1,22
	Otras	961	48,89	20,25	1,71	1,21	7,58	1,08	3,17
2007	Hojas	3.617	53,36	18,60	1,32	0,91	6,79	4,63	2,71
	Ramillas	458	54,93	9,24	0,82	0,39	5,25	1,43	0,75
	Otras	770	50,36	14,33	1,28	1,15	5,07	3,52	1,34
2008	Hojas	2.916	53,39	20,98	1,27	1,04	8,40	1,21	4,00
	Ramillas	181	54,41	11,90	0,84	0,39	9,45	0,59	1,05
	Otras	790	50,51	17,40	1,29	0,87	6,89	0,95	2,41
2009	Hojas	2.704	53,18	14,23	1,35	0,64	8,79	1,03	5,14
	Ramillas	193	53,50	6,42	0,61	0,29	7,80	0,56	0,74
	Otras	1.720	51,50	20,36	1,45	1,02	6,64	1,03	3,60

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2010	Hojas	2.664	52,91	20,78	1,52	1,15	9,32	0,95	2,64
	Ramillas	670	50,58	12,22	1,04	0,64	8,77	1,34	1,66
	Otras	1.500	50,53	16,50	1,39	1,01	6,19	1,15	3,69
2011	Hojas	2.936	53,02	19,22	1,37	0,98	7,81	3,39	3,23
	Ramillas	351	53,68	8,98	0,80	0,34	5,62	2,10	0,88
	Otras	1.251	50,48	16,84	1,35	0,95	5,59	2,34	2,58
2012	Hojas	159	52,90	20,00	1,52	1,12	7,12	1,89	3,20
	Ramillas	173	53,47	7,52	0,64	0,32	6,48	1,06	0,82
	Otras	724	50,09	18,97	1,54	0,91	6,26	1,42	2,21
2014	Hojas	3.574	50,84	13,42	1,30	0,75	10,12	1,05	4,84
	Ramillas	1.945							
	Otras	422							
2015	Hojas	3.267	51,05	14,55	0,81	0,64	9,03	0,73	6,43
	Ramillas	300							
	Otras	617	47,13	19,08	0,75	0,56	7,26	0,81	1,72
2016	Hojas	3.004	50,98	14,07	1,09	0,68	9,94	1,00	4,64
	Ramillas	201							
	Otras	2.983	50,60	15,33	1,11	1,19	5,21	1,11	5,20
2017	Hojas	3.272	50,91	14,28	0,92	0,64	12,26	1,15	4,38
	Ramillas	635							
	Otras	611							
2018	Hojas	3.029	50,49	19,66	1,20	1,12	9,71	1,08	4,69
	Ramillas	201							
	Otras	1.096							
2019	Hojas	4.065	51,51	11,57	0,91	0,62	10,92	1,11	5,89
	Ramillas	208							
	Otras	729							
2020	Hojas	2.978			1,09	0,87	11,80	1,20	4,39
	Ramillas	482							
	Otras	5.152							
2021	Hojas	3.468			1,45	0,81	9,15	0,92	4,32
	Ramillas	140							
	Otras	706							
2022	Hojas	4.105	51,03	13,32	0,93	0,78	10,96	1,18	4,93
	Ramillas	113							
	Otras	748							
2023	Hojas	2.838	47,99	10,85	0,74	0,44	10,68	0,84	2,89
	Ramillas	456							
	Otras	3.413							
Media	Hojas	3.074	51,81	16,31	1,19	0,83	9,56	1,43	4,20
	Ramillas	408	53,69	9,14	0,79	0,36	6,80	0,98	0,99
	Otras	1.411	50,08	16,67	1,27	0,94	6,14	1,40	2,75

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	29,10	1082,33	168,71	6,11				
	Ramillas								
	Otras								
2015	Hojas	23,77	1144,24	153,35	5,43				
	Ramillas								
	Otras	28,12	466,40	416,46	7,76				
2016	Hojas	237,31	883,87	219,05	5,29				
	Ramillas								
	Otras	22,79	429,56	616,79	9,23				
2017	Hojas	29,98	1244,32	156,18	6,03				
	Ramillas								
	Otras								
2018	Hojas	18,30	980,83	162,09	12,30				
	Ramillas								
	Otras								
2019	Hojas	23,64	1175,92	151,29	5,42				
	Ramillas								
	Otras								
2020	Hojas	32,21	1174,46	187,36	6,51	4,78	0,13	1,72	87,89
	Ramillas								
	Otras								
2021	Hojas	27,87	882,16	130,35	5,23				
	Ramillas								
	Otras								
2022	Hojas	21,13	1008,76	161,90	5,74				
	Ramillas								
	Otras								
2023	Hojas	21,09	1086,43	109,14	3,86				
	Ramillas								
	Otras								
Media	Hojas	46,44	1066,33	159,94	6,19	4,78	0,13	1,72	87,89
	Ramillas								
	Otras	25,45	447,98	516,63	8,49				

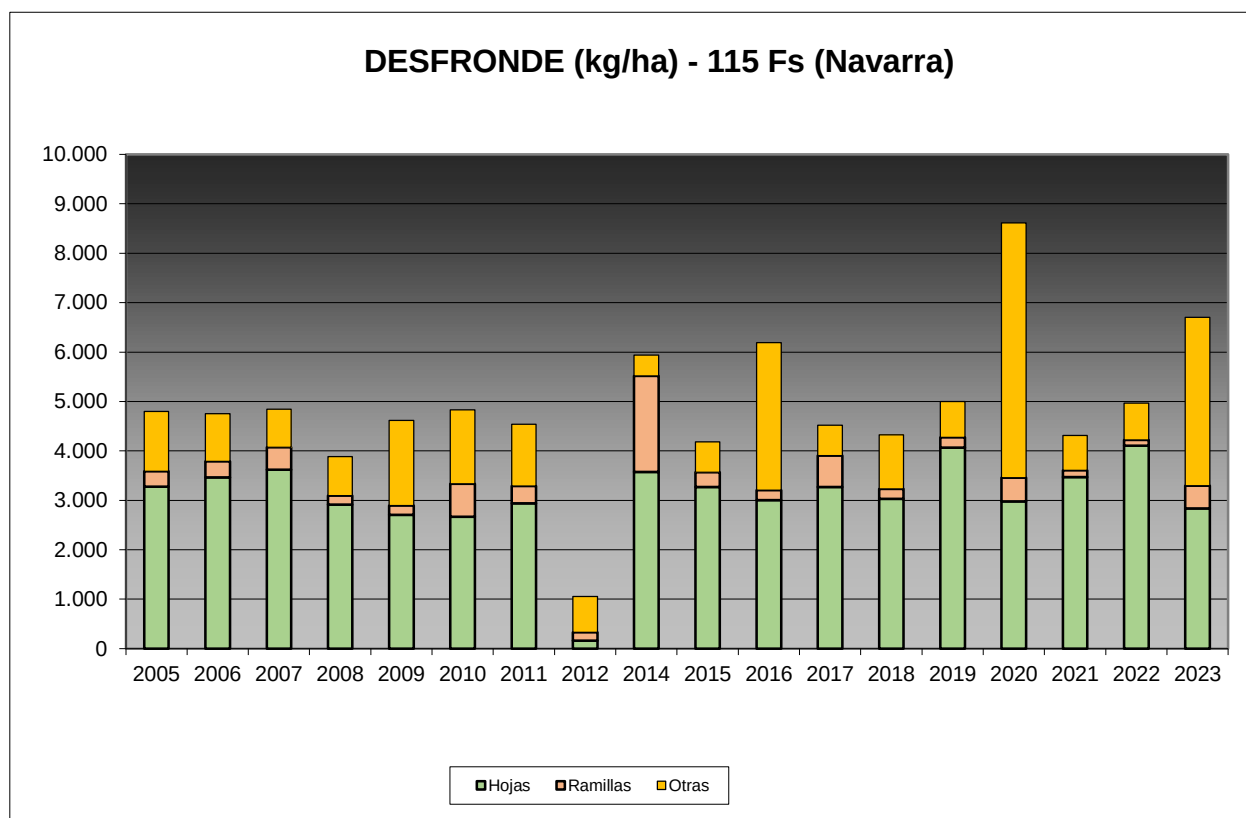


FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde se sitúa por encima de los 4.000 kg/ha posiblemente influenciado por el hecho de tratarse de una parcela poblada por caducifolias. Los bajos resultados habidos en 2012 se deben a no haberse muestreado durante el otoño, época en la que se concentra la mayoría del aporte. En la presente revisión se incrementa apreciablemente el desfronde hasta uno de los mayores valores de la serie, superándose los 6.000 kg/ha, debido sobre todo a un mayor aporte de flores, frutos o líquenes, mientras la fracción foliar se sitúa en valores comparativamente bajos. El contenido de las diferentes fracciones en C se sitúa ligeramente por encima del 50% contribuyendo a la fijación del CO₂ por el ecosistema.

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 115Fs, 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										
2000										
2001	03/05/01	17/05/01	14	122	590					
2002	28/04/02	16/07/02	79	117	530					
2003	29/04/03	20/05/03	21	118	456					
2004	29/04/04	02/06/04	34	119	329	02/06/04	30/06/04	28	153	628
2005	11/05/05	13/07/05	63	130	392					
2006	03/05/06	17/05/06	14	122	423	17/05/06	30/06/06	44	136	594
2007	25/04/07	31/05/07	36	114	421					
2008	07/05/08	21/05/08	14	127	679					
2009	04/05/09	18/05/09	14	123	409	06/07/09	20/07/09	14	186	1296
2010	27/04/10	24/05/10	27	116	354	13/05/10	24/05/10	11	132	453
2011	26/04/11	24/05/11	28	115	597	26/04/11	24/05/11	28	115	597
2012	25/04/12	30/05/12	35	115	380	25/04/12	30/05/12	35	115	380
2014	22/04/14	27/05/14	35	111	610	22/04/14	27/05/14	35	111	610
2015	26/05/15	24/06/15	29	145	808	26/05/15	24/06/15	29	145	808
2016	26/04/16	01/06/16	36	116	578	01/06/16	05/07/16	34	152	949
2017	27/04/17	31/05/17	34	116	539	31/05/17	27/06/17	27	150	943
2018	24/04/18	27/06/18	64	113	450	30/05/18	27/06/18	28	149	768
2019	30/05/19	25/06/19	26	149	774	30/05/19	25/06/19	26	149	774
2020	30/04/20	27/05/20	27	120	747	30/04/20	27/05/20	27	120	747
2021	27/04/21	30/06/21	64	116	607	26/05/21	30/06/21	35	145	853
2022	29/04/22	28/06/22	60	118	578	25/05/22	28/06/22	34	144	926
2023	27/04/23	28/06/23	62	116	542	27/04/23	31/05/23	34	116	542
2024	26/04/24	29/05/24	33	116	677	29/05/24	03/07/24	35	149	993
Media			37	121	542			30	139	757

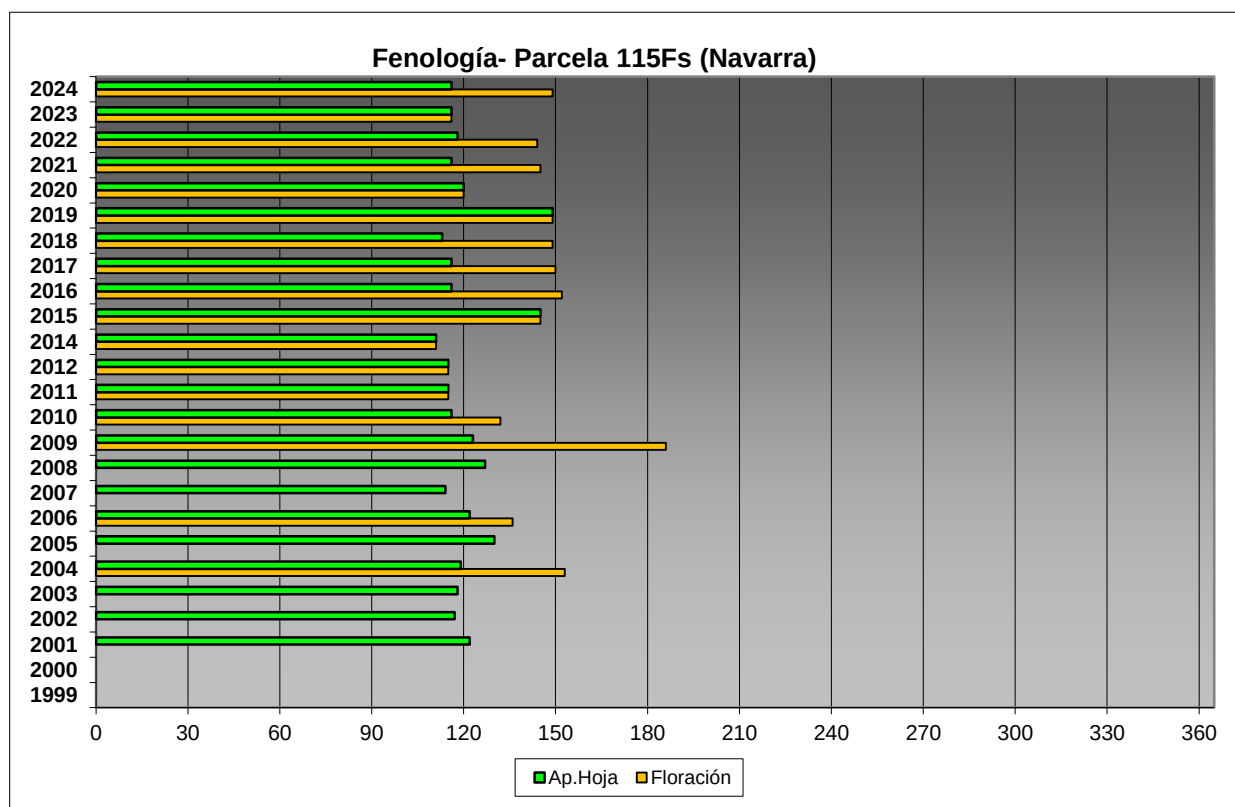


FIG 28: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, las distintas fases fenológicas comienzan durante el mes de abril, con cierto retraso en la aparición de la flor, estructura que por otra parte permanece prendida muy poco tiempo, lo que dificulta su observación, particularmente en condiciones de viento o lluvia fuerte que tienden a desprenderla. A lo largo de los últimos años se ha observado un cierto retraso en la floración, hacia finales de mayo, mientras que la brotación se ha producido hacia finales de abril, situación que se repite en la presente revisión tras el adelantamiento de la floración del año anterior.



FIG 29: Aparición hoja, distintas fases de desarrollo, de la apertura de yema al despliegue y flor ya caída en el suelo (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 (%)
2002	0,29	0,72	0,29	0,68
2003	0,36	0,89	0,36	0,77
2004	0,31	0,74	0,31	0,27

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
2005	0,42	1,06	0,42	0,36
2006	0,34	0,80	0,34	0,51
2007	0,35	0,82	0,35	0,54
2008	0,36	0,91	0,36	0,87
2009	0,20	0,47	0,20	0,46
2010	0,23	0,54	0,23	0,51
2011	0,32	0,73	0,32	0,58
2012	0,33	0,75	0,33	0,74
2014	0,45	1,00	0,45	0,99
2015	0,38	0,83	0,38	0,79
2016	0,25	0,55	0,25	0,53
2017	0,27	0,59	0,27	0,54
2018	0,29	0,64	0,29	0,63
2019	0,32	0,68	0,32	0,64
2020	0,22	0,48	0,22	0,45
2021	0,29	0,61	0,29	0,59
2022	0,29	0,61	0,29	0,60
2023	0,21	0,44	0,21	0,44
2024	0,36	0,75	0,36	0,71
Media	0,31	0,71	0,31	0,60

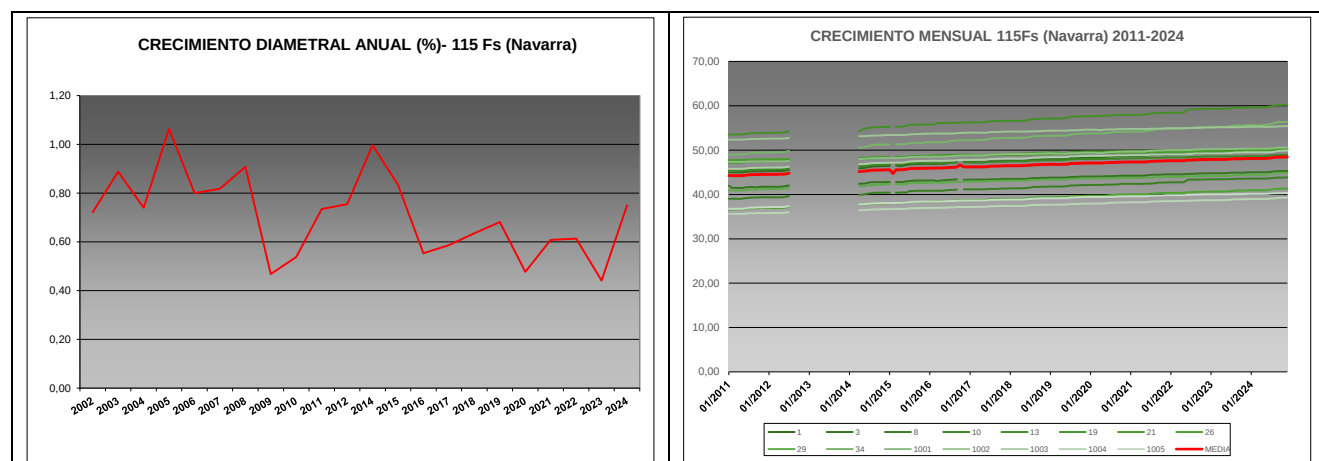


FIG 30: Crecimiento diametral anual y porcentaje sobre el inicio. Crecimientos mensuales dendrómetros y media parcela

Como puede verse en el gráfico anterior, el crecimiento diamétrico anual en la parcela considerada ha oscilado, entre el 0,47% de 2009 y el 1,06% de 2005, situándose por regla general en valores próximos al 0,80% anual, y que se estabiliza a lo largo de los últimos seis años en el entorno del 0,60%, con un incremento marcado durante el año en curso tras el mínimo local de la revisión anterior.

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	1302	14,3	33,0	-3,4	21,3	7,9		78,9	2,9	50,0
1998	1822	16,2	34,3	1,1	23,4	9,5		77,7	4,8	50,0
1999	1819	14,6	32,0	-2,3	21,3	9,0	215,5	84,3	1,5	14,8
2000	2132									
2001	1519	7,7	21,4	-1,9	13,0	2,9	141,2	62,1	2,4	21,6
2002	1864	11,1	31,7	-5,0	16,8	6,3	154,5	85,8	1,8	24,6
2003	1959	11,1	31,7	-5,0	16,8	6,3	154,5	85,8	1,8	24,6
2004	1663	3,3	23,0	-11,8	8,5	-0,9		86,5	1,6	19,0
2005	1520	8,3	32,7	-20,6	14,6	2,9		83,8	1,8	22,7
2006	1648	6,4	32,6	-13,7	12,4	1,4	182,1	85,3	1,5	22,0
2007	2087	7,1	31,7	-12,5	12,6	1,8		86,8	1,6	
2008	2072	7,2	40,8	-11,6	13,4	0,2	216,3	83,5	1,5	20,5
2009	2156	8,8	32,0	-14,8	14,1	4,1	207,1	83,3	1,4	20,8
2010	2073	6,6	32,2	-14,0	11,5	2,1		83,7	1,5	28,7
2011	1751	9,2	33,5	-8,0	14,7	4,2	191,3	80,9	1,5	20,8
2012	1125	6,0	30,2	-9,9	11,4	1,2	131,3	71,7	1,8	32,5
2014	1384	9,6	32,0	-7,1	14,2	5,2	89,5	83,1	1,4	21,6
2015	2186	9,3	35,7	-9,9	15,2	4,2	116,3	82,9	1,3	20,8
2016	1959	9,1	36,2	-10,1	14,3	4,3	112,1	82,8	1,3	19,3
2017	1963	9,0	31,2	-11,4	14,8	3,7	124,2	84,0	1,2	22,3
2018	2512	9,1	31,6	-13,1	14,0	4,5	115,5	86,8	0,9	18,2
2019	2592	9,1	36,0	-8,4	14,5	4,3	104,1	74,3	1,5	23,8
2020	2104	9,7	33,5	-6,7	15,0	4,9	135,5	87,3	2,3	26,5
2021	1922	9,0	33,9	-13,9	14,2	4,2	143,2	88,5	1,6	20,5
2022	1542	10,7	34,9	-8,9	16,1	5,4	147,3	84,4	1,6	21,2
2023	2191	10,1	34,0	-9,5	15,7	5,0	145,0	86,8	1,3	21,2
2024	2257	9,7	34,3	-8,2	15,0	4,7	137,1	86,7	1,3	25,0
Media	1893	9,3	32,5	-9,3	15,0	4,2	148,2	82,6	1,7	24,5

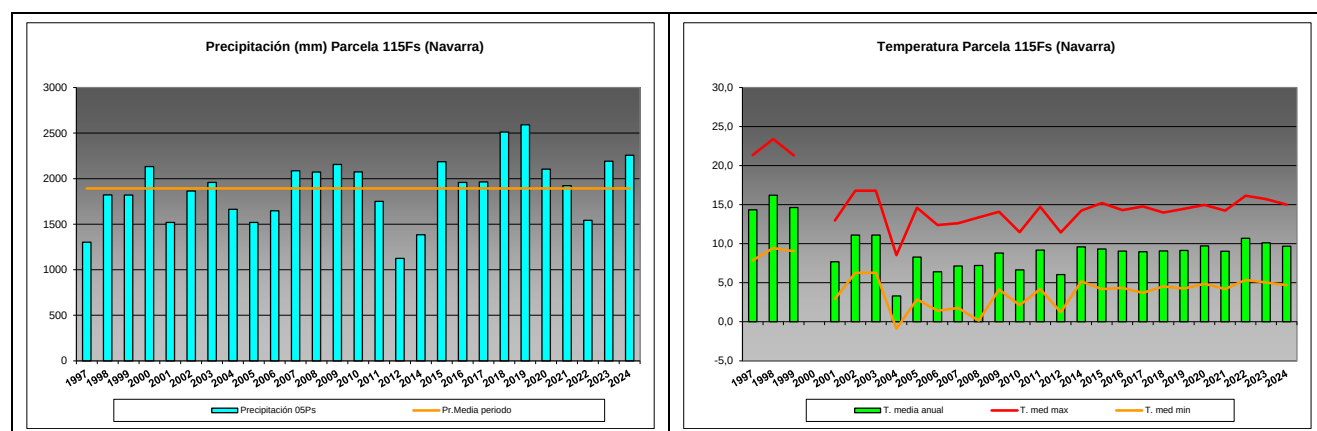


FIG 31: Principales variables meteorológicas.

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

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

Año	DT	DH	PMAX5		PPES	NOPREC	
	Días	Días	mm	Intervalo	Días	Días	Intervalo
2000							
2001	0	0					
2002	6	0	190,1	06/11 a 10/11	4	5	14/06 a 18/06
2003							
2004		4	115,4	23/01 a 27/01	0		
2005	10	17	105,4	09/11 a 13/11	0	10	22/07 a 31/07
2006	3	6	95,0	05/12 a 09/12	2	3	09/08 a 11/08
2007	5	7	93,0	07/12 a 12/12	5	2	09/05 a 10/05
2008	5	2	128,7	13/01 a 18/01	4	4	01/05 a 04/05
2009	7	9	145,5	30/11 a 04/12	0	21	11/08 a 31/08
2010	3	20	148,6	18/11 a 22/11	4	7	18/05 a 24/05
2011	5	7	201,0	19/02 a 23/02	7	5	20/05 a 24/05
2012							
2013							
2014	2	1	212,4	22/01 a 27/01	9	11	10/06 a 20/06
2015	14	7	238,3	22/02 a 26/02	7	11	11/08 a 21/08
2016	11	2	90,3	05/11 a 09/11	2	10	25/06 a 04/07
2017	6	3	142,0	12/01 a 16/01	3	16	10/05 a 30/05
2018	1	9	152,0	17/01 a 21/01	3	10	17/06 a 26/06
2019	10	6	281,2	09/12 a 13/12	3	9	22/06 a 30/06
2020	8	1	170,1	08/12 a 12/12	3	16	14/07 a 29/07
2021	6	6	287,8	06/12 a 10/12	4	10	18/08 a 27/08
2022	19	2	190,7	07/01 a 11/01	1	13	09/07 a 21/07
2023	8	7	105,3	12/12 a 16/12	4	9	16/08 a 24/08
2024	6	1	229,2	05/12 a 09/12	5	5	16/07 a 20/07

12. Índice de Área Foliar.

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

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

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

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	Media
S-01	2,79	2,58	1,77	1,84	2,11	2,05	2,13	2,15	1,98	1,91	1,49	2,07
S-02	2,31	2,07	1,88	1,71	1,88	1,71	1,04	1,36	2,18	2,12	1,69	1,81
S-03	2,51	2,37	2,19	2,25	2,02	1,14	1,61	1,54	2,14	1,84	1,65	1,93
S-04	2,37	1,88	1,56	1,38	1,61	2,19	1,84	2,25	2,13	2,04	2,28	1,96
S-05	2,55	2,39	2,58	2,57	2,37	1,21	1,80	2,14	1,79	2,32	2,34	2,19
S-06	2,37	1,83	1,72	1,74	1,79	2,08	1,81	2,16	1,94	2,20	2,14	1,98
S-07	2,57	2,11	1,94	2,04	2,11	2,37	2,36	2,50	2,45	2,51	2,47	2,31
S-08	2,52	1,94	1,81	1,91	1,81	2,28	2,02	2,24	2,10	2,21	2,06	2,08
S-09	2,21	1,87	1,66	1,76	1,72	1,50	1,72	1,71	1,78	1,79	1,94	1,79
S-10	2,41	1,78	2,08	2,18	2,25	1,47	1,56	1,99	1,85	1,87	2,09	1,96
S-11	2,20	1,66	1,72	1,83	1,84	1,21	1,51	2,03	2,06	2,24	2,07	1,85
S-12	2,71	1,93	2,09	1,99	2,54	1,59	1,35	1,99	1,99	2,10	1,97	2,02
S-13	2,57	2,09	2,35	2,36	2,31	1,81	2,15	2,46	2,64	2,34	1,98	2,28
S-14	2,35	1,65	1,70	1,92	1,82	1,84	1,93	2,02	2,07	1,99	2,44	1,98
S-15	2,08	1,52	1,60	1,67	1,69	1,76	1,87	1,74	1,93	1,77	1,86	1,77
S-16	2,31	1,76	1,63	1,76	1,59	1,73	1,90	1,71	1,87	1,66	1,83	1,79
Media	2,43	1,96	1,89	1,93	1,97	1,75	1,79	2,00	2,06	2,06	2,02	1,99

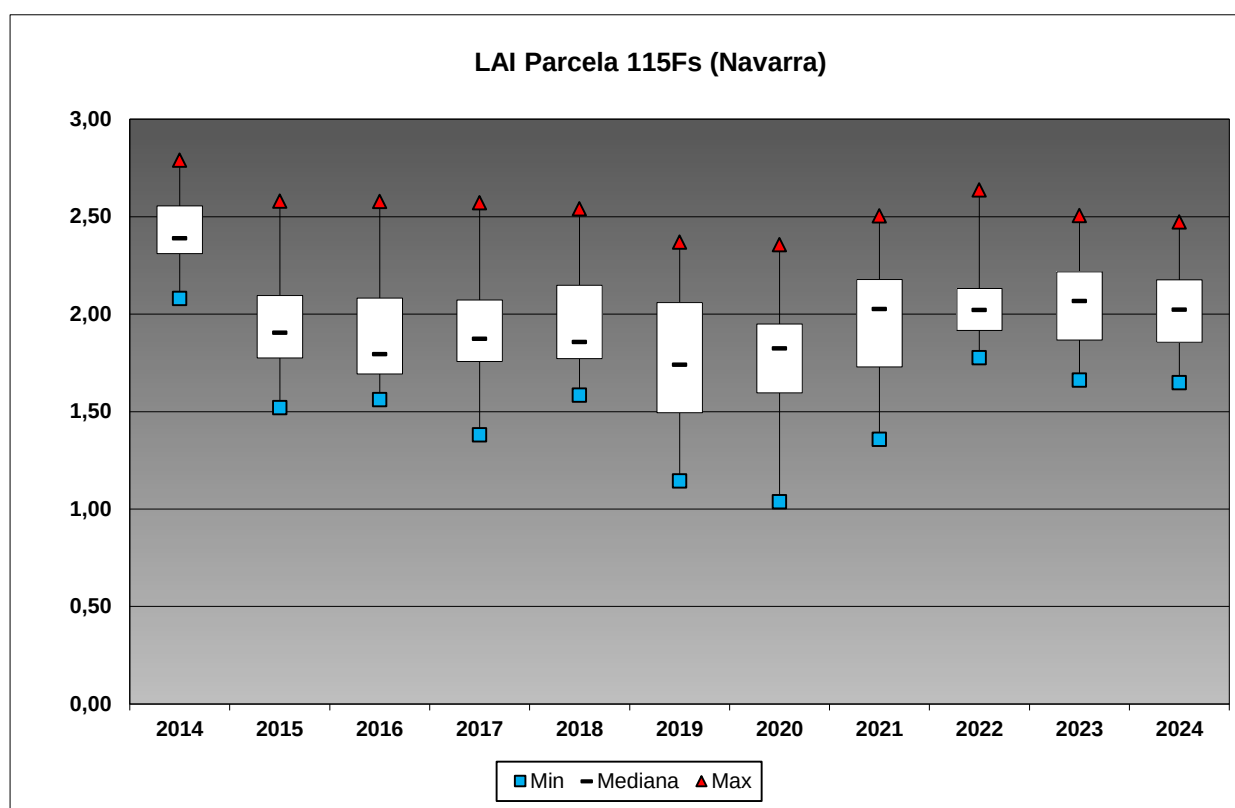


FIG 32: Diagrama de calas LAI anual.

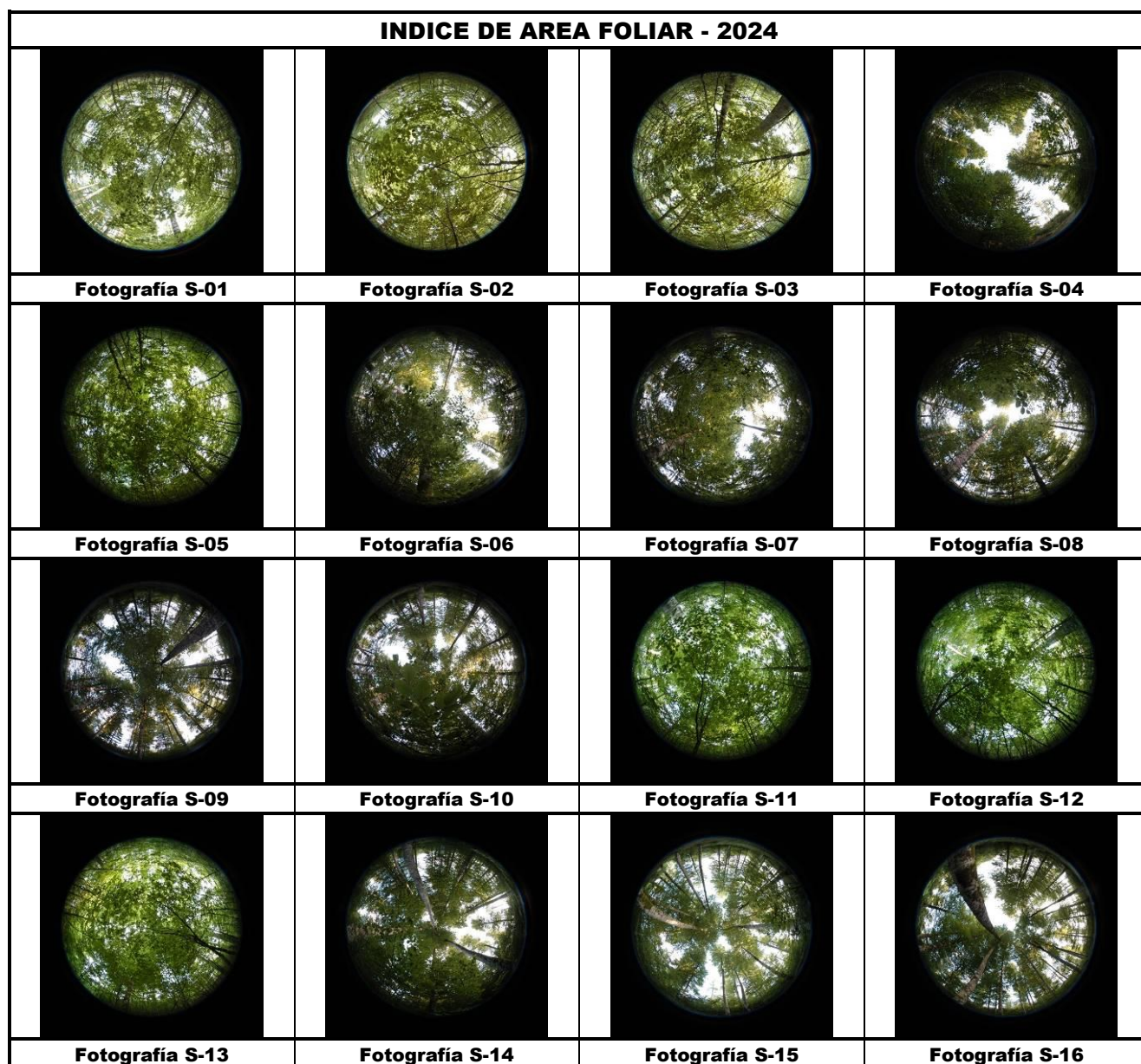


FIG 33: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.

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 115Fs, 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 2012 (enero-julio) y 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 (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)
2003	4,75		0,93	1,08	0,40				0,30	0,75
2004	5,33		23,75	0,60	2,95				0,25	0,10
2005	5,60		159,50	2,33	1,20				0,38	0,29
2006	5,65		20,60	5,00	0,83				0,25	0,21
2007	5,37	20,67	2,57	0,67	0,32	2,23	0,28	2,58	0,10	0,66
2008	5,28	104,83	0,76	0,92	0,34				0,75	0,10
2009										
2010	6,10	65,00	0,75	1,75	0,45				0,20	0,37
2011	6,21	25,53	1,50	1,80	0,31		0,95	2,13	0,64	1,41
2012	6,57	111,86	0,18	0,77	0,93	1,02	1,19	3,30	0,14	0,80
2014										
2015	6,40	35,14	0,39	1,88	0,36	1,74	2,44	3,37	0,71	0,67
2016	6,68	76,03	0,36	1,42	0,37	1,52	0,90	2,43	0,06	0,58
2017	6,00	24,45	0,90	1,11	0,39	1,86	0,36	3,26	0,16	0,65
2018	6,48	23,06	1,12	3,59	0,76	2,44	0,74	8,18	0,17	2,63
2019	5,64	34,53	0,42	0,93	0,33	1,85	0,02	2,24	0,01	0,33
2020	5,76	18,63	0,38	0,81	0,27	1,51	0,04	2,75	0,01	0,45
2021	6,17	16,15	0,39	0,80	0,25	0,38	0,06	2,02	0,03	0,49
2022	5,73	15,61	0,19	1,18	0,26	1,59	0,01	2,04	0,00	0,46
2023	5,77	15,52	0,28	0,76	0,24	1,64	0,01	2,22	0,01	0,45

Año	Alcalinidad (μeq/l)	N total (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
2018	33,76					
2019	142,87					
2020	20,85	0,39	5,50	0,11	0,01	0,01
2021	26,29	0,39	4,62	0,11	0,01	0,01
2022	10,12	0,35	4,32	0,10	0,01	0,01
2023	10,81	0,34	3,96	0,10	0,01	0,00

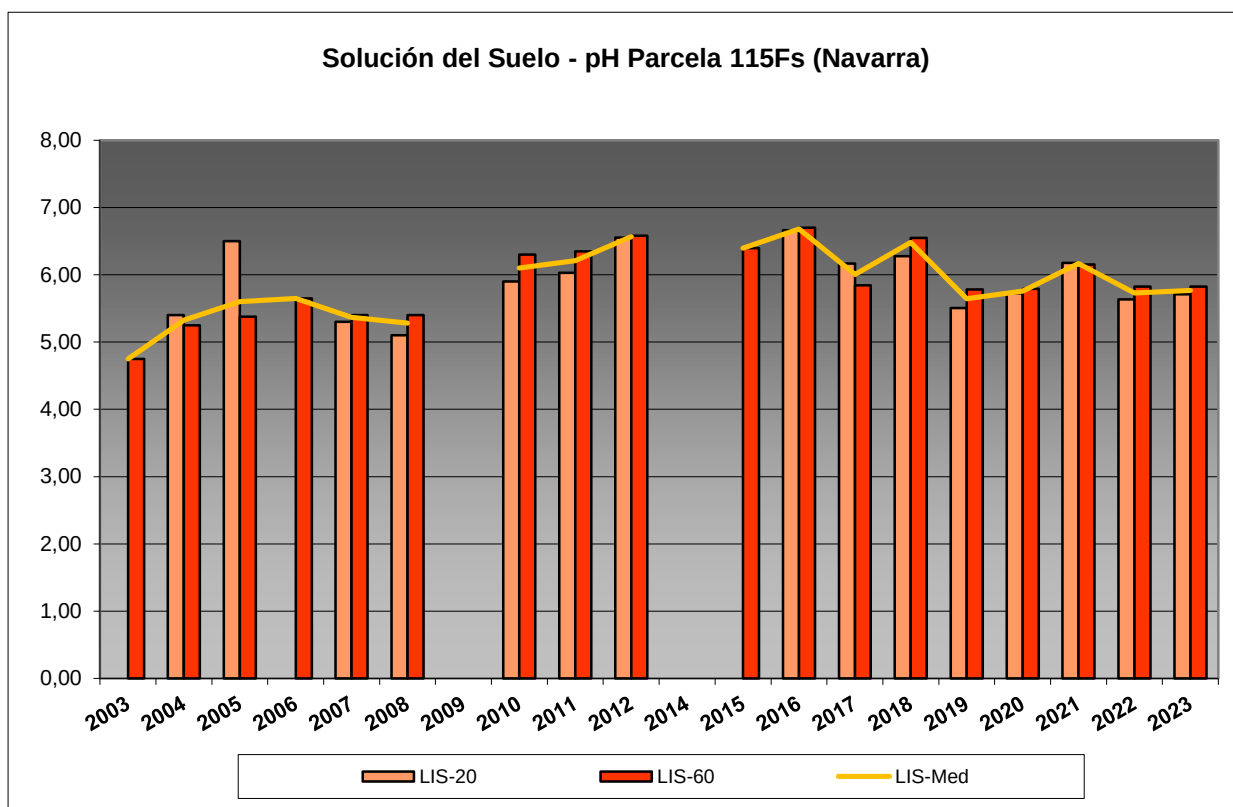


FIG 34: pH solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

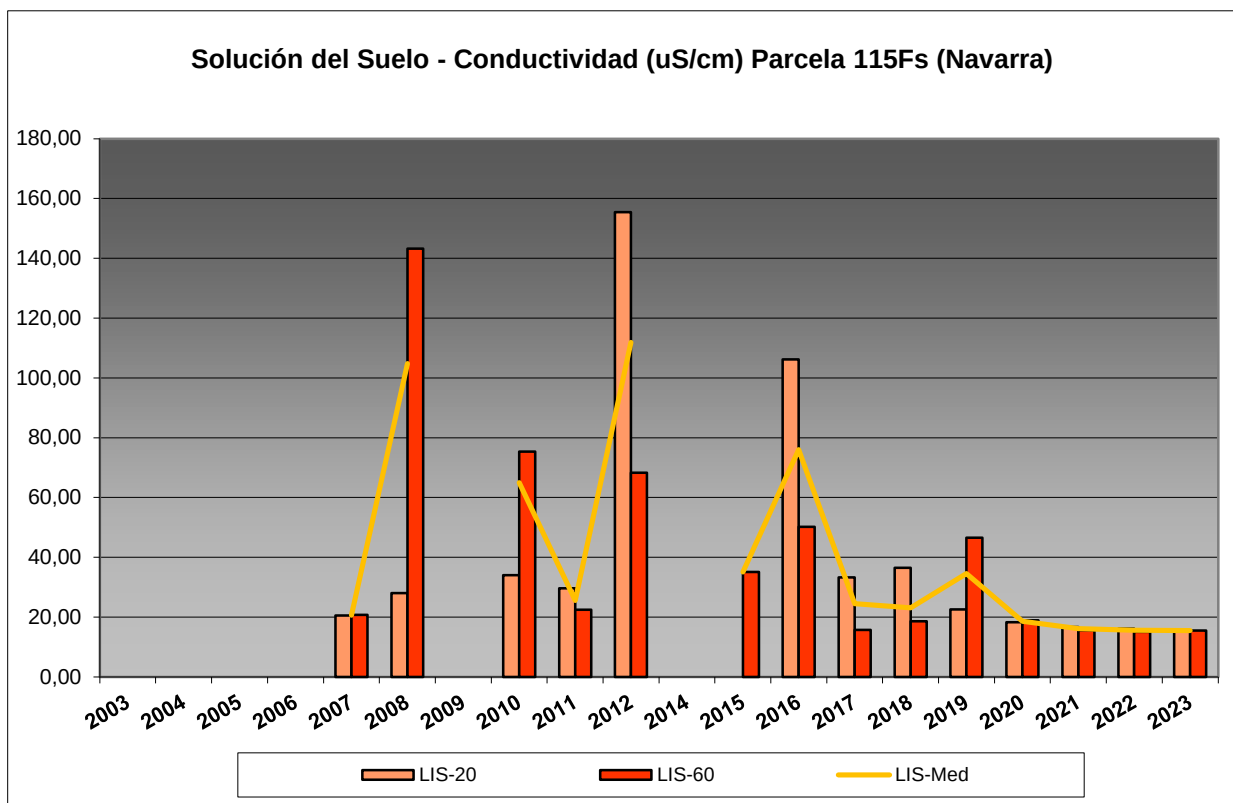


FIG 35: Conductividad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

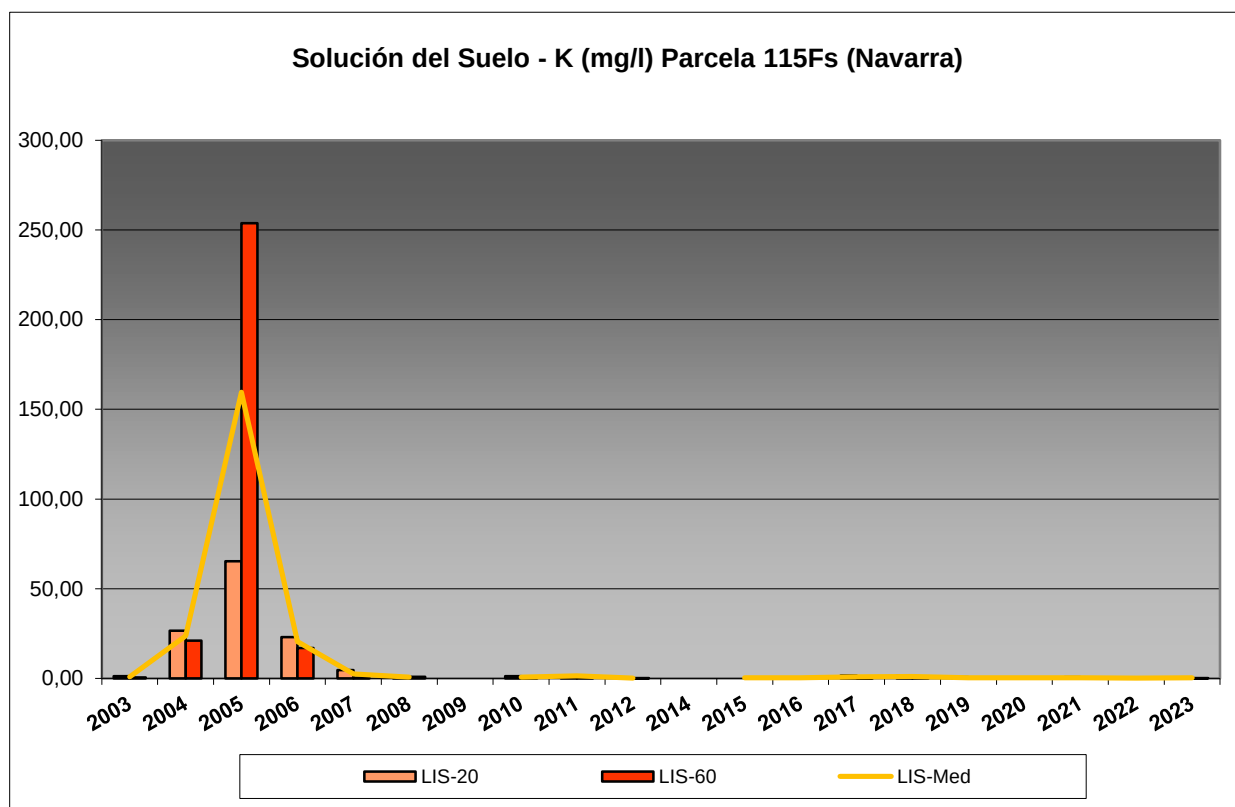


FIG 36: Contenido en K solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

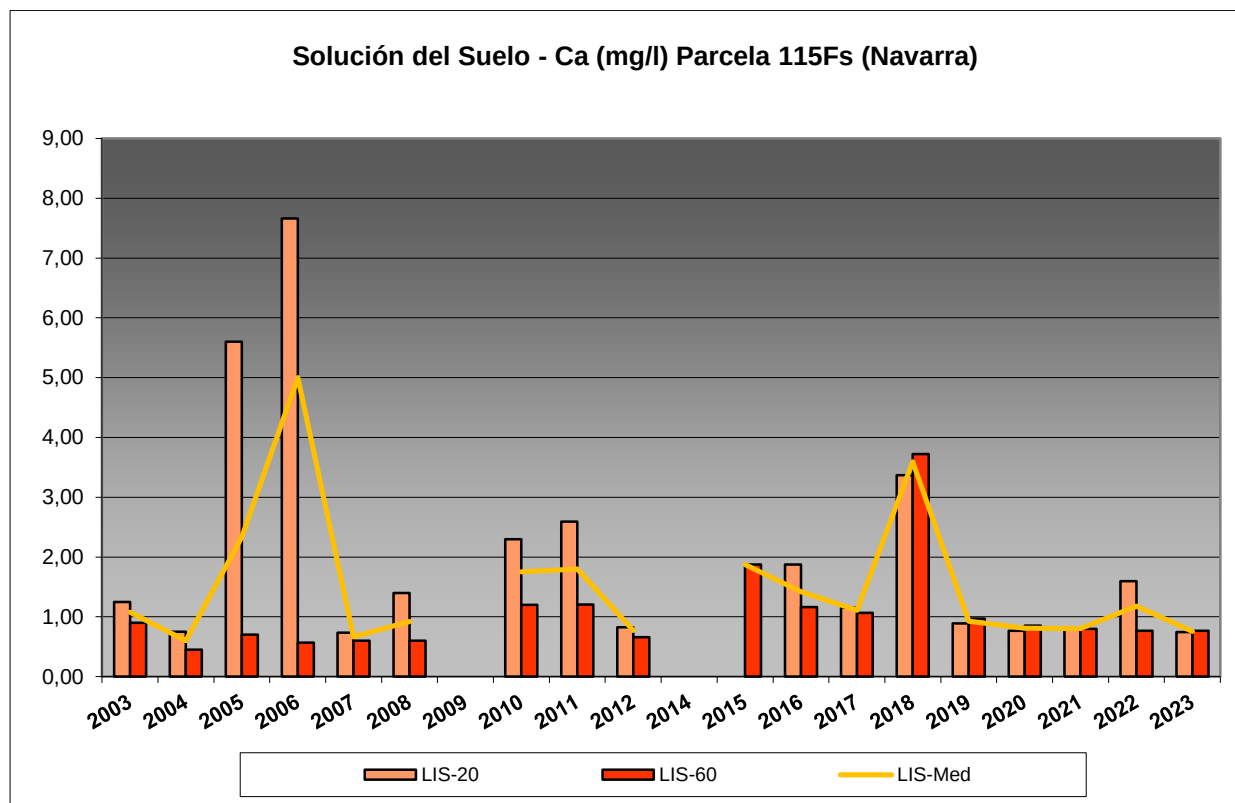


FIG 37: Contenido en Ca solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

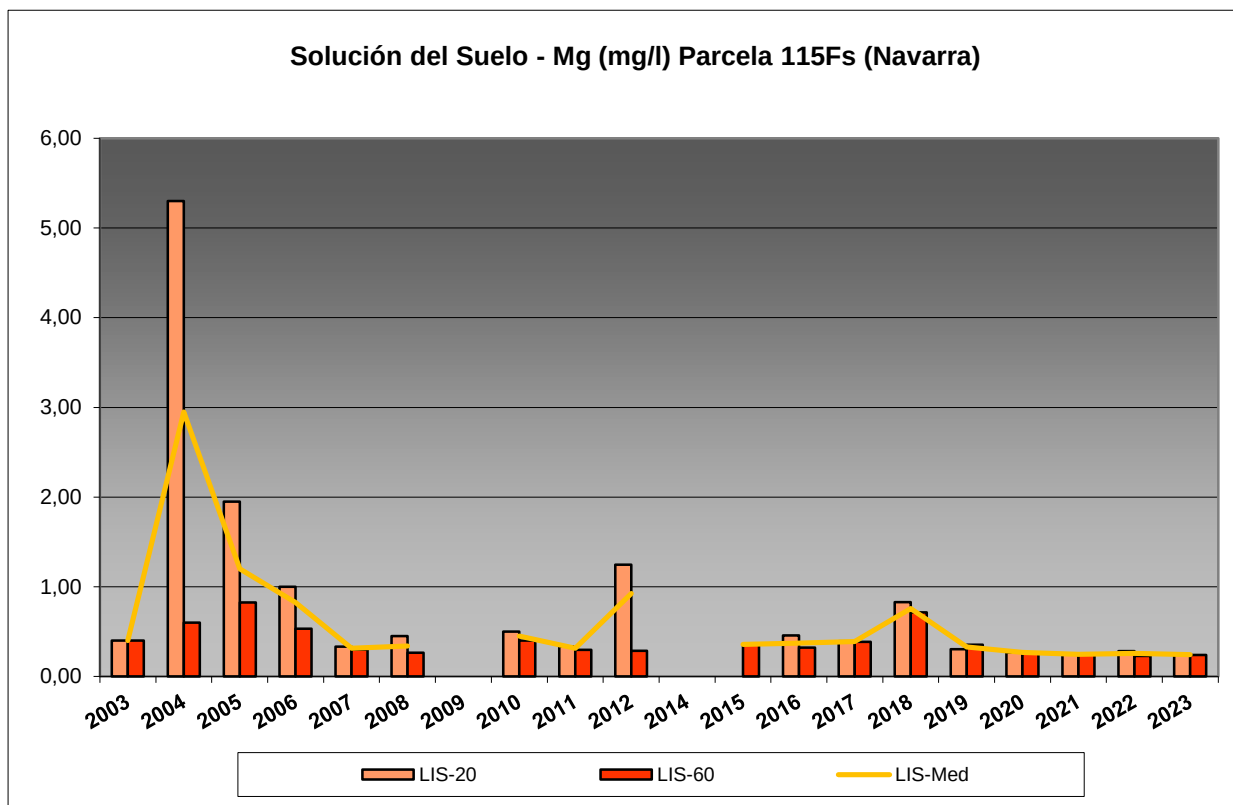


FIG 38: Contenido en Mg solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

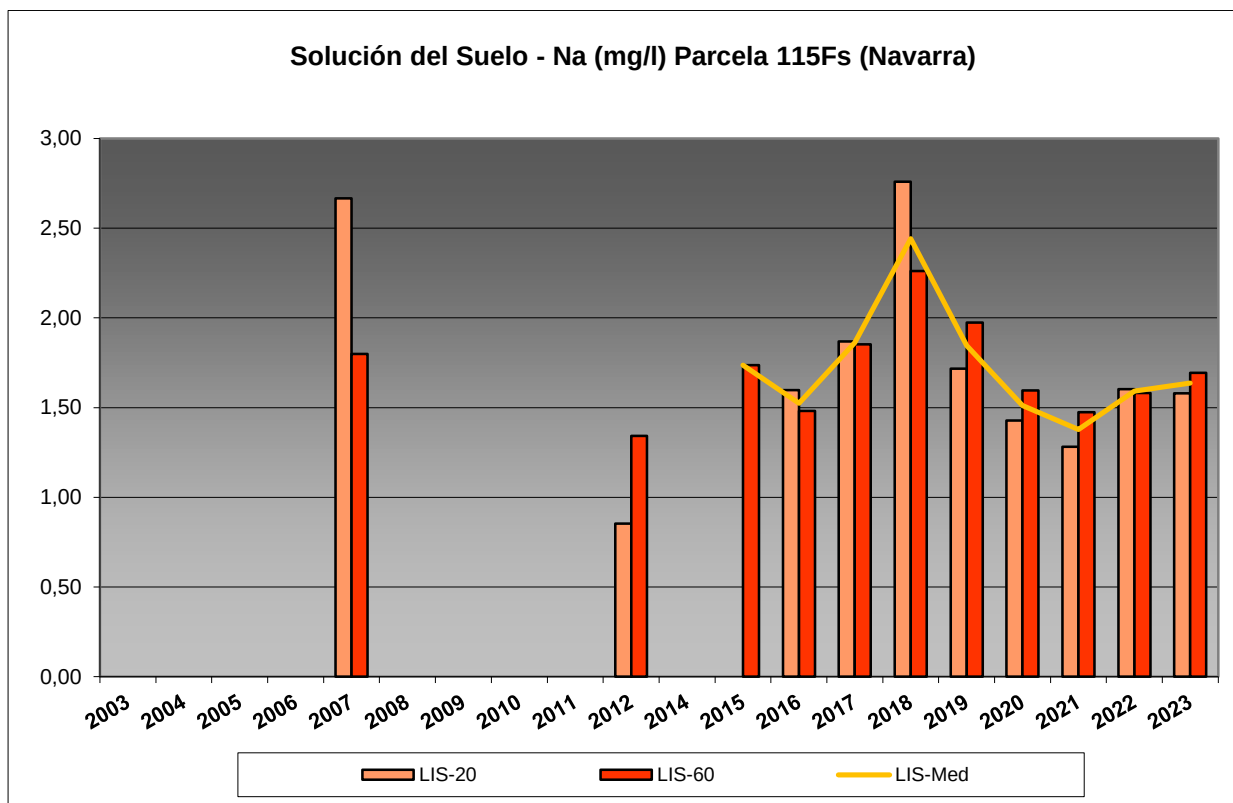


FIG 39: Contenido en Na solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

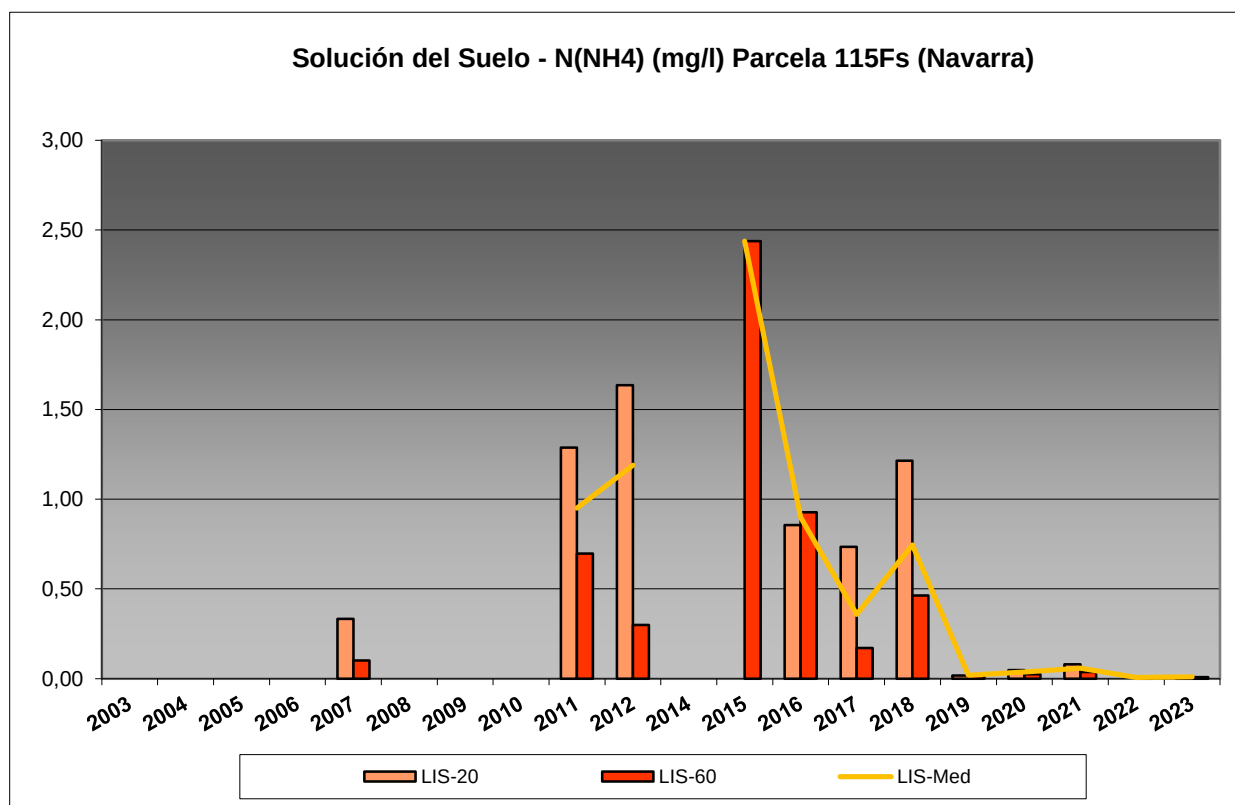


FIG 40: Contenido en N(NH₄) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

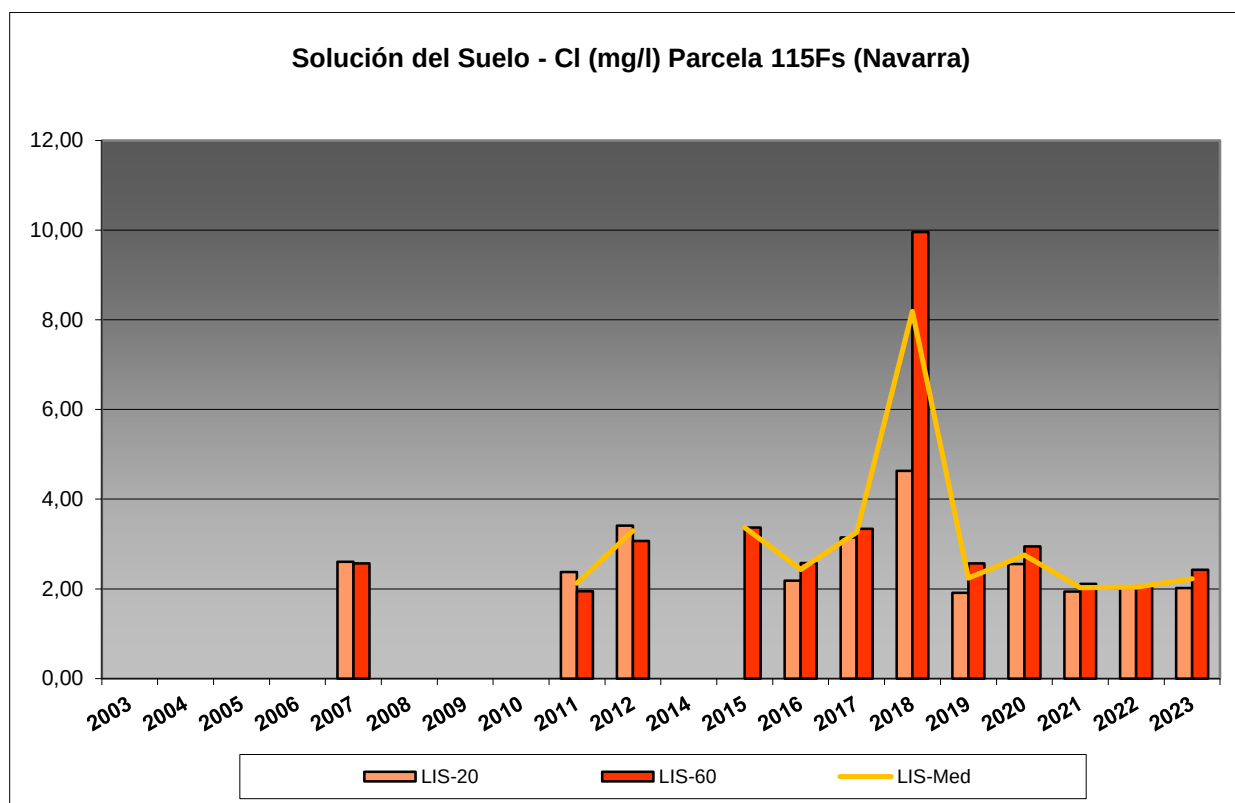


FIG 41: Contenido en Cl solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

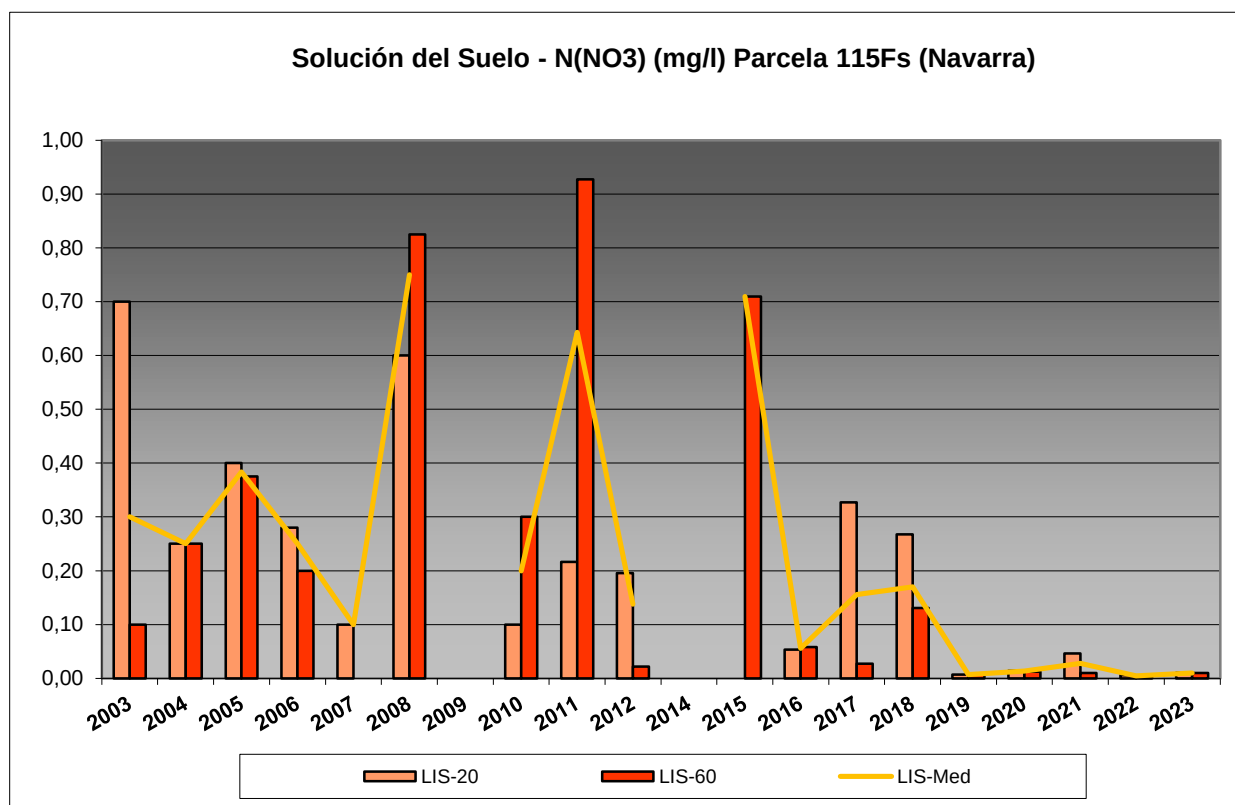


FIG 42: Contenido en N(NO3) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

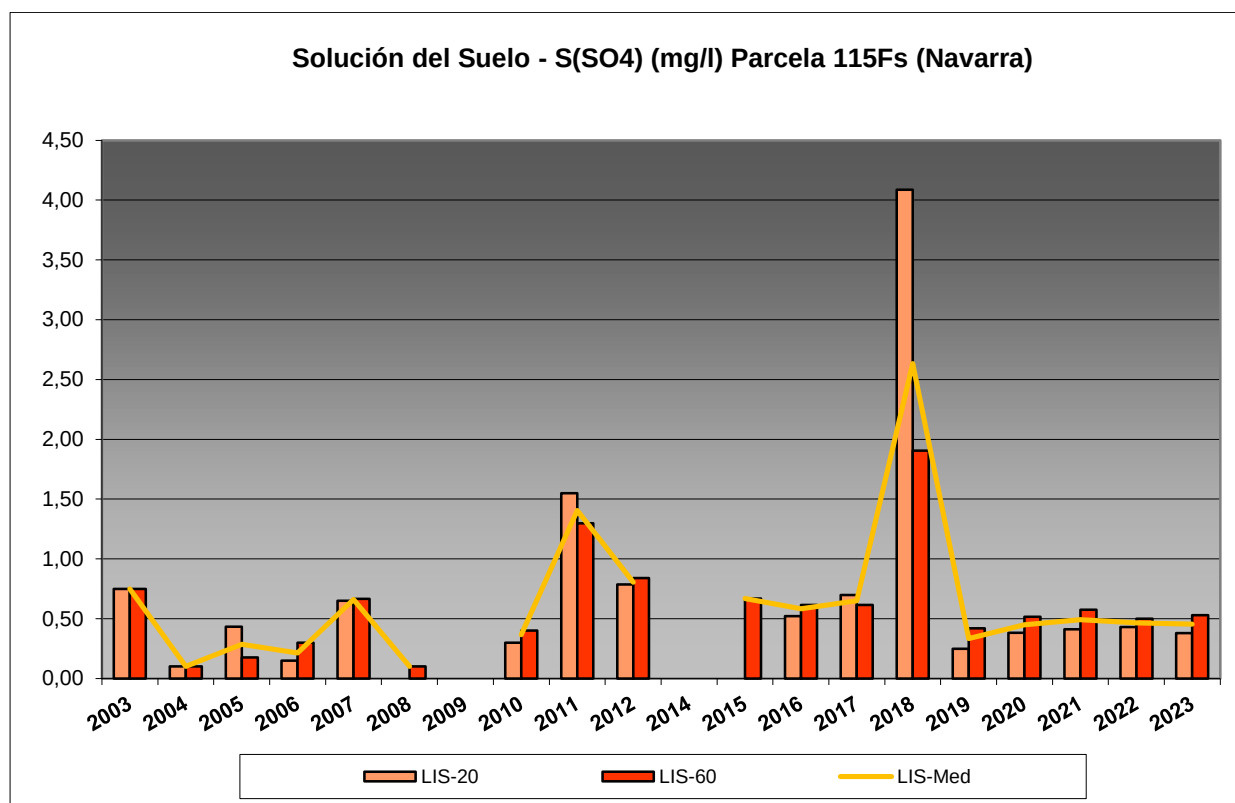


FIG 43: Contenido en S(SO4) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

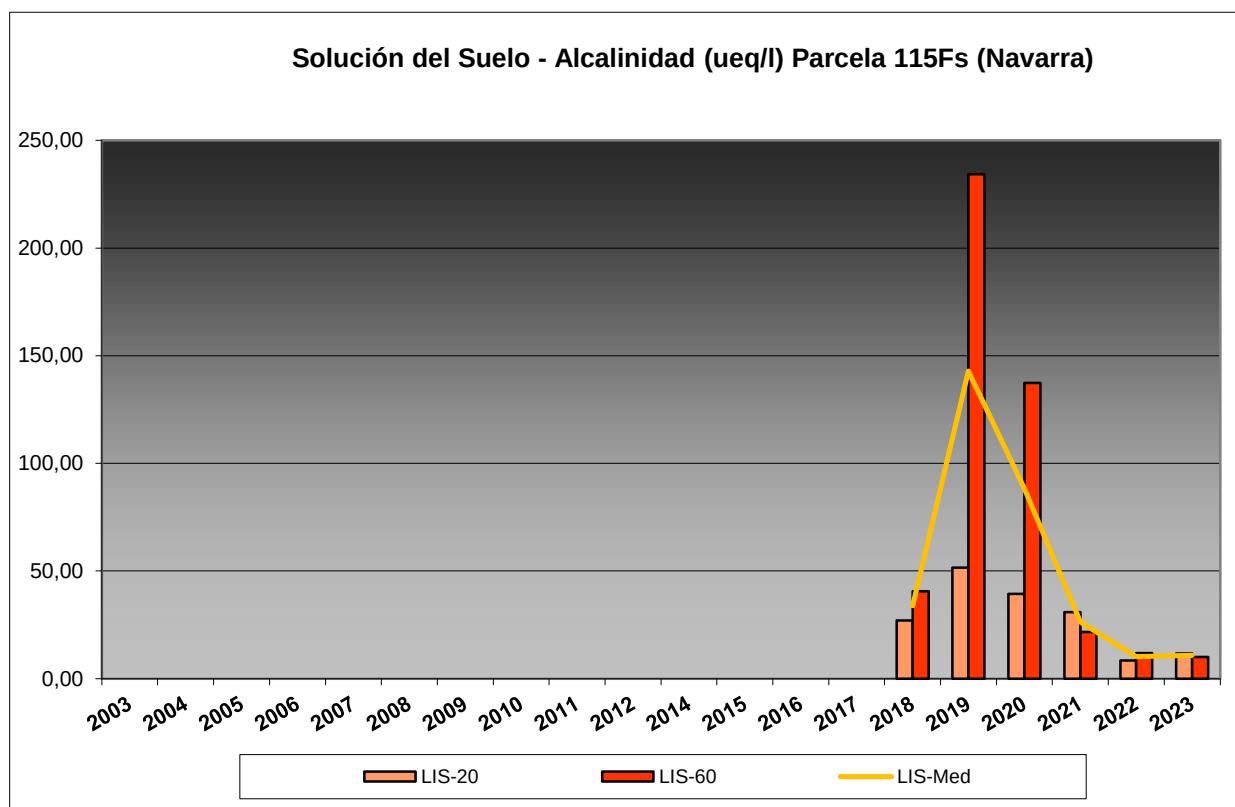


FIG 44: Contenido en Alcalinidad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

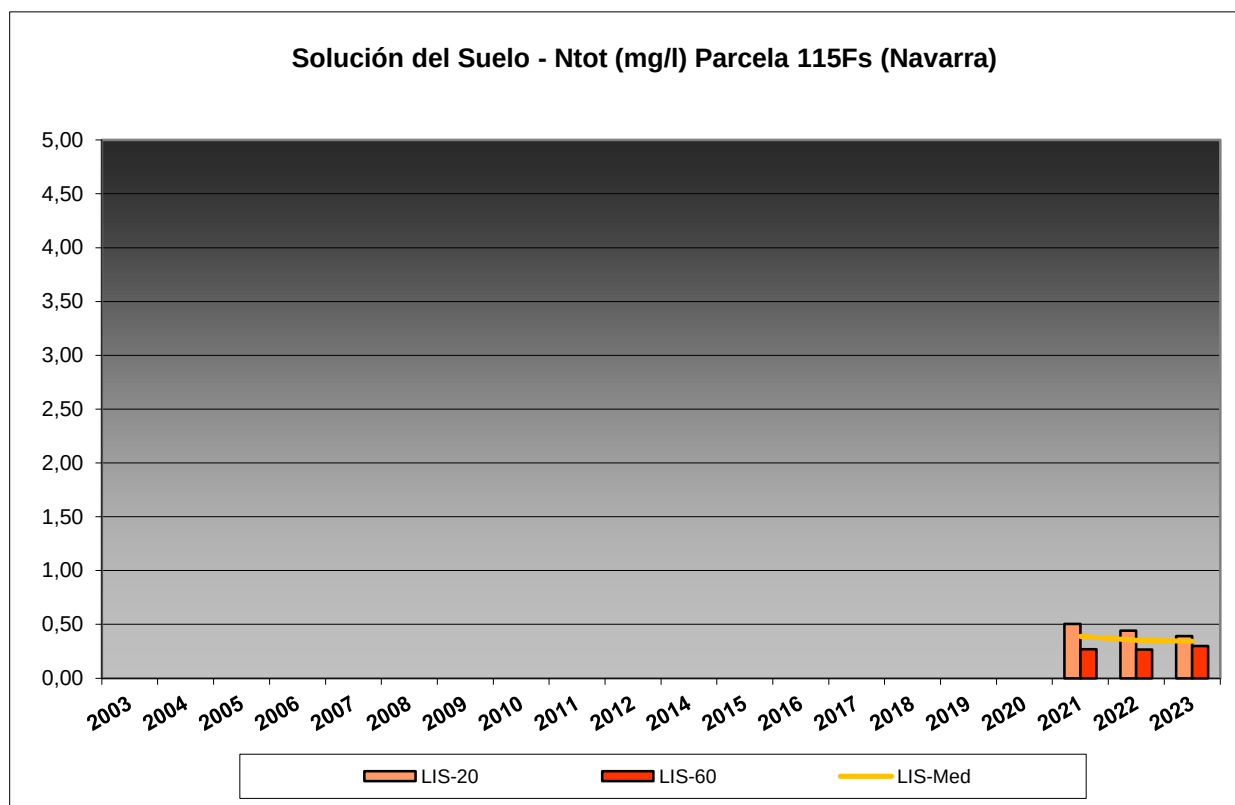


FIG 45: Contenido en N total solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

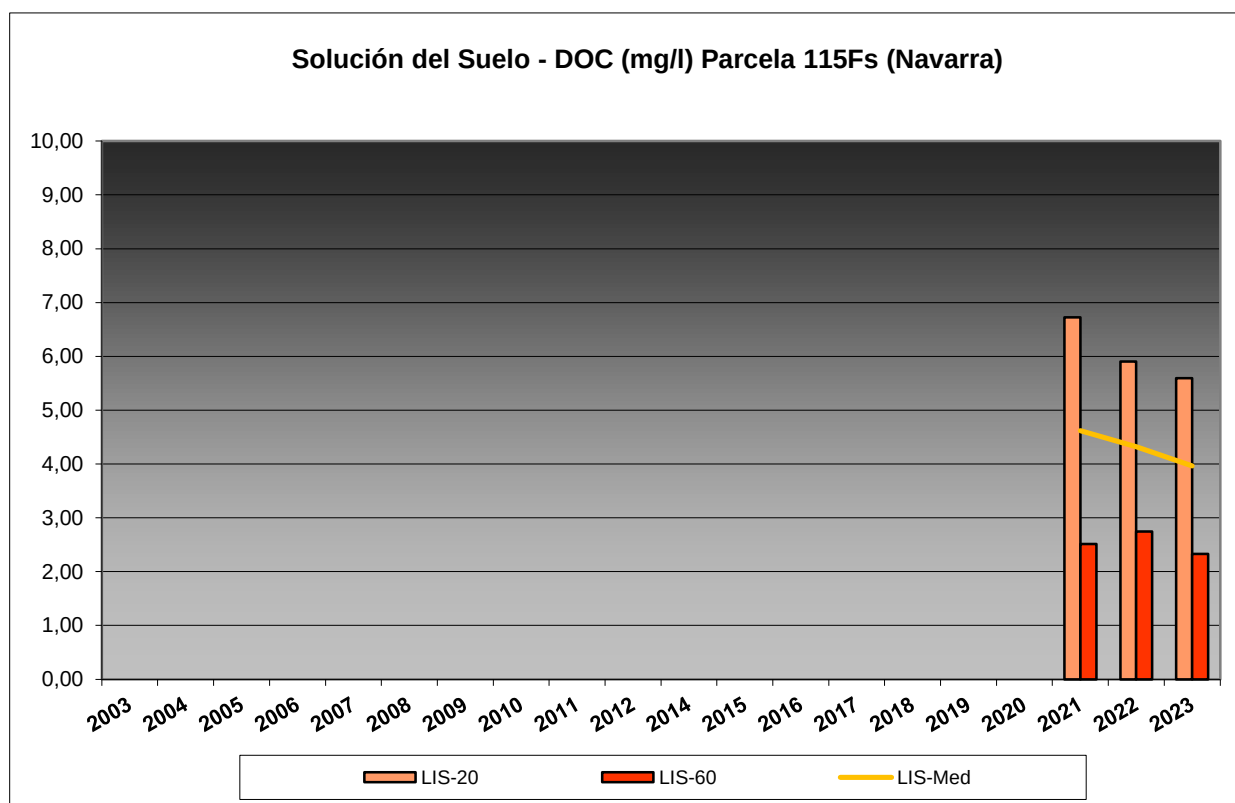


FIG 46: Contenido en C orgánico disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

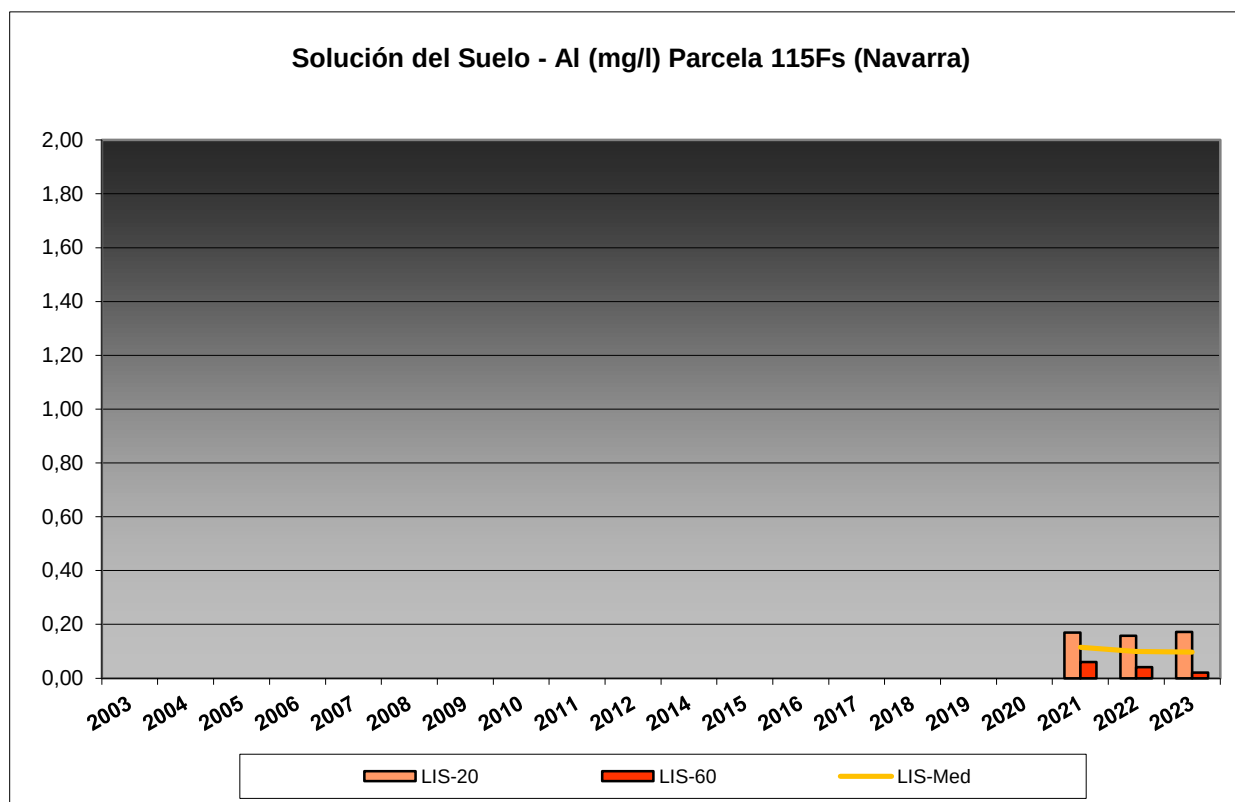


FIG 47: Contenido en Al disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

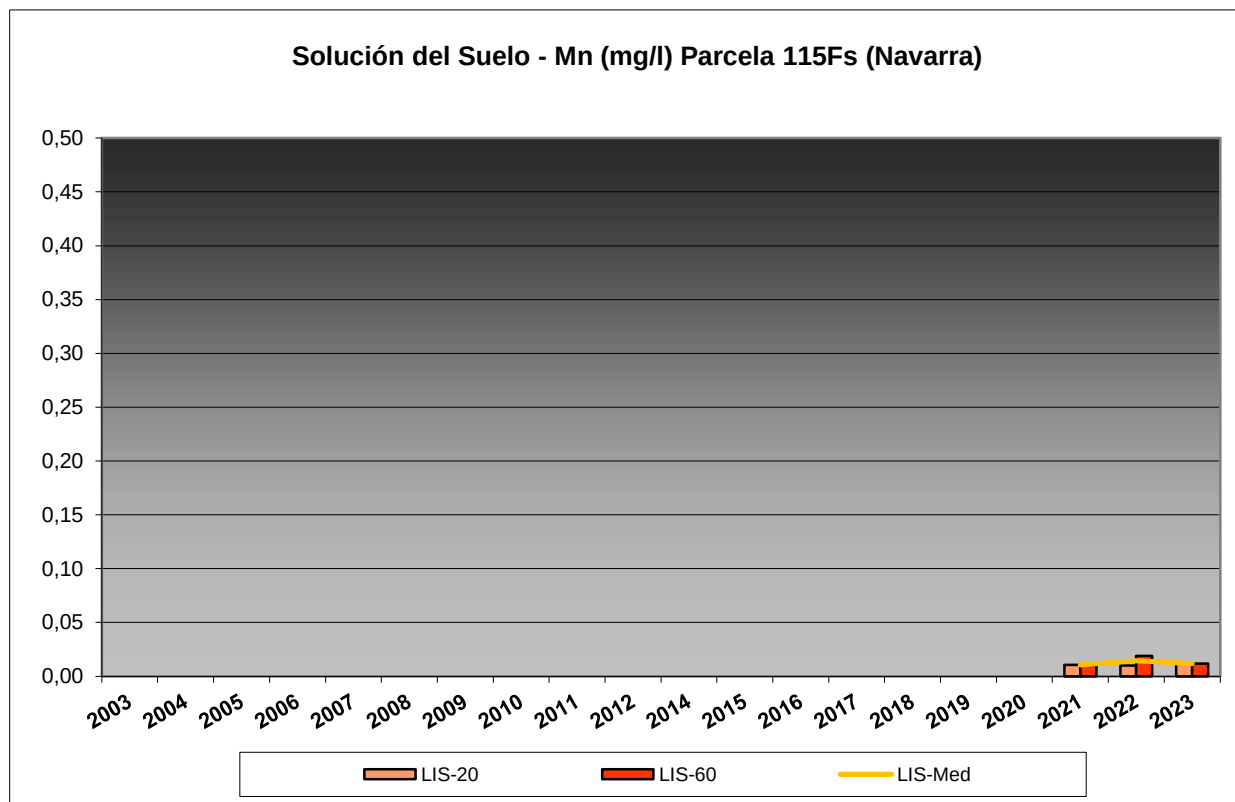


FIG 48: Contenido en Mn disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

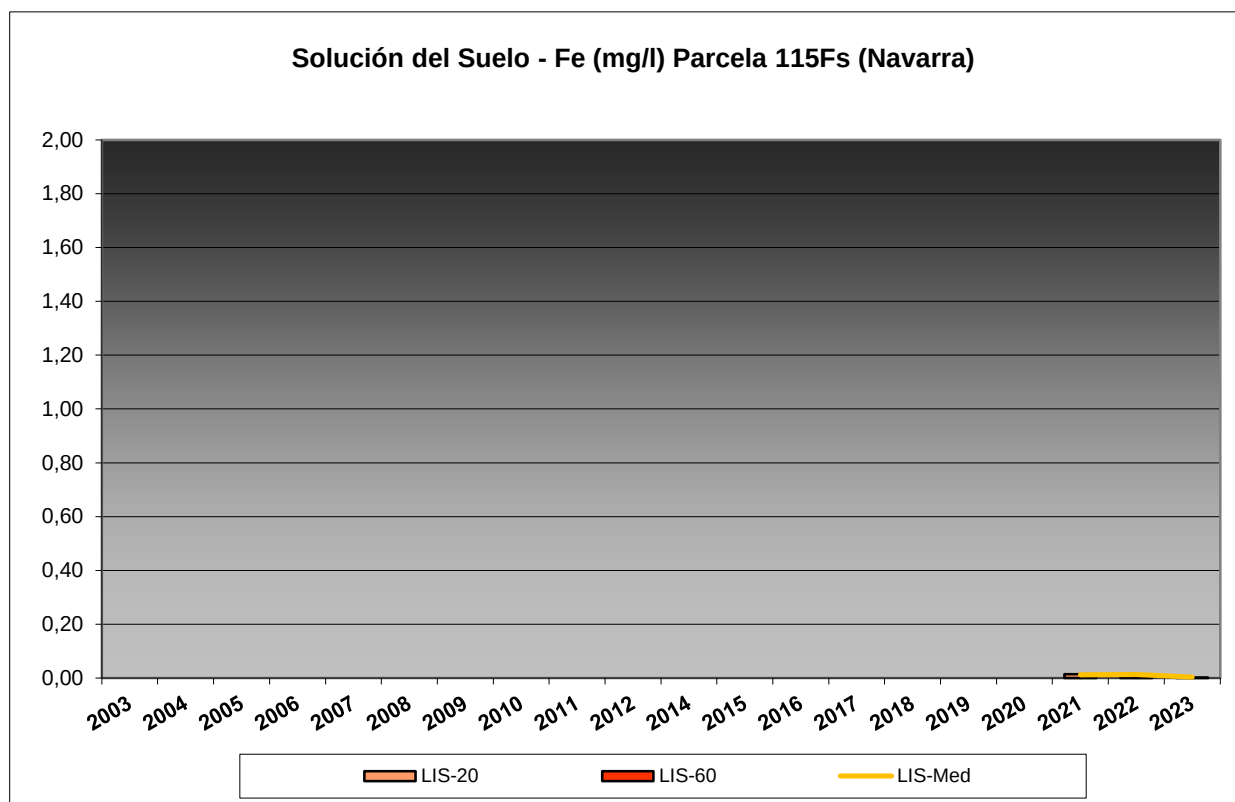


FIG 49: Contenido en Fe disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

En cuanto a las características de la solución del suelo en esta parcela, cabe destacar niveles de pH sólo ligeramente superiores a los de la deposición a mayor profundidad, sin apenas diferencias entre ambas profundidades de toma de muestras; y niveles superiores en general al resto de solutos obtenidos en trascolación a medida que van incorporándose elementos a la solución por infiltración. Por regla general se han obtenido mayores niveles a mayor profundidad. Durante la presente revisión los niveles de los diferentes sulfatos se han mantenido muy similares a los del año previo.