

20
23



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

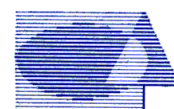
RED DE NIVEL II MEMORIA – 2023

PARCELA 22 Pn (TERUEL)



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

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



Tecmena, S.L.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

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

Índice

1. Situación de la parcela	1
2. Caracterización de la parcela	2
2.1. Climatología	2
2.2. Geología y suelos	2
2.3. Vegetación	3
2.4. Caracterización forestal y dasométrica	4
3. Estado fitosanitario de la parcela	5
3.1. Defoliación y decoloración	5
3.2. Daños forestales	7
4. Instrumentación	20
5. Deposición atmosférica	22
5.1. pH	23
5.2. Conductividad	25
5.3. Potasio	26
5.4. Calcio	27
5.5. Magnesio	29
5.6. Sodio	30
5.7. Amonio	31
5.8. Cloro	32
5.9. Nitratos	34
5.10. Sulfatos	35
5.11. Alcalinidad.....	36
5.12. Nitrógeno total	37
5.13. Carbono orgánico disuelto.....	39
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	48
7.3. Interpretación de resultados	49
8. Desfronde	49
9. Fenología	52
10. Cintas diamétricas	55
11. Meteorología	56
12. Índice de Área Foliar	58

INDICE DE TABLAS

TABLA 1: Características de la parcela.

TABLA 2: Datos meteorológicos parcela.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

TABLA 4: Características dasométricas

TABLA 5: Distribución de agentes dañinos en la parcela

TABLA 6: Distribución de síntomas y signos en la parcela

TABLA 7: Relación entre agentes, síntomas y signos observados

TABLA 8: Equipos de medición instalados

TABLA 9: Parámetros descriptores de la deposición atmosférica

TABLA 10: Caracterización pH

TABLA 11: Caracterización conductividad

TABLA 12: Caracterización potasio

TABLA 13: Caracterización calcio

TABLA 14: Caracterización magnesio

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

INDICE DE FIGURAS

FIG 1: Posición y vistas de la parcela
FIG 2: Climodiagrama de la parcela
FIG 3: Caracterización dasométrica de la parcela
FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media
FIG 5: Tipos de defoliación
FIG 6: Daños forestales
FIG 7: Instrumentación
FIG 8: Variación temporal de pH
FIG 9: Variación temporal de conductividad
FIG 10: Variación temporal de potasio
FIG 11: Variación temporal de calcio
FIG 12: Variación temporal de magnesio
FIG 13: Variación temporal de sodio
FIG 14: Variación temporal de amonio
FIG 15: Variación temporal de cloro
FIG 16: Variación temporal de nitratos
FIG 17: Variación temporal de sulfatos
FIG 18: Variación temporal de alcalinidad
FIG 19: Variación temporal de nitrógeno total
FIG 20: Variación temporal de carbono orgánico disuelto
FIG 21: Variación temporal de aluminio
FIG 22: Variación temporal de manganeso
FIG 23: Variación temporal de hierro
FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros
FIG 25: Evolución de macronutrientes
FIG 26: Evolución de micronutrientes
FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica
FIG 28: Fases fenológicas. Inicio de fase
FIG 29: Fases fenológicas
FIG 30: Crecimiento diametral anual
FIG 31: Principales variables meteorológicas
FIG 32: Índices de Área Foliar
FIG 33: Fotos hemisféricas

1. Situación de la parcela.

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

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	NIVEL
22 Pn	<i>Pinus nigra</i>	Teruel	Mora de Rubielos	14/07/1994	III

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+40°19'00"	-00°44'00"	693.000	4.467.000	1410	20	Sureste	La Olmedilla

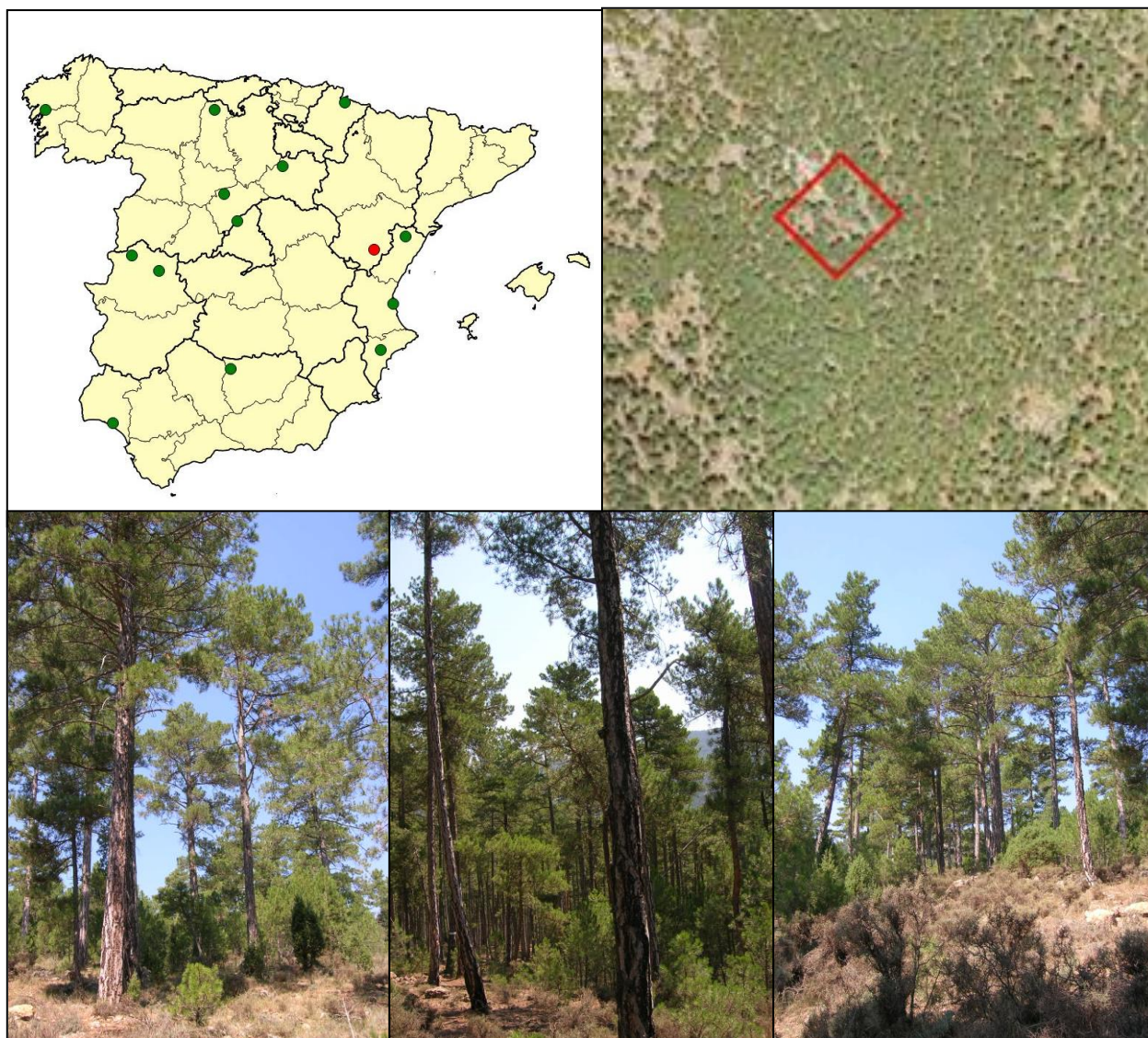


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 22Pn

2. Caracterización de la parcela.

2.1. Climatología.

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

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

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
T(°C)	3,0	2,9	5,0	6,6	10,5	13,3	17,5	17,5	15,0	10,1	5,6	2,7	9,2
P(mm)	30	33	39	42	65	59	37	40	47	72	48	46	559
T. Media Máximas Mes más Cálido							25						
T. Media Mínimas Mes más Frío												-2	

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

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

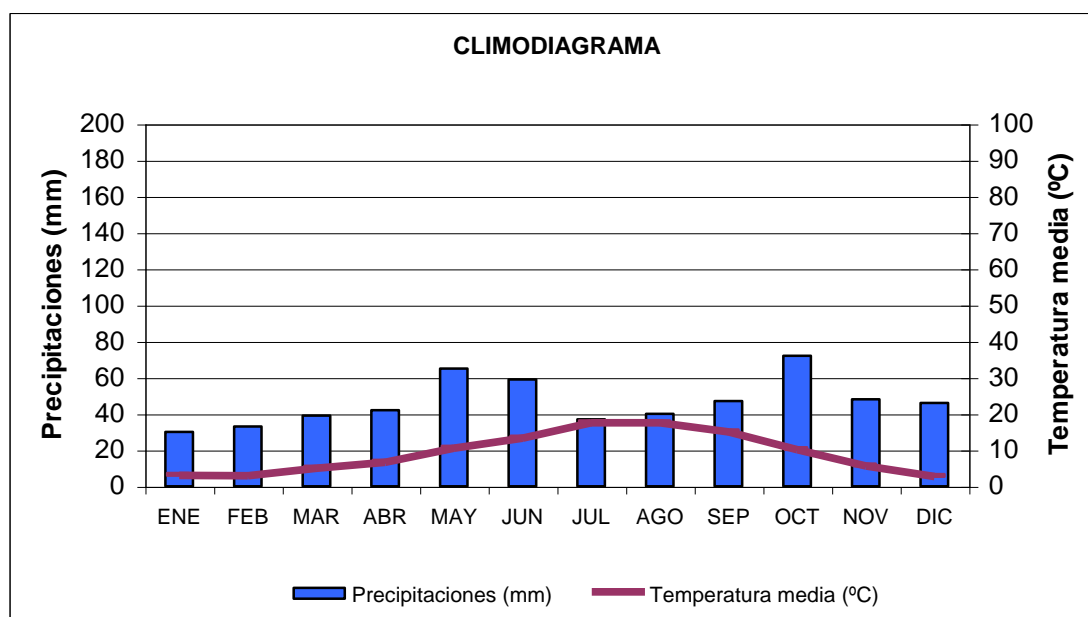


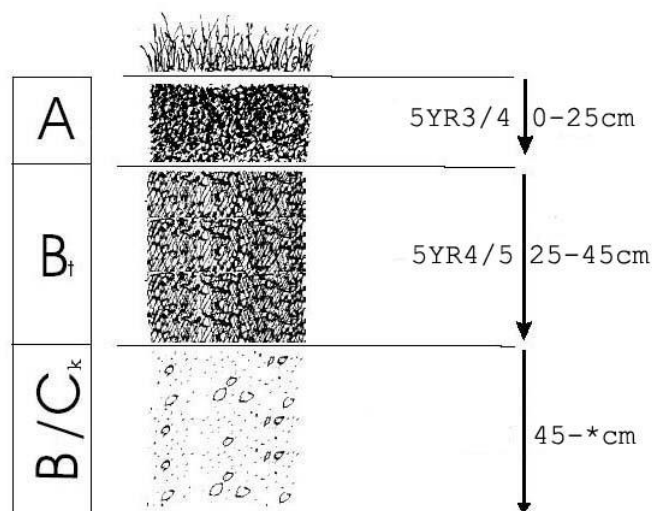
FIG 2: Climodiagrama de la parcela

2.2. Geología y Suelos.

Litología: caliza común.

Edafología: Calcisol lúvico.

Perfiles extremadamente pedregosos. Presenta tierra fina, aunque escasa, prácticamente descarbonatada, con abundancia de arcillas rojas que penetran y se extienden a través de los intersticios de la roca. La reacción del suelo es básica en superficie, tendiendo a aumentar en profundidad.



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A	0-25	Pardo rojizo oscuro (5 YR 3/4) en seco; grumoso; franco; raíces abundantes finas y medias; límite neto.
B _t	25-45	Rojo pardusco (5 YR 4/5) en seco; grumoso-particular; entre 80-90 % de pedregosidad; raíces escasas gruesas; límite difuso.
B _{Ck}	45- *	Sin muestrear. Los fragmentos presentan recubrimientos calcáreos. La tierra del B penetrando en los intersticios de la roca.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Pinar de pino salgareño (*Pinus nigra*) en tramo de regeneración, antes de las cortas finales, por lo que presentan copas estrechas y poco densas. Parcela en ladera con suave pendiente.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	52,0	<i>Helianthemum marifolium</i> (L.) Miller	1,0
<i>Pinus nigra</i> Arnold	52,0	<i>Hieracium hoppeanum</i> Schultes	+
ESTRATO ARBUSTIVO	9,0	<i>Hieracium pseudopilosella</i> Ten.	+
<i>Amelanchier</i> sp.	+	<i>Hippocrepis</i> sp.	+
<i>Genista scorpius</i> (L.) DC.	3,5	<i>Juniperus phoenicea</i> L.	2,0
<i>Juniperus communis</i> L.	+	<i>Juniperus communis</i> L.	3,0
<i>Juniperus phoenicea</i> L.	+	<i>Koeleria vallesiana</i> (Honckeny) Gaudin	+
<i>Pinus nigra</i> Arnold	4,0	<i>Lavandula latifolia</i> Medicus	1,2
<i>Quercus ilex</i> L.	+	<i>Leuzea conifera</i> (L.) DC.	+
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	54,0	<i>Ononis pusilla</i> L.	+
<i>Aphyllanthes monspeliensis</i> L.	+	<i>Pinus nigra</i> Arnold	5,2

	Cob		Cob
<i>Argyrolobium zanonii</i> (Turra) P.W. Ball	+	<i>Potentilla cinerea</i> Chaix ex Vill.	0,3
<i>Avenula pratensis</i> (L.) Dumort.	+	<i>Rubia peregrina</i> L.	+
<i>Biscutella valentina</i> (L.) Heywood	+	<i>Teucrium chamaedrys</i> L.	+
<i>Brachypodium retusum</i> (Pers.) Beauv.	30,0	<i>Thymus vulgaris</i> L.	0,5
<i>Centaurea</i> sp.	+	<i>Viola</i> sp.	+
<i>Echinops sphaerocephalus</i> L.	+	ESTRATO MUSCINAL-LIQUENICO	1,0
<i>Euphorbia polygalifolia</i> Boiss. & Reuter	+	<i>Cladonia convoluta</i>	+
<i>Galium</i> sp.	+	<i>Cladonia rangiformis</i>	+
<i>Genista scorpius</i> (L.) DC.	0,5	<i>Hypnum cupressiforme</i> Hedw.	+

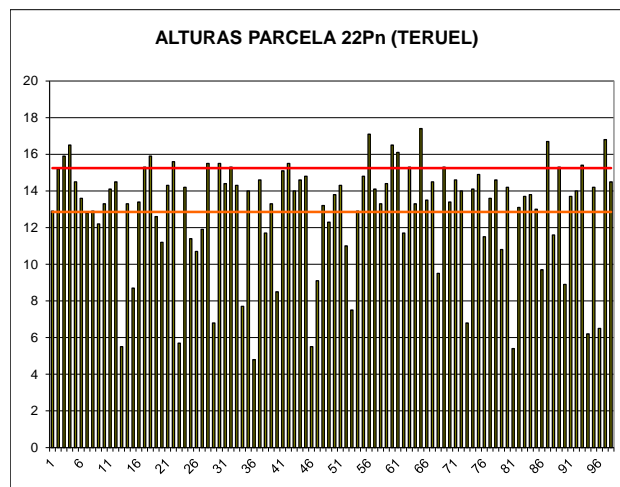
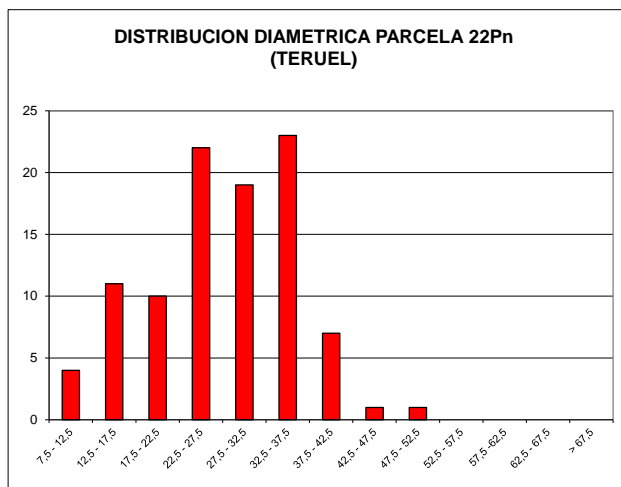
Vegetación potencial: La parcela se encuentra en transición entre las series 14 a Serie oromediterránea maestrazgo-conquense basofila de *Juniperus sabina* o *sabina rastrera* (*Sabino-Pinetosylvestris sigmetum*) y la serie 19 c, Serie supra-mesomediterránea catalano-maestrazgo-aragonesa de *Quercus faginea*. *Violo-Querceto fagineae sigmetum*.

2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de pino salgareño (*Pinus nigra*) en estado de fustal de 80-100 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.

Parcela	Area ha	N par	N/ha	Sp.p	Otras	Muerto	Edad años	D med (cm)	AB m ² /ha	D m c cm	Alt m m	Alt do m	Exist m ³ cc
22 Pn	0,2500	98	392	98	0	0	81-100	27,65	25,59	28,83	12,86	15,25	35,16



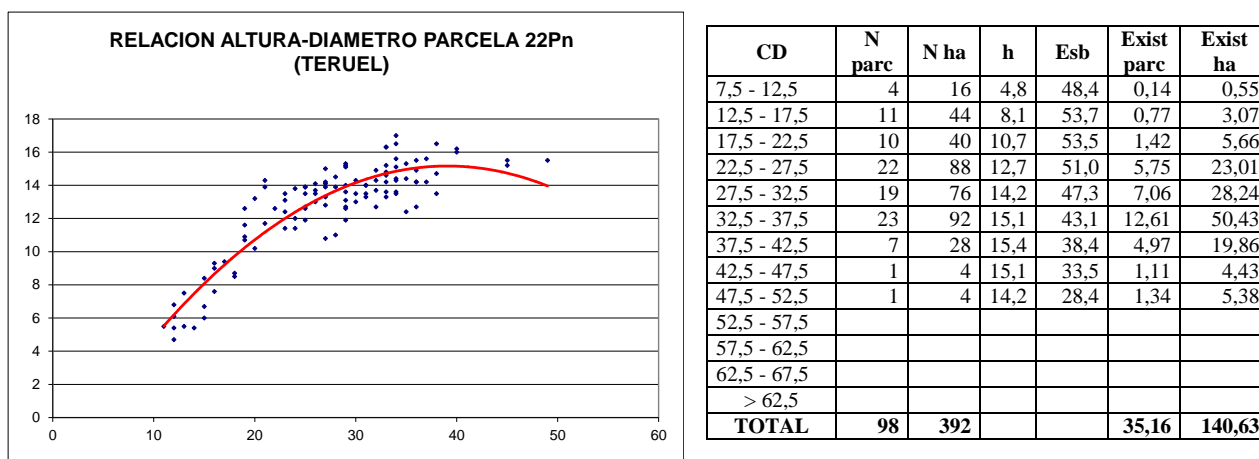


FIG 3: Distribución diamétrica de la parcela; distribución de alturas y comparación con las alturas media y dominante; relación de alturas-diámetros; frecuencias, alturas, esbelteces y existencias por clase diamétrica.

3. Estado fitosanitario de la parcela.

3.1. Defoliación y decoloración.

En la presente revisión, la parcela presenta un estado fitosanitario mediocre, con una defoliación media del 29,64% dentro por tanto de la escala de daños moderados si bien en su umbral inferior, categoría en la que se han calificado casi la mitad de los pies evaluados, en lo que supone una situación fitosanitaria muy similar a la de la revisión del año anterior, con un aumento del parámetro de unas pocas décimas, inferior en todo caso al umbral de cinco puntos porcentuales que supondría una variación estadísticamente significativa de acuerdo a la normativa europea en materia de redes forestales. Parece continuar así el deterioro que venía observándose desde 2016 y que respondía al efecto de las sequías junto con defoliaciones sucesivas causadas por la procesionaria del pino, y que limitan el follaje a las acículas más jóvenes, que afecta de forma casi generalizada al arbolado a lo largo del trienio 2017-2019, interrumpido en 2020-2021, y que respondería las variaciones naturales del defoliador.

Atendiendo a la serie histórica de datos, tras las defoliaciones medias en torno al 20-23% y escasa representación de árboles con daño moderado en la mayor parte de las evaluaciones, y tras el episodio de mejoría experimentado en 2020-2021, parece volverse a la situación de mayor deterioro que viene observándose desde 2016, aunque alejado de los malos resultados obtenidos tras la prolongada sequía del bienio 1995-1996 en el que se obtuvieron los peores resultados de la serie. Cabe destacar también que durante el último año la precipitación caída ha sido la más baja de los últimos seis años, matizado por su buena distribución, con un apreciable aporte durante la primavera, en pleno periodo vegetativo.

En la presente revisión y continuando con el empeoramiento de los últimos dos años se ha comportado la decoloración, el segundo gran parámetro definitorio del estado fitosanitario del arbolado y muy ligado a los fenómenos de sequía o elevadas temperaturas estivales en el ámbito mediterráneo, que pasa a afectar, si bien en forma ligera, a cerca del 30% del arbolado muestra, duplicándose con respecto a la revisión anterior.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

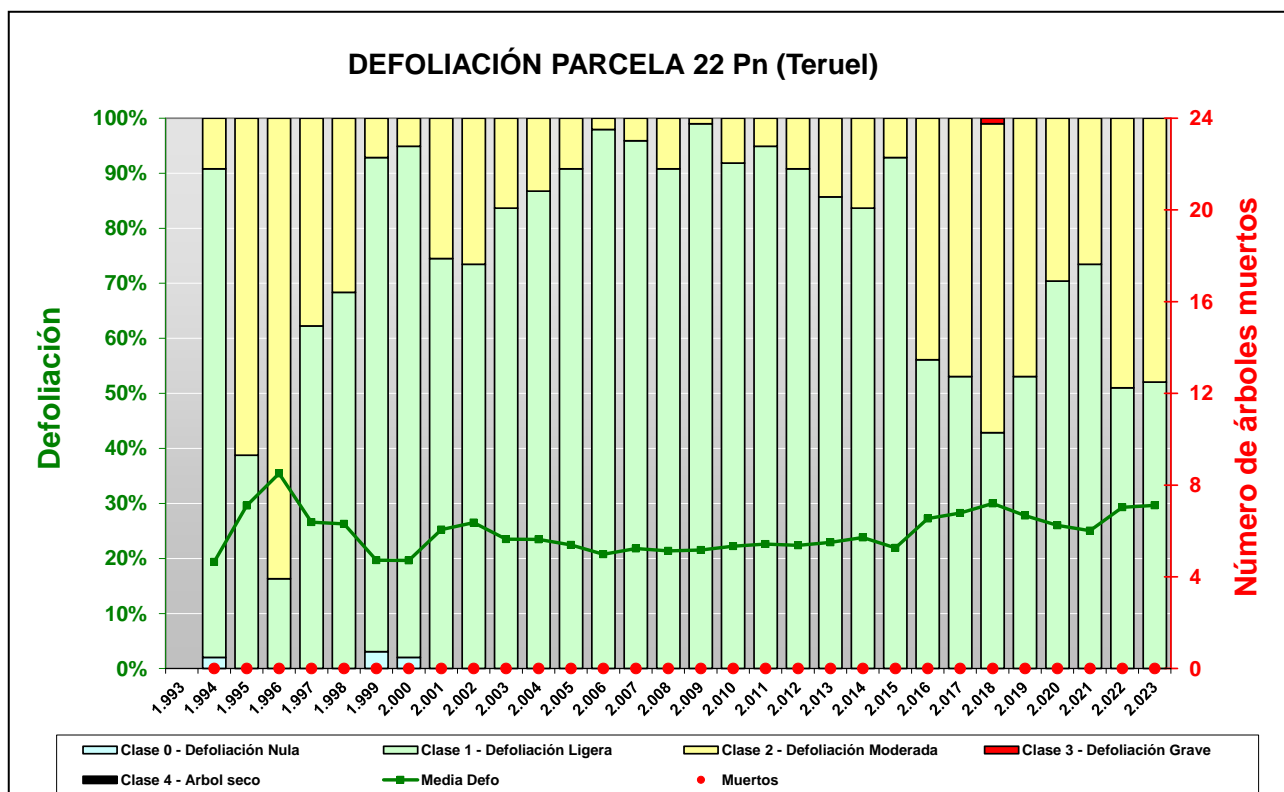


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



FIG 5: Defoliación 15%, 20% y 25%

3.2. Daños forestales.

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

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

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
ANIMALES												
Aves	4	1,25	16	4,08	23,75	0,50	-5,89	0,17	29,75	15,35	2,10	2,49
Tronco	4	1,25	16	4,08	23,75	0,50	-5,89	0,17	29,75	15,35	2,10	2,49
INSECTOS												
Defoliadores	67	1,69	268	68,37	32,09	0,43	2,45	0,10	28,03	12,74	0,38	-0,11
Acíc. del año	2	1,00	8	2,04	35,00	0,00	5,36	-0,33	16,00	8,40	-11,65	-4,46
Acíc. antiguas	9	1,67	36	9,18	32,78	0,44	3,14	0,11	21,44	10,62	-6,21	-2,23
Acíc. todas edades	1	3,00	4	1,02	40,00	0,00	10,36	-0,33	46,00	15,20	18,35	2,34
<i>Luperus espanoli</i>	1	1,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	41,00	16,50	13,35	3,64
Acíc. del año	1	1,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	41,00	16,50	13,35	3,64
<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	54	1,70	216	55,10	31,76	0,46	2,12	0,13	29,00	13,14	1,35	0,28
Acíc. del año	5	1,00	20	5,10	29,00	0,00	-0,64	-0,33	23,00	10,72	-4,65	-2,14
Acíc. antiguas	37	1,92	148	37,76	32,84	0,57	3,20	0,24	29,32	13,08	1,67	0,22
Acíc. todas edades	12	1,33	48	12,24	29,58	0,33	-0,06	0,00	30,50	14,34	2,85	1,49
Chupadores	22	1,00	88	22,45	29,55	0,27	-0,09	-0,06	26,73	12,48	-0,93	-0,38
Acíc. antiguas	21	1,00	84	21,43	28,81	0,24	-0,83	-0,09	26,43	12,37	-1,22	-0,49
Acíc. todas edades	1	1,00	4	1,02	45,00	1,00	15,36	0,67	33,00	14,80	5,35	1,94
ENFERMEDADES												
Hongos pudrición	2	1,50	8	2,04	30,00	0,00	0,36	-0,33	33,50	15,00	5,85	2,14
Cuello raíz	1	2,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	26,00	13,50	-1,65	0,64
<i>Phellinus pini</i>	1	1,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	41,00	16,50	13,35	3,64
Tronco	1	1,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	41,00	16,50	13,35	3,64
AG.ABIÓTICOS												
Sequía	10	1,40	40	10,20	32,50	0,40	2,86	0,07	21,60	10,69	-6,05	-2,17
Acíc. del año	5	1,00	20	5,10	33,00	0,40	3,36	0,07	24,40	11,36	-3,25	-1,50
Acíc. antiguas	5	1,80	20	5,10	32,00	0,40	2,36	0,07	18,80	10,02	-8,85	-2,84
Viento/Tornado	1	1,00	4	1,02	40,00	1,00	10,36	0,67	27,00	13,30	-0,65	0,44
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	1,02	40,00	1,00	10,36	0,67	27,00	13,30	-0,65	0,44
Otros fact.abióticos	1	1,00	4	1,02	45,00	1,00	15,36	0,67	23,00	13,10	-4,65	0,24
Tronco	1	1,00	4	1,02	45,00	1,00	15,36	0,67	23,00	13,10	-4,65	0,24
ANTRÓPICOS												
Podas	1	1,00	4	1,02	25,00	0,00	-4,64	-0,33	26,00	14,20	-1,65	1,34
Tronco	1	1,00	4	1,02	25,00	0,00	-4,64	-0,33	26,00	14,20	-1,65	1,34
INCENDIOS												
Fuego	8	1,13	32	8,16	26,25	0,25	-3,39	-0,08	30,00	13,76	2,35	0,91
Tronco	2	1,00	8	2,04	27,50	0,50	-2,14	0,17	30,50	13,95	2,85	1,09
Cuello raíz	6	1,17	24	6,12	25,83	0,17	-3,81	-0,16	29,83	13,70	2,18	0,84
CONTAMINANTES												

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Contaminantes	8	1,00	32	8,16	30,63	0,38	0,98	0,05	25,88	12,03	-1,78	-0,83
Acíc. antiguas	8	1,00	32	8,16	30,63	0,38	0,98	0,05	25,88	12,03	-1,78	-0,83
OTROS DAÑOS												
Falta luz	34	1,26	136	34,69	29,56	0,24	-0,08	-0,09	27,06	12,08	-0,59	-0,78
Acíc. antiguas	6	2,17	24	6,12	40,00	0,17	10,36	-0,16	13,67	6,88	-13,99	-5,97
Acíc. todas edades	1	3,00	4	1,02	45,00	1,00	15,36	0,67	13,00	5,50	-14,65	-7,36
Ramillos <2 cm	9	1,00	36	9,18	26,67	0,11	-2,97	-0,22	30,89	13,72	3,24	0,87
Ramas 2-10 cm	7	1,00	28	7,14	29,29	0,57	-0,35	0,24	26,43	12,57	-1,22	-0,28
Ramas tam. variable	11	1,00	44	11,22	25,00	0,09	-4,64	-0,24	32,91	13,85	5,26	0,99
Inter.físicas	10	1,00	40	10,20	30,00	0,20	0,36	-0,13	25,30	13,07	-2,35	0,21
Ramillos <2 cm	5	1,00	20	5,10	26,00	0,00	-3,64	-0,33	26,80	13,74	-0,85	0,88
Ramas 2-10 cm	3	1,00	12	3,06	31,67	0,33	2,03	0,00	25,67	12,33	-1,99	-0,52
Ramas tam. variable	2	1,00	8	2,04	37,50	0,50	7,86	0,17	21,00	12,50	-6,65	-0,36
Compet/Espesura	8	1,75	32	8,16	33,75	0,13	4,11	-0,21	17,38	8,54	-10,28	-4,32
Ramillos <2 cm	3	1,00	12	3,06	38,33	0,33	8,69	0,00	14,33	6,53	-13,32	-6,32
Ramas tam. variable	4	1,00	16	4,08	33,75	0,00	4,11	-0,33	15,50	8,33	-12,15	-4,53
Tronco	1	7,00	4	1,02	20,00	0,00	-9,64	-0,33	34,00	15,40	6,35	2,54
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	94	1,03	376	95,92	28,35	0,35	-1,29	0,02	29,47	13,53	1,82	0,67
Acíc. del año	3	1,00	12	3,06	31,67	0,33	2,03	0,00	29,67	13,13	2,01	0,28
Acíc. antiguas	29	1,00	116	29,59	25,69	0,24	-3,95	-0,09	29,97	14,48	2,31	1,63
Acíc. todas edades	1	1,00	4	1,02	20,00	1,00	-9,64	0,67	35,00	16,50	7,35	3,64
Ramillos <2 cm	1	1,00	4	1,02	40,00	0,00	10,36	-0,33	46,00	15,20	18,35	2,34
Ramas 2-10 cm	2	1,00	8	2,04	30,00	0,00	0,36	-0,33	18,00	8,60	-9,65	-4,26
Yemas	30	1,00	120	30,61	29,50	0,50	-0,14	0,17	30,63	13,83	2,98	0,97
Frutos	6	1,00	24	6,12	26,67	0,33	-2,97	0,00	32,17	13,72	4,51	0,86
Tronco en copa	4	1,00	16	4,08	31,25	0,50	1,61	0,17	39,25	14,75	11,60	1,89
Tronco	9	1,00	36	9,18	29,44	0,22	-0,20	-0,11	24,11	12,24	-3,54	-0,61
Cuello raíz	8	1,13	32	8,16	29,38	0,25	-0,27	-0,08	23,00	10,65	-4,65	-2,21
Tronco completo	1	3,00	4	1,02	35,00	1,00	5,36	0,67	25,00	11,50	-2,65	-1,36

En cuanto a la presencia de agentes dañinos identificados, destaca en primer lugar la aparición de callos o anillamientos transversales en los troncos debidos a la acción de **pícid**os en sus estrategias de marcaje del territorio, que picotean alrededor de los troncos dando lugar a patentes engrosamientos de la corteza, asociados en ocasiones a resinosos, y que son muy frecuentes en la mitad septentrional de Aragón, sin mayor significación fitosanitaria. Este tipo de afecciones se ha visto ya en anteriores revisiones, y en la mayoría de los casos se trata de heridas ya cicatrizadas, recubiertas de una callosidad transversal. En condiciones de elevadas temperaturas puede estimularse la secreción de resina en las heridas, haciendo estas más vistosas.

Con respecto a la presencia de insectos se observa en primer lugar la abundancia de **defoliadores** presentes en cerca del 70% del arbolado, en un nivel similar al observado el año anterior, destacando la presencia de procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, plaga ya observada en revisiones anteriores y que afectan a algo más de la mitad de los árboles evaluados, reduciéndose ligeramente respecto a la revisión del año previo y ligado a mordeduras en las acículas durante el pasado invierno. Esta plaga es prácticamente endémica en la zona, pinares de laricio del Bajo Aragón, en la que encuentra unas condiciones óptimas para su desarrollo y en la que han llegado a registrarse ataques esporádicos de consideración. La presencia de esta plaga es tan habitual que incluso la Organización Internacional de Lucha Biológica (OILB) llegó a desarrollar importantes estudios para su seguimiento. Se advierten también mordeduras foliares en el

margen debidas a la acción de defoliadores braquiderinos, junto con la habitual aunque salpicada presencia de *Luperus espanoli*, asociado a las típicas deformaciones hacia debajo de la acículas afectadas, reduciéndose ligeramente con respecto al año previo.

Un segundo grupo de insectos representados son los **chupadores** que actúan sobre cerca del 22% de los pies, incrementándose respecto a la evaluación anterior, y de quien se ven bandeados amarillentos en las acículas, ligados a la penetración del estilete succionador en la epidermis foliar, por desecación y necrosis de los tejidos afectados, fácilmente apreciable al tacto a través de la leve exudación de resina que taponan la herida y sobresale de la acícula. Aunque la afección puede llegar a matar a la acícula afectada, sobre todo en condiciones de sequía, el grado general de daño es ligero, sin que se registren daños de consideración asociados en el momento de la evaluación.

La presencia de hongos es muy escasa, limitándose a algún cuerpo de fructificación de hongos de pudrición tales como *Phellinus pini* sin mayor trascendencia.

Durante la presente revisión, y pese a la reducción de la precipitación total anual –que con 420 mm es la más baja de los últimos años- su distribución a lo largo del año ha sido muy beneficiosa al concentrarse el 75% en primavera y verano, en pleno periodo vegetativo y cuando las temperaturas son mayores, disminuyendo así la presencia de síntomas atribuibles a la **sequía**, que se reducen apreciablemente respecto al año anterior, afectando a poco más del 10% de la población muestra y en los que se ve caída adelantada de las acículas de mayor edad o microfilia en las acículas del año. De forma episódica se ha observado alguna rotura en ramillos de pequeño diámetro por alguna **tormenta** sin mayor trascendencia.

Esporádicamente se registra algún daño mecánico antiguo por podas u operaciones de arrastre de troncos abatidos en las inmediaciones, aunque en la mayoría de los casos se trata de daños ya cicatrizados y sin incidencia en el estado fitosanitario del pie afectado; al igual que sucede con algunos ennegrecimientos en la base del tronco debido al paso de un antiguo incendio del que tanto el arbolado como la vegetación de sotobosque se han recuperado.

Como en anteriores revisiones, se advierten punteaduras necróticas de color amarillento sobre las acículas de mayor edad, no asociadas a insectos chupadores pues no se advierten las típicas exudaciones de resina asociadas, en un mecanismo frecuentemente ligado a **contaminantes atmosféricos**, opinión que se ve reforzada por la ausencia del síntoma en las acículas de menor edad, emergidas a finales de la primavera y que por tanto han estado menos expuestas a su acción. Cabe destacar sin embargo que, al igual que el año pasado, estos síntomas se han reducido considerablemente respecto a años anteriores, observándose en algo menos del 10% de los pies.

Como ya se ha indicado en anteriores evaluaciones, se advierten daños puntuales por **falta de luz** en la tercera parte de los pies, y que se manifiesta sobre todo en fenómenos de autopoda, en los que el árbol afectado tiende a desprenderse de la ramificación inferior para favorecer el crecimiento en altura y el desarrollo de la fracción apical de la copa. Se han registrado también daños aislados debidos a **interacciones físicas**, en las que el pie afectado pese a recibir luz directamente en el ápice, tiene dificultades para expandir su ramificación por impedirlo la cercanía de los pies colindantes. Este tipo de fenómenos, como es lógico, afectan más a los pies de dimensiones inferiores al vuelo medio de la masa y en determinados casos, al tratarse el pino púdero de una especie necesitada de luz, pueden aparecer asociados a defoliaciones de consideración.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se advierten **decoloraciones** rojizas o amarillentas de distinta naturaleza en las acículas particularmente en las de mayor edad, **enrollamientos** de acículas del año en unos pocos pies, **tumoraciones** en troncos –ligadas en algún caso a bacteriosis-, ramillos **puntisecos** y **resinosis** en partes leñosas y yemas, no asociado en principio a daños forestales de consideración.

En los enebros del nivel de sotobosque, y al igual que en años anteriores, se ha observado proliferación de muérdago enano, *Arceuthobium oxycedri* que puede llegar a causar daños de consideración en estos árboles, junto con algún fogonazo de ramas necrosadas debidas a la acción de *Phomopsis juniperovra* o *Kabatina sp.*

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

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

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
HOJAS/ACÍCULAS												
Acíc. del año	16	1,00	64	16,33	31,56	0,19	1,92	-0,14	24,94	11,44	-2,72	-1,41
Comidos/perdidos	8	1,00	32	8,16	30,63	0,00	0,98	-0,33	23,50	10,86	-4,15	-1,99
Agujeros/Parc. comidas	7	1,00	28	7,14	30,00	0,00	0,36	-0,33	24,57	11,11	-3,08	-1,74
Muescas	1	1,00	4	1,02	35,00	0,00	5,36	-0,33	16,00	9,10	-11,65	-3,76
Microfilia	5	1,00	20	5,10	33,00	0,40	3,36	0,07	24,40	11,36	-3,25	-1,50
Deformaciones	3	1,00	12	3,06	31,67	0,33	2,03	0,00	29,67	13,13	2,01	0,28
Parcial	1	1,00	4	1,02	35,00	1,00	5,36	0,67	25,00	11,50	-2,65	-1,36
Enrolladas	2	1,00	8	2,04	30,00	0,00	0,36	-0,33	32,00	13,95	4,35	1,09
Acíc. antiguas	115	1,44	460	100,00	30,48	0,37	0,84	0,04	26,83	12,58	-0,83	-0,28
Comidos/perdidos	58	1,88	232	59,18	33,45	0,50	3,81	0,17	25,60	11,81	-2,05	-1,05
Agujeros/Parc. comidas	44	1,91	176	44,90	33,30	0,57	3,66	0,24	28,02	12,68	0,37	-0,18
Muescas	2	1,00	8	2,04	22,50	0,00	-7,14	-0,33	22,50	10,90	-5,15	-1,96
Caída prematura	12	1,92	48	12,24	35,83	0,33	6,19	0,00	17,25	8,79	-10,40	-4,06
Dec. Verde-amarillo	46	1,00	184	46,94	27,83	0,30	-1,81	-0,03	27,72	13,08	0,06	0,23
Completa	5	1,00	20	5,10	24,00	0,40	-5,64	0,07	32,40	15,34	4,75	2,48
Punteado	14	1,00	56	14,29	30,71	0,50	1,07	0,17	27,07	12,94	-0,58	0,09
Bandeado	15	1,00	60	15,31	28,00	0,07	-1,64	-0,26	25,53	11,65	-2,12	-1,21
Parcial	12	1,00	48	12,24	25,83	0,33	-3,81	0,00	29,25	14,11	1,60	1,25
Dec. Rojo-marrón	11	1,00	44	11,22	25,91	0,00	-3,73	-0,33	29,55	14,54	1,89	1,68
Completa	10	1,00	40	10,20	26,50	0,00	-3,14	-0,33	29,10	14,44	1,45	1,58
Parcial	1	1,00	4	1,02	20,00	0,00	-9,64	-0,33	34,00	15,50	6,35	2,64
Acíc. todas edades	16	1,50	64	16,33	31,56	0,44	1,92	0,11	30,81	14,01	3,16	1,15
Comidos/perdidos	14	1,57	56	14,29	31,43	0,36	1,79	0,03	30,36	13,77	2,70	0,92
Agujeros/Parc. comidas	13	1,46	52	13,27	30,38	0,31	0,74	-0,02	31,69	14,41	4,04	1,55
Caída prematura	1	3,00	4	1,02	45,00	1,00	15,36	0,67	13,00	5,50	-14,65	-7,36
Dec. Verde-amarillo	1	1,00	4	1,02	45,00	1,00	15,36	0,67	33,00	14,80	5,35	1,94
Bandeado	1	1,00	4	1,02	45,00	1,00	15,36	0,67	33,00	14,80	5,35	1,94
Dec. Rojo-marrón	1	1,00	4	1,02	20,00	1,00	-9,64	0,67	35,00	16,50	7,35	3,64
Completa	1	1,00	4	1,02	20,00	1,00	-9,64	0,67	35,00	16,50	7,35	3,64
RAMAS/BROTOS												
Ramillos <2 cm	19	1,00	76	19,39	29,74	0,16	0,10	-0,17	27,79	12,65	0,14	-0,21
Rotura	6	1,00	24	6,12	28,33	0,17	-1,31	-0,16	26,83	13,67	-0,82	0,81
Muerto/moribundo	13	1,00	52	13,27	30,38	0,15	0,74	-0,18	28,23	12,18	0,58	-0,68
Ramas 2-10 cm	12	1,00	48	12,24	30,00	0,42	0,36	0,09	24,83	11,85	-2,82	-1,01
Deformaciones	1	1,00	4	1,02	25,00	0,00	-4,64	-0,33	16,00	6,50	-11,65	-6,36
Tumores	1	1,00	4	1,02	25,00	0,00	-4,64	-0,33	16,00	6,50	-11,65	-6,36

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Rotura	3	1,00	12	3,06	31,67	0,33	2,03	0,00	25,67	12,33	-1,99	-0,52
Muerto/moribundo	8	1,00	32	8,16	30,00	0,50	0,36	0,17	25,63	12,34	-2,03	-0,52
Ramas tam. variable	17	1,00	68	17,35	28,53	0,12	-1,11	-0,21	27,41	12,39	-0,24	-0,47
Rotura	2	1,00	8	2,04	37,50	0,50	7,86	0,17	21,00	12,50	-6,65	-0,36
Muerto/moribundo	15	1,00	60	15,31	27,33	0,07	-2,31	-0,26	28,27	12,37	0,61	-0,48
Yemas	30	1,00	120	30,61	29,50	0,50	-0,14	0,17	30,63	13,83	2,98	0,97
Resinosis	30	1,00	120	30,61	29,50	0,50	-0,14	0,17	30,63	13,83	2,98	0,97
Frutos	6	1,00	24	6,12	26,67	0,33	-2,97	0,00	32,17	13,72	4,51	0,86
Resinosis	6	1,00	24	6,12	26,67	0,33	-2,97	0,00	32,17	13,72	4,51	0,86
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	4	1,00	16	4,08	31,25	0,50	1,61	0,17	39,25	14,75	11,60	1,89
Resinosis	4	1,00	16	4,08	31,25	0,50	1,61	0,17	39,25	14,75	11,60	1,89
Tronco	19	1,37	76	19,39	28,16	0,32	-1,48	-0,01	27,42	13,62	-0,23	0,76
Deformaciones	14	1,07	56	14,29	28,21	0,36	-1,43	0,03	25,64	13,16	-2,01	0,31
Otras deformaciones	7	1,14	28	7,14	25,71	0,43	-3,93	0,10	27,43	14,57	-0,22	1,72
Tumores	7	1,00	28	7,14	30,71	0,29	1,07	-0,04	23,86	11,76	-3,80	-1,10
Signos hongos	1	1,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	41,00	16,50	13,35	3,64
C.fructificación	1	1,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	41,00	16,50	13,35	3,64
Otros signos	2	1,00	8	2,04	27,50	0,50	-2,14	0,17	30,50	13,95	2,85	1,09
Heridas	1	1,00	4	1,02	35,00	0,00	5,36	-0,33	26,00	14,60	-1,65	1,74
Otras heridas	1	1,00	4	1,02	35,00	0,00	5,36	-0,33	26,00	14,60	-1,65	1,74
Inclinado	1	7,00	4	1,02	20,00	0,00	-9,64	-0,33	34,00	15,40	6,35	2,54
Cuello raíz	15	1,20	60	15,31	28,00	0,20	-1,64	-0,13	25,93	12,06	-1,72	-0,80
Deformaciones	6	1,17	24	6,12	30,83	0,33	1,19	0,00	23,00	10,72	-4,65	-2,14
Otras deformaciones	2	1,50	8	2,04	35,00	0,50	5,36	0,17	23,50	10,90	-4,15	-1,96
Tumores	4	1,00	16	4,08	28,75	0,25	-0,89	-0,08	22,75	10,63	-4,90	-2,23
Otros signos	4	1,00	16	4,08	26,25	0,25	-3,39	-0,08	31,50	13,88	3,85	1,02
Heridas	4	1,25	16	4,08	25,00	0,00	-4,64	-0,33	24,75	11,90	-2,90	-0,96
Descortezamientos	2	1,50	8	2,04	25,00	0,00	-4,64	-0,33	26,50	13,35	-1,15	0,49
Otras heridas	2	1,00	8	2,04	25,00	0,00	-4,64	-0,33	23,00	10,45	-4,65	-2,41
Pudriciones	1	2,00	4	1,02	30,00	0,00	0,36	-0,33	26,00	13,50	-1,65	0,64
Tronco completo	1	3,00	4	1,02	35,00	1,00	5,36	0,67	25,00	11,50	-2,65	-1,36
Inclinado	1	3,00	4	1,02	35,00	1,00	5,36	0,67	25,00	11,50	-2,65	-1,36

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	Aves		Defoliadores		Chupadores		Hongos pudrición		Sequía	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. del año	16			8	11,94					5	50,00
Comidos/perdidos	8			8	11,94						
Agujeros/Parc. comidas	7			7	10,45						
Muecas	1			1	1,49						
Microfilia	5									5	50,00

	N par	Aves		Defoliadores		Chupadores		Hongos pudrición		Sequía	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Deformaciones	3										
Parcial	1										
Enrolladas	2										
Acíc. antiguas	115			46	68,66	21	95,45			5	50,00
Comidos/perdidos	58			46	68,66					5	50,00
Agujeros/Parc. comidas	44			44	65,67						
Muecas	2			2	2,99						
Caída prematura	12									5	50,00
Dec. Verde-amarillo	46					21	95,45				
Completa	5										
Punteado	14					6	27,27				
Bandeado	15					15	68,18				
Parcial	12										
Dec. Rojo-marrón	11										
Completa	10										
Parcial	1										
Acíc. todas edades	16			13	19,40	1	4,55				
Comidos/perdidos	14			13	19,40						
Agujeros/Parc. comidas	13			13	19,40						
Caída prematura	1										
Dec. Verde-amarillo	1					1	4,55				
Bandeado	1					1	4,55				
Dec. Rojo-marrón	1										
Completa	1										
RAMAS/BROTES											
Ramillos <2 cm	19										
Rotura	6										
Muerto/moribundo	13										
Ramas 2-10 cm	12										
Deformaciones	1										
Tumores	1										
Rotura	3										
Muerto/moribundo	8										
Ramas tam. variable	17										
Rotura	2										
Muerto/moribundo	15										
Yemas	30										
Resinosis	30										
Frutos	6										
Resinosis	6										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	4										
Resinosis	4										
Tronco	19	4	100,00					1	50,00		
Deformaciones	14	4	100,00								
Otras deformaciones	7	4	100,00								
Tumores	7										
Signos hongos	1							1	50,00		
C.fructificación	1							1	50,00		

	N par	Aves		Defoliadores		Chupadores		Hongos pudrición		Sequía	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Otros signos	2										
Heridas	1										
Otras heridas	1										
Inclinado	1										
Cuello raíz	15							1	50,00		
Deformaciones	6										
Otras deformaciones	2										
Tumores	4										
Otros signos	4										
Heridas	4										
Descortezamientos	2										
Otras heridas	2										
Pudriciones	1							1	50,00		
Tronco completo	1										
Inclinado	1										

	N par	Viento/Tornado		Otros fact.abióticos		Podas		Fuego		Contaminantes	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. del año	16										
Comidos/perdidos	8										
Agujeros/Parc. comidas	7										
Muecas	1										
Microfilia	5										
Deformaciones	3										
Parcial	1										
Enrolladas	2										
Acíc. antiguas	115									8	100,00
Comidos/perdidos	58										
Agujeros/Parc. comidas	44										
Muecas	2										
Caída prematura	12										
Dec. Verde-amarillo	46									8	100,00
Completa	5										
Punteado	14									8	100,00
Bandeado	15										
Parcial	12										
Dec. Rojo-marrón	11										
Completa	10										
Parcial	1										
Acíc. todas edades	16										
Comidos/perdidos	14										
Agujeros/Parc. comidas	13										
Caída prematura	1										
Dec. Verde-amarillo	1										
Bandeado	1										
Dec. Rojo-marrón	1										
Completa	1										

	N par	Viento/Tornado		Otros fact.abióticos		Podas		Fuego		Contaminantes	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
RAMAS/BROTES											
Ramillos <2 cm	19	1	100,00								
Rotura	6	1	100,00								
Muerto/moribundo	13										
Ramas 2-10 cm	12										
Deformaciones	1										
Tumores	1										
Rotura	3										
Muerto/moribundo	8										
Ramas tam. variable	17										
Rotura	2										
Muerto/moribundo	15										
Yemas	30										
Resinosis	30										
Frutos	6										
Resinosis	6										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	4										
Resinosis	4										
Tronco	19			1	100,00	1	100,00	2	25,00		
Deformaciones	14			1	100,00	1	100,00				
Otras deformaciones	7			1	100,00	1	100,00				
Tumores	7										
Signos hongos	1										
C.fructificación	1										
Otros signos	2							2	25,00		
Heridas	1										
Otras heridas	1										
Inclinado	1										
Cuello raíz	15							6	75,00		
Deformaciones	6										
Otras deformaciones	2										
Tumores	4										
Otros signos	4							4	50,00		
Heridas	4							2	25,00		
Descortezamientos	2							2	25,00		
Otras heridas	2										
Pudriciones	1										
Tronco completo	1										
Inclinado	1										

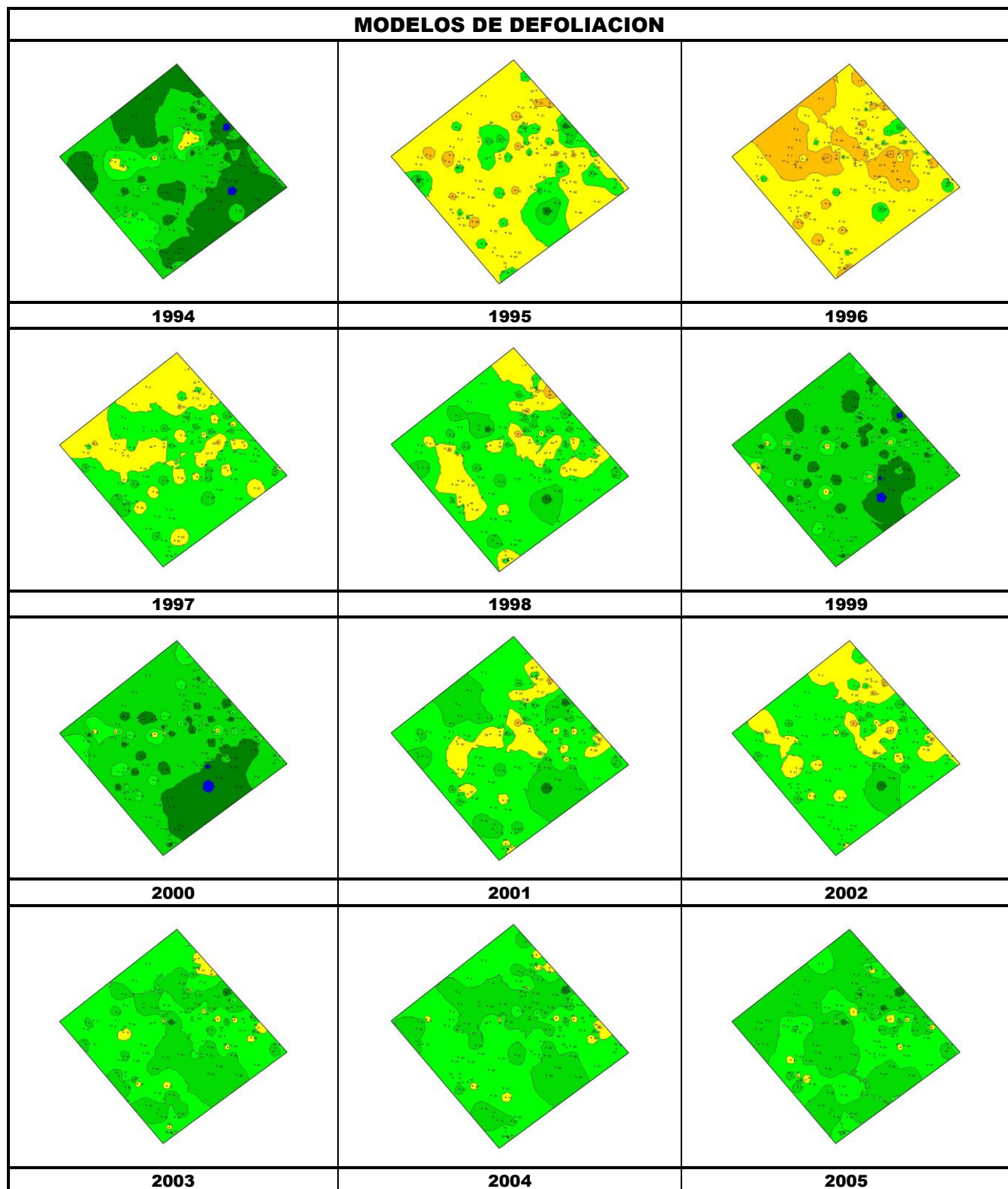
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	16							3	3,19
Comidos/perdidos	8								
Agujeros/Parc. comidas	7								
Muecas	1								

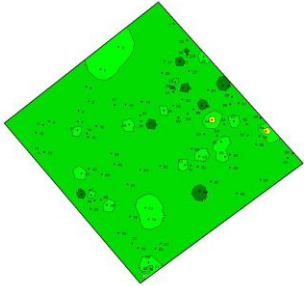
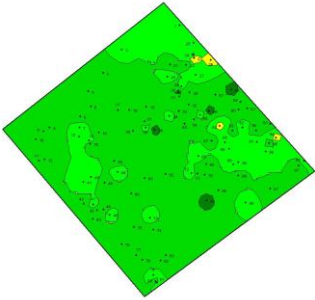
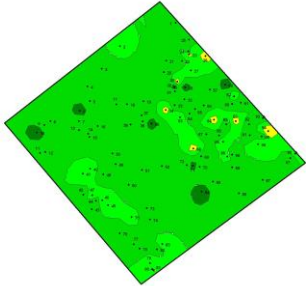
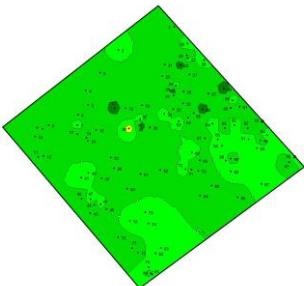
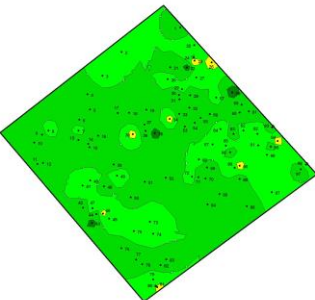
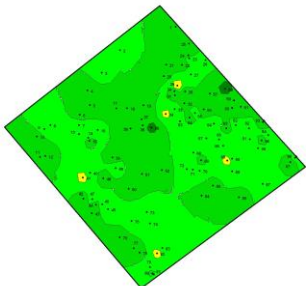
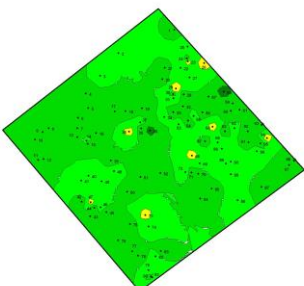
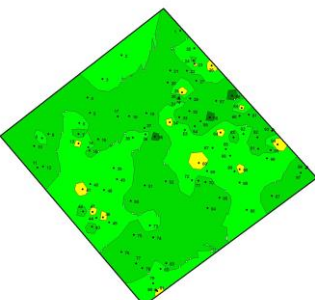
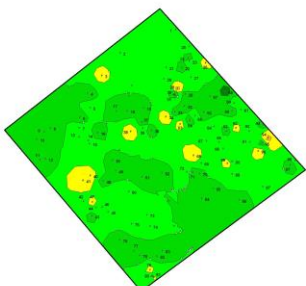
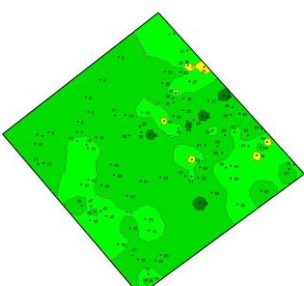
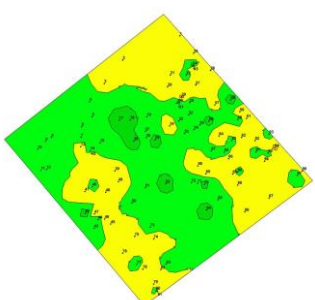
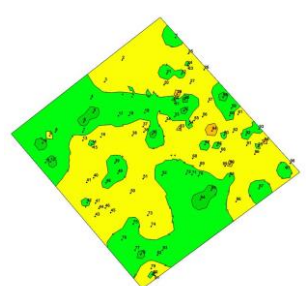
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Microfilia	5								
Deformaciones	3							3	3,19
Parcial	1							1	1,06
Enrolladas	2							2	2,13
Acíc. antiguas	115	6	17,65					29	30,85
Comidos/perdidos	58	6	17,65					1	1,06
Agujeros/Parc. comidas	44								
Muestras	2								
Caída prematura	12	6	17,65					1	1,06
Dec. Verde-amarillo	46							17	18,09
Completa	5							5	5,32
Punteado	14								
Bandeado	15								
Parcial	12							12	12,77
Dec. Rojo-marrón	11							11	11,70
Completa	10							10	10,64
Parcial	1							1	1,06
Acíc. todas edades	16	1	2,94					1	1,06
Comidos/perdidos	14	1	2,94						
Agujeros/Parc. comidas	13								
Caída prematura	1	1	2,94						
Dec. Verde-amarillo	1								
Bandeado	1								
Dec. Rojo-marrón	1							1	1,06
Completa	1							1	1,06
RAMAS/BROTES									
Ramillos <2 cm	19	9	26,47	5	50,00	3	37,50	1	1,06
Rotura	6			5	50,00				
Muerto/moribundo	13	9	26,47			3	37,50	1	1,06
Ramas 2-10 cm	12	7	20,59	3	30,00			2	2,13
Deformaciones	1							1	1,06
Tumores	1							1	1,06
Rotura	3			3	30,00				
Muerto/moribundo	8	7	20,59					1	1,06
Ramas tam. variable	17	11	32,35	2	20,00	4	50,00		
Rotura	2			2	20,00				
Muerto/moribundo	15	11	32,35			4	50,00		
Yemas	30							30	31,91
Resinosis	30							30	31,91
Frutos	6							6	6,38
Resinosis	6							6	6,38
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco en copa	4							4	4,26
Resinosis	4							4	4,26
Tronco	19					1	12,50	9	9,57
Deformaciones	14							8	8,51
Otras deformaciones	7							1	1,06
Tumores	7							7	7,45
Signos hongos	1								
C.fructificación	1								

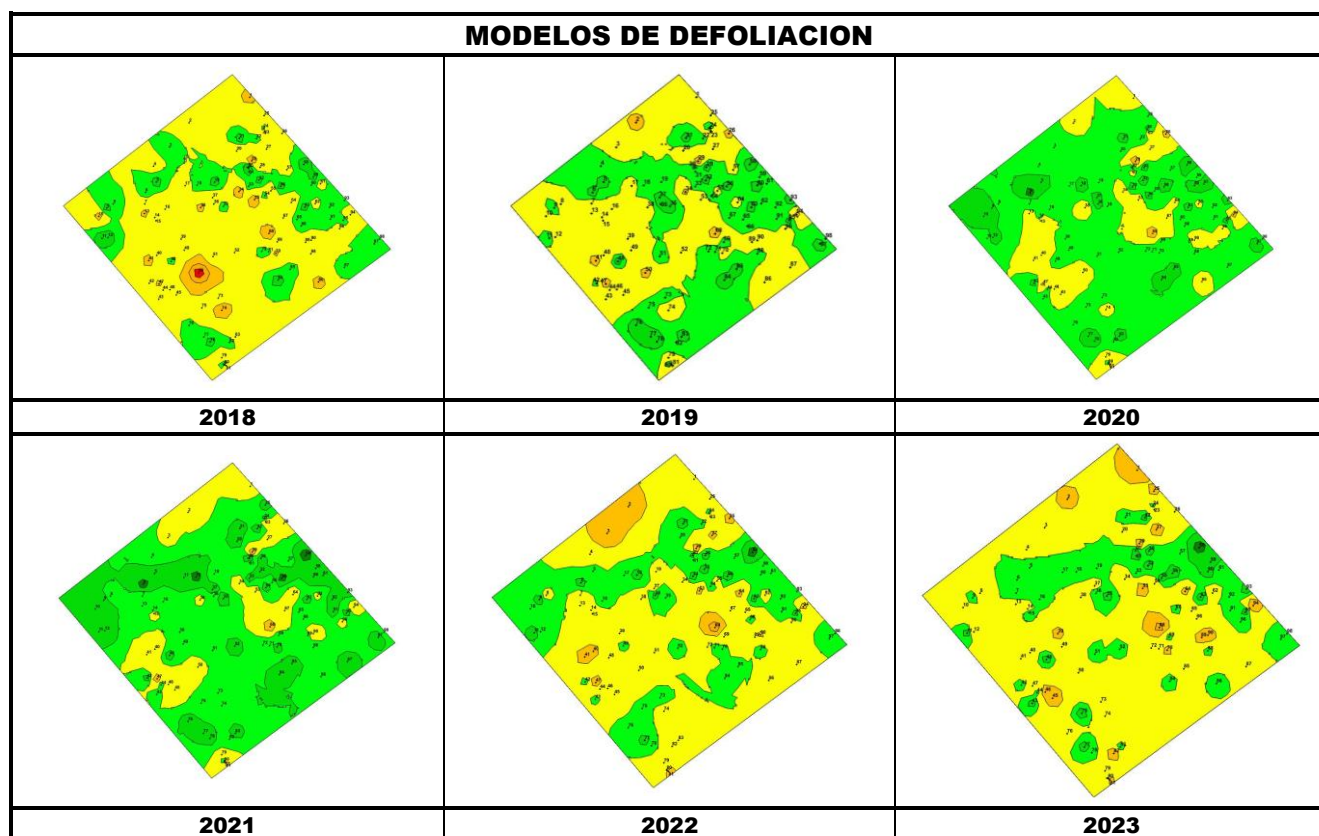
	N par	Falta luz		Inter.físicas		Compet/Espesura		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Otros signos	2								
Heridas	1							1	1,06
Otras heridas	1							1	1,06
Inclinado	1					1	12,50		
Cuello raíz	15							8	8,51
Deformaciones	6							6	6,38
Otras deformaciones	2							2	2,13
Tumores	4							4	4,26
Otros signos	4								
Heridas	4							2	2,13
Descortezamientos	2								
Otras heridas	2							2	2,13
Pudriciones	1								
Tronco completo	1							1	1,06
Inclinado	1							1	1,06



FIG 6: Dedfoliaciones por procesionaria del pino. Mordeduras de *Brachyderes* sp. Muérdago enano *Arceuthobium oxycedri* en enebros.



MODELOS DE DEFOLIACION		
		
2006	2007	2008
		
2009	2010	2011
		
2012	2013	2014
		
2015	2016	2017



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
Inmisión	Dosímetros pasivos		12	2000	Quincenal/Mensual
Crecimiento	Dialdendro en continuo	15		1999	Quincenal/Mensual
Fenología	Árboles de seguimiento	20		1998	Quincenal/Mensual



FIG 7: Parcela exterior. Captador de desfronde. Cinta diámetrica y árbol de evaluación fenológica. Data-logger y dosímetros. Captadores parcela interior

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 22Pn, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la serie 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	5,99	20,00	355	6,22	20,00	424	5,89	6,23
1998	5,78	53,33	252	6,06	6,25	306	5,78	6,12
1999	6,40	5,00	382	6,74	0,00	477	6,16	6,33

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
2000	6,25	15,38	428	6,53	0,00	507	6,06	6,27
2001	5,87	7,69	274	6,16	0,00	334	5,76	5,88
2002	6,73	0,00	474	6,80	0,00	553	6,39	6,53
2003	6,18	9,52	567	6,43	4,55	677	6,07	6,14
2004	5,48	22,22	446	6,14	16,67	529	5,99	6,00
2005	5,97	23,53	294	5,94	35,29	368	5,96	5,93
2006	6,07	6,67	389	6,08	17,65	461	6,08	6,01
2007	6,14	16,67	566	6,14	11,11	614	5,98	5,72
2008	6,10	27,27	561	5,94	27,27	673	6,12	5,97
2009	6,12	18,18	437	6,22	9,09	551	6,10	6,07
2010	6,29	8,33	629	6,42	0,00	699	6,22	6,19
2011	5,52	10,00	439	5,95	0,00	497	6,06	6,02
2012	5,88	50,00	153	6,29	16,67	175	5,96	5,98
2014	6,29	0,00	383	6,34	0,00	404	6,17	6,20
2015	6,14	0,00	673	6,27	0,00	719	6,08	6,18
2016	6,39	0,00	476	6,50	0,00	535	6,16	6,12
2017	6,22	9,09	351	6,38	0,00	406	6,09	6,10
2018	5,99	8,33	814	6,17	25,00	876	5,89	5,94
2019	6,21	9,09	499	6,35	0,00	516	5,99	6,04
2020	6,18	0,00	594	6,17	0,00	619	6,17	6,17
2021	6,61	0,00	551	6,52	0,00	626	6,37	6,27
2022	6,55	0,00	595	6,44	8,33	601	6,28	6,22
Media	6,13	12,81	463	6,29	7,92	526	6,07	6,10

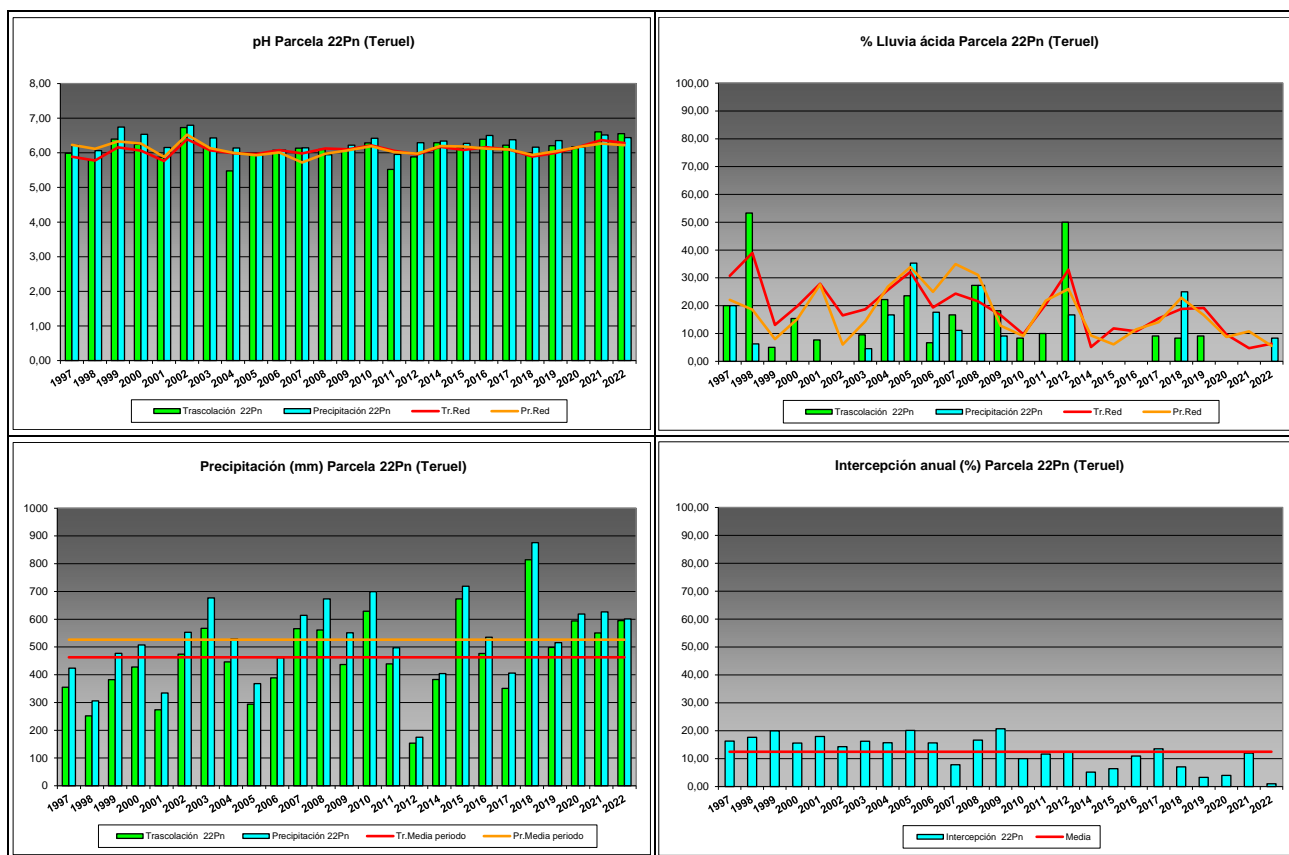


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

5.2. Conductividad (μS/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	43,01		355	29,03		424	25,52	22,05
1998	36,06		252	23,31		306	29,37	22,53
1999	32,10		382	19,41		477	33,18	19,89
2000	30,35		428	18,69		507	35,34	22,06
2001	32,55		274	16,97		334	27,99	15,78
2002	63,37		474	47,44		553	48,98	30,11
2003	29,39		567	30,03		677	45,96	25,07
2004	67,38		446	50,10		529	62,42	37,00
2005	53,60		294	35,15		368	65,42	30,19
2006	51,48		389	41,87		461	61,52	28,60
2007	38,11		566	30,59		614	49,85	28,88
2008	33,86		561	29,27		673	46,65	22,88
2009	39,18		437	24,64		551	49,43	20,10
2010	22,95		629	12,12		699	44,44	15,09
2011	21,57		439	13,28		497	51,36	19,04
2012	36,57		153	14,32		175	53,38	20,50
2014	30,23		383	21,99		404	33,76	15,23
2015	22,05		673	11,49		719	45,28	18,25
2016	26,96		476	15,47		535	47,39	15,22
2017	35,64		351	16,94		406	56,13	18,87
2018	25,90		814	14,12		876	38,75	16,20
2019	40,74		499	22,11		516	74,16	28,49
2020	25,51		594	14,40		619	46,43	20,40
2021	28,86		551	18,11		626	40,51	22,14
2022	32,04		595	16,37		601	44,12	20,37
Media	35,98		463	23,49		526	46,29	22,20

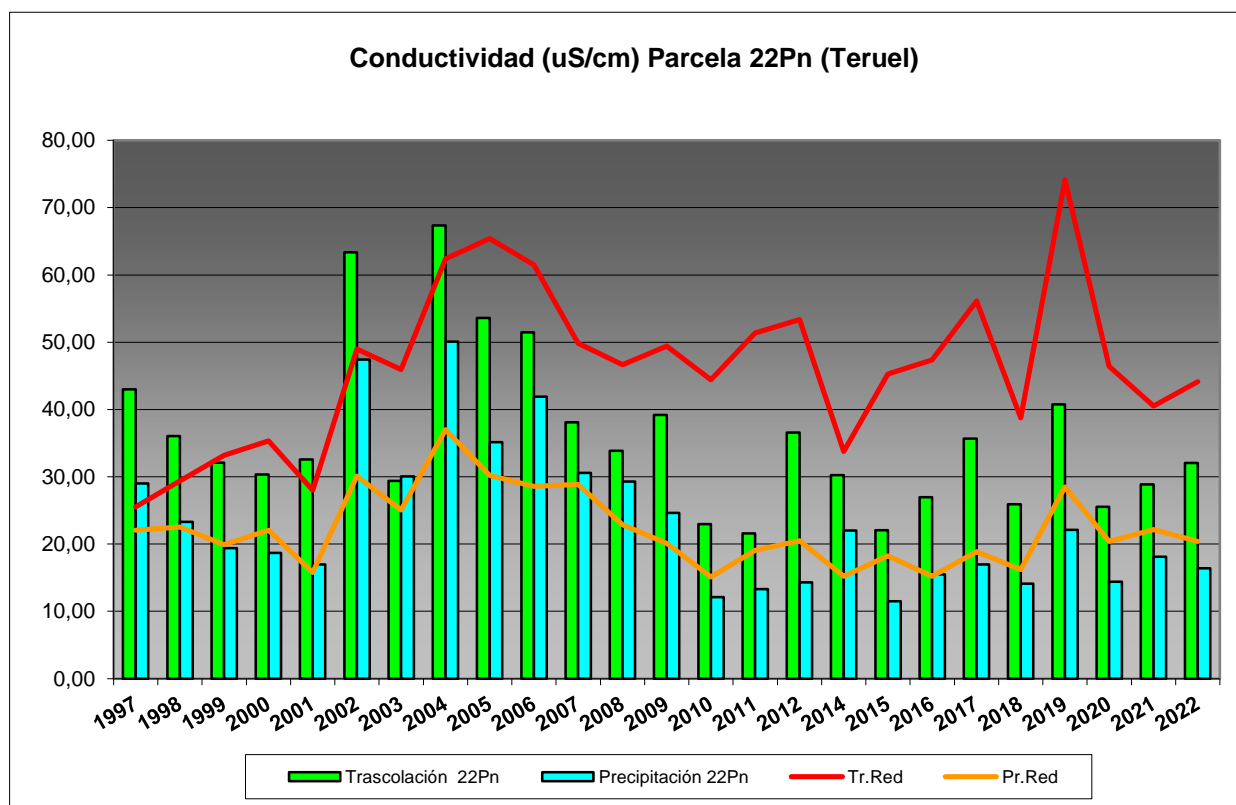


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

5.3. Potasio.

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

Año	Traslación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	1,34	4,76	355	0,64	2,69	424	2,06	7,33	5,18
1998	6,21	15,66	252	3,88	11,88	306	3,78	19,45	13,28
1999	2,54	9,70	382	1,39	6,63	477	3,07	17,99	11,86
2000	3,04	13,03	428	1,60	8,11	507	4,92	22,33	15,28
2001	1,81	4,96	274	0,97	3,23	334	1,73	16,00	9,92
2002	3,46	16,41	474	1,31	7,25	553	9,16	19,36	7,73
2003	1,31	7,43	567	0,34	2,33	677	5,09	12,93	3,83
2004	1,66	7,42	446	0,77	4,06	529	3,36	16,14	4,88
2005	3,56	10,48	294	1,48	5,43	368	5,05	12,47	5,15
2006	3,05	11,87	389	2,01	9,25	461	2,62	19,14	9,86
2007	2,52	14,29	566	1,23	7,52	614	6,77	20,44	7,92
2008	3,05	17,10	561	1,60	10,77	673	6,34	22,97	6,57
2009	2,94	12,87	437	0,68	3,75	551	9,12	18,05	4,28
2010	2,03	12,79	629	0,25	1,78	699	11,01	21,96	3,59
2011	1,54	6,74	439	0,43	2,11	497	4,63	18,92	5,75
2012	1,66	2,55	153	0,34	0,60	175	1,95	2,99	0,92
2014	2,21	8,48	383	0,19	0,75	404	7,73	11,97	1,60
2015	1,41	9,48	673	0,62	4,47	719	5,00	18,33	4,20
2016	2,11	10,06	476	0,29	1,56	535	8,50	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	1,83	6,42	351	0,30	1,20	406	5,22	16,19	1,94
2018	1,52	12,40	814	0,34	2,95	876	9,44	17,14	2,96
2019	1,53	7,61	499	0,29	1,49	516	6,13	17,04	3,33
2020	1,54	9,15	594	0,14	0,87	619	8,28	22,26	2,32
2021	1,43	7,89	551	1,42	0,99	626	6,91	15,69	1,94
2022	2,77	16,49	595	0,18	1,07	601	15,42	18,27	1,30
Media	2,32	10,24	463	0,91	4,11	526	6,13	16,98	5,51

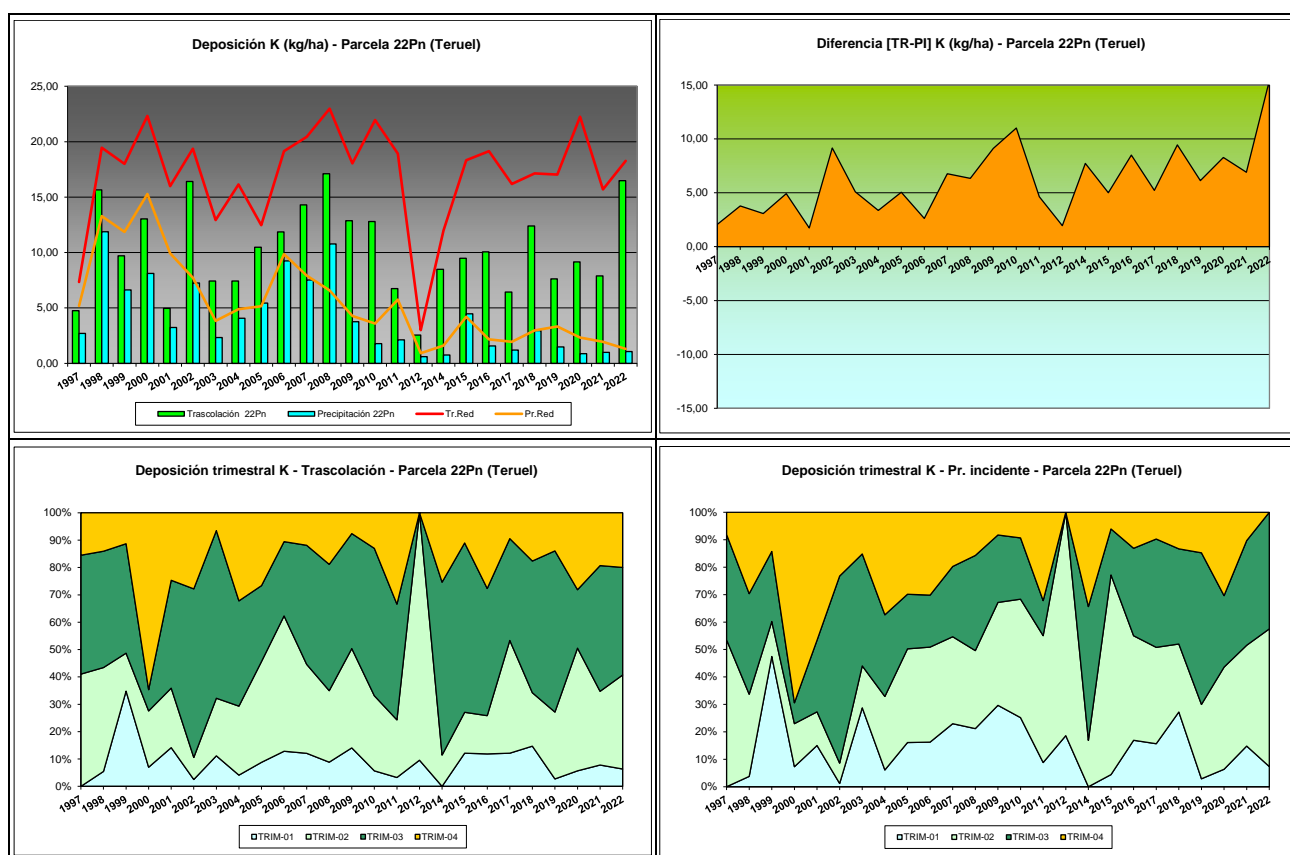


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	2,27	8,07	355	1,58	6,69	424	1,38	7,29	5,16
1998	2,39	6,03	252	1,28	3,92	306	2,11	6,91	4,05
1999	4,67	17,85	382	1,51	7,19	477	10,66	10,77	6,68
2000	2,28	9,77	428	1,24	6,30	507	3,47	10,94	7,70
2001	2,98	8,15	274	1,55	5,17	334	2,98	8,58	6,22

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2002	3,43	16,27	474	2,18	12,07	553	4,20	12,23	9,40
2003	3,09	17,51	567	3,07	20,78	677	-3,27	23,45	26,64
2004	4,46	19,90	446	5,38	28,46	529	-8,56	18,95	20,04
2005	5,12	15,04	294	3,34	12,28	368	2,77	11,17	9,81
2006	5,17	20,13	389	3,90	17,97	461	2,16	17,51	16,49
2007	3,58	20,27	566	2,98	18,31	614	1,97	18,16	14,99
2008	3,49	19,55	561	2,91	19,61	673	-0,05	14,94	12,47
2009	3,35	14,64	437	2,52	13,91	551	0,73	10,43	6,81
2010	1,65	10,36	629	1,04	7,30	699	3,06	11,50	7,59
2011	1,98	8,68	439	1,07	5,30	497	3,39	11,32	6,29
2012	3,02	4,63	153	2,01	3,53	175	1,11	3,22	2,60
2014	2,57	9,85	383	1,31	5,30	404	4,55	8,57	5,86
2015	2,87	19,30	673	2,38	17,13	719	2,17	15,19	12,39
2016	3,51	16,72	476	2,29	12,28	535	4,44	14,34	8,83
2017	4,64	16,29	351	2,58	10,47	406	5,82	13,71	10,82
2018	2,24	18,19	814	1,40	12,27	876	5,93	13,15	9,58
2019	3,32	16,53	499	2,18	11,25	516	5,28	18,41	13,57
2020	2,18	12,96	594	1,73	10,68	619	2,28	21,83	11,67
2021	3,40	18,72	551	2,44	15,30	626	3,42	13,31	19,20
2022	2,92	17,40	595	1,92	11,53	601	5,87	16,71	13,93
Media	3,22	14,51	463	2,23	11,80	526	2,71	13,30	10,75

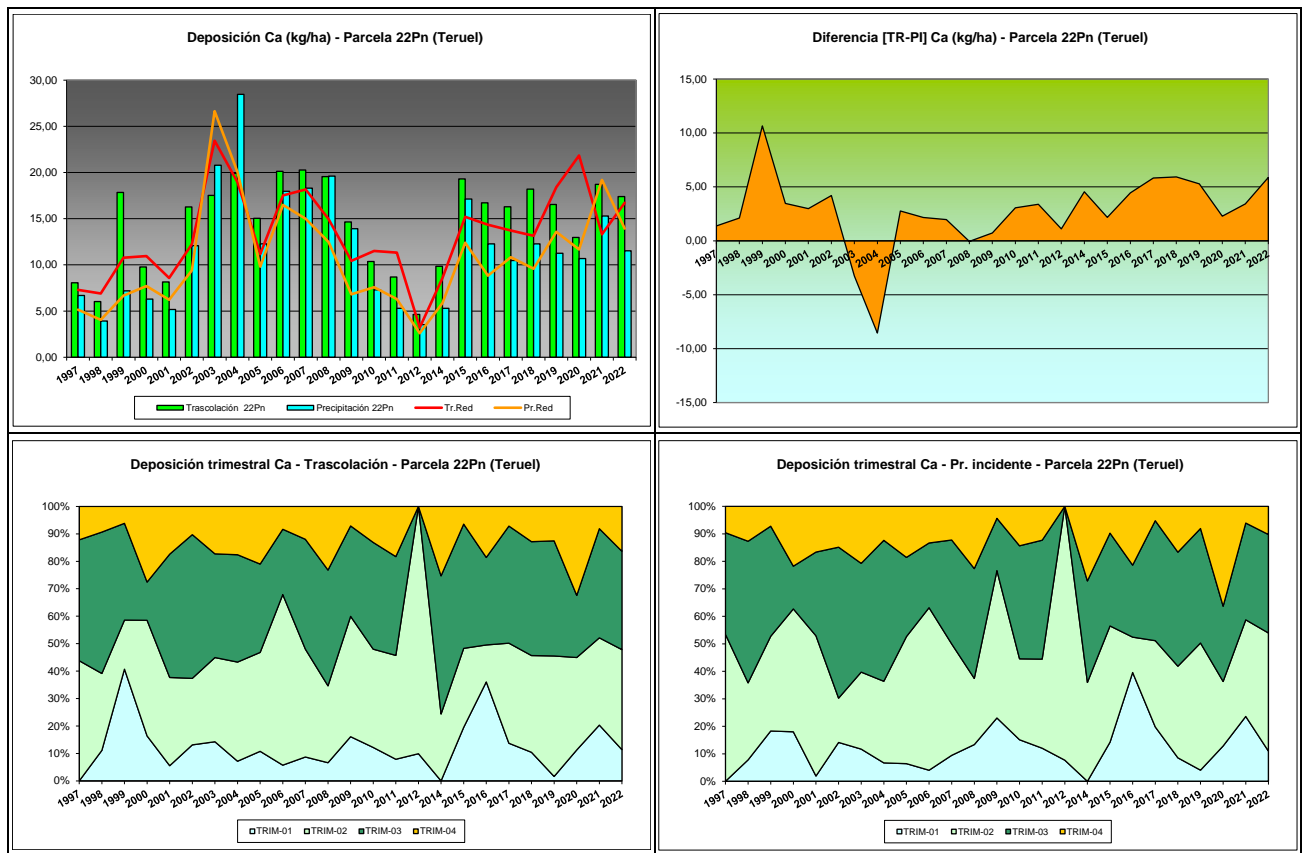
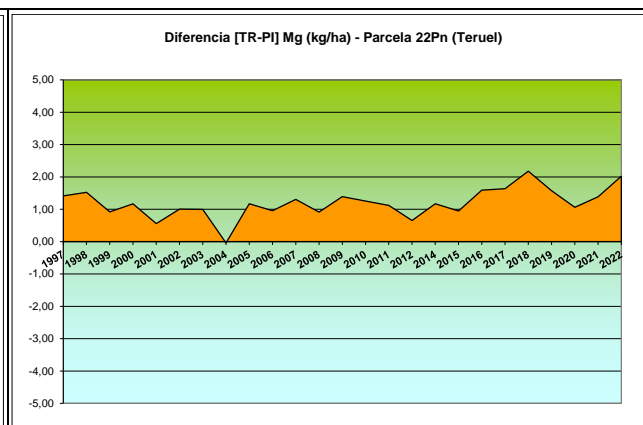
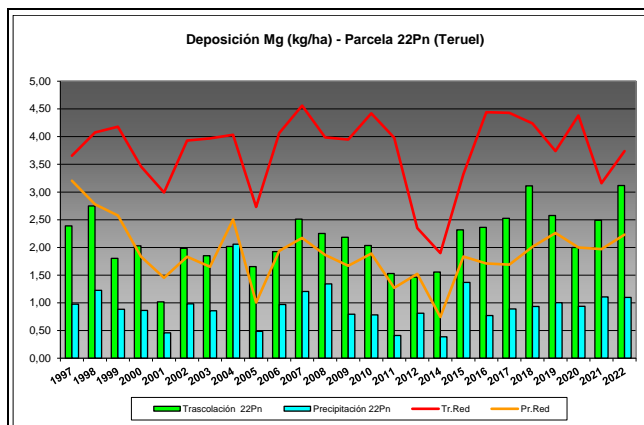


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.5. Magnesio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,67	2,39	355	0,23	0,98	424	1,41	3,66	3,20
1998	1,09	2,75	252	0,40	1,23	306	1,52	4,07	2,78
1999	0,47	1,80	382	0,19	0,88	477	0,92	4,18	2,58
2000	0,47	2,03	428	0,17	0,86	507	1,17	3,46	1,84
2001	0,37	1,02	274	0,14	0,46	334	0,56	2,99	1,45
2002	0,42	1,98	474	0,18	0,98	553	1,00	3,93	1,83
2003	0,33	1,85	567	0,13	0,86	677	1,00	3,97	1,65
2004	0,45	2,02	446	0,39	2,06	529	-0,04	4,03	2,51
2005	0,56	1,66	294	0,13	0,49	368	1,17	2,73	1,01
2006	0,49	1,92	389	0,21	0,97	461	0,96	4,06	1,94
2007	0,44	2,51	566	0,20	1,21	614	1,31	4,56	2,17
2008	0,40	2,25	561	0,20	1,34	673	0,91	3,99	1,87
2009	0,50	2,19	437	0,14	0,80	551	1,39	3,95	1,67
2010	0,32	2,04	629	0,11	0,78	699	1,25	4,42	1,89
2011	0,35	1,53	439	0,08	0,41	497	1,12	3,98	1,27
2012	0,96	1,46	153	0,46	0,81	175	0,65	2,35	1,52
2014	0,41	1,56	383	0,10	0,39	404	1,17	1,90	0,75
2015	0,34	2,32	673	0,19	1,37	719	0,95	3,32	1,84
2016	0,50	2,36	476	0,14	0,77	535	1,59	4,44	1,71
2017	0,72	2,53	351	0,22	0,89	406	1,64	4,43	1,69
2018	0,38	3,11	814	0,11	0,94	876	2,18	4,24	2,01
2019	0,52	2,58	499	0,19	1,00	516	1,57	3,74	2,26
2020	0,34	2,00	594	0,15	0,94	619	1,06	4,38	2,00
2021	0,45	2,49	551	0,18	1,11	626	1,38	3,16	1,97
2022	0,52	3,12	595	0,18	1,10	601	2,02	3,74	2,23
Media	0,50	2,14	463	0,19	0,94	526	1,19	3,75	1,90



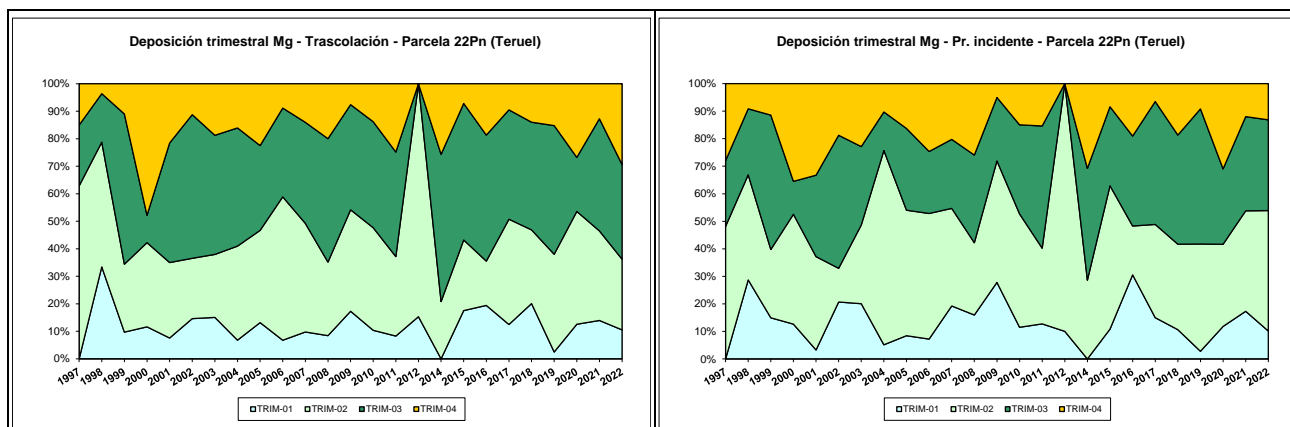


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.6. Sodio.

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

Año	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	1,30	4,62	355	0,41	1,74	424	2,88	6,07	6,65
1998	1,55	3,90	252	1,24	3,80	306	0,10	11,74	10,50
1999	1,54	5,87	382	1,12	5,36	477	0,51	19,31	13,85
2000	1,01	4,31	428	0,88	4,48	507	-0,17	18,12	13,02
2001	0,79	2,16	274	0,53	1,76	334	0,40	18,38	12,14
2002	2,67	12,64	474	2,30	12,72	553	-0,08	28,50	18,75
2003	0,89	5,06	567	0,74	5,02	677	0,04	22,49	12,86
2004	1,27	5,68	446	0,96	5,06	529	0,62	22,85	13,75
2005	1,11	3,28	294	0,70	2,58	368	0,70	14,42	7,16
2006	1,62	6,29	389	1,47	6,79	461	-0,49	24,17	16,07
2007	0,84	4,74	566	0,60	3,70	614	1,04	23,14	14,21
2008	0,77	4,34	561	0,64	4,30	673	0,04	19,63	11,01
2009	0,83	3,63	437	0,55	3,04	551	0,59	22,09	12,27
2010	0,64	4,05	629	0,40	2,82	699	1,22	24,37	13,76
2011	0,81	3,54	439	0,25	1,24	497	2,30	20,72	5,97
2012	0,70	1,08	153	0,40	0,70	175	0,38	4,35	2,86
2014	0,73	2,79	383	0,52	2,09	404	0,70	6,77	4,55
2015	0,57	3,85	673	0,45	3,25	719	0,60	15,27	11,59
2016	1,23	5,87	476	0,45	2,40	535	3,47	22,84	11,19
2017	1,20	4,22	351	0,63	2,58	406	1,64	19,35	10,47
2018	0,69	5,60	814	0,40	3,50	876	2,10	22,61	14,29
2019	0,97	4,86	499	0,65	3,33	516	1,53	19,32	13,98
2020	0,55	3,25	594	0,34	2,12	619	1,14	20,09	11,74
2021	0,68	3,76	551	0,46	2,88	626	0,88	12,97	10,32
2022	0,97	5,79	595	0,42	2,54	601	3,26	18,67	11,08
Media	1,04	4,61	463	0,70	3,59	526	1,02	18,33	11,36

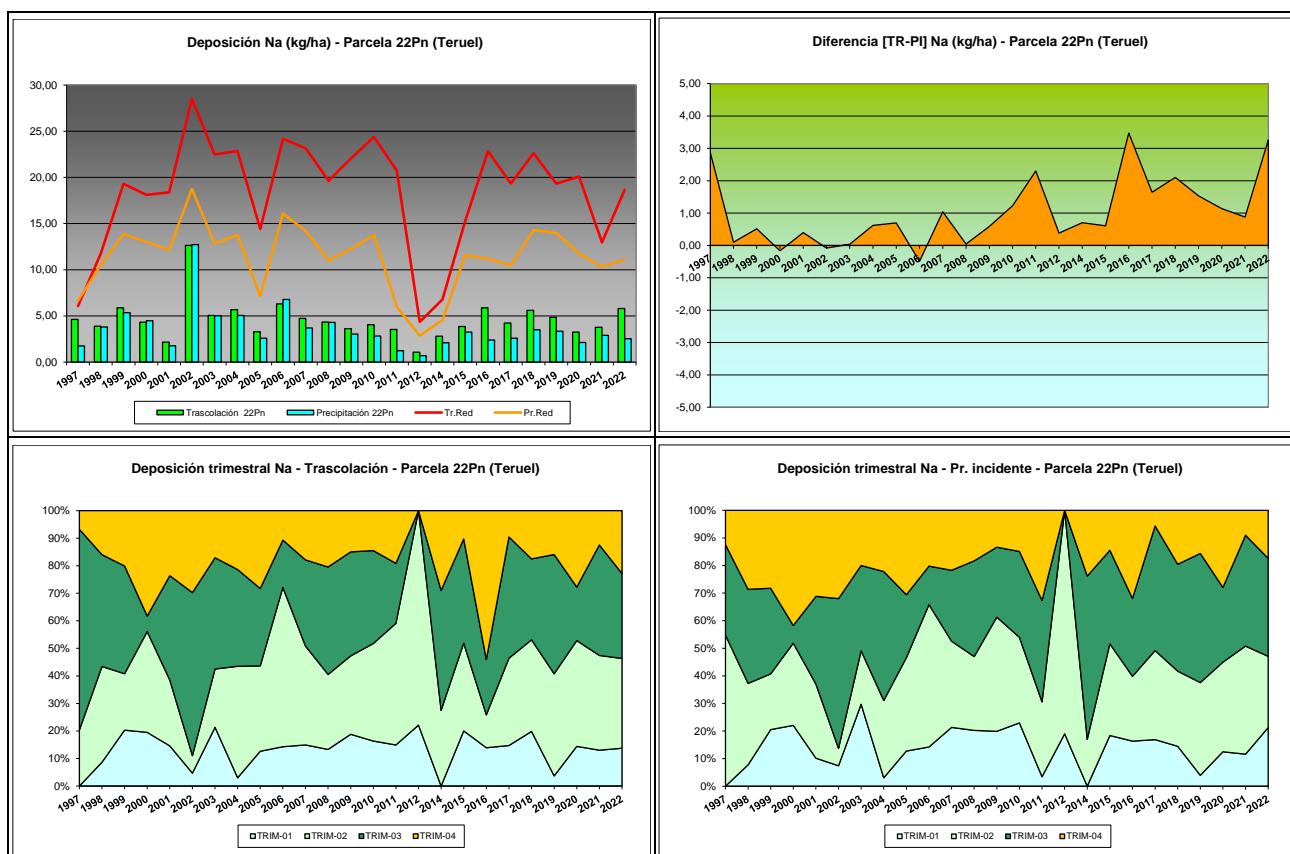


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	Trascolución (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,37	1,30	355	0,42	1,78	424	-0,48	1,81	8,19
1998	0,31	0,78	252	0,49	1,49	306	-0,72	2,24	8,36
1999	0,64	2,45	382	0,48	2,28	477	0,17	2,71	3,66
2000	0,44	1,88	428	0,35	1,77	507	0,11	2,48	4,26
2001	0,47	1,29	274	0,41	1,38	334	-0,09	1,86	1,82
2002	0,33	1,58	474	0,32	1,79	553	-0,20	2,43	2,91
2003	0,45	2,57	567	0,44	3,00	677	-0,43	3,06	3,10
2004	0,48	2,14	446	0,43	2,30	529	-0,16	4,12	3,23
2005	0,56	1,64	294	0,47	1,73	368	-0,09	2,41	1,80
2006	0,60	2,34	389	0,47	2,15	461	0,20	3,62	3,05
2007	0,39	2,21	566	0,43	2,66	614	-0,45	3,53	3,58
2008	0,26	1,48	561	0,31	2,12	673	-0,64	2,91	2,62
2009	0,45	1,95	437	0,29	1,62	551	0,34	2,73	1,82
2010	0,29	1,83	629	0,25	1,73	699	0,10	3,12	2,09
2011	0,55	2,43	439	0,54	2,69	497	-0,26	4,36	3,15
2012	0,94	1,44	153	0,50	0,87	175	0,57	2,26	2,06
2014	1,32	5,04	383	0,67	2,73	404	2,32	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	0,91	6,10	673	0,67	4,81	719	1,30	5,30	6,04
2016	0,90	4,30	476	0,71	3,82	535	0,48	5,94	4,26
2017	0,59	2,08	351	0,24	0,98	406	1,10	2,40	1,52
2018	0,23	1,91	814	0,22	1,95	876	-0,04	2,79	2,39
2019	0,39	1,95	499	0,20	1,06	516	0,89	1,60	1,23
2020	0,29	1,74	594	0,22	1,38	619	0,36	1,98	1,81
2021	0,25	1,36	551	0,22	1,38	626	-0,02	2,18	1,71
2022	0,19	1,13	595	0,21	1,23	601	-0,11	1,60	2,23
Media	0,50	2,20	463	0,40	2,03	526	0,17	2,94	3,21

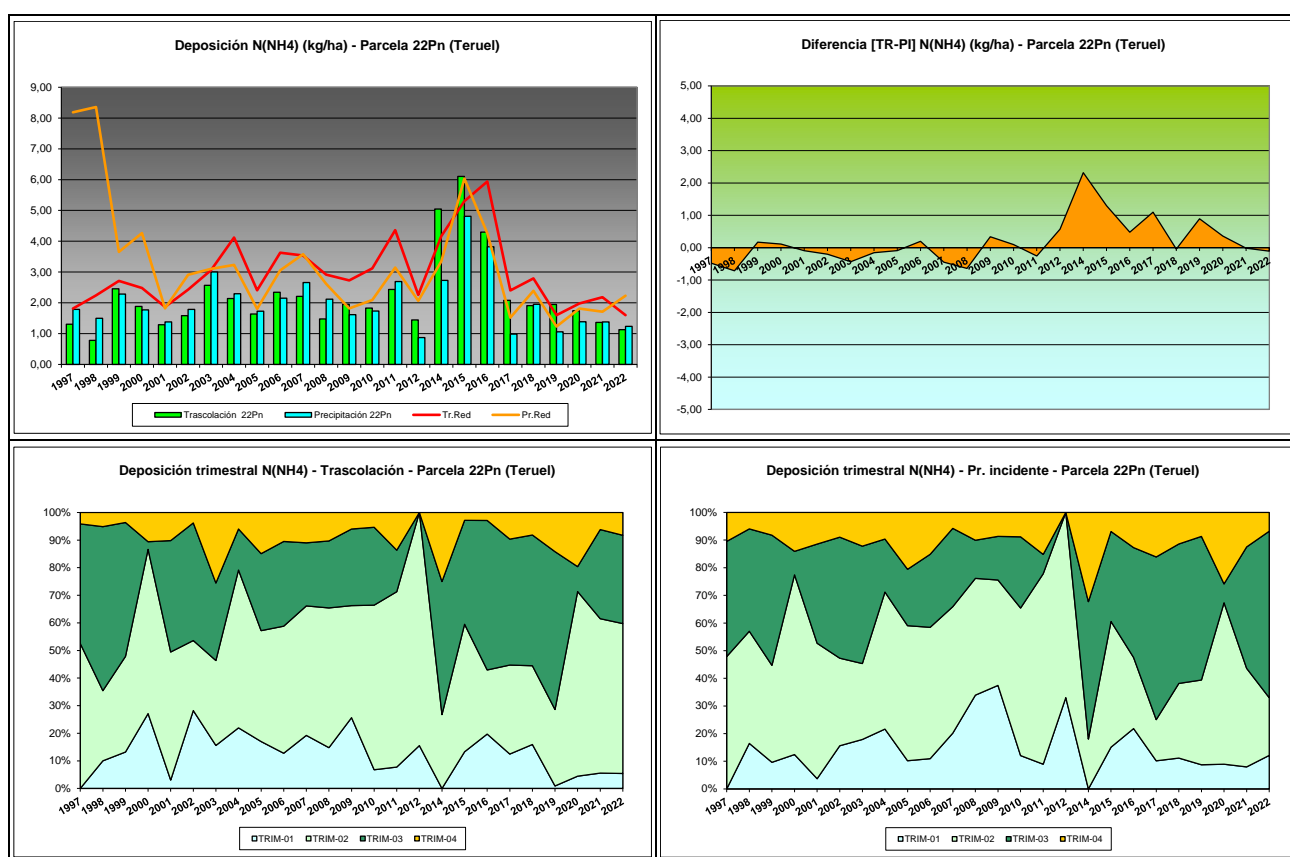


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.8. Cloro.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,78	2,76	355	0,80	3,39	424	-0,63	10,88	10,93
1998	1,84	4,63	252	0,76	2,33	306	2,30	19,88	16,27
1999	2,25	8,60	382	0,87	4,16	477	4,43	36,56	23,56

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)
2000	1,27	5,43	428	0,54	2,72	507	2,71	28,62	15,70
2001	1,67	4,58	274	0,62	2,06	334	2,51	32,37	19,20
2002	3,09	14,66	474	2,96	16,38	553	-1,72	44,79	24,88
2003	2,00	11,32	567	3,05	20,67	677	-9,35	39,97	31,89
2004	2,87	12,82	446	6,82	36,10	529	-23,28	47,45	37,43
2005	4,42	13,01	294	4,66	17,15	368	-4,14	28,61	21,76
2006	4,02	15,64	389	5,93	27,36	461	-11,72	49,90	41,76
2007	2,76	15,60	566	3,38	20,75	614	-5,16	45,78	37,79
2008	3,29	18,44	561	5,18	34,89	673	-16,45	40,90	30,60
2009	2,21	9,64	437	1,85	10,18	551	-0,55	45,08	25,80
2010	1,22	7,70	629	0,72	5,01	699	2,68	41,17	21,32
2011	0,75	3,29	439	0,32	1,58	497	1,71	29,44	13,12
2012	1,82	2,80	153	0,74	1,29	175	1,50	11,34	5,87
2014	1,41	5,39	383	0,52	2,10	404	3,29	5,78	2,90
2015	0,81	5,43	673	0,47	3,39	719	2,03	24,25	15,25
2016	1,13	5,38	476	0,44	2,37	535	3,01	37,19	18,03
2017	1,66	5,84	351	0,72	2,91	406	2,92	29,16	15,38
2018	1,91	15,51	814	0,35	3,05	876	12,46	40,34	21,30
2019	1,29	6,43	499	0,62	3,18	516	3,25	29,98	18,87
2020	0,97	5,75	594	0,46	2,82	619	2,93	38,79	22,86
2021	0,92	5,08	551	0,48	3,03	626	2,05	23,04	15,99
2022	1,30	7,73	595	0,53	3,21	601	4,52	32,15	16,37
Media	1,91	8,54	463	1,75	9,28	526	-0,75	32,54	20,99

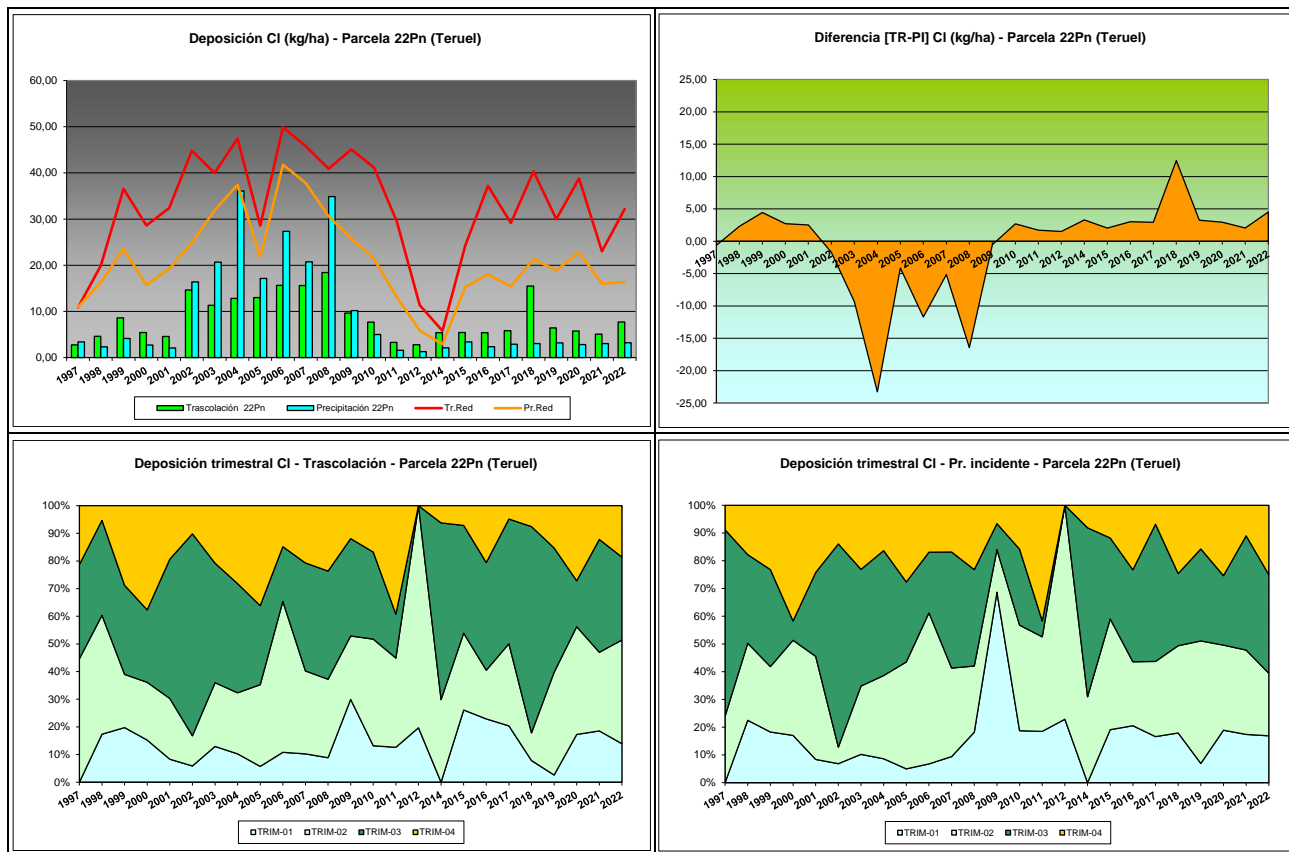
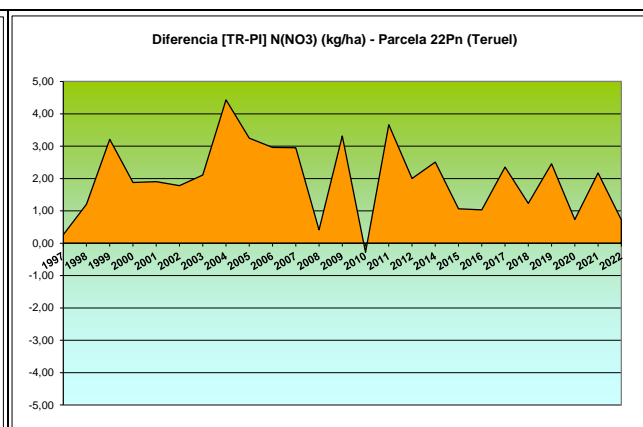
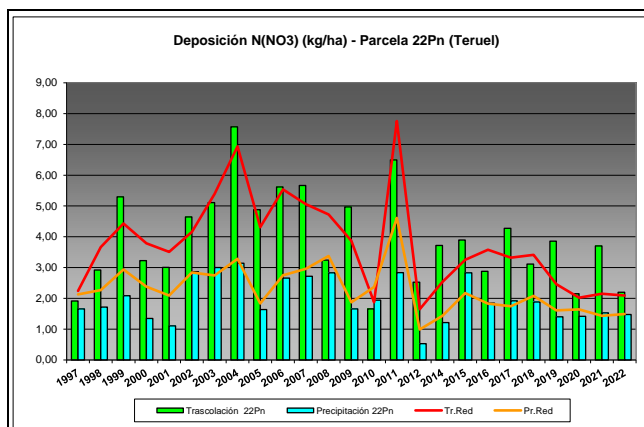


FIG 15: Variación temporal de deposición de CI, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.9. Nitratos (nitrógeno en forma de).

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,54	1,92	355	0,39	1,66	424	0,26	2,24	2,13
1998	1,16	2,92	252	0,56	1,72	306	1,20	3,67	2,27
1999	1,39	5,30	382	0,44	2,09	477	3,21	4,43	2,94
2000	0,75	3,22	428	0,27	1,35	507	1,88	3,79	2,38
2001	1,10	3,01	274	0,33	1,11	334	1,90	3,51	2,09
2002	0,98	4,64	474	0,52	2,86	553	1,78	4,15	2,84
2003	0,90	5,11	567	0,44	3,00	677	2,11	5,39	2,74
2004	1,70	7,57	446	0,59	3,14	529	4,43	6,93	3,28
2005	1,66	4,88	294	0,44	1,63	368	3,25	4,31	1,83
2006	1,44	5,62	389	0,58	2,66	461	2,96	5,54	2,75
2007	1,00	5,67	566	0,44	2,72	614	2,95	5,06	2,96
2008	0,58	3,24	561	0,42	2,83	673	0,41	4,72	3,38
2009	1,14	4,97	437	0,30	1,66	551	3,32	3,87	1,87
2010	0,49	1,66	629	0,28	1,94	699	-0,28	1,87	2,37
2011	1,48	6,50	439	0,57	2,83	497	3,66	7,76	4,61
2012	1,65	2,53	153	0,30	0,53	175	2,00	1,65	0,99
2014	0,97	3,72	383	0,30	1,21	404	2,51	2,54	1,43
2015	0,58	3,89	673	0,39	2,83	719	1,06	3,25	2,17
2016	0,60	2,88	476	0,35	1,85	535	1,03	3,58	1,83
2017	1,22	4,27	351	0,47	1,92	406	2,35	3,32	1,74
2018	0,38	3,11	814	0,21	1,88	876	1,23	3,41	2,08
2019	0,77	3,85	499	0,27	1,40	516	2,46	2,46	1,61
2020	0,36	2,15	594	0,23	1,42	619	0,73	2,02	1,64
2021	0,67	3,70	551	0,24	1,53	626	2,17	2,15	1,43
2022	0,37	2,20	595	0,25	1,47	601	0,72	2,09	1,49
Media	0,96	3,94	463	0,38	1,97	526	1,97	3,75	2,27



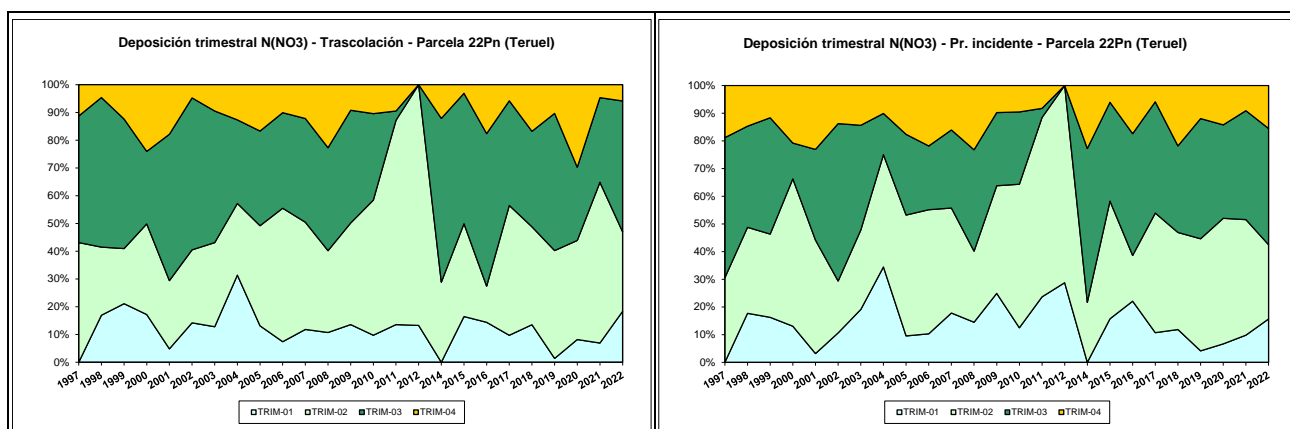


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	Trascolución (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,79	2,79	355	0,68	2,89	424	-0,10	3,00	3,70
1998	1,15	2,90	252	0,89	2,72	306	0,18	5,81	5,79
1999	1,36	5,21	382	0,75	3,59	477	1,62	7,17	6,35
2000	0,55	2,34	428	0,34	1,74	507	0,60	6,42	4,57
2001	1,20	3,28	274	0,71	2,39	334	0,89	5,68	4,11
2002	1,26	5,95	474	0,97	5,35	553	0,60	7,73	6,07
2003	0,72	4,09	567	0,60	4,06	677	0,03	6,85	4,80
2004	1,37	6,12	446	1,00	5,31	529	0,81	8,72	5,84
2005	1,32	3,89	294	0,69	2,52	368	1,37	4,69	3,12
2006	1,32	5,14	389	0,86	3,96	461	1,18	6,80	4,69
2007	1,00	5,69	566	0,70	4,27	614	1,41	7,24	5,12
2008	0,69	3,86	561	0,34	2,32	673	1,54	4,49	2,61
2009	0,88	3,83	437	0,65	3,60	551	0,23	4,67	3,32
2010	0,31	1,92	629	0,25	1,72	699	0,20	4,27	2,88
2011	0,55	2,43	439	0,42	2,11	497	0,32	5,93	4,57
2012	0,81	1,25	153	0,49	0,85	175	0,39	1,84	1,35
2014	0,43	1,63	383	0,35	1,43	404	0,20	2,14	2,00
2015	0,39	2,62	673	0,34	2,43	719	0,19	3,56	2,95
2016	0,45	2,17	476	0,41	2,20	535	-0,04	4,08	2,76
2017	0,61	2,14	351	0,44	1,78	406	0,36	4,28	2,71
2018	0,33	2,66	814	0,24	2,09	876	0,57	4,28	3,39
2019	0,42	2,08	499	0,36	1,88	516	0,20	3,75	3,13
2020	0,29	1,70	594	0,26	1,59	619	0,11	3,59	3,24
2021	0,32	1,77	551	0,30	1,89	626	-0,12	2,60	2,69
2022	0,36	2,17	595	0,27	1,62	601	0,55	3,19	2,67
Media	0,75	3,18	463	0,53	2,65	526	0,53	4,91	3,78

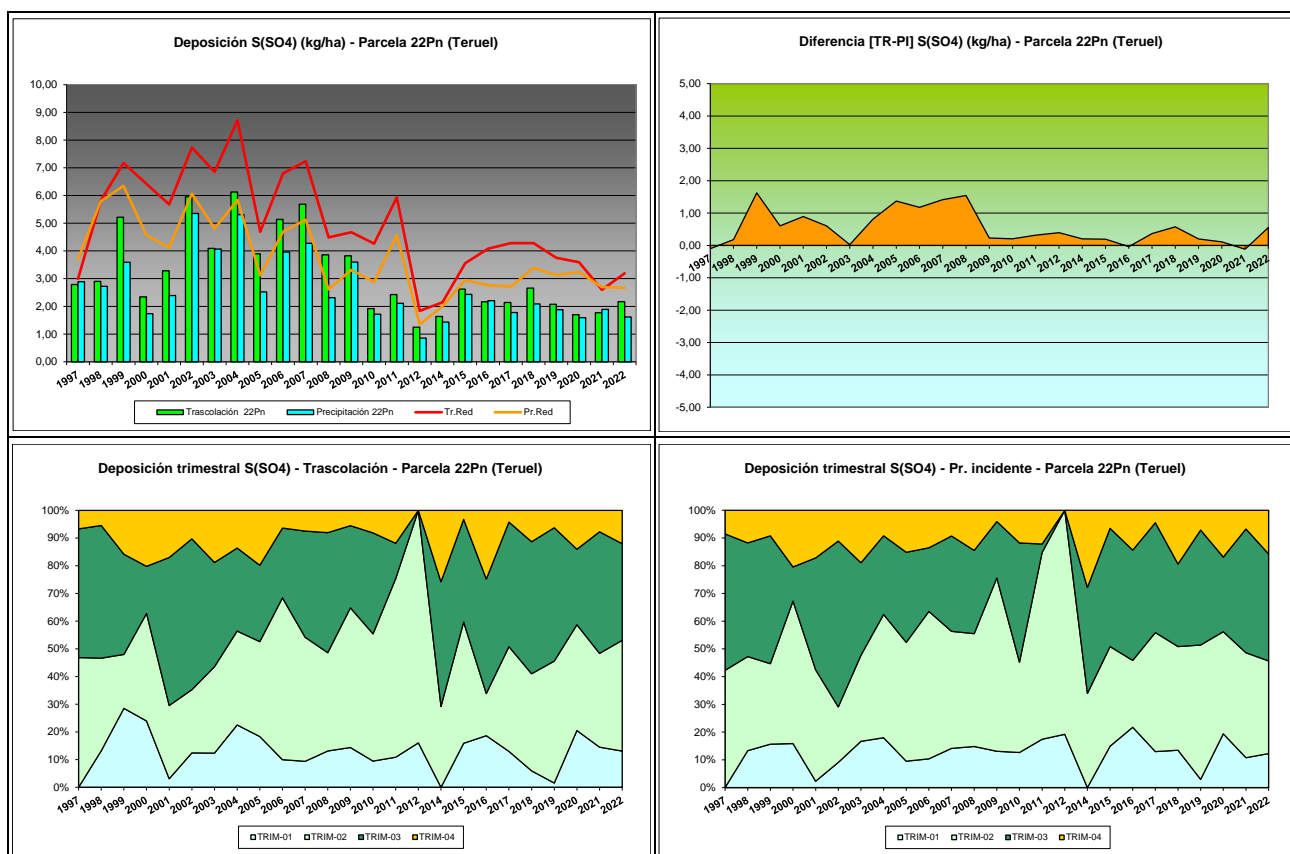


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.11. Alcalinidad ($\mu\text{eq/l}$).

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

Año	Traslación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997			355			424		
1998			252			306		
1999	281,13		382	306,91		477	258,14	255,59
2000	193,51		428	205,46		507	157,24	154,47
2001	88,43		274	70,34		334	76,17	54,64
2002	289,76		474	271,70		553	169,83	139,42
2003	8,36		567	9,75		677	21,95	10,18
2004	132,44		446	87,62		529	109,89	117,44
2005	93,29		294	60,35		368	76,86	45,33
2006	134,96		389	91,31		461	105,76	56,48
2007	61,95		566	49,91		614	59,09	37,75
2008	63,48		561	36,18		673	71,35	40,35
2009	78,46		437	78,90		551	68,62	36,01
2010	83,44		629	61,66		699	86,39	49,13
2011	52,99		439	56,27		497	75,33	49,79
2012			153			175	19,53	10,46
2014	163,72		383	111,68		404	136,23	120,02
2015	81,59		673	77,46		719	114,70	71,81

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
2016	155,88		476	84,87		535	108,18	61,70
2017	113,20		351	88,46		406	132,93	56,84
2018	88,02		814	61,31		876	94,72	48,11
2019	72,50		499	54,51		516	101,80	58,32
2020	102,59		594	59,98		619	86,06	49,71
2021	113,92		551	80,50		626	117,39	82,82
2022	107,84		595	44,65		601	105,33	59,15
Media	116,43		463	93,17		526	102,33	72,41

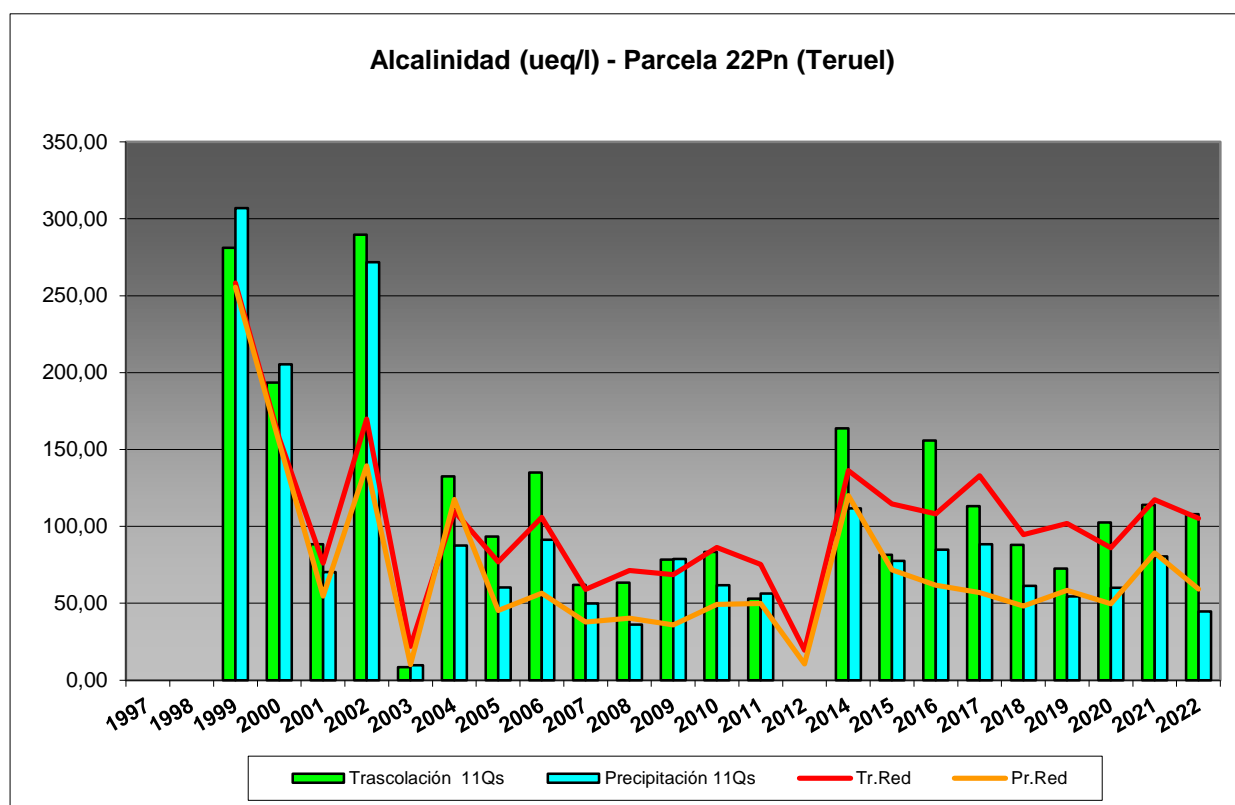


FIG 18: Variación temporal de la alcalinidad.

5.12. Nitrógeno total.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997			355			424			
1998			252			306			
1999	2,03	7,75	382	0,92	4,37	477	3,38	7,14	6,59
2000	1,19	5,10	428	0,61	3,12	507	1,99	6,27	6,64
2001	1,57	4,29	274	0,74	2,49	334	1,81	5,37	3,91
2002	1,31	6,23	474	0,84	4,65	553	1,58	6,58	5,75

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2003	1,35	7,67	567	0,89	6,00	677	1,67	8,44	5,84
2004			446			529			
2005	2,21	6,51	294	0,89	3,26	368	3,25	4,96	2,97
2006	2,04	7,93	389	1,06	4,89	461	3,03	9,06	5,73
2007	1,40	7,90	566	0,88	5,38	614	2,52	8,53	6,45
2008			561			673			
2009			437			551			
2010			629			699			
2011			439			497			
2012			153			175			
2014			383			404			
2015			673			719			
2016			476			535			
2017			351			406			
2018			814			876			
2019			499			516			
2020	0,90	5,33	594	0,55	3,42	619	1,91	5,40	4,36
2021	1,17	6,44	551	0,74	4,61	626	1,84	8,83	5,67
2022	1,14	6,78	595	0,78	4,67	601	2,11	6,71	6,31
Media	1,48	6,54	463	0,81	4,26	526	2,28	7,03	5,48

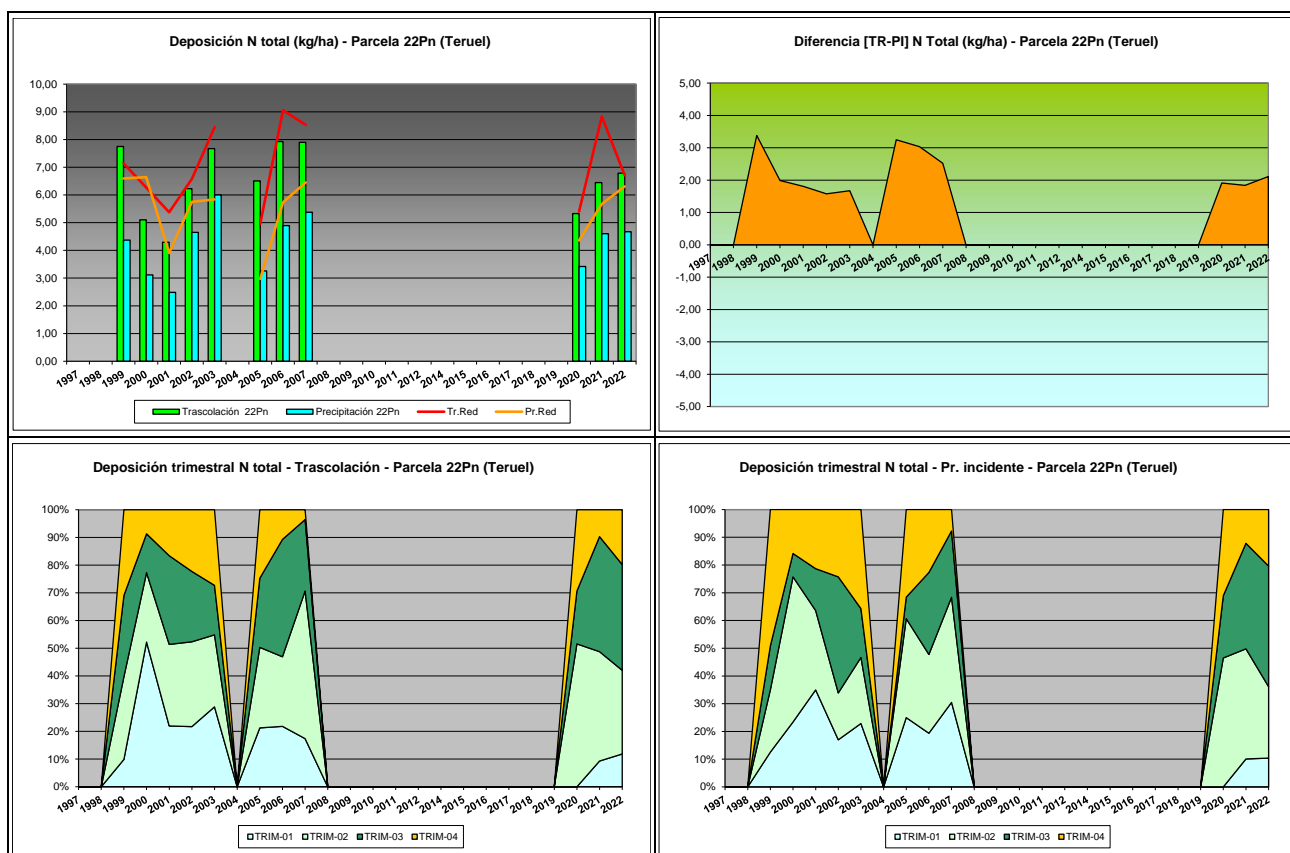


FIG 19: Variación temporal de deposición de Ntotal, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	41,23		594	38,42		619	54,88	57,75
2021	45,54		551	54,68		626	48,33	66,04
2022	51,69		595	47,97		601	45,72	59,49
Media	46,15		580	47,03		615	49,64	61,09

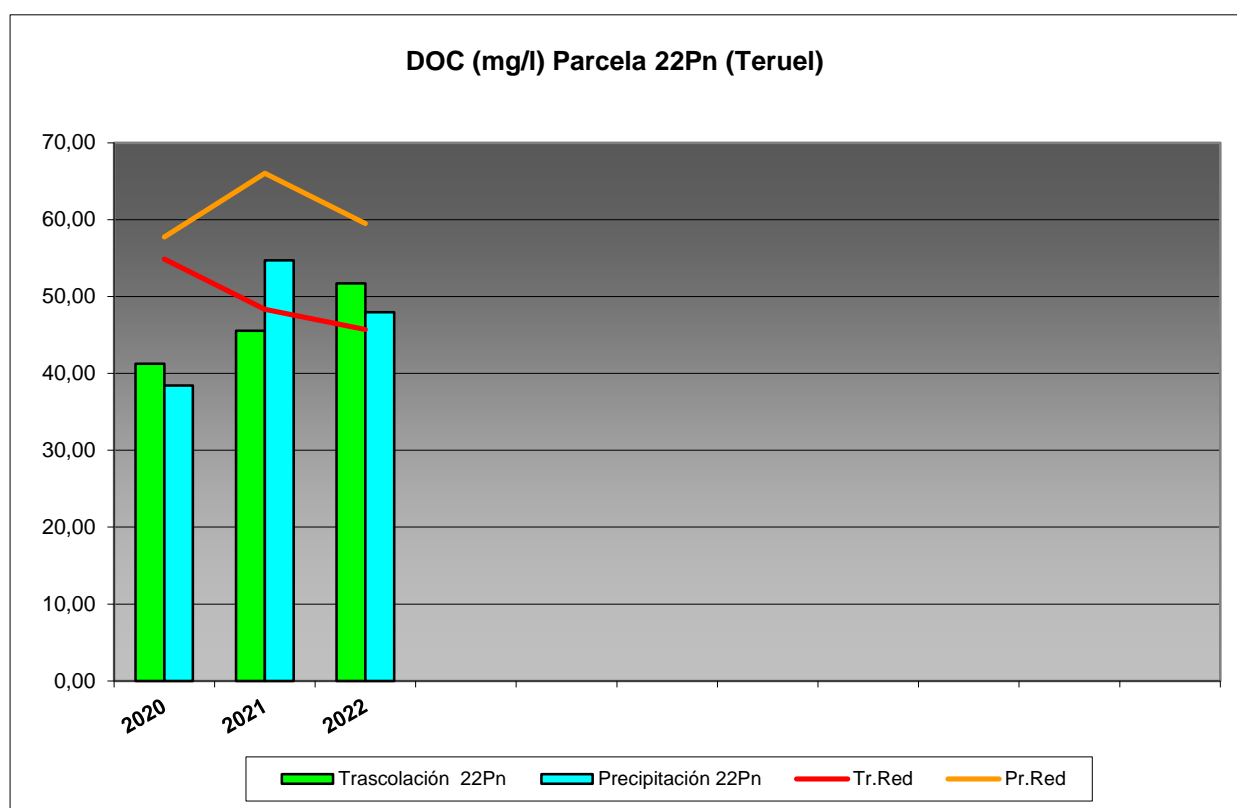


FIG 20: Variación temporal de DOC.

5.14. Aluminio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2020	0,04	0,26	594	0,02	0,12	619	0,14	0,38	0,25
2021	0,04	0,24	551	0,02	0,13	626	0,11	0,28	0,19
2022	0,01	0,06	595	0,00	0,00	601	0,06	0,05	0,11
Media	0,03	0,19	580	0,01	0,08	615	0,11	0,24	0,18

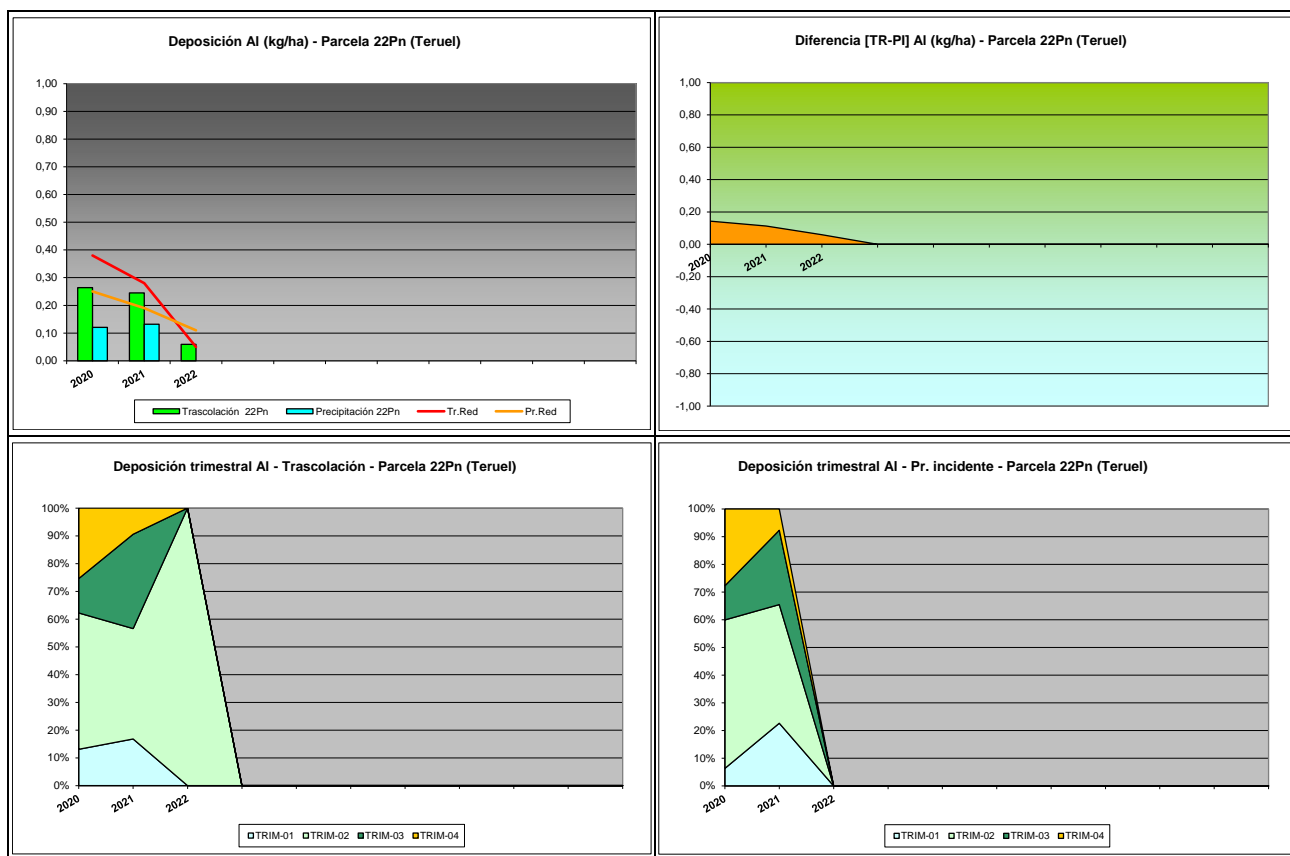


FIG 21: Variación temporal de deposición de Al, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,02	0,10	594	0,00	0,03	619	0,07	0,21	0,05
2021	0,02	0,10	551	0,00	0,02	626	0,07	0,17	0,04
2022	0,04	0,23	595	0,01	0,03	601	0,20	0,21	0,05
Media	0,02	0,14	580	0,00	0,03	615	0,12	0,20	0,05

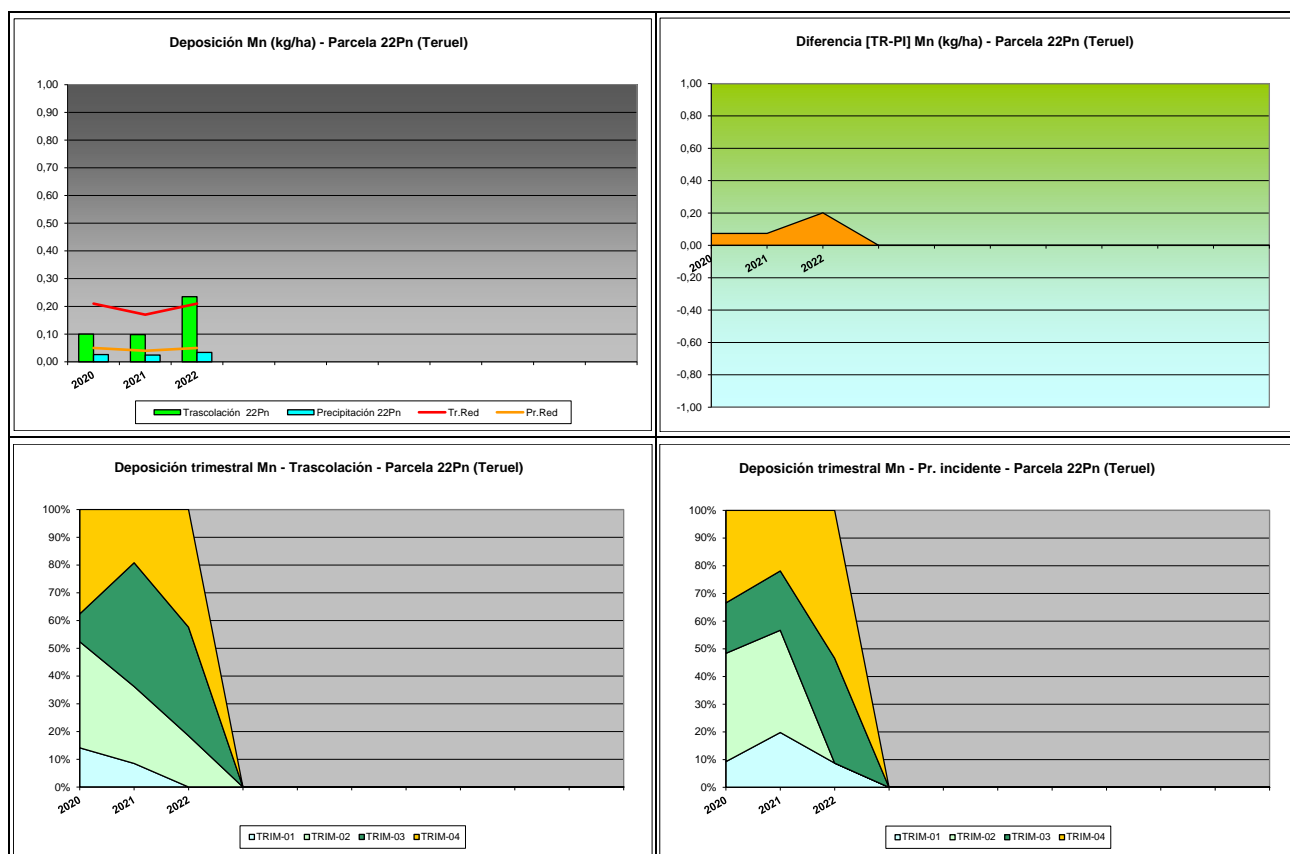


FIG 22: Variación temporal de deposición de Mn, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,02	0,10	594	0,01	0,05	619	0,05	0,15	0,08
2021	0,02	0,14	551	0,01	0,07	626	0,07	0,11	0,14
2022	0,02	0,11	595	0,00	0,02	601	0,09	0,12	0,06
Media	0,02	0,11	580	0,01	0,04	615	0,07	0,13	0,09

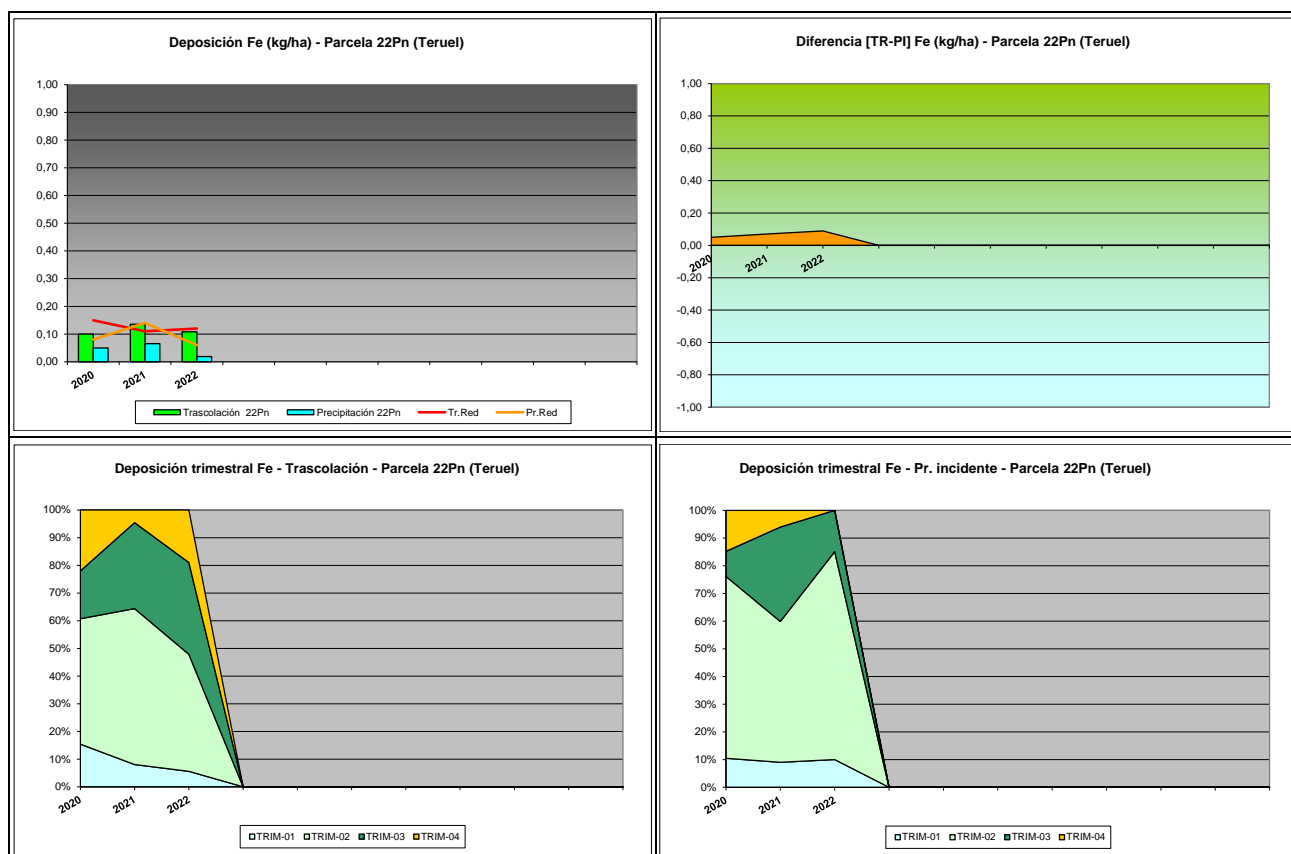


FIG 23: Variación temporal de deposición de Fe, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.17. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 22Pn, cabe destacar:

Se observan valores de **pH** ligeramente superiores a la media de la Red, y una mayor acidez en la deposición bajo cubierta que a campo abierto, con un incremento del parámetro en los dos últimos años en los que, dentro de la estabilidad, se registran uno de los valores más altos de la serie. La presencia de valores próximos a lo que podría considerarse lluvia ácida es inferior a la de otras parcelas, advirtiéndose de forma salpicada entre 1998 y 2012, y con un ligero repunte durante el último año, tras el máximo local correspondiente a la precipitación incidente que se produjo durante 2018. El valor de la intercepción bajo cubierta es relativamente bajo y se sitúa en torno a valores del 13%. La precipitación en la parcela se ha mantenido en los 600 mm en niveles muy estables durante los últimos años.

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 junto con mayores valores en la serie de trascolación debido a la incidencia del depósito sobre la cubierta arbórea, junto con una tendencia decreciente de la serie de datos desde los máximos de 2004. En la presente revisión se advierte un ligero incremento respecto a la revisión anterior.

En cuanto al **potasio**, presenta también en general valores por debajo de la media nacional, obteniéndose los mayores valores en 1998, 2002 y 2008, momento a partir del cual las tasas de deposición van disminuyendo, para empezar a incrementarse desde 2014, sobre todo por lo que se refiere a la trascolación, superándose los 10 kg/ha. Durante el año en curso se incrementa considerablemente el depósito

bajo el dosel, por encima de los 15 kg/ha, dando una de las tasas más altas de la serie, que resulta ser siempre superior al obtenido a campo abierto, lo que podría indicar los efectos de la deposición seca.

El **calcio** presenta las mayores tasas en torno al bienio 2003-2004, con mayores depósitos a campo abierto, alcanzándose en los últimos años tasas comparativamente elevadas, superándose los 15 kg/ha, y aumentando considerablemente durante los últimos dos años, con mayor aporte bajo cubierta que a campo abierto, posiblemente debido al acúmulo sobre el follaje en lo que se conoce como deposición seca.

Por lo que respecta al **magnesio**, elemento también terrígeno, las tasas obtenidas han sido en general bajas, en el entorno de los 2 kg/ha y siempre por debajo de los valores medios de la Red, y al igual que en el soluto anterior, con un 1 incremento con respecto a la anterior evaluación en ambas vías de entrada al sistema, particularmente marcado en el caso de la trascolación, que alcanza el máximo de la serie. Como en otros contaminantes analizados, los depósitos bajo cubierta son superiores a los obtenidos a campo abierto.

El **sodio**, elemento procedente en gran parte del aporte de sal marina, presenta en general valores muy por debajo de la media de la Red, registrándose las mayores deposiciones en 2002, sin demasiadas variaciones entre trascolación y precipitación a campo abierto, fuera de una mayor tendencia a la concentración bajo cubierta. El elemento mantiene, con ligeras oscilaciones, un comportamiento muy estable a lo largo de los años, incrementándose ligeramente respecto al año precedente.

El **amonio**, contaminante ligado a la actividad agrícola y ganadera, ha venido presentando tasas comparativamente bajas y por lo normal inferiores a la media de la Red. Tras el marcado incremento de este soluto en el periodo 2014-2016, superándose incluso los aportes medios del conjunto, en los últimos años se han reducido considerablemente las tasas hasta valores en torno a 1-2 kg/ha, lo que ha sido la tendencia normal en la parcela a lo largo de la serie de años estudiados, disminuyendo ligeramente durante la pasada revisión. En el último periodo se registran también niveles claramente superiores bajo cubierta arbórea que a campo abierto, tendencia esta más difusa a comienzos de la serie histórica.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por la sal marina, las mayores tasas se han registrado en 2004-2008, generalmente por debajo de la media de la Red, para ir reduciéndose paulatinamente a partir de entonces y tras el considerable incremento observado durante 2018, en el que la trascolación llegó a superar los 15 kg/ha, reduce sus valores estabilizándose en torno a los 5 kg/ha que venían siendo habituales en la última década. Durante el último año se produce un ligero incremento de este depósito. Las diferencias entre ambas vías de entrada al sistema presentan un cambio a partir de 2009, cuando las tasas bajo cubierta superan a las habidas a campo abierto.

Las tasas de deposición de **nitratos** son en general similares a la media de la Red a campo abierto mientras que tienden a ser superiores en trascolación, tendencia esta más marcada a lo largo de los últimos años, situándose en el entorno de los 2-4 kg/ha y con una reducción durante el último año en uno de los valores más bajos de la serie. Como en otros solutos y muy posiblemente debido a los efectos de la deposición seca, los depósitos correspondientes a la trascolación son superiores a los habidos en la precipitación incidente.

En referencia a los **sulfatos**, se registran niveles comparativamente bajos, inferiores a la media de la Red, con un mayor incremento en el periodo 2002-2007 y una estabilización a partir de 2010 en torno a valores de 2 kg/ha, con un ligero incremento de la trascolación a lo largo del último año. Al igual que en el caso anterior, las mayores deposiciones se han dado en la trascolación bajo cubierta, pero con escasas diferencias entre ambas.

Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierten en general valores similares a las medias de la Red, sobre todo bajo cubierta arbórea, con una tendencia progresivamente descendente desde los valores más altos habidos al comienzo de la serie histórica, por encima de 250 µeq/l, picos episódicos menores salpicados y

una progresiva estabilización de la serie, en torno a los 100 µeq/l, con una ligera reducción del parámetro durante el último año.

Desde 2020 se retoma el análisis del **nitrógeno total**, interrumpido en 2007, y que se sitúa en el entorno de los 5-8 kg/ha, con mayores tasas bajo cubierta y en todo caso inferiores a las habidas durante el inicio de la serie, aumentando durante el último año. Se han analizado también el **carbono orgánico disuelto** con valores por debajo de la red que se incrementan ligeramente durante el último año, **aluminio**, **manganeso y hierro**, también con aportes mayores bajo arbolado y en tasas traza en todos los casos, sin superar 0,3 kg/ha.

En cuanto al reparto estacional de la deposición, los mayores aportes se han producido en primavera y verano; posiblemente ligados al reparto de la precipitación de la estación.

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 µg/m³) 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 µg/m ³
NO ₂	Promedio anual. Nivel crítico Mapping Manual ICP-2010	30 µg/m ³
NH ₃	Promedio Anual. Protección líquenes y briofitos	1 µg/m ³
	Promedio Anual. Protección plantas superiores	2-4 µg/m ³

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

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

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

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
2000	1,72	1,12	1,52	39,65	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	1,76	1,01	1,62	44,81	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	0,78	0,25	1,24	36,14	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	0,83	0,29	1,88	33,60	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	1,38	0,34	1,59	28,64	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	1,26	0,33	0,73	31,42	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	0,93	0,49	0,96	31,13	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	0,86	0,69	0,57	31,68	0,82	1,32	0,93	27,18
2009	1,14	1,09	1,03	42,43	1,06	2,89	1,30	36,30
2010	1,05	1,06	0,68	40,62	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	1,15				1,50		0,48	
2012	1,79	1,19	0,48	44,75	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	0,87	1,48	0,87	34,79	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	0,97	1,34	0,97	30,31	1,32	3,73	1,24	26,27
2016	0,82	1,16	1,01	33,29	1,12	3,37	1,28	28,68
2017	0,71	1,21	1,13	38,84	1,00	3,57	1,47	30,55
2018	1,00	0,99	1,44	32,66	1,32	3,02	1,85	27,00
2019	0,84	1,12	1,44	30,07	1,11	2,98	1,85	24,94
2020	0,59	1,00	1,66	27,56	0,73	2,73	1,98	23,42
2021	0,68	0,97	0,94	29,16	0,76	2,63	1,47	25,19
2022	0,58	1,10	1,24	25,06	0,68	2,88	1,75	21,13
2023	0,38	0,90	1,76	27,85	0,50	2,58	2,06	22,45
Media	1,00	0,91	1,18	34,02	1,28	2,52	1,59	29,28

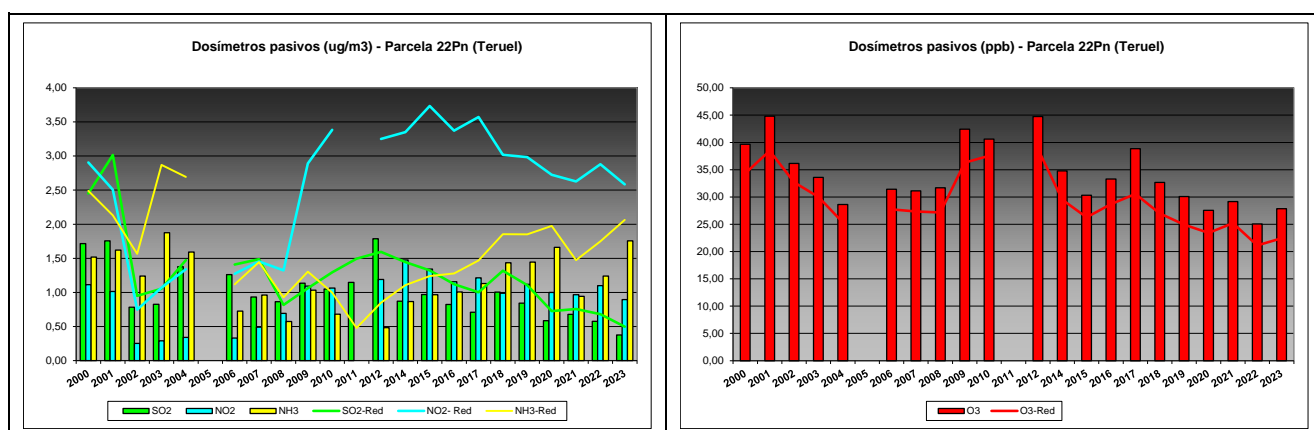


FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, los valores de inmisión en la parcela 22Pn son en general inferiores a los habidos en el conjunto de la Red, destacando la reducción obtenida en las tasas de amoníaco a las que ha seguido un incremento en los óxidos de nitrógeno y el repunte de dióxido de azufre en 2012. En el tramo final de la serie se observa un incremento de los compuestos nitrogenados, particularmente el amoníaco que se sitúa próximo al máximo valor de la serie, alcanzándose con cierta frecuencia el umbral

de protección a los líquenes, mientras que el dióxido de azufre y los óxidos de nitrógeno se mantienen más estables y con cierta tendencia descendente durante el último año. Por lo que respecta al ozono se advierte también una reducción respecto al pico de 2012 y 2017, situándose en el entorno de los 30 ppb, con un ligero incremento de los niveles desde el mínimo de la revisión anterior, siempre por encima de los valores medios de la red.

7. Análisis foliar.

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

7.1. Análisis Macronutrientes.

Los macronutrientes analizados han registrado los siguientes valores:

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

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
1995-1996	22 Pn	Teruel	33,00	10,78	1,03	0,96	4,08	1,88	4,62	
	27 Pn	Jaén	33,00	9,89	0,85	1,23	2,70	1,48	8,30	
	42 Pn	Cuenca	31,00	9,40	0,65	1,10	2,35	2,08	6,33	
	<i>P.nigra</i>	Red	32,33	10,02	0,84	1,10	3,04	1,81	6,42	
1997-1998	22 Pn	Teruel								
	27 Pn	Jaén								
	42 Pn	Cuenca								
	<i>P.nigra</i>	Red								
1999-2000	22 Pn	Teruel	27,00	11,24	0,87	0,88	2,97	1,44	4,37	
	27 Pn	Jaén	26,00	12,17	0,85	1,15	3,07	1,20	6,71	
	42 Pn	Cuenca	32,00	9,35	0,69	0,94	1,92	1,53	3,80	
	<i>P.nigra</i>	Red	28,33	10,92	0,80	0,99	2,65	1,39	4,96	
2001-2002	22 Pn	Teruel	26,00	9,66	0,91	0,88	2,54	1,46	3,90	
	27 Pn	Jaén	34,00	10,57	0,84	1,16	2,79	1,13	6,88	
	42 Pn	Cuenca	33,00	9,20	0,74	1,09	2,11	2,01	3,98	
	<i>P.nigra</i>	Red	31,00	9,81	0,83	1,04	2,48	1,53	4,92	
2003-2004	22 Pn	Teruel	41,00	11,57	0,92	1,08	1,88	1,40	4,78	
	27 Pn	Jaén	43,00	10,87	0,82	1,21	2,15	1,24	5,53	
	42 Pn	Cuenca	47,00	9,87	0,76	0,99	1,56	1,72	4,10	
	<i>P.nigra</i>	Red	43,67	10,77	0,83	1,09	1,86	1,45	4,80	
2005-2006	22 Pn	Teruel	28,00	9,60	0,96	0,85	2,82	1,37	4,65	
	27 Pn	Jaén	31,00	10,90	0,97	1,16	3,40	1,35	6,47	
	42 Pn	Cuenca	33,50	7,63	0,74	0,89	2,54	1,75	4,29	
	<i>P.nigra</i>	Red	30,83	9,37	0,89	0,97	2,92	1,49	5,14	
2007-2008	22 Pn	Teruel	31,50	10,59	0,91	0,71	3,10	1,19	3,79	
	27 Pn	Jaén	52,00	11,10	0,96	1,06	4,56	1,56	5,98	
	42 Pn	Cuenca	30,50	8,41	0,82	0,83	3,19	1,82	3,61	
	<i>P.nigra</i>	Red	38,00	10,03	0,90	0,86	3,62	1,52	4,46	

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
2009-2010	22 Pn	Teruel	44,00	10,39	1,27	1,00	5,35	1,85	5,62	
	P.nigra	Red	44,00	10,39	1,27	1,00	5,35	1,85	5,62	
2011-2012	22 Pn	Teruel	37,59	10,28	1,08	0,85	4,04	1,50	4,43	
	P.nigra	Red	37,59	10,28	1,08	0,85	4,04	1,50	4,43	
2013-2014	22 Pn	Teruel	43,18	11,23	0,91	0,77	4,18	1,63	3,48	54,12
	P.nigra	Red	43,18	11,23	0,91	0,77	4,18	1,63	3,48	54,12
2015-2016	22 Pn	Teruel	47,47	12,70	0,99	0,99	4,36	1,44	5,05	54,01
	P.nigra	Red	47,47	12,70	0,99	0,99	4,36	1,44	5,05	54,01
2017-2018	22 Pn	Teruel	42,54	9,80	0,62	0,83	3,87	1,27	4,34	53,05
	P.nigra	Red	42,54	9,80	0,62	0,83	3,87	1,27	4,34	53,05
2019-2020	22 Pn	Teruel	44,57	9,66	0,88	0,91	4,32	1,49	4,41	53,64
	P.nigra	Red	44,57	9,66	0,88	0,91	4,32	1,49	4,41	53,64
2021-2022	22 Pn	Teruel	37,15		0,30	0,89	4,23	1,29	4,82	
	P.nigra	Red	37,15		0,30	0,89	4,23	1,29	4,82	

En rojo, análisis de azufre que superan el valor de referencia para la especie, 0,906 mg/g, lo que indica incidencia de la contaminación atmosférica por compuestos sulfurosos. Fuente: (2001) Peña Martínez, J.M. El Estudio del Impacto de la Contaminación Atmosférica en los Bosques. Ministerio de Medio Ambiente. Dirección General de Conservación de la Naturaleza. Serie técnica.

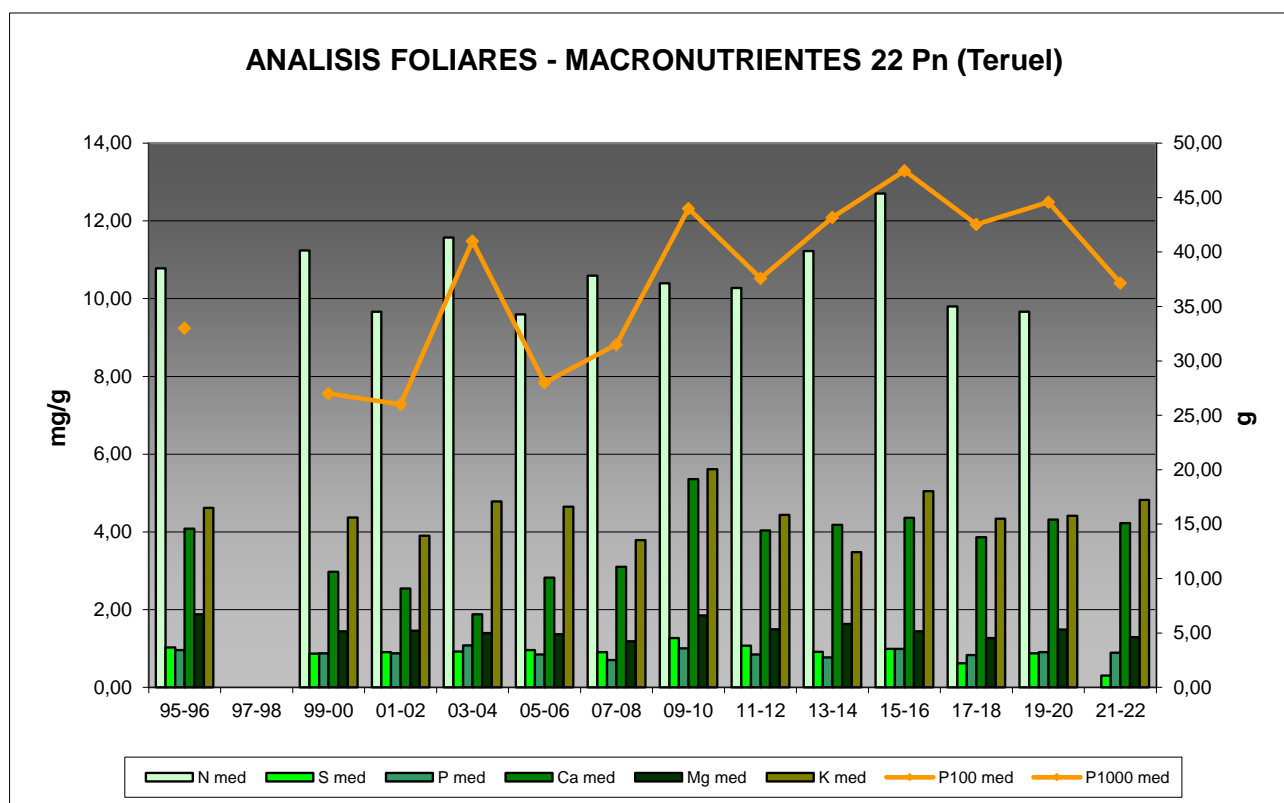


FIG. 25: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

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

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
1995-1996	22 Pn	Teruel		37,00	417,00	114,00	
	27 Pn	Jaén		38,00	269,00	62,00	
	42 Pn	Cuenca		25,00	60,00	47,00	
	<i>P.nigra</i>	Red		33,33	248,67	74,33	
1997-1998	22 Pn	Teruel					
	27 Pn	Jaén					
	42 Pn	Cuenca					
	<i>P.nigra</i>	Red					
2013-2014	22 Pn	Teruel		36,89	173,94	96,18	2,50
	<i>P.nigra</i>	Red		36,89	173,94	96,18	2,50
2015-2016	22 Pn	Teruel		34,51	151,80	92,05	3,27
	<i>P.nigra</i>	Red		34,51	151,80	92,05	3,27
2017-2018	22 Pn	Teruel		31,32	118,42	92,86	3,58
	<i>P.nigra</i>	Red		31,32	118,42	92,86	3,58
2019-2020	22 Pn	Teruel		33,76	162,94	68,58	2,83
	<i>P.nigra</i>	Red		33,76	162,94	68,58	2,83
2021-2022	22 Pn	Teruel		31,98	145,72	109,07	2,89
	<i>P.nigra</i>	Red		31,98	145,72	109,07	2,89

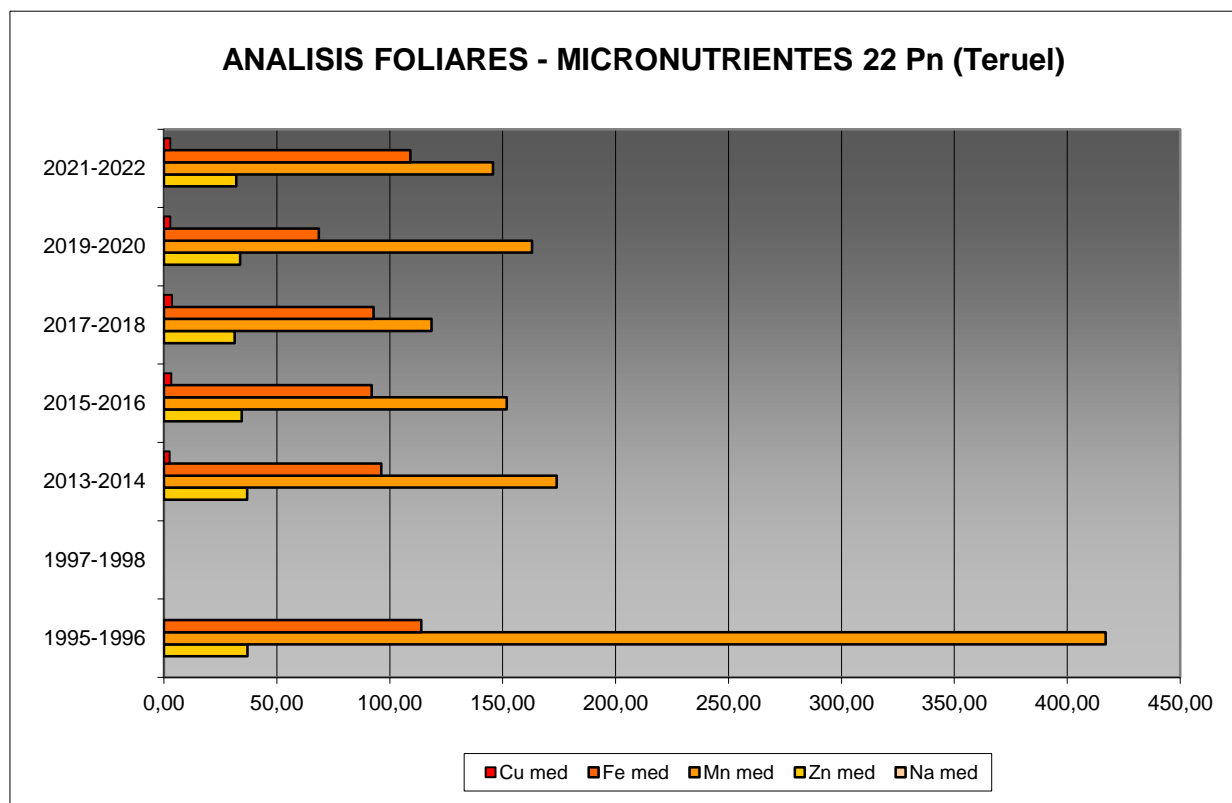


FIG 26: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 22Pn se realizó un análisis foliar en 1995-1996 y el siguiente no se realizó hasta 1999-2000.

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis de la muestra foliar de la parcela 22Pn podemos hacer las siguientes observaciones tanto de la parcela tratada individualmente como respecto a la media interanual del resto de parcelas con el pino laricio como especie dominante:

El **peso** medio de la muestra analizada sigue una tendencia creciente a lo largo de la serie, si bien se reduce en la última campaña hasta el entorno de los 35 g/1000 acículas, tras el máximo local de la campaña anterior. La variable presenta el típico comportamiento en diente de sierra que podría verse afectado por variaciones en el nivel de precipitaciones, junto con ataques episódicos de procesionaria del pino.

Respecto a los **macronutrientes**; y a grandes rasgos, se reducen ligeramente a lo largo de la última campaña. Por lo que se refiere al **nitrógeno**, el elemento más abundante en el follaje, y con tasas inferiores a 10 mg/g se sitúa próximo a los mínimos de la serie tal y como ya se advirtiera en la evaluación precedente. El **fósforo**, el elemento más limitante, se mantiene en niveles muy similares a los de años anteriores y el **azufre** se reduce apreciablemente hasta alcanzar el mínimo de la serie, sin que se alcancen los valores de referencia para la especie, indicando una baja afección de la contaminación sulfurosa tal como sucediera años atrás. El resto de elementos, **calcio**, **magnesio** y **potasio**, se mantienen en niveles similares, reduciéndose ligeramente los dos primeros y aumentando el último. En cuanto al contenido en **carbono**, medido por primera vez desde hace cinco años, se sitúa muy estable en torno a valores del 53%.

Los **micronutrientes** se han analizado con menos regularidad y no siempre se han analizado todos ellos, lo que dificulta valorar su evolución en las acículas. Se advierte un ligero aumento en el contenido de **hierro** y **cobre** y un corta reducción de **zinc** y **manganeso** con respecto a la campaña precedente.

8. Desfronde.

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

Se presentan a continuación los resultados obtenidos desde 2010; haciéndose la salvedad al igual que en casos anteriores, de que en 2012 se ha muestreado el periodo enero-julio, mientras que en 2014 los análisis corresponden al periodo mayo-diciembre.

8.1. Análisis Macronutrientes.

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

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2005	Hojas	1.430	53,18	9,87	0,69	0,43	5,54	1,29	2,60
	Ramillas	180	52,44	8,89	0,49	0,19	12,88	0,77	0,69
	Otras	760	52,11	10,03	0,67	0,35	7,67	0,52	0,99
2006	Hojas	1.407	53,94	5,77	0,69	0,34	4,35	1,16	2,41
	Ramillas	301	53,33	4,25	0,66	0,22	8,43	0,54	1,06
	Otras	474	52,35	6,67	0,81	0,34	5,61	0,45	0,92
2007	Hojas	1.820	54,78	6,95	0,88	0,58	5,68	1,74	2,16
	Ramillas	55	54,34	5,04	0,76	0,17	9,94	2,01	0,57
	Otras	770	53,08	7,76	0,98	0,71	4,94	1,57	0,96
2008	Hojas	2.520	54,47	5,53	0,81	0,42	6,94	1,32	2,42
	Ramillas	258	54,15	4,37	0,64	0,21	12,74	0,69	0,64
	Otras	980	51,15	7,00	0,87	0,39	6,27	0,55	1,15
2009	Hojas	2.640	54,52	5,69	1,19	0,40	6,16	1,15	2,45
	Ramillas	350	53,92	3,58	1,16	0,18	10,06	0,48	0,77
	Otras	1.130	53,17	6,90	1,44	0,40	5,69	0,60	1,38
2010	Hojas	1.610	55,47	6,01	0,78	0,39	6,45	1,12	2,27
	Ramillas	10							
	Otras	990	53,59	7,04	0,77	0,37	5,02	0,52	1,11
2011	Hojas	2.010	54,67	5,80	0,89	0,39	5,77	1,74	2,17
	Ramillas	418	53,54	4,93	0,75	0,21	8,84	2,95	0,68
	Otras	827	52,50	7,55	0,91	0,37	5,09	1,58	1,01
2012	Hojas	763	54,69	6,21	0,96	0,42	6,27	1,21	2,24
	Ramillas	198	53,64	4,49	0,85	0,16	9,92	1,74	0,56
	Otras	555	53,25	6,71	1,09	0,34	5,33	0,88	1,14
2014	Hojas	1.877	54,35	5,92	0,74	0,31	6,08	1,43	2,35
	Ramillas	148							
	Otras	1.174							
2015	Hojas	1.811	55,06	5,71	0,67	0,33	6,12	1,39	2,25
	Ramillas	126							
	Otras	681	50,88	6,51	0,69	0,44	7,49	0,61	0,95
2016	Hojas	3.245	54,24	6,40	0,80	0,41	7,06	1,44	2,58
	Ramillas	2.565							
	Otras	2.659	52,87	7,34	1,07	1,20	11,08	0,96	3,22
2017	Hojas	1.570	53,36	6,82	0,65	0,46	7,23	1,55	3,05
	Ramillas	337							
	Otras	1.338							
2018	Hojas	1.522	54,06	5,17	0,75	0,36	6,91	1,30	2,58
	Ramillas	37							
	Otras	1.017							
2019	Hojas	1.326	53,99	4,26	0,59	0,31	5,93	1,21	2,00
	Ramillas	105							
	Otras	595							
2020	Hojas	1.116			0,61	0,76	6,11	1,29	2,10
	Ramillas	215							
	Otras	1.194							

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2021	Hojas	1.799			0,88	0,46	6,10	1,47	1,97
	Ramillas	108							
	Otras	984							
2022	Hojas	2.378	54,06	4,68	1,40	0,57	7,03	1,60	3,40
	Ramillas	163							
	Otras	2.580							
Media	Hojas	1.814	54,32	6,05	0,82	0,43	6,22	1,38	2,41
	Ramillas	328	53,62	5,08	0,76	0,19	10,40	1,31	0,71
	Otras	1.100	52,49	7,35	0,93	0,49	6,42	0,83	1,28

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	43,62	273,27	219,52	1,90				
	Ramillas								
	Otras								
2015	Hojas	41,26	314,73	103,25	1,58				
	Ramillas								
	Otras	29,71	72,95	630,20	4,68				
2016	Hojas	41,57	277,30	306,71	2,06				
	Ramillas								
	Otras	29,65	331,57	493,15	11,04				
2017	Hojas	41,68	262,52	225,69	1,93				
	Ramillas								
	Otras								
2018	Hojas	43,76	253,31	219,15	2,12				
	Ramillas								
	Otras								
2019	Hojas	28,52	187,75	130,09	1,95				
	Ramillas								
	Otras								
2020	Hojas	32,08	220,21	231,65	2,39	0,69	0,10	0,54	45,22
	Ramillas								
	Otras								
2021	Hojas	32,17	204,29	261,50	1,74				
	Ramillas								
	Otras								
2022	Hojas	26,23	494,87	222,88	3,00				
	Ramillas								
	Otras								
Media	Hojas	36,77	276,47	213,38	2,07	0,69	0,10	0,54	45,22
	Ramillas								
	Otras	29,68	202,26	561,68	7,86				

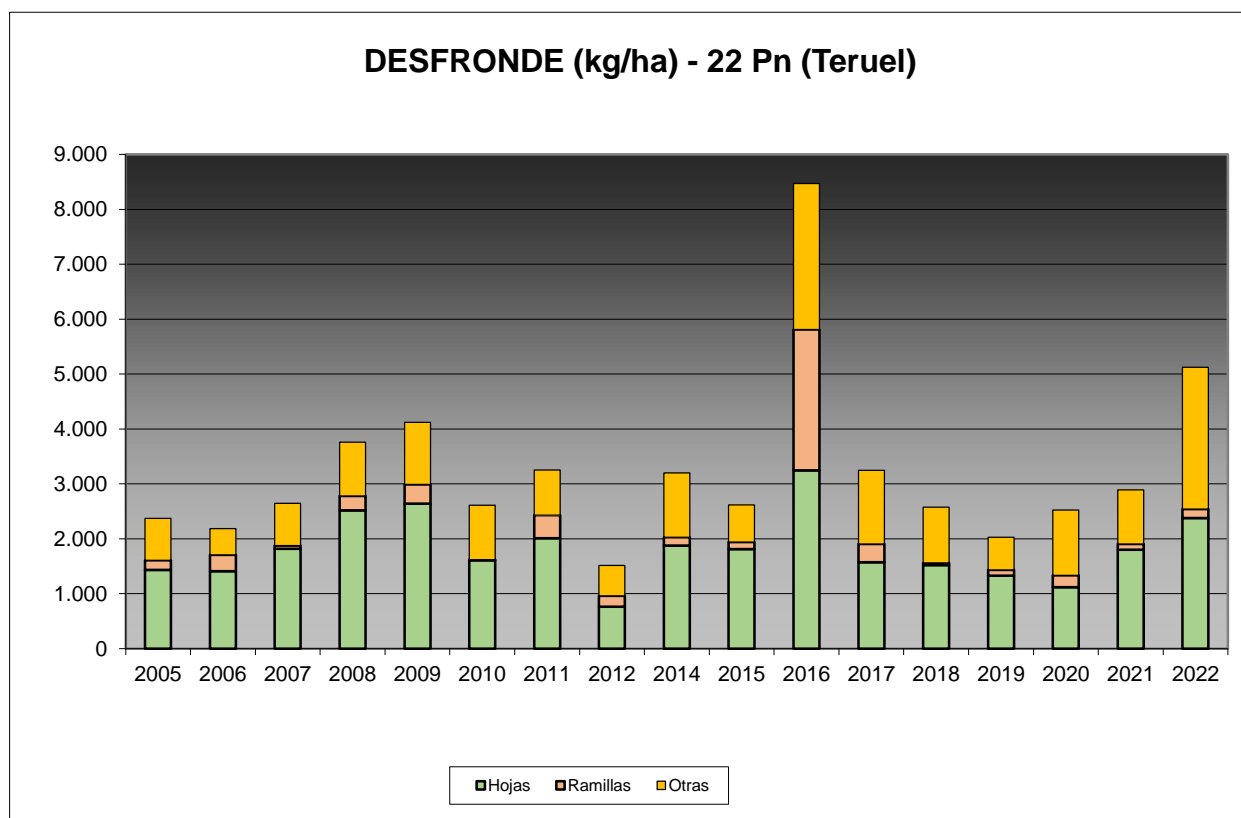


FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde se sitúa en torno a los 3.000 kg/ha, y que tras el mínimo de la serie alcanzado en 2019 se incrementa en el último trienio hasta alcanzar uno de los mayores valores en el último año, en torno a 5.000 kg/ha sobre todo por el aporte correspondiente a líquenes, flores o frutos. Los contenidos en carbono de estos aportes se sitúan en torno al 50% del desfronde total, lo que puede suponer una importante contribución a la fijación de CO₂ atmosférico.

9. Fenología.

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

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

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

Se presentan a continuación y para las fases mencionadas, los valores históricos obtenidos en la parcela 22Pn, 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	31/05/99	02/08/99	63	150	890					
2000	02/06/00	14/07/00	42	153	941					
2001	16/05/01	27/06/01	42	135	559					
2002	15/05/02	31/07/02	77	134	732					
2003	22/05/03	05/06/03	14	141	711					
2004	03/06/04	30/06/04	27	154	856					
2005	30/06/05	11/08/05	42	180	1387	16/06/05	30/06/05	14	166	1117
2006	13/07/06	27/07/06	14	193	1636	13/06/06	29/06/06	16	163	1087
2007	31/05/07	09/08/07	70	150	910	14/06/07	26/07/07	42	164	1098
2008	19/06/08	20/08/08	62	170	1105	03/07/08	14/07/08	11	184	1362
2009	24/06/09	02/09/09	70	174	1243	11/06/09	24/06/09	13	161	990
2010	27/05/10	17/06/10	21	146	599	01/07/10	14/07/10	13	181	1077
2011	26/05/11	30/06/11	35	145	875	30/06/11	28/07/11	28	180	1389
2012	30/05/12	28/06/12	29	150		28/06/12	25/07/12	27	179	
2014	26/05/14	23/06/14	28	145	913	26/05/14	23/06/14	28	145	913
2015	23/05/15	26/06/15	34	142	819	26/06/15	28/07/15	32	176	1282
2016	04/07/16	29/07/16	25	185	1365	02/06/16	04/07/16	32	153	840
2017	01/06/17	25/07/17	54	151	1035	01/06/17	28/06/17	27	151	1035
2018	01/06/18	23/07/18	52	151	728	23/06/18	23/07/18	30	173	1031
2019	23/06/19	24/08/19	62	173	1218	23/06/19	31/07/19	38	173	1218
2020	26/05/20	29/07/20	64	146	1047	26/05/20	26/06/20	31	146	1047
2021	27/05/21	23/07/21	57	146	882	27/05/21	27/06/21	31	146	882
2022	27/05/22	23/07/22	57	146	895	27/05/22	01/07/22	35	146	895
2023	02/06/23	25/07/23	53	152	1008	02/06/23	30/06/23	28	152	1008
Media			46	155	972			26	163	1075

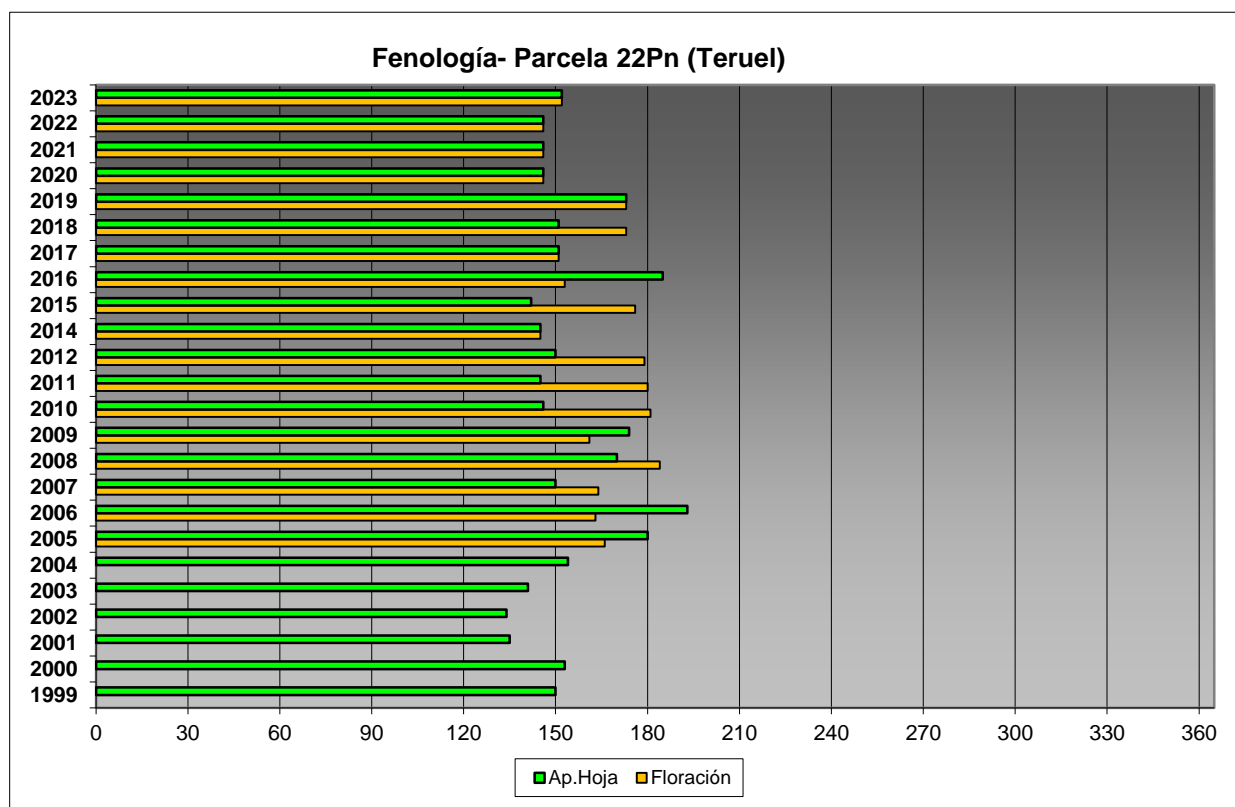


FIG 28: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, la salida de la hoja tiende a producirse a lo largo del mes de mayo, mientras que la floración ha sido más errática, y ha podido observarse en los meses de mayo y junio, adelantándose a mayo durante la revisión del año en curso, tal como ocurriera en los tres años previos.



FIG 29: Aparición primeras acículas (mayo). Formación flores (mayo)

10. Cintas diamétricas.

Como se ha indicado anteriormente, las parcelas van dotadas de dendrómetros en continuo, 5 instalados en 1999 ampliados a 15 en 2010, de los que se ha tomado la medida de forma quincenal hasta 2009 y mensualmente a partir de 2010.

Para cada una de las cintas instaladas y año de observación se ha obtenido el crecimiento medio, mediante diferencia entre los valores máximos y mínimos anuales –expresado en datos absolutos y en porcentaje sobre el diámetro mínimo– junto con la oscilación o diferencia entre el diámetro en enero y diciembre de cada año, en idénticos términos que el parámetro anterior; y que no tiene necesariamente que coincidir, debido a movimientos de expansión y contracción del tronco ligados al flujo o parón de la savia.

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

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
2006	0,03	0,11	0,03	-0,10
2007	0,06	0,19	0,06	0,01
2008	0,07	0,24	0,07	0,07
2009	0,12	0,42	0,12	-0,38
2010	0,17	0,61	0,17	0,42
2011	0,25	0,86	0,25	0,58
2012	0,12	0,42	0,12	0,00
2014	0,14	0,45	0,14	0,44
2015	0,16	0,51	0,16	0,42
2016	0,14	0,46	0,14	0,46
2017	0,07	0,24	0,07	0,08
2018	0,19	0,62	0,19	0,59
2019	0,10	0,31	0,10	0,21
2020	0,13	0,41	0,13	0,35
2021	0,19	0,60	0,19	0,58
2022	0,14	0,47	0,14	0,39
2023	0,07	0,23	0,07	0,04
Media	0,13	0,42	0,13	0,25

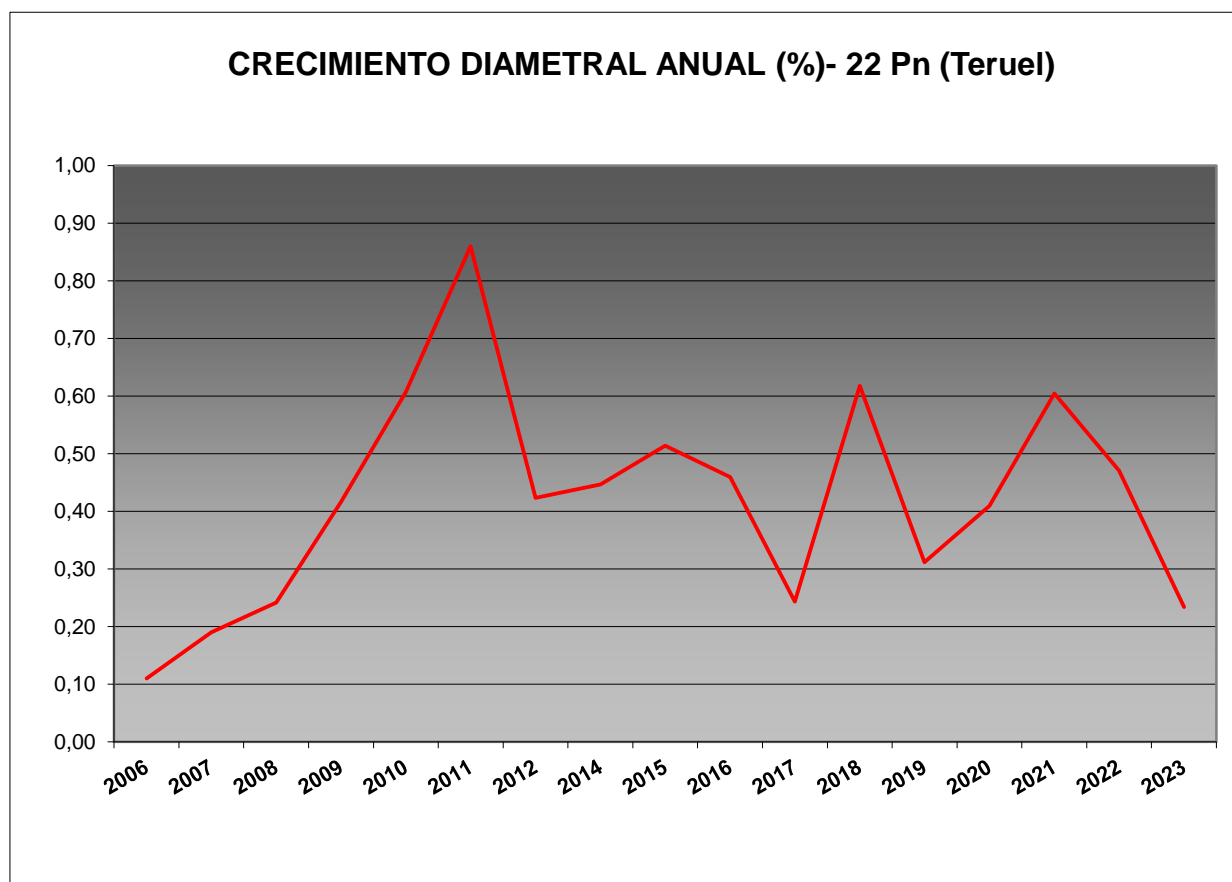


FIG 30: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

Como puede verse en el gráfico anterior, el crecimiento diamétrico anual en la parcela considerada ha oscilado, excepción hecha del primer año de evaluación, entre el 0,20% de 2007 y el 0,86% de 2011, situándose por regla general en valores próximos al 0,40% anual y una reducción durante la última revisión tras el incremento sostenido que venía observándose en 2019-2021, hasta situarse en el entorno del 0,23%, presentando la variable el habitual comportamiento en diente de sierra, con ondulaciones más amplias.

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 mayo-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	424	4,6	17,2	-5,3	8,6	1,3	68,3	73,1	1,3	19,7
1998	306	9,5	31,7	-7,6	15,5	4,8	188,1	67,8	1,3	25,7

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)	
1999	477	9,2	33,0	-12,0	15,1	4,5	188,6	71,6	1,4	22,0
2000	507	9,4	30,3	-19,6	15,6	3,7	191,7	61,6	1,3	22,3
2001	334	6,1	31,8	-16,5	10,4	2,2	192,2	62,2	1,8	21,2
2002	553	9,2	29,7	-5,0	14,7	4,8	179,1	64,0	1,6	20,1
2003	677	9,2	29,7	-5,0	14,7	4,8	179,1	64,0	1,6	20,1
2004	529	6,9	29,3	-10,4	12,4	2,6	160,0	63,2	1,4	21,4
2005	368									
2006	461	11,0	31,8	-7,5	16,9	6,0	150,3	59,6	1,3	22,7
2007	614	9,3	33,4	-7,9	15,1	4,5		61,2	1,5	
2008	673	8,9	29,7	-7,7	14,5	4,4	136,3	65,0	1,4	20,8
2009	551	10,0	32,7	-11,7	15,9	5,1	147,1	59,7	1,4	25,0
2010	699	9,0	31,9	-10,7	14,6	4,4		64,6	1,5	20,5
2011	497	10,1	31,3	-13,4	15,8	3,4	171,1	61,4	1,4	20,5
2012	175	18,5	34,2	1,8	25,8	12,0	239,5	50,7	1,5	16,3
2014	404	10,0	31,0	-7,7	15,9	5,2	141,9	63,6	1,4	22,3
2015	719	10,2	33,3	-10,1	16,0	5,3	142,6	61,9	1,3	20,5
2016	535	9,7	32,3	-8,6	15,7	4,9	141,3	64,7	1,3	23,8
2017	406	10,5	34,8	-11,8	16,9	5,1	140,1	59,1	1,3	23,5
2018	876	9,3	31,8	-8,7	15,0	4,8	135,1	67,3	1,1	19,7
2019	516	10,1	34,0	-7,7	16,1	5,1	150,2	60,6	1,0	20,8
2020	619	10,4	33,4	-5,6	16,4	5,4	143,4	64,3	0,8	20,1
2021	626	9,9	35,7	-11,6	15,4	4,6	150,1	67,5	0,8	21,2
2022	601	11,1	33,2	-6,6	17,1	6,3	141,2	63,0	0,7	19,0
2023	421	11,0	35,7	-10,1	17,2	5,9	148,0	60,5	0,8	20,8
Media	522	9,7	31,7	-9,1	15,5	4,8	157,6	63,3	1,3	21,3

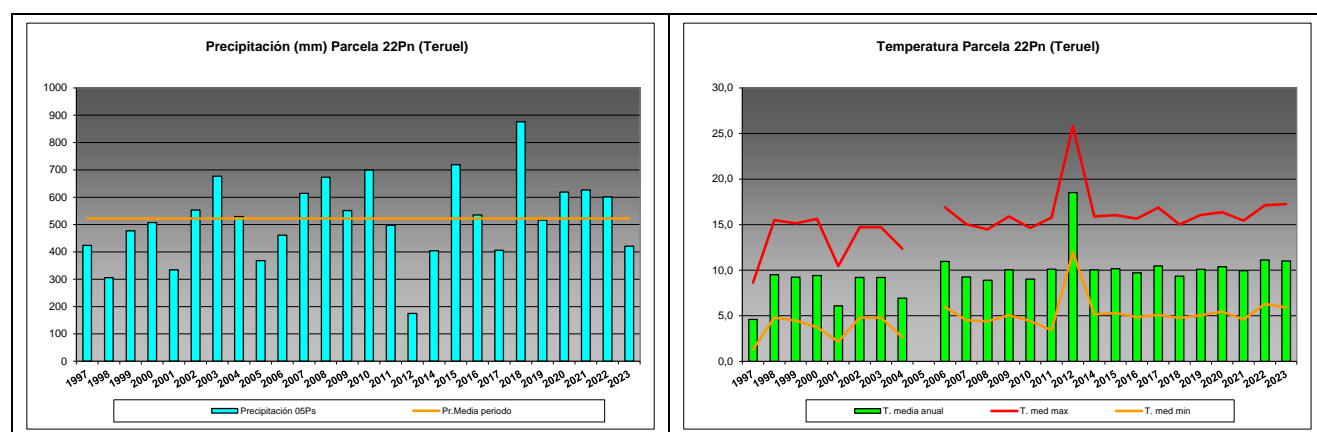


FIG 31: Principales variables meteorológicas.

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	3	1	153,8	21/10 a 25/10	2	30	02/08 a 31/08
2001	3	2	38,6	09/10 a 13/10	1	28	11/06 a 08/07
2002	0	0	20,0	01/10 a 05/10	2	20	09/06 a 28/06
2003							
2004	0	4	27,9	25/02 a 29/02	0		
2005	0	0			0		
2006	6	1	30,1	02/11 a 06/11	1	13	19/08 a 31/08
2007	5	2	27,9	17/12 a 21/12	3	8	15/05 a 22/05
2008	0	2	39,8	29/10 a 02/11	5	9	20/06 a 28/06
2009	5	7	33,7	22/12 a 26/12	3	16	22/07 a 06/08
2010	2	15	41,6	09/10 a 13/10	0	13	24/05 a 05/06
2011	1	1	76,6	03/11 a 07/11	3	11	18/08 a 28/08
2012							
2013							
2014	2	0	57,8	27/11 a 01/12	1	14	01/08 a 14/08
2015	9	8	37,9	28/10 a 02/11	4	18	01/05 a 18/05
2016	7	1	13,8	12/02 a 16/02	1	11	21/08 a 31/08
2017	17	1	9,8	17/10 a 21/10	1	10	05/06 a 14/06
2018	4	7	88,6	18/10 a 22/10	5	11	25/07 a 04/08
2019	12	2	32,9	22/10 a 26/10	1	3	17/05 a 19/05
2020	13	0	78,9	03/11 a 07/11	0	9	26/05 a 03/06
2021	6	6	34,9	08/01 a 12/01	3	9	04/08 a 12/08
2022	18	0	36,1	07/10 a 11/10	3	19	08/07 a 26/07
2023	21	2	17,0	16/10 a 20/10	4	15	08/07 a 22/07

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	Media
S-01	1,49	1,09	1,88	1,60	2,00	2,15	1,66	1,94	2,06	1,52	1,74
S-02	1,63	1,18	2,08	1,81	2,00	1,97	1,97	1,93	2,38	1,35	1,83
S-03	1,58	1,14	1,77	1,58	1,90	1,57	1,78	1,73	1,89	1,44	1,64
S-04	1,58	1,36	2,06	1,86	2,07	1,96	1,74	2,13	2,28	1,63	1,87
S-05	1,61	1,11	1,88	1,73	1,92	1,75	1,73	1,83	1,89	1,34	1,68
S-06	1,83	1,50	2,29	1,90	2,14	1,77	1,84	2,19	2,24	2,02	1,97
S-07	1,73	1,14	1,85	1,76	2,12	1,88	1,64	2,08	1,90	1,51	1,76
S-08	1,77	1,06	1,77	1,56	2,00	1,51	1,59	2,03	1,84	1,45	1,66
S-09	1,75	1,09	1,93	1,66	2,12	1,72	1,51	1,95	1,82	1,57	1,71
S-10	1,75	1,06	1,97	1,62	2,23	1,62	1,66	1,66	1,83	1,49	1,69
S-11	1,98	1,20	2,10	2,12	2,32	1,70	1,50	1,69	2,00	1,68	1,83
S-12	2,00	1,13	1,70	1,86	2,25	1,55	1,90	1,84	1,92	1,47	1,76
S-13	1,82	1,19	2,25	2,17	2,31	2,02	1,91	1,89	2,12	1,55	1,92
S-14	1,80	1,12	1,95	1,98	2,13	1,78	1,91	1,80	1,82	1,60	1,79
S-15	2,08	1,25	2,15	2,14	2,36	2,06	1,82	1,82	2,28	1,73	1,97
S-16	2,26	1,34	2,17	2,33	2,54	2,00	2,17	1,62	2,15	1,84	2,04
Media	1,79	1,19	1,99	1,86	2,15	1,81	1,77	1,88	2,03	1,57	1,80

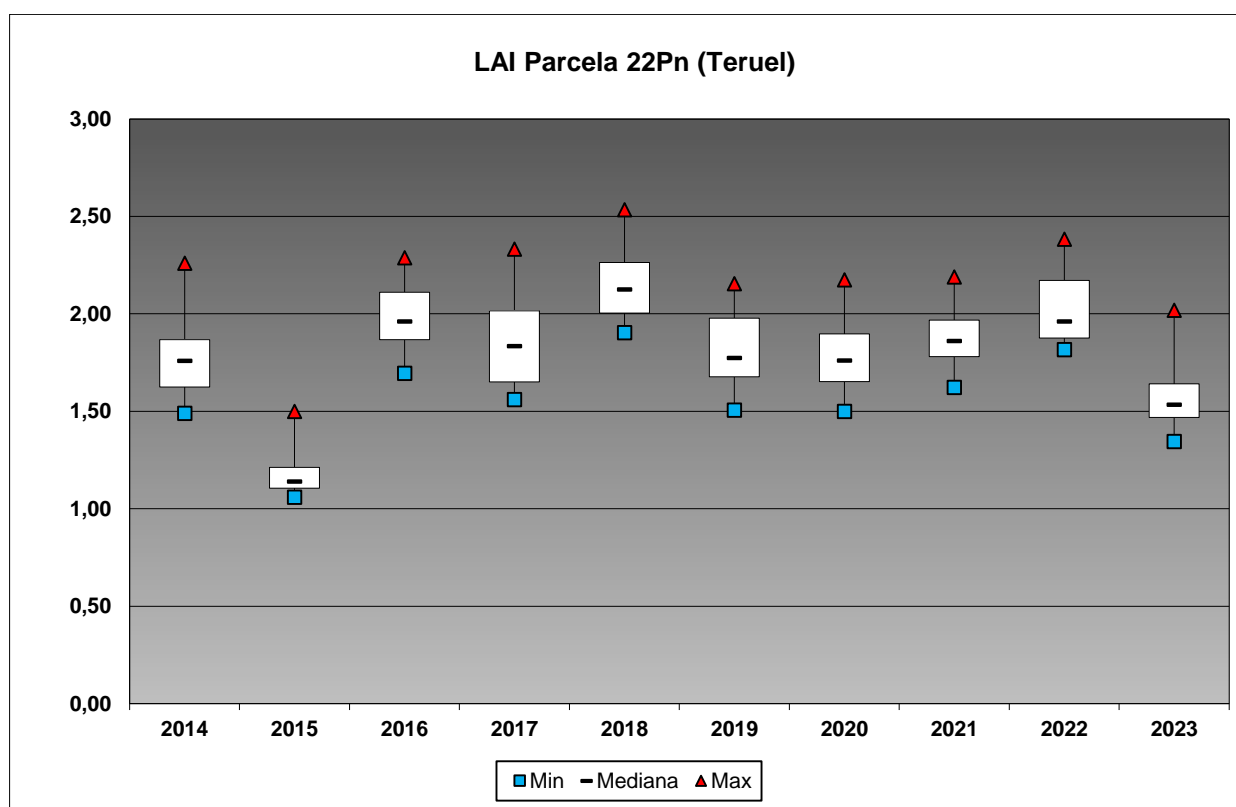


FIG 32: Diagrama de cajas LAI anual.

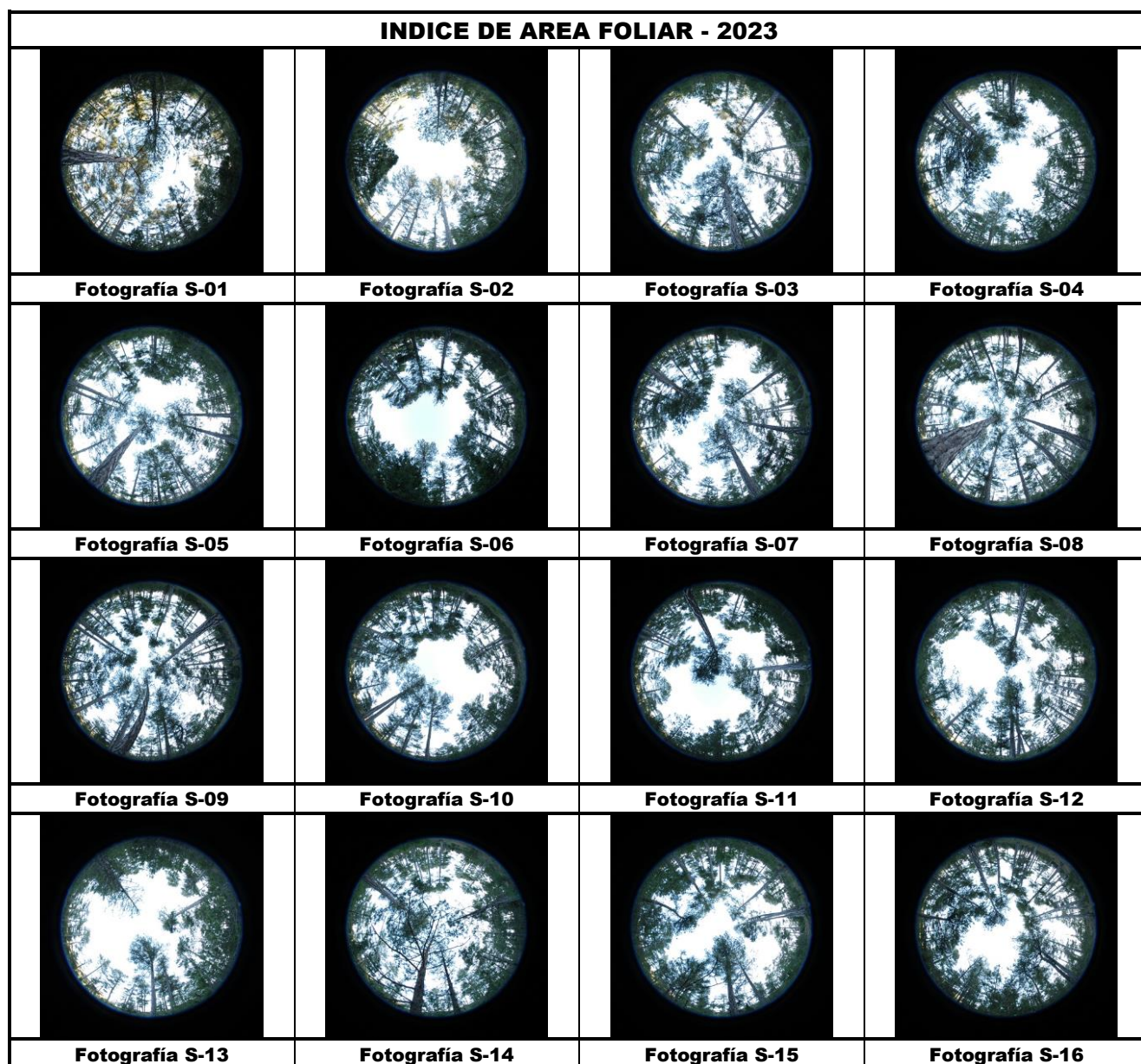


FIG 33: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.