



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

**RED DE NIVEL II
MEMORIA – 2022**

PARCELA 30 Ps (SORIA)

**20
22**



DIRECCIÓN GENERAL DE BIODIVERSIDAD, BOSQUES Y DESERTIFICACIÓN

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



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

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

Índice

1. Situación de la parcela	1
2. Caracterización de la parcela	2
2.1. Climatología	2
2.2. Geología y suelos	2
2.3. Vegetación	4
2.4. Caracterización forestal y dasométrica	5
3. Estado fitosanitario de la parcela	6
3.1. Defoliación y decoloración	6
3.2. Daños forestales	8
4. Instrumentación	19
5. Deposición atmosférica	21
5.1. pH	23
5.2. Conductividad	24
5.3. Potasio	25
5.4. Calcio	26
5.5. Magnesio	28
5.6. Sodio	29
5.7. Amonio	30
5.8. Cloro	31
5.9. Nitratos	33
5.10. Sulfatos	34
5.11. Alcalinidad.....	35
5.12. Nitrógeno total	36
5.13. Carbono orgánico disuelto.....	38
5.14. Aluminio	38
5.15. Manganeseo.....	39
5.16. Hierro.....	40
5.17. Interpretación de resultados	41
6. Calidad del aire. Inmisión	43
7. Análisis foliar	45
7.1. Macronutrientes	45
7.2. Micronutrientes	47
7.3. Interpretación de resultados	48
8. Desfronde	49
9. Fenología	52
10. Cintas diamétricas	56
11. Meteorología	57
12. Índice de Área Foliar	59
13. Solución del suelo	61

INDICE DE TABLAS

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

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

INDICE DE FIGURAS

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

FIG 32: Índices de Área Foliar

FIG 33: Fotos hemisféricas

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

30 Ps (SORIA)

RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO
DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES – RED DE NIVEL II
AÑO 2022

1. Situación de la parcela.

La parcela representa el pinar de *Pinus sylvestris* del sector Ibérico-Soriano de la Provincia Carpetano-Ibérico-Leonesa (Rivas-Martínez).

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	NIVEL
30 Ps	<i>Pinus sylvestris</i>	Soria	Soria	04/08/1994	III

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+41°53'00"	-02°53'00"	510.000	4.635.000	1.100	0	Llana	El Morico

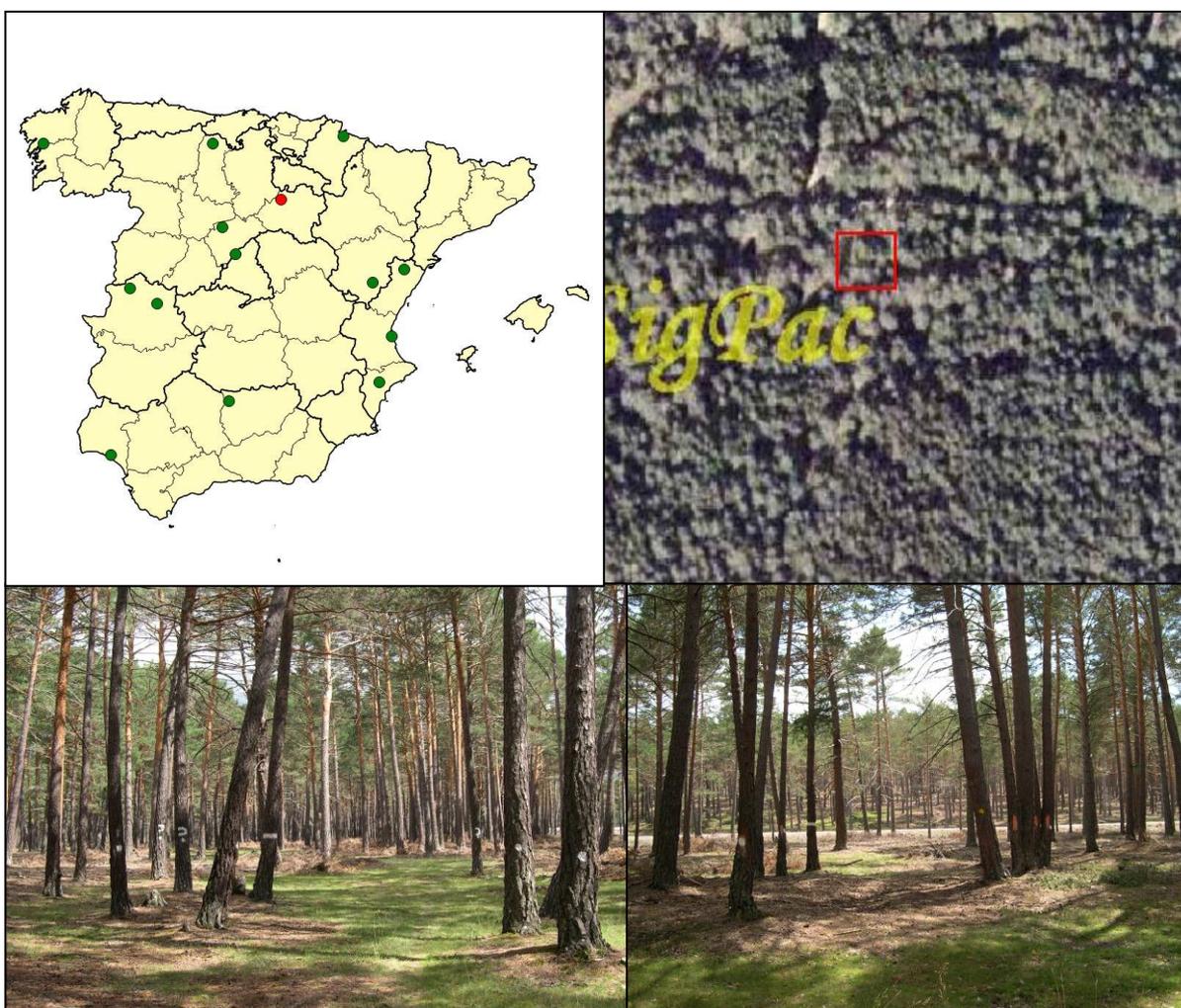


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 30Ps.

2. Caracterización de la parcela.

2.1. Climatología.

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

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

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	AÑO
T(°C)	1,6	2,9	5,3	7,6	11,4	15,5	18,8	18,3	15,3	10,1	5,0	1,9	9,5
P(mm)	72	59	68	58	67	59	27	25	49	59	76	75	694
T. Media Máximas Mes más Cálido							27,1						
	-2,7	T. Media Mínimas Mes más Frío											

De acuerdo a clasificación de Allué, el clima se corresponde con un VI(IV)1 *Nemoromediterráneo genuino*.

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

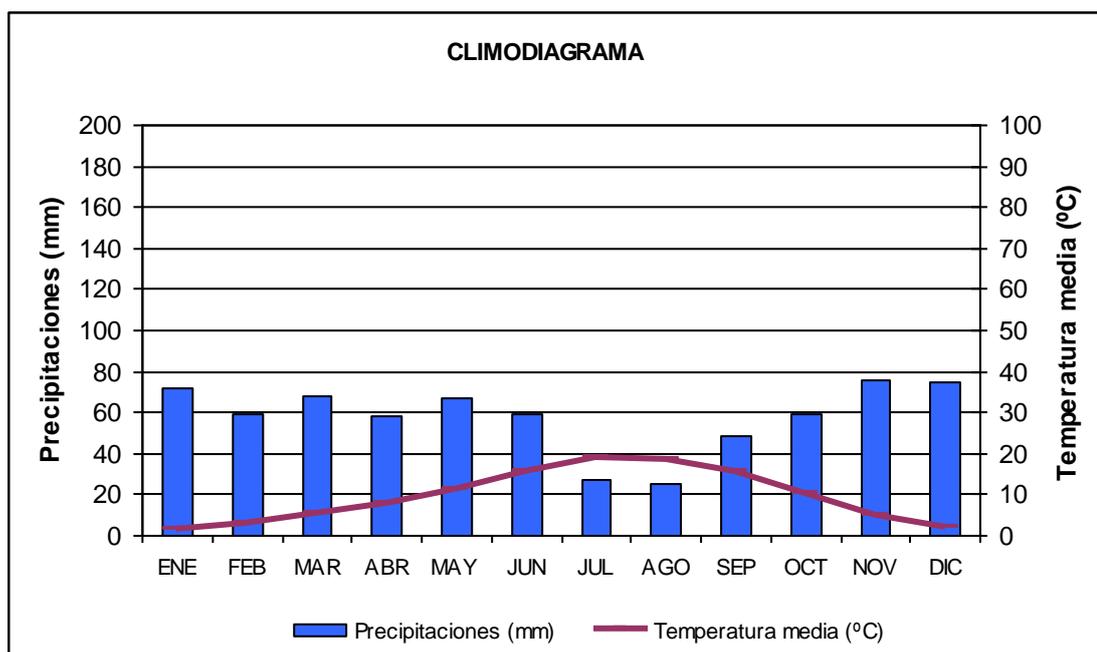


FIG 2: Climodiagrama de la parcela

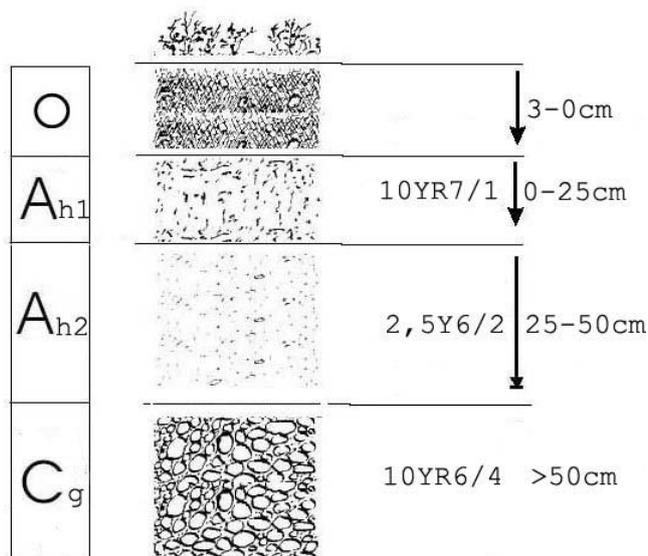
2.2. Geología y Suelos.

Litología: areniscas y conglomerados.

Edafología: Arenosol háplico/Gleysol dístico.

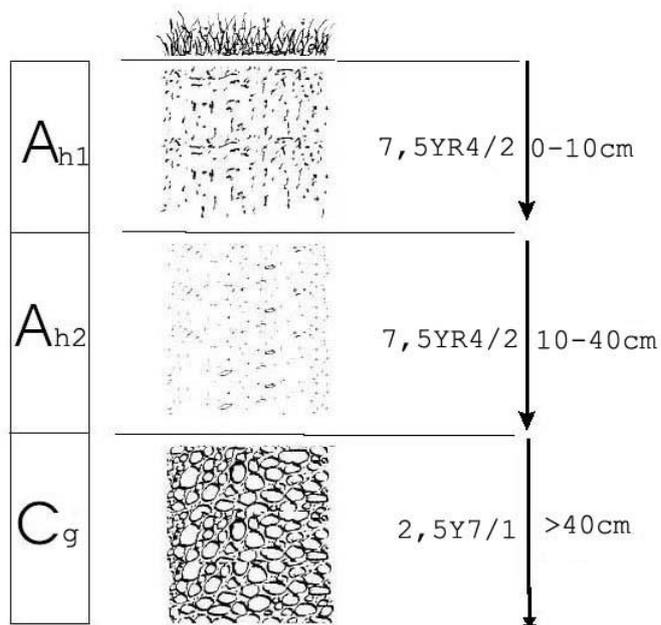
La topografía llana y reducida altura sobre el nivel del río confieren al suelo dos características fundamentales: textura arenosa e hidromorfía temporal. Suelo químicamente muy pobre y de espesor limitado debido al hidromorfismo.

Arenosol háplico:



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
O	0-3	Capa de acículas en fase de descomposición
A _h	0-25	Gris claro en seco (10YR7/1); 20% de manchas de herrumbre medianas; limo arenoso; poliédrica angular mediana, débil; consistencia blanda; pocas raíces, medianas; muy poroso; escasos vestigios de actividad de la fauna; límite neto y plano.
E	25-50	Amarillo grisáceo en seco (2,5Y6/2); areno limoso; 15% de gravillas de cuarcita y cuarzo; poliédrica angular mediana, débil; consistencia blanda; pocas raíces, medianas; muy poroso; límite brusco y plano.
B _t	>50	Amarillo rojizo oscuro (10YR6/4); pequeñas manchas de segregación de hierro; areno pedregoso, 50% de gravillas de cuarcita y cuarzo; grano suelto; muy poroso.

Gleysol dístrico:



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
A _{h1}	0-25	Pardo grisáceo (7'5YR4/2); arenoso; poliédrica angular fina, débil;; muy friable; abundantes raíces medianas; frecuentes vestigios de actividad de la fauna; límite neto y plano.
A _{h2}	25-50	Pardo grisáceo (7'5YR4/2); arenosa con algo limo; restos vegetales quemados; poliédrica angular mediana, débil; friable; abundantes raíces, medianas; muy poroso; abundantes vestigios de actividad de la fauna; límite difuso y ondulado.
C _g	>50	Gris claro (2'5Y7/1); 50% de manchas rojizas, grandes y definidas; arenosa con algo de arcilla; grano suelto; muy poroso; abundantes vestigios de actividad de la fauna en los primeros centímetros.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Estrato arbóreo monoespecífico de *Pinus sylvestris* con cobertura del 85%. Estrato arbustivo formado principalmente por corros de *Calluna vulgaris* y *Erica vagans*. El pasto y los musgos se encuentran a menudo íntimamente mezclados. La cobertura del tapiz de pasto y musgo varía considerablemente dentro de la parcela, llegando al 80% en la zona central. En los lugares más húmedos domina *Nardus stricta*.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	85,0	<i>Luzula campestris</i> (L.) DC.	+
<i>Pinus sylvestris</i> L.	85,0	<i>Luzula lactea</i> (Link) E.H.F. Meyer	+

	Cob		Cob
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	13,0	<i>Luzula multiflora</i> (Retz.) Lej.	+
<i>Agrostis canina</i> L.	+	<i>Melampyrum pratense</i> L.	+
<i>Aira caryophyllea</i> L.	+	<i>Nardus stricta</i> L.	10,0
<i>Aira praecox</i> L.	+	<i>Pinus sylvestris</i> L.	+
<i>Anthoxanthum odoratum</i> L.	+	<i>Polygala serpyllifolia</i> J.A.C. Hose	+
<i>Avenula marginata</i> (Lowe) J. Holub	+	<i>Potentilla erecta</i> (L.) Raeuschel	+
<i>Calluna vulgaris</i> (L.) Hull	+	<i>Quercus pyrenaica</i> Willd.	+
<i>Carex pilulifera</i> L.	+	<i>Ranunculus bulbosus</i> L.	+
<i>Carum verticillatum</i> (L.) Koch	+	<i>Scorzonera humilis</i> L.	+
<i>Cerastium pumilum</i> Curtis	+	<i>Simethis planifolia</i> (L.) Gren.	+
<i>Danthonia decumbens</i> (L.) DC.	+	<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	+
<i>Deschampsia flexuosa</i> (L.) Trin.	+	<i>Veronica officinalis</i> L.	+
<i>Erica vagans</i> L.	2,5	<i>Viola riviniana</i> Reichenb.	+
<i>Festuca</i> sp.	20,0	ESTRATO MUSCINAL-LIQUENICO	1,0
<i>Hieracium</i> sp.	+	<i>Cladonia pyxidata</i> (L.) Hoffm.	+
<i>Holcus lanatus</i> L.	+	<i>Dicranum scoparium</i> Hedw.	+
<i>Hypochoeris radicata</i> L.	+	<i>Polytrichum formosum</i> Hedw.	+
<i>Juncus bufonius</i> L.	+	<i>Scleropodium purum</i> (Hedw.) Limpr.	+

Vegetación potencial: La parcela se encuentra en una zona de transición entre las series 18 a Serie supramediterránea carpetano-ibérico-alcarreña subhúmeda silicícola de *Quercus pyrenaica* (*Luzulo forsteri-Querceto pyrenaicae sigmetum*) y 18 c Serie supramediterránea ibérico-soriana y ayllonense húmedo-hiperhúmeda de *Quercus pyrenaica* (*Festuco heterophyllae-Querceto pyrenaicae sigmetum*).

2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de pino silvestre 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
30 Ps	0,2500	109	436	109	0	14	81-100	32,60	39,18	33,82	18,17	19,94	73,96

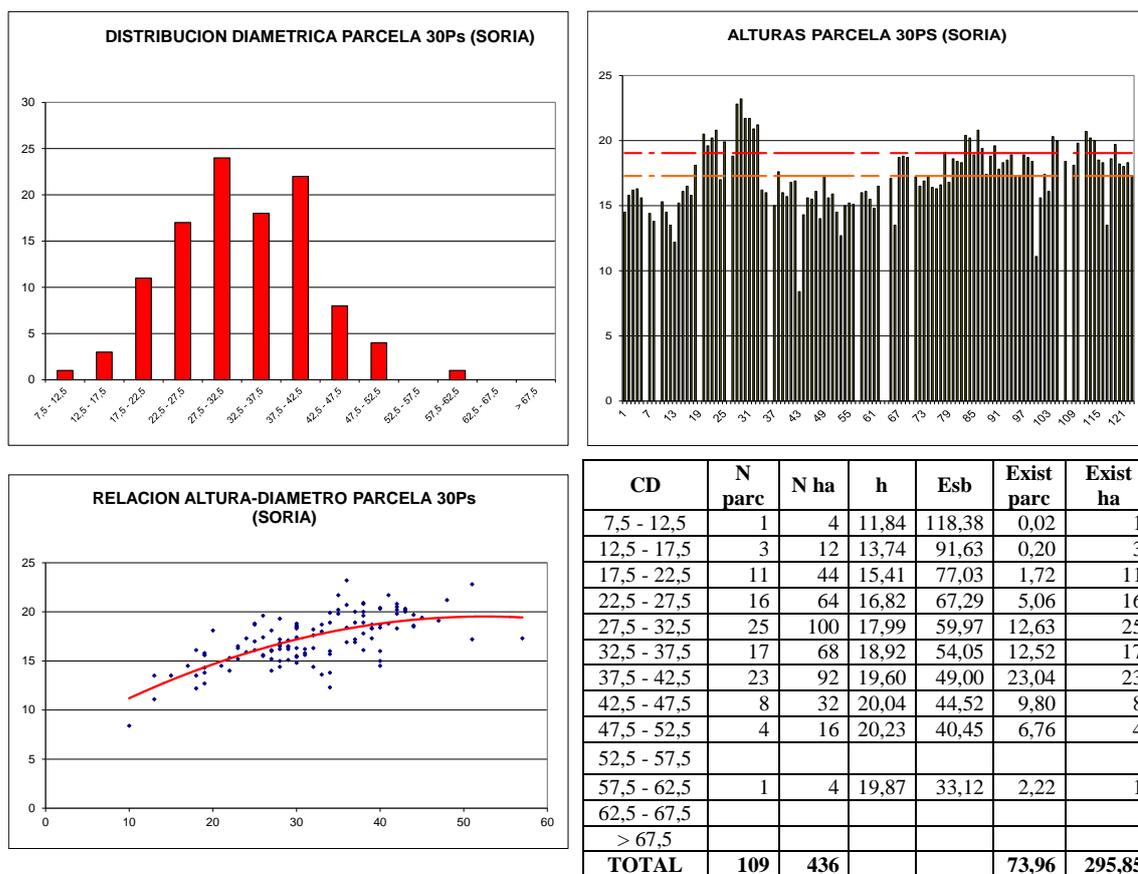


FIG 3: Distribución diamétrica de la parcela; distribución de alturas y comparación con las alturas media y dominante; relación de alturas-diámetros; frecuencias, alturas, esbelteces y existencias por clase diamétrica.

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 28,03%, dentro por tanto de la escala de daños moderados si bien muy próximo al umbral inferior de la clase, alcanzando uno de los mayores más altos desde el replanteo de la parcela, con cerca del 40% de los pies calificados con daños moderados e incluso graves. La parcela empeora así notablemente con respecto a la anterior revisión, con un incremento del parámetro de más de cinco puntos porcentuales, lo que indica ya una variación estadísticamente significativa de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales. Los daños se han debido claramente a la falta de agua, ya que desde el inicio del año hasta el momento de la evaluación apenas se han recogido 300 mm de precipitación, así como a los efectos de las elevadas temperaturas del verano, en el que se han registrado hasta tres olas de calor, la primera a mediados de junio, en plena brotación y las otras dos extendidas de forma casi continua entre comienzos de julio y mediados de agosto, y que el arbolado de una zona habitualmente fría acusa.

Atendiendo a la serie histórica de datos, se observa un comportamiento muy estable de la parcela desde su replanteo, registrándose los peores datos en el trienio 2001-2003 cuando se produjeron algunas muertes salpicadas por falta de luz y decaimiento por *Peridermium pini*, variedad cortícola de *Cronartium flaccidum* y que constituye un peligro potencial en los pinares de silvestre de toda la zona. Por regla general, la defoliación media se ha movido en torno a valores del 20% y con alrededor del 90% de los pies calificados

con daños ligeros, lo que pone de manifiesto la buena adaptación del arbolado a las condiciones de estación, corroborado por la buena regeneración existente, sobre un suelo llano, bien desarrollado y sin problemas de disponibilidad hídrica. Esta buena situación se habría visto alterada en algunos episodios de sequía sueltos, con un aumento del parámetro y de la frecuencia de defoliaciones moderadas observadas, tal como ha ocurrido en la evaluación del año en curso y se repitió de forma aún más acusada en 1994. Cabe hacer constar también que en esta parcela el nivel freático se sitúa a escasa profundidad, por lo que los efectos de una sequía pueden verse mitigados.

La decoloración, el segundo gran parámetro definidor del estado de salud de la masa, aumenta de forma ligera en algunos pies, abundando en la idea de un empeoramiento de la masa.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

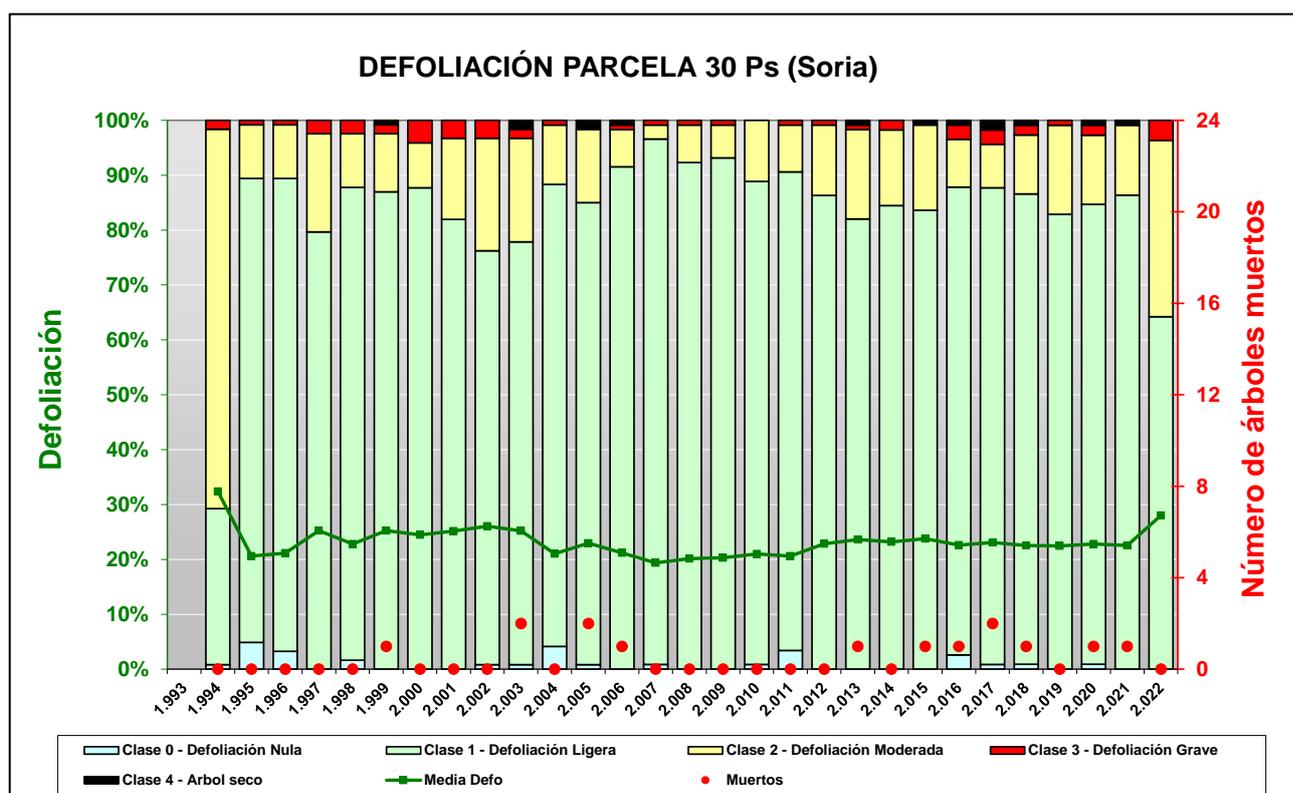


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



FIG 5: Defoliación 10% (árbol tipo), 20% y 50%

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												
<i>Picidae</i>	1	5,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	32,00	16,50	-0,60	-1,67
Tronco	1	5,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	32,00	16,50	-0,60	-1,67
INSECTOS												
Defoliadores	19	1,05	76	17,43	26,05	0,11	-1,98	-0,03	32,47	18,13	-0,12	-0,04
Acíc. antiguas	19	1,05	76	17,43	26,05	0,11	-1,98	-0,03	32,47	18,13	-0,12	-0,04
Perforadores	21	1,00	84	19,27	28,57	0,19	0,54	0,05	35,71	18,21	3,12	0,05
<i>Retinia resinella</i>	2	1,00	8	1,83	22,50	0,00	-5,53	-0,14	48,50	17,80	15,90	-0,37
Brotos del año	2	1,00	8	1,83	22,50	0,00	-5,53	-0,14	48,50	17,80	15,90	-0,37
<i>Tomicus minor</i>	19	1,00	76	17,43	29,21	0,21	1,18	0,07	34,37	18,26	1,77	0,09
Brotos del año	19	1,00	76	17,43	29,21	0,21	1,18	0,07	34,37	18,26	1,77	0,09
Chupadores	9	1,00	36	8,26	25,00	0,11	-3,03	-0,03	36,67	18,21	4,07	0,04
Acíc. antiguas	9	1,00	36	8,26	25,00	0,11	-3,03	-0,03	36,67	18,21	4,07	0,04
Minadores	7	1,00	28	6,42	22,14	0,00	-5,89	-0,14	34,29	18,71	1,69	0,55
Acíc. antiguas	7	1,00	28	6,42	22,14	0,00	-5,89	-0,14	34,29	18,71	1,69	0,55
ENFERMEDADES												
Hongos pudrición	1	1,00	4	0,92	25,00	0,00	-3,03	-0,14	58,00	17,80	25,40	-0,37
<i>Fomes pini</i>	1	1,00	4	0,92	25,00	0,00	-3,03	-0,14	58,00	17,80	25,40	-0,37

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Cuello raíz	1	1,00	4	0,92	25,00	0,00	-3,03	-0,14	58,00	17,80	25,40	-0,37
AG.ABIÓTICOS												
Sequía	96	1,74	384	88,07	27,14	0,15	-0,89	0,01	34,13	18,58	1,53	0,41
Acíc. antiguas	96	1,74	384	88,07	27,14	0,15	-0,89	0,01	34,13	18,58	1,53	0,41
Granizo	101	1,01	404	92,66	26,58	0,14	-1,45	0,00	33,58	18,41	0,99	0,24
Brotos del año	101	1,01	404	92,66	26,58	0,14	-1,45	0,00	33,58	18,41	0,99	0,24
Calor	1	1,00	4	0,92	50,00	1,00	21,97	0,86	27,00	18,30	-5,60	0,13
Acíc. antiguas	1	1,00	4	0,92	50,00	1,00	21,97	0,86	27,00	18,30	-5,60	0,13
Nieve/Hielo	3	1,00	12	2,75	23,33	0,00	-4,70	-0,14	33,67	19,13	1,07	0,96
Brotos del año	1	1,00	4	0,92	30,00	0,00	1,97	-0,14	43,00	21,30	10,40	3,13
Ramillos <2 cm	2	1,00	8	1,83	20,00	0,00	-8,03	-0,14	29,00	18,05	-3,60	-0,12
ANTRÓPICOS												
Op. selvícolas	1	1,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	21,00	15,00	-11,60	-3,17
Tronco	1	1,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	21,00	15,00	-11,60	-3,17
OTROS DAÑOS												
Viscum album	58	1,64	232	53,21	27,93	0,16	-0,10	0,02	37,53	19,36	4,94	1,19
Ramillos <2 cm	10	1,10	40	9,17	24,50	0,00	-3,53	-0,14	38,10	19,86	5,50	1,69
Ramas 2-10 cm	18	1,11	72	16,51	25,56	0,17	-2,47	0,03	37,33	18,77	4,74	0,60
Ramas tam. variable	5	1,80	20	4,59	30,00	0,20	1,97	0,06	39,40	20,58	6,80	2,41
Guía principal	8	2,63	32	7,34	36,88	0,25	8,85	0,11	34,13	19,40	1,53	1,23
Tronco en copa	11	2,27	44	10,09	23,64	0,00	-4,39	-0,14	37,55	18,92	4,95	0,75
Tronco	6	1,50	24	5,50	35,00	0,50	6,97	0,36	40,17	20,00	7,57	1,83
Falta luz	11	2,64	44	10,09	41,82	0,18	13,79	0,04	19,18	14,97	-13,41	-3,20
Acíc. antiguas	2	3,50	8	1,83	50,00	0,50	21,97	0,36	22,00	17,20	-10,60	-0,97
Acíc. todas edades	5	3,60	20	4,59	48,00	0,00	19,97	-0,14	14,80	13,12	-17,80	-5,05
Ramillos <2 cm	4	1,00	16	3,67	30,00	0,25	1,97	0,11	23,25	16,18	-9,35	-1,99
Inter.físicas	7	7,00	28	6,42	25,71	0,00	-2,32	-0,14	28,57	18,37	-4,02	0,20
Tronco	7	7,00	28	6,42	25,71	0,00	-2,32	-0,14	28,57	18,37	-4,02	0,20
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	22	1,09	88	20,18	27,95	0,14	-0,08	0,00	30,95	18,05	-1,64	-0,12
Brotos del año	5	1,00	20	4,59	22,00	0,00	-6,03	-0,14	28,80	16,68	-3,80	-1,49
Ramillos <2 cm	5	1,00	20	4,59	23,00	0,00	-5,03	-0,14	22,00	17,12	-10,60	-1,05
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	31,00	19,10	-1,60	0,93
Tronco	10	1,10	40	9,17	35,00	0,30	6,97	0,16	37,70	19,57	5,10	1,40
Cuello raíz	1	2,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	19,00	13,30	-13,60	-4,87

En cuanto al conjunto de agentes dañinos identificados, destaca en primer lugar la presencia salpicada del escolítido perforador *Tomicus minor*, endémico en la zona y que afecta a cerca del 20% del arbolado muestra, lo que supone una reducción en su nivel de actividad respecto a la pasada revisión, sin que se lleguen a observar daños de consideración, no apareciendo así orificios de entrada o galerías en los troncos, limitándose el daño a la presencia de 1-2 ramillos atabacados en la parte superior de las copas causados por la alimentación de maduración de los imagos, que en ocasiones aparecen caídos por el suelo de la parcela con el característico agujero basal. Como suele ser habitual, el escolítido parece tener cierta predilección por pies de dimensiones superiores al vuelo medio, en copas bien insoladas que favorezcan el desarrollo del insecto. Hay también una ligera disminución en la actividad de otros insectos, sin mayor trascendencia fitosanitaria, tales como **defoliadores** braquiderinos, de quienes se ven mordeduras en forma de sierra en el margen de las acículas de mayor edad, y en menor medida, **chupadores** asociados a punteaduras amarillentas debidas a la lesión causada por la entrada del aparato succionador del insecto. Se advierte

también, sin mayor importancia, algún grumo de resina en algún brote del año debido a la alimentación de las orugas de *Retinia resinella*.

Cabe apuntar que el marcado descenso en el nivel de escolítidos se debe a una anormal proliferación en el año previo favorecida por los restos leñosos dejados en el suelo tras una corta en las inmediaciones. A medida que estos restos se van secando van perdiendo su atracción sobre estos insectos lo que se traduce en un menor nivel de infestación del arbolado muestra.

Al igual que en años anteriores continúa observándose la presencia de anillamientos transversales en algunos troncos debido a las estrategias de marcaje del territorio de **pícid**os sin mayor importancia, no relacionados con un daño directo sobre el árbol. Las lesiones se encuentran recubiertas por un patente callo de cicatrización de forma anular en la mayoría de los casos, del que en algún caso aislado mana una ligera resinación, estimulada sobre todo en veranos especialmente cálidos.

Tal y como ya se observara en anteriores revisiones, el hongo *Peridermium pini*, variedad cortícola de *Cronartium flaccidum*, se revela como uno de los principales factores de daño de la masa, y constituye uno de los principales agentes sobre el pino silvestre en toda la mitad norte peninsular, de forma que los pies afectados presentan defoliaciones graves, claramente superiores a las del arbolado circundante. El daño suele estar asociado a pies de mayores dimensiones, en los que se advierte un chancro de color negruzco en la parte superior del tronco acompañado en ocasiones de resinosis y que provoca el enteamiento de la sección de tronco situada por debajo, causando el decaimiento y posterior muerte de la fracción de copa situada por encima, quedando además el resto de la ramificación bajo el dosel principal de las copas, en zona de menor iluminación y por tanto más proclive al debilitamiento. Esta enfermedad puede llegar a causar la muerte del pie afectado, tal y como ya se observó años atrás, incluso entre parte del arbolado muestra, donde se ha revelado como el principal agente dañino, llegando a matar al hospedante tras un debilitamiento previo de unos cinco años. En zonas de alta montaña los daños suelen ir asociados a heridas mecánicas o resquebrajaduras en troncos y ramas causadas por la nieve que serían aprovechados por las esporas para colonizar al pie hospedante. Los daños son mayores cuando llegan a afectar a la guía principal del hospedante y en alguna ramilla caída por el suelo han llegado a verse los típicos ecidios anaranjados. En la presente revisión no se han encontrado daños nuevos de la enfermedad, si bien sí se advierten en los alrededores, por lo que se mantiene latente en la parcela, no descartándose su aparición en futuras revisiones.

Por lo que respecta a los daños abióticos, se encuentran ampliamente representados los daños por **sequía**, tal como se ha mencionado anteriormente, apareciendo microfilia en las acículas del año sobre todo en las situadas en la corona superior de la copa, en prácticamente toda la parcela, quedando más protegidos los pies de menor altura, menos insolados. Los efectos de la falta de agua en la revisión del año previo no fueron tan patentes, más ligados a decoloración, dado que desde el inicio del año hasta el momento de la evaluación se recogió el doble de agua que durante este año (600 mm en 2021 frente a 300 mm en 2022), de forma que el arbolado se encontraba en muchas peores condiciones durante la presente revisión: la falta de reserva hídrica en el árbol provocó un insuficiente desarrollo de la metida. Se han obtenido también numerosos daños, si bien ligeros, por una tormenta reciente que ha dejado abundantes ramillos delgados rotos y caídos por el suelo, tal como se ha producido también en la parcela de Teruel, relativamente próxima.

Producto de las abundantes nevadas de la zona, se observan daños mecánicos salpicados ligados a **nieve**, sobre algún pie suelto, reduciéndose respecto al año previo; más frecuentes en los pinos de mayor tamaño, que al situarse por encima del vuelo medio de la masa, se encuentran más expuestos a las inclemencias meteorológicas, perdiendo el efecto protector de los pies adyacentes. En alguno de los árboles de menor tamaño, en posición sumergida en la parcela y con excesiva esbeltez y reducida resistencia mecánica a la flexión se han visto también deformaciones debidas a la nieve, al dejar la copa del pie afectado bajo el dosel principal de la masa, comenzando un proceso de decaimiento por falta de luz ampliamente

conocido en una zona tan batida por las nevadas como la que nos ocupa. Se ven también aplanamientos o deformaciones en algunos ápices debidos a antiguos aplastamientos, deformaciones o roturas por la nieve.

Al igual que en revisiones anteriores, se observan también daños salpicados por muérdago, *Viscum album*, advirtiéndose la expansión de un foco situado en la esquina NE de la parcela e identificado hace más de diez años que ha ido progresando hasta extenderse por toda la superficie, afectando en la presente revisión a algo más del 50% del arbolado, en un nivel de acción ligeramente superior al del año pasado. Como suele ser habitual, la fanerógama parece sentir predilección por los árboles de mayores dimensiones, posiblemente relacionado con el comportamiento de los pájaros que le sirven de vector y que son muy abundantes en la zona en la que se ubica la parcela al estar próxima a una de las rutas migratorias más frecuentada. Los daños son mayores cuando afectan a ramillas finas y en ocasiones actúa en conjunción con otros agentes tales como el chancro resinoso propio de *Peridermium*, amplificando el daño. La parásita se concentra sobre todo en la guía principal y cruz de las copas afectando por regla general a los árboles de mayores dimensiones y con copas más abiertas, por lo que las habituales deformaciones en las copas causadas por las nevadas (ramas abiertas, formas en candelabro,...) tan frecuentes en la zona favorecen mucho el arraigo de las matas de muérdago. En masas netamente productoras como la que nos ocupa y en la que se está intensificando el aprovechamiento maderero, las pérdidas de crecimiento asociadas pueden llegar a suponer un problema económico en su explotación, toda vez que se ha abandonado la práctica tradicional de usar las matas como pasto para el vacuno de leche y que servía como elemento de control.

Se registran también daños salpicados por **falta de luz** en una corta fracción de los pies, concentrándose en las ramillas de la parte baja de las copas, debidos sobre todo a fenómenos puntuales de autopoda y que, salvo casos dispersos, no llegan a afectar a la guía principal del árbol, responsable última de su desarrollo. En algún caso aislado, sin embargo, se han observado daños de mayor importancia sobre pinos dominados que manifiestan una defoliación superior a la media, y que en evaluaciones anteriores han llegado a causar la muerte del pie afectado. La afección se manifiesta en forma de pérdidas de las metidas más antiguas, de forma que el follaje queda con aspecto apenachado, al concentrarse en cortos plumeros de acículas de 1-2 años, apareciendo el resto del ramillo desnudo, observándose algún daño de carácter moderado por esta causa, y en menor medida y por **interacciones físicas** entre pies próximos, pueden darse heridas o roces entre ramas y troncos.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se han observado algunos ramillos **puntisecos**, junto con algún **tumor** o **resinosis** aislados afectando a una corta extensión de tronco y ramas y sin mayor significación fitosanitaria en el momento de la evaluación.

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. antiguas	134	1,57	536	100,00	27,09	0,14	-0,94	0,00	33,84	18,47	1,24	0,30
Comidos/perdidos	124	1,62	496	100,00	27,06	0,14	-0,97	0,00	33,69	18,49	1,09	0,32
Agujeros/Parc. comidas	19	1,05	76	17,43	26,05	0,11	-1,98	-0,03	32,47	18,13	-0,12	-0,04
Minadas	7	1,00	28	6,42	22,14	0,00	-5,89	-0,14	34,29	18,71	1,69	0,55
Caída prematura	98	1,78	392	89,91	27,60	0,15	-0,43	0,01	33,88	18,55	1,28	0,38

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
Dec. Verde-amarillo	10	1,00	40	9,17	27,50	0,20	-0,53	0,06	35,70	18,22	3,10	0,05
Completa	1	1,00	4	0,92	50,00	1,00	21,97	0,86	27,00	18,30	-5,60	0,13
Punteado	9	1,00	36	8,26	25,00	0,11	-3,03	-0,03	36,67	18,21	4,07	0,04
Acíc. todas edades	5	3,60	20	4,59	48,00	0,00	19,97	-0,14	14,80	13,12	-17,80	-5,05
Comidos/perdidos	5	3,60	20	4,59	48,00	0,00	19,97	-0,14	14,80	13,12	-17,80	-5,05
Caída prematura	5	3,60	20	4,59	48,00	0,00	19,97	-0,14	14,80	13,12	-17,80	-5,05
RAMAS/BROTOS												
Brotos del año	128	1,01	512	100,00	26,76	0,14	-1,27	0,00	33,82	18,33	1,22	0,16
Rotura	102	1,01	408	93,58	26,62	0,14	-1,41	0,00	33,68	18,44	1,08	0,27
Muerto/moribundo	21	1,00	84	19,27	28,57	0,19	0,54	0,05	35,71	18,21	3,12	0,05
Aborto	5	1,00	20	4,59	22,00	0,00	-6,03	-0,14	28,80	16,68	-3,80	-1,49
Ramillos <2 cm	21	1,05	84	19,27	24,76	0,05	-3,27	-0,09	30,57	18,33	-2,02	0,16
Deformaciones	3	1,00	12	2,75	23,33	0,00	-4,70	-0,14	22,33	16,40	-10,26	-1,77
Tumores	3	1,00	12	2,75	23,33	0,00	-4,70	-0,14	22,33	16,40	-10,26	-1,77
Otros signos	10	1,10	40	9,17	24,50	0,00	-3,53	-0,14	38,10	19,86	5,50	1,69
Rotura	2	1,00	8	1,83	20,00	0,00	-8,03	-0,14	29,00	18,05	-3,60	-0,12
Muerto/moribundo	6	1,00	24	5,50	27,50	0,17	-0,53	0,03	22,67	16,85	-9,93	-1,32
Ramas 2-10 cm	19	1,11	76	17,43	25,26	0,16	-2,77	0,02	37,00	18,79	4,40	0,62
Deformaciones	1	1,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	31,00	19,10	-1,60	0,93
Escobas de bruja	1	1,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	31,00	19,10	-1,60	0,93
Otros signos	18	1,11	72	16,51	25,56	0,17	-2,47	0,03	37,33	18,77	4,74	0,60
Ramas tam. variable	5	1,80	20	4,59	30,00	0,20	1,97	0,06	39,40	20,58	6,80	2,41
Otros signos	5	1,80	20	4,59	30,00	0,20	1,97	0,06	39,40	20,58	6,80	2,41
Guía principal	8	2,63	32	7,34	36,88	0,25	8,85	0,11	34,13	19,40	1,53	1,23
Otros signos	8	2,63	32	7,34	36,88	0,25	8,85	0,11	34,13	19,40	1,53	1,23
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco en copa	11	2,27	44	10,09	23,64	0,00	-4,39	-0,14	37,55	18,92	4,95	0,75
Otros signos	11	2,27	44	10,09	23,64	0,00	-4,39	-0,14	37,55	18,92	4,95	0,75
Tronco	25	3,00	100	22,94	31,20	0,24	3,17	0,10	34,84	19,03	2,24	0,86
Deformaciones	3	1,33	12	2,75	43,33	0,67	15,30	0,53	46,33	21,73	13,74	3,56
Tumores	3	1,33	12	2,75	43,33	0,67	15,30	0,53	46,33	21,73	13,74	3,56
Otros signos	6	1,50	24	5,50	35,00	0,50	6,97	0,36	40,17	20,00	7,57	1,83
Heridas	2	3,00	8	1,83	20,00	0,00	-8,03	-0,14	26,50	15,75	-6,10	-2,42
Descortezamientos	1	1,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	21,00	15,00	-11,60	-3,17
Otras heridas	1	5,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	32,00	16,50	-0,60	-1,67
Resinosis	7	1,00	28	6,42	31,43	0,14	3,40	0,00	34,00	18,64	1,40	0,47
Inclinado	7	7,00	28	6,42	25,71	0,00	-2,32	-0,14	28,57	18,37	-4,02	0,20
Cuello raíz	2	1,50	8	1,83	22,50	0,00	-5,53	-0,14	38,50	15,55	5,90	-2,62
Deformaciones	1	2,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	19,00	13,30	-13,60	-4,87
Tumores	1	2,00	4	0,92	20,00	0,00	-8,03	-0,14	19,00	13,30	-13,60	-4,87
Signos hongos	1	1,00	4	0,92	25,00	0,00	-3,03	-0,14	58,00	17,80	25,40	-0,37
C.fructificación	1	1,00	4	0,92	25,00	0,00	-3,03	-0,14	58,00	17,80	25,40	-0,37

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	Picidae		Defoliadores		Perforadores		Chupadores		Minadores	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. antiguas	134			19	100,00			9	100,00	7	100,00
Comidos/perdidos	124			19	100,00					7	100,00
Agujero/Parc. comid.	19			19	100,00						
Minadas	7									7	100,00
Caída prematura	98										
Dec. Verde-amarillo	10							9	100,00		
Completa	1										
Punteado	9							9	100,00		
Acíc. todas edades	5										
Comidos/perdidos	5										
Caída prematura	5										
RAMAS/BROTES											
Brotos del año	128					21	100,00				
Rotura	102										
Muerto/moribundo	21					21	100,00				
Aborto	5										
Ramillos <2 cm	21										
Deformaciones	3										
Tumores	3										
Otros signos	10										
Rotura	2										
Muerto/moribundo	6										
Ramas 2-10 cm	19										
Deformaciones	1										
Escobas de bruja	1										
Otros signos	18										
Ramas tam. variab.	5										
Otros signos	5										
Guía principal	8										
Otros signos	8										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	11										
Otros signos	11										
Tronco	25	1	100,00								
Deformaciones	3										
Tumores	3										
Otros signos	6										
Heridas	2	1	100,00								
Descortezamientos	1										
Otras heridas	1	1	100,00								
Resinosis	7										
Inclinado	7										
Cuello raíz	2										
Deformaciones	1										
Tumores	1										
Signos hongos	1										
C.fructificación	1										

	N par	Hongos pudrición		Sequía		Granizo		Calor		Nieve/Hielo	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. antiguas	134			96	100,00			1	100,00		
Comidos/perdidos	124			96	100,00						
Agujero/Parc. comid.	19										
Minadas	7										
Caída prematura	98			96	100,00						
Dec. Verde-amarillo	10							1	100,00		
Completa	1							1	100,00		
Punteado	9										
Acíc. todas edades	5										
Comidos/perdidos	5										
Caída prematura	5										
RAMAS/BROTOS											
Brotos del año	128					101	100,00			1	33,33
Rotura	102					101	100,00			1	33,33
Muerto/moribundo	21										
Aborto	5										
Ramillos <2 cm	21									2	66,67
Deformaciones	3										
Tumores	3										
Otros signos	10										
Rotura	2									2	66,67
Muerto/moribundo	6										
Ramas 2-10 cm	19										
Deformaciones	1										
Escobas de bruja	1										
Otros signos	18										
Ramas tam. variab.	5										
Otros signos	5										
Guía principal	8										
Otros signos	8										
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	11										
Otros signos	11										
Tronco	25										
Deformaciones	3										
Tumores	3										
Otros signos	6										
Heridas	2										
Descortezamientos	1										
Otras heridas	1										
Resinosis	7										
Inclinado	7										
Cuello raíz	2	1	100,00								
Deformaciones	1										
Tumores	1										
Signos hongos	1	1	100,00								
C.fructificación	1	1	100,00								

	N par	Op. selvícolas		<i>Viscum album</i>		Falta luz		Inter.físicas		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. antiguas	134					2	18,18				
Comidos/perdidos	124					2	18,18				
Agujero/Parc. comid.	19										
Minadas	7										
Caída prematura	98					2	18,18				
Dec. Verde-amarillo	10										
Completa	1										
Punteado	9										
Acíc. todas edades	5					5	45,45				
Comidos/perdidos	5					5	45,45				
Caída prematura	5					5	45,45				
RAMAS/BROTOS											
Brotos del año	128									5	22,73
Rotura	102										
Muerto/moribundo	21										
Aborto	5									5	22,73
Ramillos <2 cm	21			10	17,24	4	36,36			5	22,73
Deformaciones	3									3	13,64
Tumores	3									3	13,64
Otros signos	10			10	17,24						
Rotura	2										
Muerto/moribundo	6					4	36,36			2	9,09
Ramas 2-10 cm	19			18	31,03					1	4,55
Deformaciones	1									1	4,55
Escobas de bruja	1									1	4,55
Otros signos	18			18	31,03						
Ramas tam. variab.	5			5	8,62						
Otros signos	5			5	8,62						
Guía principal	8			8	13,79						
Otros signos	8			8	13,79						
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco en copa	11			11	18,97						
Otros signos	11			11	18,97						
Tronco	25	1	100,00	6	10,34			7	100,00	10	45,45
Deformaciones	3									3	13,64
Tumores	3									3	13,64
Otros signos	6			6	10,34						
Heridas	2	1	100,00								
Descortezamientos	1	1	100,00								
Otras heridas	1										
Resinosis	7									7	31,82
Inclinado	7							7	100,00		
Cuello raíz	2									1	4,55
Deformaciones	1									1	4,55
Tumores	1									1	4,55
Signos hongos	1										
C.fructificación	1										

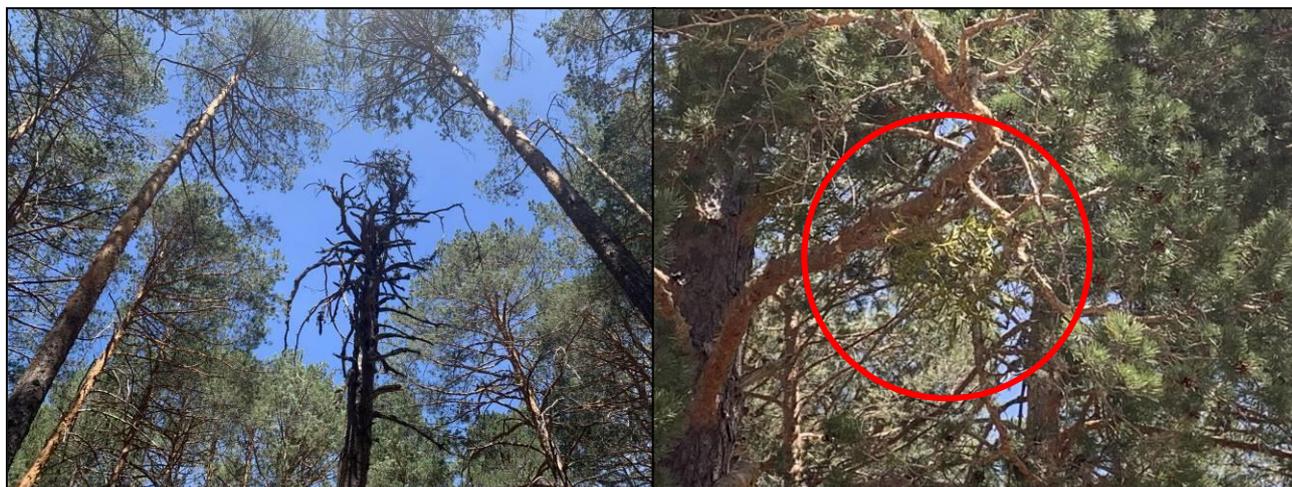
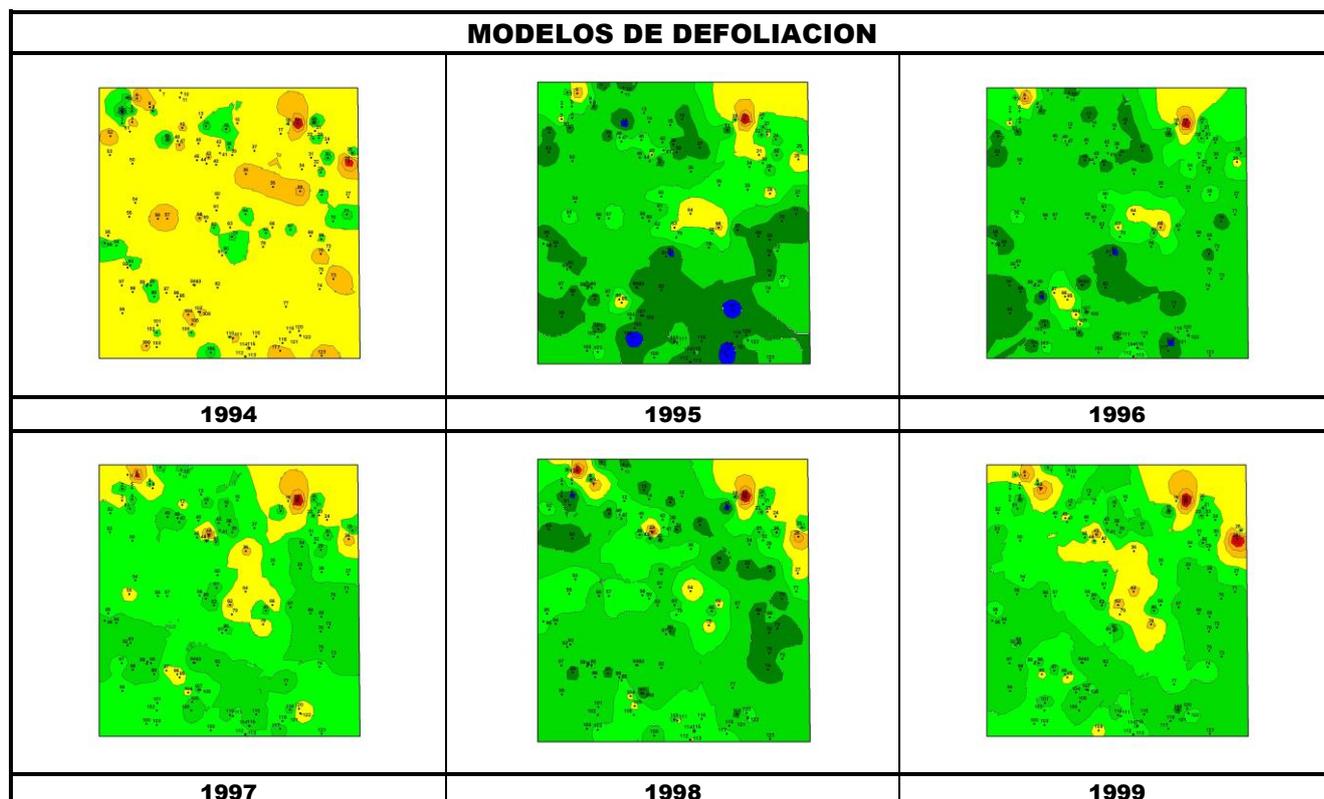
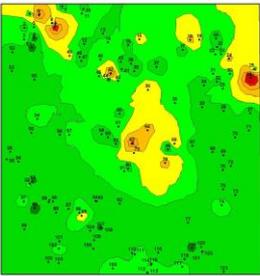
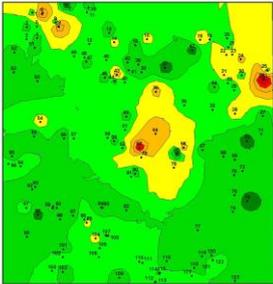
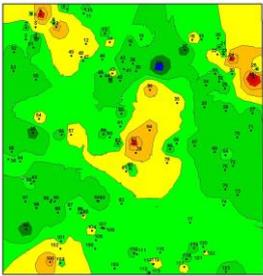
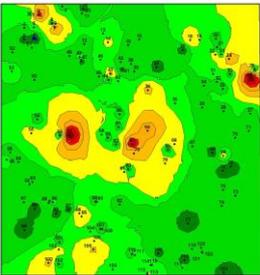
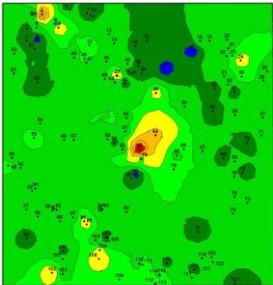
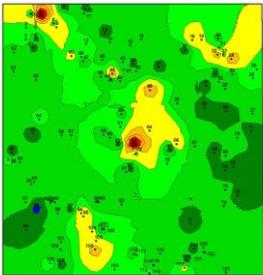
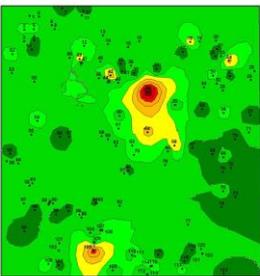
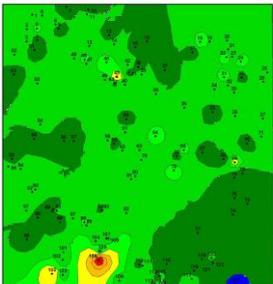
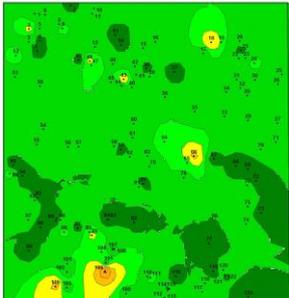
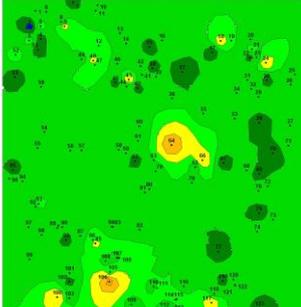
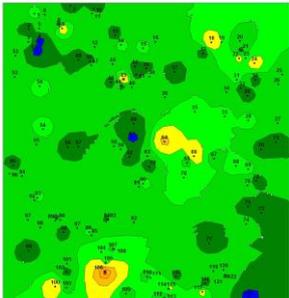
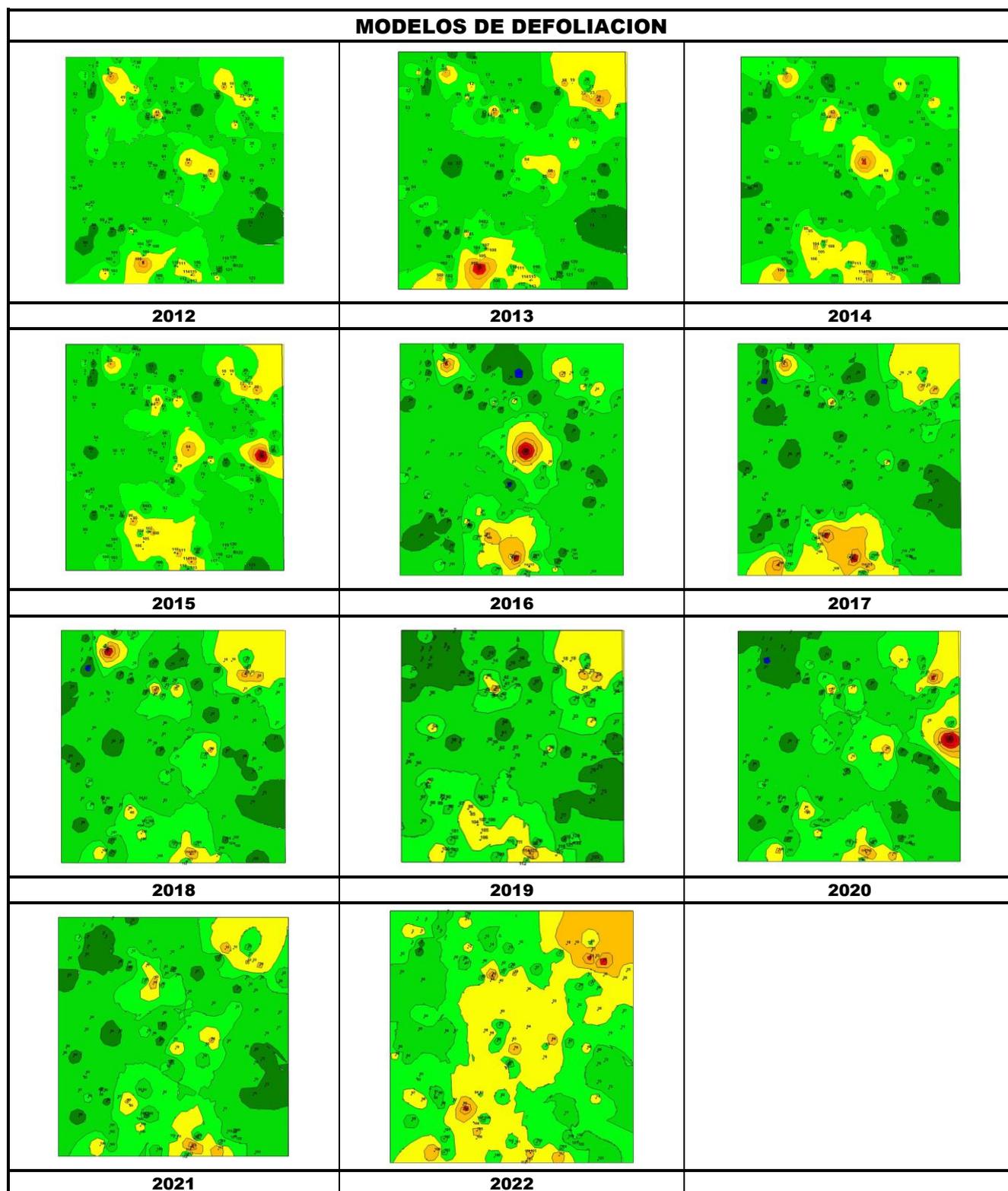


FIG 6.: Daños por *Cronartium flaccidum*. Rama colonizada por el muérdago.



MODELOS DE DEFOLIACION		
		
2000	2001	2002
		
2003	2004	2005
		
2006	2007	2008
		
2009	2010	2011



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

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

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

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

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

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

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



4. Instrumentación.

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

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

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



FIG 7: Parcela interior. Acumuladores de deposición. Captador de desfonde. Sonda de humedad. Pluviómetro. Caja de lisímetros. Dialdendro

5. Deposición atmosférica.

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

La deposición atmosférica total consta de tres componentes:

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

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

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

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

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

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

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

Variable	Descripción	Valores de referencia RTSAP (*)
pH	Medida de la acidez o basicidad. Se considera lluvia ácida con valores $\leq 5,65$.	6,5 – 9,5
Conductividad	Índice de la presencia general de solutos en el agua.	$\leq 2.500 \mu\text{S/cm}$
Calcio	Elementos que se encuentran en el agua de lluvia debido fundamentalmente a su origen terrígeno, al formar parte de la mayoría de los suelos, especialmente en zonas de terreno calizo.	n.d
Magnesio		n.d
Potasio		n.d
Sodio		200 mg/l
Cloro	Elementos de origen marino, dependiendo su presencia de la distancia a la línea de costa. Papel tóxico en la vegetación	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.

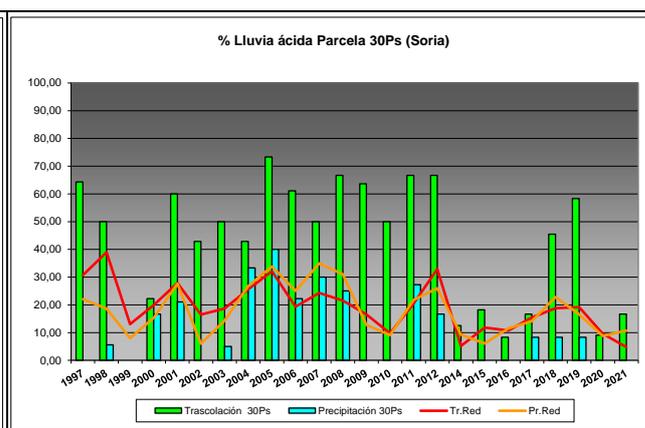
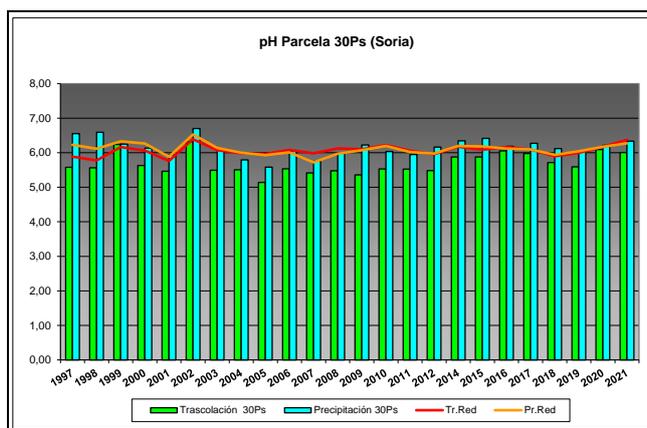
Se caracteriza a continuación la deposición atmosférica en la parcela 30Ps, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la series histórica estudiada, haciendo la salvedad de que se trata de años completos, a excepción de los años 1997 (mayo-diciembre); 2012 (enero-julio) y 2014 (abril-diciembre), por lo que caben ciertas anomalías.

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

5.1. pH.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997	5,58	64,29	559	6,55	0,00	687	5,89	6,23
1998	5,56	50,00	553	6,59	5,56	595	5,78	6,12
1999	6,24	0,00	685	6,25	0,00	957	6,16	6,33
2000	5,63	22,22	687	6,13	16,67	961	6,06	6,27
2001	5,46	60,00	598	5,94	21,05	802	5,76	5,88
2002	6,32	42,86	676	6,70	0,00	872	6,39	6,53
2003	5,49	50,00	796	6,08	5,00	941	6,07	6,14
2004	5,50	42,86	502	5,79	33,33	622	5,99	6,00
2005	5,14	73,33	257	5,58	40,00	354	5,96	5,93
2006	5,53	61,11	602	6,04	22,22	816	6,08	6,01
2007	5,42	50,00	448	5,75	30,00	663	5,98	5,72
2008	5,48	66,67	719	5,99	25,00	946	6,12	5,97
2009	5,36	63,64	404	6,22	0,00	582	6,10	6,07
2010	5,53	50,00	908	6,03	0,00	1196	6,22	6,19
2011	5,52	66,67	468	5,95	27,27	643	6,06	6,02
2012	5,48	66,67	169	6,16	16,67	261	5,96	5,98
2014	5,87	12,50	397	6,34	0,00	528	6,17	6,20
2015	5,88	18,18	418	6,42	0,00	585	6,08	6,18
2016	6,05	8,33	541	6,19	0,00	907	6,16	6,12
2017	5,98	16,67	426	6,27	8,33	655	6,09	6,10
2018	5,71	45,45	609	6,12	8,33	1010	5,89	5,94
2019	5,59	58,33	552	6,06	8,33	796	5,99	6,04
2020	6,09	9,09	567	6,22	0,00	865	6,17	6,17
2021	6,01	16,67	552	6,33	0,00	868	6,37	6,27
Media	5,68	42,31	546	6,15	11,16	755	6,06	6,10



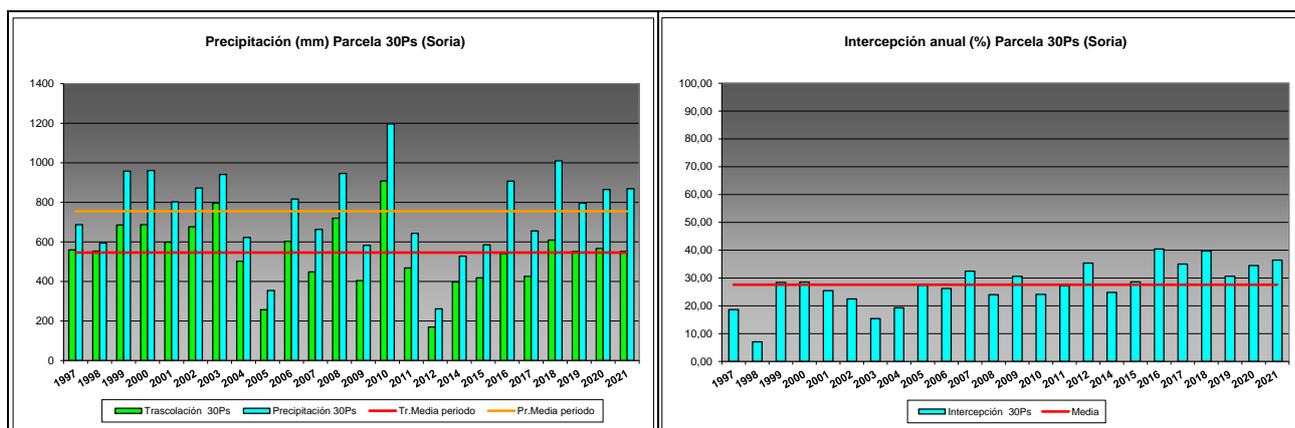


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

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

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

Año	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	13,11		559	52,99		687	25,52	22,05
1998	20,24		553	52,97		595	29,37	22,53
1999	19,60		685	16,99		957	33,18	19,89
2000	23,99		687	26,10		961	35,34	22,06
2001	13,03		598	8,63		802	27,99	15,78
2002	34,56		676	25,96		872	48,98	30,11
2003	18,19		796	20,76		941	45,96	25,07
2004	44,74		502	41,62		622	62,42	37,00
2005	34,83		257	25,18		354	65,42	30,19
2006	32,96		602	25,51		816	61,52	28,60
2007	32,23		448	24,34		663	49,85	28,88
2008	19,04		719	11,70		946	46,65	22,88
2009	26,23		404	14,03		582	49,43	20,10
2010	15,99		908	9,14		1196	44,44	15,09
2011	22,84		468	10,26		643	51,36	19,04
2012	24,29		169	9,10		261	53,38	20,50
2014	30,55		397	12,53		528	33,76	15,23
2015	25,96		418	11,61		585	45,28	18,25
2016	31,03		541	12,57		907	47,39	15,22
2017	26,09		426	10,44		655	56,13	18,87
2018	21,50		609	9,39		1010	38,75	16,20
2019	31,58		552	14,82		796	74,16	28,49
2020	24,95		567	12,15		865	46,43	20,40
2021	24,22		552	16,07		868	40,51	22,14
Media	25,49		546	19,79		755	46,38	22,27

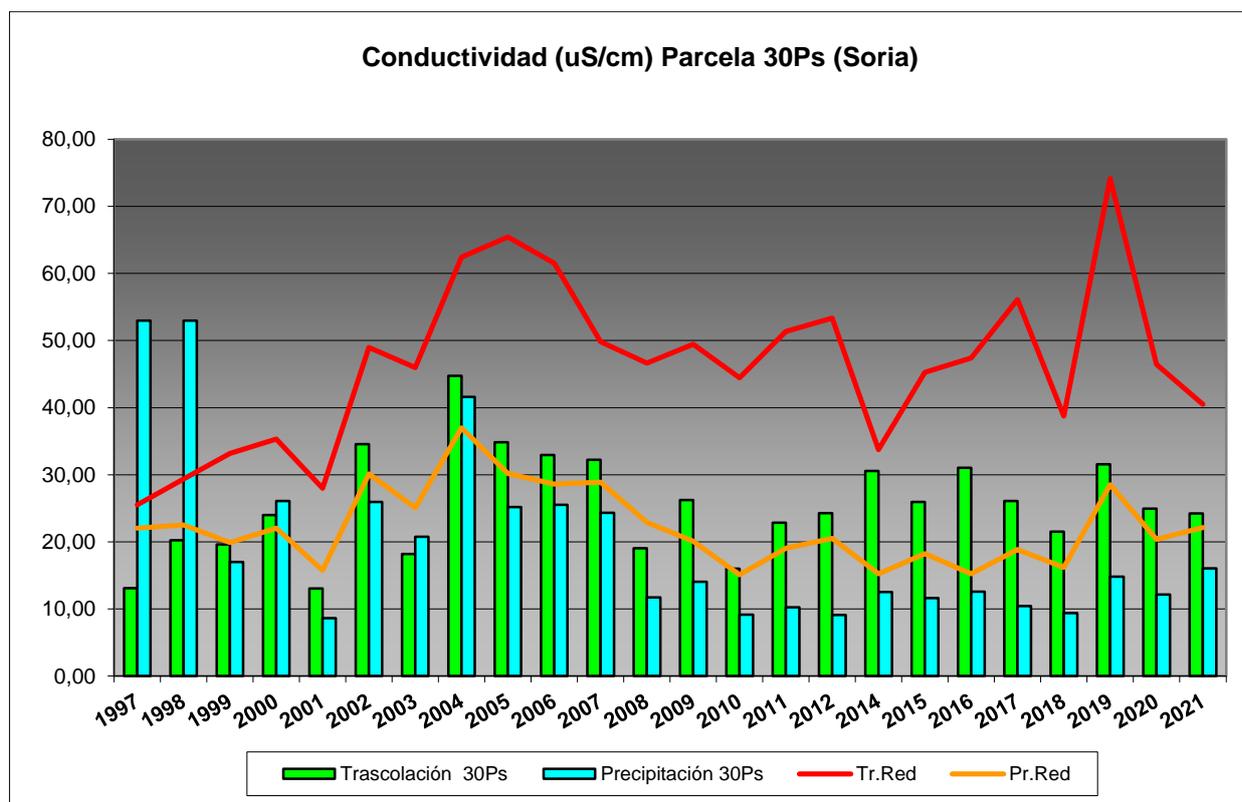


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

5.3. Potasio.

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

Año	Trascolución (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	1,16	6,48	559	1,70	11,67	687	-5,19	7,33	5,18
1998	3,79	20,94	553	3,70	22,00	595	-1,06	19,45	13,28
1999	2,46	16,82	685	1,48	14,13	957	2,69	17,99	11,86
2000	3,15	21,65	687	2,41	23,20	961	-1,54	22,33	15,28
2001	1,42	8,51	598	0,68	5,48	802	3,04	16,00	9,92
2002	2,54	17,18	676	0,90	7,89	872	9,29	19,36	7,73
2003	1,28	10,16	796	0,49	4,66	941	5,51	12,93	3,83
2004	3,03	15,20	502	0,67	4,17	622	11,03	16,14	4,88
2005	2,99	7,69	257	1,41	4,99	354	2,70	12,47	5,15
2006	2,82	16,98	602	1,26	10,31	816	6,67	19,14	9,86
2007	3,44	15,40	448	1,40	9,31	663	6,09	20,44	7,92
2008	2,49	17,94	719	0,79	7,51	946	10,43	22,97	6,57
2009	2,72	11,01	404	0,48	2,81	582	8,20	18,05	4,28
2010	1,60	14,53	908	0,37	4,38	1196	10,15	21,96	3,59
2011	2,00	9,37	468	0,27	1,75	643	7,62	18,92	5,75
2012	0,72	1,22	169	0,16	0,42	261	0,80	2,99	0,92
2014	3,77	14,98	397	0,19	0,99	528	13,99	11,97	1,60
2015	4,16	17,37	418	0,29	1,67	585	15,70	18,33	4,20
2016	2,42	13,10	541	0,19	1,74	907	11,35	19,15	2,17

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2017	4,49	19,14	426	0,21	1,36	655	17,78	16,19	1,94
2018	2,62	15,95	609	0,19	1,92	1010	14,03	17,14	2,96
2019	3,17	17,49	552	0,26	2,06	796	15,43	17,04	3,33
2020	2,98	16,91	567	0,16	1,40	865	15,50	22,26	2,32
2021	3,36	18,56	552	1,40	2,38	868	16,18	15,69	1,94
Media	2,69	14,36	546	0,88	6,17	755	8,18	16,93	5,69

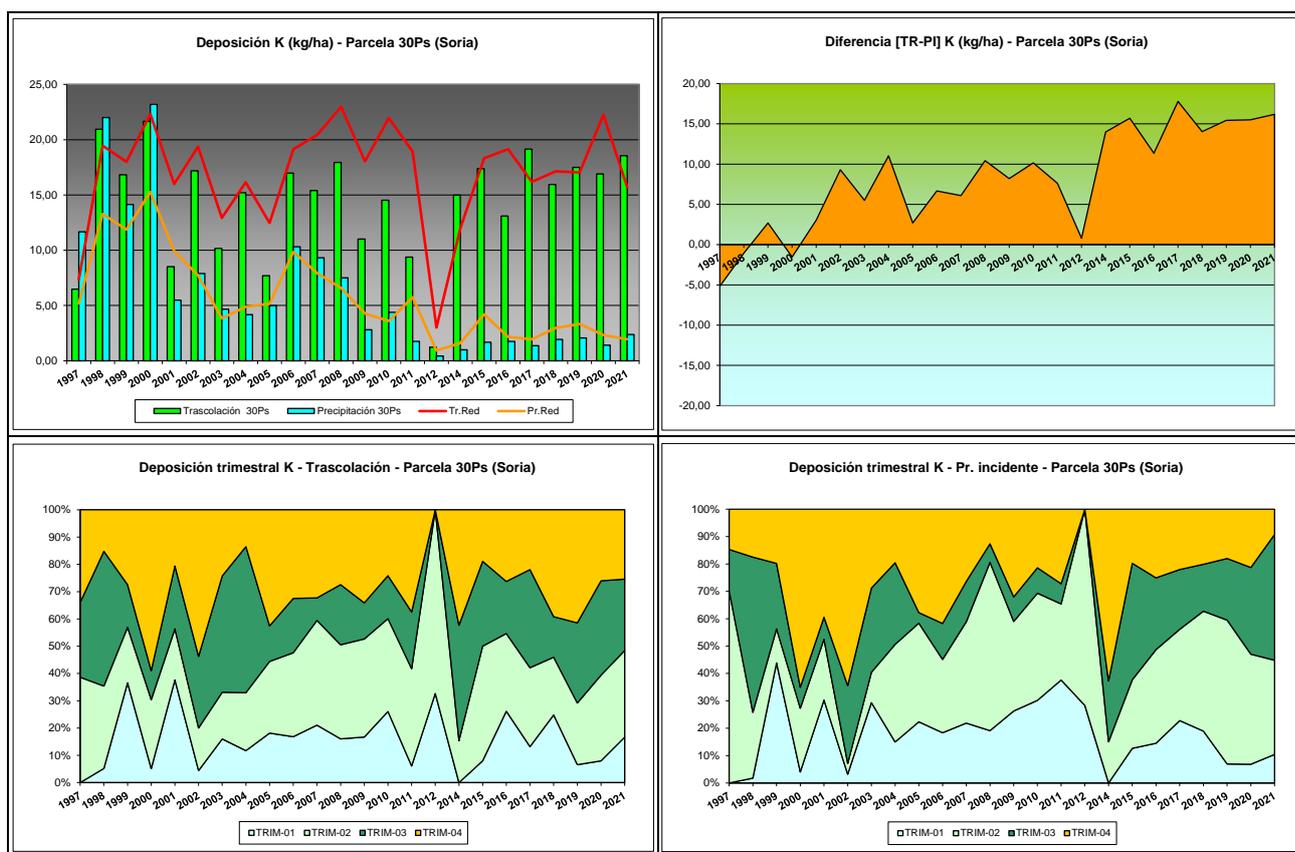


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.4. Calcio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,91	5,11	559	1,33	9,16	687	-4,05	7,29	5,16
1998	0,78	4,33	553	0,88	5,21	595	-0,87	6,91	4,05
1999	0,92	6,33	685	0,69	6,57	957	-0,24	10,77	6,68
2000	1,22	8,36	687	0,50	4,82	961	3,54	10,94	7,70
2001	0,67	4,03	598	0,37	2,96	802	1,07	8,58	6,22
2002	1,35	9,16	676	1,00	8,73	872	0,43	12,23	9,40

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	2,84	22,62	796	3,66	34,47	941	-11,85	23,45	26,64
2004	3,33	16,69	502	4,81	29,91	622	-13,22	18,95	20,04
2005	2,09	5,37	257	2,02	7,15	354	-1,78	11,17	9,81
2006	2,06	12,40	602	1,96	15,99	816	-3,60	17,51	16,49
2007	2,00	8,96	448	1,83	12,11	663	-3,15	18,16	14,99
2008	1,13	8,12	719	0,80	7,57	946	0,55	14,94	12,47
2009	1,58	6,37	404	1,12	6,52	582	-0,16	10,43	6,81
2010	0,86	7,81	908	0,58	6,88	1196	0,93	11,50	7,59
2011	1,31	6,11	468	0,76	4,88	643	1,24	11,32	6,29
2012	0,78	1,31	169	0,45	1,17	261	0,14	3,22	2,60
2014	1,49	5,92	397	0,94	4,97	528	0,96	8,57	5,86
2015	2,45	10,24	418	1,50	8,75	585	1,48	15,19	12,39
2016	1,23	6,67	541	0,87	7,88	907	-1,21	14,34	8,83
2017	2,40	10,22	426	1,20	7,84	655	2,38	13,71	10,82
2018	1,26	7,66	609	0,84	8,43	1010	-0,77	13,15	9,58
2019	1,53	8,45	552	1,24	9,89	796	-1,44	18,41	13,57
2020	1,30	7,35	567	0,92	7,91	865	-0,56	21,83	11,67
2021	1,64	9,08	552	1,33	11,59	868	-2,51	13,31	19,20
Media	1,55	8,28	546	1,32	9,64	755	-1,36	13,16	10,62

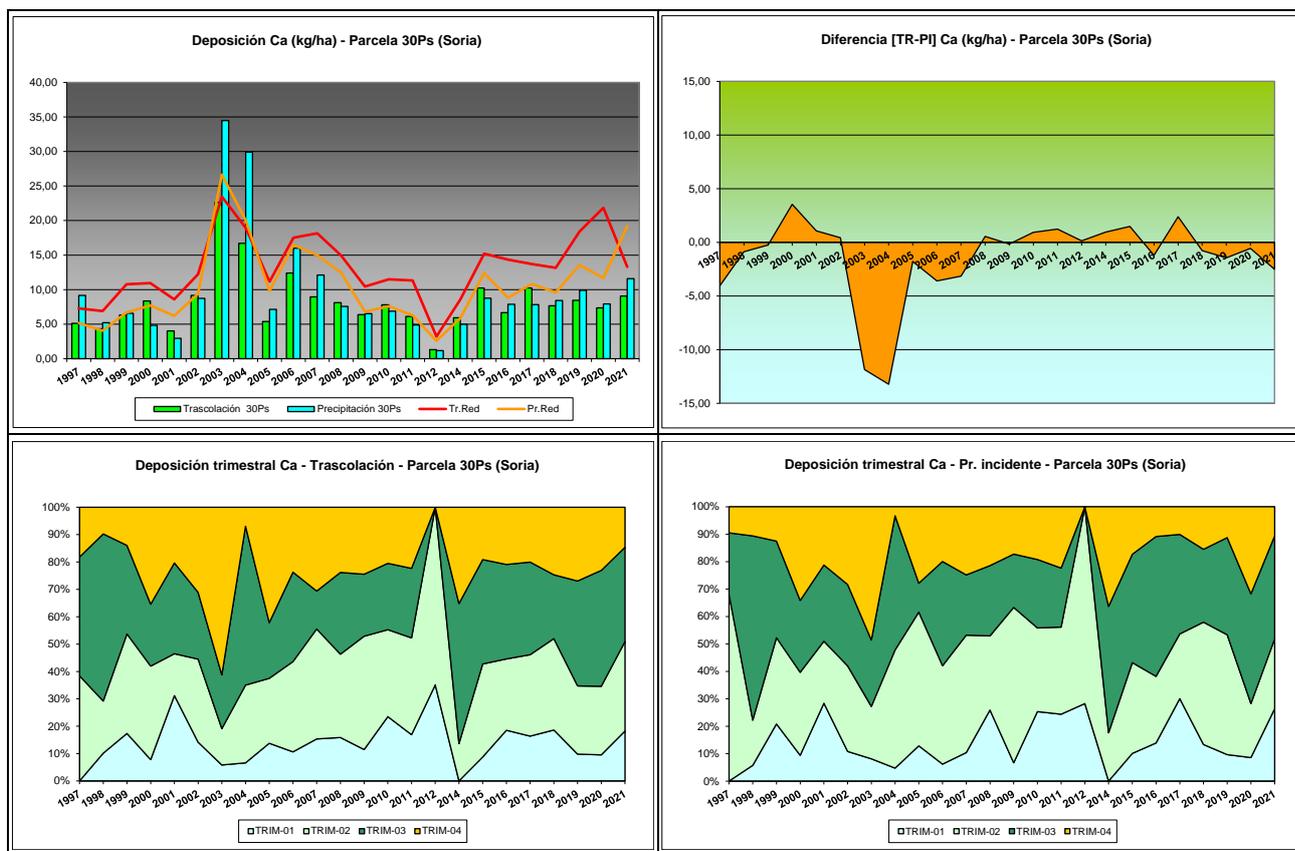
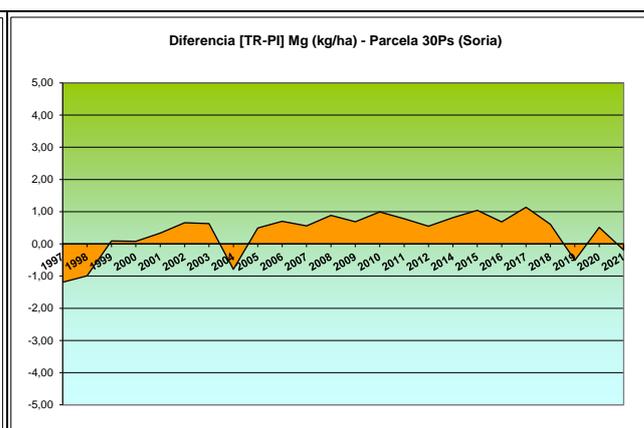
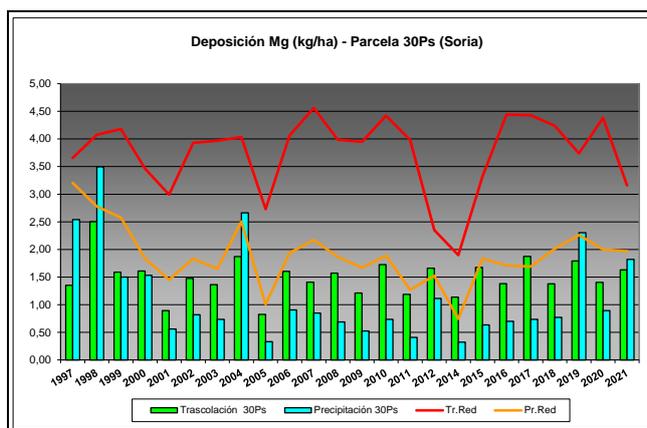


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.5. Magnesio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,24	1,35	559	0,37	2,54	687	-1,19	3,66	3,20
1998	0,45	2,50	553	0,59	3,49	595	-0,99	4,07	2,78
1999	0,23	1,59	685	0,16	1,50	957	0,09	4,18	2,58
2000	0,23	1,61	687	0,16	1,53	961	0,08	3,46	1,84
2001	0,15	0,89	598	0,07	0,56	802	0,33	2,99	1,45
2002	0,22	1,48	676	0,09	0,82	872	0,66	3,93	1,83
2003	0,17	1,36	796	0,08	0,73	941	0,63	3,97	1,65
2004	0,37	1,87	502	0,43	2,66	622	-0,79	4,03	2,51
2005	0,32	0,83	257	0,09	0,33	354	0,49	2,73	1,01
2006	0,27	1,61	602	0,11	0,91	816	0,70	4,06	1,94
2007	0,31	1,41	448	0,13	0,85	663	0,56	4,56	2,17
2008	0,22	1,57	719	0,07	0,69	946	0,88	3,99	1,87
2009	0,30	1,21	404	0,09	0,52	582	0,69	3,95	1,67
2010	0,19	1,73	908	0,06	0,74	1196	0,99	4,42	1,89
2011	0,25	1,19	468	0,06	0,41	643	0,78	3,98	1,27
2012	0,98	1,66	169	0,43	1,11	261	0,55	2,35	1,52
2014	0,29	1,14	397	0,06	0,32	528	0,81	1,90	0,75
2015	0,40	1,67	418	0,11	0,63	585	1,04	3,32	1,84
2016	0,26	1,38	541	0,08	0,70	907	0,68	4,44	1,71
2017	0,44	1,87	426	0,11	0,74	655	1,14	4,43	1,69
2018	0,23	1,38	609	0,08	0,77	1010	0,61	4,24	2,01
2019	0,32	1,79	552	0,29	2,30	796	-0,51	3,74	2,26
2020	0,25	1,40	567	0,10	0,89	865	0,51	4,38	2,00
2021	0,30	1,63	552	0,21	1,82	868	-0,19	3,16	1,97
Media	0,31	1,50	546	0,17	1,15	755	0,36	3,75	1,89



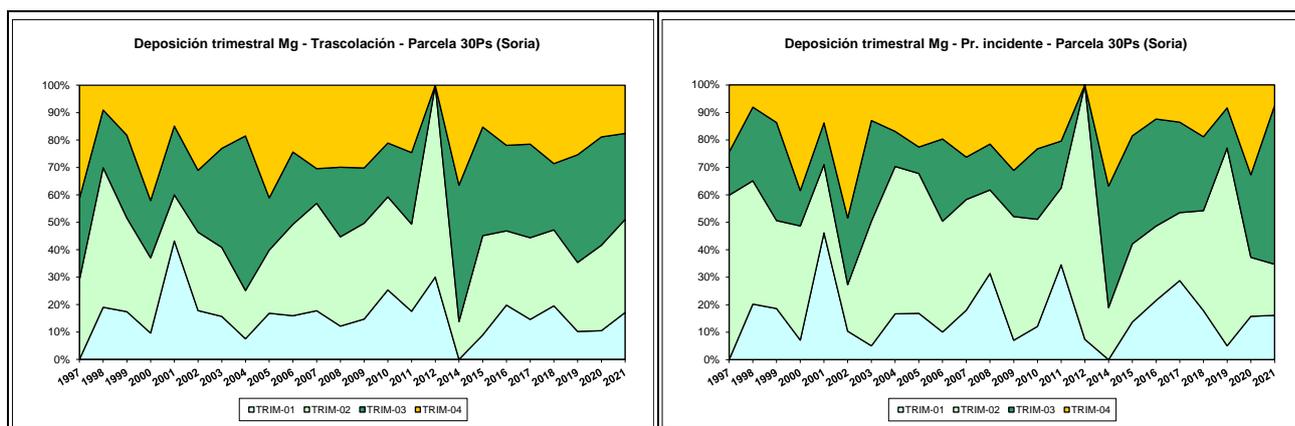


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.6. Sodio.

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

Año	Trascalación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,32	1,79	559	0,49	3,36	687	-1,57	6,07	6,65
1998	0,83	4,57	553	0,94	5,60	595	-1,03	11,74	10,50
1999	0,94	6,45	685	0,93	8,88	957	-2,43	19,31	13,85
2000	1,05	7,23	687	0,86	8,25	961	-1,02	18,12	13,02
2001	0,43	2,58	598	0,33	2,65	802	-0,07	18,38	12,14
2002	1,54	10,43	676	1,30	11,33	872	-0,90	28,50	18,75
2003	0,56	4,45	796	0,55	5,21	941	-0,76	22,49	12,86
2004	1,92	9,64	502	1,32	8,20	622	1,44	22,85	13,75
2005	0,88	2,27	257	0,62	2,18	354	0,08	14,42	7,16
2006	1,05	6,34	602	0,78	6,36	816	-0,02	24,17	16,07
2007	0,78	3,49	448	0,55	3,68	663	-0,19	23,14	14,21
2008	0,60	4,29	719	0,42	3,96	946	0,32	19,63	11,01
2009	0,70	2,82	404	0,54	3,13	582	-0,30	22,09	12,27
2010	0,61	5,52	908	0,44	5,31	1196	0,21	24,37	13,76
2011	0,95	4,42	468	0,17	1,11	643	3,31	20,72	5,97
2012	0,33	0,56	169	0,28	0,74	261	-0,18	4,35	2,86
2014	0,55	2,18	397	0,28	1,49	528	0,69	6,77	4,55
2015	0,74	3,09	418	0,46	2,71	585	0,38	15,27	11,59
2016	0,81	4,36	541	0,37	3,40	907	0,97	22,84	11,19
2017	1,03	4,40	426	0,38	2,52	655	1,88	19,35	10,47
2018	0,70	4,25	609	0,43	4,30	1010	-0,05	22,61	14,29
2019	1,19	6,56	552	0,62	4,91	796	1,65	19,32	13,98
2020	0,58	3,27	567	0,36	3,08	865	0,19	20,09	11,74
2021	0,63	3,45	552	1,03	8,99	868	-5,53	12,97	10,32
Media	0,82	4,52	546	0,60	4,64	755	-0,12	18,32	11,37

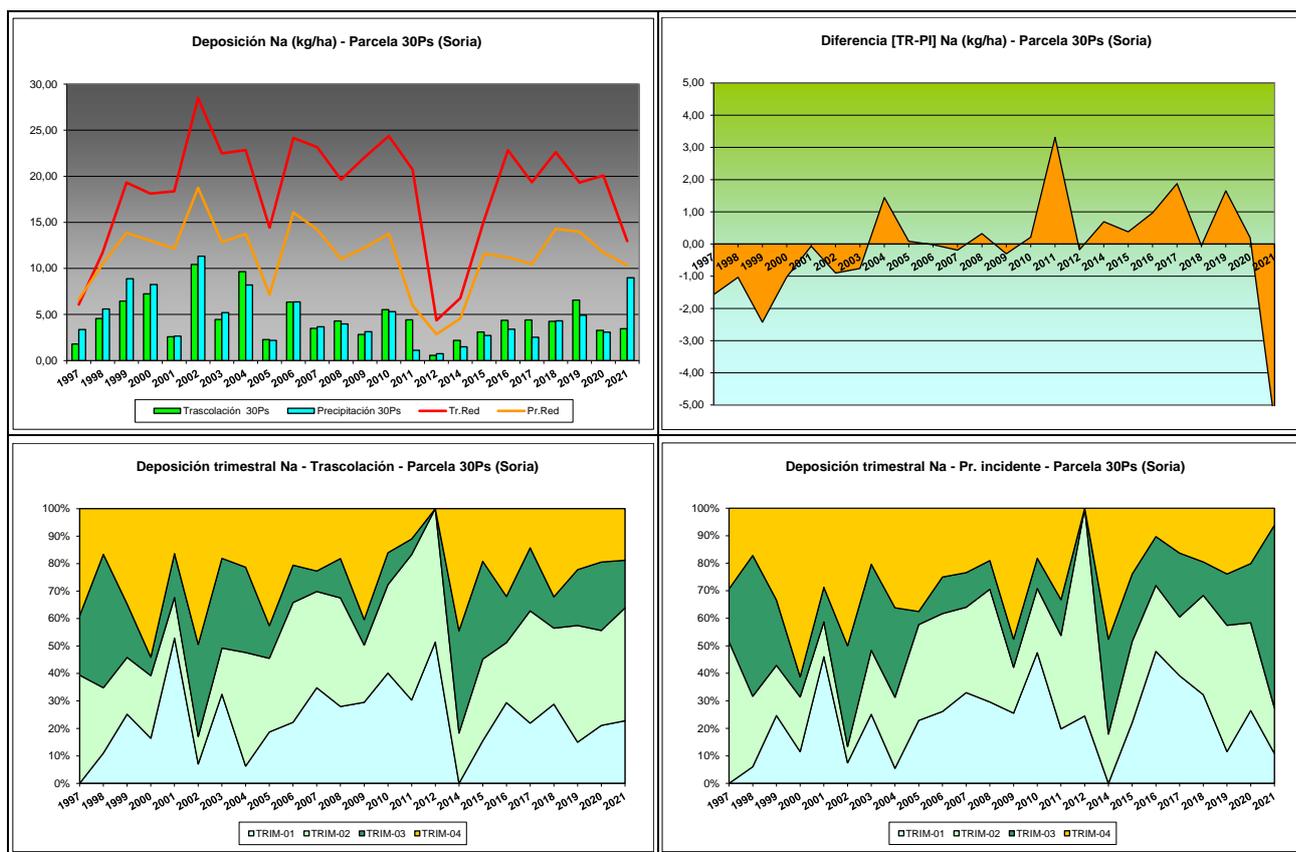


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

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	0,29	1,61	559	5,69	39,09	687	-37,48	1,81	8,19
1998	0,26	1,44	553	6,38	37,93	595	-36,49	2,24	8,36
1999	0,44	2,98	685	0,84	8,03	957	-5,05	2,71	3,66
2000	0,29	2,01	687	1,50	14,38	961	-12,37	2,48	4,26
2001	0,18	1,10	598	0,26	2,12	802	-1,01	1,86	1,82
2002	0,22	1,52	676	0,25	2,16	872	-0,64	2,43	2,91
2003	0,25	2,03	796	0,35	3,32	941	-1,29	3,06	3,10
2004	0,43	2,14	502	0,49	3,05	622	-0,90	4,12	3,23
2005	0,44	1,13	257	0,44	1,54	354	-0,42	2,41	1,80
2006	0,45	2,69	602	0,44	3,62	816	-0,93	3,62	3,05
2007	0,45	2,01	448	0,37	2,44	663	-0,43	3,53	3,58
2008	0,24	1,74	719	0,26	2,46	946	-0,72	2,91	2,62
2009	0,37	1,50	404	0,34	1,96	582	-0,46	2,73	1,82
2010	0,18	1,60	908	0,19	2,25	1196	-0,66	3,12	2,09
2011	0,64	2,98	468	0,51	3,25	643	-0,27	4,36	3,15
2012	0,89	1,50	169	0,68	1,77	261	-0,26	2,26	2,06
2014	0,71	2,80	397	0,75	3,97	528	-1,17	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	1,06	4,44	418	1,60	9,33	585	-4,89	5,30	6,04
2016	0,91	4,94	541	0,51	4,67	907	0,27	5,94	4,26
2017	0,33	1,41	426	0,17	1,11	655	0,29	2,40	1,52
2018	0,12	0,70	609	0,18	1,80	1010	-1,10	2,79	2,39
2019	0,10	0,56	552	0,19	1,49	796	-0,93	1,60	1,23
2020	0,40	2,26	567	0,27	2,31	865	-0,05	1,98	1,81
2021	0,24	1,33	552	0,25	2,14	868	-0,81	2,18	1,71
Media	0,41	2,02	546	0,95	6,51	755	-4,49	3,00	3,25

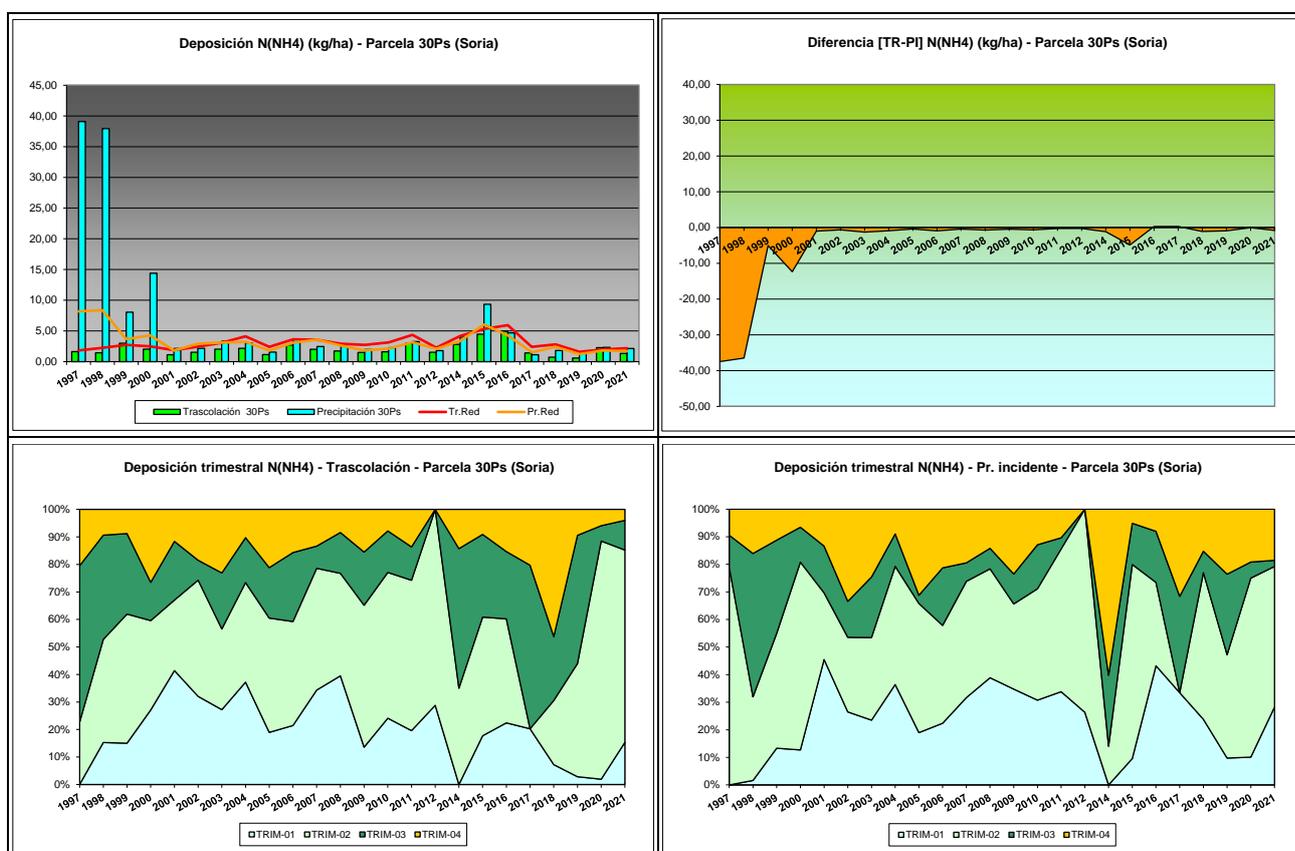


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

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	0,62	3,48	559	0,87	5,96	687	-2,48	10,88	10,93
1998	1,41	7,80	553	1,26	7,48	595	0,32	19,88	16,27
1999	1,41	9,67	685	1,11	10,59	957	-0,91	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	1,00	6,85	687	0,95	9,15	961	-2,30	28,62	15,70
2001	0,98	5,89	598	0,50	4,03	802	1,86	32,37	19,20
2002	1,89	12,80	676	1,36	11,89	872	0,91	44,79	24,88
2003	1,32	10,51	796	2,97	27,91	941	-17,41	39,97	31,89
2004	3,95	19,85	502	6,18	38,45	622	-18,60	47,45	37,43
2005	2,39	6,14	257	3,90	13,82	354	-7,67	28,61	21,76
2006	3,02	18,18	602	3,65	29,82	816	-11,64	49,90	41,76
2007	2,62	11,75	448	3,14	20,83	663	-9,09	45,78	37,79
2008	1,29	9,28	719	1,27	12,04	946	-2,76	40,90	30,60
2009	1,45	5,84	404	0,92	5,38	582	0,46	45,08	25,80
2010	0,93	8,47	908	0,76	9,11	1196	-0,64	41,17	21,32
2011	0,81	3,77	468	0,37	2,41	643	1,37	29,44	13,12
2012	1,49	2,51	169	0,30	0,79	261	1,72	11,34	5,87
2014	0,98	3,88	397	0,25	1,31	528	2,57	5,78	2,90
2015	1,22	5,11	418	0,47	2,76	585	2,35	24,25	15,25
2016	0,95	5,14	541	0,38	3,41	907	1,73	37,19	18,03
2017	1,30	5,55	426	0,47	3,09	655	2,46	29,16	15,38
2018	1,09	6,66	609	0,88	8,86	1010	-2,20	40,34	21,30
2019	1,23	6,81	552	0,51	4,09	796	2,73	29,98	1,87
2020	1,12	6,35	567	0,47	4,05	865	2,30	38,79	22,86
2021	1,07	5,91	552	1,59	13,78	868	-7,87	23,04	15,99
Media	1,48	7,84	546	1,44	10,46	755	-2,62	32,55	20,48

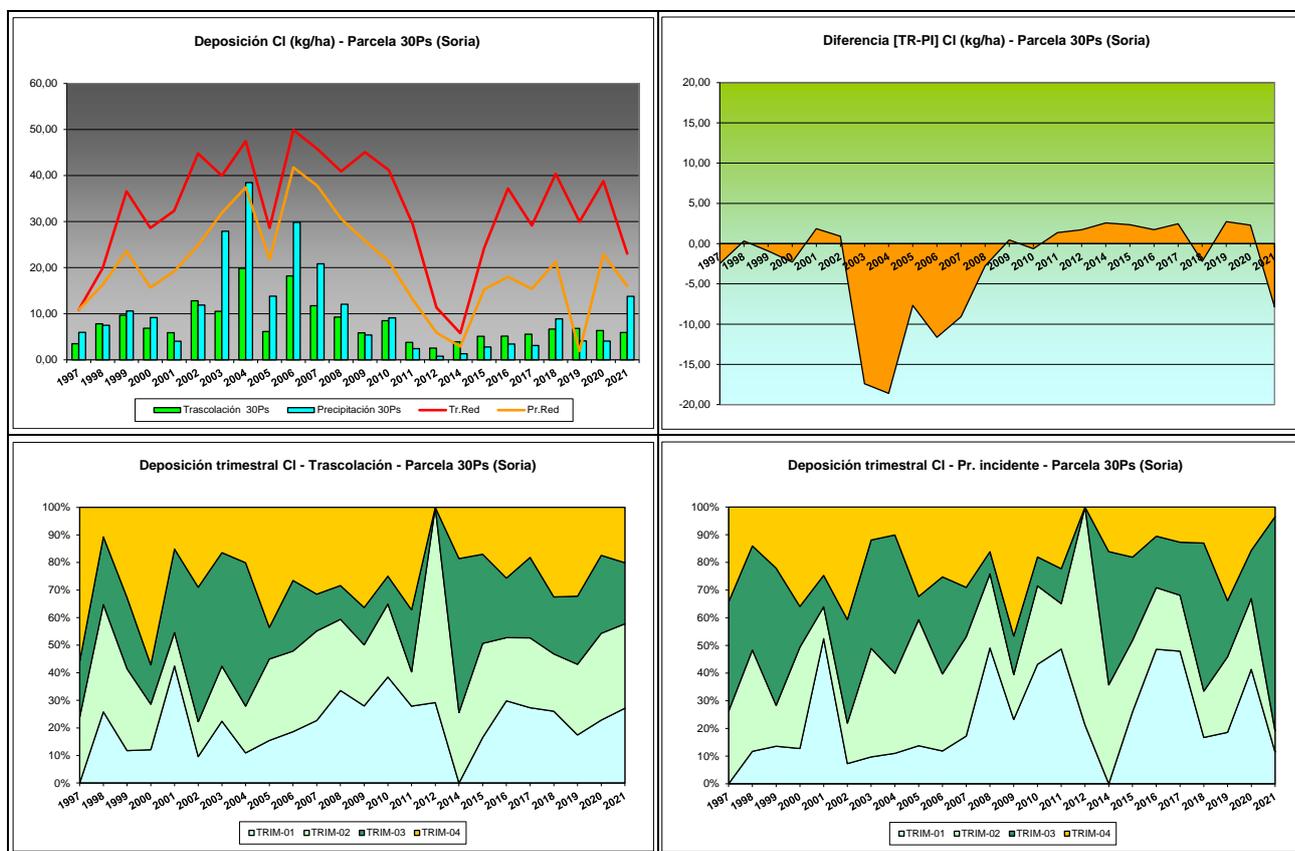
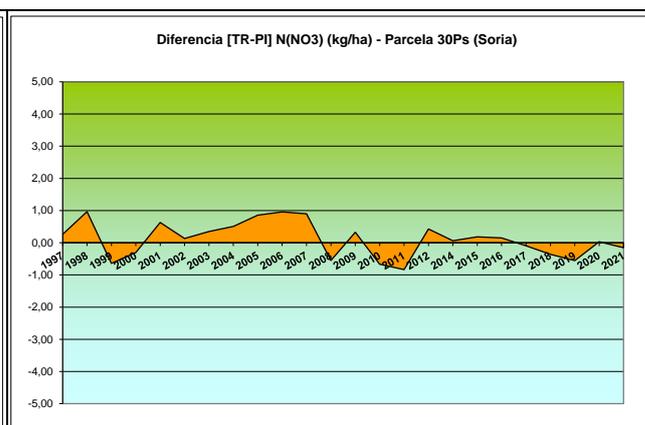
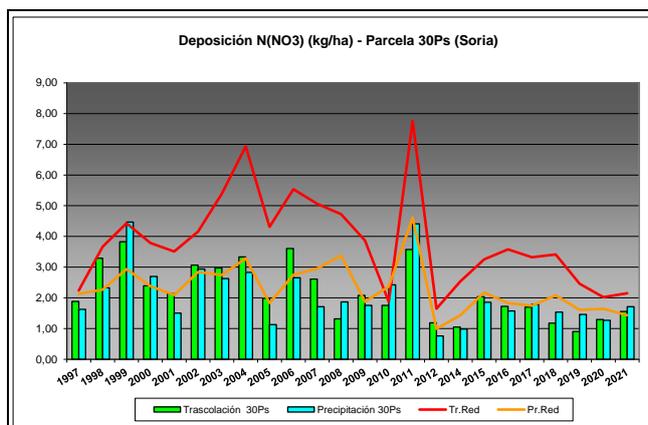


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

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	0,34	1,88	559	0,24	1,62	687	0,26	2,24	2,13
1998	0,60	3,29	553	0,39	2,33	595	0,97	3,67	2,27
1999	0,56	3,83	685	0,47	4,47	957	-0,64	4,43	2,94
2000	0,35	2,39	687	0,28	2,69	961	-0,31	3,79	2,38
2001	0,36	2,13	598	0,19	1,50	802	0,63	3,51	2,09
2002	0,45	3,07	676	0,34	2,93	872	0,13	4,15	2,84
2003	0,37	2,97	796	0,28	2,63	941	0,35	5,39	2,74
2004	0,66	3,33	502	0,45	2,83	622	0,51	6,93	3,28
2005	0,77	1,98	257	0,32	1,13	354	0,86	4,31	1,83
2006	0,60	3,61	602	0,32	2,65	816	0,96	5,54	2,75
2007	0,58	2,61	448	0,26	1,71	663	0,90	5,06	2,96
2008	0,18	1,31	719	0,20	1,87	946	-0,55	4,72	3,38
2009	0,51	2,08	404	0,30	1,75	582	0,33	3,87	1,87
2010	0,22	1,75	908	0,20	2,42	1196	-0,67	1,87	2,37
2011	0,76	3,58	468	0,69	4,41	643	-0,84	7,76	4,61
2012	0,70	1,18	169	0,29	0,76	261	0,43	1,65	0,99
2014	0,26	1,05	397	0,19	0,98	528	0,06	2,54	1,43
2015	0,49	2,03	418	0,32	1,85	585	0,18	3,25	2,17
2016	0,32	1,72	541	0,17	1,57	907	0,15	3,58	1,83
2017	0,40	1,69	426	0,27	1,79	655	-0,09	3,32	1,74
2018	0,19	1,17	609	0,15	1,53	1010	-0,36	3,41	2,08
2019	0,16	0,90	552	0,18	1,46	796	-0,56	2,46	1,61
2020	0,23	1,29	567	0,15	1,26	865	0,03	2,02	1,64
2021	0,28	1,55	552	0,20	1,71	868	-0,15	2,15	1,43
Media	0,43	2,18	546	0,28	2,08	755	0,11	3,82	2,31



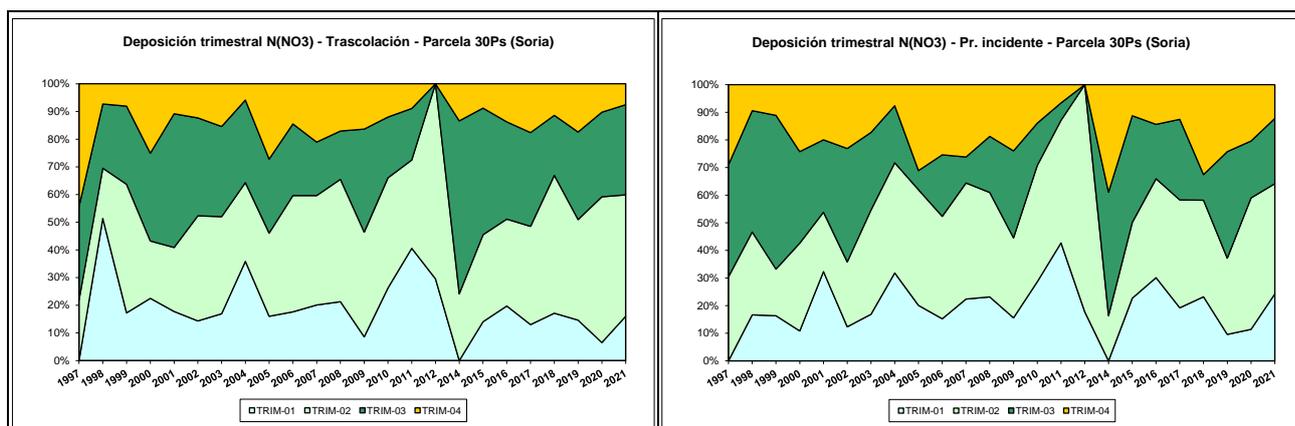


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

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	0,40	2,23	559	0,89	6,11	687	-3,88	3,00	3,70
1998	0,86	4,78	553	1,24	7,40	595	-2,62	5,81	5,79
1999	0,85	5,80	685	1,06	10,13	957	-4,33	7,17	6,35
2000	0,37	2,54	687	0,53	5,07	961	-2,53	6,42	4,57
2001	0,33	1,95	598	0,26	2,07	802	-0,13	5,68	4,11
2002	0,54	3,68	676	0,47	4,13	872	-0,45	7,73	6,07
2003	0,34	2,68	796	0,42	3,97	941	-1,30	6,85	4,80
2004	0,82	4,11	502	0,66	4,10	622	0,00	8,72	5,84
2005	0,54	1,38	257	0,45	1,58	354	-0,21	4,69	3,12
2006	0,49	2,94	602	0,41	3,36	816	-0,42	6,80	4,69
2007	0,55	2,46	448	0,40	2,67	663	-0,22	7,24	5,12
2008	0,30	2,16	719	0,22	2,04	946	0,12	4,49	2,61
2009	0,28	1,13	404	0,32	1,85	582	-0,72	4,67	3,32
2010	0,10	0,93	908	0,16	1,94	1196	-1,01	4,27	2,88
2011	0,31	1,45	468	0,45	2,92	643	-1,48	5,93	4,57
2012	0,29	0,50	169	0,22	0,57	261	-0,08	1,84	1,35
2014	0,20	0,79	397	0,24	1,26	528	-0,46	2,14	2,00
2015	0,32	1,35	418	0,24	1,39	585	-0,04	3,56	2,95
2016	0,29	1,55	541	0,19	1,74	907	-0,19	4,08	2,76
2017	0,35	1,49	426	0,29	1,91	655	-0,42	4,28	2,71
2018	0,19	1,17	609	0,22	2,20	1010	-1,03	4,28	3,39
2019	0,38	2,11	552	0,25	2,00	796	0,11	3,75	3,13
2020	0,18	1,00	567	0,16	1,41	865	-0,41	3,59	3,24
2021	0,21	1,17	552	0,26	2,24	868	-1,07	2,60	2,69
Media	0,40	2,14	546	0,42	3,09	755	-0,95	4,98	3,82

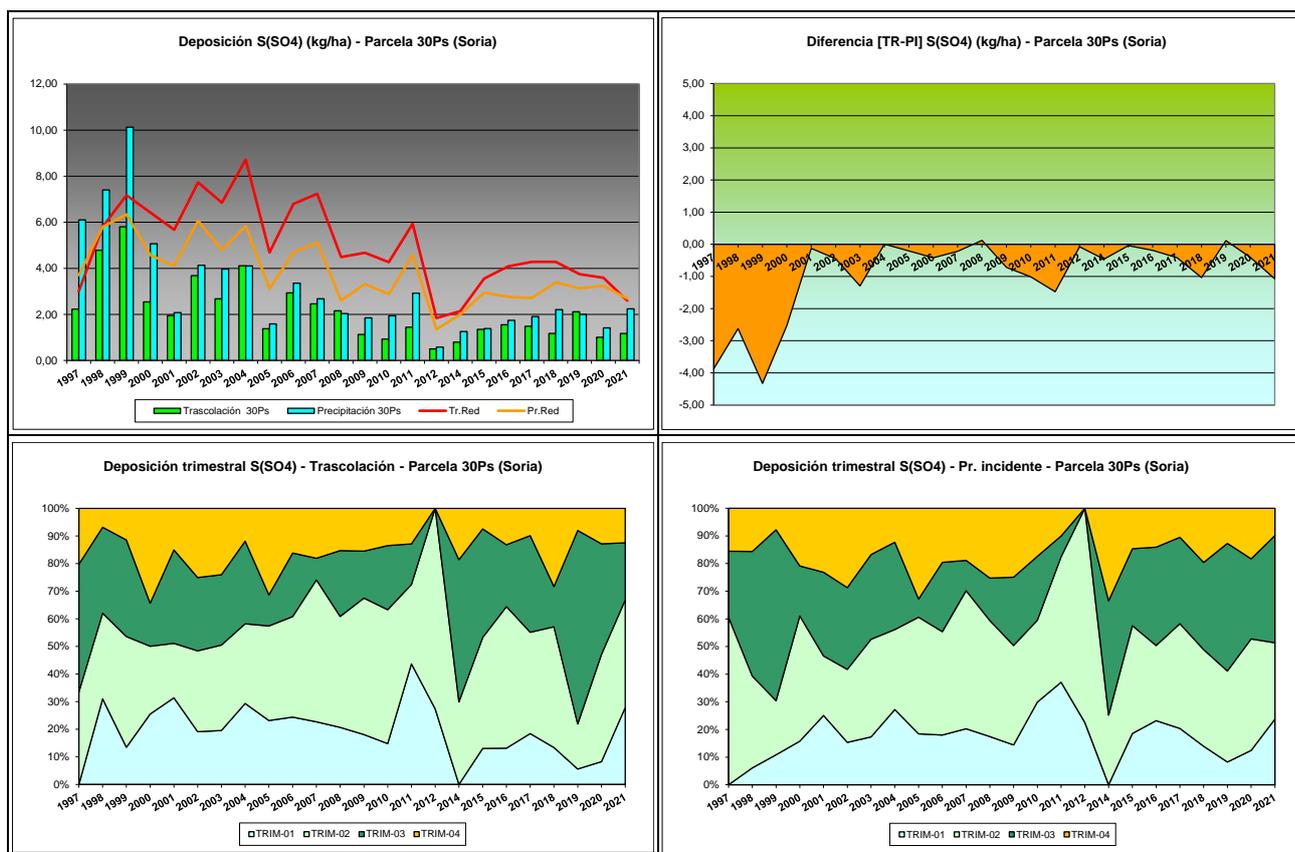


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, porcentaje de deposición por trimestres

5.11. Alcalinidad (µeq/l).

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

Año	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			559			687		
1998			553			595		
1999	331,32		685	242,58		957	258,14	255,59
2000	176,25		687	185,12		961	157,24	154,47
2001	40,86		598	37,68		802	76,17	54,64
2002	154,03		676	152,82		872	169,83	139,42
2003	3,69		796	5,51		941	21,95	10,18
2004	130,54		502	90,18		622	109,89	117,44
2005	30,35		257	36,34		354	76,86	45,33
2006	39,22		602	47,56		816	105,76	56,48
2007	27,07		448	37,73		663	59,09	37,75
2008	27,14		719	34,47		946	71,35	40,35
2009	32,46		404	51,70		582	68,62	36,01
2010	40,88		908	46,90		1196	86,39	49,13
2011	48,80		468	48,39		643	75,33	49,79
2012			169			261	19,53	10,46
2014	156,31		397	107,27		528	136,23	120,02

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
2015	192,16		418	99,52		585	114,70	71,81
2016	63,23		541	77,42		907	108,18	61,70
2017	344,00		426	42,86		655	132,93	56,84
2018	146,63		609	36,57		1010	94,72	48,11
2019	48,37		552	42,73		796	101,80	58,32
2020	68,78		567	33,24		865	86,06	49,71
2021	67,19		552	47,66		868	117,39	82,82
Media	103,30		546	71,63		755	102,19	73,02

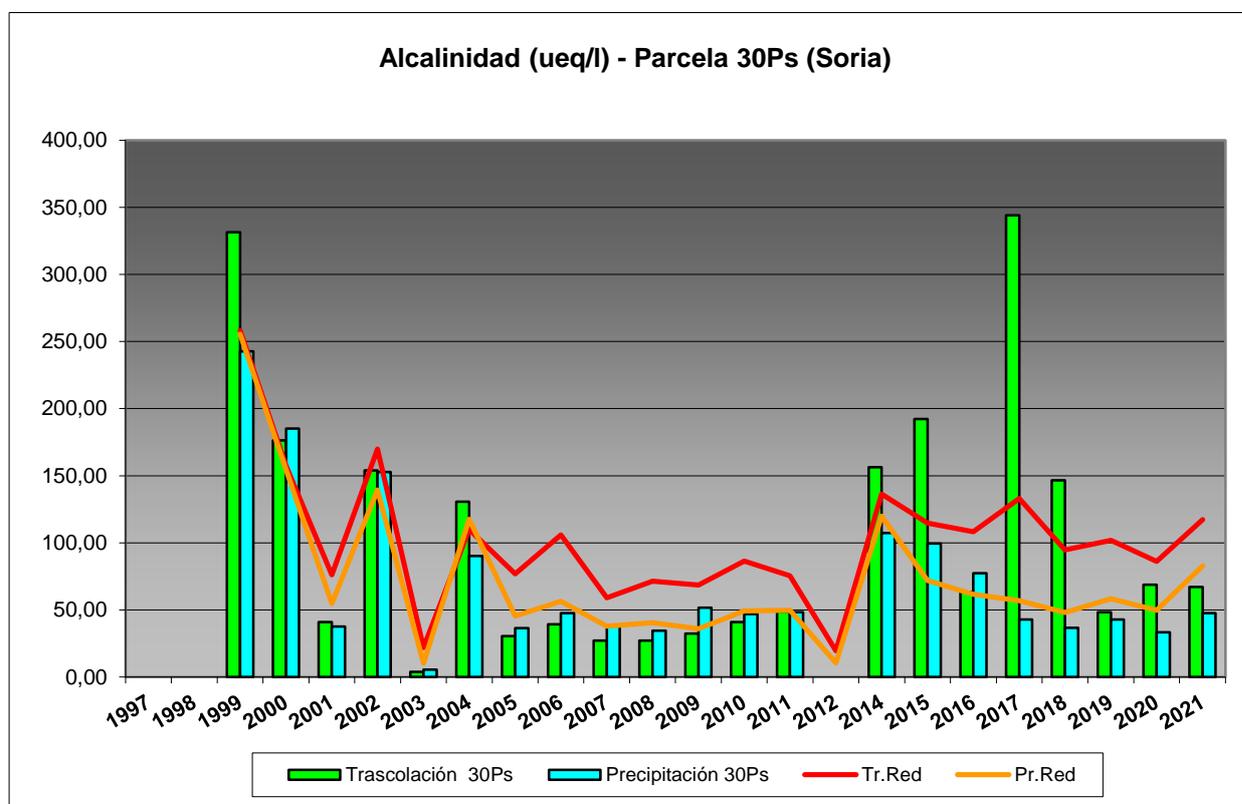


FIG 18: Variación temporal de la alcalinidad.

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			559			687			
1998			553			595			
1999	0,99	6,81	685	1,31	12,50	957	-5,69	7,14	6,59
2000	0,64	4,40	687	1,78	17,08	961	-12,67	6,27	6,64
2001	0,54	3,23	598	0,45	3,62	802	-0,39	5,37	3,91

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	0,68	4,59	676	0,58	5,10	872	-0,51	6,58	5,75
2003	0,63	5,00	796	0,63	5,95	941	-0,95	8,44	5,84
2004			502			622			
2005	1,22	3,13	257	0,75	2,66	354	0,47	4,96	2,97
2006	1,04	6,25	602	0,75	6,12	816	0,13	9,06	5,73
2007	1,02	4,59	448	0,64	4,27	663	0,32	8,53	6,45
2008			719			946			
2009			404			582			
2010			908			1196			
2011			468			643			
2012			169			261			
2014			397			528			
2015			418			585			
2016			541			907			
2017			426			655			
2018			609			1010			
2019			552			796			
2020	0,85	4,81	567	0,52	4,46	865	0,34	5,40	4,36
2021	0,92	5,10	552	0,65	5,67	868	-0,58	8,83	5,67
Media	0,85	4,79	546	0,81	6,74	755	-1,95	7,06	5,39

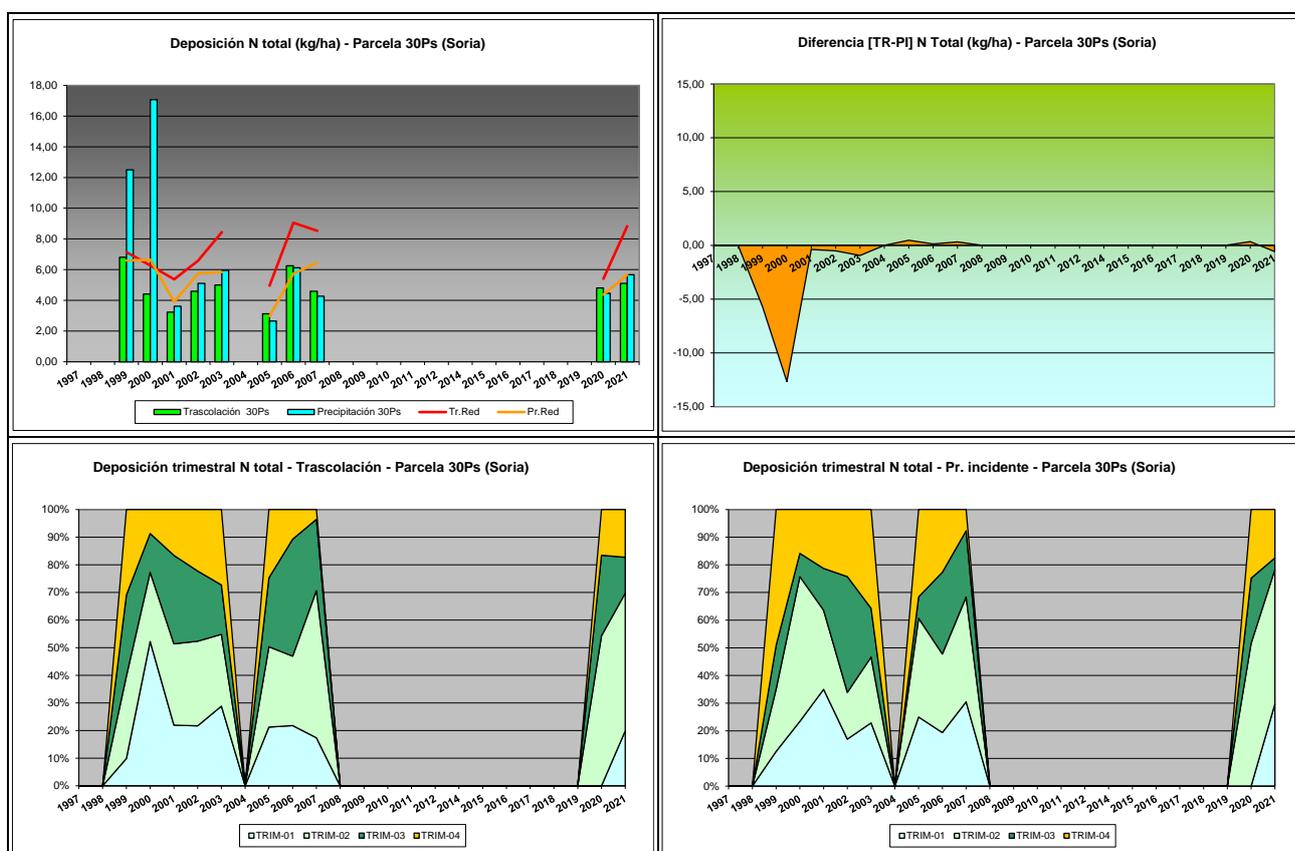


FIG 19: Variación temporal de deposición de Ntotal, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	37,77		567	54,27		865	54,88	57,75
2021	42,49		552	55,64		868	48,33	66,04
Media	40,13		560	54,95		867	51,61	61,90

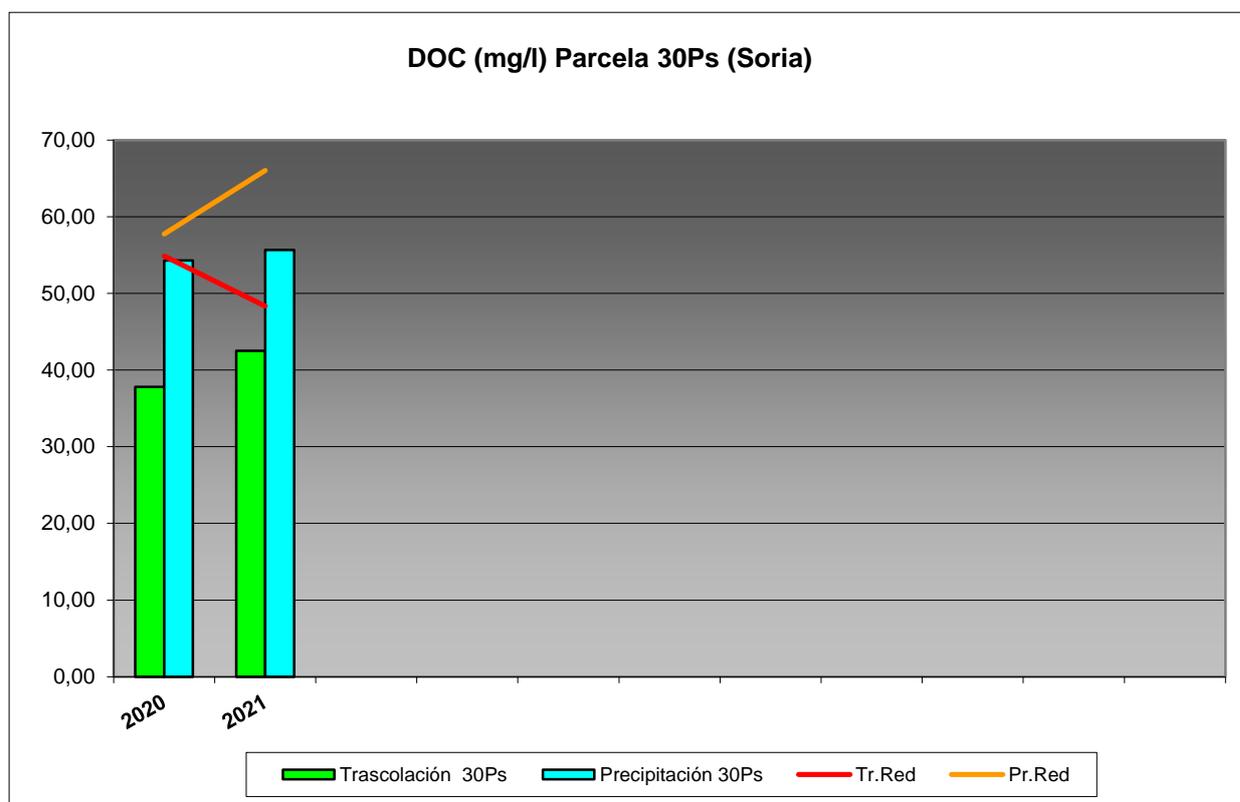


FIG 20: Variación temporal de DOC.

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	0,07	0,40	567	0,03	0,23	865	0,17	0,38	0,25
2021	0,09	0,47	552	0,02	0,19	868	0,28	0,28	0,19
Media	0,08	0,44	560	0,02	0,21	867	0,23	0,33	0,22

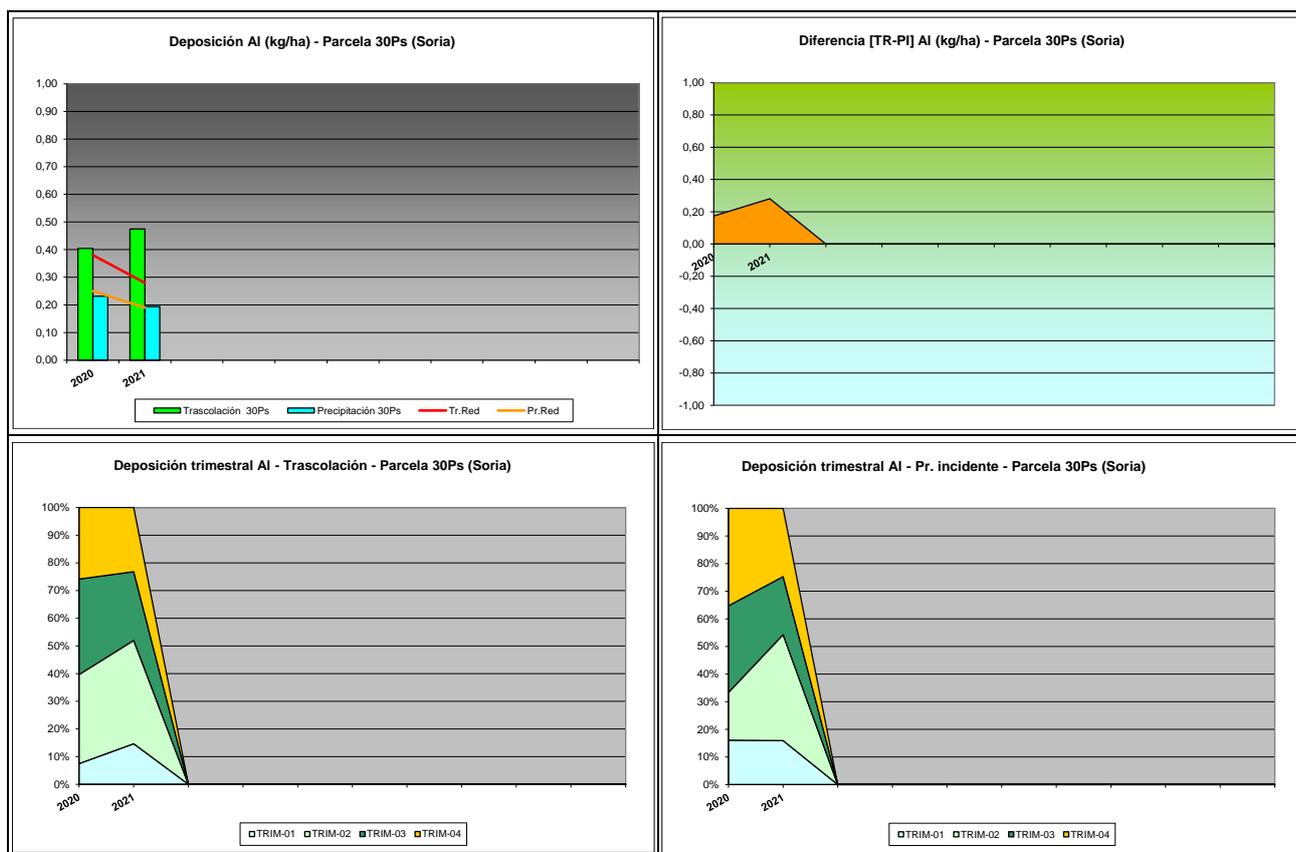


FIG 21: Variación temporal de deposición de Al, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	0,03	0,15	567	0,00	0,04	865	0,11	0,21	0,05
2021	0,04	0,20	552	0,01	0,05	868	0,15	0,17	0,04
Media	0,03	0,17	560	0,01	0,04	867	0,13	0,19	0,05

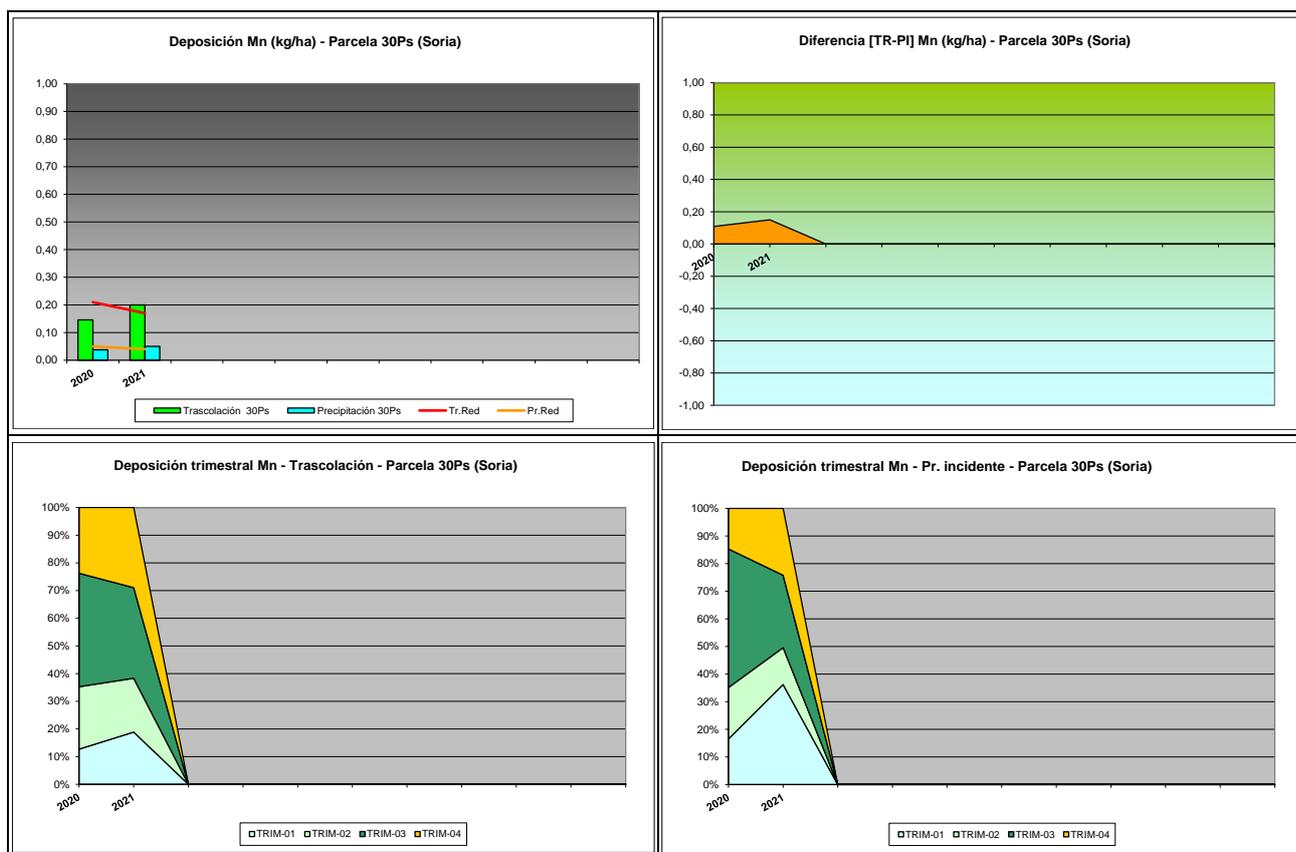


FIG 22: Variación temporal de deposición de Mn, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	Trasc. (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	0,13	567	0,01	0,09	865	0,03	0,15	0,08
2021	0,02	0,13	552	0,01	0,08	868	0,05	0,11	0,14
Media	0,02	0,13	560	0,01	0,09	867	0,04	0,13	0,11

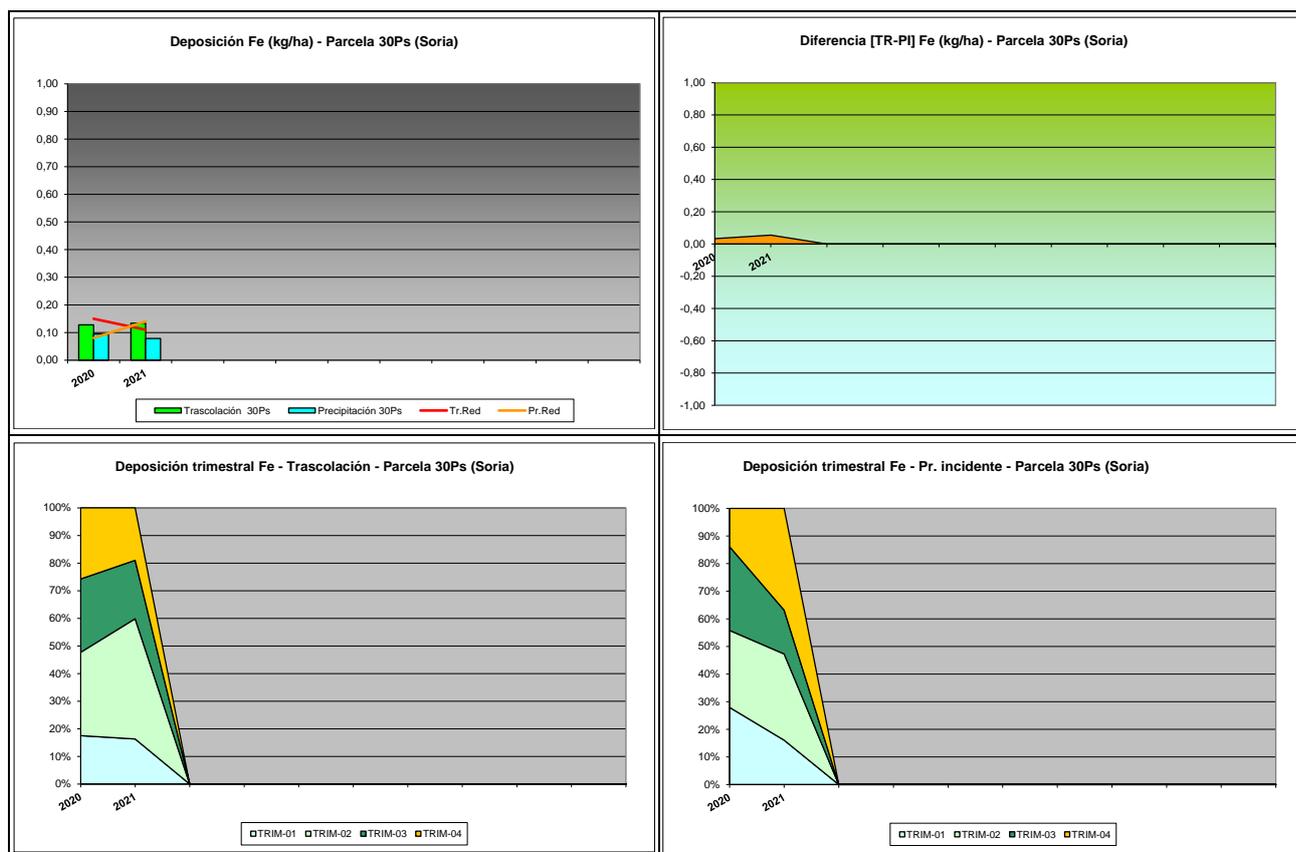


FIG 23: Variación temporal de deposición de Fe, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.17. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 30Ps, cabe destacar:

Se observa una acidificación en las muestras de trascolución, con **pH** por debajo del umbral de 5,65, mientras que los valores correspondientes a la precipitación incidente presentan un comportamiento más normal; siendo 2005 el año con resultados globales más adversos. Tras un periodo 2014-2017 en los que los episodios de lluvia ácida han sido anecdóticos, y tras la considerable acidificación de la precipitación bajo cubierta durante el bienio previo, apenas se advierten episodios durante la última revisión, en la línea de lo observado durante el periodo valle de 2015-2017, si bien aumentan ligeramente los episodios durante el último año. Durante los últimos dos años se han obtenido precipitaciones por encima de 800 mm, en la línea de la media de la estación considerada. El valor de la intercepción debida a la cubierta arbórea se sitúa próximo al 27%.

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, mayores valores en la serie de trascolución debido a la incidencia del depósito sobre la cubierta arbórea, excepto el periodo 1997-1998 en el que se registraron valores altos a campo abierto al haberse situado la parcela exterior junto a una zona ganadera, lo que dio lugar al traslado de la misma a una zona con menor influencia animal en 1999, momento a partir del cual los valores se estabilizan, situándose en el entorno de los 10-20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un ligero incremento a lo largo del último año, siempre en valores comparativamente bajos.

En cuanto al **potasio**, presenta también en general valores por debajo de la media nacional, si bien durante este último año se disponen ligeramente por encima, con un comportamiento muy estable de la serie en los últimos años, con depósitos en trascolación en el entorno de los 15 kg/ha y tasas a campo abierto considerablemente inferiores. Durante el último año aumentan ligeramente los depósitos correspondientes a ambas vías. En general, los valores observados son considerablemente mayores bajo cubierta que en precipitación a campo abierto y en general unas mayores tasas en primavera y otoño.

El **calcio** presenta sus máximos concentrados en torno a 2003-2004, registrándose las menores tasas de deposición en 2012 y con una tendencia muy estable desde 2015, alcanzándose tasas próximas a 5-10 kg/ha y sin demasiadas diferencias entre las dos vías de entrada al ecosistema, que aumentan durante el último año analizado, particularmente el depósito de la precipitación incidente. En 2003-2004 las deposiciones a campo abierto se situaron incluso por encima del valor medio de la Red, superando incluso a los valores de trascolación, tendencia esta que si bien de forma ligera, se ha observado a lo largo de los últimos años, mientras que el mayor aporte tiende a producirse en primavera y verano.

Por lo que respecta al **magnesio**, elemento también de carácter terrígeno, los mayores aportes se han producido en 1997-1998, 2004 y 2019 en los que se registraron tasas mayores en la precipitación a campo abierto, superándose incluso en algún caso la media de la Red. Por regla general, y salvo estos casos puntuales, se advierten deposiciones mayores en la trascolación, debido a la influencia de la deposición seca. Se advierten niveles de depósito muy estables a lo largo de la serie histórica, sin que se hayan superado los 2 kg/ha anuales, y un incremento en ambas vías durante el último año evaluado, particularmente marcado en el caso de la deposición a campo abierto, tras la reducción habida durante el año previo, con una distribución temporal similar al del soluto anterior.

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 en descubierta, tendencia esta que se magnifica durante el último año, con un notable incremento del depósito de la precipitación incidente que con cerca de 10 kg/ha se aproxima a uno de los máximos de la serie, mientras que la deposición bajo cubierta se mantiene mucho más estable. Los mayores aportes se han registrado en primavera y otoño.

El **amonio**, muy ligado a actividades agrícolas y ganaderas, presenta tasas considerablemente elevadas en el periodo 1997-1998 por la ubicación mencionada de la parcela exterior, cuyo cambio en 1999 provoca la reducción de las tasas de deposición que a partir de ese momento se mantienen en niveles estables y comparativamente bajos, por debajo de 5 kg/ha, y una considerable reducción a lo largo de los últimos años, con un ligero descenso durante la última revisión. Por regla general no se observan grandes diferencias entre los niveles obtenidos a campo abierto y bajo cubierta, lo que indicaría una baja participación en la deposición seca. Destaca una concentración del aporte en primavera.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influido también por la sal marina, se registran las mayores tasas en los bienios 2003-2004 y 2006-2007, siempre –al igual que el sodio– con mayores deposiciones a campo abierto, tendencia que se invierte en a partir de 2011 cuando comienzan a registrarse mayores valores bajo cubierta, y con tasas en general inferiores a la media de la red. No se advierte una tendencia temporal tan marcada. Como en el caso del sodio, se advierte un considerable incremento del depósito a campo abierto durante la última revisión en que se alcanza un máximo local cercano a 15 kg/ha, mientras que la concentración bajo cubierta se mantiene más estable.

Las tasas de deposición de **nitratos** son en general inferiores a la media de la Red, con los mayores valores en 1999 y 2011, y escasas diferencias entre la trascolación y la precipitación a campo abierto, situándose en el entorno de los 2 kg/ha, con un comportamiento muy estable a lo largo de los últimos años y

con un ligero incremento durante el último año analizado. Al igual que en casos anteriores, los mayores aportes tienden a producirse en primavera.

Por último, y en referencia a los **sulfatos**, se advierten unas tasas comparativamente grandes en los tres primeros años de la serie, 1997-1999, para reducirse a partir de ese momento por debajo de umbrales de 3-4 kg/ha, niveles que se reducen nuevamente en el último tramo de la serie, donde apenas se superan los 2 kg/ha. En general las tasas de deposición a campo abierto son mayores mientras que durante el último año, al igual que en otros solutos, se incrementa el depósito en las dos vías de entrada, y al igual que en el caso anterior, se registran los mayores aportes en primavera, más relacionado quizá con el régimen de precipitaciones de la parcela.

Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierten en general valores considerablemente superiores a las medias de la Red, superiores bajo cubierta arbórea, con una tendencia descendente desde el máximo de 2017, cerca de los 350 µeq/l, y una reducción durante los últimos años, en torno a los 50 µeq/l.

Desde 2020 se retoma el análisis del **nitrógeno total**, interrumpido en 2007, y que se sitúa en el entorno de los 4 kg/ha, con mayores tasas bajo cubierta y en todo caso inferiores a las habidas durante el inicio de la serie, sobre todo a campo abierto. Se han analizado también el **carbono orgánico disuelto** con valores próximos a las medias de la Red, superiores a cielo abierto, **aluminio, manganeso y hierro**, también con aportes mayores bajo arbolado y en tasas traza en todos los casos, sin superar 0,4 kg/ha.

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 30Ps				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	0,89	1,05	1,28	23,32	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	1,65	1,18	1,27	29,37	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	0,45	0,27	0,99	26,05	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	0,42	0,30	2,32	24,06	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	0,52	0,38	1,15	19,41	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	0,70	0,46	0,77	21,44	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	0,67	0,54	0,89	22,17	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	0,50	0,42	0,60	22,09	0,82	1,32	0,93	27,18
2009	0,76	1,32	0,71	29,14	1,06	2,89	1,30	36,30
2010	0,64	1,26	0,60	29,08	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	0,73				1,50		0,48	
2012	0,90	1,37	0,54	30,32	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	0,74	1,64	0,91	23,18	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	0,71	1,43	0,77	18,67	1,32	3,73	1,24	26,27
2016	0,76	1,42	0,82	22,32	1,12	3,37	1,28	28,68
2017	0,71	1,65	1,15	21,26	1,00	3,57	1,47	30,55
2018	0,93	1,39	1,50	20,71	1,32	3,02	1,85	27,00
2019	0,77	1,31	1,37	20,65	1,11	2,98	1,85	24,94
2020	0,50	1,40	1,84	16,04	0,73	2,73	1,98	23,42
2021	0,55	1,14	1,00	17,88	0,76	2,63	1,47	25,19
2022	0,46	1,32	1,23	17,24	0,68	2,88	1,75	21,13
Media	0,71	1,06	1,09	22,72	1,31	2,52	1,57	29,62

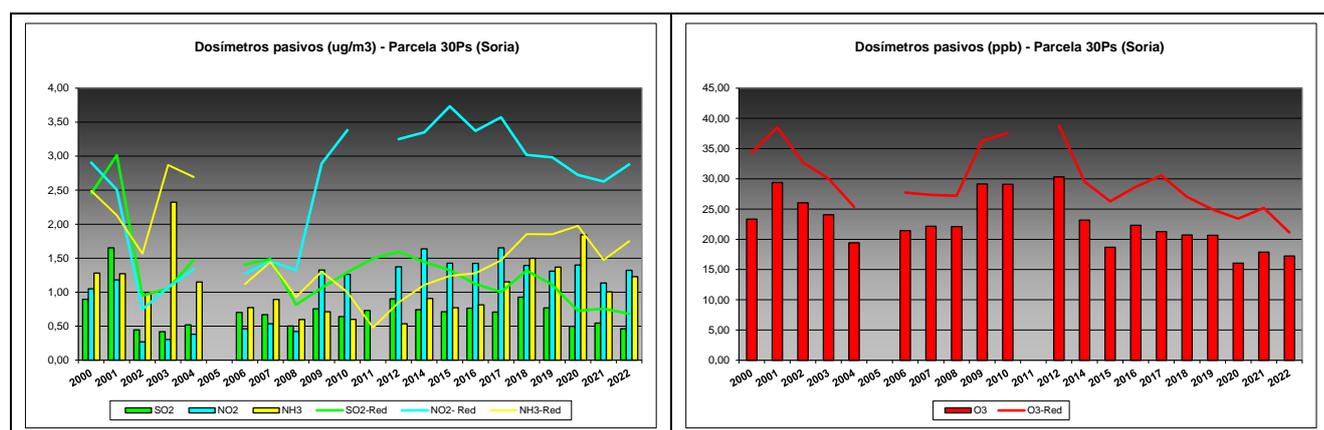


FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, los valores de inmisión en la parcela 30Ps son inferiores a los habidos en el conjunto de la Red, destacando quizá el incremento relativo experimentado en los últimos años por los compuestos nitrogenados, particularmente el amoníaco, en una tendencia ya apuntada en otras parcelas, y que vuelve a observarse durante el último año analizado, mientras el contenido en ozono se ha mantenido bastante estable a lo largo de la serie histórica, en torno a la banda de 20-25 ppb durante el primer

tramo y alrededor de 15-20 ppb en los últimos años analizados, con un comportamiento bastante estable y siempre por debajo del valor medio de inmisión del conjunto. En la línea de lo antedicho, se observa que en los últimos años se ha superado con cierta frecuencia el nivel de afección de los líquenes por amoníaco.

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	05 Ps	Segovia	8,00	16,60	1,15	1,48	3,90	1,25	6,06	
	21 Ps	Teruel	13,00	13,74	1,18	1,30	3,37	1,60	6,40	
	24 Ps	Huesca	10,00	15,61	1,16	1,37	7,20	1,66	6,52	
	30Ps	Soria	8,00	14,89	1,05	1,22	3,05	1,28	5,65	
	47 Ps	Lérida	12,00	15,71	1,52	1,39	5,56	1,62	6,58	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	10,20	15,31	1,21	1,35	4,62	1,48	6,24	
1997-1998	05 Ps	Segovia								
	21 Ps	Teruel								
	24 Ps	Huesca								
	30Ps	Soria								
	47 Ps	Lérida								
	<i>P.sylvestris</i>	Red								
1999-2000	05 Ps	Segovia	11,00	14,10	0,93	1,54	2,47	1,04	6,37	
	21 Ps	Teruel	14,00	13,65	0,87	1,34	3,00	1,42	5,52	
	24 Ps	Huesca	10,00	14,45	1,00	1,20	4,14	1,10	7,13	
	30Ps	Soria	11,00	13,86	0,98	1,20	2,48	1,10	6,86	
	47 Ps	Lérida	11,00	14,39	1,20	1,34	3,76	1,35	7,03	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	11,40	14,09	1,00	1,32	3,17	1,20	6,58	
2001-2002	05 Ps	Segovia	16,00	13,62	1,00	1,42	2,21	1,03	6,00	
	21 Ps	Teruel	16,00	10,56	0,87	1,07	1,99	1,15	4,43	
	24 Ps	Huesca	10,00	14,31	1,16	1,32	3,19	1,11	6,27	
	30Ps	Soria	12,00	10,51	0,95	1,08	2,36	1,09	5,74	
	47 Ps	Lérida	12,00	13,99	1,17	1,48	2,80	1,26	7,46	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,20	12,60	1,03	1,27	2,51	1,13	5,98	
2003-2004	05 Ps	Segovia	13,00	16,14	1,21	1,63	2,45	1,20	6,38	
	21 Ps	Teruel								
	24 Ps	Huesca	12,00	14,86	1,04	1,38	3,04	1,19	7,10	
	30Ps	Soria	13,00	13,92	0,96	1,33	2,54	1,32	5,82	

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
	47 Ps	Lérida	15,00	14,65	1,14	1,50	2,41	1,44	7,14	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,25	14,89	1,09	1,46	2,61	1,29	6,61	
2005-2006	05 Ps	Segovia	14,00	15,26	1,10	1,36	3,18	0,98	6,35	
	21 Ps	Teruel	19,00	14,13	1,44	1,26	3,39	1,34	5,75	
	24 Ps	Huesca	11,00	13,02	0,94	1,10	4,30	1,05	5,96	
	30Ps	Soria	11,00	12,61	1,04	1,06	2,88	1,10	5,14	
	47 Ps	Lérida	12,50	13,94	1,40	1,23	4,24	1,31	6,05	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,50	13,79	1,18	1,20	3,60	1,16	5,85	
2007-2008	05 Ps	Segovia	13,50	13,54	1,22	1,07	3,67	1,04	3,97	
	21 Ps	Teruel	20,00	12,84	1,18	1,01	3,37	1,23	5,13	
	24 Ps	Huesca	15,00	11,82	1,18	0,89	5,99	1,03	4,11	
	30Ps	Soria	12,00	12,36	1,27	0,88	3,08	1,06	5,04	
	47 Ps	Lérida	14,00	13,82	1,24	1,28	5,70	1,27	4,74	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	14,90	12,87	1,21	1,02	4,36	1,12	4,60	
2009-2010	05 Ps	Segovia	13,67	13,95	1,19	1,19	4,28	0,92	3,83	
	30 Ps	Soria	14,33	11,79	1,20	1,03	4,18	1,12	5,38	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	14,00	12,87	1,19	1,11	4,23	1,02	4,61	
2011-2012	05 Ps	Segovia	13,97	14,56	1,17	1,25	4,11	0,94	4,62	
	30 Ps	Soria	13,77	12,12	1,13	1,03	3,82	1,08	5,28	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,87	13,34	1,15	1,14	3,96	1,01	4,95	
2013-2014	05 Ps	Segovia	15,87	13,84	0,97	1,21	3,73	0,90	4,66	53,52
	30 Ps	Soria	17,50	12,54	1,08	0,98	3,94	1,07	4,45	53,37
	<i>P.sylvestris</i>	Red	16,68	13,19	1,03	1,10	3,83	0,98	4,56	53,44
2015-2016	05 Ps	Segovia	15,73	17,41	1,14	1,61	5,22	1,10	6,26	54,34
	30 Ps	Soria	13,73	12,90	0,95	1,12	4,34	1,20	6,14	52,90
	<i>P.sylvestris</i>	Red	14,73	15,15	1,05	1,36	4,78	1,15	6,20	53,62
2017-2018	05 Ps	Segovia	13,78	16,61	0,94	1,48	5,24	1,03	6,08	53,39
	30 Ps	Soria	12,99	12,39	0,94	1,15	4,42	1,28	6,70	51,88
	<i>P.sylvestris</i>	Red	13,39	14,50	0,94	1,32	4,83	1,16	6,39	52,63
2019-2020	05 Ps	Segovia	11,78	17,45	0,76	1,27	4,20	0,95	5,18	53,13
	30 Ps	Soria	13,20	11,92	0,96	1,06	5,47	1,17	5,65	53,19
	<i>P.sylvestris</i>	Red	12,49	14,68	0,86	1,17	4,83	1,06	5,41	53,16
2021-2022	05 Ps	Segovia	7,53		0,52	1,54	4,80	0,98	5,78	
	30 Ps	Soria	10,60		0,40	1,16	4,82	1,18	6,14	
	<i>P.sylvestris</i>	Red	9,06		0,46	1,35	4,81	1,08	5,96	

En rojo, análisis de azufre que superan el valor de referencia para la especie, 0,948 mg/g, lo que indica incidencia de la contaminación atmosférica por compuestos sulfurados. 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.

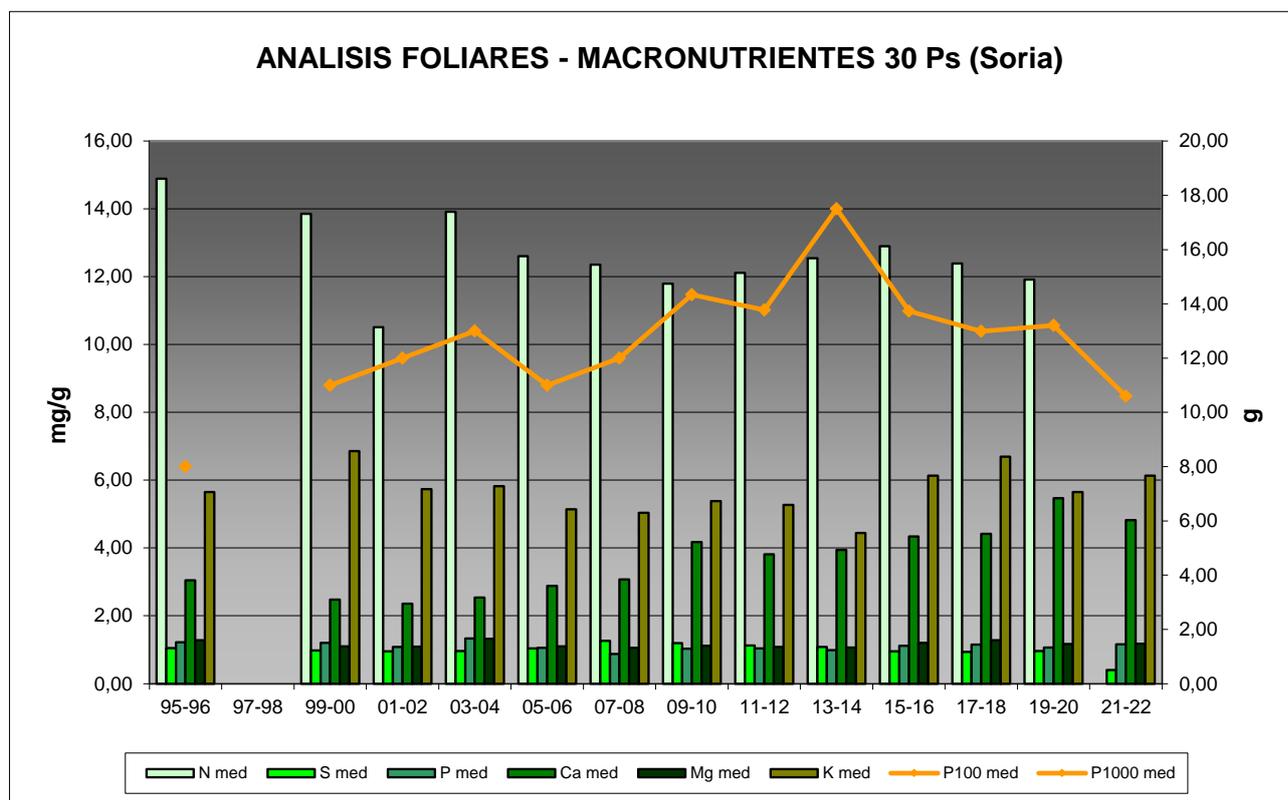


FIG 25: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

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	05 Ps	Segovia		37,00	1283,00	126,00	
	21 Ps	Teruel		36,00	583,00	163,00	
	24 Ps	Huesca		38,00	669,00	144,00	
	30Ps	Soria		39,00	567,00	68,00	
	47 Ps	Lérida		49,00	1748,00	258,00	
	<i>P.sylvestris</i>	España		39,80	970,00	151,80	
1997-1998	05 Ps	Segovia					
	21 Ps	Teruel					
	24 Ps	Huesca					
	30Ps	Soria					
	47 Ps	Lérida					
	<i>P.sylvestris</i>	España					
2013-2014	05 Ps	Segovia		25,05	557,22	81,97	2,60
	30 Ps	Soria		47,15	454,25	122,84	2,48
	<i>P.sylvestris</i>	España		36,10	505,73	102,40	2,54
2015-2016	05 Ps	Segovia		32,03	775,32	82,17	3,43
	30 Ps	Soria		46,51	428,86	105,52	3,04

Año	Parcela	Provincia	MICRONUTRIENTES (µg/g MS)				
			Na	Zn	Mn	Fe	Cu
	<i>P.sylvestris</i>	España		39,27	602,09	93,85	3,24
2017-2018	05 Ps	Segovia		34,72	687,39	69,55	3,02
	30 Ps	Soria		51,84	459,85	97,86	2,81
	<i>P.sylvestris</i>	España		43,28	573,62	83,70	2,92
2019-2020	05 Ps	Segovia		30,74	604,31	59,60	3,01
	30 Ps	Soria		53,46	483,22	100,77	2,38
	<i>P.sylvestris</i>	España		42,10	543,77	80,19	2,69
2021-2022	05 Ps	Segovia		31,16	627,68	95,89	3,38
	30 Ps	Soria		50,69	390,42	158,61	2,78
	<i>P.sylvestris</i>	España		40,92	509,05	127,25	3,08

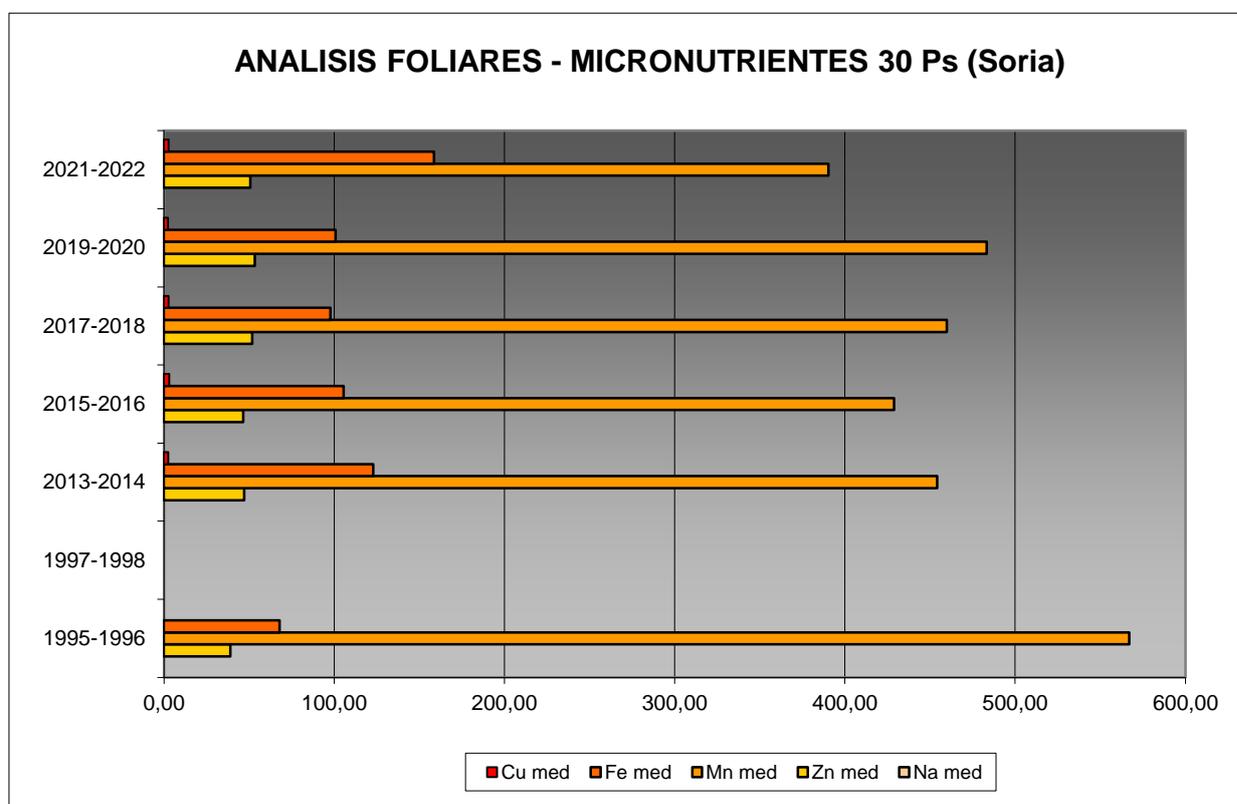


FIG 26: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 30Ps no se realizó el análisis foliar en 1997-1998.

A la vista de los resultados obtenidos en los análisis de la muestra foliar de la parcela 30Ps podemos hacer las siguientes observaciones tanto de la parcela tratada individualmente como respecto a la media interanual del resto de parcelas con el pino silvestre como especie dominante:

El **peso medio** de la muestra analizada se sitúa en torno a 11 g/1000 acículas, lo que supone una apreciable reducción de la variable respecto a campañas anteriores, situándose en uno de los valores más bajos de la serie, advirtiéndose una reducción progresiva de la variable desde el máximo de 2013-2014.

Respecto a los **macronutrientes**; y por lo que se refiere al **nitrógeno**, el elemento más abundante en el follaje, se reduce ligeramente en la presente campaña pero se mantiene en la habitual banda de 12-14 mg/g. Los contenidos en **fósforo** son muy similares a los habidos en la evaluación anterior incrementándose muy ligeramente, al contrario de lo que ocurre con el **azufre** que en la presente revisión se reduce hasta alcanzar el valor mínimo de la serie, alejado del umbral del valor patrón o de referencia para la especie, que indicaría un cierto grado de contaminación por contaminantes sulfurados. Los contenidos en **calcio** se reducen también durante la presente campaña, mientras que **magnesio** se mantiene estable y el **potasio** se incrementa ligeramente respecto a la campaña precedente. Por lo que se refiere al contenido en **carbono** del follaje, se ha situado sin demasiados cambios en el entorno del 52-53%.

Los **micronutrientes** se han analizado con menos regularidad y no siempre todos ellos, lo que dificulta el estudio de su evolución. Por regla general y tras el máximo de la campaña 2015-2016, los valores se han reducido para experimentar un leve incremento durante la última campaña en todos los elementos considerados.

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	1.670	53,12	7,84	0,73	0,36	6,67	0,95	2,70
	Ramillas	871	53,53	7,27	0,51	0,28	4,78	0,54	1,27
	Otras	1.430	52,46	8,18	0,56	0,42	6,92	0,42	1,08
2006	Hojas	1.185	53,81	6,70	0,73	0,40	6,06	0,82	2,34
	Ramillas	545	53,31	5,33	0,60	0,20	4,64	0,48	1,28
	Otras	1.339	52,82	5,41	0,51	0,30	5,88	0,37	1,17
2007	Hojas	2.473	54,98	6,80	0,89	0,52	6,74	1,91	1,75
	Ramillas	406	55,27	5,69	0,64	0,24	4,26	1,19	0,92
	Otras	1.690	54,71	6,99	0,72	0,54	5,88	1,51	1,07

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2008	Hojas	2.030	53,28	6,10	0,96	0,37	7,73	0,81	1,86
	Ramillas	358	54,40	5,31	0,77	0,28	4,86	0,39	0,82
	Otras	1.150	53,83	5,46	0,69	0,32	6,91	0,48	1,01
2009	Hojas	1.460	54,25	5,97	1,04	0,39	7,10	0,87	2,73
	Ramillas	460	54,01	3,69	0,76	0,18	4,14	0,41	0,81
	Otras	1.700	53,68	8,00	1,01	0,67	5,39	0,54	1,85
2010	Hojas	1.760	54,08	6,30	0,81	0,30	7,37	0,80	1,67
	Ramillas	66	55,07	7,37	0,84	0,33	5,42	0,49	1,32
	Otras	1.190	53,69	5,86	0,62	0,41	5,76	0,41	1,21
2011	Hojas	1.608	53,85	6,23	0,89	0,36	6,21	2,03	1,81
	Ramillas	466	54,07	5,77	0,70	0,25	4,14	1,18	0,94
	Otras	1.396	53,30	6,61	0,68	0,43	5,31	1,46	1,13
2012	Hojas	472	54,03	7,65	0,99	0,48	6,43	1,18	2,26
	Ramillas	237	54,55	6,14	0,82	0,27	4,80	0,83	1,09
	Otras	1.011	53,67	8,12	0,89	0,65	5,33	0,84	1,38
2014	Hojas	1.339	54,08	7,28	0,65	0,27	7,49	0,82	2,48
	Ramillas	445							
	Otras	1.813							
2015	Hojas	1.405	51,29	5,25	0,77	0,28	8,06	0,81	1,92
	Ramillas	613							
	Otras	1.025	49,93	4,00	0,47	0,23	7,16	0,31	1,38
2016	Hojas	1.585	53,57	5,04	0,81	0,29	9,49	0,96	2,48
	Ramillas	402							
	Otras	765	51,48	4,64	0,48	0,16	7,82	0,32	0,98
2017	Hojas	1.640	51,51	4,69	0,46	0,24	8,31	0,88	2,14
	Ramillas	884							
	Otras	1.993							
2018	Hojas	2.258	53,51	5,29	0,75	0,28	8,08	0,78	1,96
	Ramillas	348							
	Otras	1.530							
2019	Hojas	2.090	53,52	3,74	0,67	0,26	8,05	0,81	1,94
	Ramillas	570							
	Otras	1.446							
2020	Hojas	2.225			0,69	0,51	8,44	0,86	2,04
	Ramillas	518							
	Otras	1.598							
2021	Hojas	2.071			0,97	0,46	8,16	1,04	1,95
	Ramillas	187							
	Otras	1.155							
Media	Hojas	1.704	53,49	6,06	0,80	0,36	7,52	1,02	2,13
	Ramillas	461	54,28	5,82	0,70	0,25	4,63	0,69	1,06
	Otras	1.389	52,96	6,33	0,66	0,41	6,23	0,67	1,23

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	47,64	551,70	118,51	1,38				
	Ramillas								
	Otras								
2015	Hojas	45,63	490,53	98,07	1,47				
	Ramillas								
	Otras	24,69	81,37	167,55	16,40				
2016	Hojas	49,14	580,70	185,28	1,48				
	Ramillas								
	Otras	19,43	87,67	226,29	2,52				
2017	Hojas	46,58	526,80	152,89	1,54				
	Ramillas								
	Otras								
2018	Hojas	46,03	533,42	148,49	2,67				
	Ramillas								
	Otras								
2019	Hojas	47,04	537,72	125,60	1,33				
	Ramillas								
	Otras								
2020	Hojas	54,57	612,67	157,29	1,53	0,56	0,15	0,53	96,29
	Ramillas								
	Otras								
2021	Hojas	57,84	507,78	235,72	1,88				
	Ramillas								
	Otras								
Media	Hojas	49,31	542,66	152,73	1,66	0,56	0,15	0,53	96,29
	Ramillas								
	Otras	22,06	84,52	196,92	9,46				

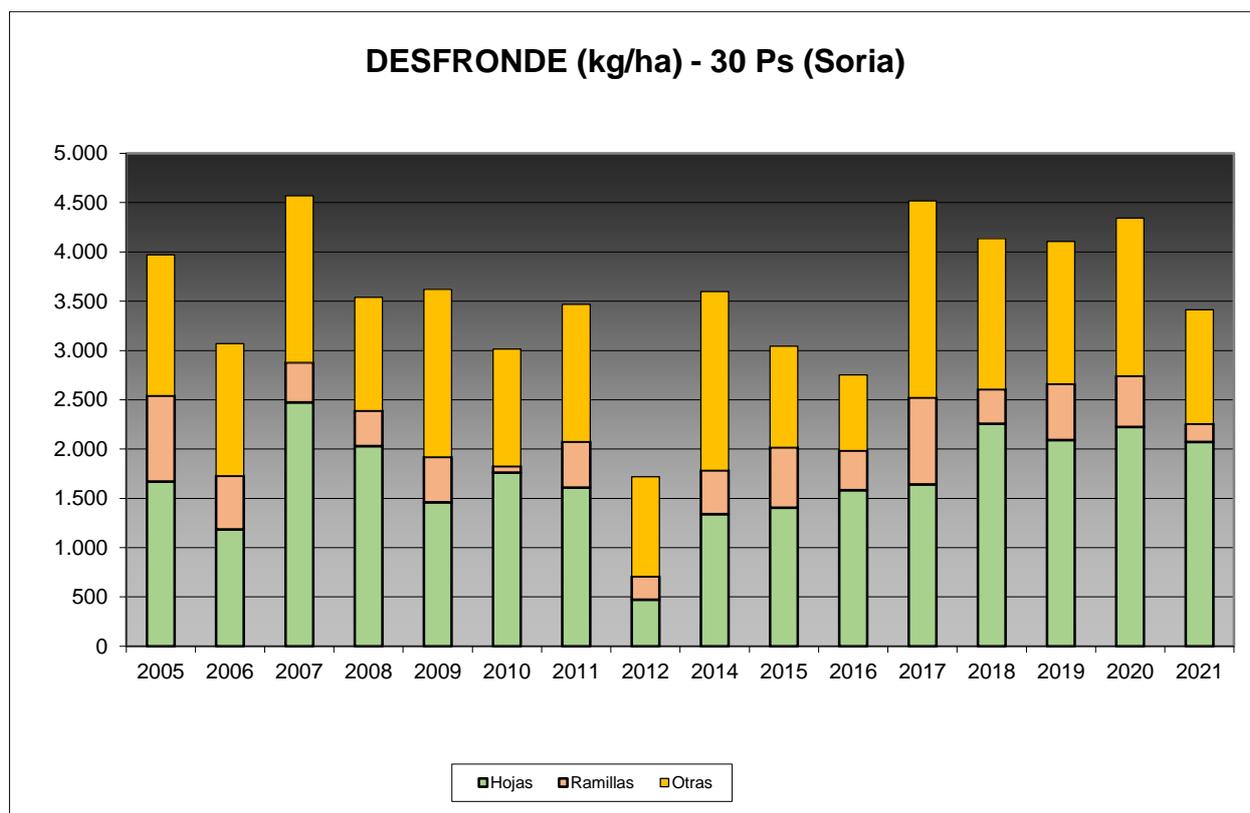


FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde se sitúa en torno a los 3.000-3.500 kg/ha; umbral este que se ha sobrepasado durante los cuatro años previos a la revisión del año en curso, en que los niveles se han reducido apreciablemente sobre todo debido a la reducción de la fracción leñosa y “otras”, situándose en niveles próximos a los del tramo medio de la serie histórica. Los contenidos en carbono de estos aportes superan el 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 30Ps, 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. (°C día)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)
1999	14/06/99	15/07/99	31	164	1068	31/05/99	07/07/99	37	150	882
2000	05/05/00	11/07/00	67	125	475					
2001	27/05/01	31/07/01	65	146	914					
2002	28/05/02	03/09/02	98	147	713					
2003	03/06/03	17/06/03	14	153	846					
2004	02/06/04	28/06/04	26	153	680	02/06/04	16/06/04	14	153	680
2005	31/05/05	27/07/05	57	150	603	31/05/05	14/06/05	14	150	603
2006	31/05/06	30/08/06	91	150	692	14/06/06	28/06/06	14	164	890
2007	28/06/07	27/09/07	91	178	1178	01/06/07	14/06/07	13	151	823
2008	17/07/08	04/09/08	49	198	1227	05/06/08	03/07/08	28	156	817
2009	22/06/09	20/07/09	28	172	812	08/06/09	22/06/09	14	158	594
2010	15/06/10	30/07/10	45	165	705	08/06/10	22/06/10	14	158	640
2011	24/05/11	29/06/11	36	143	604	24/05/11	29/06/11	36	143	604
2012	31/05/12	26/06/12	26	151	485	31/05/12	26/06/12	26	151	485
2014	27/05/14	24/06/14	28	146		27/05/14	24/06/14	28	146	
2015	26/05/15	23/06/15	28	145	655	26/05/15	23/06/15	28	145	655
2016	01/06/16	05/07/16	34	152	654	01/06/16	05/07/16	34	152	654
2017	01/06/17	26/07/17	55	151	782	01/06/17	27/06/17	26	151	782
2018	28/06/18	29/08/18	62	178	1021	28/06/18	25/07/18	27	178	1021
2019	26/06/19	27/08/19	62	176	989	31/05/19	26/06/19	26	150	629
2020	23/05/20	28/07/20	66	143	866	23/05/20	24/06/20	32	143	866
2021	24/06/21	28/07/21	34	174	1057	24/06/21	28/07/21	34	174	1057
2022	24/05/22	26/07/22	63	143	628	24/05/22	28/06/22	35	143	628
Media			50	157	802			25	153	739

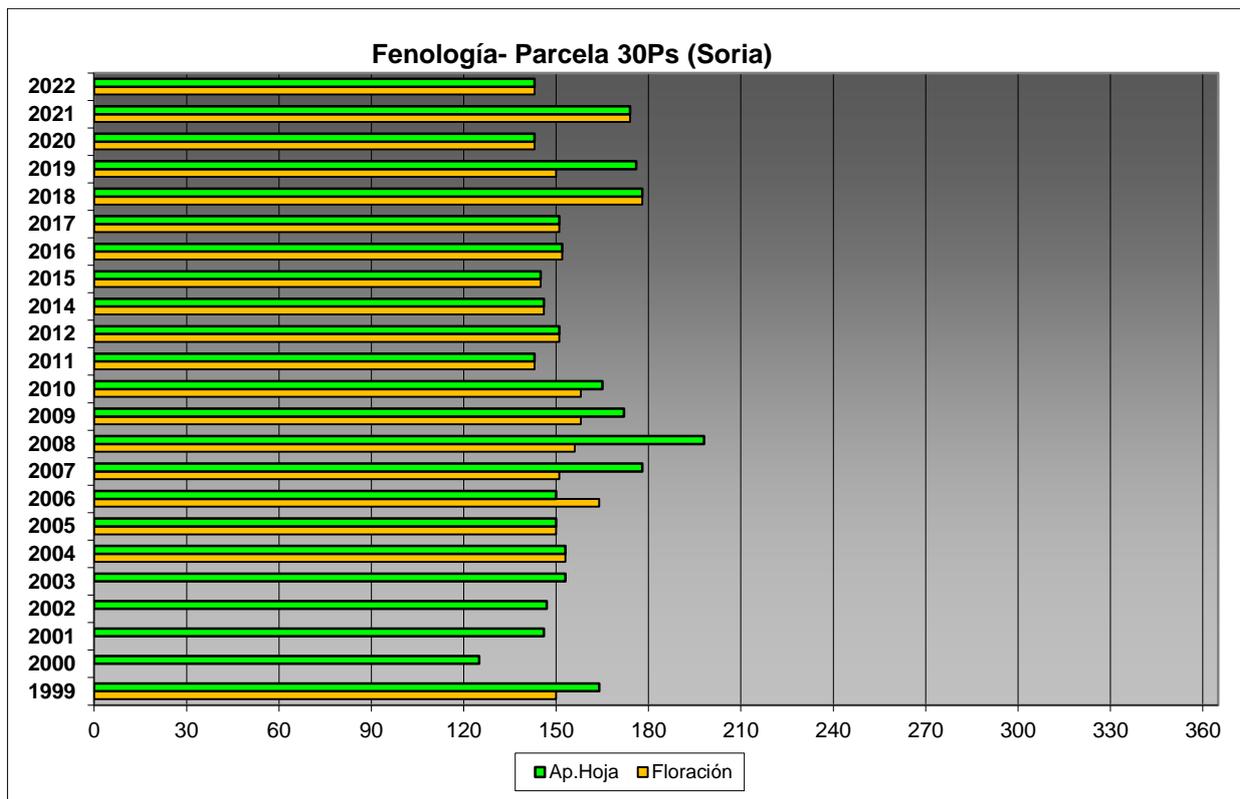


FIG 28: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

Como puede verse en los gráficos anteriores, la floración precede en la mayoría de los casos a la aparición de las acículas de la nueva metida, registrándose un cierto retraso en la serie 2007-2010 y 2018-2019, en torno al mes de junio, adelantándose las fases a mayo a lo largo del último año evaluado.



FIG 29: Elongación metida (mayo) y aparición acícula (mayo). Floración masculina (mayo y junio, conos abiertos)

10. Cintas diamétricas.

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

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

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

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
1999	0,02	0,07	0,02	-0,04
2000	0,12	0,44	0,12	0,30
2001	0,17	0,61	0,17	0,44
2002	0,27	0,86	0,27	0,76
2003	0,23	0,74	0,23	0,67
2004	0,19	0,58	0,19	0,46
2005	0,18	0,61	0,18	0,45
2006	0,27	0,91	0,27	0,65
2007	0,15	0,48	0,15	0,34
2008	0,18	0,53	0,18	0,52
2009	0,07	0,18	0,07	0,08
2010	0,15	0,44	0,15	0,38
2011	0,13	0,38	0,13	0,31
2012	0,10	0,29	0,10	0,27
2014	0,19	0,58	0,19	0,38
2015	0,22	0,61	0,22	0,37
2016	0,18	0,52	0,18	0,38
2017	0,22	0,65	0,22	0,43
2018	0,22	0,61	0,22	0,44
2019	0,30	0,88	0,30	0,44
2020	0,22	0,62	0,22	0,40
2021	0,28	0,77	0,28	0,54
2022	0,23	0,64	0,23	0,43
Media	0,19	0,57	0,19	0,41

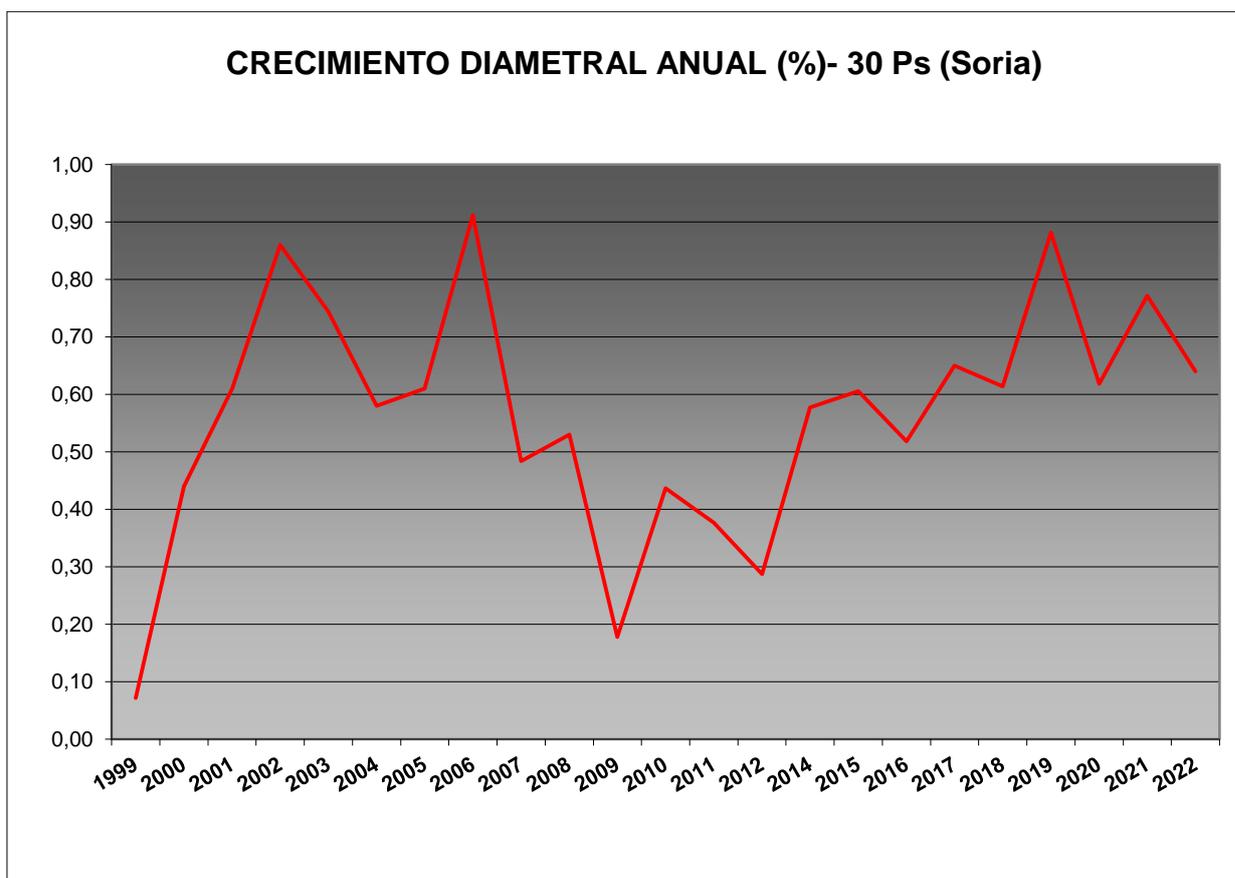


FIG 30: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

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 0,18% de 2009 y el 0,91% de 2006, situándose por regla general en valores próximos al 0,50% anual y una tendencia ascendente a lo largo de los últimos años, dando un comportamiento en diente de sierra.

11. Meteorología.

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

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	687									
1998	595									
1999	957									
2000	961									
2001	802	0,8	25,0	-19,4	10,1	-6,4	111,6	74,9	1,3	27,6
2002	872	8,0	33,1	-10,6	15,4	0,9	171,2	75,1	1,7	17,8
2003	941	8,0	33,1	-10,6	15,4	0,9	171,2	75,1	1,7	17,8
2004	622	8,1	33,1	-14,4	16,2	0,5		73,5	1,6	17,5
2005	354	8,0	35,0	-24,9	16,9	-0,9		67,2	1,5	24,2
2006	816	6,2	35,9	-16,5	14,1	-0,7	153,0	76,9	3,2	48,1
2007	663	7,8	34,6	-17,7	16,2	-0,3		73,0	1,8	
2008	946	5,2	30,2	-13,3	12,2	-1,0	157,6	79,4	1,9	28,0
2009	582	7,8	33,8	-19,0	16,5	-1,0	182,5	70,7	1,5	27,6
2010	1196	6,9	33,0	-16,0	14,7	-0,4		73,3	1,4	19,7
2011	643	7,8	34,3	-16,0	17,0	-0,1	149,0	71,2	1,2	25,3
2012	261	2,9	26,9	-15,3	10,7	-3,4	131,7	66,7	1,6	18,6
2014	528	9,2	31,3	-9,8	17,7	1,6	151,5	78,2	1,2	17,5
2015	585	9,0	34,2	-17,3	17,6	0,1	194,5	71,3	1,3	68,0
2016	907	8,1	35,3	-14,6	16,5	-0,7	185,5	73,8	1,3	20,1
2017	655	9,1	33,9	-15,6	17,7	0,9	196,3	73,0	1,3	25,3
2018	1010	8,2	34,0	-12,1	15,9	0,8	188,7	76,5	1,3	20,8
2019	796	8,3	36,1	-12,3	17,1	0,1	205,8	71,9	1,3	26,1
2020	865	8,9	36,2	-9,3	16,8	1,5	193,6	76,0	1,3	22,0
2021	868	8,0	36,8	-19,4	16,3	0,1	194,8	76,0	1,1	18,6
2022	658	9,3	36,8	-13,6	18,1	0,8	195,7	72,7	1,0	17,5
Media	751	7,4	33,5	-15,1	15,7	-0,3	172,6	73,6	1,5	25,4

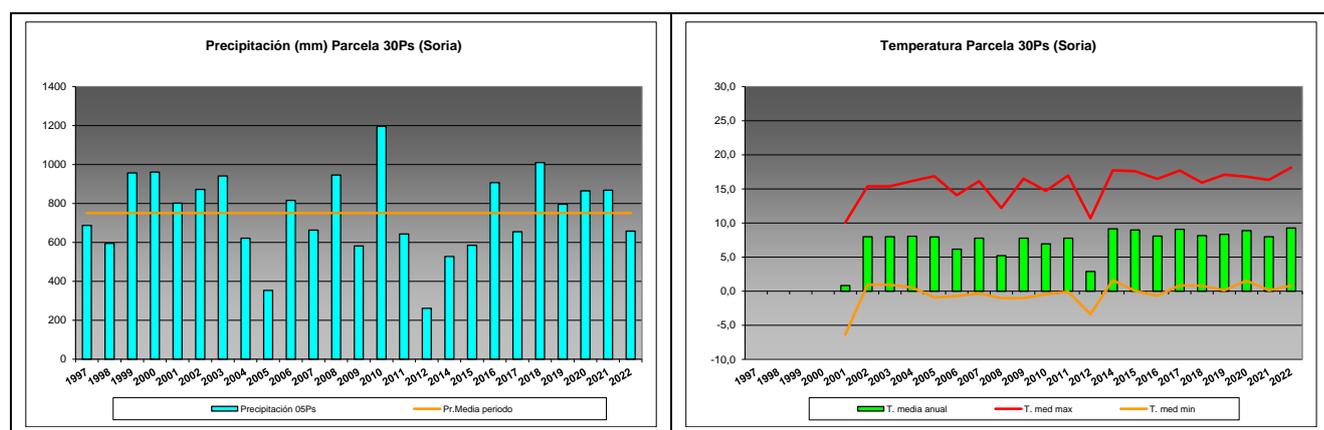


FIG 31: Principales variables meteorológicas.

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

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

Año	DT	DH	PMAX5		PPES	NOPREC	
	días	Días	mm	Intervalo	Días	Días	Intervalo
2000							
2001			11,8	27/12 a 31/12	0		
2002	17	0	39,3	10/12 a 14/12	0	18	28/06 a 15/07
2003							
2004	17	2	47,8	25/10 a 29/10	0	18	03/08 a 20/08
2005	37	5	52,3	10/10 a 14/10	0	23	29/06 a 21/07
2006	11	2	39,8	21/11 a 25/11	3		
2007	13	4	47,7	08/02 a 12/02	0	14	23/06 a 06/07
2008	1	6	44,6	03/12 a 07/12	2		
2009	27	10	61,5	20/12 a 24/12	0	18	02/07 a 19/07
2010	17	11	66,8	12/01 a 16/01	0	11	03/08 a 13/08
2011	13	2	41,1	18/02 a 22/02	0	16	11/06 a 26/06
2012							
2013							
2014	3	0	72,9	01/01 a 05/01	1	20	31/05 a 19/06
2015	34	6	36,1	29/01 a 02/02	2	13	05/07 a 17/07
2016	32	0	110,1	09/02 a 13/02	0	15	17/08 a 31/08
2017	37	0	57,1	10/02 a 14/02	2	23	18/07 a 09/08
2018	18	0	51,2	05/11 a 09/11	2	36	13/07 a 17/08
2019	30	0	81,8	19/12 a 23/12	0	14	12/08 a 25/08
2020	23	1	91,6	07/12 a 11/12	1	7	02/07 a 08/07
2021	18	5	70,3	21/01 a 25/01	1	17	13/08 a 29/08
2022	53	0	77,3	20/11 a 24/11	0	17	09/07 a 25/07

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	Media
S-01	1,60	1,21	2,58	2,36	2,56	2,60	2,36	2,28	2,00	2,17
S-02	1,92	1,27	3,01	2,45	2,48	2,65	2,63	2,51	1,85	2,31
S-03	1,44	1,07	2,33	1,98	2,47	2,28	2,36	2,22	1,48	1,96
S-04	1,37	1,20	2,47	2,01	2,33	2,15	2,65	2,26	1,68	2,01
S-05	1,59	1,30	2,63	2,28	2,65	2,36	2,83	2,45	1,81	2,21
S-06	1,59	1,09	2,70	2,10	2,44	2,26	2,61	2,52	1,57	2,10
S-07	2,04	1,30	2,71	2,27	2,64	2,57	2,73	2,49	1,87	2,29
S-08	1,78	1,14	2,62	2,63	2,63	2,81	2,56	2,53	1,92	2,29
S-09	1,90	1,16	2,64	2,20	2,79	2,33	2,50	2,41	2,22	2,24
S-10	1,93	1,19	2,68	2,30	2,49	2,47	2,59	2,49	2,40	2,28
S-11	2,01	1,29	2,36	2,15	2,68	2,18	2,44	2,16	2,14	2,16
S-12	1,85	1,01	2,55	2,26	2,74	2,20	2,40	1,98	2,08	2,12
S-13	1,93	1,11	2,59	2,27	2,73	2,23	2,52	2,01	1,96	2,15
S-14	1,81	1,00	2,53	2,32	2,84	2,38	2,50	2,07	1,96	2,16
S-15	1,63	1,16	2,37	2,10	2,44	2,43	2,36	2,32	1,84	2,07
S-16	1,79	1,17	2,49	2,16	2,53	2,44	2,56	2,07	2,02	2,14
Media	1,76	1,17	2,58	2,24	2,59	2,40	2,54	2,30	1,93	2,17

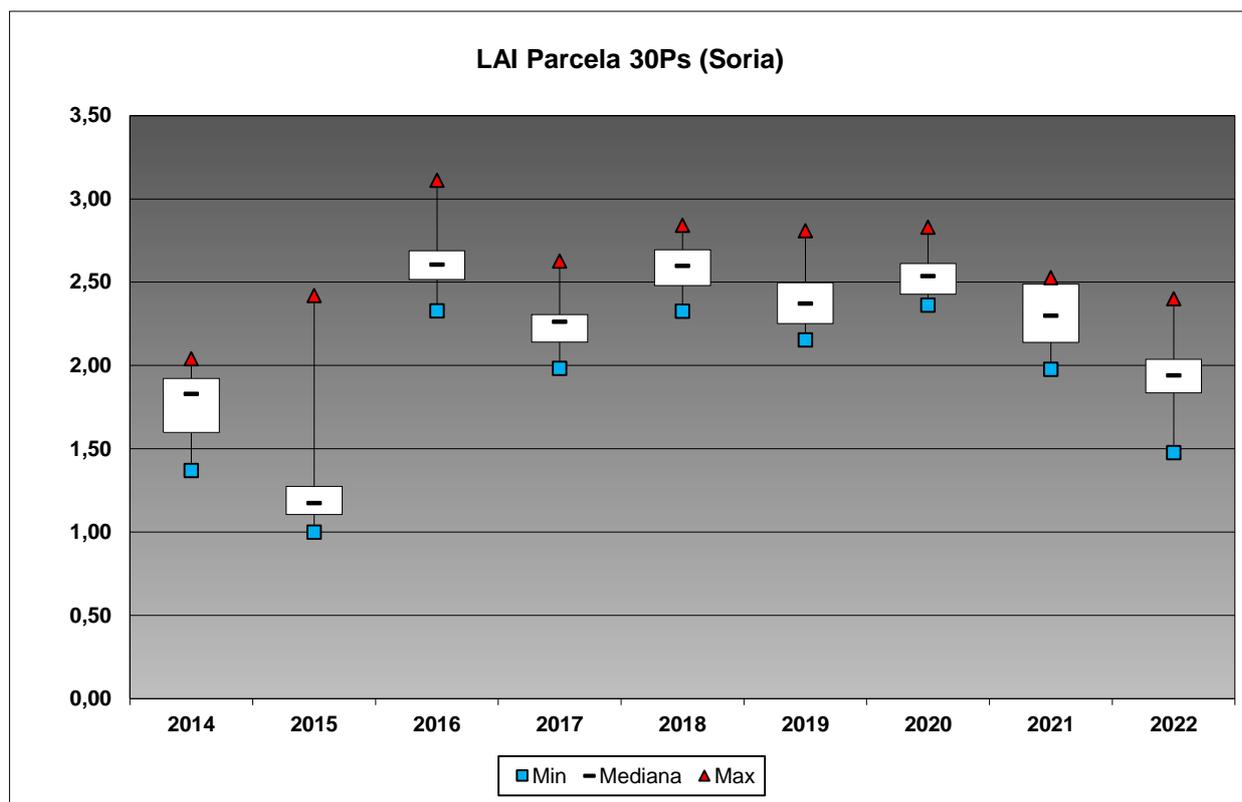


FIG 32: Diagrama de cajas LAI anual.

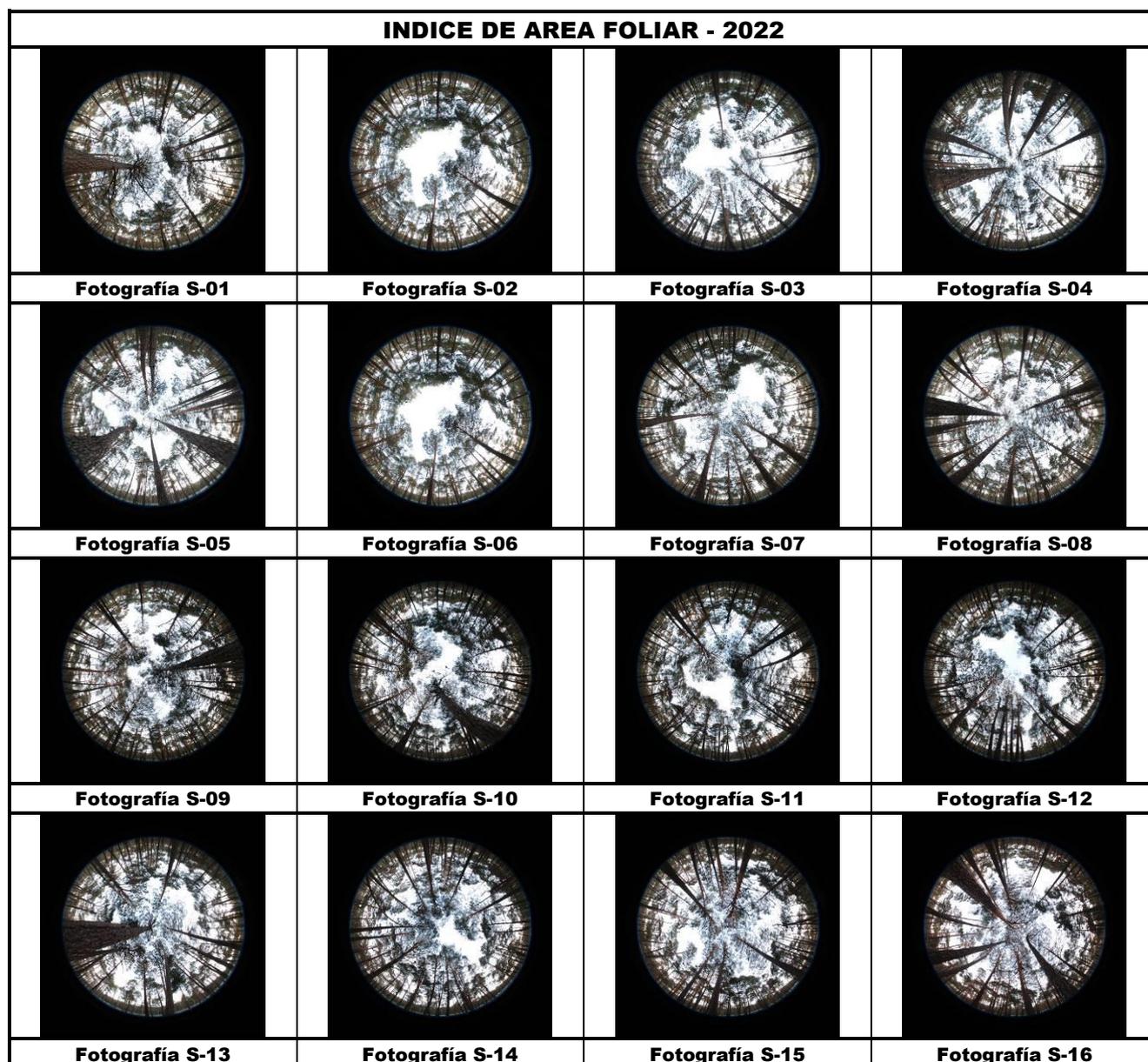


FIG 33: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.

13. Solución del suelo.

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

Se caracteriza a continuación la solución del suelo en la parcela 30Ps, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la series histórica estudiada, haciendo la salvedad de que se trata de

años completos, a excepción de los años 2012 (enero-julio) y 2014 (abril-diciembre), por lo que caben ciertas anomalías.

TABLA 36: Resultados de análisis de la solución del suelo por año. Datos medios referidos a las dos profundidades de toma de muestra, 20 y 60 cm de profundidad (ponderados por volumen desde 2019).

Año	pH	Cond (μ S/cm)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Na (mg/l)	N(NH4) (mg/l)	Cl (mg/l)	N(NO3) (mg/l)	S(SO4) (mg/l)
2000	7,71		8,51	33,44	18,66				0,33	3,81
2001	7,22	2,89	445,70			2,80		10,73	2,81	0,36
2002	7,22	2,89	445,70			2,80		10,73	2,81	0,36
2003	7,17		3,54	20,63	6,83				0,11	2,64
2004	7,50		228,50	3,25	29,65				12,65	
2005			12,00							0,10
2006	7,60		123,00	5,73	23,73				7,68	0,34
2007		205,83	3,48	34,88	8,85	4,59	0,13	6,11	0,10	1,12
2008	6,95	142,80	3,20	16,88	3,90				1,82	0,19
2009	7,60	69,00	3,73	16,80	4,13				0,10	1,52
2010	7,16	70,30	3,91	10,41	2,74				0,31	1,06
2011	7,10	77,40	2,05	10,40	3,07		0,35	3,05	0,46	3,48
2012	6,87	57,95	0,18	0,75	0,13	0,79	0,10	2,69		1,48
2014	6,84	72,73	2,99	5,68	2,44	2,53	1,35	6,08	0,23	2,32
2015	7,00	82,93	2,72	8,23	2,40	2,69	0,54	4,64	0,04	1,05
2016	6,98	55,54	1,73	4,39	1,45	1,80	0,76	3,03	0,09	1,16
2017	6,79	59,61	2,80	5,26	1,33	2,13	0,21	2,84	0,09	1,28
2018	6,96	87,93	2,38	7,93	4,69	2,86	0,18	5,29	0,09	2,14
2019	6,71	113,59	2,92	7,96	3,90	3,36	0,13	5,93	0,01	2,99
2020	7,13	93,01	3,01	7,87	4,48	2,71	0,13	4,93	0,07	2,00
2021	6,86	63,44	2,64	6,00	3,47	1,97	0,09	3,01	0,02	1,17

Año	Alcalinidad (μ eq/l)	N total (mg/l)	DOC (mg/l)	Al (mg/l)	Mn (mg/l)	Fe (mg/l)
2018	412,14					
2019	341,23					
2020	437,78	0,75	24,86	0,83	0,02	0,83
2021	354,08	0,40	11,24	0,38	0,01	0,39

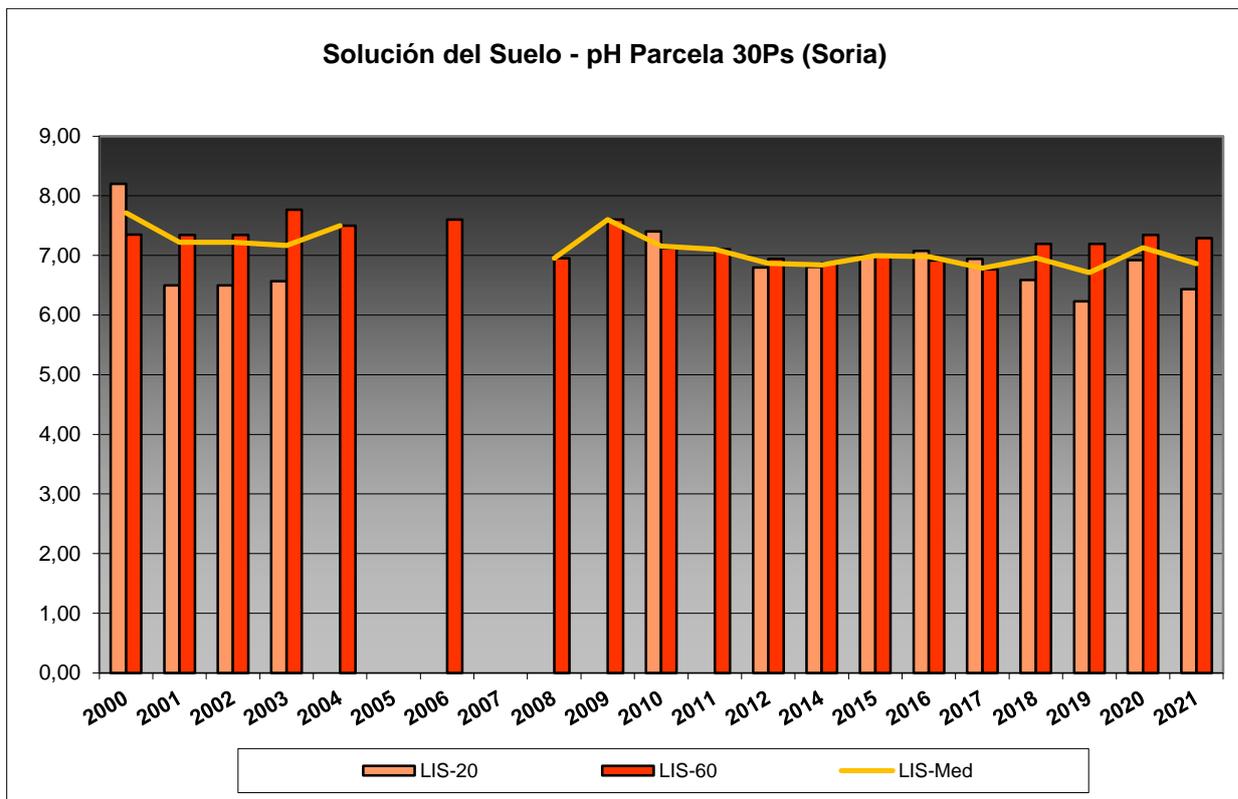


FIG 34: pH solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

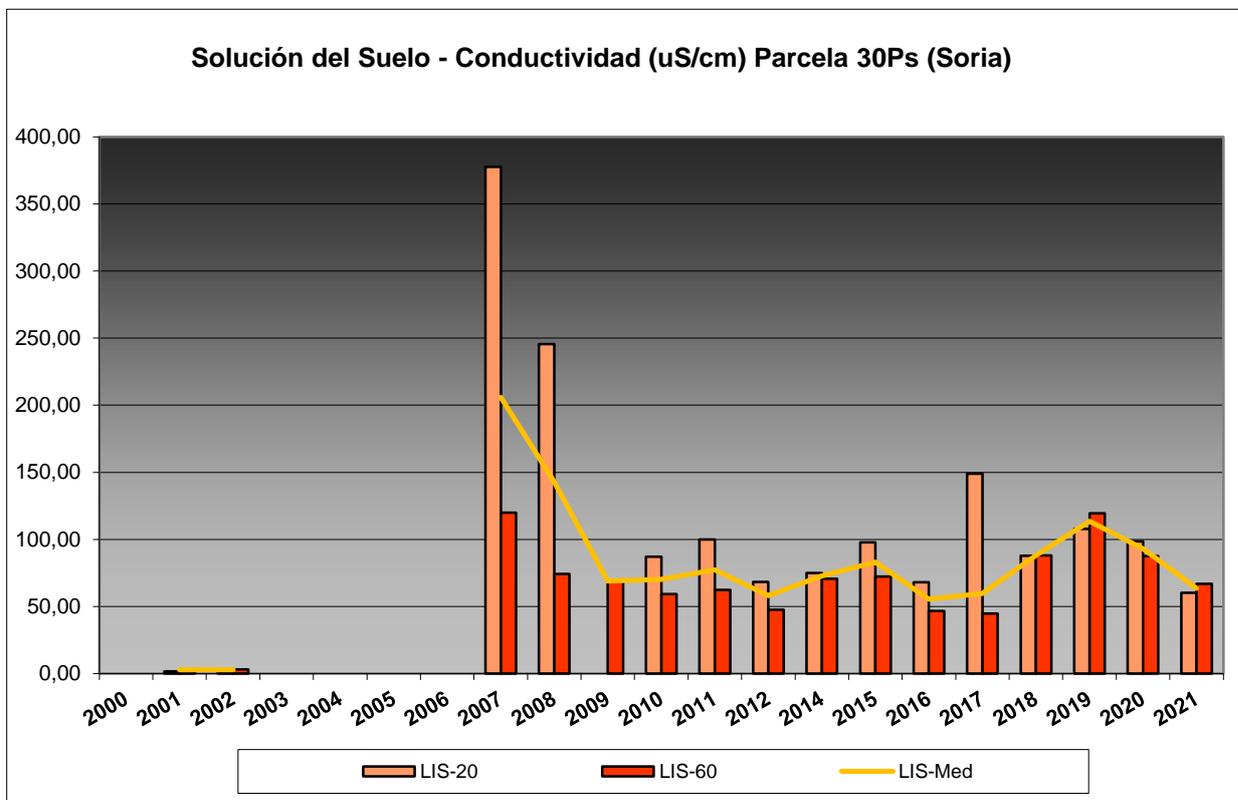


FIG 35: Conductividad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

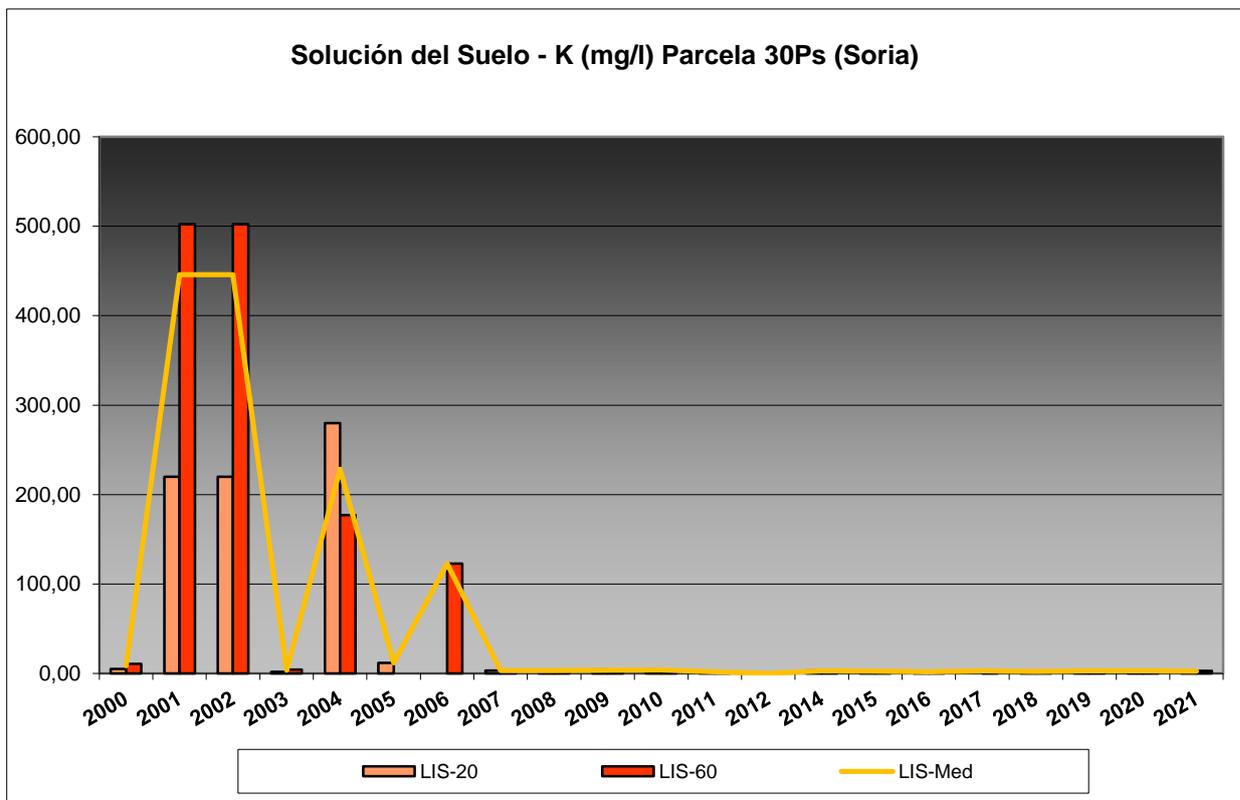


FIG 36: Contenido en K solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

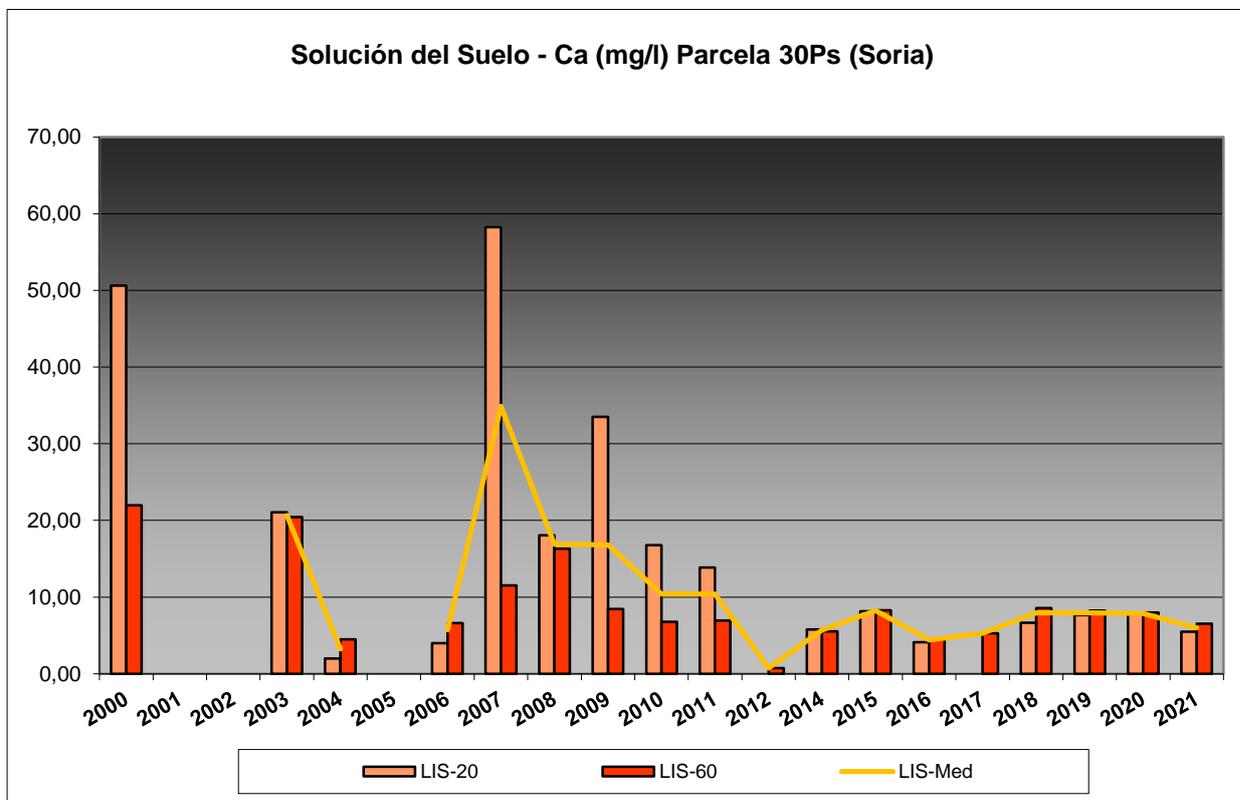


FIG 37: Contenido en Ca solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

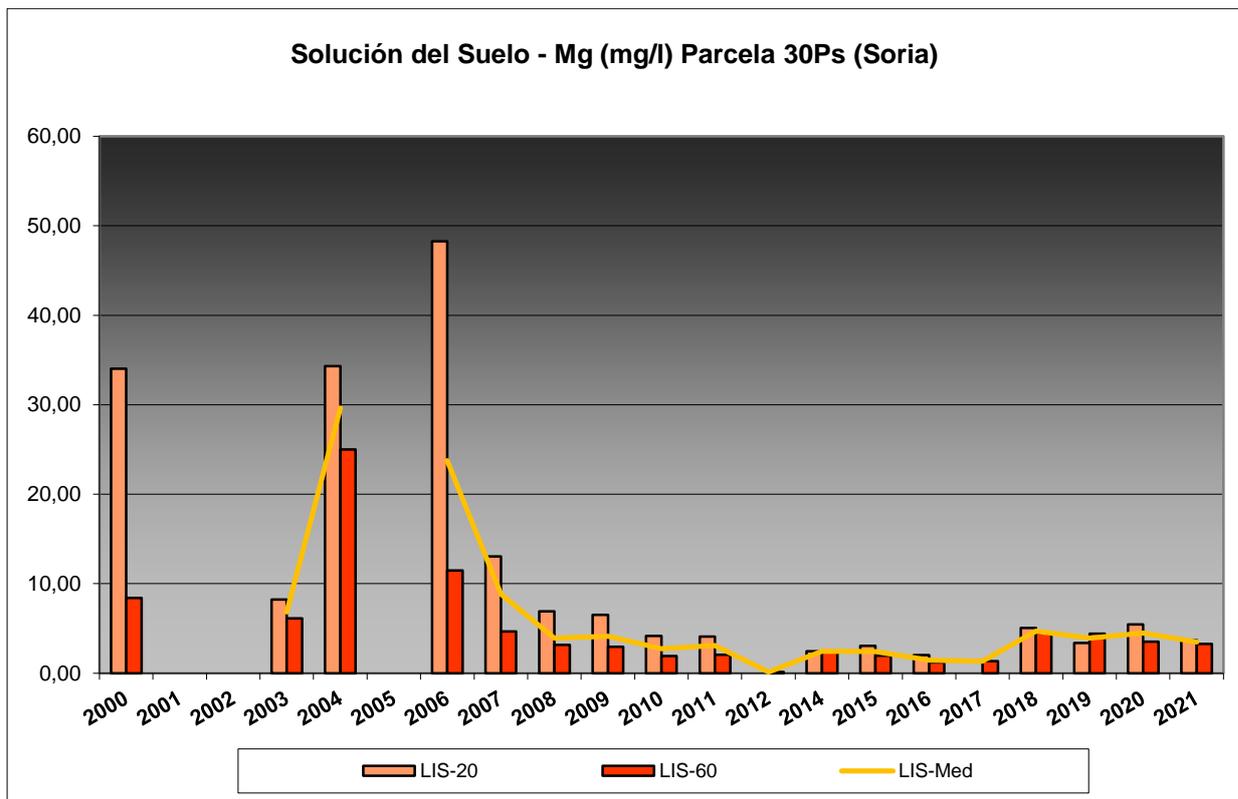


FIG 38: Contenido en Mg solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

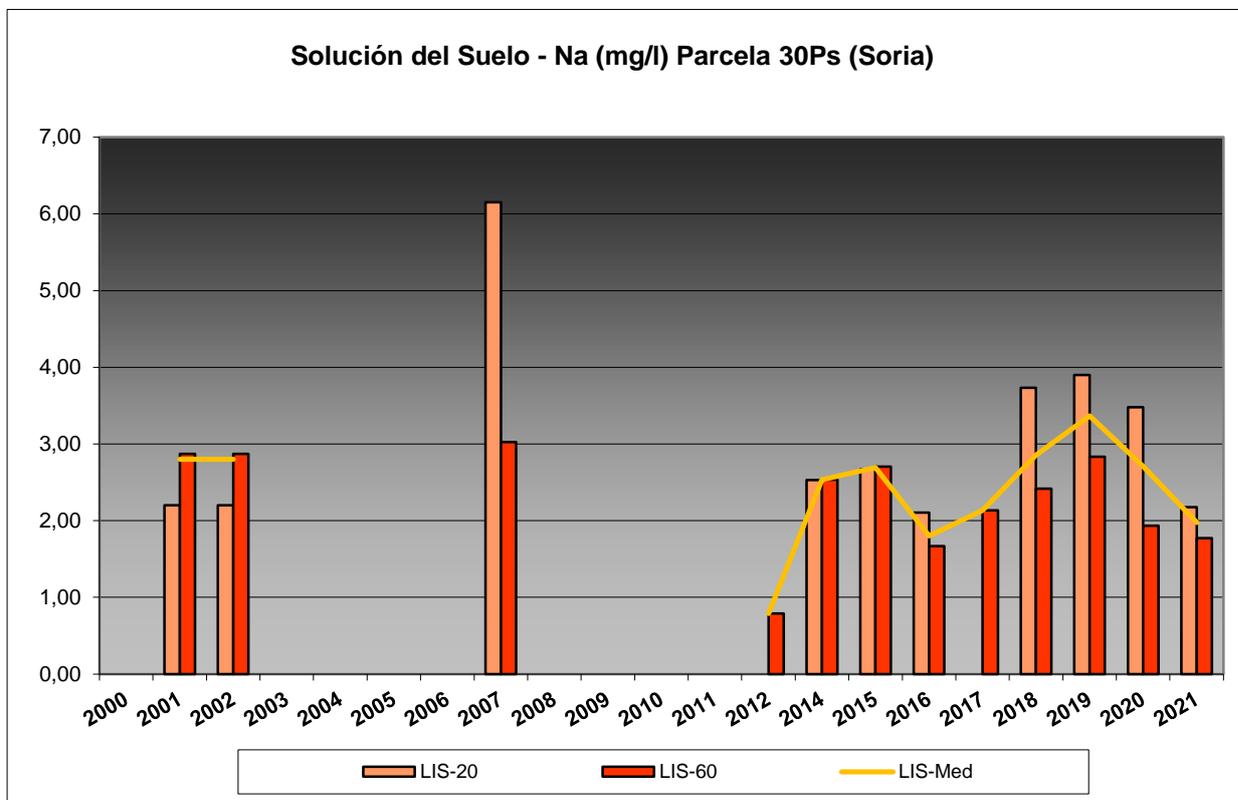


FIG 39: Contenido en Na solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

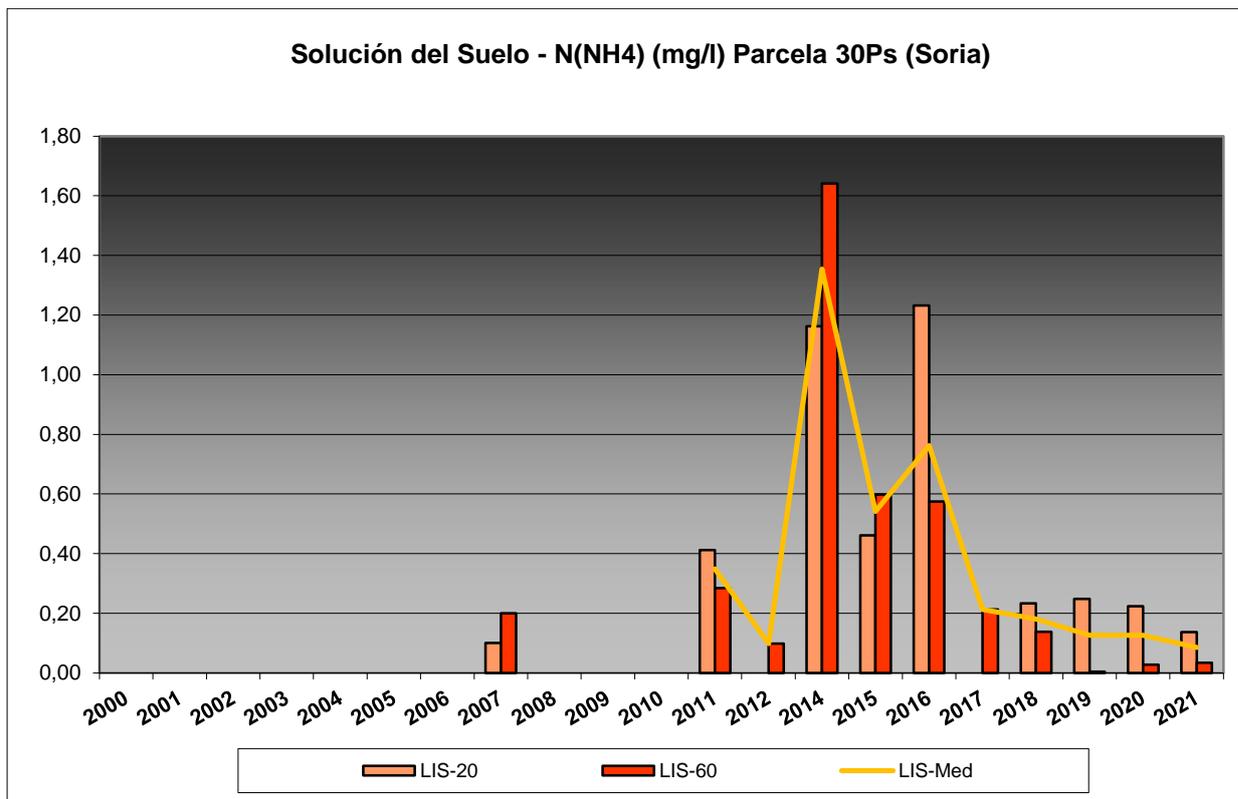


FIG 40: Contenido en N(NH4) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

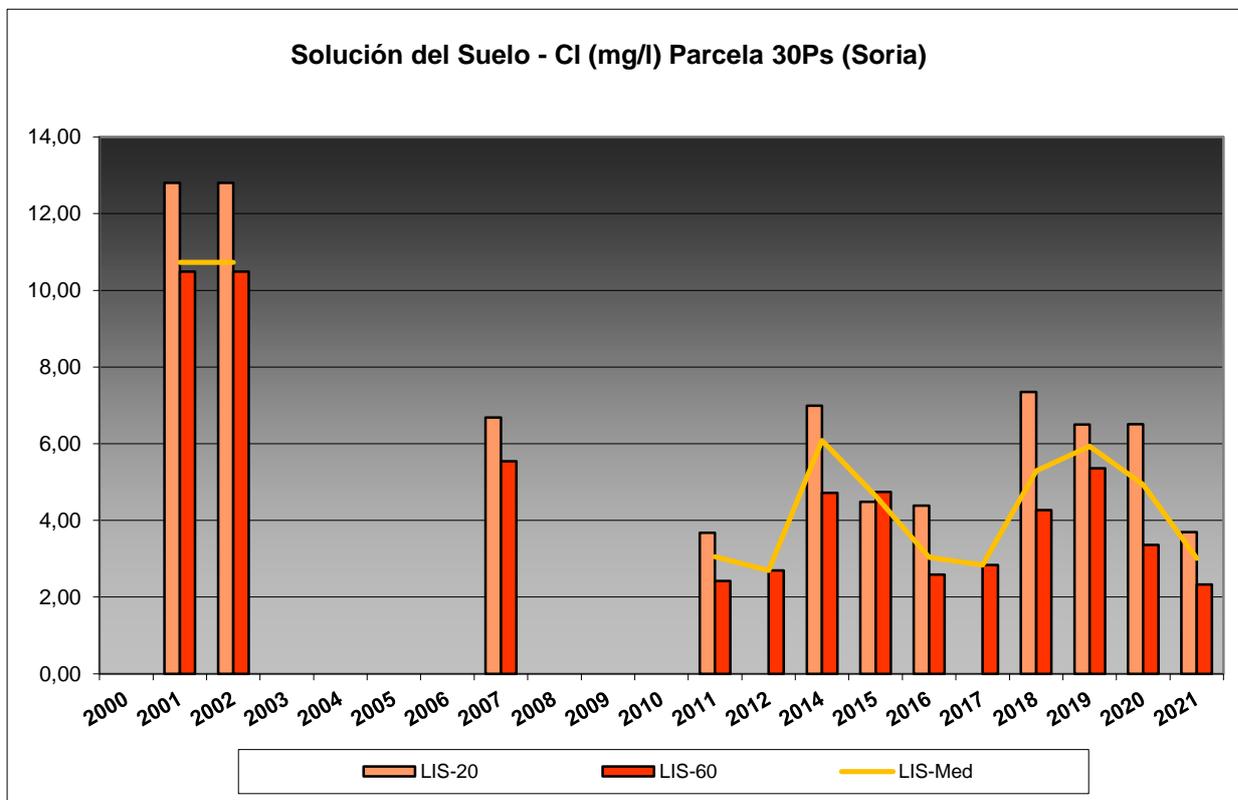


FIG 41: Contenido en Cl solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

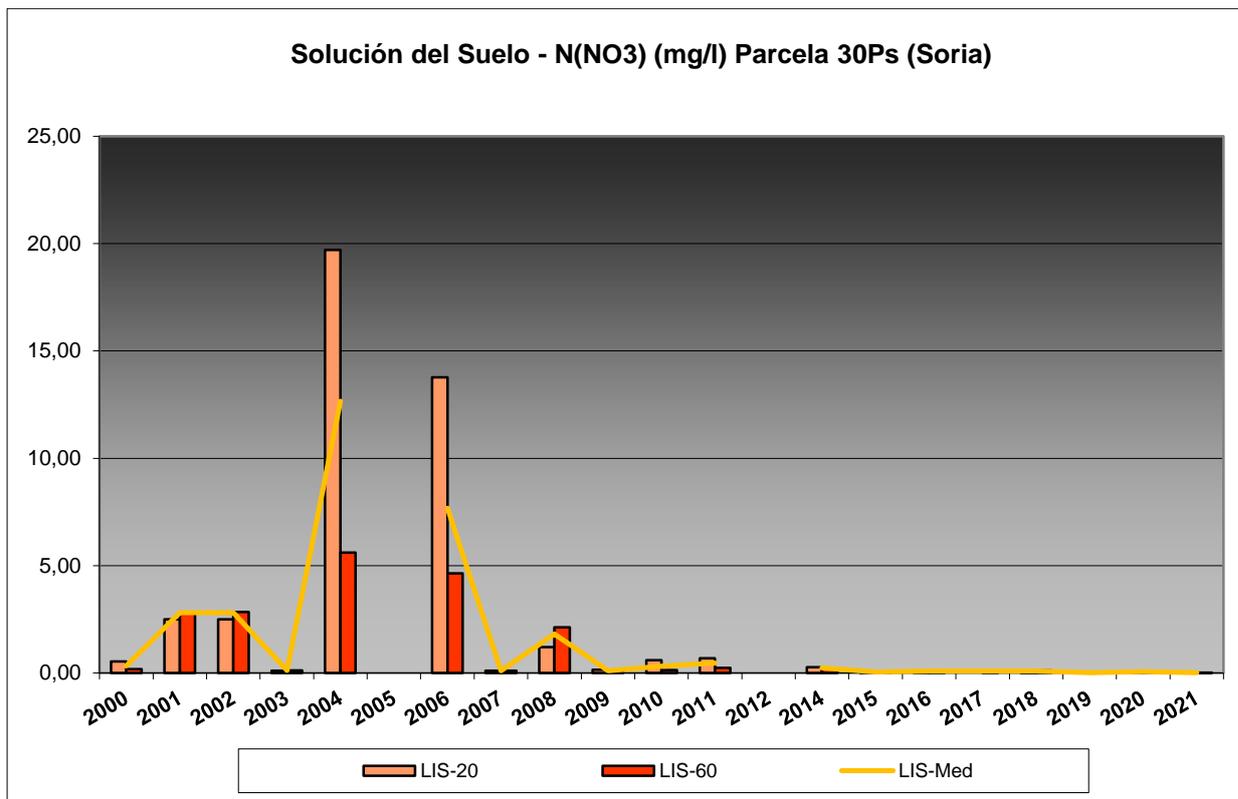


FIG 42: Contenido en N(NO3) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

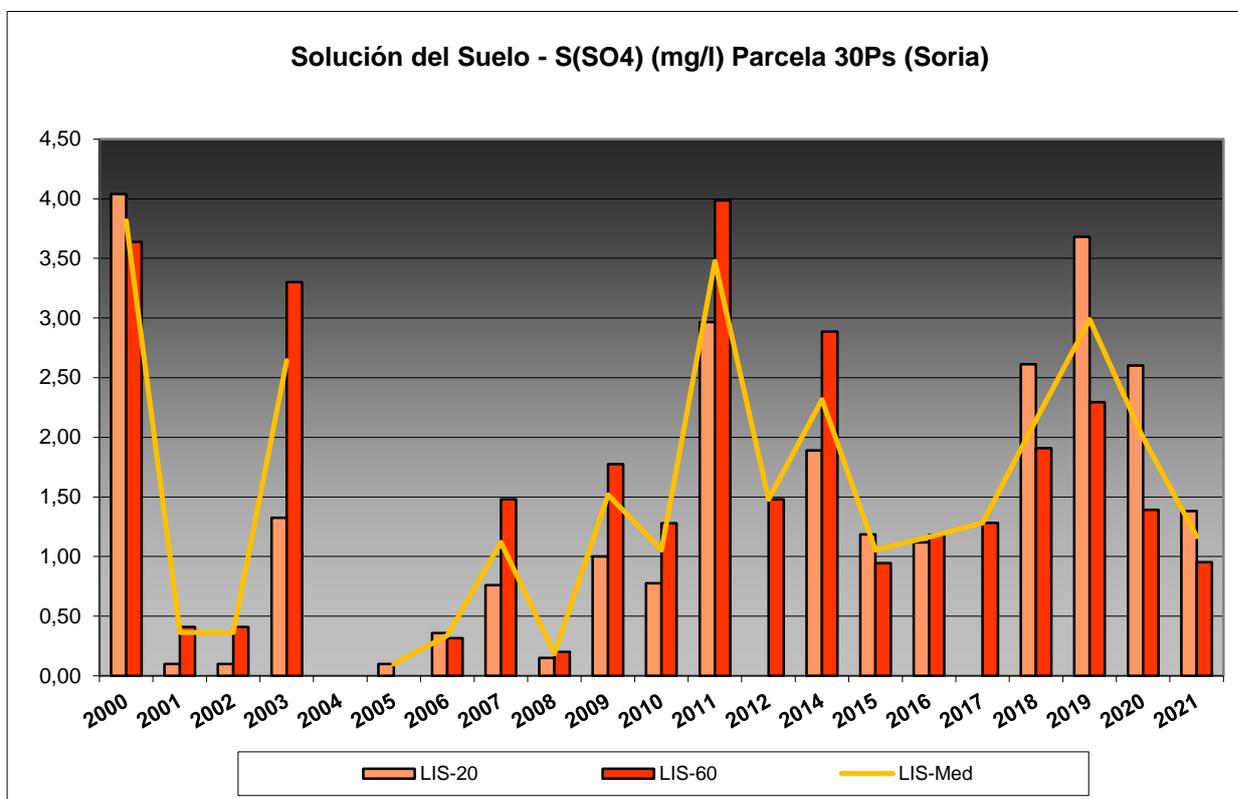


FIG 43: Contenido en S(SO4) solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

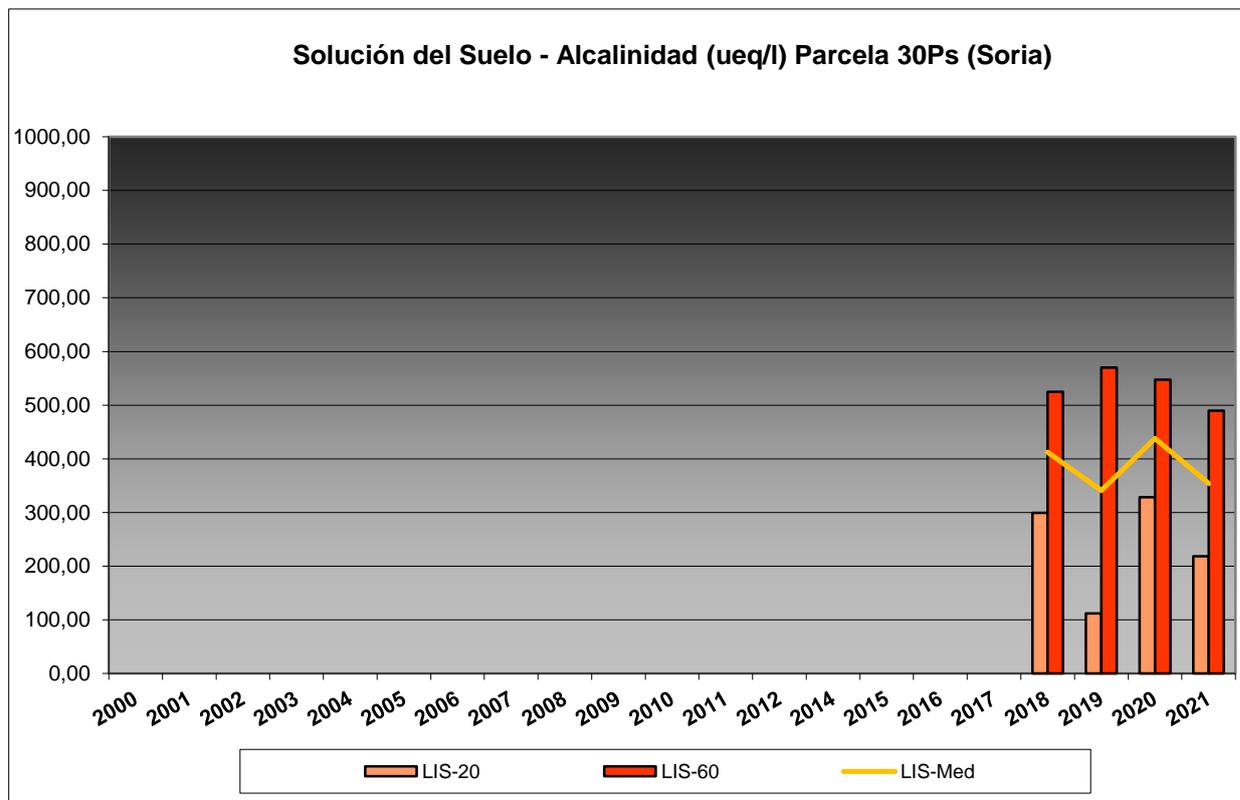


FIG 44: Contenido en Alcalinidad solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

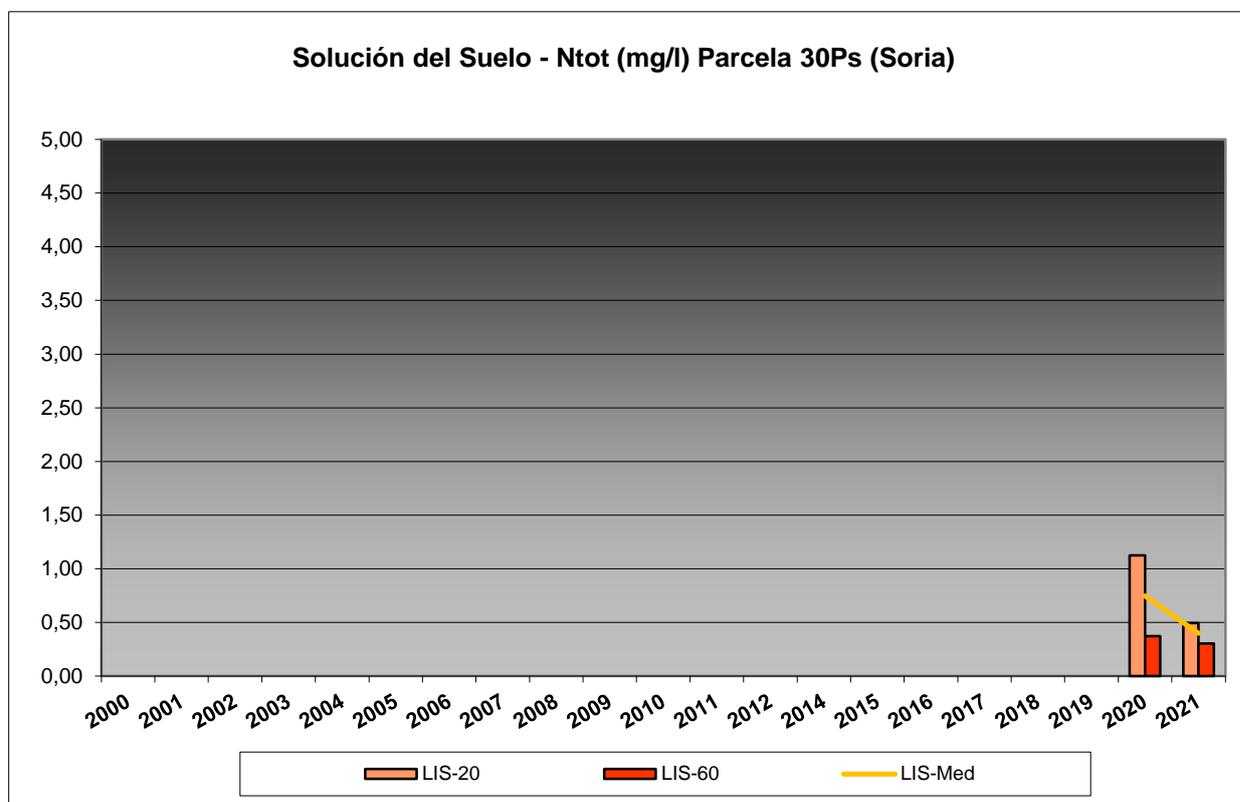


FIG 45: Contenido en N total solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

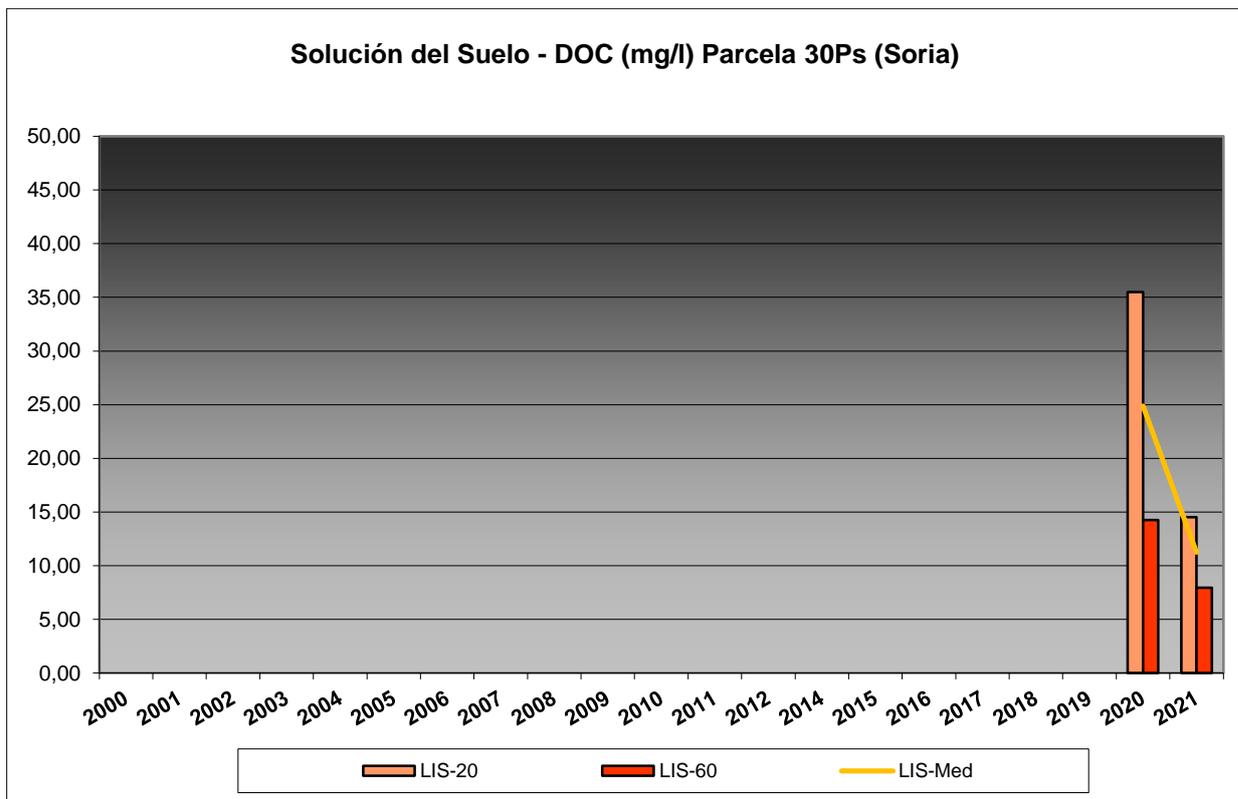


FIG 46: Contenido en C orgánico disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

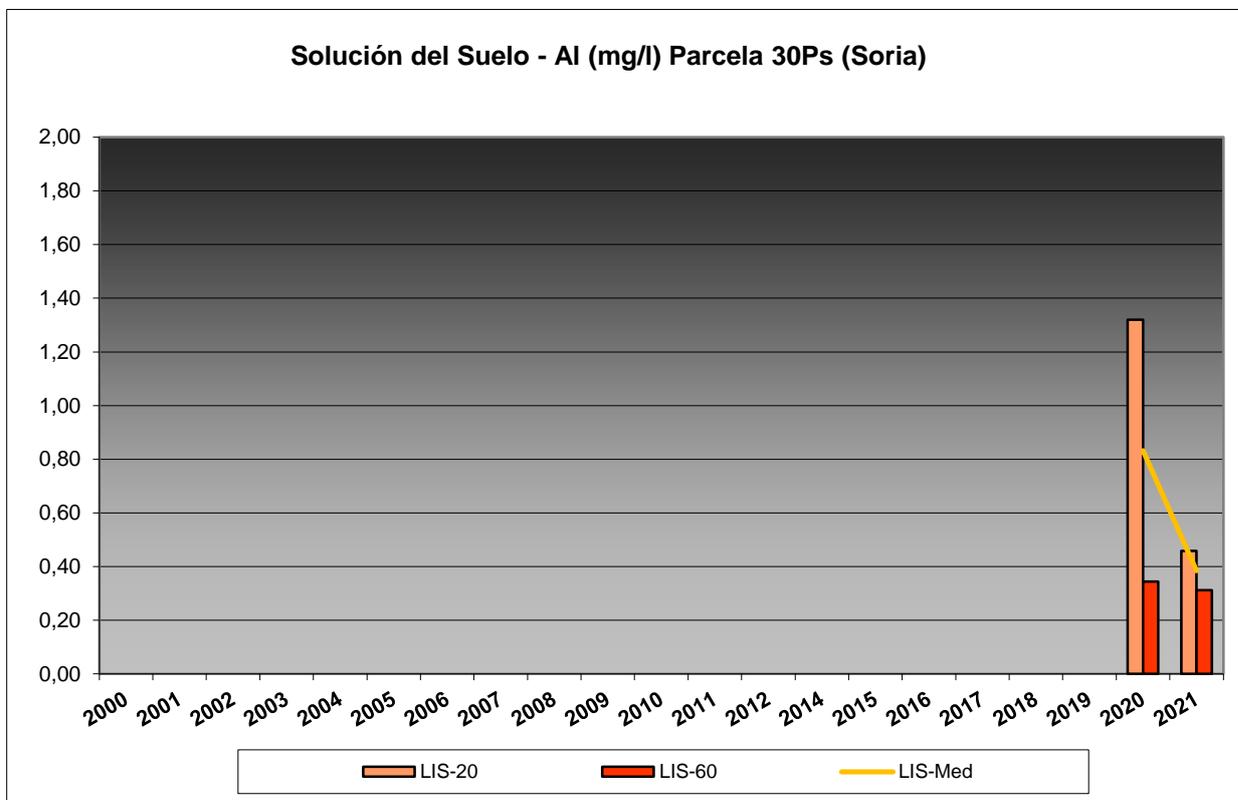


FIG 47: Contenido en Al disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

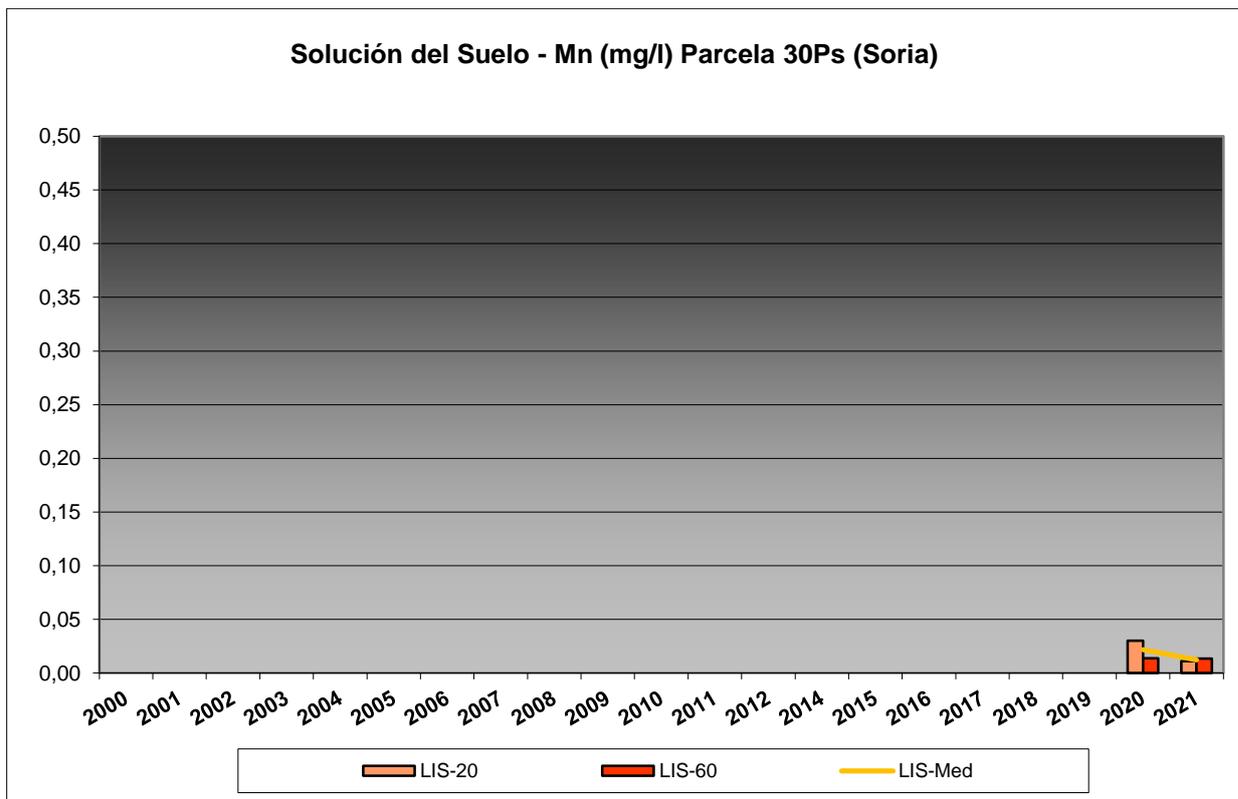


FIG 48: Contenido en Mn disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

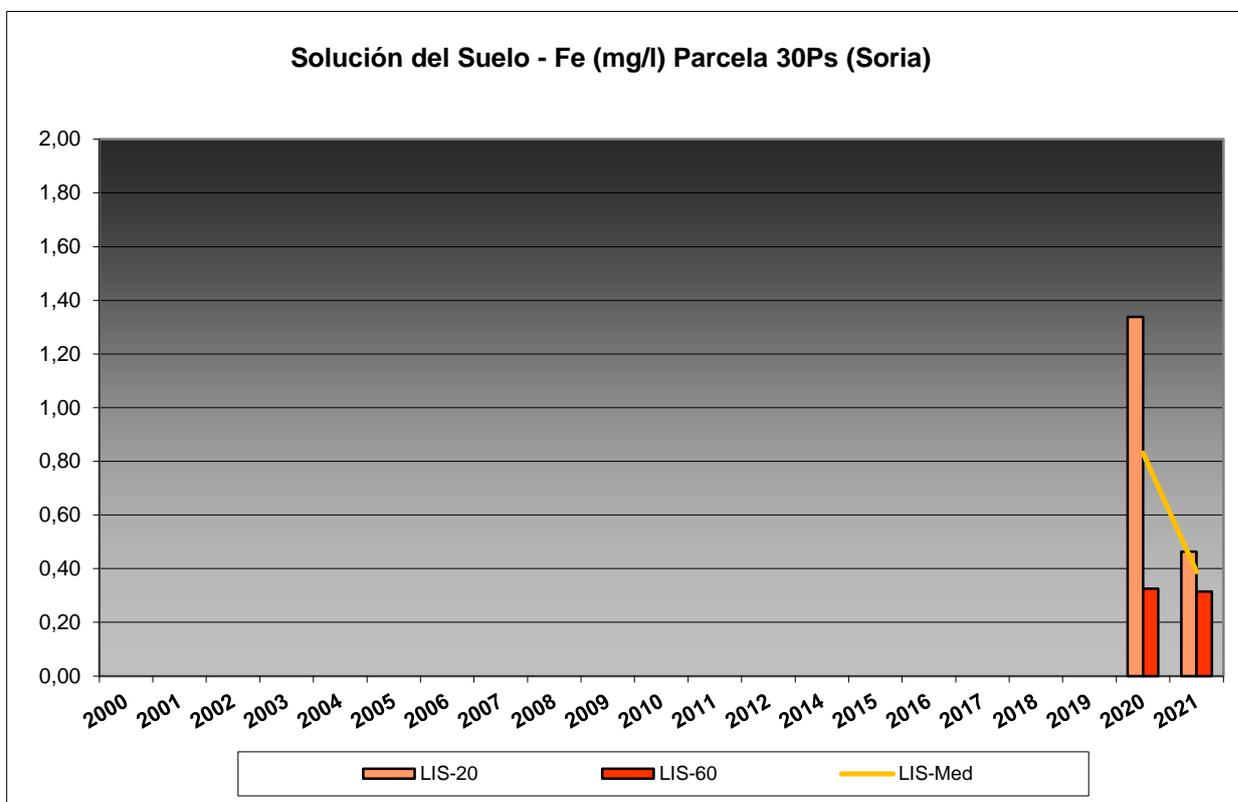


FIG 49: Contenido en Fe disuelto solución del suelo a 20 y 60 cm de profundidad.

En cuanto a las características de la solución del suelo, destaca en primer lugar que es la parcela en la que se han podido extraer más muestras, debido a estar situada sobre una zona con nivel freático alto en la que no resulta raro encontrar el suelo saturado, lo que no ocurre en otros puntos de la red. Por lo que se refiere al pH no se observan grandes diferencias entre las dos profundidades, siempre superior en el horizonte más profundo debido a la incorporación de sales a la muestra durante el proceso de infiltración y una ligera reducción durante la última revisión; mayores conductividades a 20 cm y muy marcadas en 2007-2008, con una reducción en ambas profundidades a lo largo del último año analizado; concentraciones considerables de los elementos terrígenos y menor proporción del resto de elementos analizados, que suelen situarse por encima de los niveles obtenidos en la deposición por trascolación. A lo largo del último año analizado se observa una ligera reducción en la mayoría de los solutos analizados que en algunos casos alcanzan los valores mínimos de la serie, tal como ocurre con el cloro, el sodio, el amonio o los nitratos.