



RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES

**RED DE NIVEL II
MEMORIA – 2022**

PARCELA 10 Ppa (HUELVA)

**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	4
3. Estado fitosanitario de la parcela	5
3.1. Defoliación y decoloración	5
3.2. Daños forestales	7
4. Instrumentación	15
5. Deposición atmosférica	17
5.1. pH	19
5.2. Conductividad	20
5.3. Potasio	22
5.4. Calcio	23
5.5. Magnesio	24
5.6. Sodio	25
5.7. Amonio	27
5.8. Cloro	28
5.9. Nitratos	29
5.10. Sulfatos	30
5.11. Alcalinidad.....	32
5.12. Nitrógeno total	33
5.13. Carbono orgánico disuelto.....	34
5.14. Aluminio	35
5.15. Manganeseo.....	36
5.16. Hierro.....	37
5.17. Interpretación de resultados	37
6. Calidad del aire. Inmisión	39
7. Análisis foliar	41
7.1. Macronutrientes	41
7.2. Micronutrientes	43
7.3. Interpretación de resultados	44
8. Desfronde	44
9. Fenología	47
10. Cintas diamétricas	50
11. Meteorología	51
12. Índice de Área Foliar	53

INDICE DE TABLAS

- TABLA 1:** Características de la parcela.
TABLA 2: Datos meteorológicos parcela.
TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009
TABLA 4: Características dasométricas
TABLA 5: Distribución de agentes dañinos en la parcela
TABLA 6: Distribución de síntomas y signos en la parcela
TABLA 7: Relación entre agentes, síntomas y signos observados
TABLA 8: Equipos de medición instalados
TABLA 9: Parámetros descriptores de la deposición atmosférica
TABLA 10: Caracterización pH
TABLA 11: Caracterización conductividad
TABLA 12: Caracterización potasio
TABLA 13: Caracterización calcio
TABLA 14: Caracterización magnesio

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

INDICE DE FIGURAS

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

1. Situación de la parcela.

La parcela representa el pinar de *Pinus pinea* del Sector Onubense litoral de la Provincia Gaditano-Onubo-Algarviense (Rivas-Martínez).

Sus principales características se resumen en la siguiente tabla:

TABLA 1: Características de la parcela.

PARCELA	ESPECIE	PROVINCIA	T. MUNICIPAL	REPLANTEO	NIVEL
10 Ppa	<i>Pinus pinea</i>	Huelva	Almonte	18/07/1993	III

LATITUD	LONGITUD	XUTM	YUTM	ALTITUD	PENDIENTE	ORIENTACIÓN	PARAJE
+37°09'00"	-06°44'00"	168.000	4.118.000	65	0	Plano	Los Bodegones

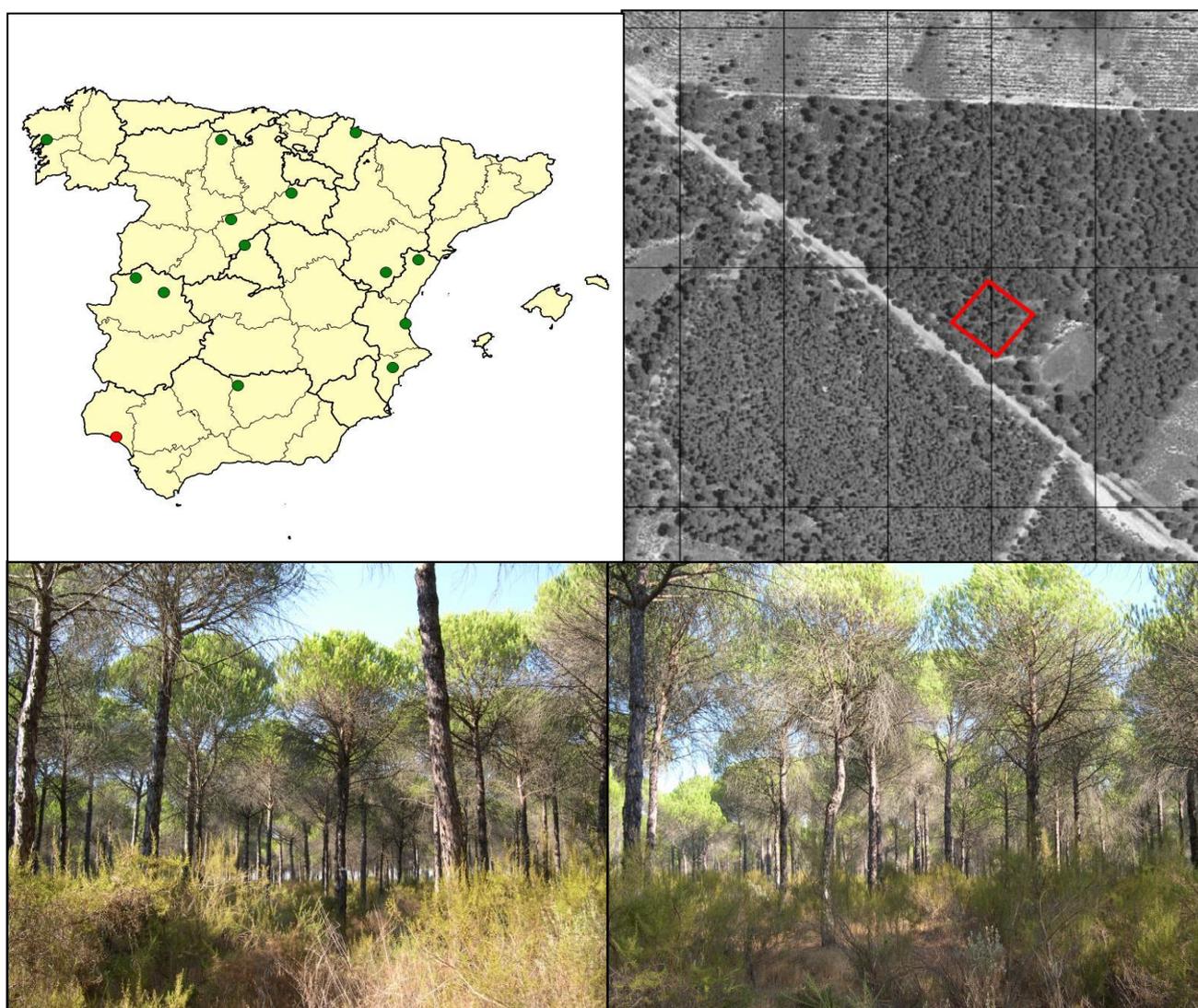


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 10Ppa.

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)	10,5	11,5	13,2	15,9	18,6	21,5	24,8	25,4	22,3	18,3	14	10,8	17,2
P(mm)	93	82	83	55	32	19	1	3	18	68	78	96	627
T. Media Máximas Mes más Cálido								33,3					
	5,1	T. Media Mínimas Mes más Frío											

De acuerdo a clasificación de Allué, el clima se corresponde con un IV2 *Mediterráneo Genuino*. De acuerdo a la clasificación en pisos bioclimáticos, la parcela se encuentra en el *Piso Termomediterráneo*.

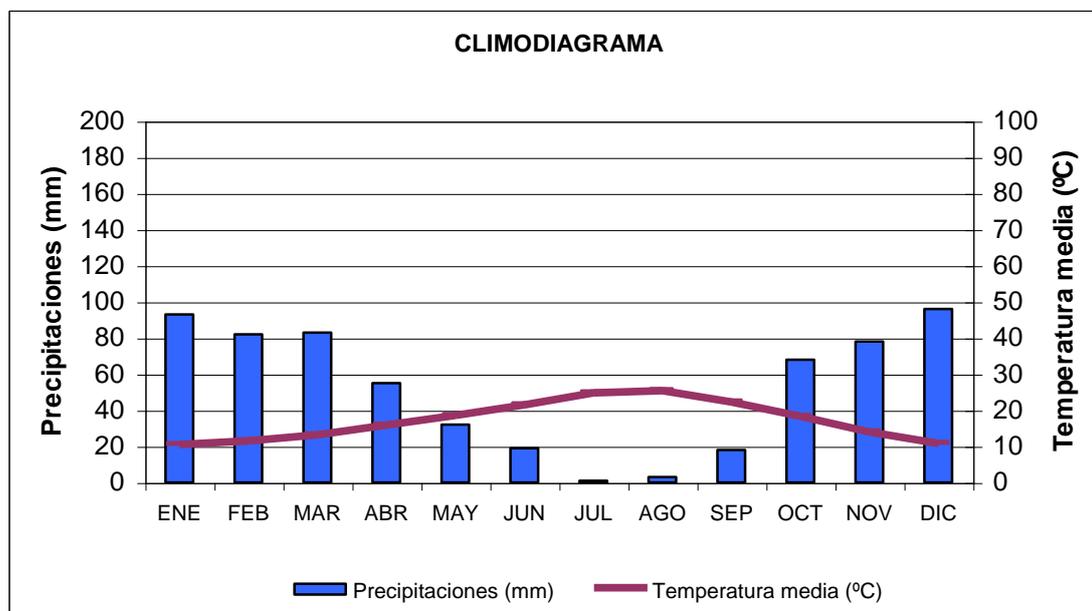


FIG 2: Climodiagrama de la parcela

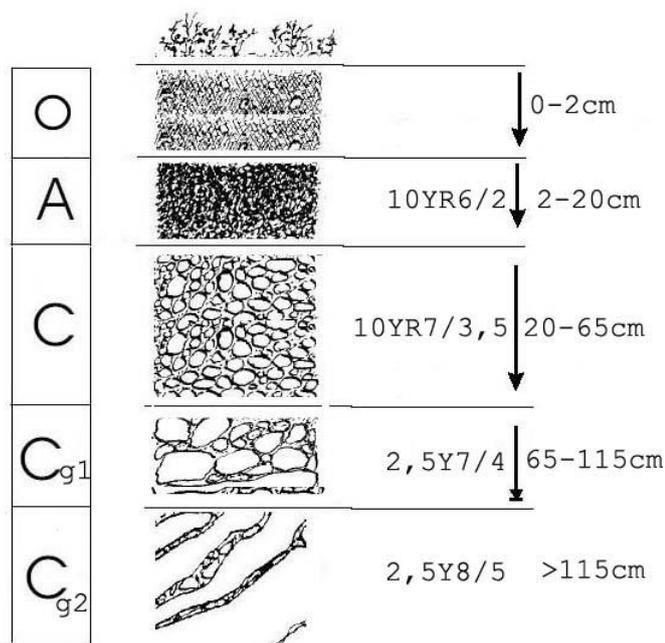
2.2. Geología y Suelos.

Litología: arenas.

Edafología: Gleyc Arenosol.

La topografía particularmente llana, la textura arenosa y drenaje moderado son los rasgos más destacados de los suelos de la parcela. Textura arenosa y drenaje moderado son aspectos aparentemente contrapuestos. Ciertamente, la textura arenosa determina una permeabilidad muy rápida, pero el drenaje interno es deficiente. Ello se debe a la existencia de una capa freática cuyo nivel superior se sitúa dentro del metro superficial. La saturación del suelo con agua, al menos temporal, y el consecuente ambiente reductor

es la causa de otros dos aspectos importantes en estos suelos: limitación del desarrollo radicular en profundidad y la existencia de abundantes y grandes concreciones de sesquióxidos.



Horizonte	Espesor (cm)	Descripción
O	0-2	Capa orgánica, construida por acículas de pino poco descompuestas.
A	0-20	Gris parduzco claro (10 YR 6/2) en seco, pardo amarillento (10 YR 4.5/4) en húmedo; arenoso; estructura grumosa, fina, débil; consistencia suelta en húmedo; frecuentes raíces gruesas; abundantes poros, muy finos; no se aprecia actividad de la fauna; límite gradual y plano.
C	20-65	Pardo muy claro (10 YR 7/3.5) en húmedo; arenoso; estructura poliédrica subangular, mediana, débil; consistencia suelta en húmedo; escasas raíces, gruesas; abundantes poros muy finos; límite difuso y plano.
C _{gi}	65-115	Amarillo pálido (2.5 Y 7/4) en húmedo; arenoso; estructura suelta; muy friable en húmedo; abundantes poros muy finos; límite difuso y plano.
C*	115	Amarillo pálido (2.5 Y 8/5) en húmedo; arenoso; sin estructura; muy friable en húmedo; muy poroso; frecuentes (30%) nódulos irregulares grandes (3-10 cm) y con consistencia firme en húmedo.

2.3. Vegetación.

Vegetación actual: Parcela llana, en arenal subcostero. Bajo una cubierta más o menos densa de pino piñonero hay un matorral bastante uniforme. El suelo arenoso apenas tiene una cobertura de herbáceas, sin embargo se encuentra cubierto casi en su totalidad por pinocha (98 %). En las cercanías de la parcela se ha encontrado *Chamaerops humilis*, *Erica scoparia*, *Cistus crispus*, *Cistus libanotis* y *Phillyrea angustifolia*, no presentes en la misma.

TABLA 3: Inventario florístico 2007-2009

	Cob		Cob
ESTRATO ARBÓREO	80,00	<i>Iberis ciliata</i> All.	+
<i>Pinus pinea</i> L.	80,00	<i>Kickxia cirrhosa</i> (L.) Fritsch	+
ESTRATO ARBUSTIVO	55,50	<i>Lavandula stoechas</i> L.	+
<i>Cytisus grandiflorus</i> DC.	0,30	<i>Leontodon taraxacoides</i> (Vill.) Mérat	+
<i>Erica scoparia</i> L.	0,20	<i>Linaria spartea</i> (L.) Willd.	+
<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	53,00	<i>Pinus pinea</i> L.	+
<i>Ulex eriocladius</i> C. Vicioso	2,00	<i>Pteroccephalus diandrus</i> (Lag.) Lag.	+
EST. SUBARBUSTIVO-HERBACEO	29,00	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	28,00
<i>Andryala laxiflora</i> DC.	+	<i>Silene scabriflora</i> Brot.	+
<i>Anthoxanthum aristatum</i> Boiss.	+	<i>Stauracanthus genistoides</i> (Brot.) Samp.	+
<i>Asparagus officinalis</i> L.	+	<i>Thapsia</i> sp.	+
<i>Brachypodium distachyon</i> (L.) Beauv.	+	<i>Thymus mastichina</i> L.	+
<i>Briza maxima</i> L.	+	<i>Tolpis barbata</i> (L.) Gaertner	+
<i>Crepis capillaris</i> (L.) Wallr.	+	<i>Tuberaria guttata</i> (L.) Fourr.	+
<i>Cytisus grandiflorus</i> DC.	+	ESTRATO MUSCINAL-LIQUENICO	0,50
<i>Elaeoselinum foetidum</i> (L.) Boiss.	+	<i>Cladonia cervicornis</i>	+
<i>Halimium lasianthum</i> (Lam.) Spach	+	<i>Cladonia rangiformis</i>	+

Vegetación potencial: La parcela se encuentra en la serie 26b Serie termomediterránea gaditano-onubo-algarviense y marianico-monchiquense subhúmeda silícicola de *Quercus suber* o alcornoque (*Oleo Querceto suberis sigmetum*). Pertenece a la faciación gaditano-onubense sobre arenales con *Halimium halimifolium*.

2.4. Caracterización forestal y dasométrica.

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de pinar de piñonero en estado de fustal de 41-60 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	Área ha	N par	N/ha	Sp.p	Otras	Muerto	Edad años	D med (cm)	AB m ² /ha	D m c cm	Alt m m	Alt do m	Exist m ³ cc
10 Ppa	0,2500	62	248	62	0	39	41-60	27,48	15,03	27,78	11,43	11,98	18,77

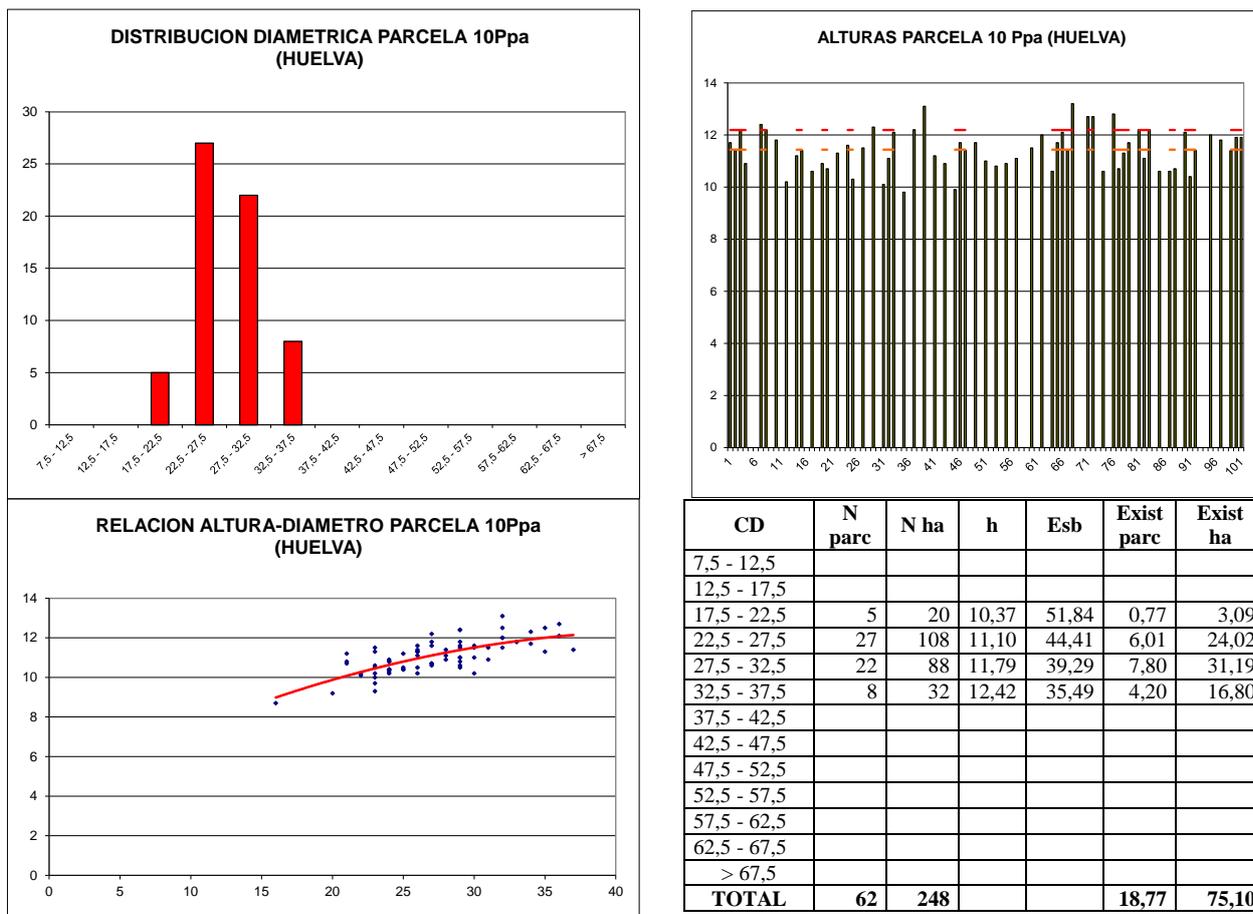


FIG 3: Distribución diamétrica de la parcela; distribución de alturas y comparación con las alturas media y dominante; relación de alturas-diámetros; frecuencias, alturas, esbelteces y existencias por clase diamétrica.

3. Estado fitosanitario de la parcela.

3.1. Defoliación y decoloración.

En la presente revisión, la parcela presenta un estado fitosanitario aceptable, con una defoliación media del 25,16%, dentro por tanto de la escala de daños ligeros, categoría en la que se han calificado cerca del 70% de los pies, en lo que supone un empeoramiento con respecto a la revisión del año anterior al incrementarse el parámetro en más de tres puntos porcentuales, inferior por tanto al umbral de cinco que implica una variación significativa en términos estadísticos de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales. El empeoramiento es más llamativo atendiendo a la distribución de los pies por clases de daño, al triplicarse el número de pies calificados con defoliaciones moderadas

Cabe destacar también que la parcela se encuentra a pocos cientos de metros del perímetro del incendio que afectó a Doñana entre el 24 de junio y 4 de julio de 2017; y que afectó a casi 8.500 ha de superficie; si bien no llegó a interesar al arbolado muestra. Pese a lo cual debe ser tenido en cuenta como elemento perturbador en la parcela. En el momento de la redacción del presente informe se han efectuado intensas cortas de policía en la zona extrayendo los pies muertos o debilitados que pudieran favorecer el desarrollo de focos de escoltados perforadores u otros agentes oportunistas.

Atendiendo a la serie histórica de datos se advierte un marcado empeoramiento desde 2013, con un incremento de la defoliación próximo a diez puntos porcentuales, similar a los máximos locales de 1995 y 2001, aunque alejado de los resultados habidos en 2009, cuando se procedió al aclareo de la masa; recuperándose los valores propios del bienio 2018-2019, en que se obtuvo unos de los mejores resultados de la distribución. Cabe destacar en esta parcela las malas condiciones para el desarrollo del arbolado, situado en una zona de escasas precipitaciones, sobre un suelo muy arenoso y con escasa capacidad de retención de agua, matizado por el hecho de encontrarse la capa freática a escasa profundidad. Las defoliaciones causadas en las ramas más bajas debidos a la acción del hongo defoliador *Thyriopsis halepensis*, endémico en los pinares de la zona, no ayudan tampoco al mantenimiento de un buen estado de salud.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

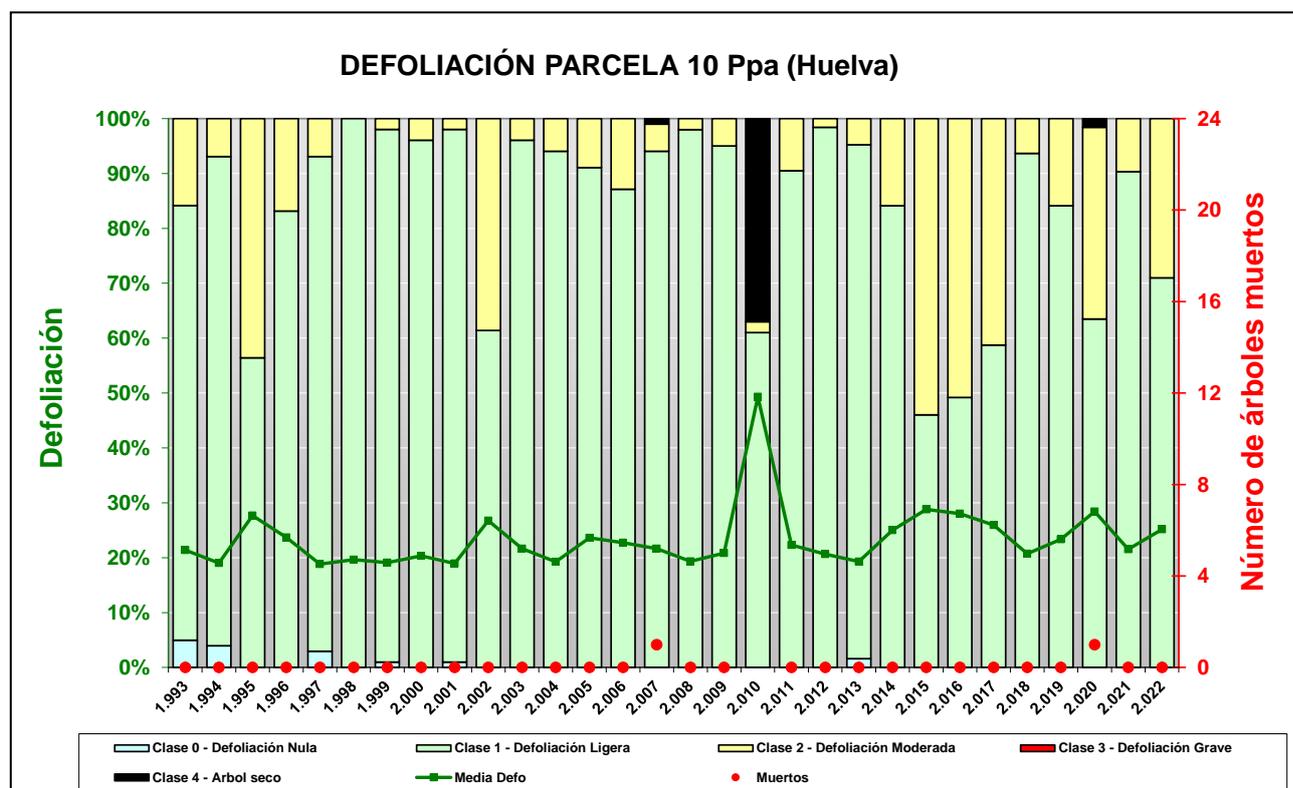


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.

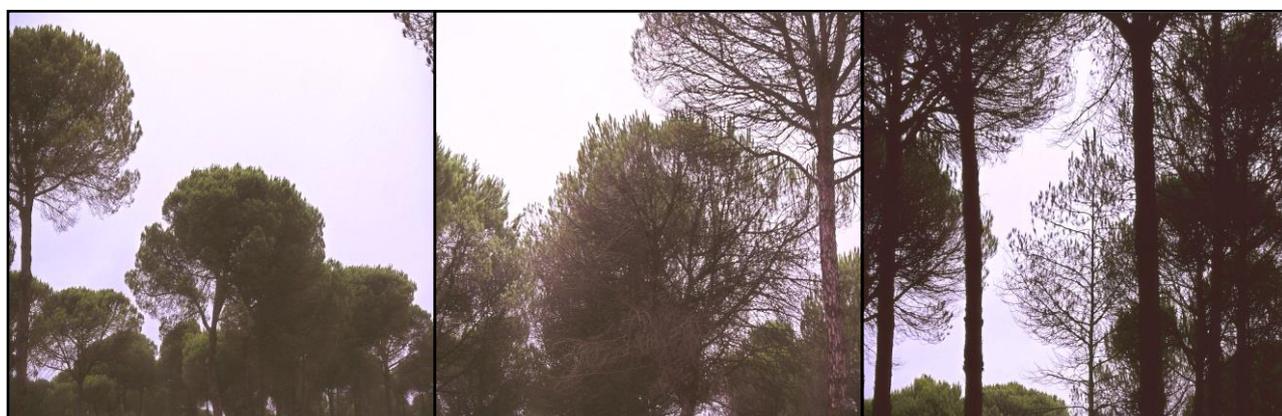


FIG 5: Defoliación 10%, 35% y 80%

3.2. Daños forestales.

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

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

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
INSECTOS												
Defoliadores	7	1,00	28	11,29	26,43	0,00	1,27	-0,11	26,14	11,34	-1,34	-0,09
Acíc. antiguas	7	1,00	28	11,29	26,43	0,00	1,27	-0,11	26,14	11,34	-1,34	-0,09
Chupadores	4	1,00	16	6,45	23,75	0,00	-1,41	-0,11	26,75	11,63	-0,73	0,19
Acíc. antiguas	4	1,00	16	6,45	23,75	0,00	-1,41	-0,11	26,75	11,63	-0,73	0,19
ENFERMEDADES												
Hongos/Royas acíc	62	2,23	248	100,00	25,16	0,11	0,00	0,00	27,48	11,43	0,00	0,00
<i>Thyriopsis halepensis</i>	62	2,23	248	100,00	25,16	0,11	0,00	0,00	27,48	11,43	0,00	0,00
Acíc. antiguas	62	2,23	248	100,00	25,16	0,11	0,00	0,00	27,48	11,43	0,00	0,00
AG.ABIÓTICO												
Sequía	42	1,05	168	67,74	26,19	0,17	1,03	0,06	27,67	11,41	0,18	-0,02
Acíc. del año	15	1,07	60	24,19	25,33	0,20	0,17	0,09	27,40	11,29	-0,08	-0,14
Acíc. antiguas	1	1,00	4	1,61	15,00	0,00	-10,16	-0,11	35,00	12,20	7,52	0,77
Brotos del año	26	1,04	104	41,94	27,12	0,15	1,96	0,04	27,54	11,45	0,05	0,02
Calor	35	1,11	140	56,45	25,29	0,11	0,13	0,00	27,66	11,47	0,17	0,03
Acíc. antiguas	35	1,11	140	56,45	25,29	0,11	0,13	0,00	27,66	11,47	0,17	0,03
Viento/Tornado	6	1,00	24	9,68	22,50	0,00	-2,66	-0,11	28,67	11,65	1,18	0,22
Ramillos <2 cm	4	1,00	16	6,45	22,50	0,00	-2,66	-0,11	28,75	11,43	1,27	-0,01
Ramas 2-10 cm	2	1,00	8	3,23	22,50	0,00	-2,66	-0,11	28,50	12,10	1,02	0,67
OTROS DAÑOS												
Falta luz	26	1,23	104	41,94	23,85	0,12	-1,31	0,01	27,19	11,42	-0,29	-0,01
Ramillos <2 cm	23	1,22	92	37,10	23,48	0,09	-1,68	-0,02	27,04	11,43	-0,44	0,00
Ramas 2-10 cm	3	1,33	12	4,84	26,67	0,33	1,51	0,22	28,33	11,33	0,85	-0,10
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	65	1,14	260	100,00	26,23	0,11	1,07	0,00	27,69	11,40	0,21	-0,03
Brotos del año	21	1,00	84	33,87	24,52	0,10	-0,64	-0,01	27,90	11,33	0,42	-0,11
Ramillos <2 cm	14	1,00	56	22,58	27,50	0,07	2,34	-0,04	27,07	11,45	-0,41	0,02
Tronco	29	1,21	116	46,77	26,55	0,14	1,39	0,03	27,83	11,41	0,34	-0,02
Cuello raíz	1	4,00	4	1,61	35,00	0,00	9,84	-0,11	28,00	12,10	0,52	0,67

El rasgo más importante de la presente revisión es el importante incendio que tuvo lugar en la zona de Moguer-Doñana en el mes de junio de 2017 y que se prolongó durante diez días, quedando detenido a corta distancia de la parcela, sin llegar a afectar directamente al arbolado muestra pero con indudable

influencia en su comportamiento. Tras el incendio y a través de trabajos selvícolas de policía se han ido cortando los pies muertos o debilitados que pudieran constituir un foco para el desarrollo de escolítidos u otros agentes oportunistas y comprometer el estado fitosanitario de la masa remanente.

En cuanto al conjunto de agentes de daño identificados, destaca en primer lugar la desaparición de la procesionaria del pino, *Thaumetopoea pityocampa*, como agente desestabilizador del arbolado durante la actual revisión, tal como ya ocurriera el año anterior, no registrándose en la zona desde el ataque del invierno de 2019.

Cabe hacer constar la característica diapausa de este lepidóptero, fenómeno por el cual parte de la población de adultos procedentes de la campaña anterior no emerge en la siguiente, configurándose un reservorio que puede dar lugar a nuevos ataques, de darse una serie de factores desencadenantes insuficientemente explicados por la literatura hasta el momento y que conforma un comportamiento en picos con explosiones esporádicas. El carácter errático del defoliador condiciona el comportamiento fitosanitario de la parcela, que a las malas condiciones edáficas y la presencia endémica del hongo defoliador *Thyriopsis halepensis*, suma los ataques esporádicos de la procesionaria. Se ha visto también alguna mordedura en el margen foliar de las acículas de mayor edad debidas a la acción de **defoliadores** de tipo braquiderino, junto con alguna punteadura clorótica debida a la acción de insectos chupadores, advirtiéndose al tacto la secreción de resina causada como reacción a la introducción del aparato suctor.

Se observa también la desaparición, en la presente revisión del perforador *Tomicus destruens*, presente en años previos y que pone de manifiesto la efectividad de los tratamientos selvícolas de mejora antedichos, a medida que se han ido retirando los restos leñosos que le servían como foco de expansión, al pasarse de un porcentaje de infestación de algo más del 15% en 2018 inmediatamente tras el incendio y reduciéndose paulatinamente desde entonces, poniendo de manifiesto la necesidad de una selvicultura preventiva postincendio que proteja al arbolado próximo.

En cuanto a la presencia de hongos, se advierte la presencia generalizada del hongo defoliador *Thyriopsis halepensis* en las acículas caídas en el suelo que actúa como reservorio del patógeno, infectando al pinar a lo largo de la primavera siguiente, dependiendo el grado de infección básicamente de las condiciones climáticas, y que al afectar básicamente a las ramas más bajas da al arbolado un aspecto similar al del soflamado, concentrándose la defoliación en la parte baja de la copa mientras que la superior presenta mucho mejor aspecto y apareciendo los daños a finales de la primavera, primero con un amarilleamiento brusco seguido de la caída prematura del follaje afectado. De esta enfermedad se advierten las habituales punteaduras necróticas amarillentas orladas por una corona de cuerpos de fructificación negruzcos, que acaban por secar las acículas infectadas y hacerlas caer. El agente acaba por defoliar prematuramente la metida de tres años del hospedante y se superpone a los efectos normales de la autopoda por falta de luz y a la pérdida de acículas asociada a la sequía, responsable todo en último extremo de una ramificación baja escasamente poblada, cuando no muerta, muy frecuente en todos los pinares de la zona, que se asientan además sobre suelos muy arenosos, con escasa capacidad de retención de agua.

Debido a las elevadas temperaturas del verano, la parcela se evaluó inmediatamente después de la segunda ola de calor del verano, extendida entre el 9 y el 26 de julio, se advierten también caídas prematuras de las acículas de mayor edad, en buena parte de los pies evaluados, así como daños ya claramente debidos a la **sequía** tales como microfília en las acículas del año y aborto de algunos de los brotes en más de la mitad de los árboles evaluados, junto con algunas ramas rotas debido a la acción del **viento**, sin mayor importancia. Cabe hacer constar que no se habían registrado precipitaciones más de dos meses antes de la evaluación.

Tradicionalmente están muy extendidos los daños por falta de luz en la ramificación inferior de los pies, a la que se superpone la presencia del hongo defoliador *Thyriopsis halepensis*, pese a lo cual el arbolado ha quedado con una densidad correcta, en torno a 240 pies/ha, como pone de manifiesto el mejor estado de la corona superior de las copas. En este sentido cabe apuntar la homogénea distribución del dosel

arbóreo, sin que se observen pies dominados situados claramente bajo el nivel medio de la masa. En términos generales se observa mayor vigor del arbolado tras las operaciones de clara de la masa.

Por último, y sin que se pueda determinar la causa con exactitud, se observan algunas **tumoraciones** aisladas que si bien en algún caso resultan muy patentes, no se encuentran asociadas a daños forestales de consideración, junto con **puntisecado** de ramillos sin mayor trascendencia.

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

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

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
HOJAS/ACÍCULAS												
Acíc. del año	15	1,07	60	24,19	25,33	0,20	0,17	0,09	27,40	11,29	-0,08	-0,14
Microfilia	15	1,07	60	24,19	25,33	0,20	0,17	0,09	27,40	11,29	-0,08	-0,14
Acíc. antiguas	109	1,73	436	100,00	25,14	0,10	-0,02	-0,01	27,50	11,45	0,01	0,02
Comidos/perdidos	69	2,10	276	100,00	25,29	0,10	0,13	-0,01	27,35	11,42	-0,14	-0,01
Agujeros/Parc. comidas	1	1,00	4	1,61	35,00	0,00	9,84	-0,11	33,00	12,20	5,52	0,77
Muestras	6	1,00	24	9,68	25,00	0,00	-0,16	-0,11	25,00	11,20	-2,48	-0,23
Caída prematura	62	2,23	248	100,00	25,16	0,11	0,00	0,00	27,48	11,43	0,00	0,00
Dec. Verde-amarillo	39	1,10	156	62,90	25,13	0,10	-0,03	-0,01	27,56	11,48	0,08	0,05
Completa	35	1,11	140	56,45	25,29	0,11	0,13	0,00	27,66	11,47	0,17	0,03
Punteado	4	1,00	16	6,45	23,75	0,00	-1,41	-0,11	26,75	11,63	-0,73	0,19
Microfilia	1	1,00	4	1,61	15,00	0,00	-10,16	-0,11	35,00	12,20	7,52	0,77
RAMAS/BROTOS												
Brotos del año	47	1,02	188	75,81	25,96	0,13	0,80	0,02	27,70	11,40	0,22	-0,04
Muerto/moribundo	20	1,00	80	32,26	24,50	0,15	-0,66	0,04	27,15	11,26	-0,33	-0,17
Aborto	27	1,04	108	43,55	27,04	0,11	1,88	0,00	28,11	11,50	0,63	0,07
Ramillos <2 cm	41	1,12	164	66,13	24,76	0,07	-0,40	-0,04	27,22	11,44	-0,26	0,00
Rotura	4	1,00	16	6,45	22,50	0,00	-2,66	-0,11	28,75	11,43	1,27	-0,01
Muerto/moribundo	37	1,14	148	59,68	25,00	0,08	-0,16	-0,03	27,05	11,44	-0,43	0,00
Ramas 2-10 cm	5	1,20	20	8,06	25,00	0,20	-0,16	0,09	28,40	11,64	0,92	0,21
Rotura	2	1,00	8	3,23	22,50	0,00	-2,66	-0,11	28,50	12,10	1,02	0,67
Muerto/moribundo	3	1,33	12	4,84	26,67	0,33	1,51	0,22	28,33	11,33	0,85	-0,10
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco	29	1,21	116	46,77	26,55	0,14	1,39	0,03	27,83	11,41	0,34	-0,02
Deformaciones	28	1,18	112	45,16	26,79	0,14	1,63	0,03	27,89	11,41	0,41	-0,03
Tumores	28	1,18	112	45,16	26,79	0,14	1,63	0,03	27,89	11,41	0,41	-0,03
Heridas	1	2,00	4	1,61	20,00	0,00	-5,16	-0,11	26,00	11,50	-1,48	0,07
Grietas	1	2,00	4	1,61	20,00	0,00	-5,16	-0,11	26,00	11,50	-1,48	0,07
Cuello raíz	1	4,00	4	1,61	35,00	0,00	9,84	-0,11	28,00	12,10	0,52	0,67
Deformaciones	1	4,00	4	1,61	35,00	0,00	9,84	-0,11	28,00	12,10	0,52	0,67
Tumores	1	4,00	4	1,61	35,00	0,00	9,84	-0,11	28,00	12,10	0,52	0,67

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

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

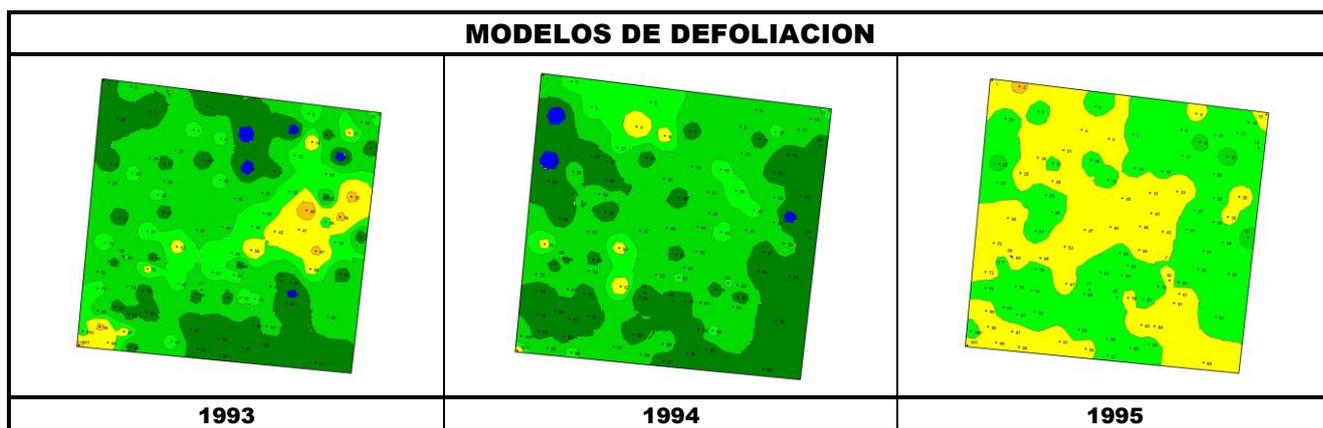
	N par	Defoliadores		Chupadores		Hongos/Royas acíc		Sequía	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	15								
Microfilia	15							15	35,71
Acíc. antiguas	109							15	35,71
Comidos/perdidos	69	7	100,00	4	100,00	62	100,00	1	2,38
Agujeros/Parc. comidas	1	7	100,00			62	100,00		
Muecas	6	1	14,29						
Caída prematura	62	6	85,71						
Dec. Verde-amarillo	39					62	100,00		
Completa	35			4	100,00				
Punteado	4								
Microfilia	1			4	100,00				
RAMAS/BROTES								1	2,38
Brotos del año	47								
Muerto/moribundo	20							26	61,90
Aborto	27							1	2,38
Ramillos <2 cm	41							25	59,52
Rotura	4								
Muerto/moribundo	37								
Ramas 2-10 cm	5								
Rotura	2								
Muerto/moribundo	3								
TRONCO/C.RAÍZ									
Tronco	29								
Deformaciones	28								
Tumores	28								
Heridas	1								
Grietas	1								
Cuello raíz	1								
Deformaciones	1								
Tumores	1								

	N par	Calor		Viento/Tornado		Falta luz		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	15								
Microfilia	15								
Acíc. antiguas	109								
Comidos/perdidos	69	35	100,00						

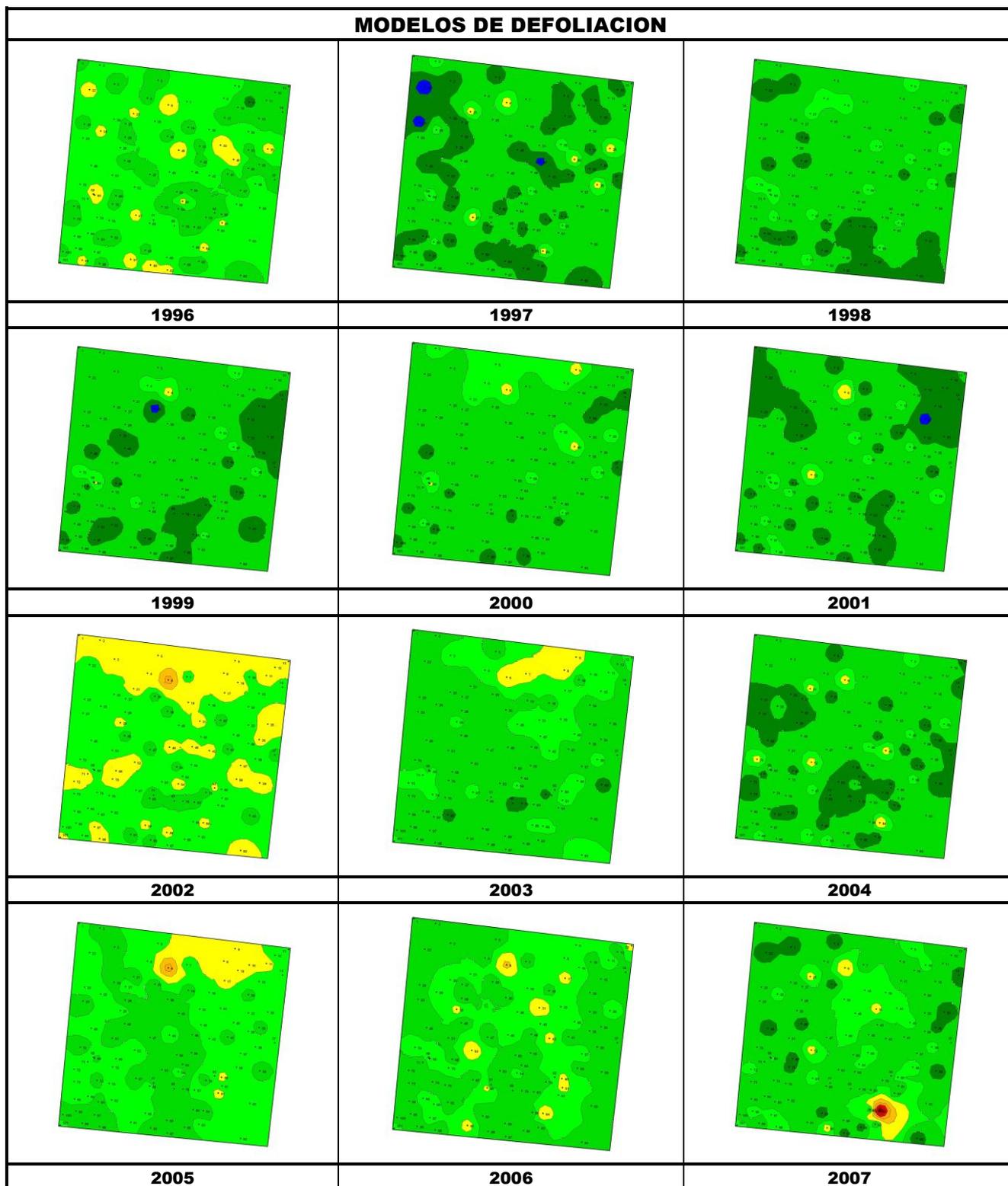
	N par	Calor		Viento/Tornado		Falta luz		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Agujeros/Parc. comidas	1								
Muestras	6								
Caída prematura	62								
Dec. Verde-amarillo	39								
Completa	35	35	100,00						
Punteado	4	35	100,00						
Microfilia	1								
RAMAS/BROTOS									
Brotos del año	47								
Muerto/moribundo	20							21	32,31
Aborto	27							19	29,23
Ramillos <2 cm	41							2	3,08
Rotura	4			4	66,67	23	88,46	14	21,54
Muerto/moribundo	37			4	66,67				
Ramas 2-10 cm	5					23	88,46	14	21,54
Rotura	2			2	33,33	3	11,54		
Muerto/moribundo	3			2	33,33				
TRONCO/C.RAÍZ						3	11,54		
Tronco	29								
Deformaciones	28							29	44,62
Tumores	28							28	43,08
Heridas	1							28	43,08
Grietas	1							1	1,54
Cuello raíz	1							1	1,54
Deformaciones	1							1	1,54
Tumores	1							1	1,54



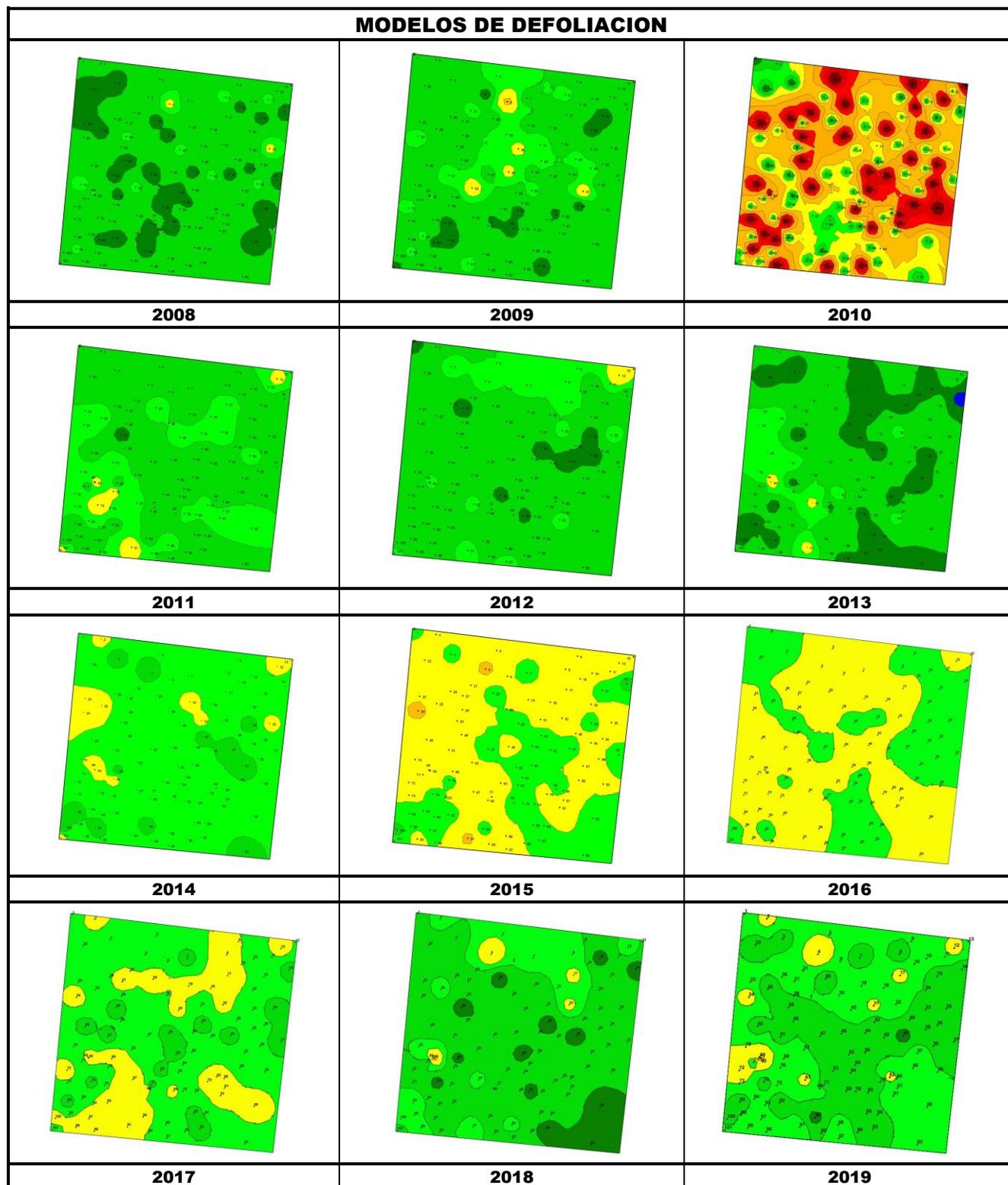
FIG 6: Microfilia y abortos en los brotes superiores por sequía. Defoliación prematura de acículas prendidas en el matorral. Pérdida de acículas en ramas bajas por *Thyriopsis halepensis*.

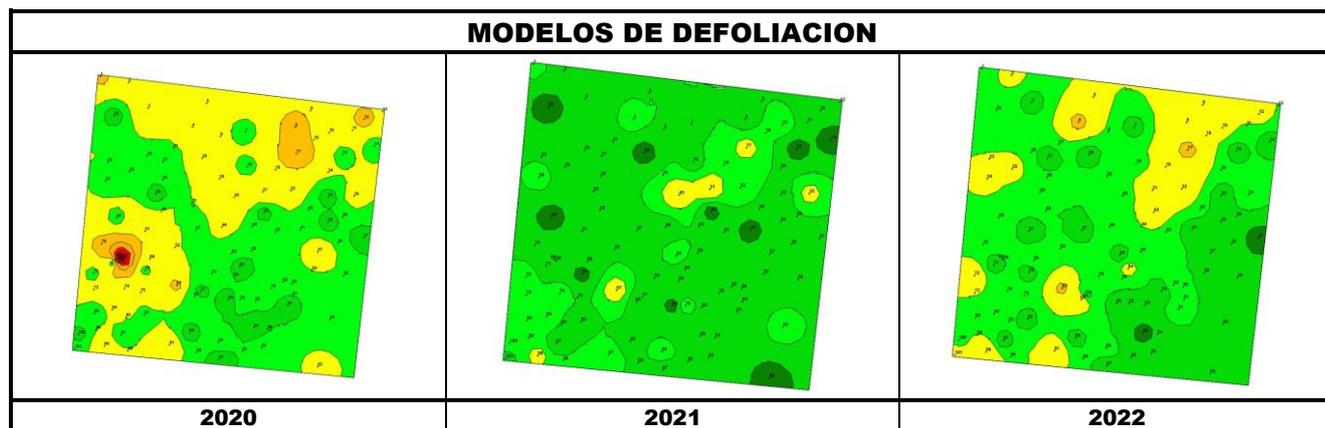


MODELOS DE DEFOLIACION



MODELOS DE DEFOLIACION





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		

Variable	Equipo	Parcela Interior	Parcela Exterior	Instalación	Periodicidad
	Sonda Humedad		1		
	Pluviómetro		1		
Precipitación incidente	Acumuladores		4	1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro		1		
	Captador nieve		-		
Trascolación	Acumuladores	6		1997	Quincenal/Mensual
	Pluviómetro	1			
	Captador nieve	-			
Desfronde	Captadores desfronde	4		1999	Quincenal/Mensual
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 : Torre meteorológica. Parcela interior. Acumuladores de deposición. Dialdendro. Data-logger. Dosímetros pasivos

5. Deposición atmosférica.

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

La deposición atmosférica total consta de tres componentes:

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

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

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

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

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

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

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

Variable	Descripción	Valores de referencia RTSAP (*)
pH	Medida de la acidez o basicidad. Se considera lluvia ácida con valores $\leq 5,65$.	6,5 – 9,5
Conductividad	Índice de la presencia general de solutos en el agua.	$\leq 2.500 \mu\text{S/cm}$
Calcio	Elementos que se encuentran en el agua de lluvia debido fundamentalmente a su origen terrígeno, al formar parte de la mayoría de los suelos, especialmente en zonas de terreno calizo.	n.d
Magnesio		n.d
Potasio		n.d
Sodio	Elementos de origen marino, dependiendo su presencia de la distancia a la línea de costa. Papel tóxico en la vegetación	200 mg/l
Cloro		250 mg/l
Amonio (nitrógeno en)	Procede de emisiones contaminantes a la atmósfera fundamentalmente de actividades agrícolas o ganaderas. Papel en la acidificación de los suelos.	0,50 mg/l

Variable	Descripción	Valores de referencia RTSAP (*)
forma de)		
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 10Ppa, pasando revista a la evolución de los distintos parámetros a lo largo de la series histórica estudiada, haciendo la salvedad de que se trata de años completos, a excepción de los años 1997 (mayo-diciembre); 2012 (enero-julio) y 2014 (abril-diciembre), por lo que caben ciertas anomalías.

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

5.1. pH.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997	6,34	0,00	267	6,35	0,00	413	5,89	6,23
1998	6,25	10,00	319	6,88	0,00	421	5,78	6,12
1999	6,29	0,00	299	6,65	0,00	472	6,16	6,33
2000	6,20	14,29	391	6,42	0,00	643	6,06	6,27
2001	6,23	0,00	485	5,87	36,36	869	5,76	5,88
2002	6,68	0,00	245	6,54	0,00	423	6,39	6,53
2003	6,51	0,00	519	5,83	26,67	896	6,07	6,14
2004	6,32	0,00	320	5,82	30,00	518	5,99	6,00
2005	6,17	9,09	112	6,09	16,67	170	5,96	5,93
2006	6,31	0,00	495	5,79	40,00	848	6,08	6,01
2007	6,30	0,00	329	5,37	53,85	517	5,98	5,72
2008	6,53	0,00	437	5,73	55,56	615	6,12	5,97
2009	6,13	0,00	330	5,41	28,57	527	6,10	6,07
2010	6,26	0,00	696	6,00	0,00	1138	6,22	6,19
2011	6,57	0,00	377	5,81	20,00	584	6,06	6,02

10 Ppa (HUELVA)

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Media pond	Lluvia ácida (%)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
2012	6,26	20,00	90	5,72	40,00	141	5,96	5,98
2014	6,38	0,00	171	6,15	0,00	295	6,17	6,20
2015	6,25	0,00	231	5,75	14,29	387	6,08	6,18
2016	6,33	0,00	410	6,02	0,00	632	6,16	6,12
2017	6,41	0,00	271	5,98	28,57	410	6,09	6,10
2018	6,19	0,00	448	6,01	25,00	703	5,89	5,94
2019	6,02	0,00	106	6,00	11,11	174	5,99	6,04
2020	6,23	0,00	364	5,92	33,33	567	6,17	6,17
2021	6,49	0,00	232	6,10	25,00	328	6,37	6,27
Media	6,32	2,22	331	6,01	20,21	529	6,06	6,10

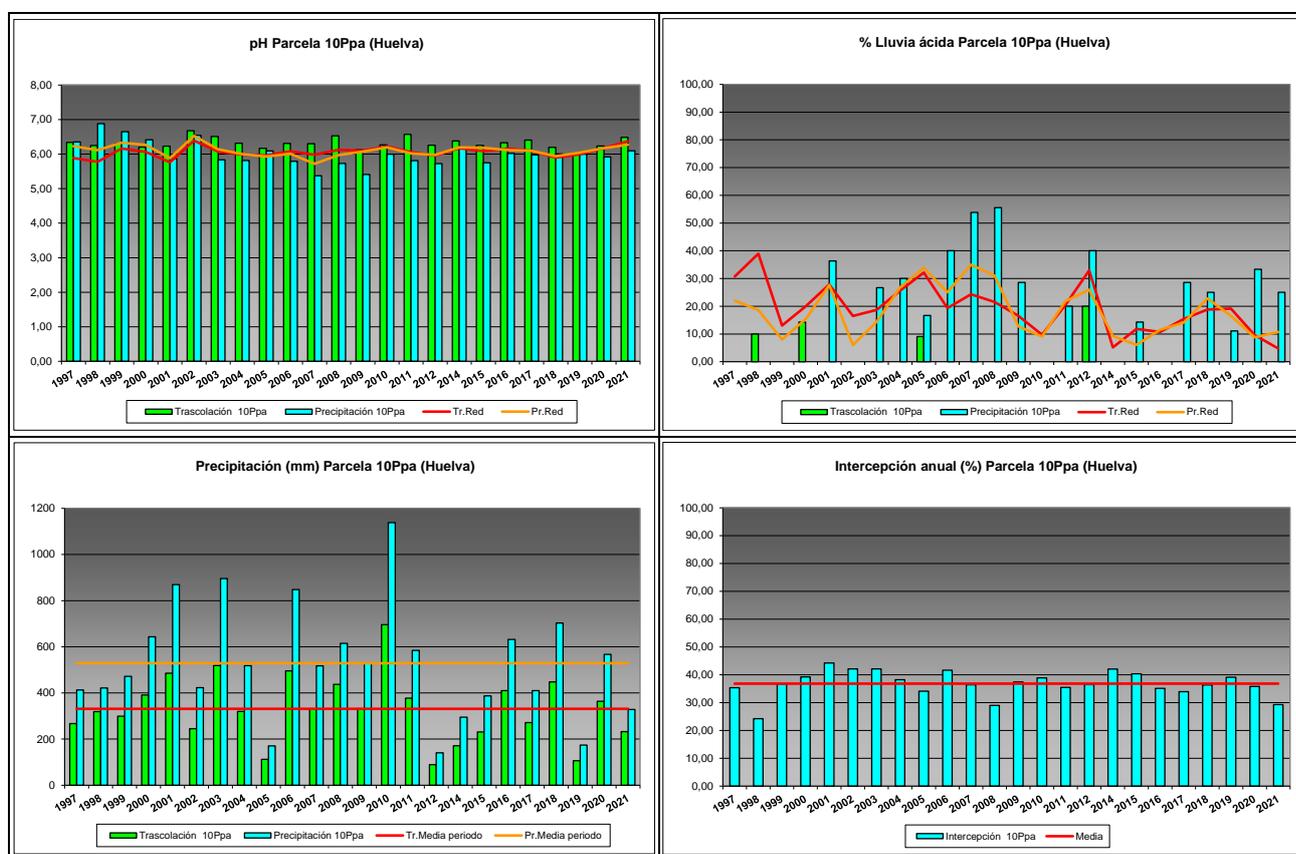


FIG 8: Variación temporal de pH, porcentaje de lluvia ácida, precipitación e intercepción (parte de precipitación retenida por follaje)

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	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997	30,66		267	22,80		413	25,52	22,05
1998	44,89		319	39,24		421	29,37	22,53
1999	63,18		299	36,57		472	33,18	19,89

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
2000	67,32		391	42,30		643	35,34	22,06
2001	45,95		485	23,48		869	27,99	15,78
2002	84,16		245	48,04		423	48,98	30,11
2003	48,77		519	25,60		896	45,96	25,07
2004	62,11		320	41,12		518	62,42	37,00
2005	115,30		112	55,64		170	65,42	30,19
2006	55,59		495	33,24		848	61,52	28,60
2007	65,08		329	37,47		517	49,85	28,88
2008	64,24		437	39,63		615	46,65	22,88
2009	61,57		330	35,56		527	49,43	20,10
2010	55,10		696	24,94		1138	44,44	15,09
2011	65,39		377	26,16		584	51,36	19,04
2012	73,76		90	48,29		141	53,38	20,50
2014	64,69		171	33,41		295	33,76	15,23
2015	56,76		231	19,42		387	45,28	18,25
2016	43,76		410	16,63		632	47,39	15,22
2017	65,08		271	21,82		410	56,13	18,87
2018	102,20		448	34,89		703	38,75	16,20
2019	163,94		106	56,91		174	74,16	28,49
2020	61,82		364	30,67		567	46,43	20,40
2021	83,01		232	32,54		328	40,51	22,14
Media	68,51		331	34,43		529	46,38	22,27

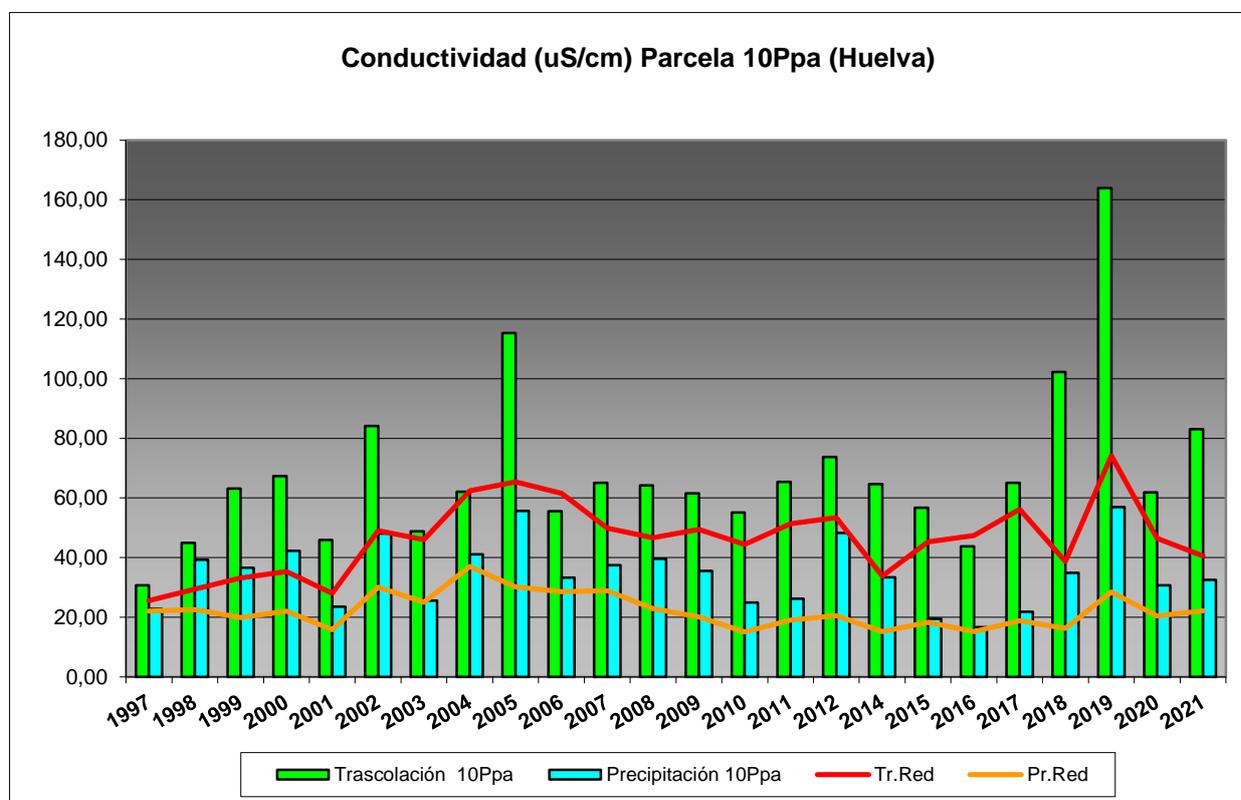
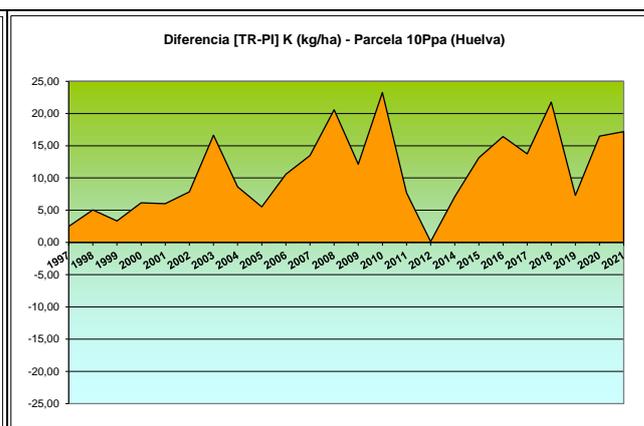
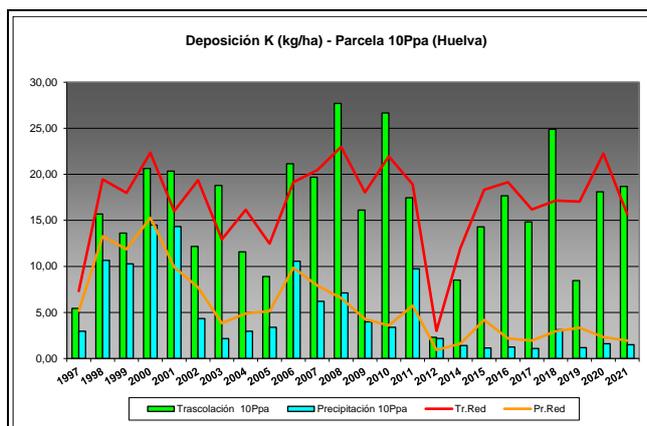


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

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	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	2,04	5,44	267	0,72	2,96	413	2,49	7,33	5,18
1998	4,92	15,69	319	2,53	10,65	421	5,04	19,45	13,28
1999	4,55	13,61	299	2,18	10,28	472	3,33	17,99	11,86
2000	5,28	20,63	391	2,25	14,48	643	6,14	22,33	15,28
2001	4,19	20,34	485	1,65	14,34	869	6,01	16,00	9,92
2002	4,97	12,18	245	1,02	4,34	423	7,84	19,36	7,73
2003	3,62	18,79	519	0,24	2,16	896	16,64	12,93	3,83
2004	3,62	11,58	320	0,57	2,96	518	8,63	16,14	4,88
2005	7,95	8,91	112	1,99	3,39	170	5,52	12,47	5,15
2006	4,27	21,14	495	1,25	10,57	848	10,58	19,14	9,86
2007	5,98	19,68	329	1,20	6,20	517	13,48	20,44	7,92
2008	6,34	27,70	437	1,16	7,12	615	20,58	22,97	6,57
2009	4,89	16,12	330	0,76	3,99	527	12,14	18,05	4,28
2010	3,83	26,65	696	0,30	3,40	1138	23,26	21,96	3,59
2011	4,63	17,45	377	1,67	9,74	584	7,71	18,92	5,75
2012	2,58	2,31	90	1,54	2,17	141	0,13	2,99	0,92
2014	4,97	8,51	171	0,48	1,41	295	7,10	11,97	1,60
2015	6,18	14,29	231	0,30	1,15	387	13,14	18,33	4,20
2016	4,31	17,67	410	0,20	1,25	632	16,42	19,15	2,17
2017	5,48	14,82	271	0,26	1,08	410	13,74	16,19	1,94
2018	5,56	24,89	448	0,44	3,11	703	21,77	17,14	2,96
2019	7,98	8,46	106	0,67	1,17	174	7,29	17,04	3,33
2020	4,97	18,09	364	0,28	1,61	567	16,49	22,26	2,32
2021	8,05	18,68	232	1,61	1,50	328	17,18	15,69	1,94
Media	5,05	15,98	331	1,05	5,04	529	10,94	16,93	5,69



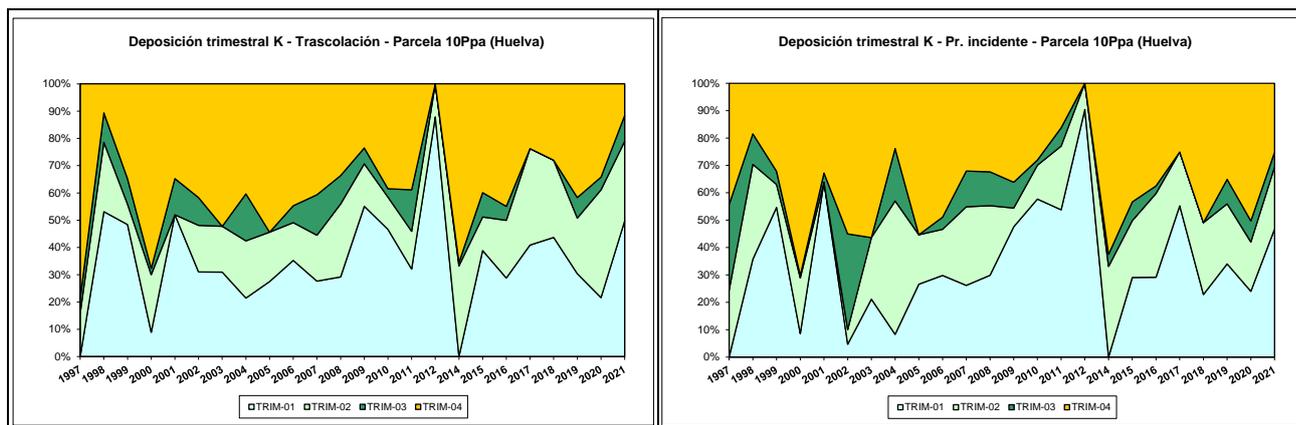


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.4. Calcio.

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

Año	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	1,21	3,24	267	0,78	3,22	413	0,02	7,29	5,16
1998	1,32	4,20	319	0,82	3,45	421	0,75	6,91	4,05
1999	2,45	7,32	299	0,88	4,14	472	3,18	10,77	6,68
2000	1,88	7,36	391	0,73	4,68	643	2,68	10,94	7,70
2001	1,28	6,19	485	0,54	4,66	869	1,53	8,58	6,22
2002	2,14	5,24	245	1,05	4,45	423	0,79	12,23	9,40
2003	0,50	2,60	519	0,59	5,29	896	-2,70	23,45	26,64
2004	2,72	8,71	320	2,71	14,03	518	-5,32	18,95	20,04
2005	6,71	7,51	112	4,38	7,44	170	0,08	11,17	9,81
2006	2,44	12,06	495	1,75	14,88	848	-2,81	17,51	16,49
2007	3,18	10,46	329	1,97	10,21	517	0,25	18,16	14,99
2008	3,29	14,38	437	2,91	17,90	615	-3,53	14,94	12,47
2009	2,08	6,87	330	1,18	6,23	527	0,65	10,43	6,81
2010	1,34	9,32	696	0,70	7,98	1138	1,34	11,50	7,59
2011	2,20	8,31	377	1,16	6,75	584	1,56	11,32	6,29
2012	2,01	1,80	90	0,89	1,25	141	0,54	3,22	2,60
2014	1,99	3,40	171	2,05	6,04	295	-2,65	8,57	5,86
2015	3,22	7,45	231	1,69	6,52	387	0,93	15,19	12,39
2016	1,70	6,97	410	0,71	4,52	632	2,46	14,34	8,83
2017	5,60	15,14	271	1,37	5,63	410	9,51	13,71	10,82
2018	2,35	10,50	448	1,31	9,20	703	1,30	13,15	9,58
2019	4,48	4,75	106	2,26	3,92	174	0,83	18,41	13,57
2020	2,17	7,91	364	1,26	7,13	567	0,78	21,83	11,67
2021	3,90	9,04	232	2,41	7,89	328	1,15	13,31	19,20
Media	2,59	7,53	331	1,50	6,97	529	0,56	13,16	10,62

10 Ppa (HUELVA)

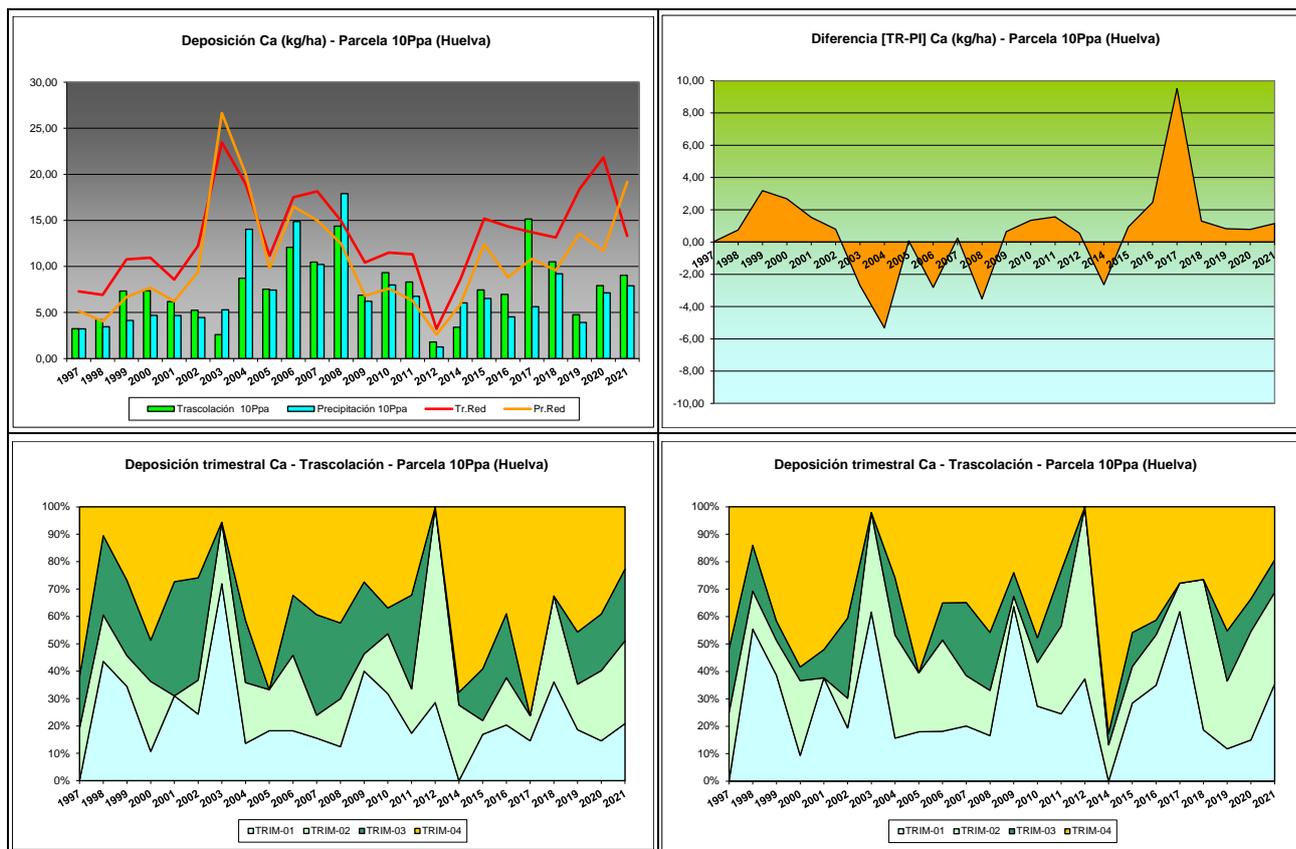


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.5. Magnesio.

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

Año	Trascolución (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,85	2,26	267	0,38	1,56	413	0,70	3,66	3,20
1998	1,26	4,03	319	0,80	3,35	421	0,68	4,07	2,78
1999	1,52	4,55	299	0,56	2,64	472	1,92	4,18	2,58
2000	1,32	5,17	391	0,55	3,52	643	1,65	3,46	1,84
2001	0,79	3,83	485	0,29	2,52	869	1,31	2,99	1,45
2002	1,27	3,11	245	0,47	2,00	423	1,11	3,93	1,83
2003	0,68	3,54	519	0,29	2,59	896	0,96	3,97	1,65
2004	0,86	2,76	320	0,32	1,64	518	1,12	4,03	2,51
2005	2,23	2,50	112	0,35	0,60	170	1,90	2,73	1,01
2006	0,88	4,34	495	0,30	2,51	848	1,83	4,06	1,94
2007	1,17	3,84	329	0,37	1,93	517	1,91	4,56	2,17
2008	1,05	4,58	437	0,38	2,33	615	2,26	3,99	1,87
2009	1,11	3,65	330	0,41	2,16	527	1,49	3,95	1,67
2010	0,93	6,45	696	0,35	3,97	1138	2,48	4,42	1,89
2011	1,54	5,80	377	0,32	1,88	584	3,92	3,98	1,27
2012	2,92	2,61	90	2,58	3,64	141	-1,03	2,35	1,52
2014	1,20	2,05	171	0,42	1,25	295	0,80	1,90	0,75

10 Ppa (HUELVA)

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	1,32	3,06	231	0,35	1,36	387	1,70	3,32	1,84
2016	0,98	4,02	410	0,27	1,71	632	2,31	4,44	1,71
2017	1,62	4,37	271	0,37	1,53	410	2,84	4,43	1,69
2018	1,44	6,43	448	0,40	2,81	703	3,62	4,24	2,01
2019	2,80	2,97	106	0,65	1,12	174	1,84	3,74	2,26
2020	0,99	3,61	364	0,37	2,11	567	1,50	4,38	2,00
2021	1,73	4,02	232	0,46	1,50	328	2,52	3,16	1,97
Media	1,35	3,90	331	0,50	2,18	529	1,72	3,75	1,89

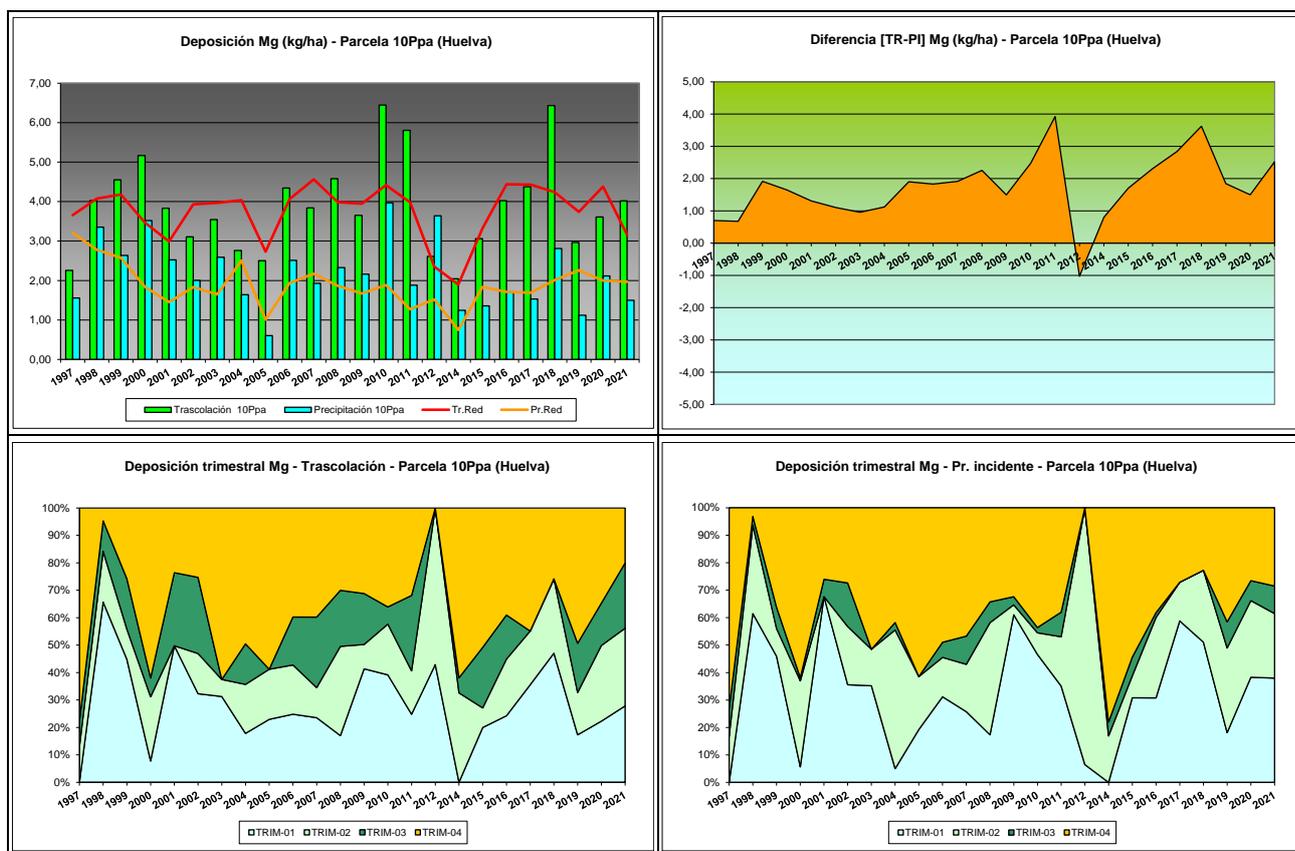


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.6. Sodio.

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

Año	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	3,58	9,55	267	2,28	9,43	413	0,13	6,07	6,65
1998	5,35	17,06	319	4,77	20,09	421	-3,03	11,74	10,50
1999	10,24	30,61	299	4,65	21,94	472	8,67	19,31	13,85
2000	6,27	24,53	391	3,96	25,44	643	-0,91	18,12	13,02

10 Ppa (HUELVA)

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2001	4,05	19,66	485	2,73	23,74	869	-4,08	18,38	12,14
2002	7,15	17,51	245	4,48	18,95	423	-1,44	28,50	18,75
2003	3,86	20,03	519	2,68	23,99	896	-3,96	22,49	12,86
2004	2,91	9,30	320	1,62	8,39	518	0,90	22,85	13,75
2005	5,98	6,70	112	2,64	4,50	170	2,21	14,42	7,16
2006	4,43	21,92	495	2,59	21,92	848	0,00	24,17	16,07
2007	3,66	12,03	329	2,44	12,62	517	-0,59	23,14	14,21
2008	3,87	16,93	437	2,49	15,28	615	1,65	19,63	11,01
2009	4,81	15,88	330	3,38	17,81	527	-1,92	22,09	12,27
2010	5,67	39,46	696	3,00	34,10	1138	5,36	24,37	13,76
2011	6,61	24,93	377	1,37	7,98	584	16,95	20,72	5,97
2012	1,71	1,53	90	0,97	1,37	141	0,16	4,35	2,86
2014	5,09	8,71	171	2,46	7,25	295	1,45	6,77	4,55
2015	5,10	11,80	231	2,57	9,92	387	1,88	15,27	11,59
2016	3,66	15,01	410	2,07	13,08	632	1,93	22,84	11,19
2017	4,49	12,15	271	2,67	10,97	410	1,17	19,35	10,47
2018	6,30	28,21	448	3,03	21,28	703	6,93	22,61	14,29
2019	8,48	8,99	106	4,48	7,78	174	1,22	19,32	13,98
2020	4,09	14,88	364	2,37	13,42	567	1,45	20,09	11,74
2021	4,46	10,35	232	2,31	7,60	328	2,76	12,97	10,32
Media	5,08	16,57	331	2,83	14,95	529	1,62	18,32	11,37

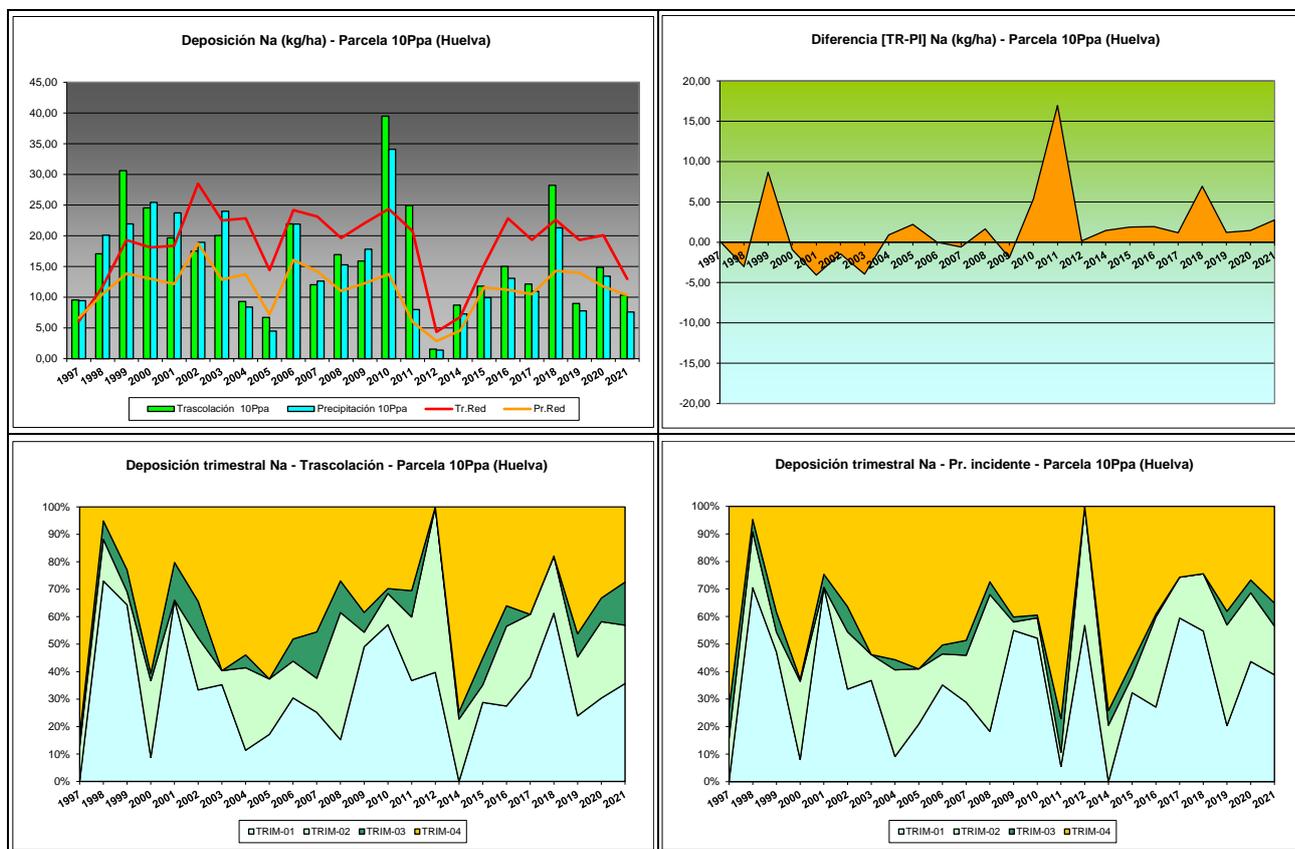
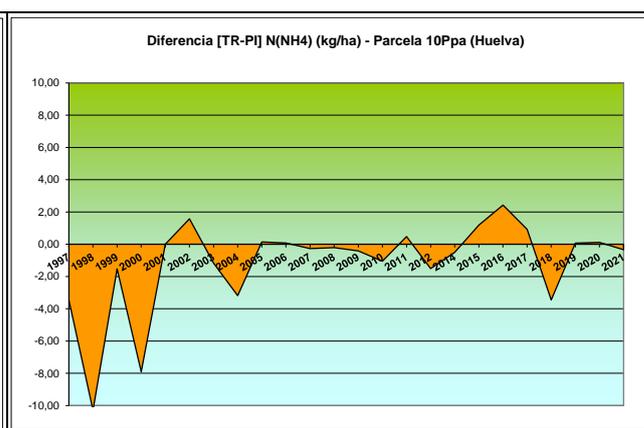
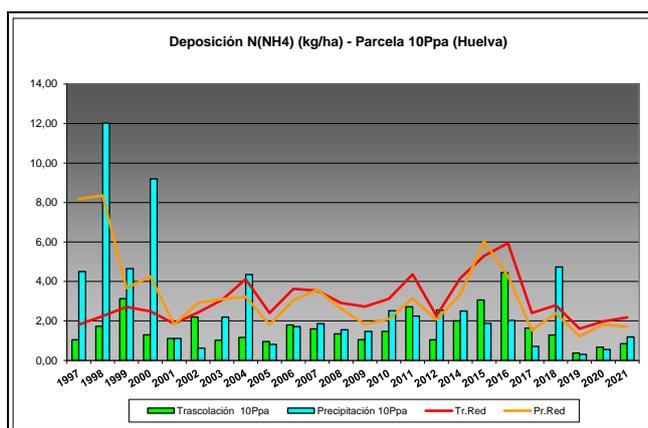


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.7. Amonio (nitrógeno en forma de).

TABLA 16: Caracterización Amonio. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. N_NH4 ~ 0,777 NH4

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,39	1,05	267	1,09	4,50	413	-3,45	1,81	8,19
1998	0,54	1,73	319	2,86	12,02	421	-10,29	2,24	8,36
1999	1,04	3,12	299	0,99	4,65	472	-1,53	2,71	3,66
2000	0,33	1,30	391	1,43	9,20	643	-7,90	2,48	4,26
2001	0,23	1,11	485	0,13	1,11	869	0,00	1,86	1,82
2002	0,90	2,20	245	0,15	0,62	423	1,58	2,43	2,91
2003	0,20	1,02	519	0,24	2,19	896	-1,17	3,06	3,10
2004	0,36	1,16	320	0,84	4,35	518	-3,19	4,12	3,23
2005	0,85	0,95	112	0,48	0,81	170	0,14	2,41	1,80
2006	0,36	1,79	495	0,20	1,71	848	0,08	3,62	3,05
2007	0,49	1,60	329	0,36	1,86	517	-0,27	3,53	3,58
2008	0,31	1,34	437	0,25	1,55	615	-0,21	2,91	2,62
2009	0,32	1,06	330	0,28	1,47	527	-0,41	2,73	1,82
2010	0,21	1,47	696	0,22	2,52	1138	-1,05	3,12	2,09
2011	0,72	2,72	377	0,38	2,25	584	0,48	4,36	3,15
2012	1,17	1,05	90	1,81	2,56	141	-1,51	2,26	2,06
2014	1,17	2,00	171	0,85	2,50	295	-0,50	4,16	3,35
2015	1,32	3,06	231	0,48	1,87	387	1,19	5,30	6,04
2016	1,09	4,45	410	0,32	2,03	632	2,43	5,94	4,26
2017	0,61	1,64	271	0,17	0,71	410	0,93	2,40	1,52
2018	0,29	1,28	448	0,67	4,74	703	-3,45	2,79	2,39
2019	0,35	0,37	106	0,17	0,30	174	0,07	1,60	1,23
2020	0,18	0,67	364	0,10	0,55	567	0,12	1,98	1,81
2021	0,36	0,85	232	0,36	1,18	328	-0,34	2,18	1,71
Media	0,57	1,62	331	0,62	2,80	529	-1,18	3,00	3,25



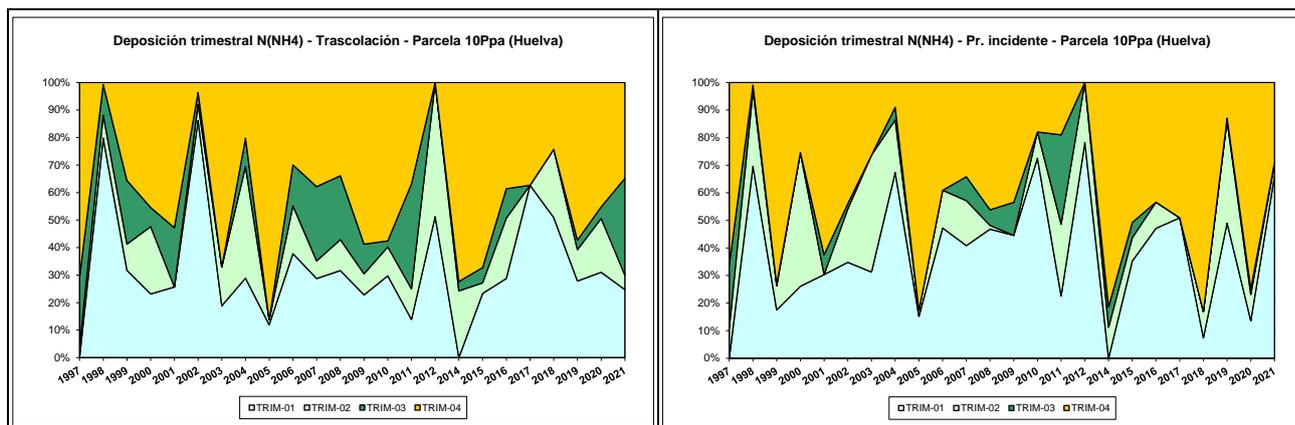


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.8. Cloro.

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

Año	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	9,51	25,28	267	4,74	19,56	413	5,72	10,88	10,93
1998	8,99	28,66	319	6,94	29,22	421	-0,56	19,88	16,27
1999	14,04	41,99	299	7,77	36,67	472	5,32	36,56	23,56
2000	12,14	47,46	391	5,66	36,38	643	11,08	28,62	15,70
2001	8,14	39,16	485	4,79	40,93	869	-1,77	32,37	19,20
2002	13,10	32,09	245	7,37	31,16	423	0,93	44,79	24,88
2003	7,71	40,03	519	5,19	46,42	896	-6,39	39,97	31,89
2004	7,67	24,47	320	6,86	35,41	518	-10,94	47,45	37,43
2005	15,69	17,58	112	10,21	17,36	170	0,22	28,61	21,76
2006	8,82	43,46	495	6,28	53,22	848	-9,76	49,90	41,76
2007	8,10	23,10	329	6,09	27,52	517	-4,42	45,78	37,79
2008	10,44	45,60	437	7,93	48,77	615	-3,17	40,90	30,60
2009	11,26	37,04	330	7,58	39,97	527	-2,93	45,08	25,80
2010	9,52	66,25	696	4,48	50,93	1138	15,32	41,17	21,32
2011	7,92	29,60	377	3,78	21,86	584	7,74	29,44	13,12
2012	8,52	7,62	90	2,35	3,31	141	4,31	11,34	5,87
2014	3,43	5,86	171	1,14	3,36	295	2,50	5,78	2,90
2015	8,34	19,27	231	3,46	13,40	387	5,88	24,25	15,25
2016	7,08	29,04	410	3,61	22,78	632	6,26	37,19	18,03
2017	7,38	19,96	271	4,12	16,89	410	3,07	29,16	15,38
2018	11,45	51,25	448	4,48	31,47	703	19,78	40,34	21,30
2019	13,55	14,38	106	6,32	10,96	174	3,42	29,98	18,87
2020	8,70	31,66	364	4,40	24,95	567	6,72	38,79	22,86
2021	9,95	23,10	232	4,14	13,59	328	9,51	23,04	15,99
Media	9,59	31,00	331	5,37	28,17	529	2,83	32,55	21,19

10 Ppa (HUELVA)

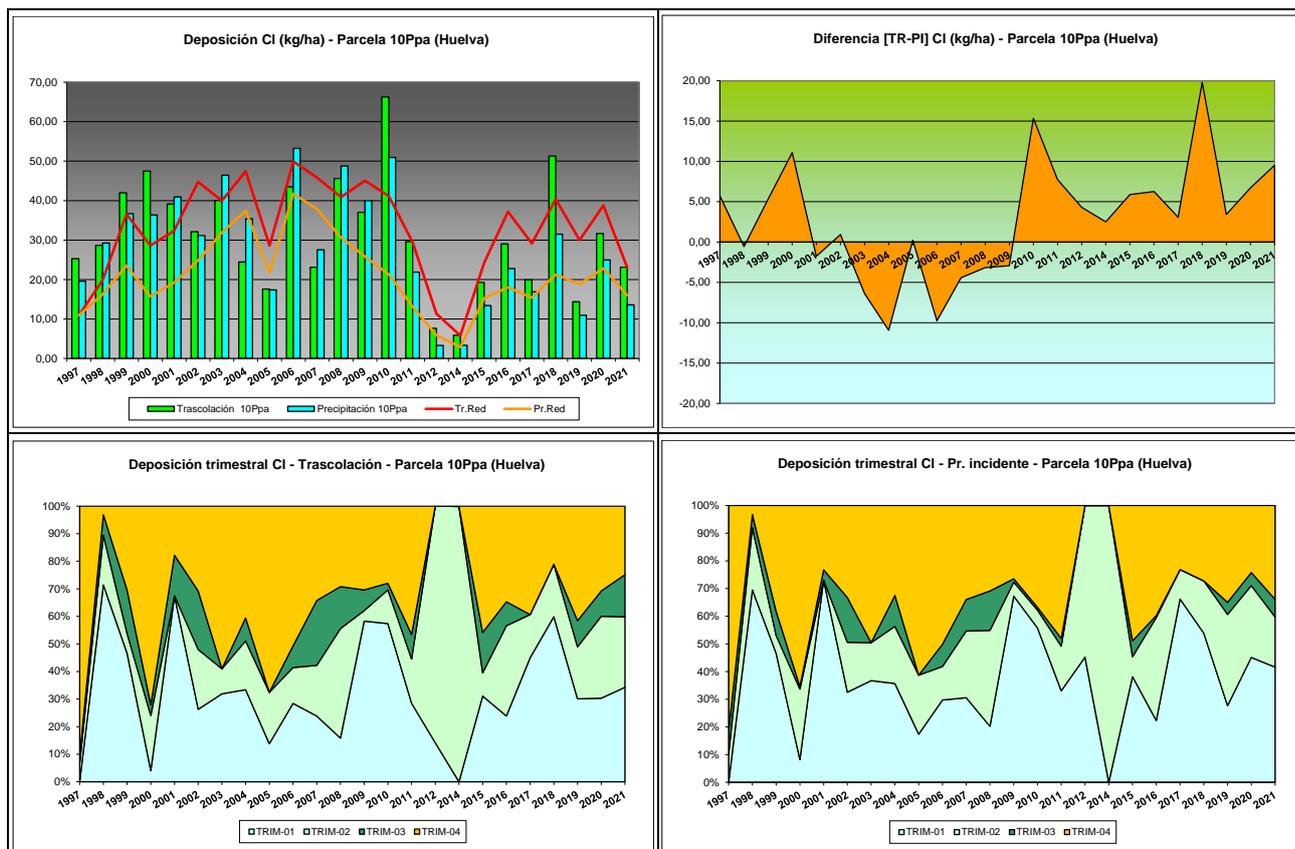


FIG 15: Variación temporal de deposición de CI, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.9. Nitratos (nitrógeno en forma de).

TABLA 18: Caracterización Nitratos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. N_NO3 ~ 0,226 NO3

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,40	1,07	267	0,32	1,33	413	-0,26	2,24	2,13
1998	0,62	1,99	319	0,37	1,57	421	0,42	3,67	2,27
1999	1,12	3,34	299	0,33	1,54	472	1,80	4,43	2,94
2000	0,69	2,70	391	0,31	1,98	643	0,72	3,79	2,38
2001	0,52	2,54	485	0,21	1,80	869	0,74	3,51	2,09
2002	0,98	2,41	245	0,23	0,97	423	1,44	4,15	2,84
2003	0,40	2,06	519	0,22	1,94	896	0,12	5,39	2,74
2004	1,09	3,49	320	0,43	2,20	518	1,29	6,93	3,28
2005	2,50	2,80	112	0,58	0,98	170	1,82	4,31	1,83
2006	0,67	3,31	495	0,21	1,81	848	1,50	5,54	2,75
2007	1,08	3,54	329	0,29	1,49	517	2,05	5,06	2,96
2008	1,26	5,50	437	0,58	3,54	615	1,96	4,72	3,38
2009	0,72	2,36	330	0,27	1,42	527	0,94	3,87	1,87
2010	0,38	1,42	696	0,18	2,00	1138	-0,58	1,87	2,37
2011	1,62	6,11	377	0,74	4,30	584	1,80	7,76	4,61
2012	1,02	0,91	90	0,42	0,59	141	0,32	1,65	0,99
2014	1,26	2,15	171	0,83	2,45	295	-0,30	2,54	1,43

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2015	0,94	2,18	231	0,27	1,05	387	1,13	3,25	2,17
2016	0,65	2,65	410	0,17	1,10	632	1,55	3,58	1,83
2017	0,89	2,42	271	0,19	0,77	410	1,65	3,32	1,74
2018	0,62	2,79	448	0,20	1,41	703	1,38	3,41	2,08
2019	1,43	1,52	106	0,29	0,50	174	1,02	2,46	1,61
2020	0,61	2,22	364	0,08	0,46	567	1,76	2,02	1,64
2021	1,15	2,66	232	0,21	0,68	328	1,98	2,15	1,43
Media	0,94	2,67	331	0,33	1,58	529	1,09	3,82	2,31

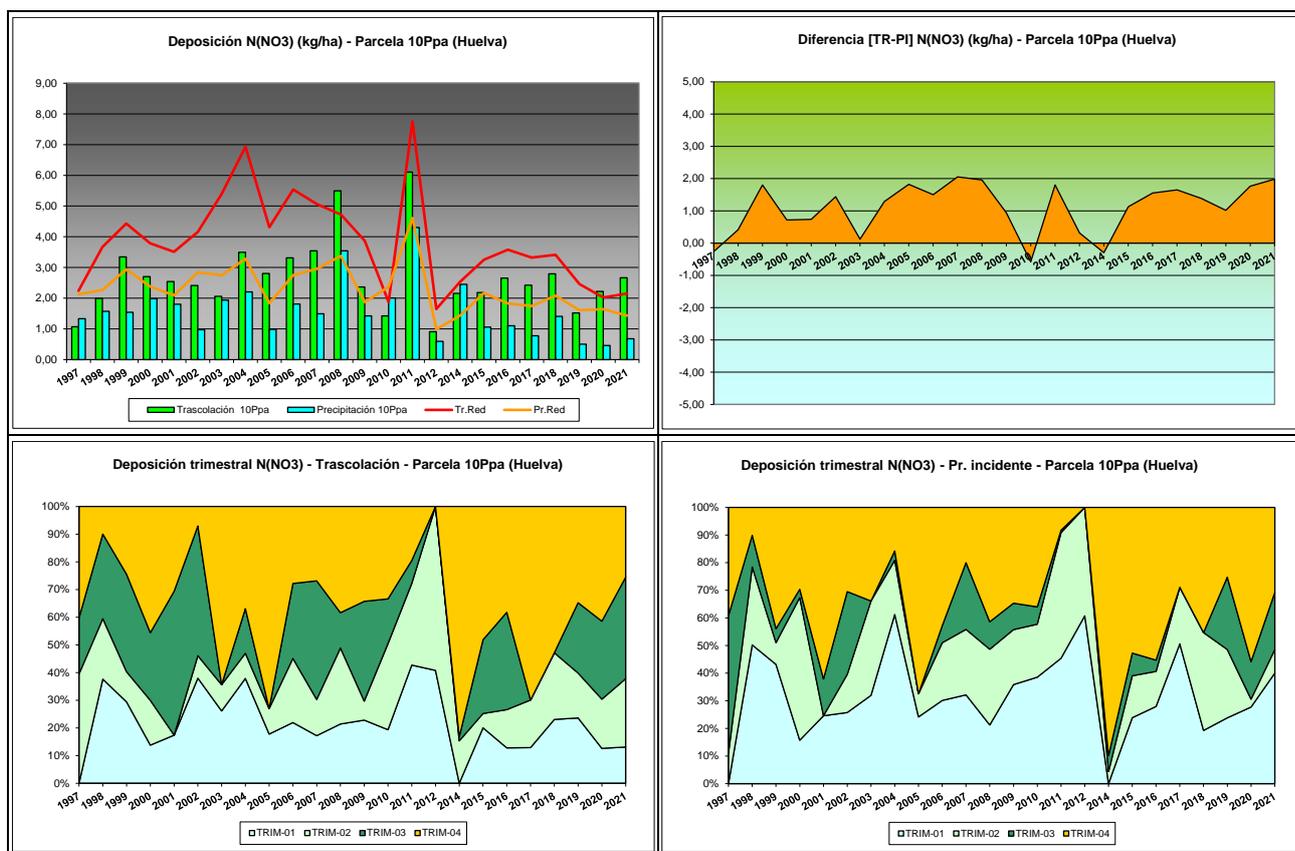


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.10. Sulfatos (azufre en forma de).

TABLA 19: Caracterización Sulfatos. Media anual ponderada por volumen, deposición anual total, precipitación anual, diferencia trascolación-precipitación incidente y media de la Red. S_SO4 ~ 0,333 SO4

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,99	2,64	267	0,68	2,83	413	-0,19	3,00	3,70
1998	1,90	6,05	319	1,30	5,46	421	0,60	5,81	5,79
1999	2,28	6,83	299	1,19	5,62	472	1,21	7,17	6,35
2000	1,45	5,68	391	0,89	5,74	643	-0,06	6,42	4,57

10 Ppa (HUELVA)

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2001	1,21	5,88	485	0,53	4,59	869	1,30	5,68	4,11
2002	2,22	5,43	245	0,96	4,05	423	1,38	7,73	6,07
2003	0,90	4,68	519	0,53	4,74	896	-0,06	6,85	4,80
2004	2,24	7,16	320	1,04	5,38	518	1,79	8,72	5,84
2005	2,90	3,24	112	1,05	1,78	170	1,46	4,69	3,12
2006	1,32	6,56	495	0,57	4,81	848	1,75	6,80	4,69
2007	1,39	4,57	329	0,58	3,01	517	1,55	7,24	5,12
2008	0,61	2,68	437	0,21	1,29	615	1,39	4,49	2,61
2009	1,27	4,18	330	0,72	3,80	527	0,38	4,67	3,32
2010	0,90	6,29	696	0,42	4,82	1138	1,47	4,27	2,88
2011	2,70	10,17	377	1,11	6,49	584	3,68	5,93	4,57
2012	2,20	1,97	90	0,93	1,31	141	0,66	1,84	1,35
2014	1,59	2,71	171	0,60	1,77	295	0,95	2,14	2,00
2015	1,09	2,51	231	0,55	2,14	387	0,37	3,56	2,95
2016	0,82	3,35	410	0,45	2,87	632	0,48	4,08	2,76
2017	1,04	2,81	271	0,55	2,25	410	0,56	4,28	2,71
2018	0,95	4,25	448	0,59	4,13	703	0,12	4,28	3,39
2019	2,03	2,15	106	0,79	1,37	174	0,78	3,75	3,13
2020	0,81	2,95	364	0,39	2,20	567	0,75	3,59	3,24
2021	1,49	3,46	232	0,54	1,77	328	1,69	2,60	2,69
Media	1,51	4,51	331	0,72	3,51	529	1,00	4,98	3,82

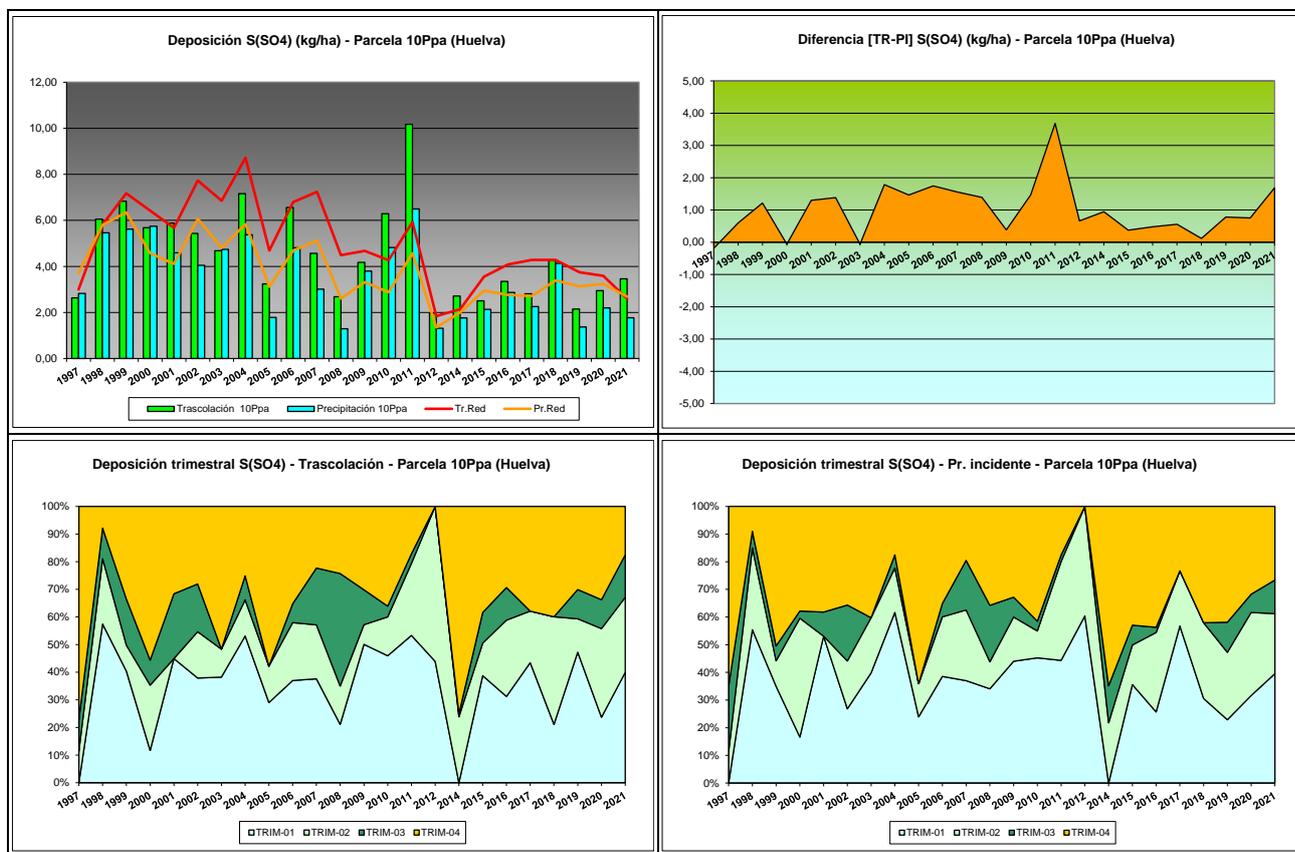


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Media Red	
	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Media pond	Deposición (kg/ha)	Precipit. (mm)	Trasc	P.inc
1997			267			413		
1998			319			421		
1999	282,85		299	266,54		472	258,14	255,59
2000	177,13		391	185,04		643	157,24	154,47
2001	84,34		485	42,27		869	76,17	54,64
2002	246,30		245	148,67		423	169,83	139,42
2003	4,61		519	2,45		896	21,95	10,18
2004	90,56		320	57,11		518	109,89	117,44
2005	105,84		112	55,22		170	76,86	45,33
2006	78,11		495	41,35		848	105,76	56,48
2007	69,60		329	26,41		517	59,09	37,75
2008	93,93		437	36,29		615	71,35	40,35
2009	52,55		330	14,16		527	68,62	36,01
2010	75,27		696	43,54		1138	86,39	49,13
2011	104,13		377	48,73		584	75,33	49,79
2012			90			141	19,53	10,46
2014	206,39		171	108,45		295	136,23	120,02
2015	83,84		231	44,77		387	114,70	71,81
2016	99,07		410	25,59		632	108,18	61,70
2017	188,55		271	45,05		410	132,93	56,84
2018	120,48		448	79,44		703	94,72	48,11
2019	98,56		106	70,85		174	101,80	58,32
2020	74,88		364	23,74		567	86,06	49,71
2021	162,66		232	72,67		328	117,39	82,82
Media	119,03		331	68,49		529	102,19	73,02

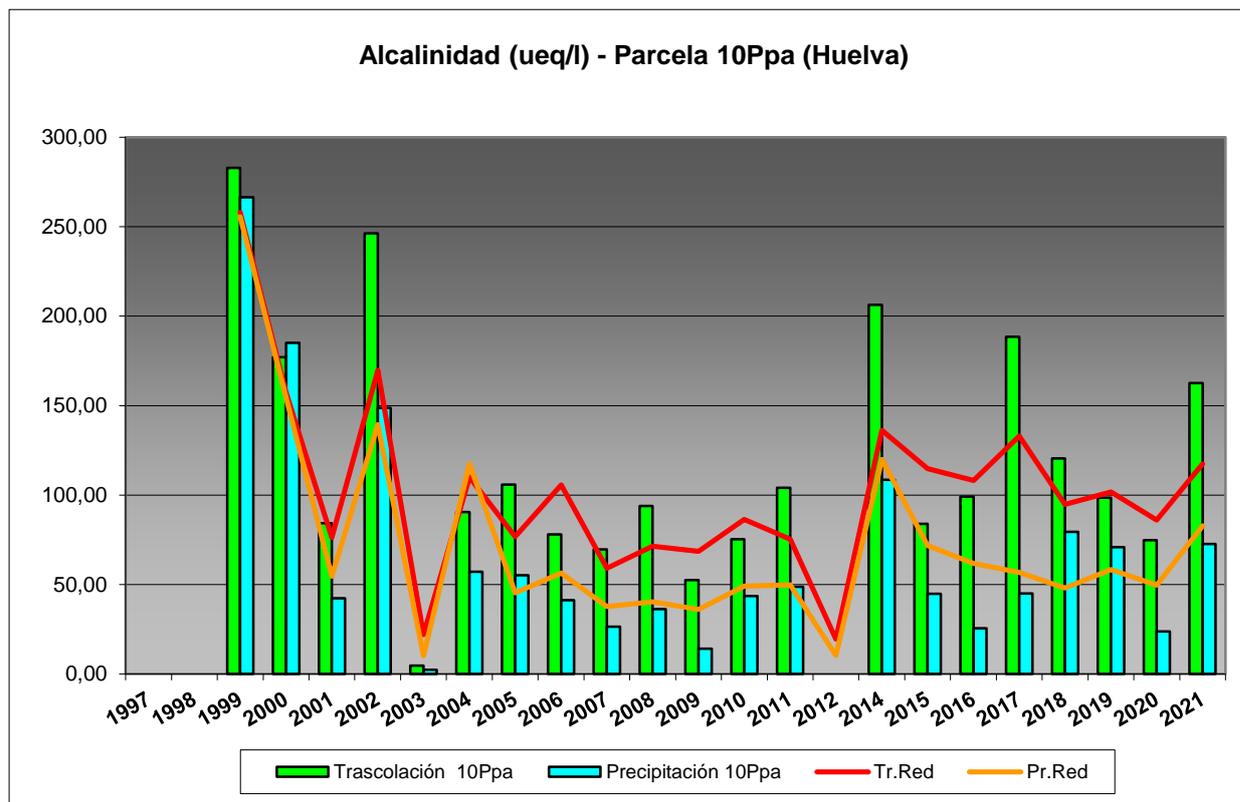


FIG 18: Variación temporal de la alcalinidad.

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			267			413			
1998			319			421			
1999	2,16	6,47	299	1,31	6,19	472	0,27	7,14	6,59
2000	1,02	4,00	391	1,74	11,18	643	-7,19	6,27	6,64
2001	0,75	3,65	485	0,34	2,91	869	0,74	5,37	3,91
2002	1,88	4,61	245	0,38	1,59	423	3,02	6,58	5,75
2003	0,59	3,08	519	0,46	4,13	896	-1,05	8,44	5,84
2004			320			518			
2005	3,36	3,76	112	1,04	1,77	170	1,99	4,96	2,97
2006	1,00	4,95	495	0,43	3,66	848	1,29	9,06	5,73
2007	1,49	4,90	329	0,54	2,78	517	2,12	8,53	6,45
2008			437			615			
2009			330			527			
2010			696			1138			
2011			377			584			
2012			90			141			
2014			171			295			
2015			231			387			
2016			410			632			

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			271			410			
2018			448			703			
2019			106			174			
2020	0,94	3,42	364	0,29	1,66	567	1,77	5,40	4,36
2021	2,10	4,86	232	0,96	3,15	328	1,72	8,83	5,67
Media	1,53	4,37	331	0,75	3,90	529	0,47	7,06	5,39

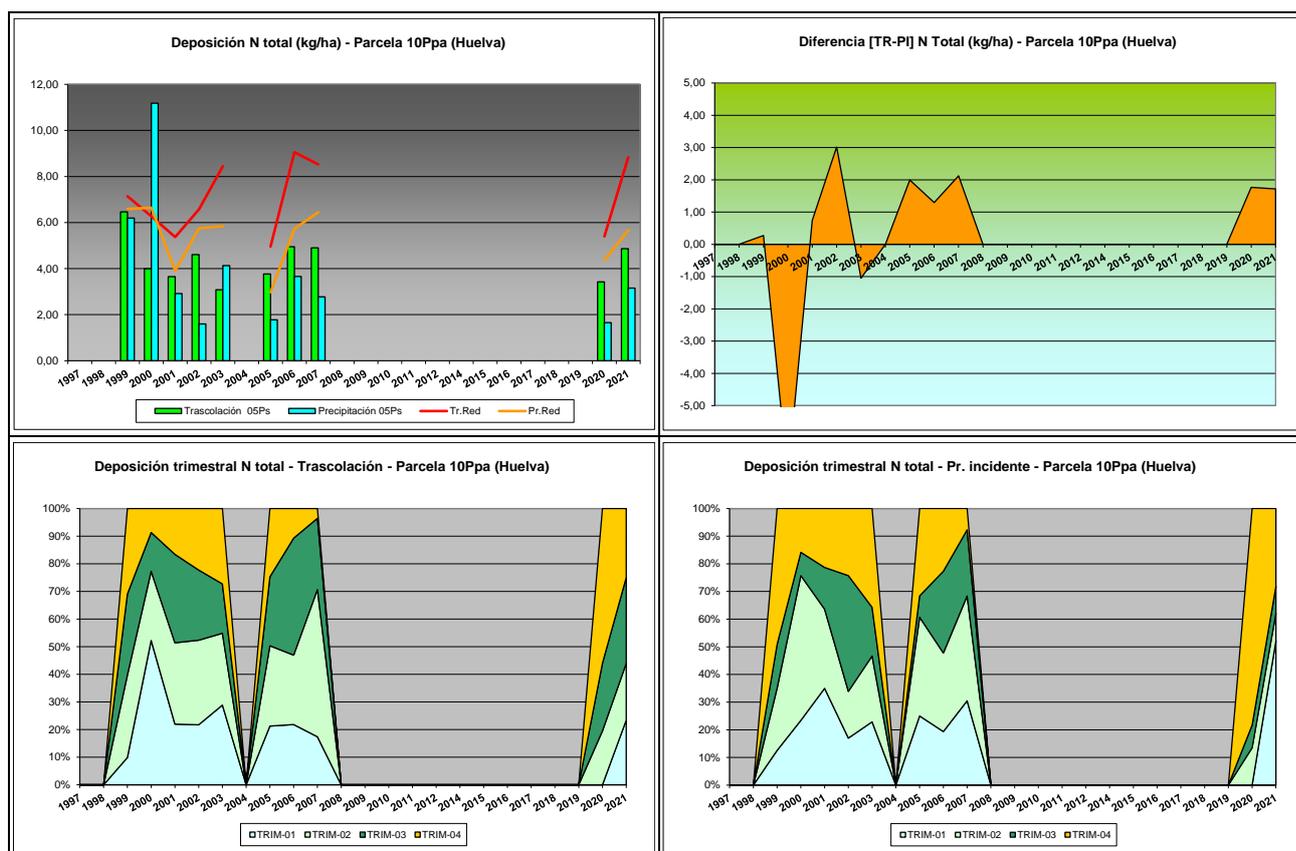


FIG 19: Variación temporal de deposición de Ntotal, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	27,44		364	77,64		567	54,88	57,75
2021	24,33		232	33,80		328	48,33	66,04
Media	25,89		298	55,72		448	51,61	61,90

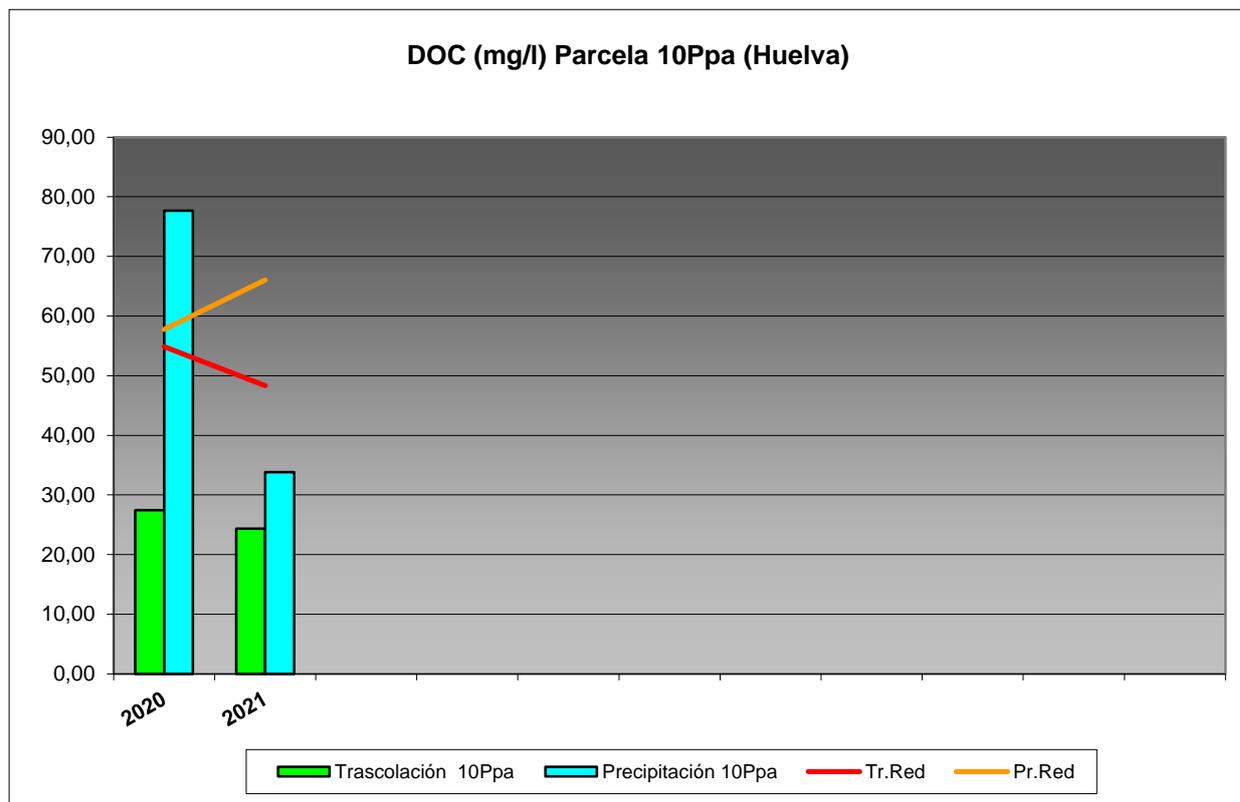
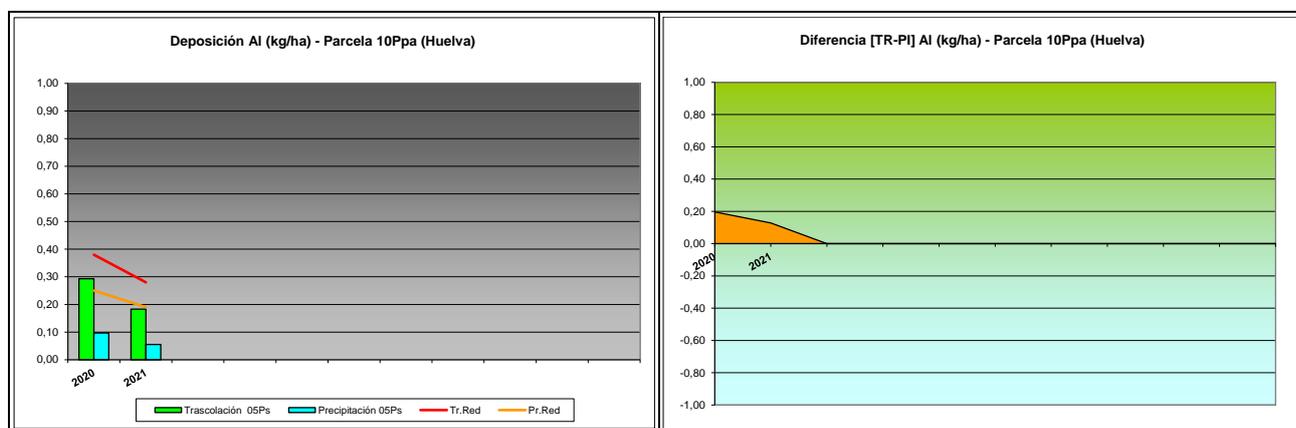


FIG 20: Variación temporal de DOC.

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	0,08	0,29	364	0,02	0,10	567	0,20	0,38	0,25
2021	0,08	0,18	232	0,02	0,06	328	0,13	0,28	0,19
Media	0,08	0,24	298	0,02	0,08	448	0,16	0,33	0,22



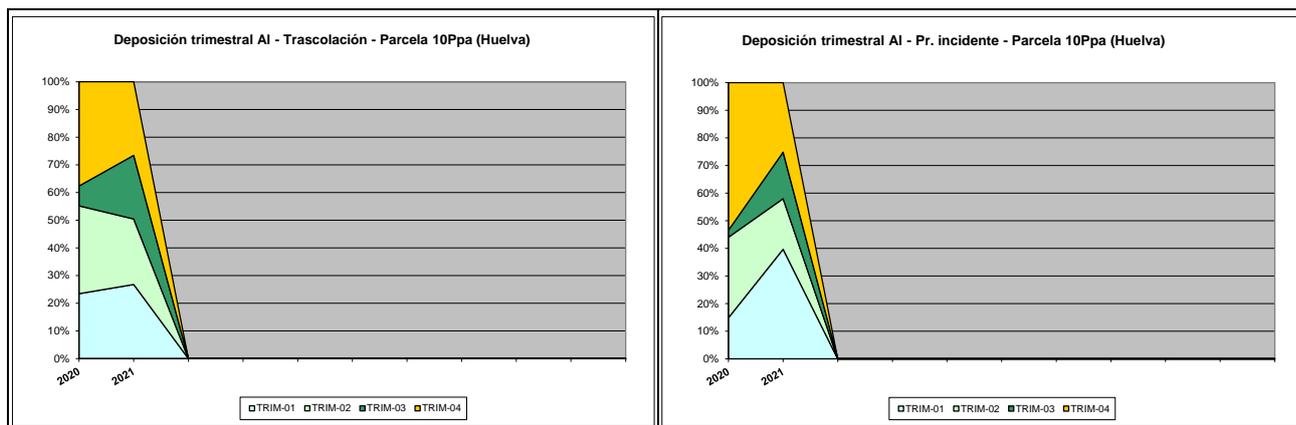


FIG 21: Variación temporal de deposición de Al, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	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)
2020	0,01	0,05	364	0,00	0,02	567	0,02	0,21	0,05
2021	0,01	0,02	232	0,01	0,02	328	0,00	0,17	0,04
Media	0,01	0,03	298	0,01	0,02	448	0,01	0,19	0,05

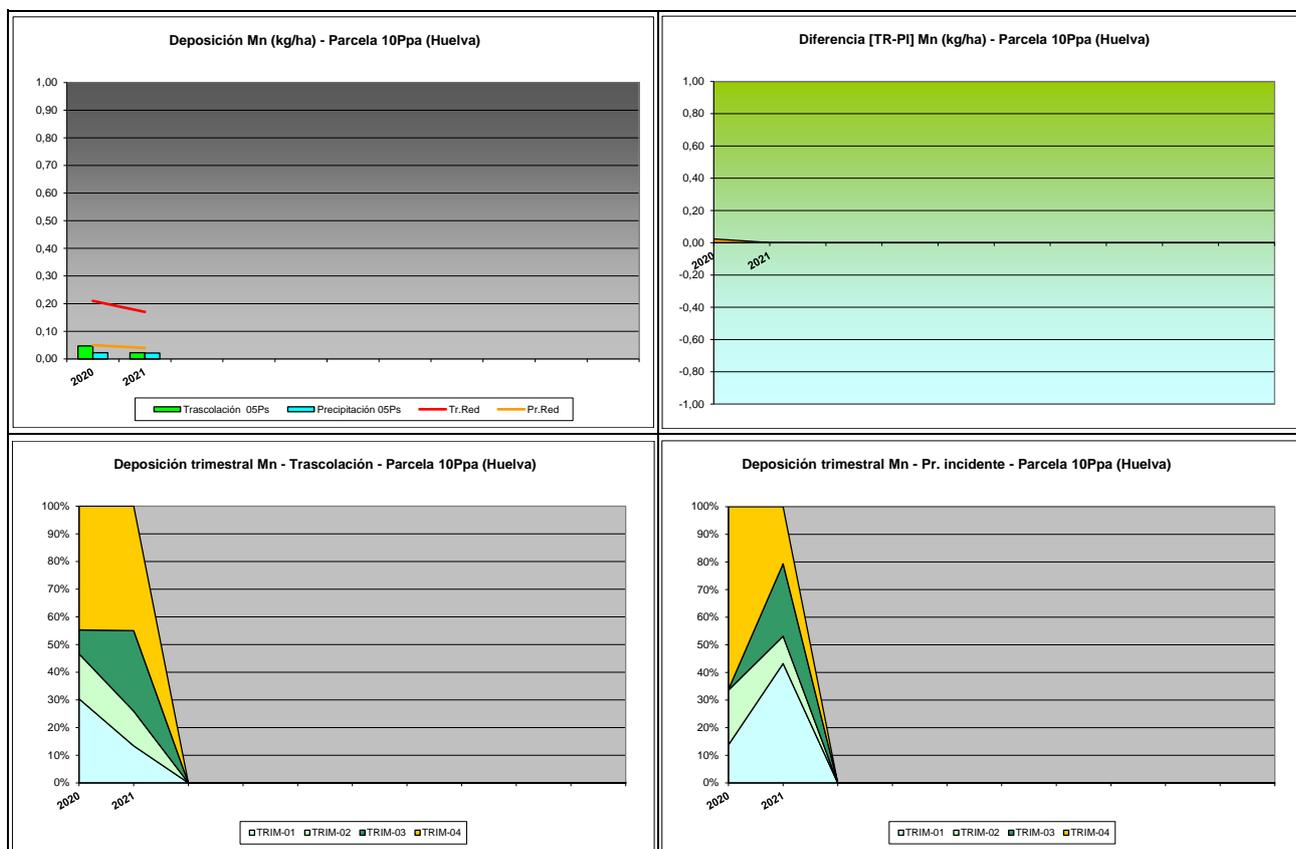


FIG 22: Variación temporal de deposición de Mn, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
2020	0,02	0,09	364	0,01	0,04	567	0,06	0,15	0,08
2021	0,02	0,06	232	0,01	0,04	328	0,02	0,11	0,14
Media	0,02	0,07	298	0,01	0,04	448	0,04	0,13	0,11

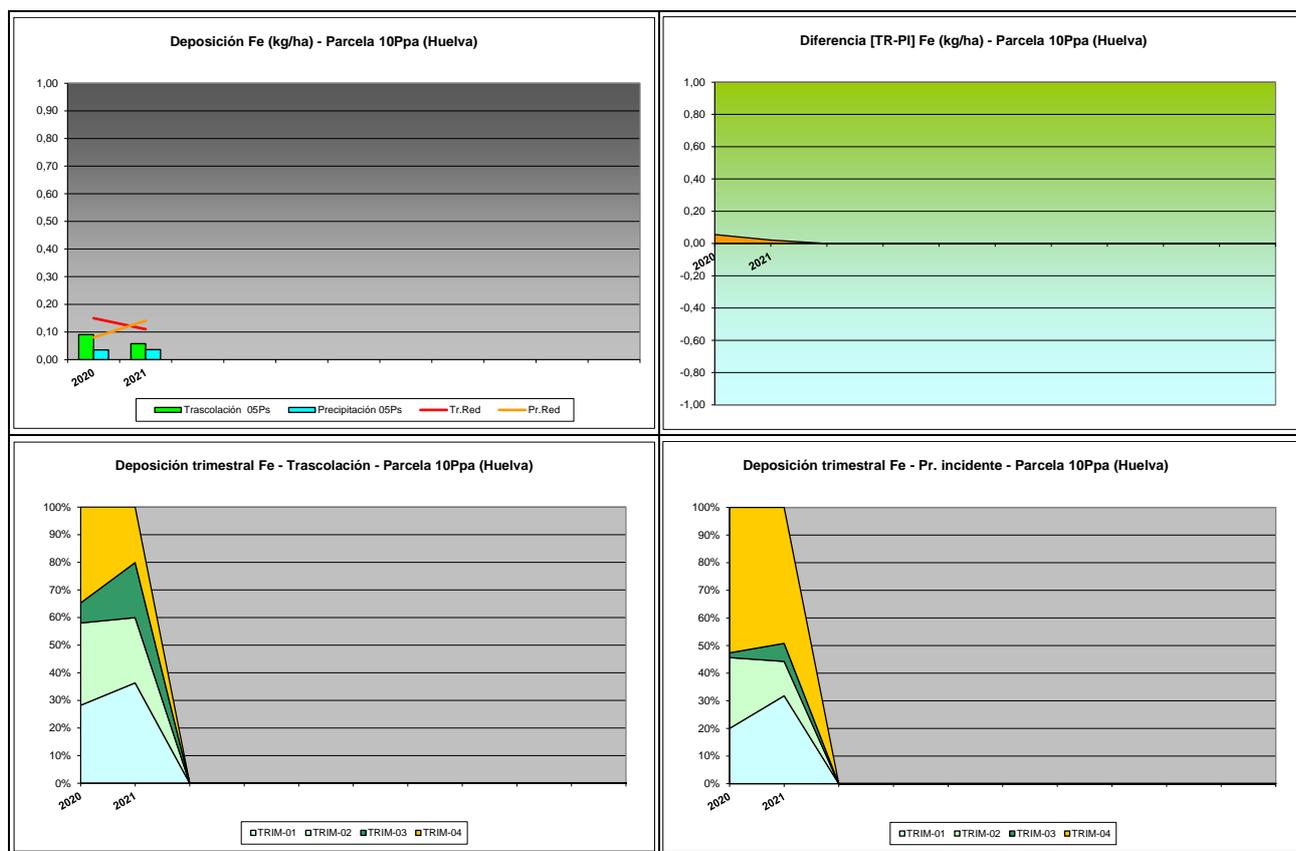


FIG 23: Variación temporal de deposición de Fe, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.17. Interpretación de resultados.

En cuanto a la deposición atmosférica y por lo que se refiere a la parcela 10Ppa, cabe destacar:

Aunque se ha mencionado en apartados anteriores, debe tenerse en cuenta que el incendio experimentado durante el mes de junio de 2017 ha podido influir en los resultados de deposición correspondientes.

Se observa un comportamiento muy estable del valor del **pH**, que tiende a situarse en el entorno de 6, con valores ligeramente superiores en la trascolación y un ligero incremento a lo largo del último año, registrándose algunas precipitaciones ácidas en la precipitación incidente a lo largo del periodo 2006-2009,

2012 y 2017-2021, con mayor frecuencia de precipitaciones ácidas a campo abierto. El valor de la intercepción debida a la cubierta arbórea se sitúa en el 36,79%. En la presente revisión se obtiene una precipitación notablemente inferior a la el año previo, en el entorno de 330 mm, por debajo del valor medio de la parcela y en uno de sus años más secos.

Por lo que se refiere a la **conductividad**, y tras la reducción de la precipitación, que ocasiona muestras más concentradas, se observa un incremento del parámetro a lo largo del último año, que se sitúa por encima de los valores medios de la Red en ambas vías de entrada al ecosistema, posiblemente debido a la cercanía al mar de la parcela, lo que supone un mayor aporte de electrolitos, y siempre mayores en los resultados habidos bajo cubierta debido al aporte de la deposición seca.

En cuanto al **potasio**, mantiene un comportamiento muy similar al del año anterior, en el entorno de los 15-20 kg/ha, situándose en la media de lo obtenido en las revisiones previas superando ligeramente la trascolación al valor medio de la Red. Las considerables diferencias entre los aportes bajo cubierta y a campo abierto indicarían una influencia importante de la deposición seca. Los mayores aportes se han producido a lo largo del otoño, si bien en el último año casi la mitad del aporte se ha producido durante el invierno.

El **calcio** presenta tasas inferiores a las medias de la Red, entre los 5-10 kg/ha en ambas vías, en lo que supone un incremento respecto a los depósitos del año precedente, tendencia ya apuntada entonces. No hay una prevalencia clara entre las dos vías de entrada al sistema, oscilando entre trascolación y precipitación incidente casi de forma cíclica, si bien en la última parte de la serie tienden a ser mayores las deposiciones bajo cubierta. Los mayores aportes, al igual que otros solutos, han tendido a producirse a lo largo del otoño.

Por lo que respecta al **magnesio**, al igual que otros elementos analizados, experimenta un ligero incremento durante la presente revisión, situándose en el entorno de 2-4 kg/ha, más marcado en el caso de la deposición a campo abierto. Como en prácticamente todos los casos, las tasas bajo cubierta son superiores a las obtenidas en campo abierto, influido por el fenómeno de la deposición seca. Como en años anteriores, los mayores aportes han tendido a concentrarse en el otoño, siendo las mayores tasas las correspondientes a invierno y primavera durante el último año.

El **sodio**, elemento procedente en gran parte del aporte de sal marina en una parcela situada a corta distancia de la costa, experimenta una reducción en su depósito tras el repunte del año precedente, situándose en el entorno de 10 kg/ha. El aporte bajo cubierta ha resultado ser superior al obtenido a cielo abierto en casi todos los casos, posiblemente debido al comportamiento de la deposición seca. Los mayores aportes han tendido a producirse a lo largo del otoño-invierno, influido por el régimen local de precipitaciones.

El **amonio** presenta tasas considerablemente bajas y estables a lo largo del tiempo, en torno a 2 kg/ha, con la excepción del trienio 1998-2000; y que tras el máximo local de 2018, se sitúa en los valores más bajos de la serie durante los últimos años si bien con un ligero incremento desde el mínimo de 2019, con tasas próximas a 0,5-1,0 kg/ha en ambas vías de entrada. No hay una tendencia marcada en cuanto a la vía de aporte al sistema. Como en otros compuestos se advierte un mayor aporte a lo largo del otoño-invierno, con aportes primaverales muy escasos durante el último año.

Por lo que respecta al **cloro**, muy afectado también por la influencia de la sal marina, se registran depósitos generalmente superiores a la media de la Red si bien esta diferencia va atenuándose a lo largo del último tramo de la serie, y al igual que el sodio, experimenta una reducción tras el repunte del año previo, situándose en el entorno de los 10-20 kg/ha, aunque lejos de los valores más altos obtenidos durante los primeros años. El aporte bajo cubierta tiende a superar al obtenido a cielo abierto a lo largo del último tramo de la serie. Las mayores tasas tienden a obtenerse a lo largo del invierno y el otoño.

Las tasas de deposición de **nitratos** son en general inferiores a la media de la Red, con máximos locales en 2008 y 2011, en tasas comparativamente bajas sin que lleguen a superarse por lo general los 3

kg/ha y un comportamiento muy estable a lo largo de los últimos años, incrementándose ligeramente durante este último. Los depósitos bajo el arbolado son por regla general, superiores a los obtenidos bajo cubierta, debido a los efectos de la deposición seca. Por regla general, los mayores aportes se han producido a lo largo del otoño.

En referencia a los **sulfatos**, se advierte un ligero incremento de su depósito tras la reducción observada durante 2019, situándose en el entorno de los 2-3 kg/ha y alejado de los máximos de 2010-2011 en que llegaron a superarse los 10 kg/ha bajo cubierta. Al igual que en el caso anterior y por idénticos motivos, se registran mayores aportes bajo cubierta que a campo abierto.

Por lo que respecta a la **alcalinidad**, se advierten en general valores inferiores a las medias de la Red, superiores bajo cubierta arbórea, con una tendencia progresivamente descendente desde los valores más altos habidos al comienzo de la serie histórica, por encima de 150 µeq/l, picos episódicos en 2014, 2017 y 2021 y un incremento sostenido a lo largo de los últimos dos años, tras el mínimo local de 2019.

A partir de 2020 se retoma el análisis del **nitrógeno total**, interrumpido en 2007, y que se sitúa en el entorno de los 2-4 kg/ha, con mayores tasas bajo cubierta y en todo caso inferiores a las habidas durante el inicio de la serie, incrementándose durante el último año. Se han analizado también el **carbono orgánico disuelto** con valores por debajo del conjunto de la red, **aluminio, manganeso y hierro**, también con aportes mayores bajo arbolado y en tasas traza en todos los casos, sin superar 0,3 kg/ha.

En cuanto a la distribución anual de la deposición, se advierte en general que los mayores aportes se dan en otoño-invierno para todos los solutos, aspecto que posiblemente esté relacionado con el patrón de lluvias de la zona.

6. Calidad del aire. Inmisión.

Además del aporte de un determinado componente al ecosistema forestal, vía deposición seca/húmeda evaluada en el apartado anterior, en la Red Europea de Nivel II se mide desde 2000 la concentración en el aire de determinados contaminantes, lo que se conoce con el nombre de inmisión. Normativamente y en España se analiza la concentración de dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, amonio (expresados en µg/m³) y ozono (expresado en ppb).

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

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

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

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

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

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

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

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)	SO ₂ (µg/m ³)	NO ₂ (µg/m ³)	NH ₃ (µg/m ³)	O ₃ (ppb)
2000	3,80	4,99	5,84	36,10	2,45	2,91	2,49	34,34
2001	4,61	4,03	4,73	39,84	3,01	2,51	2,13	38,48
2002	1,32	1,23	2,56	31,56	0,95	0,75	1,57	32,70
2003	1,64	1,37	3,94	31,54	1,05	1,07	2,87	30,03
2004	1,84	1,39	3,73	24,75	1,47	1,34	2,69	25,36
2005								
2006	1,89	1,52	1,28	27,62	1,41	1,27	1,12	27,74
2007	1,58	1,79	1,34	27,95	1,49	1,45	1,44	27,36
2008	1,57	1,62	1,08	26,90	0,82	1,32	0,93	27,18
2009		4,28	3,14	37,87	1,06	2,89	1,30	36,30
2010	2,64	4,25	1,55	38,32	1,29	3,38	1,00	37,54
2011	2,33				1,50		0,48	
2012	2,21	2,81	0,91	30,12	1,60	3,25	0,85	38,79
2014	1,95	3,95	1,12	26,22	1,44	3,35	1,11	29,51
2015	2,10	4,16	1,25	24,27	1,32	3,73	1,24	26,27
2016	1,68	4,17	1,37	29,52	1,12	3,37	1,28	28,68
2017	1,43	3,82	1,76	28,83	1,00	3,57	1,47	30,55
2018	1,77	3,36	1,67	24,66	1,32	3,02	1,85	27,00
2019	1,71	3,70	1,71	21,93	1,11	2,98	1,85	24,94
2020	1,12	3,46	1,94	20,40	0,73	2,73	1,98	23,42
2021	1,35	3,20	1,38	22,82	0,76	2,63	1,47	25,19
2022	1,10	3,78	1,63	18,59	0,68	2,88	1,75	21,13
Media	1,98	3,14	2,20	28,49	1,31	2,52	1,57	29,62

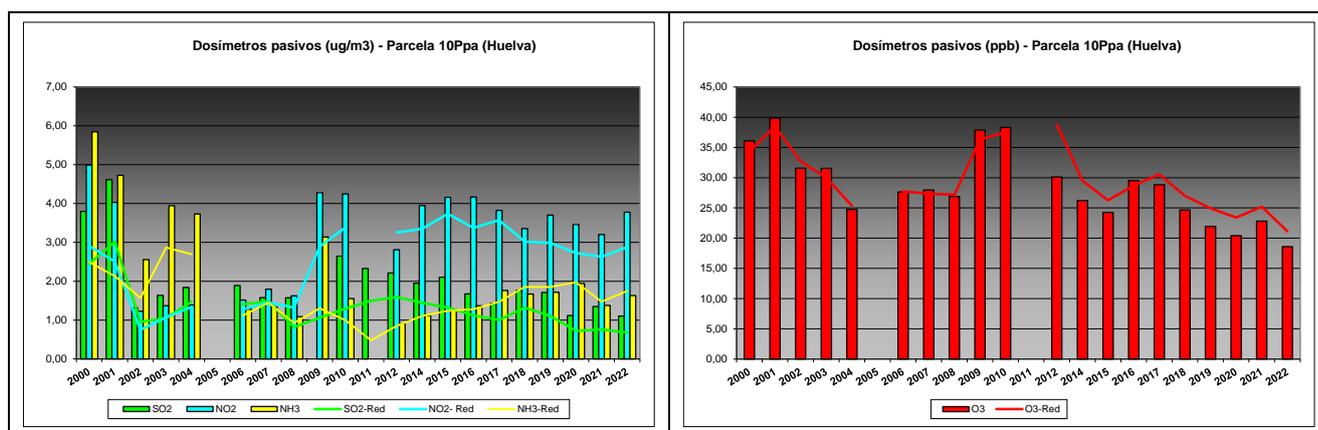


FIG 24: Variación temporal de inmisión por dosímetros

Como puede verse en las gráficas anteriores, los valores de inmisión en la parcela son superiores a los habidos en el conjunto de la Red, resultando el amonio el contaminante más representado al comienzo de la serie histórica para ser reemplazado después por los óxidos de nitrógeno como compuesto más abundante

y que se incrementa respecto al muestreo anterior tras la reducción que se venía observando durante los últimos años, tal como también ocurre con el amonio, el otro compuesto nitrogenado. Como suele ser habitual, y a excepción del umbral de protección de los líquenes, no se han superado los umbrales de referencia antedichos. Los niveles de ozono presentan una tendencia a la baja a lo largo del periodo, hasta alcanzar el mínimo de la serie durante el último año, tendiendo a situarse por debajo de la media de la Red, tal como ha sucedido en otras parcelas, lejos sin embargo del máximo de 2009-2010. Los óxidos de azufre se reducen también ligeramente tras el ligero incremento obtenido durante la revisión del año previo.

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	10 Ppa	Huelva	16,00	8,99	0,83	0,66	1,58	1,89	5,40	
	36 Ppa	Valladolid	33,00	9,82	1,05	0,94	2,89	2,70	6,60	
	<i>P.pinea</i>	Red	24,50	9,41	0,94	0,80	2,24	2,30	6,00	
1997-1998	10 Ppa	Huelva								
	36 Ppa	Valladolid								
	<i>P.pinea</i>	Red								
1999-2000	10 Ppa	Huelva	16,00	10,48	1,22	0,70	2,24	2,25	3,82	
	36 Ppa	Valladolid	24,00	10,24	1,01	1,09	1,92	2,09	5,62	
	<i>P.pinea</i>	Red	20,00	10,36	1,12	0,90	2,08	2,17	4,72	
2001-2002	10 Ppa	Huelva	37,00	9,52	1,11	0,64	2,12	1,83	4,10	
	36 Ppa	Valladolid	50,00	10,23	1,21	1,09	2,59	2,64	6,56	
	<i>P.pinea</i>	Red	43,50	9,88	1,16	0,87	2,36	2,24	5,33	
2003-2004	10 Ppa	Huelva	42,00	9,44	1,16	0,74	2,36	2,08	4,64	
	36 Ppa	Valladolid	64,00	11,24	1,20	1,22	2,38	2,90	5,61	
	<i>P.pinea</i>	Red	53,00	10,34	1,18	0,98	2,37	2,49	5,13	
2005-2006	10 Ppa	Huelva	27,00	9,71	1,26	0,75	2,43	2,61	5,16	
	36 Ppa	Valladolid	24,50	11,07	1,16	1,01	1,99	2,42	5,52	
	<i>P.pinea</i>	Red	25,75	10,39	1,21	0,88	2,21	2,51	5,34	
2007-2008	10 Ppa	Huelva	47,00	8,51	1,23	0,51	2,70	2,00	4,88	
	36 Ppa	Valladolid	52,50	11,43	1,06	0,91	2,53	2,02	4,32	
	<i>P.pinea</i>	Red	49,75	9,97	1,14	0,71	2,61	2,01	4,60	
2009-2010	10 Ppa	Huelva	23,20	9,70	1,12	0,59	3,12	2,41	4,18	
	<i>P.pinea</i>	Red	23,50	9,70	1,12	0,59	3,12	2,41	4,18	
2011-2012	10 Ppa	Huelva	32,88	9,43	1,18	0,63	2,60	2,23	4,59	
	<i>P.pinea</i>	Red	32,88	9,43	1,18	0,63	2,60	2,23	4,59	
2013-2014	10 Ppa	Huelva	35,63	9,28	1,10	0,53	3,95	2,41	5,45	50,41

Año	Parcela	Provincia	Peso seco (g) 1000 acículas	MACRONUTRIENTES (mg/g MS)						C (%)
				N	S	P	Ca	Mg	K	
	<i>P. pinea</i>	Red	35,63	9,28	1,10	0,53	3,95	2,41	5,45	50,41
2015-2016	10 Ppa	Huelva	24,40	13,86	1,14	0,64	4,19	2,94	4,66	48,16
	<i>P. pinea</i>	Red	24,40	13,86	1,14	0,64	4,19	2,94	4,66	48,16
2017-2018	10 Ppa	Huelva	42,31	8,94	0,62	0,49	2,74	2,17	4,22	50,29
	<i>P. pinea</i>	Red	42,31	8,94	0,62	0,49	2,74	2,17	4,22	50,29
2019-2020	10 Ppa	Huelva	25,02	6,31	0,65	0,41	3,04	2,07	3,55	50,73
	<i>P. pinea</i>	Red	25,02	6,31	0,65	0,41	3,04	2,07	3,55	50,73
2021-2022	10 Ppa	Huelva	35,95		0,30	0,56	3,15	2,61	5,01	
	<i>P. pinea</i>	Red	35,95		0,30	0,56	3,15	2,61	5,01	

En rojo, análisis de azufre que superan el valor de referencia para la especie, 1,308 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.

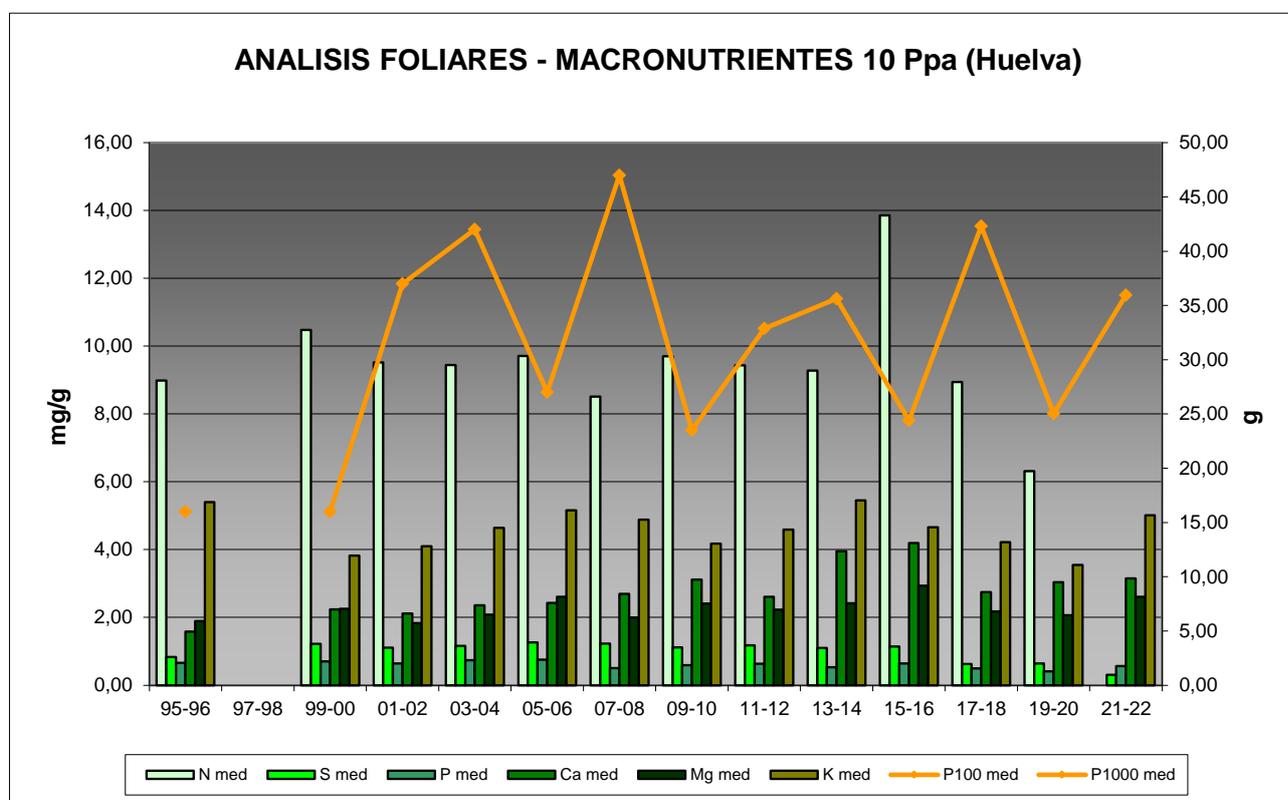


FIG 25: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

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	10 Ppa	Huelva		25,00	177,00	368,00	
	36 Ppa	Valladolid		19,00	234,00	554,00	
	<i>P.pinea</i>	Red		22,00	205,50	461,00	
1997-1998	10 Ppa	Huelva					
	36 Ppa	Valladolid					
	<i>P.pinea</i>	Red					
2013-2014	10 Ppa	Huelva		11,76	190,15	91,36	5,45
	<i>P.pinea</i>	Red		11,76	190,15	91,36	5,45
2015-2016	10 Ppa	Huelva		17,40	161,55	118,40	5,54
	<i>P.pinea</i>	Red		17,40	161,55	118,40	5,54
2017-2018	10 Ppa	Huelva		16,14	84,69	81,65	2,91
	<i>P.pinea</i>	Red		16,14	84,69	81,65	2,91
2019-2020	10 Ppa	Huelva		17,79	89,94	66,88	3,44
	<i>P.pinea</i>	Red		17,79	89,94	66,88	3,44
2021-2022	10 Ppa	Huelva		17,51	73,03	78,82	3,53
	<i>P.pinea</i>	Red		17,51	73,03	78,82	3,53

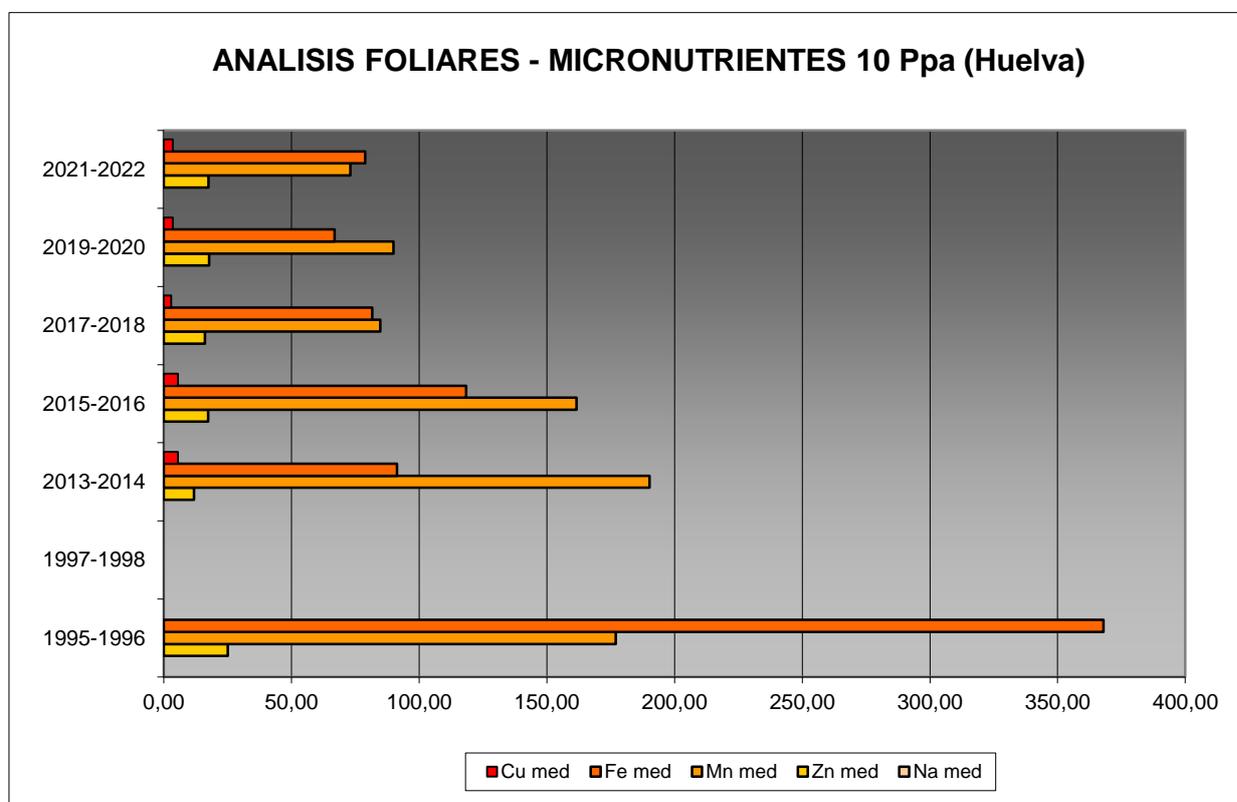


FIG 26: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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 10Ppa 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 10Ppa podemos hacer las siguientes observaciones:

El **peso** seco presenta un comportamiento muy errático a lo largo de las campañas de medición, sin una tendencia clara, oscilando entre los 16 y los 47 g/1000 acículas, incrementándose durante la pasada revisión al entorno de los 36 g/1000 acículas. La variable tiene un típico comportamiento en diente de sierra que podría responder a las variaciones de la precipitación entre otros factores.

Respecto a los **macronutrientes**; se advierte un ligero incremento de la mayoría de los elementos analizados. Por lo que respecta al **nitrógeno**, el elemento más abundante en el follaje, y en la línea de lo apuntado hace dos años, se reduce notablemente hasta alcanzar el mínimo de la serie de la serie en torno a 6 mg/g. El elemento más limitante por su escasez, el **fósforo** se incrementa respecto al mínimo de la campaña previa; mientras que el **azufre** se reduce hasta el mínimo de la serie, la cual no ha llegado a alcanzar el valor de referencia o patrón de la especie lo que indicaría una baja influencia de la contaminación atmosférica por elementos sulfurados. **Calcio, magnesio y potasio** se incrementan también desde los mínimos de los últimos años, recuperando valores más próximos a los medios de la parcela. En cuanto al contenido en **carbono** del follaje, evaluado en las últimas campañas, se ha situado ligeramente por encima del 50%.

Los **micronutrientes** se han analizado con menos regularidad y no siempre todos ellos, lo que dificulta abordar su evolución en el tiempo. Se advierte una cierta reducción mantenida en el tiempo desde el inicio de la serie, con un comportamiento general bastante regular. Durante la presente campaña han aumentado ligeramente su contenido todos los elementos analizados.

8. Desfronde.

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

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

8.1. Análisis Macronutrientes.

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

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2005	Hojas	3.080	52,44	4,64	1,02	0,32	4,16	2,10	2,85
	Ramillas	30	54,35	3,68	0,82	0,19	4,90	1,15	2,34
	Otras	1.120	52,73	6,57	0,97	0,58	5,59	1,28	2,06

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
2006	Hojas	3.992	50,68	5,67	1,31	0,30	4,72	2,56	2,88
	Ramillas	395	52,13	5,35	0,88	0,23	6,46	0,87	0,66
	Otras	880	51,12	7,01	0,97	0,37	6,21	1,09	1,32
2007	Hojas	1.850	51,99	5,46	1,01	0,96	3,11	2,81	2,80
	Ramillas	21	54,21	4,16	0,89	2,45	6,32	1,65	1,20
	Otras	1.130	52,32	6,34	1,01	0,66	5,16	2,23	1,54
2008	Hojas	4.670	52,59	6,38	0,76	0,26	4,01	2,35	3,34
	Ramillas	516	53,91	3,90	0,82	0,28	7,22	1,00	1,74
	Otras	1.150	51,97	5,63	1,14	0,35	6,00	1,15	1,67
2009	Hojas	3.540	51,61	4,43	1,08	0,23	4,28	2,34	2,88
	Ramillas	333	53,84	4,42	0,95	0,16	5,00	0,66	0,75
	Otras	1.290	52,65	6,31	0,98	0,33	4,92	1,07	2,07
2010	Hojas	4.810	53,19	5,13	1,04	0,25	3,99	2,23	2,42
	Ramillas	239	54,09	6,84	0,98	0,21	6,91	0,97	0,66
	Otras	1.170	54,18	6,05	0,91	0,27	5,43	1,03	1,38
2011	Hojas	4.238	52,02	5,40	1,05	0,91	3,14	2,91	2,80
	Ramillas	329	53,73	4,76	0,89	0,29	4,92	1,96	1,35
	Otras	1.207	52,55	6,29	0,99	0,56	4,54	2,06	1,69
2012	Hojas	2.450	52,20	5,23	1,17	0,47	3,78	2,46	2,47
	Ramillas	167	53,90	5,29	0,93	0,22	5,61	1,14	0,95
	Otras	809	52,82	6,29	0,96	0,41	4,76	1,37	2,08
2014	Hojas	1.505	50,00	6,23	0,79	0,22	4,03	2,38	4,34
	Ramillas	139							
	Otras	850							
2015	Hojas	5.404	50,42	4,05	0,94	0,19	4,36	2,92	4,24
	Ramillas	297							
	Otras	925	49,75	6,30	0,72	0,34	5,38	1,06	2,80
2016	Hojas	3.889	50,42	5,96	0,96	0,57	8,60	1,94	3,30
	Ramillas	782							
	Otras	1.377	50,93	5,83	0,90	0,69	9,18	1,02	1,72
2017	Hojas	1.984	50,45	7,19	0,66	0,40	3,41	2,05	3,60
	Ramillas	221							
	Otras	2.733							
2018	Hojas	2.812	50,04	4,76	0,83	0,21	4,28	2,34	2,93
	Ramillas	283							
	Otras	2.250							
2019	Hojas	4.579	49,90	3,82	0,82	0,27	4,26	2,45	4,01
	Ramillas	267							
	Otras	1.314							
2020	Hojas	4.784			0,79	0,89	4,58	2,39	3,54
	Ramillas	798							
	Otras	1.093							
2021	Hojas	1.018			1,00	0,40	3,50	2,67	4,57
	Ramillas	144							
	Otras	852							
Media	Hojas	3.413	51,28	5,31	0,95	0,43	4,26	2,43	3,31
	Ramillas	310	53,77	4,80	0,89	0,50	5,92	1,17	1,21
	Otras	1.259	52,10	6,26	0,95	0,46	5,72	1,34	1,83

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	12,96	127,77	87,40	3,24				
	Ramillas								
	Otras								
2015	Hojas	14,23	155,17	104,42	3,04				
	Ramillas								
	Otras	26,31	39,36	222,58	10,83				
2016	Hojas	11,30	602,72	219,67	4,06				
	Ramillas								
	Otras	33,96	107,14	1210,69	5,40				
2017	Hojas	17,52	94,78	151,37	4,35				
	Ramillas								
	Otras								
2018	Hojas	23,72	117,80	159,91	8,11				
	Ramillas								
	Otras								
2019	Hojas	17,49	127,72	99,81	4,16				
	Ramillas								
	Otras								
2020	Hojas	17,76	145,86	127,10	4,08	1,28	0,31	0,99	33,69
	Ramillas								
	Otras								
2021	Hojas	16,88	100,38	172,62	4,77				
	Ramillas								
	Otras								
Media	Hojas	16,48	184,02	140,29	4,48	1,28	0,31	0,99	33,69
	Ramillas								
	Otras	30,14	73,25	716,64	8,12				

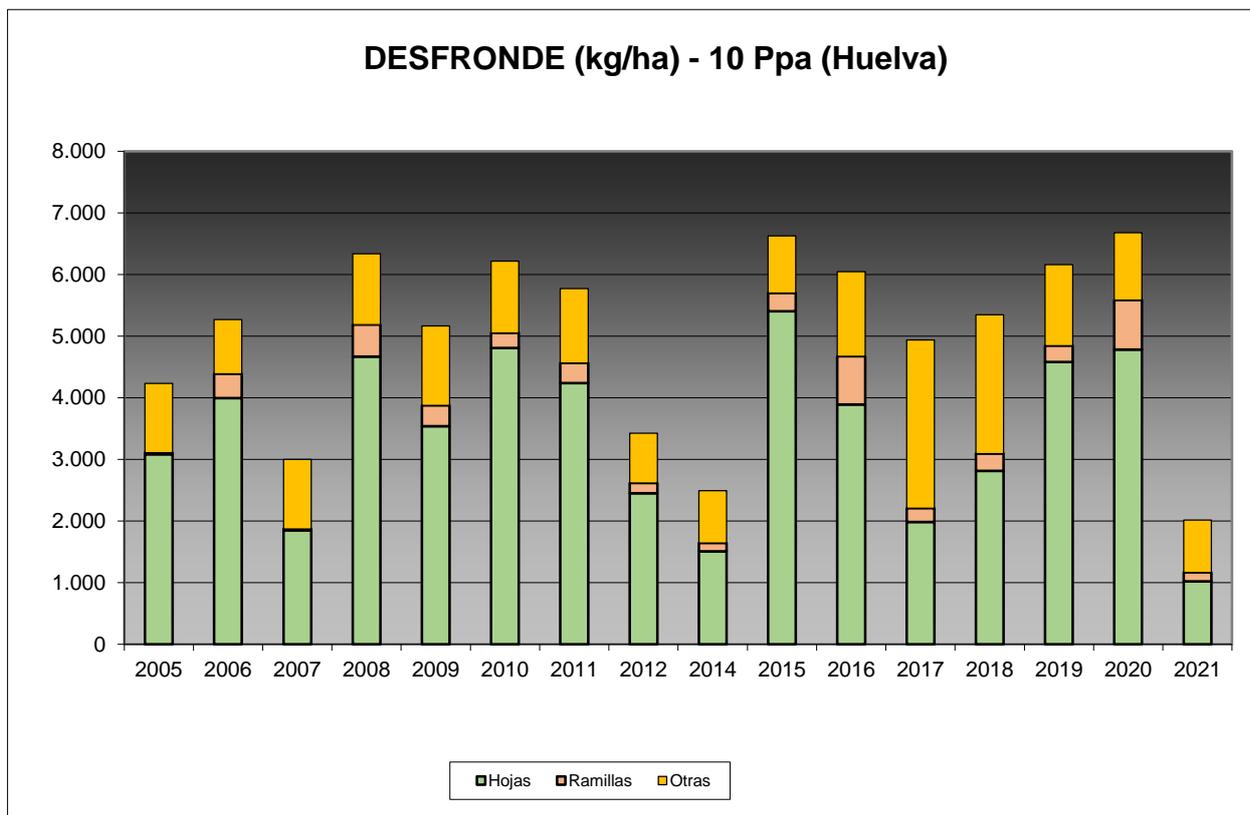


FIG 27: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde se sitúa en torno a los 3.000-5.000 kg/ha; alcanzándose un máximo durante 2015-2016 en que se superan los 6.000 kg/ha, nivel que vuelve a alcanzarse en 2019-2020, con un importante incremento de las fracciones foliar y leñosa. Durante la presente revisión se alcanza el valor más bajo de la serie temporal, superándose apenas los 2.000 kg/ha, debido sobre todo al escaso aporte por las acículas, sin que se advierta una causa clara. Con un contenido en C que supera el 50%, indica la capacidad de fijación de CO₂ atmosférico del follaje.

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 10Ppa, de entre ellos el comienzo y fin de fase; su duración o amplitud; el número de días transcurrido entre el 1 de enero y la fecha de inicio de la fase, y –como esbozo de la influencia de la temperatura en el fenómeno- los días-grado transcurridos desde el 1 de enero (periodo de parada vegetativa) y el comienzo de la fase, obtenido de la estación meteorológica instalada en la parcela.

TABLA 31: Resultados de la evaluación fenológica. Comienzo, final y amplitud de la fase. Días desde el 1 de enero hasta el comienzo de fase. Temperatura acumulada (grados-día) hasta el inicio de fase.

Año	Aparición Hoja/Acícula ≥ 50% Población					Floración ≥ 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)
1999	30/04/99	18/08/99	110	119	1411	15/04/99	06/07/99	82	104	1196
2000	29/03/00	28/06/00	91	88	1017					
2001	03/04/01	29/05/01	56	92	1116					
2002	12/03/02	28/05/02	77	70	838					
2003	01/04/03	03/06/03	63	90	1040					
2004	27/04/04	29/06/04	63	117	1416	16/03/04	27/04/04	42	75	830
2005	12/07/05	30/08/05	49	192	2960	10/05/05	31/05/05	21	129	1568
2006	02/05/06	27/06/06	56	121	1662					
2007	24/04/07	13/11/07	203	113	1363	27/03/07	29/05/07	63	85	972
2008	07/05/08	04/11/08	181	127	1742	07/05/08	20/05/08	13	127	1742
2009	20/05/09	07/07/09	48	139	1812	05/05/09	20/05/09	15	124	1543
2010	27/04/10	25/05/10	28	116	1525	27/04/10	11/05/10	14	116	1525
2011	24/05/11	28/06/11	35	143	2137	26/04/11	24/05/11	28	115	1603
2012	29/05/12	26/06/12	28	149	1880	29/05/12	26/06/12	28	149	1880
2014	22/04/14	24/06/14	63	111	1505	22/04/14	27/05/14	35	111	1505
2015	28/04/15	28/07/15	91	117	1467	28/04/15	26/05/15	28	117	1467
2016	26/04/16	07/06/16	42	116	1221	26/04/16	07/06/16	42	116	1221
2017	25/04/17	28/06/17	64	114	1584	25/04/17	30/05/17	35	114	1584
2018	29/05/18	25/07/18	57	148	2000	24/04/18	03/07/18	70	113	1391
2019	23/04/19	24/07/19	92	112	1448	19/03/19	03/06/19	76	77	960
2020	n.d	n.d				n.d	n.d			
2021	26/04/21	29/06/21	64	115	1608	26/04/21	27/05/21	31	115	1608
2022	31/03/22	06/05/22	97	89	1018	26/04/22	19/05/22	23	115	1384
Media			75	118	1535			38	112	1411

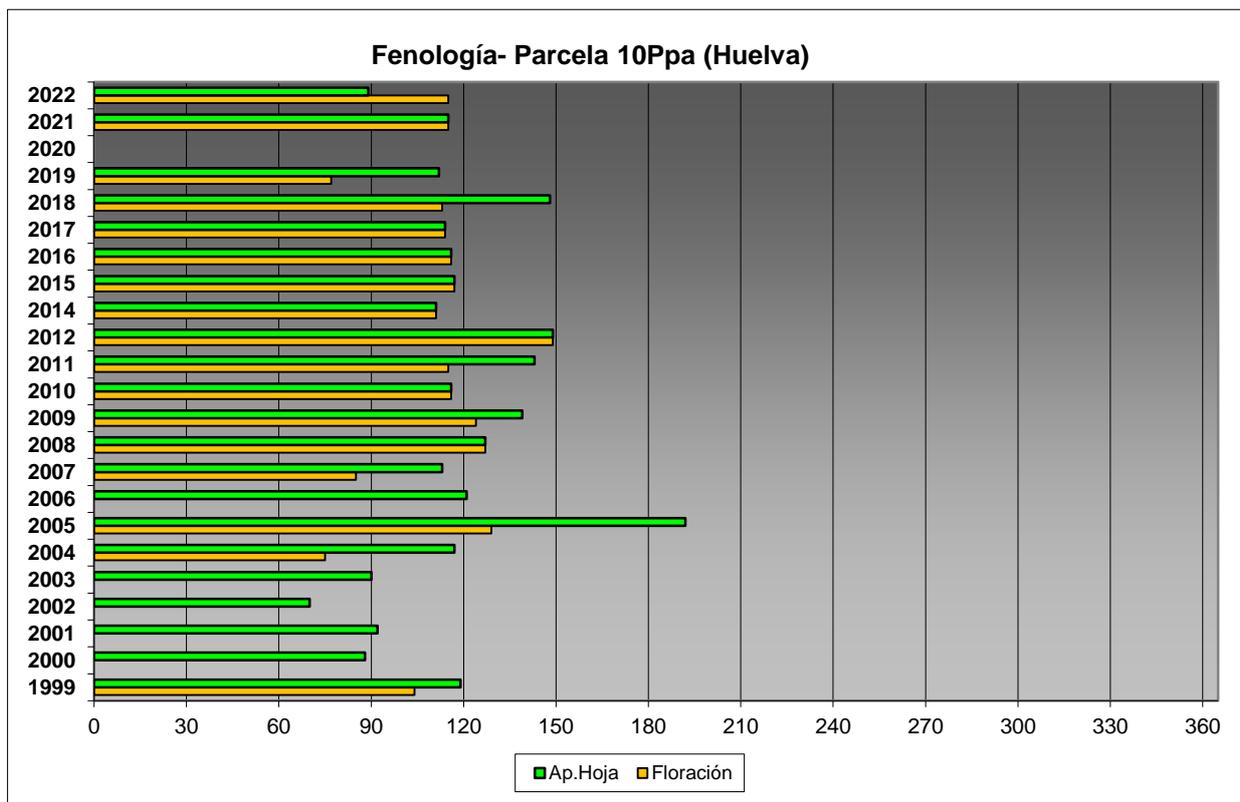


FIG 28: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

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 retraso en 2005, 2012 y 2018; y concentrándose la actividad vegetativa en marzo-abril, con un adelantamiento respecto a estaciones más septentrionales. Durante el último año se advierte un adelantamiento en la emergencia de las acículas, mientras que la floración se ha observado en torno a las fechas habituales de finales de abril.



FIG 29: Brotación (marzo) y elongación acícula (abril)

10. Cintas diamétricas.

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

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

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

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
1999	0,00	0,00	0,00	0,00
2000	0,10	0,35	0,10	0,32
2001	0,31	1,14	0,31	1,14
2002	0,36	1,38	0,36	1,31
2003	0,31	1,13	0,31	1,01
2004	0,40	1,42	0,40	1,33
2005	0,09	0,31	0,09	0,26
2006	0,37	1,29	0,37	1,29
2007	0,40	1,51	0,40	0,82
2008	0,30	1,04	0,30	0,94
2009	0,33	1,18	0,33	-0,51
2010	0,23	0,83	0,23	0,31
2011	0,35	1,26	0,35	1,23
2012	0,20	0,71	0,20	0,67
2014	0,19	0,66	0,19	0,64
2015	0,14	0,50	0,14	0,45
2016	0,23	0,79	0,23	0,64
2017	0,15	0,52	0,15	0,39
2018	0,41	1,39	0,41	1,33
2019	0,18	0,62	0,18	0,22
2020	0,20	0,65	0,20	0,45
2021	0,21	0,70	0,21	0,50
2022	0,24	0,78	0,24	0,76
Media	0,25	0,88	0,25	0,67

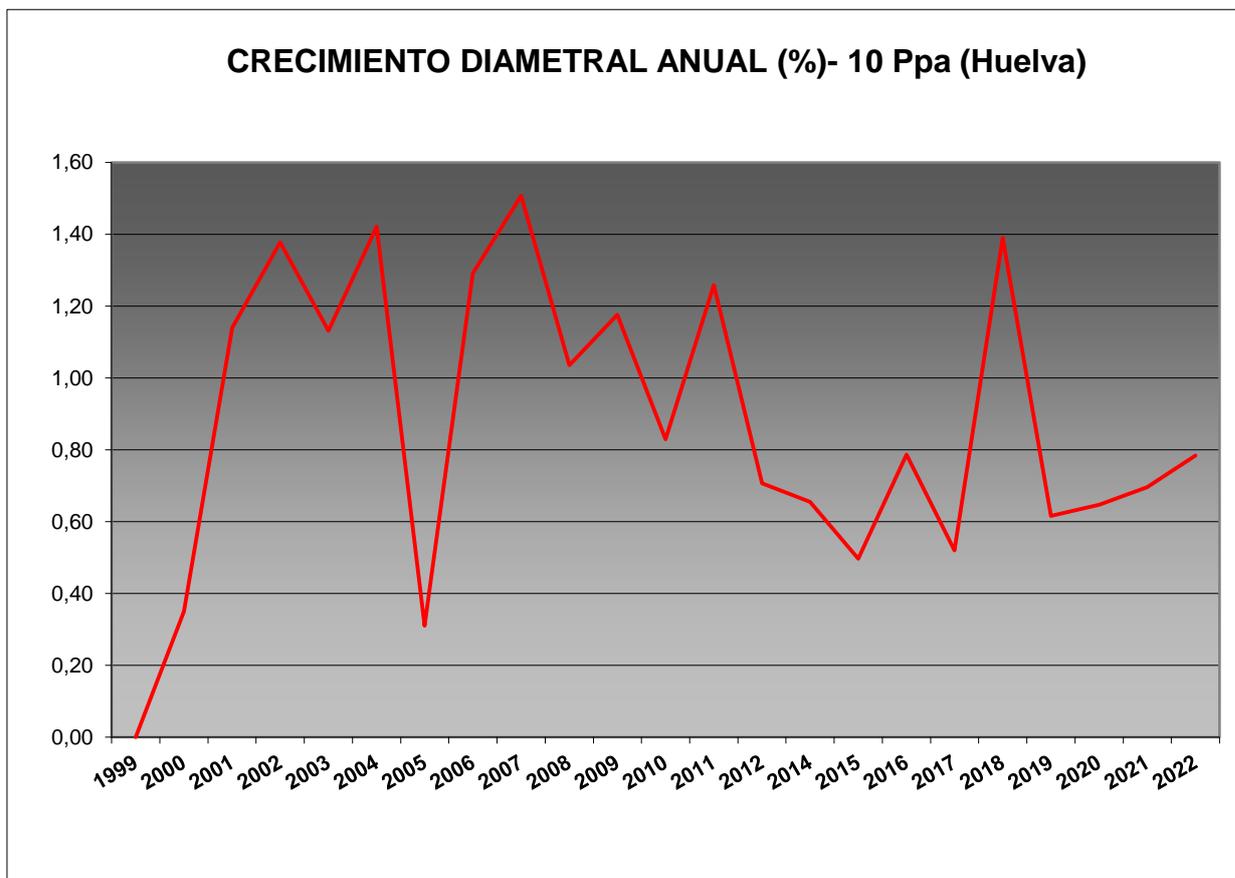


FIG 30: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

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 1,51% de 2007 y el 0,35% de 2005, situándose por regla general en valores próximos al 1% anual y un ligero incremento desde el mínimo local de 2019, situándose en el entorno del 0,80%.

11. Meteorología.

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

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

Año	Prec	T med	T MAX	T MIN	T max	T min	Rad med	HR med	V viento med	V viento max
	(mm)	(°C)					(W/m ²)	(%)	(m/s)	
1997	413									
1998	421									
1999	472									

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)	
2000	643	14,4	32,3	-6,7	20,0	9,6	132,8	73,4	3,2	26,8
2001	869	17,0	37,3	1,7	22,0	12,5	181,9	72,6	3,7	25,3
2002	423	14,9	30,1	1,0	20,2	10,4	145,4	79,4	3,1	24,2
2003	896	14,9	30,1	1,0	20,2	10,4	145,4	79,4	3,1	24,2
2004	518	16,5	44,2		23,0	9,7		72,4	2,9	24,2
2005	170	16,8	38,1	-7,5	23,3	9,2		64,4	3,3	41,8
2006	848	17,7	43,0	-7,7	23,1	8,1	219,9	71,0	3,2	21,2
2007	517	15,8	38,4	-2,0	22,1	9,8	196,9	71,0	3,3	
2008	615	16,6	37,4	-0,8	22,8	10,8	204,9	69,4	3,4	32,5
2009	527	17,2	38,3	-4,1	23,7	11,2	205,0	68,7	3,3	28,7
2010	1138	17,2	39,6	-8,3	22,5	9,5	214,2	69,8	3,1	22,7
2011	584	17,6	39,3	-2,0	24,1	11,0	180,0	69,6	6,1	21,1
2012	141	15,8	37,5	-4,1	23,1	9,0	160,7	62,4		8,1
2014	295	17,6	39,1	1,1	24,3	10,9		70,8	3,0	14,7
2015	387	18,1	39,6	-0,2	25,2	11,6	410,7	67,9	2,2	46,3
2016	632	18,0	44,6	-2,7	24,9	11,2	426,8	69,6	3,0	23,5
2017	410	18,3	41,2	-2,0	25,5	10,9	397,0	65,2	3,0	67,0
2018	703	17,2	42,4	-3,0	23,5	10,9	292,7	71,0	3,2	32,8
2019	174	16,9	36,6	-1,1	23,8	10,2	266,8	65,6	3,2	23,1
2020	567	17,4	41,0	-1,5	24,3	10,9	198,6	62,3	2,9	29,8
2021	328	17,9	42,1	-2,5	24,8	11,0	197,2	59,7	3,2	22,0
2022	540	17,6	45,7	-2,1	24,8	10,9	167,8	73,5	2,6	21,6
Media	529	16,9	39,0	-2,5	23,2	10,4	228,7	69,5	3,2	27,7

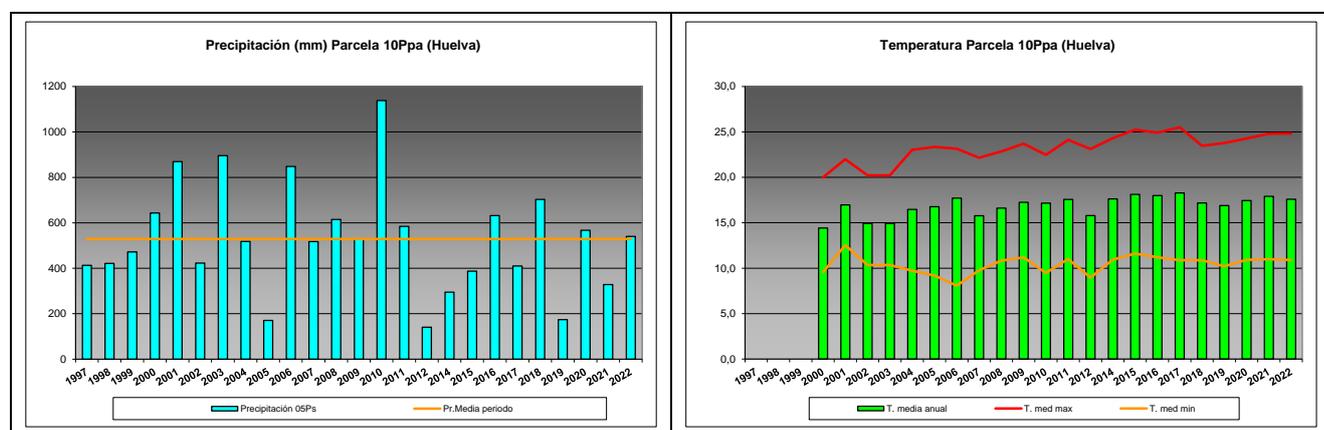


FIG 31: Principales variables meteorológicas.

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	4	0					
2001	53	0					
2002	1	0	71,1	19/11 a 23/11	0		
2003							
2004	79	0	190,6	20/02 a 24/02	1	55	07/06 a 31/07
2005	73	0	38,0	24/02 a 28/02	1	17	29/07 a 14/08
2006	71	0	79,6	23/10 a 27/10	0	37	26/07 a 31/08
2007	44	0	47,7	09/02 a 13/02	0	68	18/06 a 24/08
2008	67	0	52,8	17/02 a 21/02	0	41	04/06 a 14/07
2009	81	0	152,4	20/12 a 24/12	0	46	06/06 a 21/07
2010	64	0	357,0	05/12 a 09/12	0	26	14/05 a 08/06
2011	92	0	44,0	13/02 a 17/02	0	82	31/05 a 20/08
2012	52	0					
2013							
2014	66	0	102,7	23/11 a 27/11	0	68	25/06 a 31/08
2015	75	0	74,9	30/10 a 03/11	0	29	25/05 a 22/06
2016	0	0	51,0	09/10 a 13/10	0	109	15/05 a 31/08
2017	109	0	29,2	03/11 a 07/11	0	123	01/05 a 31/08
2018	76	0	75,4	18/11 a 22/11	0	37	26/07 a 31/08
2019	66	0	58,6	19/12 a 23/12	0	89	04/06 a 31/08
2020	86	0	54,5	03/11 a 07/11	0	48	05/06 a 22/07
2021	84	0	52,6	05/01 a 09/01	0	30	04/07 a 02/08
2022	85	0	69,1	07/12 a 11/12	0	47	06/05 a 21/06

12. Índice de Área Foliar.

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

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

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

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Media
S-01	1,88	1,02	1,82	1,86	2,13	1,66	1,79	1,83	2,16	1,79
S-02	1,67	0,90	1,70	1,62	2,05	1,50	1,66	1,66	2,03	1,64

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	Media
S-03	1,82	1,00	1,83	2,01	1,90	1,37	1,67	1,59	2,32	1,72
S-04	1,72	0,92	1,62	1,92	1,63	1,65	1,76	1,71	2,21	1,68
S-05	1,63	0,90	1,63	1,78	2,00	1,57	1,70	1,78	2,05	1,67
S-06	1,97	1,10	1,97	1,97	1,79	1,69	1,84	1,98	2,48	1,87
S-07	1,86	1,01	1,91	1,75	1,97	1,85	1,91	1,92	2,26	1,83
S-08	1,82	0,95	1,96	1,67	2,04	1,38	1,69	1,74	3,33	1,84
S-09	1,60	0,93	1,82	1,92	1,93	1,76	1,73	1,79	1,96	1,72
S-10	1,69	0,98	1,71	1,76	2,07	1,88	1,75	1,69	1,87	1,71
S-11	1,58	0,99	1,69	2,10	2,12	1,77	2,01	1,84	2,69	1,86
S-12	1,69	1,01	1,61	1,73	1,91	1,68	1,58	1,96	3,35	1,84
S-13	1,72	1,10	1,80	2,08	1,98	1,64	1,94	2,26	2,42	1,88
S-14	1,73	1,05	1,78	2,14	2,19	1,98	1,74	2,37	3,10	2,01
S-15	1,68	1,19	1,87	1,92	2,68	1,82	1,59	2,59	1,58	1,88
S-16	1,74	1,19	1,77	2,07	1,93	2,10	2,25	3,34	1,86	2,03
Media	1,74	1,02	1,78	1,89	2,02	1,71	1,79	2,00	2,35	1,81

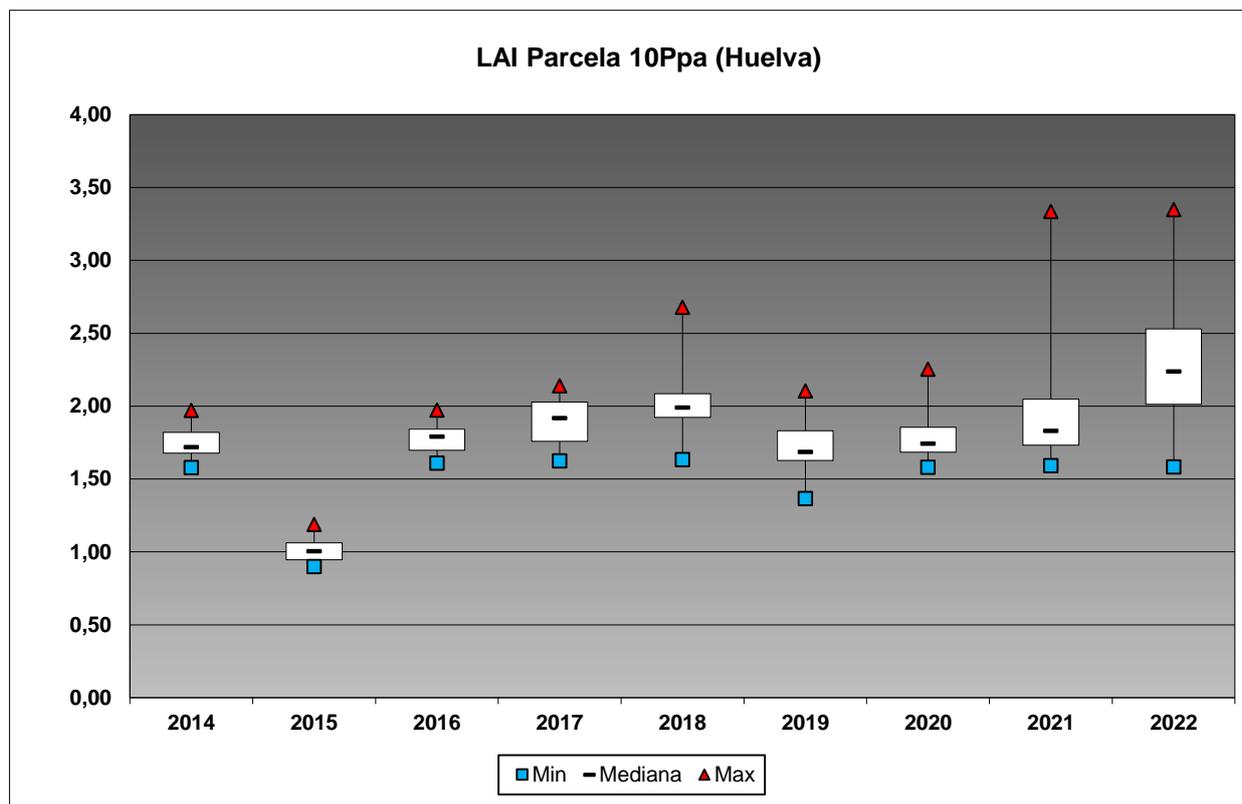


FIG 32: Diagrama de cajas LAI anual.

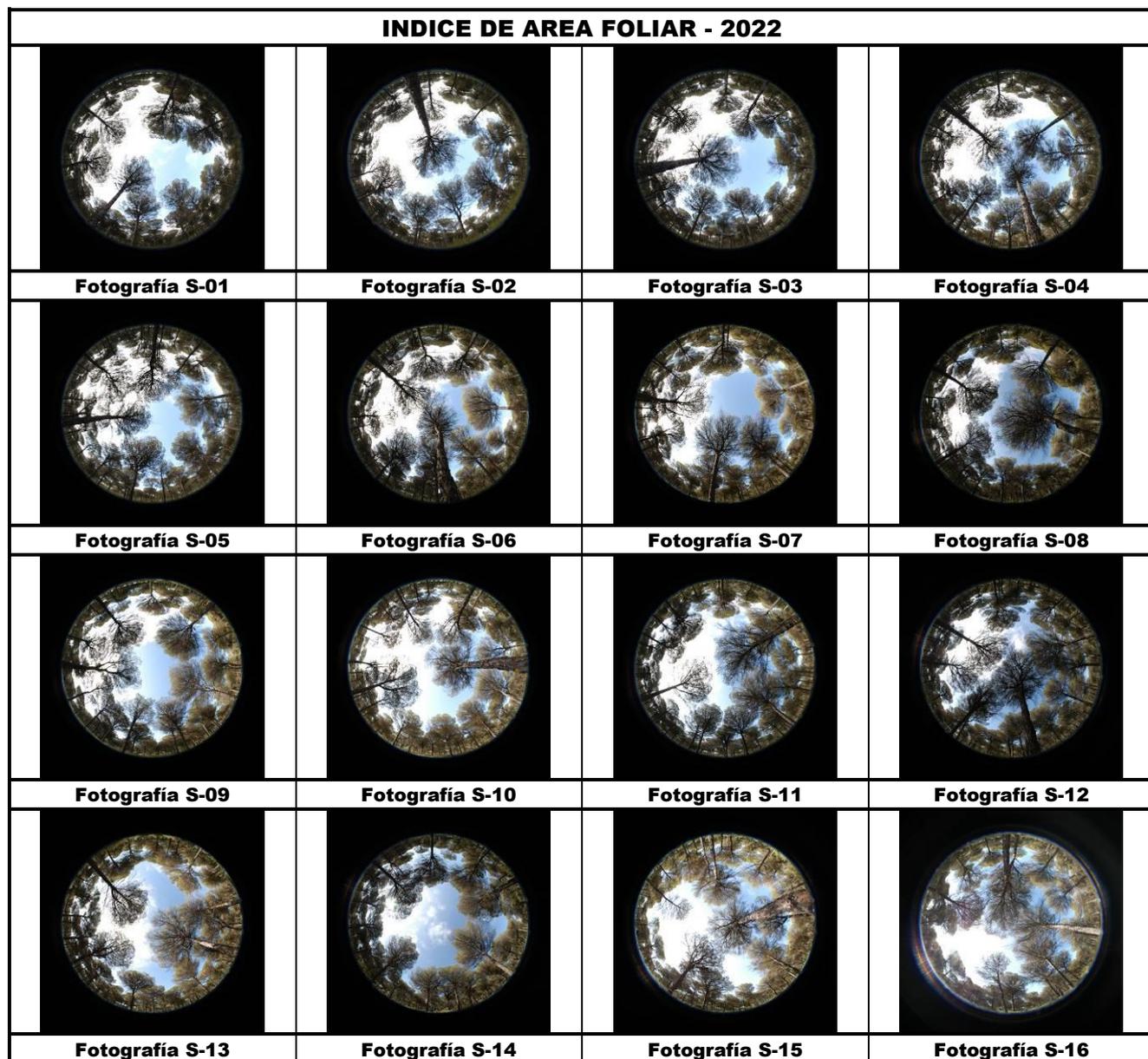


FIG 33: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.