



**RED EUROPEA DE SEGUIMIENTO INTENSIVO Y
CONTINUO DE LOS ECOSISTEMAS FORESTALES**

**RED DE NIVEL II
MEMORIA – 2019**

PARCELA 10 Ppa (HUELVA)

**20
19**



Tecmena, s.l.
TECNICAS DEL MEDIO NATURAL

**DIRECCIÓN GENERAL DE DESARROLLO RURAL,
INNOVACIÓN Y POLÍTICA FORESTAL**

**SUBDIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICA FORESTAL
ÁREA DE INVENTARIO Y ESTADÍSTICAS FORESTALES**

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	16
5.1. pH	18
5.2. Conductividad	19
5.3. Potasio	20
5.4. Calcio	22
5.5. Magnesio	23
5.6. Sodio	24
5.7. Amonio	25
5.8. Cloro	27
5.9. Nitratos	28
5.10. Sulfatos	29
5.11. Interpretación de resultados	30
6. Calidad del aire. Inmisión	32
7. Análisis foliar	33
7.1. Macronutrientes	34
7.2. Micronutrientes	35
7.3. Interpretación de resultados	36
8. Desfronde	37
9. Fenología	39
10. Cintas diamétricas	41
11. Meteorología	42
12. Índice de Área Foliar	44

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: Valores de referencia inmisión atmosférica

TABLA 21: Inmisión atmosférica

TABLA 22: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Macronutrientes

TABLA 23: Análisis foliares por campaña bianual de muestreo para la parcela y especie. Micronutrientes

TABLA 24: Resultados medios del análisis de desfronde

TABLA 25: Resultados de la evaluación fenológica

TABLA 26: Valor medio dendrómetros

TABLA 27: Valores medios meteorológicos

TABLA 28: Parámetros de estrés meteorológico

TABLA 29: 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 inmisión por dosímetros

FIG 19: Evolución de macronutrientes

FIG 20: Evolución de micronutrientes

FIG 21: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

FIG 22: Fases fenológicas. Inicio de fase

FIG 23: Fases fenológicas

FIG 24: Crecimiento diametral anual

FIG 25: Principales variables meteorológicas

FIG 26: Índices de Área Foliar

FIG 27: 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

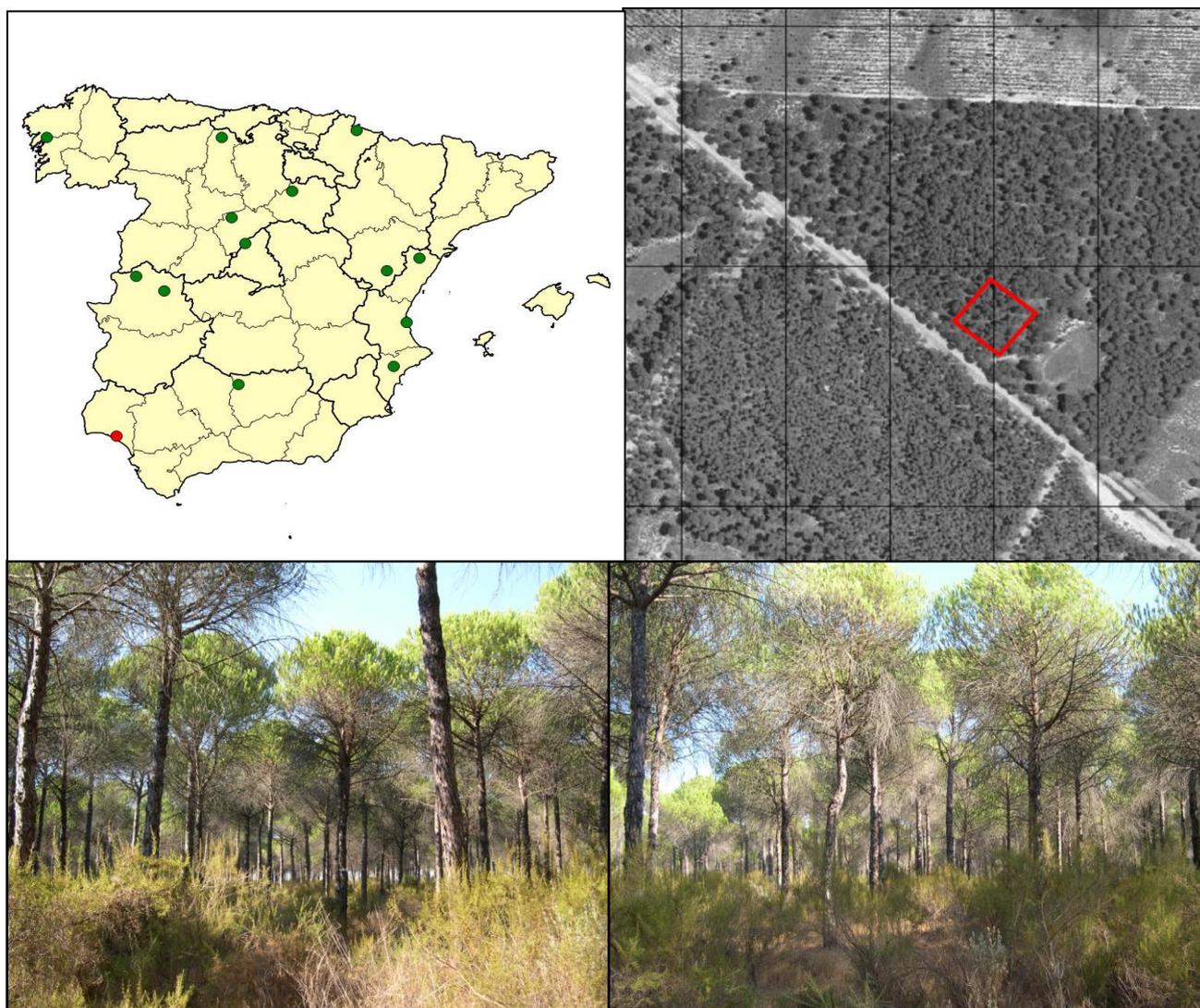


FIG 1: Posición y vistas de la parcela 10Ppa.

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*.

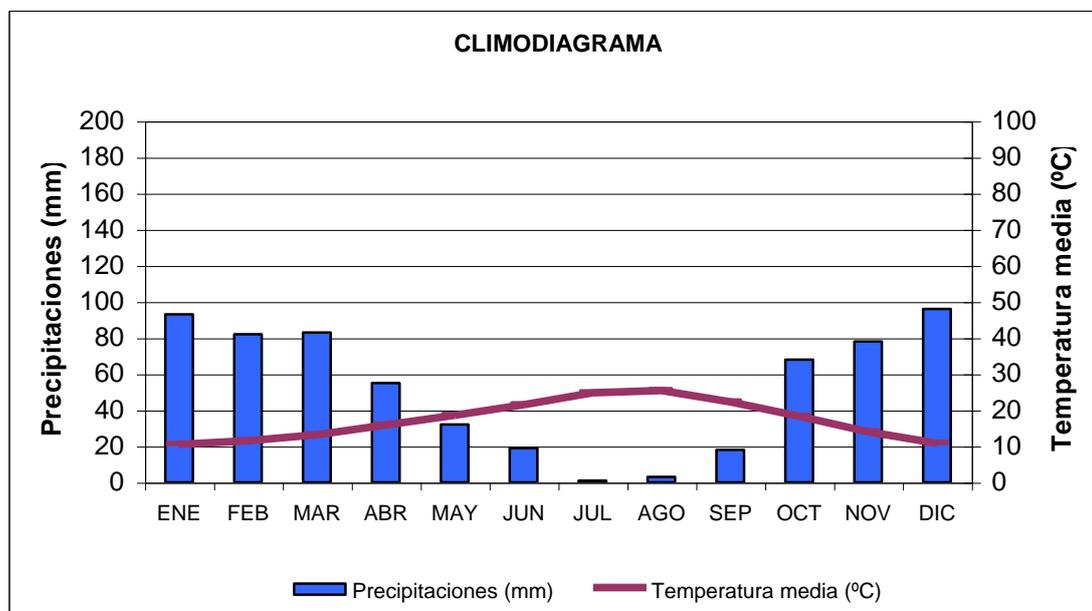


FIG 2: Climodiagrama de la parcela

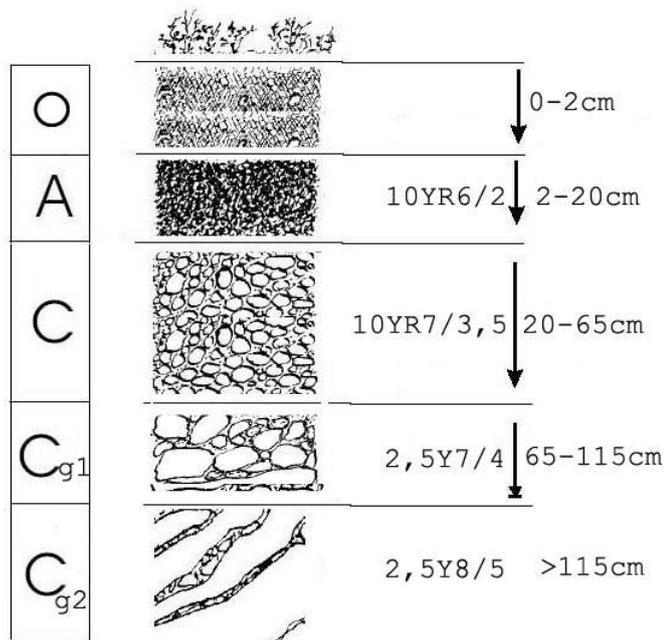
2.2. Geología y Suelos.

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 _{g1}	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 _{g2}	>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	63	252	63	0	38	41-60	26,68	14,42	26,99	10,99	11,62	17,76

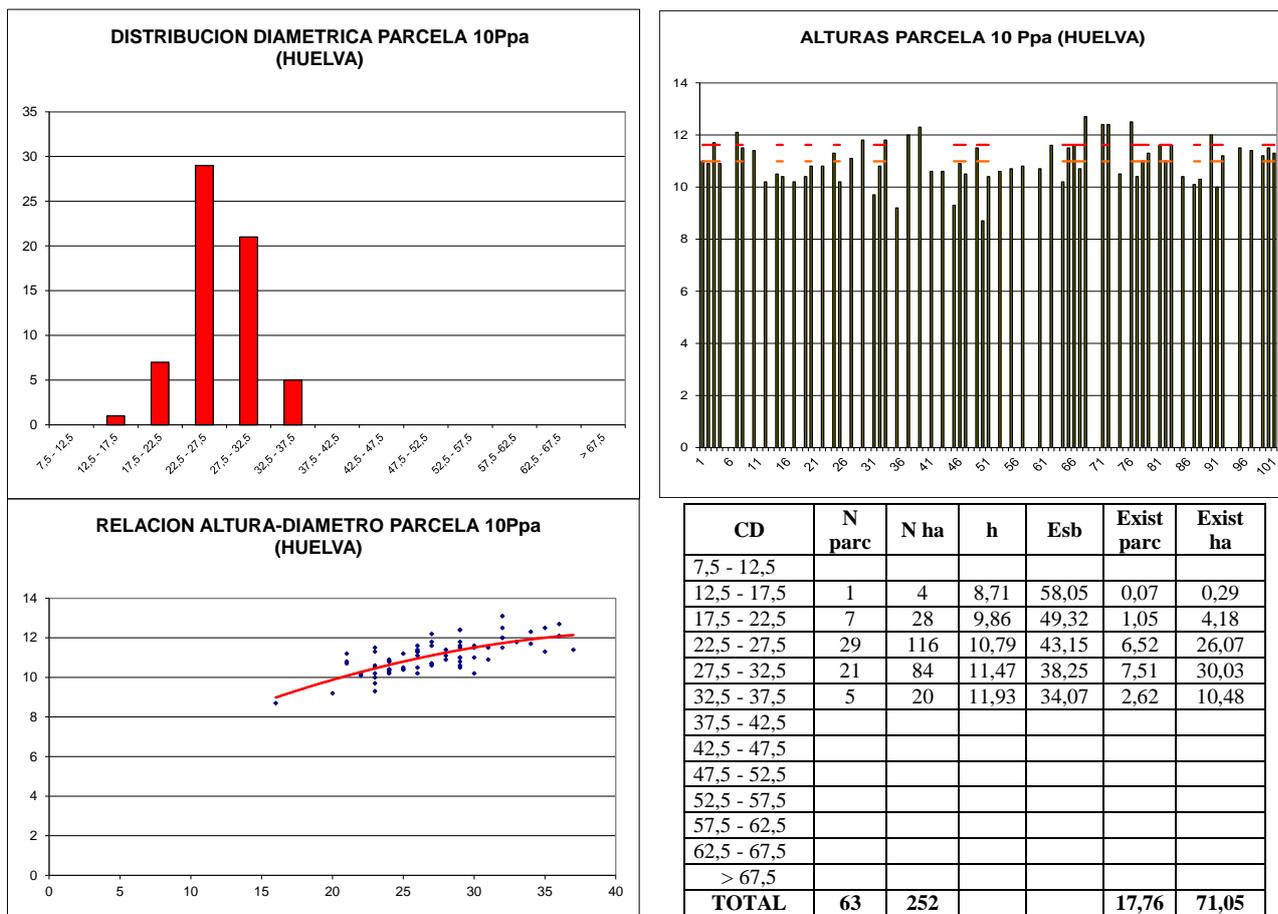


FIG 3: Distribución diamétrica de la parcela; distribución de alturas y comparación con las alturas media y dominante; relación de alturas-diámetros; frecuencias, alturas, esbelteces y existencias por clase diamétrica.

3. Estado fitosanitario de la parcela.

3.1. Defoliación y decoloración.

En la presente revisión, la parcela presenta un buen estado fitosanitario, con una defoliación media del 23,33%, dentro por tanto de la escala de daños ligeros, categoría en la que se han calificado cerca del 85% de los pies evaluados, en lo que supone un empeoramiento con respecto a la revisión del año anterior al incrementarse la variable en en algo más de dos puntos porcentuales, inferior por tanto del umbral de cinco puntos que implica una variación significativa en términos estadísticos, de acuerdo con la normativa europea en materia de redes forestales. 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 llego a interesar al arbolado muestra. Pese a lo cual debe ser tenido en cuenta como elemento perturbador en la red.

Atendiendo a la serie histórica de datos se advierte un marcado empeoramiento de la masa 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; junto con una marcada recuperación a lo largo de los últimos dos años. Cabe destacar en esta parcela las malas condiciones para el desarrollo del arbolado, situado en una zona de escasas precipitaciones y 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.

En esta idea de empeoramiento del estado fitosanitario se ha comportado la decoloración, el segundo gran parámetro definitorio, que ha pasado de observarse en unos pocos pies aislados a afectar, si bien de forma ligera, a la práctica totalidad del arbolado.

Los principales resultados pueden verse en el gráfico adjunto:

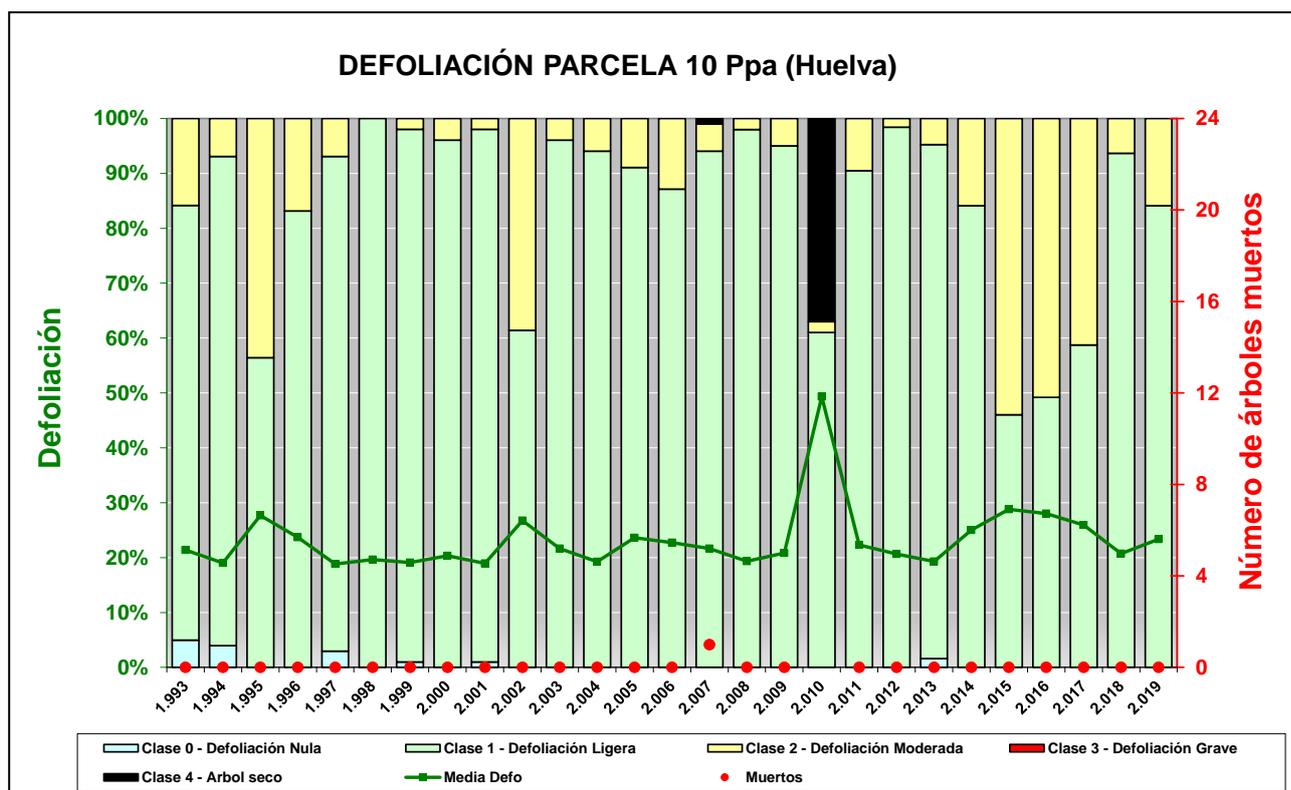


FIG 4: Histograma de defoliaciones por clases de daño y defoliación media de la parcela. Serie histórica.



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	24	1,00	96	38,10	23,33	1,00	0,00	-0,02	26,88	11,16	0,19	0,17
<i>Thaumetopoea pityocampa</i>	24	1,00	96	38,10	23,33	1,00	0,00	-0,02	26,88	11,16	0,19	0,17
Acíc. antiguas	16	1,00	64	25,40	24,38	1,00	1,04	-0,02	27,81	11,34	1,13	0,35
Brotos del año	1	1,00	4	1,59	20,00	1,00	-3,33	-0,02	25,00	10,50	-1,68	-0,49
Ramillos <2 cm	7	1,00	28	11,11	21,43	1,00	-1,90	-0,02	25,00	10,84	-1,68	-0,14
Perforadores	6	1,00	24	9,52	20,83	1,00	-2,50	-0,02	26,67	11,00	-0,02	0,01
<i>Tomicus destruens</i>	6	1,00	24	9,52	20,83	1,00	-2,50	-0,02	26,67	11,00	-0,02	0,01
Brotos del año	6	1,00	24	9,52	20,83	1,00	-2,50	-0,02	26,67	11,00	-0,02	0,01
ENFERMEDADES												
Hongos/Royas acíc	62	1,89	248	98,41	23,23	1,02	-0,11	0,00	26,73	10,99	0,04	0,00
<i>Thyriopsis halepensis</i>	62	1,89	248	98,41	23,23	1,02	-0,11	0,00	26,73	10,99	0,04	0,00
Acíc. antiguas	62	1,89	248	98,41	23,23	1,02	-0,11	0,00	26,73	10,99	0,04	0,00
AG.ABIÓTICOS												
Sequía	45	1,09	180	71,43	23,56	1,02	0,22	0,01	26,71	11,04	0,03	0,05
Acíc. del año	21	1,19	84	33,33	22,38	1,05	-0,95	0,03	25,86	11,06	-0,83	0,07
Acíc. antiguas	2	1,00	8	3,17	20,00	1,00	-3,33	-0,02	28,00	11,00	1,32	0,01
Brotos del año	22	1,00	88	34,92	25,00	1,00	1,67	-0,02	27,41	11,03	0,73	0,04
Calor	24	1,04	96	38,10	23,33	1,00	0,00	-0,02	26,88	10,78	0,19	-0,20
Acíc. antiguas	24	1,04	96	38,10	23,33	1,00	0,00	-0,02	26,88	10,78	0,19	-0,20
Viento/Tornado	14	1,00	56	22,22	24,29	1,00	0,95	-0,02	26,86	11,16	0,17	0,17
Ramillos <2 cm	13	1,00	52	20,63	25,00	1,00	1,67	-0,02	26,62	11,20	-0,07	0,21
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	1,59	15,00	1,00	-8,33	-0,02	30,00	10,60	3,32	-0,39
Otros fact.abióticos	1	1,00	4	1,59	20,00	1,00	-3,33	-0,02	30,00	11,50	3,32	0,51
Brotos del año	1	1,00	4	1,59	20,00	1,00	-3,33	-0,02	30,00	11,50	3,32	0,51
OTROS DAÑOS												
Falta luz	27	1,11	108	42,86	21,48	1,04	-1,85	0,02	25,89	10,94	-0,79	-0,05
Ramillos <2 cm	27	1,11	108	42,86	21,48	1,04	-1,85	0,02	25,89	10,94	-0,79	-0,05
AG.DESCONOCIDO												
Ag.desconocido	57	1,07	228	90,48	23,77	1,02	0,44	0,00	27,74	11,05	1,05	0,06
Brotos del año	15	1,00	60	23,81	25,00	1,07	1,67	0,05	27,20	10,98	0,52	-0,01
Ramillos <2 cm	7	1,00	28	11,11	24,29	0,86	0,95	-0,16	27,86	11,00	1,17	0,01
Tronco	34	1,03	136	53,97	23,09	1,03	-0,24	0,01	27,97	11,07	1,29	0,08
Tronco completo	1	4,00	4	1,59	25,00	1,00	1,67	-0,02	27,00	11,60	0,32	0,61

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 ha quedado una amplia superficie de árboles muy debilitados, con apenas acículas en la parte superior de las copas, que pueden constituir un foco de importante desarrollo para poblaciones de perforadores oportunistas en la siguiente primavera. En el momento de la redacción del presente informe se están ejecutando los trabajos de corta y saca de los pies afectados. A medida que progresen los trabajos y en ausencia de otro elemento perturbador es de esperar que los riesgos para el arbolado vayan reduciéndose.

En cuanto al conjunto de agentes de daño identificados, destaca en primer lugar una reducción en la actividad de los insectos defoliadores, particularmente la procesionaria del pino *Thaumetopoea pityocampa* presente en cerca de la tercera parte del arbolado muestra y cuyos niveles de afección se reducen a cerca de la mitad de los del año anterior. Ligadas a ella se advierten las típicas mordeduras en las acículas y, en menor medida, bolsones de refugio remanentes del invierno anterior junto con puestas del verano que hacen pensar que el ataque continuará observándose el año siguiente. La expansión de la procesionaria correspondiente al año precedente se relacionó con la posible rotura de la diapausa característica del lepidóptero, en el que 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. En este sentido, la reducción del nivel de afección podría relacionarse con el hecho de encontrarnos en un año “normal” para esta plaga. El segundo insecto presente en la parcela, el perforador *Tomicus destruens* presenta un comportamiento similar: presencia en cerca del 10% de los pies pero reducción respecto a la pasada revisión y que podría explicarse también, además de la propia dinámica poblacional, por la efectividad de los tratamientos selvícolas de policía ya mencionados. Los daños observados se han limitado a la aparición de ramillos terminales puntisecos y perforados en la base debidos a la alimentación de maduración del insecto, sin que se hayan visto pies afectados por la salida de las larvas, que es el elemento verdaderamente peligroso para el arbolado.

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 hongo, 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 sofamado, 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. 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.

Otro de los grandes factores de debilitamiento del arbolado a lo largo del año en curso ha sido la **sequía** al reducirse las precipitaciones al encontrarnos con uno de los años de menor precipitación de la serie histórica, que con 172 mm anuales se ha situado muy próxima al mínimo histórico de 2005, y que contribuirá también al empeoramiento general observado. El fenómeno se ha traducido en microfilia de la metida del año en curso junto con aborto de los brotes terminales que tras la elongación no han llegado a emitir la acícula. Se registran también, en menor medida, daños asociados a **calor** en uno de cada tres pies, que se manifiestan en amarilleamiento de las acículas de mayor edad. Se han visto también roturas de ramas asociadas a **viento** en unos cuantos árboles salpicados, si bien se incrementan respecto a evaluaciones anteriores.

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 algún **aborto** de brote del año, en el que las acículas no han llegado a elongarse del todo, 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	21	1,19	84	33,33	22,38	1,05	-0,95	0,03	25,86	11,06	-0,83	0,07
Microfilia	21	1,19	84	33,33	22,38	1,05	-0,95	0,03	25,86	11,06	-0,83	0,07
Acíc. antiguas	104	1,54	416	100,00	23,37	1,01	0,03	-0,01	26,95	11,00	0,27	0,01
Comidos/perdidos	78	1,71	312	100,00	23,46	1,01	0,13	0,00	26,95	11,06	0,27	0,07
Muestras	16	1,00	64	25,40	24,38	1,00	1,04	-0,02	27,81	11,34	1,13	0,35
Caída prematura	62	1,89	248	98,41	23,23	1,02	-0,11	0,00	26,73	10,99	0,04	0,00
Dec. Verde-amarillo	15	1,00	60	23,81	23,00	1,00	-0,33	-0,02	26,33	10,77	-0,35	-0,22
Completa	15	1,00	60	23,81	23,00	1,00	-0,33	-0,02	26,33	10,77	-0,35	-0,22
Dec. Rojo-marrón	8	1,13	32	12,70	23,75	1,00	0,42	-0,02	28,00	10,86	1,32	-0,12
Completa	8	1,13	32	12,70	23,75	1,00	0,42	-0,02	28,00	10,86	1,32	-0,12
Microfilia	3	1,00	12	4,76	21,67	1,00	-1,67	-0,02	27,33	10,80	0,65	-0,19
RAMAS/BROTOS												
Brotos del año	45	1,00	180	71,43	24,22	1,02	0,89	0,01	27,24	11,01	0,56	0,02
Signos insectos	1	1,00	4	1,59	20,00	1,00	-3,33	-0,02	25,00	10,50	-1,68	-0,49
Nidos	1	1,00	4	1,59	20,00	1,00	-3,33	-0,02	25,00	10,50	-1,68	-0,49
Muerto/moribundo	16	1,00	64	25,40	24,38	1,06	1,04	0,05	26,38	10,96	-0,31	-0,03
Aborto	27	1,00	108	42,86	24,44	1,00	1,11	-0,02	27,74	11,04	1,06	0,05
Resinosis	1	1,00	4	1,59	20,00	1,00	-3,33	-0,02	30,00	11,50	3,32	0,51
Ramillos <2 cm	54	1,06	216	85,71	22,69	1,00	-0,65	-0,02	26,20	11,00	-0,48	0,01
Signos insectos	7	1,00	28	11,11	21,43	1,00	-1,90	-0,02	25,00	10,84	-1,68	-0,14
Nidos	7	1,00	28	11,11	21,43	1,00	-1,90	-0,02	25,00	10,84	-1,68	-0,14
Rotura	13	1,00	52	20,63	25,00	1,00	1,67	-0,02	26,62	11,20	-0,07	0,21
Muerto/moribundo	34	1,09	136	53,97	22,06	1,00	-1,27	-0,02	26,29	10,95	-0,39	-0,04
Ramas 2-10 cm	1	1,00	4	1,59	15,00	1,00	-8,33	-0,02	30,00	10,60	3,32	-0,39
Rotura	1	1,00	4	1,59	15,00	1,00	-8,33	-0,02	30,00	10,60	3,32	-0,39

	N par	Extensión	N/ha	%	Defo	Deco	Dif Defo	Dif Deco	Diam	Alt	Dif Diam	Dif Alt
TRONCO/C.RAÍZ												
Tronco	34	1,03	136	53,97	23,09	1,03	-0,24	0,01	27,97	11,07	1,29	0,08
Deformaciones	30	1,03	120	47,62	23,33	1,03	0,00	0,02	27,67	10,98	0,98	-0,01
Tumores	30	1,03	120	47,62	23,33	1,03	0,00	0,02	27,67	10,98	0,98	-0,01
Heridas	3	1,00	12	4,76	21,67	1,00	-1,67	-0,02	29,00	11,60	2,32	0,61
Grietas	3	1,00	12	4,76	21,67	1,00	-1,67	-0,02	29,00	11,60	2,32	0,61
Resinosis	1	1,00	4	1,59	20,00	1,00	-3,33	-0,02	34,00	12,30	7,32	1,31
Tronco completo	1	4,00	4	1,59	25,00	1,00	1,67	-0,02	27,00	11,60	0,32	0,61
Heridas	1	4,00	4	1,59	25,00	1,00	1,67	-0,02	27,00	11,60	0,32	0,61
Grietas	1	4,00	4	1,59	25,00	1,00	1,67	-0,02	27,00	11,60	0,32	0,61

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

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

	N par	Defoliadores		Perforadores		Hongos/Royas acíc		Sequía	
		n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS									
Acíc. del año	21							21	46,67
Microfilia	21							21	46,67
Acíc. antiguas	104	16	66,67			62	100,00	2	4,44
Comidos/perdidos	78	16	66,67			62	100,00		
Muecas	16	16	66,67						
Caída prematura	62					62	100,00		
Dec. Verde-amarillo	15								
Completa	15								
Dec. Rojo-marrón	8								
Completa	8								
Microfilia	3							2	4,44
RAMAS/BROTOS									
Brotos del año	45	1	4,17	6	100,00			22	48,89
Signos insectos	1	1	4,17						
Nidos	1	1	4,17						
Muerto/moribundo	16			6	100,00				
Aborto	27							22	48,89
Resinosis	1								
Ramillos <2 cm	54	7	29,17						
Signos insectos	7	7	29,17						
Nidos	7	7	29,17						
Rotura	13								
Muerto/moribundo	34								
Ramas 2-10 cm	1								
Rotura	1								
TRONCO/C.RAÍZ									

	N par	Defoliadores		Perforadores		Hongos/Royas acíc		Sequía	
		n	%	n	%	n	%	n	%
Tronco	34								
Deformaciones	30								
Tumores	30								
Heridas	3								
Grietas	3								
Resinosis	1								
Tronco completo	1								
Heridas	1								
Grietas	1								

	N par	Calor		Viento/Tornado		Otros fact.abióticos		Falta luz		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
HOJAS/ACÍCULAS											
Acíc. del año	21										
Microfilia	21										
Acíc. antiguas	104	24	100,00								
Comidos/perdidos	78										
Muescas	16										
Caída prematura	62										
Dec. Verde-amarillo	15	15	62,50								
Completa	15	15	62,50								
Dec. Rojo-marrón	8	8	33,33								
Completa	8	8	33,33								
Microfilia	3	1	4,17								
RAMAS/BROTES											
Brotos del año	45					1	100,00			15	26,32
Signos insectos	1										
Nidos	1										
Muerto/moribundo	16									10	17,54
Aborto	27					1	100,00			4	7,02
Resinosis	1									1	1,75
Ramillos <2 cm	54			13	100,00			27	100,00	7	12,28
Signos insectos	7										
Nidos	7										
Rotura	13			13	100,00						
Muerto/moribundo	34							27	100,00	7	12,28
Ramas 2-10 cm	1			1	7,69						
Rotura	1			1	7,69						
TRONCO/C.RAÍZ											
Tronco	34									34	59,65
Deformaciones	30									30	52,63
Tumores	30									30	52,63
Heridas	3									3	5,26
Grietas	3									3	5,26
Resinosis	1									1	1,75

	N par	Calor		Viento/Tornado		Otros fact.abióticos		Falta luz		Ag.desconocido	
		n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Tronco completo	1									1	1,75
Heridas	1									1	1,75
Grietas	1									1	1,75

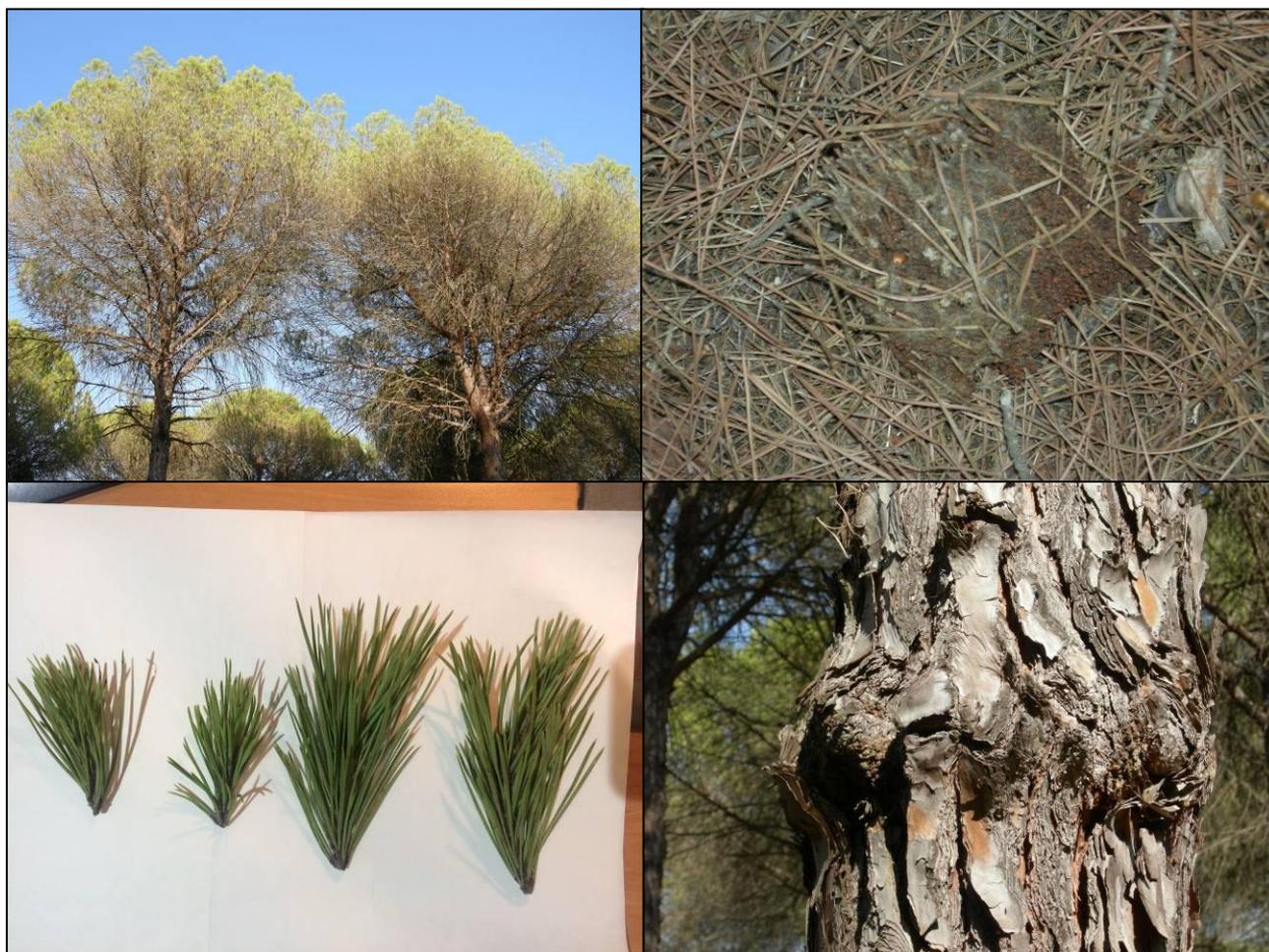
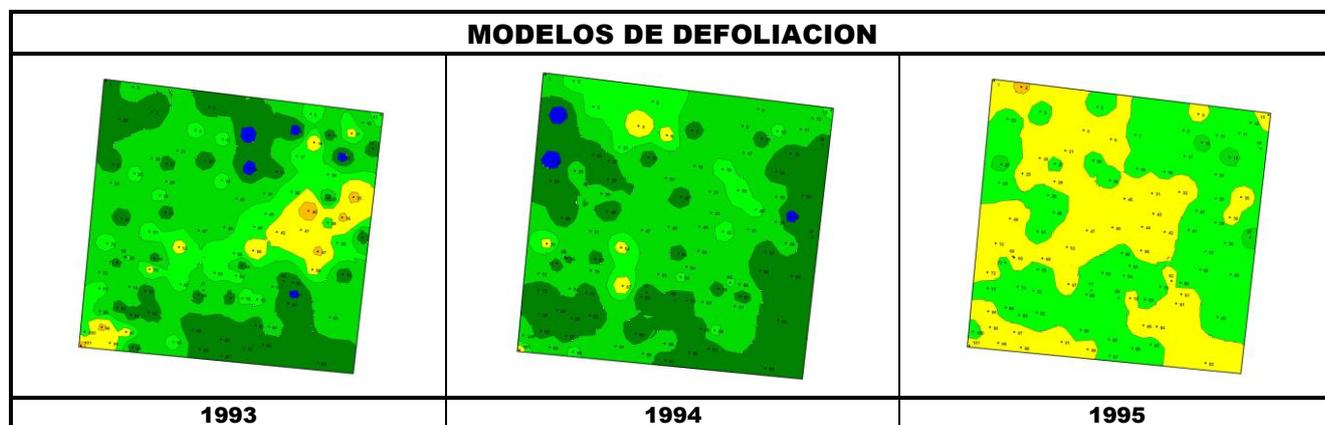
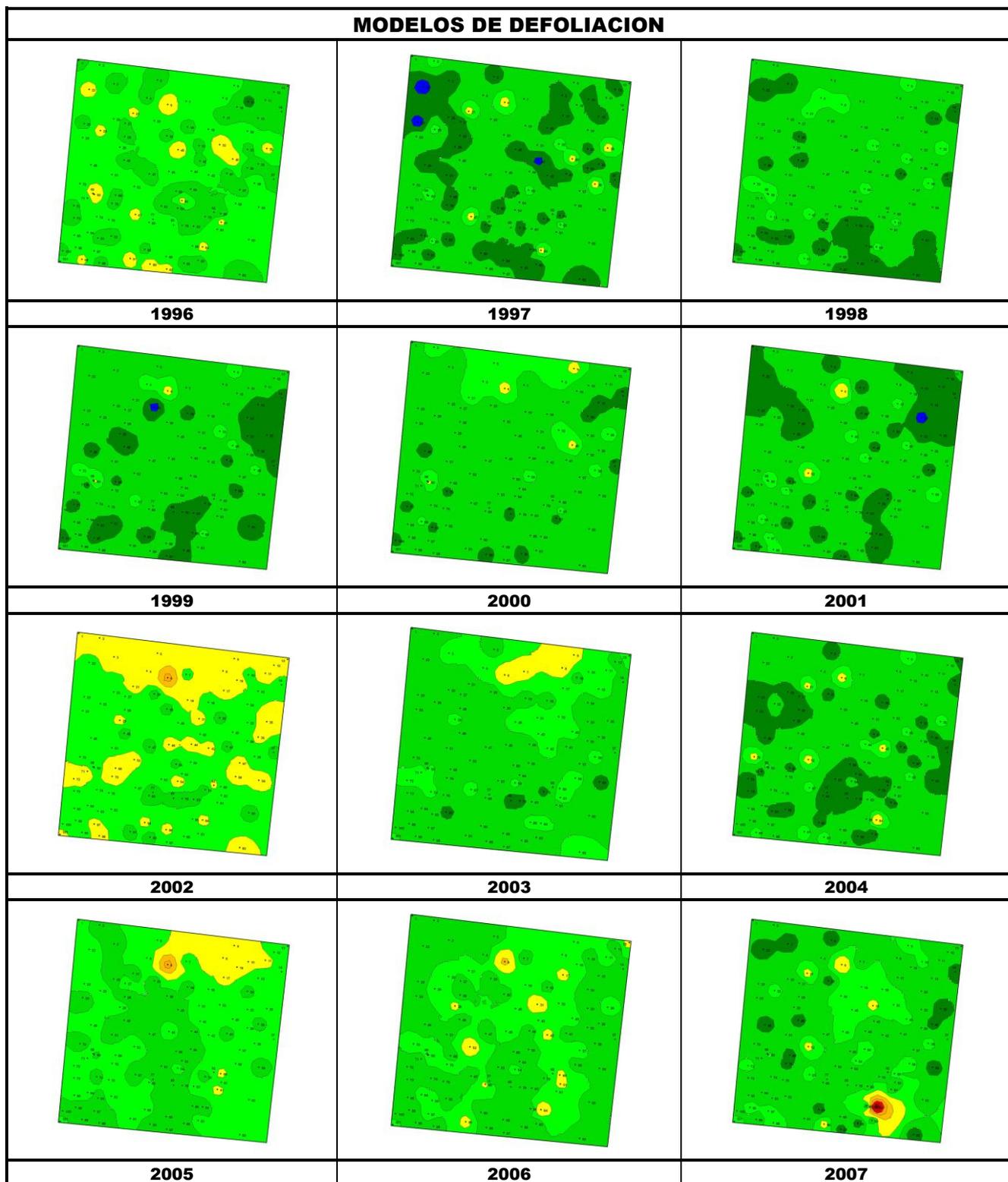
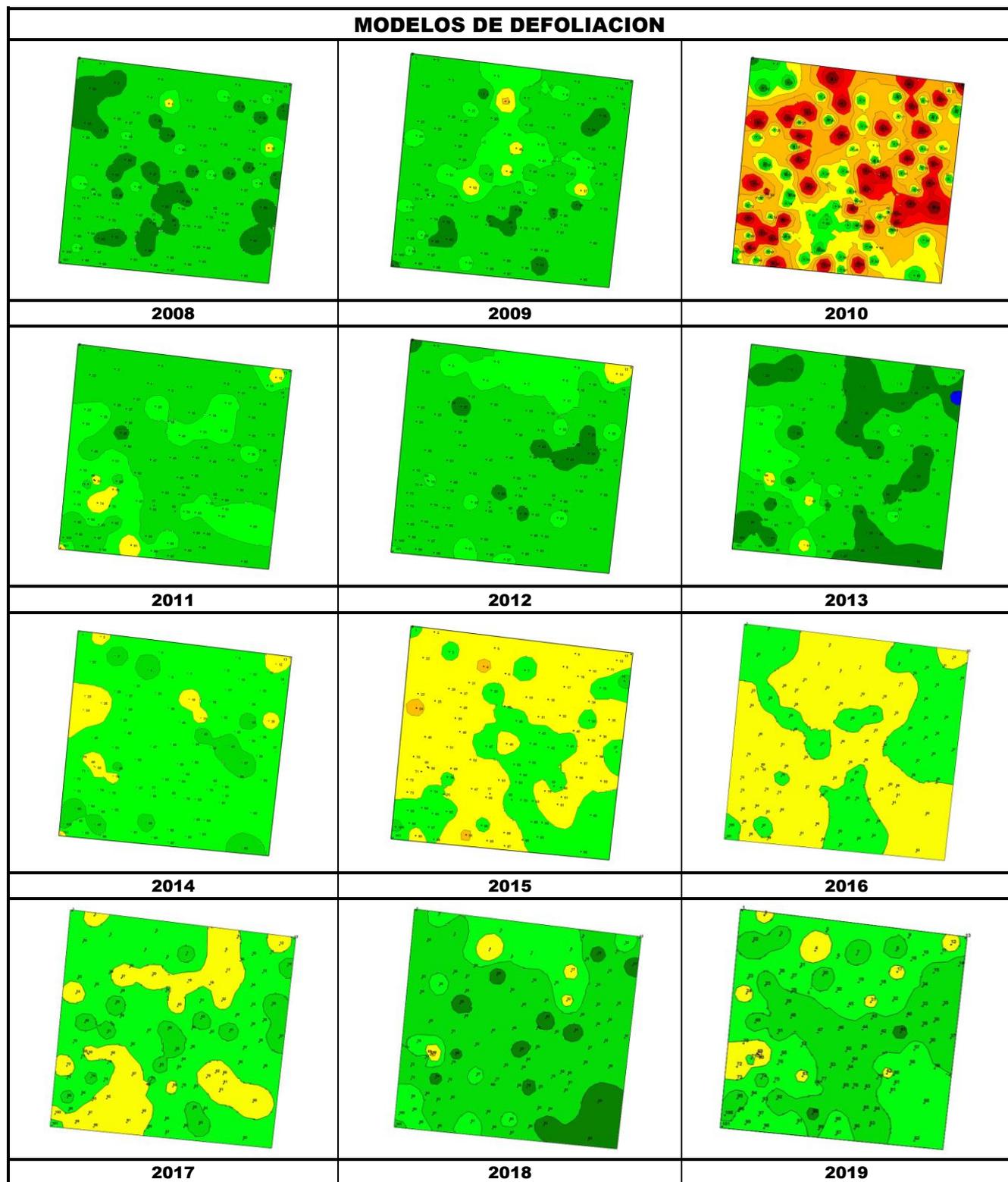


FIG 6: Pérdida de acículas bajas por *Thyriopsis halepensis*. Bolsón y rastros de procesionaria. Microfilia metida 2019. Tumoración en tronco.



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.

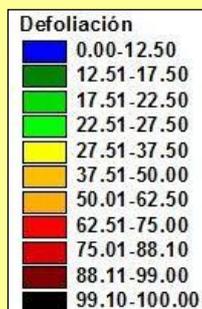
De acuerdo con la normativa europea, se consideran las siguientes clases de defoliación o daño:

- ✓ **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		
	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 interactuar con ellas, arrastrando parte de la deposición seca previamente caída, así como la precipitación húmeda.

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

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

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

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

Variable	Descripción	Valores de referencia RTSAP(*)
	actividades agrícolas o ganaderas. Papel en la acidificación de los suelos.	
Nitratos	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		250 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	6,41	0,00	267	6,45	0,00	413	5,95	6,27
1998	6,33	10,00	319	7,10	0,00	421	5,84	6,21
1999	6,31	0,00	299	6,72	0,00	472	6,19	6,48
2000	6,20	14,29	391	6,42	0,00	643	6,07	6,27
2001	6,28	0,00	485	5,97	36,36	869	5,86	6,00
2002	6,73	0,00	245	6,59	0,00	423	6,41	6,54
2003	6,51	0,00	519	5,85	26,67	896	6,17	6,21
2004	6,34	0,00	320	5,84	30,00	518	6,19	6,13
2005	6,22	9,09	112	6,09	16,67	170	6,01	5,98
2006	6,34	0,00	495	5,82	40,00	848	6,13	6,07
2007	6,34	0,00	329	5,46	53,85	517	6,01	5,79
2008	6,53	0,00	437	5,73	55,56	615	6,14	5,99
2009	6,15	0,00	330	5,48	28,57	527	6,14	6,13
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	6,10	6,04
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
Media	6,35	2,54	345	6,04	19,79	553	6,08	6,13



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	31,01		267	23,14		413	25,59	22,11
1998	45,31		319	39,80		421	29,47	22,63
1999	63,18		299	36,57		472	33,24	19,93
2000	67,32		391	42,30		643	35,37	22,07
2001	46,33		485	23,86		869	28,43	16,06
2002	84,50		245	48,39		423	49,05	30,17
2003	48,77		519	25,69		896	46,47	25,27
2004	62,30		320	41,28		518	63,98	37,20
2005	116,34		112	55,64		170	65,86	30,61
2006	55,82		495	33,24		848	61,93	28,83
2007	65,48		329	37,76		517	50,03	28,98
2008	64,24		437	39,63		615	46,84	22,94
2009	61,76		330	35,76		527	49,56	20,18
2010	55,10		696	24,94		1138	44,44	15,09
2011	65,39		377	26,16		584	51,52	19,09
2012	73,76		90	48,29		141	53,38	20,50

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
2014	37,50		171	33,41		295	27,94	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
Media	62,47		345	33,74		553	45,27	22,16

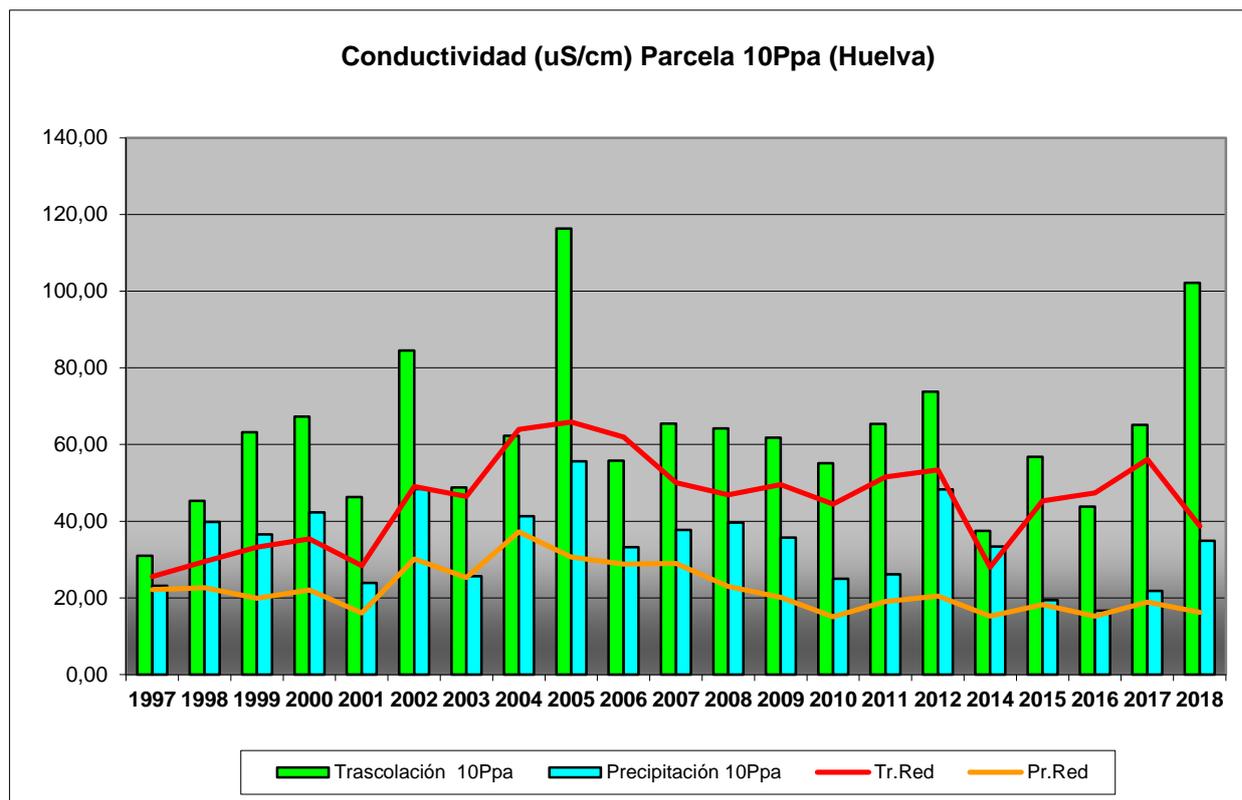


FIG 9: Variación temporal de la conductividad.

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	2,05	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	2,26	14,48	643	6,14	22,33	15,28
2001	4,23	20,34	485	1,68	14,34	869	6,01	16,00	9,92
2002	5,01	12,18	245	1,10	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	6,03	11,58	320	0,92	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

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)
2006	4,28	21,14	495	1,25	10,57	848	10,58	19,14	9,86
2007	6,02	19,68	329	1,21	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	4,90	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
Media	4,89	16,11	345	1,10	5,56	553	10,56	16,73	6,14

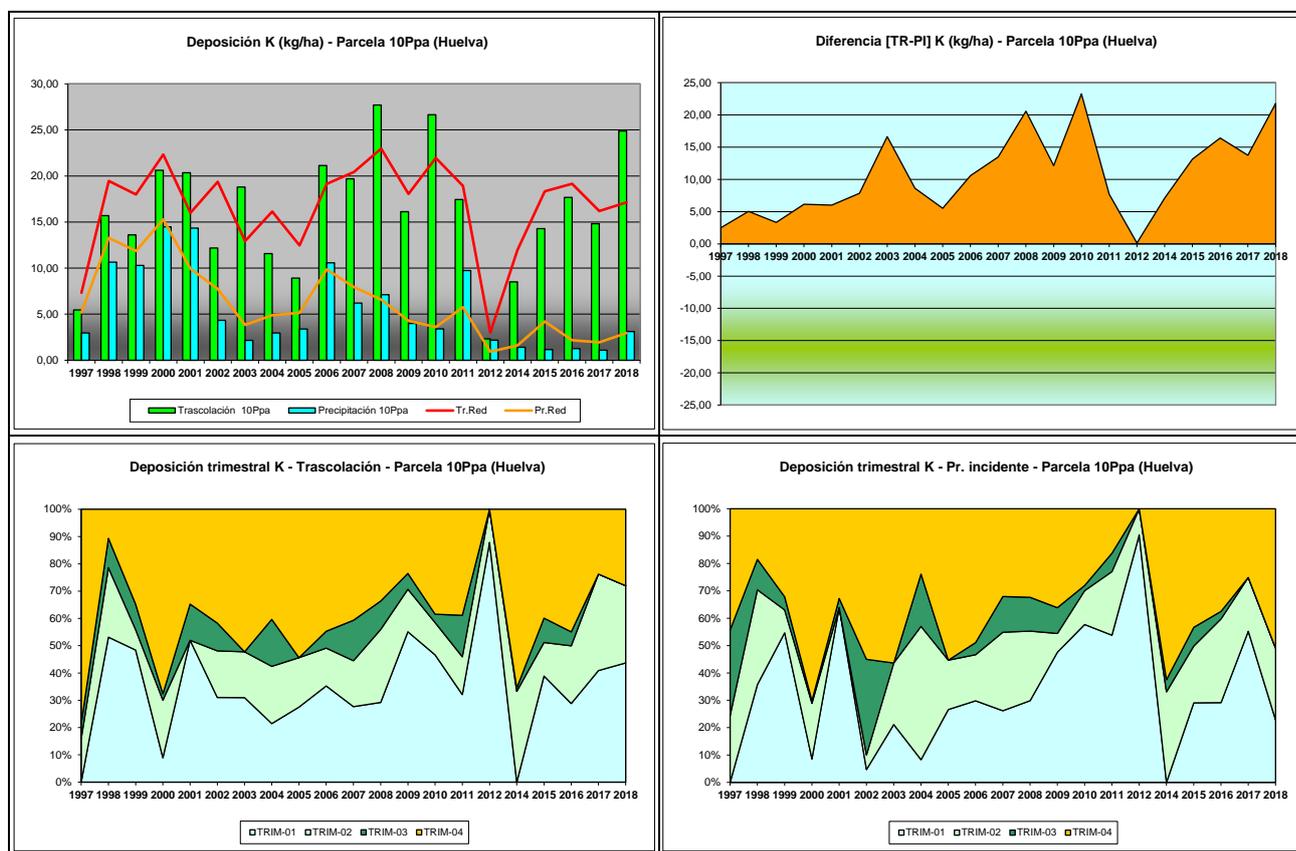
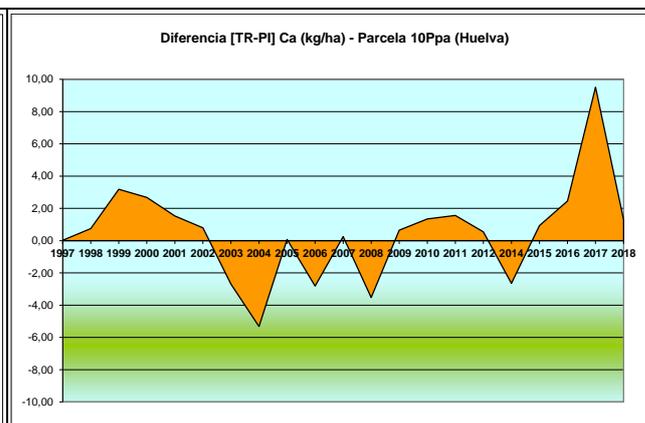
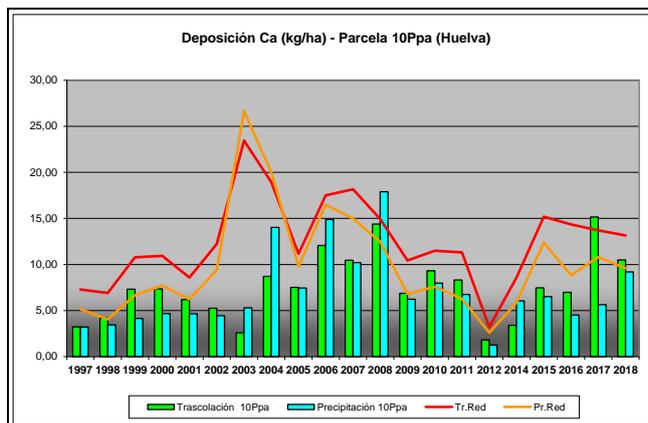


FIG 10: Variación temporal de deposición de K, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.4. Calcio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	1,22	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	1,29	6,19	485	0,55	4,66	869	1,53	8,58	6,22
2002	2,14	5,24	245	1,06	4,45	423	0,79	12,23	9,40
2003	1,32	2,60	519	1,43	5,29	896	-2,70	23,45	26,64
2004	4,54	8,71	320	4,38	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	3,20	10,46	329	1,99	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	2,09	6,87	330	1,19	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
Media	2,58	7,57	345	1,56	7,07	553	0,50	12,49	10,02



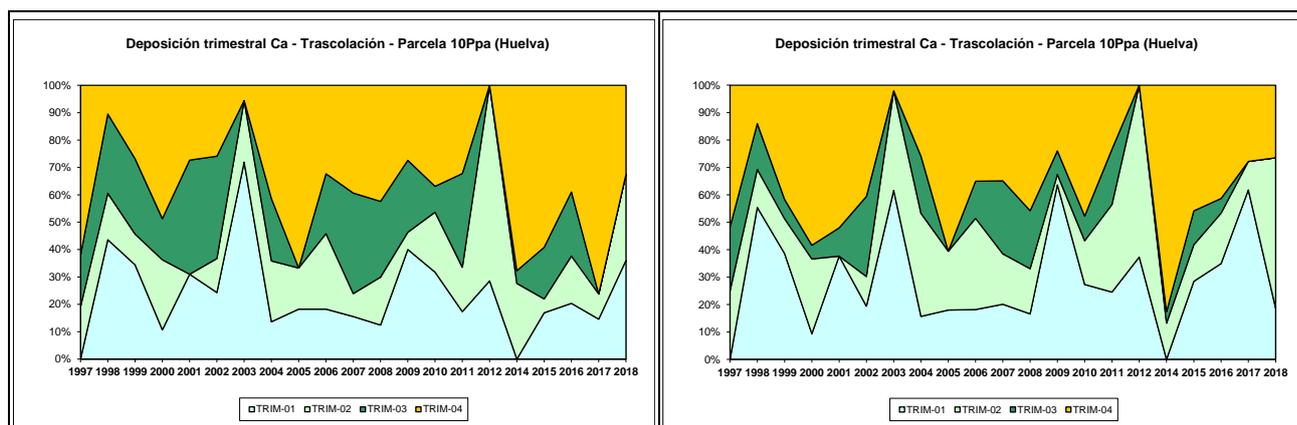


FIG 11: Variación temporal de deposición de Ca, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.5. Magnesio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,85	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	0,80	3,83	485	0,29	2,52	869	1,31	2,99	1,45
2002	1,27	3,11	245	0,48	2,00	423	1,11	3,93	1,83
2003	0,75	3,54	519	0,29	2,59	896	0,96	3,97	1,65
2004	1,44	2,76	320	0,51	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	0,38	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
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
Media	1,31	3,95	345	0,51	2,26	553	1,69	3,75	1,86

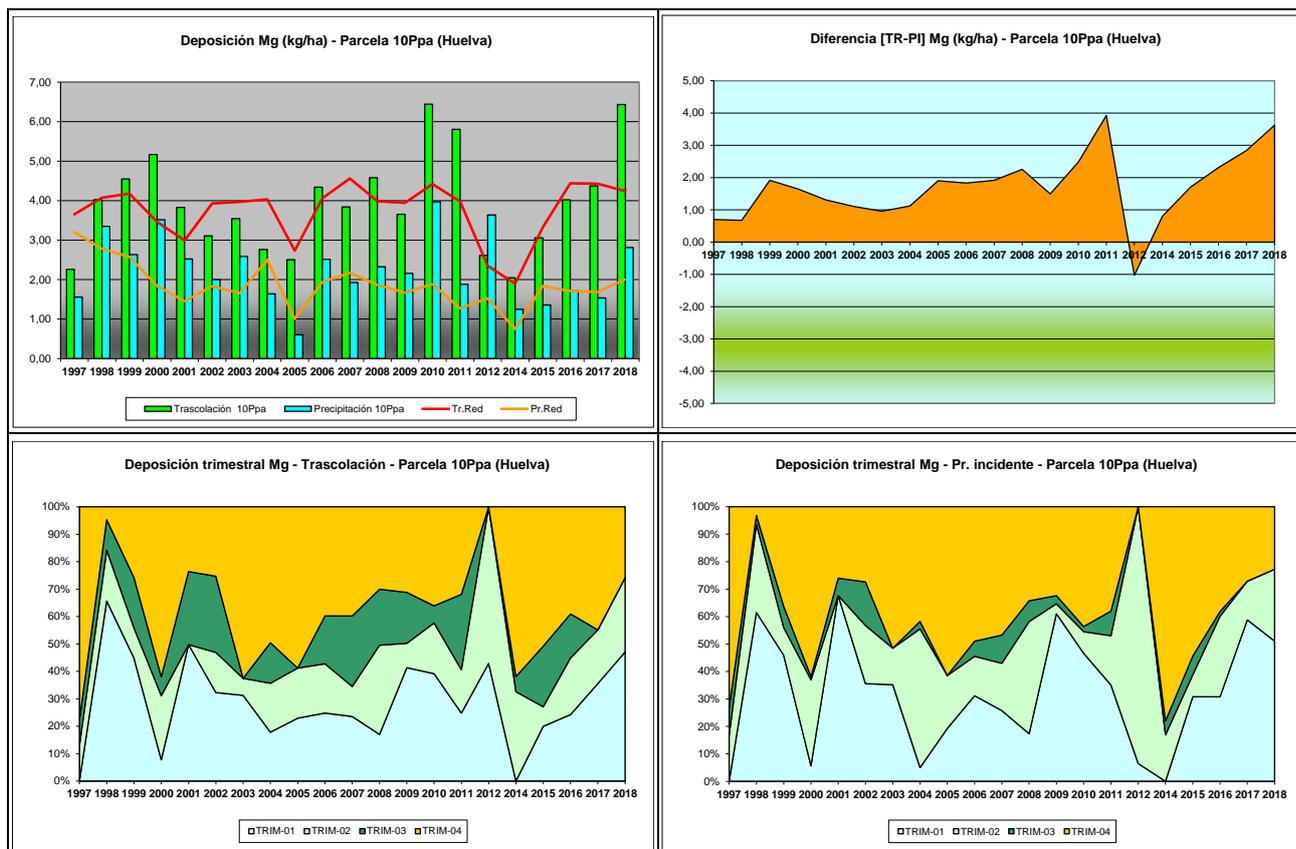


FIG 12: Variación temporal de deposición de Mg, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

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	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	3,59	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	3,97	25,44	643	-0,91	18,12	13,02
2001	4,09	19,66	485	2,78	23,74	869	-4,08	18,38	12,14
2002	7,21	17,51	245	4,57	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	4,84	9,30	320	2,62	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	4,44	21,92	495	2,59	21,92	848	0,00	24,17	16,07
2007	3,68	12,03	329	2,46	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	4,83	15,88	330	3,40	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

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	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
Media	5,09	17,31	345	2,86	15,72	553	1,59	18,44	11,28

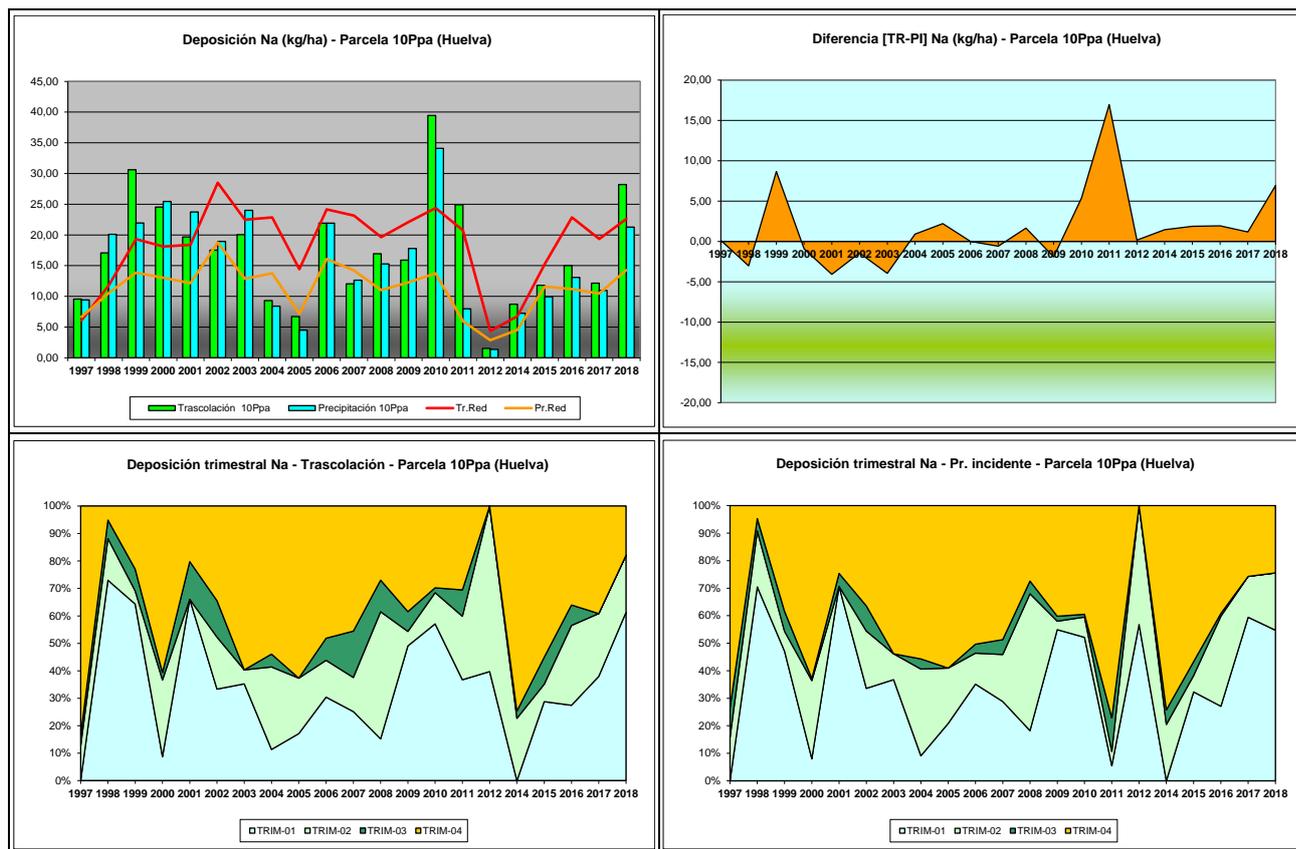


FIG 13: Variación temporal de deposición de Na, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.7. Amonio.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	0,39	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	1,54	9,20	643	-7,90	2,48	4,26
2001	0,23	1,11	485	0,16	1,11	869	0,00	1,86	1,82
2002	0,90	2,20	245	0,17	0,62	423	1,58	2,43	2,91
2003	0,20	1,02	519	0,25	2,19	896	-1,17	3,06	3,10

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)
2004	0,42	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	0,22	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	0,35	1,55	615	-0,21	2,91	2,62
2009	0,32	1,06	330	0,30	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
Media	0,62	1,77	345	0,69	3,11	553	-1,34	3,15	3,49

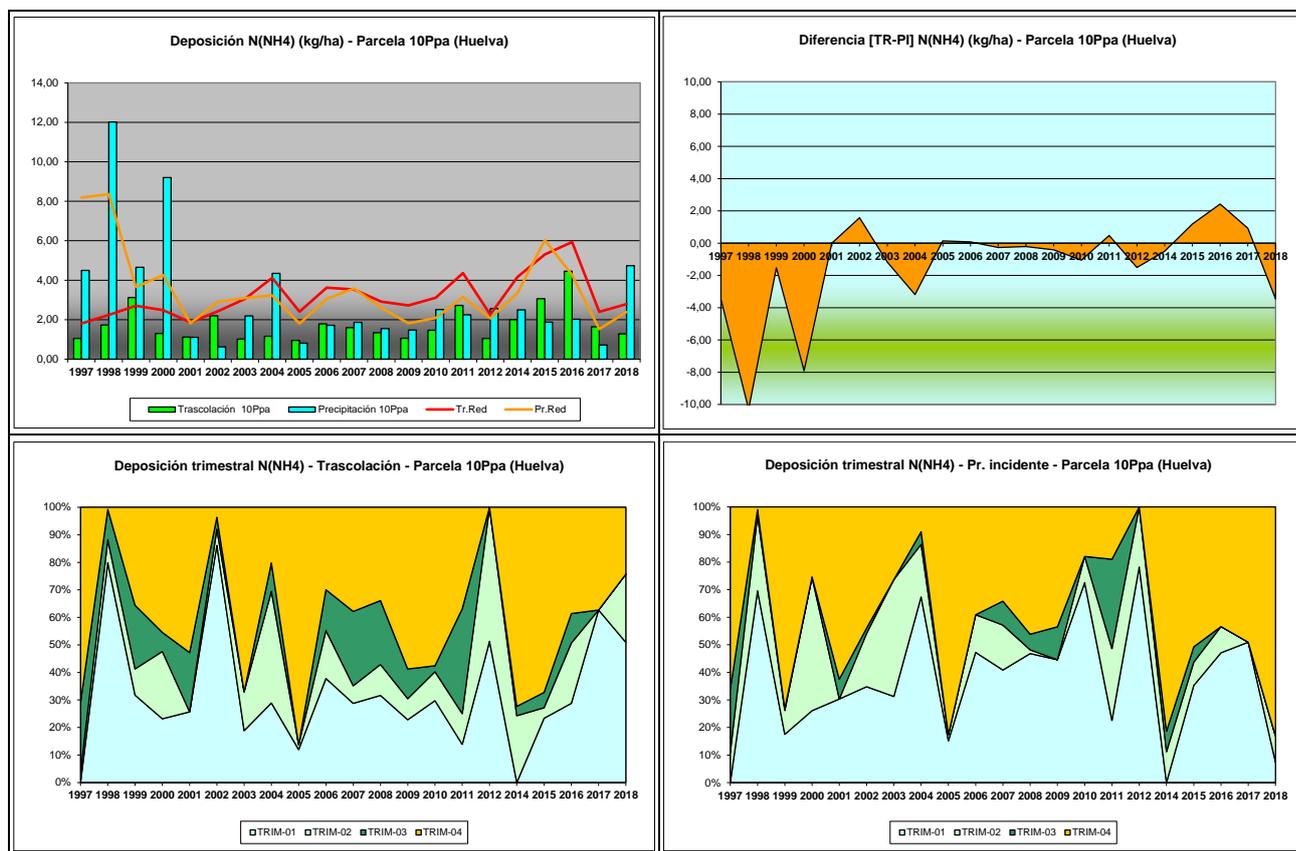
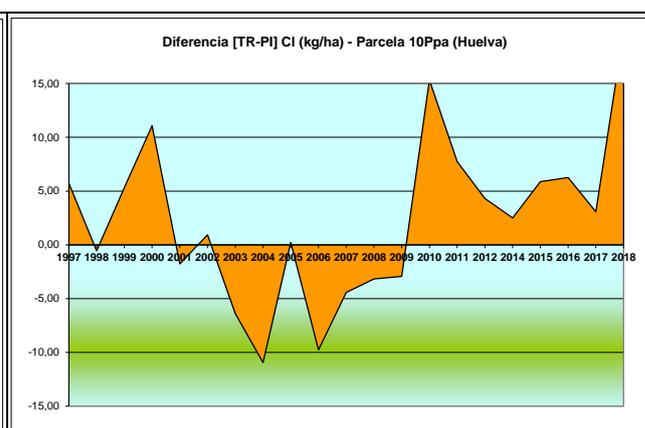
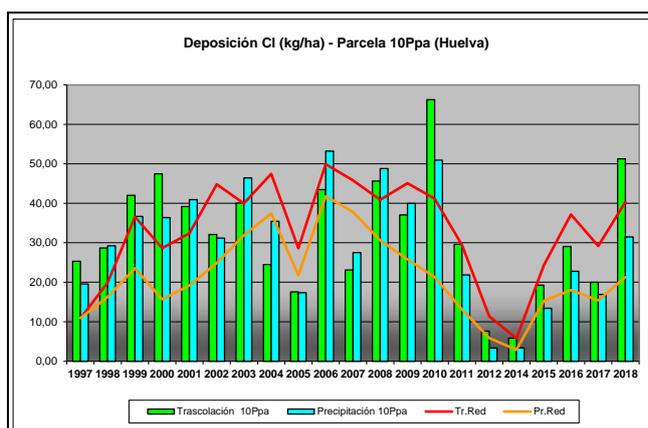


FIG 14: Variación temporal de deposición de amonio, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.8. Cloro.

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

Año	Trascolación (Tr)			Precipitación incidente (Pi)			Difer. TR-PI (kg/ha)	Media Red	
	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)	Med.pd (mg/l)	Depos. (kg/ha)	Precipit. (mm)		Trasc (kg/ha)	P.inc (kg/ha)
1997	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
Media	9,49	32,13	345	5,47	29,84	553	2,29	32,83	21,46



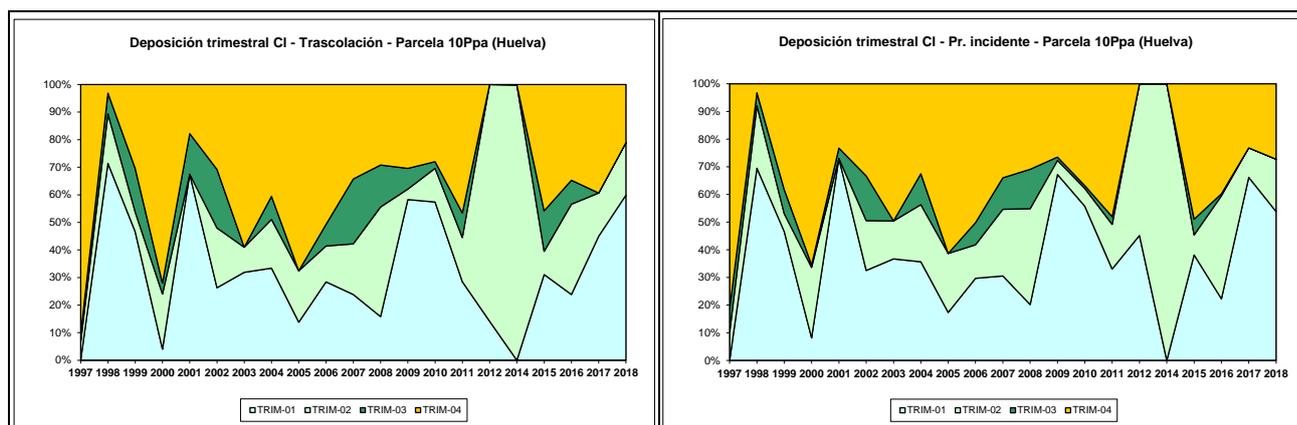


FIG 15: Variación temporal de deposición de Cl, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.9. Nitratos.

TABLA 18: Caracterización Nitratos. 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	0,40	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	0,53	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	1,24	3,54	329	0,33	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	1,63	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
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
Media	0,93	2,75	345	0,35	1,73	553	1,02	4,05	2,41

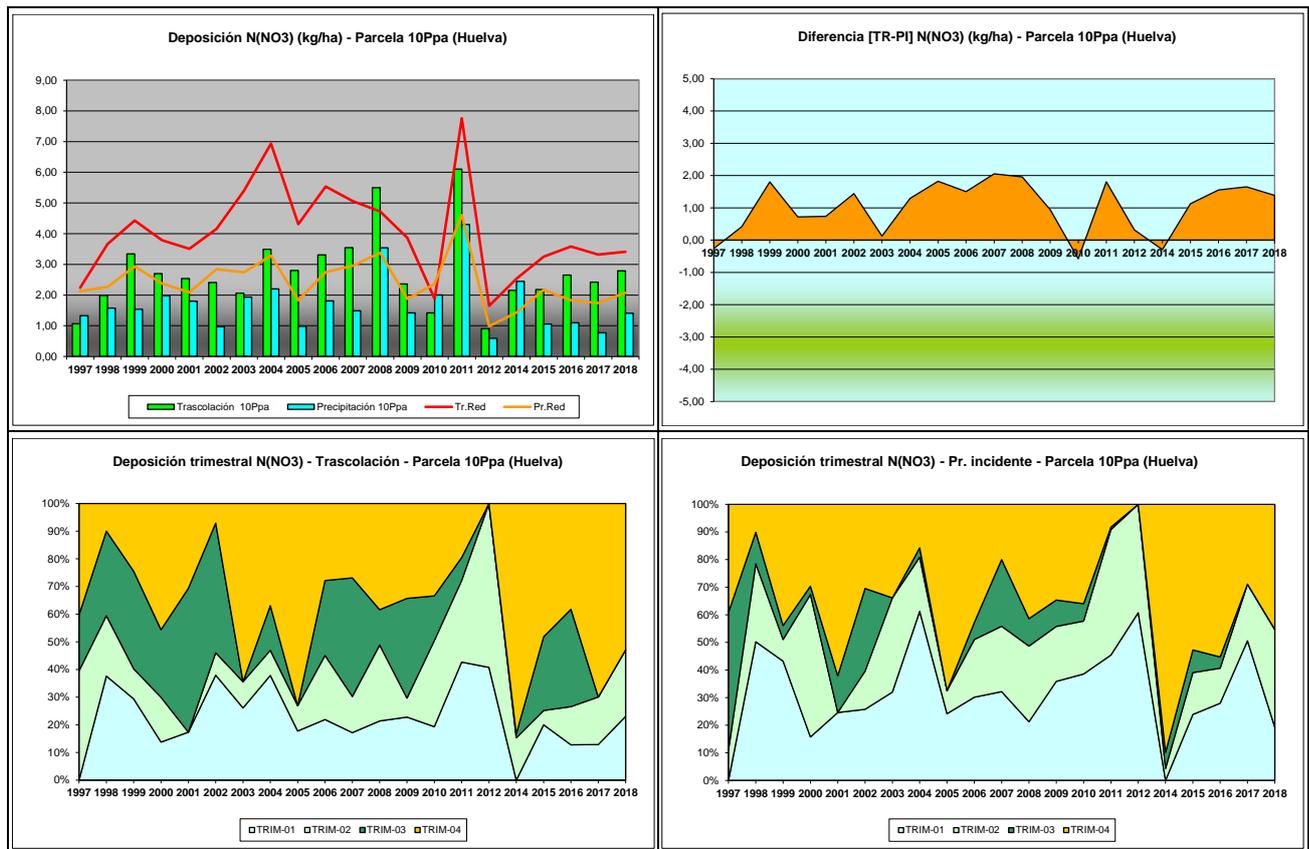


FIG 16: Variación temporal de deposición de nitratos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.10. Sulfatos.

TABLA 19: Caracterización Sulfatos. 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	0,99	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
2001	1,22	5,88	485	0,54	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	1,33	6,56	495	0,57	4,81	848	1,75	6,80	4,69
2007	1,60	4,57	329	0,67	3,01	517	1,55	7,24	5,12
2008	0,61	2,68	437	0,29	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	2,72	10,17	377	1,12	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

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	1,09	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
Media	1,53	4,74	345	0,74	3,76	553	0,99	5,22	3,94

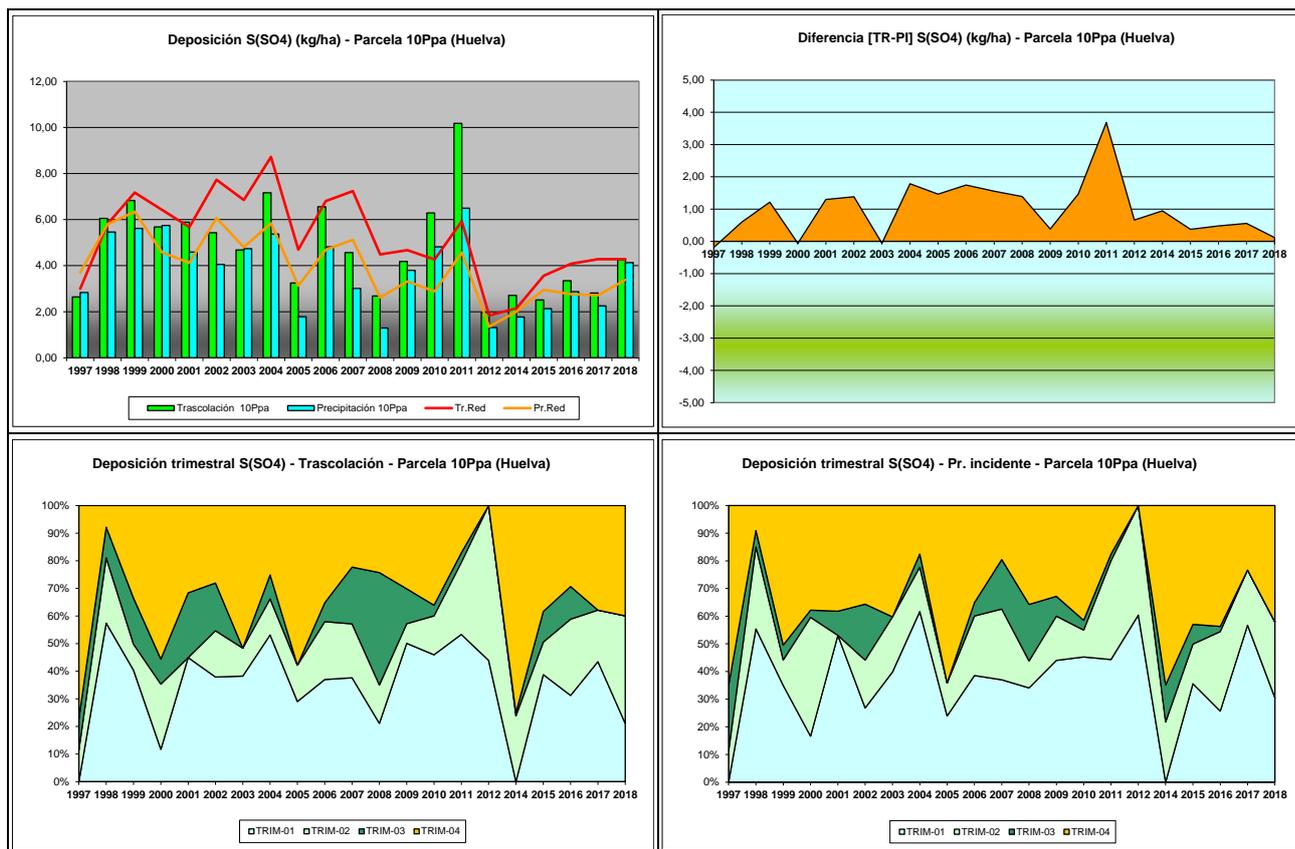


FIG 17: Variación temporal de deposición de sulfatos, diferencia TR-PI, distribución anual de la deposición por trimestres

5.11. 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 una pequeña reducción a lo largo del último año, registrándose algunas precipitaciones ácidas en la precipitación incidente a lo largo del periodo 2006-2009, 2012 y 2017-2018, con mayor frecuencia de precipitaciones ácidas a campo abierto. El valor de la interceptación debida a la cubierta arbórea se sitúa en el 37,09%. En la presente revisión destaca, como en

buena parte de las parcelas de la Red, un incremento de la precipitación, tras la marcada sequía del año anterior, que se sitúa en el entorno de los 700 mm.

Por lo que se refiere a la **conductividad**, se advierten en general valores superiores a los de la media de la red, con un notable incremento a lo largo del último año, posiblemente debido a la cercanía al mar y el consiguiente depósito de electrolitos, registrándose los mayores valores en la trascolación seguramente debido a la influencia de la deposición seca.

En cuanto al **potasio**, presenta también en general valores similares o incluso superiores en trascolación a la media nacional; registrándose los máximos en el periodo 2006-2011, mientras que hay un aporte menor en el bienio 2004-2005. Durante el último año la trascolación ha aumentado considerablemente hasta situarse en cerca de los 25 kg/ha, marcando uno de los máximos de la serie histórica. 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 invierno.

El **calcio** presenta sin embargo tasas inferiores a las medias de la red, registrándose los máximos en el periodo 2004-2008, reduciéndose el aporte bajo cubierta tras el incremento del año anterior e incrementándose sin embargo las tasas a cielo abierto, que resultan ser inferiores a lo largo de los últimos años. Los mayores aportes parecen producirse a lo largo del invierno y otoño, que son también las épocas de mayor precipitación en la zona.

Por lo que respecta al **magnesio**, se han registrado valores comparativamente altos sobre todo en el periodo 2010-2011, e incrementándose notablemente durante el último año, en que se han sobrepasado los valores medios de la Red. Parece darse también una tendencia creciente a lo largo del último tramo de la serie, tras el mínimo local de 2014. Salvo alguna excepción, las tasas obtenidas bajo cubierta resultan ser superiores, posiblemente debido a los efectos de la deposición seca. Los mayores aportes han tendido a producirse a lo largo del otoño.

El **sodio**, elemento procedente en gran parte del aporte de sal marina, experimenta también un incremento considerable durante el último año, situándose en el entorno de 20-25 kg/ha casi doblando las tasas habidas durante el año anterior, y con valores netamente superiores a la media de la Red, fenómeno que no se había observado desde hace varios años. 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.

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; tendencia que se ha interrumpido a lo largo del último año, en el que se ha incrementado considerablemente la deposición a campo abierto, que se sitúa por encima de los 4 kg/ha, superior a la media de la Red. Como en otros compuestos se advierte un mayor aporte a lo largo del otoño-invierno.

Por lo que respecta al **cloro**, muy influenciado también por la influencia de la sal marina, se registran depósitos generalmente superiores a la media de la red, y que tras las bajas tasas registradas en el periodo 2012-2014, experimentan un incremento marcado hasta alcanzar uno de los máximos locales de la serie, superándose los 50 kg/ha en trascolación. El aporte bajo cubierta es, en casi todos los casos, superior al obtenido a cielo abierto.

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. Los depósitos bajo el arbolado son por regla general, superiores a los obtenidos bajo cubierta, debido a los efectos de la deposición seca,

reduciéndose ligeramente respecto al año anterior. Por regla general, los mayores aportes se han producido a lo largo del otoño.

Por último, y en referencia a los **sulfatos**, se advierten unas tasas similares a la media de la red, destacando el repunte experimentado en 2010-2011, cuando han llegado a superarse los 10 kg/ha bajo cubierta, advirtiéndose un nuevo incremento a lo largo del último año hasta situarse en el entorno de los 4 kg/ha. Al igual que en el caso anterior y por idénticos motivos, se registran mayores aportes bajo cubierta que a campo abierto y una ligera disminución con respecto al año precedente.

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 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) y ozono (expresado en ppb).

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

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

TABLA 20: Valores de referencia de calidad del aire mediante dosímetros pasivos

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

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

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

TABLA 21: Inmisión atmosférica. Concentraciones medias anuales de los distintos contaminantes en la parcela y media de la Red. O₃ 1 ppb ~ 1,96 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Año	Parcela				Media Red			
	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)	SO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NO ₂ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	NH ₃ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	O ₃ (ppb)
2000	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

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)
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
Media	2,12	3,08	2,29	29,88	1,41	2,48	1,54	30,75

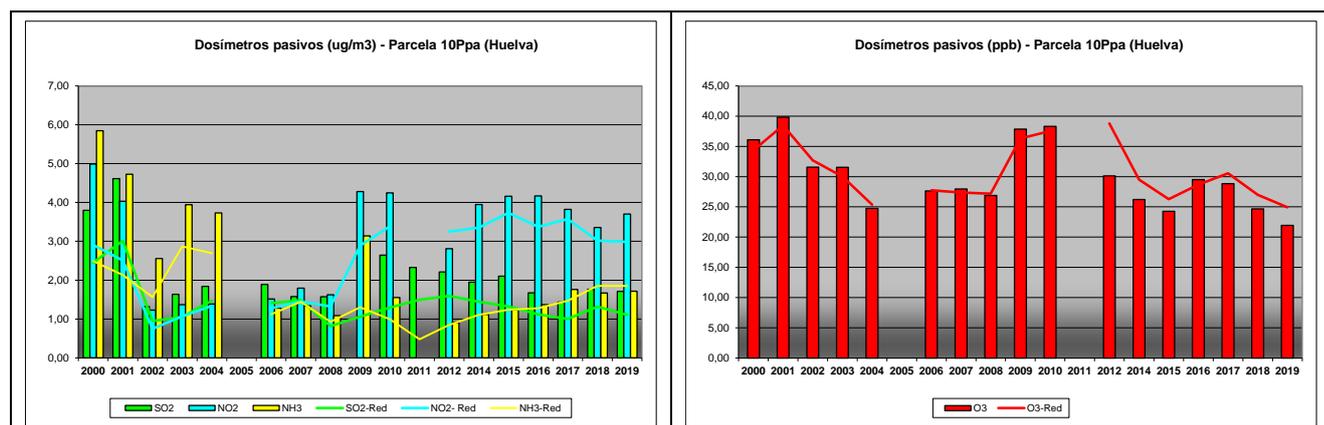


FIG 18: Variación temporal de inmisión por dosímetros

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 ligeramente respecto al muestreo anterior. 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, 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.

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 22: 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
	<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

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 lluvia ácida. 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.

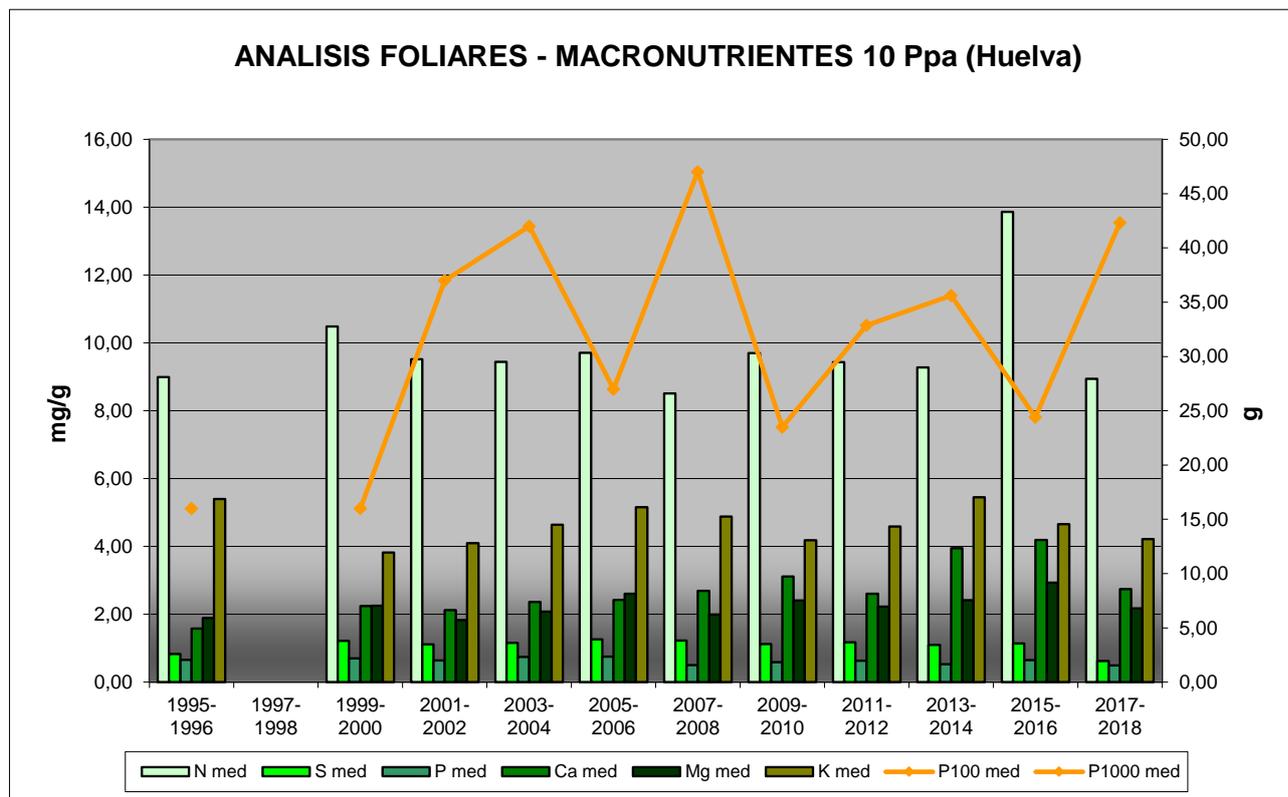


FIG 19: Evolución de macronutrientes (mg/g eje izquierdo) y peso de acículas (g eje derecho) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas.

7.2. Análisis Micronutrientes.

TABLA 23: 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

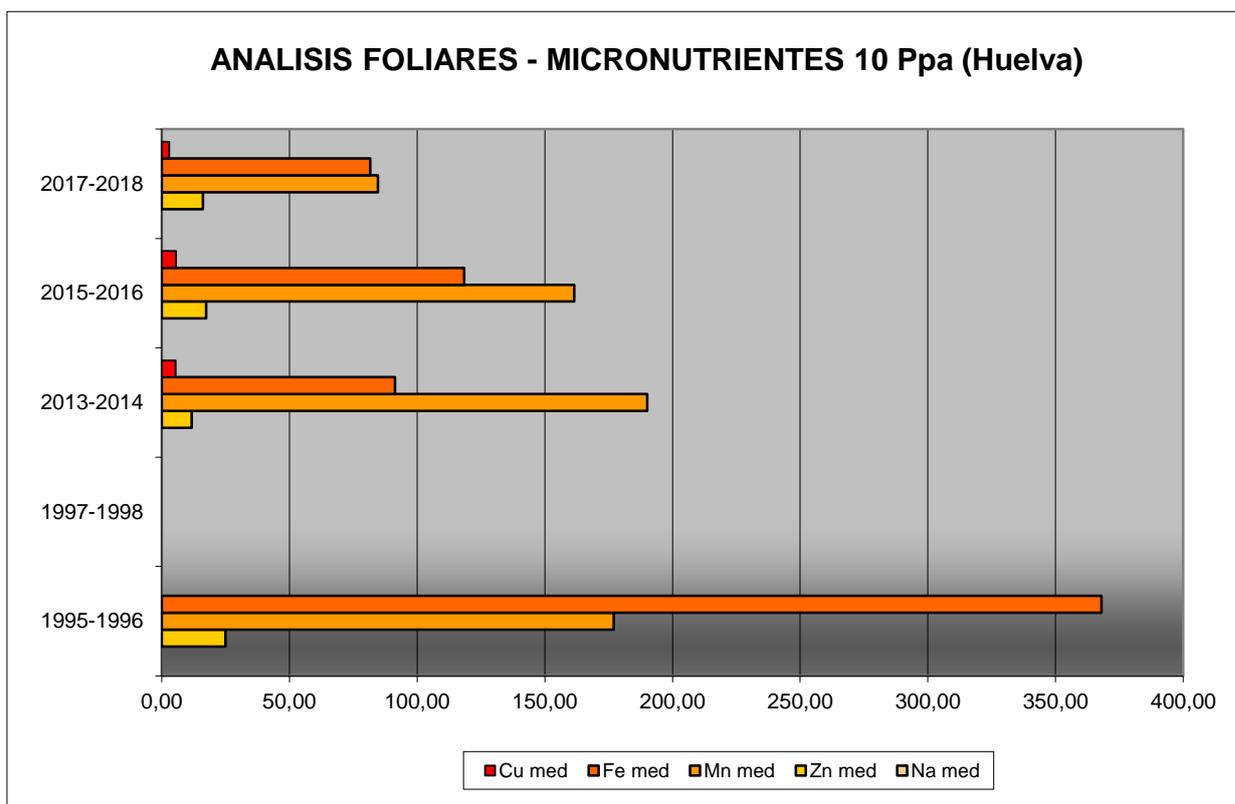


FIG 20: Evolución de micronutrientes (µg/g) en la parcela a lo largo de las sucesivas campañas

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, valor este último al que se aproxima la última muestra tomada desde valores próximos al mínimo de la evaluación precedente, en que las tasas fueron próximas a la mitad.

Respecto a los **macronutrientes**; se advierte una reducción generalizada relacionada quizá con los elevados valores de peso reseñados en el apartado anterior. Por lo que respecta al **nitrógeno**, el elemento más abundante en el follaje, se reduce notablemente hasta alcanzar uno de los valores más bajos de la serie en torno a 9 mg/g. El elemento más limitante por su escasez, el **fósforo** alcanza también el valor más bajo desde que hay registros; lo mismo que ocurre con el **azufre** que 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** presentan también tasas menores pero sin alcanzar el mínimo de las respectivas series. En cuanto al contenido en **carbono** del follaje, evaluado por primera vez en la campaña anterior, se ha situado ligeramente por encima del 50%.

Los *micronutrientes* sólo se han analizado en los muestreos de 1995-1996, 1997-1998 y a partir de 2013-2014 y no siempre se han evaluado todos ellos: sodio no se ha medido en ninguno, cobre sólo en el muestreo de 2013-2014 y zinc, manganeso y hierro en 1997-1998 y 2013-2014. Esta situación conlleva que no se pueda abordar la valoración de la evolución temporal de los nutrientes en acículas. Al igual que en el caso anterior y posiblemente debido a las mismas causas, se han reducido las tasas encontradas en todos los elementos analizados, particularmente por lo que se refiere al manganeso.

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.

TABLA 24: 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
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

Año	Fracción	Peso (kg/ha)	C (%)	N (mg/g)	S (mg/g)	P (mg/g)	Ca (mg/g)	Mg (mg/g)	K (mg/g)
	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							
Media	Hojas	3.402	51,39	5,43	0,97	0,41	4,30	2,41	3,14
	Ramillas	289	53,77	4,80	0,89	0,50	5,92	1,17	1,21
	Otras	1.299	52,10	6,26	0,95	0,46	5,72	1,34	1,83

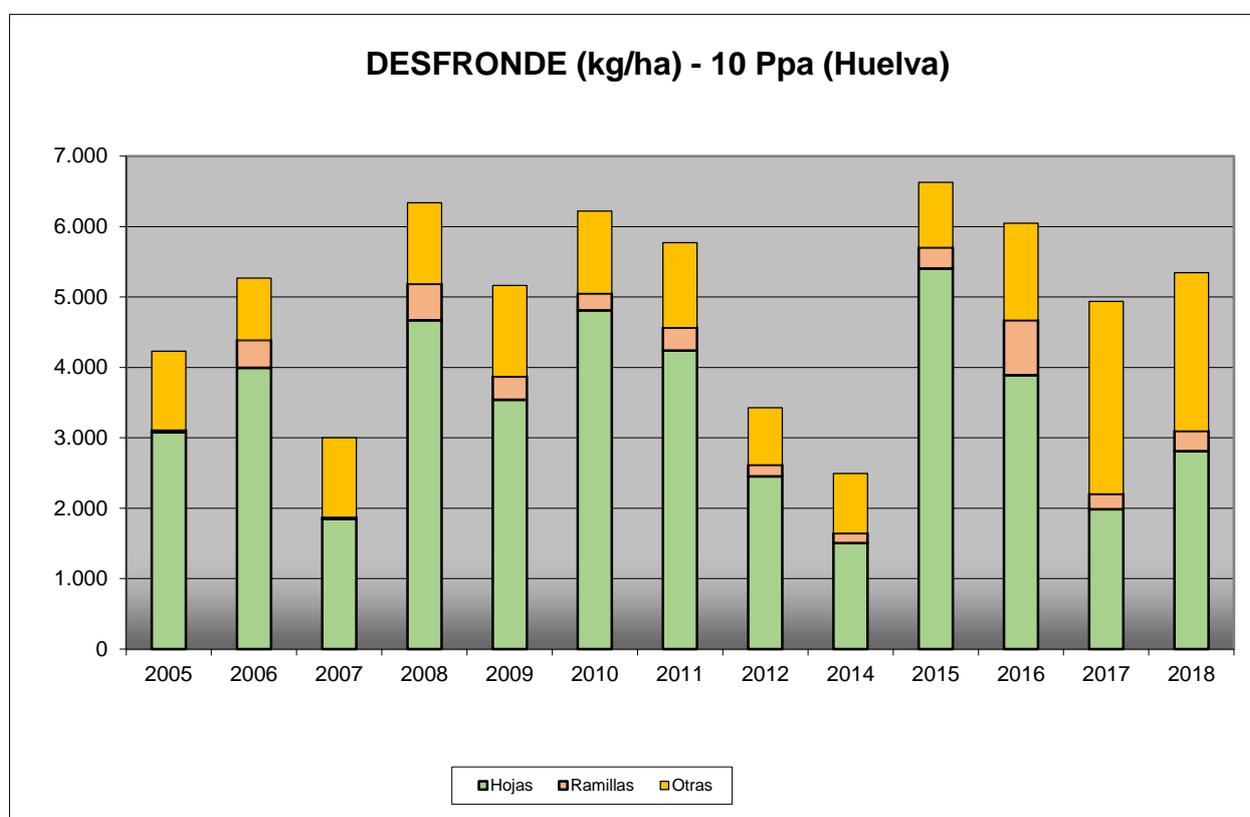


FIG 21: Fracciones de desfronde o litterfall. Serie histórica

Puede verse, con carácter general, cómo el desfronde foliar 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, para reducirse a cerca de 5.000 a lo largo de la última revisión, en la que destacan la gran disminución de las fracciones foliar y leñosa y el incremento de la otra. La aportación de las ramillas es considerablemente menor, con una brusca reducción a lo largo del último año, siempre teniendo en cuenta que hace referencia a las ramillas con diámetro inferior a 2 cm; y que los contenidos en carbono de estos aportes superan el 50% del desfronde total, lo que puede suponer una importante contribución a la fijación de CO₂ atmosférico.

9. Fenología.

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

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

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

Se presentan a continuación y para las fases mencionadas, los valores históricos obtenidos en la parcela 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 25: 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. (°Cdía)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°Cdía)
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

Año	Aparición Hoja/Acícula \geq 50% Población					Floración \geq 50% Población				
	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)	Fecha Inicio	Fecha Final	Durac.	Días desde 01/01	Temp. Acum. (°C día)
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
Media			75	120	1557			39	111	1399

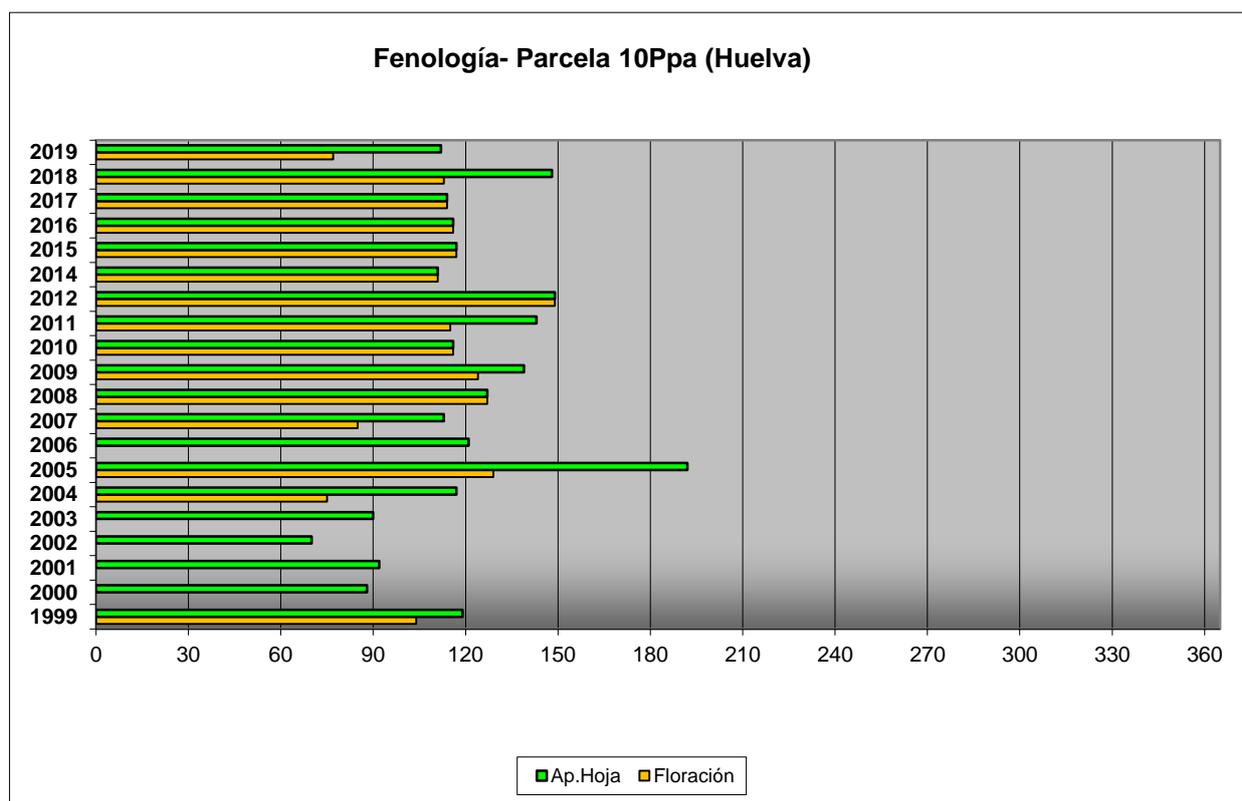


FIG 22: Fases fenológicas. Días desde 1 de enero hasta comienzo de fase.

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 ha observado mayor precocidad, sobre todo por lo que se refiere a la floración.



FIG 23: 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 26: 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

AÑO	Crecimiento medio (cm)	Crecimiento medio (%)	Oscilación media (cm)	Oscilación media (%)
2018	0,41	1,39	0,41	1,33
2019	0,18	0,62	0,18	0,22
Media	0,25	0,90	0,25	0,69

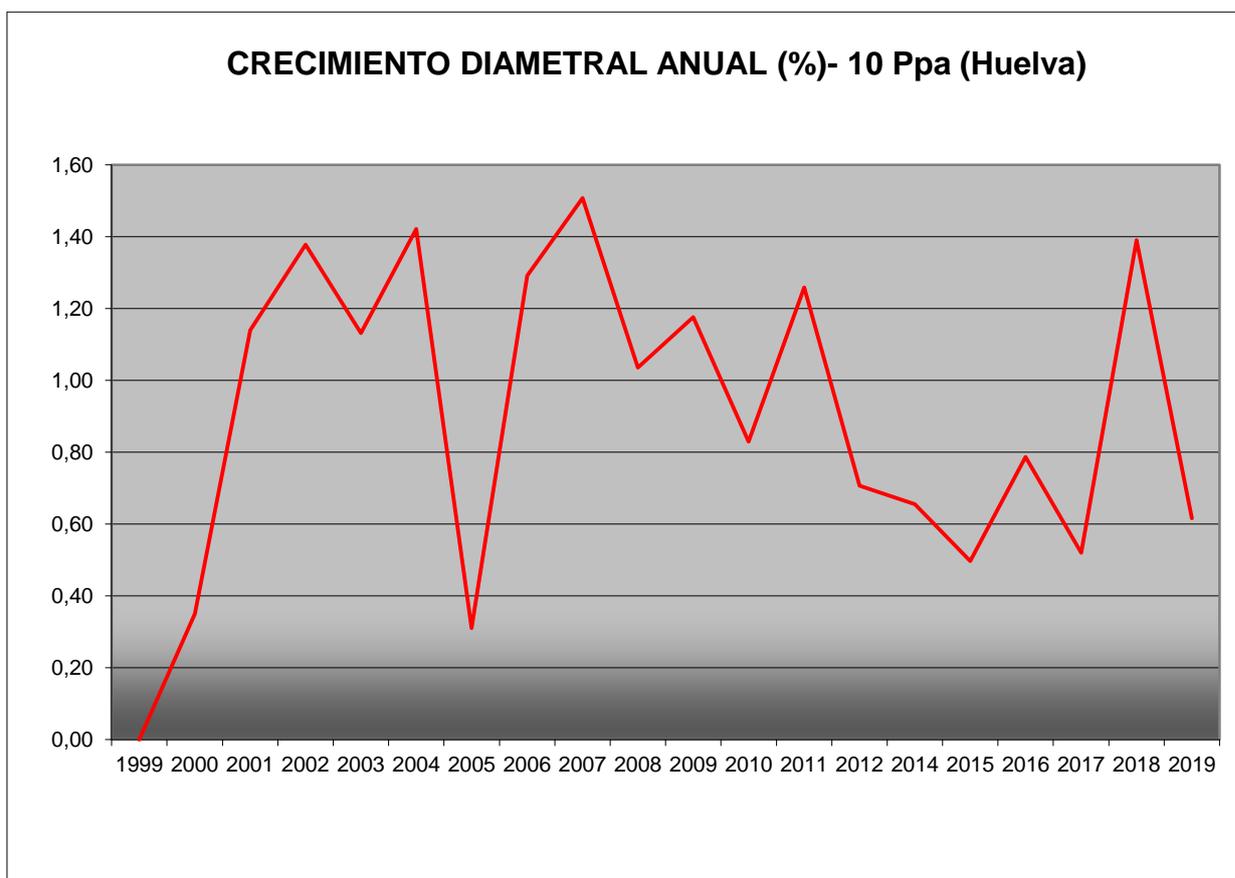


FIG 24: Crecimiento diametral anual. Porcentaje sobre el inicio.

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 una reducción del parámetro a lo largo del último año.

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 27: 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									
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
Media	536	16,8	38,4	-2,6	23,0	10,4	236,3	70,2	3,3	28,2

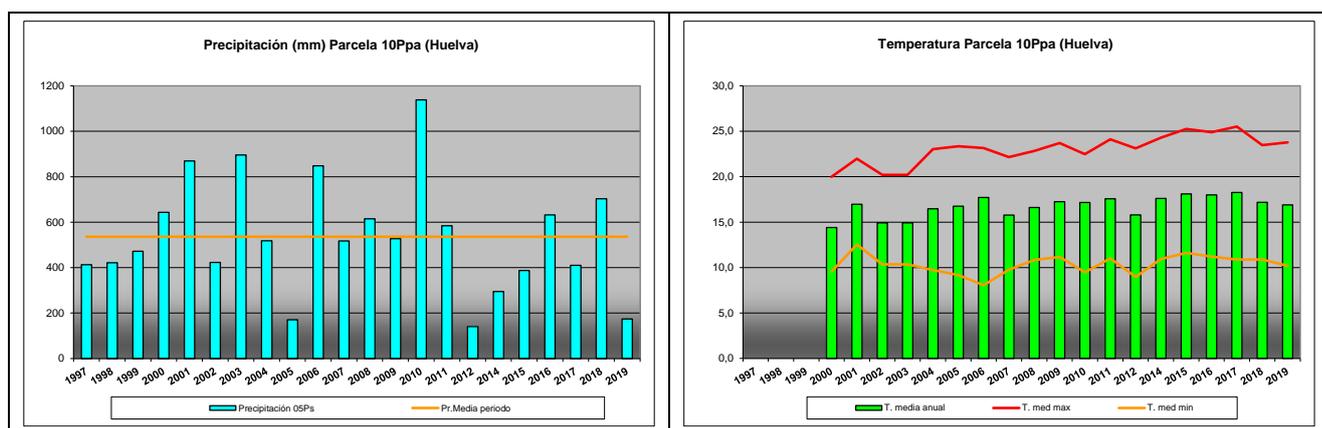


FIG 25: Principales variables meteorológicas.

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 28: 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	PMA5		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

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

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Media
S-01	1,88	1,02	1,82	1,86	2,13	1,66	1,73
S-02	1,67	0,90	1,70	1,62	2,05	1,50	1,57
S-03	1,82	1,00	1,83	2,01	1,90	1,37	1,66
S-04	1,72	0,92	1,62	1,92	1,63	1,65	1,58
S-05	1,63	0,90	1,63	1,78	2,00	1,57	1,59
S-06	1,97	1,10	1,97	1,97	1,79	1,69	1,75
S-07	1,86	1,01	1,91	1,75	1,97	1,85	1,73

SITIO	2014	2015	2016	2017	2018	2019	Media
S-08	1,82	0,95	1,96	1,67	2,04	1,38	1,64
S-09	1,60	0,93	1,82	1,92	1,93	1,76	1,66
S-10	1,69	0,98	1,71	1,76	2,07	1,88	1,68
S-11	1,58	0,99	1,69	2,10	2,12	1,77	1,71
S-12	1,69	1,01	1,61	1,73	1,91	1,68	1,61
S-13	1,72	1,10	1,80	2,08	1,98	1,64	1,72
S-14	1,73	1,05	1,78	2,14	2,19	1,98	1,81
S-15	1,68	1,19	1,87	1,92	2,68	1,82	1,86
S-16	1,74	1,19	1,77	2,07	1,93	2,10	1,80
Media	1,74	1,02	1,78	1,89	2,02	1,71	1,69

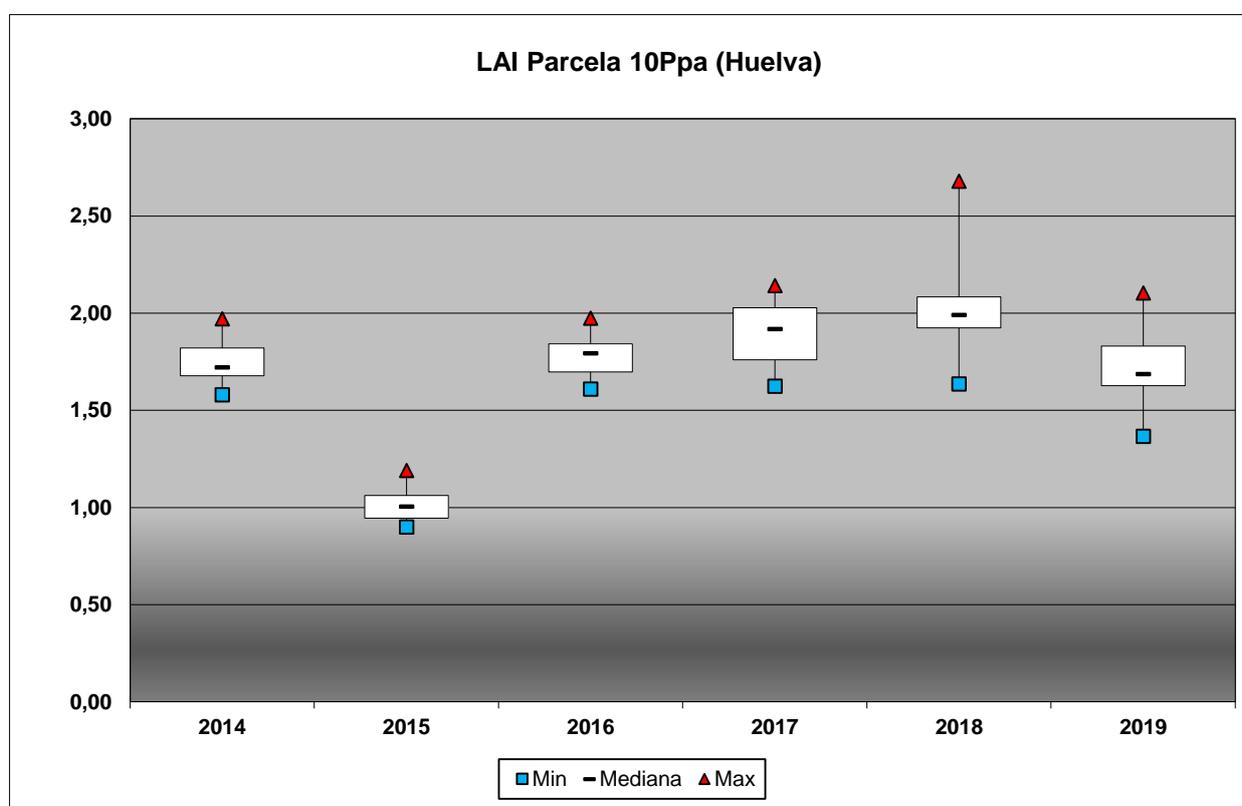


FIG 26: Diagrama de cajas LAI anual.

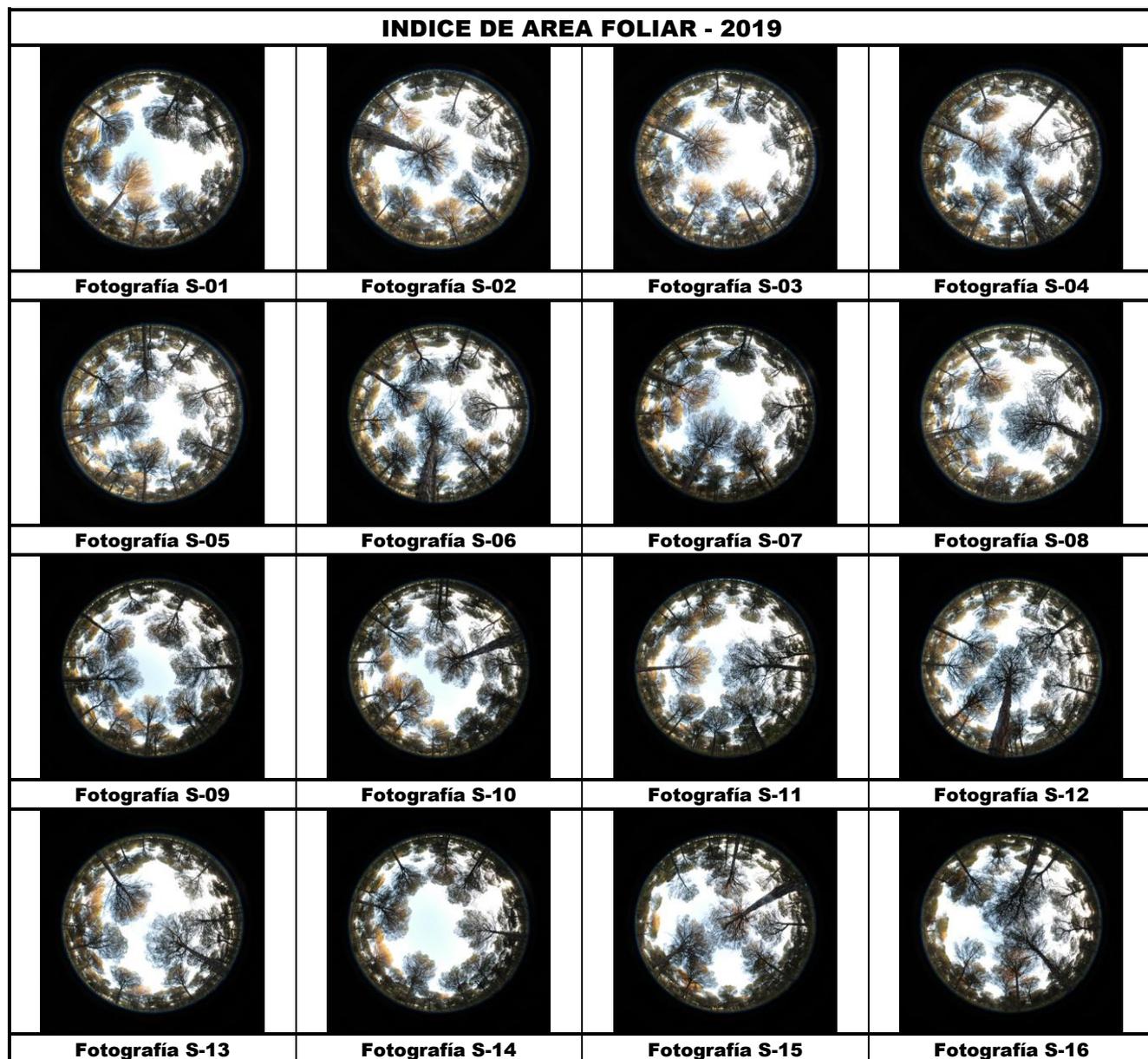


FIG 27: Fotos hemisféricas para determinación del Índice de Área Foliar.