

PARCELA 30 *Pinus sylvestris*



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 30 de *Pinus sylvestris* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Soria
Término Municipal: Soria
Paraje: El Morico
Coordenadas (GPS)
Latitud: +41°53'00''
Longitud: -02°53'00''
Altitud: 1100 m s.n.m.
Orientación: Llana
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de Pino silvestre en estado fustal.

Especie principal: *Pinus sylvestris*
Edad media: 81-100 años
Nº árboles de la especie principal: 120
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Areniscas y conglomerados
Edafología: Arenosol háplico/gleysol dístrico

VEGETACIÓN

Estrato arbóreo monoespecífico de *Pinus sylvestris*. Estrato arbustivo formado por corros de *Calluna vulgaris* y *Erica vagans*. El pasto y los musgos ocupan un 30%, excepto en la zona central que ocupa el 80%.

2. METEOROLOGÍA

El parámetro meteorológico que más sobresale y que ha marcado las pautas de comportamiento en la parcela es la precipitación, en la que tenemos unas diferencias notables entre el año 2005 con 434 mm de precipitación y el año 2008 con 942 mm.

Las temperaturas han sido muy acordes con la situación de la parcela, sólo reseñar las temperaturas máxima y mínima del año 2005 mucho más extremas (Tabla 2.1).

Los demás parámetros han estado en los mismos rangos durante estos cuatro años, destacando sólo la mínima absoluta de -24.9 en el 2005.

Año	V viento med	V viento máx	D viento med	T ^a med	T ^a máx	T ^a mín	T ^a med máx	T ^a med min	HR (%)	Rad med	Precip. (mm)
2005	1,5	24,2	199,6	8,0	35,0	-24,9	16,9	-0,9	67,2	190,6	434
2006	3,1	16,8	205,6	6,2	34,2	-16,5	14,0	-0,7	77,1	155,3	816
2007	1,8	24,2	202,1	7,8	34,6	-17,7	16,2	-0,3	73,0	190,6	663
2008	2,8	35,1	202,2	7,7	33,3	-22,0	16,0	-0,2	70,0	190,1	942
2009	1,5	27,6	181,2	7,8	34,8	-19,0	16,5	-1,0	70,8	182,4	581

Tabla 2.1: Parámetros medios y máximo (m/s) y dirección (en grados) de viento, temperatura (°C) medias, máximas, mínimas, medias máximas y medias mínimas, humedad relativa, radiación (Wat/m²) y precipitación anual durante los cuatro años de estudio.

3. FENOLOGÍA

En las series fenológicas de los diferentes procesos en la parcela 30Ps se puede observar:

- Aparición de la acícula: En el año 2005 el periodo de aparición de la acícula se adelantó tanto en su comienzo como en su finalización pero las acículas fueron más pequeñas que otros años, en el año 2007 la aparición de la hoja se retrasó hasta julio debido a escasez de lluvias primaverales, pero no afectó al desarrollo normal de la acícula (Figura 3.1).
- Caída de la hoja: Este proceso fenológico ha llevado un desarrollo general muy igual en los años 2006 y 2007, salvo una caída fuerte en noviembre del 2006, debida a fuertes vientos y nieve. En el año 2005 la caída de la acícula se ha producido con valores medios durante un periodo mucho mayor, en el año 2008 la caída de la hoja se incrementa casi todo el año y llega a valores elevados a finales del 2009.
- Decoloración: La decoloración ha sido pequeña en el 2005 y va unida a la caída de la acícula, a partir del 2007 esta variable aumenta hasta valores de 33 al 66% de la copa afectada y se mantiene en el 2008 entre valores 2 a 3, decoloración asociada a una posterior caída de la acícula.
- N° de años de acículas en el árbol: En el año 2005 llega a 4 antes de la caída del 2005; en el año 2007 el número de medidas baja a 2, con la caída de la acícula más antigua; en los años 2008 y 2009, los árboles vuelven a tener los valores de 3 años.
- Floración y fructificación: No hay nada reseñable en este apartado.

Parcela 30 Ps Principales fases fenológicas 2005-2008

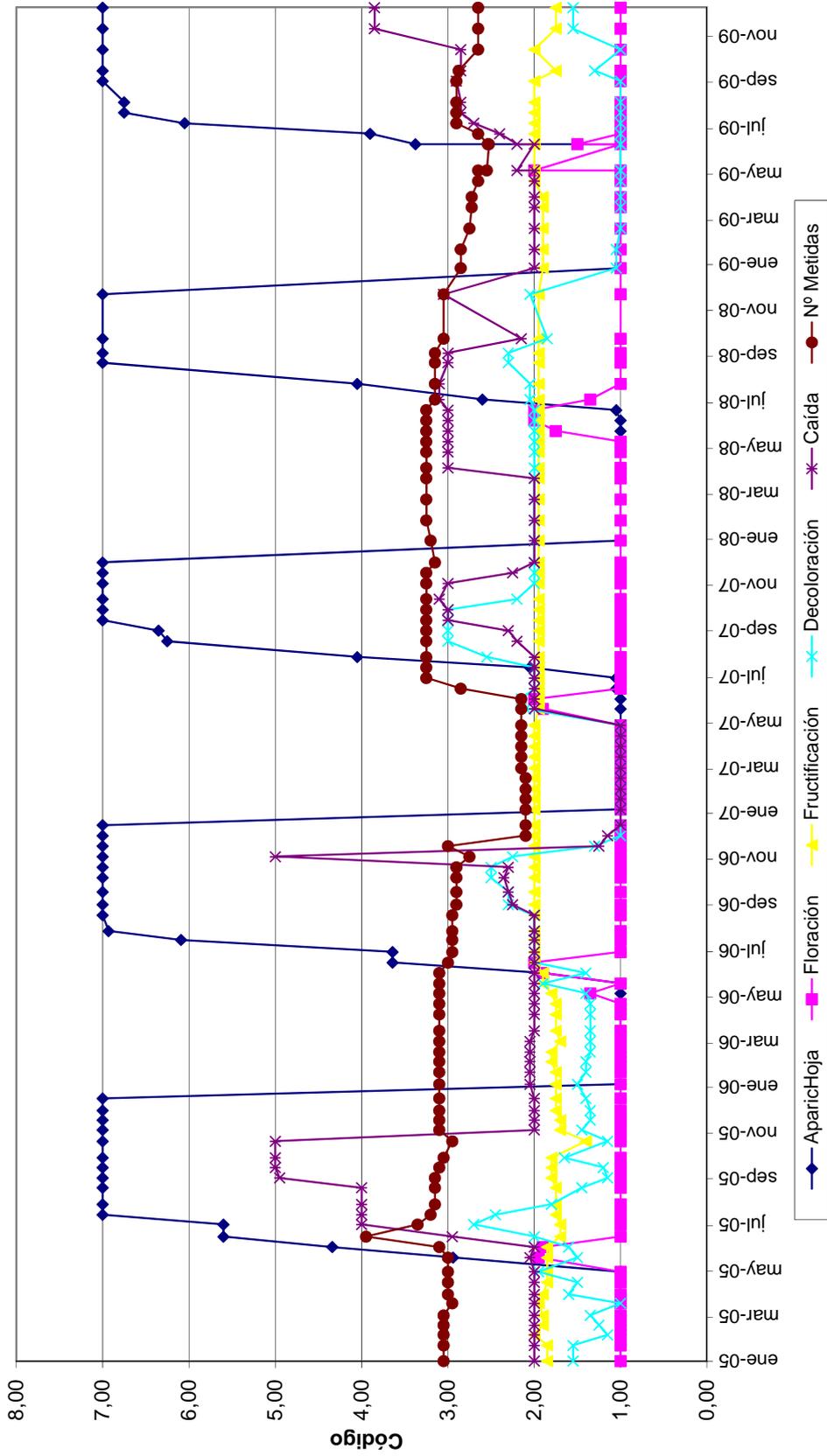


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 30Ps han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2008:

- *Viscum album*: Se observan sobre bastantes pies de la parcela matas de esta epífita en ramas y tronco, siendo su presencia en ocasiones moderada.
- *Tomicus sp.*: Aparecen todos los años en muy poca intensidad ramillos secos en la parte superior de las copas.
- *Cronartium flaccidum*: Se observan en algún pie de la parcela pequeños chancros en ramas y tronco. Este daño, en un caso, ha llegado a secar la parte superior de la copa de un pie de la parcela.

4. CRECIMIENTOS

Los árboles de la parcela 30Ps son pies adultos de *Pinus sylvestris*, por lo que sus crecimientos son pequeños y nulos en los años 2008 y 2009 (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	29,58	17,16	72,00	
2006	29,88	17,25	72,87	1,20
2007	30,48	17,41	73,34	0,65
2008	30,48	17,41	73,34	0,00
2009	30,48	17,41	73,34	0,00

Tabla 4.1: Diámetro medio, altura media, volumen medio y porcentaje de crecimiento respecto del año anterior durante los cinco años de estudio.

Las cintas diamétricas no han detectado grandes ni significativos crecimientos en estos cuatros años, si se pueden observar los pequeños incrementos mayores en la última mitad del año 2007 y en el 2008 (Figura 4.2).

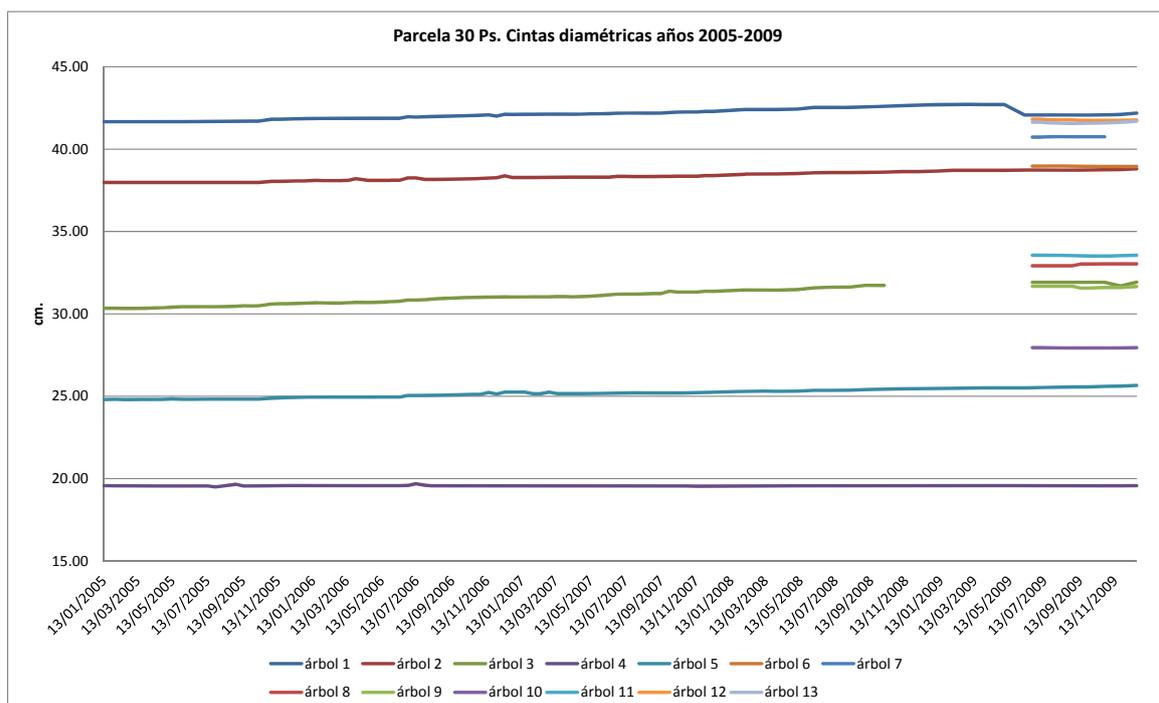


Figura 4.2: Evolución del crecimiento (cm) de los árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 30 de *Pinus sylvestris* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 3600 kg·ha⁻¹ en el desfronde total (Figura 5.1). Durante los cuatro años de estudio anteriores, las producciones han oscilado entre 3000 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2006 y 4570 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2007.

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...), con valores anuales del 47% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción hojas con un 41%, y de la fracción ramas, con un 12% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de las diferentes fracciones han sido ligeramente inferiores en la fracción hojas, respecto al promedio de años anteriores, con un 49%. Destacar la relevancia que adquiere la fracción otros en esta parcela, donde los aportes de estos al suelo son mayores que en la fracción hojas.

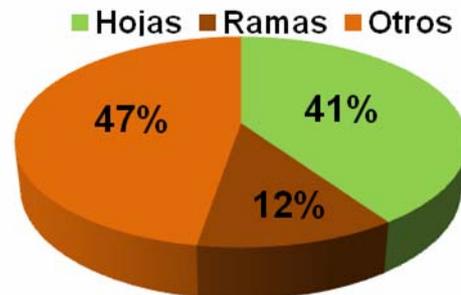
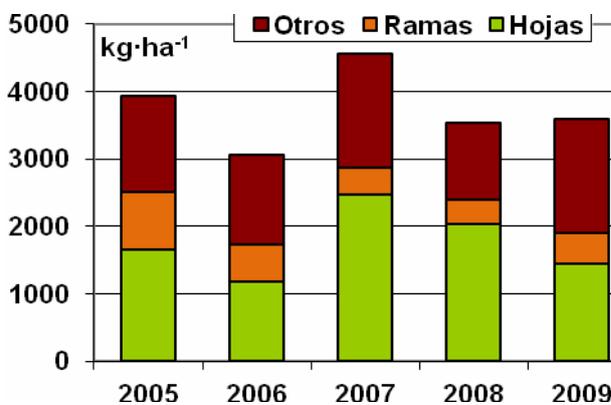


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

Figura 5.2: Distribución del porcentaje anual de las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) respecto del desfronde anual total en el año 2009.

En el estudio de la evolución mensual del desfronde durante el año 2009 (Figura 5.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido a los meses comprendidos entre julio y agosto, adelantándose este año la caída principal en un mes respecto de la media de años anteriores de estudio; los aportes máximos han correspondido al mes de julio con un total de 732 kg·ha⁻¹·mes⁻¹ y agosto 604 kg·ha⁻¹·mes⁻¹.

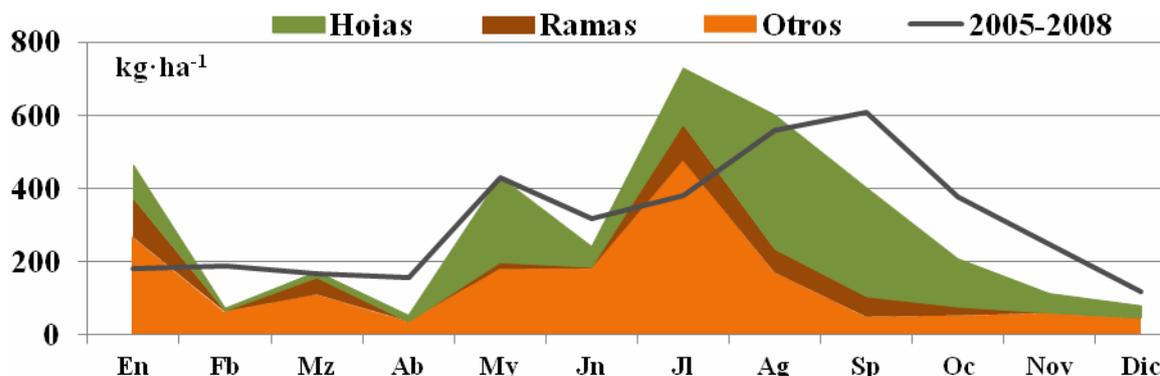


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-

ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

Los rangos de valores máximos en la fracción hoja se han encontrado principalmente entre agosto y septiembre, con valores de 478 y 298 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$, respectivamente.

La fracción otros ha alcanzado máximos en julio, con 367 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, superando a los contenidos de desfronde en hojas, con 154 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$. Valores altos se han encontrado mayoritariamente entre los meses de enero y junio. La fracción ramas ha presentado unos máximos aportes al suelo los meses de enero y julio, con una media de 100 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$.

En la Tabla 5.1 se puede observar los contenidos mensuales de Carbono y macronutrientes (nitrógeno, azufre, fósforo, calcio y magnesio), de cada una de las tres fracciones obtenidos a lo largo del año 2009.

30Ps	Fracción	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	54.53	9.11	1.01	0.70	6.13	0.87	3.65
	Otros	53.82	5.06	0.82	0.31	7.53	0.43	0.84
	Ramas	54.44	4.55	0.82	0.32	5.53	0.55	1.82
Febrero	Hojas	54.53	9.11	1.01	0.70	6.13	0.87	3.65
	Otros	54.41	13.29	1.41	1.18	4.72	0.71	1.40
	Ramas	54.40	4.98	1.04	0.21	4.60	0.43	0.76
Marzo	Hojas	54.53	9.11	1.01	0.70	6.13	0.87	3.65
	Otros	54.57	19.81	1.81	2.31	3.70	1.11	2.39
	Ramas	54.40	4.98	1.04	0.21	4.60	0.43	0.76
Abril	Hojas	54.53	9.11	1.01	0.70	6.13	0.87	3.65
	Otros	53.59	12.40	1.70	1.12	5.70	0.68	2.06
	Ramas	54.40	4.98	1.04	0.21	4.60	0.43	0.76
Mayo	Hojas	54.36	7.31	1.12	0.51	8.18	1.09	2.32
	Otros	53.40	6.51	0.82	0.58	4.90	0.50	1.77
	Ramas	54.40	4.98	1.04	0.21	4.60	0.43	0.76
Junio	Hojas	53.97	4.46	1.10	0.30	6.97	0.94	2.53
	Otros	53.76	8.68	1.08	0.62	4.65	0.75	3.49
	Ramas	54.40	4.98	1.04	0.21	4.60	0.43	0.76
Julio	Hojas	54.20	5.03	1.19	0.27	5.61	0.84	3.02
	Otros	53.64	6.59	0.83	0.39	6.19	0.45	2.09
	Ramas	53.57	4.17	0.50	0.19	4.40	0.42	0.79
Agosto	Hojas	53.44	3.07	0.58	0.17	7.80	0.87	2.74
	Otros	53.75	5.90	0.79	0.39	4.08	0.40	1.53
	Ramas	52.49	2.37	0.30	0.09	2.00	0.15	0.31
Septiembre	Hojas	54.51	2.99	0.71	0.15	7.42	0.78	2.47
	Otros	53.25	5.03	0.72	0.31	5.84	0.31	1.13
	Ramas	53.99	2.40	0.64	0.13	3.81	0.42	0.73
Octubre	Hojas	54.38	3.81	1.21	0.14	7.34	0.76	1.89
	Otros	53.25	5.03	0.72	0.31	5.84	0.31	1.13
	Ramas	53.99	2.40	0.64	0.13	3.81	0.42	0.73
Noviembre	Hojas	54.03	4.29	1.27	0.19	8.67	0.85	1.61
	Otros	53.38	3.84	0.71	0.26	5.74	0.42	2.19
	Ramas	53.99	2.40	0.64	0.13	3.81	0.42	0.73
Diciembre	Hojas	54.03	4.29	1.27	0.19	8.67	0.85	1.61
	Otros	53.38	3.84	0.71	0.26	5.74	0.42	2.19
	Ramas	53.99	2.40	0.64	0.13	3.81	0.42	0.73

Tabla 5.1: Contenidos mensuales de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$ a 105°C)

de las fracciones de desfronde (hojas-ramas-otros) en la parcela 30Ps durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 54.25 ± 0.34 , 53.68 ± 0.43 y 54.04 ± 0.56 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de 5.97 ± 2.56 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con concentraciones superiores en los meses de enero a abril (9.11 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y mínimos en septiembre (2.99 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$). En esta misma fracción, también se ha encontrado similar tendencia en los contenidos de fósforo y magnesio, con concentraciones medias de 0.39 ± 0.24 y 0.87 ± 0.08 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente. Concentraciones foliares superiores en los meses de otoño se han encontrado en calcio y azufre con 7.10 ± 1.08 y 1.04 ± 0.21 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de media anual, respectivamente.

En la fracción otros, entre febrero y abril se han obtenido concentraciones superiores al resto del año de nitrógeno, azufre, fósforo y magnesio (19.81 , 1.81 , 2.31 y 1.11 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente).

En la fracción ramas, los contenidos medios más elevados respecto a las fracciones de estudio, han sido de nitrógeno y calcio, con concentraciones medias a lo largo del año de 3.80 ± 1.26 y 4.18 ± 0.85 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente.

En total, la parcela 30Ps ha aportado 1944 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; años anteriores, los rangos de variación habían oscilado entre 40 y 76 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en los años de estudio.

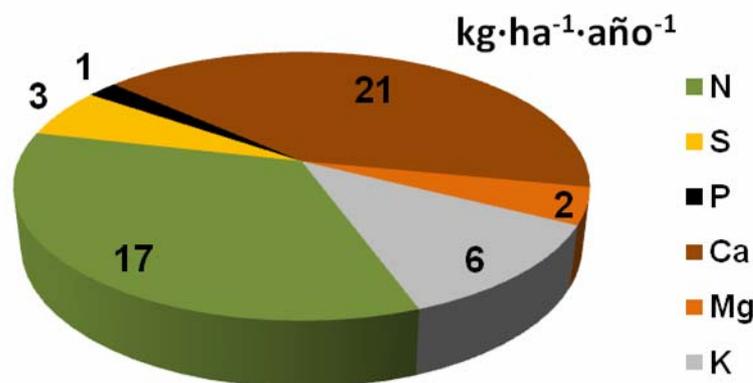


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 30Ps.

Los mayores aportes al suelo han sido de calcio, con 21 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en el desfronde total, seguido de nitrógeno, 17 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y de potasio, 6 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 5.3).

6. NUTRICIÓN FOLIAR

Los resultados del peso de 1000 acículas y los contenidos foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio), así como el contenido de carbono en las acículas de la especie *Pinus sylvestris* en el periodo de muestreo 2009-2010 se resumen en la Tabla 6.1.

Los datos que se presentan corresponden a los análisis de las acículas del año en curso y las del año anterior, procedentes de ramillos muestreados en noviembre del año 2009. Los análisis se han realizado con una muestra mezcla de cinco árboles muestreados dentro de la parcela.

Año brote	Peso 1000 acículas (g)	C	N	S	P	Ca	Mg	K
					mg.g ⁻¹			
2008	14.91	53.79	12.24	1.21	0.98	4.69	1.15	5.47
2009	10.21	53.42	12.21	1.24	1.20	2.59	1.19	5.91

Tabla 6.1: Contenidos foliares (mg.g⁻¹) de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

El orden en que se presentan los nutrientes según su contenido en las acículas del año en curso es el siguiente: N>K>Ca>S>Mg>P, el mismo que presenta las hojas del brote del año anterior, a excepción del Mg cuyo contenido es ligeramente inferior al contenido de P.

Los contenidos de N, S y Mg son muy similares en las acículas de los dos años muestreados mientras que el contenido de Ca es más elevado en las acículas del brote del año anterior, lo que indica una acumulación de un nutriente poco móvil como el Ca frente a nutrientes de mayor movilidad como el P y K, los cuales se van a movilizar durante el proceso de retraslocación, disminuyendo por lo tanto sus contenidos en las acículas del año anterior. El contenido de C es muy similar en ambos brotes.

Las acículas correspondientes al brote del año 2008 presentan mayor desarrollo de la masa foliar que las del año 2009 lo que refleja la influencia de la pluviosidad ya que en el año 2008 la precipitación total anual en esta parcela ha sido más elevada (942 mm) (informe 2005-2008) que la precipitación total en el año 2009 (581 mm).

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes de la especie *P.sylvestris* en la parcela de estudio, se representan los resultados obtenidos desde el año 2004 hasta el año 2009 (Figuras 6.1 y 6.2).

Si observamos la variación del contenido foliar de C y del peso de 1000 acículas en estos años de estudio (Figura 6.1), el peso de 1000 acículas en el año 2009 desciende respecto a los años anteriores presentando este año uno de los valores medios más bajo junto con el valor medio presentado en acículas correspondientes al año 2005 (7.60 g). Este resultado coincide con el hecho de que el año 2005 y el año 2009 son los años que presentan la precipitación total anual más baja: 434 y 581 mm respectivamente (informe 2005-2008) lo que parece haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

El contenido foliar de C en el año 2009 es muy similar al presentado en las acículas de los últimos tres años de muestreo, correspondiendo a las acículas del brote del año 2005 el contenido de carbono más bajo (51.93 %).

Los contenidos foliares de N en los periodos muestreados presentan un rango de variación entre $11.8 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ y $13.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ correspondiendo los contenidos más altos a los brotes del año 2004 y los más bajos a los del año 2007. La variación de los contenidos foliares de Ca en los años muestreados sigue la misma tendencia que la variación de los contenidos foliares de N, aunque los contenidos de Ca presentan un rango de variación más amplio ($1.82 - 4.69 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), presentando los contenidos más elevados en las hojas del brote del año 2008. El resto de contenidos foliares de nutrientes varían muy poco entre los periodos muestreados.

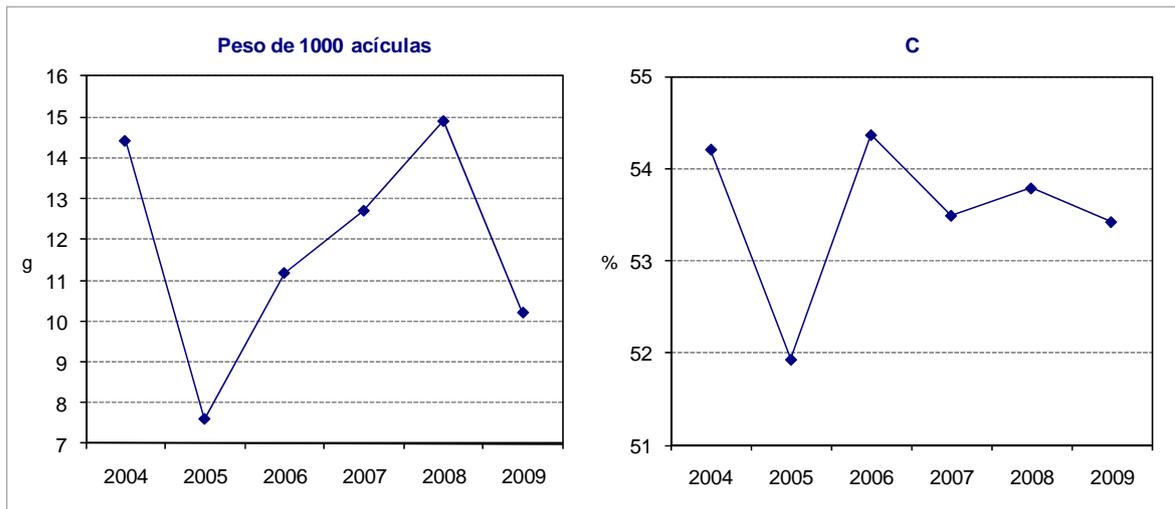


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. sylvestris* durante el periodo 2004-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C .

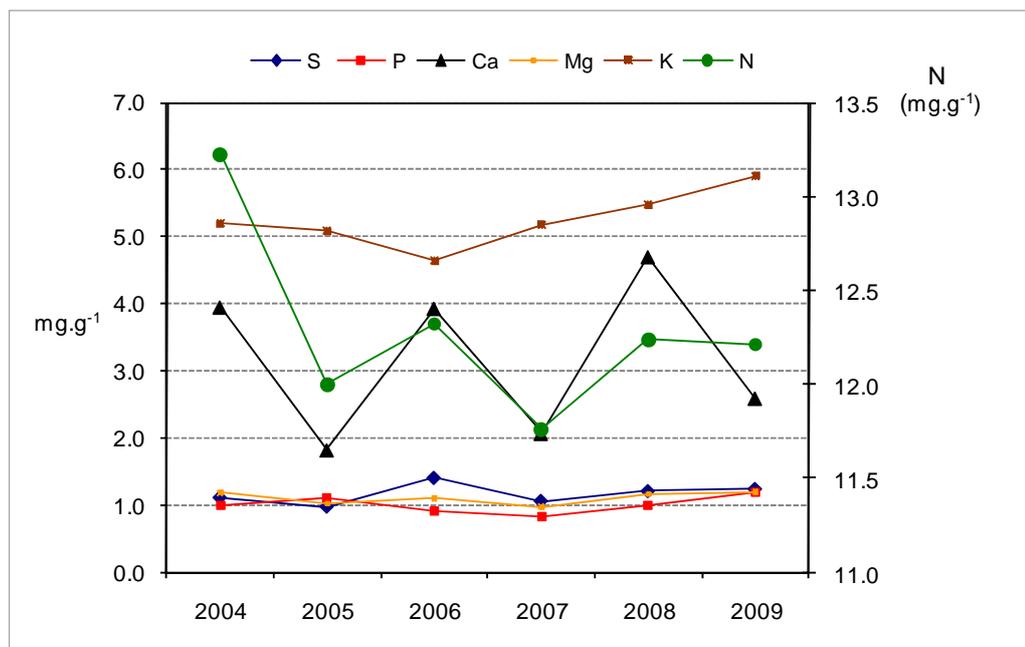


Figura 6.2: Contenidos foliares ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *P. sylvestris* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C

6.1. Comparación de contenidos foliares entre parcelas de *P. sylvestris* de la Red de Nivel II

Para estudiar la variabilidad espacial comparamos los contenidos medios foliares de nutrientes así como el contenido de carbono y peso medio de 1000 acículas (figura. 6.1.1) de la parcela 30 con 4 parcelas pertenecientes a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II: parcela 5 (Segovia), parcela 21 (Teruel), parcela 24 (Huesca) y parcela 47 (Barcelona).

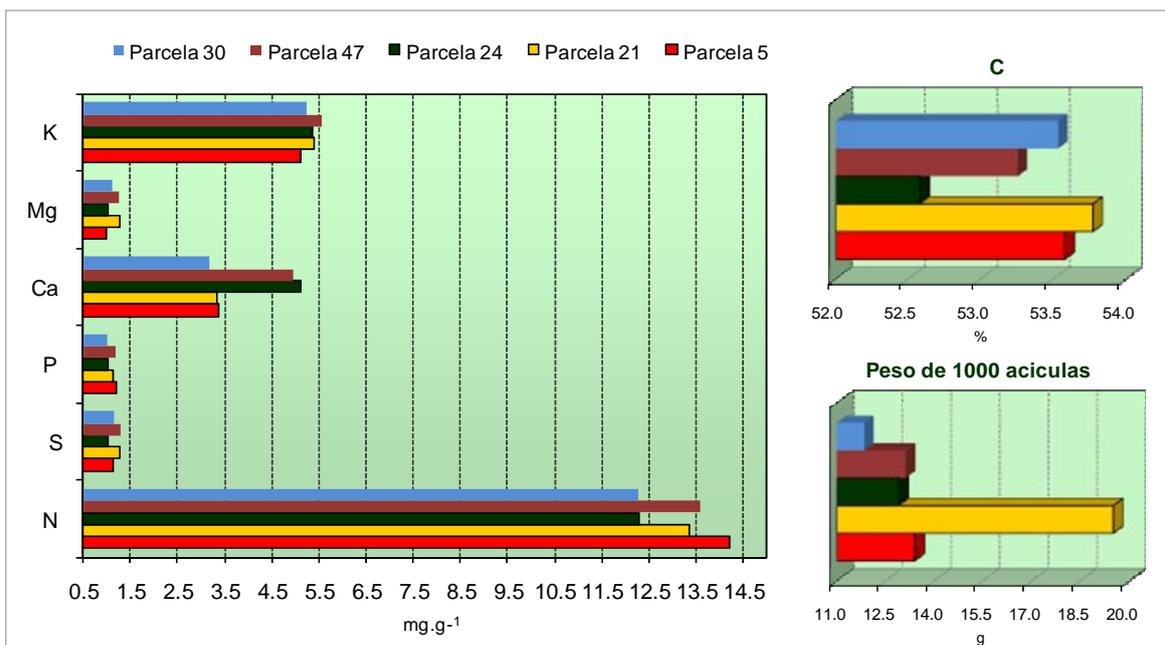


Figura 6.1.1: Peso de 1000 acículas y contenidos medios foliares (mg.g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio y magnesio en cinco parcelas de *Pinus sylvestris* de la red nacional de Nivel II. Los datos de todas las parcelas son medias de 4 años muestreados (2004-2007) a excepción de la parcela 30 que son medias de 6 años muestreados (2004-2009).

La parcela 5 de Segovia presenta los contenidos medios foliares más altos de N (14.11 mg.g⁻¹). El contenido medio foliar más alto de Ca (5.11 mg.g⁻¹) ha correspondido a la parcela 24 de Huesca y el más bajo a la parcela 30 de Navarra (3.17 mg.g⁻¹). El resto de nutrientes presentan contenidos medios con un rango de variación muy estrecho entre las cinco parcelas de *P. sylvestris* estudiadas.

La parcela 21 de Teruel presenta el peso medio de 1000 acículas más alto (19.5 g) mientras que la parcela 30 presenta el peso medio foliar más bajo (11.84 g). El contenido medio foliar de carbono presenta un estrecho rango de variación (52.6 - 53.8 %).

7. DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

En la Tabla 7.1 se resume los resultados de cantidad de precipitación y concentración iónica media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) del agua de precipitación incidente (Pi) y agua de trascolación (T), así como valores mínimos y máximos de conductividad eléctrica (c 25°C), pH, Ca, Mg, Na, K, Cl, N-NO₃, S-SO₄, N-NH₄ y alcalinidad (alk), elementos mayoritarios presentes en el agua de precipitación analizados en la parcela 30 de *Pinus sylvestris* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		404	581

Año		c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
2009	T	38	5.58	4.15	0.89	2.63	0.46	0.52	1.03	0.46	1.95	53
		(10-76)	(4.76-6.66)	(1.18-10.94)	(0.45-1.79)	(0.29-6.40)	(0.12-1.02)	(0.06-1.37)	(0.11-3.68)	(0.05-1.28)	(0.89-4.10)	(1-237)
n=12	Pi	21	6.41	0.73	0.64	2.04	0.15	0.38	0.86	0.89	1.92	80
		(5-52)	(5.96-7.01)	(0.15-1.96)	(0.26-1.18)	(0.14-6.72)	(0.03-0.38)	(0.18-0.78)	(0.10-4.79)	(0.06-5.01)	(0.36-10.68)	(17-301)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 30 de *P. sylvestris* pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración media, mínimos y máximos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$). N es el número de periodos muestreados con una cantidad de precipitación superior a 2mm. Los datos son medias de los periodos muestreados en el año 2009.

La precipitación incidente presenta un rango de pH con valores comprendidos entre 5.96 y 7.01 con un valor medio de 6.41, superior al valor medio presentado en el agua de trascolación (5.58), lo que indica una acidificación del agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea, siguiendo la concentración media de la alcalinidad la misma tendencia al ser éste un parámetro relacionado directamente con la medida de pH.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un rango de variación entre $5 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $52 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y un valor medio de $21 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ligeramente inferior al valor medio medio presentado en el agua de trascolación ($38 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia, a excepción de los sulfatos, aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea.

Tanto la precipitación incidente como el agua de trascolación presentan mayores concentraciones de cationes que de aniones. En la precipitación incidente la concentración media del anión sulfato ($0.89 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de origen principalmente industrial es similar a la concentración media de los nitratos ($0.86 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) procedentes principalmente del tráfico rodado.

El agua de lluvia va a modificar su composición química al atravesar el dosel arbóreo aumentando las concentraciones de prácticamente todos los iones debido a procesos de lixiviación o evaporación en el caso de los cationes. El Cl y el Ca son los elementos que menos varían su concentración en el agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea. Hay que destacar la diferencia entre la concentración media del catión K en la precipitación incidente ($0.73 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y la presentada en el agua de trascolación ($4.15 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

Para estudiar la variabilidad temporal de la concentración iónica del agua de lluvia se presentan los resultados obtenidos en la precipitación incidente durante el periodo de muestreo 2005-2009 (Fig. 7.1).

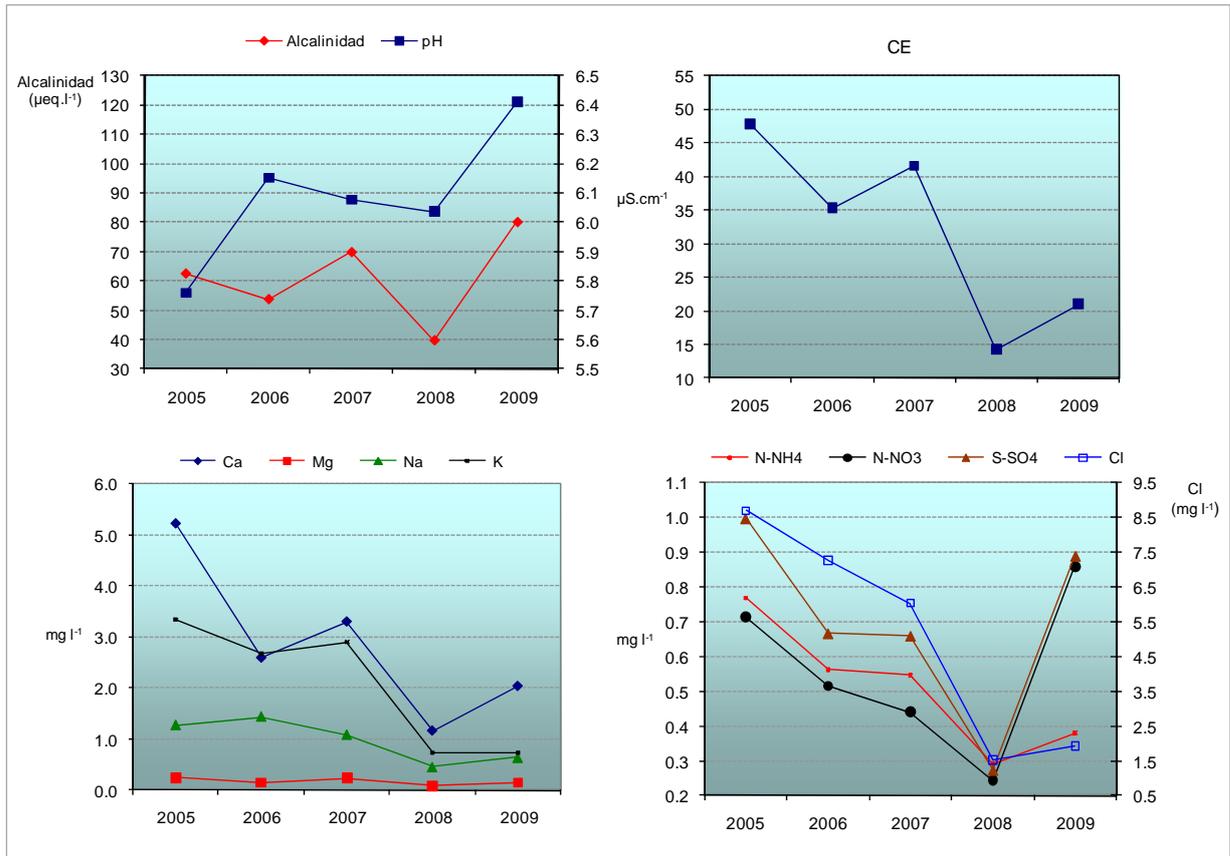


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los datos son medias de los periodos muestreados en cada año.

Se observa un aumento del valor medio de pH en el año 2009 respecto a los años anteriores pasando de un valor de 5.8 en el año 2005 a 6.4 en el año 2009. La misma tendencia observada en los valores medios de pH en los últimos dos años de muestreo se observa con las concentraciones medias de la alcalinidad, ya que es un parámetro directamente relacionado con el pH y varía de una concentración media de 40 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008 a 80 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009.

Hay que destacar una disminución progresiva de la conductividad eléctrica media en los años muestreados pasando de 48 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2005 a 21 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en 2009, correspondiendo el valor medio más bajo al año 2008 (14 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). La conductividad eléctrica es un parámetro indicativo de la concentración iónica del agua de lluvia que se constata por la también disminución de la concentración media de todos los iones en la precipitación incidente a partir del año 2005, presentando las concentraciones medias más bajas en el año 2008.

Hay que destacar el aumento de las concentraciones medias de los aniones acidificantes como nitratos y sulfatos en el año 2009 respecto al año 2008. Los nitratos, procedentes principalmente del tráfico rodado, aumentan su concentración de 0.24 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2008) a 0.86 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2009) y los sulfatos de origen principalmente industrial aumentan su concentración de 0.27 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2008) a 0.89 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2009).

En la Tabla 7.2 se presenta cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm); pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentraciones ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) tanto en el agua de precipitación incidente (Pi) como en el agua de trascolación (T) de los 12 periodos mensuales (P) muestreados en el año 2009. Se presentan los datos en los que la precipitación mensual ha sido superior a 2mm.

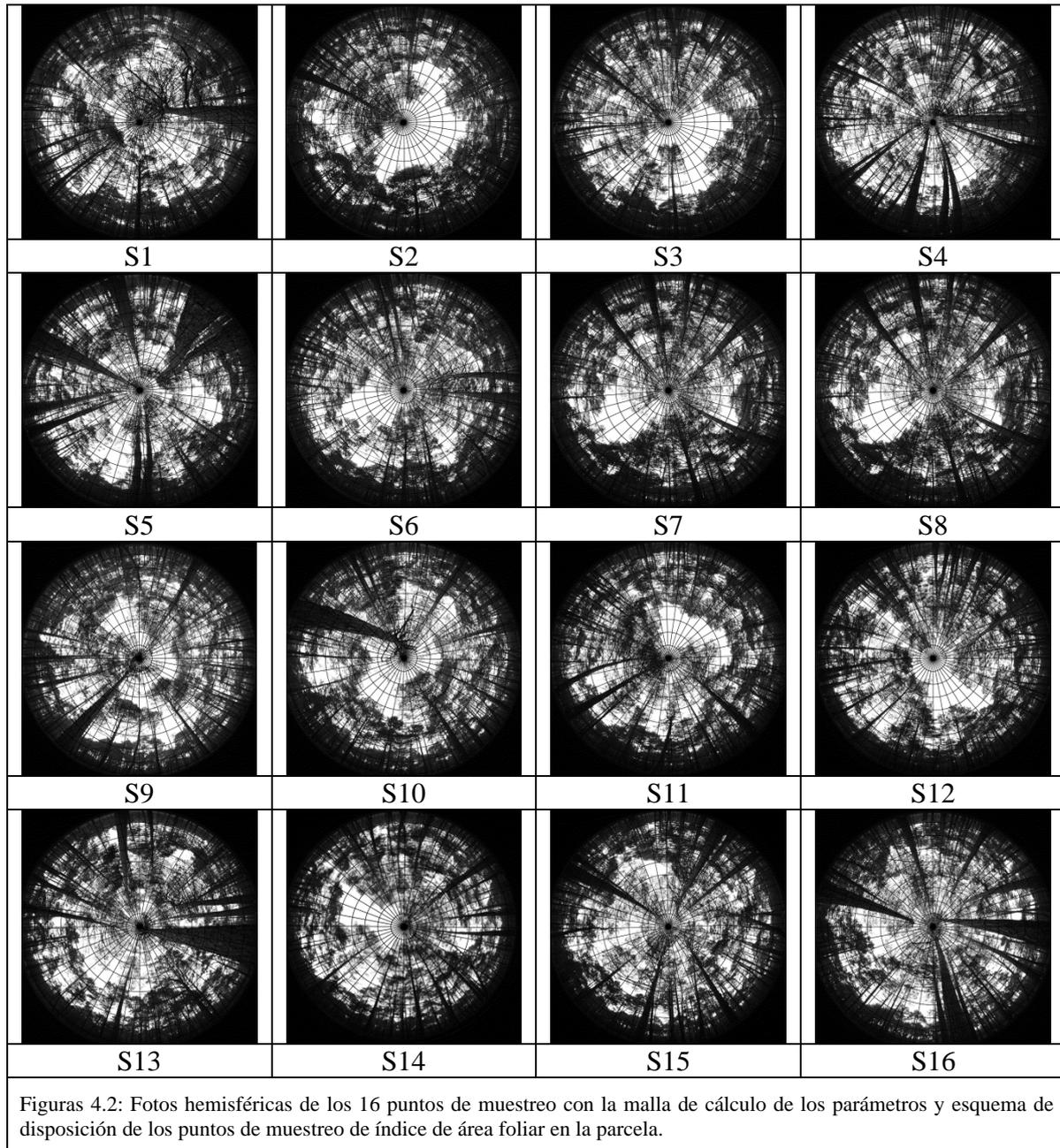
P	cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk	
	mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
Pi	1	148	5.96	5	0.14	0.03	0.28	0.18	0.28	0.10	0.06	0.51	17
	2	44	6.00	7	0.36	0.04	0.32	0.47	0.23	0.18	0.09	0.39	36
	3	37	6.23	8	0.35	0.10	0.61	0.61	0.38	0.10	0.19	0.93	33
	4	57	6.37	14	1.53	0.06	0.26	0.20	0.54	0.30	0.24	0.36	66
	5	35	7.01	52	6.72	0.36	0.73	1.96	0.78	0.72	1.17	1.08	301
	6	13	6.85	33	3.81	0.29	0.77	0.83	0.32	0.74	1.00	2.04	132
	8	28	6.60	34	3.06	0.19	0.77	0.49	0.71	1.17	0.92	1.40	80
	9	8	6.69	45	5.01	0.38	1.18	1.36	0.19	1.54	1.30	1.84	124
	10	47	6.20	10	0.42	0.05	0.39	0.82	0.18	0.21	0.20	1.08	32
	11	40	6.53	16	0.52	0.13	1.09	0.99	0.33	0.20	0.30	1.58	42
	12	123	6.06	11	0.57	0.07	0.70	0.15	0.19	0.24	0.18	1.13	19
	T	1	98	5.05	12	0.46	0.12	0.46	1.19	0.10	0.11	0.05	1.05
2		27	5.22	14	0.64	0.17	0.49	1.27	0.11	0.24	0.18	0.89	6
3		26	5.74	10	0.29	0.12	0.77	1.18	0.26	0.11	0.17	1.21	21
4		33	5.47	29	1.47	0.34	0.45	2.81	0.97	0.80	0.30	0.97	26
5		27	6.66	71	6.21	0.90	1.15	7.59	1.37	1.43	1.28	2.18	237
6		9	6.58	68	5.21	0.89	1.44	10.94	0.66	1.59	1.19	4.10	122
8		23	5.42	62	4.62	0.78	0.79	4.85	1.12	2.41	0.59	2.52	62
9		6	5.08	76	6.40	1.02	1.34	5.53	0.56	3.68	0.89	3.64	16
10		36	4.76	28	1.84	0.34	0.46	2.55	0.24	0.51	0.10	1.19	0
11		21	6.27	36	1.13	0.27	1.79	6.23	0.30	0.34	0.20	2.54	88
12		97	5.12	17	0.68	0.15	0.64	1.56	0.06	0.14	0.08	1.20	7

Tabla 7.2: Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) en los periodos quincenales muestreados en la parcela 30 Ps en el año 2009.

8. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Como consecuencia de la aplicación del proyecto FutMon en las parcelas de nivel II, en el año 2009 se ha evaluado el índice de área foliar en las parcelas de Nivel II, parámetro necesario para la evaluación de la vitalidad del arbolado, el ciclo de nutrientes o la determinación del balance hídrico y los factores de estrés de la parcela.

Para la determinación del índice de área foliar se ha utilizado una cámara de fotos Nikon modelo D-60 con un objetivo de ojo de pez hemisférico de 180° Sigma DC HSM 4.5mm 1:2.8. Las fotos se tomaron el día 27 de Agosto del 2009 entre las 19:00 y 21:00.



Los datos de los parámetros más significativos son:

- % Sky Area: Es el % de la zona hemisférica de cielo sobre el horizonte eficaz en el caso de zona llana. En el caso en que el horizonte esté a menos de 90° sobre la vertical, el Sky Area es menor que 100.

- % Mask Area: Es el área de la zona hemisférica que se ve obstaculizado por la topografía.
- % Canopy Openness: Es el porcentaje de cielo abierto visto desde debajo del dosel del bosque. Esta medida se calcula a partir de la fotografía hemisférica solamente, y no tiene en cuenta la influencia de la topografía circundante.
- LAI 4 Ring: Es el índice de área efectiva de la hoja integrada en los ángulos cenitales 0 a 60. Unidad de medida $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$.
- LAI 5 Ring: Es el índice de área foliar efectiva integrada en el ángulo cenital de 0 a 75. Unidad de medida $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$.
- Trans Direct: Es la cantidad de radiación solar directa transmitida por el dosel.
- Trans Diffuse: Es la cantidad de radiación solar difusa transmitida por el dosel.
- Trans Total: Es la suma de Trans Direct y Trans Diffuse.
- % Trans Direct: Es la relación de Trans Direct y la radiación directa sobre una superficie horizontal multiplicada por 100.
- % Trans Diffuse: Es la relación entre la Trans Diffuse y radiación difusa sobre una superficie horizontal multiplicada por 100.
- % Trans Total: Es la relación entre Trans Total y radiación total sobre una superficie horizontal multiplicada por 100.

En la parcela 30Ps se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde 28 a 35 % de cielo abierto por la distancia entre copas de los árboles y la transparencia de copa. Es el motivo por el que el índice de área foliar 4 (0 a 60°) o el área foliar 5 (0 a 75°) es bajo, menos que los datos de índice de área foliar propios de las coníferas (entre 1 y 2).

Los valores de las radiaciones directa, difusa y total, tanto en valores absolutos como en porcentajes están en relación con los índices de área foliar evaluados.

Parcela	Sitio	% Sky Area	%Mask Area	%Cnpy Open	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Trans Dir	%Trans Dif	%Trans Tot
30	1	99.89	0.11	28.75	1.16	1.14	5.11	5.60	10.71	34.88	38.26	36.57
30	2	99.88	0.12	31.55	1.17	1.10	5.55	6.61	12.16	37.89	45.18	41.53
30	3	99.90	0.10	34.99	0.82	0.97	5.41	7.12	12.53	36.94	48.64	42.79
30	4	99.89	0.11	32.08	1.09	1.03	5.85	6.12	11.97	39.96	41.78	40.87
30	5	99.89	0.11	33.37	1.09	0.98	5.19	6.40	11.59	35.47	43.72	39.59
30	6	99.89	0.11	34.29	0.90	0.98	5.71	6.69	12.40	38.98	45.69	42.34
30	7	99.90	0.10	30.91	1.16	1.10	5.05	6.04	11.09	34.48	41.27	37.88
30	8	99.90	0.10	31.18	1.16	1.09	5.16	6.06	11.22	35.26	41.37	38.31
30	9	99.89	0.11	34.08	0.94	0.94	6.30	6.60	12.90	43.03	45.09	44.06
30	10	99.88	0.12	33.47	1.06	0.98	5.80	6.57	12.37	39.61	44.87	42.24
30	11	99.88	0.12	31.64	1.06	1.06	6.16	6.21	12.37	42.05	42.41	42.23
30	12	99.89	0.11	33.87	1.02	0.98	5.59	6.66	12.24	38.16	45.47	41.81
30	13	99.89	0.11	32.50	1.14	1.04	4.45	6.08	10.53	30.38	41.51	35.94
30	14	99.90	0.10	33.30	1.14	1.02	4.79	6.21	11.00	32.69	42.43	37.56
30	15	99.90	0.10	31.92	1.02	1.03	5.73	6.25	11.98	39.13	42.68	40.91
30	16	99.89	0.11	31.18	1.08	1.05	5.30	6.00	11.30	36.20	40.95	38.57
Total		99.89	0.11	32.44	1.06	1.03	5.45	6.33	11.77	37.19	43.21	40.20

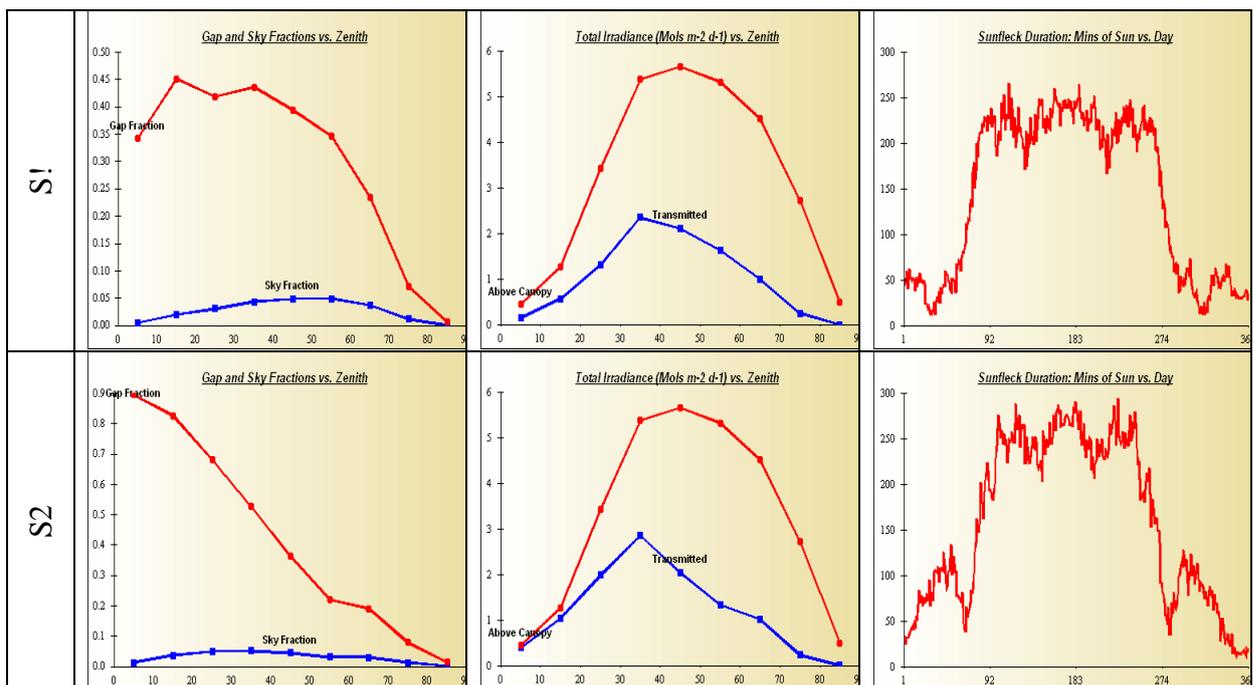
Tabla 8.3: Evaluación de los parámetros más significativos en el cálculo del índice de área foliar en los 16 puntos de muestreo y los valores medios obtenidos.

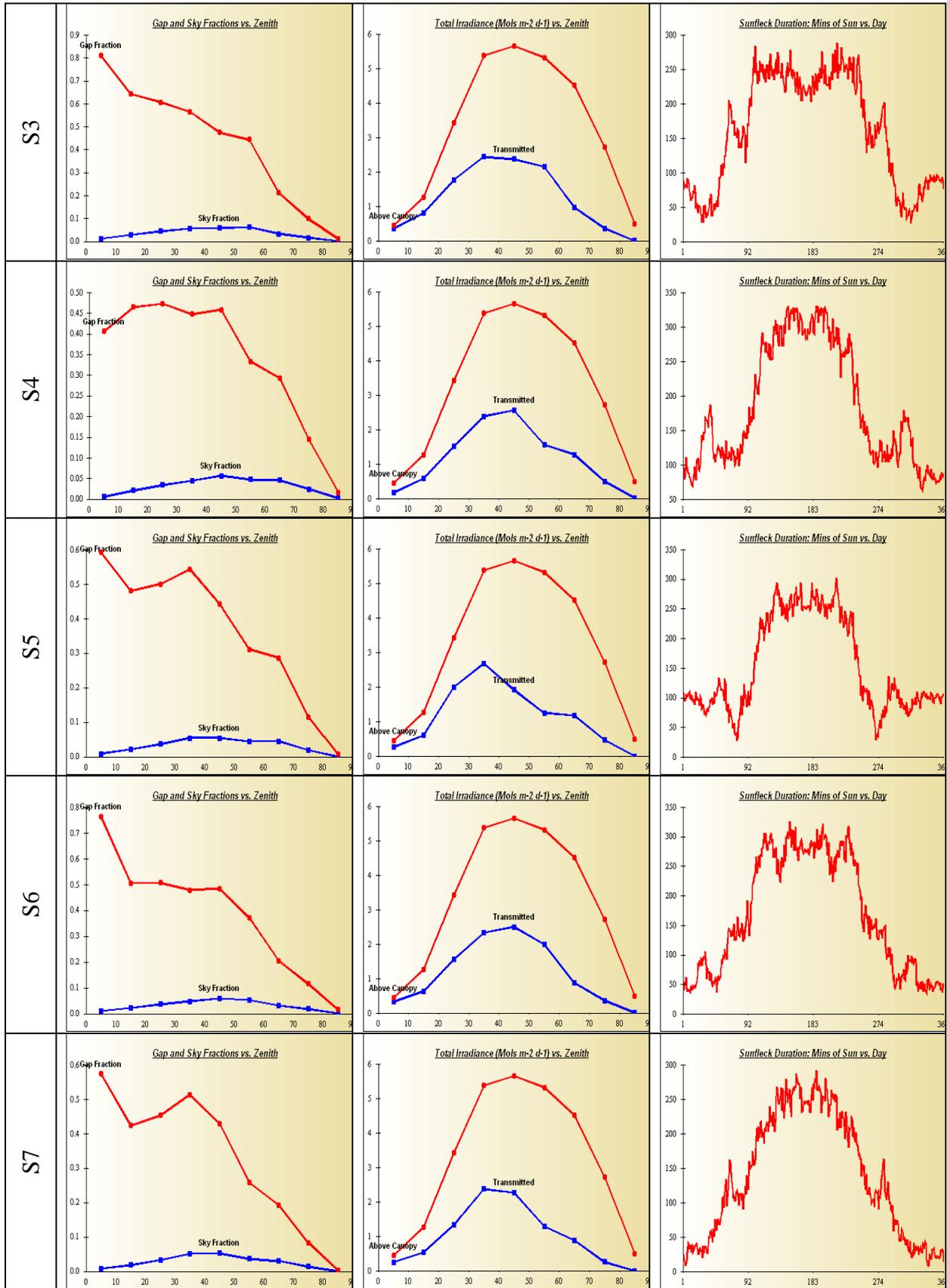


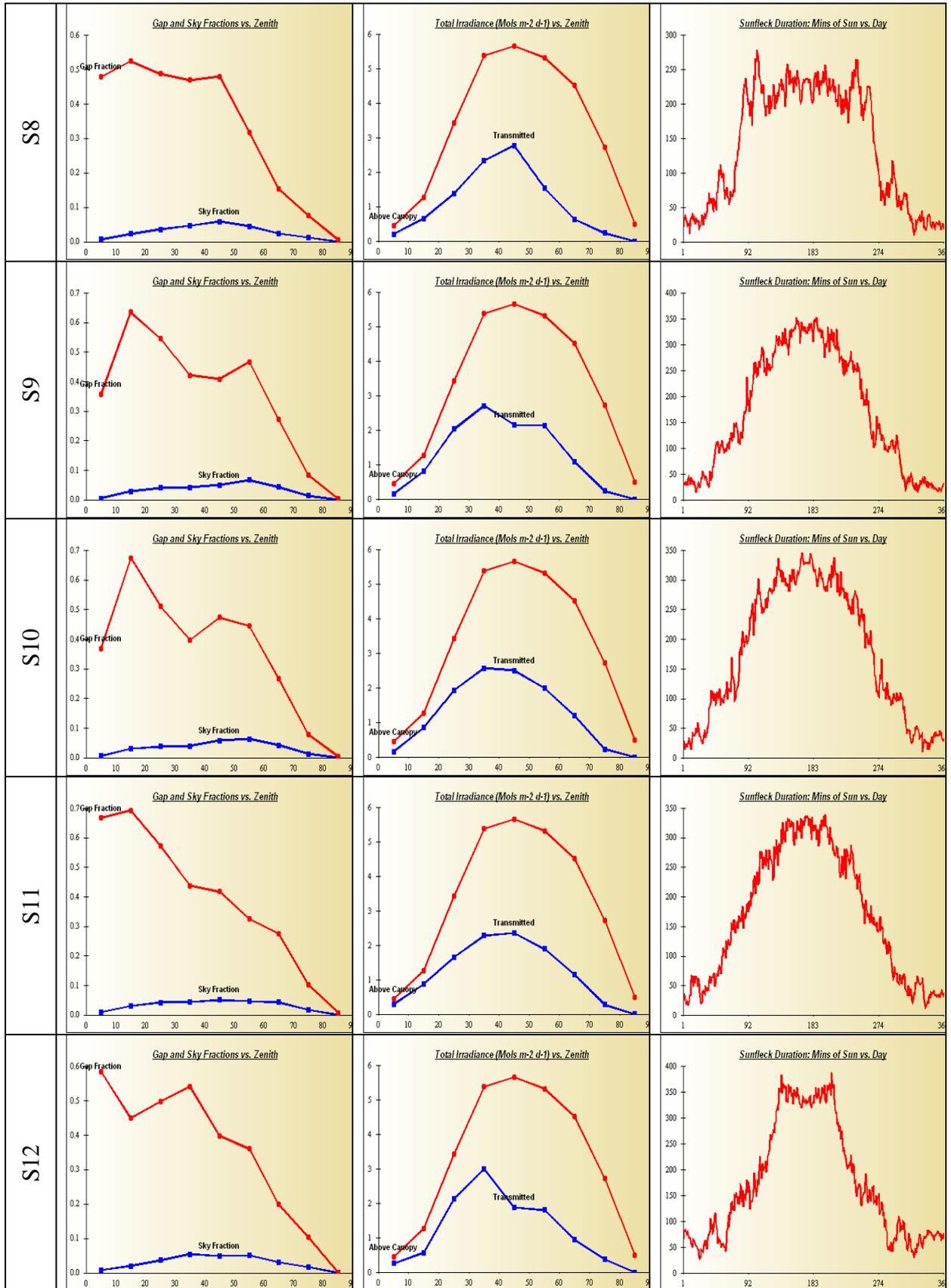
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

En los siguientes gráficos se pueden observar: las zonas cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías, en el eje x se tiene los grados desde el cenit al azimut da cada punto fotografiado.

Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.







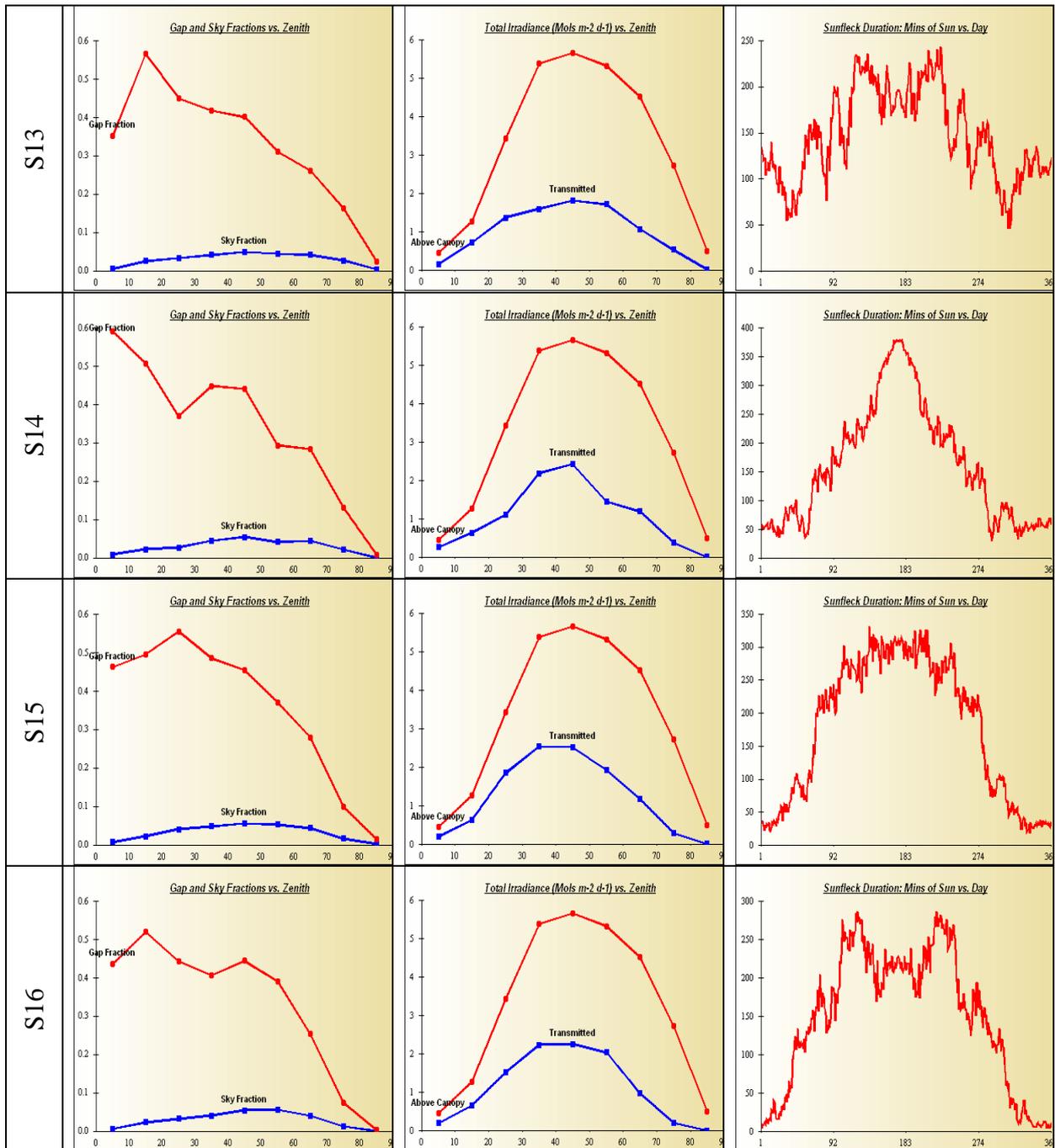


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 30Ps se llevó a cabo el 19 de octubre de 2009. Los resultados de los pesos de los diferentes grupos en los que se clasifica la vegetación, encontrados en la parcela en ese momento, se detallan en la Tabla 9.1.

30Ps	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	467
Grupo 4	Poas, Cyperáceas y Juncos	329
Grupo 7	Matorral perenne	66

Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 30Ps durante el año 2009

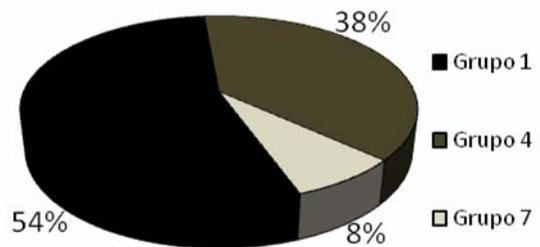


Figura 9.1: Distribución del porcentaje de los grupos de vegetación existentes en la parcela de estudio.

El grupo de vegetación mayoritario, ha sido el de musgos con 467 kg·ha⁻¹ y un 54% sobre el total de la vegetación encontrada (Figura 9.1). Le sigue el grupo de las poáceas, ciperáceas y juncáceas con un 38% y el grupo de matorral perenne, con un 8%.

En el momento de la recogida, no se ha encontrado vegetación perteneciente a los grupos de líquenes, helechos, herbáceas ni matorral caduco.

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 404 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de (210 kg·ha⁻¹) y el grupo de poas, ciperáceas y juncáceas (157 kg·ha⁻¹). Los macronutrientes retenidos por la vegetación han supuesto 21 kg·ha⁻¹, mayoritariamente en N, K y Ca en los grupos anteriormente citados (Figura 9.3).

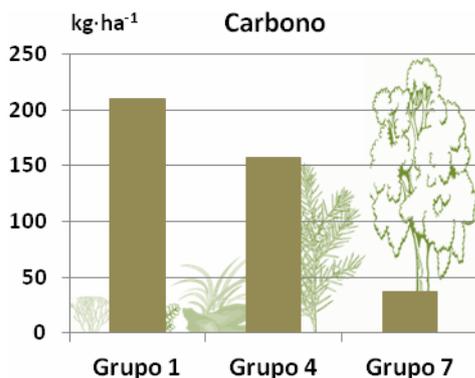


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

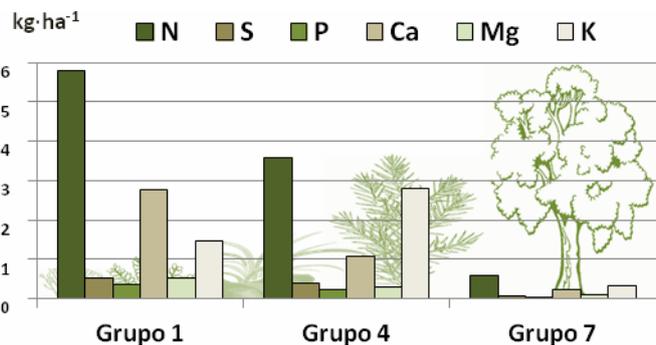


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela se encuentra sobre un suelo de areniscas y conglomerados. El perfil característico de estos suelos es un Arenosol Háptico/Gleysol Dístrico (O/A_{h1}/A_{h2}/C_g).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl₂ ácido, con valores medios en la capa orgánica de 3.86 y 3.79 en la capa F (fragmentada) y capa H (humificada), respectivamente (Figura 10.1). En la capa mineral, el pH en los 20 primeros centímetros presentan valores medios de 3.66±0.15, con ligera tendencia a incrementar el pH con la profundidad.

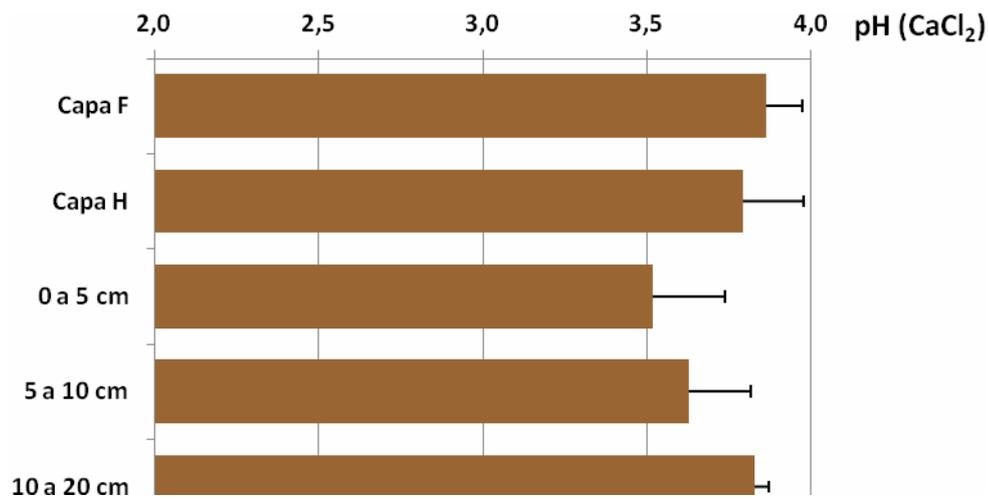


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl₂) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 483±35 g·kg⁻¹ y 233±98 g·kg⁻¹ en la capa F y H, respectivamente en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, los valores medios encontrados han sido de 24.85±7.72 g·kg⁻¹, existiendo una tendencia clara a disminuir los contenidos de nitrógeno al aumentar la profundidad.

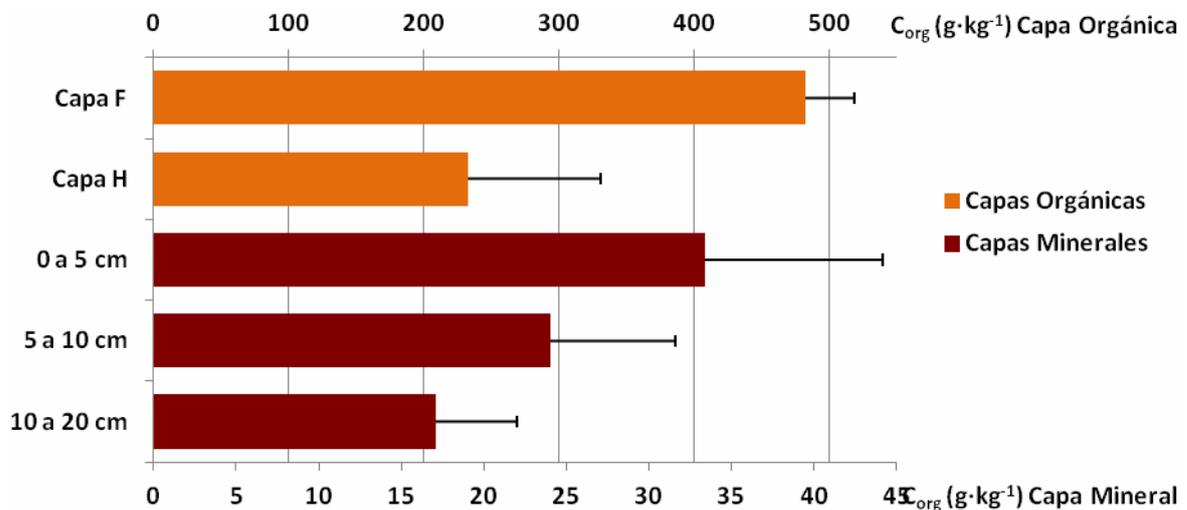


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa

H: capa de material orgánico humificado.

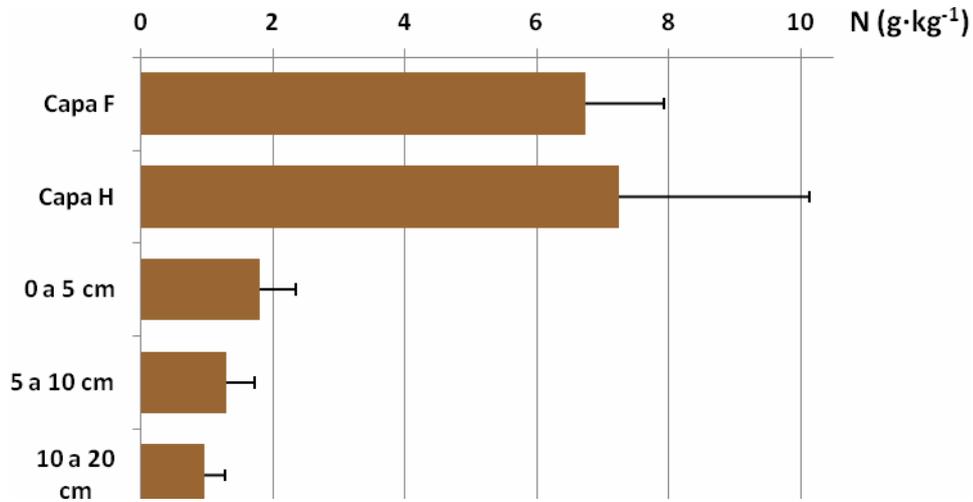


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido de 6.74 ± 1.18 y $7.24\pm 2.88 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han sido de $1.35\pm 0.43 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con la misma tendencia a decrecer con la profundidad que en los parámetros anteriormente estudiados.