

PARCELA 05 *Pinus sylvestris* (Segovia)



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 05 de *Pinus sylvestris* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Segovia
Término Municipal: La Granja
Paraje: Raso del Pino
Coordenadas (GPS)
Latitud: +40°52'25,5''
Longitud: -03°58'14,6''
Altitud: 1630 m s.n.m.
Orientación: Noroeste
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARÁCTERÍSTICAS 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: 150
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Gneis

VEGETACIÓN

Pinar de *Pinus sylvestris*. Estrato arbustivo de baja cobertura. El pasto está sometido a una alta presión de ganado vacuno. El césped clarea bajo las copas.

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 2009 con 667 mm de precipitación y el año 2008 con 1286 mm (Tabla 2.1).

Las temperaturas han sido muy acordes con la situación de la parcela, sólo reseñar la temperatura mínima absoluta del año 2007 mucho más suave (-9°C) pero con una media de las mínimas similar al resto de los años y destacar las temperaturas mínimas del año 2008, muy bajas a final de año y que han marcado también a la baja la temperatura media de las mínimas. En el año 2009, la temperatura ha sido más alta.

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	21.6	194.7	7.6	31.3	-15.4	12.0	3.2	62.2	237.4	752
2006	1.5	30.1	183.2	8.9	28.9	-16.5	13.3	4.9	67.1	233.2	1173
2007	1.5	44.5	182.4	7.6	29.2	-9.5	12.3	3.9	79.6	219.2	930
2008	1.5	30.1	187.4	8.7	30.3	-17.1	12.2	2.9	78.7	231.2	1286
2009	1.0	21.7	182.6	9.1	28.6	-12.9	15.1	5.2	51.5	235.6	667

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

3. FENOLOGÍA

En las series fenológicas de los diferentes procesos en la parcela 05Ps se puede observar:

- Aparición de la acícula: En el año 2009 no hay especial que reseñar en la aparición de acícula.
- Caída de la acícula: En el año 2009 la caída de la hoja ha tenido dos periodos marcados, la primavera y el final de verano con el principio de otoño, con pérdida de la acícula más antigua.
- Decoloración: Se puede observar un incremento de la decoloración durante el otoño de este año, previo a la caída de acícula antigua.
- N° de metidas o años en las acículas de los árboles: El número de años en el árbol ha sufrido los cambios propios asociados a la caída de la acícula más antigua.
- Floración y Fructificación: No hay nada especial a destacar en el año 2009.

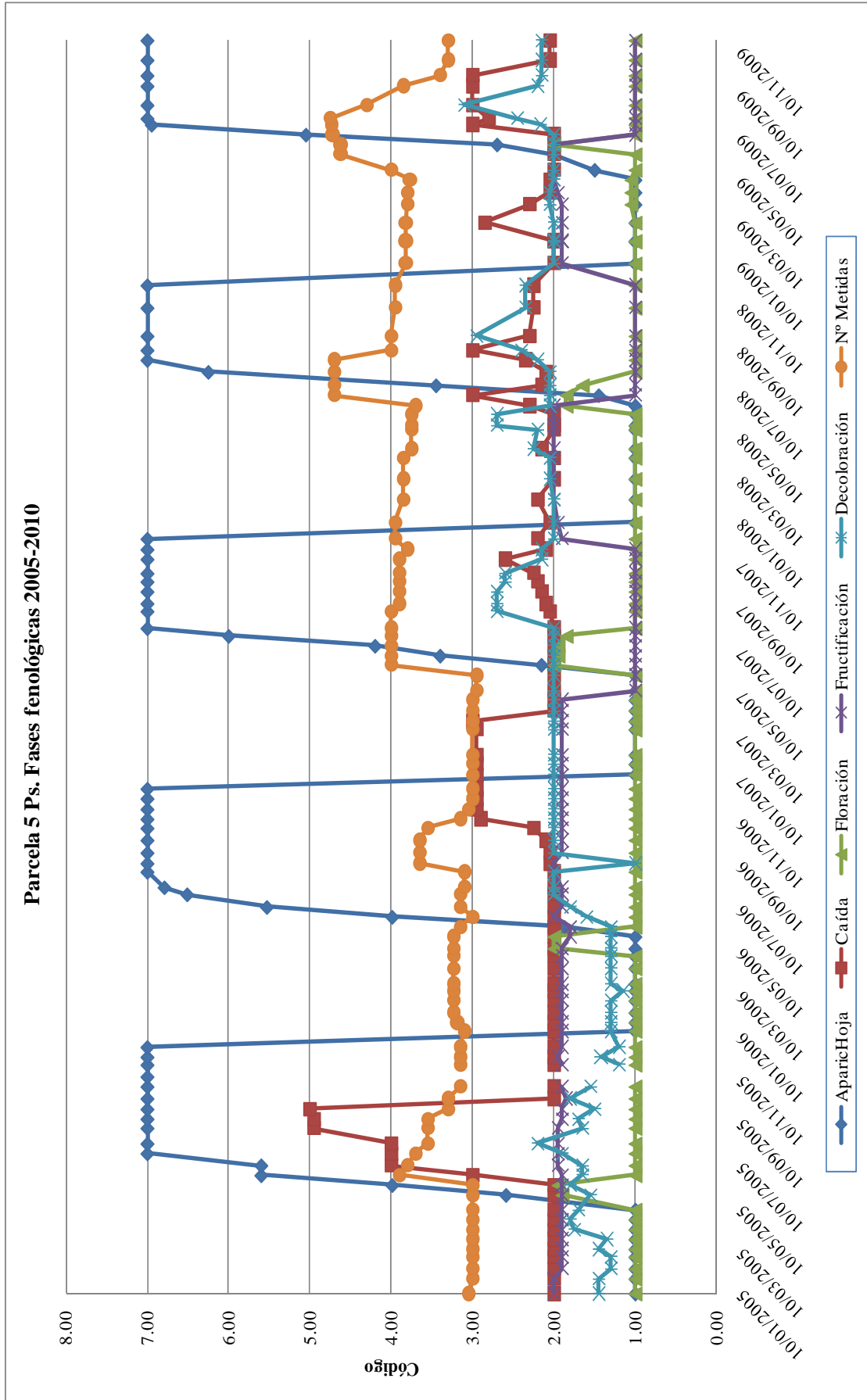


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

Durante el año 2009 se han observado los siguientes daños en la parcela 05Ps:

- *Cronartium flaccidum*: Se observa sobre bastantes pies de la parcela canchros en ramas y tronco. Estos daños en ocasiones ocasionan daños severos llegando a secar toda la zona afectada.

- *Tomicus sp*: Aparecen como casi todos los años de forma generalizada pero con muy poca intensidad ramillos secos en la parte superior de las copas.

- Viento: Agente abiótico ocasiona daños en ramillo y ramitas generalizados en la primera mitad del año.

4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela de 05Ps ha sido muy pequeño, como corresponde a una masa adulta de *Pinus sylvestris*. En el año 2006 el crecimiento ha sido muchísimo mayor debido a las abundantes lluvias del año, subiendo hasta un casi 5% en comparación al 0.66 % del año posterior (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	28.45	15.05	93.09	
2006	29.66	15.05	94.65	1.67
2007	30.08	15.14	99.22	4.83
2008	30.31	15.15	99.88	0.66
2009	30.40	15.15	101.38	1.50

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 crecimientos en estos cuatro años (Figura 4.2), si se pueden observar pequeños incrementos en las épocas de más lluvia en el verano del 2006 y en el otoño del 2008, crecimientos que han constatado en los datos dasométricos recogidos en el verano del 2009.

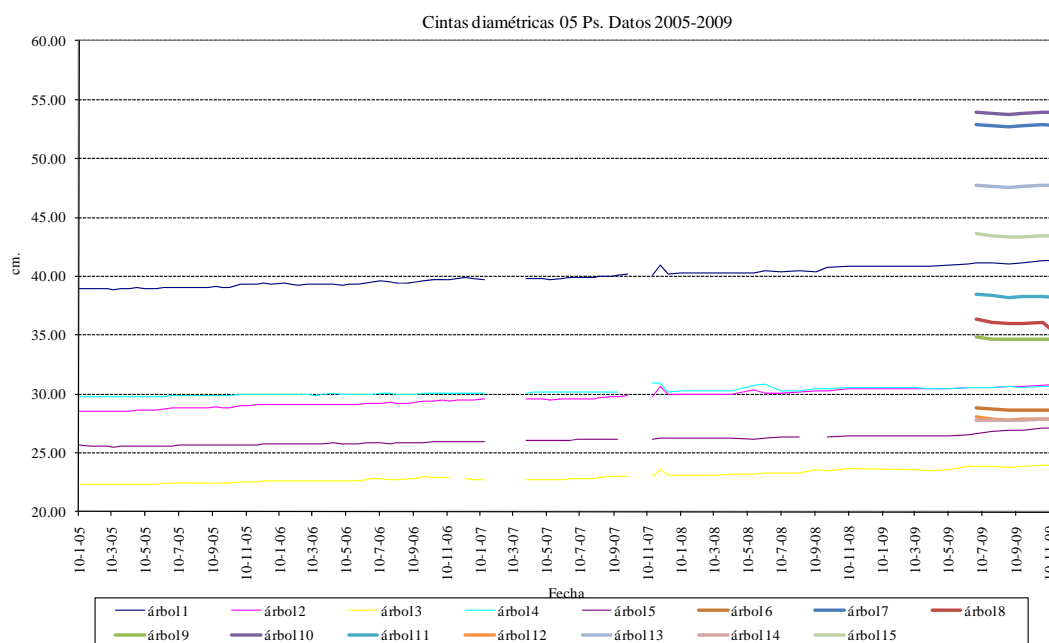


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los quince árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 05 de *Pinus sylvestris* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 7313 kg·ha⁻¹ en el desfronde total (Figura 5.1). Los rangos en la producción anual de desfronde, durante los cinco años de estudio anteriores han oscilado entre 3.000 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2007 y 6.300 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2008. Los pesos del desfronde en el año 2009 han sido superiores a los obtenidos en años anteriores, que han oscilado entre 4960 y 7091 kg·ha⁻¹·año⁻¹.

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales del 56% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...), con un 39%, y de la fracción ramas, con un 5% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de las diferentes fracciones han sido ligeramente superiores en la fracción hojas, respecto al promedio de años anteriores, con un 53%. Continúa la gran relevancia, en comparación con las otras parcelas intensivas del Nivel II, que adquiere la fracción otros en esta parcela de pino silvestre.

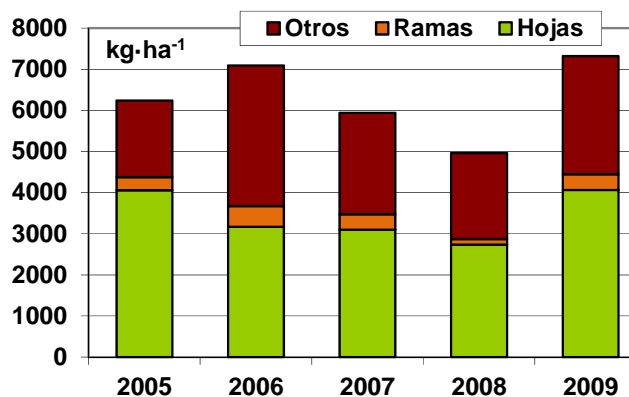


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

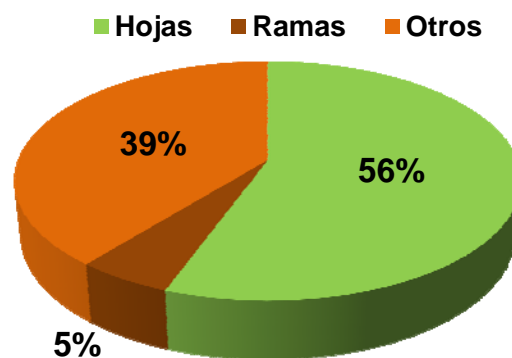


Figura 5.2: Distribución del porcentaje anual de las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) respecto del desfronde anual total en el año 2009.

En el estudio de la evolución mensual del desfronde durante el año 2009 (Figura 5.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido, como en años anteriores, a los meses comprendidos entre agosto y septiembre; los aportes máximos han correspondido al mes de agosto con un total de 1433 kg·ha⁻¹·mes⁻¹. Los meses con menor aporte de nutrientes al suelo han sido los marzo y abril, con 100 y 161 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente.

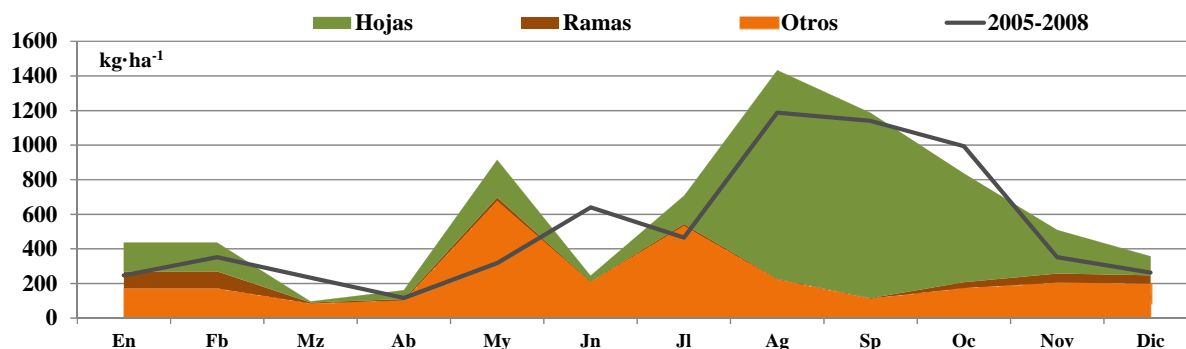


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

Igualmente a años anteriores, los valores máximos en la fracción hoja han correspondido a los meses comprendidos entre agosto y octubre, con máximos de producción que han variado entre 600 y 1200 kg·ha⁻¹·mes⁻¹. La fracción otros ha alcanzado máximos en los meses de primavera y verano, adelantándose este año la caída en mayo (con 678 g·kg⁻¹ mes⁻¹) respecto a la media de años anteriores, donde producciones superiores en la fracción otros habían sido registradas en el mes de junio

La fracción ramas sigue teniendo ligeros incrementos de peso en los meses de invierno (enero y febrero), debido principalmente al peso de la nieve sobre las ramas, con máximos aportes de 100 g·kg⁻¹·mes⁻¹.

05Ps	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	53.62	11.41	0.98	0.88	5.57	0.80	3.34
	Otros	51.40	9.94	0.86	0.63	6.47	0.76	1.62
	Ramas	54.54	8.36	1.03	0.72	4.67	0.78	2.57
Febrero	Hojas	53.62	11.41	0.98	0.88	5.57	0.80	3.34
	Otros	51.40	9.94	0.86	0.63	6.47	0.76	1.62
	Ramas	54.54	8.36	1.03	0.72	4.67	0.78	2.57
Marzo	Hojas	53.62	11.06	0.96	0.80	5.42	0.69	2.56
	Otros	55.12	17.80	1.48	2.36	2.60	1.21	2.77
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Abril	Hojas	53.62	11.06	0.96	0.80	5.42	0.69	2.56
	Otros	52.61	12.05	1.05	0.89	4.04	0.68	1.27
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Mayo	Hojas	52.72	10.99	1.09	0.84	5.53	0.90	2.53
	Otros	53.89	8.77	1.01	0.56	2.37	0.49	1.96
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Junio	Hojas	51.17	6.71	0.88	0.62	6.13	1.00	3.29
	Otros	53.97	12.11	1.23	0.77	2.98	0.71	3.32
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Julio	Hojas	51.17	6.71	0.88	0.62	6.13	1.00	3.29
	Otros	53.81	7.93	0.91	0.53	3.11	0.62	2.85
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Agosto	Hojas	51.64	4.20	0.58	0.30	6.57	0.78	1.90
	Otros	53.50	9.06	1.01	0.59	4.01	0.75	2.02
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Septiembre	Hojas	49.84	4.15	0.83	0.32	6.36	0.72	1.64
	Otros	53.34	8.85	0.92	0.55	4.72	0.64	1.56
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Octubre	Hojas	51.89	4.75	0.70	0.42	7.19	0.79	1.70
	Otros	53.72	7.31	0.82	0.46	4.46	0.50	1.13
	Ramas	55.09	7.85	0.98	0.59	4.69	0.74	1.96
Noviembre	Hojas	53.21	6.51	0.87	0.53	5.62	0.79	2.05
	Otros	53.62	3.76	0.49	0.32	4.22	0.41	0.66
	Ramas	55.88	7.43	0.79	0.41	4.83	0.59	1.09
Diciembre	Hojas	54.98	11.44	0.92	0.89	5.79	0.82	2.01
	Otros	53.29	7.56	0.66	0.47	4.95	0.60	1.20
	Ramas	56.19	10.51	0.97	0.72	4.51	0.70	1.35

Tabla 5.1: Contenidos mensuales de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio (g·kg⁻¹·mes⁻¹ a 105°C) de las fracciones de desfronde (hojas-ramas-otros) en la parcela 05Ps durante el año 2009.

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.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 52.59 ± 1.46 , 53.31 ± 1.06 y 55.16 ± 0.47 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de 8.37 ± 3.11 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con concentraciones menores en los meses de primavera y verano, con mínimos en septiembre de 4.15 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$. En esta misma fracción, también se ha encontrado similar tendencia en los contenidos de fósforo y azufre, con concentraciones medias de 0.66 ± 0.22 y 0.88 ± 0.14 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente. Concentraciones superiores en los meses de primavera y verano se han encontrado en el magnesio foliar, con valores medios anuales de 0.81 ± 0.11 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, y, en otoño de calcio con 5.94 ± 0.55 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de media anual. En cambio, las concentraciones de potasio no han presentado una tendencia clara a lo largo del año (2.52 ± 0.66 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

En la fracción otros, en primavera se han obtenido concentraciones superiores al resto del año de nitrógeno, azufre y fósforo, (17.80 , 1.48 y 2.36 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente), y menores concentraciones en calcio (2.37 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y magnesio (0.49 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

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 8.12 ± 0.79 y 4.68 ± 0.07 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente.

En total, la parcela 05Ps ha aportado 3880 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de 121 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; años anteriores, los rangos de variación habían oscilado entre 83 y 115 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

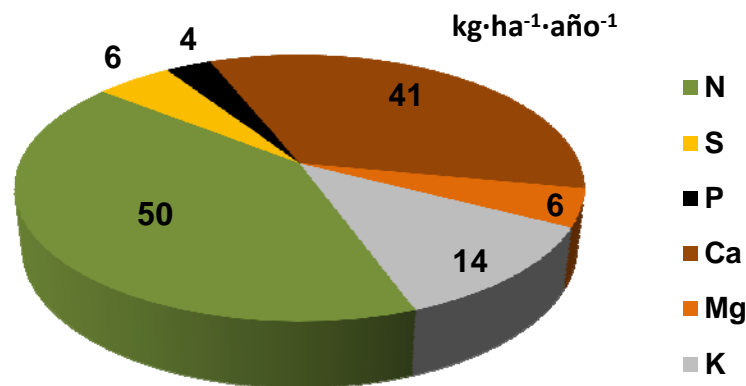


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 05Ps.

Los mayores aportes al suelo han sido de nitrógeno, con 50 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en el desfronde total, seguido de Ca, 41 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y de potasio, 14 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 5.3).

6. NUTRICIÓN FOLIAR

Los resultados obtenidos del peso de 1000 acículas y de los contenidos medios foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, calcio, fósforo, magnesio y potasio), así como el contenido medio 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 a las acículas del año anterior de los ramillos muestreados en marzo del año 2010. Los análisis se han realizado de una muestra mezcla de cinco árboles muestreados dentro de la parcela.

Año brote	Peso 1000 acículas	C	N	S	P	Ca	Mg	K
	(g)							
2008	12.32	550.40	13.94	1.18	1.17	4.36	0.91	3.81
2009	12.88	550.35	13.78	1.14	1.27	2.90	1.08	4.25

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.

Los nutrientes analizados en las acículas del año en curso presentan el siguiente orden en función de sus contenidos: N>K>Ca>P>S>Mg, mientras que en las acículas del año anterior el orden es el siguiente: N>Ca>K>S=P>Mg. Los contenidos foliares de N y Ca son mayores en las acículas del año anterior que en las del año en curso, destacando el Ca que presenta en el brote del año 2008 un contenido en Ca de 4.36 mg.g⁻¹ frente a un contenido de 2.90 mg.g⁻¹ en el brote del año 2009, lo que indica la acumulación de elementos menos móviles como el Ca frente a elementos como el P, Mg ó K, los cuales se van a movilizar durante el proceso de retraslocación. Los contenidos de S y C apenas varían entre los dos años muestreados.

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes en la especie *P. sylvestris* se representan los resultados obtenidos desde el año 2004 hasta el año 2009 (Fig.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 presenta un rango de variación muy estrecho (entre 11.9 y 13.5 g) en los años muestreados (2005-2009). La masa foliar más baja corresponde al año 2005 (11.9 g), este dato coincide con el hecho de que el año 2005 fue un año de baja precipitación total anual (752 mm) respecto a los años posteriores (Informe 2005-2008), lo que podría haber influido en el desarrollo de la masa foliar. En el año 2008 se observa una disminución de la masa foliar, aumentando ligeramente en el año 2009. El contenido de C aumenta de forma gradual principalmente en las acículas muestreadas en el año en curso (2005, 2007 y 2009) y en menor proporción en las muestreadas en el año anterior (2004, 2006 y 2008) variando de 51.8% de C en el año 2005 a 55.4% en el año 2009.

En el caso de la variación del contenido foliar de nutrientes (Figura 6.2) se observa un descenso en el contenido de N a partir del año 2005, y varía de 15.7 mg.g⁻¹ en ese año a 13.2 mg.g⁻¹ en el año 2007. Los contenidos de N apenas han variado durante los años 2006-2009, con un rango de variación entre 13.2 y 13.9 mg.g⁻¹.

Los contenidos de S, P y Mg apenas han variado durante los años muestreados presentando rangos de variación muy estrechos, entre 1.1 y 1.2 mg·g⁻¹ en el caso del S, entre 1.0 y 1.4 mg·g⁻¹ para el P y entre 0.9 y 1.1 mg·g⁻¹ en el caso del Mg.

Los contenidos de K, al igual que en el caso del N, disminuyen a partir del año 2005 y varían de 6.6 mg·g⁻¹ a 4.1 y 4.3 mg·g⁻¹ en los años 2007 y 2009 respectivamente. Los contenidos de Ca tanto en las acículas del año en curso (2005, 2007 y 2009) como en las del año anterior (2004, 2006 y 2008) apenas van a presentar variación.

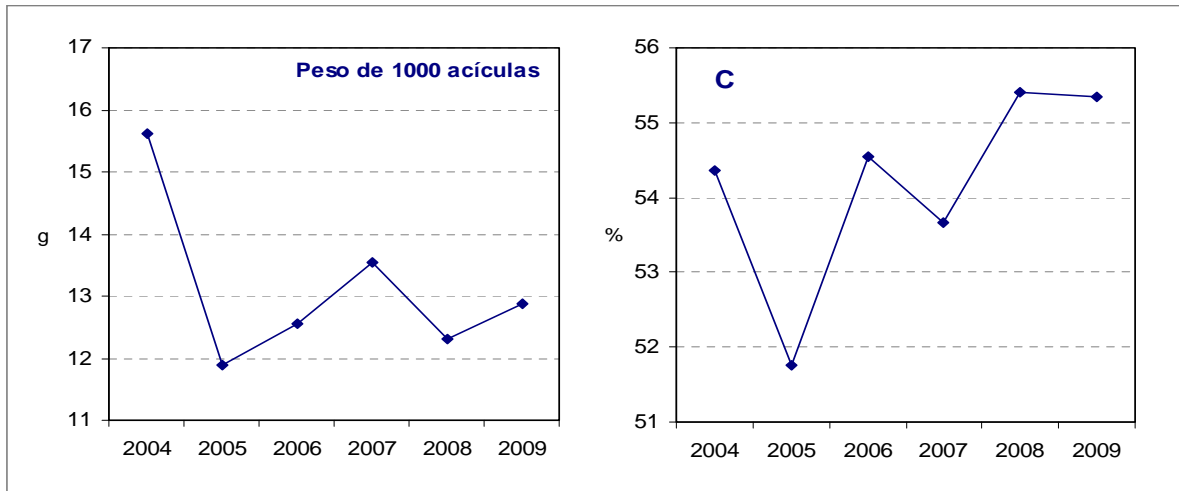


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. sylvestris* durante el periodo 2004-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C

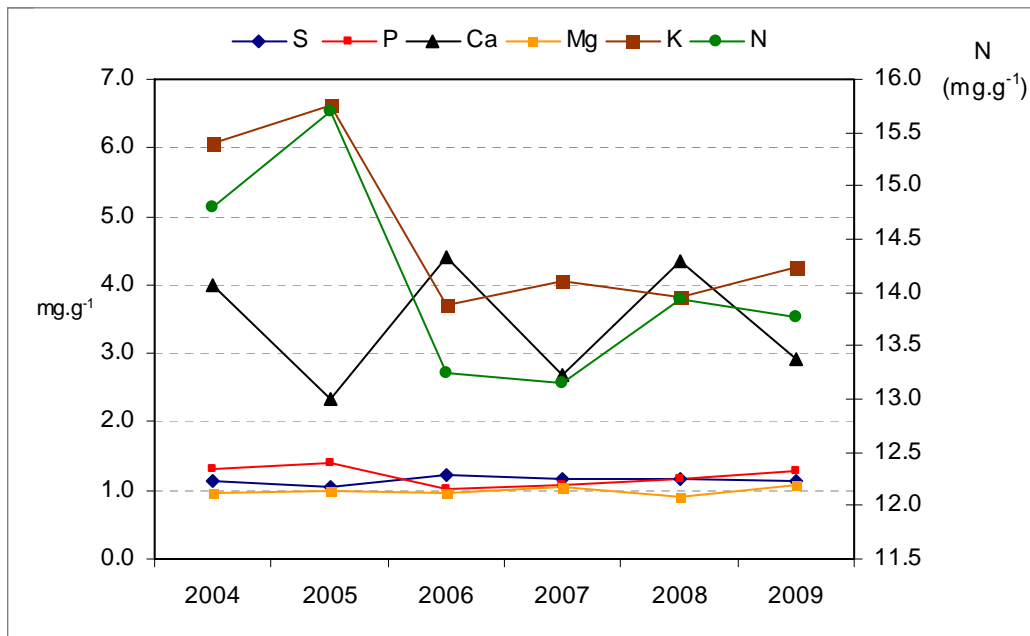


Figura 6.2: Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *P. sylvestris* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C

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

Para estudiar la variabilidad geográfica comparamos los contenidos medios foliares de nutrientes así como el peso medio de 1000 acículas de la parcela 5 con otras 4 parcelas de *P. sylvestris* pertenecientes a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II. (Fig. 6.1.1). Estas 4 parcelas son: la parcela 21 situada en Teruel, parcela 24 situada en Huesca, parcela 30 situada en Soria y parcela 47 situada en Barcelona.

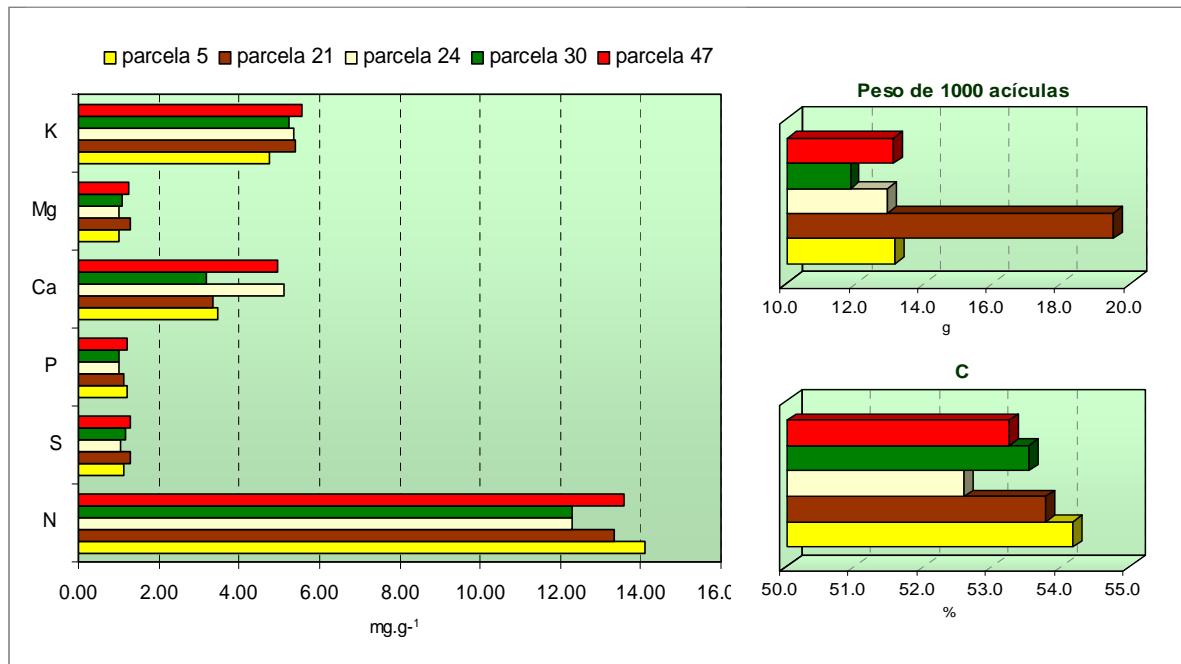


Figura 6.1.1: Contenidos medios foliares (mg·g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en 5 parcelas de *Pinus sylvestris* de la red nacional de Nivel II. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los datos de las parcelas 21, 24 y 47 son medias de 4 años muestreados (2004-2007) y los datos de las parcelas 5 y 30 son medias de 6 años muestreados (2004-2009).

Los contenidos medios de N y P son ligeramente superiores en la parcela 5 de Segovia que en el resto de las parcelas estudiadas, por el contrario presenta los contenidos medios más bajos de K (4.8 mg·g⁻¹). En general los rangos de variación de los contenidos de nutrientes entre las 5 parcelas son muy estrechos, en especial en el caso del P (entre 1.0 y 1.2 mg·g⁻¹), el S (entre 1.0 y 1.3 mg·g⁻¹) y el Mg (entre 1.0 y 1.3 mg·g⁻¹). Los contenidos medios de Ca presentan mayor rango de variación entre 3.2 y 5.1 mg·g⁻¹, lo que refleja la variedad del tipo de suelo ya que el contenido medio de calcio más alto (5.11 mg·g⁻¹) ha correspondido a la parcela 24 de Huesca, esta parcela presenta un valor de pH en suelo de 6.1, el más alto de las cinco parcelas.

El peso medio de 1000 acículas ha sido mayor en la parcela 21 de Teruel (19.5 g) mientras que el más bajo (11.8 g) ha correspondido a la parcela 30 de Soria. El contenido de carbono medio presenta rangos de variación estrechos (entre 52.6 y 54.2 %) correspondiendo el contenido más alto a la parcela 5 de Segovia.

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- NO_3 , S- SO_4 , N- NH_4 y alcalinidad (alk), elementos mayoritarios presentes en el agua de precipitación analizados en la parcela 5 de *Pinus sylvestris* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)										
Año		Trascolación					Precipitación incidente					
2009		512					565					

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	46	6.20	7.22	0.92	1.91	0.54	0.84	1.36	0.47	2.58	110
		(9-103)	(5.51-7.11)	(0.74-17.95)	(0.29-1.45)	(0.20-5.24)	(0.07-1.62)	(0.09-1.80)	(0.09-4.86)	(0.07-0.87)	(0.43-5.93)	(26-242)
n=10	Pi	15	6.27	0.82	0.51	0.85	0.09	0.48	0.32	0.34	0.92	40
		(6-25)	(5.47-7.05)	(0.12-2.76)	(0.18-1.24)	(0.13-2.02)	(0.03-0.18)	(0.14-1.13)	(0.11-0.56)	(0.09-0.53)	(0.43-1.43)	(1-110)

Tabla 7.1. Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 5 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- NH_4 , N- NO_3 , S- SO_4 , 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.

El rango de valores de pH obtenidos tanto en la precipitación incidente como en el agua de trascolación es muy amplio y varía entre 5.5 y 7.1, con valores medios ligeramente ácidos (6.3 y 6.2, respectivamente). La concentración total de cationes en el agua de lluvia es superior a la concentración total de aniones lo que va a influir en la obtención de valores de pH superiores a 6 en la mayor parte de los periodos muestreados.

La conductividad eléctrica en el agua de precipitación incidente presenta unos rangos de variación entre 6 y 25 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y un valor medio de 15 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, lo que indica que se trata de soluciones con una baja carga iónica. La conductividad eléctrica media en el agua de trascolación (46 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) es mayor que en la determinada en la precipitación incidente (15 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea.

En la precipitación incidente la concentración media de los aniones sulfatos de origen principalmente industrial y de los nitratos procedentes principalmente del tráfico rodado son bajas y similares entre sí.

El agua de lluvia modifica su composición química al atravesar el dosel arbóreo aumentando la concentración de la mayor parte de los iones especialmente de los cationes K, Ca y Mg, que son nutrientes absorbidos por las hojas y fácilmente lixiviados. Hay que destacar la concentración media de K que varía de 0.82 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en la precipitación incidente a 7.22 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ tras su paso por la cubierta arbórea. En el caso de los aniones, los nitratos y el cloro son los que más van a aumentar su concentración en el agua de lluvia tras atravesar el dosel arbóreo, este hecho puede ser debido en el caso de los nitratos a la influencia de la deposición seca.

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 (Figura 7.1).

El pH ha aumentado ligeramente en los dos últimos años de muestreo pasando de 6.0 en el año 2007 a 6.3 en el año 2009, mientras que por el contrario la alcalinidad ha disminuido su concentración presentando una concentración media de $64 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2007 y $40 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009, efecto contrario a lo esperado ya que la alcalinidad es un parámetro directamente relacionado con el pH.

La conductividad eléctrica media también ha disminuido ligeramente en los últimos dos años de muestreo pasando de $26 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2007 a $15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2009.

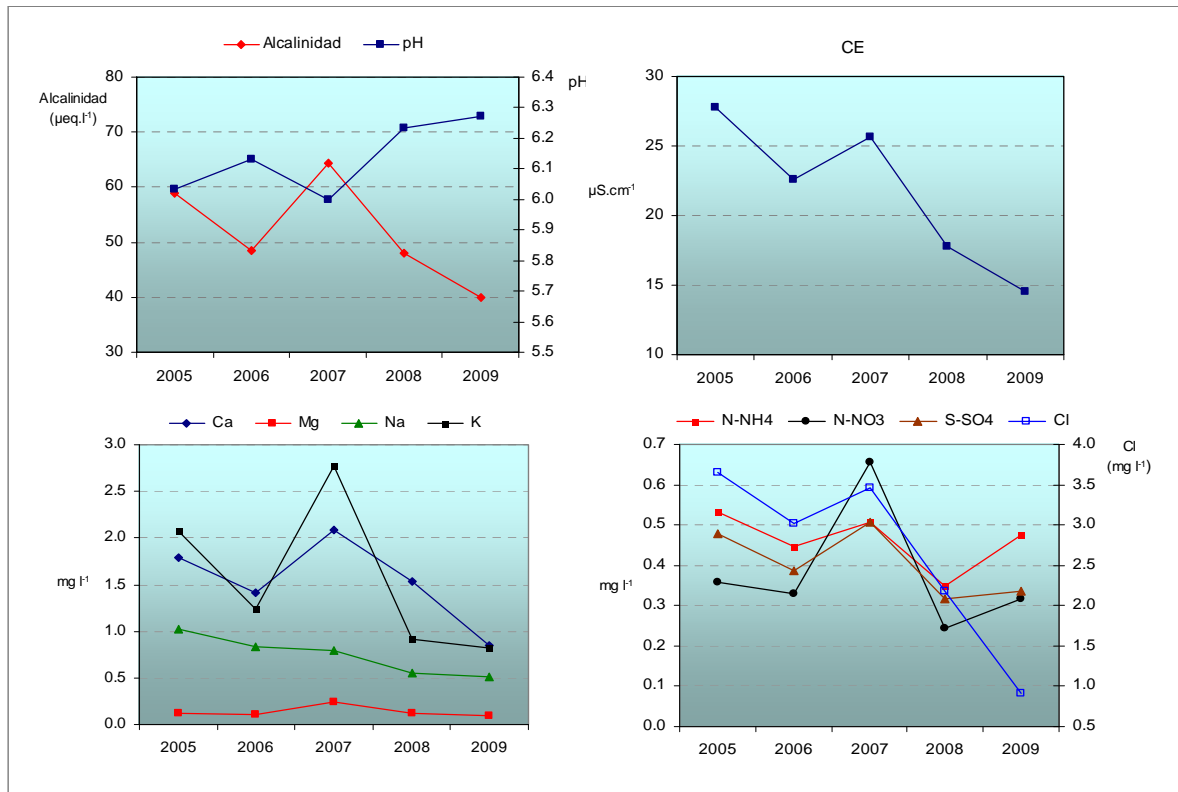


Figura 7.1. pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) en la parcela 5Ps durante el periodo 2005-2009. Los datos son medias de los periodos muestreados en cada año.

Las concentraciones medias de los cationes Ca y K han disminuido moderadamente a partir del año 2007, pasando en el caso del Ca de $2.08 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ a $0.85 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009 y de $2.77 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2007 a $0.82 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009, en el caso del K. Las concentraciones medias de Na y Mg han variado muy poco en el año 2009 respecto al resto de los años muestreados.

La concentración media de sulfatos así como la concentración media de los nitratos y del amonio ha experimentado un ligero aumento en el año 2009 respecto a las concentraciones medias obtenidas en el año 2008, año que ha presentado las concentraciones más bajas de dichos elementos y que se corresponde con el año de mayor precipitación total anual (1286 mm)(informe 2005-2008). La concentración media del Cl ha disminuido moderadamente en el año 2009 pasando de una concentración media de $2.18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008 a $0.92 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en 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 (μeq·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.

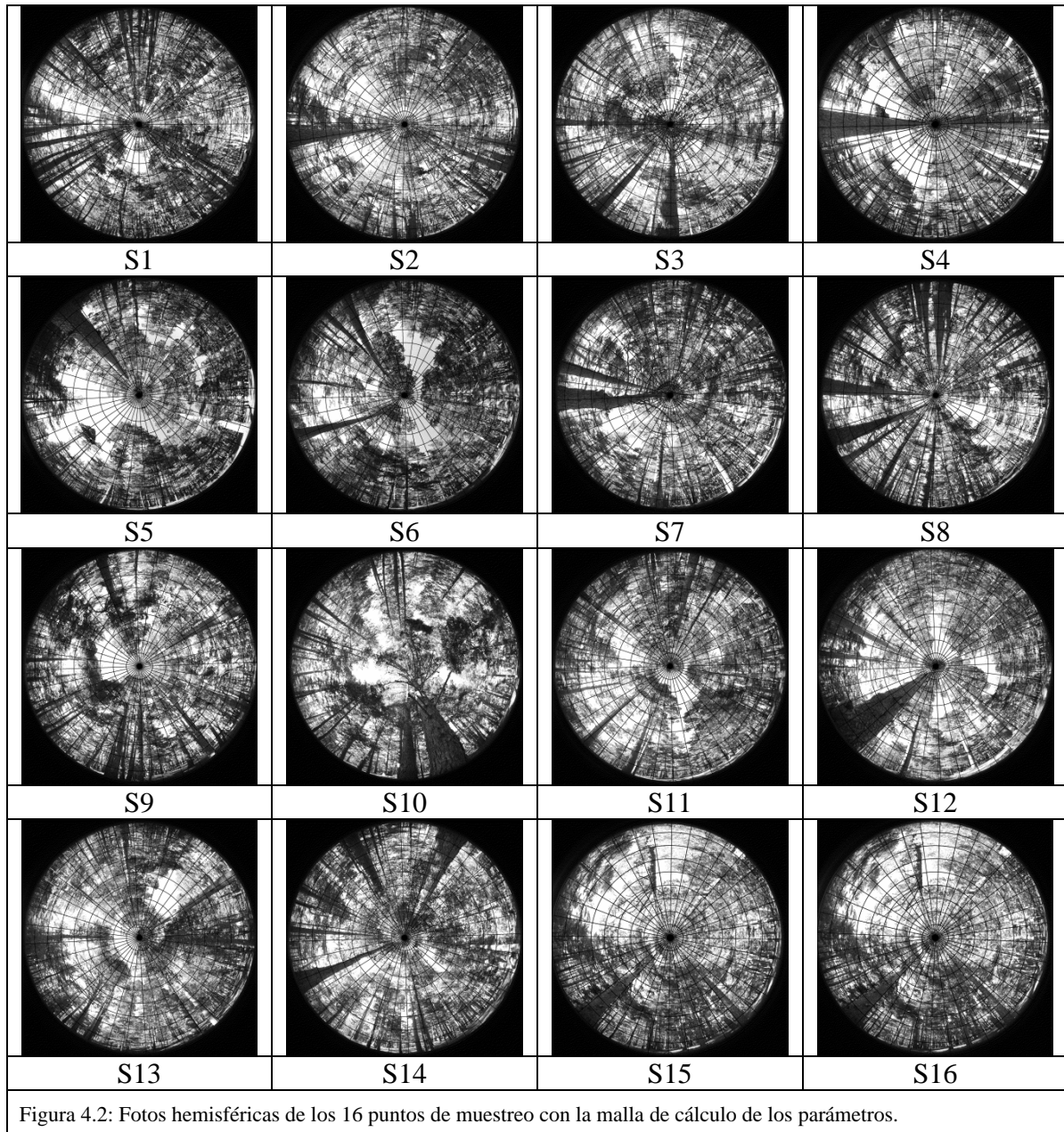
P	cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk		
	mm		μS·cm ⁻¹									mg·l ⁻¹	μeq·l ⁻¹	
Pi	2	170	5.75	6	0.13	0.03	0.18	0.12	0.20	0.12	0.09	0.78	0	
	3	4	5.47	20	1.28	0.18	0.49	0.78	1.13	0.56	0.45	1.02	70	
	4	122	6.30	7	0.19	0.04	0.23	0.36	0.42	0.21	0.23	0.43	20	
	5	81	6.58	21	2.02	0.16	0.48	1.51	0.43	0.32	0.48	0.82	110	
	6	9	7.05	25	1.57	0.14	1.24	2.76	0.40	0.40	0.53	1.43		
	8	25	6.54	14	1.09	0.08	0.41	0.24	0.39	0.48	0.47	1.00	29	
	9	32	6.47	20	0.85	0.08	0.43	0.76	0.86	0.49	0.47	0.85	44	
	10	57	6.07	6	0.27	0.04	0.29	0.39	0.14	0.11	0.16	0.69	17	
	11	65	6.21	11	0.26	0.08	0.83	0.47	0.31	0.14	0.15	1.24	28	
	T	2	192	5.51	9	0.20	0.07	0.29	0.74	0.13	0.09	0.07	0.43	26
		3	2	6.41	35	2.01	0.37	0.78	1.67	1.80	0.72	0.72	1.16	180
4		109	6.14	16	0.60	0.16	0.45	1.23	0.73	0.46	0.27	0.68	53	
5		53	6.41	52	2.67	0.64	0.93	8.95	0.97	0.94	0.58	1.68	150	
6		5	7.11	72	1.32	0.43	1.39	17.95	1.44	0.60	0.70	5.93	242	
8		20	6.85	81	3.35	1.02	1.03	13.97	1.27	4.21	0.87	4.17	167	
9		20	5.87	103	5.24	1.62	1.45	13.78	1.01	4.86	0.74	4.77	96	
10		45	5.71	27	1.22	0.37	0.75	4.61	0.09	0.23	0.12	2.01	44	
11		67	5.77	20	0.56	0.18	1.19	2.05	0.12	0.18	0.19	2.43	36	

Tabla 7.2. Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica (μS·cm⁻¹), concentración (mg·l⁻¹) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad (μeq·l⁻¹) en los periodos mensuales muestreados en la parcela 5Ps 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 el seguimiento 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 los días 14 y 15 de Julio del 2009 entre las 19:30 y 21:00 y las 7:00 y 8:00.



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 05Ps se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde el 14 a más del 28% de cielo abierto debido al espaciamiento de los árboles y la transparencia de las copas (Tabla 8.3).

Parcela	Sitio	% Sky Area	%Mask Area	%Cnpy Open	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Trans Dir	%Trans Dif	%Trans Tot
5	1	99.87	0.13	17.78	1.99	1.74	3.17	3.26	6.43	21.66	22.25	21.95
5	2	99.87	0.13	21.27	1.80	1.56	3.63	3.97	7.60	24.81	27.13	25.97
5	3	99.87	0.13	14.33	2.28	1.96	2.43	2.60	5.02	16.58	17.74	17.16
5	4	99.89	0.11	15.53	2.02	1.91	2.98	2.94	5.91	20.33	20.07	20.20
5	5	99.91	0.09	21.56	1.49	1.52	3.19	4.29	7.48	21.77	29.28	25.53
5	6	99.89	0.11	17.70	1.92	1.73	4.13	3.58	7.71	28.18	24.46	26.32
5	7	99.90	0.10	17.90	1.94	1.71	2.13	3.21	5.33	14.52	21.89	18.20
5	8	99.89	0.11	18.81	1.84	1.65	2.77	3.44	6.21	18.89	23.50	21.20
5	9	99.89	0.11	19.48	1.85	1.62	3.88	3.67	7.55	26.50	25.08	25.79
5	10	99.87	0.13	25.14	1.68	1.38	5.67	4.35	10.03	38.75	29.75	34.25
5	11	99.90	0.10	26.53	1.38	1.28	6.98	4.90	11.89	47.69	33.49	40.59
5	12	99.88	0.12	28.35	1.17	1.24	5.37	5.54	10.91	36.66	37.87	37.27
5	13	99.88	0.12	25.98	1.34	1.33	5.15	4.78	9.92	35.14	32.63	33.88
5	14	99.89	0.11	24.88	1.57	1.43	4.17	4.26	8.42	28.45	29.09	28.77
5	15	99.89	0.11	29.29	1.31	1.16	3.50	5.83	9.33	23.90	39.83	31.86
5	16	99.90	0.10	22.13	1.52	1.50	2.22	4.09	6.31	15.19	27.92	21.56

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.

Es el motivo por el que el índice de área foliar 4 (0 a 60° cenitales) o el área foliar 5 (0 a 75°) es bajo, con valores alrededor de 2 en algunos sitios (valores propios de las coníferas) pero también con valores cerca de 1 (claros) en otros.

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.

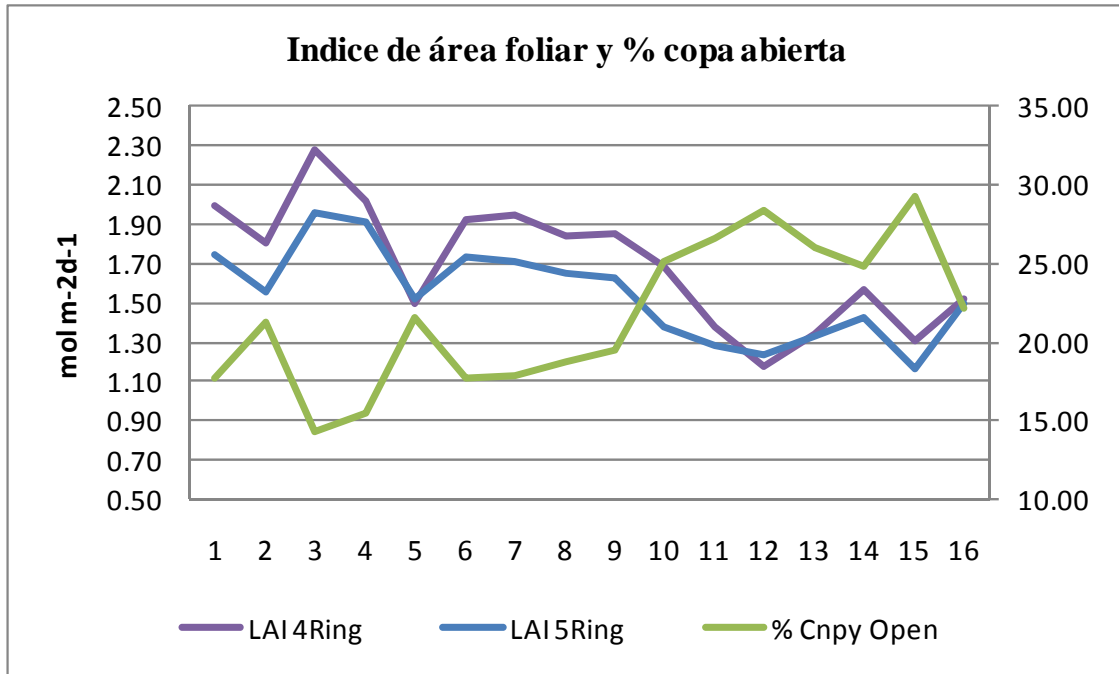
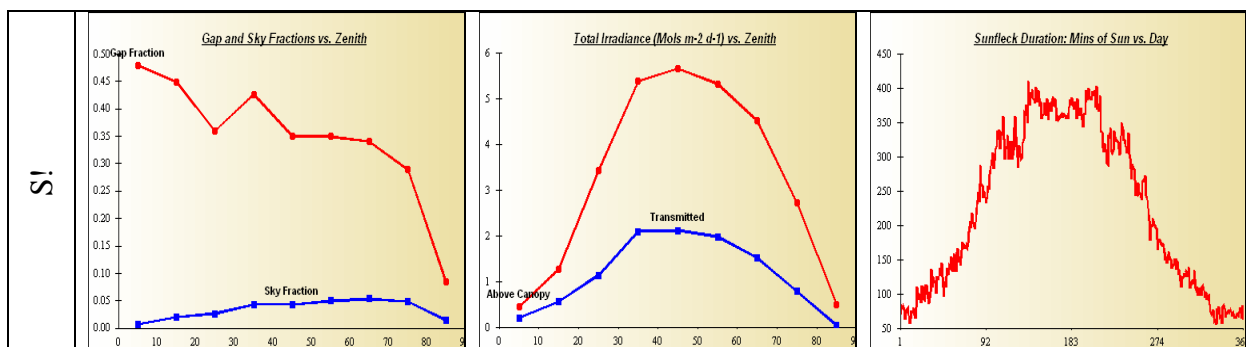
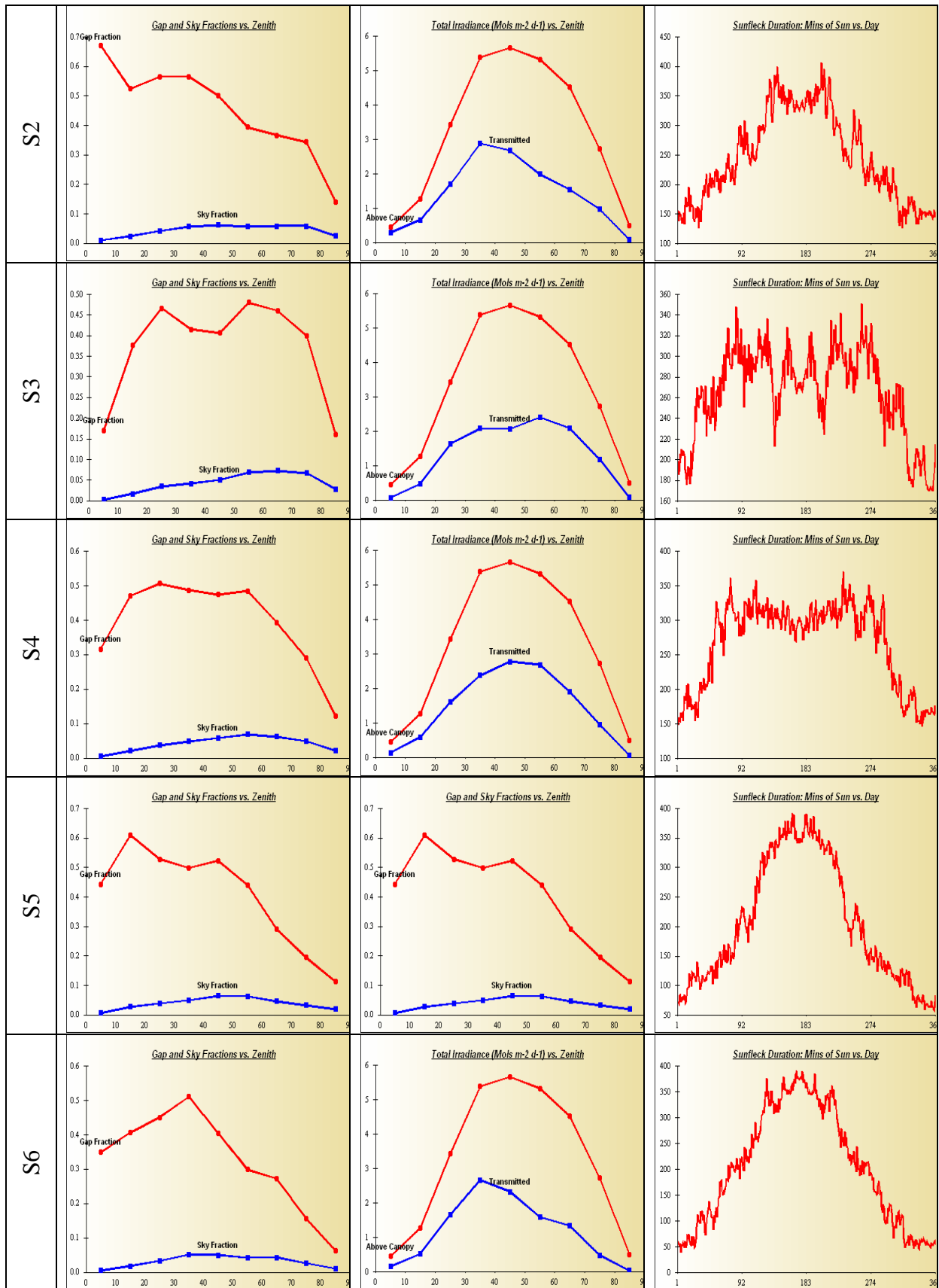


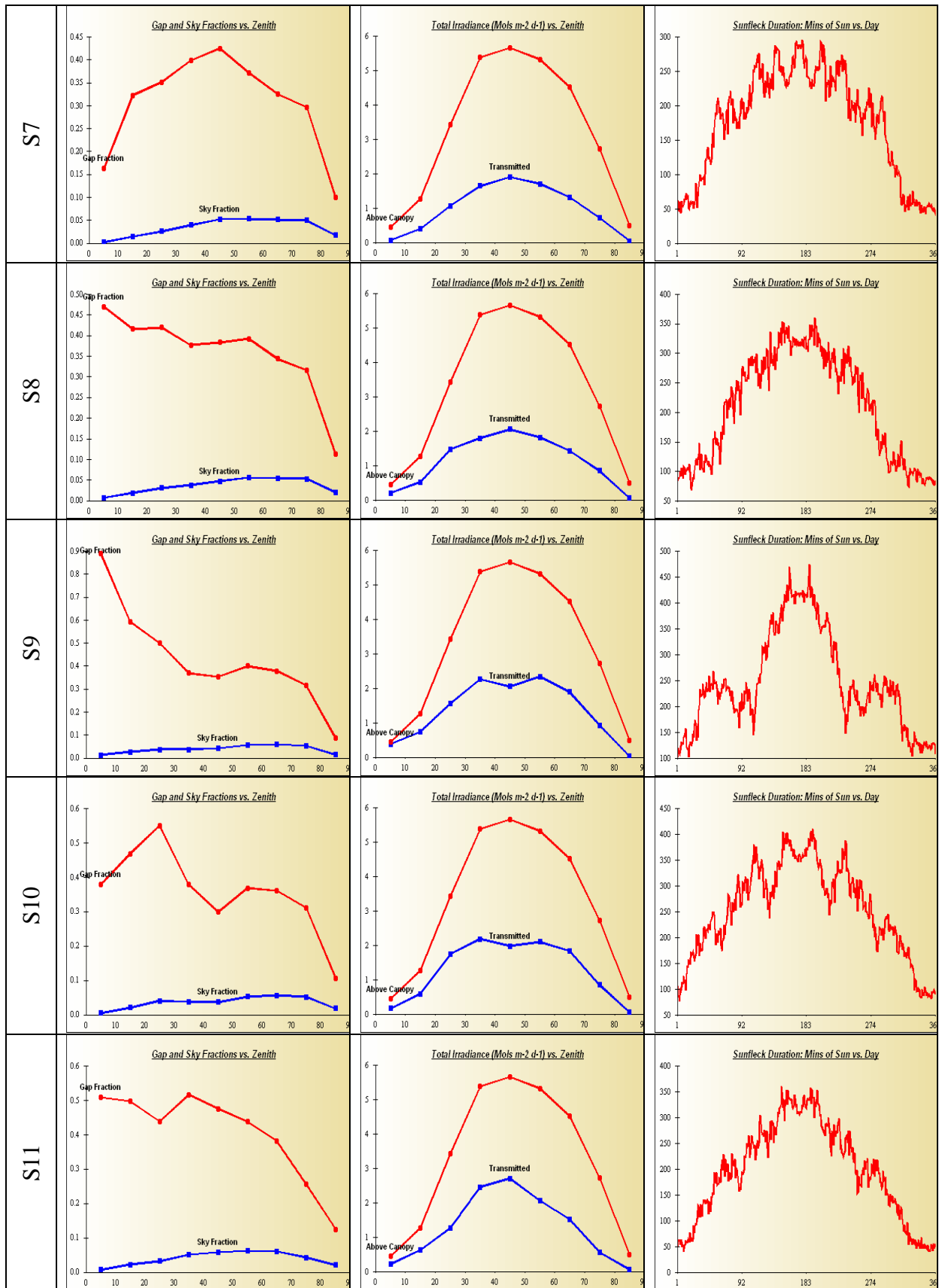
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

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.







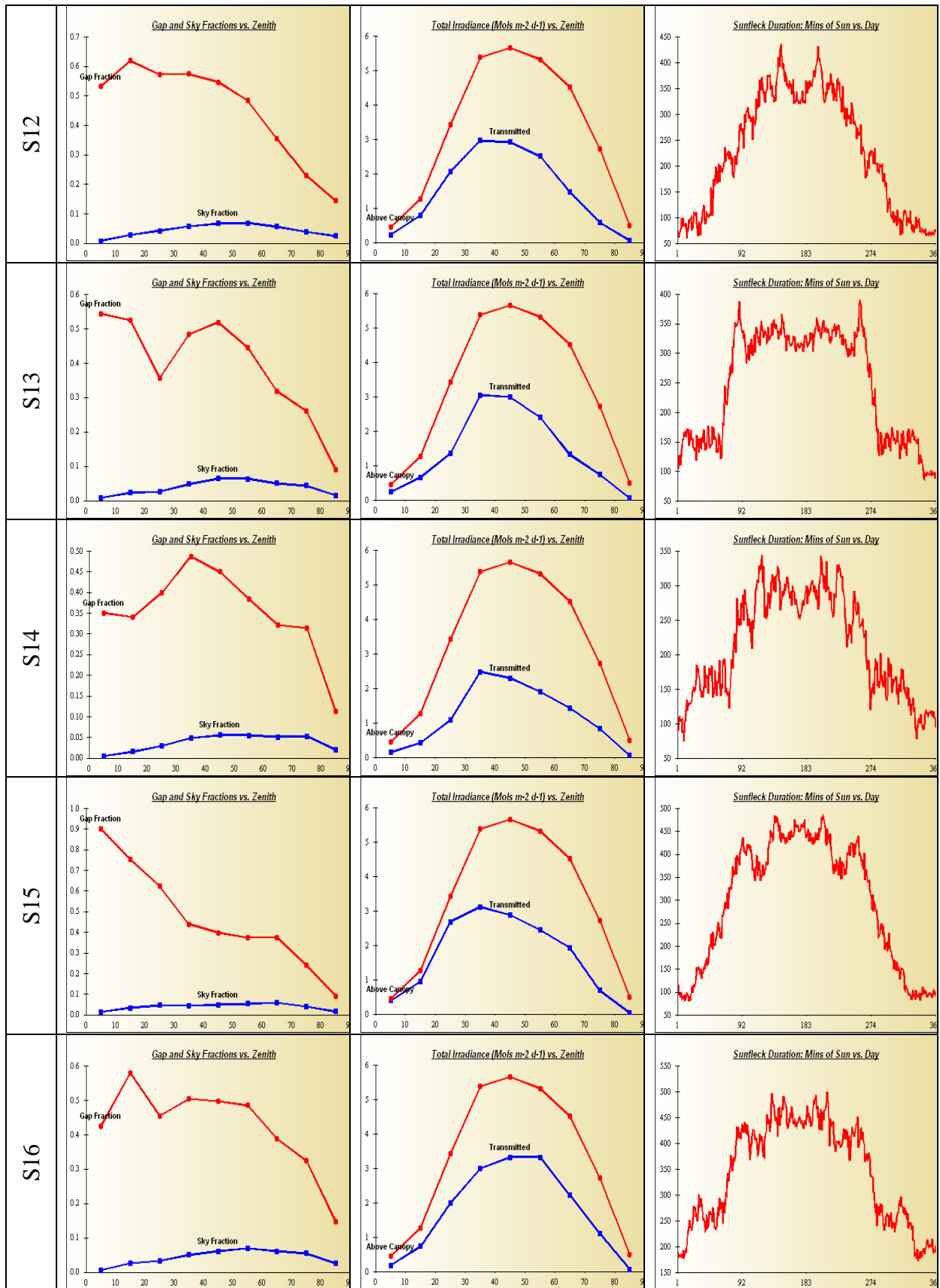


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 05Ps se llevó a cabo el 6 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.

05Ps	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	154.9
Grupo 5	Herbaceas	20.5
Grupo 6	Matorral caduco	21.6
Grupo 7	Matorral perenne	199.2

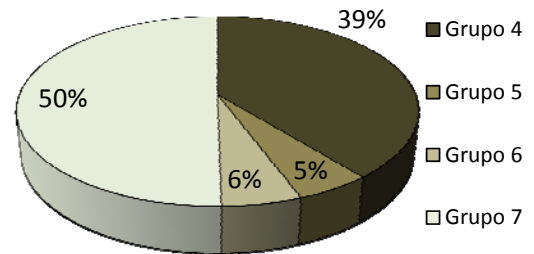


Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 05Ps durante el año 2009.

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

El grupo de vegetación mayoritario, con un 50% sobre el total de la vegetación encontrada, ha sido el de poáceas, ciperáceas y juncáceas (Figura 9.1). Le sigue el grupo de matorral perenne, con un 39%, matorral caduco con un 6% y el grupo de las herbáceas con un 5%.

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

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 137 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de matorral perenne (107 kg·ha⁻¹) y el grupo de poáceas, ciperáceas y juncáceas (78 kg·ha⁻¹). Los macronutrientes retenidos por la vegetación mayoritariamente han sido N, K y Ca en los grupos 2 y 7 y K en los dos grupos anteriormente citados (Figura 9.3).

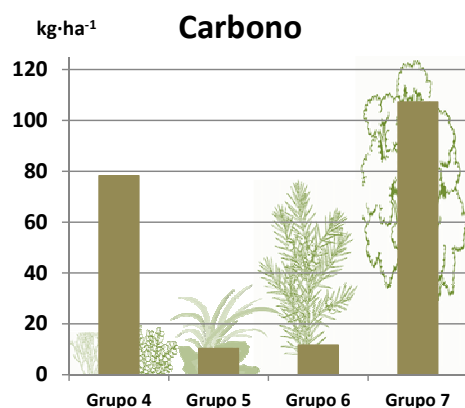


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

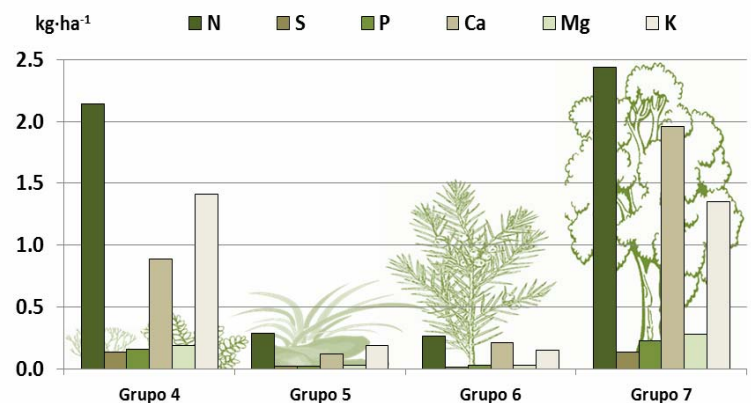


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela se encuentra sobre un suelo de gneis. El perfil característico de este suelo es un Cambisol Húmico (O/A_h/B_w/C/R).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl₂ ácido, con valores medios en la capa orgánica de 4.0 y 4.19 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 4.13±0.23.

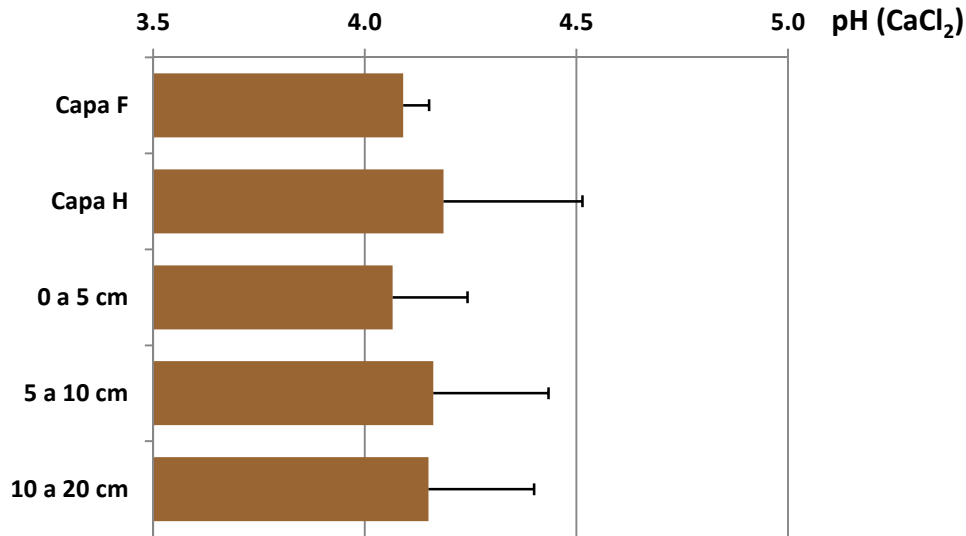


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl₂) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 503±19 g·kg⁻¹ y 233±96 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 42.37±7.11 g·kg⁻¹, no existiendo una tendencia clara con la profundidad.

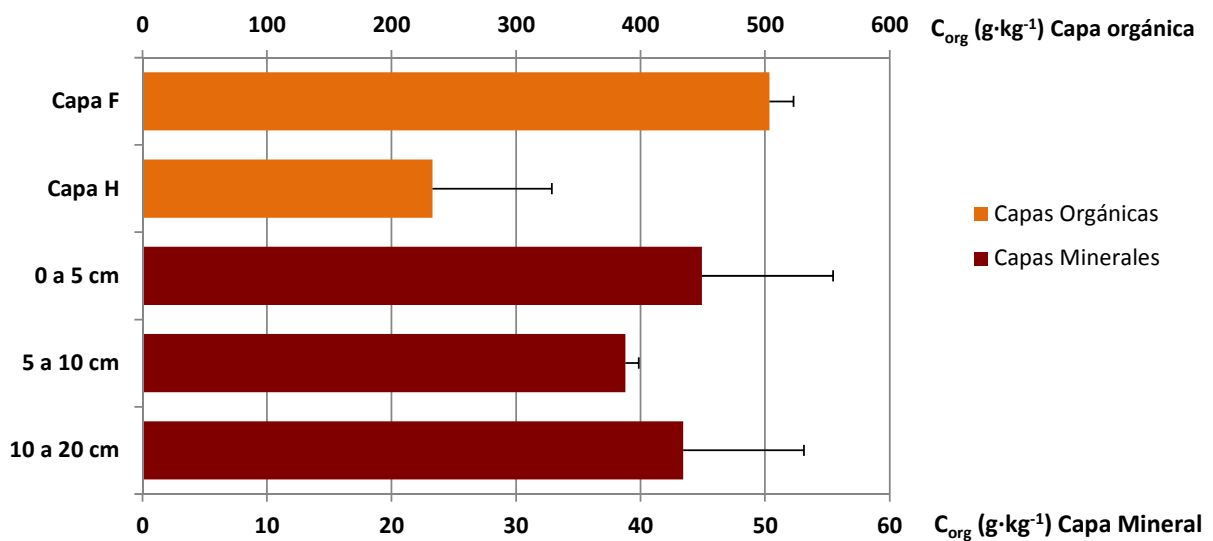


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

H: capa de material orgánico humificado.

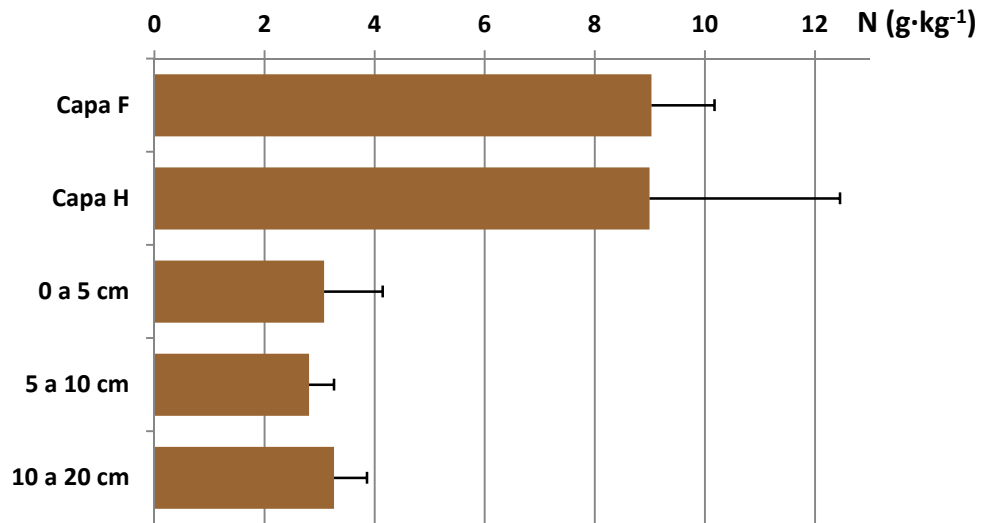


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido muy similares, con valores de 9.03 y 9.00 g·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 3.05±0.71 g·kg⁻¹.