

PARCELA 10 *Pinus pinea* (Huelva)



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 10Ppa de *Pinus pinea* de seguimiento intensivo de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Huelva
Término Municipal: Almonte
Paraje: Los Bodegones
Coordenadas (GPS)
Latitud: +37°09'00''
Longitud: -06°44'00''
Altitud: 65 m s.n.m.
Orientación: Plano
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARÁCTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

Especie principal: *Pinus pinea*
Edad media: 21-40 años
Nº árboles de la especie principal: 101
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Arenas
Edafología: Gleyc Arenosol

VEGETACIÓN

Bajo cubierta más o menos densa de pino piñonero hay un matorral bastante uniforme. Suelo arenoso apenas hay herbáceas pero se encuentra cubierto por pinocha (98%), en las cercanías se ha encontrado *Chamaerops humilis*, *Erica scoparia*, *Cistus crispus*, *Cistus libanotis* y *Phillyrea angustifolia*.

2. METEOROLOGÍA

El parámetro meteorológico que más sobresale y que ha marcado las pautas de comportamiento en la parcela es la precipitación, en las que tenemos unas diferencias notables entre el año 2005, con 201 mm de precipitación, y el año 2008, con 848 mm (Tabla 2.1).

El año 2009 ha sido un año intermedio respecto a las variables meteorológicas.

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	3,3	41,8	205,0	16,8	38,1	-7,5	23,3	9,2	64,4	200,2	201
2006	3,2	21,2	197,1	17,7	43,0	-7,7	23,1	8,1	71,0	220,5	848
2007	3,3	23,9	203,8	15,8	38,4	-2,0	22,1	9,8	71,0	196,9	514
2008	3,3	20,2	205,0	16,7	38,1	-7,5	22,9	7,9	64,4	200,2	615
2009	3,3	28,7	211,5	17,2	38,3	-4,1	23,7	11,2	68,7	205,0	531

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 de la parcela 10Ppa se puede observar:

Aparición de la acícula: El fenómeno de aparición de la acícula en el año 2009 ha sido normal, con un periodo de parada debido a la falta de lluvia de final de primavera pero que se vio recompensado con las lluvias de final de verano y completaron el desarrollo de la hoja.

Caída de la hoja: Este proceso fenológico se produce durante todo el año con niveles en torno al 10% de defoliación, teniendo en cuenta la caída de la acícula como proceso fenológico cuando se incrementa la caída por encima de la fase 2 (10 al 33%). En el año 2009, la caída de la acícula se ha incrementado en primavera como consecuencia de la escasez de lluvias primaverales y a los daños aparecidos en la parcela, pero ha mejorado considerablemente en comparación con los años 2007-2008.

Decoloración: Los procesos de decoloración en la parcela son apreciables en primavera, en coincidencia con la caída de la acícula, pero también menos intensa que en los dos años anteriores.

Nº de años de acículas en el árbol: Llega a tener acícula de tres años cuando aparece la nueva metida del año pero enseguida pasa a tener solo acículas de dos años.

Floración y fructificación: No hay nada reseñable en este apartado.

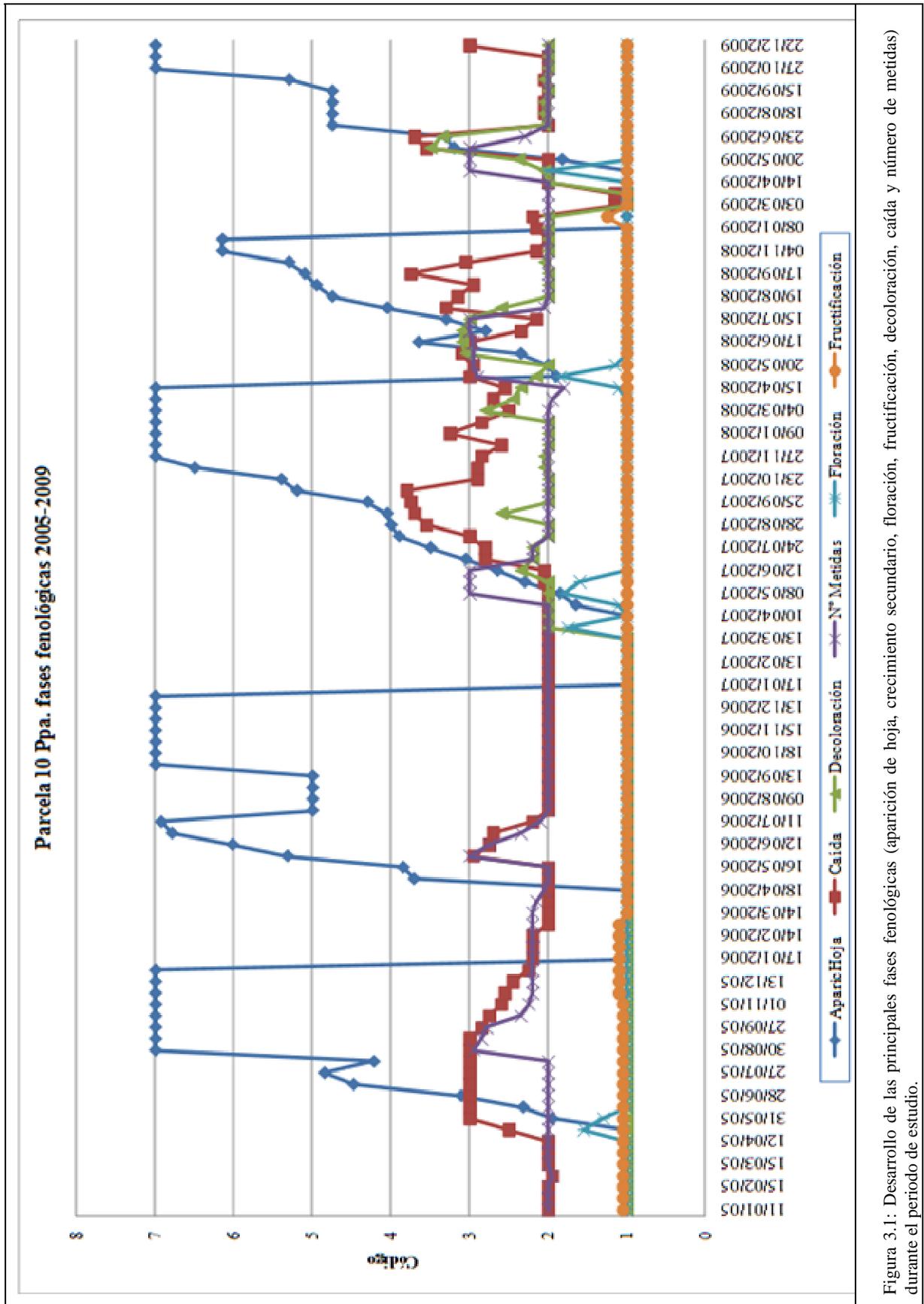


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 10Ppa se han observado los siguientes daños en el año 2009:

-Thaumetopoea pityocampa.- Continúan hasta primavera los daños ligeros sobre algunos pies que empezaron a finales de 2008. Estos daños vuelven a aparecer a mediados de septiembre, prolongándose hasta finales de año.

-Tiriopsis halepensis.- Durante el 2009 se observa la presencia moderada y generalizada de este hongo defoliador, que es el responsable principal de la decoloración y la caída prematura de la acícula vieja de los pies.

4. CRECIMIENTOS

Los árboles de la parcela 10Ppa son pies adultos de *Pinus pinea* en una masa no tratada para sanear. En estos casos el crecimiento es muy escaso. Sólo en el año 2007 fue un poco mayor como consecuencia de las lluvias del 2006 y 2007; en el 2008 y 2009 los crecimientos han sido nulos.

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	22,29	9,38	19,55	
2006	22,23	9,38	19,53	-0,13
2007	23,22	9,42	20,82	7,70
2008	23,22	9,42	20,82	0,00
2009	23,22	9,42	20,82	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 han tenido pequeños y continuados crecimientos pero que no llegan a medio centímetro en el año 2009. En este año, y como consecuencia de la aplicación de la nueva normativa de FutMon, se han instalado 10 cintas diamétricas más en los árboles de la parcela (Figura 4.2).

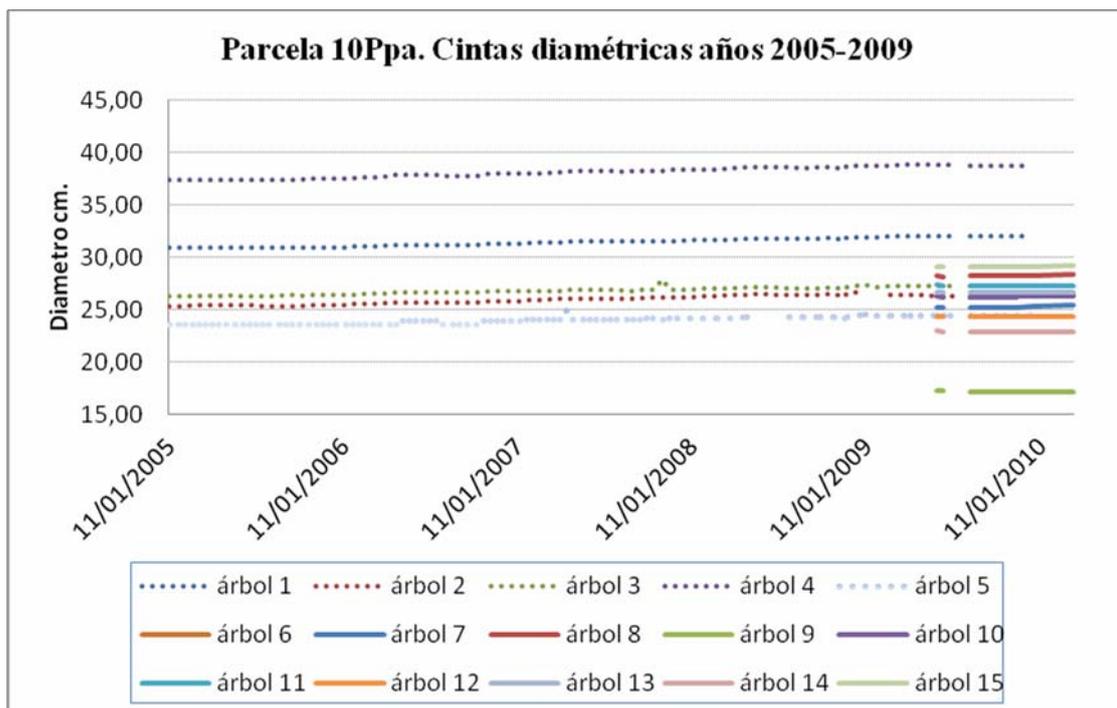


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 10 de *Pinus pinea* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 5141 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 similares a los obtenidos en el año 2006 (5361 kg·ha⁻¹·año⁻¹).

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales del 69%, seguida de la fracción otros, con un 25%, y de la fracción ramas, con un 6% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de las diferentes fracciones han sido similares a los obtenidos en los anteriores años de estudio

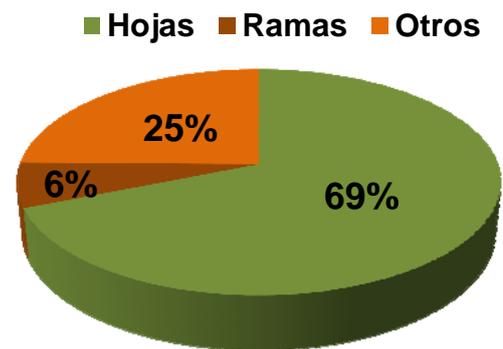
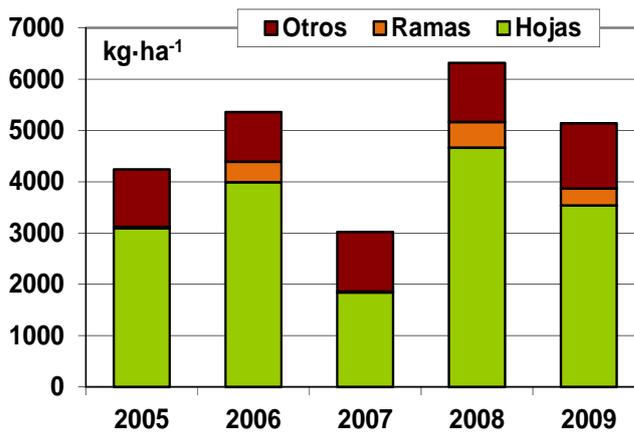


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

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

En el estudio de la evolución mensual del desfronde (Figura 5.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido al mes de mayo, con aportes máximos al suelo cercanos a los 1600 kg·ha⁻¹, de los cuales 1550 kg·ha⁻¹ corresponden a la fracción hoja. Comparándose con el promedio de los años anteriores de estudio (2005-2008), la principal caída de la hoja se ha adelantado este año, respecto al promedio de los años anteriores de estudio, 2005-2008, donde los máximos aportes al suelo han sido entre los meses de mayo y agosto, con máximas en el mes de julio cercanas a 2000 kg·ha⁻¹, en el año 2008. La fracción otros ha alcanzado máximos en el mes de abril (310 kg·ha⁻¹) y la fracción ramas sólo es significativa entre los meses de diciembre y abril.

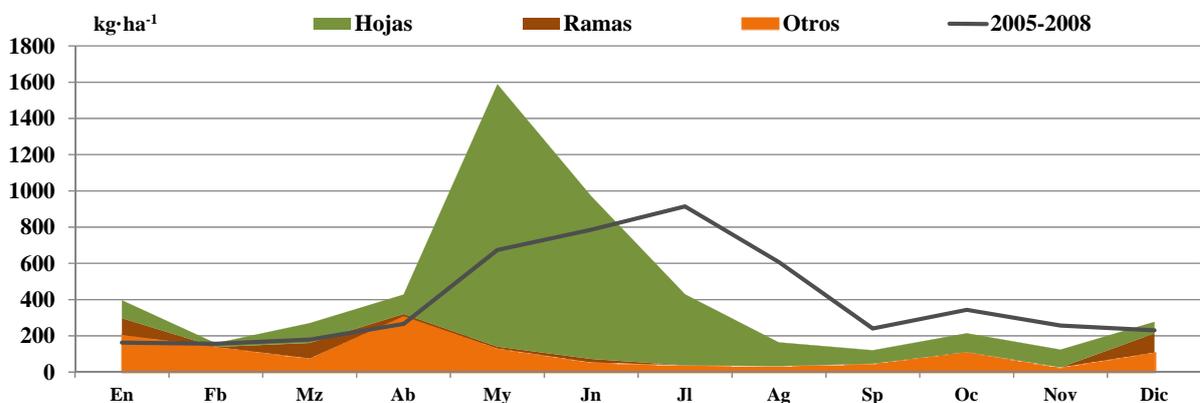


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

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.

10Ppa	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	52.39	5.95	1.21	0.29	3.86	2.01	1.88
	Otros	53.28	5.43	0.99	0.31	5.57	0.95	0.90
	Ramas	52.40	2.21	0.56	0.10	2.82	0.48	0.44
Febrero	Hojas	52.39	5.95	1.21	0.29	3.86	2.01	1.88
	Otros	52.14	6.73	1.07	0.38	4.66	1.13	1.16
	Ramas	52.40	2.21	0.56	0.10	2.82	0.48	0.44
Marzo	Hojas	52.49	5.20	1.10	0.28	4.28	2.41	2.53
	Otros	52.32	5.79	1.00	0.21	5.85	0.97	0.97
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Abril	Hojas	51.58	4.44	1.17	0.24	3.93	2.19	2.55
	Otros	52.49	5.55	0.94	0.40	2.42	1.13	6.25
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Mayo	Hojas	51.57	3.12	1.36	0.16	4.86	2.73	3.49
	Otros	53.32	7.13	1.07	0.43	3.20	1.04	4.84
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Junio	Hojas	50.50	2.80	1.25	0.14	3.91	2.55	3.47
	Otros	53.96	7.11	1.09	0.59	4.84	1.17	2.31
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Julio	Hojas	50.40	2.54	1.20	0.14	3.68	2.04	3.57
	Otros	52.05	6.45	0.95	0.37	6.07	1.33	2.13
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Agosto	Hojas	50.57	3.22	1.33	0.21	4.38	2.56	4.09
	Otros	52.05	6.45	0.95	0.37	6.07	1.33	2.13
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Septiembre	Hojas	52.37	3.97	1.01	0.23	4.42	2.43	3.40
	Otros	52.00	6.66	0.78	0.26	4.86	1.11	1.45
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Octubre	Hojas	51.22	4.22	0.79	0.27	5.08	2.51	2.72
	Otros	51.71	8.47	1.23	0.25	4.43	0.86	1.07
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Noviembre	Hojas	50.08	4.47	0.57	0.26	4.47	2.40	3.24
	Otros	53.25	4.96	0.83	0.21	5.52	0.88	0.83
	Ramas	54.31	5.19	1.08	0.17	5.65	0.71	0.79
Diciembre	Hojas	52.06	5.87	0.62	0.30	4.59	2.20	1.70
	Otros	53.25	4.96	0.83	0.21	5.52	0.88	0.83
	Ramas	53.87	4.20	0.91	0.18	5.49	0.75	1.16

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 10Ppa durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 51.47±0.89, 52.65±0.72 y 53.95±0.74 g·kg⁻¹ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente (Tabla 5.1).

Los contenidos de N en hoja han sido de 4.43±1.29 g·kg⁻¹, con concentraciones mayores en los meses finales de otoño y en invierno. En esta fracción, también se ha encontrado similar tendencia en los contenidos de P, 0.23±0.06 g·kg⁻¹. Las concentraciones de S foliar recogidas en el desfronde, han disminuido en los meses de septiembre a diciembre,

con valores mínimos de $0.62 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Valores máximos se han alcanzado en el mes de mayo, $1.36 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

En la fracción otros, se han encontrado los máximos contenidos de nitrógeno, $6.31\pm 1.03 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de media anual, con concentraciones más elevadas durante los meses de mayo a octubre. También, ha sido en esta fracción donde se han encontrado las máximas concentraciones de P, $0.33\pm 0.11 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con valores más elevados en primavera y comienzo de verano.

En la fracción ramas, los contenidos medios más elevados respecto a las fracciones de estudio, han sido de Ca, con concentraciones medias a lo largo del año de $5.16\pm 1.09 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

En total, la parcela 10Ppa ha aportado al suelo con el desfronde valores de Carbono cercanos a los $2700 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el año de estudio, oscilando los rangos de variación de estos aportes entre $1565 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ y $3268 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, en el año 2007 y 2008, respectivamente.

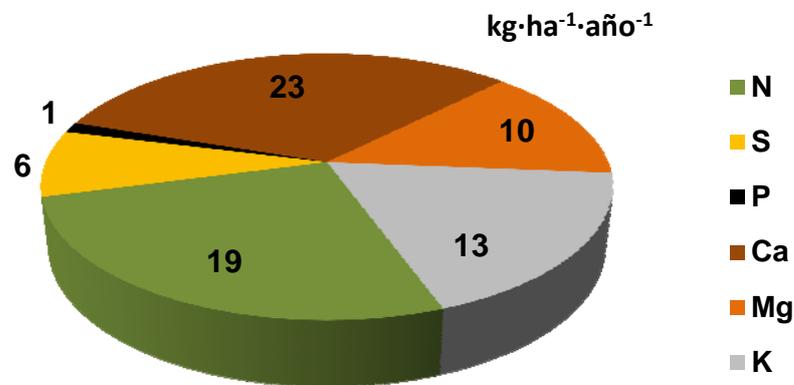


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 10Ppa.

El contenido de macronutrientes aportados al suelo durante el año 2009, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de $72 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, dentro del rango de variación de $51,9$ y $103,9 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de los años de estudio (2005-2008).

6. NUTRICIÓN FOLIAR

Los resultados obtenidos del peso de 1000 acículas y de los contenidos foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio), así como el contenido de carbono en acículas de la especie *Pinus pinea* 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 diciembre 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	C	N	S	P	Ca	Mg	K
	(g)							
2008	24.16	530.42	9.85	1.17	0.52	4.06	2.60	3.89
2009	22.94	530.05	9.55	1.07	0.66	2.17	2.22	4.47

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>Mg>Ca>S>P, mientras que en las acículas del año anterior el orden es el siguiente: N>Ca>K>Mg>S>P. Todos los nutrientes analizados a excepción del fósforo y potasio presentan mayores contenidos en las acículas del año anterior que en las del año en curso destacando principalmente los contenidos foliares de Ca, que son prácticamente el doble en las acículas del año anterior (4.06 mg.g⁻¹) que en las del año en curso (2.17 mg.g⁻¹), lo que indica una acumulación de un elemento poco móvil como el Ca frente a elementos de mayor movilidad como el P y K, los cuales se van a movilizar durante el proceso de retraslocación.

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

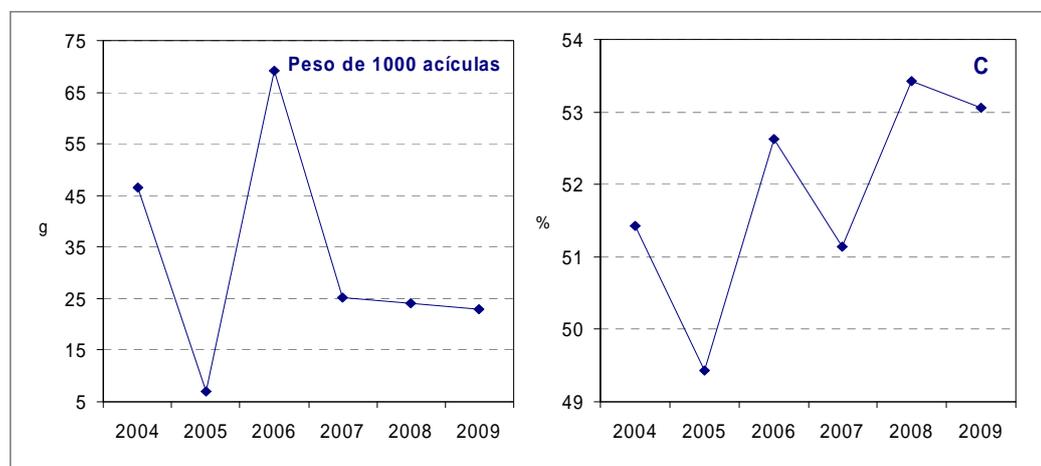


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. pinea* durante el periodo 2004-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

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 más bajo corresponde al año 2005 (7.05 g) y el más alto (69.2 g) al año 2006, este dato coincide con el hecho de que el año 2005 fue el de menor precipitación total anual (201 mm) y el año 2006 el de mayor precipitación total anual (848 mm) (Informe 2005-2008), lo que podría haber influido en el desarrollo de la masa foliar. En los últimos tres años de muestreo se observa una ligera disminución de la masa foliar. El contenido de C aumenta de forma gradual tanto en las acículas muestreadas en el año en curso (2005, 2007 y 2009) como en las muestreadas en el año anterior (2004, 2006 y 2008) pasando de 49.43% de C en el año 2005 a 53.05% en el año 2009.

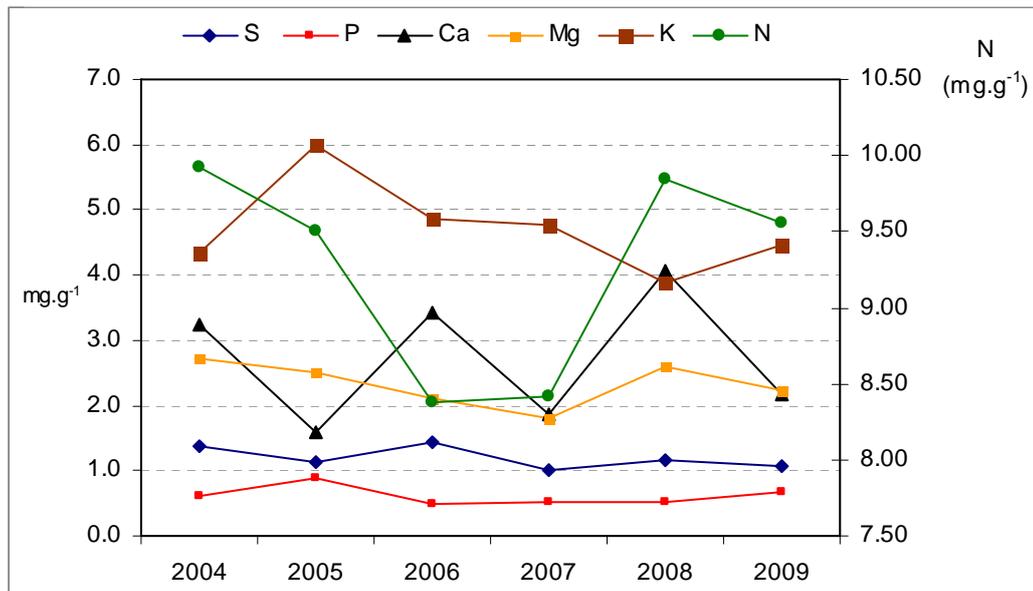


Figura 6.2. Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *P. pinea* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C.

En el caso de la variación del contenido foliar de nutrientes (Figura 6.2) se observa que el contenido de N baja moderadamente en los años 2006 y 2007 produciéndose una recuperación del mismo en los 2 años siguientes de muestreo con contenidos foliares de 9.85 mg·g⁻¹ en el año 2008 y 9.55 mg·g⁻¹ en 2009, similares a los presentados en los años 2004 y 2005. Los contenidos de S y P se mantienen más o menos constantes en los años muestreados. Se observa una disminución del contenido foliar de Mg en los primeros cuatro años de estudio presentando una ligera subida en los años 2008 y 2009. El contenido de K también disminuye pasando de 5.99 mg·g⁻¹ en el año 2005 a 4.47 mg·g⁻¹ en el año 2009. En el caso del Ca su contenido aumenta ligeramente tanto en las acículas muestreadas en el año en curso como en las del año anterior pasando de 1.60 mg·g⁻¹ en el año 2005 a 2.17 mg·g⁻¹ en el año 2009.

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

Para estudiar la variabilidad espacial comparamos los contenidos medios foliares de nutrientes así como el peso medio de 1000 acículas de la parcela 10 y de la parcela 36 situada en Valladolid (Figura 6.1.1). La parcela 36 pertenece a una de las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II, dicha parcela ha sido muestreada en diciembre de 2005 y febrero de 2008.

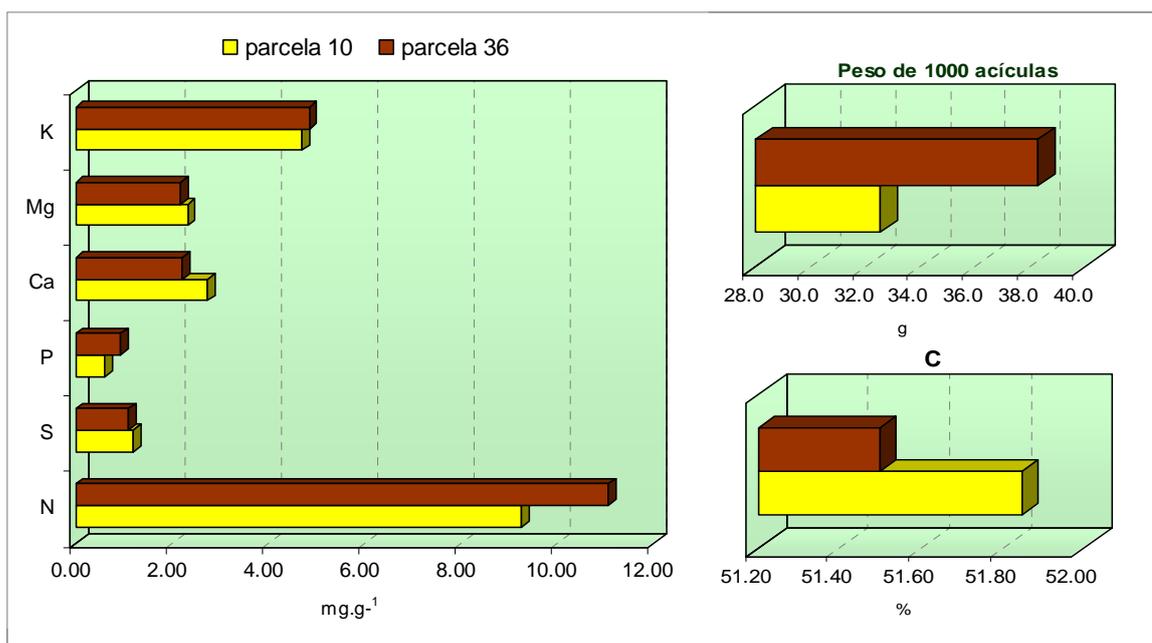


Figura 6.1.1: Contenidos medios foliares (mg.g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en dos parcelas de *Pinus pinea* de la red nacional de Nivel II. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los datos de la parcela 36 son medias de 4 años muestreados (2004-2007) y los datos de la parcela 10 son medias de 6 años muestreados (2004-2009).

Los contenidos medios foliares de nitrógeno y fósforo en la especie *P.pinea* son menores en la parcela de Huelva (9.27 mg.g⁻¹ de N y 0.61 mg.g⁻¹ de P) que en la parcela de Valladolid (11.06 mg.g⁻¹ de N y 0.94 mg.g⁻¹ de P). El potasio presenta contenidos medios muy similares en ambas parcelas. Los contenidos foliares del resto de los nutrientes son mayores en la parcela 10 de Huelva, no presentando grandes diferencias entre dichos contenidos. La parcela de Huelva presenta menor desarrollo de masa foliar que la situada en Valladolid, sin embargo presenta mayor contenido de carbono foliar.

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 10 de *Pinus pinea* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		330	525

Año		c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH4	N-NO3	S-SO4	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										
2009	T	117	6.31	8.14	7.34	6.33	2.82	0.61	2.91	2.65	16.22	96
		(33-383)	(5.89-6.78)	(1.78-15.63)	(2.99-19.11)	(0.88-30.13)	(0.46-11.27)	(0.05-1.85)	(0.22-14.21)	(0.66-8.77)	(5.18-46.37)	(19-153)
n=9	Pi	80	6.03	4.37	5.9	3.83	0.8	0.52	1.59	3.18	11.28	75
		(16-322)	(4.87-7.14)	(0.16-26.33)	(1.39-22.80)	(0.30-13.29)	(0.20-3.06)	(0.02-2.16)	(0.11-6.14)	(0.34-10.33)	(1.81-33.28)	(1-289)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 10 de *P. pinea*. 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.

Los valores de pH en la precipitación incidente presentan un amplio rango de variación, varían entre un mínimo de 4.87 y un máximo de 7.14, con un valor medio de 6.0 ligeramente más ácido que el valor medio de pH determinado en el agua de trascolación (6.3). El agua de lluvia por lo tanto es una solución ligeramente ácida con valores de pH relativamente altos debido a que la concentración total de cationes presentes en el agua de lluvia es mayor que la concentración total de los aniones.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un rango de variación muy amplio entre 16 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y 322 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y un valor medio de 80 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, inferior al determinado en el agua de trascolación (117 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), este aumento en la concentración es debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia, a excepción del sulfato, aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea. Se trata por lo tanto de soluciones con elevada carga iónica debido principalmente a las elevadas concentraciones que presentan algunos iones en el agua de lluvia como es el caso del anión Cl⁻ y de los cationes Ca²⁺ y K⁺.

En el agua de lluvia la concentración media de sulfatos (3.2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de origen principalmente industrial es el doble que la concentración media de nitratos (1.6 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) procedentes principalmente del tráfico rodado. Se han determinado periodos de lluvia en los que las concentraciones de ambos iones ha sido elevada, con concentraciones de 10.3 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el caso de los sulfatos y 6.1 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el caso de los nitratos.

La concentración media de Na en la precipitación incidente es de 5.9 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y presentan un rango de variación muy amplio entre 1.39 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y 22.80 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. El sodio es un elemento de origen principalmente marino, lo que explicaría estos contenidos elevados en esta parcela próxima a la costa. Lo mismo sucede con el anión Cl de origen principalmente marino que presenta una concentración media en el precipitación incidente superior a 10 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$.

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

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).

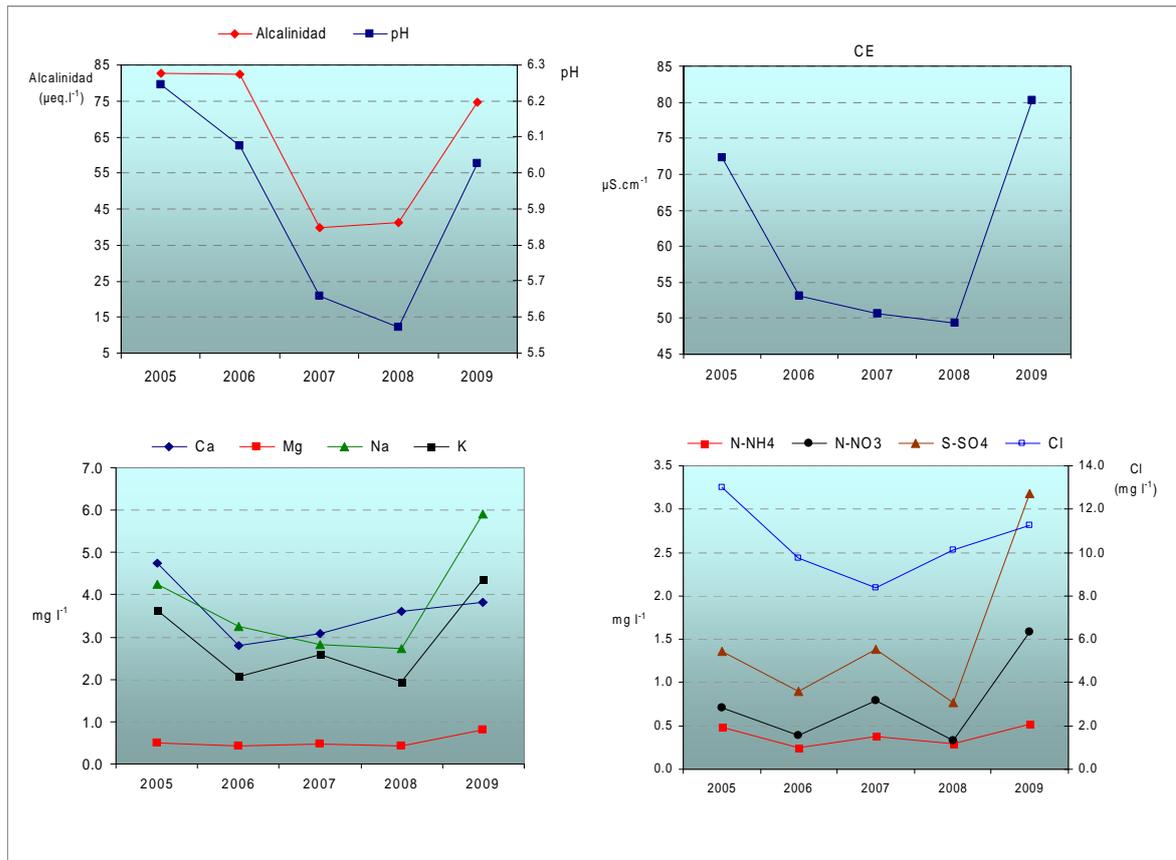


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los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

Se observa una ligera acidificación del agua de lluvia con valores medios de pH que varían de 6.3 en el año 2005 a 5.6 en el año 2008, aumentando a 6.0 en el año 2009. Esta tendencia también se observa en el caso de la alcalinidad cuya concentración media disminuye de $83 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 a $41 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008, aumentando a $75 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en 2009, resultados que se corresponden con la bajada de los valores de pH, ya que la alcalinidad es un parámetro directamente relacionado con el pH.

Hay que destacar un aumento considerable de la conductividad eléctrica media en el año 2009 respecto a los años anteriores pasando de $53 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2006 a $80 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en 2009.

Las concentraciones de los cationes Na, K, Ca y Mg aumentan en el año 2009 respecto a los años anteriores, destacando las concentraciones de Na y K que pasan de $2.83 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y $1.95 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008 a $5.90 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y $4.37 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009, respectivamente.

La concentración de nitrógeno procedente del amonio varía muy poco en los años muestreados mientras que la concentración de nitrógeno procedente del nitrato aumenta en el año 2009 pasando de $0.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008 a $1.6 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el 2009. Lo mismo ocurre con el anión sulfato cuya concentración aumenta de manera considerable en el año 2009, con una concentración media de $3.18 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ frente a una concentración media de $0.77 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008.

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	119	4.87	55	1.41	0.71	5.64	0.84	0.30	0.18	0.76	14.70	0	
	2	84	5.72	39	1.94	0.48	3.24	1.01	0.20	0.23	0.53	10.45	7	
	3	13	6.89	55	5.35	0.54	3.31	0.82	0.96	0.78	2.32	4.27	174	
	4	39	5.97	16	0.62	0.20	1.39	0.66	0.02	0.14	0.50	1.81	13	
	9	8	7.14	99	6.70	0.77	4.00	4.65	2.16	1.68	3.39	6.03	289	
	10	46	6.26	37	1.00	0.43	4.86	0.54	0.03	0.28	0.67	6.50	39	
	11	3			13.29	3.06	22.80	26.33	0.23	4.75	9.75	21.12		
	12	211	5.33	18	0.30	0.21	1.98	0.16	0.26	0.11	0.34	3.33	0	
	T	1	62	6.29	95	2.52	1.44	7.91	8.04	0.23	0.22	1.99	23.87	50
		2	61	6.24	48	1.30	0.75	4.04	4.91	0.05	0.33	0.91	9.76	55
		3	8	6.78	106	5.06	2.69	5.67	11.68	0.67	2.91	3.82	9.93	153
		4	27	6.62	58	1.65	1.15	3.15	9.26	0.26	0.63	1.15	5.18	146
9		6	5.92	383	30.13	11.27	19.11	15.63	1.85	14.21	8.77	46.37	151	
10		21	6.46	97	2.78	2.01	8.52	5.69	0.92	1.78	1.23	12.48	99	
12	144	5.89	33	0.88	0.46	2.99	1.78	0.27	0.32	0.66	5.97	19		

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 mensuales muestreados en la parcela 10 Ppa 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 18 de Agosto del 2009 entre las 19:30 y 21:00.

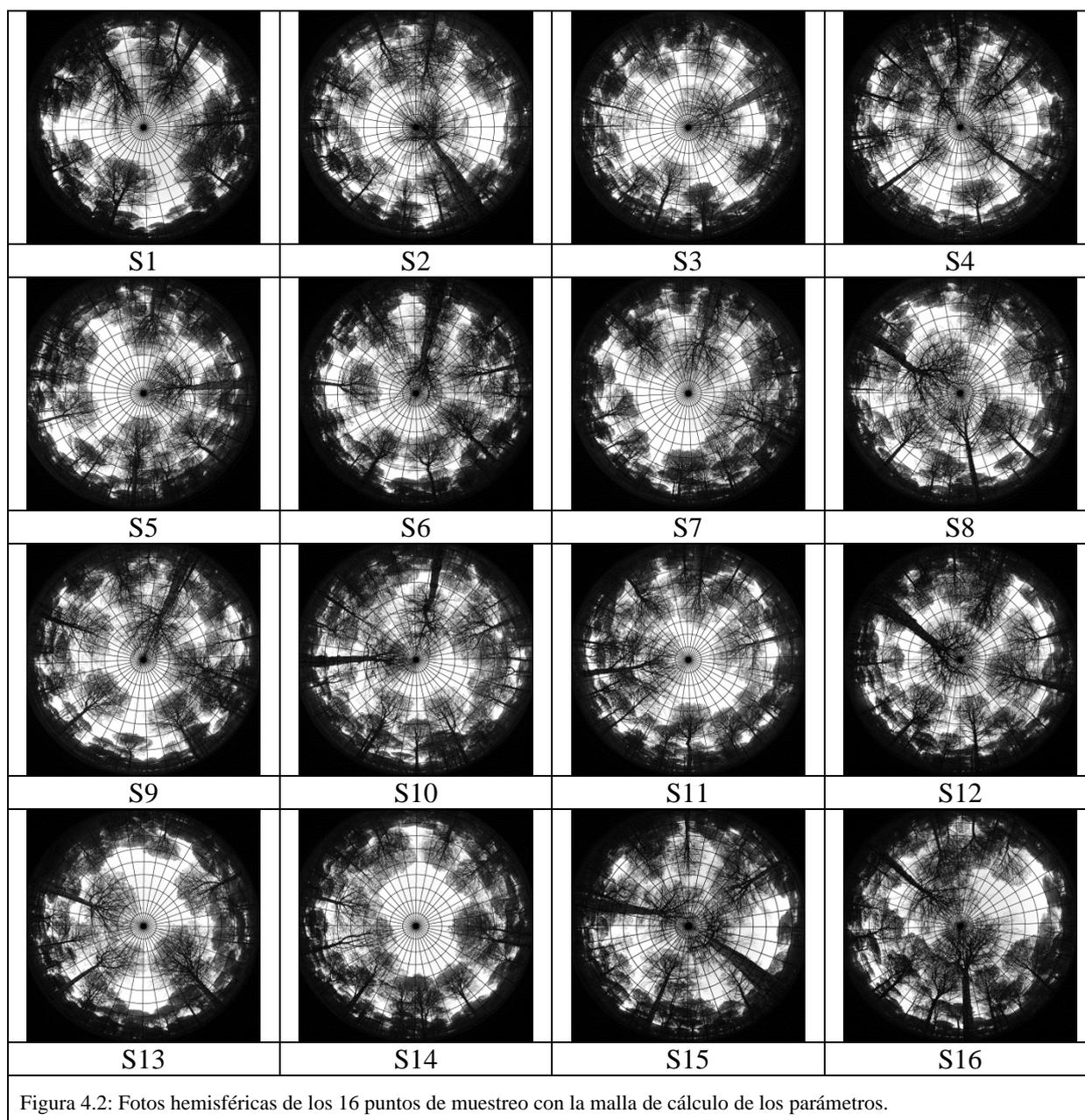


Figura 4.2: Fotos hemisféricas de los 16 puntos de muestreo con la malla de cálculo de los parámetros.

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 10 Ppa se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde 30.41 a 40.80 % 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°) cenitales 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
10	1	99.88	0.12	35.05	1.07	0.91	5.28	6.88	12.16	36.05	47.01	41.53
10	2	99.89	0.11	38.42	0.81	0.81	7.92	7.52	15.43	54.06	51.34	52.70
10	3	99.89	0.11	40.80	0.66	0.79	8.47	8.39	16.86	57.82	57.30	57.56
10	4	99.89	0.11	34.41	0.89	0.93	4.50	6.55	11.05	30.70	44.75	37.73
10	5	99.90	0.10	36.31	0.92	0.92	7.65	7.26	14.90	52.22	49.56	50.89
10	6	99.88	0.12	32.96	1.02	0.96	5.93	6.44	12.37	40.51	43.99	42.25
10	7	99.89	0.11	37.44	0.87	0.87	6.42	7.72	14.14	43.84	52.76	48.30
10	8	99.87	0.13	36.17	0.82	0.89	7.27	6.71	13.98	49.64	45.85	47.75
10	9	99.89	0.11	38.56	0.86	0.83	6.09	7.29	13.38	41.58	49.79	45.68
10	10	99.88	0.12	35.70	0.91	0.94	6.03	6.99	13.02	41.21	47.71	44.46
10	11	99.88	0.12	35.84	1.11	0.91	6.70	7.31	14.01	45.74	49.92	47.83
10	12	99.88	0.12	30.41	1.19	1.06	5.81	5.87	11.68	39.71	40.08	39.89
10	13	99.89	0.11	38.10	0.67	0.87	8.01	7.70	15.71	54.70	52.58	53.64
10	14	99.88	0.12	38.98	1.02	0.82	8.64	7.96	16.60	59.02	54.38	56.70
10	15	99.88	0.12	33.36	0.92	1.01	6.00	6.25	12.25	41.01	42.66	41.84
10	16	99.90	0.10	30.49	1.25	1.10	6.57	5.45	12.01	44.84	37.23	41.03
Total		99.89	0.11	35.81	0.94	0.91	6.71	7.02	13.72	45.79	47.93	46.86

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.

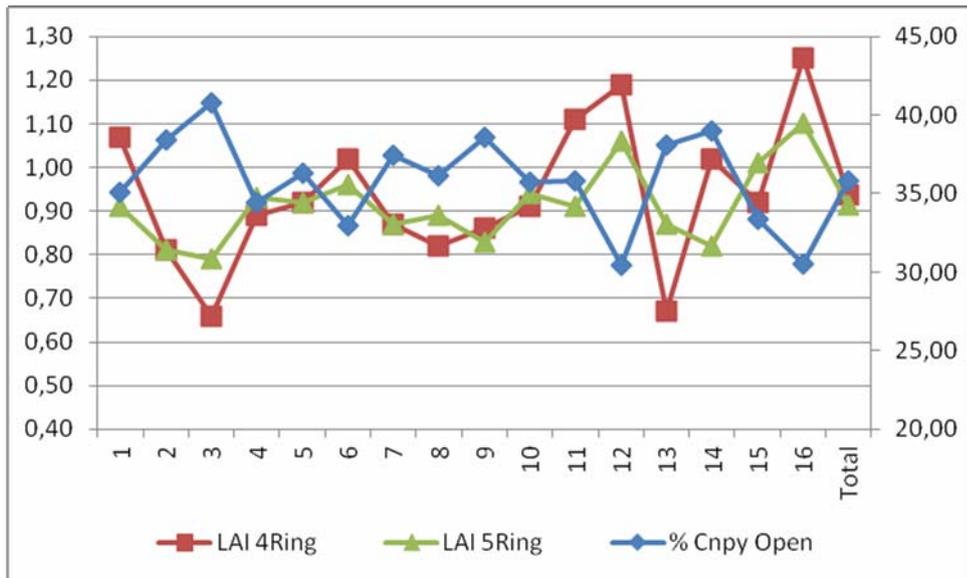
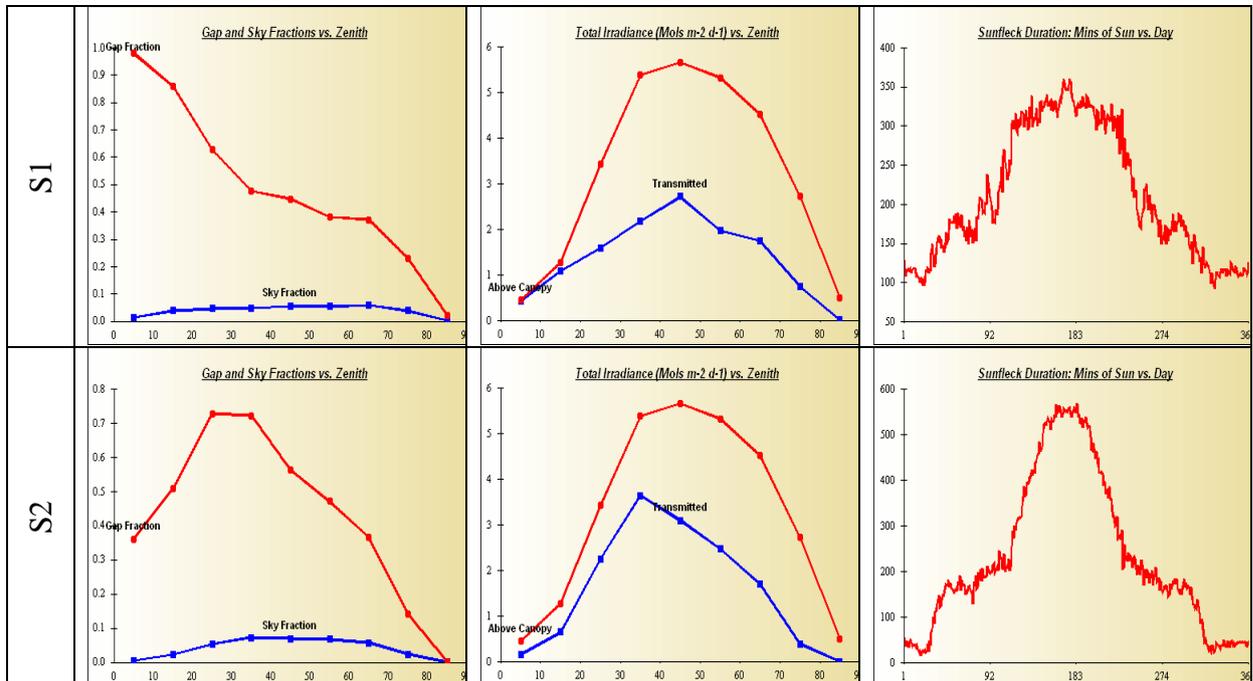
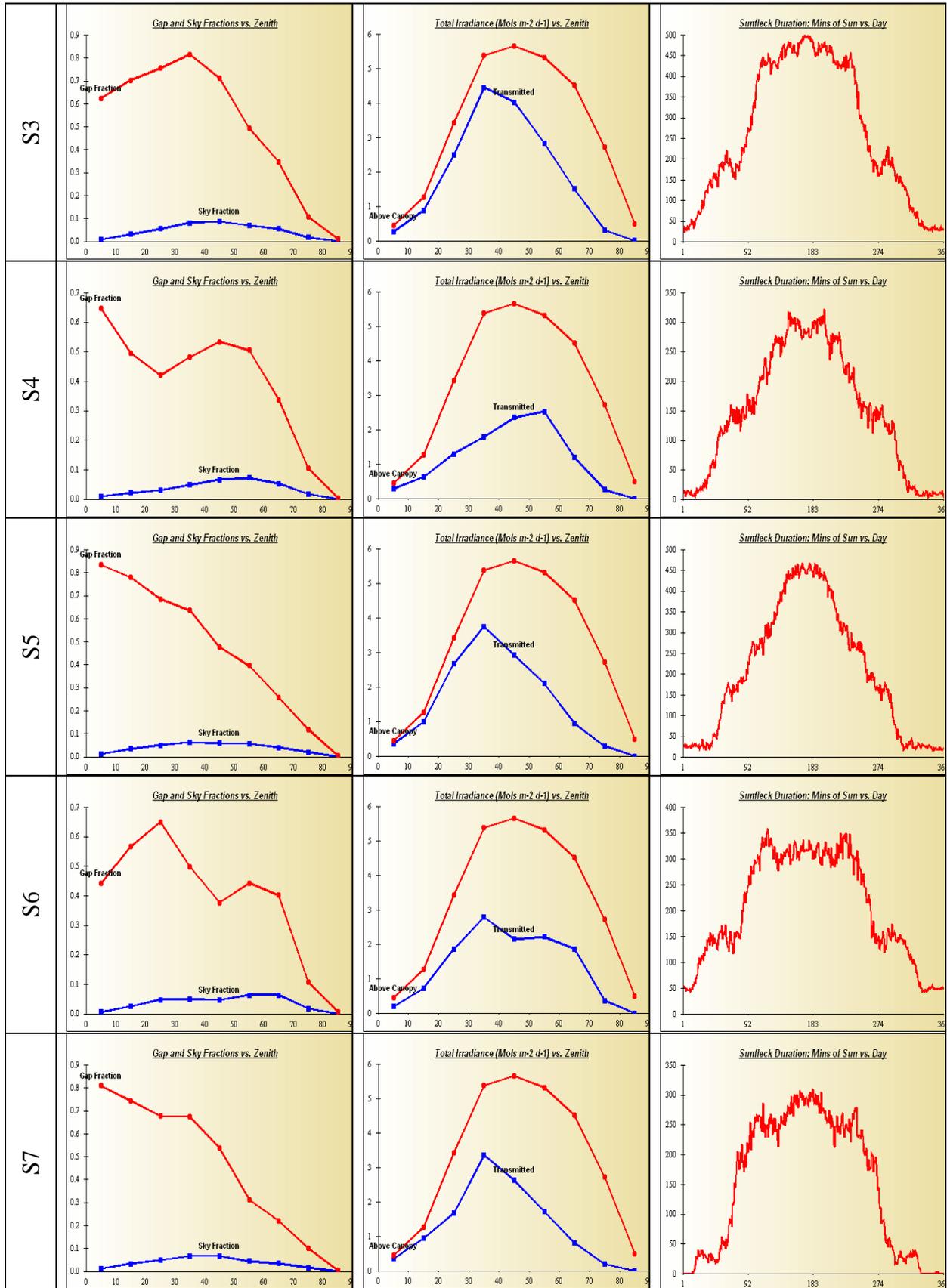


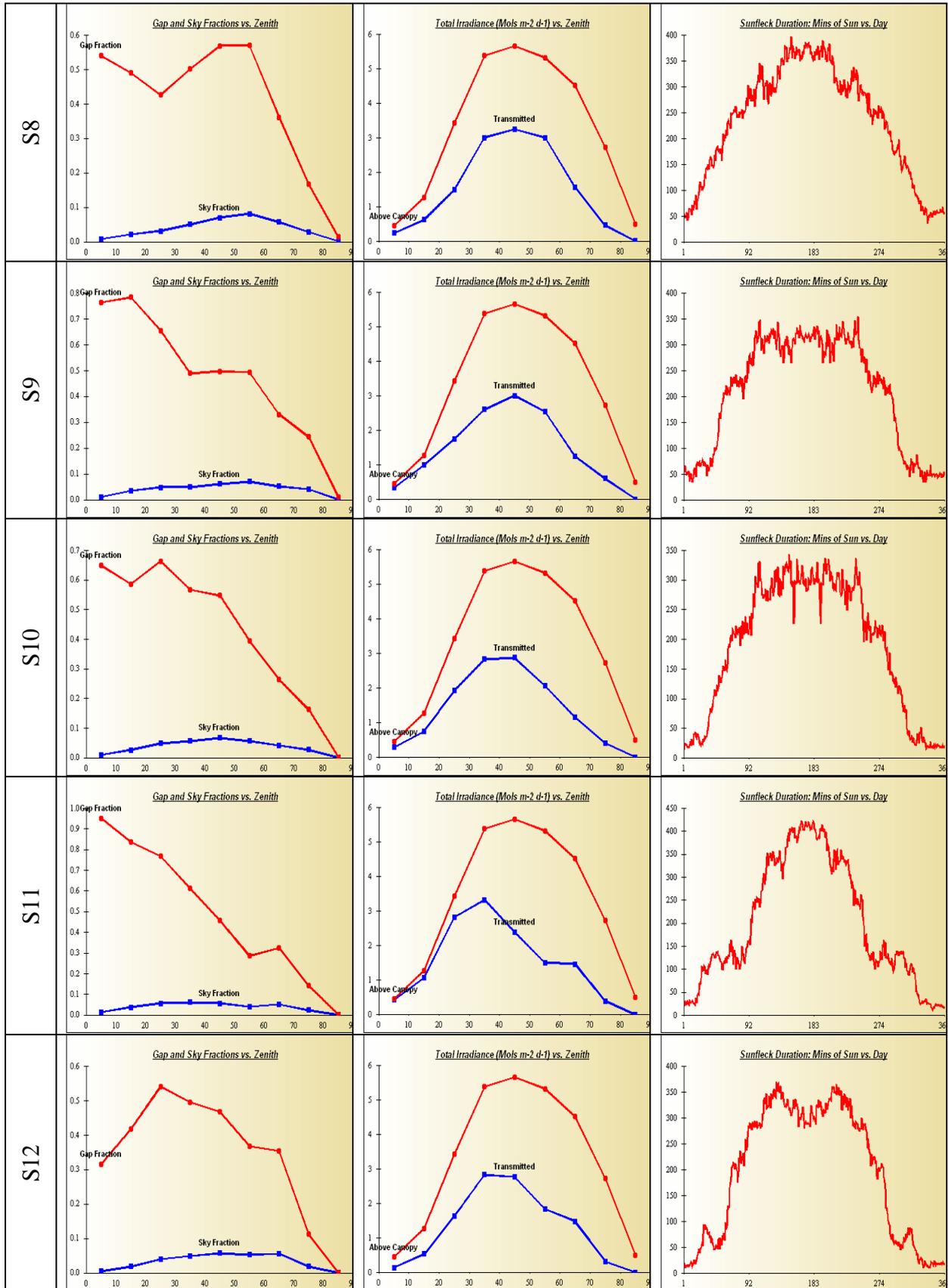
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y del porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

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.







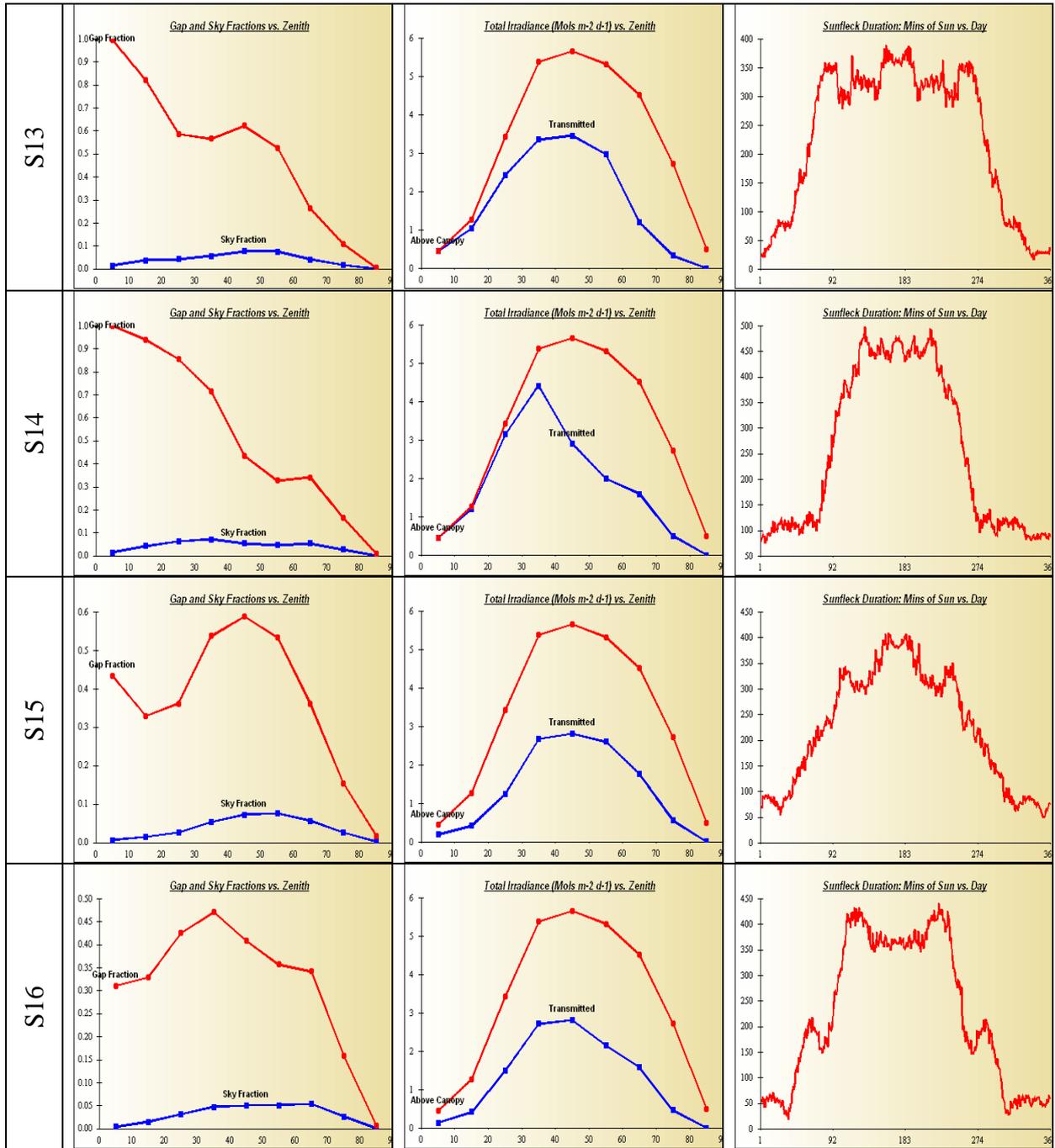


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 10Ppa se llevó a cabo el 17 de noviembre 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.

GRUPO		PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	16.5
Grupo 2	Líquenes	600.1
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	1.4
Grupo 5	Herbaceas	3.3
Grupo 7	Matorral perenne	302.7

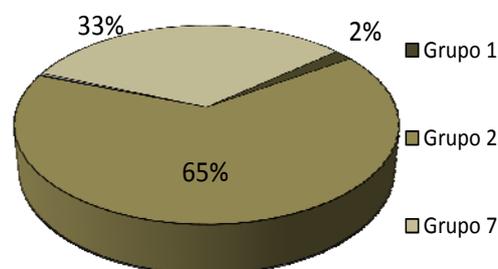


Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 10Ppa durante el año 2009

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 los líquenes, con un 65% respecto del total de la vegetación existente (Figura 9.1). Le sigue el grupo de matorral perenne, con un 33%.

En el momento de la recogida no se ha encontrado vegetación perteneciente a los grupos de matorral caduco y helechos.

En total, el contenido de carbono retenido en la parcela por la vegetación ha sido de 397 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en los grupos de líquenes y matorral perenne. Los macronutrientes retenidos por la vegetación mayoritariamente han sido N y Ca en los grupos 2 y 7 y K en el grupo de matorral perenne (Figura 9.3).

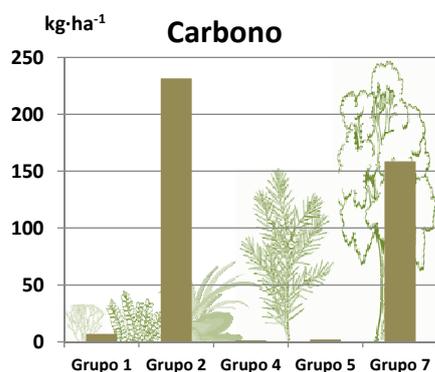


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

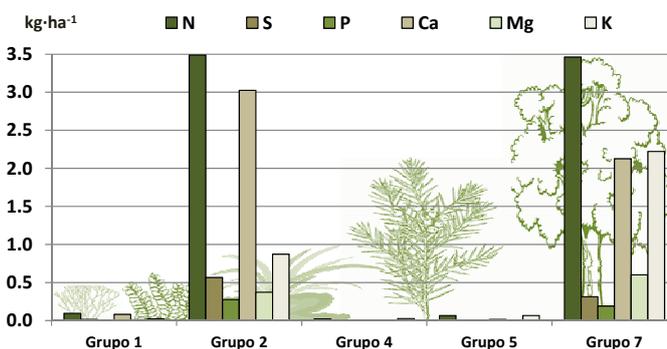


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La litología de la parcela 10Ppa es de arena. El perfil característico de este suelo es un Arenosol Gleico (O/A/C).

La parcela presenta un pH en CaCl_2 ácido, con valores medios en la capa orgánica de 4.0 y 4.26 en la capa F (fragmentada) y capa H (humificada), respectivamente (Figura 10.1). En la capa mineral, los primeros cinco centímetros presentan un pH medio de 4.78 para aumentar ligeramente en los siguientes cinco centímetros, 5.06, y bajar ligeramente entre los 10 y 20 cm, con pH medio de 5.06.

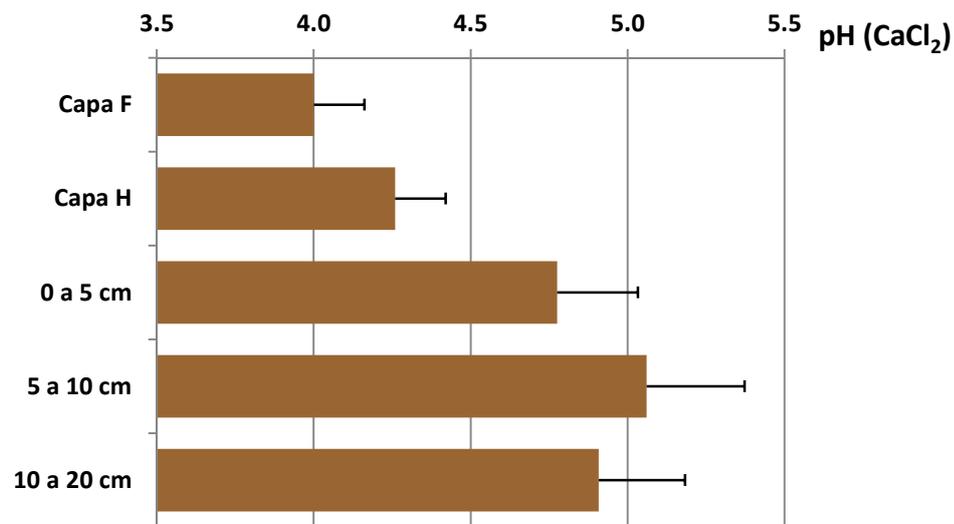


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl₂) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 484 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ y 161 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, los valores han ido decreciendo de 8.3 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en los primeros cinco centímetros a 3.5 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a una profundidad de 20 cm.

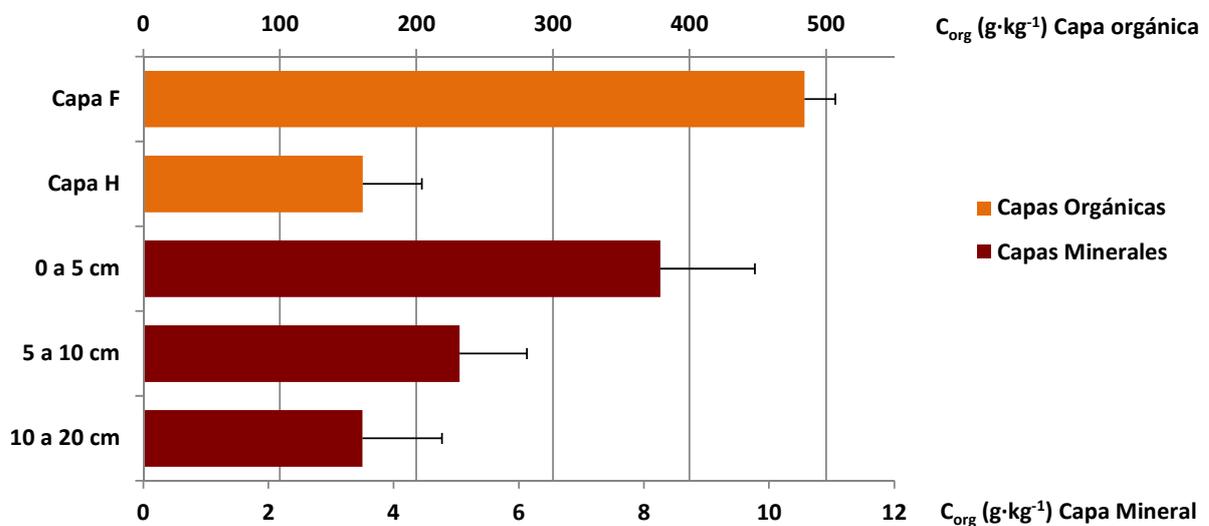


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa

H: capa de material orgánico humificado.

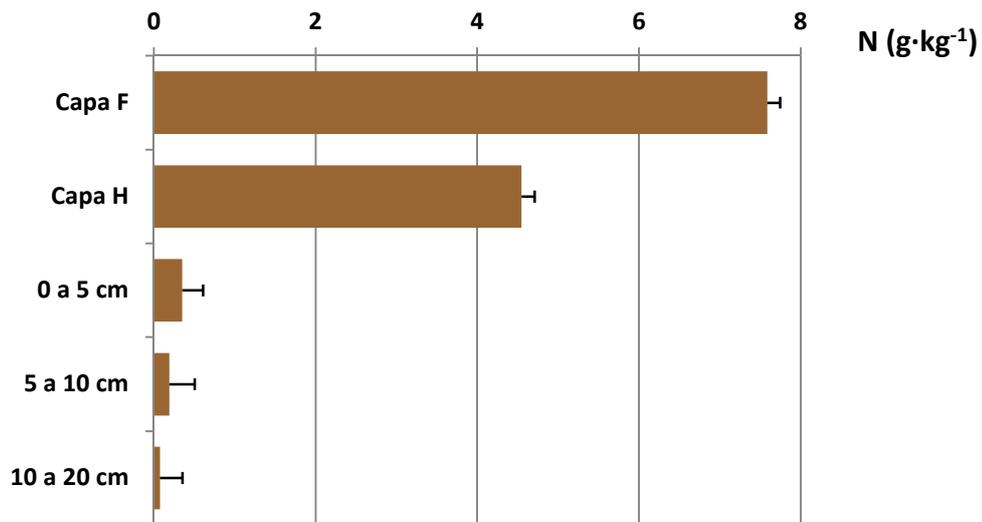


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido de 7.6 y 4.5 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han ido disminuyendo ligeramente desde 0.4 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 0.1 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con una relación media de C/N en los primeros 10 cm de 25 y de 46 en los siguientes 10 cm muestreados.