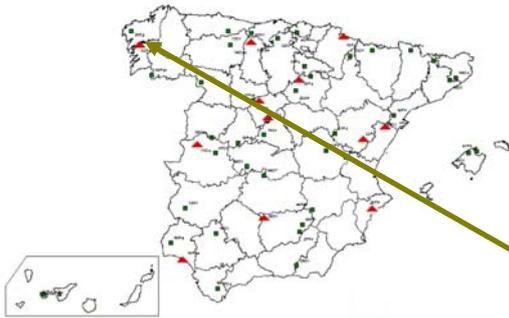


PARCELA 102 *Pinus pinaster*



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 102 de *Pinus pinaster* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: La Coruña
Término Municipal: Dodro
Paraje: Vivero de la Poza
Coordenadas (GPS)
Latitud: +42°44'00''
Longitud: -08°42'00''
Altitud: 260 m s.n.m.
Orientación: Sur
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de pino resinero, en estado fustal.
Especie principal: *Pinus pinaster*
Edad media: 81-100 años
Nº árboles de la especie principal: 83
Nº árboles de otras especies: 7

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Granito
Edafología: Cambisol húmico

VEGETACIÓN

Pinar de *Pinus pinaster* en terreno llano. Estrato arboreo no muy denso, también hay *Quercus robur* y un pie de *Pinus radiata*. Bajo el dosel de pinos aparecen un subpiso de castaños y robles del 15% de cobertura, hay un pastizal con helechos que ocupa el 80% de la superficie. En el interior de la parcela hay algunos afloramientos gneísicos con especies rupícolas.

2. METEOROLOGÍA

El comportamiento meteorológico de los años 2005 a 2008 ha venido marcado por las diferentes precipitaciones pasando de los 1921 milímetros del año 2005 a los 3115 mm del 2006. La falta o disponibilidad de agua marca el comportamiento de la vegetación en la parcela (Tabla 2.1).

Parámetros como las temperaturas media, máxima o mínima han tenido fluctuaciones pasando de valores de 17.8°C de media de las máximas a 9.4°C del año siguiente. La radiación y la velocidad o la dirección del viento han tendido un comportamiento muy uniforme en estos cuatro años.

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	1.6	29.8	149.8	12.6	35.6	-1.8	17.1	9.4	77.9	165.2	1921
2006	1.2	20.5	148.5	11.9	36.8	-1.9	16.4	8.7	79.7	153.3	3115
2007	1.1	84.2	154.4	13.0	33.5	0.5	17.8	9.4	76.8	138.0	2227
2008	1.5	15.6	125.4	16.8	31.5	-1.3	9.4	8.0	81.8	105.2	2225
2009	0.7	2.3.8	158.1	12.8	31.7	-1.5	17.3	9.4	79.7	122.3	2112

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 cuatro años de estudio.

3. FENOLOGÍA

En las series fenológicas de los diferentes procesos en la parcela 102Ppr se puede observar:

- Aparición de la acícula: La época de aparición de la hoja no ha sufrido grandes cambios en estos cuatro años, aunque en el año 2005 el periodo de aparición de la acícula se adelantó más de 1 mes respecto al 2008 y los tamaños fueron menores (Figura 3.1).
- Caída de la hoja: La caída de acícula se encuentra como regla general reflejada con un 2, en estas especies siempre hay un poco de caída de acícula, sin embargo, en el 2005, la caída fue mucho mayor llegando a ser generalizada en toda la parcela, consecuencia de la menor lluvia de este año, en el año 2008 el periodo de caída se adelantó casi dos meses y fue muy leve en la primavera pero se ha observado un aumento general de la caída a finales de 2008 que habrá que seguir con atención en el 2009.
- Decoloración: Los árboles de la parcela presentaban poca decoloración y siempre asociada a la caída de la acícula, a finales del año 2008 se ha producido un aumento de esta decoloración en coincidencia con una caída de acícula fuera de su periodo fenológico habitual.
- N° de metidas o años en las acículas de los árboles: En general el número de años de las acículas en los árboles de la parcela se ha mantenido en 3, pasando a 2 años a partir de la primavera del 2005 y recuperándose en el 2007. A finales del 2008 volvió a bajar a menos de 3.
- Floración y fructificación: Sin cambios apreciables esos cuatro años.

Parcela 102 Ppr
Principales fases fenológicas años 2005-2009

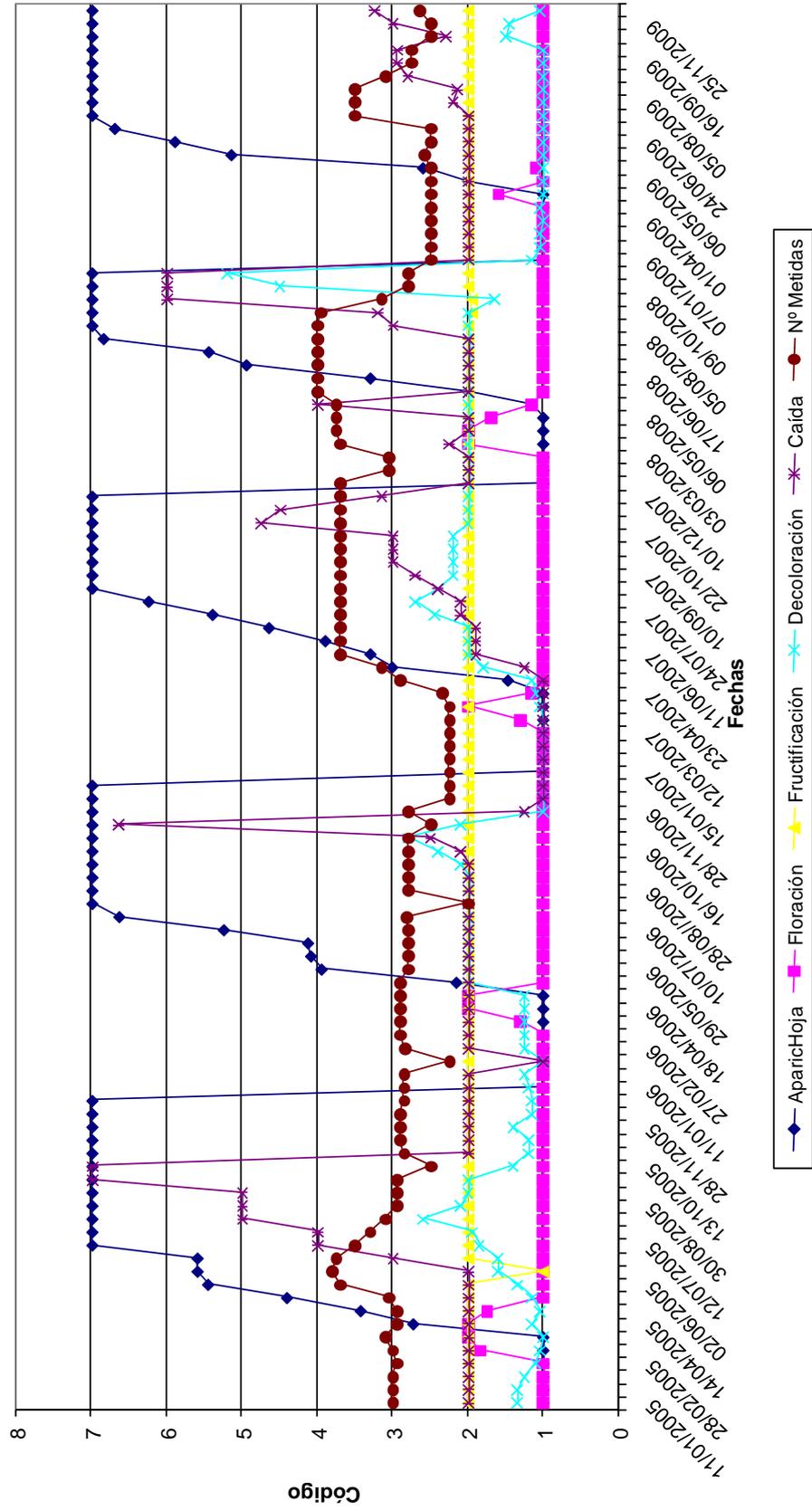


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de medidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 102Ppr han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2008:

- *Hedera helix*: Esta epífita afecta a una considerable cantidad de pies de la parcela, con mayor o menor intensidad. En ocasiones llega a rodear totalmente al tronco ascendiendo hasta la copa. A lo largo de este periodo de tiempo (2005 a 2009) su presencia es cada vez mayor.
- Viento: Este agente abiótico es el responsable todos los años de la rotura de abundantes ramillos y algunas ramas en la parcela. Además, en 2006 y 2007 ha llegado a ocasionar grietas de torsión en los troncos de los pies que han producido nuevas resinosis.
- Resinosis: En 2005 y principios de 2006, se observa sobre los troncos de bastantes pies de la parcela resinosis antiguas (secas), pero a raíz de los fuertes vientos de 2006 y 2007, se han producido nuevos flujos de resina que afectan a un mayor número de pies.

4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela 102Ppr se ha ido ralentizando durante estos años, pasando de un 4% a crecimiento negativo en el 2008, el valor negativo del 2008 se debe a la caída de algunos pies como consecuencia de los temporales del 2008, en el año 2009 el crecimiento ha sido nulo (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	37.53	18.42	89.42	
2006	38.98	18.88	93.30	4.34
2007	40.53	19.11	95.50	2.36
2008	40.94	19.14	94.98	-0.55
2009	41.55	19.14	99.99	5.20

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

Las cintas diamétricas no han detectado un crecimiento uniforme en diámetro en los cuatros años de seguimiento, la mayor intensidad se ha dado en el 2008 y 2009, crecimientos que no se han visto reflejados en los datos de crecimiento general en la parcela (Tabla 4.1 Figura 4.2).

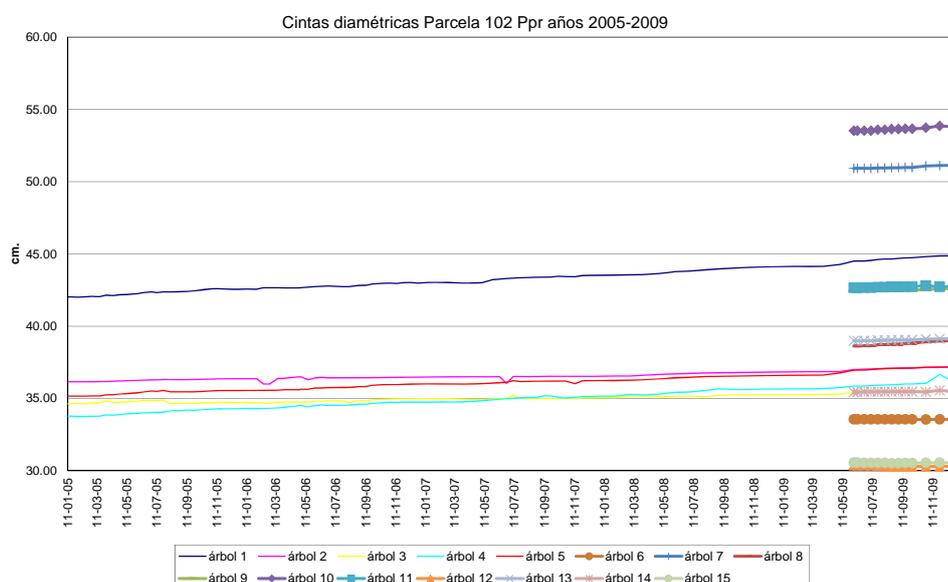


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los cinco árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 102 de *Pinus pinasters* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 9695 kg·ha⁻¹ en el desfronde total (Figura 5.1). Esta producción ha sido superior a las encontradas durante los cuatro años de estudio anteriores, con producciones que han oscilado 5302 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2007 y 9300 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2006 (Figura 5.1).

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...), con valores anuales del 43% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción hojas con un 39%, y de la fracción ramas, con un 18% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de la fracción otros ha sido muy superior este año respecto al promedio de años anteriores, un 33%, disminuyendo la contribución de la fracción hojas respecto de la media, de un 56% a un 39%.

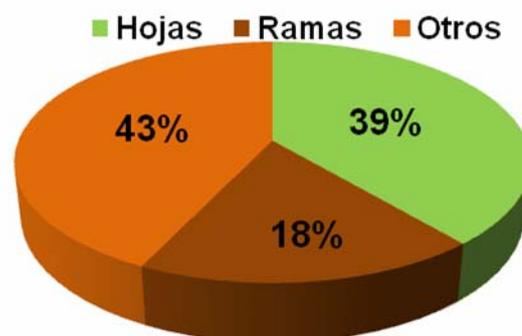
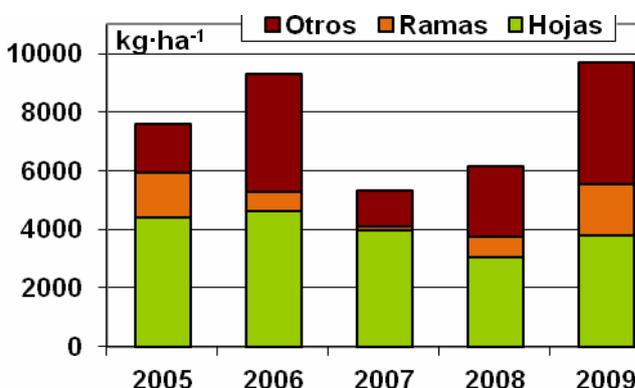


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

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 al mes de enero, donde con 5050 kg·ha⁻¹·mes⁻¹ ha cuadruplicado los valores medios obtenidos en este mes durante los cuatro últimos años de estudio (1255 kg·ha⁻¹·mes⁻¹). Esto ha sido debido a la gran cantidad de materia procedente de la fracción otros que se ha recogido este mes, casi 3000 kg·ha⁻¹; también hay que destacar que en este mes se han recogido 1500 kg·ha⁻¹·mes⁻¹ de ramas.

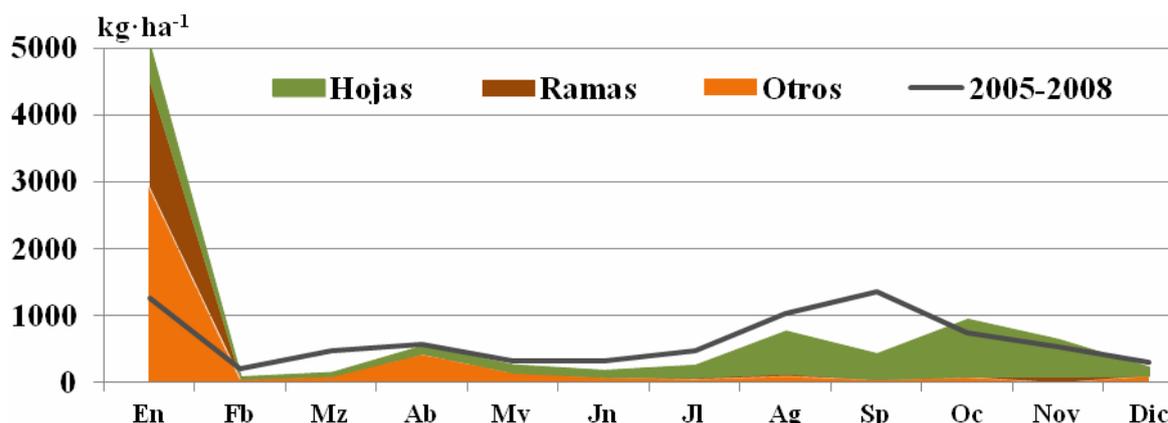


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$) según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

La tendencia respecto a años anteriores, exceptuando en el mes de enero, ha sido similar, aunque los valores máximos de verano han correspondido al mes de octubre ($960 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$) y no de septiembre como en años anteriores.

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.

102Ppr	Fracción	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	54.74	13.64	1.50	0.63	1.83	1.01	3.07
	Otros	54.40	6.55	1.31	0.18	0.70	0.30	0.22
	Ramas	55.31	6.06	1.26	0.20	1.61	0.45	0.61
Febrero	Hojas	54.00	9.59	1.02	0.49	2.66	1.23	2.91
	Otros	55.24	9.95	1.42	0.42	1.54	0.58	0.60
	Ramas	55.70	7.92	1.17	0.25	2.75	0.64	0.73
Marzo	Hojas	54.00	9.59	1.02	0.49	2.66	1.23	2.91
	Otros	52.08	7.85	1.39	0.54	0.95	0.76	4.59
	Ramas	55.70	7.92	1.17	0.25	2.75	0.64	0.73
Abril	Hojas	54.31	8.30	0.99	0.30	2.24	1.06	1.74
	Otros	53.71	5.49	1.05	0.27	1.26	0.73	1.62
	Ramas	55.70	7.92	1.17	0.25	2.75	0.64	0.73
Mayo	Hojas	55.13	9.63	0.99	0.42	2.54	1.09	1.73
	Otros	54.46	11.05	1.46	1.02	1.07	0.74	1.11
	Ramas	55.70	7.92	1.17	0.25	2.75	0.64	0.73
Junio	Hojas	53.88	7.79	0.95	0.37	2.51	1.22	2.39
	Otros	54.80	14.62	1.60	1.26	0.84	0.83	1.42
	Ramas	55.70	7.92	1.17	0.25	2.75	0.64	0.73
Julio	Hojas	54.77	6.66	0.94	0.23	2.65	1.11	1.14
	Otros	54.42	8.62	1.44	0.37	0.92	0.43	0.62
	Ramas	55.70	7.92	1.17	0.25	2.75	0.64	0.73
Agosto	Hojas	54.48	5.61	0.86	0.17	2.50	0.97	1.16
	Otros	55.18	7.67	1.27	0.63	1.29	0.64	0.94
	Ramas	55.70	7.92	1.17	0.25	2.75	0.64	0.73
Septiembre	Hojas	55.43	6.08	0.97	0.18	2.53	0.93	1.53
	Otros	54.84	14.45	1.59	1.27	1.03	0.92	2.75
	Ramas	55.69	7.69	1.13	0.33	2.05	0.63	1.08
Octubre	Hojas	55.36	5.37	0.91	0.16	2.94	0.96	0.59

	Otros	55.38	9.65	1.42	0.35	1.36	0.65	0.59
	Ramas	55.69	7.69	1.13	0.33	2.05	0.63	1.08
Noviembre	Hojas	54.07	6.82	1.14	0.25	2.42	0.87	1.19
	Otros	55.38	9.65	1.42	0.35	1.36	0.65	0.59
	Ramas	55.69	7.69	1.13	0.33	2.05	0.63	1.08
Diciembre	Hojas	54.63	10.08	1.20	0.43	2.34	0.95	1.85
	Otros	54.83	10.49	1.44	0.43	1.61	0.91	0.74
	Ramas	55.69	7.69	1.13	0.33	2.05	0.63	1.08

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 102Ppr durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 54.57 ± 0.54 , 54.56 ± 0.92 y 55.67 ± 0.11 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de 8.26 ± 2.39 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con concentraciones superiores en el mes de enero (13.64 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) para ir disminuyendo en verano (5.61 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$) e ir aumentando hasta final de año.

En esta misma fracción, también se ha encontrado similar tendencia en los contenidos de azufre, fósforo y potasio, con concentraciones medias de 1.04 ± 0.17 , 0.34 ± 0.15 y 1.85 ± 0.81 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente. No se ha encontrado una tendencia clara en calcio foliar, al igual que en magnesio, con concentraciones medias a lo largo del año de 2.49 ± 0.27 y 1.05 ± 0.81 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

En la fracción otros, tampoco se han encontrado tendencias claras en los nutrientes estudiados con concentraciones medias 9.67 ± 2.79 , 0.59 ± 0.38 y 1.16 ± 0.29 en nitrógeno, fósforo y calcio, respectivamente.

En la fracción ramas, debido a la escasa cantidad de muestra recogida, sólo se ha podido realizar tres medidas de muestras mezcla, con valores de 7.69 ± 0.52 y 2.42 ± 0.42 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en nitrógeno y calcio, respectivamente.

En total, la parcela 102Ppr ha aportado 5530 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de 116 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; en años anteriores, los rangos de variación habían oscilado entre 74 y 113 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

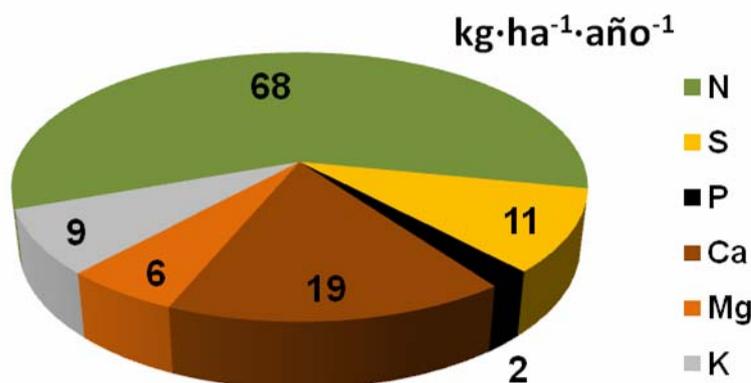


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes ($\text{N}+\text{P}+\text{Ca}+\text{S}+\text{Mg}+\text{K}$ en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 102Ppr.

Los mayores aportes al suelo han sido de nitrógeno, con $68 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en el desfronde total, seguido de calcio, $19 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y azufre, $11 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (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 pinaster* 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 (g)	C	N	S	P	Ca	Mg	K
		mg.g ⁻¹						
2008	150.71	54.75	12.80	1.31	0.74	2.32	1.11	3.17
2009	178.41	53.39	13.78	1.28	0.81	1.93	1.47	4.24

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 que presentan los nutrientes según su contenido en las acículas del año en curso es el siguiente: N>K>Ca>Mg>S>P, los contenidos en las acículas del brote del año anterior siguen un orden semejante, a excepción del contenido de S, que va a ser superior al contenido de Mg.

Los contenidos de todos los nutrientes a excepción del Ca y S son más bajos en las acículas del brote del año 2008 que en las acículas del año en curso. Los contenidos de Ca son más elevados en las acículas del brote del año anterior mientras que los contenidos de S apenas varían entre los dos años muestreados, lo que indica una acumulación de nutrientes de poca movilidad como el Ca o el S frente a nutrientes de mayor movilidad como el Mg, K o N, 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 más elevado en las acículas del brote del año anterior.

Las acículas correspondientes al brote del año 2008 presentan menor 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 menor (2225 mm, Informe 2005-2008) que la precipitación total en el año 2009 (2726 mm).

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes de la especie *P. pinaster* 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 presenta un periodo de estabilidad durante el periodo 2006-2008 para aumentar de 150.7 g en el año 2008 a 178.4 g en el año 2009, siendo el año 2005 el que presenta el desarrollo foliar más bajo. (132.8 g). Este resultado coincide con el hecho de que el año 2005 es el año que presenta la precipitación total anual más baja (1921 mm, Informe 2005-2008) lo que parece haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

El contenido foliar de C presenta entre los años muestreados un rango de variación entre 51.8 y 54.8%, correspondiendo el contenido foliar más bajo a las acículas del brote del año 2005. La variación de los contenidos foliares de C sigue una tendencia en zigzag siendo,

dentro de un mismo periodo, las acículas del año anterior las que presentan contenidos foliares de C más elevados.

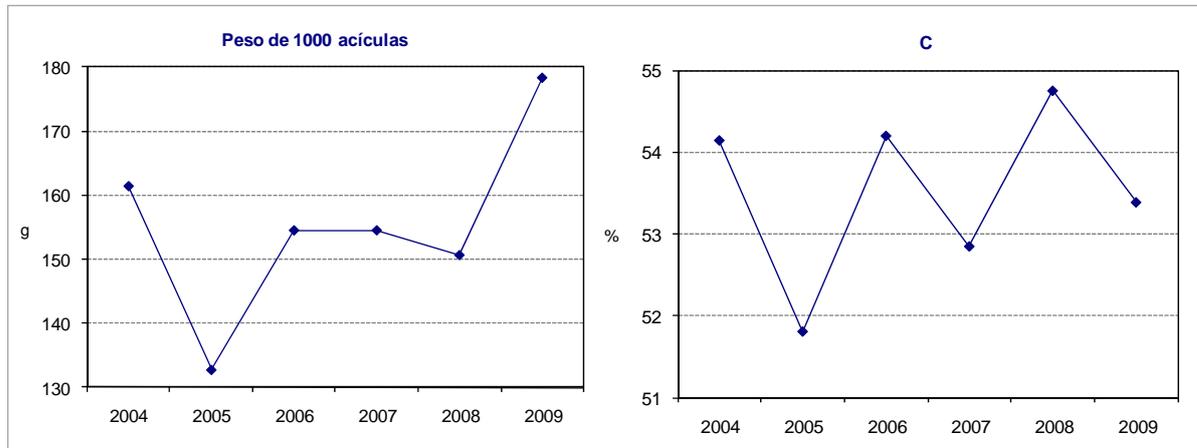


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. pinaster* durante el periodo 2004-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

Los contenidos foliares de macronutrientes han variado muy poco entre los 6 años muestreados (Figura 6.2). Los contenidos foliares de N en los periodos muestreados presentan un estrecho rango de variación entre 12.02 mg·g⁻¹ y 14.64 mg·g⁻¹, correspondiendo los contenidos más altos a las acículas del brote del año 2005, año a partir del cual los contenidos de N se han mantenido estables. Los contenidos foliares de Ca presentan un rango de variación entre 0.96 y 2.32 mg·g⁻¹, presentando las acículas del año 2007 los contenidos más bajos y las del año 2008 los contenidos más elevados. Hay que destacar el aumento del contenido foliar de S en las acículas del brote del año 2006 (1.98 mg·g⁻¹), año que coincide con el hecho de presentar la mayor precipitación total anual (3115 mm) (informe 2005-2008)

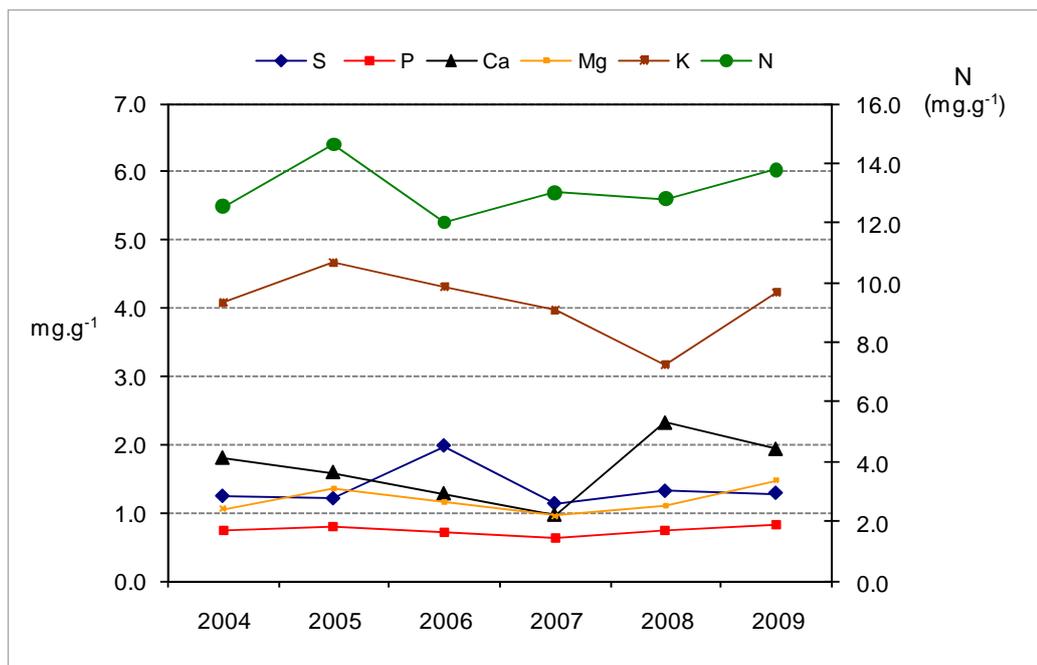


Figura 6.2: Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *P. pinaster* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C

6.1. Comparación de contenidos foliares entre parcelas de *P. pinaster* 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 37 con 5 parcelas pertenecientes a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II: parcela 37 (Segovia), parcela 39 (Ávila), parcela 43 (Cuenca), parcela 46 (Albacete) y parcela 150 (Orense).

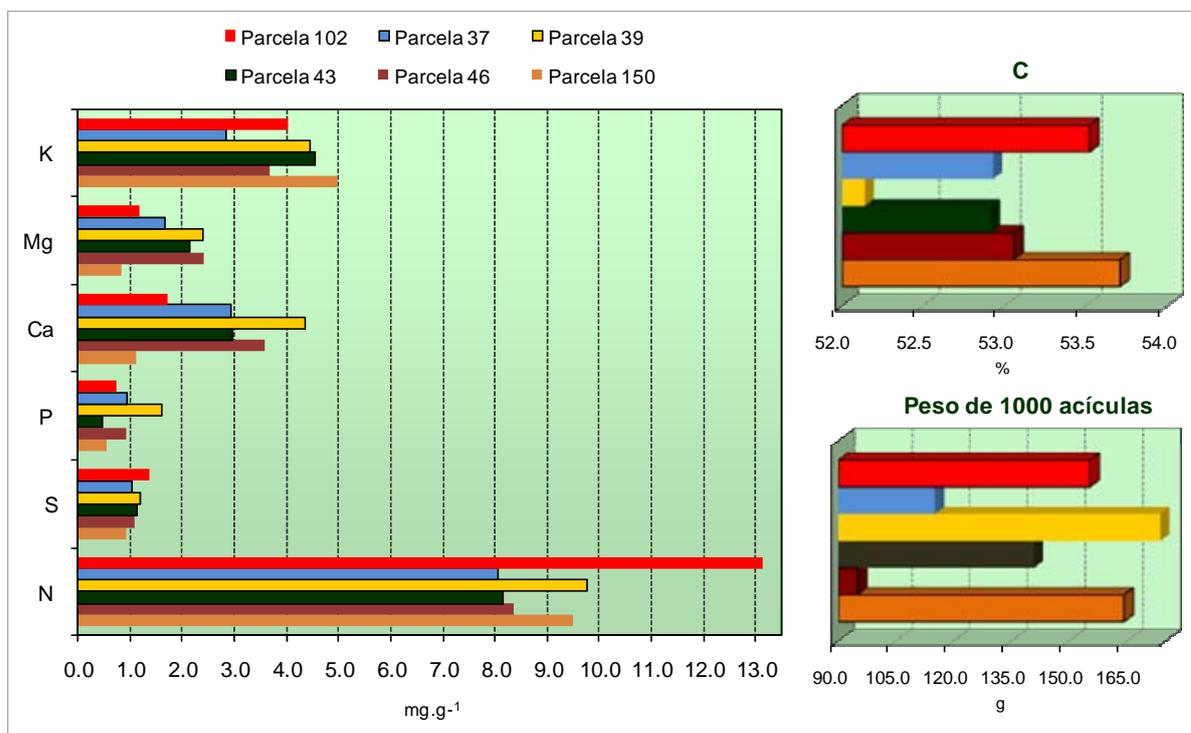


Figura 6.1.1: Peso de 1000 acículas y contenidos medios foliares (mg.g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio y magnesio en seis parcelas de *Pinus pinaster* de la red nacional de Nivel II. Los datos de todas las parcelas son medias de 4 años muestreados (2004-2007) a excepción de las parcelas 37 y 102 que son medias de 6 años muestreados (2004-2009).

La parcela 102 situada en la Coruña presenta los contenidos medios foliares más elevados de N (13.4 mg.g⁻¹) y S (1.98 mg.g⁻¹), mientras que el contenido medio más bajo de N (8.05 mg.g⁻¹) ha correspondido a la parcela 37 de Segovia y el de S (0.93 mg.g⁻¹) a la parcela 150 situada en Orense. En la parcela 102 los contenidos medios foliares del resto de nutrientes presentan valores intermedios respecto al resto de las parcelas. Hay que destacar que el contenido medio foliar más alto de Ca (4.35 mg.g⁻¹) ha correspondido a la parcela 39 situada en la provincia de Ávila.

Hay que destacar el bajo desarrollo de la masa foliar de la especie *P. pinaster* en la parcela 46 de Albacete (95.03 g) respecto al resto de las parcelas, las cuales presentan un peso medio foliar de 140.7 g.

Los contenidos medios foliares de C presentan un estrecho rango de variación entre las 6 parcelas estudiadas (52.14 - 53.71 %).

7. DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

En la Tabla 7.1 se resumen 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 37 de *Pinus pinaster* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)										
Año		Trascolación	Precipitación incidente									
2009		2112	2726									
Año		c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$					$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$					$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
2009	T	68	5.23	2.23	7.92	1.02	1.11	0.37	0.61	1.15	15.05	10
		(23-141)	(4.62-6.10)	(0.81-5.61)	(2.19-18.91)	(0.37-2.56)	(0.30-2.63)	(0.05-0.90)	(0.16-2.23)	(0.43-2.52)	(4.52-41.20)	(1-36)
n=12	Pi	23	5.50	0.59	2.52	0.43	0.29	0.11	0.15	0.49	4.45	9
		(8-45)	(4.91-6.41)	(0.12-2.01)	(0.24-6.21)	(0.16-1.10)	(0.06-0.72)	(0.02-0.52)	(0.06-0.35)	(0.11-0.98)	(0.86-12.96)	(1-35)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 37 de *P. pinaster* 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 amplio rango de variación del pH con valores comprendidos entre 4.91 y 6.41 y un valor medio de 5.50, ligeramente superior al valor medio presentado en el agua de trascolación (5.23), lo que indica que la precipitación incidente apenas modifica el pH tras su paso por la cubierta arbórea. Se trata de soluciones ácidas ya que el valor máximo de pH ha sido 6.4. La concentración media de la alcalinidad tanto en la precipitación incidente como en el agua de trascolación es muy baja como corresponde a los bajos valores de pH presentados, ya que la alcalinidad es un parámetro relacionado directamente con el pH, y al igual que sucede con el pH apenas varía su concentración tras su paso por la cubierta arbórea aumentando solamente de 9 a 10 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un rango de variación entre 8 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y 45 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y un valor medio de 23 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, inferior al valor medio presentado en el agua de trascolación (68 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea.

Tanto la precipitación incidente como el agua de trascolación presentan mayor concentración de aniones que de cationes, destacando la elevada concentración del Na (7.92 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y en especial del Cl (15.05 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) en el agua de trascolación. En la precipitación incidente la concentración media del anión sulfato (0.49 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de origen principalmente industrial es superior a la concentración media de los nitratos (0.15 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) procedentes principalmente del tráfico rodado.

El agua de lluvia va a modificar su composición química al atravesar el dosel arbóreo aumentando o disminuyendo las concentraciones iónicas debido a procesos de lixiviación o evaporación, en el caso de los cationes. El amonio y los nitratos son los elementos que menos varían su concentración en el agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea, mientras que el Cl y Na son los que más modifican su concentración aumentando de 4.45 a 15.05 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el caso del Cl y de 2.52 a 7.92 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el caso del Na. El ClNa es un compuesto principalmente de origen marino, lo que explicaría estas elevadas concentraciones en esta parcela próxima a la costa.

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).

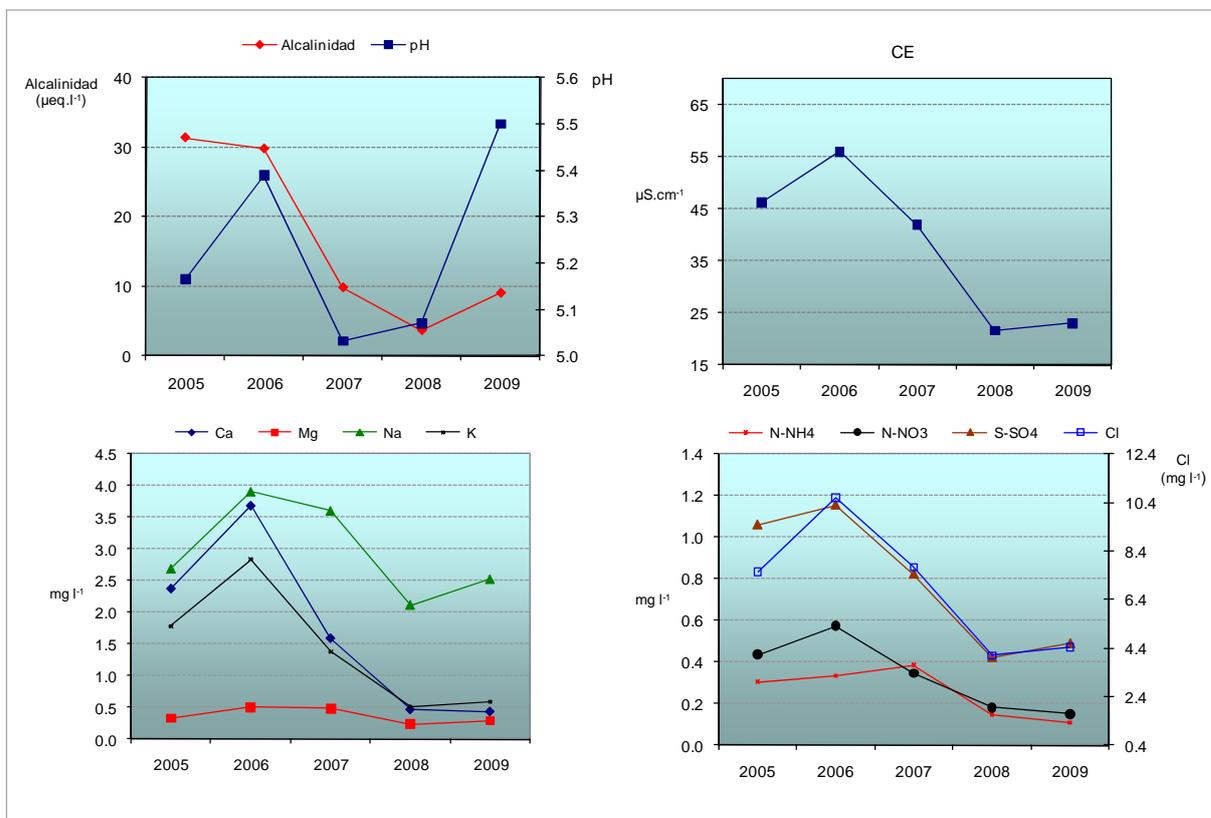


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los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

El pH presenta el valor medio más elevado en el año 2009 aumentando de 5.1 en el año 2008 a 5.5 en el año 2009. La concentración media de alcalinidad disminuye progresivamente desde el año 2005 ($31 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) hasta el año 2008 ($4 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) aumentando ligeramente en el año 2009 ($9 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$)

La misma tendencia manifestada en los valores medios de pH durante el periodo 2006-2009 es presentada en el caso de la conductividad eléctrica media, disminuyendo de $56 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2006 a $23 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2009. La conductividad eléctrica es un parámetro indicativo de la concentración iónica del agua de lluvia que se constata por la también disminución progresiva de la concentración media de todos los iones desde el año 2006 hasta el año 2008 con escasa variación en el año 2009 respecto al año 2008. En el caso de los elementos: Ca, K, S-SO₄ y N-NO₃, la variación de las concentraciones medias ha sido más acusada destacando el Ca que ha disminuido de $3.68 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2006 a $0.43 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009.

Hay que destacar el descenso de las concentraciones medias de los aniones acidificantes como nitratos y especialmente sulfatos en el periodo 2008-2009. Los nitratos, procedentes principalmente del tráfico rodado, disminuyen su concentración de $0.57 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2006 a $0.20 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009 y los sulfatos de origen principalmente industrial disminuyen su concentración de $1.15 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2006) a $0.49 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (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 mm	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk	
			$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
Pi	1	556	5.31	45	0.31	0.72	6.21	0.35	0.17	0.08	0.60	12.96	1
	2	126	5.22	36	0.24	0.56	4.96	0.36	0.03	0.09	0.91	9.03	3
	3	25	6.41	37	0.34	0.53	5.32	2.01	0.07	0.06	0.47	8.88	35
	4	150	4.91	20					0.15	0.16	0.45	2.47	0
	5	278	5.23	17	0.41	0.18	1.58	0.23	0.03	0.19	0.35	2.72	0
	6	89	4.93	15	0.40	0.12	0.99	0.30	0.04	0.15	0.57	1.78	0
	7	209	5.22	8	0.16	0.06	0.56	0.12	0.03	0.08	0.17	0.86	0
	8	18	5.98	22	0.79	0.15	1.12	0.87	0.52	0.35	0.98	1.95	18
	9	26	5.81	19	1.10	0.17	1.26	0.54	0.03	0.20	0.57	1.73	23
	10	346	6.25	10	0.42	0.08	0.24	1.28	0.15	0.18	0.11	0.91	29
	11	395	5.21	21	0.30	0.27	2.46	0.18	0.03	0.11	0.34	4.54	0
	12	507	5.51	23	0.22	0.32	2.96	0.28	0.02	0.09	0.31	5.56	4
T	1	315	4.62	141	1.35	2.63	18.91	1.21	0.26	0.16	2.07	41.20	0
	2	142	4.71	73	0.73	1.23	10.47	1.14	0.38	0.63	1.34	21.60	0
	3	14	5.85	98	1.10	1.59	13.76	2.81	0.77	0.32	1.38	25.20	27
	4	107	6.10	58	0.64	0.83	6.31	4.93	0.59	0.80	0.90	9.30	36
	5	254	5.02	40	0.66	0.57	4.25	1.59	0.16	0.42	0.68	6.96	1
	6	66	4.94	35	0.79	0.53	3.07	1.51	0.05	0.47	0.87	5.13	0
	7	195	5.14	23	0.37	0.30	2.19	0.81	0.07	0.23	0.57	4.70	0
	8	17	5.31	109	2.56	1.93	10.08	5.61	0.90	2.23	2.52	17.68	22
	9	21	5.62	97	2.29	1.63	9.17	4.02	0.73	1.31	1.38	15.08	22
	10	305	5.47	27	0.38	0.33	2.65	1.17	0.26	0.33	0.43	4.52	8
	11	291	5.10	51	0.66	0.79	6.17	1.04	0.12	0.20	0.80	12.76	0
	12	384	4.86	62	0.71	0.93	8.03	0.86	0.10	0.17	0.90	16.47	0

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 102 Ppn en el año 2009.

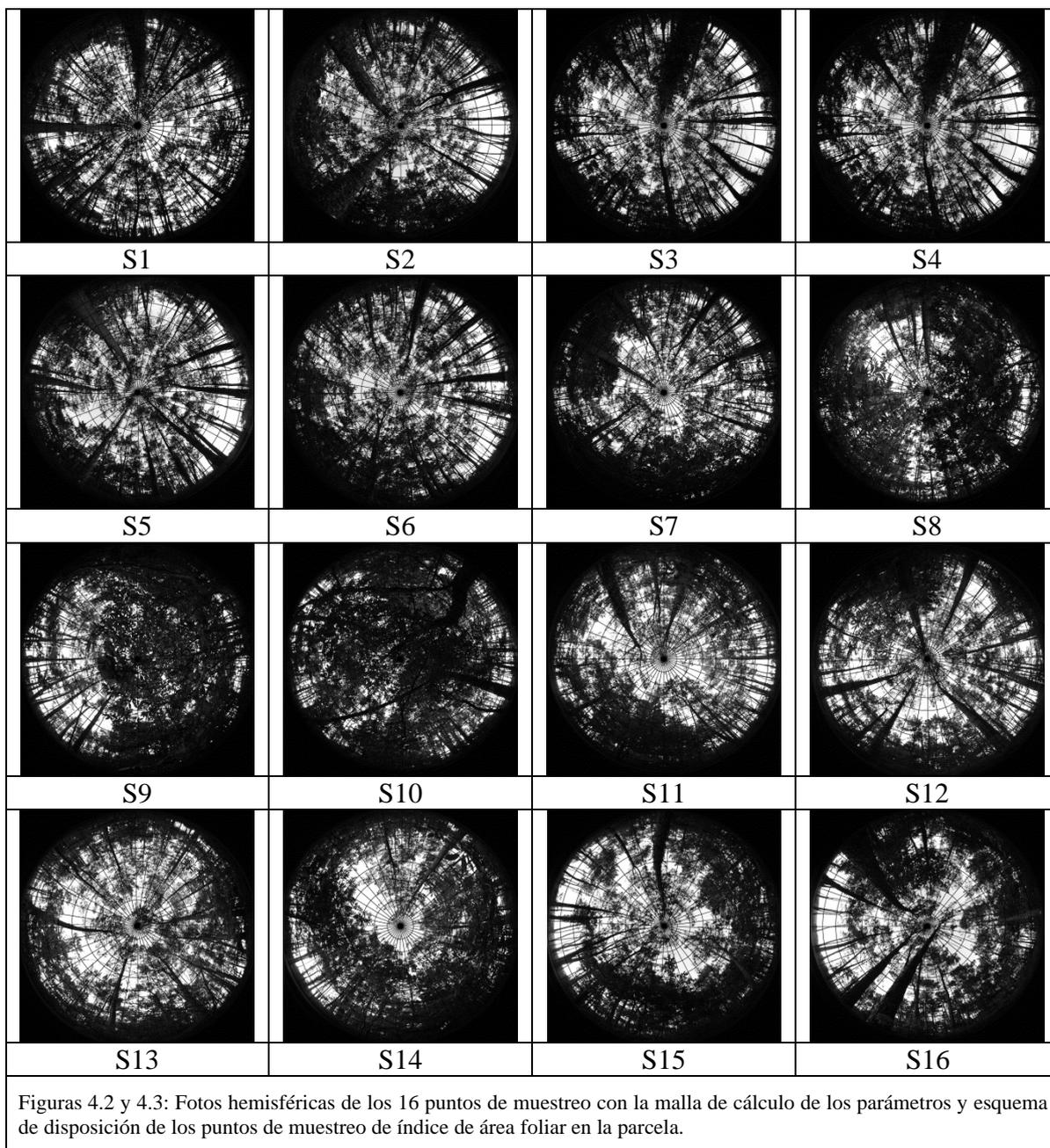
Tabla 7.2: Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) en los periodos mensuales muestreados en la parcela 102Ppn 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 4.5 mm 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 mol m⁻²d⁻¹.
- LAI 5 Ring: Es el índice de área foliar efectiva integrada en el ángulo cenital de 0 a 75. Unidad de medida mol m⁻²d⁻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 102Ppr se puede observar unos valores de cielo abierto muy diferentes, entre el 8 al 26 % debido a 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 variable pero está dentro de los valores normales 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
102	1	99.90	0.10	21.80	1.71	1.48	3.12	3.97	7.09	21.31	27.13	24.22
102	2	99.89	0.11	19.11	2.06	1.66	3.55	3.37	6.92	24.24	23.04	23.64
102	3	99.90	0.10	23.79	1.70	1.40	3.28	4.08	7.37	22.43	27.88	25.15
102	4	99.89	0.11	23.91	1.72	1.42	3.58	4.15	7.73	24.46	28.32	26.39
102	5	99.90	0.10	25.31	1.57	1.38	4.30	4.39	8.69	29.36	29.98	29.67
102	6	99.88	0.12	22.68	1.82	1.50	3.64	4.07	7.71	24.85	27.78	26.31
102	7	99.89	0.11	21.24	1.85	1.62	3.94	4.31	8.25	26.90	29.45	28.17
102	8	99.91	0.09	13.53	2.32	2.06	3.12	2.53	5.65	21.29	17.29	19.29
102	9	99.89	0.11	14.21	2.37	2.17	1.97	2.28	4.26	13.46	15.60	14.53
102	10	99.88	0.12	8.89	3.46	2.82	0.86	1.24	2.10	5.89	8.45	7.17
102	11	99.88	0.12	23.27	1.66	1.51	4.34	4.61	8.95	29.65	31.48	30.56
102	12	99.90	0.10	24.68	1.52	1.41	3.43	4.50	7.93	23.42	30.71	27.07
102	13	99.90	0.10	26.14	1.24	1.36	4.98	5.10	10.07	34.00	34.81	34.40
102	14	99.88	0.12	19.33	2.01	1.77	4.29	3.88	8.16	29.27	26.47	27.87
102	15	99.89	0.11	23.84	1.69	1.54	4.24	4.55	8.79	28.98	31.08	30.03

102	16	99.89	0.11	22.84	1.81	1.51	3.56	4.20	7.77	24.35	28.71	26.53
Total		99.89	0.11	20.91	1.91	1.66	3.51	3.83	7.34	7.34	26.14	25.06

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.

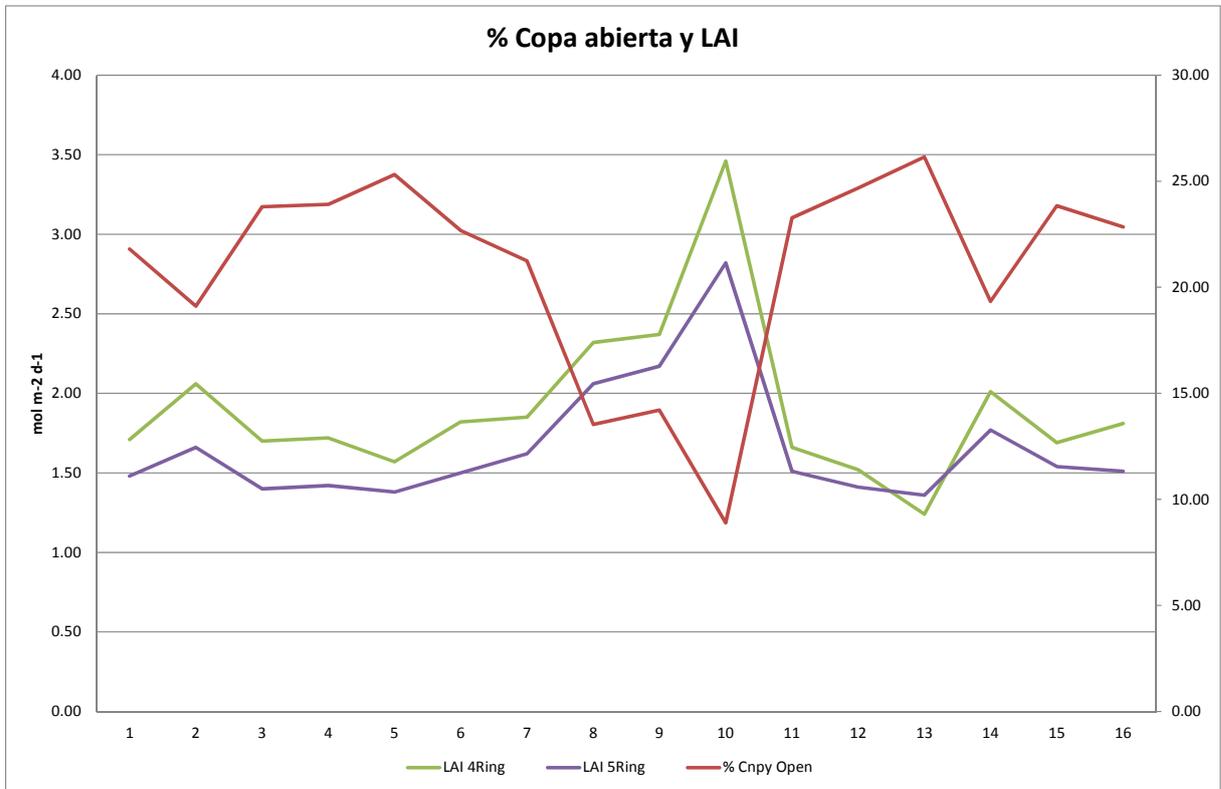
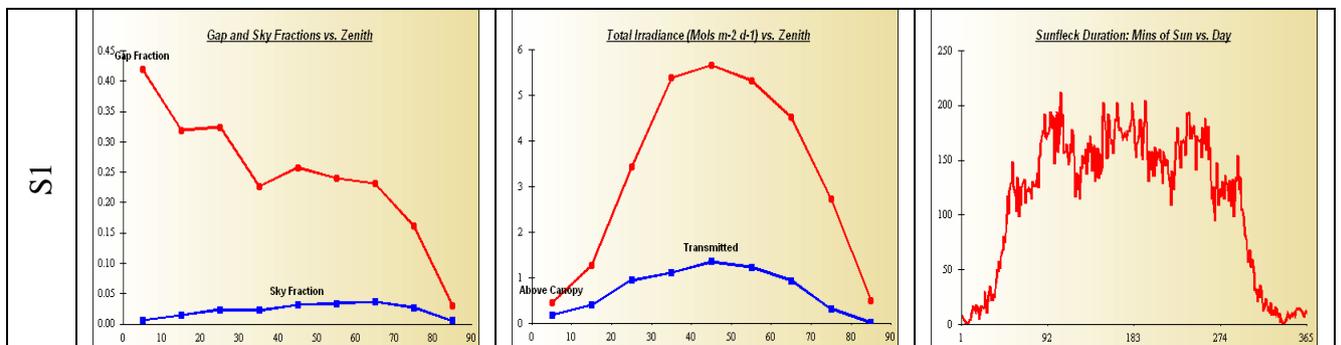
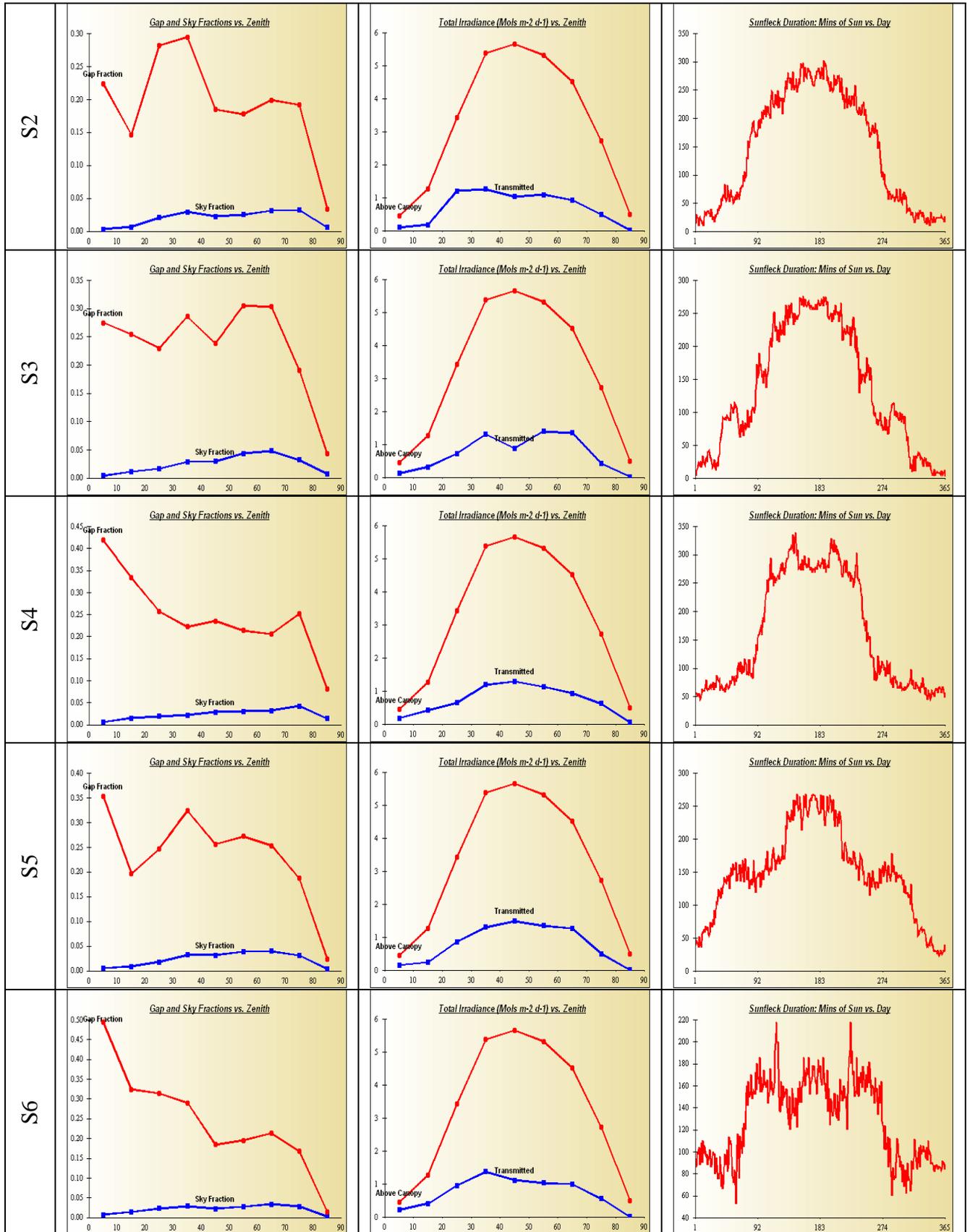


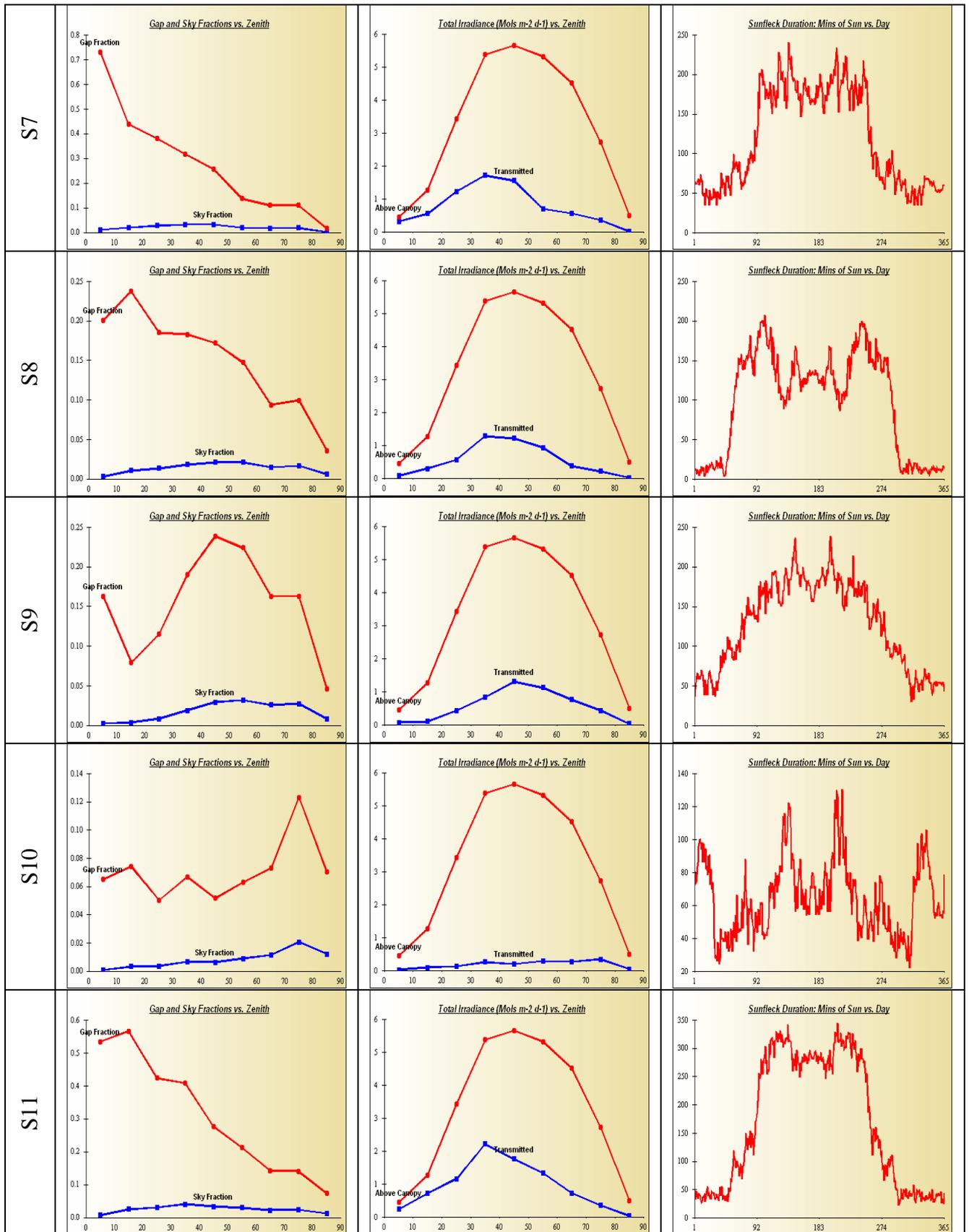
Figura 8.4: valores de índice de área foliar y de porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

En los siguientes gráficos se pueden observar: la zonas de 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 (SkyFraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.







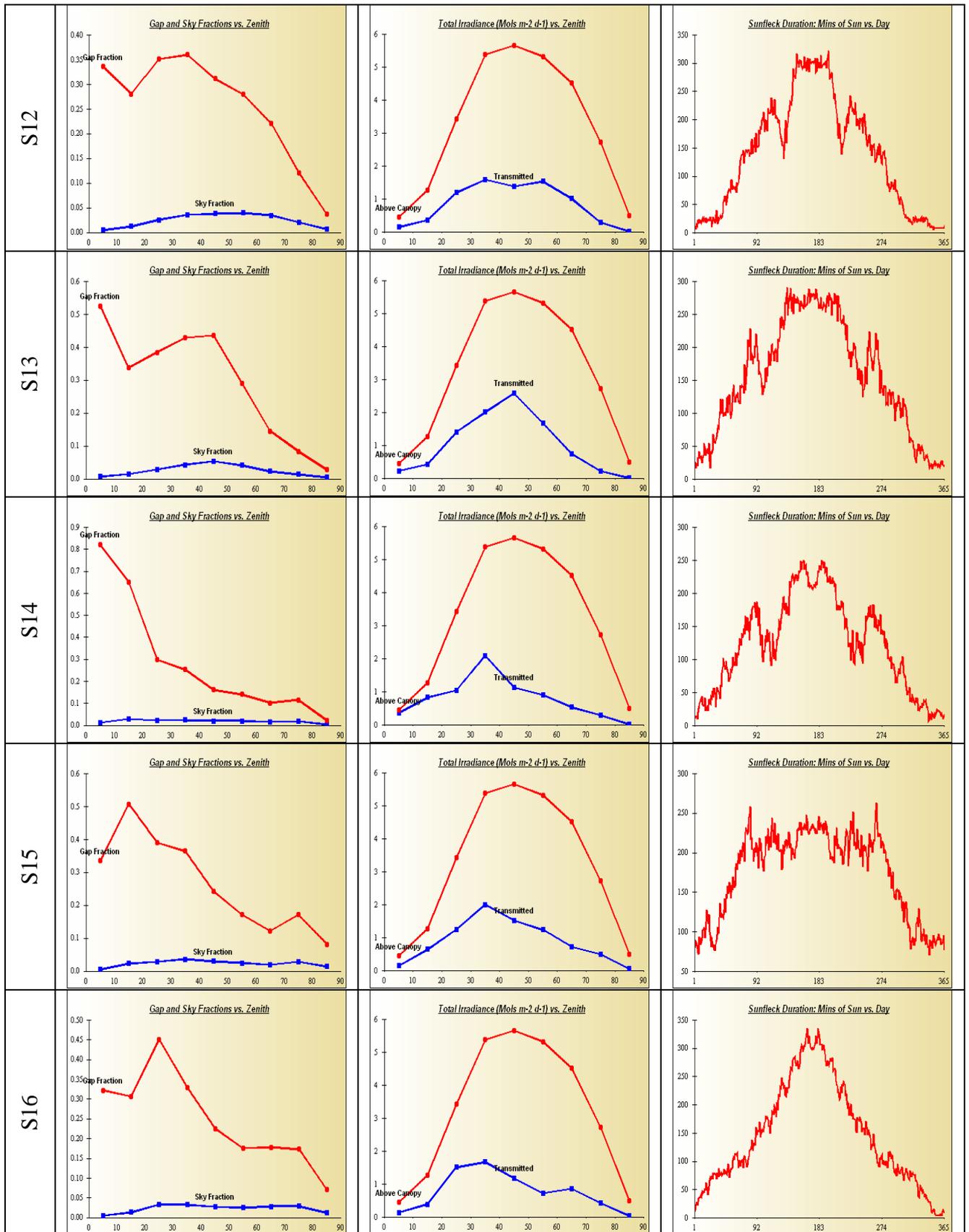


Figura 8.5: Zona cielo abierto (SkyFraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 102Ppr se llevó a cabo el 1 de diciembre 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.

102Ppr	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	54
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	94
Grupo 5	Herbáceas	35
Grupo 6	Matorral caduco	9
Grupo 7	Matorral perenne	400

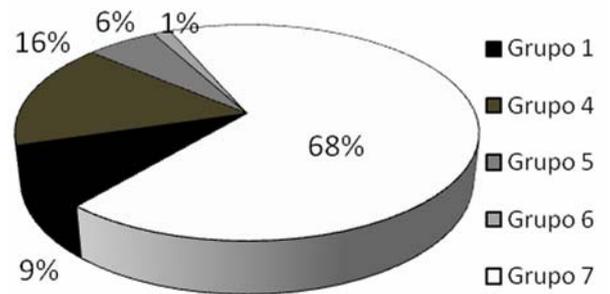


Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 102Ppr durante el año 2009

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

El grupo de vegetación mayoritario, con un 68% sobre el total de la vegetación encontrada (Figura 9.1), ha sido el de matorral perenne con 400 kg·ha⁻¹, seguido del grupo de poáceas, ciperáceas y juncáceas (16%), musgos (9%) y herbáceas (6%).

En el momento de la recogida, se ha recogido matorral caduco en pequeña proporción, pero no se ha encontrado vegetación perteneciente a los grupos de helechos ni líquenes.

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 303 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de matorral perenne (205 kg·ha⁻¹). Los macronutrientes retenidos por la vegetación (17 kg·ha⁻¹), mayoritariamente han sido N (8 kg·ha⁻¹), K (5 kg·ha⁻¹) y Ca (2 kg·ha⁻¹) en los grupos 7 y 4, principalmente (Figura 9.3).

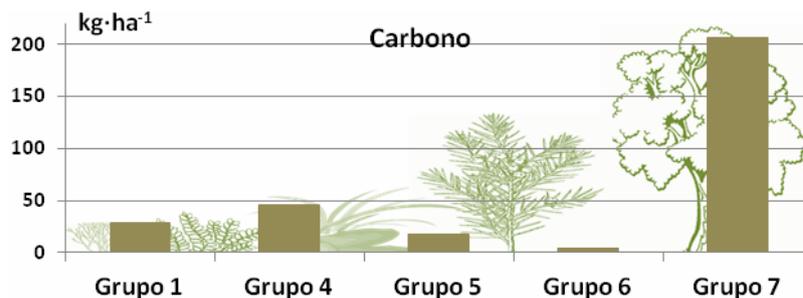


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

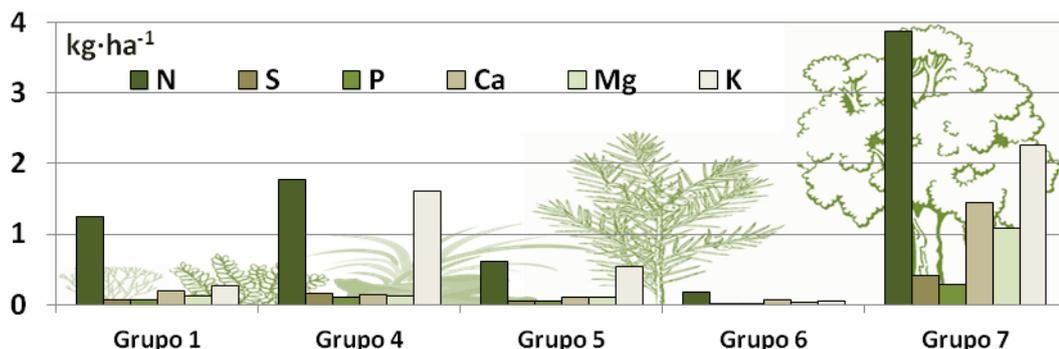


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela 102 de *Pinus pinaster* se asienta sobre granito, con un perfil característico Cambisol Húmico ($A_{u1}/A_{u2}/B_w/C$).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl_2 ácido, con valores medios en la capa orgánica de 3.73 ± 0.24 y 3.11 ± 0.18 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 3.68 ± 0.23 , aumentando a medida que crece la profundidad.

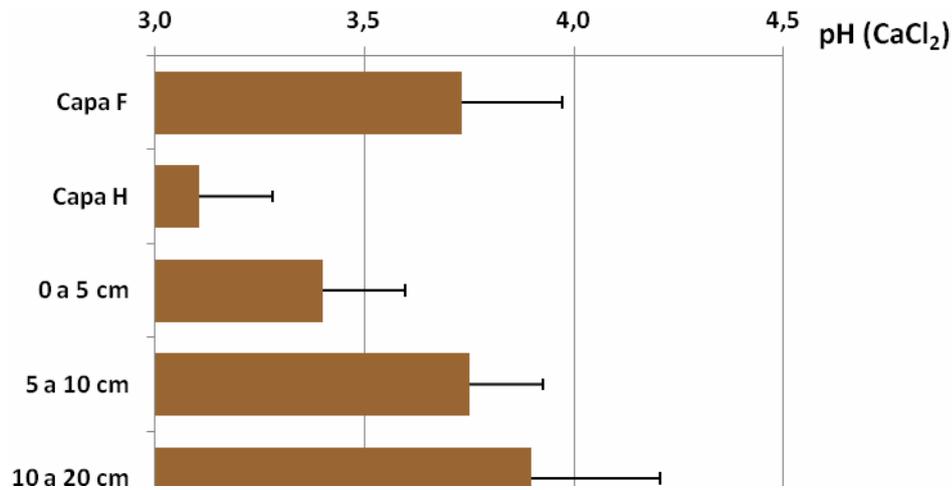


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl_2) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de $525 \pm 7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ y $417 \pm 89 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, los valores medios encontrados han sido de $112 \pm 15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, existiendo una tendencia decreciente con la profundidad.

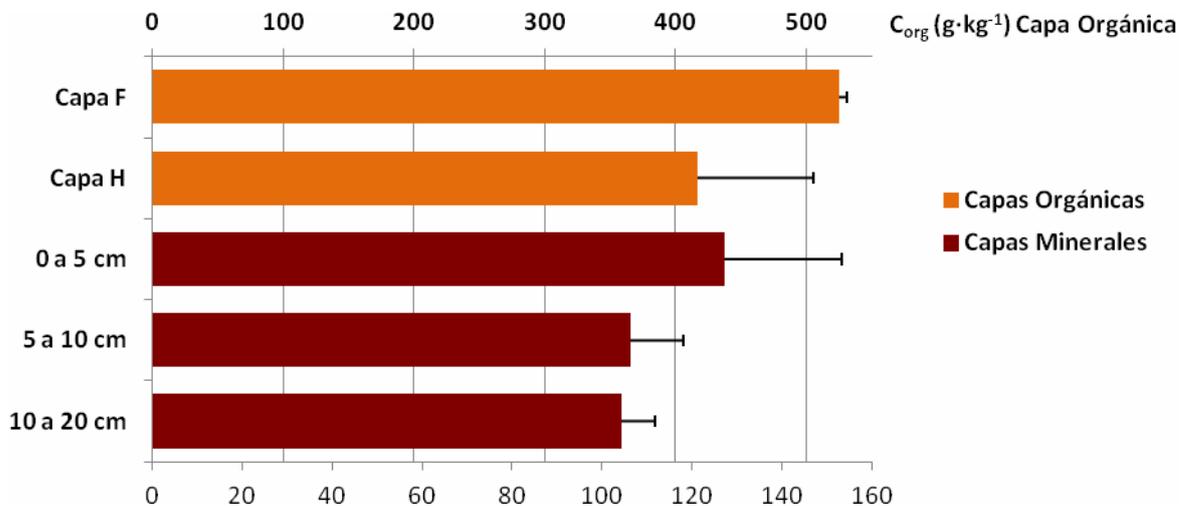


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

H: capa de material orgánico humificado.

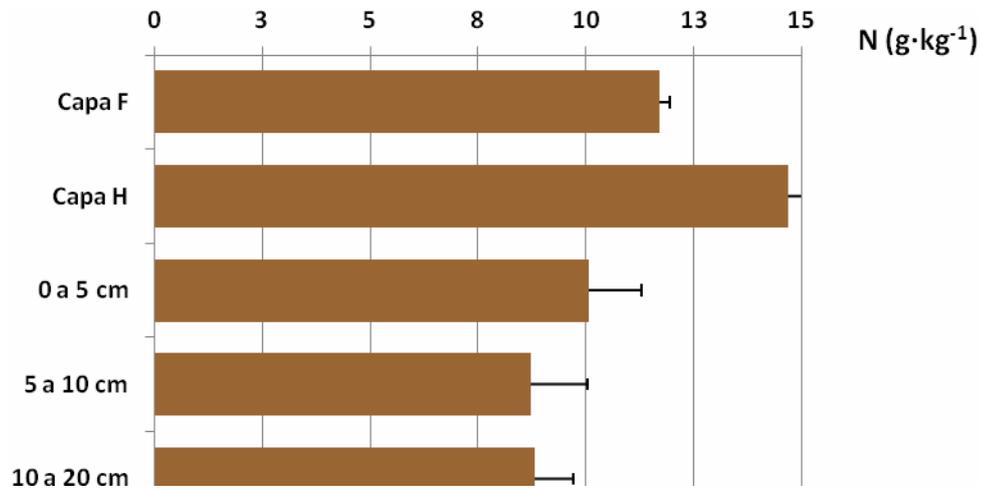


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido de 11.71 ± 0.24 y 14.71 ± 2.53 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 ido decreciendo de 10.07 g·kg⁻¹ de media en los primeros cinco centímetros, a 8.81 g·kg⁻¹ a los veinte centímetros.