

PARCELA 37 *Pinus pinaster* (Segovia)



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 37 *Pinus pinaster* de seguimiento intensivo de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Segovia
Término Municipal: Cuéllar
Paraje: Vivero Viejo
Coordenadas (GPS)
Latitud: +41°21'00''
Longitud: -04°17'00''
Altitud: 800 m s.n.m.
Orientación: Plano
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARÁCTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de *Pinus pinaster*.

Especie principal: *Pinus pinaster*
Edad media: 41-60 años
Nº árboles de la especie principal: 45
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Arenas silíceas
Edafología: Arenosol háplico

VEGETACIÓN

Estrato arbóreo de *Pinus pinaster*. Estrato muscinal y líquénico (18%). El pasto está uniformemente distribuido.

2. METEOROLOGÍA

El comportamiento meteorológico de los años 2005 a 2009 ha venido marcado por las diferentes precipitaciones pasando de los 303 milímetros del año 2005 a los 614 mm del 2008. 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, así como la radiación o la dirección del viento han tendido un comportamiento muy uniforme en estos cinco años, destacar solo el año 2009 por su temperatura en general más altas, mayor radiación y menor humedad relativa, que junto a la escasa precipitación, ha marcado la evolución de la parcela.

Año	V viento med	V viento máx	D viento med	Tª med	Tª máx	Tª mín	Tªmed máx	Tªmed min	HR (%)	Rad med	Precip. (mm)
2005	1.5	18.6	177.1	10.6	37.7	-13.7	19.2	2.2	66.2	190.5	303
2006	1.6	22.3	170.1	11.9	37.8	-14.8	19.7	2.2	69.2	199.2	502
2007	1.6	28.8	168.5	11.8	38.1	-18.1	18.4	-3.2	67.5	204.6	509
2008	1.5	32.7	156.0	11.3	36.8	-15.1	17.8	-3.2	75.0	205.0	614
2009	1.4	20.8	162.2	11.4	36.5	-14.8	19.4	2.4	58.8	234.0	366

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 37Ppr se puede observar:

- Aparición de la acícula: La época de aparición de la acícula no ha sufrido grandes cambios en estos cuatro años, aunque en el año 2005 el periodo de la aparición de la hoja es el mismo, no fue así el tamaño, en el año 2009 la aparición de acícula tuvo una pequeña parada debido a la escasez de lluvias primaverales (Figura 3.1).
- Caída de la hoja: La caída de acícula se encuentra como regla general reflejada con un 2, siempre hay un poco de caída de la acícula, en el año 2005 el porcentaje es muy alto, llegando a código de 6, este problema decrece con las lluvias de los años sucesivos y las cortas de pies debilitados en la parcela.
- Decoloración: Los árboles de la parcela sufrieron decoloración hasta en el 2005, asociada a la caída de la acícula y en el otoño del 2007, también asociada con defoliación.
- Número de metidas o años de 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 4 años en el 2007, al tener una mayor recuperación de la masa con las lluvias y los tratamientos selvícolas.
- Floración y fructificación: No hay nada reseñable en estos parámetros.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 37Ppr han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2009:

- *Viscum album*: Se observan sobre casi la totalidad de los pies de la parcela, matas de esta epífita parásita en ramas y tronco, siendo su presencia en ocasiones intensa y llegando a debilitar a los pies considerablemente.

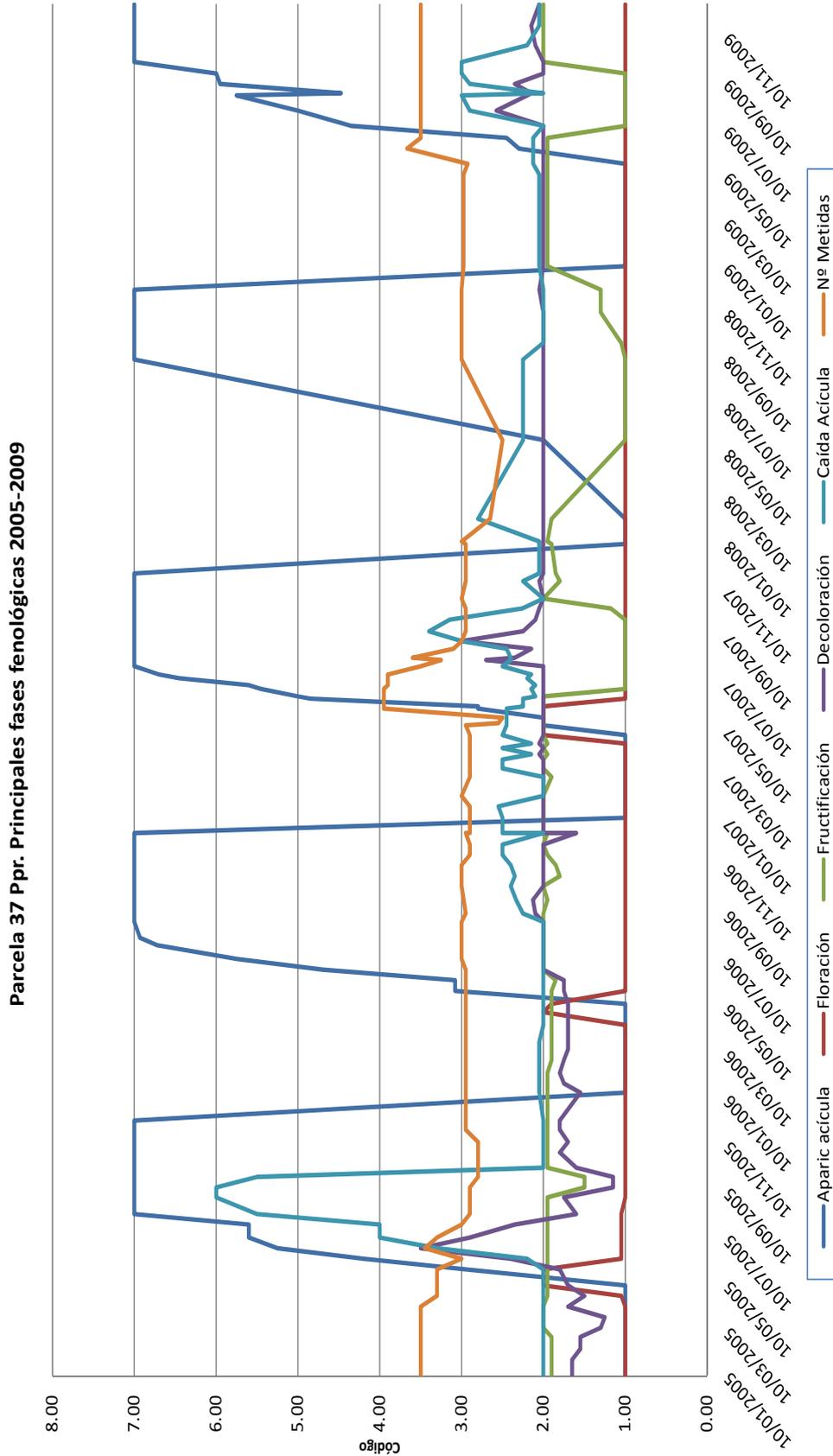


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

- *Leptostroma sp.*: Hongo defoliador que ocasiona daños ligeros sobre toda la masa entre 2005 y 2007.
- *Leucaspis pini*: Chupador de acículas, que en 2005 y 2006 se observa principalmente sobre el regenerado, siendo su presencia en ocasiones moderada.
- Resinosis: En los troncos de algunos pies de la parcela se ven ligeras exudaciones de resina, principalmente ocasionadas por antiguas matas de muérdago.
- Nieve: Este agente fue el responsable de la rotura de varias ramas en 2006.
- Viento: El viento en 2006 causó la rotura de algunas ramas en la parcela y la caída de uno de sus pies.
- Operaciones selvícolas: En 2006 se cortaron y extrajeron 5 pies de la parcela que se encontraban debilitados por tener una gran presencia de muérdago.

4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela de 37Ppr ha sido negativo en el año 2006, como consecuencia de un tratamiento selvícola realizado con cortas de pies debilitados, en los años 2007 y 2008 el incremento ha sido muy pequeño (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	47,18	14,73	66,69	
2006	41,40	14,73	40,05	-39,94
2007	42,22	14,81	40,17	0,29
2008	42,27	14,81	40,25	0,20
2009	42.49	14.81	40.58	0.80

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

En esta parcela solo se instaló una cinta hasta el año 2009, debido a los problemas existentes de las cintas métricas con la resina del *Pinus pinaster* que adhiere la cinta al árbol e inutiliza el sistema de muelles. El árbol ha experimentado un crecimiento muy estable con subidas en el año 2007, como consecuencia de la recuperación después de lluvias y a los tratamientos selvícolas del año anterior (Figura 4.2).

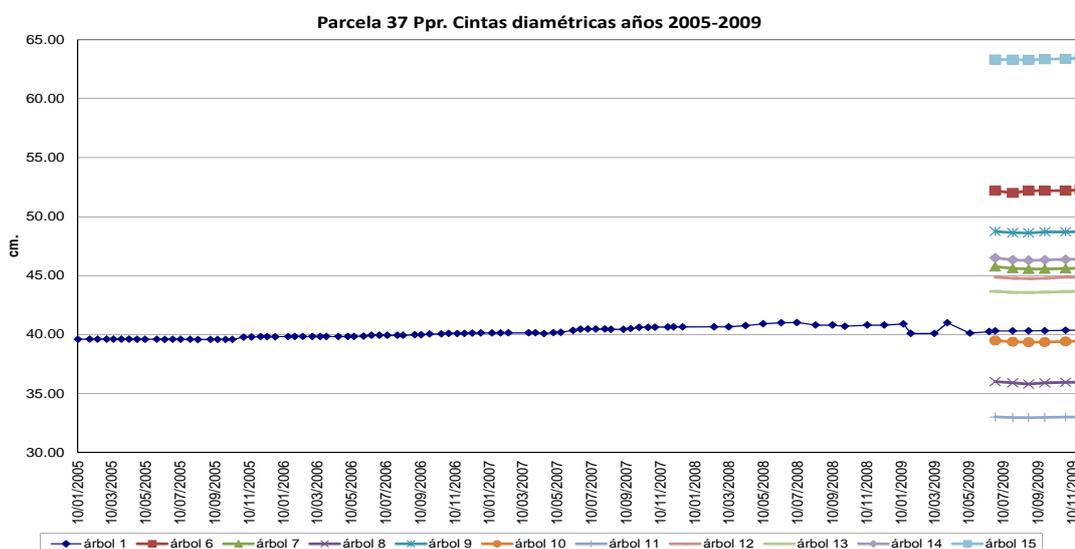


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los árboles con cintas diamétricas en la parcela durante los años de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 37 de *Pinus pinaster* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 2812 kg·ha⁻¹ en el desfronde total (Figura 5.1). Esta producción ha sido inferior a las encontradas durante los cuatro años de estudio anteriores, con producciones que han oscilado entre 2943 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2006 y 3753 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2008.

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales del 58% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...) con un 38%, y de la fracción ramas, con un 4% (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 55%. Sin embargo, los aportes de la fracción ramas han disminuido respecto de la media de años anteriores, con un 10%.

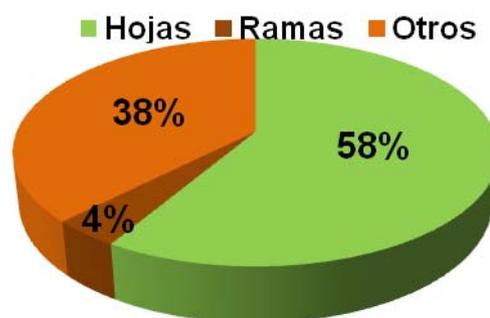
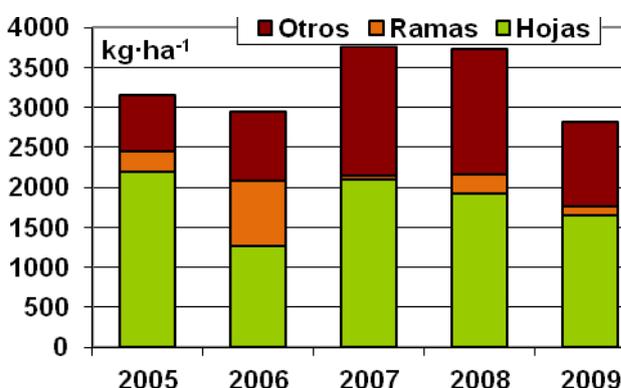


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

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

En el estudio de la evolución mensual del desfronde durante el año 2009 (Figura 5.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido a los meses comprendidos entre mayo y agosto. La tendencia respecto a años anteriores ha sido similar. Los aportes máximos han correspondido al mes de agosto 664 kg·ha⁻¹·mes⁻¹. En este mes también se han alcanzado las máximas producciones de la fracción hojas, con 587 kg·ha⁻¹·mes⁻¹.

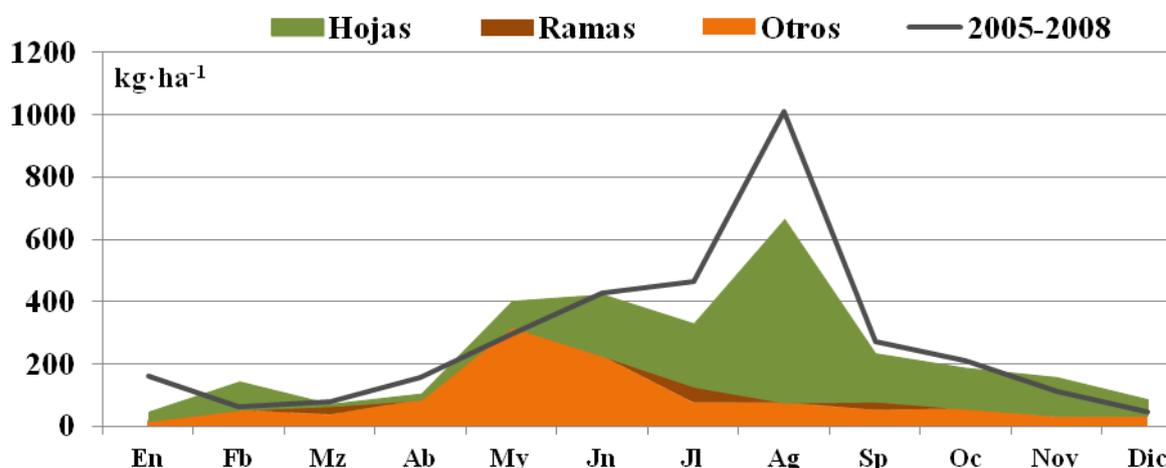


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-

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

Los máximos aportes de la fracción otros se han producido en el mes de mayo, con $319 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$, seguido del mes de junio con $230 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$. Los máximos en la fracción ramas han correspondido al mes de julio, con valores de $52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$.

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

37Ppr	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	53.79	4.82	0.89	0.57	6.30	1.66	1.16
	Otros	52.82	10.89	1.21	0.75	9.85	1.14	2.99
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Febrero	Hojas	53.79	4.82	0.89	0.57	6.30	1.66	1.16
	Otros	52.82	10.89	1.21	0.75	9.85	1.14	2.99
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Marzo	Hojas	54.08	5.70	1.24	0.72	6.24	2.13	1.74
	Otros	52.82	10.89	1.21	0.75	9.85	1.14	2.99
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Abril	Hojas	54.08	5.70	1.24	0.72	6.24	2.13	1.74
	Otros	52.93	9.76	1.15	0.69	4.98	1.02	3.75
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Mayo	Hojas	54.08	5.70	1.24	0.72	6.24	2.13	1.74
	Otros	52.73	6.94	1.07	0.50	5.91	0.98	3.38
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Junio	Hojas	53.71	3.51	1.17	0.47	5.13	1.68	0.84
	Otros	51.73	8.73	1.23	0.73	4.44	0.92	2.39
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Julio	Hojas	54.37	2.81	0.75	0.50	5.15	1.97	1.01
	Otros	52.10	8.73	1.27	0.77	8.02	1.05	3.34
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Agosto	Hojas	54.01	2.37	0.74	0.57	5.55	1.99	1.18
	Otros	52.85	9.45	1.15	1.90	11.68	2.62	8.34
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Septiembre	Hojas	53.50	2.88	0.76	0.53	6.42	2.14	1.31
	Otros	51.23	10.19	1.57	1.52	7.99	1.70	9.15
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Octubre	Hojas	54.17	2.61	0.77	0.46	6.13	1.97	0.92
	Otros	52.52	8.48	0.99	0.72	9.26	1.05	2.86
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Noviembre	Hojas	53.51	3.12	0.86	0.50	6.28	1.92	1.06
	Otros	54.20	8.70	1.05	0.95	8.03	1.24	3.82
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53
Diciembre	Hojas	53.56	3.90	0.97	0.55	5.76	1.65	1.11
	Otros	54.20	8.70	1.05	0.95	8.03	1.24	3.82
	Ramas	52.32	6.73	0.84	0.26	11.90	0.76	0.53

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 37Ppr durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 53.89 ± 0.28 , 52.75 ± 0.86 y $52.32 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de $4.00 \pm 1.29 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con concentraciones superiores en los meses de primavera, $5.70 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, para disminuir a lo largo del año e ir aumentando a final de año. En esta misma fracción, también se ha encontrado similar tendencia en los contenidos de azufre y fósforo, con concentraciones medias de 0.96 ± 0.10 y $0.57 \pm 0.1 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente. No se ha encontrado una tendencia clara en calcio foliar, al igual que en magnesio y potasio, con concentraciones medias a lo largo del año de 5.98 ± 0.46 , 1.92 ± 0.20 y 1.25 ± 0.32 .

En la fracción otros, tampoco se han encontrado tendencias claras en los nutrientes estudiados con concentraciones medias de 9.36 ± 1.21 , 0.92 ± 0.40 y 8.16 ± 2.16 en nitrógeno, fósforo y calcio, respectivamente.

En la fracción ramas, debido a la escasa cantidad de muestra recogida, sólo se ha podido realizar una única medida en una muestra mezcla anual, con valores de 6.73, 11.90 y $0.26.85 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en nitrógeno, calcio y fósforo, respectivamente.

En total, la parcela 37Ppr ha aportado $1523 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de $48 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; en años anteriores, los rangos de variación habían oscilado entre 60 y $83 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

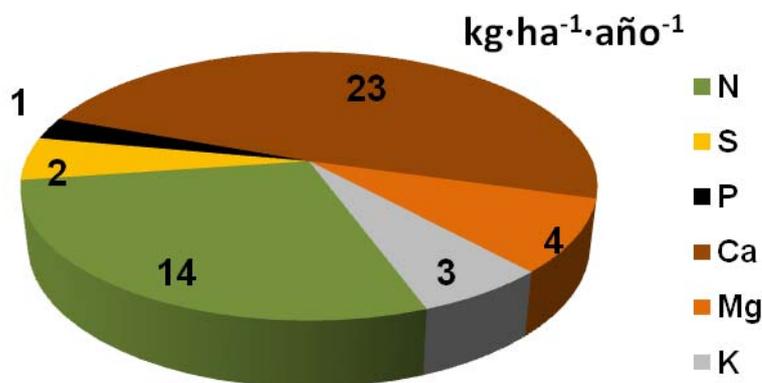


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 37Ppr.

Los mayores aportes al suelo han sido de calcio, con $23 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en el desfronde total, seguido de nitrógeno, $14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y de magnesio, $4 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (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	134.66	53.71	6.40	1.04	0.75	3.76	1.81	2.06
2009	97.58	53.42	7.50	0.90	1.01	2.17	1.45	2.84

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>P>S, mientras que los contenidos en las acículas del brote del año anterior siguen un orden diferente: N>Ca>K>Mg>S>P.

Los contenidos de N, P y K son más bajos en las acículas del brote del año 2008 que en las acículas del año en curso, mientras que los contenidos de Ca, S y Mg son más elevados en las acículas del brote del año anterior, lo que indica una acumulación de nutrientes de poca movilidad como el Ca o el S frente a nutrientes de mayor movilidad como el P y K, los cuales se van a movilizar durante el proceso de retraslocación, disminuyendo por lo tanto sus contenidos en las acículas del año anterior. El contenido de C es muy similar en ambos brotes.

Las acículas correspondientes al brote del año 2008 presentan mayor desarrollo de la masa foliar que las del año 2009 lo que refleja la influencia de la pluviosidad ya que en el año 2008 la precipitación total anual en esta parcela ha sido más elevada (614 mm, Informe 2005-2008) que la precipitación total en el año 2009 (366 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 en el año 2009 desciende respecto a los dos años anteriores presentando este año uno de los valores medios más bajos junto con el valor medio presentado en acículas correspondientes al año 2005 (64.8 g). Este resultado coincide con el hecho de que el año 2005 y el año 2009 son los años que presentan la precipitación total anual más baja: 303 y 366 mm respectivamente (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 estrecho (51.9 - 53.7 %), correspondiendo el contenido foliar más bajo a las acículas del brote del año 2005. Se observa una tendencia de aumento progresivo del contenido foliar de carbono a partir del año 2005.

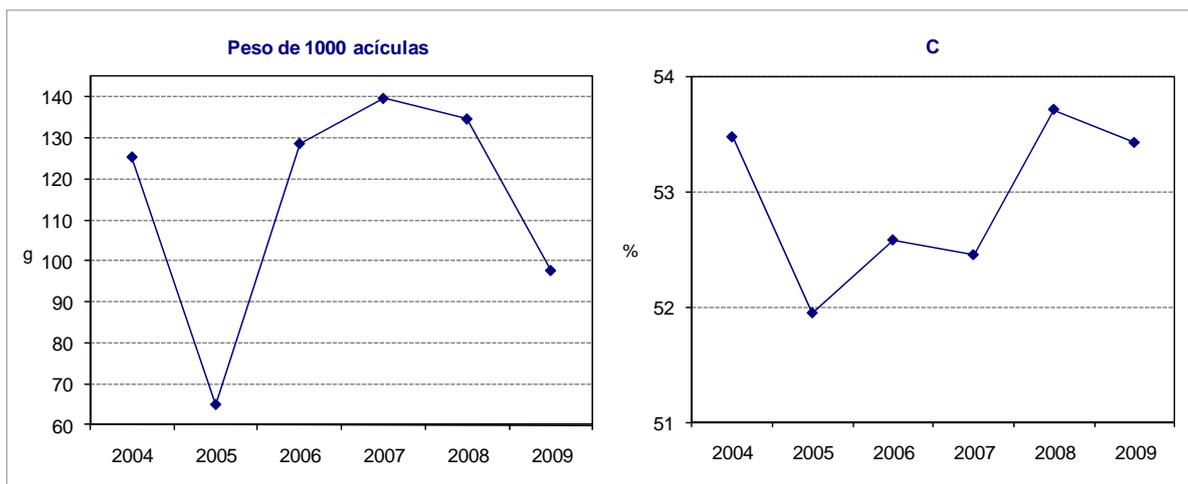


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. pinaster* durante el periodo 2004-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

Los contenidos foliares de N en los periodos muestreados presentan un rango de variación entre 6.4 mg·g⁻¹ y 9.2 mg·g⁻¹ correspondiendo los contenidos más altos a las acículas del año 2005. Se observa una disminución progresiva de los contenidos de N desde el año 2005 hasta el año 2008, año a partir del cual aumenta ligeramente el contenido foliar de N. Los contenidos foliares de Ca presentan un rango de variación entre 1.5 y 4.8 mg·g⁻¹ y siguen una tendencia en forma de zigzag, siendo los contenidos de Ca más elevados en las acículas del brote del año anterior que en las del año en curso, tendencia opuesta a la observada en los contenidos foliares de Mg y K debido a la mayor movilidad de estos elementos, los cuales se van a traslocar desde las acículas más maduras a las más jóvenes. Los contenidos foliares del resto de los nutrientes varían muy poco entre los periodos muestreados (Figura 6.2).

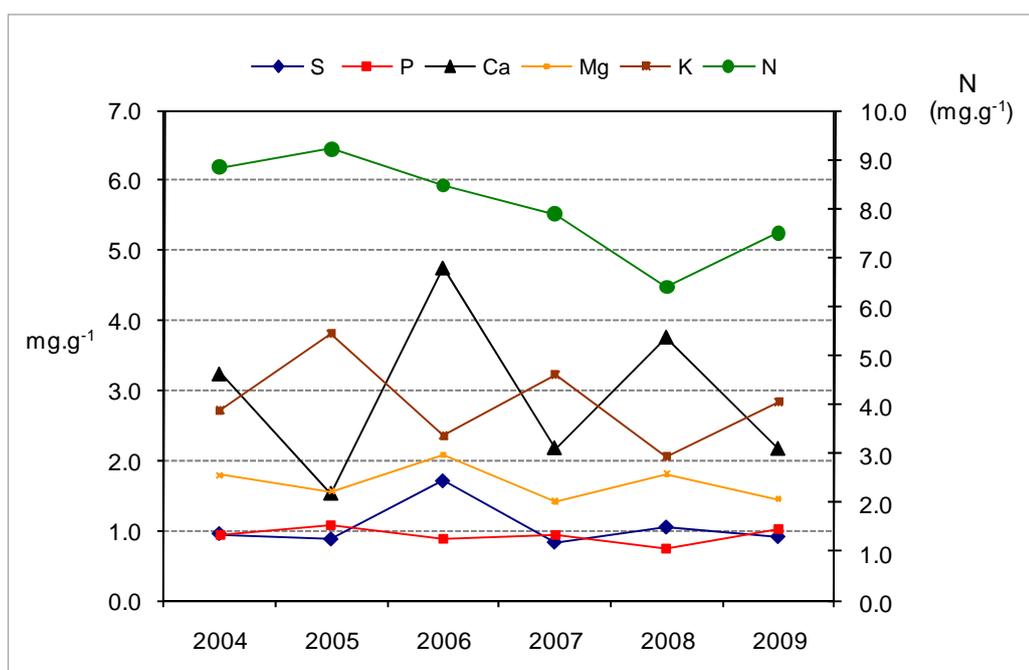


Figura 6.2: Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *P. pinaster* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C

6.1. Comparación de contenidos foliares entre parcelas de *P.halepensis* 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 39 (Avila), parcela 43 (Cuenca), parcela 46 (Albacete), parcela 102 (A Coruña) y parcela 150 (Orense).

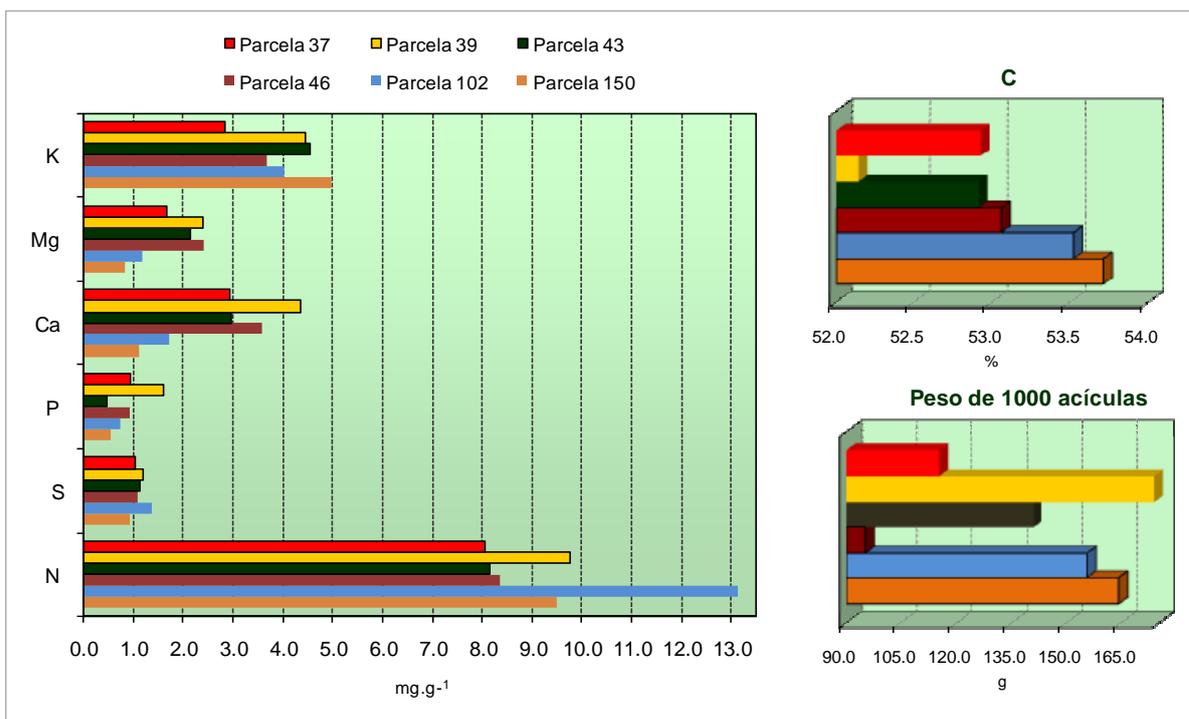


Figura 6.1.1: Peso de 1000 acículas y contenidos medios foliares (mg.g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio y magnesio en seis parcelas de *Pinus pinaster* de la red nacional de Nivel II. Los datos de todas las parcelas son medias de 4 años muestreados (2004-2007) a excepción de las parcelas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

La parcela 37 de Segovia, dentro de las seis parcelas de *Pinus pinaster* estudiadas, presenta los contenidos medios foliares más bajos de K (3.03 mg.g⁻¹) y N (8.05 mg.g⁻¹). Los contenidos medios foliares del resto de nutrientes, presentan en la parcela 37, valores intermedios respecto al resto de las parcelas.

Los contenidos medios foliares más elevados de N y S han correspondido a la parcela 102 situada en La Coruña, mientras que los contenidos medios foliares más altos de Ca y Mg han correspondido a la parcela 39 situada en la provincia de Avila.

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

Los contenidos medios foliares de C presentan un estrecho rango de variación entre las 6 parcelas estudiadas (53.14 - 53.71 %).

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 37 de *Pinus pinaster* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)									
Año		Trascolación	Precipitación incidente								
2009		251	366								

Año		c 25°C $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
2009	T	86	6.57	3.45	2.09	4.66	0.90	1.60	2.67	0.88	4.16	98
		(25-206)	(6.43-6.80)	(0.87-8.23)	(0.52-5.56)	(0.72-16.43)	(0.18-2.55)	(0.08-3.18)	(0.47-8.23)	(0.18-2.90)	(0.43-9.60)	(52-166)
n=12	Pi	51	6.67	1.41	1.39	5.10	0.39	0.44	1.20	1.22	2.51	67
		(10-216)	(6.35-6.88)	(0.12-4.72)	(0.29-3.46)	(0.42-19.85)	(0.05-1.53)	(0.26-0.82)	(0.11-5.69)	(0.11-5.53)	(0.46-5.71)	(30-142)

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 estrecho rango de variación del pH con valores comprendidos entre 6.35 y 6.88 y un valor medio de 6.67, ligeramente superior al valor medio presentado en el agua de trascolación (6.57), lo que indica que la precipitación incidente apenas modifica el pH tras su paso por la cubierta arbórea. Se trata de soluciones neutras a ligeramente ácidas. La concentración media de la alcalinidad aumenta de forma más notable tras su paso por la cubierta arbórea, pasando de 67 a 98 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un amplio rango de variación entre 10 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y 216 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y un valor medio de 51 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, inferior al valor medio presentado en el agua de trascolación (86 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia, a excepción del Ca y los sulfatos, aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea.

Tanto la precipitación incidente como el agua de trascolación presentan mayor concentración de cationes que de aniones. En la precipitación incidente la concentración media del anión sulfato (1.22 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de origen principalmente industrial es similar a la concentración media de los nitratos (1.20 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) 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. Ca y Sulfatos son los elementos que menos varían su concentración en el agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea disminuyendo su concentración en el agua de trascolación principalmente por procesos de evaporación y absorción. Hay que destacar la diferencia entre la concentración media del catión K en la precipitación incidente (1.41 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y la presentada en el agua de trascolación (3.45 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

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

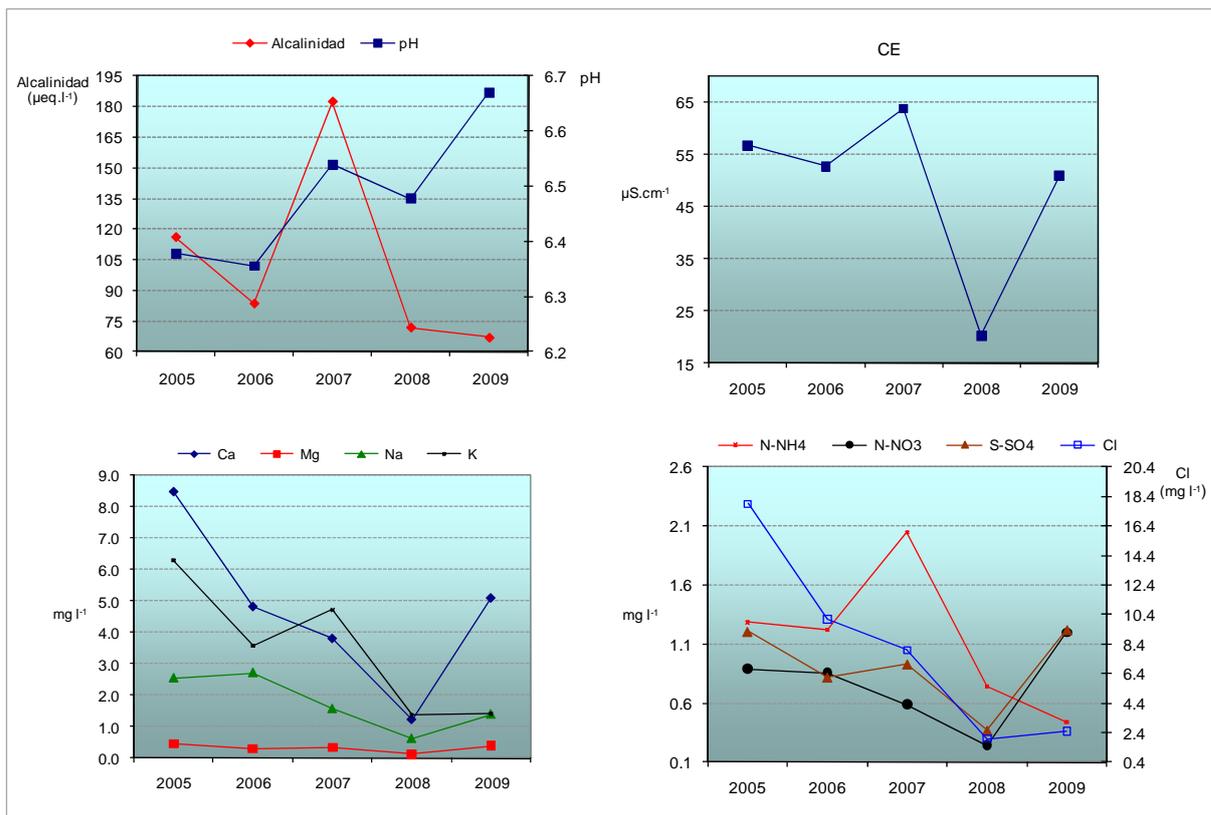


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los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

El valor medio de pH presenta una tendencia ascendente durante los periodos muestreados, incrementando el valor medio desde 6.36 (año 2005) hasta 6.67 (año 2009). La misma tendencia presentada de los valores medios de pH durante el periodo 2005-2007 es observada en las concentraciones medias de alcalinidad, pero a partir del año 2007 se produce una disminución de la concentración media de la alcalinidad, disminuyendo de 182 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2007 a 67 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009.

La misma tendencia manifestada en los valores de pH durante todos los años de muestreo es presentada en el caso de la conductividad eléctrica media, destacando el aumento de la concentración media presentada en el año 2009 (51 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) respecto a la del año 2008 (20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), año que presenta el valor medio más bajo. La conductividad eléctrica es un parámetro indicativo de la concentración iónica del agua de lluvia que se constata por el también aumento de la concentración media de todos los iones, a excepción del amonio, en la precipitación incidente en el año 2009, presentando las concentraciones medias más bajas en el año 2008.

Hay que destacar el aumento de las concentraciones medias de los aniones acidificantes como nitratos y sulfatos en el año 2009 respecto al año 2008. Los nitratos, procedentes principalmente del tráfico rodado, aumentan su concentración de 0.24 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2008) a 1.20 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2009) y los sulfatos de origen principalmente industrial aumentan su concentración de 0.37 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2008) a 1.22 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2009).

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

P	cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk		
	mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$	
Pi	2	83	6.35	12	0.43	0.06	0.30	0.38	0.45	0.23	0.22	0.46	45	
	4	77	6.65	18	1.81	0.12	0.29	0.53	0.71	0.35	0.40	0.68	79	
	5	33	6.71	29	2.91	0.27	0.82	2.17	0.26	0.33	0.64	1.62	142	
	6	55	6.88	14	0.96	0.09	0.40	0.96	0.26	0.34	0.28	0.58	45	
	7	5		63	8.39	0.51	2.34	2.32	0.49	1.10	1.41	3.88		
	8	3	6.76	85	10.94	0.76	2.04	1.45	0.32	2.82	2.48	5.08		
	9	6		216	19.85	1.53	3.46	4.72		5.69	5.53	5.71		
	10	33	6.82	13	1.10	0.07	0.43	0.48	0.35	0.16	0.17	0.73	64	
	11	8	6.72	50	4.21	0.42	3.27	0.98	0.82	0.83	0.97	5.14		
	12	64	6.46	10	0.42	0.05	0.57	0.12	0.34	0.11	0.11	1.21	30	
	T	2	56	6.43	25	0.72	0.18	1.01	0.87	1.14	0.50	0.20	1.98	52
		4	46	6.76	51	2.76	0.50	1.07	2.49	3.18	1.96	0.59	1.83	131
5		22	6.47	67	3.64	0.94	1.43	8.23	1.50	2.14	1.06	4.72	166	
6		41	6.80	26	1.17	0.27	0.52	2.12	0.89	0.72	0.31	1.16	58	
7		2		157	16.43	2.55	4.49	7.38	2.37	6.65	1.83	7.23		
8		2		206					1.04	8.23	2.90	8.96		
9		2		136					0.08	0.47	0.47	0.43		
10		25	6.53	69	5.18	1.25	1.36	2.58	2.09	3.16	0.36	2.85	123	
11		3	6.48	94	6.19	1.22	5.56	2.72	2.42	2.32	0.86	9.60		
12		54	6.49	31	1.19	0.33	1.27	1.21	1.32	0.59	0.18	2.84	61	

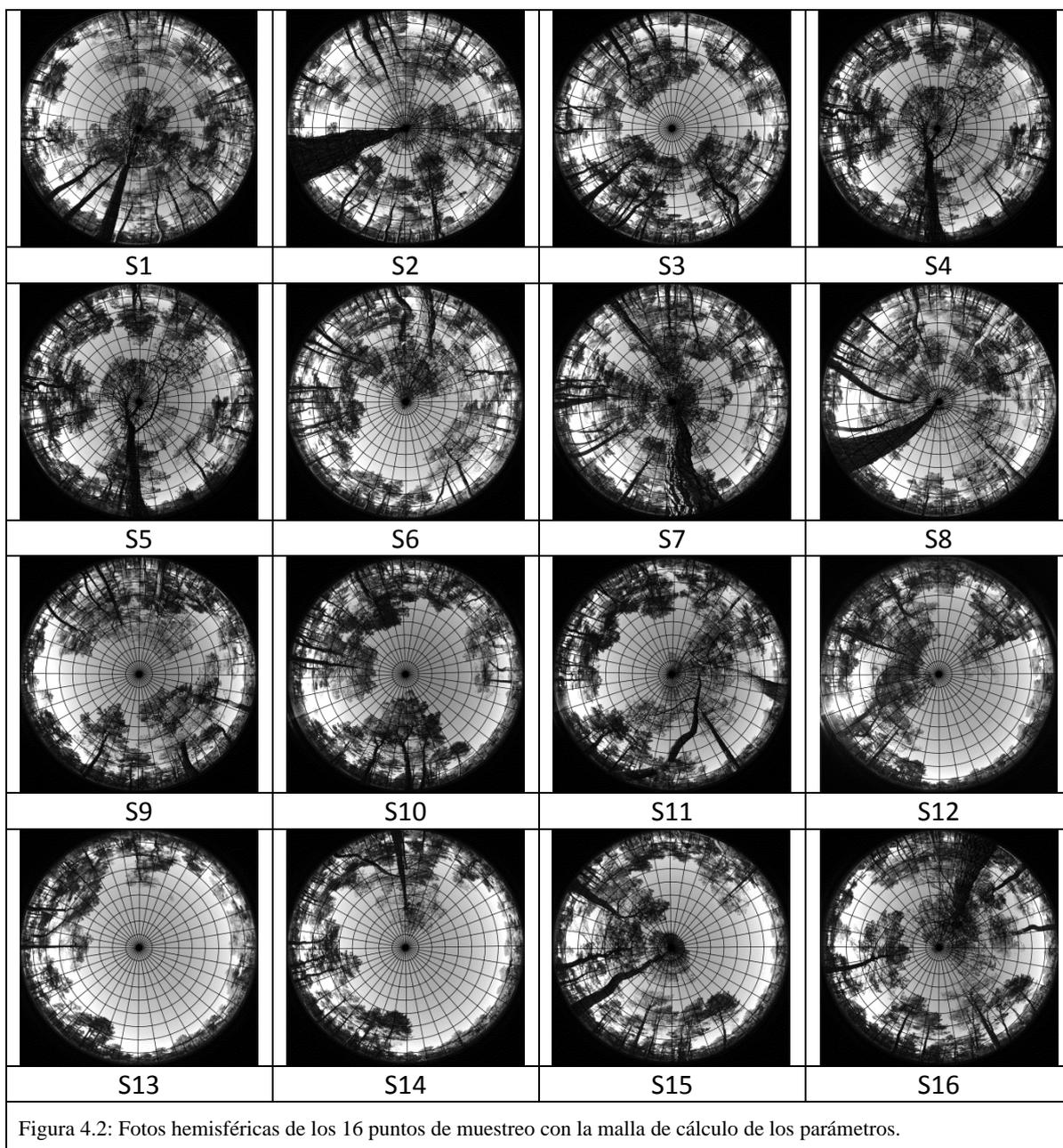
Tabla 7.2: Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) en los periodos mensuales muestreados en la parcela 37Ppn 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 4.5 mm 1:2.8.

Las fotos se tomaron los días 4 y 5 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 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 37 Ppr se puede observar unos valores de cielo abierto muy altos, llegando incluso al 68% debido al espaciamiento de los árboles y la transparencia de las copas. 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 muy bajos, menos del 0.2 y muy alejados de los valores propios de 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
37	2	99.87	0.13	41.53	1.26	0.94	7.52	6.34	13.86	51.37	43.29	47.33
37	3	99.89	0.11	46.81	0.96	0.77	5.58	7.74	13.32	38.09	52.86	45.48
37	4	99.90	0.10	44.20	0.99	0.80	8.63	7.32	15.95	58.92	49.99	54.45
37	5	99.90	0.10	37.13	1.27	1.16	6.87	5.69	12.56	46.89	38.89	42.89
37	6	99.87	0.13	45.67	0.96	0.77	7.93	7.52	15.45	54.16	51.37	52.76
37	7	99.88	0.12	31.84	1.69	1.53	4.84	4.34	9.18	33.07	29.63	31.35
37	8	99.89	0.11	36.80	1.26	1.04	6.36	5.65	12.01	43.43	38.63	41.03
37	9	99.88	0.12	48.36	0.90	0.67	9.25	8.18	17.43	63.18	55.88	59.53
37	10	99.90	0.10	52.23	0.70	0.61	6.29	9.04	15.33	42.95	61.75	52.35
37	11	99.90	0.10	46.12	0.81	0.76	9.13	7.62	16.75	62.34	52.03	57.18
37	12	99.89	0.11	55.05	0.52	0.50	5.65	9.24	14.89	38.57	63.15	50.86
37	13	99.90	0.10	68.87	0.18	0.21	11.00	12.37	23.37	75.12	84.50	79.81
37	14	99.89	0.11	62.32	0.34	0.36	10.10	10.89	20.99	68.96	74.41	71.69
37	15	99.89	0.11	49.79	0.75	0.68	5.35	8.19	13.53	36.51	55.94	46.22
37	16	99.90	0.10	43.08	1.06	0.84	8.44	6.74	15.19	57.65	46.07	51.86
Total		99.89	0.11	46.89	0.94	0.79	7.62	7.68	15.31	52.06	52.48	52.27

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.

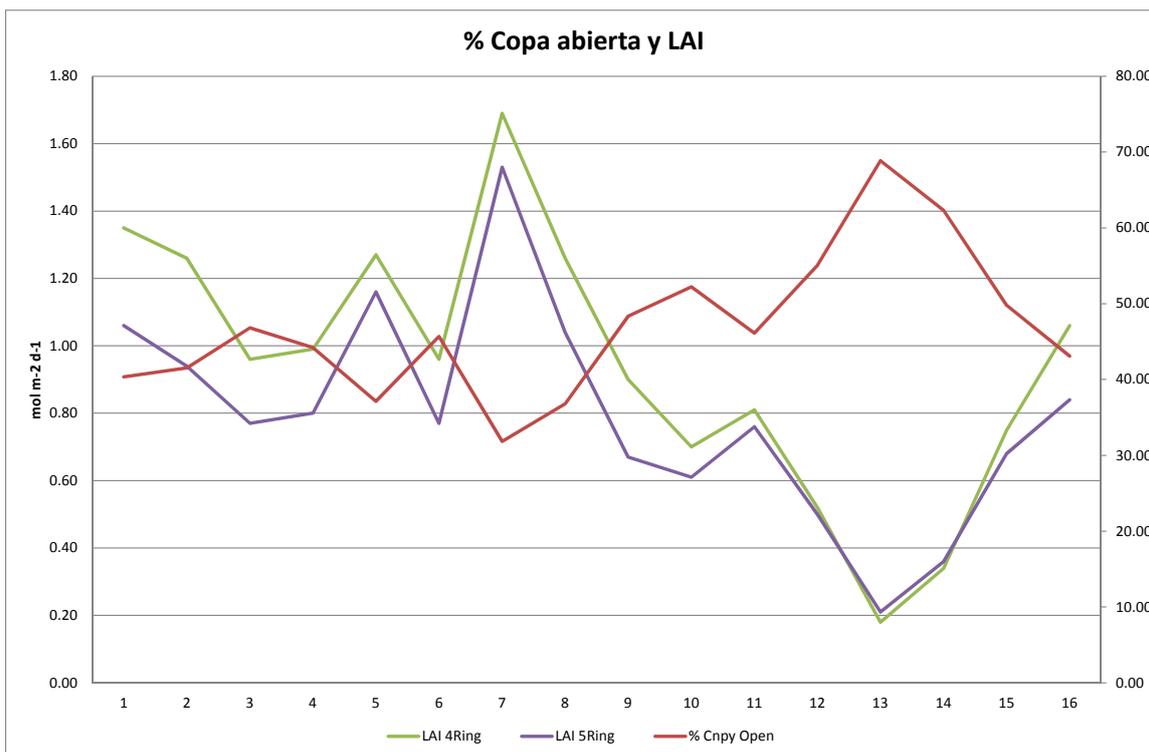
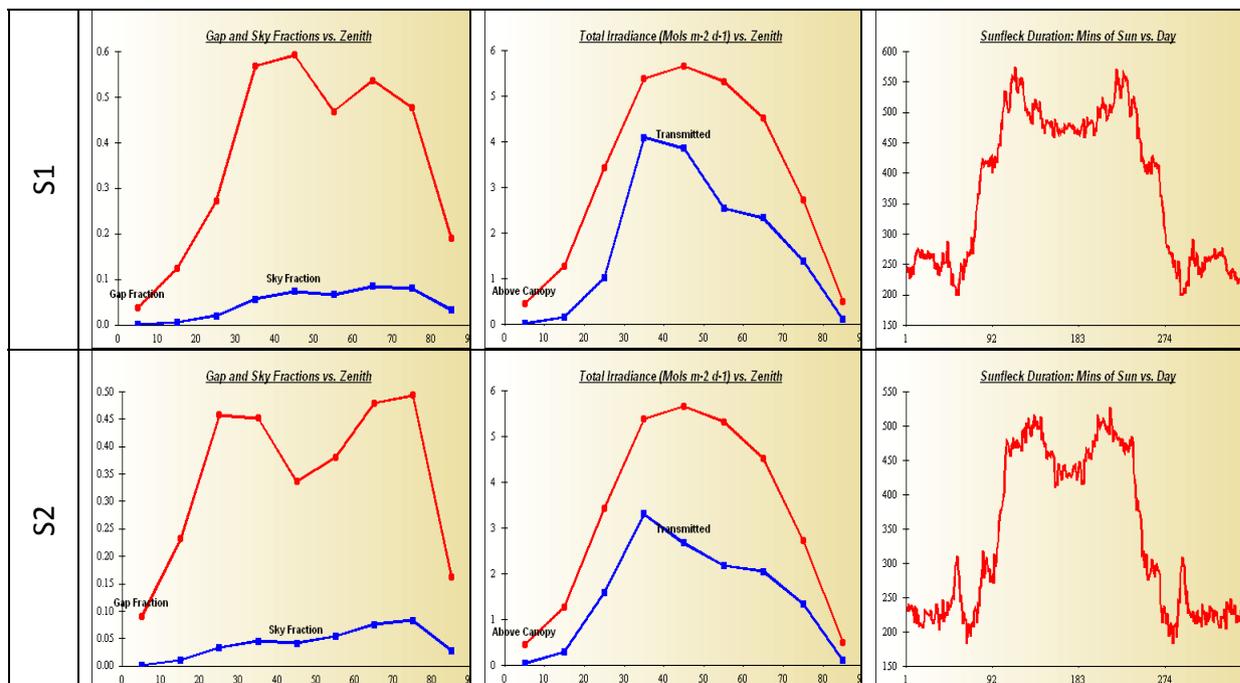
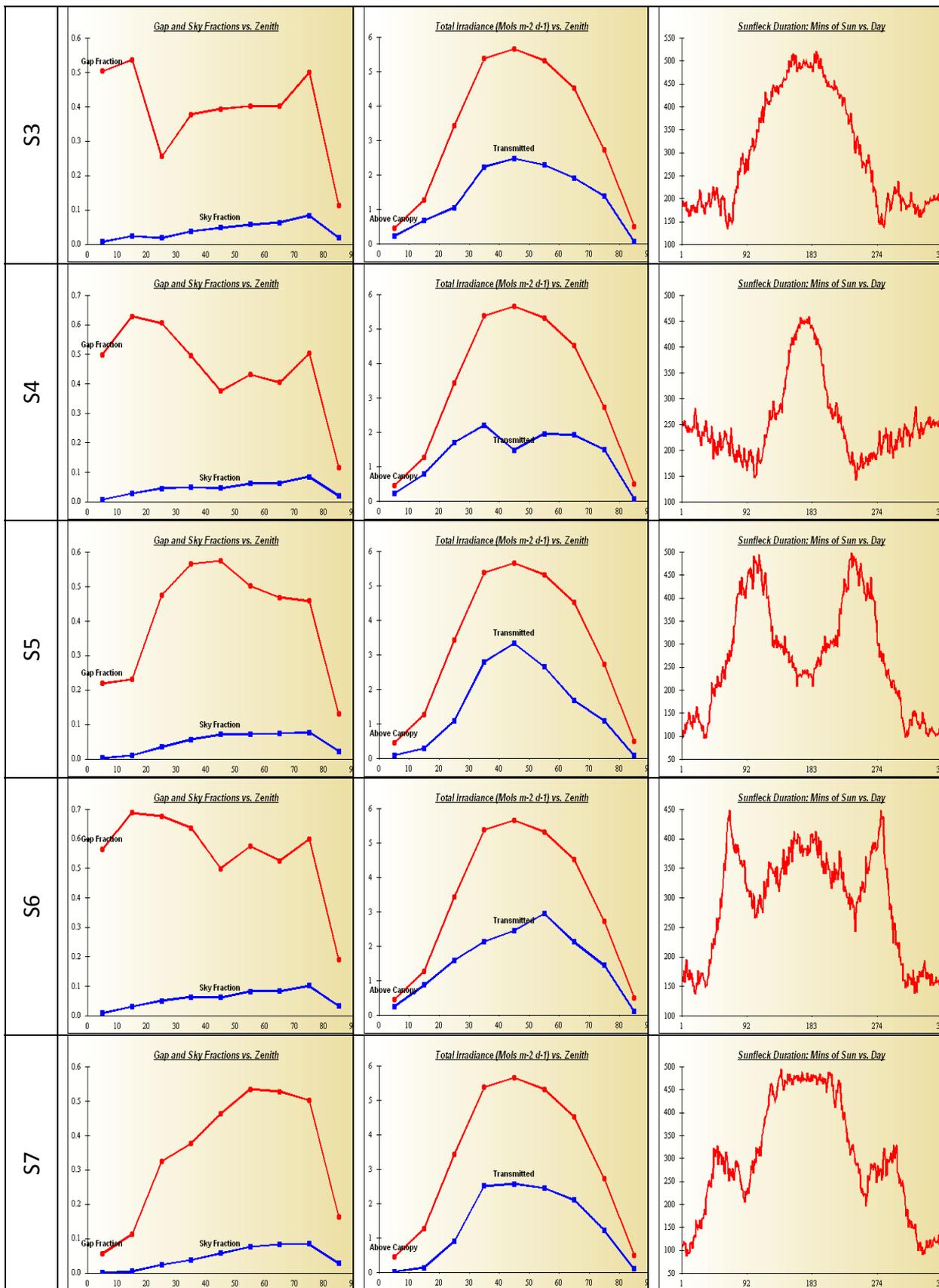
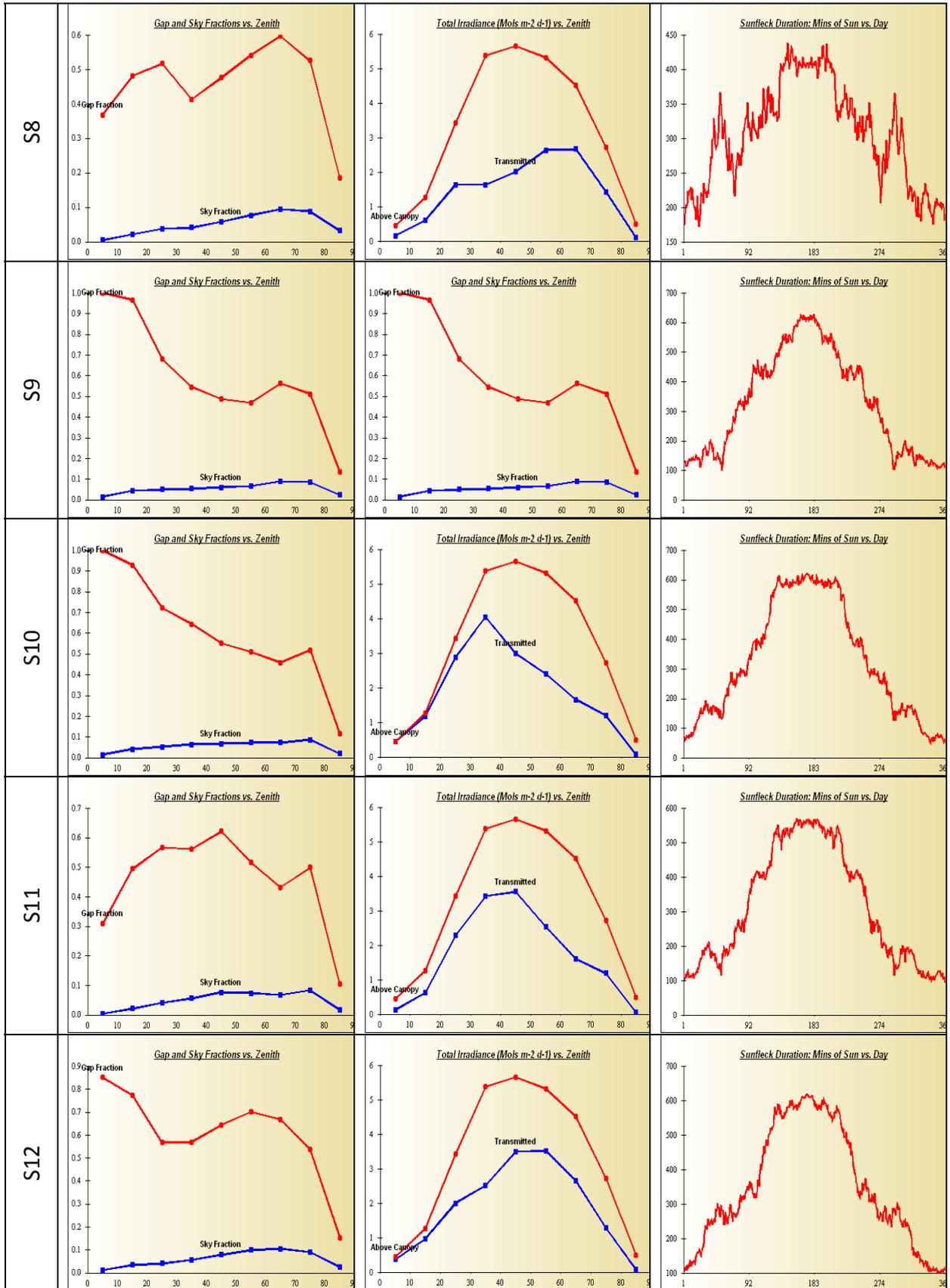


Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de % de cielo abierto en cada punto de muestreo.

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.







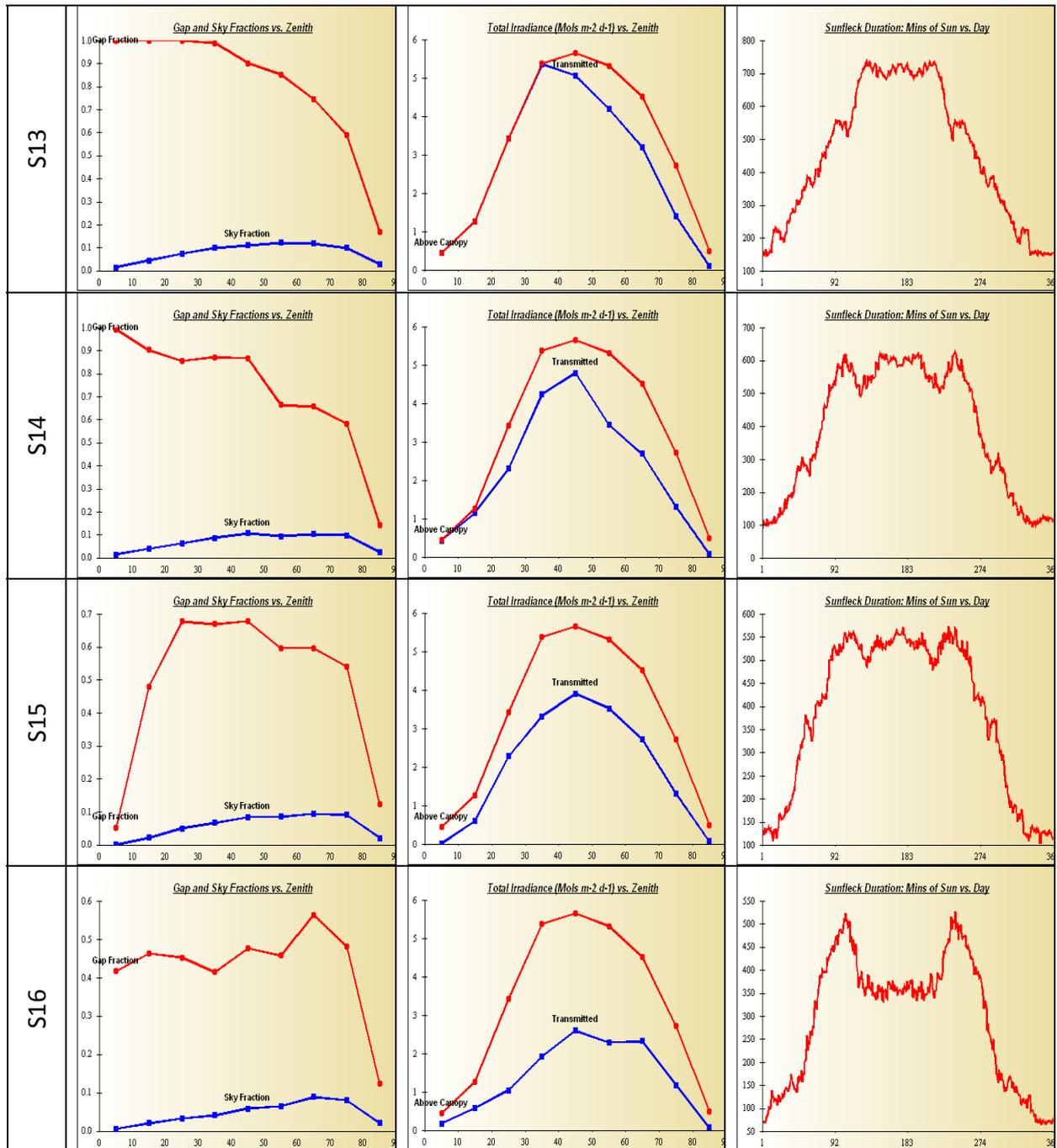


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la Irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 37Ppr se llevó a cabo el 18 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.

37Ppr	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	32
Grupo 2	Líquenes	1347
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	21
Grupo 5	Herbáceas	16
Grupo 7	Matorral perenne	229

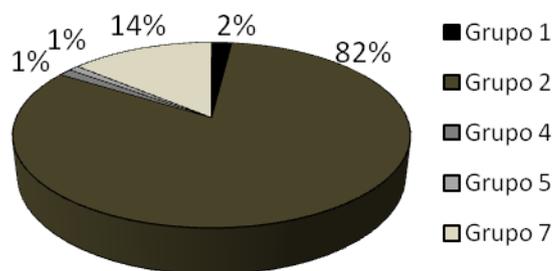


Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 37Ppr durante el año 2009

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

El grupo de vegetación mayoritario, con un 82% sobre el total de la vegetación encontrada (Figura 9.1), ha sido el de los líquenes con 1350 kg·ha⁻¹, seguido del grupo de matorral perenne con 229 kg·ha⁻¹, que corresponde al 14% de la biomasa no arbórea encontrada en la parcela. También se han encontrado vegetación perteneciente a los grupos de musgos, poáceas, ciperáceas y juncáceas y, herbáceas, con un 1% de representatividad cada una de ellas.

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

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 698 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de líquenes (550 kg·ha⁻¹). Los macronutrientes retenidos por la vegetación (31 kg·ha⁻¹), mayoritariamente han sido N (15 kg·ha⁻¹) y Ca (8 kg·ha⁻¹) en los grupos 2 y 7 (Figura 9.3).

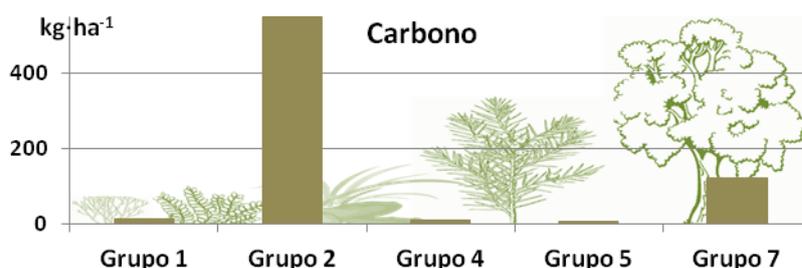


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

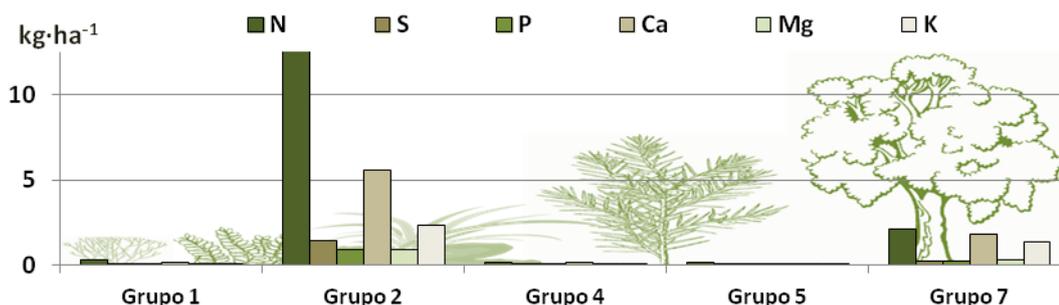


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela 37 de *Pinus pinaster* se asienta sobre arenas silíceas, con un perfil característico Arenosol Háptico (A/AC/C).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl_2 ácido, con valores medios en la capa orgánica de 4.35 ± 0.12 y 4.76 ± 0.11 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 5.21 ± 0.22 . El pH aumenta en el suelo hasta los 10 centímetros, donde comienza a disminuir en los siguientes 10 cm.

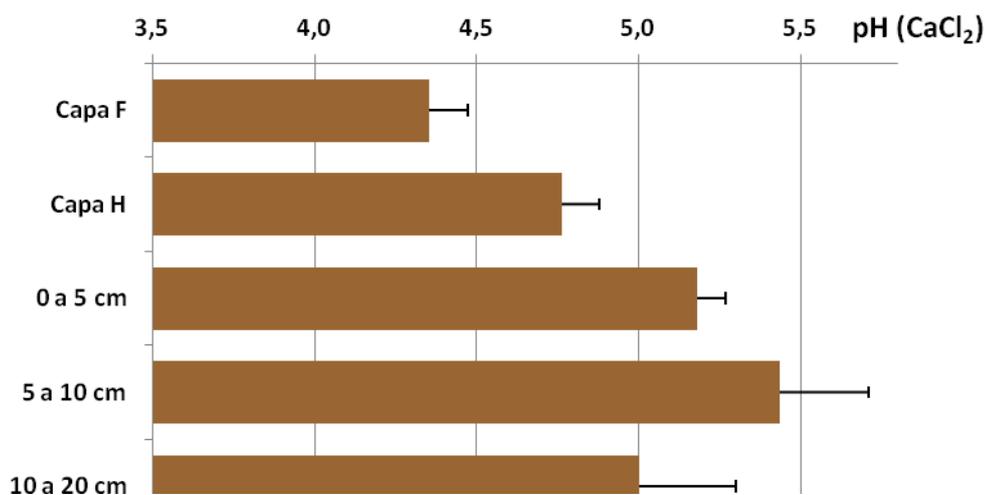


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl_2) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de $345 \pm 90 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ y $134 \pm 46 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, los valores medios encontrados han sido de $5.74 \pm 1.64 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, existiendo una tendencia decreciente con la profundidad.

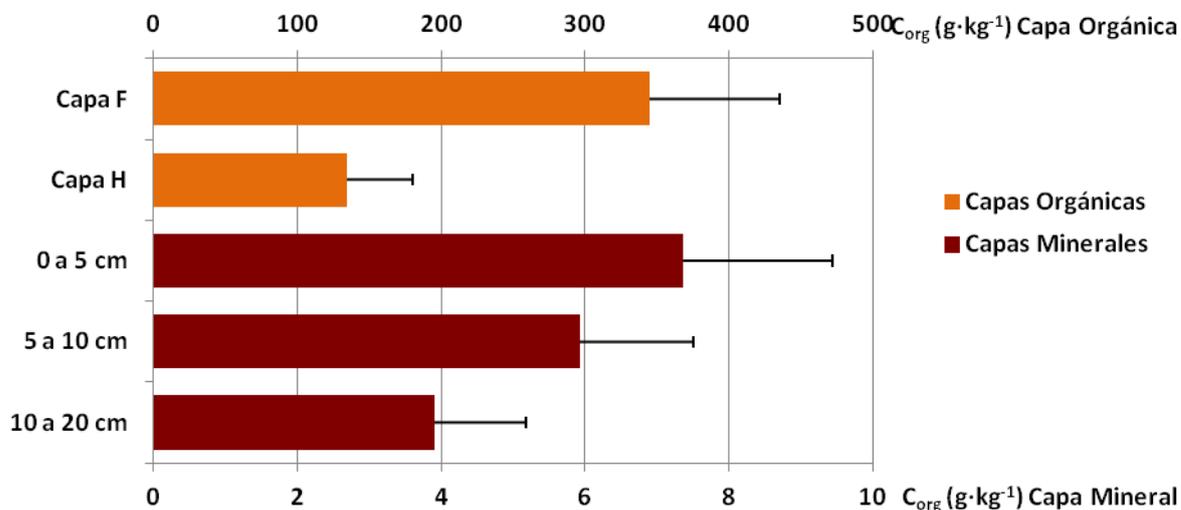


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H:

H: capa de material orgánico humificado.

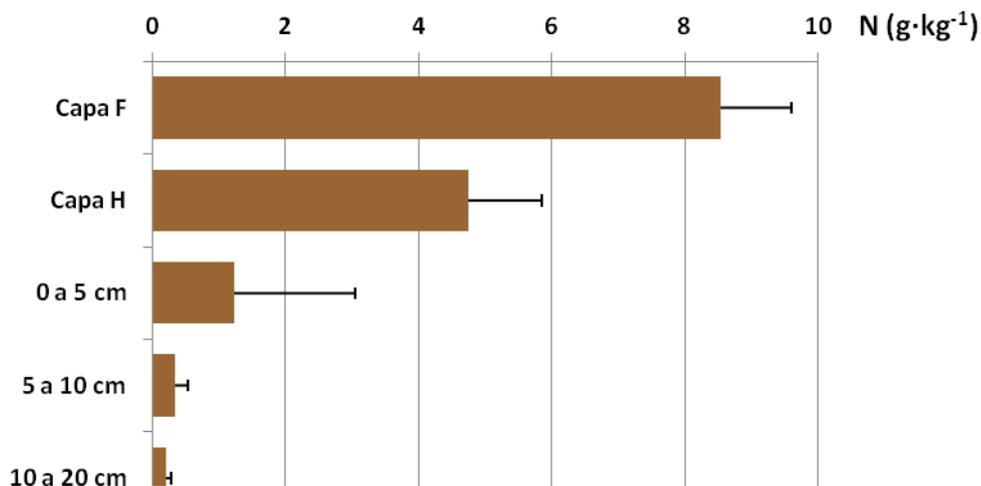


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido de 8.53 ± 1.06 y 4.75 ± 1.09 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han ido decreciendo de 1.22 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de media en los primeros cinco centímetros, a 0.20 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a los veinte centímetros.