

PARCELA 54 *Pinus halepensis*



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

El Centro de Estudios Ambientales del Mediterráneo (CEAM) ha realizado, dentro del ámbito de su colaboración con el SPCAM de la Dirección General de Medio Natural y Política Forestal, la recogida de muestras y datos, así como los análisis de las muestras de deposición atmosférica de esta parcela.

Las características principales de la parcela 54 de *Pinus halepensis* de seguimiento intensivo de la Red Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Valencia
Término Municipal: El Saler
Paraje: El Saler
Coordenadas (GPS)
Latitud: +39°20'41''
Longitud: -00°09'13''
Altitud: 10 m s.n.m.
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARÁCTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

Especie principal: *Pinus halepensis*
Edad media: 41-60 años

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Arenas
Edafología: Arenosol

VEGETACIÓN

Pinar sobre dunas. Estrato herbáceo y arbustivo de gran cobertura.

2. METEOROLOGÍA

El comportamiento de la precipitación ha sido muy desigual estos años, pasando de los 340 milímetros del año 2005, a los 771 del 2007 y 2009 (Tabla 2.1).

Los demás parámetros han estado en los mismos rangos durante estos cuatro años, destacando sólo la mínima absoluta de -2.9 en el 2005 y las temperaturas más cálidas del año 2009.

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	2.5	10.2	204.6	16.8	37.0	-2.9	20.9	12.9	68.6	201.4	340
2006	2.6	11.5	208.7	18.2	33.7	-0.7	22.1	14.3			448
2007	2.6	9.8	176.6	17.5	37.1	2.7	21.4	14.0	78.1	189.2	771
2008	2.8	14.0	199.0	17.3	35.0	-0.3	21.8	12.1	63.6	191.2	594
2009	2.8	12.0	176.6	18.2	37.5	-0.1	21.4	17.4	72.8	216.0	771

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 54Ph se puede observar:

- Aparición de la acícula: La época de aparición de la acícula ha sido muy parecida en estos cuatro años. La cercanía del agua freática de la albufera, muy cercana, hace que la respuesta a la menor precipitación del 2005 no se refleje claramente en acículas menores o en el menor tiempo de aparición de hoja (Figura 3.1).
- Crecimiento secundario: Los crecimientos a finales de verano como consecuencia de las lluvias otoñales se han observado los años 2007 y 2008.
- 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 de mayor caída, en torno a un tres, se produce en el verano-otoño, consecuencia de la mayor sequía de este año; sin embargo, a partir del otoño del 2007, el porcentaje de caída aumenta y se mantiene por encima del 10%, llegando en el otoño del 2008 a una defoliación severa (33 al 66%).
- Decoloración: Los árboles de la parcela no presentaban decoloración hasta la primavera del 2007, en el que la decoloración aparece, pero con grado 2 (menos 10%). En el otoño del 2007, la decoloración va aumentando y pasa a tener ya el grado 3 (22 al 33%) durante el otoño del año 2008.
- Número 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 2, pasando a tres años cuando aparece la nueva acícula, pero que vuelve a pasar a 2 años al perder la acícula vieja.
- Floración: Periodo más amplio en el 2007 e, inexistente, en el año 2006, como consecuencia de la poca lluvia del año 2005.

Parcela 54 Ph Principales fases fenológicas 2005-2008

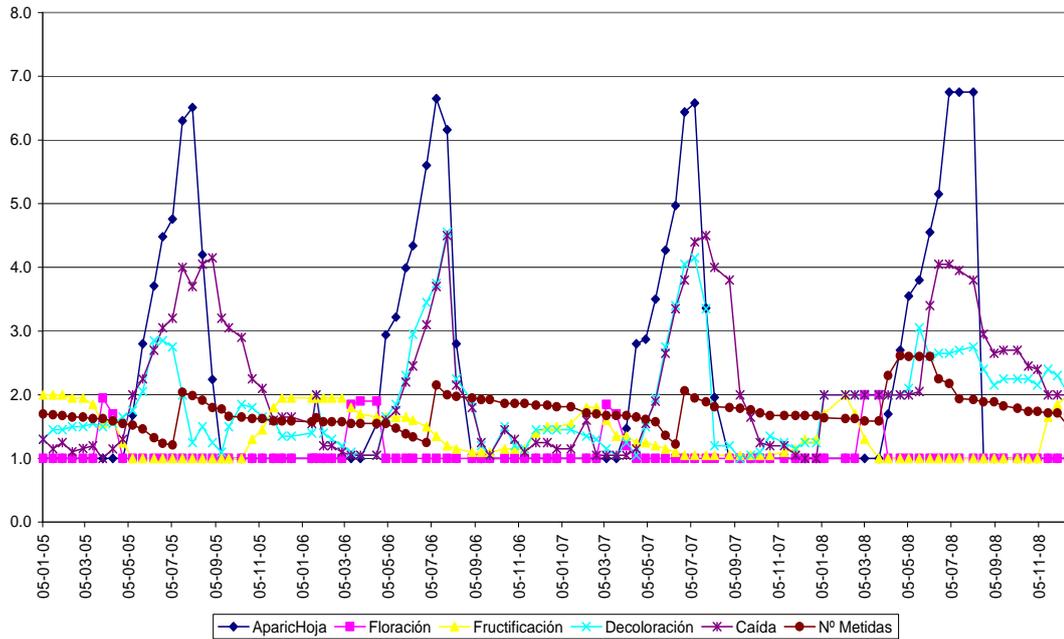


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 54Ph han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2009:

- *Epífitas*. Sobre todos los pies de la parcela se observan epífitas trepadoras de distintas especies, que llegan hasta la copa de los árboles, pero sin llegar a ocasionar daños en estos.

4. CRECIMIENTOS

En el año 2005 no se tomaron datos dasométricos en la parcela, por lo que el seguimiento se ciñe a cuatro años. Los crecimientos han sido positivos pero muy pequeños, como consecuencia de la falta de tratamientos selvícolas en la parcela (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2006	33.72	11.58	18.90	
2007	34.06	11.58	19.28	1.98
2008	34.47	11.58	19.66	2.01
2009	34.47	11.58	19.66	0.00

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 experimentado crecimientos en estos tres años (Figura 4.2).

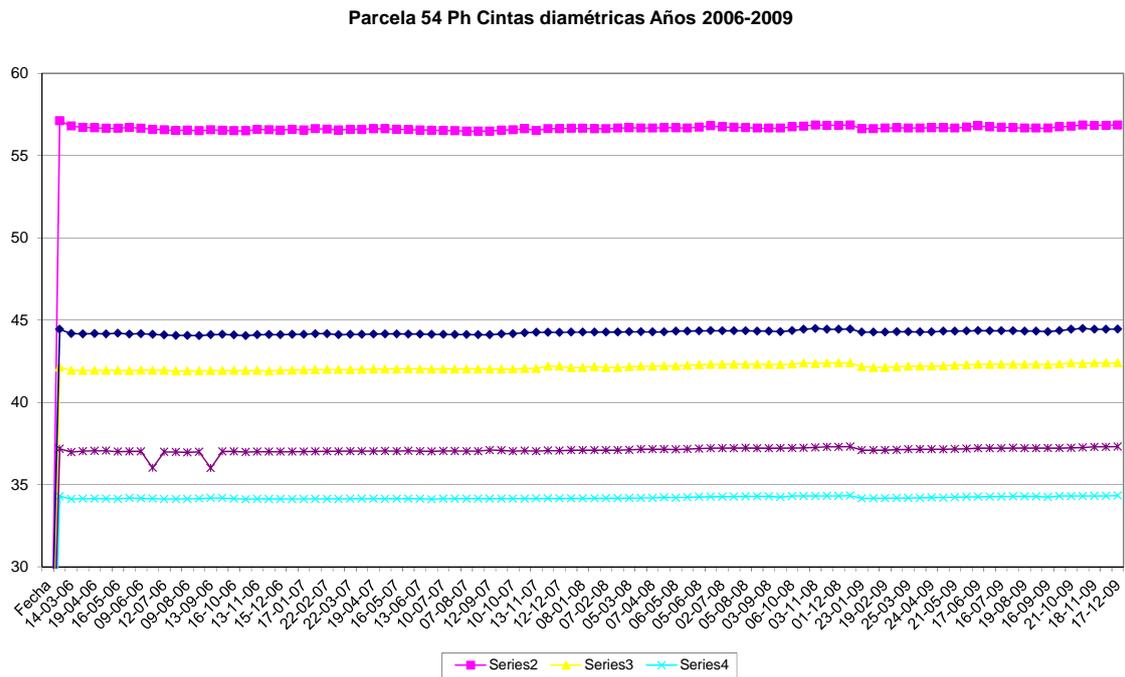


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los cinco árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 54 de *Pinus halepensis* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 7156 kg·ha⁻¹·en el desfronde total (Figura 5.1). Esta producción ha sido superior a las encontradas durante los tres años anteriores de estudio, con producciones entre 5337 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2008 y 5920 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2006.

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales del 60% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...) con un 31%, y de la fracción ramas, con un 9% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de las diferentes fracciones han sido ligeramente superiores en la fracción hojas, respecto al promedio de años anteriores, con un 53%.

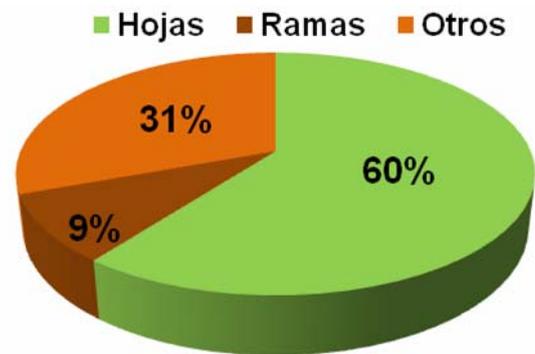
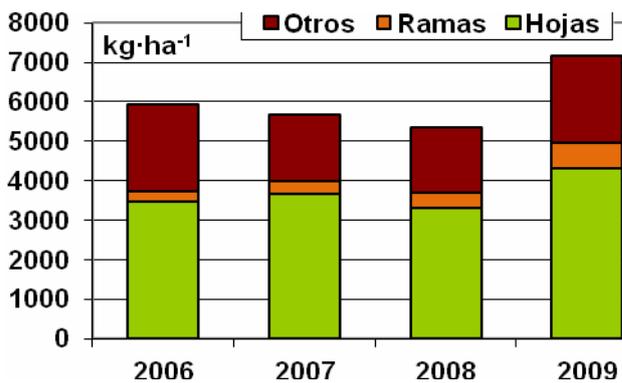


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 4 años de estudio.

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), ha sido similar al de años anteriores, con un amplio rango de distribución de la biomasa a lo largo de todo el año. Los aportes máximos han correspondido a los meses de junio y julio, con producciones totales de 1145 y 1040 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente.

En esto meses también se han alcanzado las máximas producciones de la fracción hojas, con valores de 1040 y 1000 kg·ha⁻¹·mes⁻¹ en los meses de junio y julio, respectivamente.

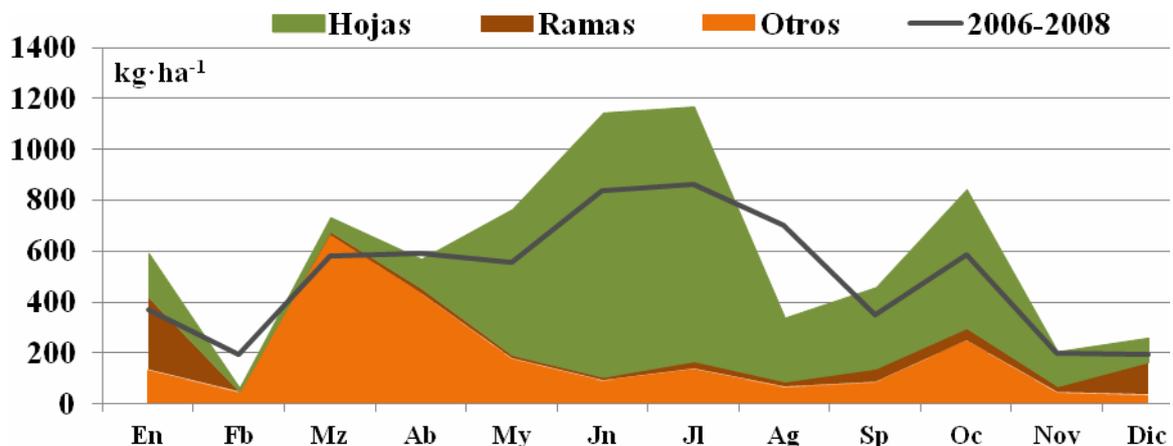


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-rama-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2006-2008.

Los máximos aportes de la fracción otros se han producido en los meses de marzo y abril, con producciones de 610 y 440 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente. En total, la fracción otros ha aportado al suelos 2200 kg·ha⁻¹·al año.

Los máximos en la fracción ramas han correspondido a los meses de invierno, enero con 610 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, y diciembre con 440 kg·ha⁻¹·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.

54Ph	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	54.21	12.21	1.60	0.89	8.20	1.73	3.11
	Otros	52.35	7.95	1.12	0.92	14.90	1.03	1.22
	Ramas	52.91	7.65	1.26	0.69	16.82	1.36	1.28
Febrero	Hojas	54.52	11.44	1.51	0.85	7.85	1.94	2.94
	Otros	52.35	7.95	1.12	0.92	14.90	1.03	1.22
	Ramas	53.89	10.20	1.29	0.69	11.58	1.30	2.62
Marzo	Hojas	54.52	11.44	1.51	0.85	7.85	1.94	2.94
	Otros	53.26	7.94	1.16	0.73	2.33	0.93	4.49
	Ramas	53.89	10.20	1.29	0.69	11.58	1.30	2.62
Abril	Hojas	55.01	8.58	1.35	0.63	7.77	1.77	2.45
	Otros	53.70	9.29	1.31	0.70	3.23	1.00	2.61
	Ramas	53.89	10.20	1.29	0.69	11.58	1.30	2.62
Mayo	Hojas	54.94	7.96	1.37	0.49	7.80	1.61	2.38
	Otros	53.51	9.46	1.15	1.01	10.09	1.16	3.43
	Ramas	53.89	10.20	1.29	0.69	11.58	1.30	2.62
Junio	Hojas	54.51	8.43	1.32	0.50	6.80	1.41	2.66
	Otros	53.85	10.25	1.21	0.96	6.78	1.15	4.44
	Ramas	53.89	10.20	1.29	0.69	11.58	1.30	2.62
Julio	Hojas	55.05	6.60	1.29	0.38	7.81	1.46	1.82
	Otros	53.60	11.74	1.24	0.78	16.75	1.24	2.19
	Ramas	53.89	10.20	1.29	0.69	11.58	1.30	2.62
Agosto	Hojas	54.19	7.43	1.23	0.50	8.89	1.89	2.54
	Otros	51.21	8.17	1.14	0.53	15.86	1.01	2.04
	Ramas	53.89	10.20	1.29	0.69	11.58	1.30	2.62
Septiembre	Hojas	54.81	8.39	1.29	0.52	9.96	1.43	0.87
	Otros	52.33	9.47	1.35	0.64	14.75	1.13	0.96
	Ramas	54.06	11.96	1.44	1.00	16.80	1.51	2.25
Octubre	Hojas	56.45	9.58	1.44	0.64	10.50	1.88	2.26
	Otros	51.69	8.34	1.05	0.91	30.25	1.29	2.03
	Ramas	54.06	11.96	1.44	1.00	16.80	1.51	2.25
Noviembre	Hojas	54.31	9.58	1.36	0.68	9.56	2.25	3.40
	Otros	51.05	12.89	1.58	1.77	21.39	1.16	2.29
	Ramas	54.06	11.96	1.44	1.00	16.80	1.51	2.25
Diciembre	Hojas	54.73	8.71	1.24	0.55	9.94	1.85	1.27
	Otros	51.05	12.89	1.58	1.77	21.39	1.16	2.29
	Ramas	52.16	2.98	0.70	0.18	5.85	0.85	0.32

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 54Ph durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido 54.77 ± 0.61 , 52.50 ± 1.07 y 53.70 ± 0.57 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de 9.20 ± 1.72 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, con concentraciones superiores en los meses de invierno (12.21 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), para disminuir hasta alcanzar los meses de verano (6.60 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Similar tendencia se ha encontrado en el azufre foliar y fósforo, con concentraciones medias a lo largo de la año de 1.37 ± 0.12 y 0.62 ± 0.17 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente. En el calcio foliar, se han encontrado concentraciones superiores en los meses de final de verano.

En la fracción otros, las concentraciones de nitrógeno han sido más elevadas en los meses de verano y a final de año, con concentraciones medias anuales de 9.70 ± 1.87 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Aumentos en las concentraciones a final del año se han encontrado en calcio, con valores máximos de 30.25 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en el mes de octubre.

En la fracción ramas, las concentraciones medias anuales han sido de 9.83 ± 2.45 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de nitrógeno, 12.85 ± 3.34 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en calcio y de 2.22 ± 0.71 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de potasio.

En total, la parcela 54Ph ha aportado 3889 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de 179 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$; en años anteriores, los rangos de variación habían oscilado entre 146 y 150 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

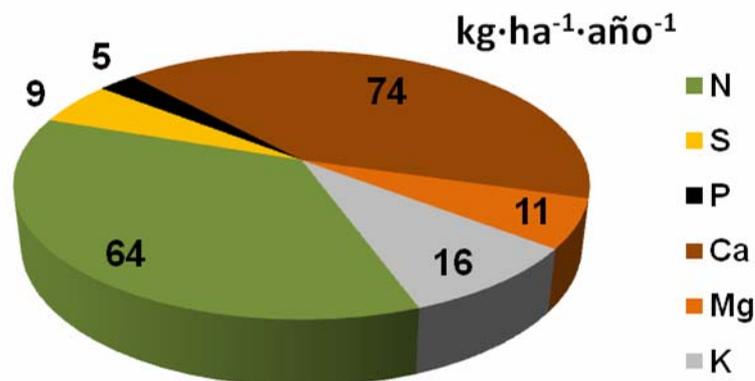


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 54Ph.

Los mayores aportes al suelo han sido de calcio, con 743 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en el desfronde total, seguido de nitrógeno, 64 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y de potasio, 16 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (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 acículas de la especie *Pinus halepensis* 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 enero del año 2010. 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
2008	16.15	54.75	11.96	1.43	0.90	8.10	2.10	3.52
2009	11.07	54.89	13.70	1.39	1.03	5.19	2.11	3.82

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

El orden en que se presentan los nutrientes según su contenido en las acículas del año en curso es el siguiente: $\text{N}>\text{Ca}>\text{K}>\text{Mg}>\text{S}>\text{P}$, el mismo que presenta las acículas del brote del año anterior.

Los contenidos de N, P y K son más altos en las acículas correspondientes al año en curso, los contenidos de Mg no varían entre los dos años muestreados. Los contenidos de Ca y S son más altos en las acículas del brote del año anterior, presentando en el caso del Ca mayor diferencia entre los contenidos de ambos brotes, lo que indica una acumulación de un nutriente poco móvil como el Ca frente a nutrientes de mayor movilidad como el P y K, los cuales se van a movilizar durante el proceso de retraslocación, disminuyendo por lo tanto sus contenidos en las acículas del año anterior. Los contenidos de C son muy similares en ambos brotes.

Las acículas correspondientes al brote del año 2008 presentan mayor desarrollo de la masa foliar que las del año 2009 coincidiendo con el hecho de que en el año 2008 la precipitación total anual ha sido mayor (594 mm, Informe 2005-2008) que la precipitación total anual en el año 2009 (513 mm) lo que parece haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes en la especie *P. halepensis*, se representan los resultados obtenidos desde el año 2006 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 desciende de manera progresiva desde el año 2007 (17.9 g) hasta el año 2009 (11.1 g). Este resultado coincide con la también disminución progresiva de la precipitación total anual, la cual disminuye de 771 mm en el año 2007 (Informe 2005-2008) a 513 mm en el año 2009, circunstancia que parece haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

El contenido foliar de C presenta un estrecho rango de variación entre los periodos muestreados (54.8 - 56.4 %), presentando las acículas de los brotes de los años 2008 y 2009 los contenidos más bajos.

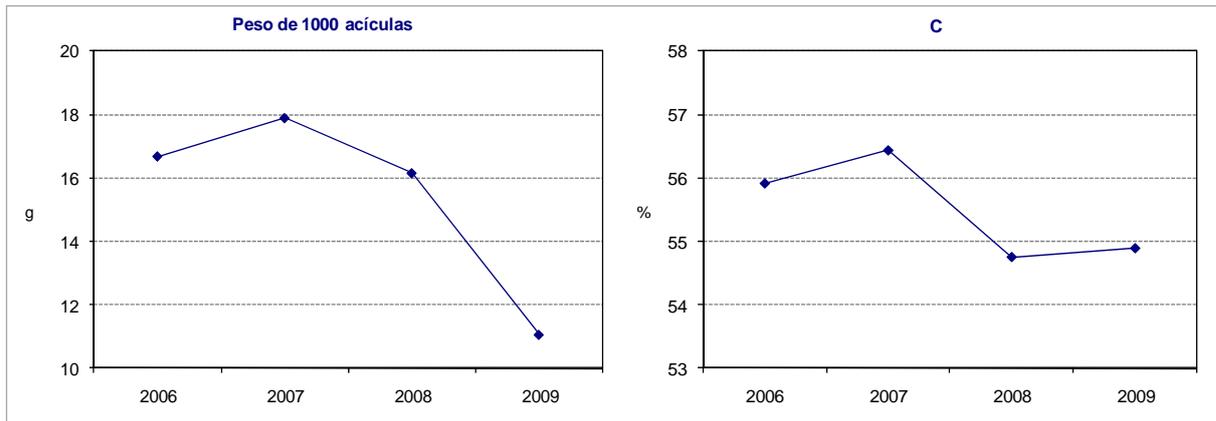


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. halepensis* durante el periodo 2006-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

Los nutrientes que presentan mayor variación en los contenidos foliares entre los años muestreados son el N con un rango de variación entre 11.96 y 13.70 mg·g⁻¹ y el Ca con un rango de variación entre 4.44 y 8.10 mg·g⁻¹. En el caso del N el contenido foliar más elevado ha correspondido al año 2009 y en el caso del Ca ha correspondido al año 2008, observándose tendencias opuestas en la variación temporal de los contenidos de ambos nutrientes. El resto de contenidos foliares de nutrientes varían muy poco entre los 4 años

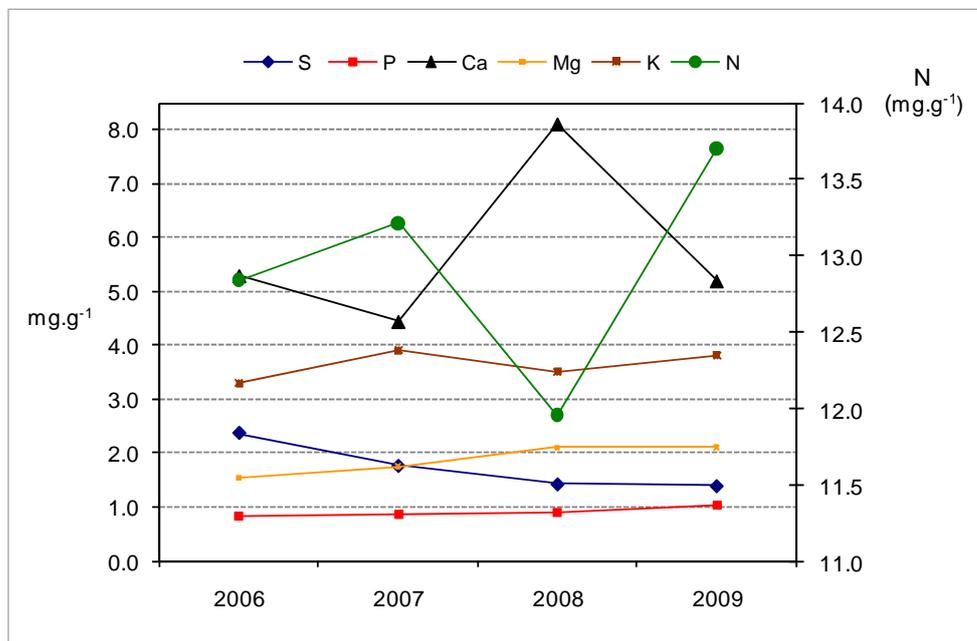


Figura 6.2: Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de, azufre, fósforo, calcio, magnesio, potasio y nitrógeno de la especie *P. halepensis* durante el periodo 2006-2009. Los resultados están dados a 105°C

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 peso medio de 1000 acículas de la parcela 54 con 4 parcelas pertenecientes a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II: parcela 19

(Tarragona), parcela 25 (Alicante), parcela 41 (P. de Mallorca) y parcela 208 (Jaén). Las parcelas han sido muestreadas en el periodo comprendido entre enero y marzo.

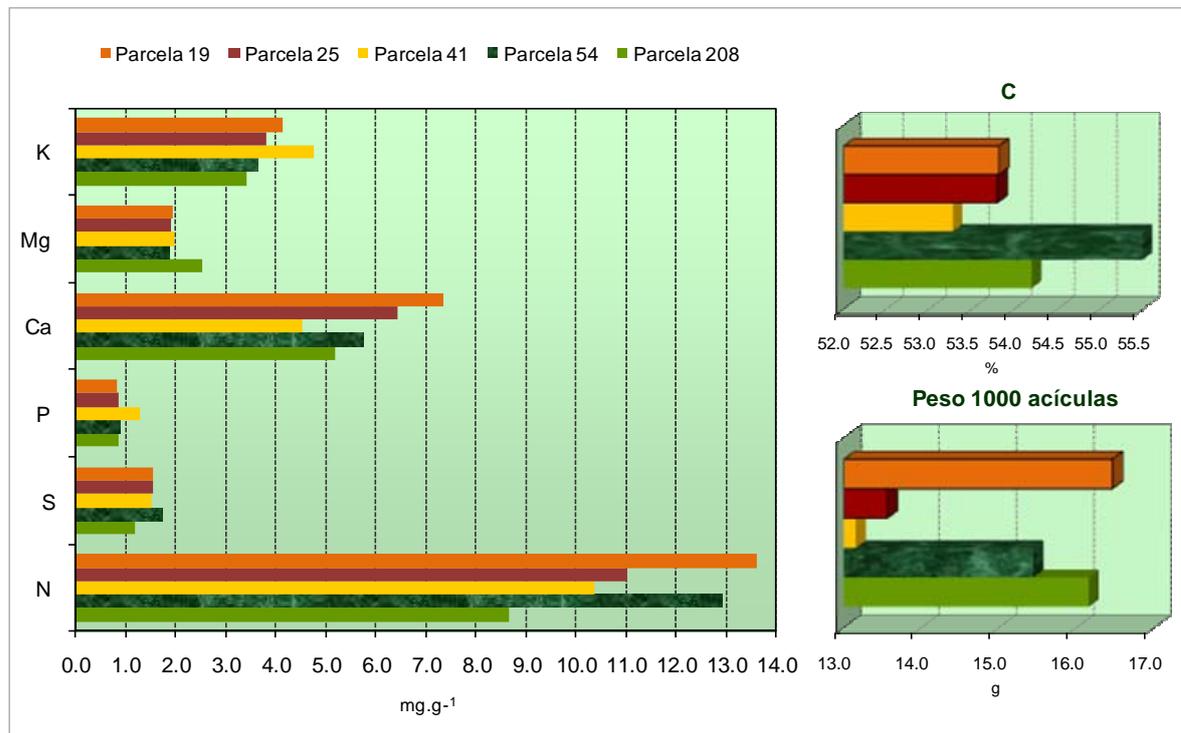


Figura 6.1.1: Contenidos medios foliares (mg.g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en cinco parcelas de *Pinus halepensis* de la red nacional de Nivel II. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los datos de las parcelas 19, 41 y 208 son medias de 4 años muestreados (2004-2007), los datos de la parcela 25 son medias de 6 años muestreados (2004-2009) y los datos de la parcela 54 son medias de 4 años muestreados (2006-2009).s.

Los nutrientes que presentan contenidos medios foliares con un rango de variación más amplio entre las distintas parcelas de *P. halepensis* son: N (8.7-13.6 mg.g⁻¹) y Ca (4.5-7.3 mg.g⁻¹). Los contenidos medios foliares más altos de N y Ca han correspondido a la parcela 19 situada en Tarragona, mientras que el contenido medio más bajo de N lo presenta la parcela 208 de Jaén y el de Ca la parcela 41 de P. de Mallorca. La parcela 54 ha presentado los contenidos medios foliares más elevados de S (1.7 mg.g⁻¹) y C (55.5 %) (Figura 6.1.1).

El peso de 1000 acículas presenta un rango de variación comprendido entre 13.2 y 16.5 g, el mayor desarrollo de la masa foliar ha correspondido a la parcela 19 de Tarragona y el menor desarrollo foliar ha correspondido a la parcela 41 de P. de Mallorca.

7. DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

En la Tabla 7.1 se resume los resultados de cantidad de precipitación y concentración iónica media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) del agua de precipitación incidente (Pi) y agua de trascolación (T), así como valores mínimos y máximos de conductividad eléctrica (c 25°C), pH, Ca, Mg, Na, K, Cl, N- NO_3 , S- SO_4 , N- NH_4 y alcalinidad (alk), elementos mayoritarios presentes en el agua de precipitación analizados en la parcela 54 de *Pinus halepensis* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		328	513

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 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
		$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$										
2009	T	450 (64-1882)	6.89 (6.07-7.59)	10.58 (1.18-25.13)	29.10 (4.67-158.60)	20.00 (1.22-113.40)	6.74 (0.54-39.06)	2.69 (0.50-5.68)	9.90 (0.27-51.92)	11.25 (1.31-70.84)	48.10 (12.69-158.77)	165 (26-313)
n=24	Pi	60 (13-264)	6.85 (5.47-7.62)	0.71 (0.13-4.20)	4.16 (0.58-18.09)	4.83 (0.33-46.38)	0.71 (0.17-2.61)	0.59 (0.11-3.36)	0.94 (0.13-4.95)	2.05 (0.33-18.87)	7.62 (1.40-25.75)	114 (15-813)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 54 de *P. halepensis*. pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración media, mínimos y máximos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N- NH_4 , N- NO_3 , S- SO_4 , Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$). N es el número de periodos muestreados con una cantidad de precipitación superior a 2mm. Los datos son medias de los periodos muestreados en el año 2009.

La precipitación incidente presenta un rango de pH con valores comprendidos entre 5.45 y 7.6 con un valor medio de 6.85, muy similar al valor medio presentado en el agua de trascolación (6.89). Se trata por lo tanto de soluciones prácticamente neutras.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un amplio rango de variación entre $13 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $264 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y un valor medio de $60 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, muy inferior al valor medio presentado en el agua de trascolación ($450 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia aumentan de forma considerable su concentración tras su paso por la cubierta arbórea.

Tanto en la precipitación incidente como en el agua de trascolación la suma de las concentraciones de cationes es muy semejante a la de aniones, destacando valores muy elevados de Ca y Na tanto el agua de trascolación ($113.4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y 158.6 g) como en la precipitación incidente ($46.4 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ y $18.1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), circunstancia que se refleja en valores medios de pH relativamente altos. En la precipitación incidente la concentración media del anión sulfato ($2.05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de origen principalmente industrial es mayor que la concentración media de los nitratos ($0.94 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) procedentes principalmente del tráfico rodado

El agua de lluvia va a modificar su composición química al atravesar el dosel arbóreo aumentando las concentraciones de prácticamente todos los iones debido a procesos de lixiviación o evaporación en el caso de los cationes. El N procedente del amonio es el elemento que menos varía su concentración en el agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea. Hay que destacar la diferencia entre la concentraciones medias del Na ($29.10 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y Cl ($48.1 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) en el agua de trascolación respecto a la presentadas en la precipitación incidente: $4.2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el caso del Na y $7.62 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el caso del Cl. Tanto el Cl como el Na son elementos principalmente de origen marino, lo que explicaría las elevadas concentraciones de estos elementos presentadas en esta parcela situada 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).

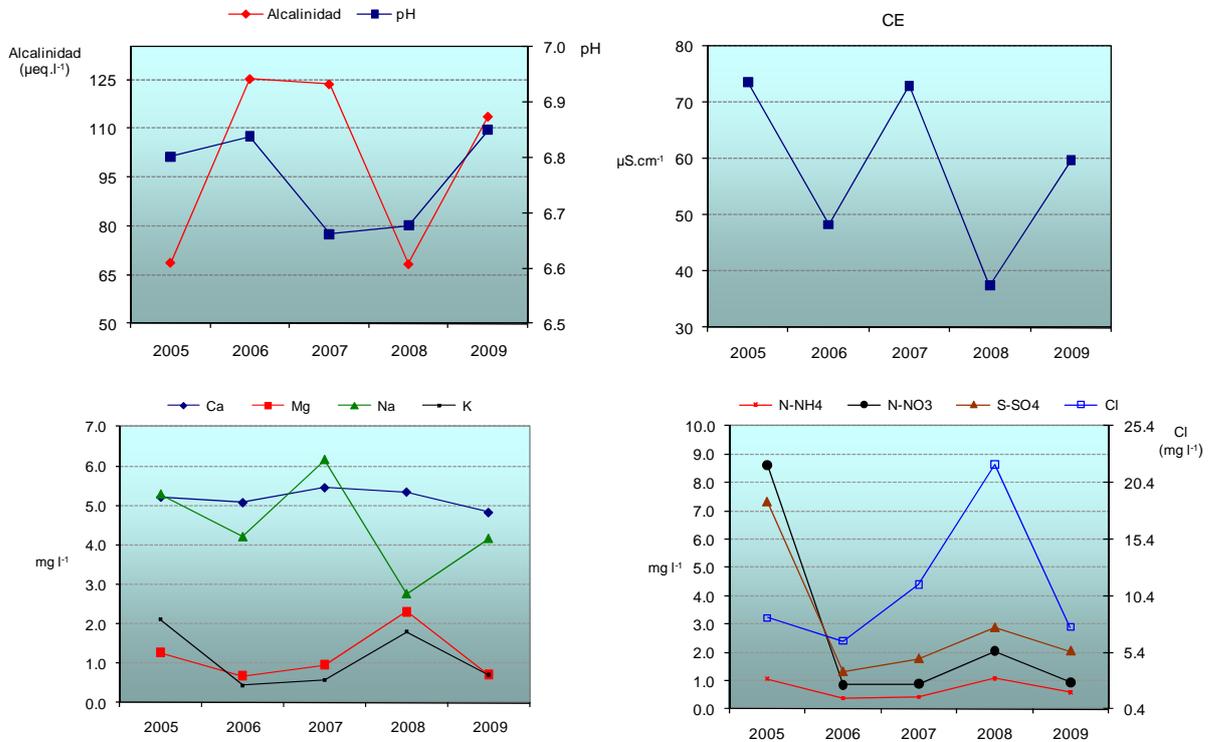


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) en la parcela 54Ph durante el periodo 2005-2009. Los datos son medias de los periodos muestreados en cada año

Los valores medios de pH en la precipitación incidente presentan un estrecho rango de variación entre los años muestreados (6.7-6.9), presentando el valor máximo en al año 2009. Los años 2006 y 2007 han presentado las concentraciones medias de alcalinidad más elevadas (125 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) similar a la presentada en el año 2009 (114 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$).

La conductividad eléctrica media presenta un rango de variación entre 37 y 74 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ destacando el hecho de que dichas concentraciones varían en forma de zigzag entre los 5 años muestreados.

La variación de las concentraciones medias de Mg y K, siguen la misma tendencia durante el periodo muestreado. En el año 2009 se produce una disminución de las concentraciones pasando en el caso del Mg de 2.31 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008 a 0.71 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009 y en el caso del K de 1.80 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en 2008 a 0.71 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en 2009. Las concentraciones de Ca varían muy poco entre el periodo muestreado (de 4.8 a 5.5 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$). Las variaciones de las concentraciones medias de los aniones y del amonio a lo largo del periodo muestreado van a seguir la misma tendencia, produciéndose en el año 2009 una disminución en la concentración media de todos los iones.

Hay que destacar la disminución de la concentración media de los aniones acidificantes como los nitratos y sulfatos, procedentes principalmente del tráfico rodado el primero y de origen industrial el segundo. En especial hay que destacar la concentración media de los nitratos que disminuye de 8.64 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 a 0.94 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en 2009.

En la tabla 7.2 se presenta cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm); pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentraciones ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) tanto en el agua de precipitación incidente (Pi) como en el agua de trascolación (T) de los 24 periodos quincenales (P) muestreados en el año 2009. Se presentan los datos en los que la precipitación mensual ha sido superior a 2 mm.

P	cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk	
	mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
	1	3	6.53	45	1.50	0.49	4.19	0.23	0.56	1.21	1.72	6.47	54
	2	17	7.19	22	2.98	0.19	0.71	0.25	0.52	0.57	0.71	1.58	137
	3	3	7.33	168	7.64	2.39	18.09	2.15	3.36	2.52	3.28	25.75	135
	4	20	7.13	20	1.21	0.24	1.67	0.54	0.47	0.65	0.58	2.51	30
	5	19	7.18	13	0.46	0.17	1.26	0.28	0.24	0.13	0.33	2.45	31
	6	49	6.28	30	0.84	0.38	3.00	0.38	0.34	0.32	0.54	5.15	30
	7	19	7.24	32	1.40	0.23	1.35	0.42	1.08	1.12	0.78	2.47	54
	8	14	7.33	61	3.90	0.67	5.05	0.49	0.26	0.14	0.95	8.05	141
Pi	10	3	7.62	264	46.38	2.61	8.23	4.20	0.59	4.95	18.90	14.83	813
	13	15	7.03	34	2.27	0.48	2.37	0.42	0.11	0.50	0.60	5.03	75
	15	4	7.16	62	4.96	0.64	3.42	0.47	0.33	1.33	1.39	6.71	107
	17	21	7.20	84	2.73	1.25	8.03	0.59	0.32	0.71	1.58	16.30	54
	18	112	6.35	29	0.73	0.36	2.59	0.20	0.38	0.33	0.74	5.84	31
	19	112	5.47	23	0.33	0.26	1.82	0.18	0.27	0.15	0.66	4.31	17
	20	15	6.72	96	2.62	1.31	8.65	0.58	0.77	0.95	2.05	19.04	38
	23	2	7.14	36	3.93	0.20	0.58	1.01	0.25	0.48	0.84	1.40	137
	24	71	6.51	24	0.50	0.28	2.01	0.13	0.34	0.32	0.59	4.97	15
	1	1	6.07	562					2.11	2.89	4.89	50.60	
	2	9	7.22	174	10.98	2.86	14.15	3.66	2.49	3.68	4.45	21.00	199
	3	1	7.16	409	19.45	6.46	39.03	6.05	1.17	6.20	6.83	49.41	
	4	11	6.71	204	9.82	3.40	17.00	6.99	3.64	5.54	4.63	26.02	133
	5	14	7.38	120	3.00	1.17	11.37	6.56	2.81	1.54	2.11	17.98	204
	6	28	6.30	256	5.86	2.87	19.93	22.49	0.82	2.09	3.20	30.85	313
	7	10	6.89	167	5.25	1.99	13.73	9.46	2.46	4.49	2.70	19.84	137
	8	4	7.36	243	6.23	2.35	16.42	11.68	4.82	2.20	3.14	26.55	279
T	13	10	7.13	639	44.32	13.25	35.51	16.93	5.25	19.75	16.60	62.13	253
	15	1	7.24	1882	113.40	39.06	158.60	25.13	2.96	28.21	42.55	158.77	273
	17	12	6.77	853	45.59	16.63	63.46	21.79	3.39	15.69	14.89	92.68	181
	18	78	6.36	160	5.54	2.16	12.78	3.86	1.48	2.38	2.68	27.50	63
	19	86	6.70	64	1.22	0.54	4.67	1.18	0.50	0.28	1.31	12.69	34
	20	5	7.01	341	12.81	6.05	27.27	8.80	2.44	5.97	6.67	50.07	122
	23	1	7.00		29.30	6.61	15.39	20.26	5.68	21.04	9.49	30.33	
	24	45	6.17	128	4.28	1.52	8.15	2.66	2.49	2.75	3.08	17.64	96

Tabla 7.2: Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) en los periodos quincenales muestreados en la parcela 54Ph 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 25 de Agosto del 2009 entre las 16:30 y 21:00.

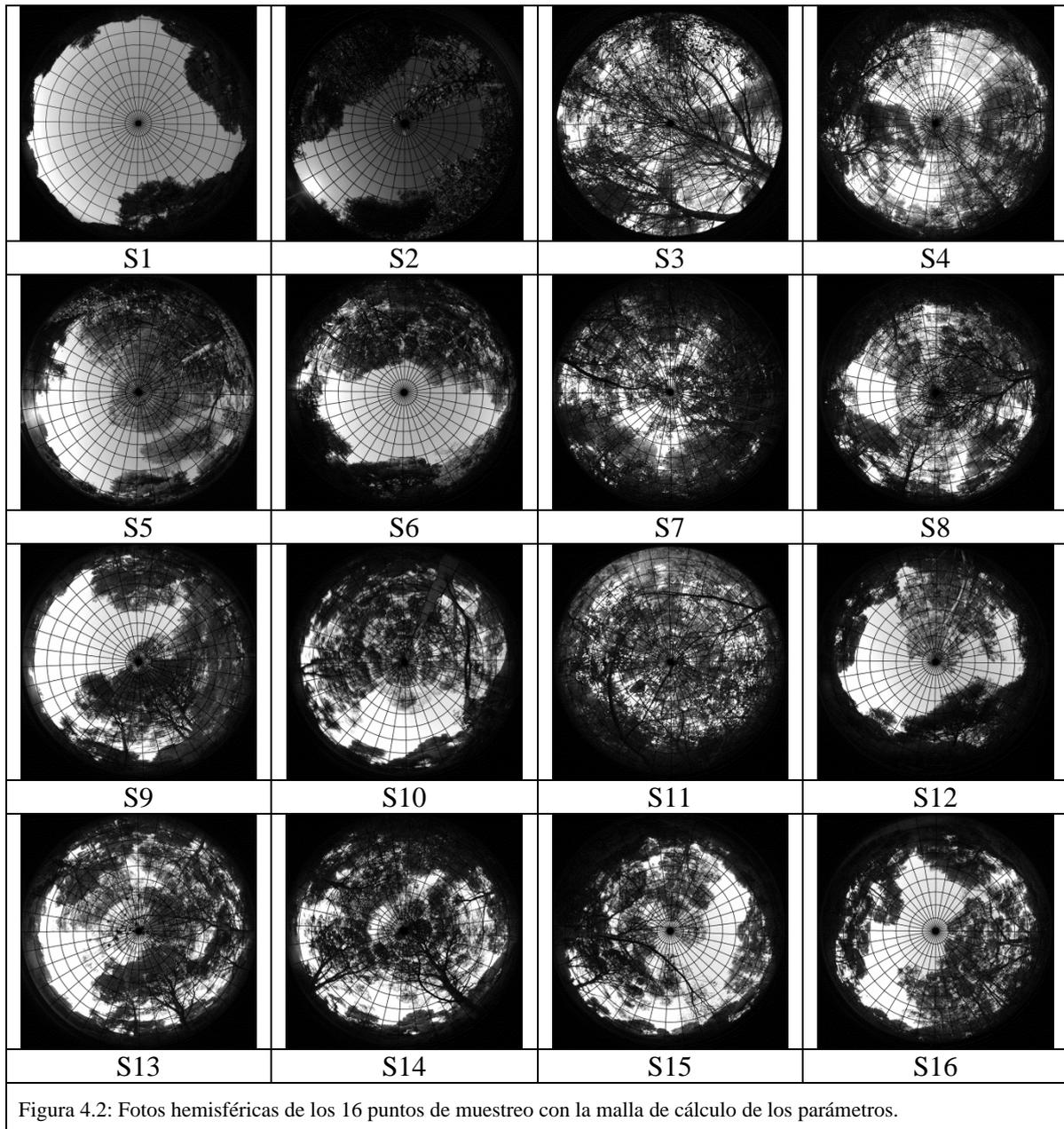


Figura 4.2: Fotos hemisféricas de los 16 puntos de muestreo con la malla de cálculo de los parámetros.

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 54Ph se pueden observar unos valores de cielo abierto altos muy diferentes, desde 19 a casi 70 % 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 muy diferente, los árboles en la parcela están agrupados en zonas y en otras el matorral no ha dejado que crezca el regenerado.

Parcela	Sitio	% Sky Area	%Mask Area	%Cnpy Open	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Tra ns Dir	%Tra ns Dif	%Tra ns Tot
54	3	99.87	0.13	19.83	1.99	1.71	3.74	3.12	6.87	25.55	21.34	23.44
54	4	99.92	0.08	19.90	1.66	1.65	5.95	3.82	9.77	40.60	26.12	33.36
54	5	99.90	0.10	47.31	0.70	0.59	8.79	8.44	17.24	60.05	57.68	58.87
54	6	99.89	0.11	51.52	0.44	0.48	6.62	10.24	16.86	45.22	69.95	57.58
54	7	99.89	0.11	46.35	0.71	0.63	4.35	8.73	13.08	29.72	59.63	44.67
54	8	99.89	0.11	30.02	1.22	1.13	6.88	5.44	12.32	46.97	37.17	42.07
54	9	99.90	0.10	43.41	0.70	0.75	5.98	8.63	14.62	40.85	58.98	49.91
54	10	99.89	0.11	35.26	1.12	1.01	6.70	5.86	12.56	45.77	40.01	42.89
54	11	99.88	0.12	41.43	0.92	0.79	4.97	7.46	12.43	33.93	50.95	42.44
54	12	99.88	0.12	29.20	1.49	1.26	3.83	4.75	8.58	26.17	32.42	29.29
54	13	99.89	0.11	40.64	0.86	0.79	5.82	7.80	13.62	39.74	53.30	46.52
54	14	99.86	0.14	36.52	1.15	0.93	3.87	6.48	10.36	26.46	44.29	35.37
54	15	99.89	0.11	34.64	1.09	1.03	7.41	6.00	13.42	50.62	41.01	45.82
54	16	99.91	0.09	33.92	1.07	1.05	3.77	6.04	9.81	25.75	41.28	33.52
Total		99.89	0.11	38.46	1.02	0.93	6.10	7.01	13.11	41.68	47.88	44.78

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.

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

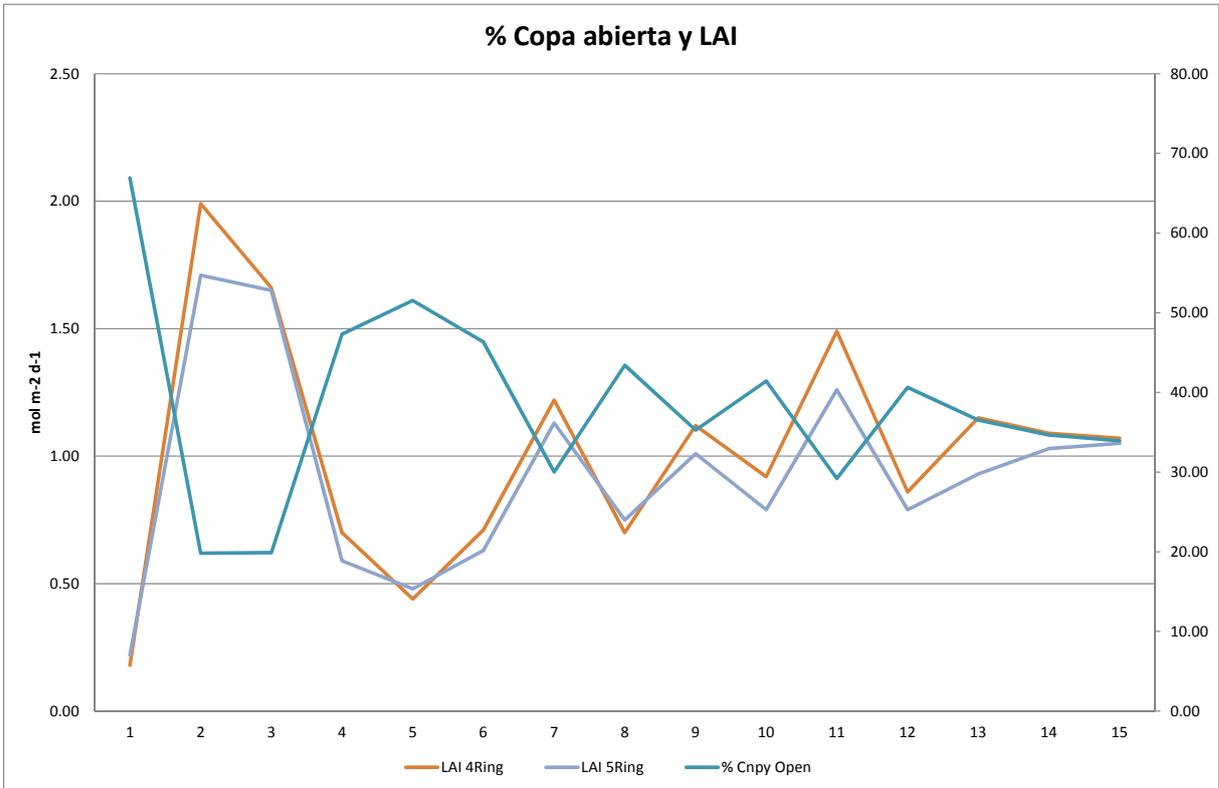
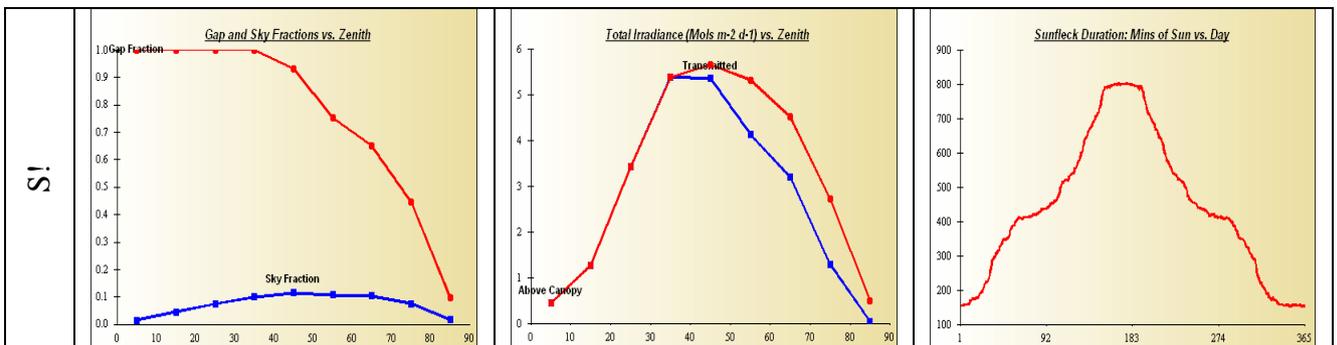
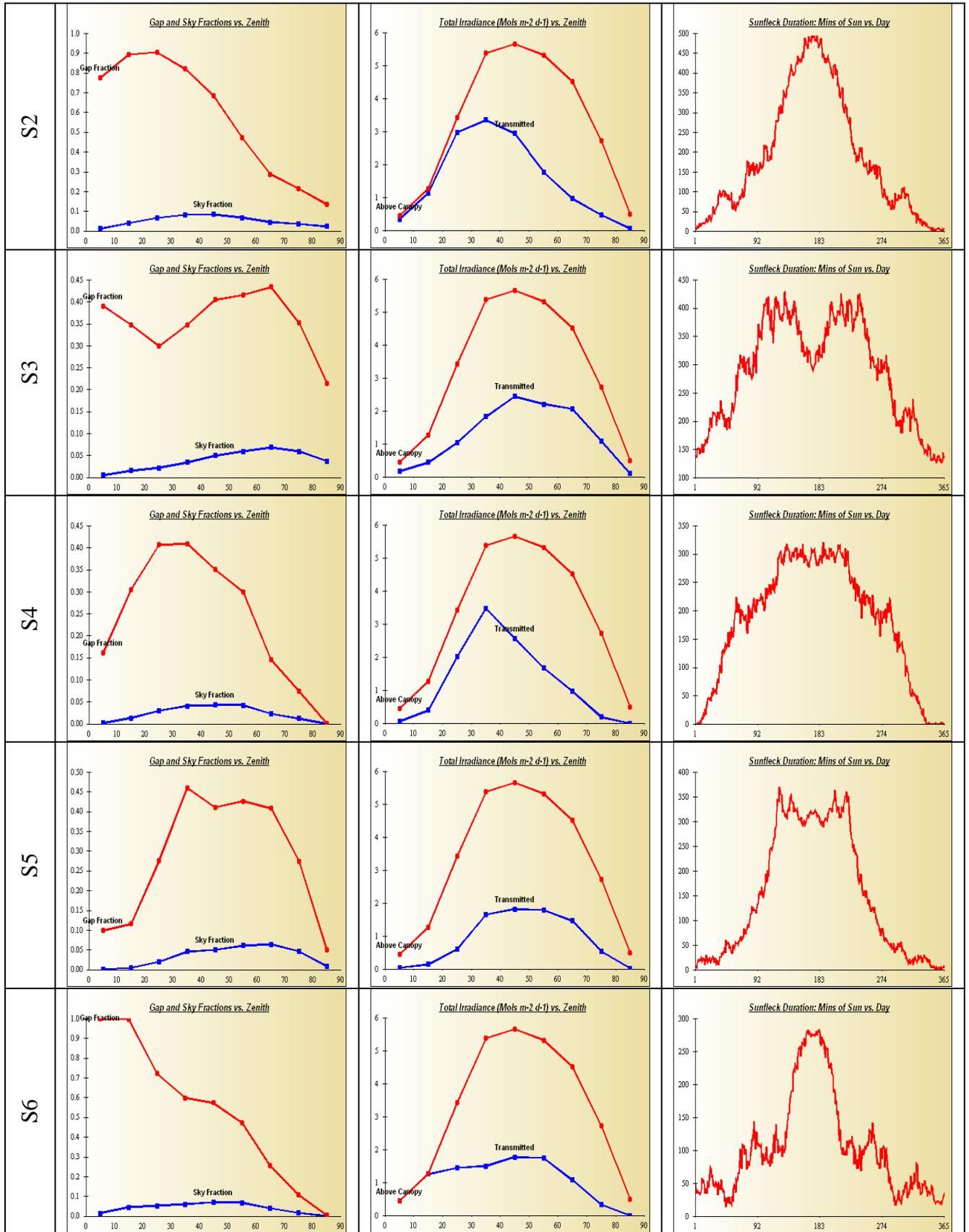


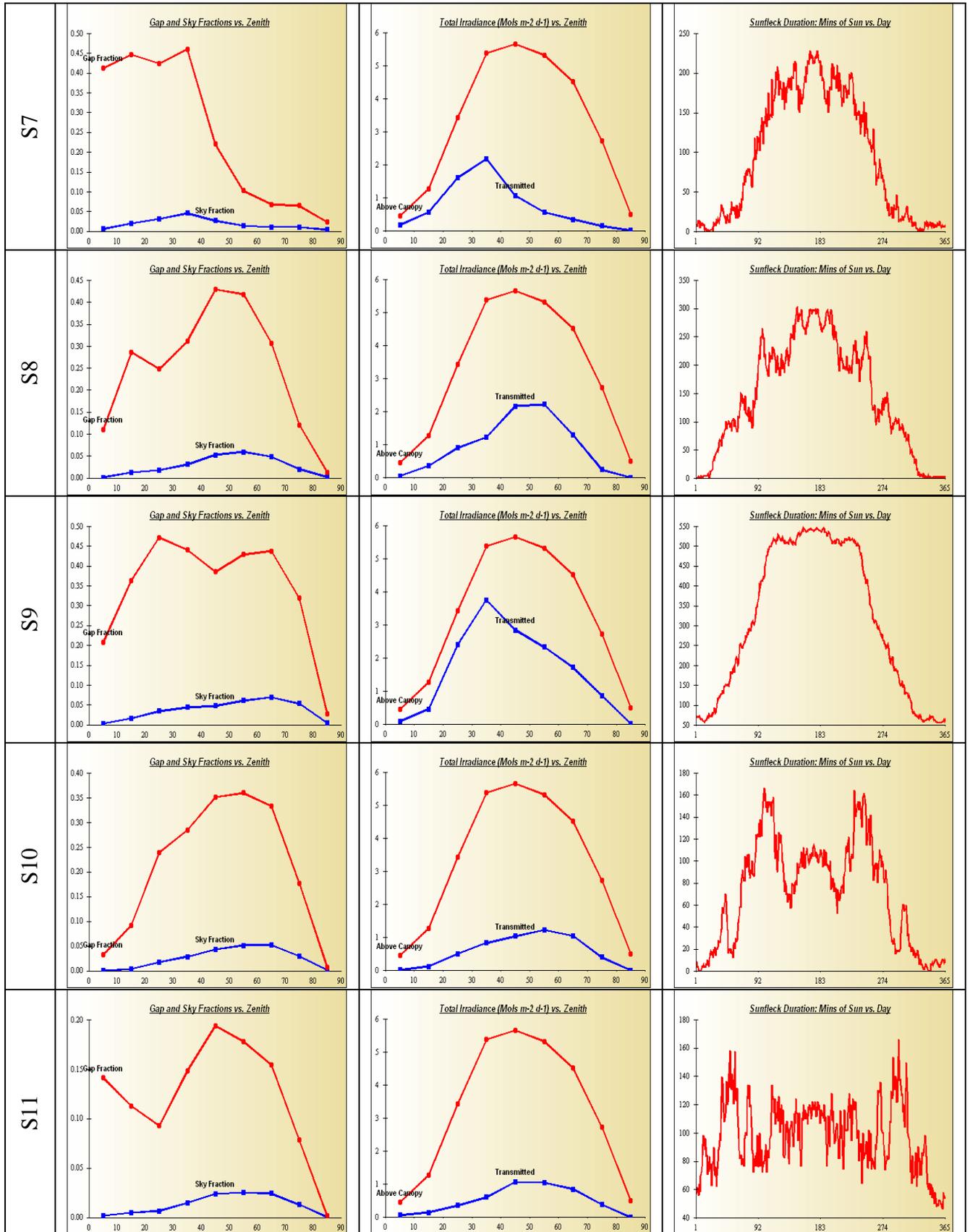
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de % de cielo abierto en cada punto de muestreo.

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.







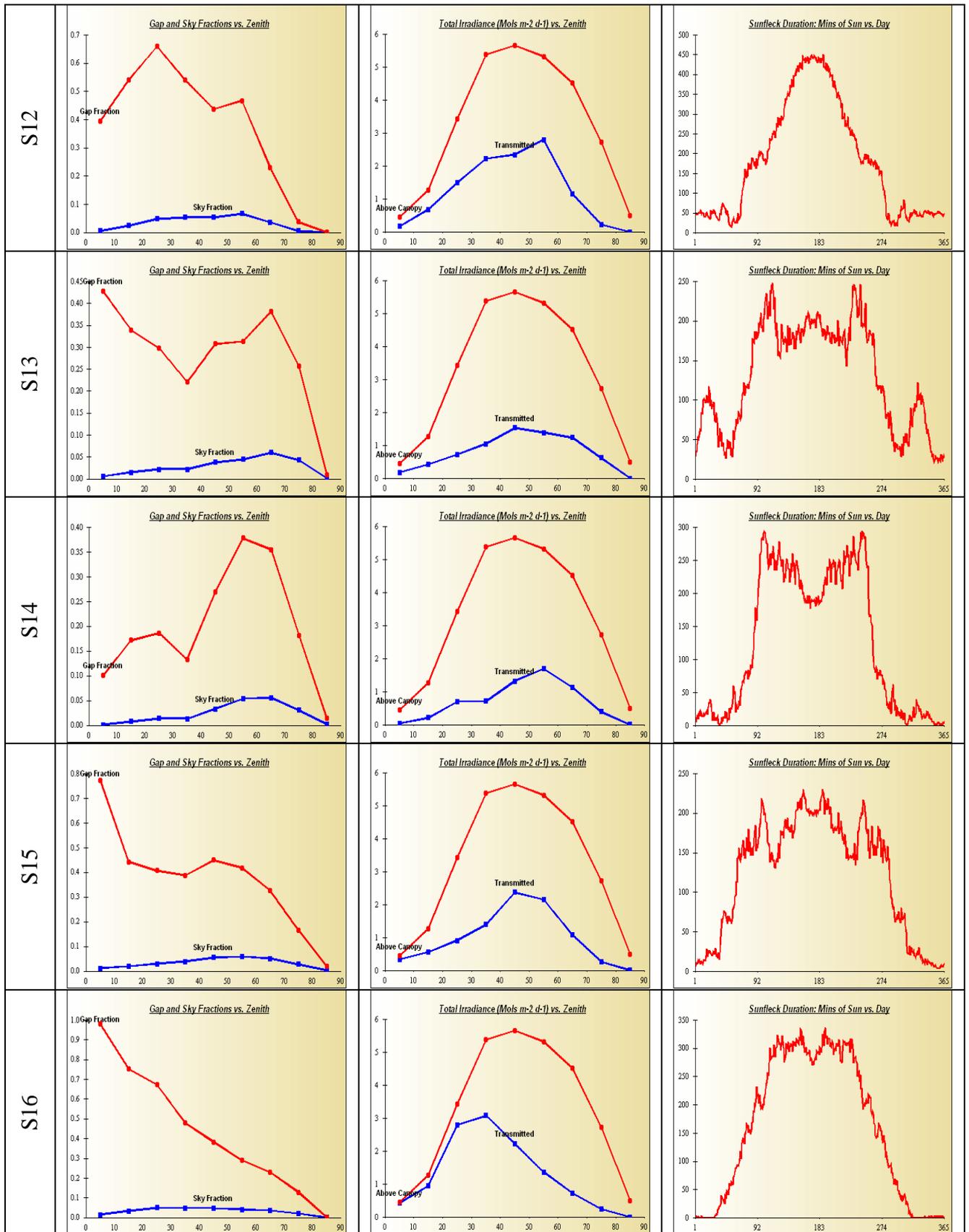


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 54Ph se llevó a cabo el 20 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.

54Ph	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	229
Grupo 4	Poas, Cyperáceas y Juncos	424
Grupo 5	Herbáceas	9
Grupo 7	Matorral perenne	716

Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 54Ph durante el año 2009

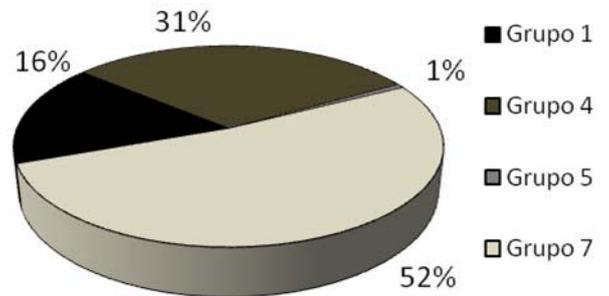


Figura 9.1: Distribución del porcentaje de los grupos de vegetación existentes en la parcela de estudio.

El grupo de vegetación mayoritario, con un 52% sobre el total de la vegetación encontrada (Figura 9.1), ha sido el de matorral perenne, con 716 kg·ha⁻¹, seguido del grupo de poáceas, ciperáceas y juncáceas con 424 kg·ha⁻¹, que corresponde al 31% de la biomasa no arbórea encontrada en la parcela. También se han encontrado vegetación perteneciente al grupo 1, de musgos, con un 16% respecto al total de la vegetación. Con un 1%, está presente el grupo de herbáceas.

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

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 641 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de matorral perenne (350 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) principalmente en los grupos 7 y 4 (Figura 9.3).

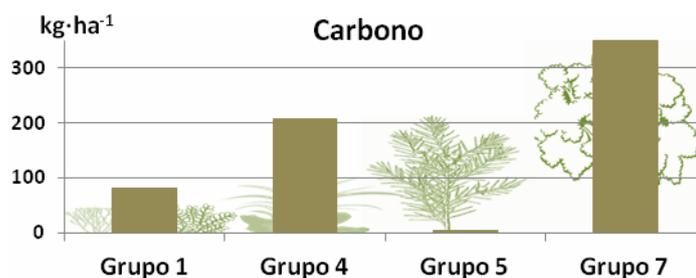


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

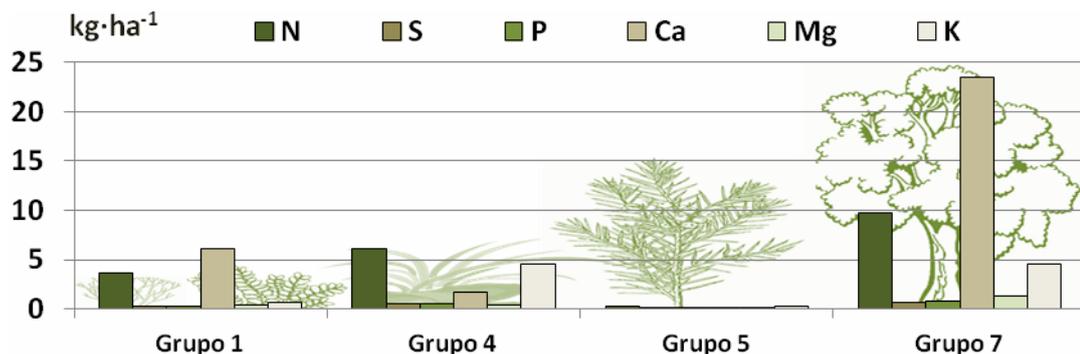


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La litología de la parcela 54 de *Pinus halepensis* es de arenas, con un perfil característico Arenosol Gleyco (A/AC/C).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl₂ básico, con valores medios en la capa orgánica de 6.47±0.10 y 6.85±0.33 en la capa F (fragmentada) y capa H (humificada), respectivamente (Figura 10.1). En la capa mineral, el pH en los 20 primeros centímetros aumenta ligeramente con la profundidad, de 7.39±0.28 a 7.47±0.11.

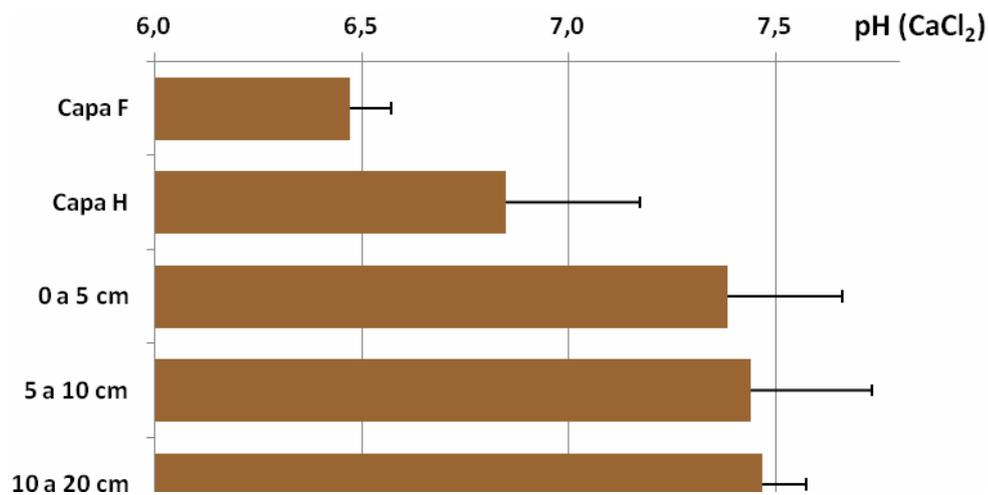


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl₂) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 443±17 g·kg⁻¹ y 186±10 g·kg⁻¹ en la capa F y H, respectivamente en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, se ha encontrado gran variabilidad en los distintos puntos muestreados, con valores medios de 5.25, 7.17 y 6.54 g·kg⁻¹, no existiendo una tendencia clara con la profundidad.

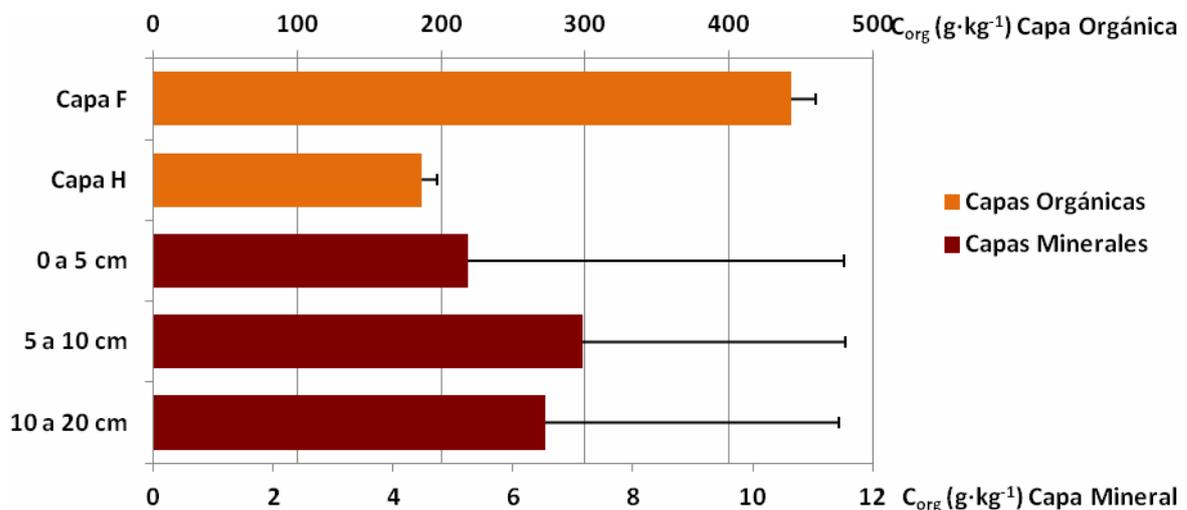


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

H: capa de material orgánico humificado.

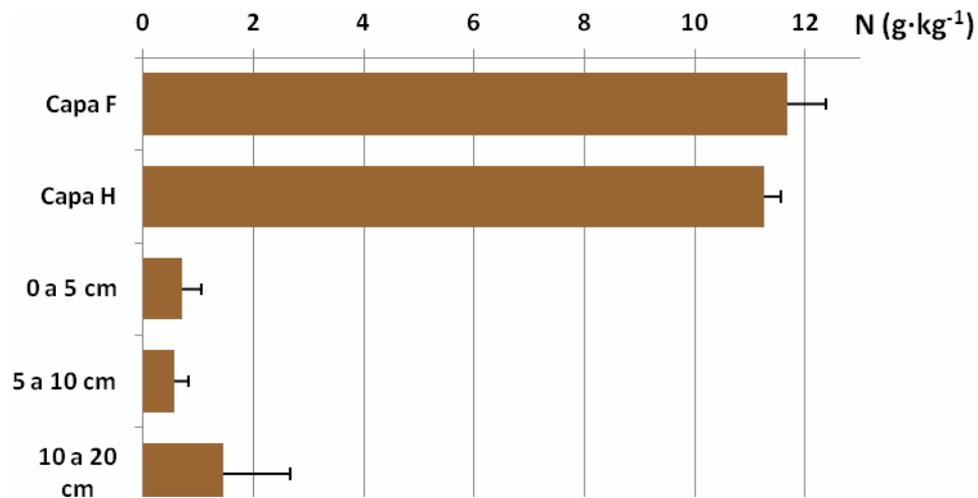


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido muy similares, 11.68 ± 0.71 y 11.27 ± 0.29 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han ido creciendo ligeramente de 0.71 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de media en los primeros cinco centímetros, a 1.45 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a los veinte centímetros.