

PARCELA 25 *Pinus halepensis* (Alicante)



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 25 de *Pinus halepensis* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Alicante
Término Municipal: Tibi
Paraje: La Umbría de Petrel
Coordenadas (GPS)
Latitud: +38°31'00''
Longitud: +00°37'00''
Altitud: 760 m s.n.m.
Orientación: Noreste
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de Pino carrasco.

Especie principal: *Pinus halepensis*
Edad media: 41-60 años
Nº árboles de la especie principal: 101
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Caliza común, margosa, blanca.
Edafología: Leptosol rendzínico

VEGETACIÓN

Pinar de Pino carrasco procedente de repoblación. Existe matorral, con herbazal alto y denso, con algunas macollas de esparto. Se han efectuado entresacas.

2. METEOROLOGÍA

Se ha registrado en la parcela 25Ph una precipitación anual de 730 mm, muy superior a la registrada en los años anteriores de estudio. El comportamiento de la precipitación ha sido muy desigual estos años, pasando de los 251 mm del año 2005 a los 529 mm del año 2007 (Tabla 2.1).

Los demás parámetros han estado en los mismos rangos durante estos cuatro años, destacando sólo la mínima absoluta de -6.5 en el año 2005.

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	2.0	23.8	193.9	14.2	36.1	-6.5	18.7	10.7	59.6	220.1	251
2006	2.1	26.8	196.8	14.8	35.1	-3.4	19.0	11.6	65.2	188.6	403
2007	2.1	25.0	198.9	14.5	35.8	-0.9	18.6	11.2	67.9	219.1	529
2008	1.8	24.0	199.0	14.3	35.0	-0.3	18.8	10.1	63.6	191.2	387
2009	2.3	29.1	198.4	15.8	36.0	-2.3	20.2	12.3	68.1	208.3	730

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 25 Ph se puede observar:

- Aparición de la acícula: La época de aparición de la acícula se adelantó un poco en el 2005 pero sufrió pérdidas de los brotes como consecuencia de la sequía, así como la aparición de microfilia, aparición de acícula de tamaño mucho menor. En los siguientes años el periodo de aparición de la acícula se ha producido en la misma época. (Figura 3.1).
- Crecimiento secundario: Los crecimientos a finales de verano como consecuencia de las lluvias otoñales se han observado en los años 2007 y 2008 pero en el año 2009 han sido mucho mayores y espaciadas en el tiempo como consecuencia de las frecuentes lluvias otoñales ocurridas a finales de 2009.
- Caída de la hoja: La caída de acícula se encuentra como regla general reflejada con un código 2, siempre hay un poco de caída de la acícula. En el año 2005, el porcentaje de mayor caída, en torno a un 3 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%). Este patrón alto de caída de la acícula se vuelve a presentar en el 2009, factor compensado por la aparición de los crecimientos secundarios.
- Decoloración: Los árboles de la parcela no presentaban decoloración hasta la primavera del 2007, en el que 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. En el año 2009 la decoloración sube de nuevo al grado 3, relacionada con la caída de la acícula.
- 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 2, pasando a tres años cuando aparece la nueva acícula, pero que vuelve a pasar a dos años al perder la acícula vieja.
- Floración: Periodo más amplio en el 2007 e inexistente en el 2006 como consecuencia de la poca lluvia del año 2005.

Parcela 25 Ph. Fases fenológicas 2005-2009

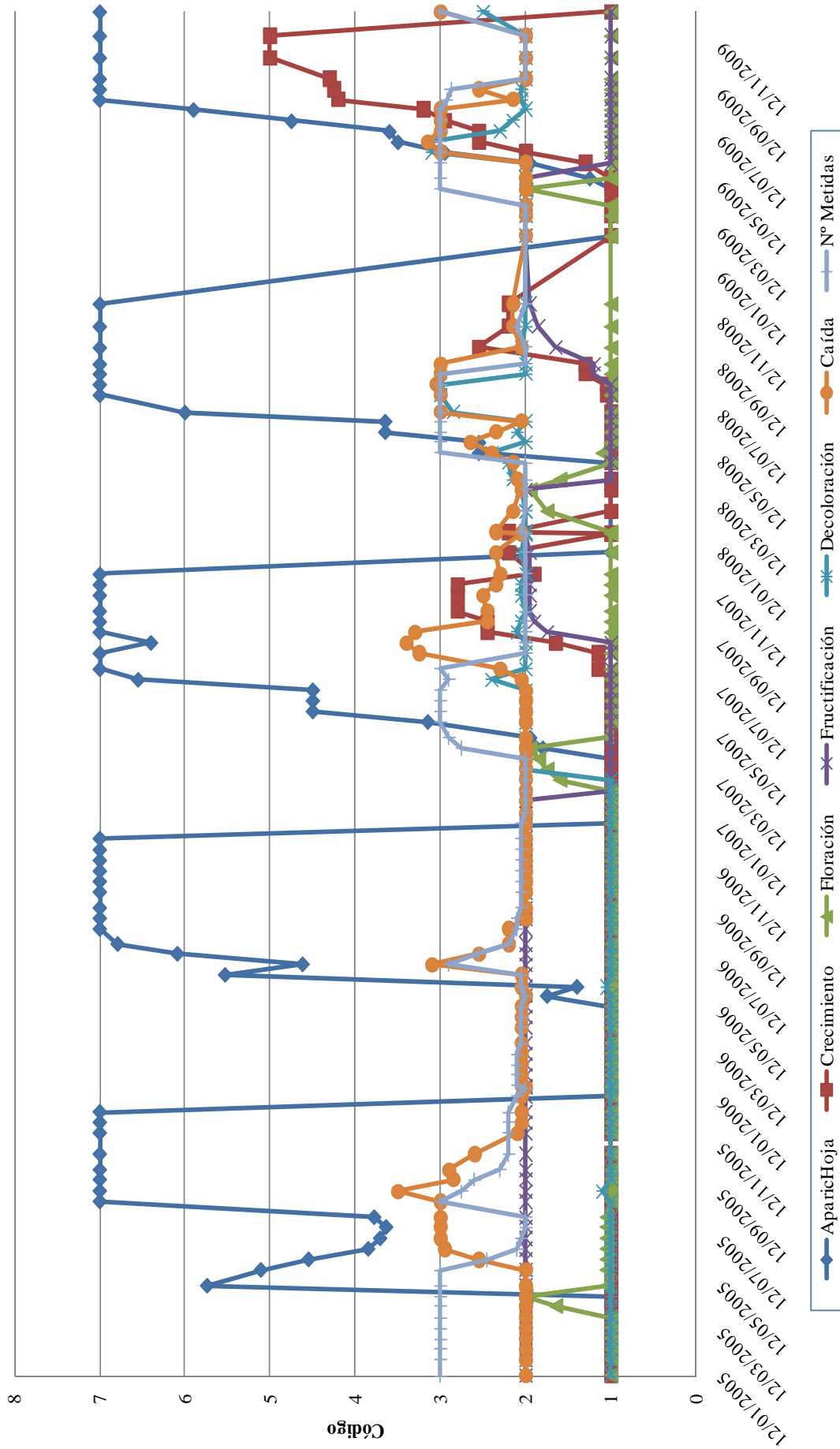


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 25Ph se han observado los siguientes daños en el año 2009:

-Hongos- Se observa en bastantes pies de la parcela, el daño de un hongo en la base del tronco de los pies, que produce descortezamiento y durante el verano resinosis.

4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela de 25 Ph fue negativo en el año 2006 por muerte de algún árbol en la parcela, en el año 2007 creció un 4.7%, porcentaje muy bueno en una masa de *P. halepensis* adulta y consecuencia de la recuperación de la masa con las abundantes lluvias del 2006 (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	19,79	9,42	14,98	
2006	19,88	9,42	14,62	-2,39
2007	20,01	9,42	15,31	4,70
2008	20,24	9,42	15,67	2,39
2009	20,35	9,42	15,80	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.

Las cintas diamétricas no han detectado grandes ni significativos crecimientos en estos cuatros años (Figura 4.2). Los árboles en los que están colocadas las cintas, no han crecido casi nada estos años, aunque se puede observar un pequeño despunte en el año 2008.

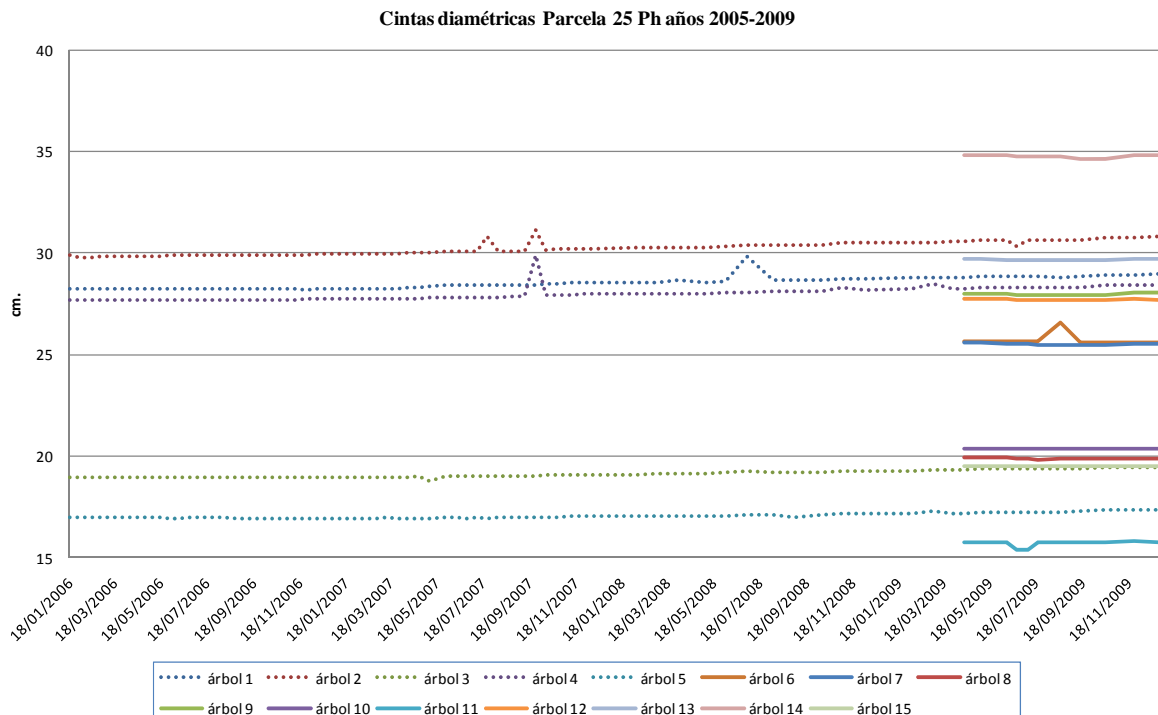


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 25 de *Pinus halepensis* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 1584 kg·ha⁻¹ en el desfronde total (Figura 5.1). Los rangos en la producción anual de desfronde, durante los cinco años de estudio han oscilado entre 1400 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2005 y 1870 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2008. Los pesos del desfronde en el año 2009 han sido ligeramente inferiores a los obtenidos en los tres últimos años anteriores,

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales del 59% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...), con un 36%, y de la fracción ramas, con un 5% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de las diferentes fracciones han sido ligeramente inferiores en la fracción hojas (66%), respecto al promedio de años anteriores.

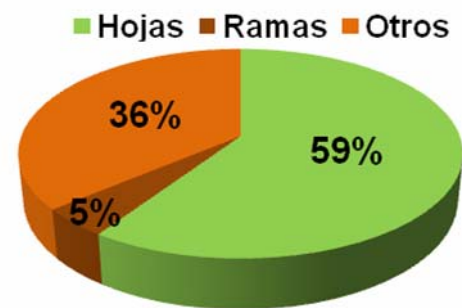
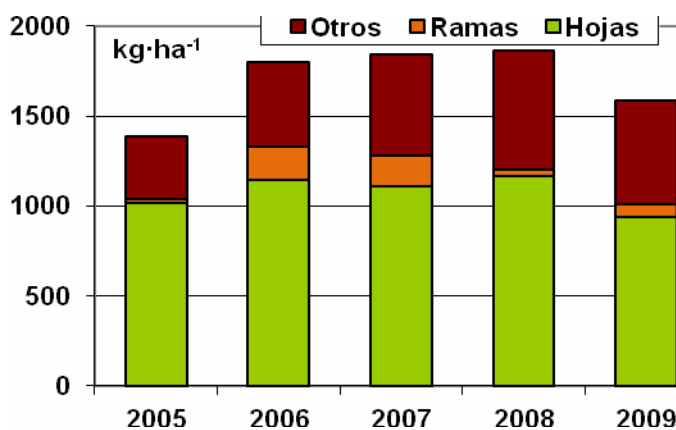


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

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

En el estudio de la evolución mensual del desfronde (Figura 5.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido a los meses de junio y julio, con producciones totales de 312 y 268 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente. En comparación con los valores medios de los cuatro años de estudio anteriores, la máxima producción no se ha producido en agosto, donde los valores medios han sido superiores a los 400 kg·ha⁻¹·mes⁻¹. Los rangos de valores máximos en la fracción hoja se han encontrado también en estos mismos meses, con valores de 294 y 250 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente.

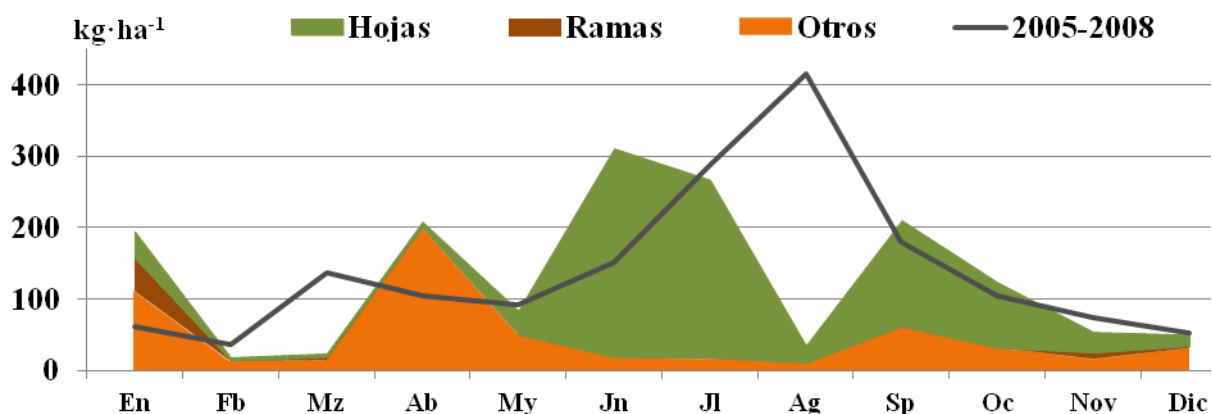


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-

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

La fracción otros ha alcanzado máximos durante el año 2009 en el mes de abril, con producciones superiores a los $200 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$. La fracción ramas no presenta una tendencia clara en cuanto al modelo de distribución estacional de sus pesos, con valores máximos encontrados en el mes de enero.

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.

25Ph	Fracción	$\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	53.79	5.29	1.00	0.32	8.93	1.34	1.42
	Otros	49.50	6.53	0.83	0.32	23.00	0.98	1.12
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Febrero	Hojas	53.79	5.29	1.00	0.32	8.93	1.34	1.42
	Otros	49.50	6.53	0.83	0.32	23.00	0.98	1.12
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Marzo	Hojas	53.79	5.29	1.00	0.32	8.93	1.34	1.42
	Otros	49.50	6.53	0.83	0.32	23.00	0.98	1.12
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Abril	Hojas	53.79	5.29	1.00	0.32	8.93	1.34	1.42
	Otros	53.49	5.20	0.59	0.35	3.69	0.69	2.59
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Mayo	Hojas	53.79	5.29	1.00	0.32	8.93	1.34	1.42
	Otros	51.45	7.02	0.78	0.41	12.51	1.13	1.98
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Junio	Hojas	54.52	3.46	1.00	0.20	9.44	1.47	1.18
	Otros	51.45	7.02	0.78	0.41	12.51	1.13	1.98
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Julio	Hojas	54.33	3.74	0.92	0.20	9.62	1.38	1.19
	Otros	50.30	8.92	0.97	0.54	19.50	1.08	1.40
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Agosto	Hojas	54.45	4.34	0.89	0.23	11.42	1.19	0.80
	Otros	50.30	8.92	0.97	0.54	19.50	1.08	1.40
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Septiembre	Hojas	54.45	4.34	0.89	0.23	11.42	1.19	0.80
	Otros	50.30	8.92	0.97	0.54	19.50	1.08	1.40
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Octubre	Hojas	53.46	5.44	0.91	0.30	10.04	1.24	1.06
	Otros	50.47	5.00	0.66	0.25	20.53	0.87	0.77
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Noviembre	Hojas	53.46	5.44	0.91	0.30	10.04	1.24	1.06
	Otros	50.47	5.00	0.66	0.25	20.53	0.87	0.77
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03
Diciembre	Hojas	53.46	5.44	0.91	0.30	10.04	1.24	1.06
	Otros	50.47	5.00	0.66	0.25	20.53	0.87	0.77
	Ramas	52.72	4.36	0.72	0.22	14.76	0.90	1.03

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 25Ph durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 53 ± 0.41 , 50.60 ± 1.12 y $52.72 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En la fracción hojas, se han encontrado concentraciones medias más bajas en verano de N ($3.46 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), K ($0.80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y Mg ($1.19 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), y superiores en verano de Ca ($11.42 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y P ($0.89 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

En la fracción otros, en los meses de primavera y verano se han obtenido concentraciones medias altas de N ($8.92 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), K ($2.59 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y Mg ($13.13 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), y, en invierno de Ca ($23 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$). En la fracción ramas, los contenidos medios obtenidos corresponden a una única muestra mezcla de todo el año, por la poca cantidad de muestra recogida.

En total, la parcela 25Ph ha aportado al suelo con el desfronde $850 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de Carbono (Figura 5.3), con valores comprendidos entre 736 y $980 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ en el año 2005 y el año 2008, respectivamente. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de $31 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, ligeramente inferiores a los obtenidos en los cuatro años anteriores de estudio, entre 37 y $48 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$.

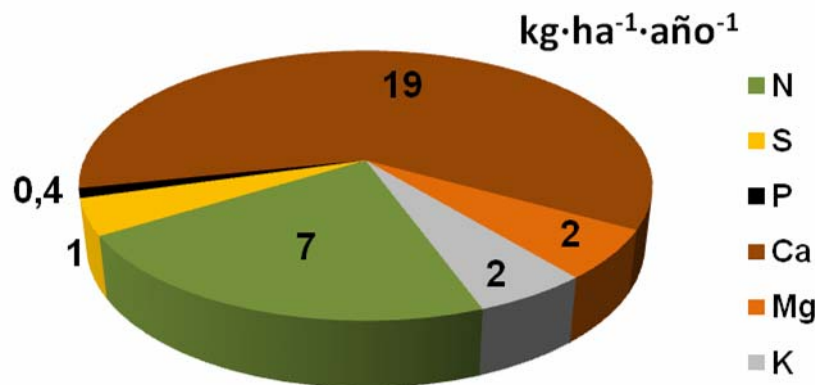


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 25Ph.

Los mayores aportes al suelo han sido de calcio, con $19 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, seguido de nitrógeno, $7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y, de potasio y magnesio, con $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (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 diciembre del año 2009. Los análisis se han realizado con una muestra mezcla de cinco árboles muestreados dentro de la parcela.

Año brote	Peso 1000 acículas	C	N	S	P	Ca	Mg	K
	(g)							
2008	16.15	537.60	10.34	1.83	0.79	10.02	2.42	3.27
2009	9.23	537.39	11.81	1.81	1.01	7.83	2.30	3.97

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 en que se presentan los nutrientes según su contenido en las acículas del año en curso es el siguiente: N>Ca>K>Mg>S>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, mientras que los contenidos de Ca y Mg 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 S y 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 a pesar de que en el año 2008 la precipitación total anual ha sido menor (387 mm, Informe 2005-2008) que la precipitación total en el año 2009 (566 mm).

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes en la especie *P. halepensis* se representan los resultados obtenidos desde el año 2004 hasta el año 2009 (Figura 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 baja respecto a los años anteriores. Las acículas correspondientes al año 2005 son las que presentan menor peso (5.66 g). Este resultado coincide con el hecho de que el año 2005 es el que presenta la precipitación total anual más baja (251 mm) (informe 2005-2008) lo que parece haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

El contenido foliar de carbono presenta también muy poca variación entre los dos últimos periodos de muestreo.

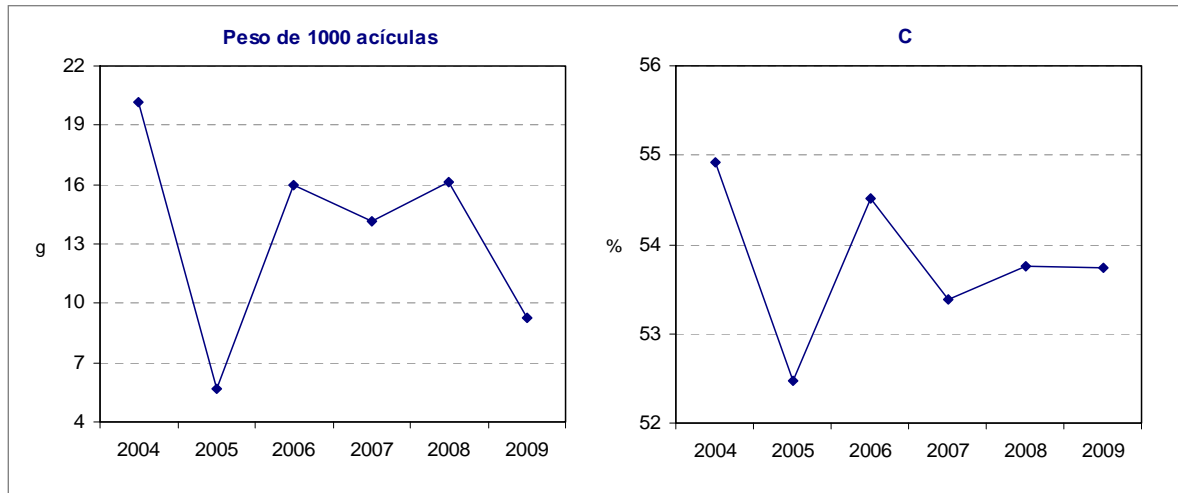


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. halepensis* durante el periodo 2004-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

En el caso de la variación del contenido foliar de nutrientes (Fig. 6.2) se observa que los contenidos foliares más altos de N han correspondido a las acículas del año 2009 (11.81 mg·g⁻¹). El resto de contenidos foliares de nutrientes varían muy poco respecto al año anterior a excepción del Ca que disminuye de 10.02 mg·g⁻¹ en el brote del año 2008 a 7.83 mg·g⁻¹ en el año 2009.

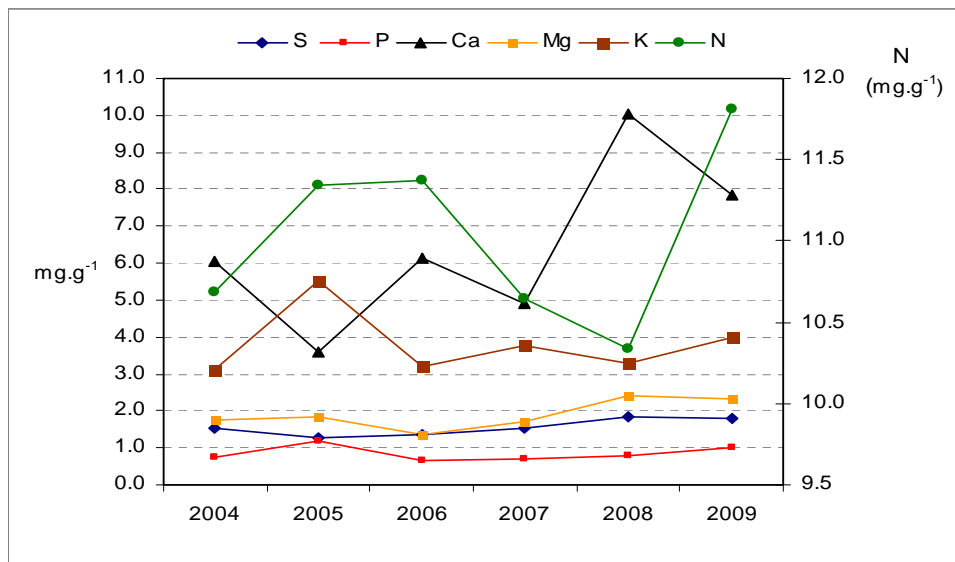


Figura 6.2. Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *P.halepensis* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C.

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 peso medio de 1000 acículas de la parcela 25, la parcela 19 situada en Tarragona y la parcela 41 situada en P. de Mallorca (Fig. 6.1.1). Las parcelas 19 y 41

pertencen a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II, dichas parcelas han sido muestreadas en el periodo comprendido entre diciembre y febrero.

Los contenidos medios foliares más altos de N y Ca así como del peso de 1000 acículas han correspondido a la parcela 19 situada en Tarragona. Los contenidos medios foliares más bajos de K ha correspondido a la parcela 25, el resto de los contenidos medios foliares presentan muy poca variación entre las tres parcelas de *P. halepensis* estudiadas. El contenido medio carbono foliar presenta un estrecho rango de variación entre las tres parcelas (53.28 - 53.80 %).

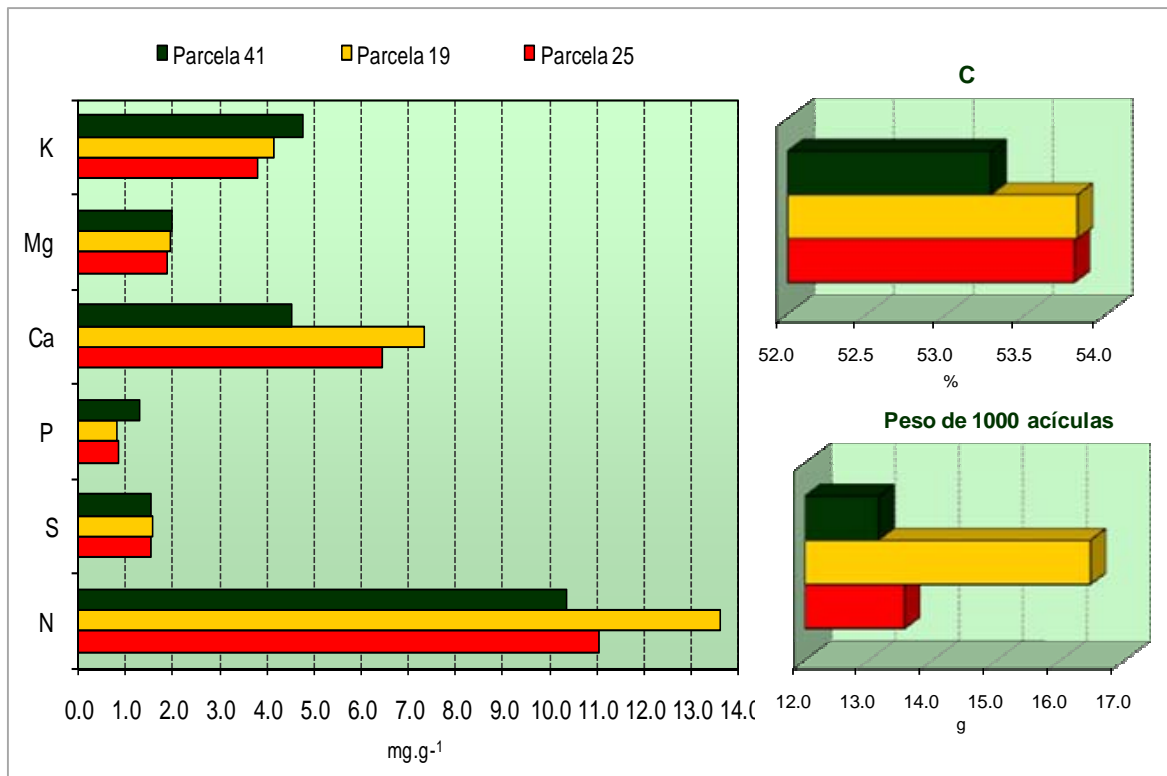


Figura 6.1.1: Contenidos medios foliares (mg.g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en tres parcelas de *Pinus halepensis* de la Red Nacional de Nivel II. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los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

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 25 de *Pinus halepensis* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		430	566

Año		c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
2009	T	113	6.72	3.35	2.41	8.88	1.05	1.16	1.58	1.12	3.86	114
		(33-350)	(6.30-7.14)	(0.95-11.41)	(102-7.84)	(3.02-40.14)	(0.42-4.25)	(0.52-2.55)	(0.78-2.99)	(0.42-4.61)	(177-9.19)	(63-231)
n=12	Pi	61	6.53	0.75	1.10	2.09	0.20	0.33	0.87	2.23	4.80	45
		(8-351)	(6.14-7.31)	(0.14-157)	(0.41-3.81)	(0.58-4.56)	(0.05-0.63)	(0.03-0.64)	(0.15-4.19)	(0.11-16.26)	(0.74-15.72)	(19-105)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 25 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-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 rango de pH con valores comprendidos entre 6.4 y 7.3 y un valor medio de 6.5, similar al valor medio presentado en el agua de trascolación (6.7). Se trata por lo tanto de soluciones ligeramente ácidas a neutras.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un amplio rango de variación entre $8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $351 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y un valor medio de $61 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, inferior al valor medio presentado en el agua de trascolación ($113 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia, a excepción del cloro y los sulfatos, aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea.

Tanto la precipitación incidente como el agua de trascolación presentan mayores concentraciones de cationes que de aniones lo que se refleja en valores medios de pH relativamente altos. En la precipitación incidente la concentración media del anión sulfato ($2.23 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de origen principalmente industrial es mayor que la concentración media de los nitratos ($0.87 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) 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 concentración media del catión Ca en la precipitación incidente ($2.9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y la presentada en el agua de trascolación ($8.9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

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).

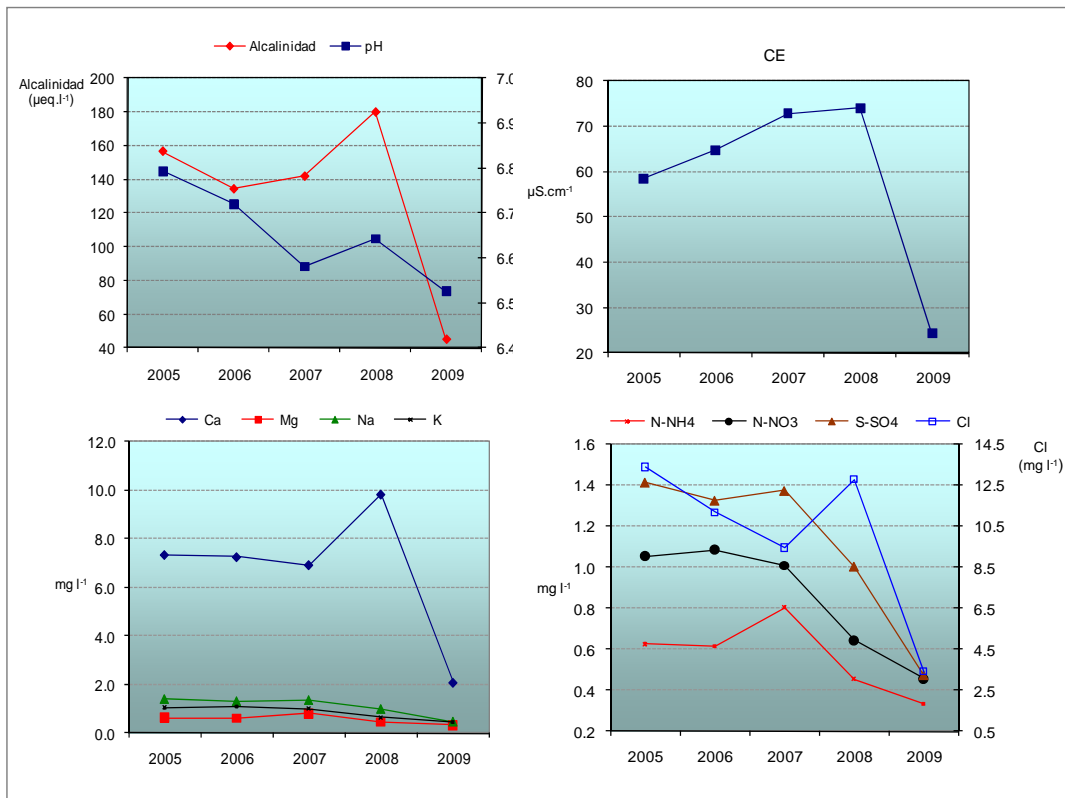


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH_4 , N-NO_3 , S-SO_4 y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los datos son medias de los periodos muestreados en cada año.

El valor medio de pH disminuye ligeramente en el año 2009 respecto a los años anteriores pasando de un valor de 6.8 en el año 2005 a 6.5 en el año 2009. La variación de la concentración media de alcalinidad en los años estudiados sigue una tendencia similar a la variación del pH ya que son parámetros que van a estar relacionados entre sí. Hay que destacar una disminución brusca de la concentración media de alcalinidad en el año 2009 que va a pasar de $157 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008 a $45 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009.

La conductividad eléctrica media también disminuye en el último año de muestreo pasando de $74 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2008 a $24 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en 2009. La conductividad eléctrica es un parámetro indicativo de la concentración iónica del agua de lluvia que se constata por la también disminución de la concentración media de todos los iones en la precipitación incidente en el año 2009.

Hay que destacar una disminución progresiva de las concentraciones medias de los aniones acidificantes como los nitratos y sulfatos, procedentes principalmente del tráfico rodado el primero, y de origen industrial el segundo. Así la concentración media de nitratos disminuye de $1.05 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 a $0.46 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en 2009 y la de sulfatos de una concentración media de $1.42 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 a $0.47 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el 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-NH_4 , N-NO_3 , S-SO_4 , 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		μS·cm ⁻¹									mg·l ⁻¹	μeq·l ⁻¹	
Pi	1	71	6.14	29	3.07	0.18	0.57	0.83	0.49	0.23	0.30	6.23	32	
	2	46	6.33	38	3.46	0.23	0.93	1.34	0.61	0.48	0.59	7.84	45	
	3	59	6.42	12	1.42	0.11	0.66	0.37	0.17	0.26	0.26	0.94	47	
	4	38	6.95	21	1.76	0.17	0.44	1.00	0.64	0.57	0.40	0.74	105	
	5	9		351						4.19	16.26	15.72		
	7	9	7.31	57	4.56	0.63	3.81	1.57	0.40	1.40	1.53	7.90		
	9	200	6.42	11	0.79	0.07	0.41	0.14	0.22	0.34	0.36	1.25	19	
	10	41	6.26	18	1.05	0.18	1.47	0.40	0.03	0.24	0.23	1.52	47	
	12	91	6.38	8	0.58	0.05	0.53	0.37	0.09	0.15	0.11	1.02	20	
	T	1	46	6.74	74	7.18	0.99	2.60	2.17	1.11	2.99	1.19	9.19	109
		2	30	6.42	55	5.11	0.59	1.90	2.09	1.11	1.88	0.97	6.20	95
		3	53	6.30	33	3.55	0.42	1.16	1.73	0.66	1.13	0.42	2.32	63
4		27	6.90	52	3.33	0.53	1.02	6.25	1.12	1.81	0.66	2.64	149	
5		7		350						0.78	4.61	2.71		
7		11	7.14	310	40.14	4.25	7.84	11.41	1.39	1.58	0.52	1.77		
9		152	6.66	44	4.31	0.55	1.19	0.99	0.52	1.48	0.60	2.67	83	
10		37	7.14	58	3.02	0.50	2.14	1.23	2.55	0.79	0.56	3.71	231	
12	65	6.45	43	4.38	0.53	1.45	0.95	0.77	1.84	0.54	3.53	66		

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 25 Ph 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 20 de Agosto del 2009 entre las 18:30 y 21:00.

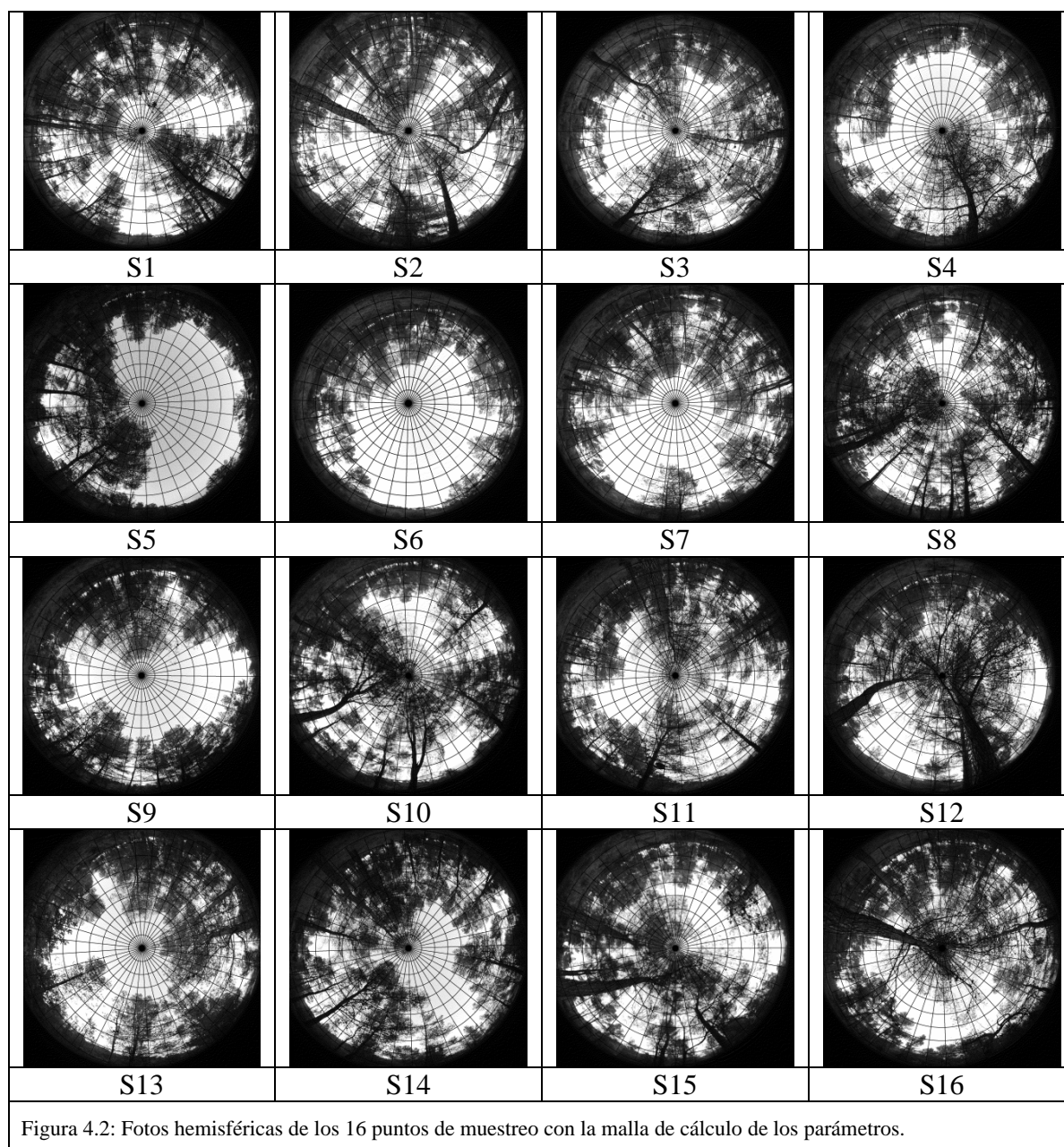


Figura 4.2: Fotos hemisféricas de los 16 puntos de muestreo con la malla de cálculo de los parámetros.

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 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 25Ph se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde 29.20 a 51.52 % de cielo abierto por la distancia entre copas de los árboles y la transparencia de copa. Es el motivo por el que el índice de área foliar 4 (0 a 60°) cenitales o el área foliar 5 (0 a 75°) es bajo, menos que los datos de índice de área foliar propios de las coníferas (entre 1 y 2).

Parcela	Sitio	% Sky Area	%Mask Area	%Cnpy Open	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Trans Dir	%Trans Dif	%Trans Tot
25	1	99.91	0.09	37.84	1.03	0.85	5.64	6.76	12.40	38.51	46.17	42.34
25	2	99.90	0.10	40.71	0.87	0.81	5.48	7.17	12.65	37.44	48.96	43.20
25	3	99.91	0.09	38.28	0.90	0.83	6.05	7.54	13.58	41.29	51.47	46.38
25	4	99.90	0.10	44.78	0.58	0.66	9.07	8.66	17.73	61.96	59.17	60.56
25	5	99.90	0.10	47.31	0.70	0.59	8.79	8.44	17.24	60.05	57.68	58.87
25	6	99.89	0.11	51.52	0.44	0.48	6.62	10.24	16.86	45.22	69.95	57.58
25	7	99.89	0.11	46.35	0.71	0.63	4.35	8.73	13.08	29.72	59.63	44.67
25	8	99.89	0.11	30.02	1.22	1.13	6.88	5.44	12.32	46.97	37.17	42.07
25	9	99.90	0.10	43.41	0.70	0.75	5.98	8.63	14.62	40.85	58.98	49.91
25	10	99.89	0.11	35.26	1.12	1.01	6.70	5.86	12.56	45.77	40.01	42.89
25	11	99.88	0.12	41.43	0.92	0.79	4.97	7.46	12.43	33.93	50.95	42.44
25	12	99.88	0.12	29.20	1.49	1.26	3.83	4.75	8.58	26.17	32.42	29.29
25	13	99.89	0.11	40.64	0.86	0.79	5.82	7.80	13.62	39.74	53.30	46.52
25	14	99.86	0.14	36.52	1.15	0.93	3.87	6.48	10.36	26.46	44.29	35.37
25	15	99.89	0.11	34.64	1.09	1.03	7.41	6.00	13.42	50.62	41.01	45.82

25	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	39.49	0.93	0.85	5.95	7.25	13.20	40.65	49.53	45.09

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.

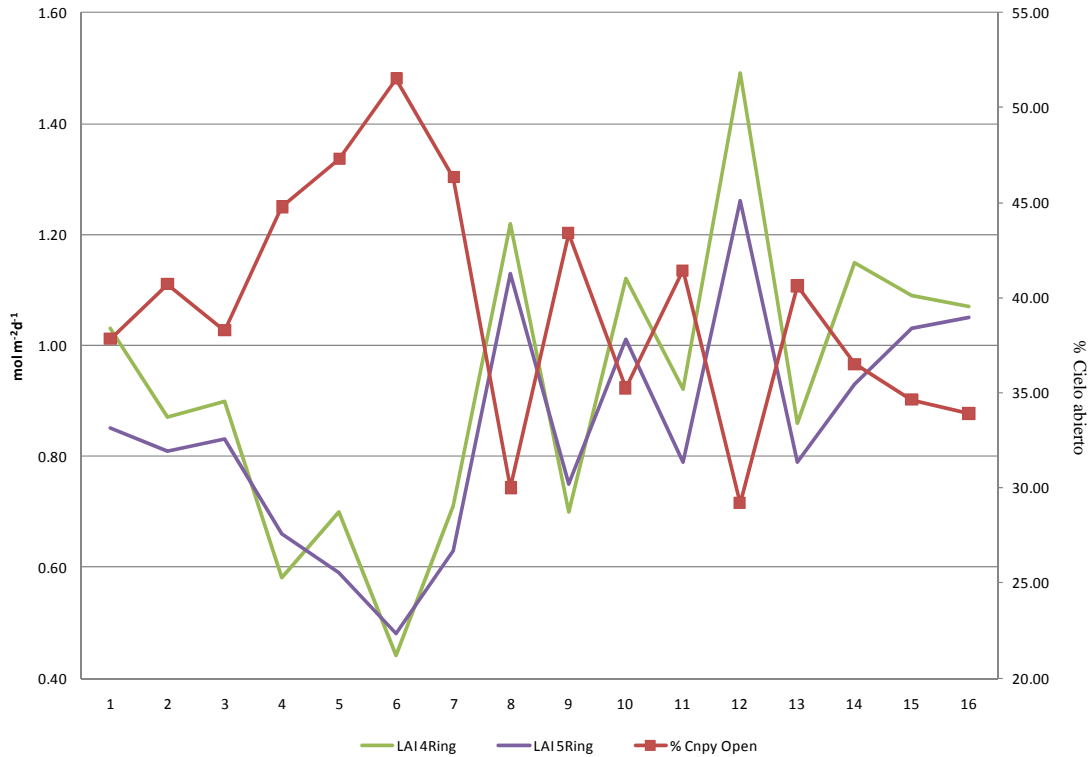
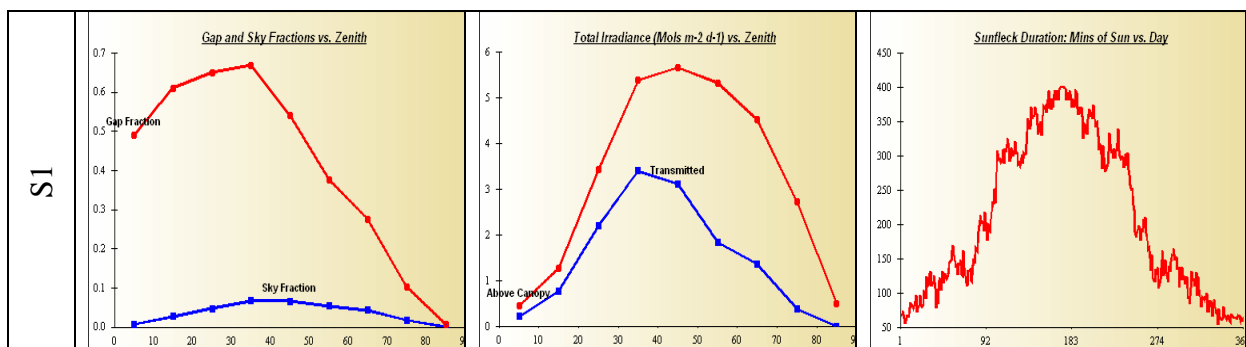
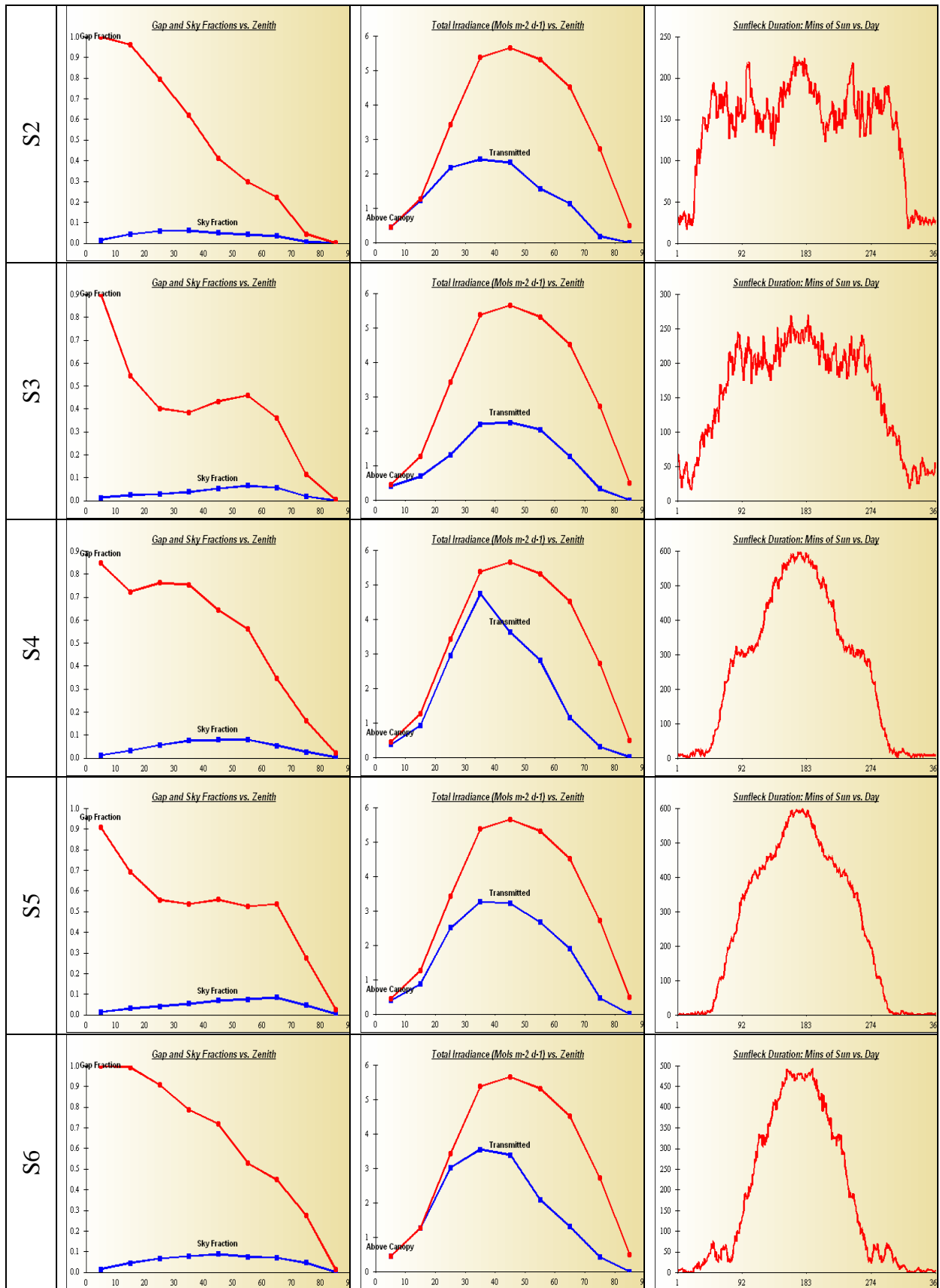


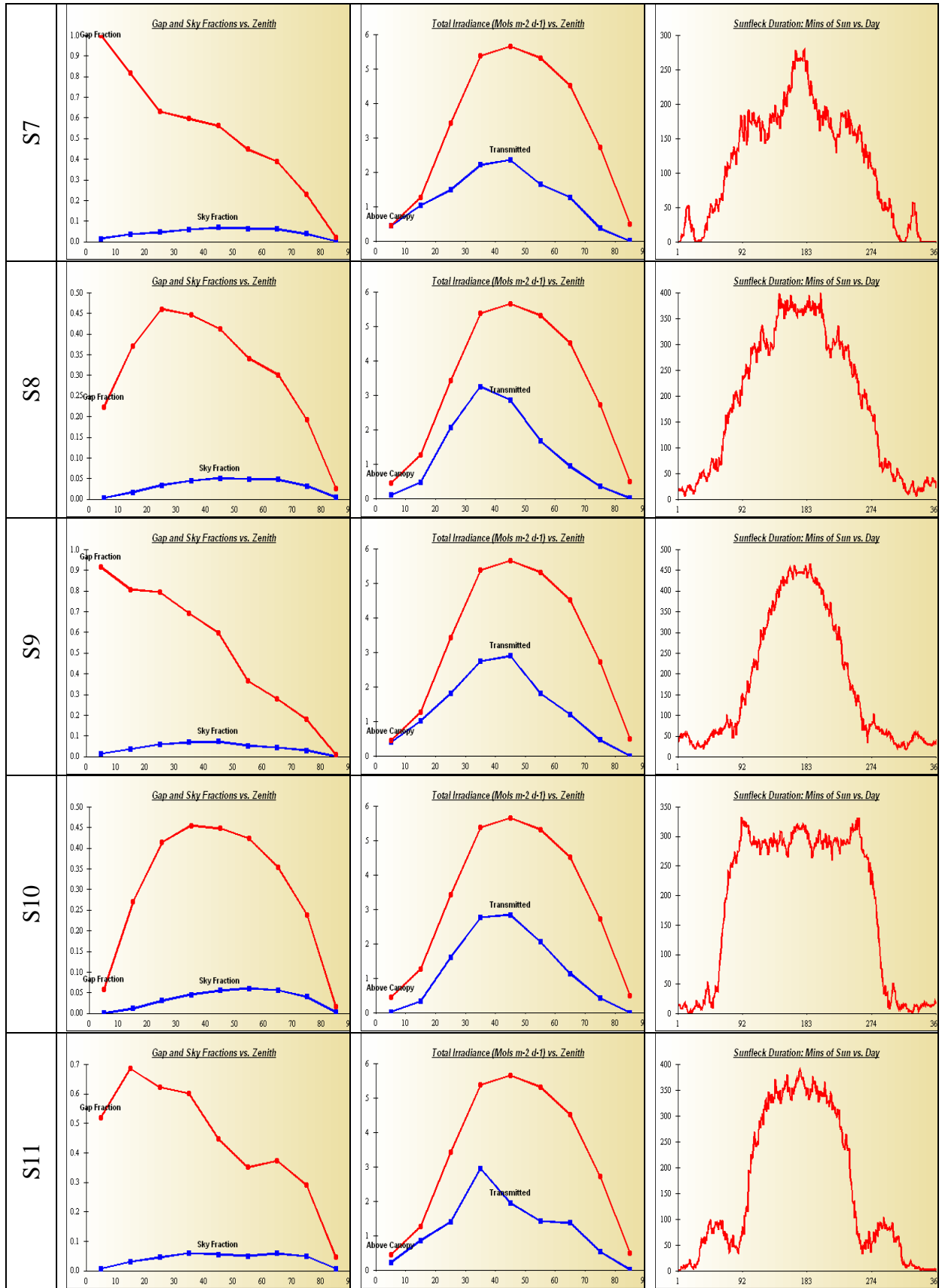
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de % de cielo abierto en cada punto de muestreo.

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.







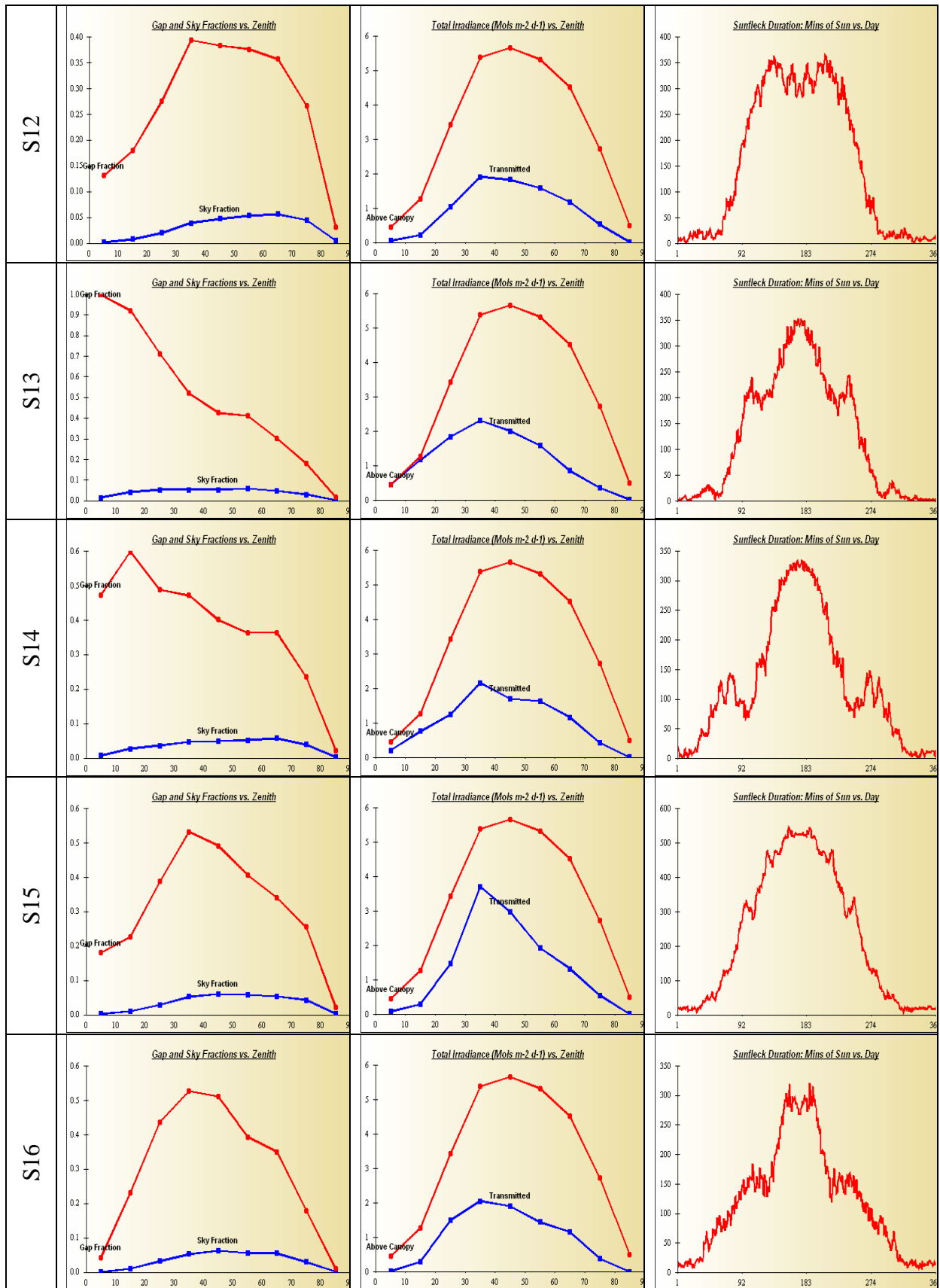


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 25Ph se llevó a cabo el 19 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.

25Ph	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	1696
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	584
Grupo 5	Herbáceas	50
Grupo 7	Matorral perenne	685

Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 25Ph durante el año 2009

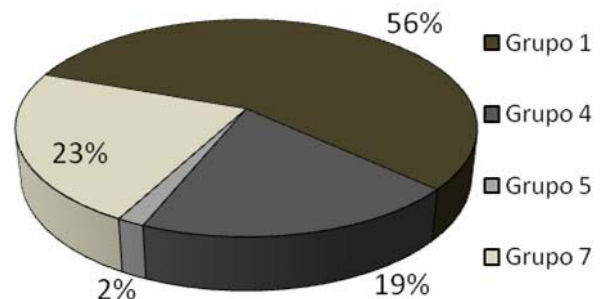


Figura 9.1: Distribución del porcentaje de los grupos de vegetación existentes en la parcela de estudio.

El grupo de vegetación mayoritario, con un 56% sobre el total de la vegetación encontrada, ha sido el de los musgos (Figura 9.1). Le sigue el grupo de matorral perenne, con un 23%, el grupo mixto de poáceas, ciperáceas y juncáceas con un 19%, y el grupo de las herbáceas con un 2%.

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

La biomasa total no arbórea presente en la parcela ha sido de 3015 kg·ha⁻¹.

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 1400 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de los musgos, (superior a 700 kg·ha⁻¹). Los grupos 5 y 7 han fijado 270 y 350 kg·ha⁻¹ de carbono, respectivamente. Los macronutrientes retenidos por la vegetación mayoritariamente han sido Ca y N en los dos grupos principales (Figura 9.3).

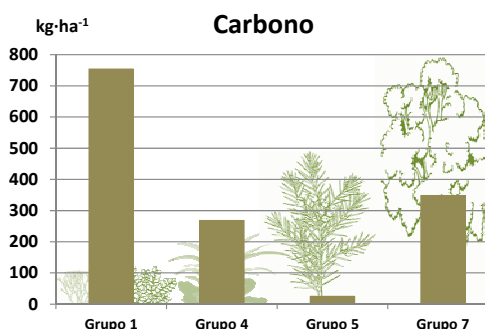


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

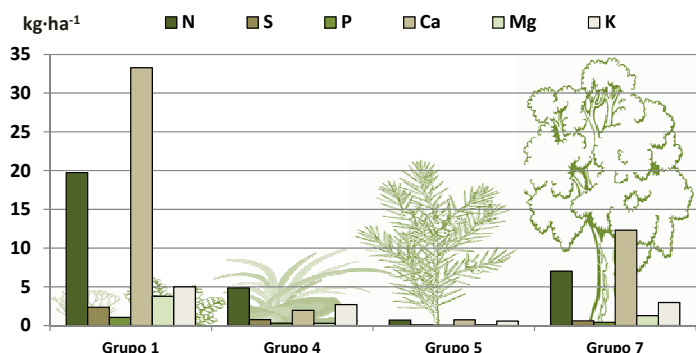


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela se encuentra sobre una roca madre de caliza, siendo el perfil característico de este suelo un Leptosol Renzínico (A/AC/C).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl_2 básico, con valores medios en la capa orgánica de 6.22 y 7.21 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 7.3 ± 0.05 , con muy poca variación entre los 20 primeros centímetros.

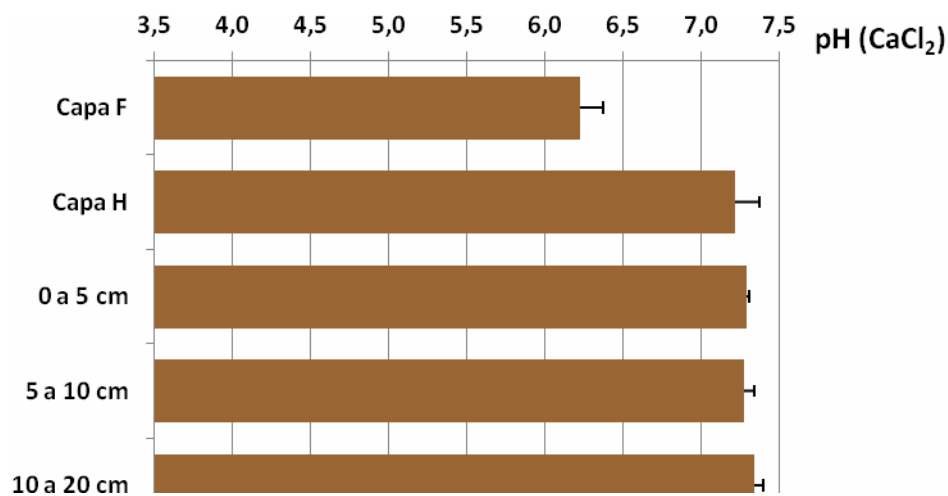


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl_2) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de $431 \pm 62 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ y $190 \pm 69 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente, en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, los valores medios encontrados han sido de $42.35 \pm 19.35 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, no existiendo una tendencia clara con la profundidad.

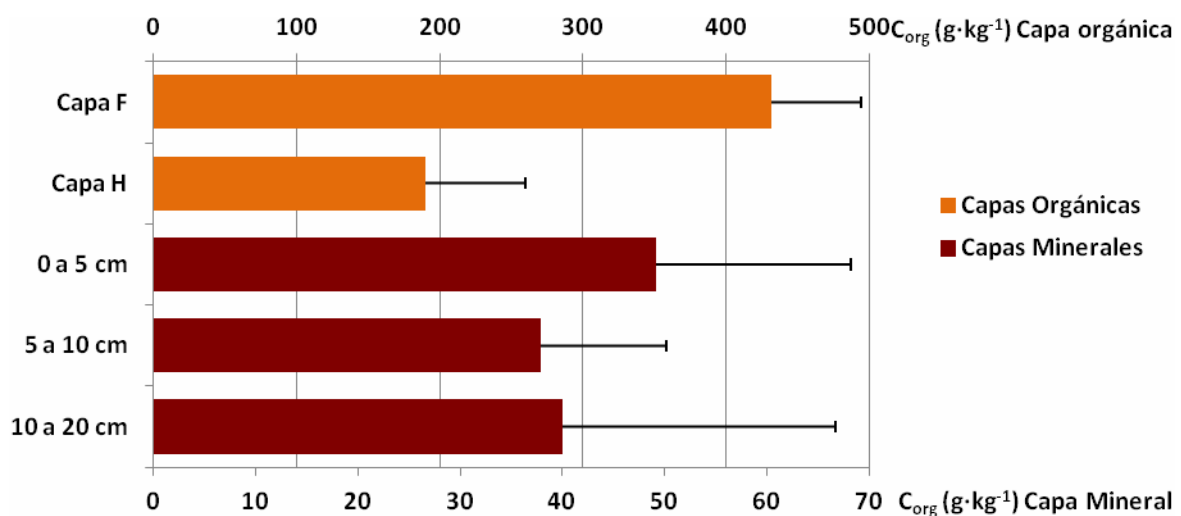


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa

H: capa de material orgánico humificado.

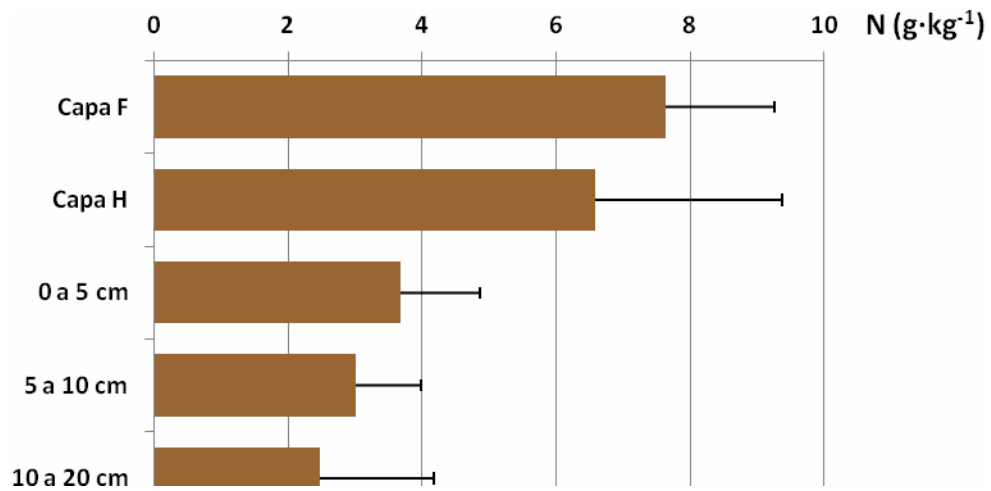


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido muy similares, con valores de 7.63 y $6.59 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han sido de $3.06 \pm 1.28 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, disminuyendo los contenidos de nitrógeno hasta los $2.48 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a los 20 cm de profundidad.