

PARCELA 115 *Fagus sylvatica*



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 115 de *Fagus sylvatica* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Navarra
Término Municipal: Burguete
Paraje: Ausobi
Coordenadas (GPS)
Latitud: +42°60'00''
Longitud: -01°20'00''
Altitud: 900 m s.n.m.
Orientación: Este
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de hay en estado de fustal
Especie principal: *Fagus sylvatica*
Edad media: 81-100 años
Nº árboles de la especie principal: 30
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Limolita
Edafología: Alisol haplico (Acrisol haplico/Luvisol haplico)

VEGETACIÓN

Hayedo maduro muy aclarado, el aclareo ha estimulado la regeneración de hayas. La puesta en luz ha permitido el desarrollo de acebo (15%). Zarzales muy densos (10%) y corros de gramíneas y ciperáceas (1.6%).

2. METEOROLOGÍA

El parámetro meteorológico que más sobresale y que ha marcado las pautas de comportamiento en la parcela es la precipitación en las que tenemos unas diferencias notables entre el año 2005 con 1537 mm. de precipitación y el año 2009, con 2156 mm.

Las temperaturas han sido muy acordes con la situación de la parcela, sólo reseñar las temperaturas máxima y mínima del año 2005 mucho más extremas (Tabla 2.1) y la temperaturas del 2009 más cálidas.

Los demás parámetros han estado en los mismos rangos durante estos cuatro años, destacando sólo la mínima absoluta de -20.6 en el 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	1,8	22,7	248,6	8,3	32,7	-20,6	14,6	2,9	83,8	190,2	1537
2006	1,5	22,0	244,5	6,4	32,6	-13,7	12,4	1,4	85,3	182,1	1648
2007	1,6	23,5	258,7	7,1	31,7	-12,5	12,6	1,8	86,8	190,2	2087
2008	1,8	40,1	256,1	7,2	31,0	-14,1	12,8	1,4	85,8	192,1	2066
2009	1,4	20,8	230,8	8,8	32,0	-12,0	14,1	3,9	83,3	207,1	2156

Tabla 2.1: Parámetros medios y máximo (m/s) y dirección (en grados) de viento, temperatura (°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 115Fs se puede observar:

- Aparición de la hoja: En los periodos de aparición de la hoja no ha habido grandes cambios salvo en el año 2005 en el que el periodo de aparición hoja llegó a ralentizarse hasta el mes de julio y las hojas fueron sensiblemente más pequeñas (Figura 3.1).
- Caída de la hoja: Este proceso fenológico ha llevado un desarrollo general muy igual en los años 2006 al 2009, en el año 2005 la caída de la hoja se adelantó de septiembre a julio debido a la escasez de las lluvias.
- Decoloración: Se puede observar el adelanto de la decoloración otoñal en el 2005 en el que las hojas se empiezan a decolorar en mayo, este cambio en el comportamiento fenológico se produce como consecuencia del estrés hídrico que se produjo este año como consecuencia de la escasez de lluvias primaverales.
- Floración: El periodo de floración es muy corto en el haya y en los años 2006 al 2008 la floración aconteció entre viajes bisemanales, por lo que no han quedado registrados. En el año 2005, el proceso de la floración se extendió un mes, pero las flores se secaban sin pasar a fruto.
- Fructificación: No hubo fructificación en el 2005, el proceso se abortó debido al estrés hídrico.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 115Fs han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2009:

- *Rhynchaenus fagi*: En 2005, 2007 y 2009 se detectan daños ligeros de este Chrysomelido sobre todos los pies. En 2006 y 2008, estos daños llegan a tener una intensidad moderada.

Parcela 15 Fs Principales fases fenológicas años 2005-2009

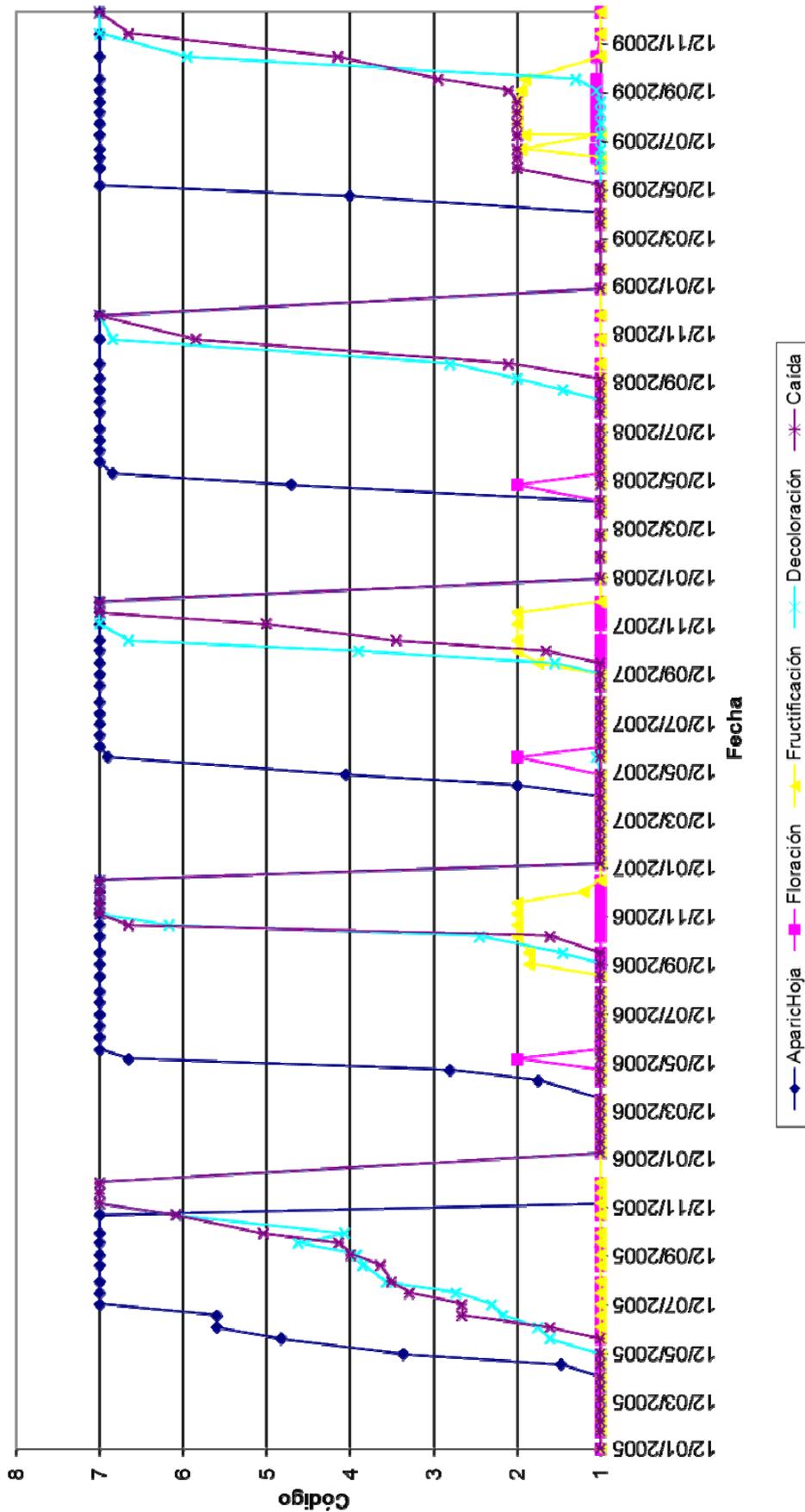


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

- *Mikiola fagi*: Las agallas que produce este insecto se observan todos los años sobre casi todos los pies. Ocasionando daños muy ligeros.

- Viento: En 2005 el viento ocasiona la rotura de ramillas pequeñas en la parcela, pero en las inmediaciones llega a tirar a algunos pies.
- Nieve: Este agente abiótico en 2005 ocasiona en esta parcela un doble daño. Por un lado el aplastamiento del regenerado, daño que resulta ser ligero ya que este regenerado se recupera al irse la nieve. Por otro lado, existe rotura de algunas ramas altas de las hayas adultas.

4. CRECIMIENTOS

La parcela 15Fs se tuvo que cambiar de lugar debido a unas cortas programadas en la situación original, la parcela se trasladó de lugar en el verano del 2008 y pasó a ser 115Fs, en el desarrollo de la fenología no ha afectado ya que se siguió realizando en la 15Fs a la vez que en la 115Fs, sin embargo, los datos dasométricos del 2008 solo están tomados en la parcela 115Fs por lo que no se puede realizar la estimación de crecimientos.

El crecimiento del 2006 fue del 10% a pesar de la sequía del 2005, este aumento en crecimiento es debido a tratamientos selvícolas y de limpieza en la parcela en el año 2005 y 2006 (Tabla 4.1).

Parcela	Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
15	2005	48,37	30,38	51,91	
15	2006	48,40	31,05	57,17	10,14
15	2007	49,00	31,05	59,52	4,11
115	2008	46,33	31,10	69,64	
115	2009	46.56	31.10	70,31	1,00

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 detectado grandes ni significativos crecimientos en estos cuatro años, si se pueden observar los pequeños incrementos mayores en la última mitad del año 2007. En el verano del 2008 la parcela 15Fs cambió su situación y pasó a ser la 115Fs (Figura 4.2).

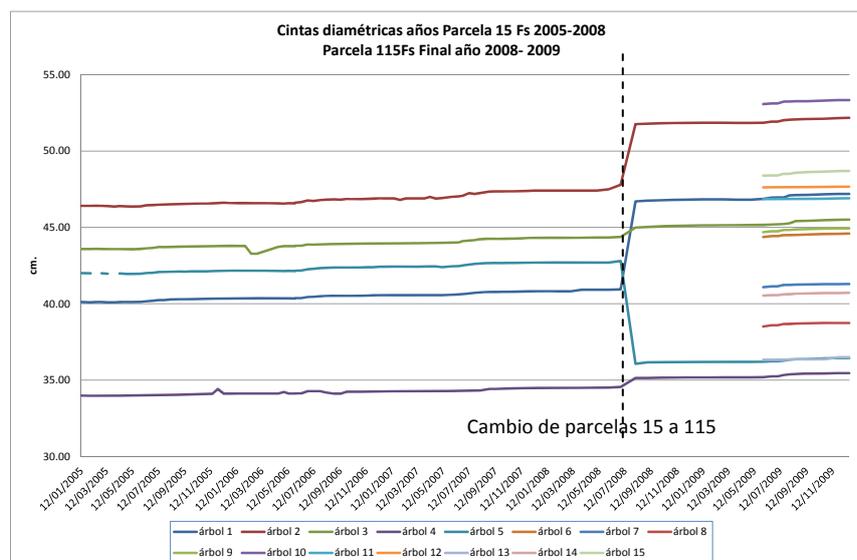


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los árboles con cintas diamétricas en las parcelas durante los años de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 115 de *Fagus sylvatica* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 4596 kg·ha⁻¹·en el desfronde total (Figura 5.1), con producciones obtenidas en años anteriores entre 3.875 y 4.779 kg·ha⁻¹·año⁻¹.

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 37%, y de la fracción ramas, con un 4% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de las diferentes fracciones han sido inferiores en la fracción hojas, respecto al promedio de años anteriores, con un 74%.

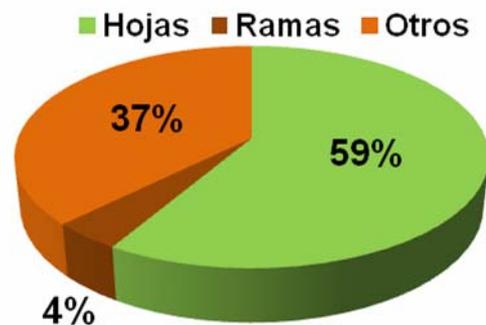
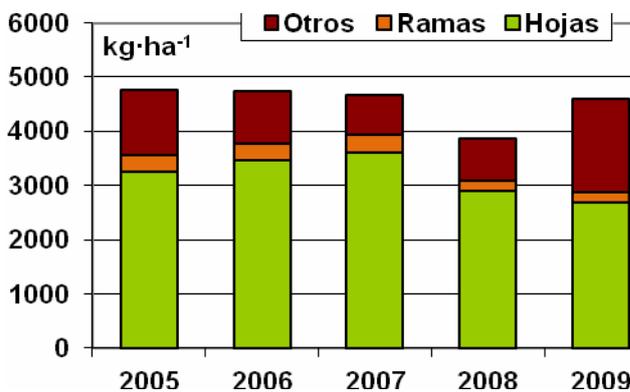


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

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 entre septiembre y noviembre, coincidentes con la característica caída de hoja de las caducifolias, con aportes máximos al suelo en el mes de octubre y noviembre de 1800 y 1350 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente. Los meses con menor aporte de nutrientes al suelo han sido los comprendidos entre enero y abril, entre junio y agosto.

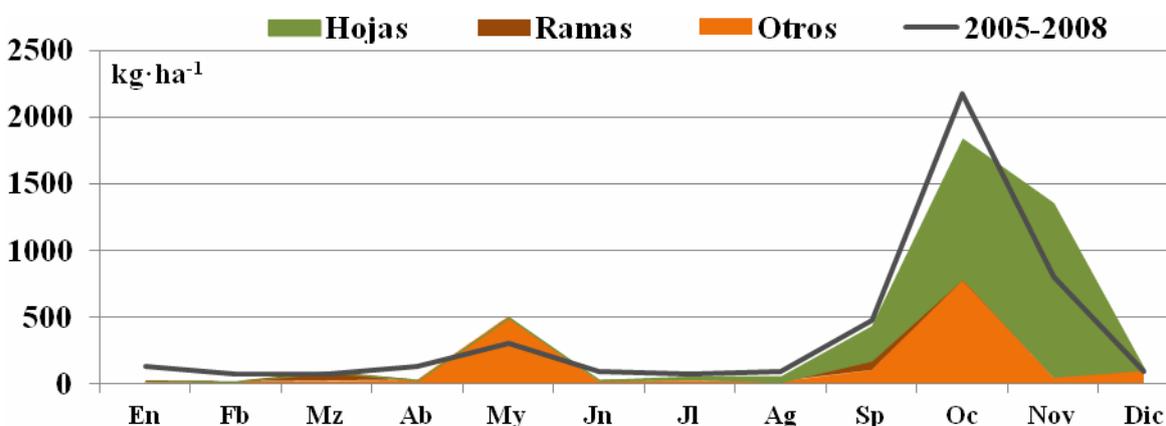


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

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

115Fs	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	49.74	23.40	1.62	0.93	7.72	1.09	2.37
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Febrero	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	49.74	23.40	1.62	0.93	7.72	1.09	2.37
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Marzo	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	49.74	23.40	1.62	0.93	7.72	1.09	2.37
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Abril	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	49.74	23.40	1.62	0.93	7.72	1.09	2.37
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Mayo	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	51.31	13.77	1.14	0.48	6.80	1.07	0.95
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Junio	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	50.66	22.57	1.72	0.90	7.47	0.91	2.60
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Julio	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	50.66	22.57	1.72	0.90	7.47	0.91	2.60
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Agosto	Hojas	53.03	14.63	1.43	0.71	7.48	0.93	5.43
	Otros	50.66	22.57	1.72	0.90	7.47	0.91	2.60
	Ramas	53.72	6.26	0.55	0.30	5.81	0.44	0.75
Septiembre	Hojas	53.59	11.60	1.12	0.52	8.94	1.05	5.87
	Otros	53.23	19.46	1.27	1.34	6.73	1.23	5.87
	Ramas	53.11	6.70	0.73	0.27	11.27	0.78	0.71
Octubre	Hojas	53.67	12.03	1.35	0.52	10.71	1.10	4.81
	Otros	59.25	34.50	1.82	2.87	6.14	1.80	8.39
	Ramas	53.11	6.70	0.73	0.27	11.27	0.78	0.71
Noviembre	Hojas	53.19	15.46	1.20	0.54	11.69	1.28	4.06
	Otros	52.29	8.67	0.96	0.62	3.26	0.67	5.99
	Ramas	53.11	6.70	0.73	0.27	11.27	0.78	0.71
Diciembre	Hojas	53.19	15.46	1.20	0.54	11.69	1.28	4.06
	Otros	51.01	6.66	0.53	0.45	3.44	0.55	4.73
	Ramas	53.11	6.70	0.73	0.27	11.27	0.78	0.71

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 115Fs durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 53.16±0.23, 51.50±2.67 y 53±0.30 g·kg⁻¹ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de $14.30 \pm 1.21 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con concentraciones mayores en los meses coincidentes con la caída de la hoja. En esta misma fracción, también se ha encontrado similar tendencia en los contenidos de calcio y magnesio, con concentraciones de 11.69 y $1.28 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente. Concentraciones superiores en los meses de primavera y verano se han encontrado en el azufre y fósforo, con valores de 1.43 y $0.71 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

En la fracción otros, en primavera se han obtenido concentraciones superiores al resto del año en calcio ($7.72 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), y mayores concentraciones en otoño en nitrógeno ($34.50 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), fósforo ($2.87 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$), magnesio ($1.80 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$) y potasio ($8.39 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$).

En la fracción ramas, los contenidos medios más elevados respecto a las fracciones de estudio, han sido de nitrógeno y calcio, con concentraciones medias a lo largo del año de 8.12 ± 0.79 y $4.68 \pm 0.07 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, respectivamente.

En total, la parcela 115Fs ha aportado $2450 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de $124 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$; con rangos de variación en años anteriores comprendidos entre 120 y $165 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$, en los años 2008 y 2006, respectivamente.

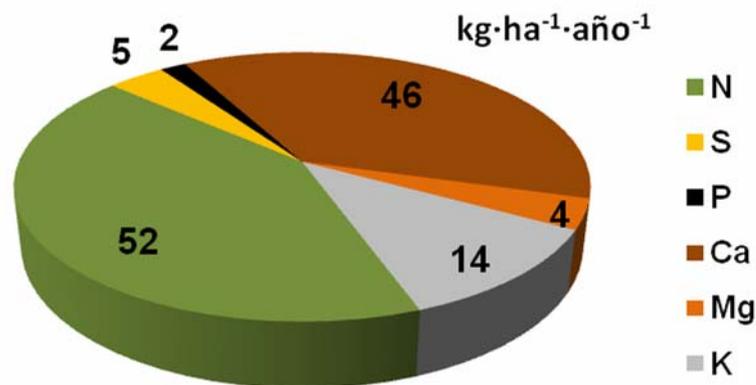


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 115Fs.

Los mayores aportes al suelo han sido de nitrógeno, con $52 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ en el desfronde total, seguido de Ca, $46 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ y de potasio, $14 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ (Figura 5.3).

6. NUTRICIÓN FOLIAR

Los resultados del peso de 100 hojas y de los contenidos foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio), así como del contenido de carbono en hoja de la especie *Fagus sylvatica* en el periodo de muestreo 2009-2010 se resumen en la tabla 6.1.

El muestreo de las hojas se ha realizado en julio cuando la hoja esta completamente desarrollada y antes de la senescencia. Los análisis se han realizado de una muestra mezcla de cinco árboles muestreados dentro de la parcela.

Año brote	Peso 100 hojas (g)	C	N	S	P	Ca	Mg	K
					mg.g ⁻¹			
2009	7.98	530.52	26.54	1.67	1.24	7.68	1.53	8.60

Tabla 6.1: Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

Hay que destacar los elevados contenidos foliares de Ca, K y N presentados en la especie *F.sylvatica* comparados con los determinados en las especies de coníferas y frondosas perennifolias estudiadas en las parcelas de la Red intensiva de Nivel II, las cuales presentan contenidos medios foliares de 12.6 mg·g⁻¹ de N, 5.7 mg·g⁻¹ de Ca y 4.5 mg·g⁻¹ de K.

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes en la especie *F.sylvatica* se representan los resultados obtenidos desde el año 2001 hasta el año 2009 (Figs.6.1 y 6.2). Para el análisis de estos resultados hay que tener en cuenta que los árboles muestreados en el año 2009 son distintos a los muestreados en los años anteriores, ya que la parcela objeto de estudio tuvo que ser sustituida por otra parcela próxima a la instalada inicialmente.

El desarrollo de la masa foliar disminuye de forma progresiva en últimos cuatro años de muestreo (Fig. 6.1), varía de 12.4 g en el año 2003 a 8.0 g en el año 2009 a pesar de que la precipitación total anual ha sido alta y ha aumentado en los últimos años de muestreo pasando de 1537 mm en el año 2005 a 2156 mm en el año 2009 (informe 2005-2008). El hecho de ser el año 2009 el que presenta menor desarrollo de la masa foliar puede ser debido además de a la posible variación de las condiciones climáticas, a que las ramas muestreadas en ese año proceden de árboles diferentes a los muestreados en los años anteriores.

Los contenidos foliares más altos de C han correspondido a los años 2007 (54.3 %) y 2009 (53.1 %).

En el caso de la variación del contenido foliar de nutrientes (Fig. 6.2) se observa que el contenido de N más alto (26.5 mg·g⁻¹) corresponde al brote del año 2009 y el más bajo (21.5 mg·g⁻¹) al brote del año 2003.

La variación del contenido foliar del Ca es menor que la presentada en el caso del N, y al igual que ocurre con el nitrógeno el contenido foliar más alto de Ca (7.7 mg·g⁻¹) ha correspondido al brote del año 2009 y el más bajo (5.1 mg·g⁻¹) al brote del año 2003. Los

contenidos foliares del resto de los nutrientes estudiados varían muy poco entre los años muestreados.

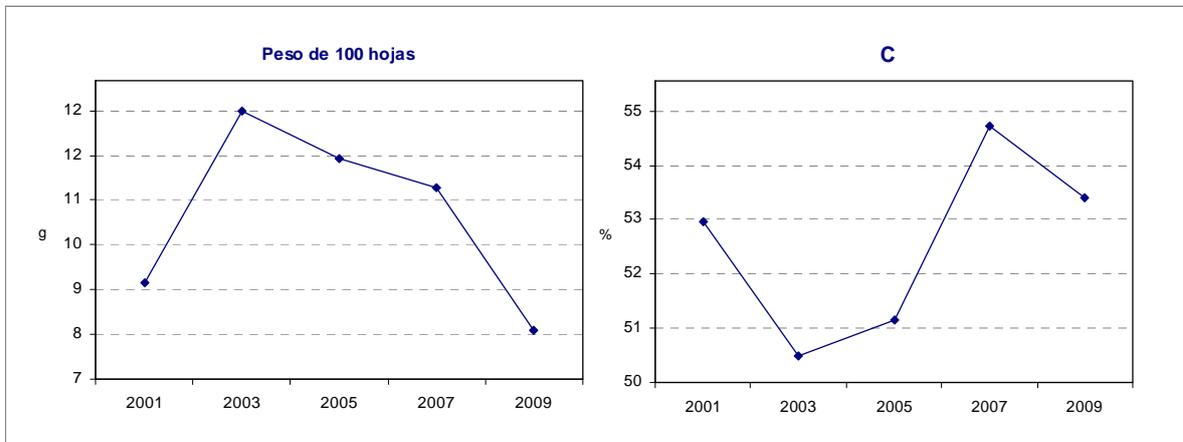


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 100 hojas (g) de la especie *F. sylvatica* durante 5 años de muestreo (2001, 2003, 2005, 2007 y 2009). El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

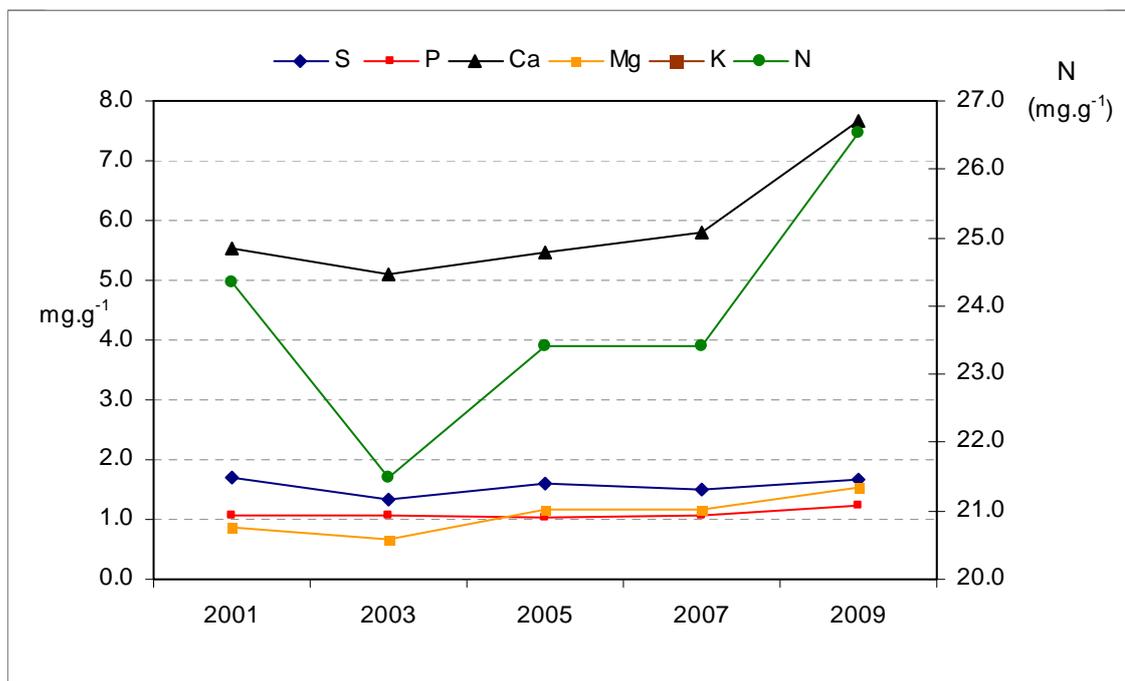


Figura 6.2: Contenidos foliares ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *F. sylvatica* en 5 años de muestreo (2001, 2003, 2005, 2007 y 2009). Los resultados están dados a 105°C

6.1. Comparación de contenidos foliares entre parcelas de *Fagus sylvatica* de la Red de Nivel II

Para estudiar la variabilidad espacial comparamos los contenidos medios foliares de nutrientes así como el peso medio de 100 hojas de la parcela 115 y de la parcela 3 situada en La Rioja (Figura 6.1). La parcela 3 pertenece a una de las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II.

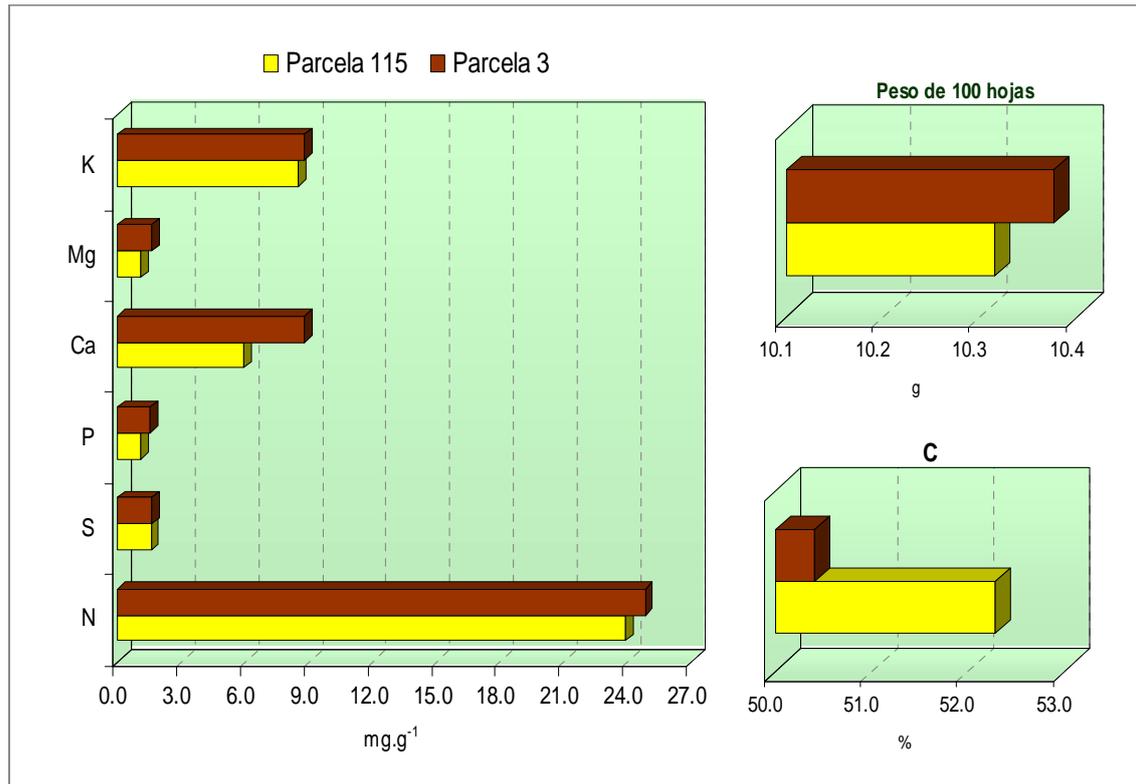


Figura 6.1: Contenidos medios foliares (mg.g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en dos parcelas de *F. sylvatica* de la red nacional de Nivel II. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los datos de la parcela 3 son medias de 4 años muestreados (2001, 2003, 2005 y 2007) y los datos de la parcela 115 son medias de 5 años muestreados (2001, 2003, 2005, 2007 y 2009).

Los contenidos medios foliares de nutrientes son muy similares en ambas parcelas. Hay que destacar los contenidos medios foliares de Ca que son más altos en la parcela situada en La Rioja (8.8 mg.g⁻¹) que en la parcela de Navarra (5.9 mg.g⁻¹), lo que podría reflejar los diferentes tipos de suelo sobre los que se desarrolla la especie.

El peso medio de 100 hojas es muy similar en ambas parcelas siendo ligeramente superior en la parcela de la Rioja con un peso medio de 10.4 g, mientras que el contenido medio foliar de carbono es mayor en la parcela 115 de Navarra (52.3 %) que en la de La Rioja (50.4 %).

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 115 de *Fagus sylvatica* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)										
Año		Trascolación					Precipitación incidente					
2009		2008					2156					

Año		c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
		$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$										
2009	T	29	6.43	3.84	1.58	0.88	0.26	0.45	0.32	0.51	2.98	79
		(7-53)	(5.60-7.05)	(0.37-7.46)	(0.67-3.75)	(0.15-3.00)	(0.07-0.57)	(0.02-1.57)	(0.01-1.25)	(0.13-1.38)	(1.37-6.83)	(7-201)
n=12	Pi	15	6.18	0.34	1.00	0.84	0.14	0.25	0.24	0.37	1.85	27
		(6-30)	(5.46-6.79)	(0.03-0.77)	(0.26-1.82)	(0.09-3.07)	(0.04-0.24)	(0.03-0.53)	(0.06-0.60)	(0.12-1.03)	(0.51-3.44)	(1-88)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 115 de *F. sylvatica*. 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 2 mm. Los datos son medias de los periodos muestreados en el año 2009.

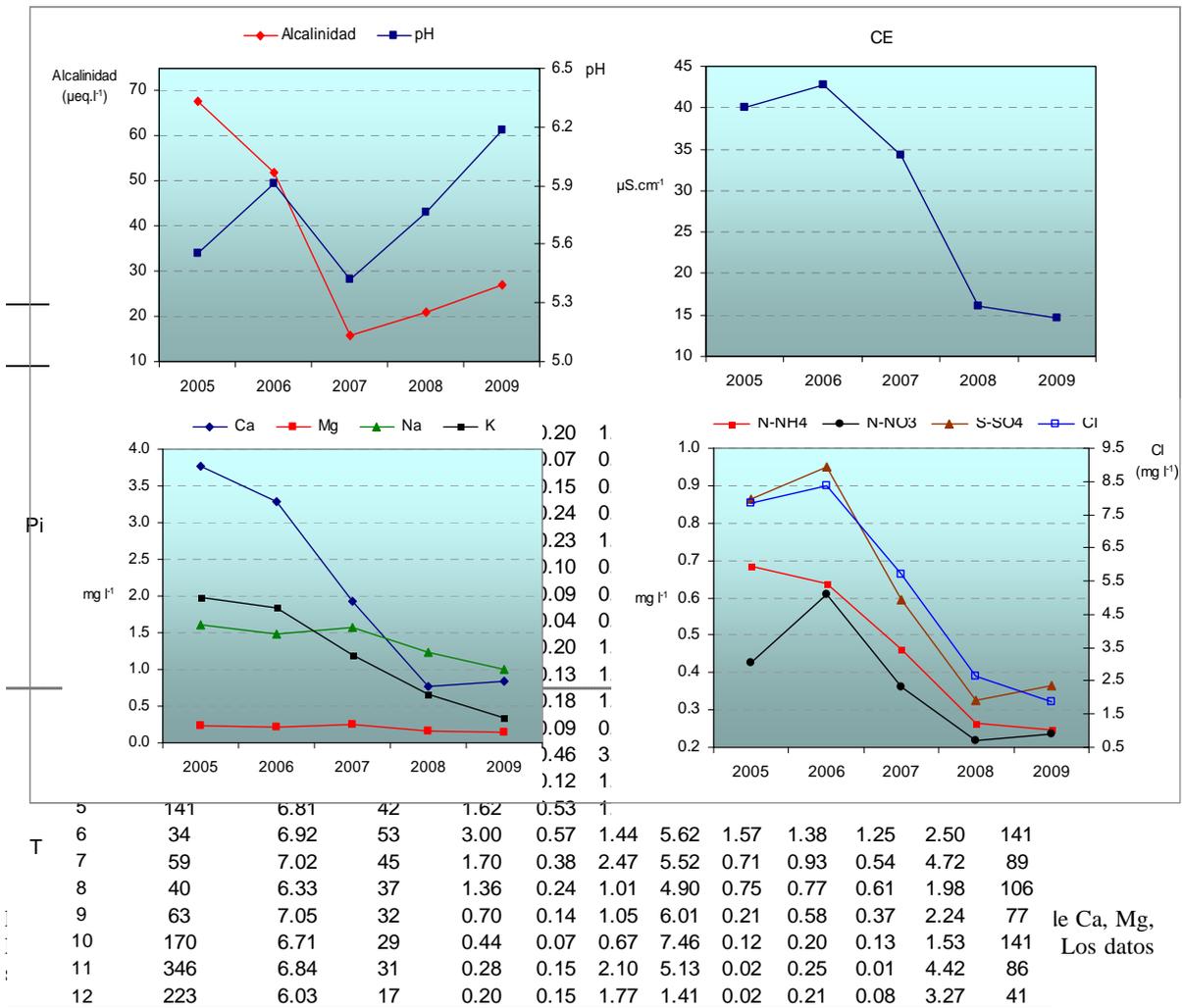
El rango de valores de pH en la precipitación incidente varía entre 5.5 y 6.8, siendo el valor medio de pH ligeramente más ácido en la precipitación incidente (6.2) que en el agua de trascolación (6.4). Se trata por lo tanto de soluciones ligeramente ácidas y neutras debido al predominio de los cationes básicos principalmente de los cationes Na, K y Ca.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un estrecho rango de variación entre $6 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y $30 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, con un valor medio de $15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, algo inferior al del agua de trascolación que presenta una conductividad eléctrica media de $29 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$. Se trata por lo tanto de soluciones con baja carga iónica.

Las concentraciones medias de los iones mayoritarios en el agua de trascolación son ligeramente superiores a las determinadas en la precipitación incidente, a diferencia de lo que ocurre en otras parcelas intensivas de la Red Nacional del Nivel II con especies de coníferas y frondosas perennifolias las cuales presentan mayores diferencias entre las concentraciones medias de iones presentes en la precipitación incidente y en el agua de trascolación. Hay que destacar el catión K ya que es el que presenta mayores diferencias entre ambas concentraciones medias, $0.34 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en la precipitación incidente y $3.84 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea. Lo que puede ser debido a que el K es un nutriente captado por la hoja y fácilmente lixiviado a través de las mismas.

Las concentraciones medias del anión sulfato, de origen principalmente industrial y de los nitratos procedentes principalmente del tráfico rodado son muy bajas y similares entre si, 0.37 y $0.24 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, respectivamente.

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).



Se observa un aumento del valor medio de pH en la precipitación incidente en los dos últimos años estudiados pasando de 5.4 en el año 2007 a 6.2 en el año 2009, correspondiendo a este último año el valor medio más alto de pH. La concentración media más alta de alcalinidad, $68 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ corresponde al año 2005 disminuyendo en los años siguientes de muestreo hasta valores de $16 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2007.

La conductividad eléctrica media disminuye progresivamente a partir del año 2005 pasando de $43 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2006 a $15 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2009. Estos resultados coinciden con el hecho de que la precipitación total anual ha aumentado en los últimos años de muestreo, de 1537 mm en el año 2005 (informe 2005-2008) a 2156 mm en el año 2009, pudiendo influir en una menor concentración iónica del agua de lluvia tal y como se observa en la Fig.7.1 en la que las concentraciones medias de todos los iones estudiados en el agua de lluvia han disminuido en los últimos tres años.

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		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$	
1	307	5.75	12	0.14	0.17	1.46	0.22	0.21	0.16	0.06	3.00	8	
2	226	5.46	6	0.09	0.07	0.54	0.05	0.10	0.17	0.09	1.05	1	
3	124	5.90	13	0.29	0.20	1.72	0.33	0.25	0.28	0.15	2.69	13	
4	315	5.66	9	0.35	0.07	0.48	0.03	0.31	0.18	0.17	0.65	16	
5	170	6.69	16	1.64	0.15	0.61	0.47	0.19	0.37	0.27	0.85	54	
Pi	6	38	6.59	30	3.07	0.24	0.86	0.77	0.53	1.03	0.60	1.71	88
	7	61	6.79	25	1.76	0.23	1.72	0.48	0.28	0.60	0.34	3.09	57
	8	57	6.38	18	1.19	0.10	0.57	0.21	0.50	0.61	0.53	1.95	32
	9	98	6.57	13	0.47	0.09	0.56	0.46	0.30	0.44	0.36	1.02	7
	10	174	6.63	7	0.48	0.04	0.26	0.18	0.21	0.12	0.09	0.51	26
	11	336	5.68	16	0.29	0.20	1.82	0.31	0.03	0.24	0.09	3.44	6
	12	250	6.11	13	0.27	0.13	1.42	0.53	0.07	0.17	0.10	2.29	17
1	318	5.83	14	0.21	0.18	1.69	0.67	0.19	0.22	0.08	3.56	12	
2	228	5.60	7	0.15	0.09	0.73	0.37	0.17	0.13	0.07	1.37	7	
3	93	5.96	32	0.59	0.46	3.75	1.42	0.32	0.50	0.23	6.83	23	
4	293	6.06	14	0.35	0.12	1.01	1.09	0.28	0.23	0.21	1.40	19	
5	141	6.81	42	1.62	0.53	1.28	6.42	1.05	0.73	0.24	1.93	201	
T	6	34	6.92	53	3.00	0.57	1.44	5.62	1.57	1.38	1.25	2.50	141
	7	59	7.02	45	1.70	0.38	2.47	5.52	0.71	0.93	0.54	4.72	89
	8	40	6.33	37	1.36	0.24	1.01	4.90	0.75	0.77	0.61	1.98	106
	9	63	7.05	32	0.70	0.14	1.05	6.01	0.21	0.58	0.37	2.24	77
	10	170	6.71	29	0.44	0.07	0.67	7.46	0.12	0.20	0.13	1.53	141
	11	346	6.84	31	0.28	0.15	2.10	5.13	0.02	0.25	0.01	4.42	86
	12	223	6.03	17	0.20	0.15	1.77	1.41	0.02	0.21	0.08	3.27	41

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 115 Fs en el año 2009.

Solución del suelo:

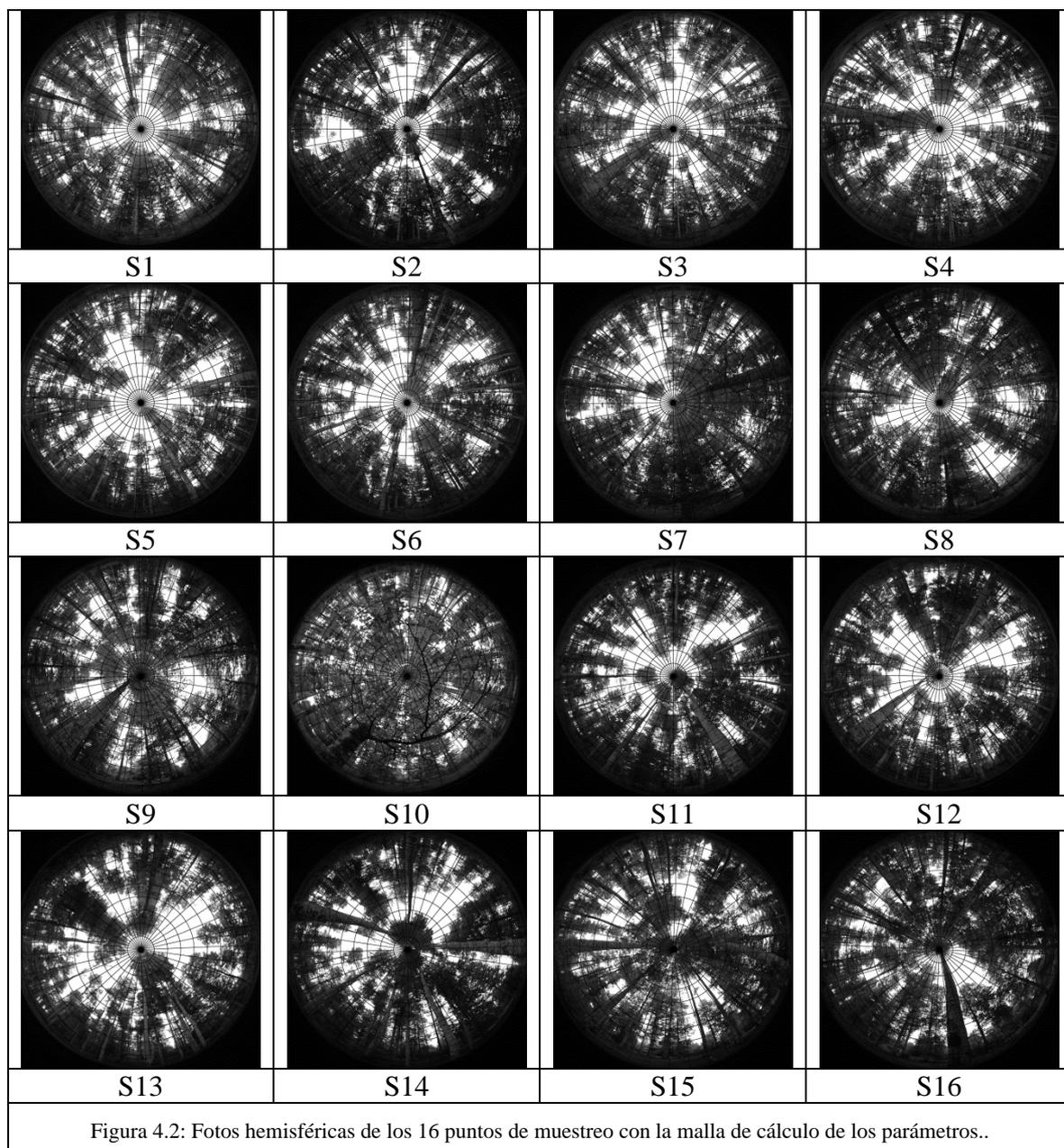
Respecto a la determinación de las concentraciones de iones mayoritarios en la solución del suelo realizada en años anteriores en esta parcela hay que anotar que en el año 2009 no se ha podido obtener muestra suficiente en ningún periodo muestreado para la realización de los análisis de los iones mayoritarios determinados en la deposición atmosférica.

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 4.5mm 1:2.8.

Las fotos se tomaron los días 14 y 15 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 115Fs se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde el 164 a casi el 28% de cielo abierto debido al espaciamiento de los árboles y a 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 alrededor de 2 en algunos sitios, pero también con valores cerca de 1 (claros) en otros, valores bajos para los estándares europeos en *Fagus sylvatica* (más de 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
115	1	99.88	0.12	23.44	1.63	1.39	4.97	4.72	9.70	33.97	22.25	21.95
115	2	99.89	0.11	21.84	1.67	1.50	5.40	4.35	9.75	36.88	27.13	25.97
115	3	99.89	0.11	25.51	1.55	1.34	5.79	5.22	11.01	39.55	17.74	17.16
115	4	99.91	0.09	27.42	1.51	1.30	4.92	5.52	10.44	33.57	20.07	20.20
115	5	99.90	0.10	27.69	1.40	1.28	5.14	5.70	10.83	35.07	29.28	25.53
115	6	99.89	0.11	23.60	1.55	1.41	5.39	4.87	10.26	36.83	24.46	26.32
115	7	99.91	0.09	16.89	1.96	1.77	4.48	3.29	7.77	30.58	21.89	18.20
115	9	99.88	0.12	18.45	1.87	1.70	3.02	3.32	6.34	20.62	23.50	21.20
115	8	99.87	0.13	18.40	1.85	1.68	2.35	3.63	5.98	16.03	25.08	25.79
115	10	99.91	0.09	10.42	2.78	2.39	2.37	1.73	4.11	16.21	29.75	34.25
115	11	99.93	0.07	22.33	1.49	1.47	5.15	4.52	9.66	35.14	33.49	40.59
115	12	99.88	0.12	23.43	1.56	1.45	4.86	4.77	9.62	33.17	37.87	37.27
115	13	99.90	0.10	27.56	1.27	1.23	5.61	5.48	11.10	38.34	32.63	33.88
115	14	99.89	0.11	21.73	1.56	1.52	6.01	4.10	10.12	41.05	29.09	28.77
115	15	99.90	0.10	18.50	1.72	1.73	4.08	3.33	7.41	27.86	39.83	31.86
115	16	99.90	0.10	15.43	2.14	1.83	1.92	2.95	4.87	13.14	27.92	21.56

Total	99.90	0.10	21.42	1.72	1.56	4.47	4.22	8.69	30.50	28.82	29.66
--------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------

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.

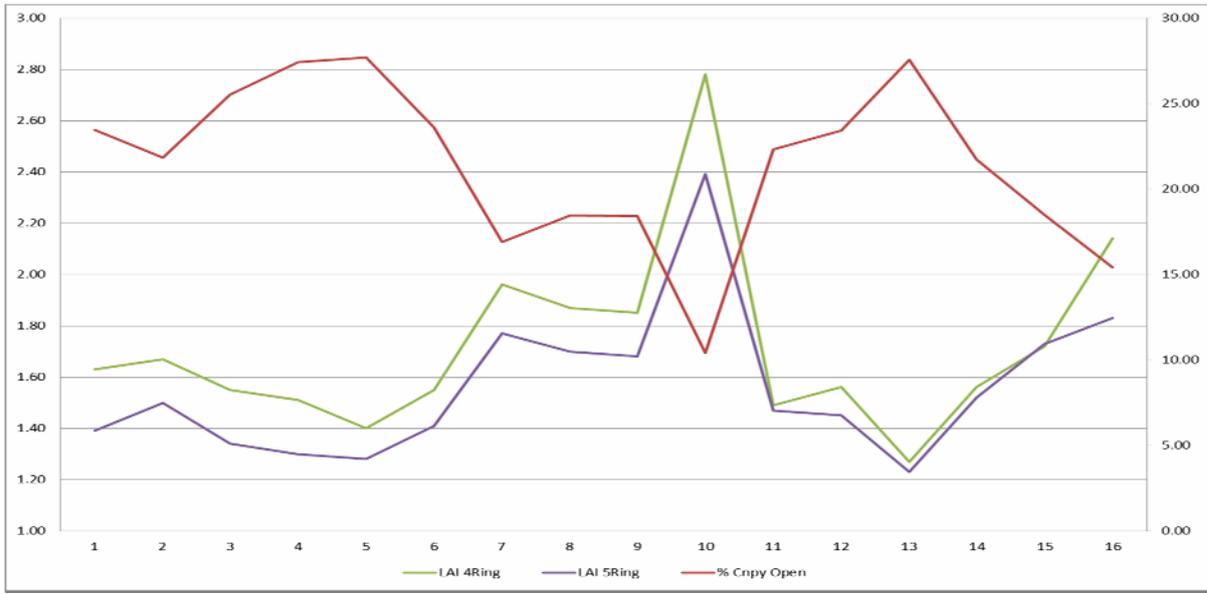
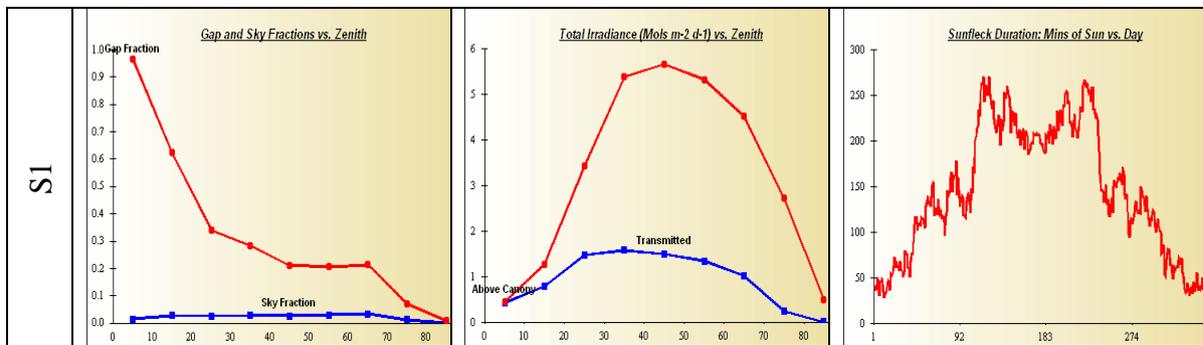
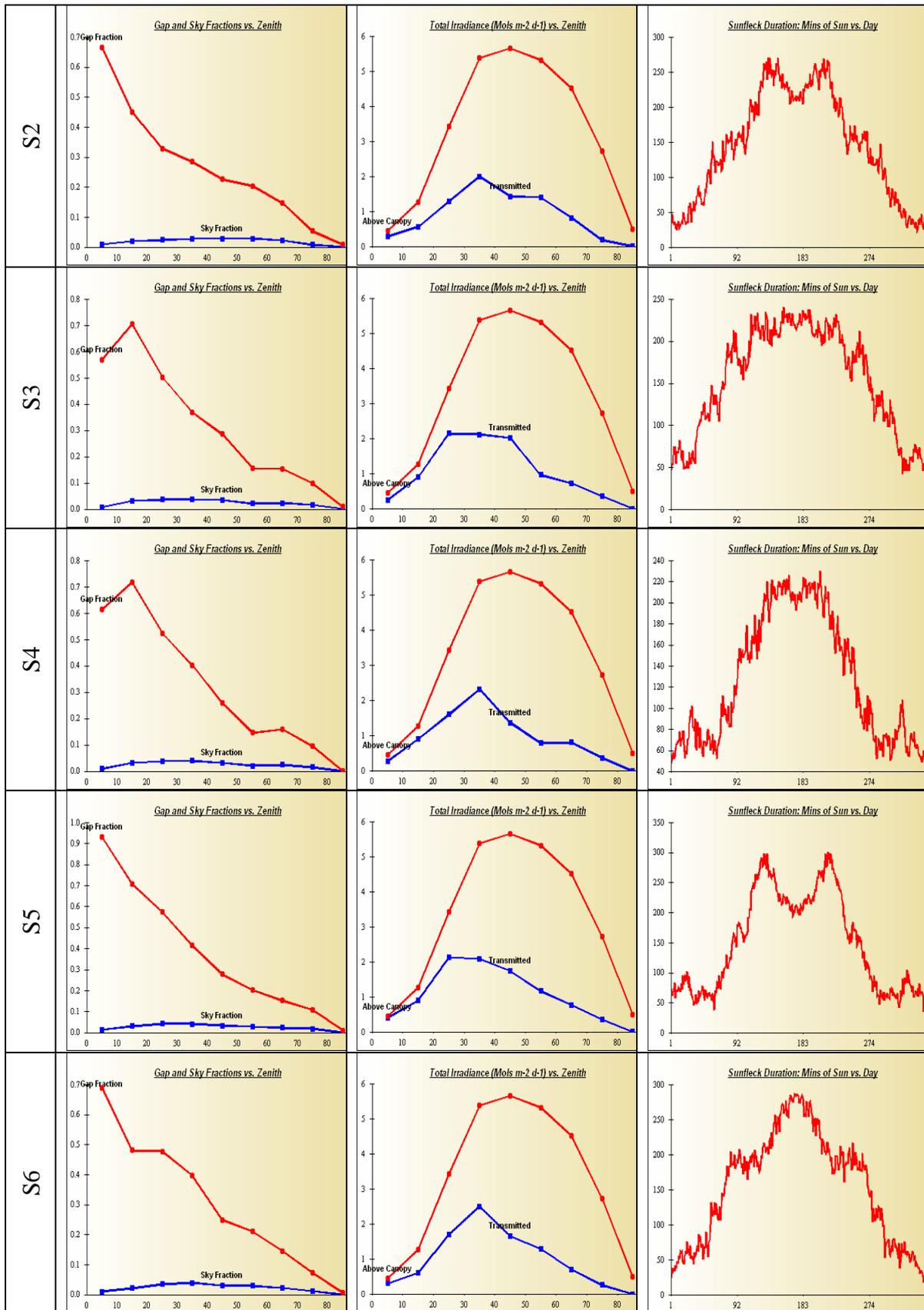


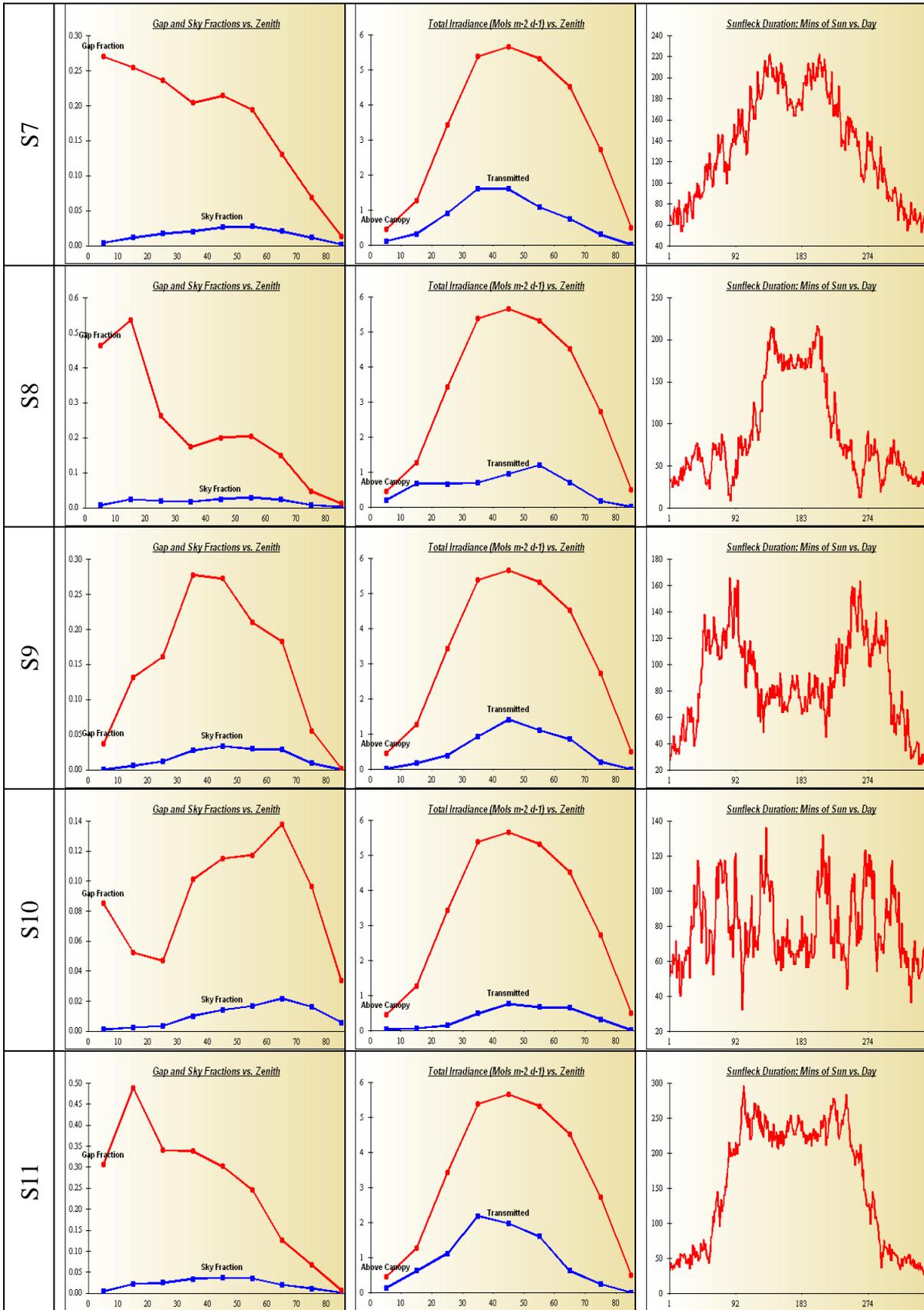
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

En los siguientes gráficos se pueden observar: la zonas de cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías, en el eje x se tiene los grados desde el cenit al azimut da cada punto fotografiado.

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







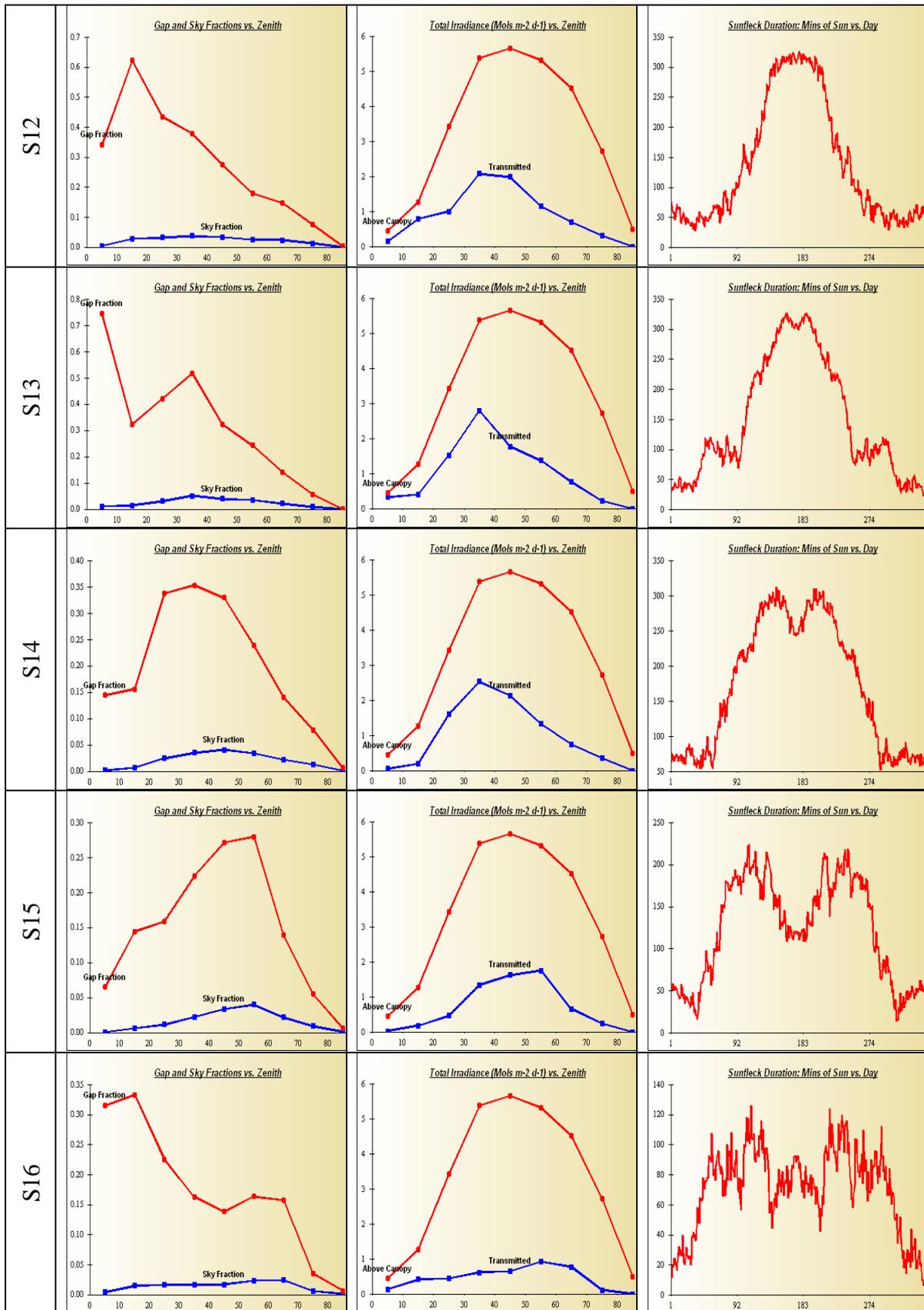


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la Irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 115Fs se llevó a cabo el 14 de octubre 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.

115Fs	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	35
Grupo 4	Poas, Cyperáceas y Juncos	294
Grupo 5	Herbáceas	14
Grupo 6	Matorral caduco	157
Grupo 7	Matorral perenne	1650

Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 115Fs durante el año 2009.

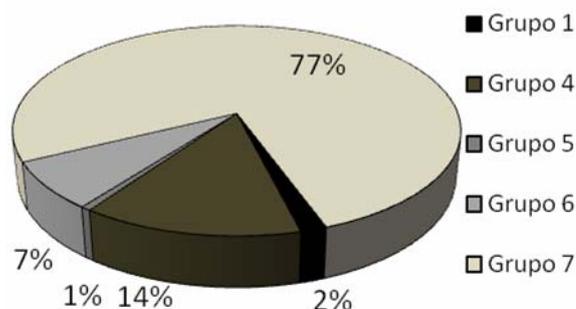


Figura 9.1: Distribución del porcentaje de los grupos de vegetación existentes en la parcela de estudio.

El grupo de vegetación mayoritario, con un 77% sobre el total de la vegetación encontrada, ha sido el perteneciente a matorral perenne, con 1650 kg·ha⁻¹ (Tabla y Figura 9.1). Le sigue el grupo de **poas, ciperáceas y juncos** matorral perenne, con un 14%, y matorral caduco (7%). En el momento de recogida, se encontró una biomasa total no arbórea de 2150 kg·ha⁻¹.

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

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 1075 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de matorral perenne (830 kg·ha⁻¹) y el grupo de **poas, ciperáceas y juncos** (140 kg·ha⁻¹). Los macronutrientes retenidos por la vegetación mayoritariamente han sido N, K y Ca en los grupos 2 y 7 y K en los dos grupos anteriormente citados (Figura 9.3). El total de macronutrientes acumulados por la vegetación estudiada ha sido de 94 kg·ha⁻¹.

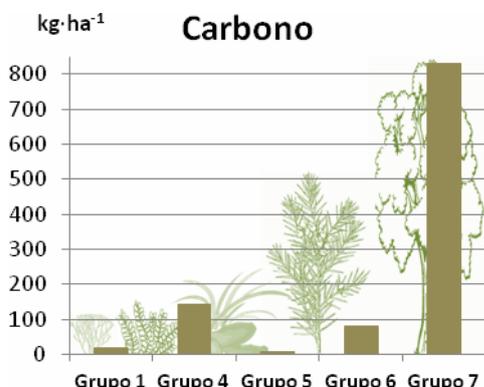


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

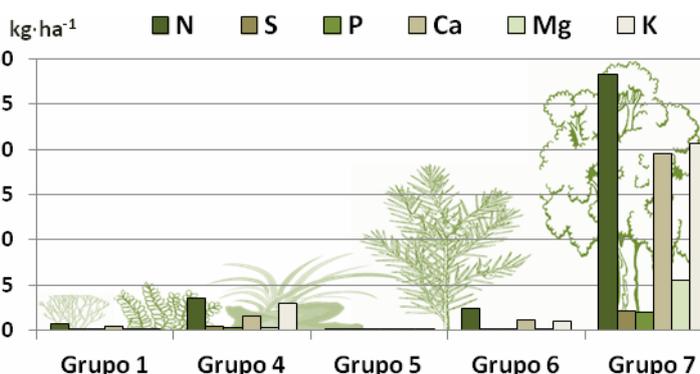


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La litología de la parcela 115Fs es de limolita. El perfil característico de este suelo es un Alisol Háplico (Acrisol Háplico/Luvisol Háplico, O/A_h/B_{tg}/B_{t1}/B_{t2}/C).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl₂ ácido, con valores medios en la capa orgánica de 4.7 y 4.29 en la capa F (fragmentada) y capa H (humificada), respectivamente (Figura 10.1). En la capa mineral, el pH en los 20 primeros centímetros presentan valores medios de 3.91±0.36.

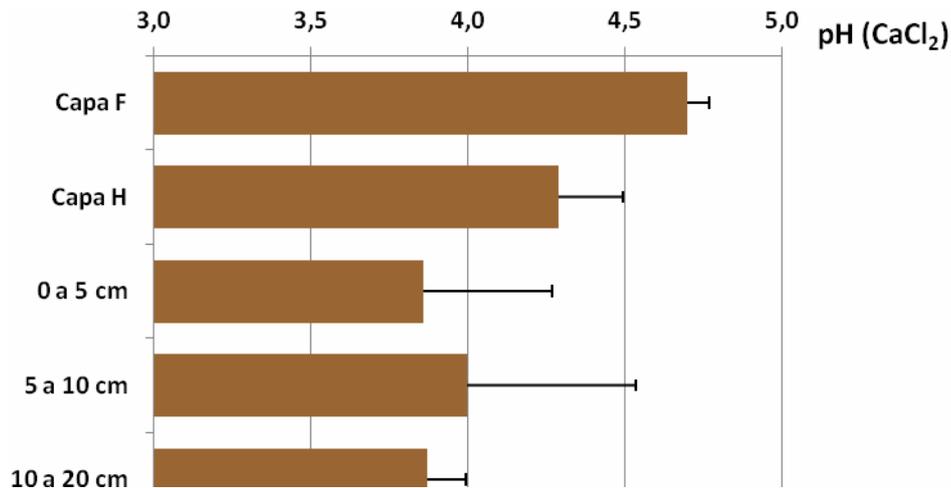


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl₂) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 452±125 y 312±70 g·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 81±35g·kg⁻¹, disminuyendo los contenidos con la profundidad.

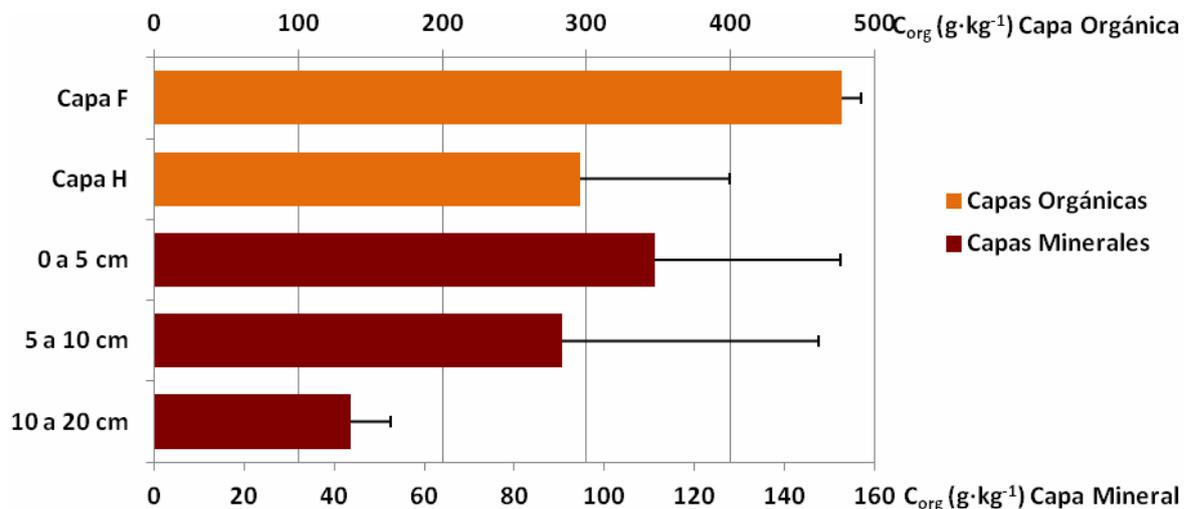


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

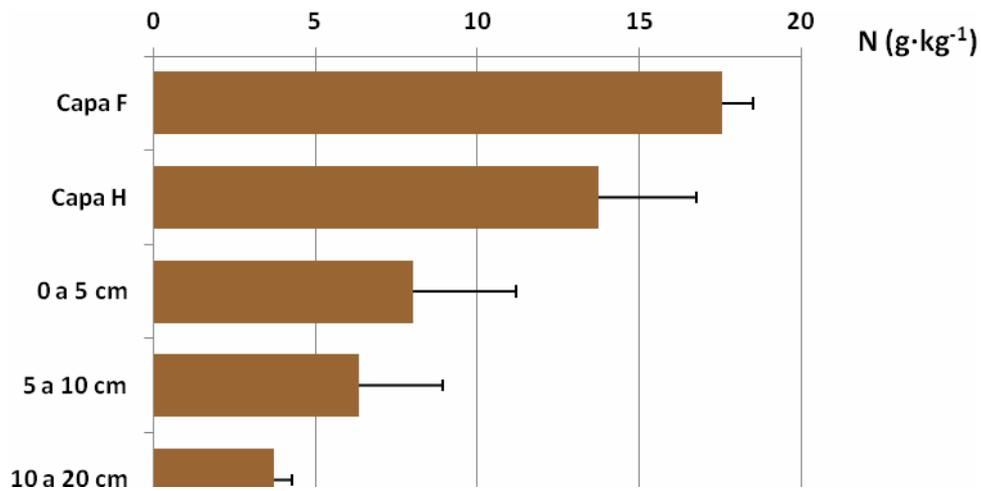


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido muy similares, con valores de 17.6 y $13.8 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han sido de $6.03 \pm 2.10 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, disminuyendo los contenidos de nitrógeno con la profundidad.