

## PARCELA 26 *Quercus ilex* (Jaén)



### 1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 26 de *Quercus ilex* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

#### SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

**Provincia:** Jaén  
**Término Municipal:** Andújar  
**Paraje:** Fuencubierta  
**Coordenadas (GPS)**  
**Latitud:** +38°11'00''  
**Longitud:** -04°05'00''  
**Altitud:** 610 m s.n.m.  
**Orientación:** Oeste  
**Superficie Parcela:** 0,25 hectáreas

#### CARÁCTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

**Especie principal:** *Quercus ilex*  
**Edad media:** 41-60 años  
**Nº árboles de la especie principal:** 30  
**Nº árboles de otras especies:** 0

#### GEOLOGÍA Y SUELOS

**Litología:** Granito  
**Edafología:** Dystric Cambisol/ Gleyc Cambisol/ Dystric leptosos/ Umbric gleysol

#### VEGETACIÓN

Pequeña población de juncos. Encinar adhesionado, con estrato arbustivo poco desarrollado y recomido, tapiz herbáceo de terófitos con roquedos que sirven de refugio a algunas especies vegetales como *Umbilicus rupestris*, *Sedum andegavense* y *Arisarum vulgare*.

## 2. METEOROLOGÍA

El comportamiento meteorológico de los años 2005 a 2009 ha venido marcado por las diferentes precipitaciones, pasando de los 322 mm del año 2005 a los 724 mm del 2008. La falta o disponibilidad de agua marca el comportamiento de la vegetación en la parcela (Tabla 2.1).

Parámetros como las temperaturas media, máxima o mínima así como la radiación o la dirección del viento han tenido un comportamiento muy uniforme en estos cinco años, destacar el incremento de 3 grados en la temperatura media de las máximas y de dos grados de las medias de las mínimas en el 2009.

Año	V viento med	V viento máx	D viento med	T <sup>a</sup> med	T <sup>a</sup> máx	T <sup>a</sup> mín	T <sup>a</sup> med máx	T <sup>a</sup> med min	HR (%)	Rad med	Precip. (mm)
2005	1.7	19.7	156.4	15.8	41.7	-9.4	21.9	10.0	54.8	210.1	322
2006	1.6	17.8	154.8	16.1	38.9	-3.8	21.7	10.9	63.7	194.3	692
2007	1.6	20.5	158.6	15.3	39.4	-1.7	21.2	10.1	60.2	200.1	594
2008	1.7	19.9	169.1	16.0	39.9	-4.0	21.0	10.0	62.2	200.1	724
2009	1.7	21.1	209.0	18.5	38.8	-3.5	24.6	12.9	57.0	210.8	449

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/m<sup>2</sup>) y precipitación anual durante los cinco años de estudio.

## 3. FENOLOGÍA

En las series fenológicas de los diferentes procesos en la parcela 26Qi se puede observar:

- Aparición de la hoja: La época de aparición de la hoja no ha sufrido grandes cambios en estos cinco años, aunque en el año 2005 el periodo de la aparición de la hoja es el mismo, no fue así el tamaño (Figura 3.1).
- Crecimiento secundario: Los crecimientos a finales de verano como consecuencia de las lluvias otoñales se han observado en los años 2007, 2008 y 2009.
- 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 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%), en el año 2009 la caída no ha sido tan intensa como los dos años anteriores.
- 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 del 10%), en el otoño del 2007 la decoloración va aumentando y se estabiliza en los años 2008 y 2009.
- N° de metidas o años en las acículas de los árboles: En general el número de años de las acículas en los árboles de la parcela se ha mantenido en 3, pasando a 4 años cuando aparece la nueva acícula, pero que vuelve a pasar a 3 años enseguida al perder la acícula vieja.
- Floración: Periodo más amplio en el 2007 y casi inexistente en el 2006 como consecuencia de la poca lluvia del año 2005.

–Fructificación: Mayor porcentaje de fructificación antes del periodo seco del 2005 y en el 2008.

### **Estudio sanitario de la parcela**

En la parcela 26Qi han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2009:

- Defoliadores: Aparecen daños ligeros de algún defoliador sobre el crecimiento de 2005, 2008 y 2009, así como en los crecimientos “Sanjuaneros”.
- *Dryomya linchtensteini*: Sobre algunos pies de la parcela se observan todos los años (2005 a 2009) daños ligeros de este insecto.
- Heridas de Poda: Algunos pies tienen viejas heridas producidas por podas abusivas en el pasado. Estas heridas llevan asociadas ligeras Pudriciones. A partir de 2008 se considera que estas heridas ya están cicatrizadas.
- *Plagiotrochus quecusilicis*: En primavera de 2008 y 2009 se observan agallas rojas tanto en hojas como en los amentos florales, produciendo daños leves generalizadamente.
- *Taphrina kruchii*: Sobre las copas de algunos pies se observan varias “Escobas de Bruja”.
- *Coroebus florentinus*: En algún pie aparecen ramas secas como consecuencia de la alimentación de las larvas de estos insectos en 2006.
- *Tortrix viridiana*: En 2007 se detectan daños moderados de forma generalizada sobre el brote nuevo.



Parcela 26 Qi Principales fases fenológicas 2005-2009

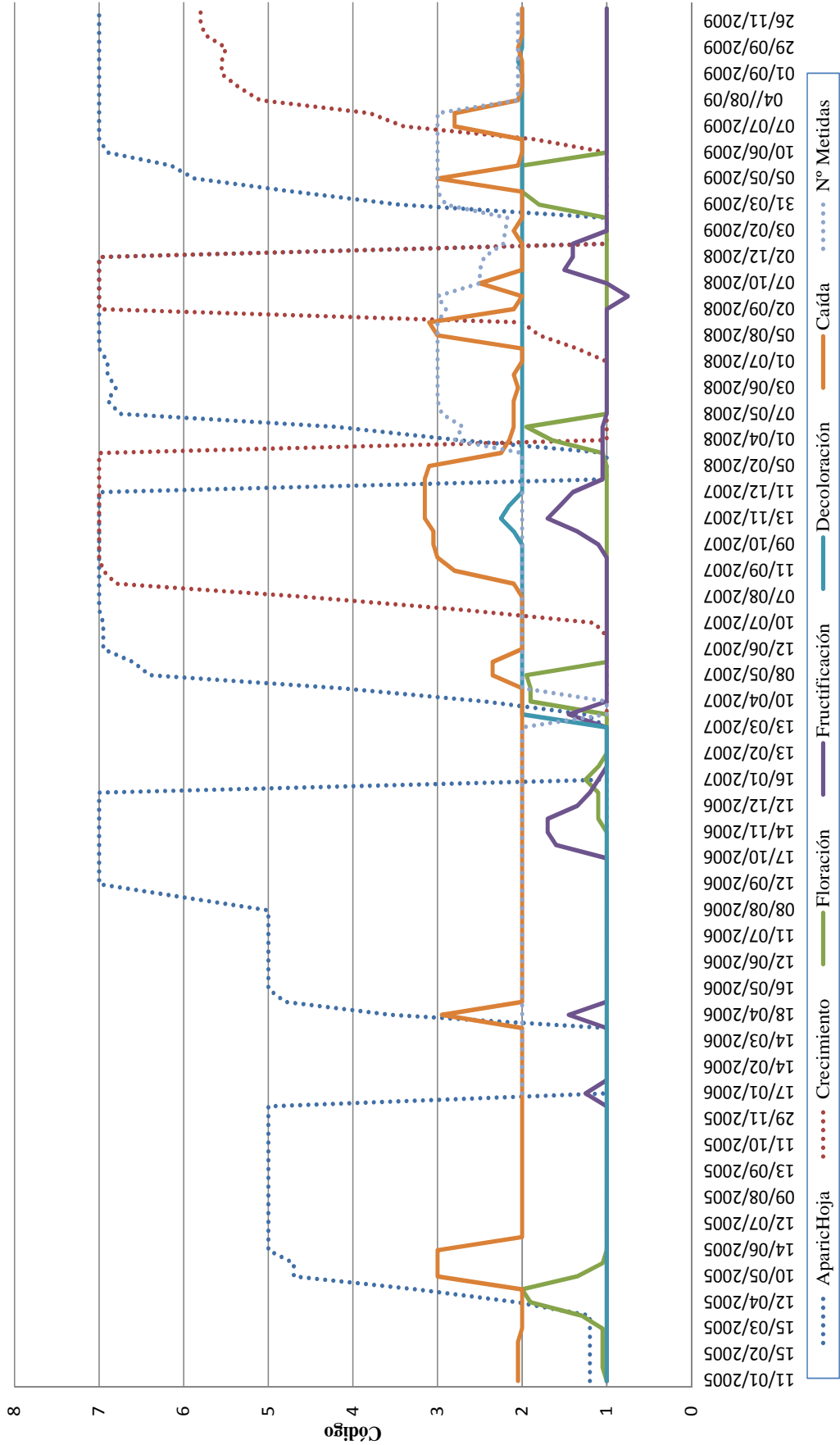


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de medidas) durante el periodo de estudio.

## 4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela de 26 Qi fue negativo en el año 2006 por muerte de algún árbol en la parcela, en el año 2007 creció un 12%, porcentaje muy bueno en una masa de *Quercus ilex* 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 <sup>3</sup> )	Crecimiento (%)
2005	24,77	7,55	3,12	
2006	24,80	7,55	2,95	-5.54
2007	26,03	7,60	3,31	12.08
2008	26,38	7,60	3,39	2.49
2009	26.62	7.60	3.44	1.47

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.

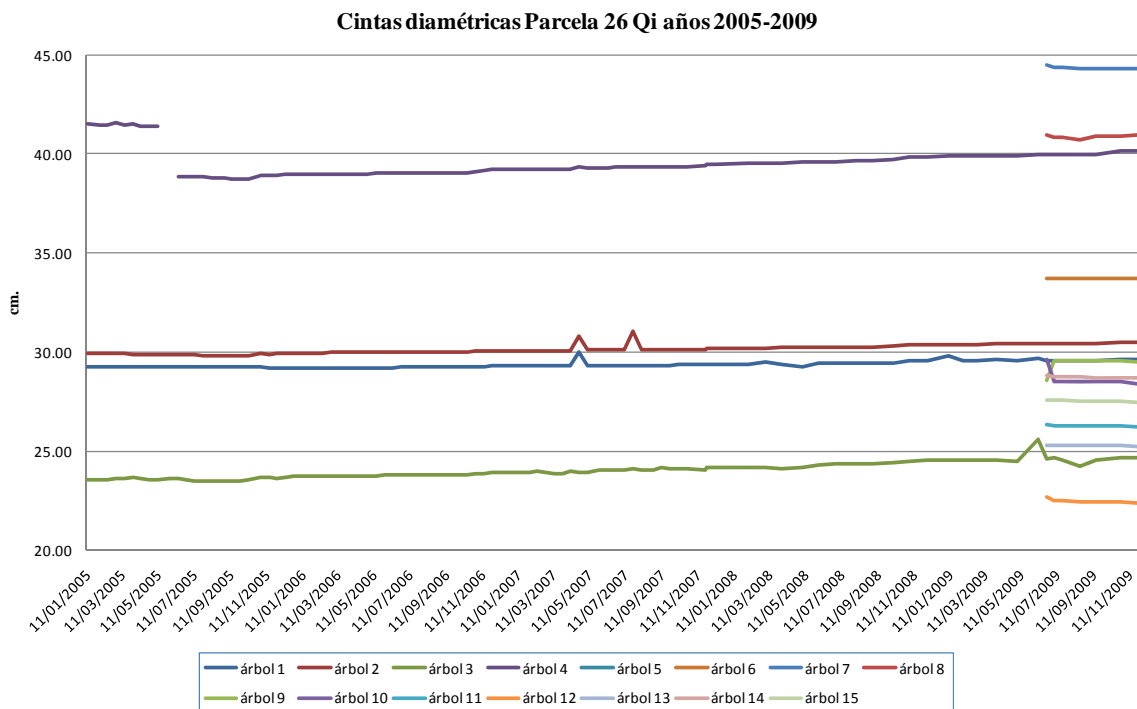


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los quince árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

Fi

## 5. DESFRONDE

La parcela 26 de *Quercus ilex* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 3575 kg·ha<sup>-1</sup> en el desfronde total (Figura 5.1). Los pesos del desfronde en el año 2009 han sido superiores a los obtenidos en años anteriores, que han oscilado entre 1940 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> en el año 2006 y 3443 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> en el año 2007.

Los aportes mayoritarios del desfronde han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales medios del 50%, seguida de la fracción otros, con un 28%, y de la fracción ramas, con un 22% (Figura 5.2).

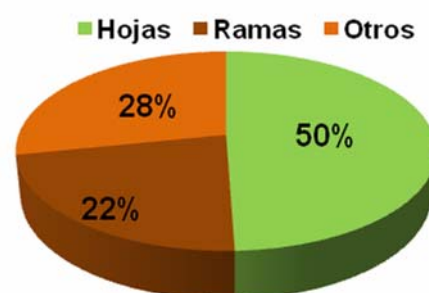
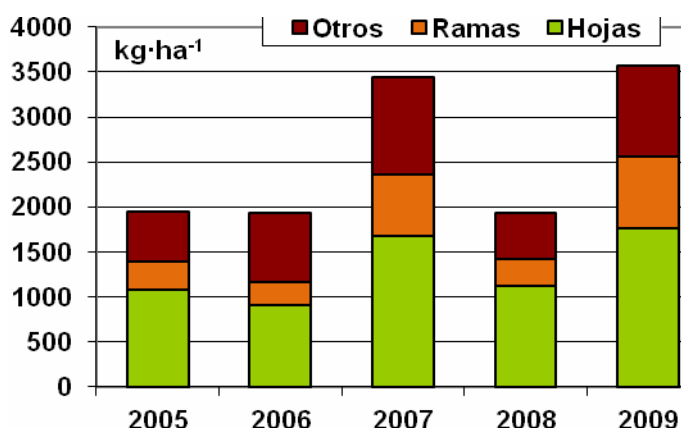


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

Figura 5.2: Distribución del porcentaje medio anual de las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) respecto del desfronde total del 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, como en años anteriores, a los meses comprendidos entre marzo y junio; los aportes máximos han correspondido al mes de abril con un total de 664 kg·ha<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup>. Los meses con menor aporte de nutrientes al suelo han sido los enero y febrero, con 49 y 47 kg·ha<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup>, respectivamente.

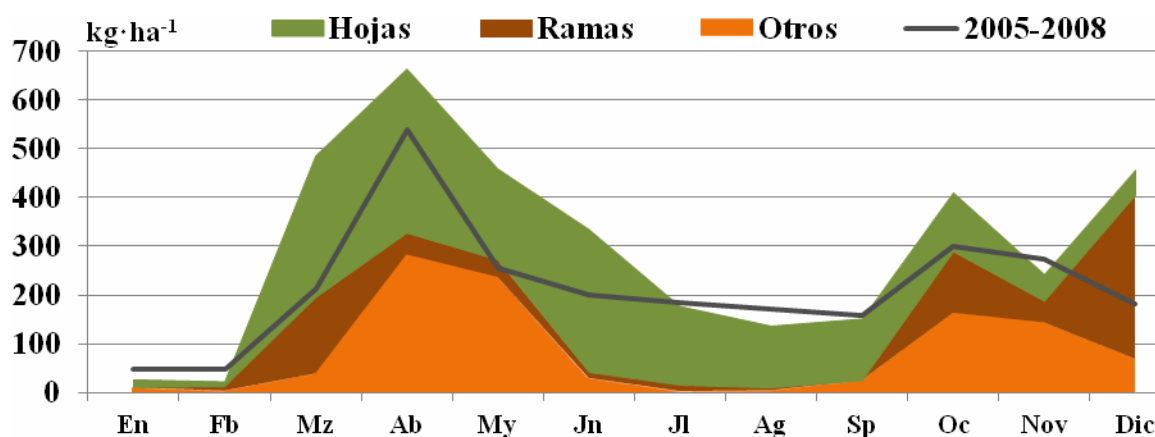


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup>) según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

Igual que en años anteriores, los valores máximos en la fracción hoja han correspondido a los meses comprendidos entre marzo y abril, con máximos de producción que han variado entre 186 y 336 kg·ha<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup>. La fracción otros ha alcanzado máximos en los meses de abril y mayo, con 284 y 238 g·kg<sup>-1</sup> mes<sup>-1</sup>. Se ha adelantado este año la caída respecto a la media de años anteriores, donde producciones superiores en la fracción otros habían sido registradas en el mes de abril.

La fracción ramas tiene repartida su caída, con máximos alcanzados en el mes de diciembre, marzo y octubre con 337, 158 y 127 kg·kg<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup>, respectivamente.

26Qi	Fracción	g·kg <sup>-1</sup> (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	52.07	9.73	0.88	0.54	20.05	0.98	2.51
	Otros	48.09	20.91	1.50	1.51	11.16	1.20	2.83
	Ramas	50.49	6.64	0.51	0.59	7.69	0.88	2.66
Febrero	Hojas	52.07	9.73	0.88	0.54	20.05	0.98	2.51
	Otros	48.09	20.91	1.50	1.51	11.16	1.20	2.83
	Ramas	50.49	6.64	0.51	0.59	7.69	0.88	2.66
Marzo	Hojas	52.07	9.73	0.88	0.54	20.05	0.98	2.51
	Otros	48.09	20.91	1.50	1.51	11.16	1.20	2.83
	Ramas	50.49	6.64	0.51	0.59	7.69	0.88	2.66
Abril	Hojas	52.28	16.26	1.14	0.62	7.61	0.89	2.86
	Otros	50.82	16.65	1.34	1.21	5.81	1.45	9.58
	Ramas	50.44	6.60	0.54	0.92	17.25	1.26	4.98
Mayo	Hojas	51.96	8.18	0.75	0.61	11.11	1.03	2.83
	Otros	50.86	15.64	1.25	1.11	6.77	1.33	8.01
	Ramas	50.44	6.60	0.54	0.92	17.25	1.26	4.98
Junio	Hojas	51.81	7.96	0.80	0.52	8.55	0.92	2.94
	Otros	50.79	17.20	1.44	1.09	6.58	1.17	5.90
	Ramas	50.44	6.60	0.54	0.92	17.25	1.26	4.98
Julio	Hojas	51.64	8.46	0.88	0.74	8.83	1.04	4.38
	Otros	50.79	17.20	1.44	1.09	6.58	1.17	5.90
	Ramas	50.44	6.60	0.54	0.92	17.25	1.26	4.98
Agosto	Hojas	51.22	9.38	0.95	0.68	9.18	1.10	4.13
	Otros	50.79	17.20	1.44	1.09	6.58	1.17	5.90
	Ramas	50.44	6.60	0.54	0.92	17.25	1.26	4.98
Septiembre	Hojas	51.59	8.44	0.81	1.16	26.18	1.05	1.92
	Otros	50.79	17.20	1.44	1.09	6.58	1.17	5.90
	Ramas	50.44	6.60	0.54	0.92	17.25	1.26	4.98
Octubre	Hojas	51.85	7.63	0.97	0.59	9.91	0.93	3.43
	Otros	49.86	7.50	1.21	0.68	2.51	0.71	6.50
	Ramas	49.86	5.87	0.52	0.79	18.54	1.06	4.31
Noviembre	Hojas	51.92	8.32	0.60	0.50	8.52	0.73	2.79
	Otros	49.96	5.88	0.80	0.66	3.30	0.99	7.62
	Ramas	49.86	5.87	0.52	0.79	18.54	1.06	4.31
Diciembre	Hojas	51.73	11.22	0.77	0.45	6.28	0.68	1.57
	Otros	49.61	8.15	1.12	0.36	26.91	1.02	0.90
	Ramas	49.99	13.63	0.51	1.02	4.73	1.01	6.19

Tabla 5.1. Contenidos mensuales de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio (g·kg<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup> a 105°C) de las fracciones de desfronde (hojas-ramas-otros) en la parcela 26Qi durante el año 2009.



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.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de  $51.85 \pm 0.28$ ,  $49.88 \pm 1.16$  y  $50.32 \pm 0.25$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de  $9.59 \pm 3.234$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , con concentraciones mayores en el mes de abril ( $16.25$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). En esta misma fracción, también se ha encontrado similar tendencia en los contenidos de azufre, con concentraciones medias de  $0.86 \pm 0.13$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ . Concentraciones superiores se han encontrado en el magnesio foliar, en fósforo ( $1.16$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ), calcio ( $26.18$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) y magnesio ( $1.05$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ) durante el mes de septiembre.

En la fracción otros, en los meses de invierno se han obtenido concentraciones superiores al resto del año de nitrógeno, azufre, fósforo y calcio ( $20.91$ ,  $1.50$ ,  $1.51$  y  $26.91$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , respectivamente).

En la fracción ramas, en el mes de diciembre, se han obtenido concentraciones superiores al resto del año de nitrógeno, fósforo y potasio ( $13.63$ ,  $1.02$  y  $6.19$   $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , respectivamente).

En total, la parcela 26Qi ha aportado  $1819$   $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  de carbono con el desfronde al suelo, valores superiores a los obtenidos en años anteriores, con valores comprendidos entre  $977$   $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  en el año 2006 y  $1730$   $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  en el año 2007.

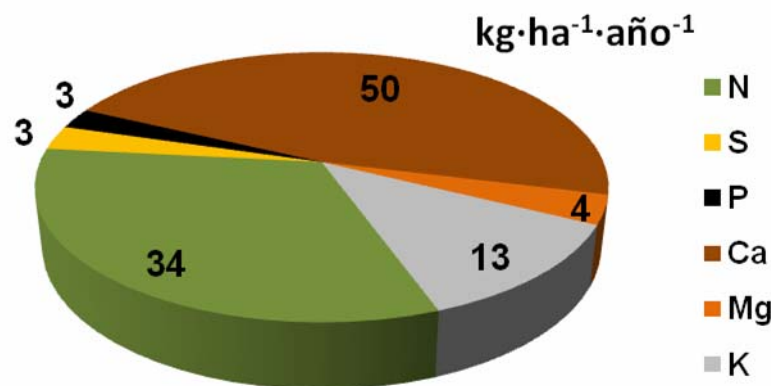


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en  $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$  a  $105^\circ\text{C}$ ) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 26Qi.

El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de  $107$   $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . En años anteriores, los rangos de variación habían oscilado entre  $51$  y  $98$   $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ . Los mayores aportes al suelo durante este año han correspondido a calcio ( $50$   $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ ) seguido de nitrógeno ( $34$   $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ ).

## 6. NUTRICIÓN FOLIAR

Los resultados del peso de 100 hojas y los contenidos foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio), así como el contenido de carbono en hoja de la especie *Quercus ilex* 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 hojas 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 100 hojas	C	N	S	P	Ca	Mg	K
	(g)							
2008	9.30	51.59	13.75	1.31	0.85	9.55	1.28	3.43
2009	5.32	51.83	14.25	1.32	0.95	8.30	1.48	3.84

Tabla 6.1: Contenidos foliares (mg.g<sup>-1</sup>) 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.

El orden en que se presentan los nutrientes según su contenido en las hojas del año en curso es el siguiente: N>Ca>K>Mg>S>P, el mismo que presenta las hojas del brote del año anterior, a excepción del Mg cuyo contenido es ligeramente inferior al contenido de S.

Los contenidos de N, P, Mg y K son más altos en las hojas correspondientes al año en curso, mientras que el contenido de Ca es más elevado en las hojas del brote del año anterior, lo que indica una acumulación de un nutriente poco móvil como el Ca frente a nutrientes de mayor movilidad como el Mg y K, los cuales se van a movilizar durante el proceso de retraslocación, disminuyendo por lo tanto sus contenidos en las hojas del año anterior. Los contenidos de S y C son muy similares en ambos brotes.

Las hojas correspondientes al brote del año 2008 presentan mayor desarrollo de la masa foliar que las del año 2009 lo que refleja la influencia de la pluviosidad ya que en el año 2008 la precipitación total anual en esta parcela ha sido más elevada (724 mm, Informe 2005-2008) que la precipitación total en el año 2009 (498 mm).

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes de la especie *Q. ilex* en la parcela de estudio se representan los resultados obtenidos desde el año 2004 hasta el año 2009 (Figuras 6.1 y 6.2). No se presentan resultados de las hojas del brote del año 2006 debido a que no se obtuvo muestra suficiente para el análisis.

Si observamos la variación del contenido foliar de C y del peso de 100 hojas en estos años de estudio (Figura 6.1), el peso de 100 hojas en el año 2009 desciende respecto a los años anteriores presentando en este año un valor medio muy similar al de las hojas correspondientes al año 2005 (5.54 g). Este resultado coincide con el hecho de que el año 2005 y el año 2009 son los años que presentan la precipitación total anual más baja: 322 y 428 mm respectivamente (Informe 2005-2008) lo que parece haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

El contenido foliar de C aumenta de forma progresiva desde el año 2005, alcanzando en el año 2009 un valor medio similar al obtenido en el año 2004 (51.93 %), año que presenta el contenido más elevado.

Los contenidos foliares de N en los periodos muestreados presentan un rango de variación entre 13.8 mg.g<sup>-1</sup> y 14.3 mg.g<sup>-1</sup> correspondiendo los contenidos más altos a los brotes del año 2005 y los más bajos a los del año 2008. Los contenidos de Ca presentan un rango de variación más amplio (6.02 - 9.55 mg.g<sup>-1</sup>), presentando los contenidos más elevados

en las hojas del brote del año 2008. El resto de contenidos foliares de nutrientes varían muy poco entre los periodos muestreados.

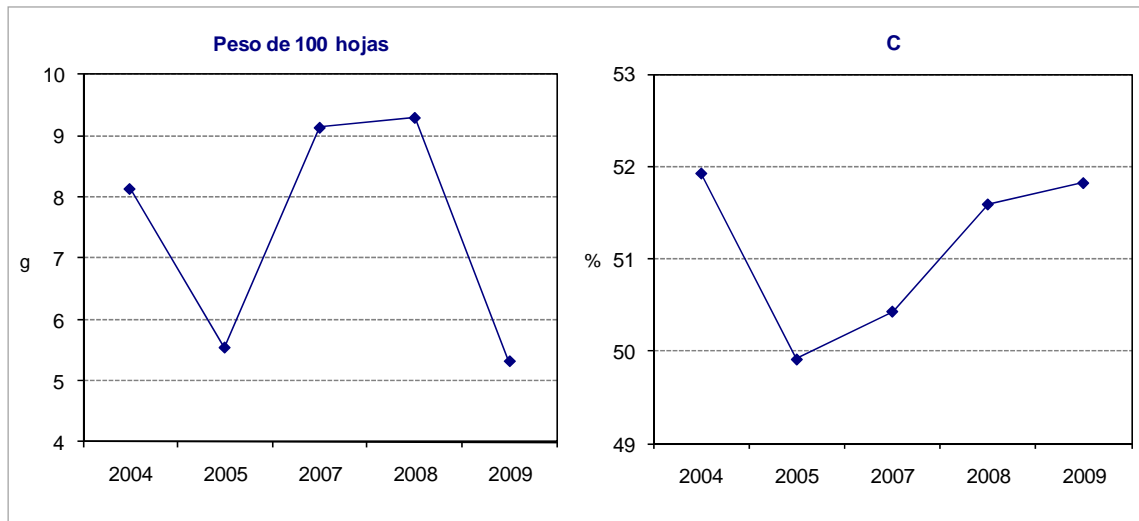


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 100 hojas (g) de la especie *Q. ilex* en el año 2009. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

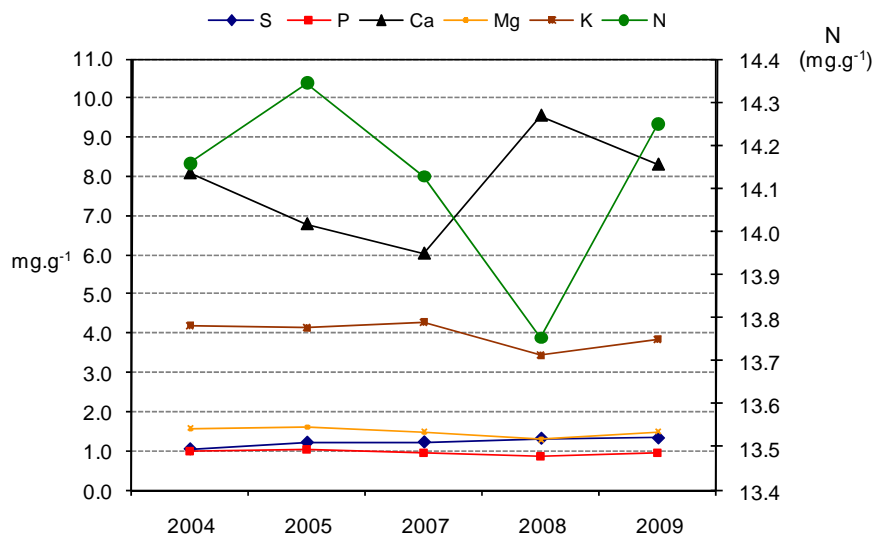


Figura 6.2: Contenidos foliares ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *Q. ilex* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C

### 6.1. Comparación de contenidos foliares entre parcelas de *Q. ilex* de la Red de Nivel II

Para estudiar la variabilidad espacial comparamos los contenidos medios foliares de nutrientes (fig. 6.1.1) así como el contenido de carbono y peso medio de 100 hojas (fig. 6.1.2) de la parcela 26 con 11 parcelas pertenecientes a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II: parcela 1 (Santander), parcela 6 (Castellón), parcela 7 (Cáceres), parcela 12 (Badajoz), parcela 16 (Sevilla), parcela 18 (Barcelona), parcela 28 (Granada), parcela 32 (Burgos), parcela 35 (Zamora), parcela 40 (P. Mallorca) y parcela 49 (Toledo).

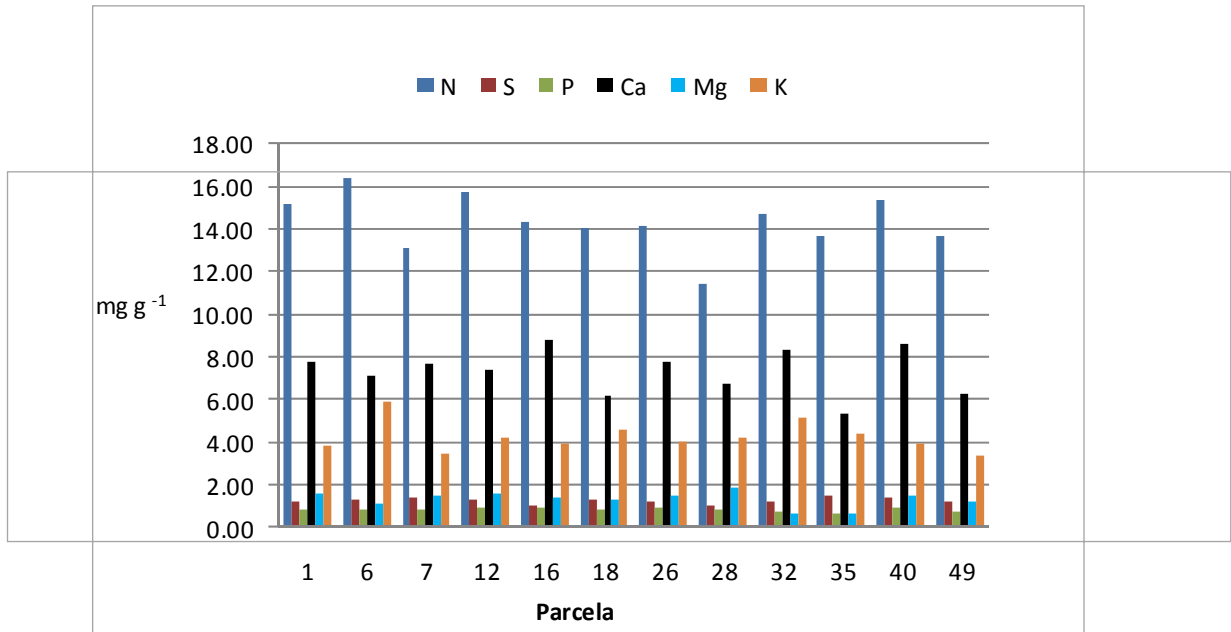


Figura 6.1.1: Contenidos medios foliares ( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ ) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio y magnesio en doce parcelas de *Quercus ilex* de la red nacional de Nivel II. Los datos de todas las parcelas son medias de 4 años muestreados (2004-2007) a excepción de la parcela 26 que son medias de 6 años muestreados (2004-2009).

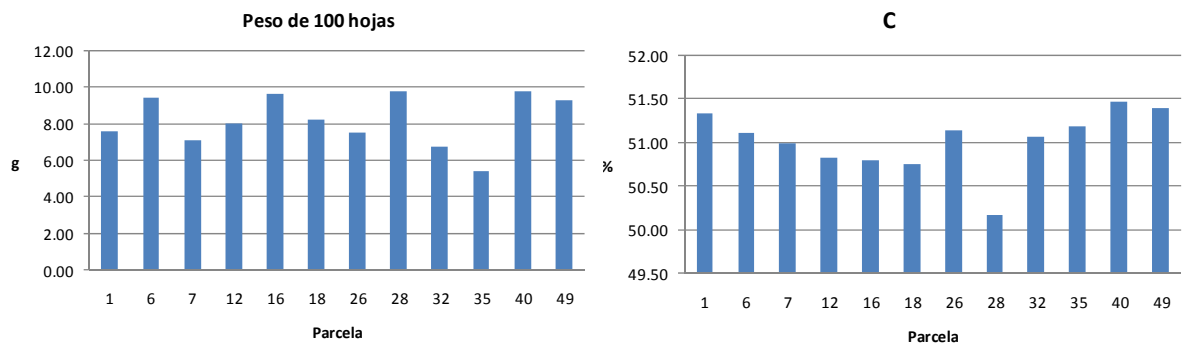


Figura 6.1.2: Contenido medio de C (%) y peso de 100 hojas (g) en doce parcelas de *Quercus ilex* de la red nacional de Nivel II. El peso de 100 hojas es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela.

Los contenidos medios foliares más altos de N y K han correspondido a la parcela 6 situada en Castellón mientras que los contenidos medios foliares más bajos de N y S han correspondido a la parcela 35 situada en Granada presentando dicha parcela el peso medio foliar más elevado (9.8 g). El resto de los contenidos medios foliares presentan muy poca variación entre las doce parcelas de *Q. ilex* estudiadas. El contenido medio carbono foliar presenta un estrecho rango de variación (50.17 – 51.48 %).

## 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  $25^\circ\text{C}$ ), pH, Ca, Mg, Na, K, Cl, N- $\text{NO}_3$ , S- $\text{SO}_4$ , N- $\text{NH}_4$  y alcalinidad (alk), elementos mayoritarios presentes en el agua de precipitación analizados en la parcela 26 de *Quercus ilex* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		449	498

Año		c $25^\circ\text{C}$ $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	pH	K	Na	Ca	Mg	N- $\text{NH}_4$	N- $\text{NO}_3$	S- $\text{SO}_4$	Cl	alk $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
		$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$										
2009	T	61 (19-183)	6.46 (5.90-7.05)	11.66 (1.59-39.60)	1.43 (0.51-3.21)	4.38 (0.93-12.06)	0.96 (0.16-2.70)	0.26 (0.08-0.56)	0.49 (0.09-2.00)	0.35 (0.16-0.78)	3.01 (0.96-5.11)	301 (20-1020)
n=10	Pi	23 (8-76)	6.35 (5.24-7.40)	1.19 (0.20-5.82)	1.01 (0.28-2.41)	1.87 (0.29-8.58)	0.21 (0.07-0.79)	0.38 (0.06-0.67)	0.25 (0.01-0.84)	0.49 (0.15-1.96)	2.06 (0.33-4.38)	82 (1-431)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 26 de *Q.ilex* 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- $\text{NH}_4$ , N- $\text{NO}_3$ , S- $\text{SO}_4$ , 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 amplio rango de pH con valores comprendidos entre 5.24 y 7.40 y un valor medio de 6.35, similar al valor medio presentado en el agua de trascolación (6.46). Se trata por lo tanto de soluciones ligeramente ácidas a neutras.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un rango de variación entre  $8\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  y  $76\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , y un valor medio bajo ( $23\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) inferior al valor medio presentado en el agua de trascolación ( $61\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia, a excepción del amonio y los sulfatos, aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea. Tanto el agua de deposición a cielo abierto como el agua de trascolación son soluciones de baja carga iónica.

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 ( $0.49\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), de origen principalmente industrial es mayor que la concentración media de los nitratos ( $0.25\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) procedentes principalmente del tráfico rodado, no presentando en ambos casos concentraciones medias elevadas.

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 y los sulfatos son los elementos que menos varían 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 K en la precipitación incidente ( $1.19\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y la presentada en el agua de trascolación ( $11.66\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ).

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).

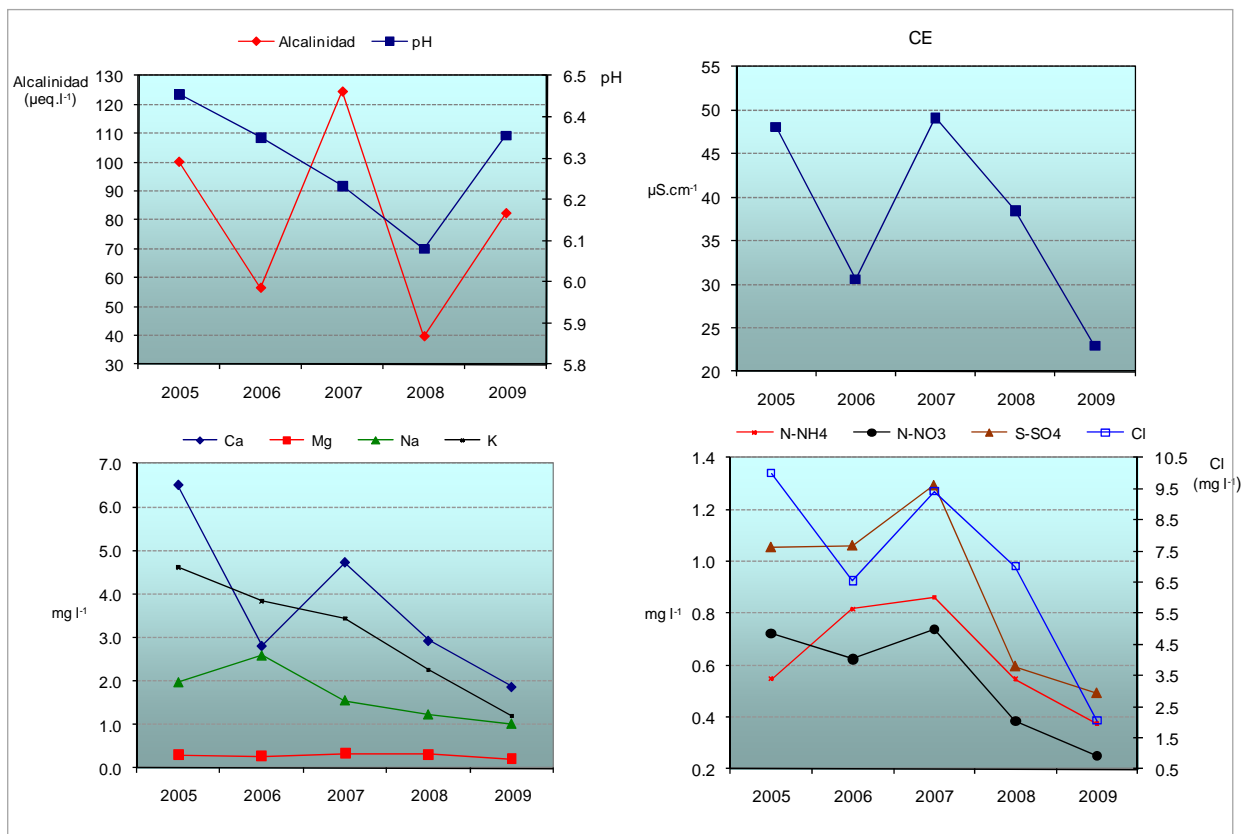


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE,  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), alcalinidad ( $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y concentración media ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) de Ca, Mg, Na, K, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub> y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los datos son medias de los periodos muestreados en cada año.

El valor medio de pH en el año 2009 aumenta respecto al año anterior pasando de un valor de 6.1 en el año 2008 a 6.4 en el año 2009. La misma tendencia es observada en la concentración media de la alcalinidad, ya que va ser un parámetro directamente relacionado con el pH y varía de una concentración media de  $40 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2008 a  $82 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2009.

Hay que destacar una disminución progresiva de la conductividad eléctrica media a lo largo de los últimos tres años de muestreo pasando de  $49 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en el año 2007 a  $23 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  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 a partir del año 2007, presentando las concentraciones medias más bajas en el año 2009.

Hay que destacar la disminución 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  $0.74 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2007 a  $0.25 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en 2009 y la de sulfatos de una concentración media de  $1.29 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2007 a  $0.49 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  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<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub>, 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 11 periodos mensuales (P) muestreados en el año 2009. Se presentan los datos en los que la precipitación mensual ha sido superior a 2 mm.

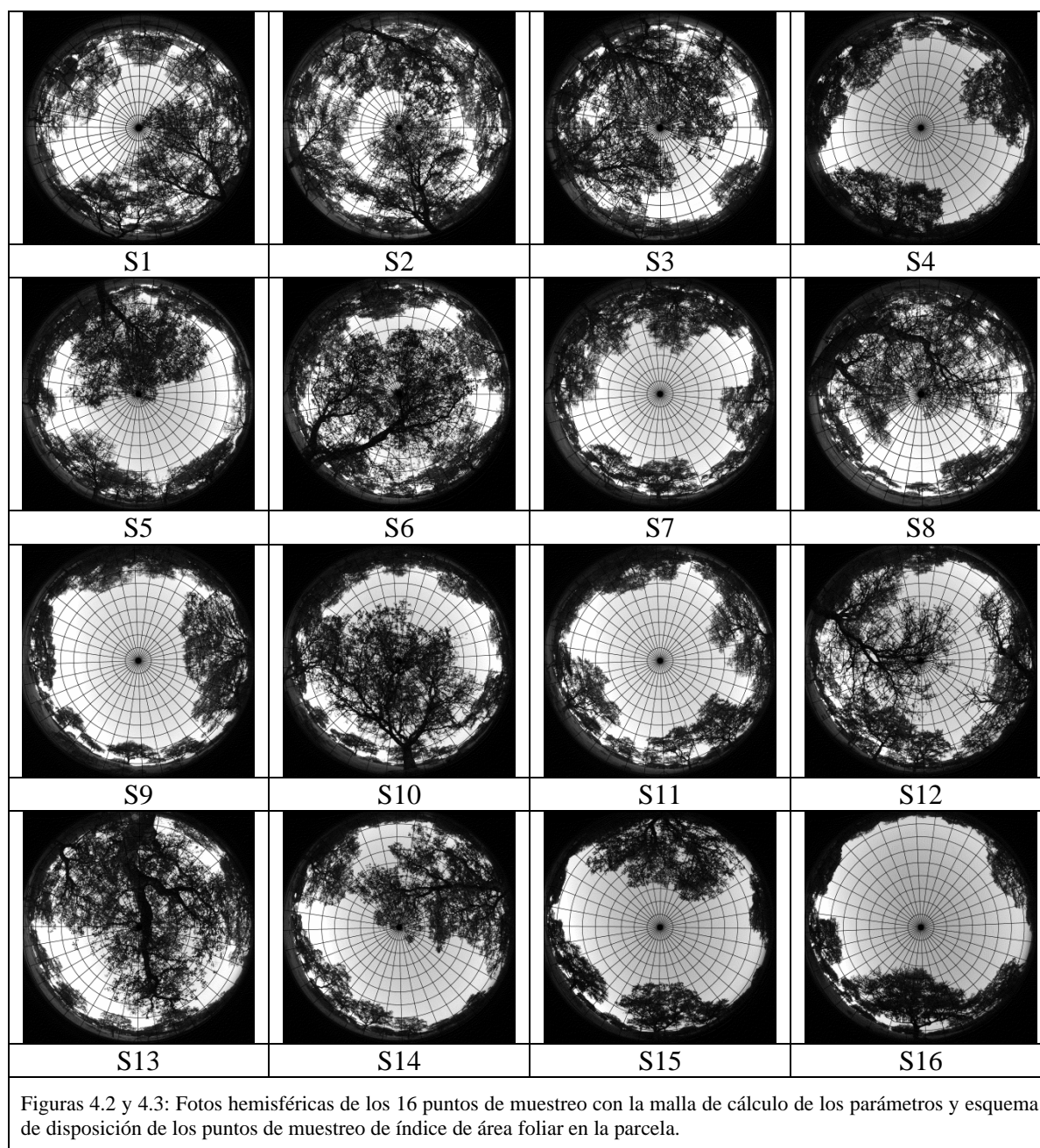
P	cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	Cl	alk		
	mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$	
Pi	1	124	5.24	18	0.72	0.12	0.82	0.39	0.67	0.19	0.24	3.86	1	
	2	95	6.09	12	0.29	0.14	1.13	0.69	0.25	0.15	0.20	2.52	13	
	3	73	6.44	9	0.79	0.07	0.28	0.20	0.53	0.28	0.27	0.33	37	
	4	53	6.10	12	0.71	0.13	0.99	0.43	0.11	0.17	0.23	1.20	29	
	5	18	7.40	76	8.58	0.79	2.41	5.82		0.01	1.96	4.38	431	
	9	46	6.98	25	1.48	0.19	0.97	0.59	0.63	0.84	0.39	1.29	53	
	10	86	6.25	8	0.52	0.07	0.47	0.23	0.06	0.12	0.15	0.81	11	
	T	1	124	6.05	22	1.14	0.18	1.01	1.87	0.47	0.17	0.27	3.94	39
		2	78	5.90	19	0.93	0.16	1.19	1.59	0.18	0.09	0.19	4.13	20
		3	71	6.25	19	1.48	0.31	0.51	3.71	0.13	0.48	0.34	0.96	50
4		34	7.05	102	3.66	1.56	1.30	24.62	0.15	0.12	0.34	2.23	1020	
5		13	6.55	183	12.06	2.70	3.21	39.60					690	
9		47	7.05	78	9.94	1.50	1.95	7.88	0.56	2.00	0.78	5.11	210	
10		80	6.39	20	1.42	0.27	0.83	2.34	0.08	0.10	0.16	1.65	79	

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-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub>, Cl y alcalinidad ( $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) en los periodos quincenales muestreados en la parcela 26 Qi 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 17 de Agosto del 2009 entre las 19:00 y 21:00.



Los datos de los parámetros más significativos son:



- % Sky Area: Es el % de la zona hemisférica de cielo sobre el horizonte eficaz en el caso de zona llana. En el caso en que el horizonte esté a menos de 90° sobre la vertical, el Sky Area es menor que 100.
- % Mask Area: Es el área de la zona hemisférica que se ve obstaculizado por la topografía.
- % Canopy Openness: Es el porcentaje de cielo abierto visto desde debajo del dosel del bosque. Esta medida se calcula a partir de la fotografía hemisférica solamente, y no tiene en cuenta la influencia de la topografía circundante.
- LAI 4 Ring: Es el índice de área efectiva de la hoja integrada en los ángulos cenitales 0 a 60. Unidad de medida mol m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>.
- LAI 5 Ring: Es el índice de área foliar efectiva integrada en el ángulo cenital de 0 a 75. Unidad de medida mol m<sup>-2</sup>d<sup>-1</sup>.
- 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 26Qi se puede observar unos valores de cielo abierto muy altos, desde 27 a 67 % 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°) o el área foliar 5 (0 a 75°) es bajo pero el normal en zonas adeshadas (menos de 1).

Parcela	Sitio	%Sky Area	%Mask Area	%Cnpy Open	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Trans Dir	%Trans Dif	%Trans Tot
26	1	99.90	0.10	42.32	0.74	0.72	9.33	8.03	17.36	63.75	54.84	59.29
26	2	99.88	0.12	31.66	1.28	1.06	5.25	5.81	11.06	35.84	39.70	37.77
26	3	99.89	0.11	33.13	1.24	1.09	3.74	5.38	9.12	25.54	36.74	31.14
26	4	99.88	0.12	55.03	0.39	0.43	10.29	10.80	21.09	70.25	73.79	72.02
26	5	99.89	0.11	46.37	0.66	0.62	10.26	8.21	18.47	70.07	56.07	63.07
26	6	99.89	0.11	27.44	1.42	1.38	5.08	4.42	9.50	34.69	30.20	32.44
26	7	99.88	0.12	34.90	0.96	0.95	3.45	6.27	9.73	23.59	42.85	33.22
26	8	99.90	0.10	39.75	0.88	0.82	10.28	6.92	17.19	70.20	47.24	58.72
26	9	99.90	0.10	60.65	0.19	0.33	11.00	11.59	22.60	75.13	79.19	77.16
26	10	99.89	0.11	34.66	1.35	1.21	8.73	5.33	14.06	59.65	36.38	48.02
26	11	99.90	0.10	57.54	0.26	0.37	11.49	11.36	22.85	78.47	77.63	78.05
26	12	99.90	0.10	41.04	0.78	0.82	7.81	7.36	15.17	53.37	50.27	51.82
26	13	99.86	0.14	32.60	1.55	1.22	2.68	4.85	7.53	18.30	33.10	25.70
26	14	99.90	0.10	48.35	0.61	0.62	5.40	8.46	13.86	36.89	57.78	47.33
26	15	99.88	0.12	56.59	0.44	0.43	8.07	10.49	18.55	55.08	71.65	63.36

26	16	99.91	0.09	67.54	0.22	0.24	14.23	12.01	26.23	97.16	82.01	89.59
<b>Total</b>		<b>99.89</b>	<b>0.11</b>	<b>44.35</b>	<b>0.81</b>	<b>0.77</b>	<b>7.94</b>	<b>7.96</b>	<b>15.90</b>	<b>54.25</b>	<b>54.34</b>	<b>54.29</b>

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.

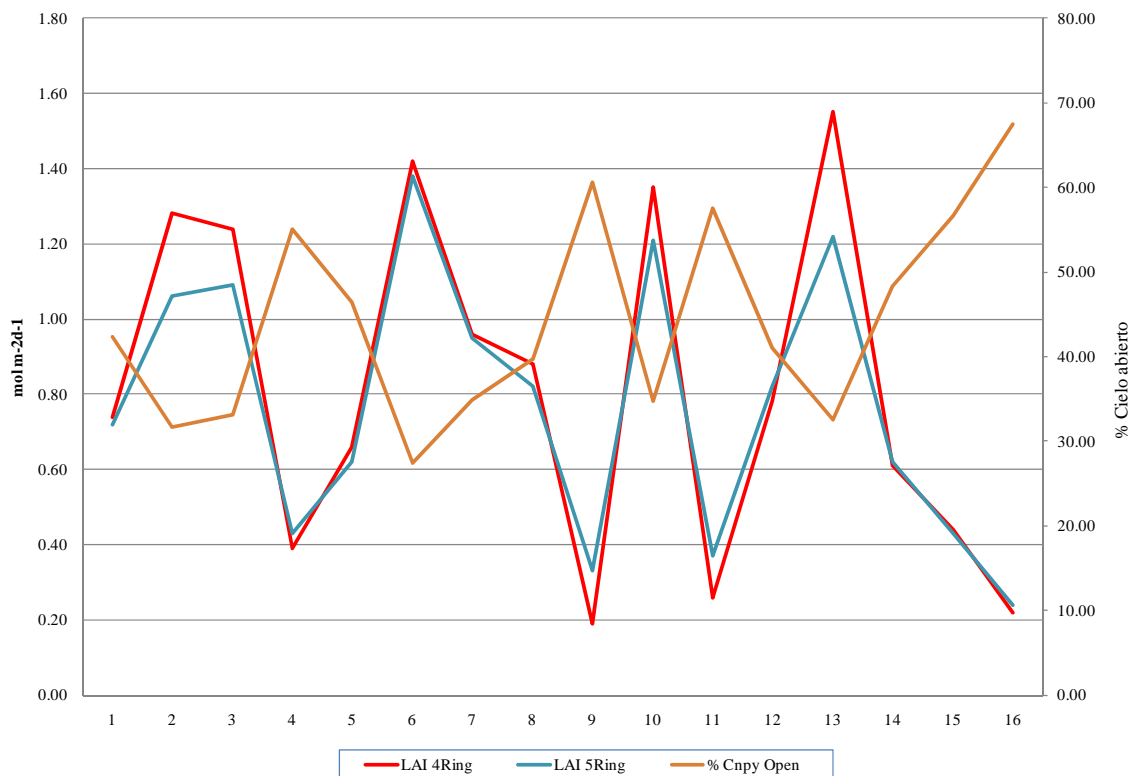
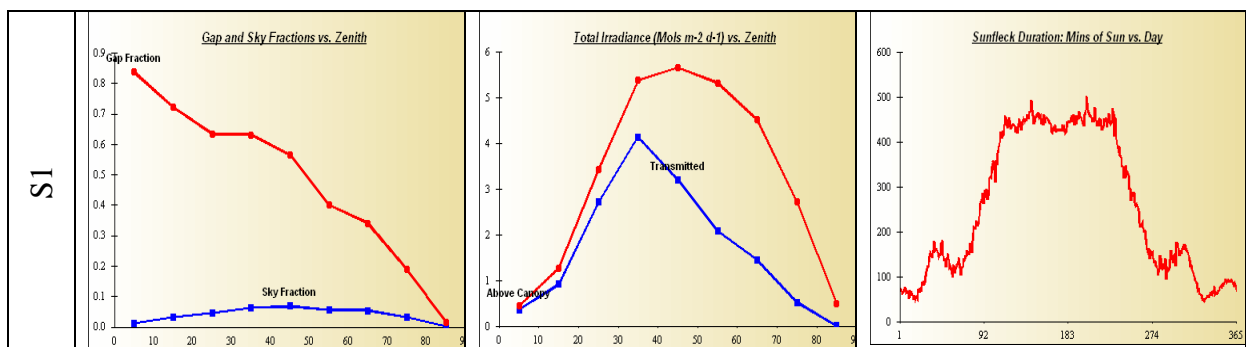
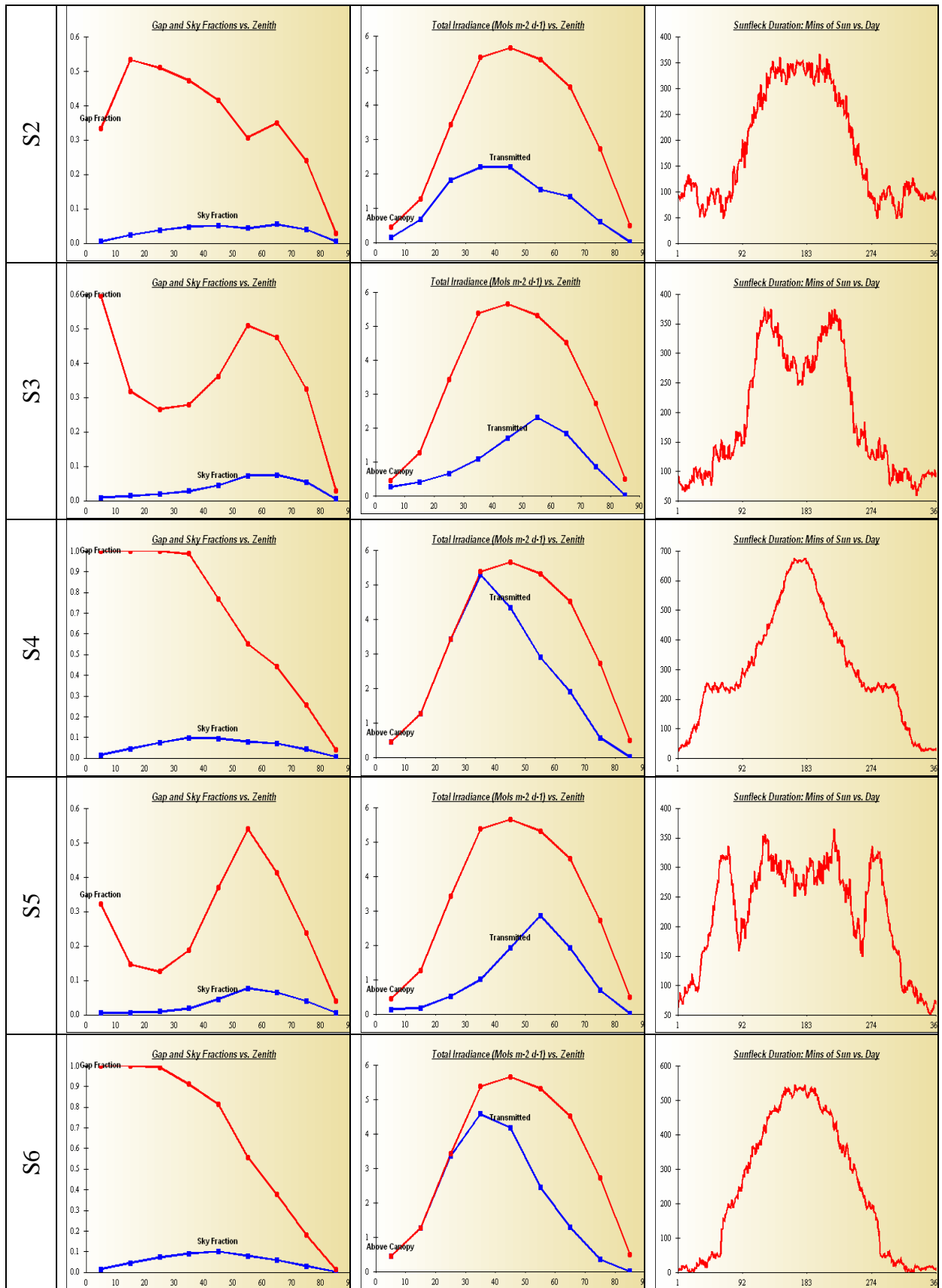


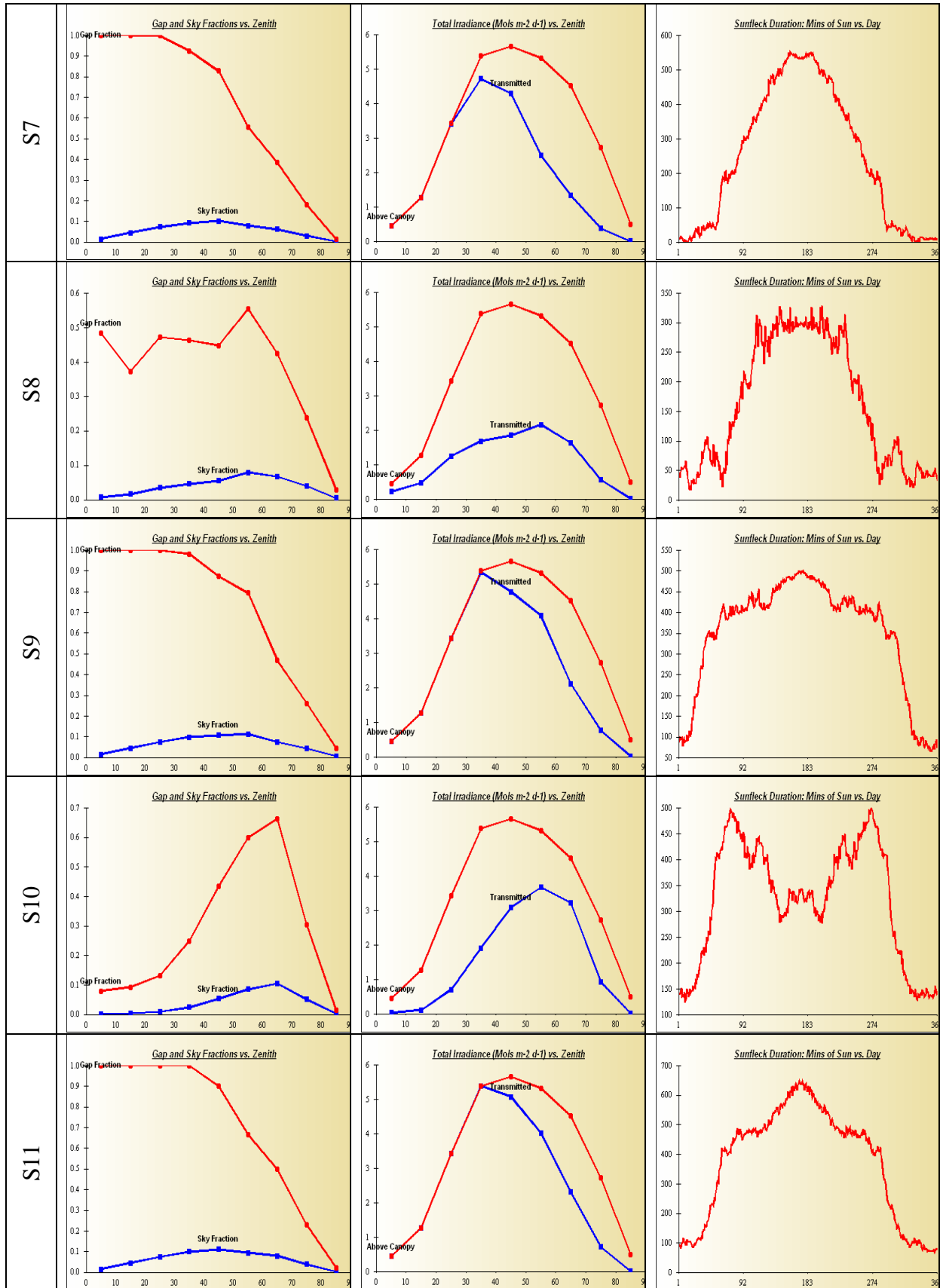
Figura 8.4: valores de índice de área foliar y de porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

En los siguientes gráficos se pueden observar: 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.







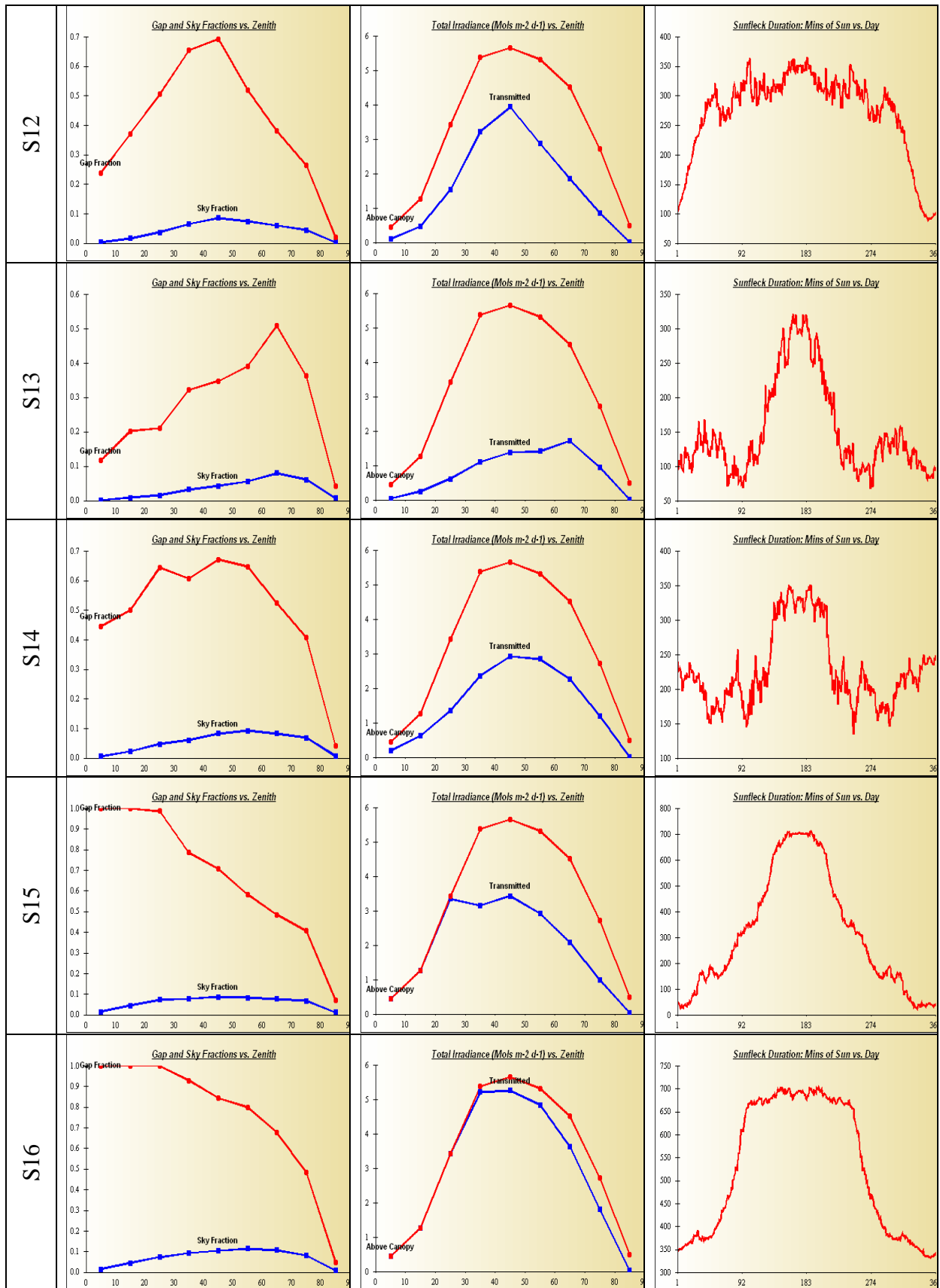


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

## 9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 26Qi 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.

26Qi	GRUPO	PESO (kg·ha <sup>-1</sup> )
Grupo 1	Musgo	76.9
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	99.8
Grupo 5	Herbáceas	125.3
Grupo 7	Matorral perenne	45.9

Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha<sup>-1</sup> a 65°C) en la parcela 26Qi durante el año 2009.

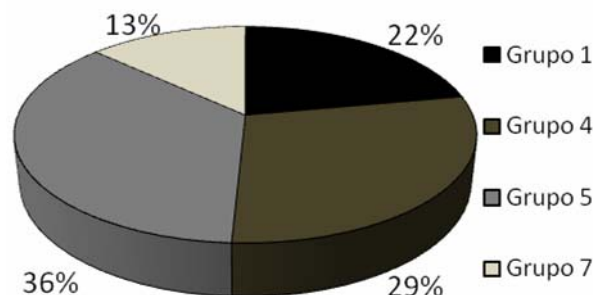


Figura 9.1: Distribución del porcentaje de los grupos de vegetación existentes en la parcela de estudio.

El grupo de vegetación mayoritario, con un 36% sobre el total de la vegetación encontrada, ha sido el correspondiente a las herbáceas (Figura 9.1), con un total de 125 kg·ha<sup>-1</sup>. Le sigue el grupo de poáceas, ciperáceas y juncáceas (29%) y de musgo (22%).

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

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 142 kg·ha<sup>-1</sup> (Figura 9.2), principalmente retenido en las plantas herbáceas (45 kg·ha<sup>-1</sup>) y el grupo de poáceas, ciperáceas y juncáceas (39 kg·ha<sup>-1</sup>). Los macronutrientes retenidos por la vegetación mayoritariamente han sido N, K y Ca, con valores de 9, 5 y 4 kg·ha<sup>-1</sup>, respectivamente, mayoritariamente en los grupos 5 y 4 (Figura 9.3).

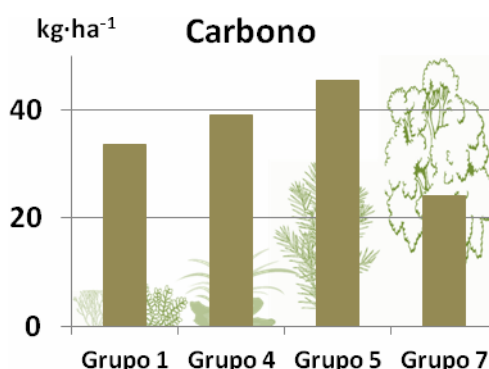


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha<sup>-1</sup> a 105°C) en los grupos de vegetación.

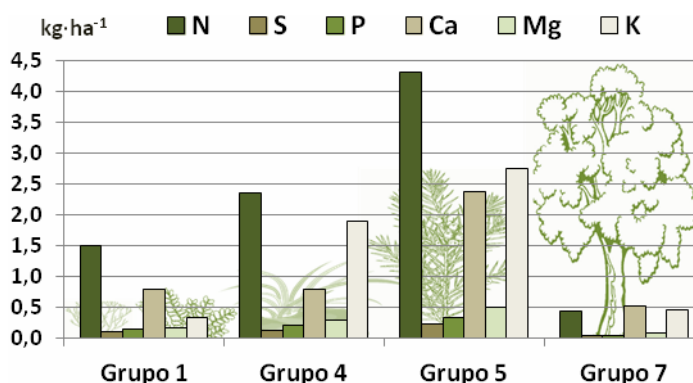


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha<sup>-1</sup> a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

## 10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela se encuentra sobre granito, con diferentes perfiles característicos, como Cambisol Dístrico (A/BA/B<sub>wg</sub>/C<sub>g</sub>), Cambisol Gléico (A/BA/B<sub>w</sub>) y Leptosol Dístrico (A/R).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl<sub>2</sub> ácido, con valores medios en la capa orgánica de 5.23±0.35 en la capa fragmentada (Figura 10.1). En la capa mineral, el pH en los 20 primeros centímetros presentan valores medios de 5.09±0.33, no habiéndose encontrado una tendencia clara con la profundidad.

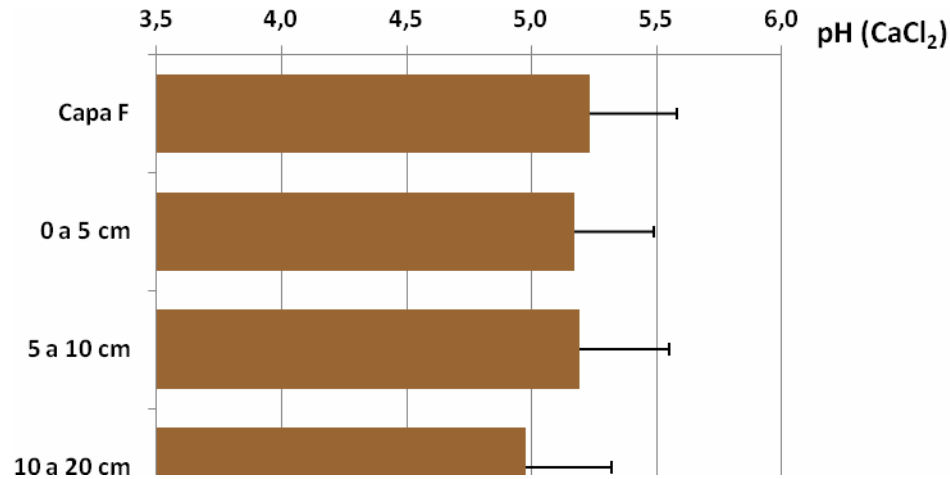


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl<sub>2</sub>) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 276±82 g·kg<sup>-1</sup> en la única capa orgánica encontrada. En la capa mineral, los valores medios encontrados han sido de 24±7 g·kg<sup>-1</sup>, disminuyendo el contenido de carbono con la profundidad.

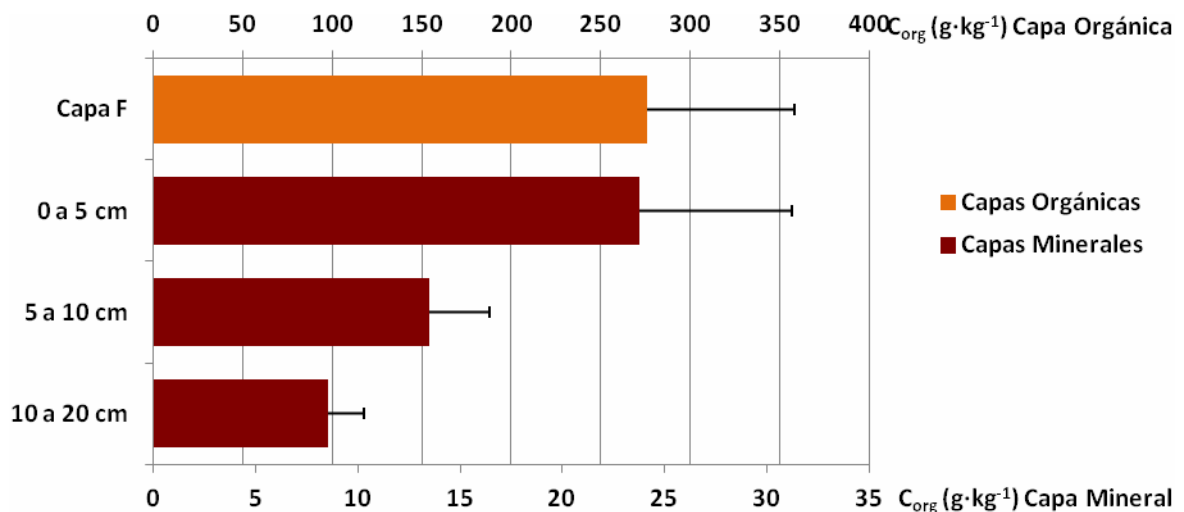


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico (g·kg<sup>-1</sup> a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

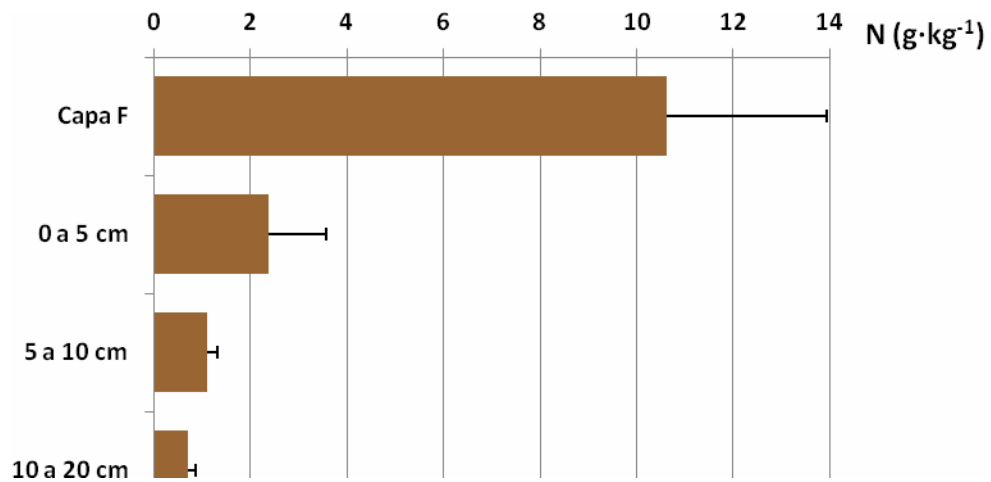


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ( $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  a  $105^{\circ}\text{C}$ ) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico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

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica fragmentada, han sido de  $10.64 \pm 3.30 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ . En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han sido de  $2.37 \pm 1.19 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .