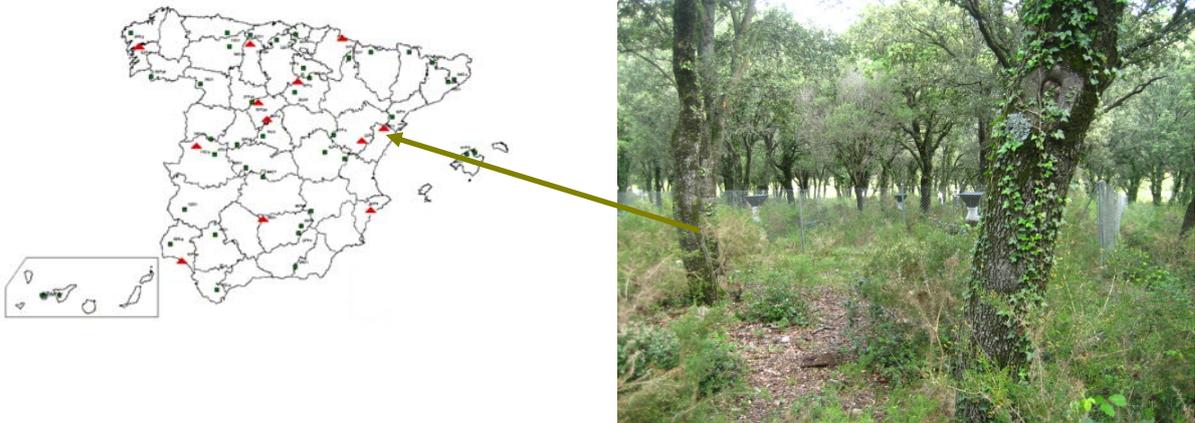


PARCELA 06 *Quercus ilex*(Castellón)



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

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

Las características principales de la parcela 06 de *Quercus ilex* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Castellón
Término Municipal: Morella
Paraje: La Balsa
Coordenadas (GPS)
Latitud: +40°33'00''
Longitud: +00°01'00''
Altitud: 750 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 encina en estado de transformación de monte bajo.

Especie principal: *Quercus ilex*
Edad media: 41-60 años
Nº árboles de la especie principal: 162
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Calizas y aluviones locales
Edafología: Mollic Fluvisol/Chromic Luvisol

VEGETACIÓN

Encinar de transformación de monte bajo, además de *Quercus ilex* hay *Quercus faginea*. Repoblaciones y pies asilvestrados de *Pinus halepensis*. También presenta afloramientos rocosos con helechos, donde se desarrolla un estrato herbáceo con predominio de hiedra.

2. METEOROLOGÍA

El comportamiento meteorológico de los años 2005 a 2008 ha venido marcado por las diferentes precipitaciones, pasando de los 507 milímetros del año 2005 a los 891 mm del 2007. La falta o disponibilidad de agua marca el comportamiento de la vegetación en la parcela (Tabla 2.1).

Parámetros como las temperaturas media, máxima o mínima, así como la radiación o la dirección del viento, han tendido un comportamiento muy uniforme en estos cuatro años.

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 mín	HR (%)	Rad med	Precip. (mm)
2005	3.4	17.5	217.7	13.9	37.4	-6.8	19.2	9.0		183.7	507
2006	3.1	16.6	221.5	14.2	33.6	-3.7	19.8	9.2	72.4		625
2007	3.5	34.2	238.8	12.9	35.5	-6.6	18.7	7.7	64.2	178.5	891
2008	3.6	35.2	230.0	14.0	35.0	-6.0	19.9	8.5	65.6	180.0	736
2009	3.1	32.4	229.0	13.2	36.2	-6.7	19.5	7.6	63.2	179.8	

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 06Qi se puede observar:

- Aparición de la hoja: La época de aparición de la acícula no ha sufrido grandes cambios en estos cuatro años, aunque en el año 2007 el periodo de la aparición de la hoja se adelantó un par de meses; el tamaño de la hoja en el 2005 no fue muy pequeña porque no sufrió estrés hídrico, en el año 2008 la época de crecida se prolongó durante casi seis meses debido a las buenas condiciones climatológicas (Figura 3.1).
- Caída de la hoja: La caída de hoja se encuentra casi todo el año en rangos muy bajos, entre 1 y 2 (menos del 33%), en el año 2008 se acentúa el proceso de caída de la hoja y pasa a tener valores por encima del 33% durante la primavera-verano, en el año 2009 vuelve a tener valores normales.
- Decoloración: La decoloración se ha observado asociada a la posterior caída de la hoja, en los años 2005 a 2007 ha tenido valores y presencia escasa, no así en el 2008 sin llegar a tener valores alarmantes, en el año 2009 se estabiliza.
- Número de metidas o años en las hojas de los árboles: En general el número de años de las hojas en los árboles de la parcela se ha mantenido entre 1 a 2, ha subido por encima del 2 en el año 2008.
- Floración y fructificación: No hay nada reseñable en estos parámetros.
- Crecimientos secundarios: En otoño del 2006 y algo menos en el otoño 2009.

Parcela 06 Qi Principales fases fenológicas 2005-2009

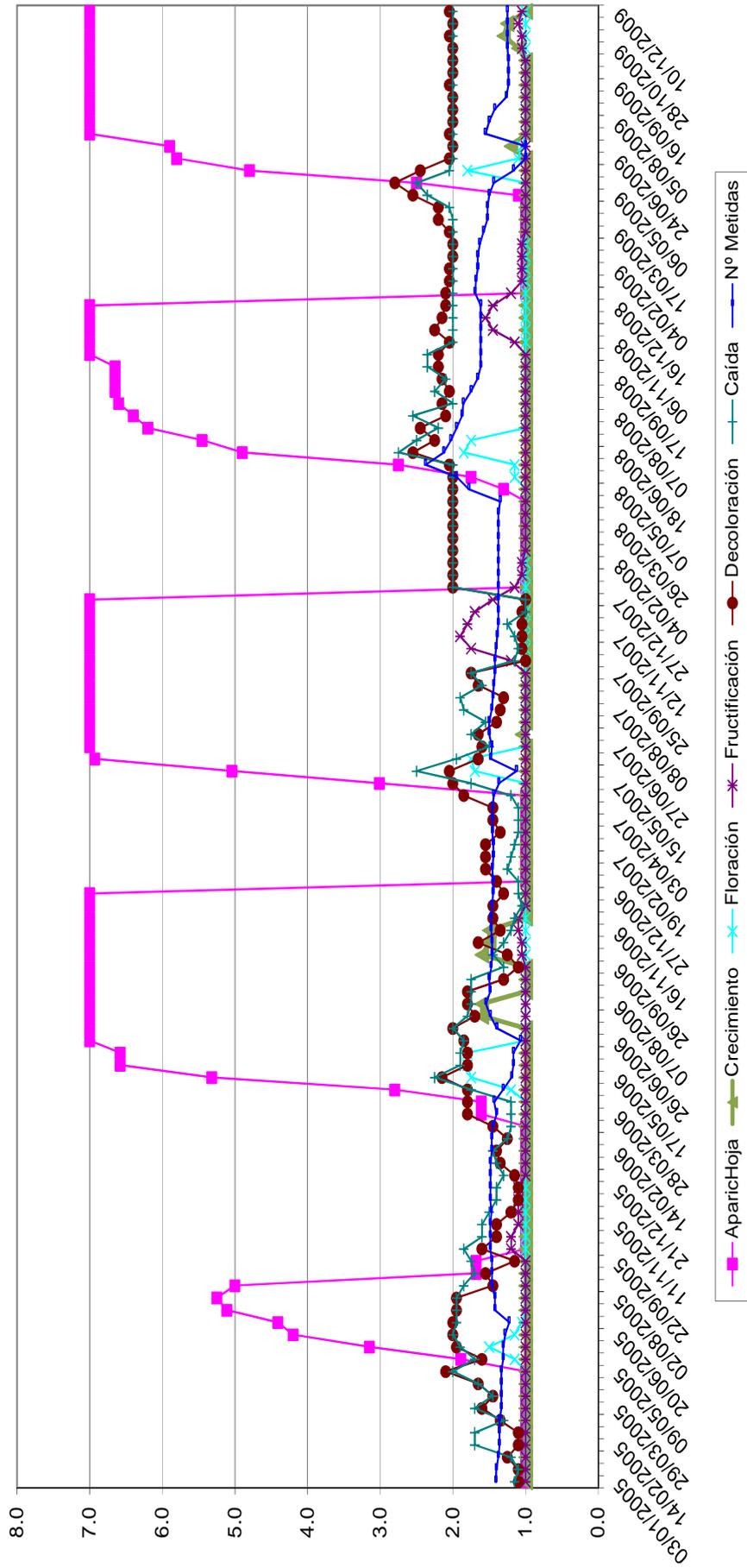


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 06Qi han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2009:

- *Coroebus florentinus*: En algunos pies de la parcela se observan todos los años daños ligeros de este perforador de ramas.
- *Hederahelix*: Sobre algunos pies se ve a esta epífita trepando por el tronco, pero sin llegar a ocasionar daños en el árbol.

4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela de 06Qi ha sido positivo estos años, con un crecimiento mayor en el año 2009, que también se observa en las cintas diamétricas y en el comportamiento fenológico de la parcela. El crecimiento ha sido en diámetro y no en altura que se mantiene constante (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	18.88	8.13	9.72	
2006	19.00	8.13	9.83	1.13
2007	19.23	8.13	10.06	2.26
2008	19.60	8.13	10.42	3.58
2009	19.65	8.13	10.47	2.88

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 han registrado un aumento muy lento como corresponde a una masa madura de encina sin problemas acuciantes de disponibilidad de agua. En marzo, con la limpieza de corteza y cambio de cintas se registra un ligero descenso (Figura 4.2).

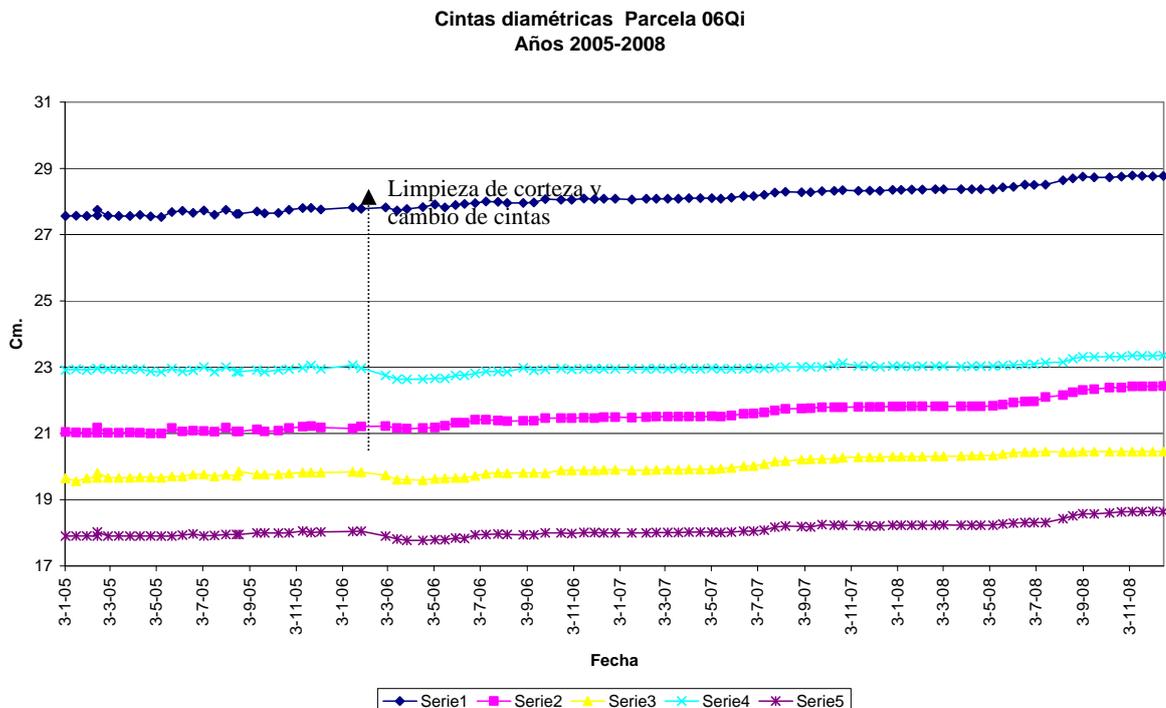


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los cinco árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 06 de *Quercus ilex* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 8750 kg·ha⁻¹ en el desfronde total (Figura 5.1). Esta producción ha sido superior a las encontradas durante los tres años anteriores de estudio, con producciones que han oscilado entre 6344 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2008 y 6963 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2007.

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales del 74% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...) con un 15%, y de la fracción ramas, con un 9% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de la fracción hojas han sido superiores respecto a la media de años anteriores (50%).

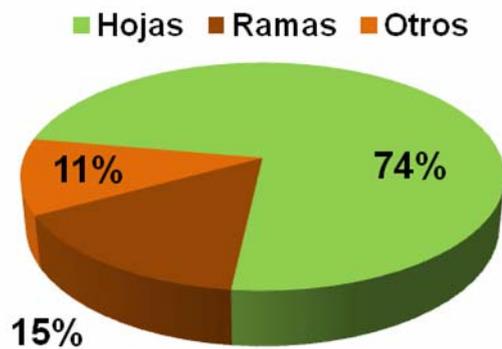
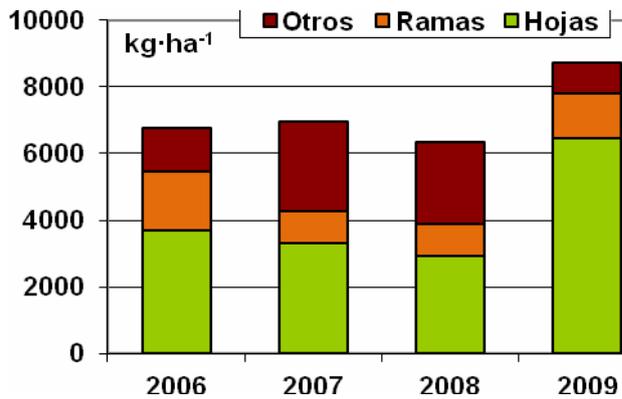


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 4 años de estudio.

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

En el estudio de la evolución mensual del desfronde durante el año 2009 (Figura 5.3), ha seguido una tendencia similar a la de años anteriores, con máximos de producción en el mes de mayo. En 2009, la máxima producción ha alcanzado los 4480 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, con producciones de hoja cercanas a 4000 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, que superan las máximas alcanzadas en los años anteriores con producciones máximas cercanas a 1200 kg·ha⁻¹ en junio de 2007.

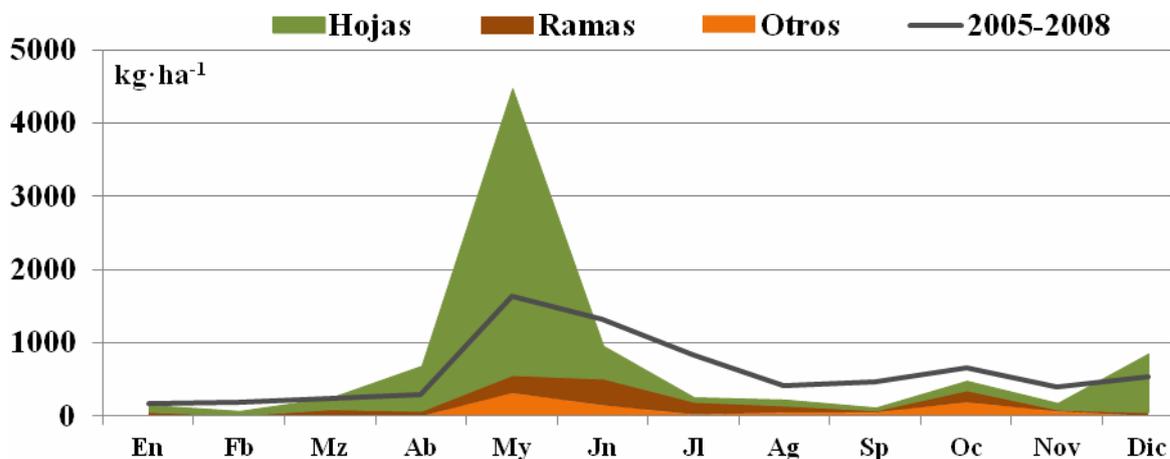


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-

ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2006-2008.

Así mismo, en el mes de mayo, se han registrado las máximas producciones de la fracción otros, con valores de $315 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$; también durante el mes de octubre se han recogido $192 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$.

Los máximos en la fracción ramas han correspondido a los meses de primavera, junio con $363 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$ y mayo con $251 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$.

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

06Qi	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	51.99	14.84	1.54	0.80	13.10	0.80	4.93
	Otros	49.09	16.40	1.41	1.39	19.43	1.33	4.64
	Ramas	49.72	8.22	0.92	0.35	24.86	0.68	2.31
Febrero	Hojas	51.99	14.84	1.54	0.80	13.10	0.80	4.93
	Otros	49.09	16.40	1.41	1.39	19.43	1.33	4.64
	Ramas	49.72	8.22	0.92	0.35	24.86	0.68	2.31
Marzo	Hojas	51.75	13.51	1.38	0.69	12.68	0.75	5.18
	Otros	49.09	16.40	1.41	1.39	19.43	1.33	4.64
	Ramas	49.41	9.43	1.03	0.37	33.94	0.65	1.76
Abril	Hojas	51.93	8.22	1.06	0.35	15.00	0.70	6.28
	Otros	49.09	16.40	1.41	1.39	19.43	1.33	4.64
	Ramas	49.77	7.05	0.69	0.49	31.87	0.73	5.75
Mayo	Hojas	51.11	7.61	0.97	0.28	18.84	0.73	6.64
	Otros	50.64	21.31	1.58	1.53	7.39	1.52	13.77
	Ramas	49.74	7.77	0.98	0.49	31.18	0.84	5.88
Junio	Hojas	51.56	9.37	1.04	0.44	16.62	0.87	4.70
	Otros	50.64	17.02	1.42	1.11	13.19	1.37	5.43
	Ramas	47.77	7.97	1.05	0.54	38.80	0.95	4.78
Julio	Hojas	51.77	10.43	1.11	0.55	14.83	0.98	5.76
	Otros	50.65	15.71	1.40	0.98	13.01	1.43	5.47
	Ramas	49.01	7.76	1.09	0.40	33.67	0.71	4.00
Agosto	Hojas	51.77	10.43	1.11	0.55	14.83	0.98	5.76
	Otros	50.65	15.71	1.40	0.98	13.01	1.43	5.47
	Ramas	48.96	7.38	1.10	0.52	42.35	1.02	4.76
Septiembre	Hojas	51.77	10.43	1.11	0.55	14.83	0.98	5.76
	Otros	50.65	15.71	1.40	0.98	13.01	1.43	5.47
	Ramas	48.96	7.38	1.10	0.52	42.35	1.02	4.76
Octubre	Hojas	51.66	12.01	1.29	0.65	12.79	0.90	5.65
	Otros	50.36	11.84	1.22	0.90	11.38	1.29	7.95
	Ramas	49.33	6.74	1.01	0.34	27.33	0.66	3.35
Noviembre	Hojas	51.32	9.63	1.23	0.52	13.43	1.00	5.95
	Otros	50.24	11.46	1.28	1.12	10.56	1.17	8.69
	Ramas	49.97	7.69	1.14	0.45	33.61	0.87	3.92
Diciembre	Hojas	51.40	9.48	1.22	0.52	14.68	0.96	5.73
	Otros	50.24	11.46	1.28	1.12	10.56	1.17	8.69
	Ramas	49.97	7.69	1.14	0.45	33.61	0.87	3.92

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 parcela06Qi durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido 51.67 ± 0.28 , 50.04 ± 0.72 y 49.36 ± 0.62 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

En hoja, los contenidos medios de N en hoja han sido de $10.90 \pm 2.41 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, con concentraciones superiores en los meses de invierno ($14.84 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) y octubre ($12.01 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Similar tendencia se ha encontrado en el azufre foliar y fósforo, con concentraciones medias a lo largo de la año de 1.22 ± 0.19 y 0.56 ± 0.16 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente. En el calcio foliar, se han encontrado concentraciones superiores en primavera, con máximos de $18.84 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

En la fracción otros, las concentraciones de nitrógeno han sido más elevadas en los meses de primavera, con concentraciones medias anuales de $15.48 \pm 2.79 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$. Aumentos en las concentraciones durante la primavera también se han encontrado en azufre ($1.58 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), fósforo ($1.53 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), magnesio ($1.52 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) y potasio ($13.77 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$).

En la fracción ramas, las concentraciones medias anuales han sido de $7.78 \pm 2.41 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de nitrógeno, $33.20 \pm 5.87 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en calcio y de $3.96 \pm 1.33 \text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ de potasio.

En total, la parcela 06Qi ha aportado $4458 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de $320 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

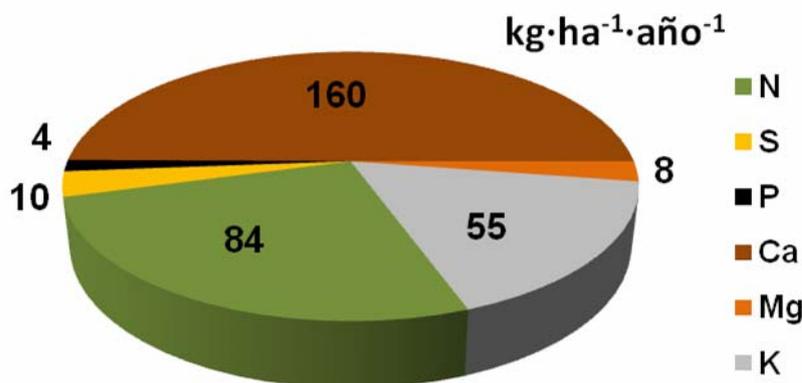


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 06Qi.

Los mayores aportes al suelo han sido de calcio, con $160 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ en el desfronde total, seguido de nitrógeno, $80 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ y de potasio, $55 \text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (Figura 5.3).

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 procedentes de ramillos muestreados en diciembre del año 2009. No se obtuvo muestras de hojas del año anterior. Los análisis se han realizado con una muestra mezcla de cinco árboles muestreados dentro de la parcela.

Año brote	Peso 100 hojas (g)	C	N	S	P	Ca	Mg	K
2009	5.31	53.22	16.20	1.29	0.97	7.28	1.27	6.17

Tabla 6.1: Contenidos foliares ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) 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.

El orden en que se presentan los nutrientes según su contenido en las hojas del año en curso es el siguiente: $\text{N}>\text{Ca}>\text{K}>\text{Mg}>\text{S}>\text{P}$

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 2005 hasta el año 2009 (Figuras 6.1 y 6.2). No se presentan resultados de las hojas del brote del año anterior en los ramillos muestreados en los tres periodos estudiados 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, disminuyendo de 10.6 g en el año 2008 a la mitad (5.3 g) en el año 2009. Este resultado coincide con el hecho de que el año 2007 presenta la precipitación total anual más alta (891 mm, Informe 2005-2008) mientras que el año 2009 presenta la precipitación total anual más baja (404 mm) lo que parece haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

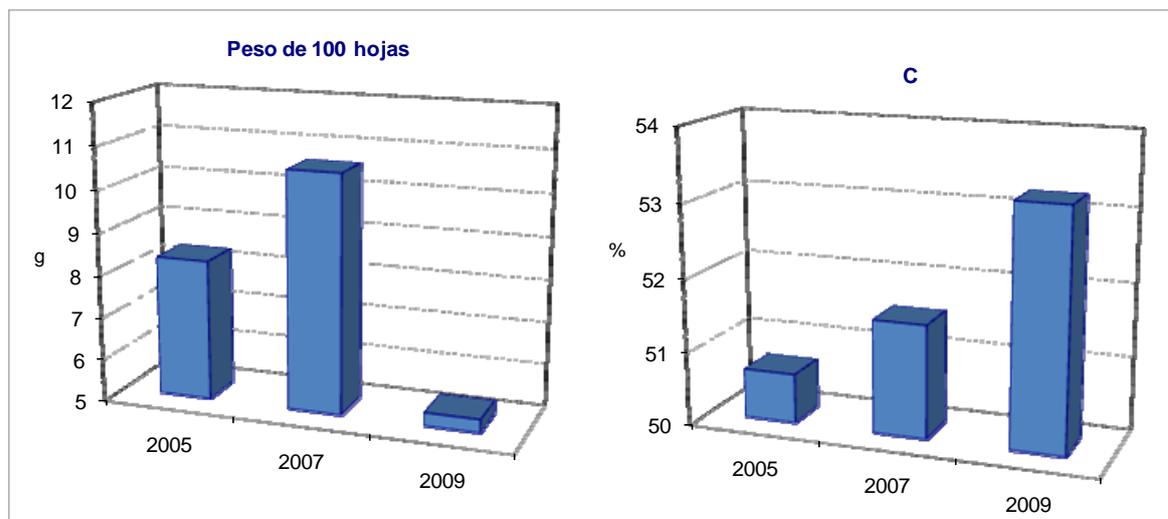


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 100 hojas (g) de la especie *Q. ilex* durante el periodo 2005-2009. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

El contenido foliar de C aumenta de forma progresiva entre los tres periodos muestreados, aumentando de 50.7 % en el año 2005 a 53.2 % el año 2009.

Los contenidos foliares de nutrientes presentan en general muy poca variación entre los tres periodos muestreados. Los contenidos foliares de N presentan un rango de variación entre $15.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ y $17.9 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$ correspondiendo los contenidos más altos a los brotes del año 2005 y los más bajos a los del año 2007. La variación de los contenidos de S y Ca entre los periodos muestreados sigue la misma tendencia que en el caso del N. Se produce un ligero aumento de los contenidos de P, Mg y K en el año 2009 respecto de los años anteriores.

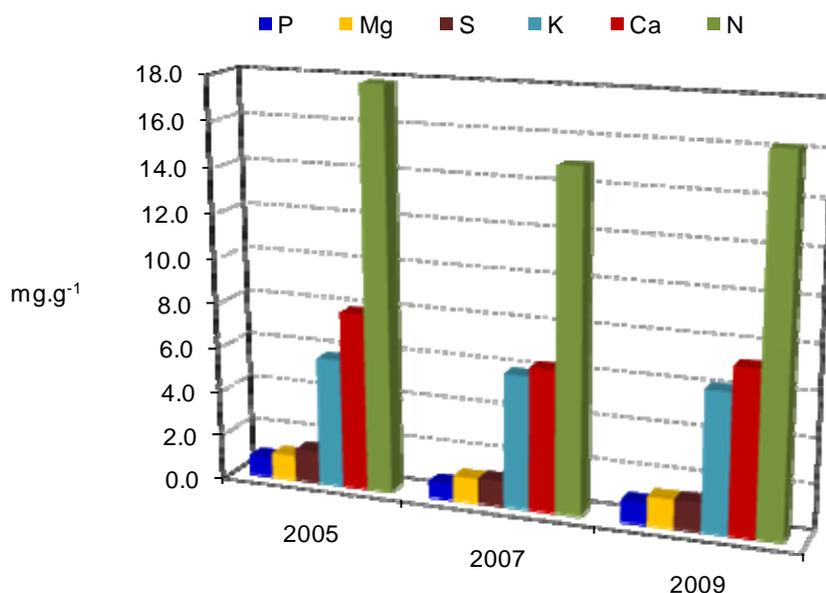


Figura 6.2: Contenidos foliares ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) de fósforo, magnesio, azufre, potasio, calcio y nitrógeno de la especie *Q. ilex* durante el periodo 2005-2009. Los resultados están dados a 105°C

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

Los nutrientes que presentan contenidos medios foliares con un rango de variación más amplio entre las distintas parcelas de *Q. ilex* son: N ($11.4 - 16.3 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), Ca ($4.08 - 7.38 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y K ($3.55 - 5.95 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). La parcela 6 de Castellón presenta los contenidos más elevados de N y K, y uno de los más altos de Ca ($7.17 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). El contenido medio de N más bajo ha correspondido a la parcela 28 situada en Granada. El resto de los contenidos medios foliares presentan muy poca variación entre las doce parcelas de *Q. ilex* estudiadas (Figura 6.1.1).

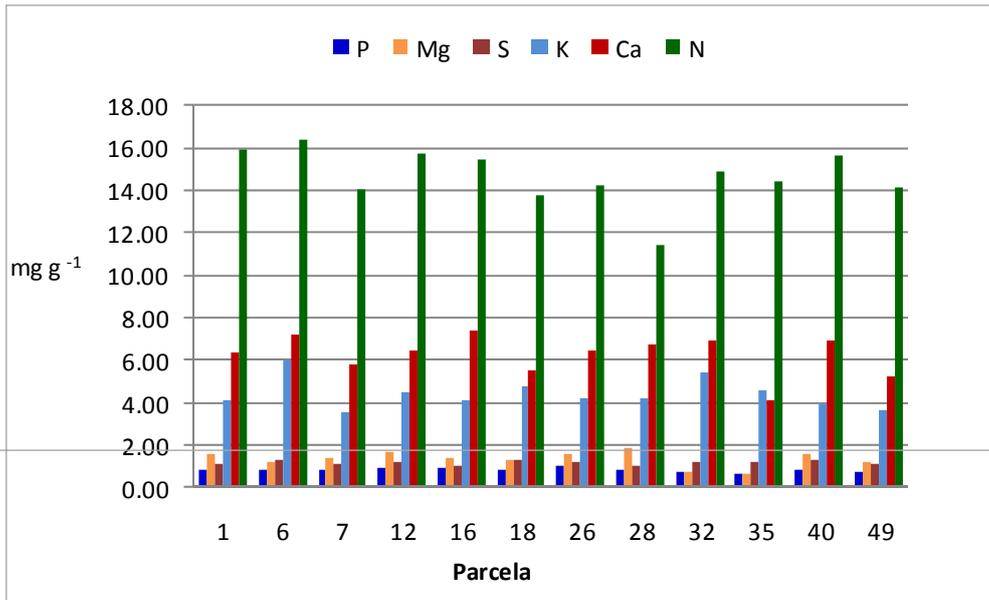


Figura 6.1.1: Contenidos medios foliares ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) de fósforo, magnesio, azufre, potasio, calcio y nitrógeno en doce parcelas de *Quercus ilex* de la red nacional de Nivel II. Los datos de todas las parcelas son medias de 3 periodos muestreados durante los años (2005-2009).

El contenido medio de carbono foliar presenta en las 12 parcelas un rango de variación entre 49.8 y 51.8 %, correspondiendo a la parcela 6 el contenido más elevado y a la parcela 12 situada en la provincia de Badajoz, el contenido más bajo. El peso foliar medio varía entre 7.3 y 9.9 g, siendo la parcela 16 situada en Sevilla la que presenta el contenido más alto y la parcela 26 situada en Jaén la que presenta el contenido medio más bajo.

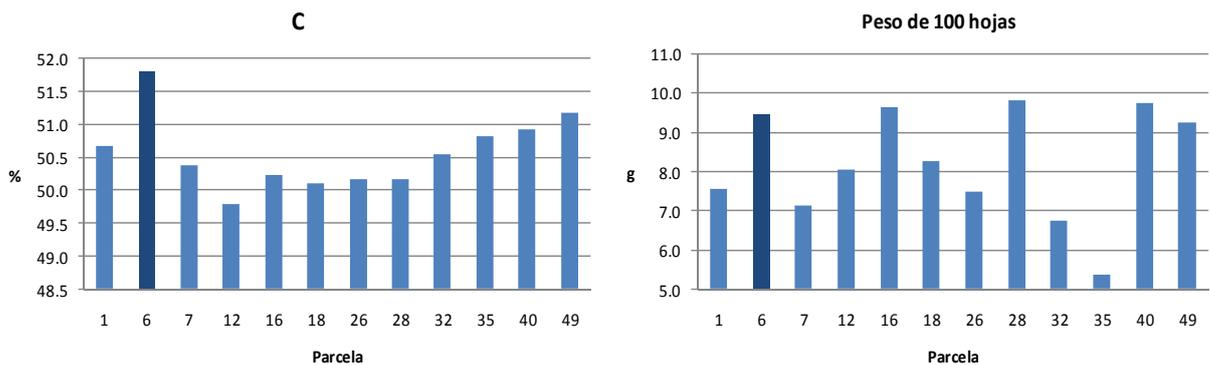


Figura 6.1.2: Contenido medio de C (%) y peso de 100 hojas (g) en doce parcelas de *Quercus ilex* de la red nacional de Nivel II. El peso de 100 hojas es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela.

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 6 de *Quercus ilex* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)										
Año		Trascolación	Precipitación incidente									
2009		264	404									

Año		c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										
2009	T	56	6.94	4.96	1.40	4.31	0.62	0.53	1.19	1.22	3.05	127
		(8-176)	(5.95-6.94)	(0.08-32.75)	(0.05-4.22)	(0.47-14.45)	(0.04-2.51)	(0.18-1.62)	(0.18-4.85)	(0.14-2.48)	(0.40-9.02)	(23-779)
n=12	Pi	51	6.87	0.43	1.23	2.72	0.27	0.53	0.65	1.00	2.01	82
		(7-472)	(5.53-8.12)	(0.05-1.71)	(0.10-4.47)	(0.31-8.64)	(0.04-1.24)	(0.17-1.62)	(0.16-1.52)	(0.26-5.89)	(0.70-6.72)	(5-246)

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-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 amplio rango de pH con valores comprendidos entre 5.53 y 8.12, y un valor medio de 6.87, similar al valor medio presentado en el agua de trascolación (6.94). Se trata por lo tanto de soluciones prácticamente neutras. La alcalinidad, al igual que el pH presenta un amplio rango de variación con valores comprendidos entre 5 y 246 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en la precipitación incidente y entre 23 y 779 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el agua de trascolación.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta también un amplio rango de variación entre 7 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y 475 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ con un valor medio de 51 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, similar al valor medio presentado en el agua de trascolación (56 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$).

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 (1.00 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de origen principalmente industrial es mayor que la concentración media de los nitratos (0.65 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) procedentes principalmente del tráfico rodado, presentando en el caso del sulfato valores máximos elevados (5.9 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

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 K en la precipitación incidente (0.43 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y la presentada en el agua de trascolación (4.96 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

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

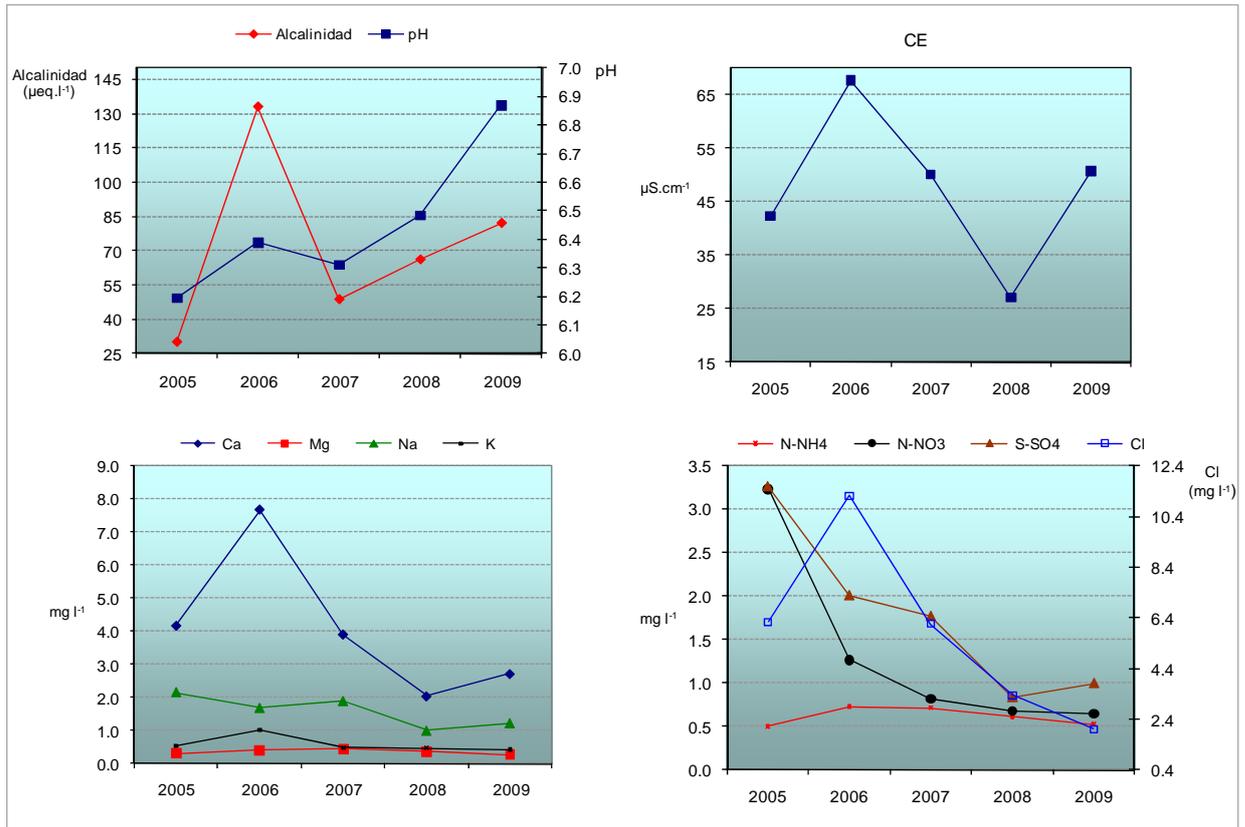


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los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

El valor medio de pH aumenta de forma progresiva durante el periodo 2005-2009 pasando de 6.2 en el año 2005 a 6.9 en el año 2009. La variación de la concentración media de la alcalinidad sigue una tendencia similar a la que presenta el pH, a excepción del año 2006 en el que se produce un aumento más acusado de la concentración media de alcalinidad incrementándose de $30\ \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 a $133\ \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2006, año a partir del cual se produce un aumento progresivo, aunque de forma menos acusada que el producido en el caso del pH.

Hay que destacar una disminución progresiva de la conductividad eléctrica media durante el periodo 2006-2008, disminuyendo de $68\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ a $27\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, para subir de nuevo a $51\ \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 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 2006, presentando las concentraciones medias más bajas en el periodo 2008-2009.

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 $3.24\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 a $0.65\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en 2009 y la de sulfatos disminuye de $3.26\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 a $1.00\ \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ 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-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) tanto en el agua de precipitación incidente (Pi) como en el agua de trascolación (T) de los 24 periodos 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		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									
	4	6.60	21	0.99	0.12	1.57	0.14	0.52	0.77	0.59	1.94	37
	29	6.74	13	1.30	0.12	0.59	0.18	0.48	0.45	0.45	1.00	60
	6	7.28	45	4.13	0.34	2.87	0.36	0.44	0.83	1.03	4.83	152
	7	6.93	40	2.38	0.27	2.04	0.52	1.22	1.52	1.23	2.99	62
	4	7.22	20	3.23	0.15	0.29	0.10	0.27	0.17	0.27	0.42	
	48	6.63	29	1.59	0.24	0.50	1.71	0.88	0.50	0.57	0.73	134
	59	6.78	25	1.83	0.26	1.27	0.12	0.61	1.15	0.79	2.49	23
	14	7.33	46	3.02	0.19	0.75	0.97	1.62	0.66	1.13	0.91	244
	5	7.42	74	8.64	0.45	1.75	0.78	1.23	0.93	2.11	2.13	246
Pi	5	7.32	79	8.45	1.24	4.47	0.29	0.17	0.55	5.90	8.63	121
	46	7.58	23	2.78	0.16	0.32	0.29	0.34	0.58	0.61	0.52	89
	25	6.64	15	1.17	0.15	0.60	0.23	0.31	0.50	0.45	1.03	20
	3	6.77	33	3.59	0.29	1.22	0.71	0.29	1.05	0.97	1.46	54
	5	6.94	64	6.66	0.58	2.80	0.73	0.59	1.51	2.22	3.89	86
	31	6.56	10	0.93	0.06	0.27	0.20	0.24	0.31	0.49	0.46	17
	76	6.49	7	0.31	0.04	0.14	0.13	0.26	0.16	0.26	0.29	21
	8	7.45	29	2.20	0.24	1.48	0.50	0.41	0.72	0.61	2.63	68
	16	6.49	15	1.19	0.11	0.61	0.20	0.32	0.32	0.51	1.26	31
	11	6.65	15	1.28	0.14	0.66	0.63	0.26	0.27	0.41	1.40	39
	5	5.53	10	0.56	0.04	0.10	0.05	0.43	0.62	0.29	0.52	5
	3	6.64	16	1.08	0.14	0.72	0.56	0.45	0.73	0.65	1.62	29
	16	6.34	30	1.78	0.30	0.92	3.01	0.29	0.76	1.22	1.86	45
	4	7.06	54	3.50	0.54	2.91	4.07	0.54	1.00	1.67	6.53	58
	5	7.15	57	3.68	0.51	1.98	3.99	1.06	1.74	2.15	3.24	35
	2	7.20	18	1.43	0.14	0.69	1.28	0.30	0.36	0.59	1.21	25
	18	6.80	44	2.98	0.39	1.04	3.47	0.62	1.12	1.21	2.20	78
	36	7.12	26	1.27	0.16	0.43	2.49	0.49	1.12	0.72	0.92	96
	10	7.14	67	3.84	0.44	0.86	4.59	1.62	1.10	1.39	1.59	102
	4	7.46	94	8.90	1.06	1.70	13.35	0.19	0.94	2.15	3.14	316
T	3	7.68	176	13.99	2.51	2.31	32.75	0.29	1.66	2.37	4.91	779
	32	7.27	51	3.81	0.51	0.86	6.91	0.30	0.58	0.83	1.53	169
	20	7.21	53	4.88	0.66	1.21	3.50	0.55	1.12	1.05	3.88	127
	1	7.39	130	14.45	2.04	3.23	6.60	1.23	4.85	1.90	6.77	244
	2	7.13	116	10.95	1.59	4.22	4.71	0.74	2.94	2.48	9.02	145
	24	6.82	32	2.62	0.34	0.73	2.75	0.24	0.69	0.73	1.52	82
	63	6.61	10	0.74	0.11	0.22	0.93	0.18	0.18	0.28	0.40	23
	5	6.96	57	4.59	0.63	2.42	3.07	0.52	1.44	1.00	4.86	94
	8	6.62	38	2.99	0.39	0.91	2.82	0.44	1.05	0.84	2.12	30
	3	6.63	66	4.83	0.79	1.71	6.03	0.54	1.49	1.79	4.69	100
	9	5.95	8	0.53	0.04	0.05	0.08	0.40	0.50	0.26	0.40	50

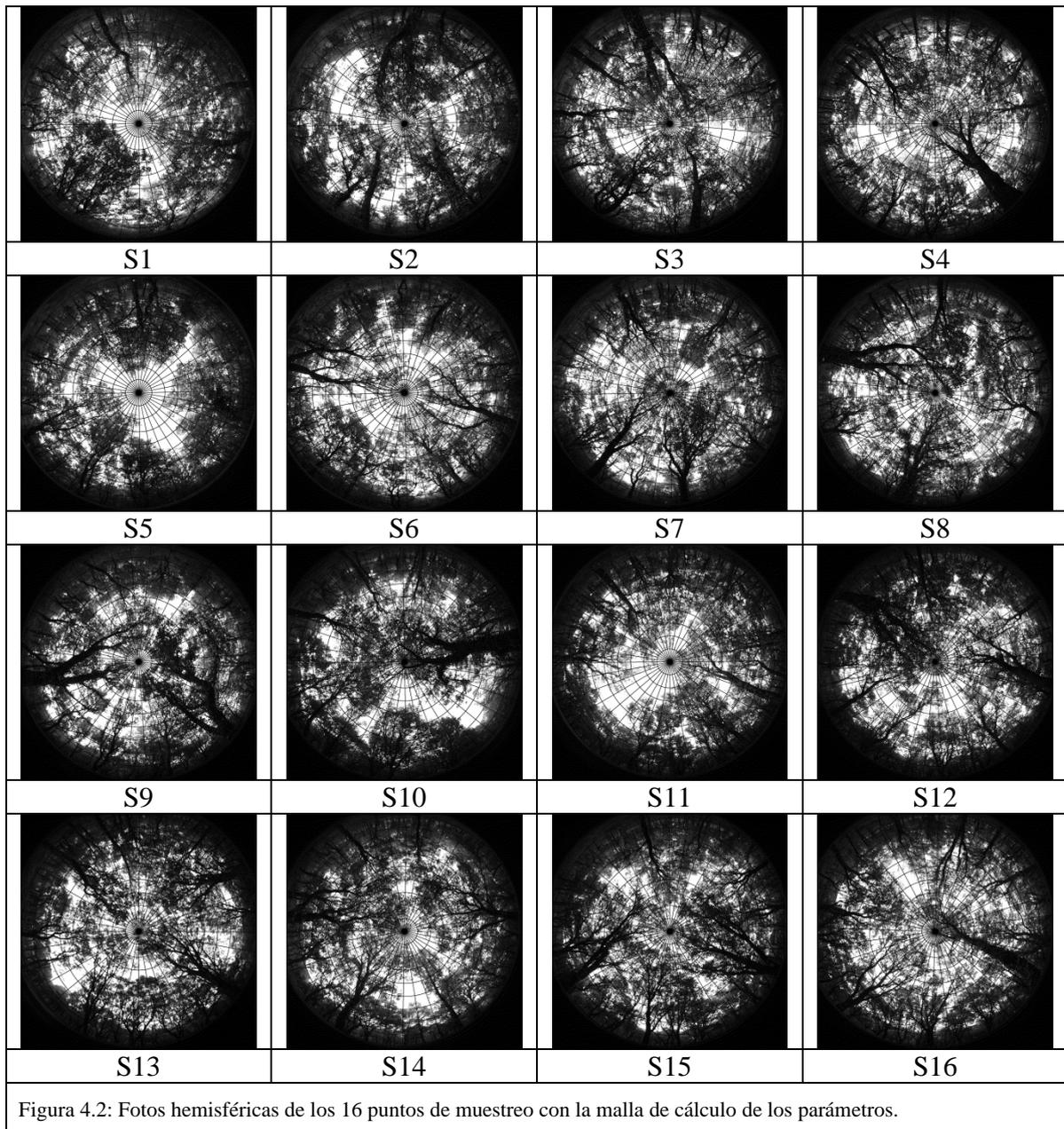
Tabla 7.2: Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) en los periodos quincenales muestreados en la parcela 06Qi en el año 2009.

8. ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR

Como consecuencia de la aplicación del proyecto FutMon en las parcelas de nivel II, en el año 2009 se ha evaluado el índice de área foliar en las parcelas de nivel II, parámetro necesario para el seguimiento de la vitalidad del arbolado, el ciclo de nutrientes o la determinación del balance hídrico y los factores de estrés de la parcela.

Para la determinación del índice de área foliar se ha utilizado una cámara de fotos Nikon modelo D-60 con un objetivo de ojo de pez hemisférico de 180° Sigma DC HSM 4.5mm 1:2.8.

Las fotos se tomaron los días 24 y 25 de agosto 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:

- % SkyArea: 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 SkyArea es menor que 100.
- % MaskArea: Es el área de la zona hemisférica que se ve obstaculizado por la topografía.
- % CanopyOpenness: Es el porcentaje de cielo abierto visto desde debajo del dosel del bosque. Esta medida se calcula a partir de la fotografía hemisférica solamente, y no tiene en cuenta la influencia de la topografía circundante.
- LAI 4 Ring: Es el índice de área efectiva de la hoja integrada en los ángulos cenitales 0 a 60. Unidad de medida $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$.
- LAI 5 Ring: Es el índice de área foliar efectiva integrada en el ángulo cenital de 0 a 75. Unidad de medida $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$.
- TransDirect: Es la cantidad de radiación solar directa transmitida por el dosel.
- TransDiffuse: Es la cantidad de radiación solar difusa transmitida por el dosel.
- Trans Total: Es la suma de TransDirect y TransDiffuse.
- % TransDirect: Es la relación de TransDirect y la radiación directa sobre una superficie horizontal multiplicada por 100.
- % TransDiffuse: Es la relación entre la TransDiffuse 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 06Qi se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde el 16 a más del 27 % debido al espaciamiento de los árboles y la transparencia de las copas. Es el motivo por el que el índice de área foliar 4 (0 a 60° cenitales) o el área foliar 5 (0 a 75°) es bajo, con valores que no llegan a 2 en algunos sitios (valores propios de las coníferas) pero también con valores cerca de 1 (claros) en otros.

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

Parcela	Sitio	%Sky Area	%Mask Area	%Cnpy Open	LA I4Ring	LA 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Trans Dir	%Trans Dif	%Trans Tot
6	1	99.88	0.12	21.45	1.80	1.52	3.80	4.44	8.24	25.96	30.34	28.15
6	2	99.89	0.11	19.89	1.60	1.56	3.11	3.85	6.96	21.26	26.31	23.79
6	3	99.88	0.12	19.49	1.75	1.57	2.80	3.77	6.57	19.14	25.74	22.44
6	4	99.89	0.11	21.61	1.50	1.48	3.27	4.23	7.5	22.33	28.87	25.6
6	5	99.88	0.12	23.44	1.60	1.52	3.38	5.2	8.57	23.07	35.49	29.28
6	6	99.89	0.11	26.32	1.43	1.28	5.45	5.43	10.87	37.2	37.06	37.13
6	7	99.89	0.11	20.29	1.65	1.52	3.61	3.93	7.54	24.63	26.87	25.75
6	8	99.89	0.11	20.17	1.64	1.53	2.84	3.92	6.76	19.42	26.78	23.1
6	9	99.90	0.10	18.79	1.62	1.70	3.42	3.77	7.19	23.35	25.76	24.56
6	10	99.89	0.11	19.92	1.56	1.56	2.91	3.8	6.7	19.84	25.96	22.9
6	11	99.88	0.12	24.30	1.32	1.44	3.33	5.23	8.56	22.73	35.76	29.24
6	12	99.89	0.11	20.13	1.67	1.52	2.48	3.97	6.45	16.92	27.1	22.01
6	13	99.88	0.12	20.33	1.75	1.49	2.62	3.94	6.56	17.92	26.92	22.42
6	14	99.89	0.11	20.07	1.59	1.60	2.79	4.09	6.88	19.02	27.96	23.49
6	15	99.89	0.11	17.13	1.76	1.79	3.42	3.48	6.91	23.37	23.8	23.59
6	16	99.90	0.10	23.18	1.41	1.44	5.06	4.67	9.73	34.59	31.89	33.24

Total	99.89	0.11	21.03	1.60	1.53	3.39	4.23	7.62	23.17	28.91	26.04
--------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------

Tabla 8.3: Evaluación de los parámetros más significativos en el cálculo del índice de área foliar en los 16 puntos de muestreo y los valores medios obtenidos.

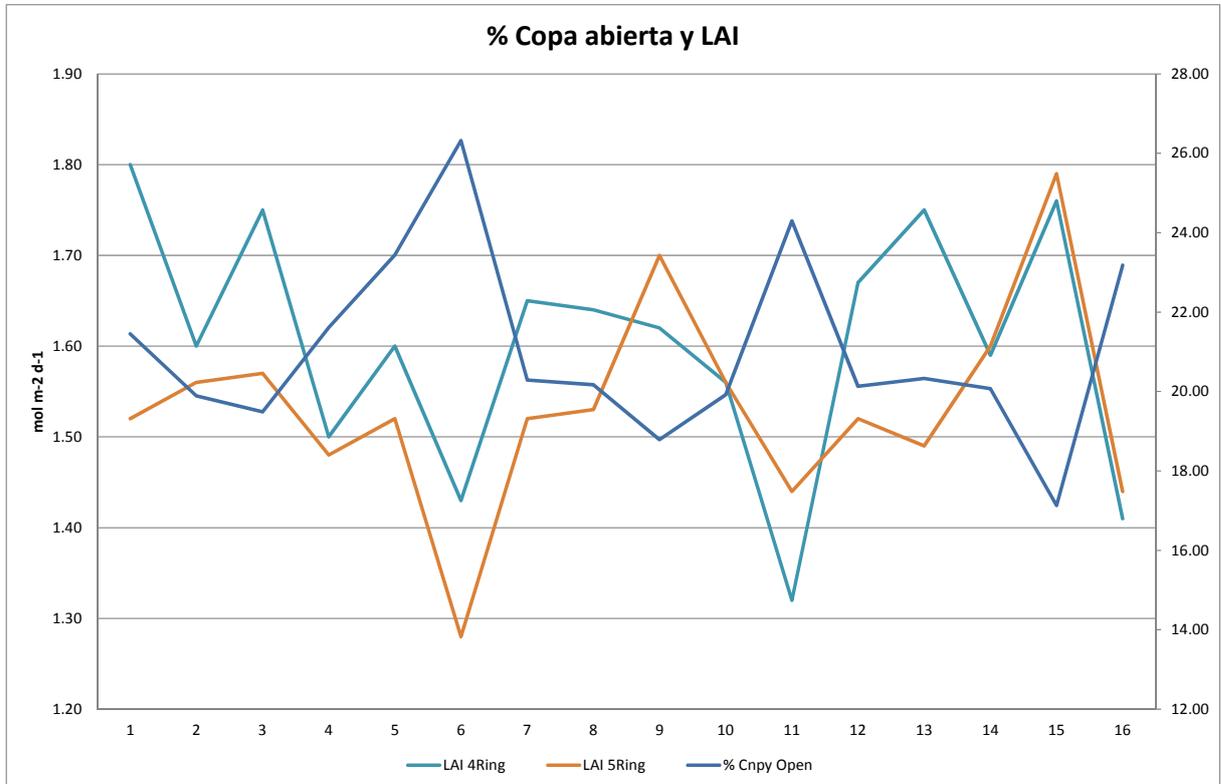
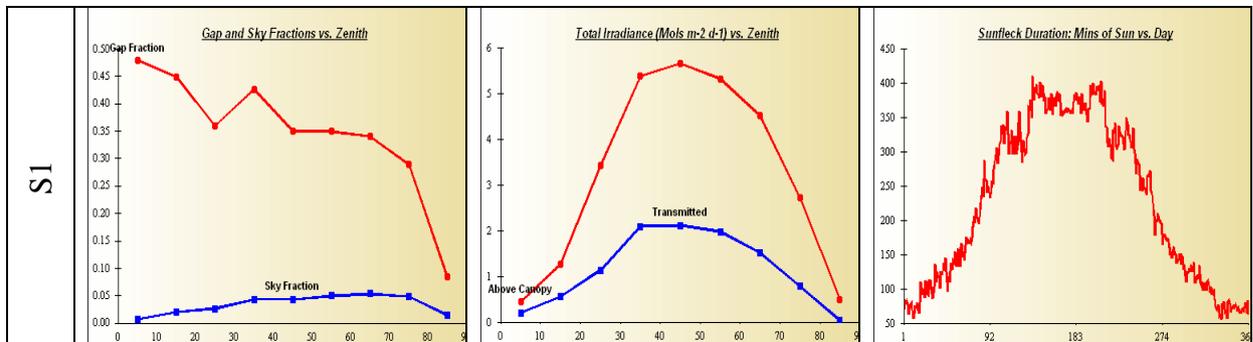
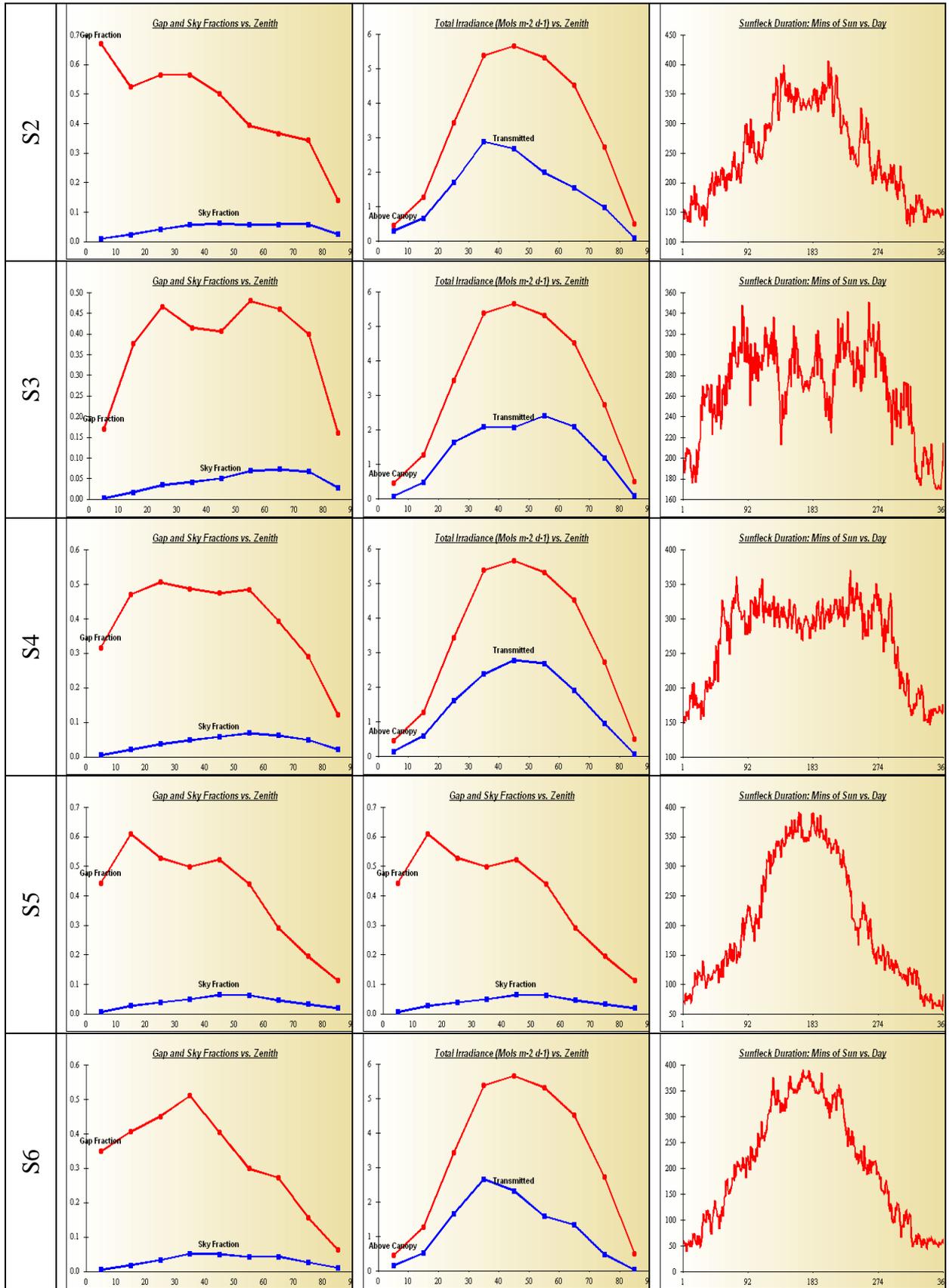


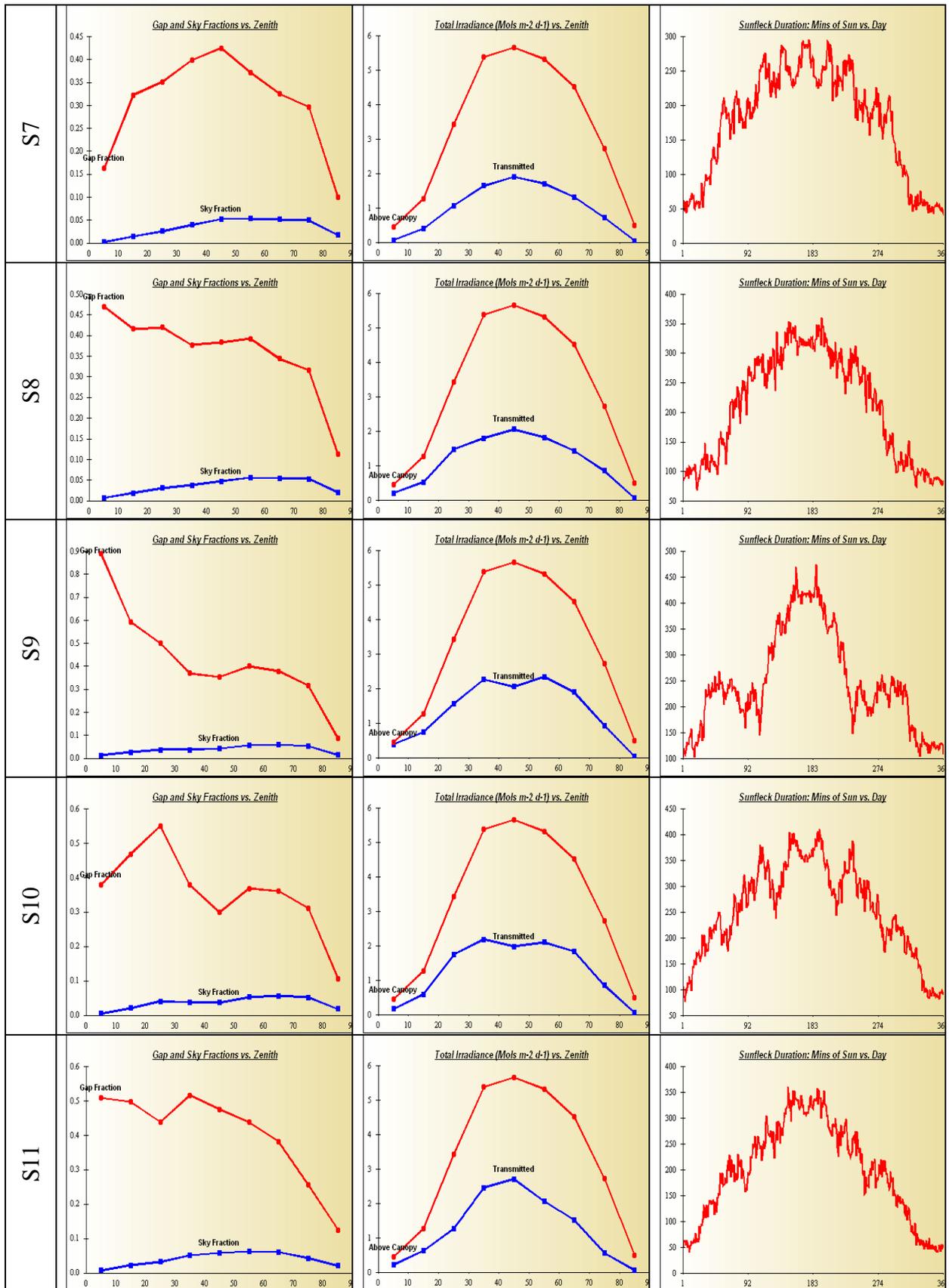
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de % de cielo abierto en cada punto de muestreo.

En los siguientes gráficos se pueden observar: las zonas cielo abierto (SkyFraction), 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 (SkyFraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.







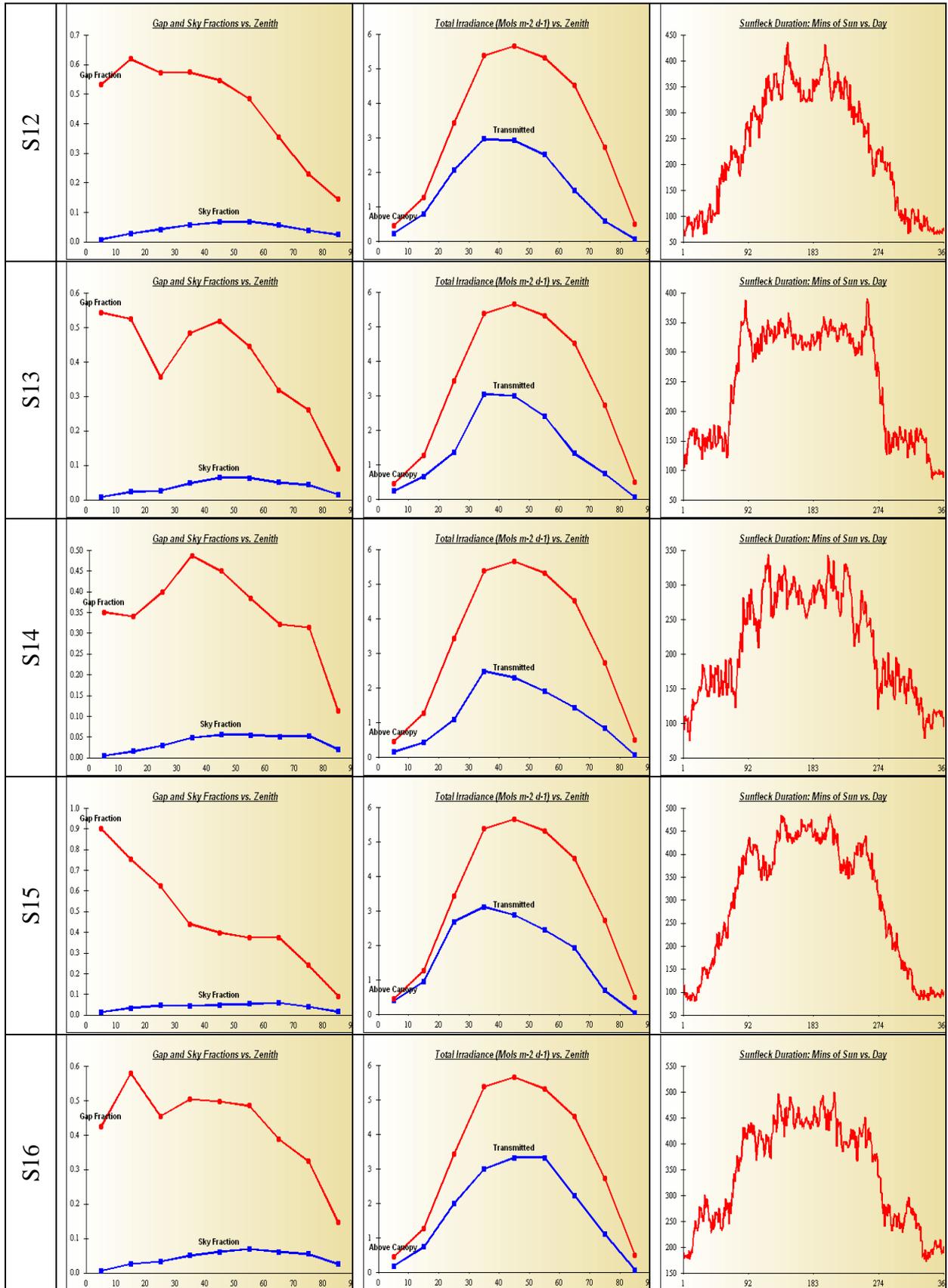


Figura 8.5: Zona cielo abierto (SkyFraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 06Qi se llevó a cabo el 3 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.

06Qi	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	28
Grupo 2	Líquenes	5
Grupo 4	Poas, Cyperáceas y Juncos	93
Grupo 5	Herbáceas	99
Grupo 6	Matorral caduco	19
Grupo 7	Matorral perenne	626

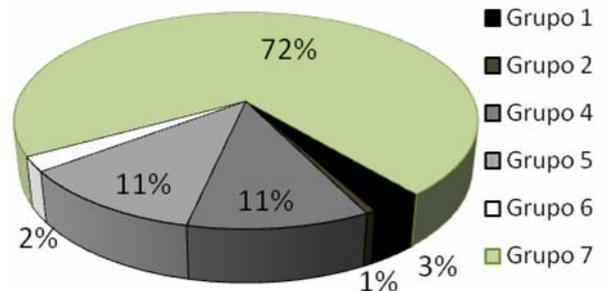


Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 06Qi durante el año 2009

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

El grupo de vegetación mayoritario ha sido el perteneciente a matorral perenne, con 626 kg·ha⁻¹ y con un 72% sobre el total de la vegetación encontrada (Figura 9.1).

Otros grupos encontrados han sido el de herbáceas con 99 kg·ha⁻¹, y el grupo de poáceas, ciperáceas y juncáceas con 93 kg·ha⁻¹. También se ha encontrado vegetación perteneciente a los grupos de musgos, matorral caduco y de líquenes, con un 3%, 2% y 1% de porcentaje sobre la vegetación encontrada, respectivamente. En el momento de la recogida, no se ha encontrado vegetación perteneciente al grupo de los helechos.

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 426kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de matorral perenne (310kg·ha⁻¹). Los macronutrientes retenidos por la vegetación (43kg·ha⁻¹), mayoritariamente han sido Ca (18kg·ha⁻¹), N (11kg·ha⁻¹) y potasio (11 kg·ha⁻¹) principalmente en los grupos 7, 5 y 4 (Figura 9.3).

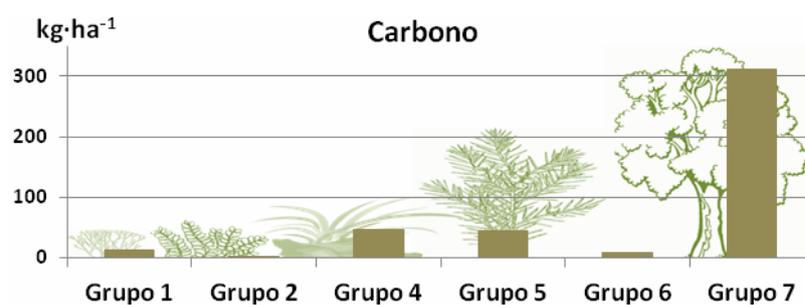


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

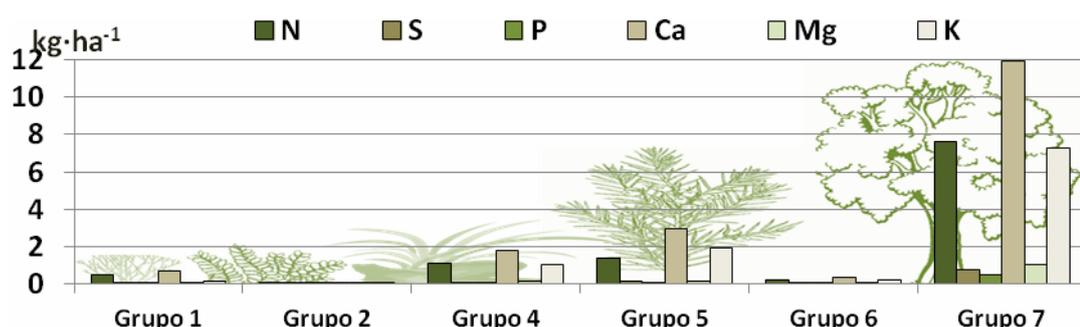


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl_2 básico, con valores medios en la capa orgánica de 64.39 ± 0.12 y 5.99 ± 0.77 en la capa F (fragmentada) y capa H (humificada), respectivamente (Figura 10.1). En la capa mineral, el pH en los 20 primeros centímetros aumenta ligeramente con la profundidad, de 6.60 ± 0.46 a 7.03 ± 0.32 .

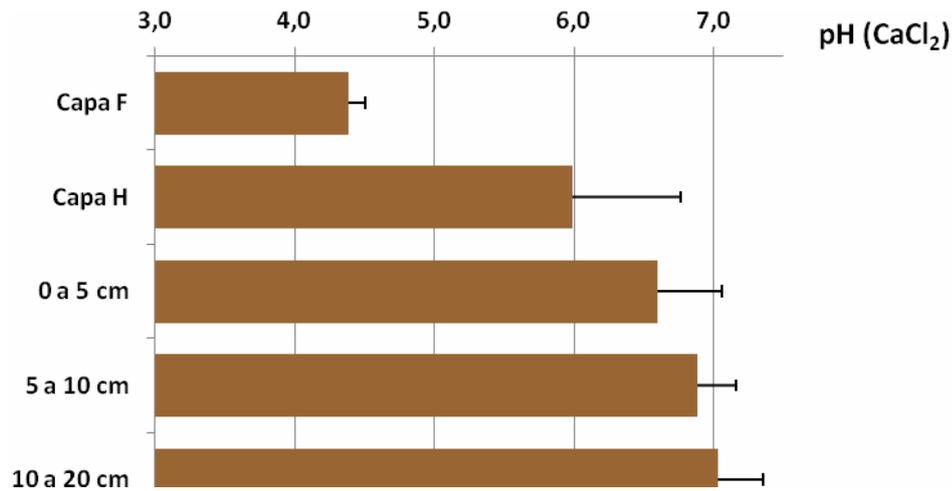


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl_2) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 490 ± 9 y $272 \pm 36 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, los contenidos medios han sido de $82 \pm 28 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$, con tendencia decreciente al aumentar la profundidad.

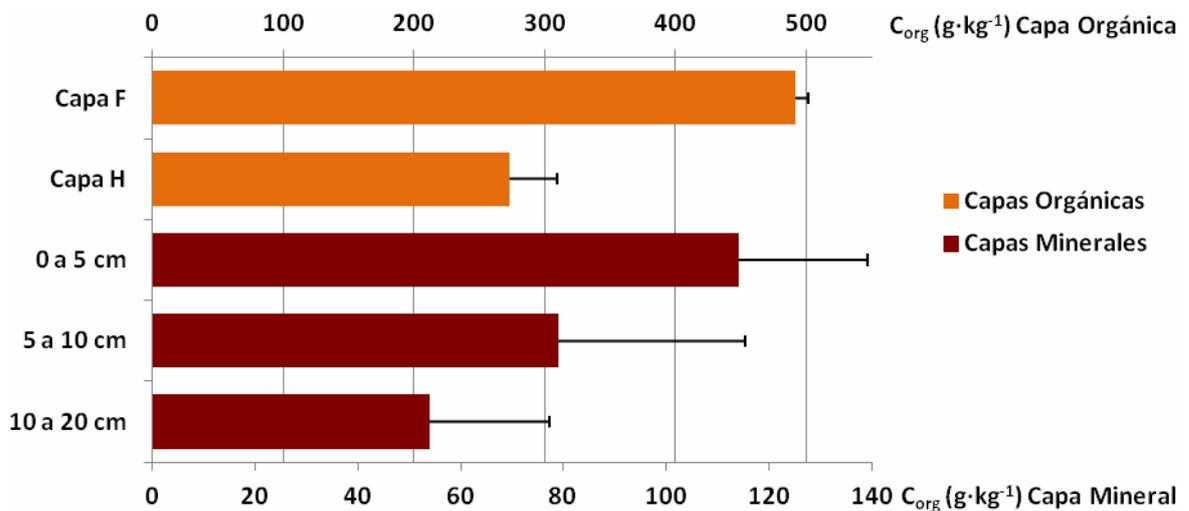


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico ($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

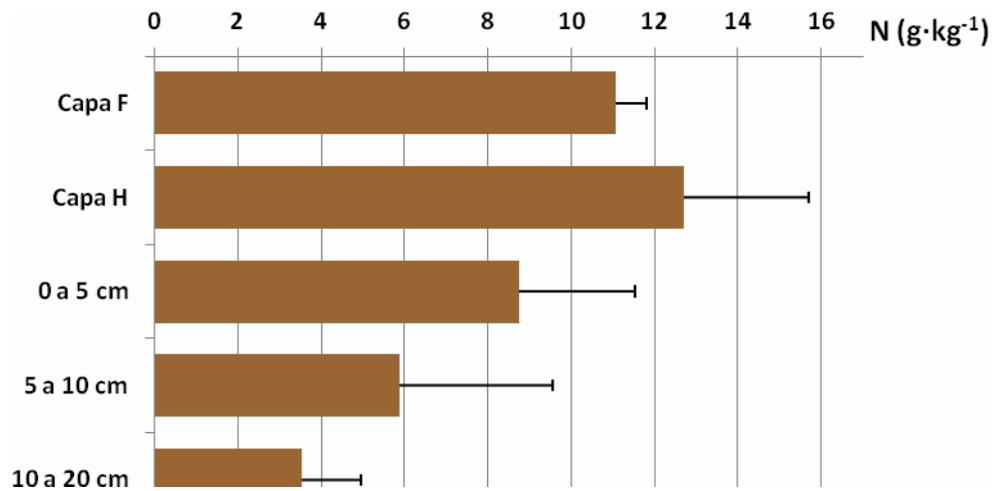


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido muy similares, 11.06 ± 0.74 y 12.70 ± 2.99 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han ido decreciendo de 8.75 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ de media en los primeros cinco centímetros, a 3.52 $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a los veinte centímetros.