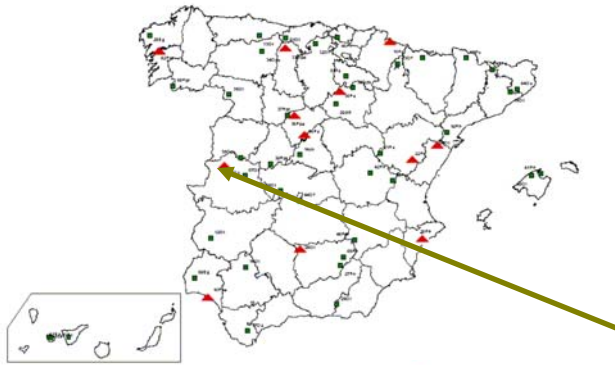


PARCELA 11 *Quercus suber* (Cáceres)



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 11 de *Quercus suber* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Cáceres
Término Municipal: Villanueva de la Sierra
Paraje: El Carrascal
Coordenadas (GPS)
Latitud: +40°11'00''
Longitud: -06°27'00''
Altitud: 455 m s.n.m.
Orientación: Sureste
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARÁCTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

Especie principal: *Quercus suber*
Edad media: 101-120 años
Nº árboles de la especie principal: 53
Nº árboles de otras especies: 0

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Material resultante de la alteración de pizarras oscuras ricas en hierro.
Edafología: Haplic acrisol / Dystric leptosol

VEGETACIÓN

Estrato arbóreo monoespecífico de *Quercus suber*, adhesado, con pastizal de terófitos ralo y discontinuo.

2. METEOROLOGÍA

El parámetro meteorológico que más sobresale y que ha marcado las pautas de comportamiento en la parcela, es la precipitación, en la que existen unas diferencias notables entre el año 2005 con 467 mm y el año 2006 con 1006 mm (Tabla 2.1).

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.

El año 2009 no tiene ningún rasgo meteorológico reseñable.

Año	V viento med	V viento máx	D viento med	T ^a med	T ^a máx	T ^a mín	T ^a med máx	T ^a med min	HR (%)	Rad med	Precip. (mm)
2005	2.1	23.9	324.8	18.4	41.7	-19.0	24.3	-5.5	46.5	289.8	467
2006	1.4	19.0	229.3	12.9	35.0	-18.4	19.0	5.9	65.3	220.6	1006
2007	1.1	23.1	149.5	15.4	37.7	-4.5	22.2	9.2	63.5	214.6	721
2008	2.1	17.0	154.5	18.3	40.8	-16.5	24.2	6.1	61.5	245.0	677
2009	1.4	20.8	162.1	18.1	38.4	-5.9	25.1	11.1	55.5	238.6	520

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 11Qs se puede observar:

- Aparición de la hoja: En los periodos de aparición de la hoja no ha habido grandes cambios en el año 2009, solo en el año 2008 en el que el proceso fenológico se adelantó un mes en coincidencia con la aparición de lluvias primaverales, ralentizándose el problema debido a un frente frío en el que se helaron los primeros brotes (Figura 3.1).
- Crecimiento secundario: No hay en el 2009.
- Caída de la acícula: No hay nada reseñable en el año 2009. Este proceso fenológico ha llevado un desarrollo general muy igual en los años 2005, y primer semestre del 2006, sufriendo luego fluctuaciones debidas al incremento de daños en las hojas y la variabilidad del régimen de precipitaciones.
- Decoloración: Se puede observar un pequeño incremento de la decoloración durante el otoño del 2007 y puntualmente en el 2008 como consecuencia de los daños sufridos en la parcela cómo se detallará a continuación, en el año 2009 es normal.
- Nº de metidas o años de las hojas en los árboles: El número de años ha sufrido cambios y es el primer indicador de problemas de daños o estrés hídrico en el arbolado. Se ha mantenido de dos años durante el periodo 2005 a final del 2007, en el que aumentó con la aparición de los crecimientos secundarios.
- Floración: No ha habido floración en el año 2007 y ha sido muy reducida en el 2005.
- Fructificación: Se han observados bellotas maduras en el otoño de los años 2006 y 2007.

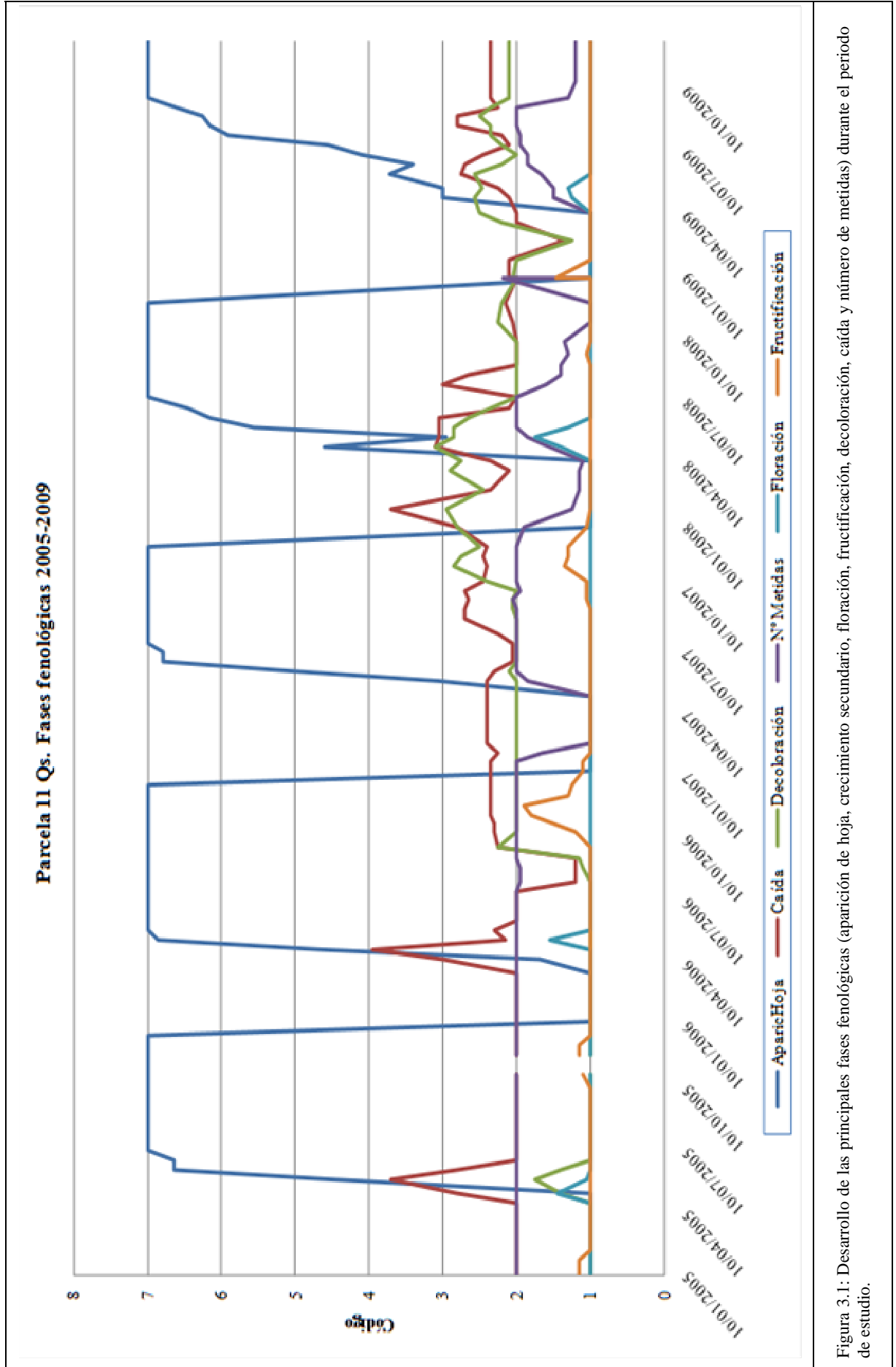


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 11Qs han aparecido los siguientes daños durante el 2009:

- Minadores: Siguen de forma generalizada pero de forma muy leve.
- *Dryomya linchtensteini*: Sobre algunos pies de forma leve todos los años.
- Cerambicidos: Se observan sobre la mayoría de los pies perforaciones en los troncos, producidas por las larvas de estos insectos todos los años.
- Pudriciones: Existen en algunos pies de la parcela en la base del tronco y en algunas heridas producidas por antiguas podas.

4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela 11Qs ha sido muy pequeño, como corresponde a una masa adulta de *Quercus suber*. En el año 2009 el crecimiento ha sido muchísimo mayor, subiendo hasta más de un 3% en comparación al 0.39 % del año 2005. Hay que tener en cuenta que los crecimientos en diámetro corresponden al aumento en tamaño del corcho (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	38,79	8,93	14,50	
2006	39,54	8,93	14,56	0,39
2007	40,12	8,93	14,68	0,83
2008	41,10	8,95	14,98	2,04
2009	41.62	8.95	15.46	3.20

Tabla 4.1: Diámetro medio, altura media, volumen medio y porcentaje de crecimiento respecto del año anterior durante los cinco años de estudio.

Las cintas diamétricas no han detectado grandes y significativos crecimientos en estos cinco años, si se pueden observar pequeños incrementos en la última mitad del año 2008 y en 2009 que han quedado reflejados también en los datos de crecimientos (Figura 4.2).

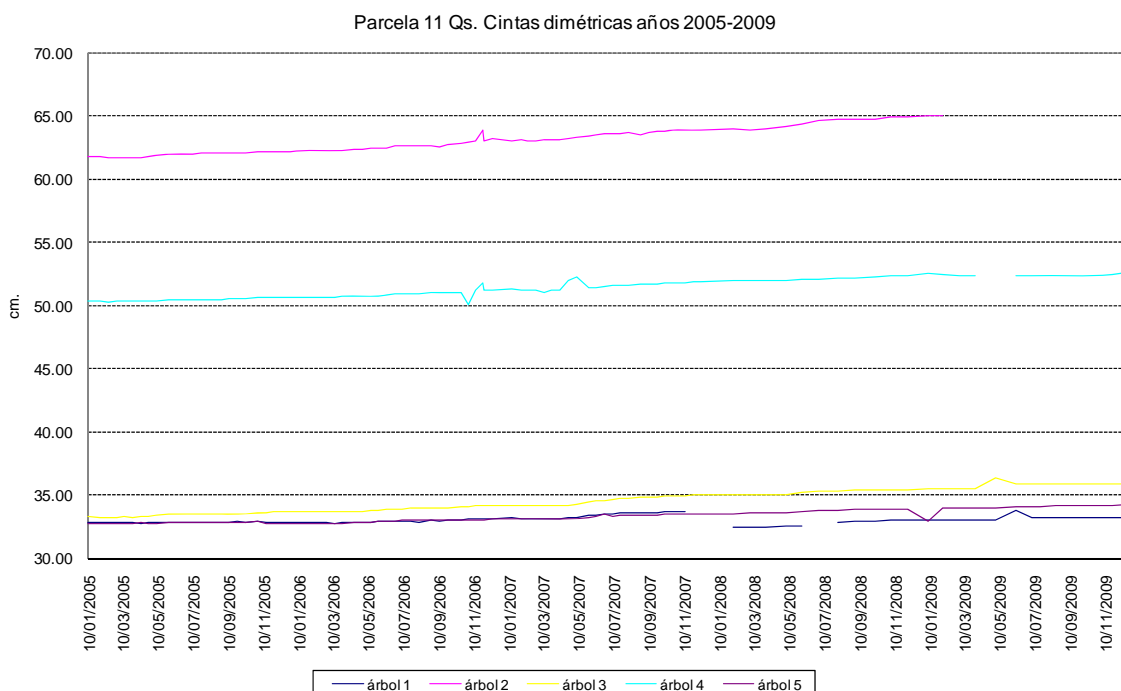


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los cinco árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

5. DESFRONDE

La producción de desfronde en la parcela 11 de *Quercus suber* del Nivel II en el año 2009, ha sido de 2724 kg·ha⁻¹·de desfronde. Si se compara con las producciones de los cuatro años de estudio anteriores, estas han oscilado entre 3173 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2006 y 4469 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2008 (Figura 5.1).

Como en años anteriores, los aportes mayoritarios del desfronde han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales medios del 62%, seguida de la fracción otros, con un 23%, y de la fracción ramas, con un 15% (Figura 5.2). En este año de estudio, los aportes de la fracción otros (corteza, ramas, yemas,...) han sido superiores a los obtenidos de media en años anteriores, 18%.

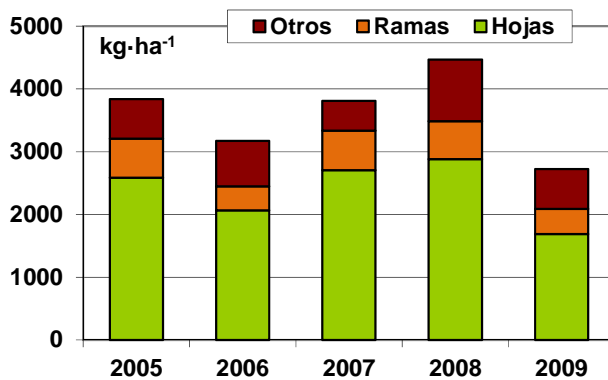


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

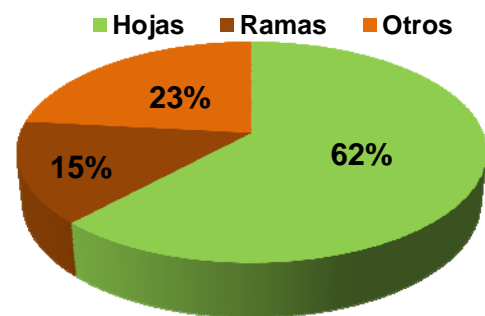


Figura 5.2: Distribución del porcentaje anual de las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) respecto del desfronde anual total en el año 2009.

En el estudio de la evolución mensual del desfronde (Figura 5.3), la mayor intensidad ha correspondido a los meses entre marzo y junio, adelantándose en un mes este año las máximas producciones respecto años anteriores. El máximo mensual alcanzado ha sido en mayo, con 710 kg·ha⁻¹. Los valores máximos en la fracción hoja han correspondido a los meses de mayo, agosto y abril, con 530, 232 y 206 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente.

Al igual que en años anteriores, la fracción otros ha alcanzado máximos en los meses de primavera, con 329 y 100 kg·ha⁻¹·mes⁻¹ en los meses de marzo y mayo, respectivamente. Los valores máximos en la fracción ramas han correspondido a los meses de mayo y octubre, con valores de 79 y 77 kg·ha⁻¹, respectivamente.

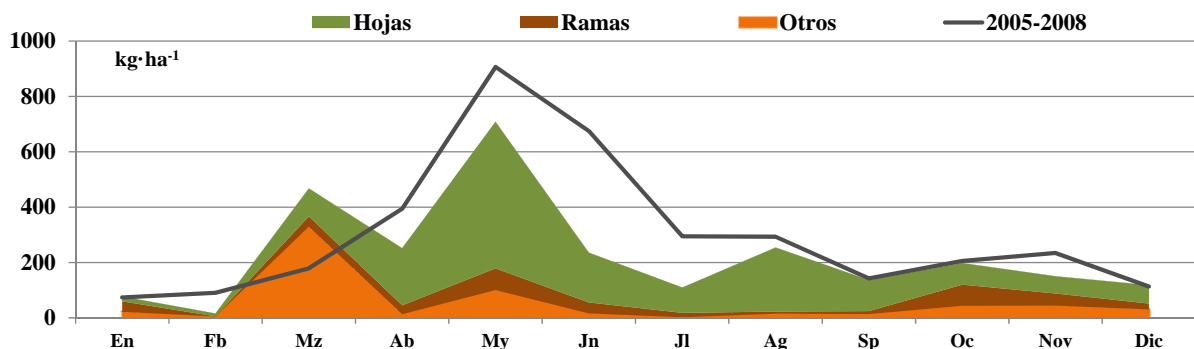


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

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.

11Qs	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	52.34	7.56	1.14	1.19	7.06	1.83	6.33
	Otros	54.16	13.30	1.07	0.62	23.36	1.13	1.23
	Ramas	52.55	5.86	0.58	0.61	11.98	1.28	4.48
Febrero	Hojas	52.34	7.56	1.14	1.19	7.06	1.83	6.33
	Otros	54.16	13.30	1.07	0.62	23.36	1.13	1.23
	Ramas	52.55	5.86	0.58	0.61	11.98	1.28	4.48
Marzo	Hojas	52.34	7.56	1.14	1.19	7.06	1.83	6.33
	Otros	54.16	13.30	1.07	0.62	23.36	1.13	1.23
	Ramas	52.55	5.86	0.58	0.61	11.98	1.28	4.48
Abril	Hojas	52.48	4.77	0.95	0.98	7.12	1.69	4.92
	Otros	50.26	18.00	1.39	1.46	7.47	2.10	8.80
	Ramas	52.55	5.86	0.58	0.61	11.98	1.28	4.48
Mayo	Hojas	52.58	5.09	1.07	0.90	7.55	1.77	4.61
	Otros	49.51	16.90	1.34	1.65	10.30	1.60	6.03
	Ramas	51.96	5.08	0.56	1.15	9.94	1.36	7.18
Junio	Hojas	52.93	6.01	1.15	0.86	7.54	1.94	4.83
	Otros	49.51	16.90	1.34	1.65	10.30	1.60	6.03
	Ramas	51.98	4.93	1.12	1.12	11.06	1.39	7.66
Julio	Hojas	52.17	4.47	0.90	0.89	7.29	1.73	4.69
	Otros	49.51	16.90	1.34	1.65	10.30	1.60	6.03
	Ramas	51.98	4.93	1.12	1.12	11.06	1.39	7.66
Agosto	Hojas	52.93	4.57	1.05	1.04	8.95	2.21	6.33
	Otros	49.51	16.90	1.34	1.65	10.30	1.60	6.03
	Ramas	51.98	4.93	1.12	1.12	11.06	1.39	7.66
Septiembre	Hojas	52.76	4.62	0.98	0.88	8.87	2.26	6.04
	Otros	49.51	16.90	1.34	1.65	10.30	1.60	6.03
	Ramas	51.98	4.93	1.12	1.12	11.06	1.39	7.66
Octubre	Hojas	52.97	4.65	1.18	0.83	9.11	1.95	4.99
	Otros	49.51	16.90	1.34	1.65	10.30	1.60	6.03
	Ramas	52.45	4.21	0.85	0.98	10.19	1.19	6.10
Noviembre	Hojas	52.12	4.79	1.04	0.97	9.67	1.97	4.04
	Otros	49.32	10.87	1.31	1.18	3.74	0.85	10.13
	Ramas	52.51	4.52	0.82	0.94	11.65	1.37	5.64
Diciembre	Hojas	52.73	6.86	0.81	0.83	9.01	1.79	2.80
	Otros	49.32	10.87	1.31	1.18	3.74	0.85	10.13
	Ramas	52.51	4.52	0.82	0.94	11.65	1.37	5.64

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 11Qs durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono en las tres fracciones de desfronde mensual a lo largo del año de estudio han sido en todos los meses y fracciones superiores a 50 g·kg⁻¹ (Tabla 5.1).

En la fracción hojas, se han encontrado concentraciones medias más bajas de N en primavera y comienzo de verano, con mínimos de 4,77 g·kg⁻¹ exceptuando en el mes de junio, con 6.01 g·kg⁻¹, y, máximas concentraciones en la mezcla de los tres primeros meses del año, con 8.6 g·kg⁻¹ de nitrógeno foliar. El azufre en hoja se ha mantenido estable a lo largo del año

con valores comprendidos entre 0,8-1.2 g·kg⁻¹. Los valores de P en hoja han ido disminuyendo a lo largo del año, exceptuando los meses de agosto, 1.04 g·kg⁻¹ y noviembre, 0.97 g·kg⁻¹. Las concentraciones de calcio en hojas han ido aumentando a lo largo del año, con valores que han oscilado entre 7.06 y 9.67 g·kg⁻¹ mensuales.

En la fracción otros, se han encontrado concentraciones inferiores a las medias de años anteriores en P (17 g·kg⁻¹), K (9.5 g·kg⁻¹) y Mg (8.4 g·kg⁻¹). En la fracción ramas, los contenidos medios no presentan una tendencia clara.

En total, la parcela 11Qs ha aportado al suelo con el desfronde unos valores de Carbono de 1423 kg·ha⁻¹·año⁻¹, valores inferiores a años anteriores, comprendidos entre 1600 kg·ha⁻¹ en el año 2006 y 2297 kg·ha⁻¹ en el año 2008.

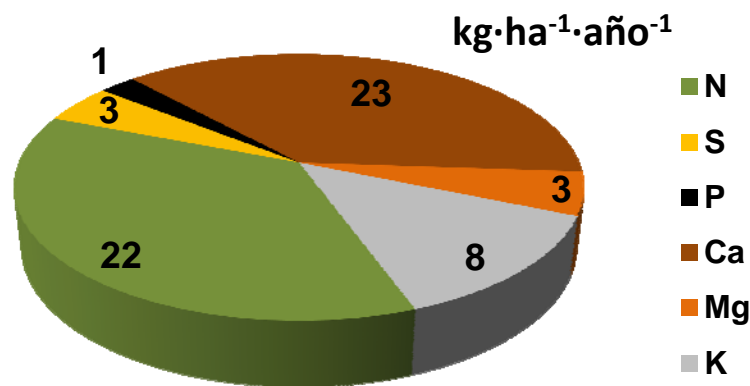


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en kg·ha⁻¹·año⁻¹ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 11Qs.

El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de 68 kg·ha⁻¹·año⁻¹, con valores en los años de estudio anteriores que oscilaban entre 92 y 117 kg·ha⁻¹·año⁻¹. Los aportes de nutrientes mayoritarios han correspondido al calcio (23 kg·ha⁻¹·año⁻¹), seguido muy de cerca de nitrógeno (22 kg·ha⁻¹·año⁻¹) y de potasio con 8 kg·ha⁻¹·año⁻¹ (Figura 5.3).

6. NUTRICIÓN FOLIAR

Los resultados obtenidos del peso de 100 hojas y de los contenidos foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, calcio, fósforo, magnesio y potasio), así como el contenido de carbono en hojas de la especie *Quercus suber* correspondientes a los brotes del año 2008 y 2009 se resumen en la Tabla 6.1.

El muestreo de las hojas se ha realizado en el mes de diciembre, época de parada vegetativa. 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	11.38	530.40	11.99	1.25	1.57	6.58	2.09	4.08
2009	10.00	531.20	12.96	1.30	1.42	6.22	2.02	4.64

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.

Los nutrientes analizados tanto en las hojas del brote del año en curso como en las del brote del año anterior presentan según sus contenidos el siguiente orden: N>Ca>K>Mg>P>S. Los contenidos foliares de nutrientes y el peso de 100 hojas presentan muy poca variación entre los brotes de los dos años muestreados (Tabla 6.1). En el caso del peso de 100 hojas, este ha sido ligeramente más alto en las hojas del brote del año 2008 (11.4 g) que en las hojas del año en curso (10.0 g), lo que puede reflejar la influencia de la precipitación total anual en el desarrollo de la masa foliar ya que en el año 2008 la precipitación total anual fue mayor (677 mm, Informe 2005-2008) que en el año 2009, 520 mm (Tabla 7.1).

Para estudiar la variabilidad temporal del desarrollo de la masa foliar y de los contenidos foliares de nutrientes en la especie *Q. suber* se representan los resultados obtenidos desde el año 2005 hasta el año 2009 (Figura 6.1 y 6.2).

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 más bajo ha correspondido al año 2005 (9.2 g) y el más alto (11.4 g) al año 2008, este dato coincide con el hecho de que el año 2005 fue el año con menor precipitación total anual, 467 mm (Informe 2005-2008), lo que podría haber influido en el desarrollo de la masa foliar. En el año 2009 se observa una disminución de la masa foliar respecto al año 2008, este hecho reflejaría la menor precipitación total anual presentada en el año 2009 (520 mm) respecto al año 2008 (677 mm, Informe 2005-2008). El contenido de C aumenta ligeramente a lo largo de los 4 años de muestreo pasando de 51.0 % en el año 2005 a 53.1 % en el año 2009.

En cuanto a la variación del contenido foliar de nutrientes (Figura 6.2) se observa que el contenido de N más alto ha correspondido al año 2005 (14.1 mg.g⁻¹), dicho contenido disminuye progresivamente en los años 2007 y 2008 y aumenta ligeramente en el último año de muestreo presentando un contenido foliar de 13.0 mg.g⁻¹, similar al presentado en el año 2007.

Los contenidos de S, P y Mg se mantienen más o menos constantes a lo largo de los últimos 4 años de muestreo. Se observa una disminución progresiva del contenido foliar de K en los primeros tres años de estudio, pasando de 5.1 mg.g⁻¹ en el año 2005 a 4.1 mg.g⁻¹ en el año 2008, presentando un ligero aumento en el año 2009 (4.6 mg.g⁻¹). Se observa un aumento

de los contenidos de Ca en los años 2008 ($6.58 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y 2009 ($6.22 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), respecto a los años 2007 ($4.37 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y 2005 ($4.96 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$).

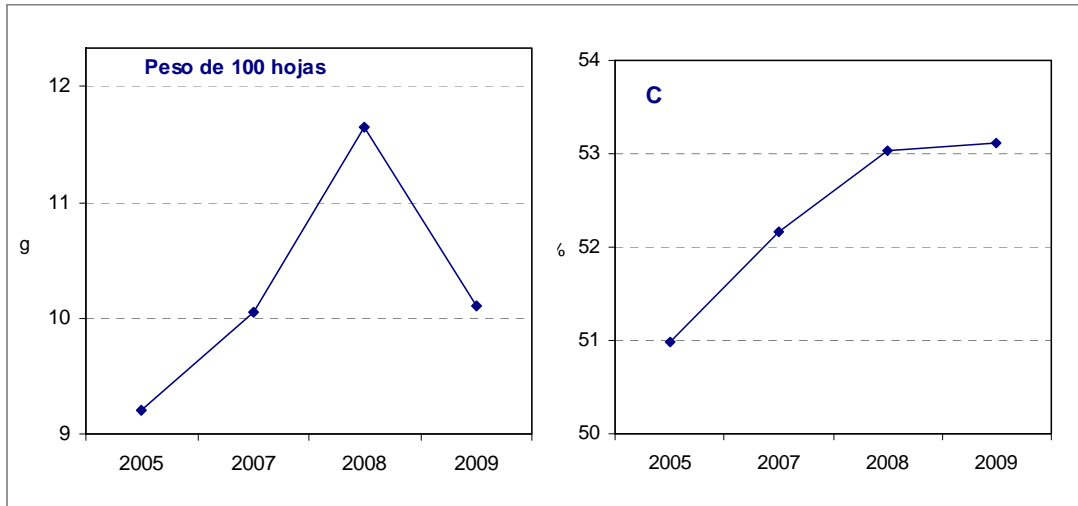


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 100 hojas (g) de la especie *Q. suber* durante el periodo 2005-2009. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C

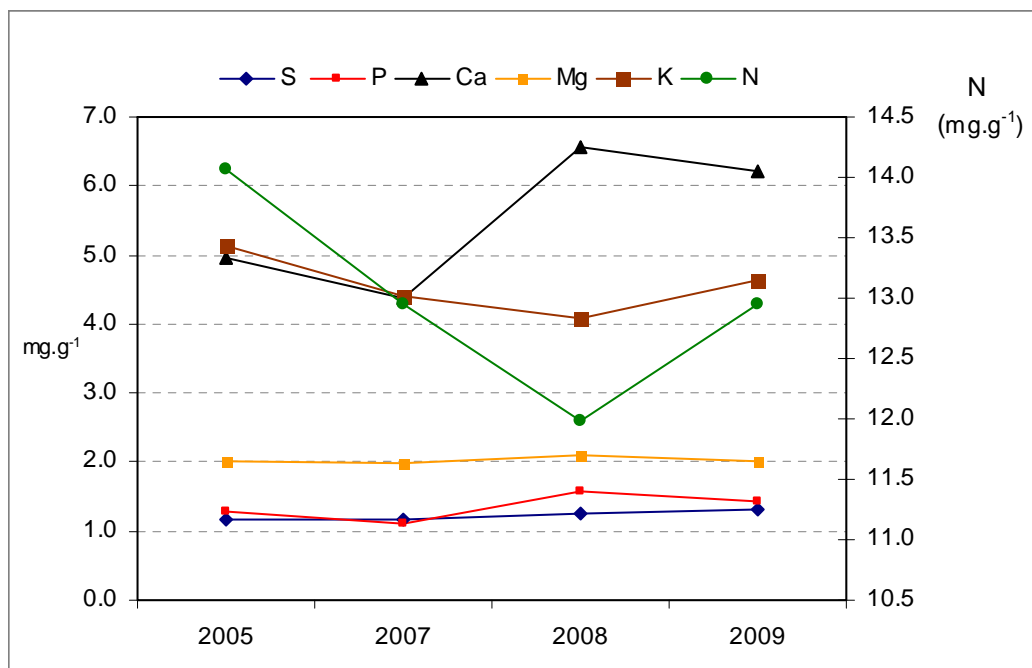


Figura 6.2: Contenidos foliares ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *Q. suber* durante el periodo 2005-2009. Los resultados están dados a 105°C

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

Para estudiar la variabilidad geográfica comparamos los contenidos medios foliares de nutrientes así como el peso medio de 100 hojas de la especie *Q. suber* en la parcela 11 situada en Cáceres, en la parcela 4 situada en Gerona y en la parcela 17 situada en Cádiz, pertenecientes a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II (Fig. 6.1.1).

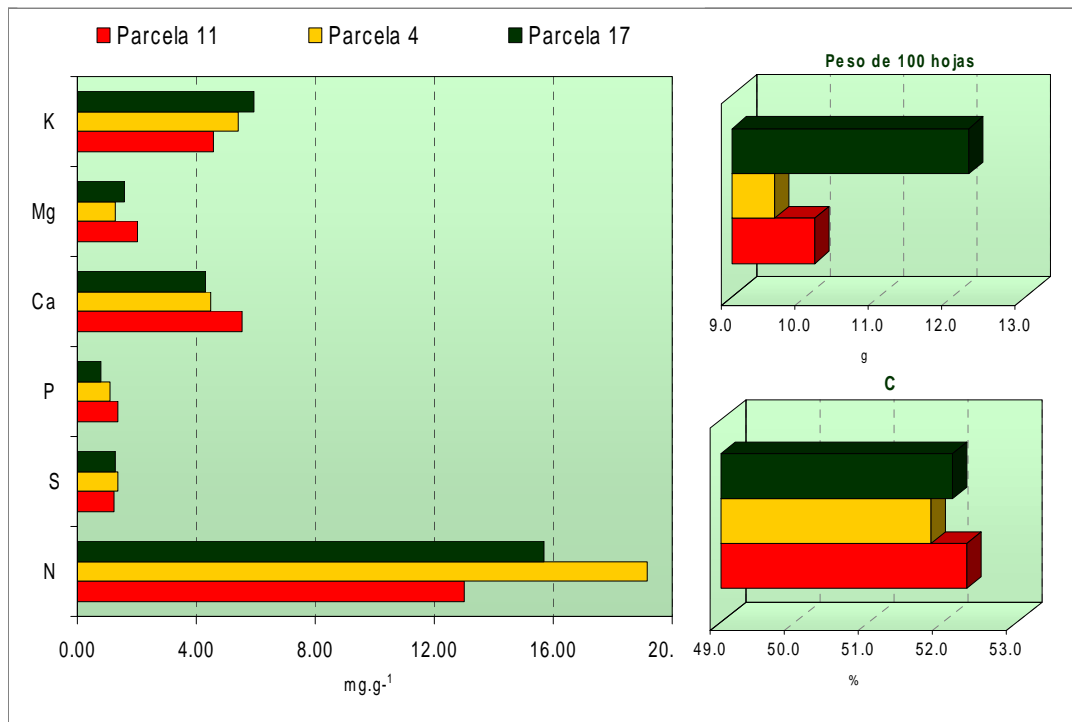


Figura 6.1.1. Contenidos medios foliares ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en tres parcelas de *Q. suber* de la red nacional de Nivel II. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los datos de la parcela 11 son medias de 4 años (2005, 2007, 2008 y 2009) y los datos de las parcelas 4 y 17 son medias de 2 años (2005 y 2007).

La especie *Q. suber* presenta mayor masa media foliar en la parcela 17 situada en Cádiz (12.2 g), que en el resto de las parcelas estudiadas. El contenido medio de C es muy similar entre las tres parcelas presentando un rango de variación muy estrecho, entre 51.8 y 52.3 %.

El contenido medio foliar más bajo de N ha correspondido a los árboles de la parcela de Cáceres ($13.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y el más alto a los de la parcela de Gerona ($19.2 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). El contenido medio foliar más bajo de K ($4.6 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) también lo presenta los árboles de la parcela de Cáceres, sin embargo dicha parcela presenta los contenidos medios foliares más altos de Ca ($5.5 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$), P ($1.4 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$) y Mg ($2.0 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$). Los contenidos medios foliares de S son muy similares en los árboles de las tres parcelas estudiadas presentando un rango de variación muy estrecho entre 1.2 y $1.4 \text{ mg}\cdot\text{g}^{-1}$.

7. DEPOSICIÓN ATMÓSFERICA

En la Tabla 7.1 se presentan datos 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 (a 25°C), pH, Ca, Mg, Na, K, Cl, N- NO_3 , S- SO_4 , N- NH_4 y alcalinidad (alk), elementos mayoritarios presentes en el agua de precipitación analizados en la parcela 11 de *Quercus suber* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		461	520

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	47	6.01	7.28	2.19	2.73	0.80	0.40	1.73	1.50	6.43	93
		(13-122)	(5.53-6.65)	(0.81-24.45)	(0.70-4.15)	(0.28-8.85)	(0.09-2.23)	(0.01-1.49)	(0.01-7.81)	(0.12-8.51)	(1.21-25.67)	(10-348)
n=10	Pi	20	5.84	1.25	1.18	0.92	0.18	0.38	0.59	0.65	2.94	23
		(10-29)	(5.15-6.55)	(0.11-3.99)	(0.67-1.84)	(0.30-1.55)	(0.07-0.34)	(0.03-1.06)	(0.15-3.07)	(0.20-2.40)	(1.06-6.37)	(1-46)

Tabla 7.1. Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 11 durante el año 2009. pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración media, mínimos y máximos ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N- NH_4 , N- NO_3 , S- SO_4 , Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$). N es el número de periodos muestreados con una cantidad de precipitación superior a 2 mm. Los datos son medias de los periodos muestreados en cada año.

El rango de valores de pH en la precipitación incidente varía entre un mínimo de 5.2 y un máximo de 6.6 con un valor medio de 5.8, ligeramente más ácido que el presentado en el agua de trascolación (6.0) debido principalmente a que la concentración total de cationes es mayor en el agua de trascolación que en la precipitación incidente.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un estrecho rango de variación entre 10 y 29 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, con un valor medio de 20 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ inferior al presentado en el agua de trascolación (47 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Se trata en general de soluciones ligeramente ácidas y con baja carga iónica. En la precipitación incidente la concentración media del anión sulfato (0.65 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de origen principalmente industrial es ligeramente superior a la concentración media de los nitratos (0.59 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) procedentes principalmente del tráfico rodado.

El agua de lluvia va a modificar su composición química al atravesar el dosel arbóreo aumentando las concentraciones medias de todos los iones en el agua de trascolación. El ión que más va a modificar su concentración es el K ya que presenta una concentración media de 7.3 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$, muy elevada respecto a la concentración media de K en la precipitación incidente (1.25 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), lo que refleja que el K es un nutriente absorbido por las hojas y que va a ser fácilmente lixiviado a través de las hojas aumentando su concentración en el agua de trascolación. El amonio es el elemento que menos modifica su concentración en el agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea. Los nitratos y sulfatos aumentan su concentración en el agua de trascolación debido principalmente a la influencia de la deposición seca.

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).

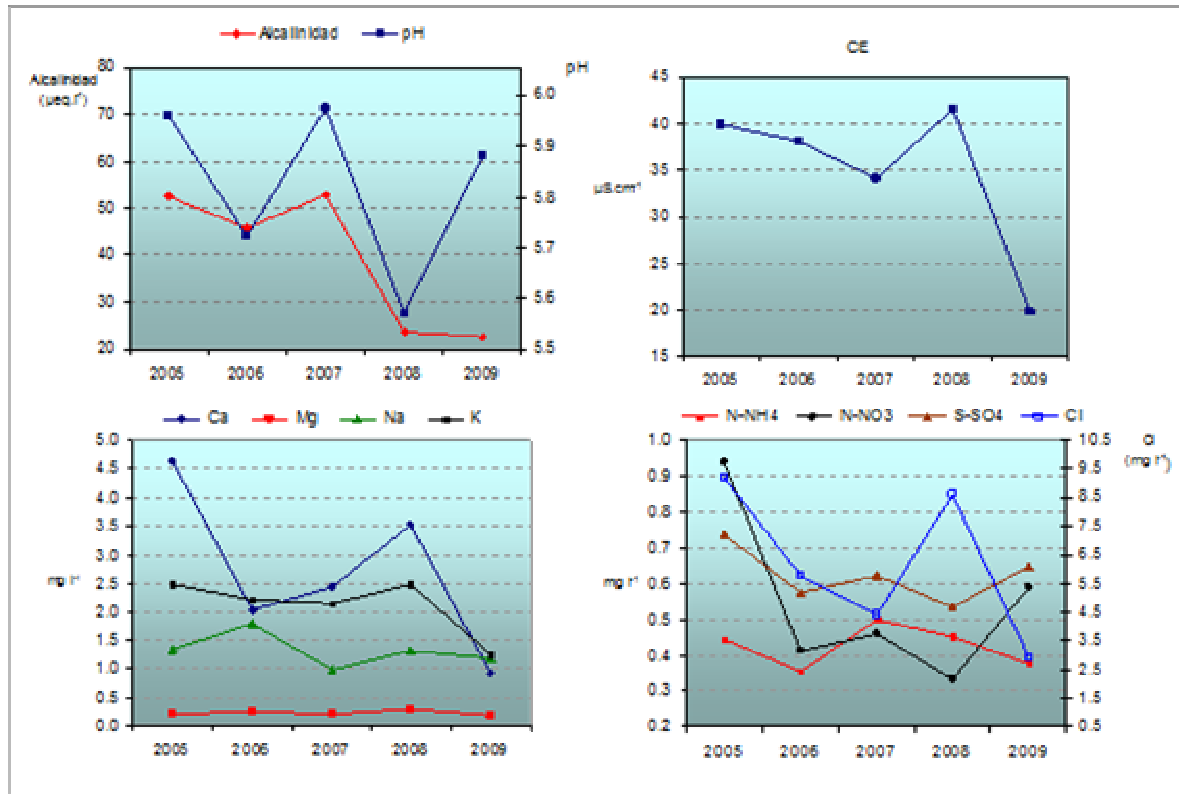


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de trascolación (T) y en el agua de precipitación incidente (Pi).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

El valor medio de pH en la precipitación incidente en el año 2009 ha aumentado 0.3 unidades de pH respecto al año 2008. La concentración media de alcalinidad en el año 2009 ($24 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) ha sido muy similar a la del año 2008 e inferior a la determinada en años anteriores y que han presentado valores medios que han variado entre 46 y $53 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$.

El valor medio de la conductividad eléctrica en el año 2009 ha disminuido prácticamente a la mitad ($20 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) respecto a los años anteriores de muestreo que han presentado valores medios que han variado entre 34 y $40 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$.

Las concentraciones medias en el agua de lluvia de todos los cationes han disminuido en el año 2009 respecto a las determinadas en los años anteriores, hay que destacar el catión Ca que ha disminuido su concentración media de $3.5 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2008 a $0.9 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009 y en menor medida el K que ha disminuido su concentración media de $2.3 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en los años 2005-2008 a una concentración media de $1.2 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009.

Las concentraciones medias de los aniones sulfatos y nitratos han aumentado en el año 2009 respecto a las obtenidas en los años 2006, 2007 y 2008. Estos resultados coinciden con el hecho de que el año 2009 ha sido el año de menor precipitación total anual (514 mm) junto con el año 2005 (467 mm, Informe 2005-2008), lo que puede reflejar la influencia de la deposición seca en la concentración de dichos iones en el agua de lluvia.

En la Tabla 7.2 se presenta cantidad de precipitación incidente (Pi) (mm) y cantidad de agua de trascolación (T) (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 ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) de los 12 periodos quincenales (P) muestreados en el año 2009. Se presentan los datos en los que la precipitación quincenal ha sido superior a 2mm.

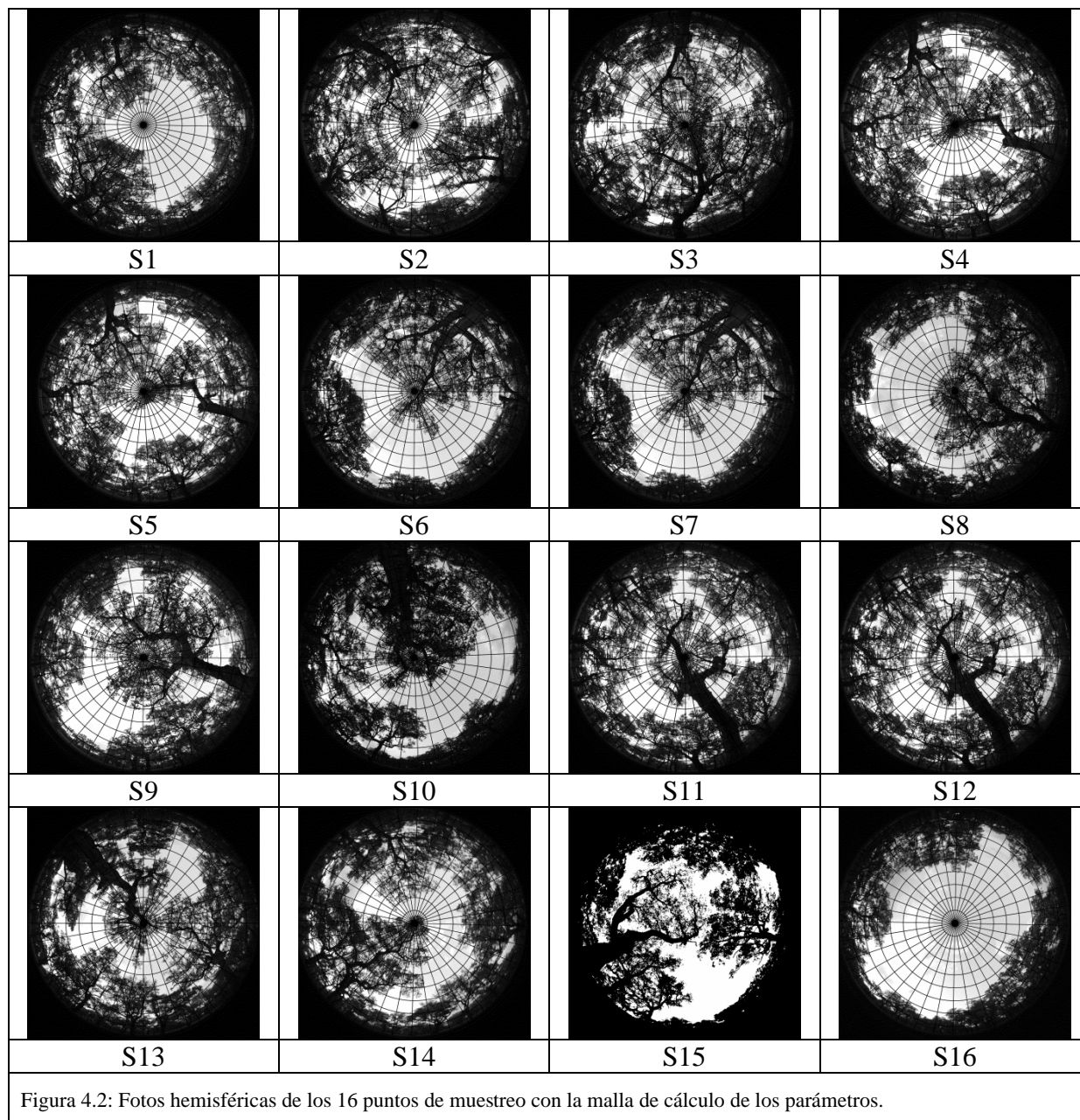
P	cantidad agua mm	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk	
			$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$	
Pi	1	169	5.15	18	1.05	0.17	1.02	0.40	0.26	0.15	0.27	4.08	1
	2	50	5.43	29	1.45	0.26	1.63	2.28	0.27	0.21	0.29	6.37	11
	4	28	6.55	15	0.77	0.11	0.77	0.81	0.47	0.15	0.25	1.56	45
	5	19	6.03	27	1.55	0.34	1.66	3.99	0.03	0.17	0.81	2.12	44
	10	65	5.76	10	0.39	0.07	0.70	0.25	0.05	0.20	0.30	1.06	8
	11	26	6.32	28	0.96	0.23	1.84	0.91	0.75	0.59	0.65	2.67	46
12	149	5.68	10	0.30	0.07	0.67	0.11	0.13	0.16	0.20	1.30	4	
T	1	152	5.70	19	1.04	0.20	1.19	1.18	0.11	0.18	0.27	4.04	10
	2	40	5.80	25	0.88	0.25	1.91	2.26	0.09	0.18	0.28	5.57	24
	4	16	6.63	29	0.84	0.41	1.21	5.76	0.01	0.01	0.12	2.45	105
	5	10	6.21	96	2.76	1.85	2.43	24.45	0.26	0.21	0.90	5.02	348
	9	3		122	8.85	2.23	4.15	13.27	0.77	7.81	1.67	5.28	
	10	65	5.57	21	0.62	0.25	0.87	2.57	0.14	0.62	0.32	1.73	39
11	21	6.65	52	1.53	0.49	3.16	5.23	0.89	0.84	0.84	5.13	108	
12	150	5.53	13	0.28	0.09	0.70	0.81	0.16	0.18	0.18	1.21	14	

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 11 Ppa 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 18 de Agosto del 2009 entre las 19:30 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 $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$.
- LAI 5 Ring: Es el índice de área foliar efectiva integrada en el ángulo cenital de 0 a 75. Unidad de medida $\text{mol m}^{-2}\text{d}^{-1}$.
- Trans Direct: Es la cantidad de radiación solar directa transmitida por el dosel.
- Trans Diffuse: Es la cantidad de radiación solar difusa transmitida por el dosel.
- Trans Total: Es la suma de Trans Direct y Trans Diffuse.
- % Trans Direct: Es la relación de Trans Direct y la radiación directa sobre una superficie horizontal multiplicada por 100.
- % Trans Diffuse: Es la relación entre la Trans Diffuse y radiación difusa sobre una superficie horizontal multiplicada por 100.
- % Trans Total: Es la relación entre Trans Total y radiación total sobre una superficie horizontal multiplicada por 100.

En la parcela 10Ppa se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde 30.41 a 40.80% de cielo abierto por la distancia entre copas de los árboles y la transparencia de copa. Es el motivo por el que el índice de área foliar 4 (0 a 60°) cenitales o el área foliar 5 (0 a 75°) es bajo, menos que los datos de índice de área foliar propios de coníferas (entre 1 y 2).

Parcela	Sitio	% Sky Area	%Mask Area	%Cnp Open	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	% Trans Dir	% Trans Dif	% Trans Tot
11	1	99.89	0.11	39.09	0.73	0.85	4.98	7.95	12.93	34.00	54.32	44.16
11	2	99.91	0.09	35.13	1.07	0.91	5.72	6.57	12.29	39.05	44.88	41.97
11	3	99.90	0.10	29.49	1.15	1.16	7.26	5.37	12.63	49.57	36.67	43.12
11	4	99.88	0.12	32.99	1.17	0.98	6.61	6.19	12.80	45.15	42.26	43.70
11	5	99.90	0.10	35.17	0.97	0.92	5.99	6.72	12.71	40.91	45.90	43.41
11	6	99.88	0.12	33.76	1.03	0.98	6.20	6.19	12.39	42.35	42.27	42.31
11	7	99.89	0.11	39.18	0.68	0.83	9.41	7.59	17.01	64.28	51.88	58.08
11	8	99.89	0.11	36.38	0.73	0.95	11.61	7.02	18.63	79.28	47.97	63.63
11	9	99.90	0.10	36.97	0.99	0.92	9.37	6.36	15.73	63.99	43.47	53.73
11	10	99.88	0.12	33.66	1.17	1.07	5.65	5.82	11.47	38.57	39.75	39.16
11	11	99.88	0.12	31.78	1.09	1.12	7.63	5.99	13.62	52.11	40.93	46.53
11	12	99.89	0.11	32.63	1.03	1.07	4.39	6.48	10.88	30.02	44.29	37.15
11	13	99.89	0.11	32.14	1.03	1.06	6.14	6.31	12.46	41.96	43.13	42.55
11	14	99.89	0.11	37.02	0.90	0.93	5.76	7.16	12.92	39.36	48.88	44.12
11	15	99.91	0.09	35.63	1.09	0.93	5.18	6.39	11.57	35.40	43.64	39.51
11	16	99.88	0.12	61.35	0.18	0.32	11.82	11.79	23.62	80.75	80.54	80.65
Total		99.89	0.11	36.40	0.94	0.94	7.11	6.87	13.98	48.55	46.92	47.74

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.

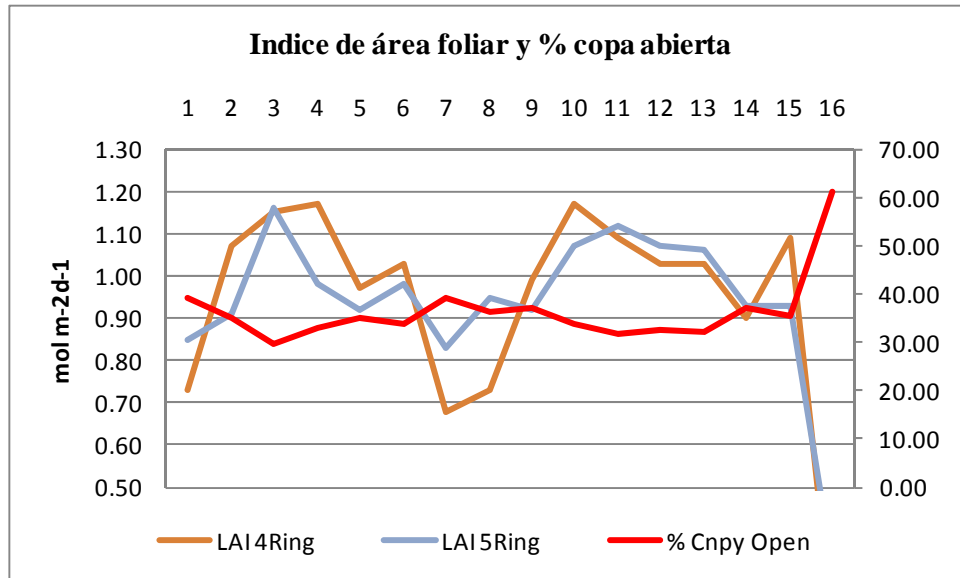
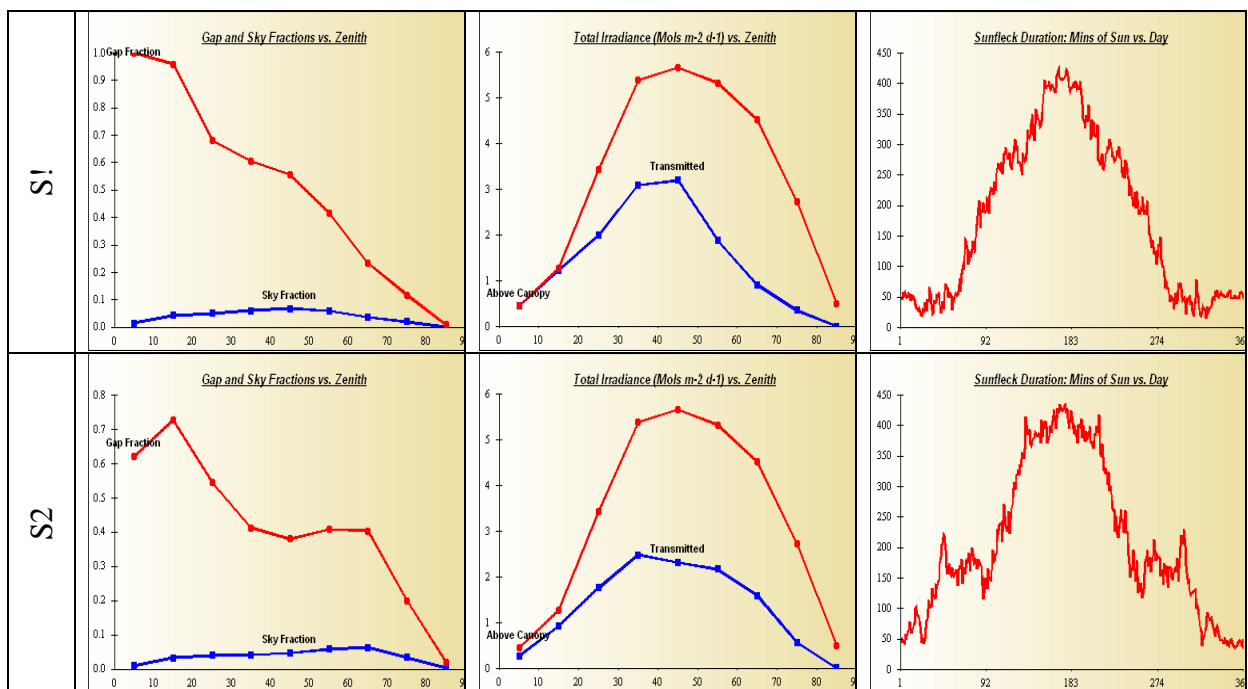
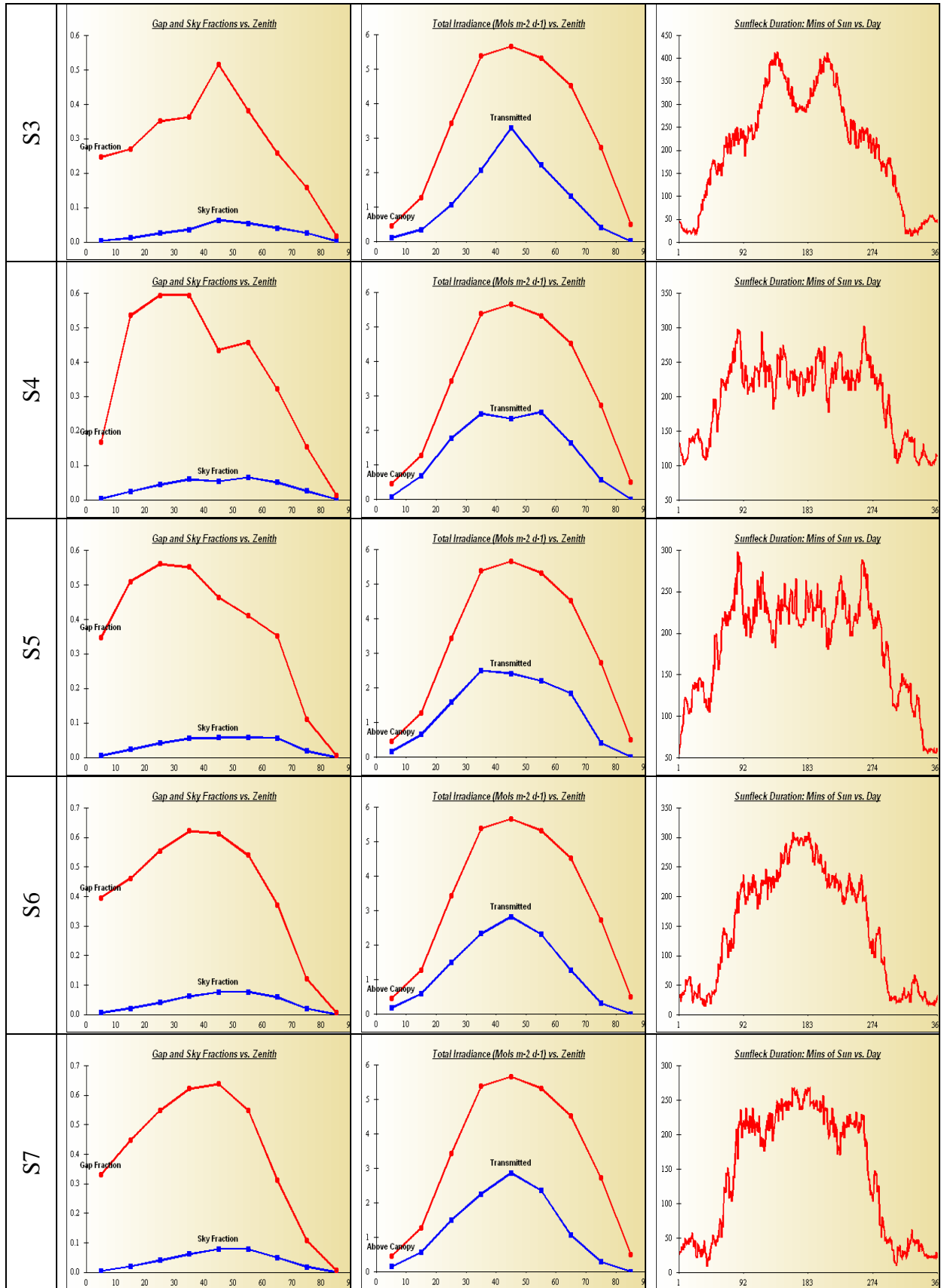


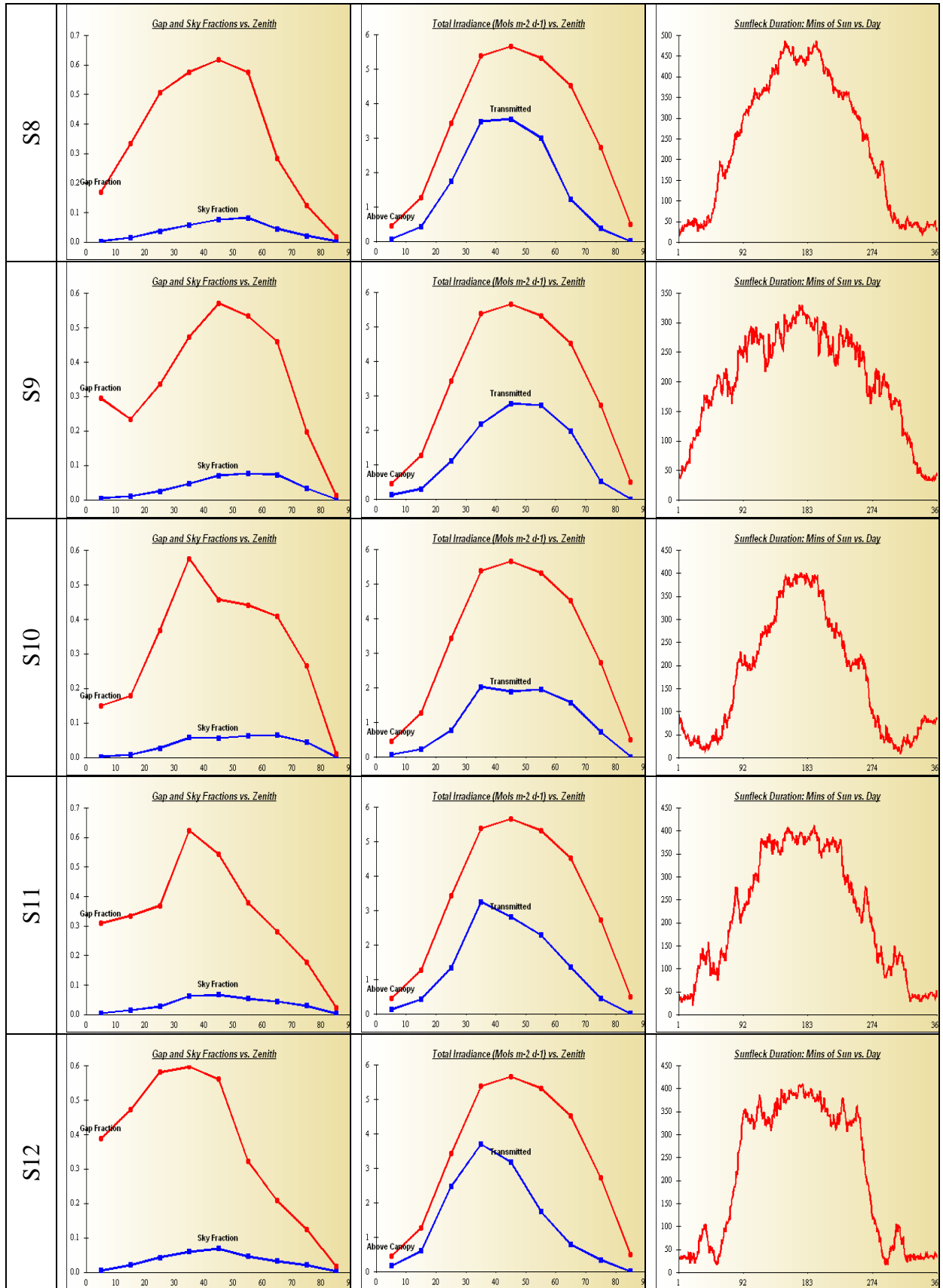
Figura 8.4: Valores de índice de área foliar y de porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

En los siguientes gráficos se pueden observar: la zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiación 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 horizonte al cenit de 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.







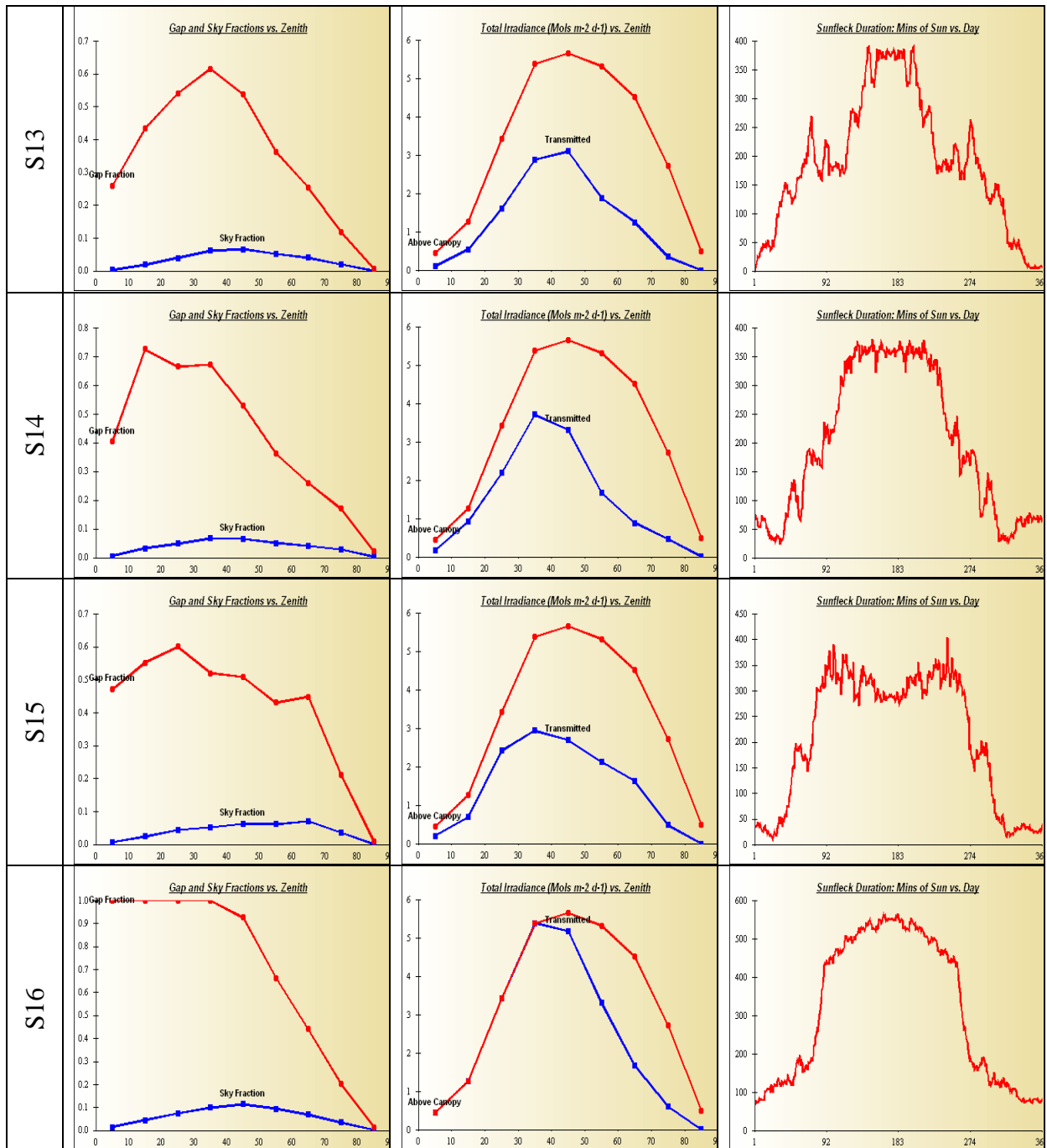


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 11Qs 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.

11Qs	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	21.3
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	20.2
Grupo 5	Herbaceas	58.2

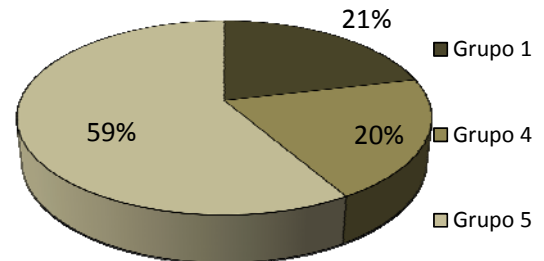


Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 10Ppa durante el año 2009

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

El grupo mayoritario según la clasificación utilizada ha sido el grupo 5, correspondiente a plantas herbáceas, con casi el 60% de toda la vegetación muestreada (Figura 9.1); los grupos correspondientes a musgo y poáceas, ciperáceas y juncáceas han tenido una presencia similar, en torno al 20% cada uno. En total, la biomasa no arbórea presente en la parcela ha sido de 100 kg·ha⁻¹.

En el momento de la recogida, no se han encontrado en los ocho puntos de muestreo, vegetación correspondiente a los grupos de helechos, líquenes así como matorrales perennes o caducos.

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 38 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de las herbáceas (21 kg·ha⁻¹); los grupos de musgo y de poáceas, ciperáceas y juncáceas han retenido a su vez 17 kg·ha⁻¹. Los macronutrientes retenidos por la vegetación mayoritariamente han sido N, K y Ca en los grupos anteriormente citados (Figura 9.3).

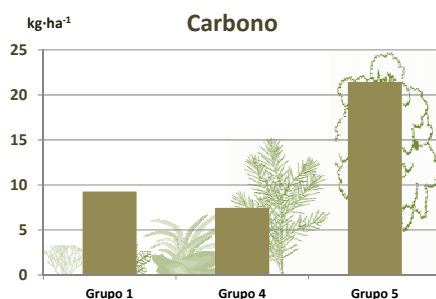


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

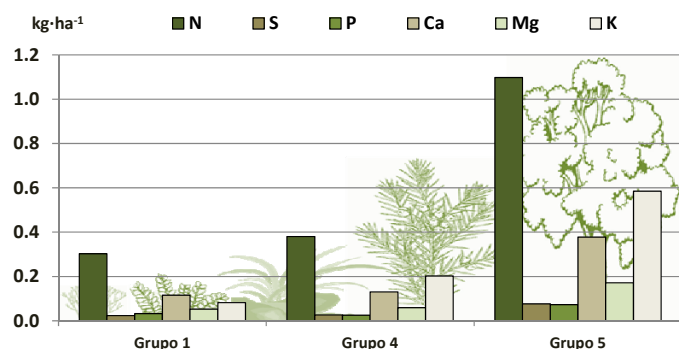


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela se encuentra sobre un material resultante de la alteración de pizarras oscuras ricas en hierro. Los perfiles característicos de la zona de estudio son Acrisol Háplico (A/B_t/R) y un Leptosol Dístico (A/R).

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl₂ ácido, con valores medios en la capa orgánica de 4.72±0.16 y 5.03±0.09 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 descendentes con la profundidad de 4.34±0.20.

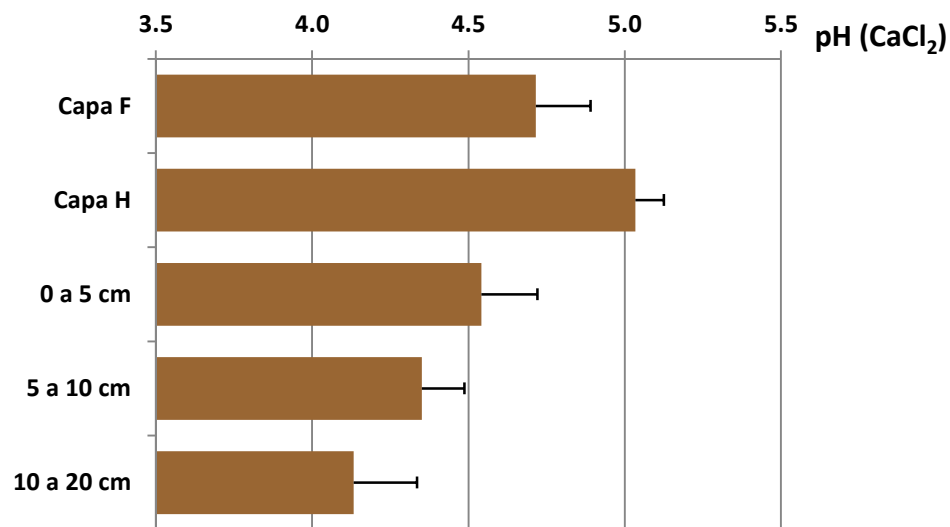


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl₂) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 298±97 g·kg⁻¹ y 95±54 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 19.57±3.64 g·kg⁻¹, con tendencia clara descendente en profundidad.

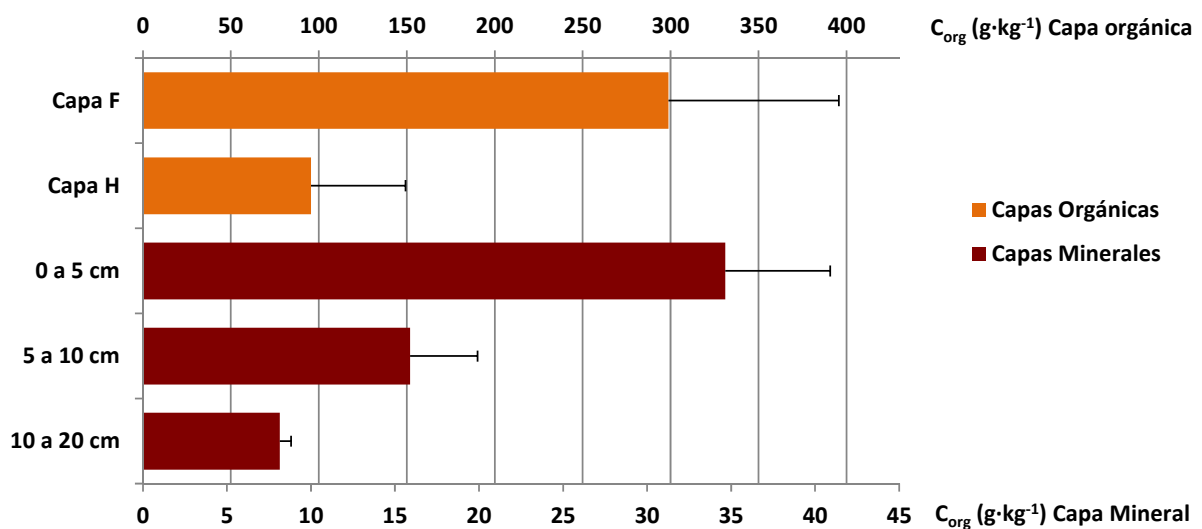


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa

H: capa de material orgánico humificado.

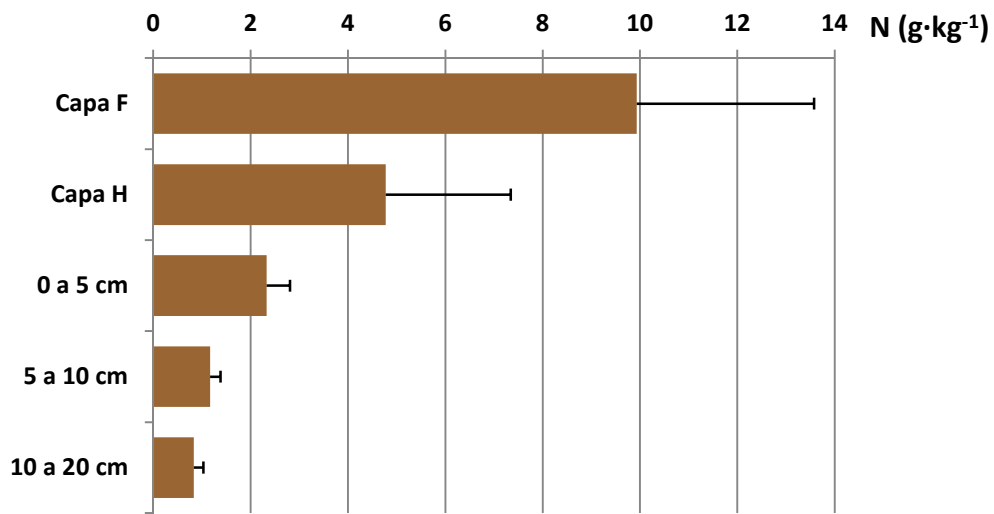


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido de 9.93±3.64 y 4.78±2.57 g·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 1.45±0.30 g·kg⁻¹, descendentes las concentraciones en profundidad.