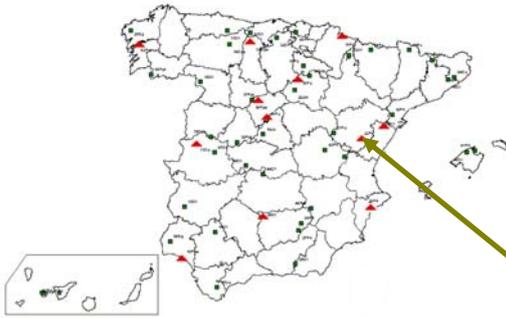


## PARCELA 22 *Pinus nigra* (Teruel)



### 1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 22 de *Pinus nigra* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

#### SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

**Provincia:** Teruel  
**Término Municipal:** Mora de Rubielos  
**Paraje:** La Olmedilla  
**Coordenadas (GPS)**  
**Latitud:** +40°19'00''  
**Longitud:** -00°44'00''  
**Altitud:** 1410 m s.n.m.  
**Orientación:** Sureste  
**Superficie Parcela:** 0,25 hectáreas

#### CARÁCTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de Pino salgareño.  
**Especie principal:** *Pinus nigra*  
**Edad media:** 81-100 años  
**Nº árboles de la especie principal:** 98  
**Nº árboles de otras especies:** 0

#### GEOLOGÍA Y SUELOS

**Litología:** Caliza común  
**Edafología:** Calcisol lúvico

#### VEGETACIÓN

Pinar de Pino salgareño (*Pinus nigra*) en tramo de regeneración, presentan copas estrechas y poco densas.

## 2. METEOROLOGÍA

El comportamiento meteorológico de los años 2006 a 2009 ha sido muy regular. Durante el año 2005, la estación meteorológica sufrió varias averías, por lo que no se han podido establecer los valores medios y extremos con exactitud para el año.; para el cálculo de la precipitación de este año se ha utilizado la obtenida en los pluviómetros instalados en la parcela (Tabla 2.1).

La precipitación ha sido el parámetro más variable en la parcela, comportándose de forma diferente, acusando la sequía los años 2005 y 2006 y recuperándose posteriormente. El año 2009 no ha tenido un comportamiento especial.

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											457
2006	1.3	22.7	166.1	11.0	31.8	-7.5	16.9	6.0	59.6	150.3	461
2007	1.5	21.6	172.6	9.3	33.4	-7.9	15.1	4.5	61.2	140.0	614
2008	1.4	20.8	166.5	8.9	29.7	-7.7	14.5	4.4	65.0	136.1	673
2009	1.4	25.0	166.0	10.0	32.7	-11.7	15.9	5.1	59.7	147.1	519

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.

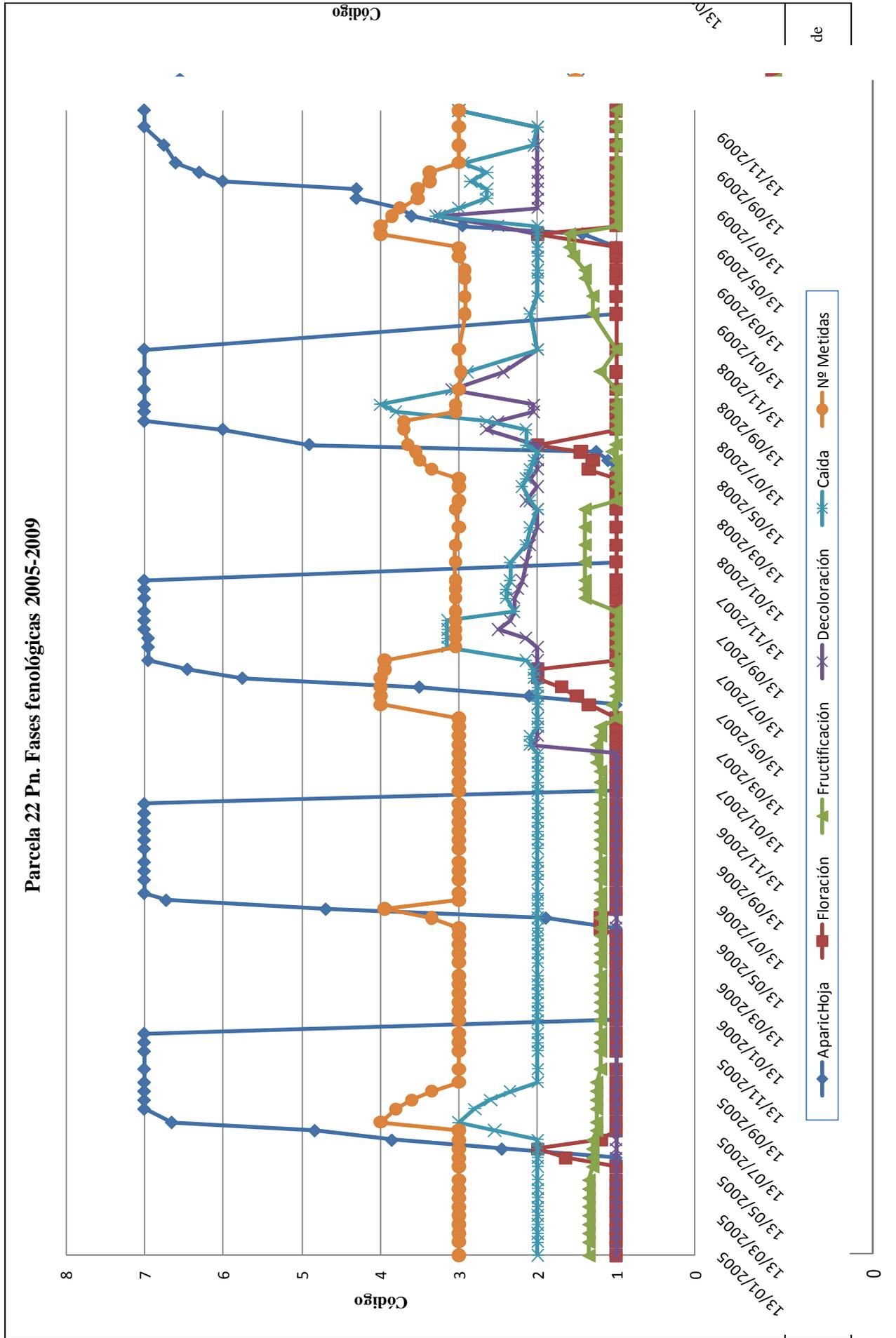
## 3. FENOLOGÍA

En las series fenológicas de los diferentes procesos en la parcela 22Pn, se puede observar:

- Aparición de la acícula: En los periodos de aparición de la hoja, no ha habido grandes cambios en el año 2009 en relación con el año 2008, salvo en el tiempo que tarda en cerrarse el proceso de aparición de la hoja, más espaciado debido a las precipitaciones primaverales y la escasez de lluvias estivales.
- Caída de la acícula: La caída de acícula se encuentra como regla general, reflejada con un 2, siempre hay un poco de caída de la acícula. aumenta un poco en el momento de más caída fenológica, no llegando a los valores altos del año 2008
- Decoloración: Los árboles de la parcela no presentaban decoloración hasta la primavera del 2007, en la que la decoloración aparece, pero con grado 2 (menos del 10%). En el otoño del 2007, la decoloración va aumentando y pasa a tener grado 3 (22 al 33%) en el otoño del año 2008. En el año 2009, los valores de decoloración son normales.
- 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 cuatro 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. En el año 2009 tiene valores normales.
- Fructificación: Mayor porcentaje de fructificación antes del periodo seco del 2005 y en el 2008- 2009.



Parcela 22 Pn. Fases fenológicas 2005-2009



### Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 22Pn se han observado los siguientes daños durante el año 2009:

*-Thaumetopoea pityocampa.-* Continúan hasta primavera los daños ligeros sobre algunos pies que empezaron a finales de 2008. Estos daños vuelven a aparecer a finales de agosto, prolongándose hasta acabar el año.

### 4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la masa forestal de la parcela 22Pn ha sido muy pequeño y, como se puede observar, solo ha habido crecimiento en diámetro y no en altura, En el año 2009 el crecimiento ha sido nulo (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Crecimiento (%)
2005	26.18	12.14	35.32	
2006	26.15	12.14	35.40	0.24
2007	26.36	12.14	35.81	1.15
2008	26.56	12.14	36.38	1.59
2009	26.56	12.14	36.38	0.00

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

Las cintas diamétricas han tenido pequeños y continuados crecimientos pero que no llegan a medio centímetro en el año 2009. En este año, y como consecuencia de la aplicación de la nueva normativa de FutMon, se han instalado 10 cintas diamétricas más en los árboles de la parcela (Figura 4.2).

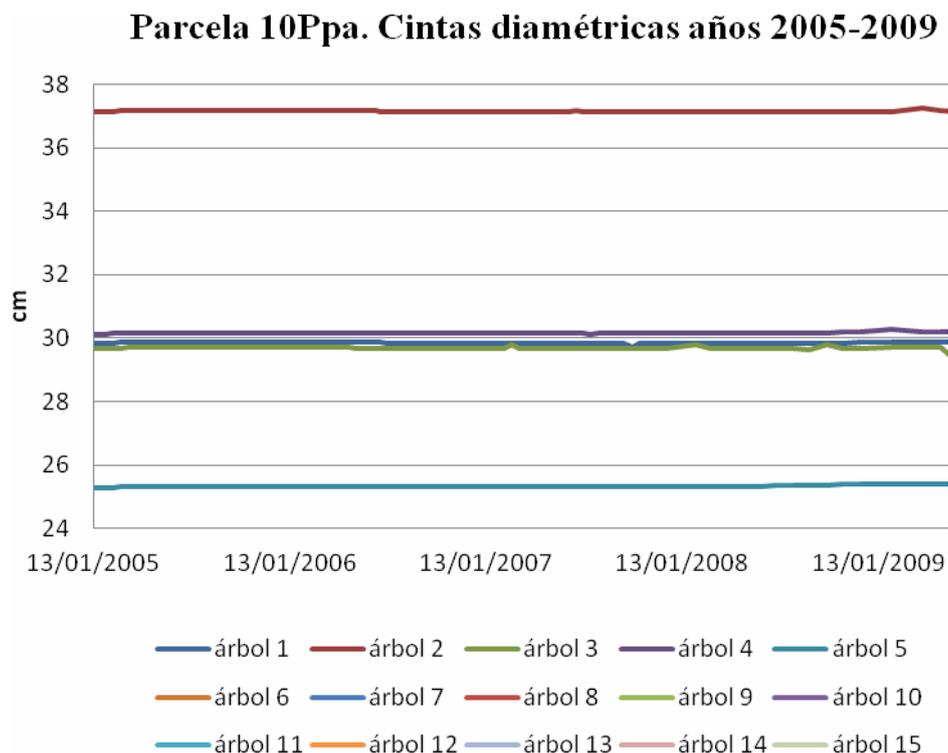


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétricos (cm) de los cinco árboles con cintas diamétricas en la parcela de estudio.

## 5. DESFRONDE

La parcela 22 de *Pinus nigra* de la Red de Nivel II, presenta unos rangos en la producción anual de desfronde durante el año 2009, de 4150 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>, valor máximo alcanzado durante los cuatro años de estudio completos, cuyos valores han oscilado entre 2300 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> en el año 2006 y 3754 kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup> en el año 2008 (Figura 5.1).

Al igual que años anteriores, y sin relevantes variaciones, los aportes mayoritarios del desfronde han correspondido a la fracción hojas, con un 64%, seguida de la fracción otros, con un 27%, y de la fracción ramas, con un 9% (Figura 5.2).

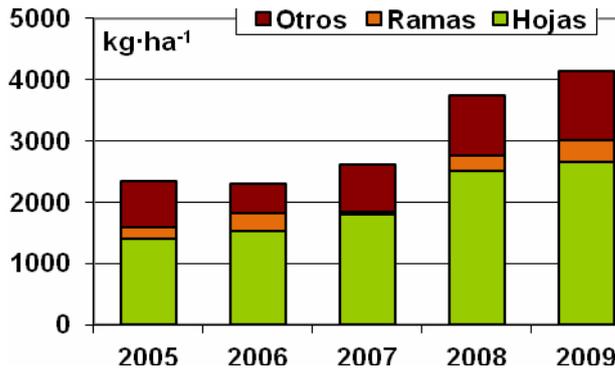


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha<sup>-1</sup>·año<sup>-1</sup>) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

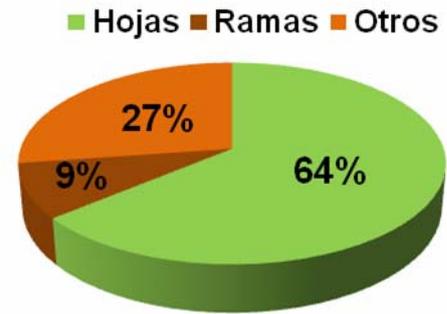


Figura 5.2: Distribución del porcentaje medio anual de las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) respecto del desfronde anual total del año 2009.

En el estudio de la evolución mensual del desfronde (Figura 5.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido, como en años anteriores, a los meses de verano, entre los meses de junio, julio y agosto, con producciones totales de 600, 1133 y 1395 kg·ha<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup>, respectivamente. Los valores máximos en la fracción hojas han correspondido a los meses de julio (859 kg·ha<sup>-1</sup>) y agosto (761 kg·ha<sup>-1</sup>) y también, en el mes de octubre (213 kg·ha<sup>-1</sup>).

La fracción otros ha alcanzado máximos en los meses de verano, con máximos de 464 kg·ha<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup> en agosto. La fracción ramas tiene máximos de peso principalmente en verano, con máximos de producciones de 170 kg·ha<sup>-1</sup> en agosto.

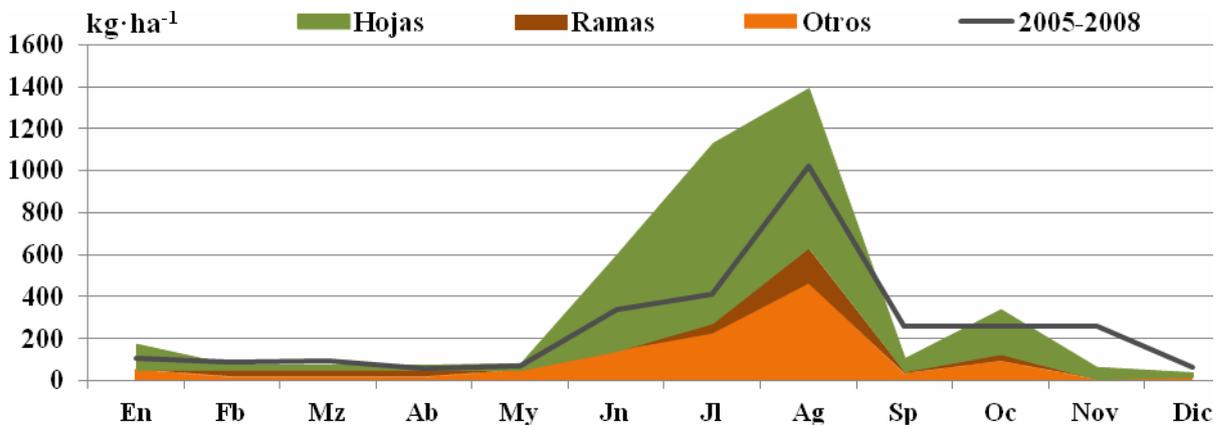


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha<sup>-1</sup>·mes<sup>-1</sup>) según las diferentes fracciones (hojas-rama-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

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.

22Pn	Fracción	g·kg <sup>-1</sup> (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	55.00	5.81	1.25	0.43	6.50	1.19	2.11
	Otros	52.69	6.16	1.52	0.31	5.38	0.46	0.86
	Ramas	53.83	3.66	1.00	0.14	11.37	0.35	0.51
Febrero	Hojas	54.24	6.40	1.19	0.42	6.02	1.00	2.18
	Otros	53.09	6.26	1.61	0.32	6.78	0.48	0.90
	Ramas	53.83	3.66	1.00	0.14	11.37	0.35	0.51
Marzo	Hojas	54.24	6.40	1.19	0.42	6.02	1.00	2.18
	Otros	53.09	6.26	1.61	0.32	6.78	0.48	0.90
	Ramas	53.83	3.66	1.00	0.14	11.37	0.35	0.51
Abril	Hojas	54.24	6.40	1.19	0.42	6.02	1.00	2.18
	Otros	53.09	6.26	1.61	0.32	6.78	0.48	0.90
	Ramas	53.83	3.66	1.00	0.14	11.37	0.35	0.51
Mayo	Hojas	54.24	6.40	1.19	0.42	6.02	1.00	2.18
	Otros	52.72	7.03	1.58	0.22	5.59	0.77	1.94
	Ramas	54.31	2.51	1.17	0.11	9.83	0.61	0.43
Junio	Hojas	55.38	3.53	0.97	0.22	8.11	1.40	1.86
	Otros	53.55	8.45	1.68	0.42	4.23	0.73	1.51
	Ramas	54.31	2.51	1.17	0.11	9.83	0.61	0.43
Julio	Hojas	54.58	3.36	1.01	0.18	6.36	1.01	1.61
	Otros	53.64	7.19	1.66	0.43	4.38	0.80	2.11
	Ramas	54.31	2.51	1.17	0.11	9.83	0.61	0.43
Agosto	Hojas	54.08	6.27	1.23	0.40	5.59	1.11	2.78
	Otros	53.38	6.57	1.21	0.37	7.61	0.65	0.99
	Ramas	54.17	4.02	1.32	0.20	8.91	0.62	0.81
Septiembre	Hojas	54.51	6.72	1.32	0.50	5.62	1.36	3.27
	Otros	53.21	7.15	1.21	0.51	5.18	0.58	1.61
	Ramas	53.74	3.77	1.32	0.25	8.77	0.55	1.31
Octubre	Hojas	54.67	5.16	1.33	0.39	6.59	1.24	2.61
	Otros	53.21	7.15	1.21	0.51	5.18	0.58	1.61
	Ramas	53.74	3.77	1.32	0.25	8.77	0.55	1.31
Noviembre	Hojas	54.50	5.93	1.24	0.47	5.54	1.24	3.23
	Otros	53.21	7.15	1.21	0.51	5.18	0.58	1.61
	Ramas	53.74	3.77	1.32	0.25	8.77	0.55	1.31
Diciembre	Hojas	54.50	5.93	1.24	0.47	5.54	1.24	3.23
	Otros	53.21	7.15	1.21	0.51	5.18	0.58	1.61
	Ramas	53.74	3.77	1.32	0.25	8.77	0.55	1.31

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 22Pn durante el año 2009.

Los contenidos medios de carbono en las tres fracciones de desfronde mensual durante el año 2009 han sido de  $54.52 \pm 0.37$ ,  $53.17 \pm 0.28$  y  $53.95 \pm 0.25$  g·kg<sup>-1</sup> (Tabla 5.1).

En la fracción hojas, no se han encontrado tendencias claras en las concentraciones de nitrógeno, con máximos en septiembre (6.72 g·kg<sup>-1</sup>) y mínimas en julio (3.36 g·kg<sup>-1</sup>). Máximas concentraciones se han encontrado en junio de calcio (8.11 g·kg<sup>-1</sup>), en septiembre de fósforo (0.50 g·kg<sup>-1</sup>) y potasio (3.27 g·kg<sup>-1</sup>) y en octubre de azufre (1.33 g·kg<sup>-1</sup>).

En la fracción otros, en los meses de verano se han obtenido concentraciones altas de nitrógeno ( $8.45 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), potasio ( $2.11 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), azufre ( $1.68 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ), calcio ( $7.61 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ) y fósforo ( $0.43 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). En la fracción ramas, los contenidos medios no presentan una tendencia clara.

En total, la parcela 22Pn ha aportado al suelo con el desfronde unos valores de carbono de 2256, superiores a los máximos obtenidos durante los cuatro años de estudio de  $1993 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en el año 2008. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de  $66 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ .

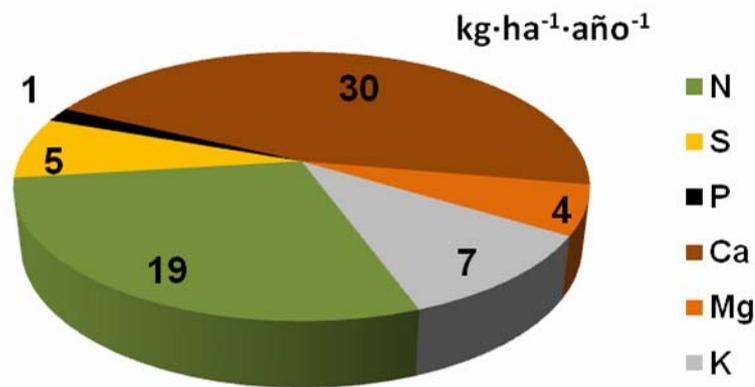


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  a  $105^\circ\text{C}$ ) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 22Pn.

Los mayores aportes al suelo han sido de calcio, con  $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  en el desfronde total, seguido de nitrógeno,  $19 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  y de potasio,  $7 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  (Figura 5.3).

## 6. NUTRICIÓN FOLIAR

Los resultados del peso de 1000 acículas y los contenidos foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio), así como el contenido de carbono en acículas de la especie *Pinus nigra* en el periodo de muestreo 2009-2010 se resumen en la Tabla 6.1.

Los datos que se presentan corresponden a los análisis de las acículas del año en curso y las del año anterior, procedentes de ramillos muestreados en noviembre del año 2009. 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	56.24	547.35	10.86	1.28	0.84	4.56	1.53	4.25
2009	31.55	540.94	9.81	1.27	1.39	5.95	2.61	8.45

Tabla 6.1: Contenidos foliares (mg·g<sup>-1</sup>) de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

El orden en que se presentan los nutrientes según su contenido en las acículas del año en curso es N>K>Ca>Mg>P>S. Todos los nutrientes analizados a excepción del nitrógeno y azufre presentan contenidos más altos en las acículas del año en curso que en las del año anterior. En el caso de los nutrientes Ca y Mg estos resultados son opuestos a los determinados en otras especies de coníferas en las que los contenidos de dichos elementos son más altos en las acículas del brote del año anterior que en las del año en curso. Los contenidos foliares más altos presentados en el brote del año 2009 pueden ser debidos a un efecto de concentración ya que las acículas de este año han presentado menor desarrollo foliar con un peso de 31.5 g respecto a la masa foliar del brote del año anterior (56.2 g).

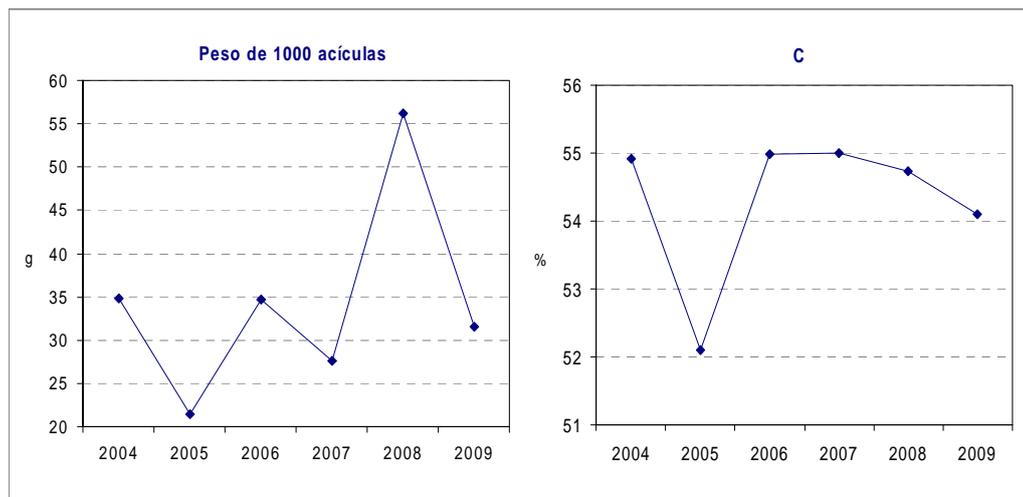


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 1000 acículas (g) de la especie *P. nigra* durante el periodo 2004-2009. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

Hay que destacar la diferencia en los contenidos foliares de K entre el brote del año 2008 (4.3 mg·g<sup>-1</sup>) y el brote del año 2009 (8.5 mg·g<sup>-1</sup>), diferencias muy superiores a las presentadas en otras especies a pesar de que este elemento por su movilidad es fácilmente traslocado desde las hojas senescentes.

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes en la especie *P. nigra* se representan los resultados obtenidos desde el año 2004 hasta el año 2009 (Figura 6.1 y 6.2).

Si observamos la variación del contenido foliar de C y del peso de 1000 acículas en estos años de estudio (Figura 6.1), el peso de 1000 acículas varía muy poco entre los brotes muestreados del año en curso, correspondiendo el peso más bajo al brote del año 2005 (21.4 g) y el más alto (31.6 g) al año 2009, en el caso de los brotes muestreados del año anterior el peso más alto ha correspondido al del año 2008 (56.2 g), este dato coincide con el hecho de que el año 2005 fue el de menor precipitación total anual (457 mm) y el año 2008 el de mayor precipitación total anual (673 mm) (informe 2005-2008), lo que podría haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

Al igual que ocurre en el desarrollo de la masa foliar el contenido foliar de C presenta también muy poca variación entre los dos últimos periodos de muestreo disminuyendo ligeramente en el brote del año 2009 (54.1 %) respecto al año 2007 (55 %).

En el caso de la variación del contenido foliar de nutrientes (Figura 6.2) se observa que a excepción del N y del S los contenidos foliares más altos del resto de los nutrientes han correspondido a las acículas del año 2009. Los contenidos foliares de N varían muy poco entre los años muestreados correspondiendo los contenidos más bajos a las acículas del año 2005 (8.96 mg·g<sup>-1</sup>) y los más altos a las del año 2008 (10.86 mg·g<sup>-1</sup>) coincidiendo con los años de menor y mayor precipitación total anual respectivamente. Los contenidos foliares de S al igual que el N presentan muy poca variación entre los años muestreados, hay que destacar el bajo contenido de S presentado en las acículas del año 2007 (0.74 mg·g<sup>-1</sup>).

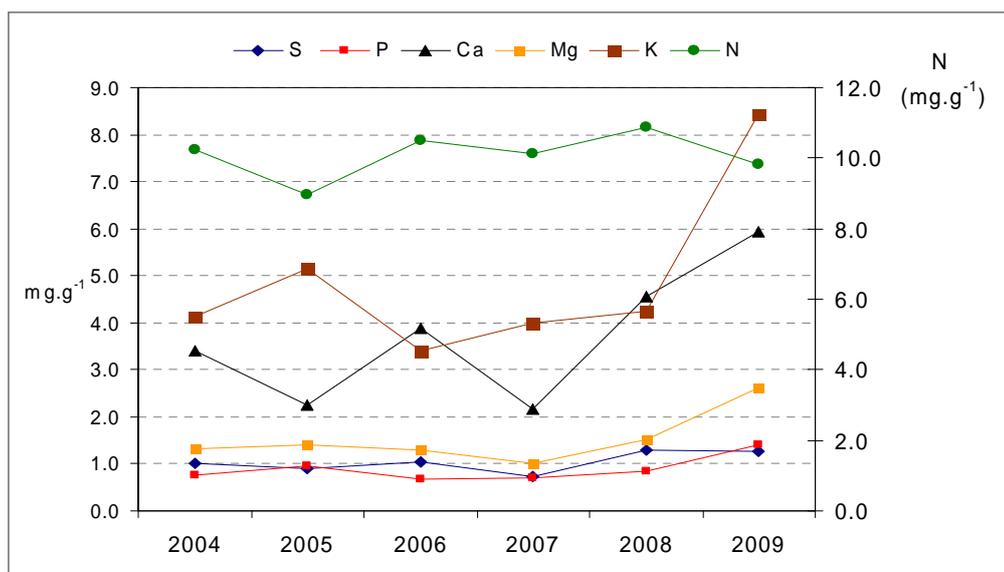


Figura 6.2. Contenidos foliares (mg·g<sup>-1</sup>) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *P. pinea* durante el periodo 2004-2009. Los resultados están dados a 105°C

### 6.1. Comparación de contenidos foliares entre parcelas de *P. nigra* de la Red de Nivel II

Para estudiar la variabilidad espacial comparamos los contenidos medios foliares de nutrientes así como el peso medio de 1000 acículas de la parcela 22, la parcela 27 situada en Jaén y la parcela 42 situada en Cuenca (Fig. 6.1.1). Las parcelas 27 y 42 pertenecen a las 54 parcelas de seguimiento de la Red Nacional del Nivel II, dichas parcela han sido muestreadas en el periodo comprendido entre diciembre y febrero.

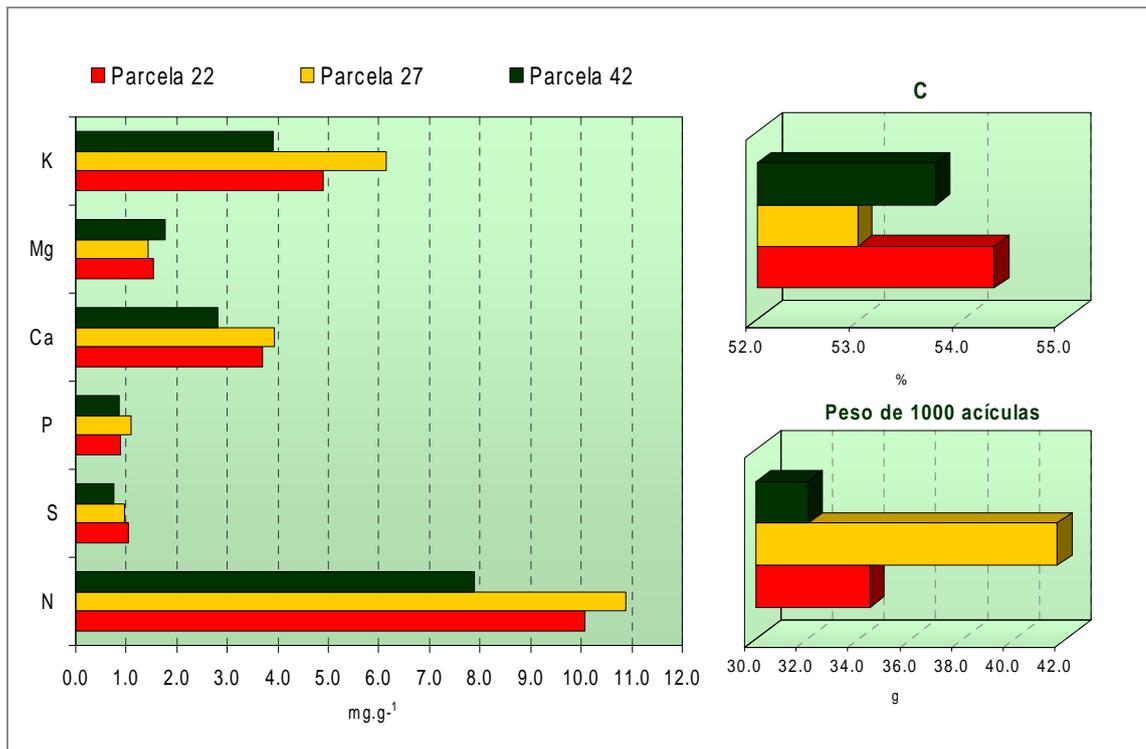


Figura 6.1.1: Contenidos medios foliares (mg.g<sup>-1</sup>) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en tres parcelas de *Pinus nigra* de la red nacional de Nivel II. El peso de 1000 acículas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los datos de las parcelas 27 y 42 son medias de 4 años muestreados (2004-2007) y los datos de la parcela 22 son medias de 6 años muestreados (2004-2009).

Los contenidos medios foliares más bajos de todos los nutrientes a excepción del Mg han correspondido a la parcela de Cuenca, esta parcela también presenta menor desarrollo de la masa foliar con un peso medio de 1000 acículas de 32.0 g. El contenido medio foliar más alto N, P, Ca y K ha correspondido a la parcela de Jaén siendo dicha parcela la que presenta mayor desarrollo de la masa foliar con un peso medio de 1000 acículas de 41.7 g.

El contenido medio de carbono foliar varía muy poco entre las tres parcelas de *P. nigra*, correspondiendo el contenido medio más alto (54.3%) a la parcela de Teruel.

## 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 (a  $25^\circ\text{C}$ ), 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 22 de *Pinus nigra* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		471	626

Año		$c$ $25^\circ\text{C}$	pH	K	Na	Ca	Mg	N- $\text{NH}_4$	N- $\text{NO}_3$	S- $\text{SO}_4$	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$						$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$				$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
2009	T	54	6.16	4.46	1.41	5.21	0.67	0.48	1.37	1.41	3.33	106
		(20-177)	(5.06-7.09)	(1.11-21.81)	(0.40-6.31)	(1.16-18.23)	(0.23-2.01)	(0.14-1.56)	(0.01-5.26)	(0.24-5.41)	(0.58-12.41)	(2-606)
n=12	Pi	28	6.33	0.83	0.69	3.14	0.18	0.32	0.26	0.68	3.38	88
		(8-127)	(4.42-7.45)	(0.16-3.52)	(0.22-3.08)	(0.59-18.91)	(0.04-0.85)	(0.10-0.58)	(0.01-0.62)	(0.02-0.68)	(0.30-17.41)	(1-525)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 22 de P. nigra. 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 4.4 y 7.5 y un valor medio de 6.3, similar al valor medio presentado en el agua de trascolación (6.2). Se trata por lo tanto de soluciones neutras a ligeramente ácidas.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un rango de variación entre  $8 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  y  $127 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , y un valor medio de  $28 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , inferior al valor medio presentado en el agua de trascolación ( $54 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia, a excepción del cloro, aumentan su concentración tras su paso por la cubierta arbórea. En general se trata de soluciones con 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 ( $0.7 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), de origen principalmente industrial es mayor que la concentración media de los nitratos ( $0.3 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) procedentes principalmente del tráfico rodado, no presentando en ambos casos concentraciones muy 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 la influencia de la deposición seca principalmente en el caso de nitratos y sulfatos, y 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 ( $0.9 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y la presentada en el agua de trascolación ( $4.5 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) debido a que el K es un nutriente absorbido por las hojas y fácilmente lixiviado.

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

Se observa un aumento del valor medio de pH en el año 2009, aumentando 0.4 unidades respecto al valor medio presentado en el año 2008. La misma tendencia observada en los valores medios de pH a lo largo de los cinco años de muestreo se observa con las concentraciones medias de la alcalinidad, ya que va ser un parámetro directamente relacionado con el pH y varía de una concentración media de  $39 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2008 a  $88 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2009.

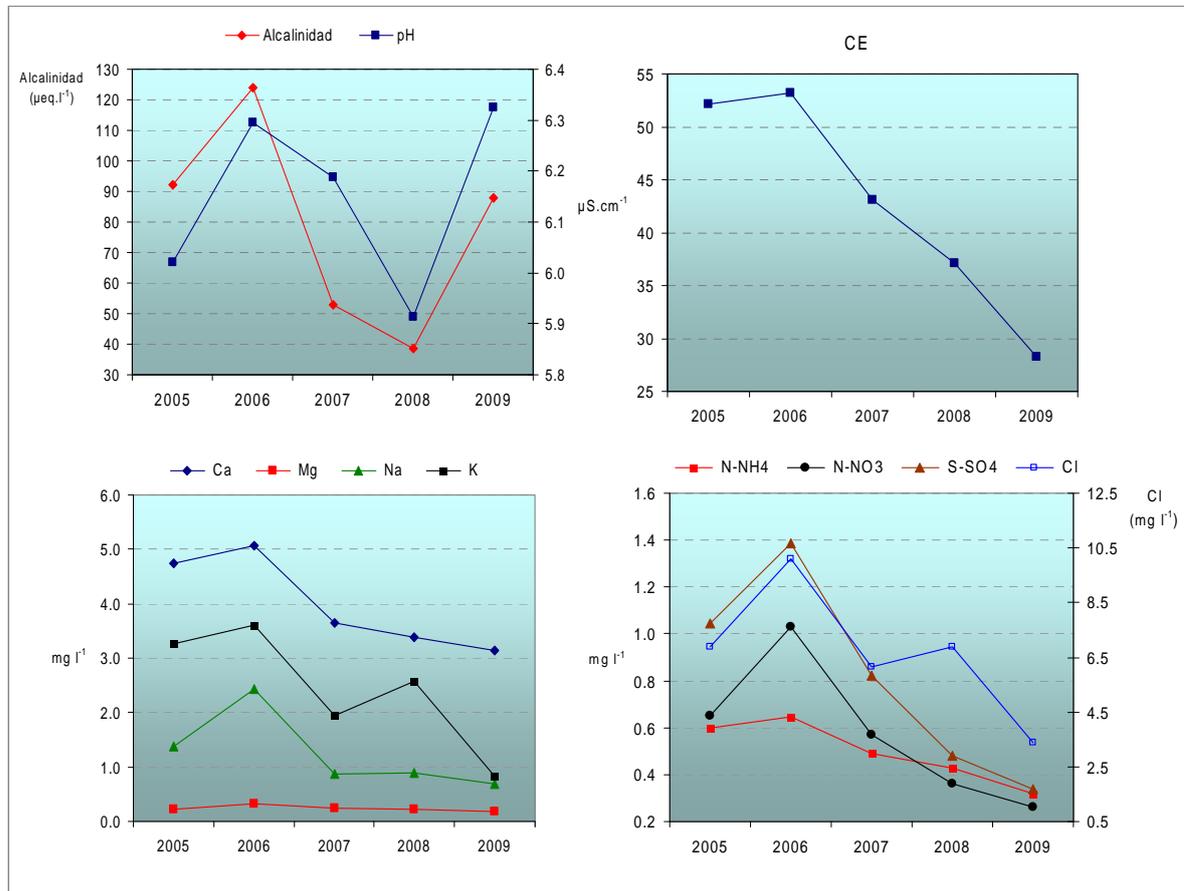


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE,  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), alcalinidad ( $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y concentración media ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) de Ca, Mg, Na, K, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub>, y Cl en el agua de precipitación incidente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

Hay que destacar una disminución progresiva de la conductividad eléctrica media a lo largo de los últimos tres años de muestreo pasando de  $53 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  en el año 2006 a  $28 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$  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 2006, 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  $1.03 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2006 a  $0.26 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en 2009 y la de sulfatos de una concentración media de  $1.34 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en el año 2006 a  $0.34 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$  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 12 periodos mensuales (P) muestreados en el año 2009. Se presentan los datos en los que la precipitación mensual ha

sido superior a 2mm.

P	cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH <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	68	5.06	28	2.35	0.34	1.79	0.55	0.31	0.47	0.44	4.28	2
	2	21	6.25	32	2.73	0.44	2.53	0.93	0.31	0.77	0.58	4.54	39
	3	48	5.90	24	2.10	0.36	1.41	0.63	0.73	0.74	0.56	0.95	53
	4	51	6.38	20	1.33	0.23	1.21	0.40	0.73	0.00	1.09	0.58	28
	5	16	7.09	145	18.23	1.72	4.04	2.75	1.56	5.26	5.41	5.57	606
	6	36	6.01	82	7.94	1.22	9.52	1.08	0.52	2.70	1.42	2.80	129
	7	4		177	17.86	2.01	21.81	6.31	0.43	2.02	5.39	12.41	
	8	99	6.64	42	2.90	0.54	3.42	0.80	0.39	1.46	0.64	2.42	97
	9	65	6.30	25	1.92	0.36	1.85	0.54	0.25	0.69	0.53	0.80	46
	10	23	5.99	21	1.16	0.24	1.39	0.56	0.20	0.63	0.29	1.28	48
	11	9	6.66	34	2.28	0.33	3.47	1.44	0.14	0.83	0.24	2.23	103
	12	31	5.47	25	1.78	0.31	1.11	0.93	0.20	0.81	0.37	2.06	15
T	1	152	4.42	32	1.70	0.09	0.72	0.28	0.28	0.21	0.18	5.50	1
	2	29	5.74	36	3.37	0.34	1.57	0.67	0.50	0.33	0.29	8.54	26
	3	57	6.24	13	1.60	0.10	0.23	0.32	0.41	0.26	0.42	0.64	54
	4	57	6.43	11	0.64	0.06	0.28	0.22	0.58	0.00	0.54	0.30	46
	5	32	7.45	127	18.91	0.85	3.52	3.08	0.51			17.41	525
	6	38	6.61	23	2.85	0.15	0.33	0.42	0.34	0.62	0.68	0.77	77
	7	111	6.96	18	1.85	0.12	0.69	0.45	0.10	0.21	0.41	0.57	85
	9	72	6.58	13	0.92	0.07	0.24	0.28	0.21	0.29	0.42	0.39	21
	10	26	6.37	13	0.90	0.07	0.54	0.45	0.26	0.22	0.28	0.62	51
	11	14	6.74	17	1.21	0.11	0.82	0.97	0.23	0.27	0.02	1.52	67
	12	34	6.05	8	0.59	0.04	0.16	0.41	0.10	0.18	0.15	0.87	14

Tabla 7.2: Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica

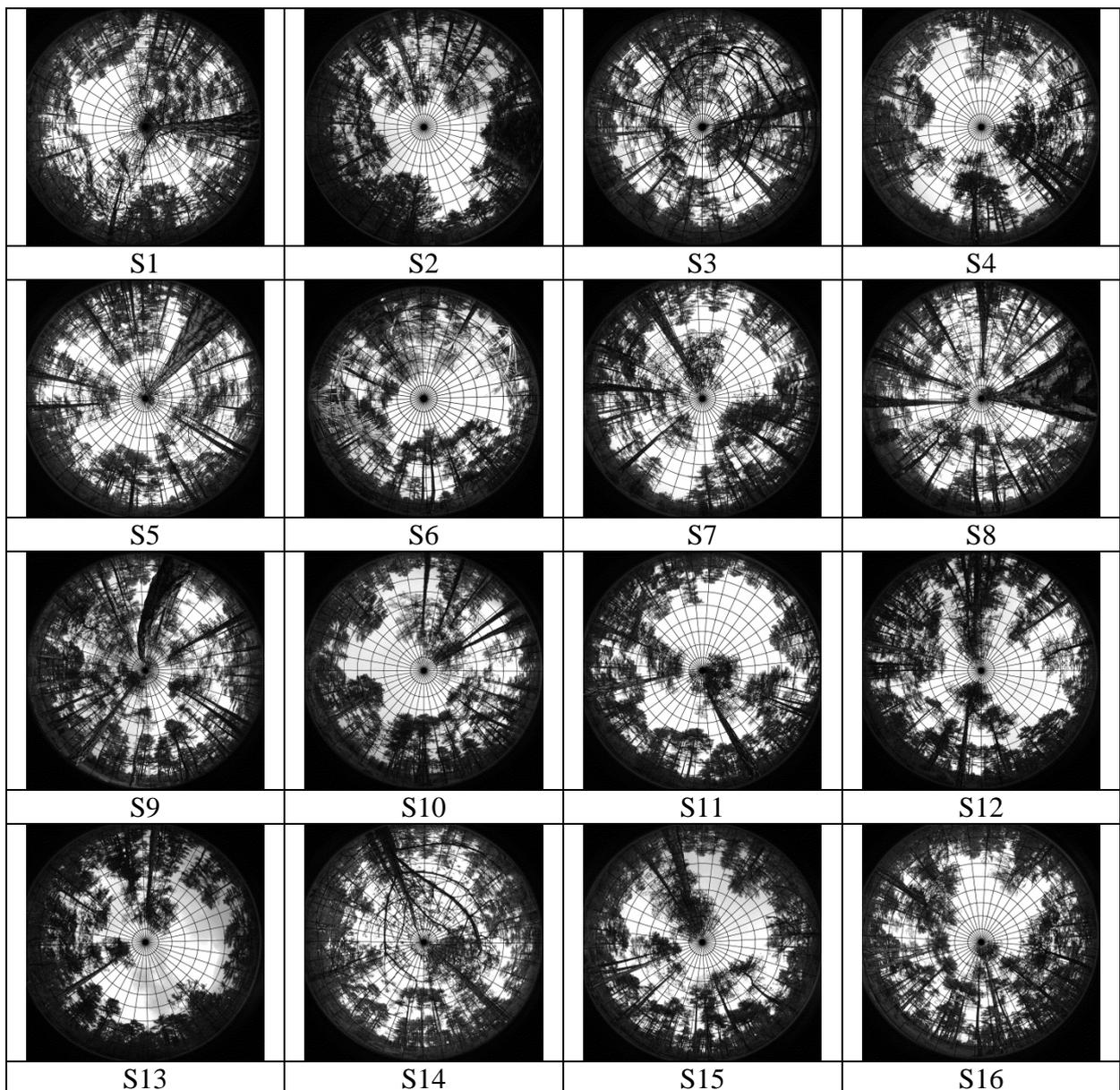
( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), concentración ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) de Na, K, Ca, Mg, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub>, Cl y alcalinidad ( $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) en los periodos quincenales muestreados en la parcela 22 Pn en el año 2009.

## 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.



Figuras 4.2 y 4.3: Fotos hemisféricas de los 16 puntos de muestreo con la malla de cálculo de los parámetros y esquema de disposición de los puntos de muestreo de índice de área foliar en la parcela.

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 22 Pn se puede observar unos valores de cielo abierto altos, desde 32 a 45 % 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, menor que los datos de índice de área foliar propios de las coníferas (entre 1 y 2).

Parcela	Sitio	% Sky Area	%Mask Area	%Cnpy Open	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Trans Dir	%Trans Dif	%Trans Tot
22	1	99.90	0.10	35.84	0.91	0.91	6.70	7.00	13.70	45.73	47.82	46.77
22	2	99.89	0.11	34.09	1.04	1.01	4.91	7.30	12.21	33.53	49.84	41.68
22	3	99.89	0.11	32.63	1.05	0.99	4.88	6.07	10.95	33.30	41.46	37.38
22	4	99.88	0.12	40.96	0.79	0.75	9.18	7.96	17.14	62.68	54.38	58.53
22	5	99.89	0.11	41.88	0.85	0.74	7.28	7.84	15.12	49.75	53.54	51.64
22	6	99.91	0.09	40.27	0.79	0.77	5.12	7.94	13.05	34.93	54.21	44.57
22	7	99.90	0.10	42.24	0.70	0.75	8.16	7.73	15.89	55.72	52.78	54.25
22	8	99.89	0.11	34.96	0.96	0.92	6.57	6.73	13.30	44.90	45.96	45.43
22	9	99.88	0.12	28.37	1.18	1.15	4.94	5.43	10.37	33.73	37.12	35.42
22	10	99.88	0.12	37.65	0.84	0.82	7.84	7.55	15.39	53.56	51.54	52.55
22	11	99.89	0.11	45.09	0.64	0.68	10.64	8.41	19.05	72.67	57.42	65.05
22	12	99.89	0.11	38.87	0.80	0.82	6.11	7.57	13.68	41.73	51.71	46.72
22	13	99.91	0.09	37.36	0.67	0.89	7.28	7.55	14.83	49.72	51.58	50.65
22	14	99.89	0.11	34.14	0.91	0.96	7.10	6.57	13.67	48.49	44.91	46.70
22	15	99.91	0.09	37.36	0.67	0.89	7.28	7.55	14.83	49.72	51.58	50.65
22	16	99.89	0.11	35.40	0.95	0.92	8.62	7.06	15.68	58.89	48.21	53.55

<b>Total</b>	<b>99.89</b>	<b>0.11</b>	<b>37.32</b>	<b>0.86</b>	<b>0.87</b>	<b>7.04</b>	<b>7.27</b>	<b>14.30</b>	<b>48.07</b>	<b>49.63</b>	<b>48.85</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.

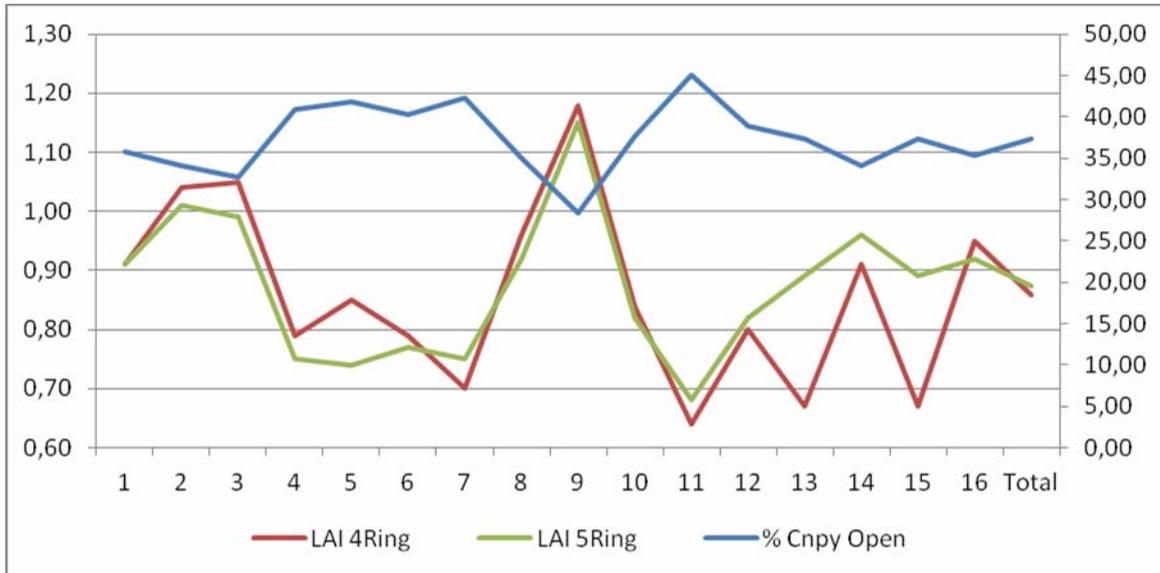
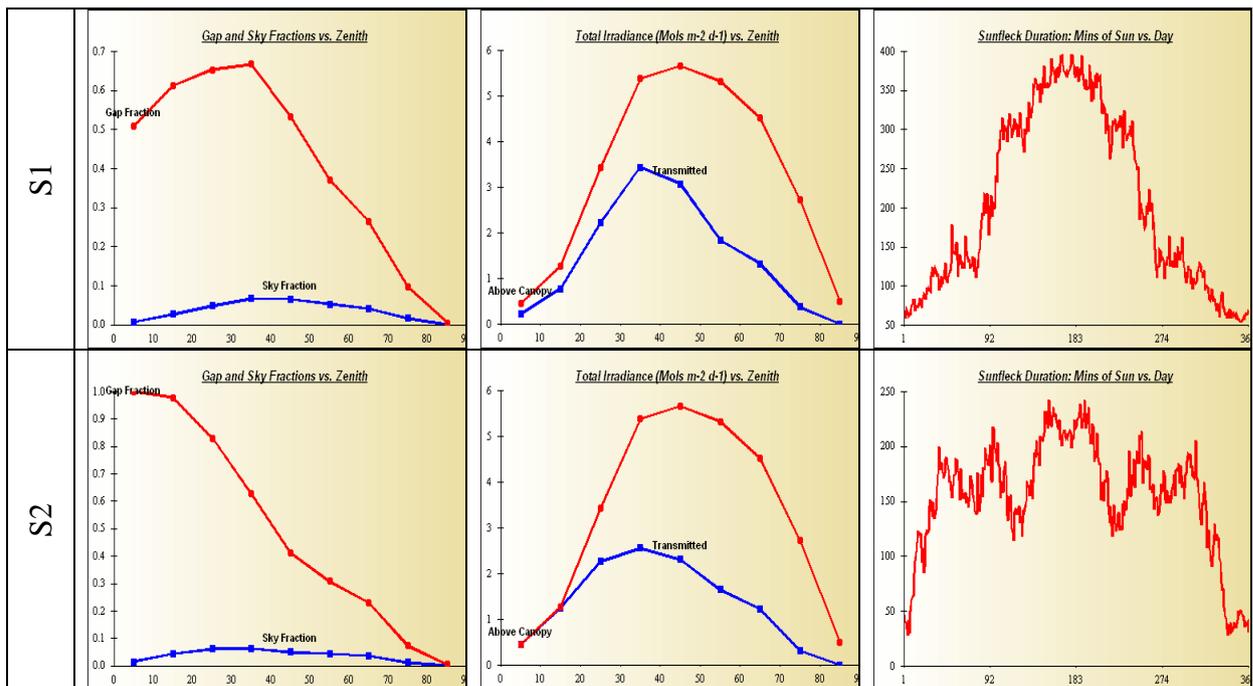
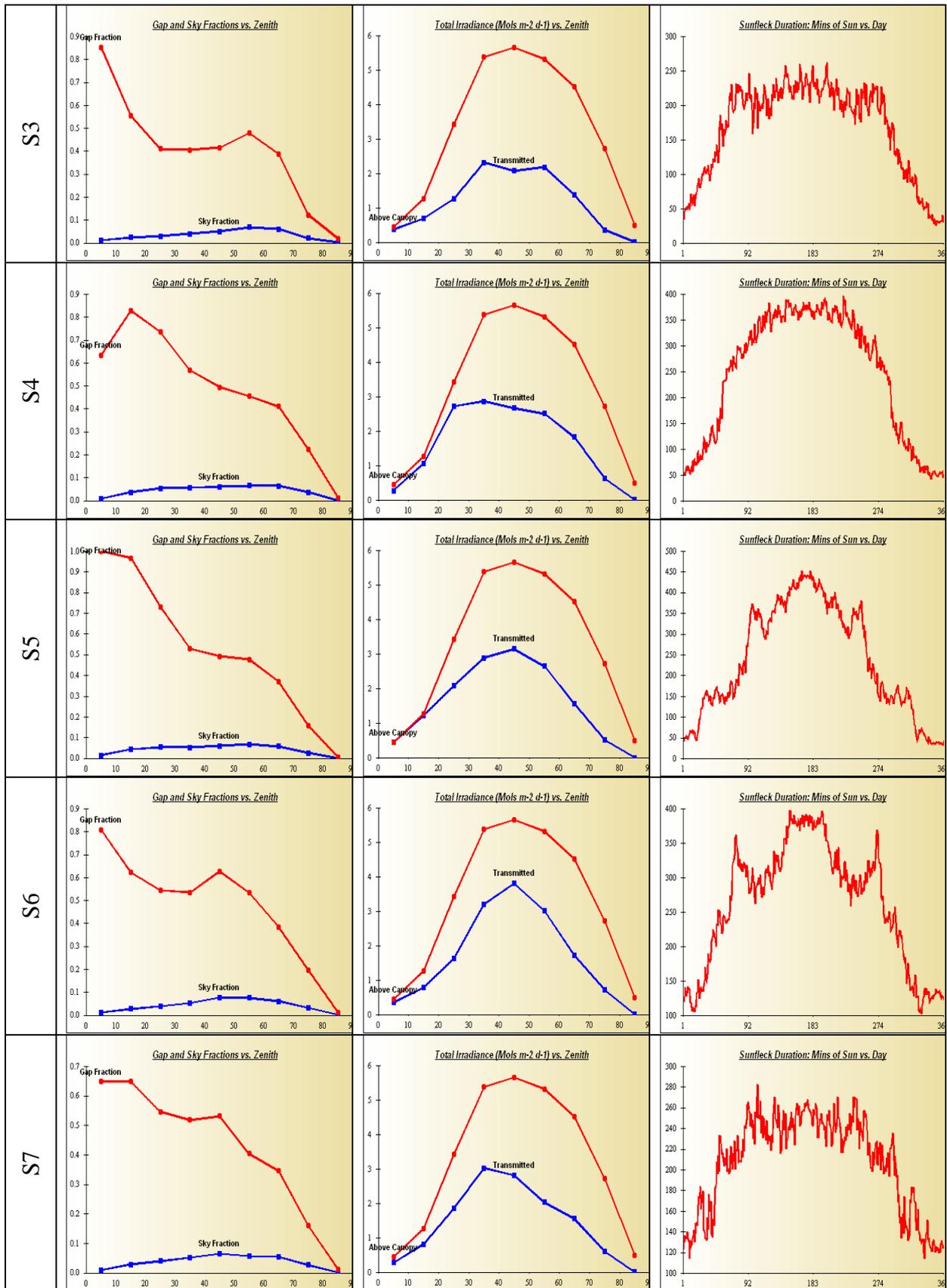
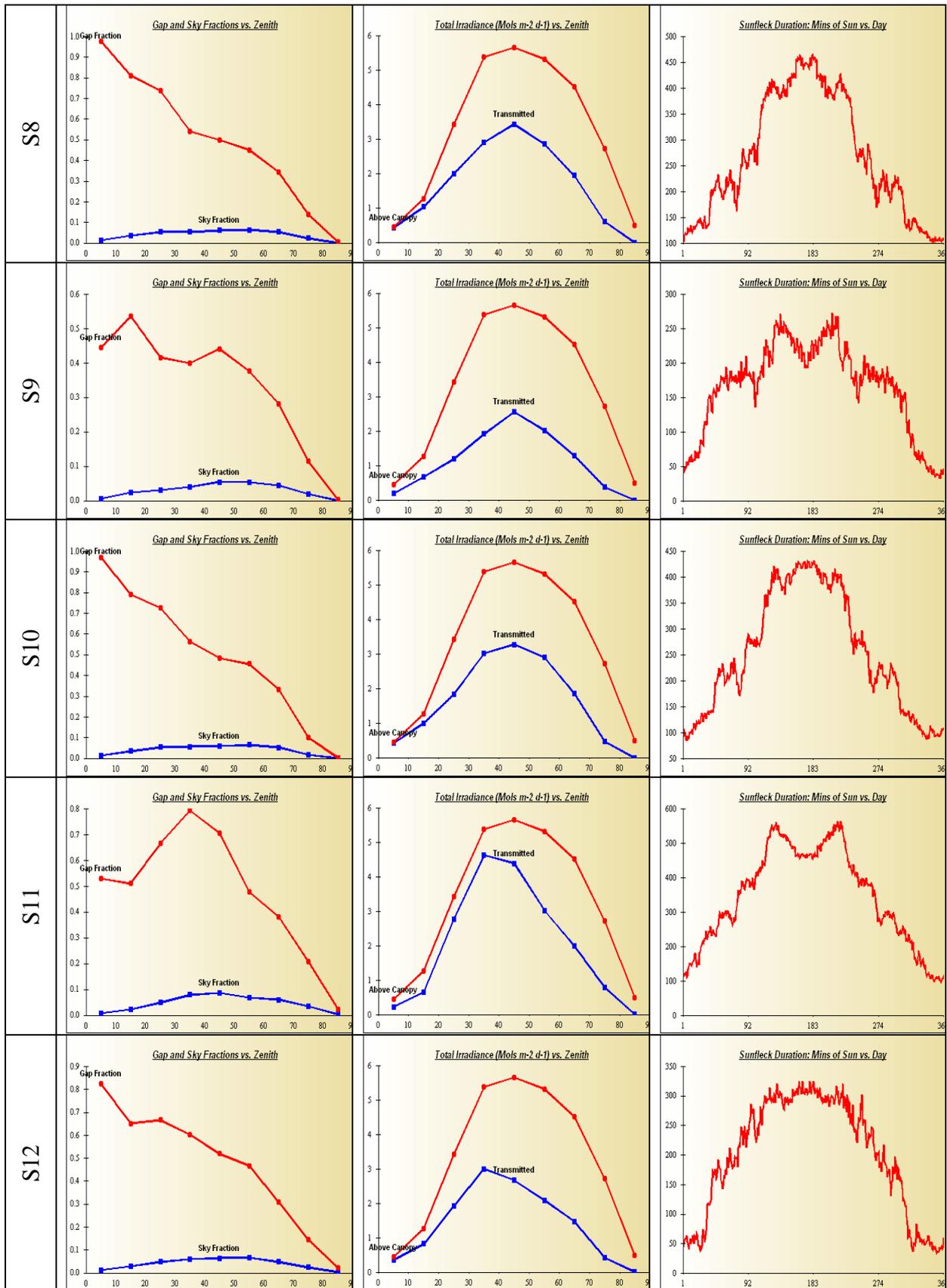


Figura 8.4: valores de índice de área foliar y del porcentaje de cielo abierto en cada punto de muestreo.

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 de cada punto fotografiado.







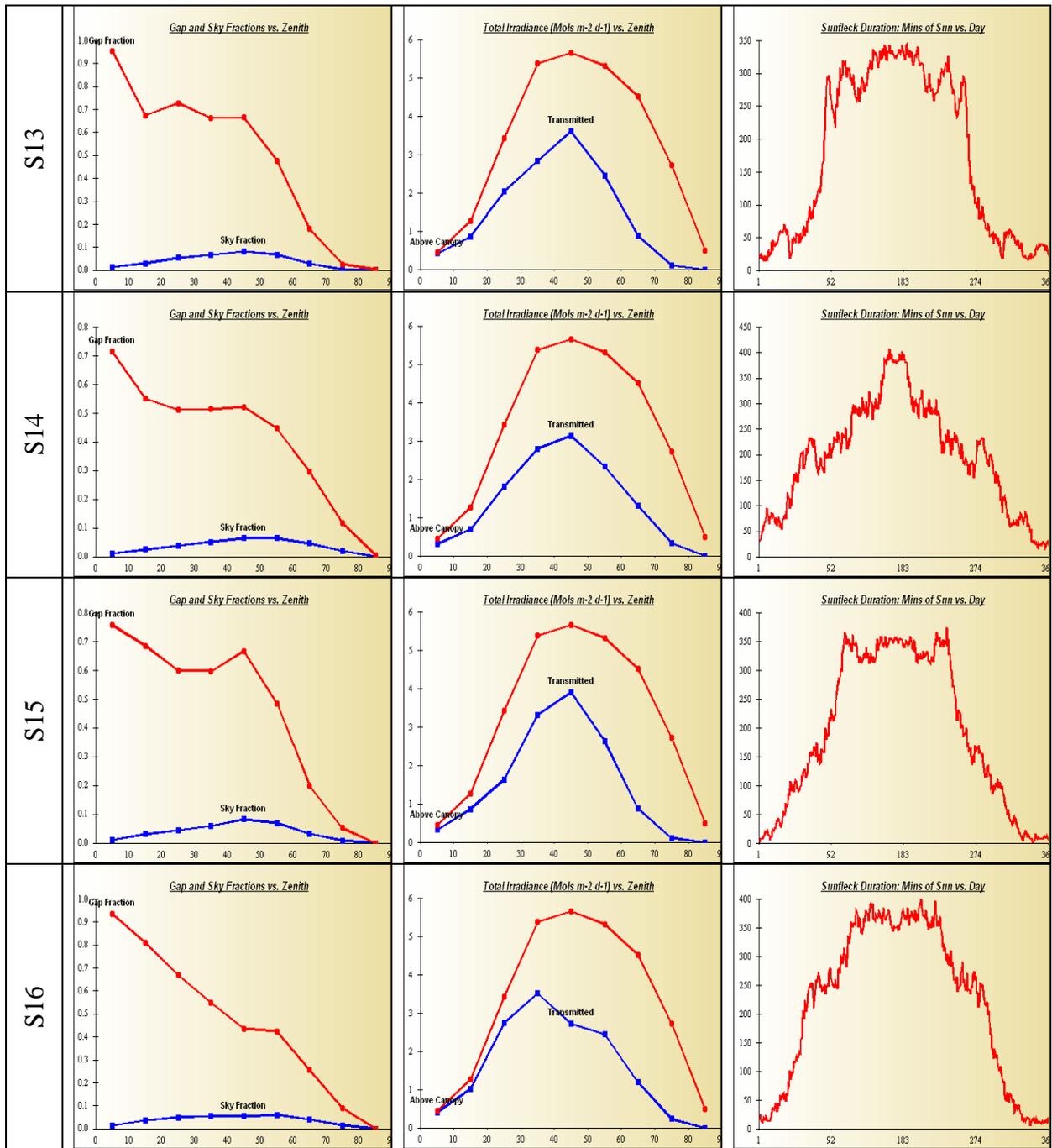


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la Irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

## 9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 22Pn se llevó a cabo el 4 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.

22Pn	GRUPO	PESO (kg·ha <sup>-1</sup> )
Grupo 1	Musgo	64.9
Grupo 2	Líquenes	215.2
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	453.6
Grupo 5	Herbáceas	52.6
Grupo 7	Matorral perenne	834.9

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

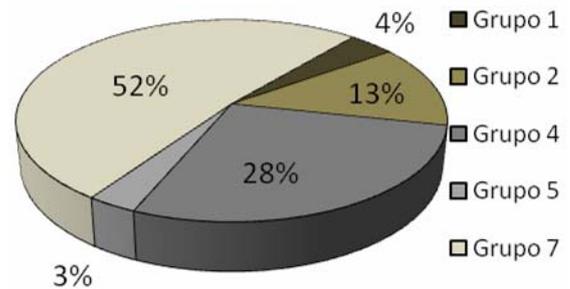


Figura 9.1: Distribución del porcentaje de los grupos de vegetación existentes en la parcela de estudio.

El grupo de vegetación mayoritario, con un 50% sobre el total de la vegetación encontrada, ha sido el de matorral perenne (Figura 9.1), con 835 kg·ha<sup>-1</sup> en el momento de la recogida. Le sigue el grupo de **poas, cyperaceas y juncos** (454 kg·ha<sup>-1</sup>) con un 28% y de líquenes (215 kg·ha<sup>-1</sup>) con un 13% de participación. Con menor participación, también se encuentran musgos (4%) y plantas herbáceas (3%).

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

La biomasa total no arbórea presente en la parcela ha sido de 1620 kg·ha<sup>-1</sup>, con un contenido de carbono retenido en esta parcela por este tipo de vegetación 832 kg·ha<sup>-1</sup> (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de matorral perenne (450 kg·ha<sup>-1</sup>) y en el grupo de **poas, cyperaceas y juncos** (220 kg·ha<sup>-1</sup>).

El total de macronutrientes retenidos en estas especies ha sido de 46 kg·ha<sup>-1</sup>, siendo superiores los contenidos de calcio, potasio y nitrógeno, retenidos principalmente en los grupos 7 y 4 (Figura 9.3).

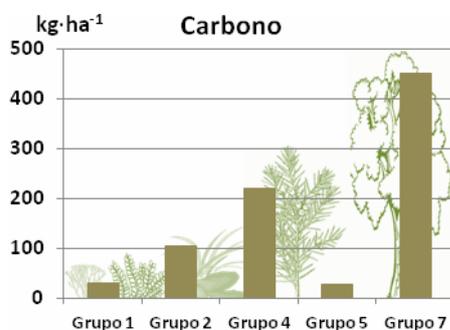


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha<sup>-1</sup> a 105°C) en los grupos de vegetación.

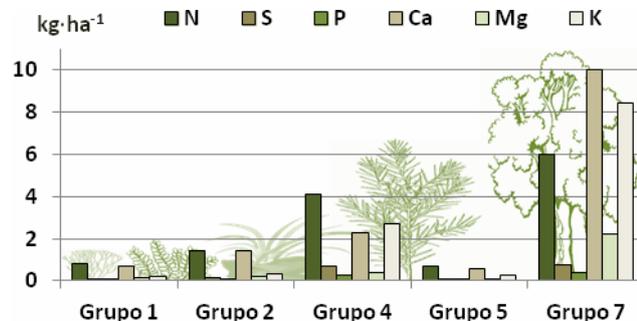


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha<sup>-1</sup> a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de vegetación existentes.

## 10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La parcela se encuentra sobre una roca madre de caliza, siendo el perfil característico de este suelo un Calcisol Lúvico ( $A_h/B_v/B-C_k$ ).

La parcela de estudio presenta un pH en  $\text{CaCl}_2$  en la capa orgánica, de  $4.7 \pm 0.7$  y  $6.3 \pm 0.3$  en la capa F (fragmentada) y capa H (humificada), respectivamente (Figura 10.1). En la capa mineral, el pH en los 20 primeros centímetros es ligeramente ácido a neutro, con valores medios de  $7.2 \pm 0.2$ .

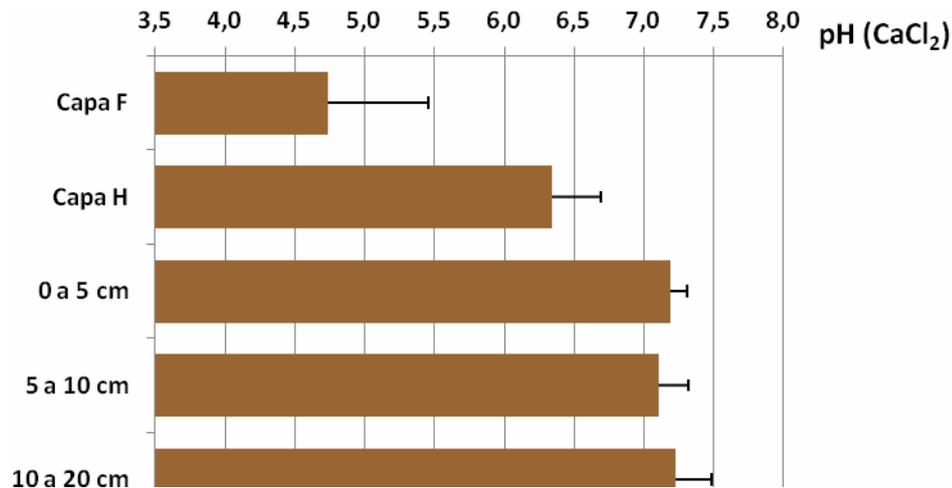


Figura 10.1: Variación del pH( $\text{CaCl}_2$ ) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de  $453 \pm 125 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  y  $312 \pm 71 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  en la capa F y H, respectivamente en los cuatro puntos muestreados. En la capa mineral, los valores medios encontrados han sido de  $58.7 \pm 15.4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , tendiendo a disminuir el contenido de carbono orgánico con la profundidad.

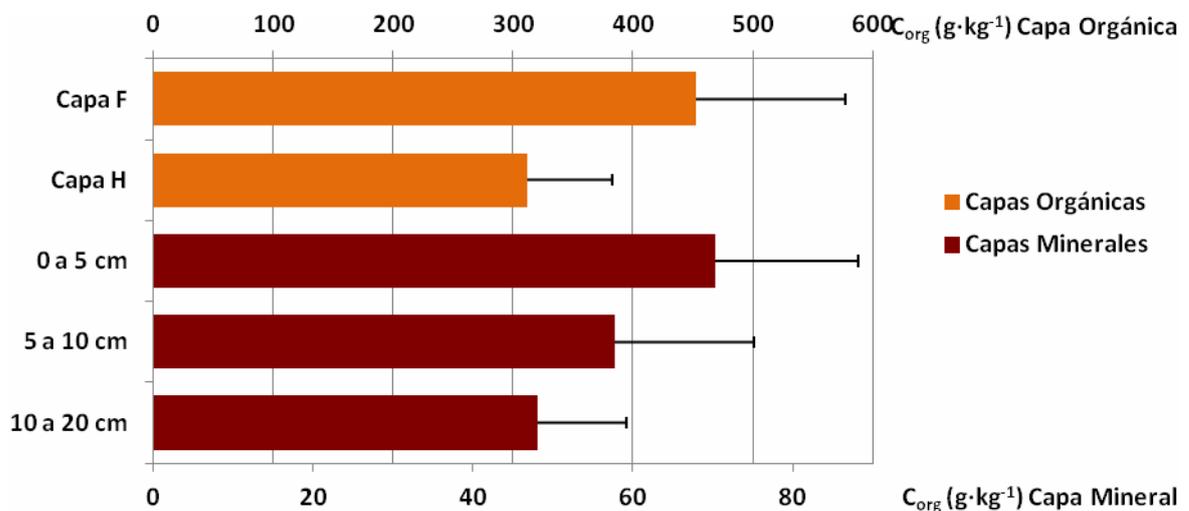


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico ( $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$  a  $105^\circ\text{C}$ ) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material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

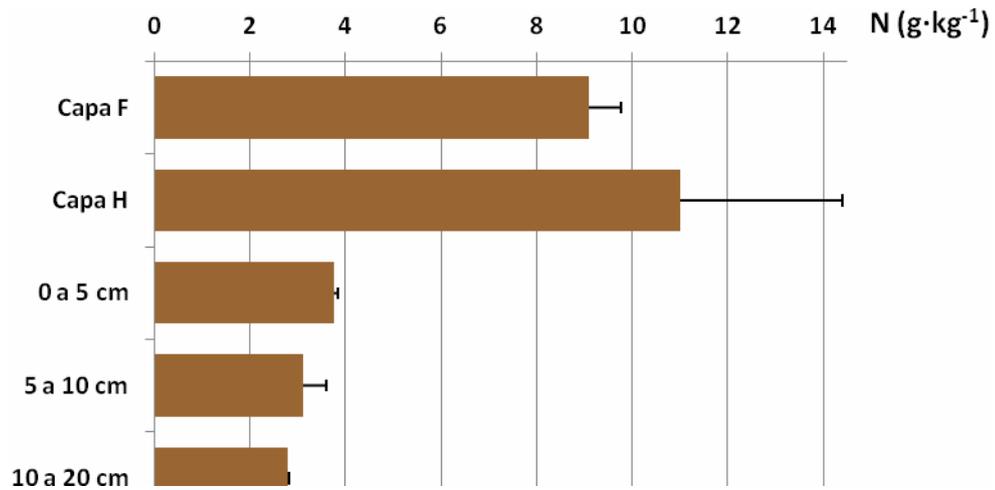


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total (g·kg<sup>-1</sup> a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido de 9.09±0.69 y 11.01±3.40 g·kg<sup>-1</sup> en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han sido de 3.21±0.21 g·kg<sup>-1</sup>, decreciendo con la profundidad.