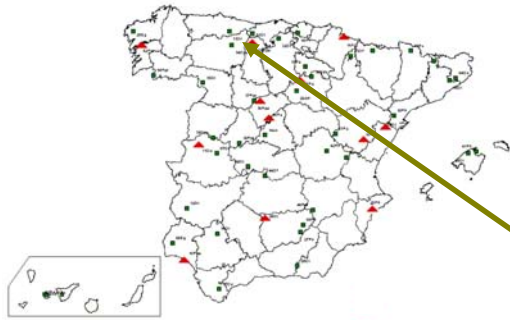


PARCELA 33 *Quercus petraea* (Palencia)



1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 33 de *Quercus petraea* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

Provincia: Palencia
Término Municipal: Cervera de Pisuerga
Paraje: El Caejo
Coordenadas (GPS)
Latitud: +42°52'00''
Longitud: -04°33'00''
Altitud: 1150 m s.n.m.
Orientación: Este
Superficie Parcela: 0,25 hectáreas

CARACTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa de roble (*Quercus petraea*) de elevada densidad
Especie principal: *Quercus petraea*
Edad media: 41-60 años
Nº árboles de la especie principal: 45
Nº árboles de otras especies: 2

GEOLOGÍA Y SUELOS

Litología: Pizarras ferruginosas algo sericíticas
Edafología: Cambisol eútrico/ Lluvisol gléico

VEGETACIÓN

Robledal en monte alto denso de *Quercus petraea* con sotobosque de acebos, brezos y tapiz de arándanos.

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 tenemos unas diferencias notables entre el año 2005 con 778 mm de precipitación y el año 2008 con 1224 mm (Tabla 2.1).

Las temperaturas han sido muy acordes con la situación de la parcela, sólo reseñar la temperatura mínima de los años 2008 y 2009, casi cuatro grados y medio menor que en el año 2005, y la temperatura media más alta en el 2009.

Los demás parámetros han estado en los mismos rangos durante estos cinco años.

Año	V viento med	V viento máx	D viento med	Tª med	Tª máx	Tª mín	Tªmed máx	Tªmed min	HR (%)	Rad med	Precip. (mm)
2005	1,8	25,7	173,1	8,7	31,1	-14,4	13,9	3,5	68,1	151,7	778
2006	1,7	29,5	172,1	8,2	32,6	-17,2	13,2	3,4	70,8	143,7	1472
2007	1,7	33,6	173,1	7,6	30,5	-18,1	12,4	2,7	71,4	143,6	1102
2008	1,8	27,2	172,0	8,7	30,5	-19,0	13,1	2,9	74,0	151,3	1224
2009	1.8	57.7	173.5	10.4	30.6	-19.0	15.8	3.3	69.8	150.8	1177

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 cuatro años de estudio.

3. FENOLOGÍA

En las series fenológicas de los diferentes procesos en la parcela 33Qpe se pueden observar:

- Aparición de la hoja: El periodo de aparición de la hoja ha sido el mismo estos cuatro años, sin embargo en el 2005 hubo problemas en el proceso, que dieron lugar a hojas sensiblemente más pequeñas (Figura 3.1).
- Caída de la hoja: Este proceso fenológico ha llevado un desarrollo general muy igual en los años 2006, 2007 y 2008, en el año 2005 la caída de la hoja comenzó en junio como resultado de las lluvias escasas durante la primavera, en el año 2009 la caída de hoja empezó de forma muy ligera en primavera debido a daños en las hojas.
- Decoloración: La decoloración ha sido pequeña en el 2005 y va unida a la caída de la hoja, también sufre un adelantamiento en su periodo habitual en el 2005 y en coincidencia con la caída de la hoja prematura.
- Floración y fructificación: No hay nada reseñable en este apartado.

Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 33Qpr han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2008:

- Minadores: Aparecen daños generalizados pero de poca intensidad en 2005 y 2007.
- Agallas: En 2005 se observan algunas agallas de hoja y de ramillo sobre algunos pies en muy poca cantidad.
- Defoliadores: De 2006 a 2008 se detectan daños muy ligeros de algún defoliador, en el año 2009 es más extenso en primavera-verano.

Parcela 33 Qpe Principales fases fenológicas 2005-2009

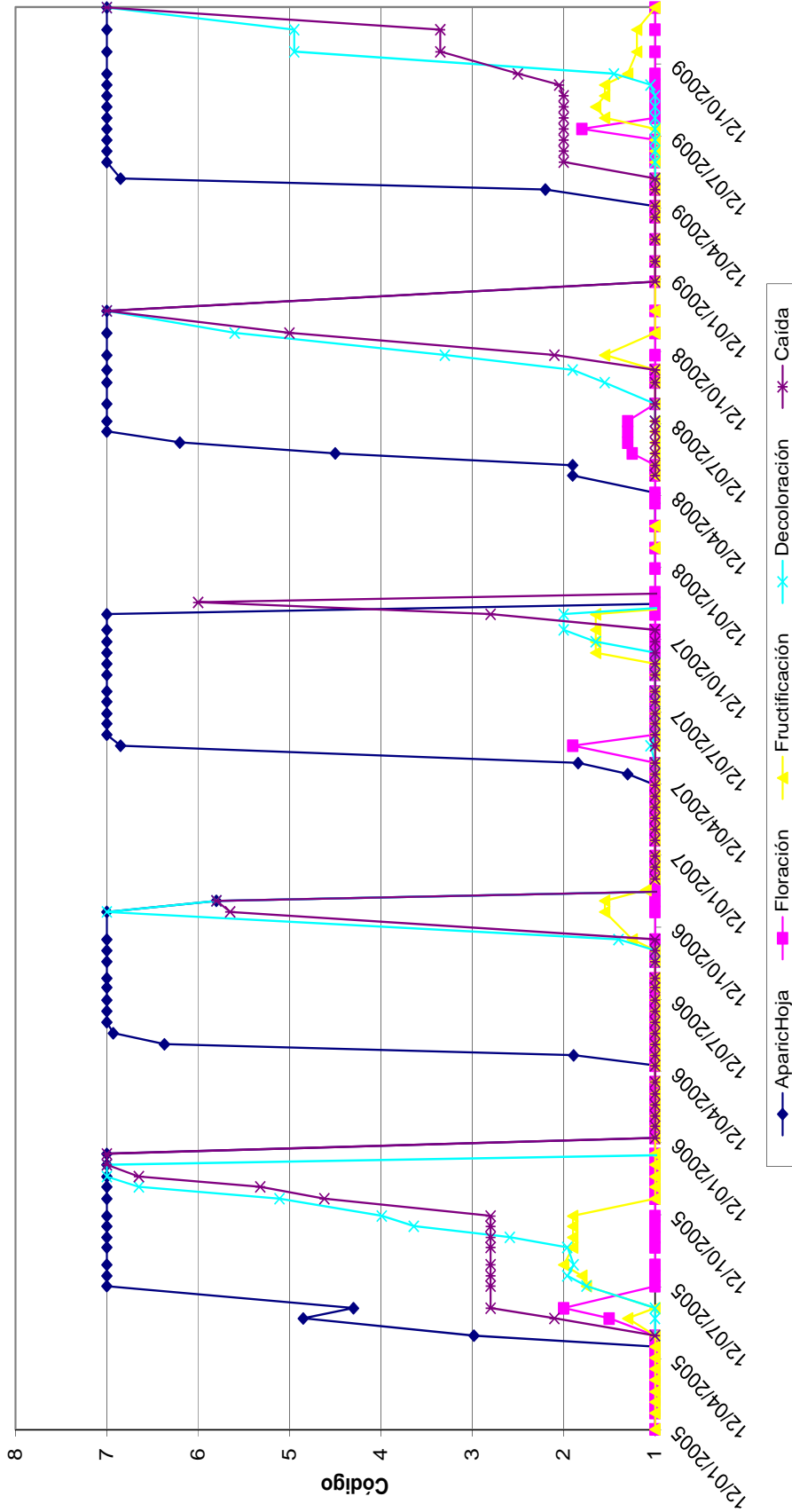


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

4. CRECIMIENTOS

El crecimiento de la parcela de *Quercus petraea* ha sido bueno y acorde con el tipo de masa y la edad, en el año 2008 ha sufrido un crecimiento mucho menor, como consecuencia de la rotura de algunas guías terminales y la extracción de algún árbol de la parcela, debida a las labores selvícolas, en el año 2009 el crecimiento se vuelve a ser mayor del 3% (Tabla 4.1).

Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m ³)	Crecimiento (%)
2005	22,39	17,85	15,37	
2006	23,41	17,87	15,91	3,52
2007	23,80	17,86	16,46	3,45
2008	23,98	17,45	16,58	0,70
2009	24.06	14.45	17.14	3.34

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 han detectado un constante incremento en diámetro, aumentando alrededor de 1 centímetro, el crecimiento no ha detenido su tendencia ascendente en ningún momento como podría esperarse de la situación fenológica observada en el año 2005 (Figura 4.2).

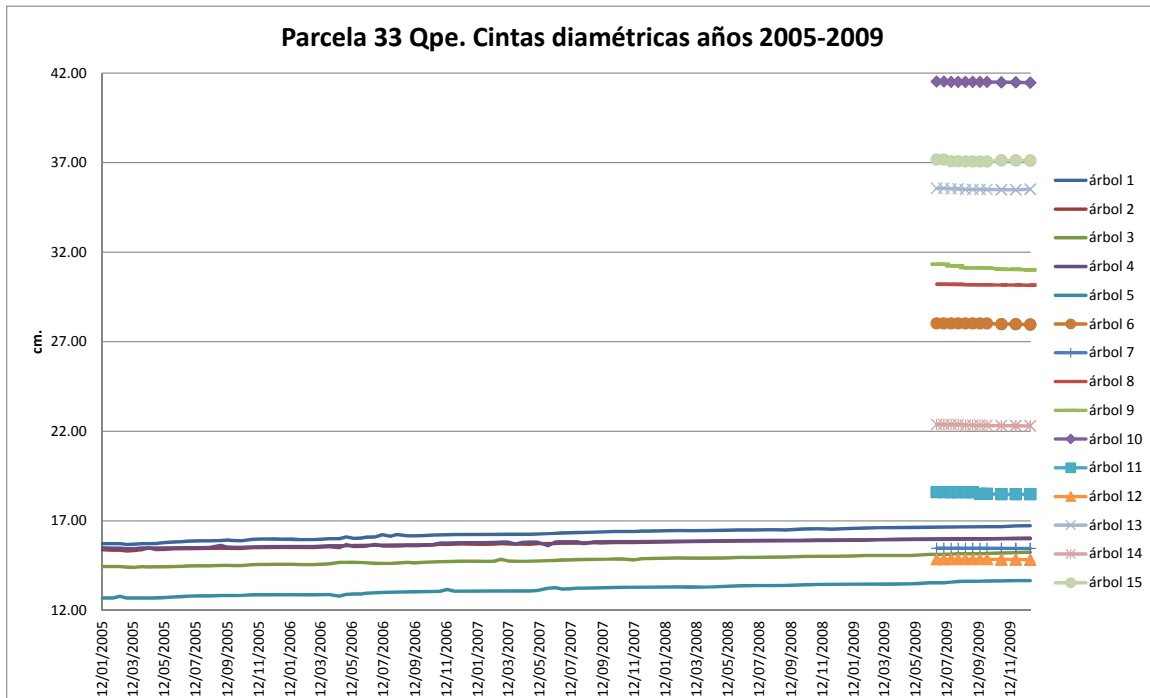


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los cinco árboles con cintas diamétricas en la parcela, durante los años de estudio.

5. DESFRONDE

La parcela 33 de *Quercus petraea* del Nivel II ha presentado en el año 2009 una producción de 4570 kg·ha⁻¹ en el desfronde total (Figura 5.1). Durante los cuatro años de estudio anteriores, las producciones han oscilado entre 4100 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2005 y 4654 kg·ha⁻¹·año⁻¹ en el año 2008.

Los aportes mayoritarios del desfronde, en el año 2009, han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales del 65% respecto del total del desfronde recogido, seguida de la fracción otros (yemas, frutos, corteza,...) con un 19%, y de la fracción ramas, con un 16% (Figura 5.2). Los porcentajes anuales de las diferentes fracciones han sido ligeramente inferiores en la fracción hojas, respecto al promedio de años anteriores, con un 73%. Destacar la relevancia que adquiere la fracción ramas en esta parcela, donde los aportes de estos al suelo son similares a la fracción otros.

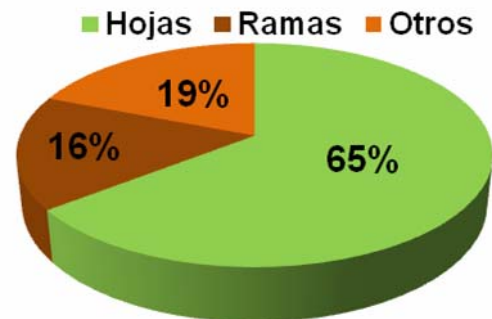
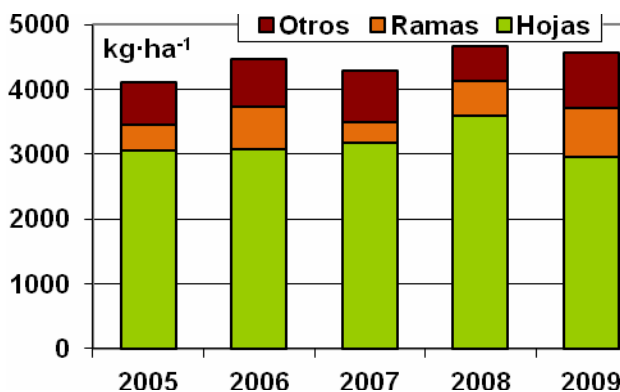


Figura 5.1: Producción total de desfronde anual (kg·ha⁻¹·año⁻¹) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio.

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

En el estudio de la evolución mensual del desfronde durante el año 2009 (Figura 5.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido a los meses comprendidos entre octubre y noviembre, retrasándose ligeramente este año la caída de hoja en el mes de octubre, respecto de la media de años anteriores de estudio. Los aportes máximos han correspondido al mes de noviembre con un total de 2273 kg·ha⁻¹·mes⁻¹ y octubre con 720 kg·ha⁻¹·mes⁻¹.

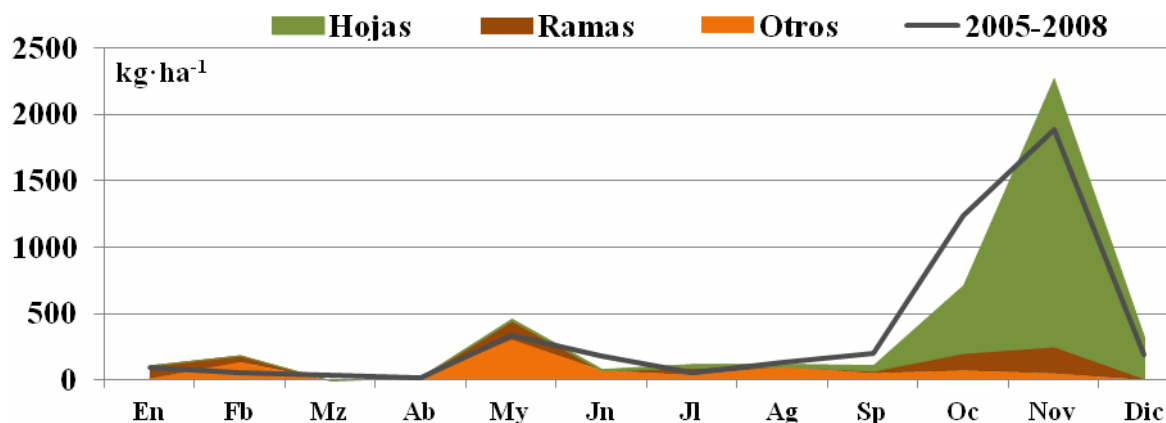


Figura 5.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde (kg·ha⁻¹·mes⁻¹) según las diferentes fracciones (hojas-rama-otros) durante el año 2009 y el promedio anual del total del desfronde durante los años 2005-2008.

En el mes de noviembre, se ha recogido casi el 70% de toda la producción foliar del árbol, con valores superiores a los 2000 kg·ha⁻¹·mes⁻¹. Destacar la escasa producción de hoja recogida desde enero hasta septiembre, donde no se habían superado los 100 kg·ha⁻¹.

La fracción otros ha alcanzado máximos en mayo, con 300 kg·ha⁻¹. En la fracción ramas se han encontrado valores superiores los meses de noviembre, mayo y octubre con valores de 206, 145 y 135 kg·ha⁻¹·mes⁻¹, respectivamente.

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.

33Qpe	Fracción	g·kg ⁻¹ (105°C)						
		C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	51.69	7.56	0.90	0.45	11.05	0.67	1.46
	Ramas	52.77	5.42	0.57	0.30	4.66	0.47	1.61
Febrero	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	51.69	7.56	0.90	0.45	11.05	0.67	1.46
	Ramas	52.39	4.55	0.62	0.37	5.41	0.43	0.89
Marzo	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	51.69	7.56	0.90	0.45	11.05	0.67	1.46
	Ramas	52.39	4.55	0.62	0.37	5.41	0.43	0.89
Abril	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	53.25	16.82	1.34	1.76	16.14	1.08	1.02
	Ramas	52.39	4.55	0.62	0.37	5.41	0.43	0.89
Mayo	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	53.25	16.82	1.34	1.76	16.14	1.08	1.02
	Ramas	51.57	5.09	0.48	0.29	4.49	0.47	1.09
Junio	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	51.02	15.45	1.33	0.99	8.13	0.97	2.89
	Ramas	51.08	3.57	0.37	0.24	4.63	0.43	1.87
Julio	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	51.02	15.45	1.33	0.99	8.13	0.97	2.89
	Ramas	51.08	3.57	0.37	0.24	4.63	0.43	1.87
Agosto	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	50.21	12.05	1.22	0.73	3.67	0.77	6.22
	Ramas	51.08	3.57	0.37	0.24	4.63	0.43	1.87
Septiembre	Hojas	51.05	17.45	1.29	0.91	5.62	1.40	5.51
	Otros	50.74	9.00	1.15	0.60	3.88	0.65	5.77
	Ramas	51.08	3.57	0.37	0.24	4.63	0.43	1.87
Octubre	Hojas	52.17	7.13	0.67	0.34	7.98	1.61	3.80
	Otros	49.23	7.15	1.03	0.57	1.97	0.51	6.53
	Ramas	51.90	3.76	0.36	0.26	4.49	0.42	2.27
Noviembre	Hojas	53.01	6.61	0.80	0.25	7.61	1.15	2.75
	Otros	50.91	8.92	0.92	0.56	5.58	0.62	4.99
	Ramas	52.21	5.56	0.50	0.37	4.23	0.51	2.07
Diciembre	Hojas	52.48	7.73	0.87	0.31	8.62	1.15	1.61
	Otros	50.91	8.92	0.92	0.56	5.58	0.62	4.99
	Ramas	52.21	5.56	0.50	0.37	4.23	0.51	2.07

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 33Qpe durante el año 2009.

Los contenidos medios de Carbono, en el desfronde mensual durante el año 2009, han sido de 51.43 ± 0.70 , 51.30 ± 1.14 y 51.81 ± 0.64 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$ en las fracciones de hojas, otros y ramas, respectivamente.

Debido a la escasa cantidad de muestra en los los nueve primeros mese del año, se han tenido que mezclar las hojas recogidas en estos meses para obtener una cantidad mínima para el análisis de las muestras. Durante estos meses, los contenidos de nitrógeno han sido elevados, con 17.45 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, al igual que en potasio (5.51 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) y en azufre (1.29 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$). Mayores concentraciones se han encontrado en el otoño en calcio foliar, con 8.62 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$.

En la fracción otros, se han encontrado en primavera concentraciones superiores en nitrógeno (16.82 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), azufre (1.34 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), fósforo (1.76 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$), calcio (16.14 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$) y magnesio (1.08 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$).

En la fracción ramas, los contenidos medios más elevados respecto a las fracciones de estudio, han sido de nitrógeno y calcio, con concentraciones medias a lo largo del año de 4.44 ± 0.82 y 4.74 ± 0.43 $\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$, respectivamente.

En total, la parcela 33Qpe ha aportado 2390 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ de carbono con el desfronde al suelo. El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha sido de 89 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$; Ligeramente inferiores a los encontrados en años anteriores, con rangos de variación que han oscilado entre 92 y 117 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$.

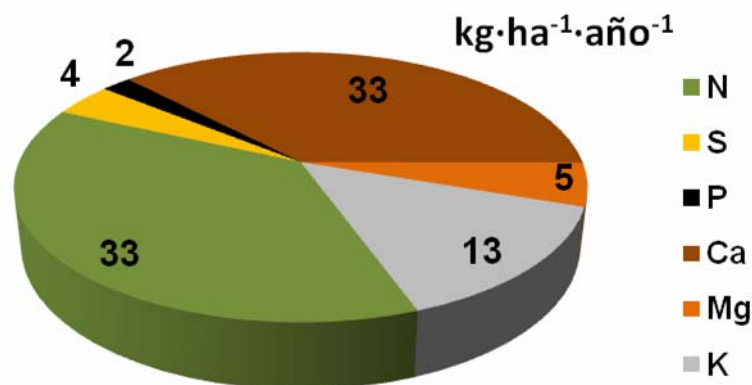


Figura 5.3: Distribución porcentual de los macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K en $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ a 105°C) aportados al suelo por el desfronde, durante el año 2009 en la parcela 33Qpe..

Los mayores aportes al suelo han sido de nitrógeno y calcio, con 33 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ cada uno de ellos en el desfronde total, seguido de potasio, con 13 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{año}^{-1}$ (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 petraea* 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 julio 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)							
2009	16.90	51.52	26.75	1.68	1.56	10.20	1.82	11.66

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.

El orden en que se presentan los nutrientes foliares según su contenido es el siguiente: N>K>Ca>Mg>S>P.

Para estudiar la variabilidad temporal de los contenidos foliares de nutrientes de la especie *Q.petraea* en la parcela de estudio se representan los resultados obtenidos desde el año 2001 hasta el año 2009 (Figuras 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 en el año 2009 desciende respecto a los años anteriores, especialmente respecto al año 2007 ya que este año presenta el peso medio foliar más elevado (28.3 g), mientras que las hojas del brote del año 2009 presentan el valor medio más bajo (16.9 g). Estos resultados no se corresponden con el hecho de que la precipitación ha sido muy similar en esos años de muestreo: 1102 mm en el año 2007 y 1177 mm en el año 2009 (informe 2005-2008) lo que parece indicar que la precipitación no haya influido en el desarrollo de la masa foliar.

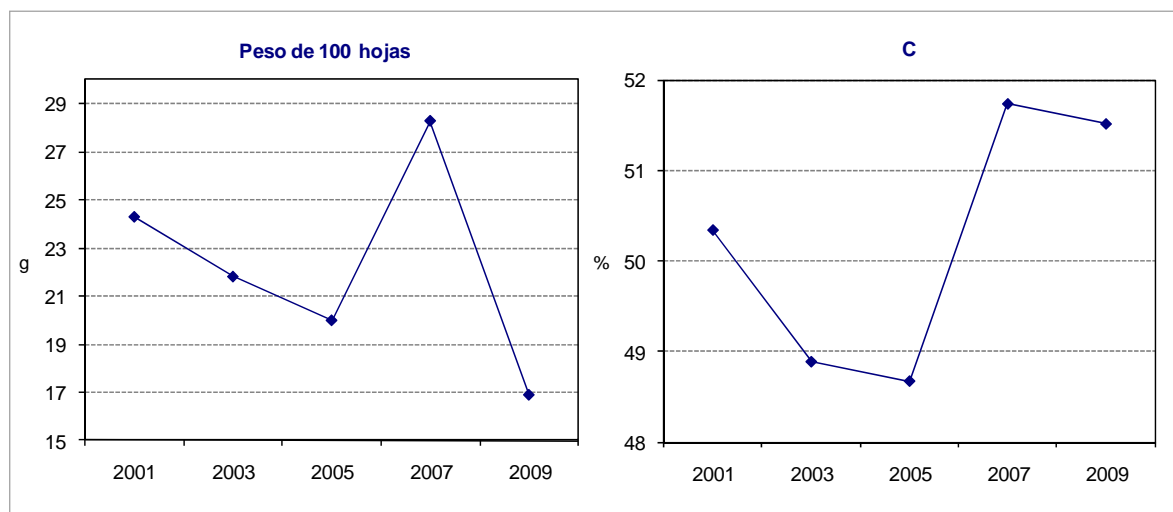


Figura 6.1: Contenido foliar de carbono (%) y peso de 100 hojas (g) de la especie *Q.petraea* durante el periodo 2001-2009. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los resultados están dados a 105°C.

El contenido foliar de C ha aumentado en los dos últimos periodos de muestreo pasando de 48.7% en el año 2005 a 51.8% y 51.2 % en los años 2007 y 2009 respectivamente.

Los contenidos foliares de N en los periodos muestreados presentan un rango de variación entre 23.2 mg·g⁻¹ y 26.8 mg·g⁻¹ correspondiendo los contenidos más altos a las hojas del brote del año 2009 y los más bajos a los del año 2005. Estos resultados se corresponden con el hecho de que el año 2005 fue el año en el cual la precipitación fue menor (778 mm), frente al año 2009 cuya precipitación fue más elevada (1177 mm).

Los contenidos foliares de Ca varían entre 8.1 mg·g⁻¹ y 12.1 mg·g⁻¹, correspondiendo el contenido foliar más bajo a las hojas del brote del año 2003 y el más elevado a las hojas del brote del año 2007. El resto de contenidos foliares de nutrientes varían muy poco entre los periodos muestreados (Figura 6.2).

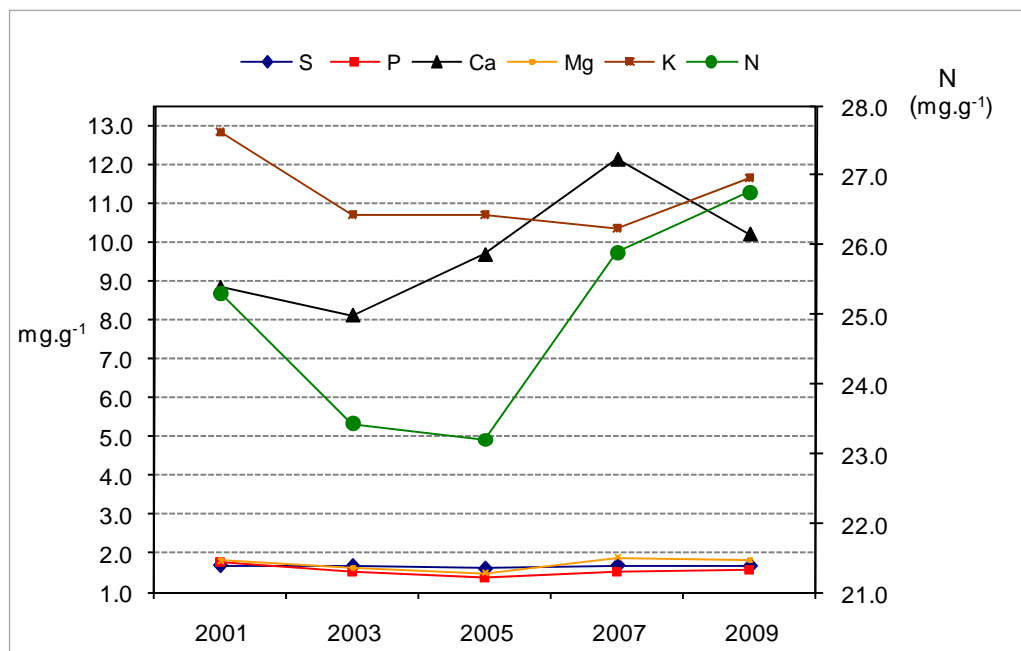


Figura 6.2. Contenidos foliares (mg·g⁻¹) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio de la especie *Q. petraea* durante el periodo 2001-2009. Los resultados están dados a 105°C

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 33 de *Quercus petraea* durante el año 2009.

		Precipitación Total (mm)	
Año		Trascolación	Precipitación incidente
2009		828	1177

Año		c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
		$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$										
2009	T	13	6.22	1.25	0.49	0.59	0.13	0.33	0.19	0.19	0.87	37
		(6-28)	(5.71-6.69)	(0.16-4.50)	(0.22-1.13)	(0.13-1.21)	(0.04-0.34)	(0.03-0.91)	(0.06-0.56)	(0.06-0.36)	(0.34-1.82)	(14-99)
n=12	Pi	9	6.16	0.73	0.39	0.44	0.07	0.14	0.15	0.11	0.70	26
		(4-21)	(5.82-6.69)	(0.07-4.29)	(0.16-1.02)	(0.08-0.98)	(0.01-0.24)	(0.01-0.35)	(0.04-0.28)	(0.01-0.20)	(0.24-1.73)	(5-82)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 33 de *Q.petraea* 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 rango de pH con valores comprendidos entre 5.82 y 6.69 con un valor medio de 6.16, muy similar al valor medio presentado en el agua de trascolación (6.22), tratándose de soluciones ligeramente ácidas. La concentración media de alcalinidad, al igual que sucede con el pH varía muy poco tras su paso por la cubierta arbórea aumentando de 26 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en la precipitación incidente a 37 $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el agua de trascolación.

La conductividad eléctrica en la precipitación incidente presenta un rango de variación entre 4 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ y 21 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, y un valor medio de 9 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$, ligeramente inferior al valor medio presentado en el agua de trascolación (13 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$) debido a que todos los iones mayoritarios presentes en el agua de lluvia, a excepción de los sulfatos, aumentan ligeramente su concentración tras su paso por la cubierta arbórea. 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. En la precipitación incidente la concentración media del anión sulfato (0.11 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$), de origen principalmente industrial es similar a la concentración media de nitratos (0.15 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) procedentes principalmente del tráfico rodado.

El agua de lluvia va a modificar ligeramente su composición química al atravesar el dosel arbóreo aumentando las concentraciones de todos los iones debido a procesos de lixiviación o evaporación en el caso de los cationes. Los nitratos y sulfatos son los elementos que menos varían su concentración en el agua de lluvia tras su paso por la cubierta arbórea. Hay que destacar la diferencia entre la concentración media del catión K en la precipitación incidente (0.73 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) y la presentada en el agua de trascolación (1.25 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$).

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).

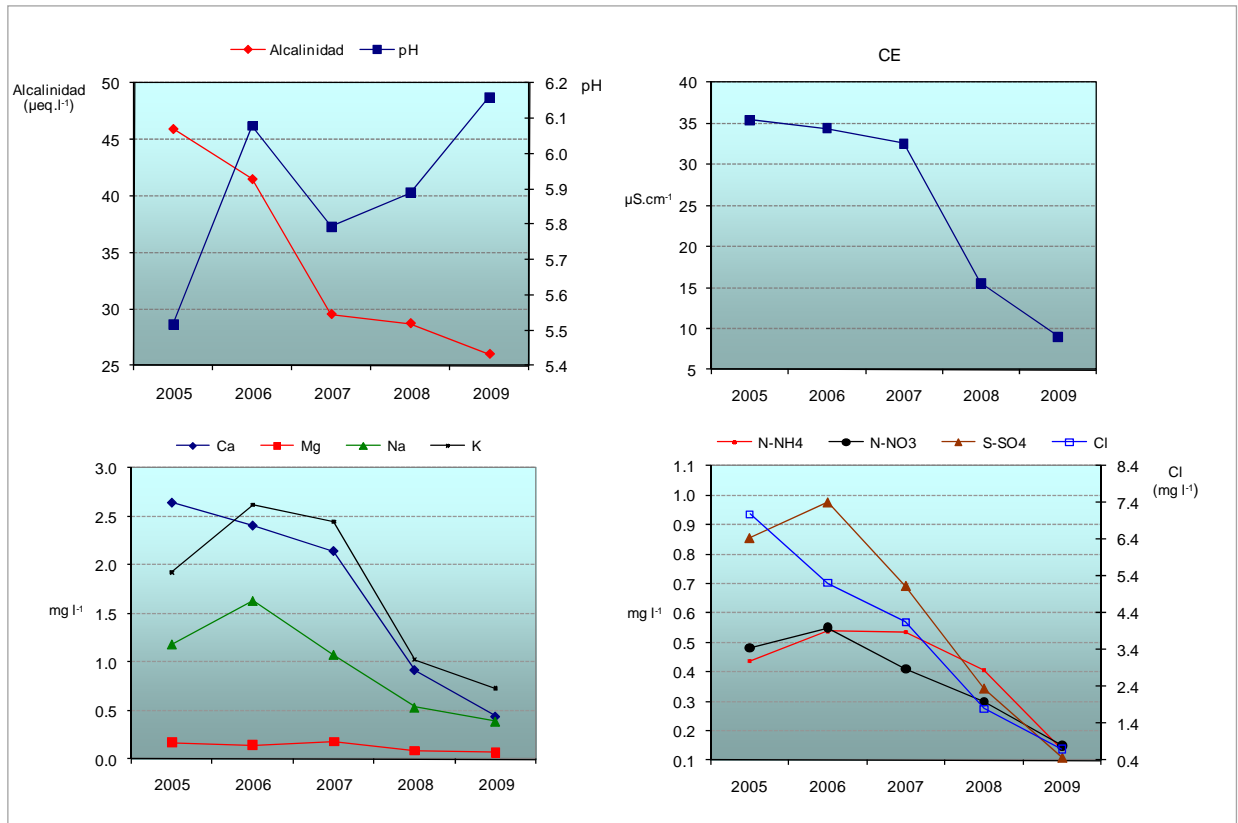


Figura 7.1: pH, conductividad eléctrica (CE, $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) y concentración media ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Ca, Mg, Na, K, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄ y Cl en el agua de precipitación incidente (Pi) durante el periodo 2005-2009. Los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

Se observa un ligero aumento del valor medio de pH en el año 2009 respecto a los años anteriores, aumentando desde un valor de 5.8 en el año 2007 hasta 6.2 en el año 2009. Las concentraciones medias de alcalinidad disminuyen progresivamente en los años muestreados disminuyendo desde una concentración media de $46 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2005 hasta $26 \mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ en el año 2009.

Hay que destacar, al igual que en el caso de la alcalinidad, una disminución progresiva de la conductividad eléctrica media en los años muestreados pasando de $35 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en el año 2005 a $9 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ 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 año 2009.

Hay que destacar la disminución progresiva de las concentraciones medias de aniones acidificantes como nitratos y sulfatos a lo largo de los cinco años de muestreo. Los nitratos, procedentes principalmente del tráfico rodado, disminuyen su concentración de $0.48 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2005) a $0.15 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2009) y los sulfatos de origen principalmente industrial disminuyen su concentración de $0.86 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (año 2005) a $0.11 \text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ (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 12 periodos mensuales

(P) muestreados en el año 2009. Se presentan los datos en los que la precipitación mensual ha sido superior a 2mm.

P	cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH ₄	N-NO ₃	S-SO ₄	Cl	alk
	mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
	119	6.13	7	0.24	0.05	0.44	0.55	0.23	0.09	0.13	0.61	23
	93	5.88	5	0.12	0.03	0.37	0.17	0.14	0.10	0.09	0.45	12
	39	6.06	8	0.37	0.12	1.02	0.26	0.08	0.11	0.14	1.36	17
	83	5.99	8	0.55	0.03	0.16	0.14	0.35	0.19	0.16	0.24	25
	124	6.22	9	0.60	0.06	0.27	0.36	0.15	0.20	0.23	0.39	16
Pi	37	6.69	11	0.71	0.06	0.30	1.16	0.07	0.08	0.20	0.63	47
	44	6.30	11	0.98	0.07	0.32	0.38	0.18	0.14	0.28	0.76	35
	38	6.38	7	0.30	0.04	0.25	0.34	0.13	0.17	0.09	0.56	12
	130	5.83	5	0.36	0.03	0.20	0.34	0.10	0.09	0.09	0.39	16
	183	6.46	21	0.55	0.24	0.68	4.29	0.01	0.00	0.21	1.73	82
	283	5.82	4	0.08	0.01	0.25	0.07	0.09	0.04	0.04	0.57	5
	96	5.87	9	0.28	0.07	0.51	0.85	0.23	0.09	0.14	0.77	16
	56	6.45	7	0.31	0.05	0.31	0.37	0.14	0.13	0.11	0.70	14
	42	6.20	9	0.36	0.14	1.13	0.32	0.09	0.10	0.15	1.82	18
	59	5.80	10	0.40	0.07	0.22	0.47	0.40	0.26	0.17	0.34	17
	83	6.66	28	0.89	0.34	0.33	4.50	0.91	0.26	0.30	0.47	99
T	28	6.69	23	1.21	0.19	0.41	2.82	0.79	0.20	0.36	1.04	83
	38	6.06	18	1.13	0.18	0.36	1.90	0.43	0.16	0.16	0.58	60
	29	6.62	18	1.17	0.17	0.44	1.57	0.20	0.56	0.23	1.03	41
	84	5.71	11	0.30	0.12	0.84	0.16	0.10	0.08	0.20	1.32	26
	103	6.46	10	0.34	0.05	0.49	0.25	0.31	0.17	0.25	0.82	17
	208	5.87	6	0.13	0.04	0.31	0.55	0.03	0.06	0.06	0.65	14

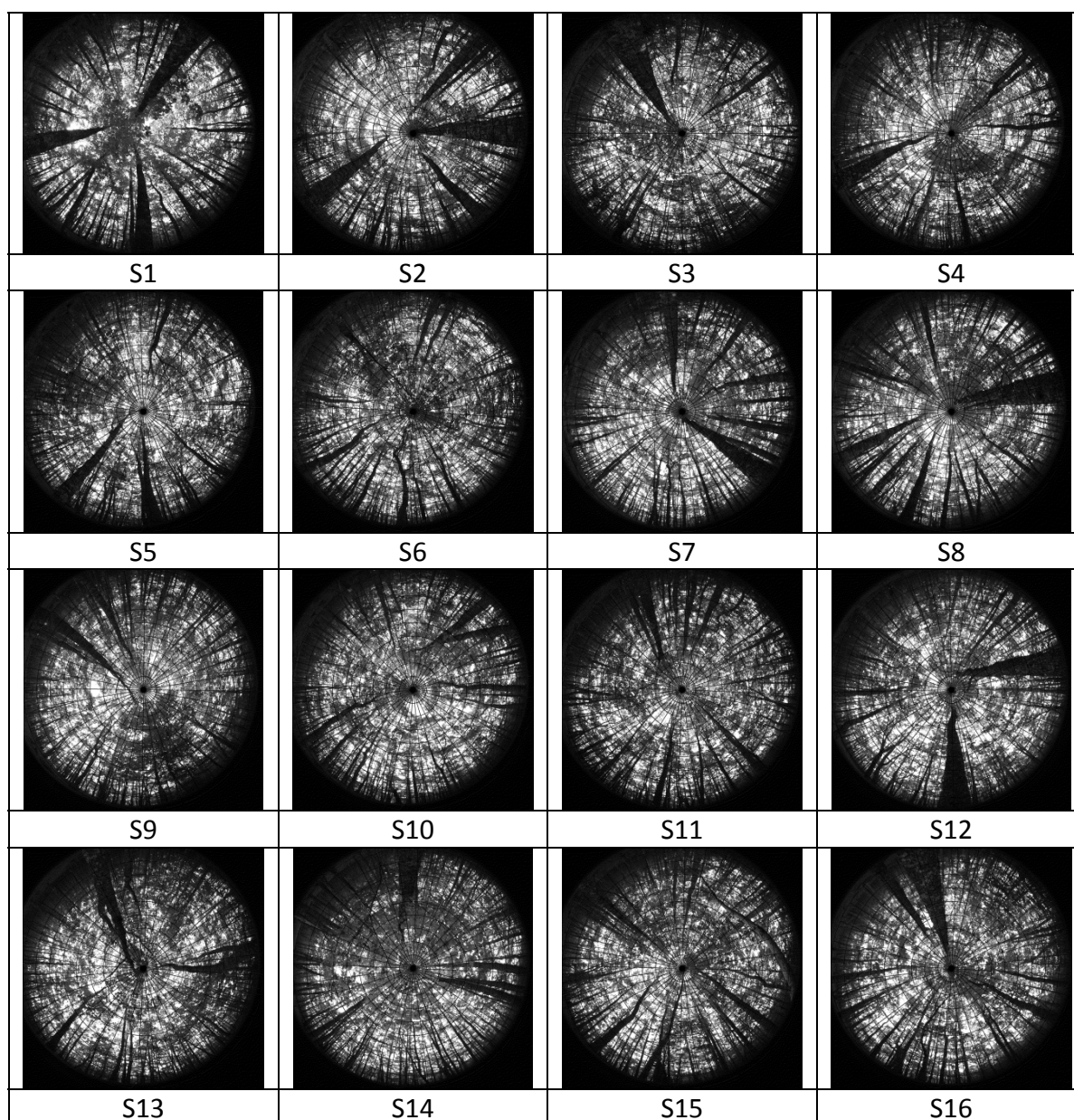
Tabla 7.2: Cantidad de precipitación incidente (mm), cantidad de agua de trascolación (mm), pH, conductividad eléctrica ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$), concentración ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$) de Na, K, Ca, Mg, N-NH₄, N-NO₃, S-SO₄, Cl y alcalinidad ($\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$) en los periodos mensuales muestreados en la parcela 33 Qpe 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 23 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⁻²d⁻¹.
- LAI 5 Ring: Es el índice de área foliar efectiva integrada en el ángulo cenital de 0 a 75°. Unidad de medida mol m⁻²d⁻¹.
- Trans Direct: Es la cantidad de radiación solar directa transmitida por el dosel.
- Trans Diffuse: Es la cantidad de radiación solar difusa transmitida por el dosel.
- Trans Total: Es la suma de Trans direct y Trans diffuse.
- % Trans Direct: Es la relación de Trans direct y la radiación directa sobre una superficie horizontal multiplicada por 100%.
- % Trans Diffuse Es la relación entre la Trans Diffuse y radiación difusa sobre una superficie horizontal multiplicada por 100%.
- % Trans Total es la relación entre Trans Total y radiación total sobre una superficie horizontal multiplicada por 100%.

En la parcela 33 Qpe se puede observar unos valores de cielo ,muy bajos, 14 al 16%. Es el motivo por el que el índice de área foliar 4 (0 a 60°) o el área foliar 5 (0 a 75°) es alto, alrededor de 2 y propio de este masa.

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	LAI 4Ring	LAI 5Ring	Trans Dir	Trans Dif	Trans Tot	%Trans Dir	%Trans Dif	%Trans Tot
33	1	99.91	0.09	13.90	2.22	2.02	2.46	2.46	4.92	16.81	16.81	16.81
33	2	99.89	0.11	15.67	2.06	1.84	3.06	2.93	6.00	20.92	20.04	20.48
33	3	99.90	0.10	14.66	2.12	1.93	2.44	2.72	5.16	16.69	18.55	17.62
33	4	99.89	0.11	14.60	2.16	1.92	2.80	2.83	5.63	19.12	19.31	19.22
33	5	99.88	0.12	15.56	2.10	1.86	2.50	3.02	5.52	17.05	20.66	18.86
33	6	99.89	0.11	13.75	2.26	2.00	2.02	2.45	4.46	13.78	16.71	15.24
33	7	99.90	0.10	15.17	2.19	1.87	2.28	2.80	5.09	15.59	19.15	17.37
33	8	99.87	0.13	14.45	2.29	1.93	1.99	2.62	4.61	13.58	17.92	15.75
33	9	99.90	0.10	15.12	2.21	1.88	2.37	2.88	5.25	16.21	19.66	17.93
33	10	99.89	0.11	16.10	2.07	1.79	1.94	3.05	4.98	13.22	20.82	17.02
33	11	99.91	0.09	14.33	2.26	1.95	1.88	2.66	4.54	12.83	18.20	15.51
33	12	99.88	0.12	16.38	2.01	1.79	2.30	3.07	5.37	15.71	20.99	18.35
33	13	99.90	0.10	16.06	2.06	1.83	2.33	3.04	5.36	15.89	20.74	18.32
33	14	99.90	0.10	12.05	2.52	2.20	1.14	2.04	3.17	7.75	13.91	10.83
33	15	99.89	0.11	15.20	2.13	1.88	1.96	2.82	4.78	13.42	19.24	16.33
33	16	99.89	0.11	14.48	2.18	1.94	2.20	2.67	4.86	15.01	18.21	16.61

Total	99.89	0.11	14.84	2.18	1.91	2.23	2.75	4.98	15.22	18.81	17.02
--------------	--------------	-------------	--------------	-------------	-------------	-------------	-------------	-------------	--------------	--------------	--------------

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.

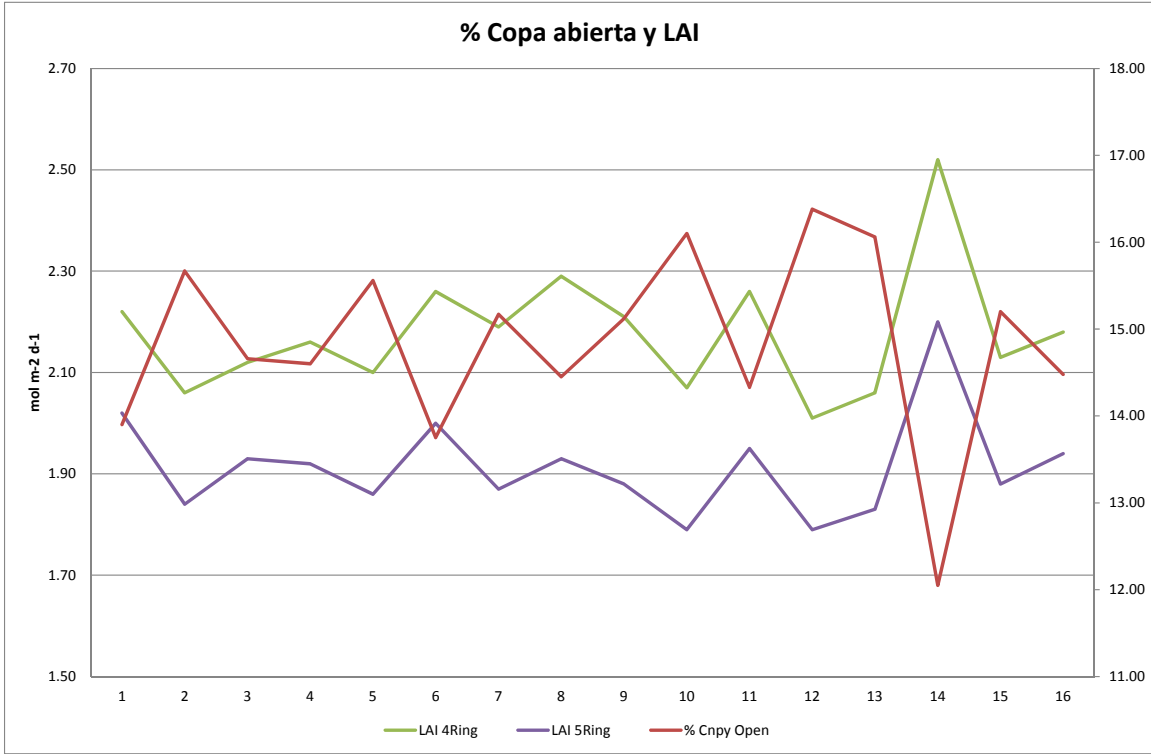
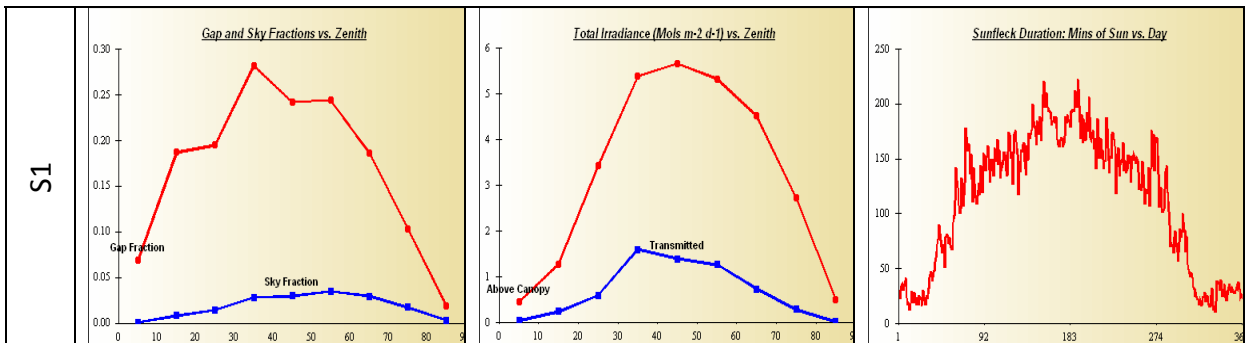
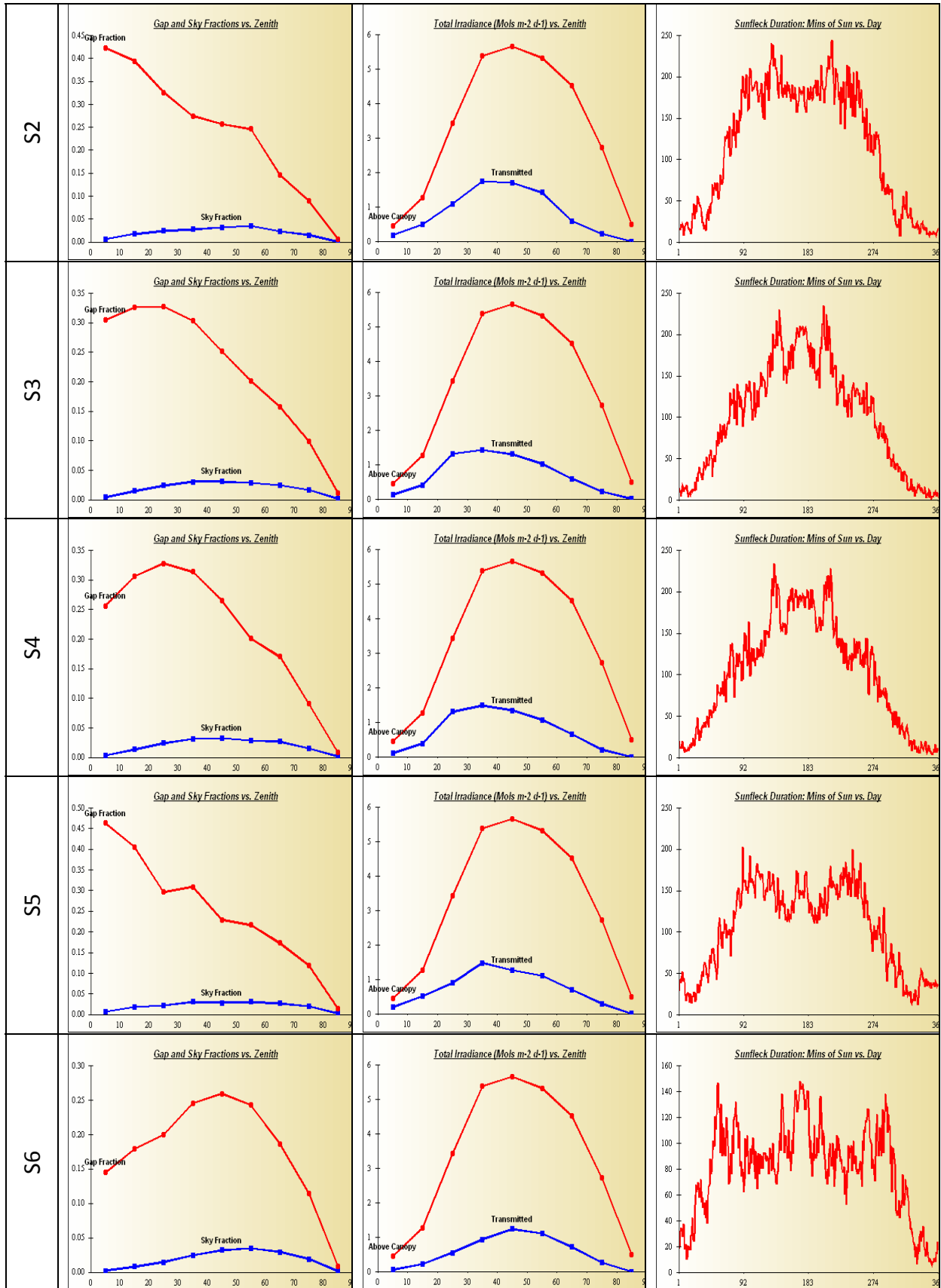


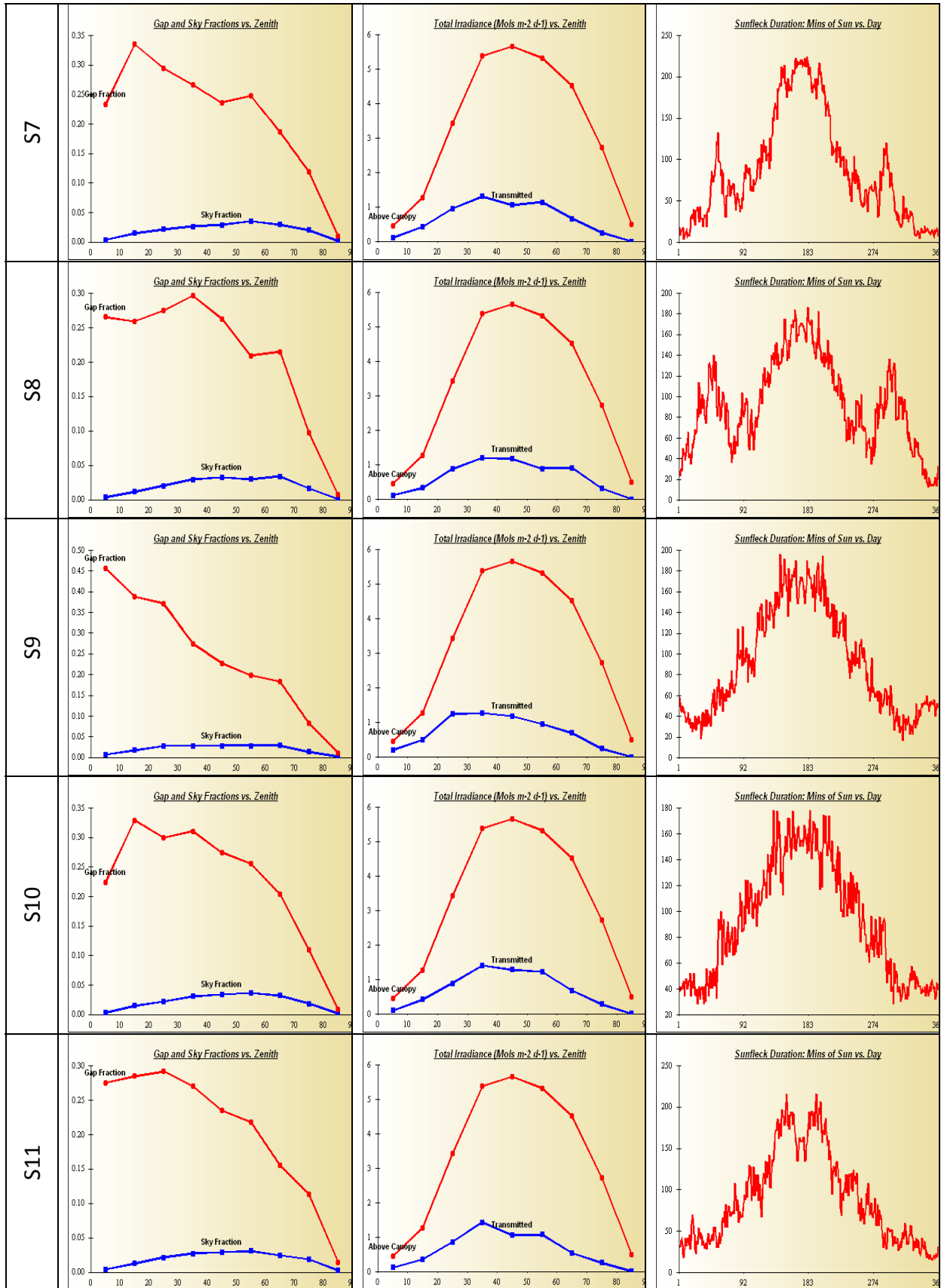
Figura 8.4: valores de índice de área foliar y de % de cielo abierto en cada punto de muestreo.

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

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







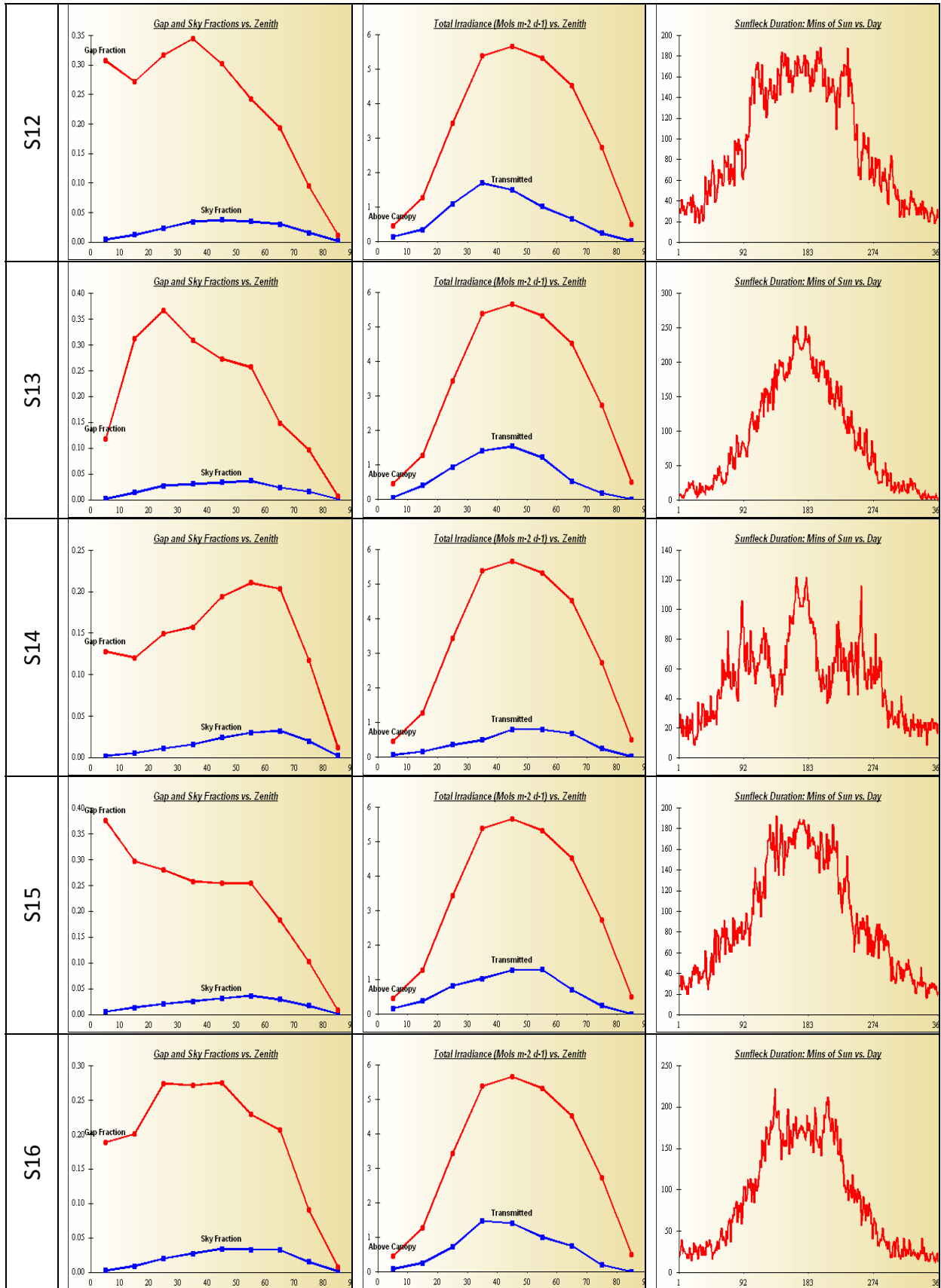


Figura 8.5: Zona cielo abierto (Sky Fraction), la Irradiancia y los minutos en los que incide el sol cada día en cada una de las fotografías.

9. CUADROS DE VEGETACIÓN

La recogida de los diferentes grupos de vegetación en la parcela 33Qpe se llevó a cabo el 13 de octubre de 2009. Los resultados de los pesos de los diferentes grupos en los que se clasifica la vegetación, encontrados en la parcela en ese momento, se detallan en la Tabla 9.1.

33Qpe	GRUPO	PESO (kg·ha ⁻¹)
Grupo 1	Musgo	45
Grupo 4	Poas, Cyperaceas y Juncos	102
Grupo 5	Herbáceas	9
Grupo 6	Matorral caduco	3
Grupo 7	Matorral perenne	209

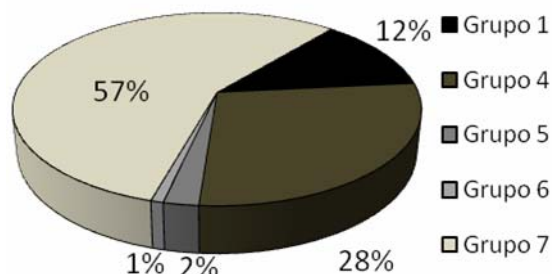


Tabla 9.1: Pesos de los diferentes grupos de vegetación (kg·ha⁻¹ a 65°C) en la parcela 33Qpe durante el año 2009

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 de matorral perenne, con 209 kg·ha⁻¹ y el 57% de la biomasa total no arbórea recogida (Figura 9.1). Le sigue el grupo de poáceas, ciperáceas y juncáceas, con un 28% y el grupo de musgos (12%). Existe presencia, aunque escasa, de herbáceas (2%) y de matorral caduco (1%). En total, se ha recogido 368 kg·ha⁻¹ de biomasa. En el momento de la recogida, no se ha encontrado vegetación perteneciente a los grupos de líquenes ni de helechos.

En total, el contenido de carbono retenido en esta parcela de estudio por la vegetación ha sido de 183 kg·ha⁻¹ (Figura 9.2), principalmente retenido en el grupo de matorral perenne (106 kg·ha⁻¹) y el grupo musgos (50 kg·ha⁻¹). Los macronutrientes retenidos por la vegetación, 12 kg·ha⁻¹, mayoritariamente han sido nitrógeno (5 kg·ha⁻¹) y calcio y potasio, ambos con 3 kg·ha⁻¹, en los grupos 7 y 1 (Figura 9.3).

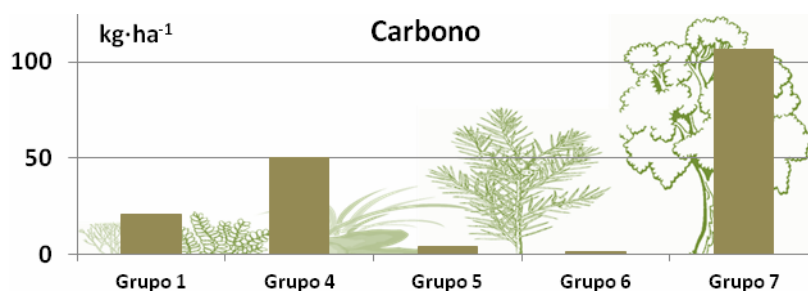


Figura 9.2: Contenido total de Carbono (kg·ha⁻¹ a 105°C) en los grupos de vegetación.

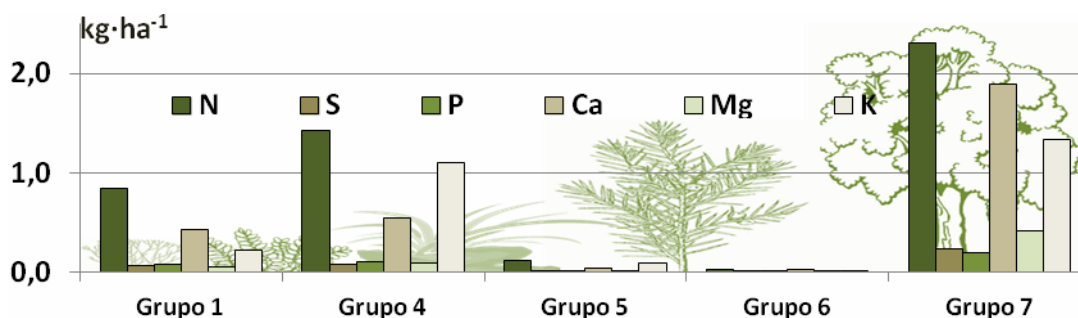


Figura 9.3: Contenido total de N, S, P, Ca, Mg y K (kg·ha⁻¹ a 105°C) distribuidos en los diferentes grupos de

vegetación existentes.

10. CARACTERIZACIÓN EDÁFICA

La litología de la parcela 33 de *Quercus petraea* es de pizarras ferruginosa con características sericíticas. Los perfiles característicos corresponden a un Cambisol Eútrico (A/B_w/BC/C) y a un Lluviosol Gléico (A_{u1}/A_{u2}/B_{ts}/B_{tsg})

La parcela de estudio presenta un pH en CaCl₂ ácido, con valores medios en la capa orgánica de 4.74±0.17 y 5.10±0.54 en la capa F (fragmentada) y capa H (humificada), respectivamente (Figura 10.1). En la capa mineral, el pH en los 20 primeros centímetros presentan valores medios de 4.08±0.24.

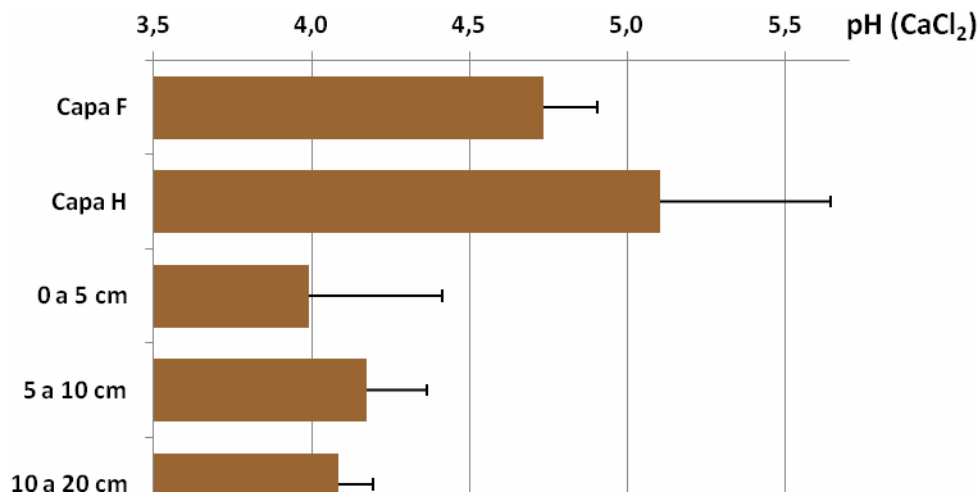


Figura 10.1: Variación del pH(CaCl₂) medio con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de Carbono orgánico (Figura 10.2) han sido de 406±15 g·kg⁻¹ y 272±21 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 54.15±8.49 g·kg⁻¹, decreciendo con la profundidad.

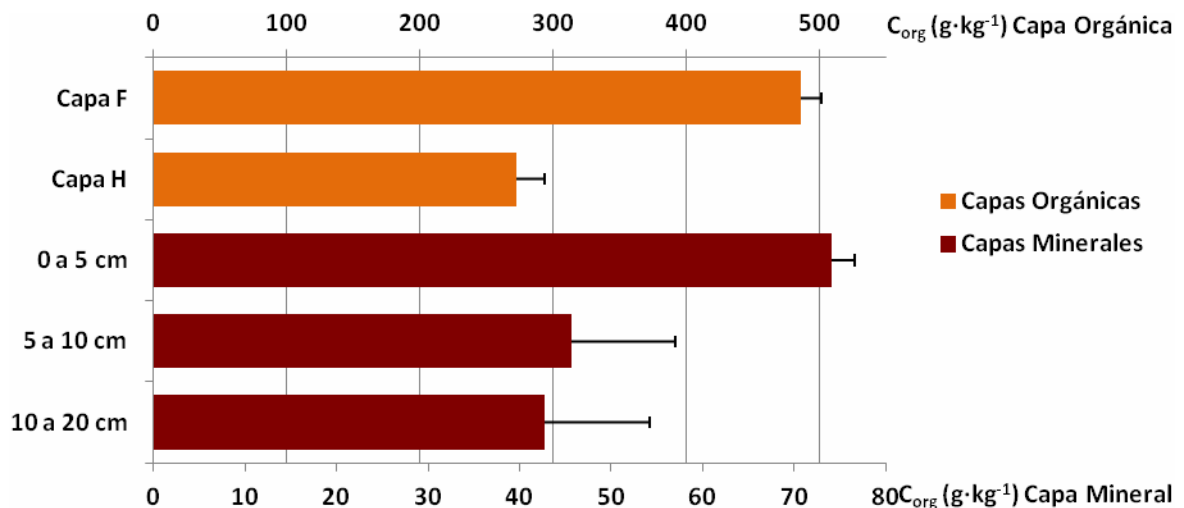


Figura 10.2: Distribución del contenido medio de Carbono orgánico (g·kg⁻¹ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H:

H: capa de material orgánico humificado.

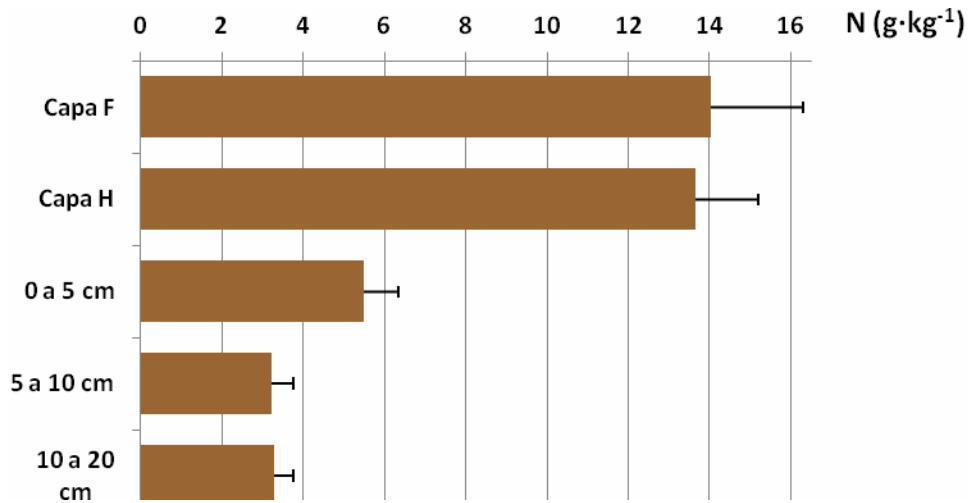


Figura 10.3: Distribución del contenido medio de Nitrógeno total ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ a 105°C) con la profundidad. Las barras representan la desviación típica entre los cuatro perfiles muestreados. Capa F: capa de material orgánico fragmentado. Capa H: capa de material orgánico humificado.

Los contenidos medios de nitrógeno total en la capa orgánica han sido muy similares, con valores de 14 ± 2.27 y $13.65 \pm 1.54 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ en la capa F y H, respectivamente. En la capa mineral, los contenidos medios de N en las tres profundidades muestreadas han sido de $4.00 \pm 0.61 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$, con tendencia decreciente al aumentar la profundidad.