

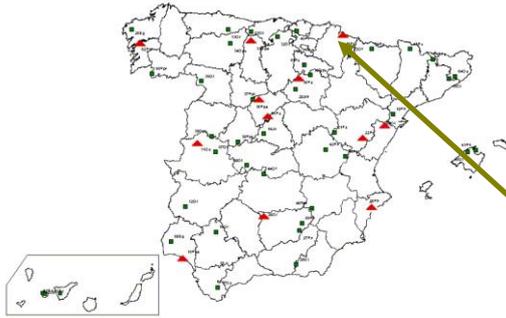


## **CONVENIO CC03-056**

**“Evaluación y seguimiento intensivo del estado de los bosques para identificar los factores y procesos, en especial los relacionados con la contaminación atmosférica, que afectan a los ecosistemas forestales españoles (Nivel II)”**

**INFORME PARCELA 15 FS  
BURGUETE (NAVARRA)  
AÑOS 2005-2008**

## PARCELA 15 y 115 *Fagus sylvatica*



### 1. DESCRIPCIÓN DE LA PARCELA

Las características principales de la parcela 15 de *Fagus sylvatica* de seguimiento intensivo de la Red de Nivel II, se describen a continuación.

#### SITUACIÓN Y TOPOGRAFÍA

**Provincia:** Navarra  
**Término Municipal:** Burguete  
**Paraje:** Ausobi  
**Coordenadas (GPS)**  
**Latitud:** +42°60'00''  
**Longitud:** -01°20'00''  
**Altitud:** 900 m s.n.m.  
**Orientación:** Este  
**Superficie Parcela:** 0,25 hectáreas

#### CARÁCTERÍSTICAS DASOMÉTRICAS DE LA PARCELA

La parcela se sitúa en una masa monoespecífica regular de hay en estado de fustal

**Especie principal:** *Fagus sylvatica*  
**Edad media:** 81-100 años  
**Nº árboles de la especie principal:** 30  
**Nº árboles de otras especies:** 0

#### GEOLOGÍA Y SUELOS

**Litología:** Limolita  
**Edafología:** Alisol haplico (Acrisol haplico/Luvisol haplico)

#### VEGETACIÓN

Hayedo maduro muy aclarado, el aclareo ha estimulado la regeneración de hayas. La puesta en luz ha permitido el desarrollo de acebo (15%). Zarzales muy densos (10%) y corros de gramíneas y ciperáceas (1.6%).

En agosto del año 2008 se cambió el emplazamiento de la parcela y la subparcela interior debido a las cortas que se producirían en la zona de la parcela, la nueva parcela, ahora llamada 115 Fs se encuentra en el mismo monte, a poca distancia de la antigua 15 Fs y con las mismas características de situación, vegetación y suelo.

## 2. METEOROLOGÍA

El parámetro meteorológico que más sobresale y que ha marcado las pautas de comportamiento en la parcela es la precipitación en las que tenemos unas diferencias notables entre el año 2005 con 1537 mm. de precipitación y el año 2007 con 2087 mm.

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 (Tabla 2.1).

Los demás parámetros han estado en los mismos rangos durante estos cuatro años, destacando sólo la mínima absoluta de  $-20.6$  en el 2005.

Año	V viento med	V viento máx	D viento med	T <sup>a</sup> med	T <sup>a</sup> máx	T <sup>a</sup> mín	T <sup>a</sup> med máx	T <sup>a</sup> med min	HR (%)	Rad med	Precip. (mm)
2005	1,8	22,7	248,6	8,3	32,7	-20,6	14,6	2,9	83,8	190,2	1537
2006	1,5	22,0	244,5	6,4	32,6	-13,7	12,4	1,4	85,3	182,1	1648
2007	1,6	23,5	258,7	7,1	31,7	-12,5	12,6	1,8	86,8	190,2	2087
2008	1.8	40.1	256.1	7.2	31.0	-14.1	12.8	1.4	85.8	192.1	2066

Tabla 2.1: Parámetros medios y máximo (m/s) y dirección (en grados) de viento, temperatura (°C) medias, máximas, mínimas, medias máximas y medias mínimas humedad relativa, radiación ( $\text{Wat/m}^2$ ) y precipitación anual durante los cuatro años de estudio.

## 3. FENOLOGÍA

En las series fenológicas de los diferentes procesos en la parcela 15Fs se puede observar:

- Aparición de la hoja: En los periodos de aparición de la hoja no ha habido grandes cambios salvo en el año 2005 en el que el periodo de aparición hoja llegó a ralentizarse hasta el mes de julio y las hojas fueron sensiblemente más pequeñas (Figura 3.1).
- Caída de la hoja: Este proceso fenológico ha llevado un desarrollo general muy igual en los años 2006 al 2008, en el año 2005 la caída de la hoja se adelantó de septiembre a julio debido a la escasez de las lluvias.
- Decoloración: Se puede observar el adelanto de la decoloración otoñal en el 2005 en el que las hojas se empiezan a decolorar en mayo, este cambio en el comportamiento fenológico se produce como consecuencia del estrés hídrico que se produjo este año como consecuencia de la escasez de lluvias primaverales.
- Floración: El periodo de floración es muy corte en el haya y en los años 2006 al 2008 la floración ocurrió entre viajes bisemanales por lo que no han quedado registrados. En el 2005 el proceso de la floración se extendió 1 mes pero se secaban sin pasar a fruto.
- Fructificación: No hubo fructificación en el 2005, el proceso se abortó debido al estrés hídrico.

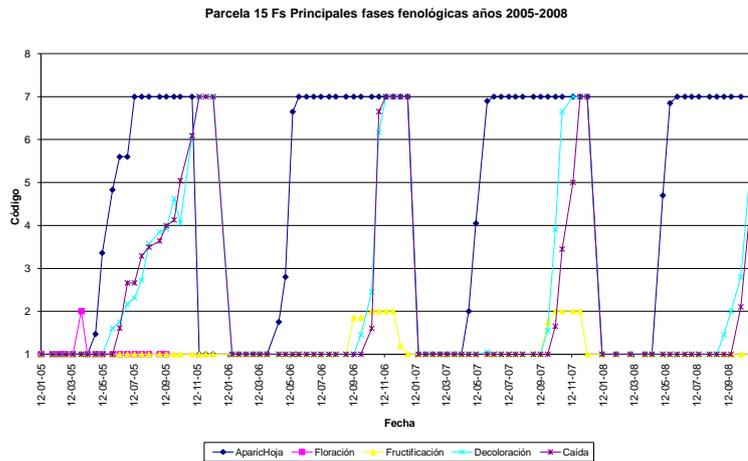


Figura 3.1: Desarrollo de las principales fases fenológicas (aparición de hoja, crecimiento secundario, floración, fructificación, decoloración, caída y número de metidas) durante el periodo de estudio.

### Estudio sanitario de la parcela

En la parcela 15Fs han aparecido los siguientes daños durante los años 2005 a 2008:

- *Rhynchaenus fagi*: En 2005 y 2007 se detectan daños ligeros de este Chrysomelido sobre todos los pies. Y en 2006 y 2008 estos daños llegan a tener una intensidad moderada.
- *Mikiola fagi*: Las agallas que produce este insecto se observan todos los años sobre casi todos los pies. Ocasionando daños muy ligeros.
- Viento: En 2005 el viento ocasiona la rotura de ramillas pequeñas en la parcela, pero en las inmediaciones llega a tirar a algunos pies.
- Nieve: Este agente abiótico en 2005 ocasiona en esta parcela un doble daño. Por un lado el aplastamiento del regenerado, daño que resulta ser ligero ya que este regenerado se recupera al irse la nieve. Por otro lado, existe rotura de algunas ramas altas de las hayas adultas.

## 4. CRECIMIENTOS

La parcela 15Fs se tuvo que cambiar de lugar debido a unas cortas programadas en la situación original, la parcela se trasladó de lugar en el verano del 2008 y pasó a ser 115Fs, en el desarrollo de la fenología no ha afectado ya que se siguió realizando en la 15Fs a la vez que en la 115Fs, sin embargo, los datos dasométricos del 2008 solo están tomados en la parcela 115Fs por lo que no se puede realizar la estimación de crecimientos.

El crecimiento del 2006 fue del 10% a pesar de la sequía del 2005, este aumento en crecimiento es debido a tratamientos selvícolas y de limpieza en la parcela en el año 2005 y 2006 (Tabla 4.1).

Parcela	Año	Diámetro medio (cm)	Altura media (m)	Volumen total (m <sup>3</sup> )	Crecimiento (%)
15	2005	48,37	30,38	51,91	
15	2006	48,40	31,05	57,17	10,14
15	2007	49,00	31,05	59,52	4,11
115	2008	46,33	31,10	69,64	

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

Las cintas diamétricas no han detectado grandes ni significativos crecimientos en estos cuatro años, si se pueden observar los pequeños incrementos mayores en la última mitad del año 2007. En el verano del 2008 la parcela 15Fs cambió su situación y pasó a ser la 115Fs (Figura 4.2).

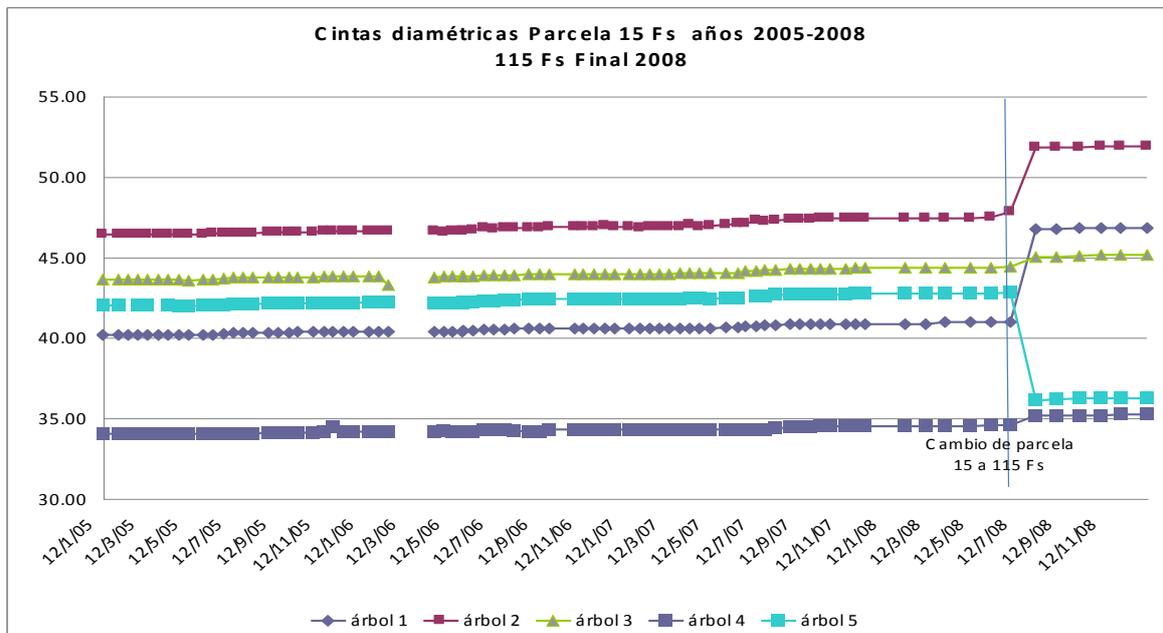


Figura 4.2: Evolución del crecimiento diamétrico (cm) de los cinco árboles con cintas diamétricas en las parcelas durante los años de estudio.

## 5. DESFRONDE

La parcela 15 de *Fagus sylvatica* del Nivel II, presenta unos rangos en la producción anual de desfronde, durante los cuatro años de estudio completos, que han oscilado entre 3.875 y 4.779  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  (Figura 4.1).

Los aportes mayoritarios del desfronde han correspondido a la fracción hojas, con valores anuales medios del 74%, seguida de la fracción otros, con un 20%, y de la fracción ramas, con un 6% (Figura 4.2).

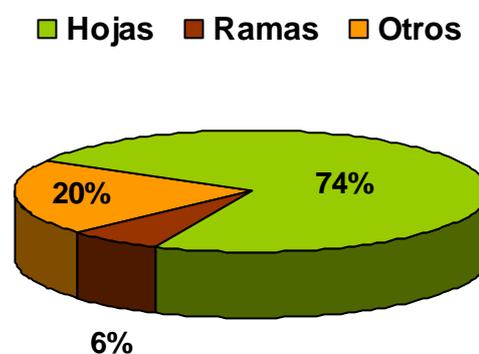
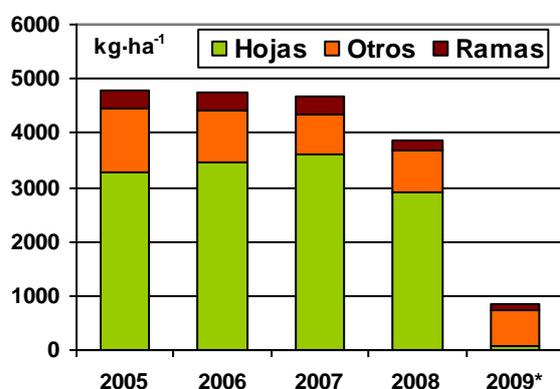


Figura 4.1: Producción total de desfronde anual ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ ) distribuido según las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) durante los 5 años de estudio. (2009\* Producciones hasta agosto incluidas).

Figura 4.2: Distribución del porcentaje medio anual de las diferentes fracciones (hojas-ramas-otros) respecto del desfronde anual total, durante los años de estudio.

En el estudio de la evolución mensual del desfronde (Figura 4.3), la mayor intensidad en el desfronde ha correspondido a los meses entre septiembre y noviembre, coincidentes con la característica caída de hoja de las caducifolias, con aportes máximos al suelo en el mes de octubre. Los valores máximos en la fracción hoja, también han correspondido a estos meses al ser la fracción con mayores aportes al desfronde, con máximos de producción entre 1.844 y 2.485  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$ . La fracción otros ha alcanzado máximos en los meses de primavera, y la fracción ramas en los meses de invierno, generalmente.

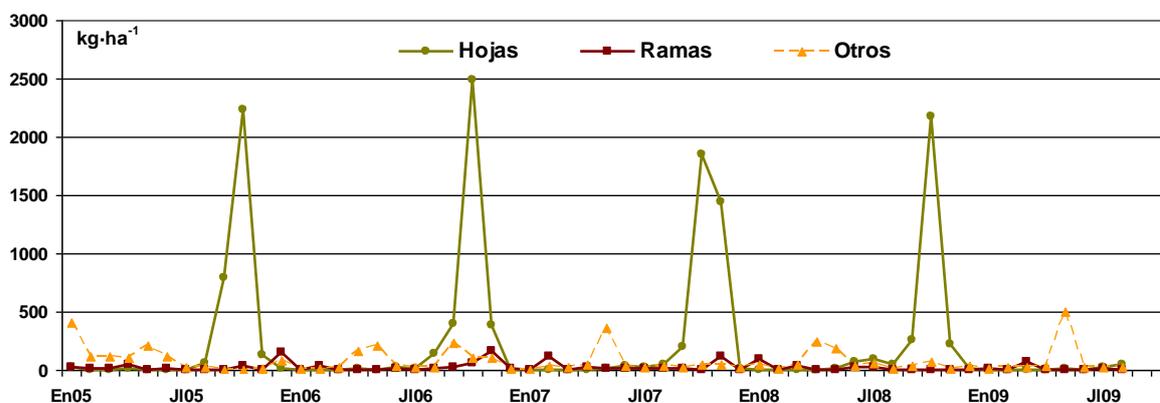


Figura 4.3: Distribución de las producciones mensuales de desfronde ( $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mes}^{-1}$ ) según las diferentes fracciones (hojas-rama-otros) durante los años de estudio.

15Fs	Fracción		g·kg <sup>-1</sup>						
			C	N	S	P	Ca	Mg	K
Enero	Hoja	medio	52.57	19.89	1.39	1.02	6.63	5.60	1.55
		(mín-máx)	(52.55-52.59)	(17.75-22.03)	(1.34-1.45)	(0.76-1.28)	(4.77-8.49)	(0.85-10.36)	(1.4-1.7)
	Otros	medio	49.20	19.07	1.84	1.32	3.24	4.63	1.81
Febrero	Hoja	(mín-máx)	(47.84-50.55)	(8.89-29.24)	(0.87-2.82)	(0.68-1.97)	(3-3.48)	(0.77-8.48)	(1.2-2.4)
		medio	54.36	7.24	0.82	0.17	3.08	0.21	0.69
	Rama	(mín-máx)	(54.36-54.36)	(7.24-7.24)	(0.82-0.82)	(0.17-0.17)	(3.08-3.08)	(0.21-0.21)	(0.69-0.69)
Marzo	Hoja	medio	52.57	19.89	1.39	1.02	6.63	5.60	1.55
		(mín-máx)	(52.55-52.59)	(17.75-22.03)	(1.34-1.45)	(0.76-1.28)	(4.77-8.49)	(0.85-10.36)	(1.4-1.7)
	Otros	medio	49.43	17.02	1.70	1.07	2.06	4.41	0.95
Abril	Hoja	(mín-máx)	(47.84-51.02)	(4.8-29.24)	(0.58-2.82)	(0.18-1.97)	(1.12-3)	(0.34-8.48)	(0.69-1.1)
		medio	54.74	8.26	0.76	0.26	2.11	3.94	0.62
	Rama	(mín-máx)	(54.36-55.13)	(7.24-9.27)	(0.7-0.82)	(0.17-0.35)	(1.14-3.08)	(0.21-7.68)	(0.55-0.62)
Mayo	Hoja	medio	52.57	19.89	1.39	1.02	6.63	5.60	1.55
		(mín-máx)	(52.55-52.59)	(17.75-22.03)	(1.34-1.45)	(0.76-1.28)	(4.77-8.49)	(0.85-10.36)	(1.4-1.7)
	Otros	medio	49.48	16.40	1.91	1.03	1.95	4.33	1.15
Junio	Hoja	(mín-máx)	(47.84-51.12)	(3.57-29.24)	(1.01-2.82)	(0.09-1.97)	(0.9-3)	(0.18-8.48)	(1.09-1.15)
		medio	54.74	8.26	0.76	0.26	2.11	3.94	0.62
	Rama	(mín-máx)	(54.36-55.13)	(7.24-9.27)	(0.7-0.82)	(0.17-0.35)	(1.14-3.08)	(0.21-7.68)	(0.55-0.62)
Julio	Hoja	medio	52.57	19.89	1.39	1.02	6.63	5.60	1.55
		(mín-máx)	(52.55-52.59)	(17.75-22.03)	(1.34-1.45)	(0.76-1.28)	(4.77-8.49)	(0.85-10.36)	(1.4-1.7)
	Otros	medio	50.11	7.55	0.63	0.72	3.45	5.19	0.97
Agosto	Hoja	(mín-máx)	(49.44-50.79)	(4.95-10.14)	(0.49-0.77)	(0.27-1.18)	(1.78-5.12)	(0.55-9.83)	(0.68-1.15)
		medio	54.74	8.26	0.76	0.26	2.11	3.94	0.62
	Rama	(mín-máx)	(54.36-55.13)	(7.24-9.27)	(0.7-0.82)	(0.17-0.35)	(1.14-3.08)	(0.21-7.68)	(0.55-0.62)
Septiembre	Hoja	medio	52.57	19.89	1.39	1.02	6.63	5.60	1.55
		(mín-máx)	(52.55-52.59)	(17.75-22.03)	(1.34-1.45)	(0.76-1.28)	(4.77-8.49)	(0.85-10.36)	(1.4-1.7)
	Otros	medio	49.22	18.18	1.56	1.03	4.31	4.19	1.57
Octubre	Hoja	(mín-máx)	(47.88-50.57)	(9.62-26.74)	(0.97-2.15)	(0.7-1.36)	(3.11-5.51)	(0.76-7.61)	(1.25-1.57)
		medio	54.74	8.26	0.76	0.26	2.11	3.94	0.62
	Rama	(mín-máx)	(54.36-55.13)	(7.24-9.27)	(0.7-0.82)	(0.17-0.35)	(1.14-3.08)	(0.21-7.68)	(0.55-0.62)
Noviembre	Hoja	medio	52.57	19.89	1.39	1.02	6.63	5.60	1.55
		(mín-máx)	(52.55-52.59)	(17.75-22.03)	(1.34-1.45)	(0.76-1.28)	(4.77-8.49)	(0.85-10.36)	(1.4-1.7)
	Otros	medio	49.22	18.18	1.56	1.03	4.31	4.19	1.57
Diciembre	Hoja	(mín-máx)	(47.88-50.57)	(9.62-26.74)	(0.97-2.15)	(0.7-1.36)	(3.11-5.51)	(0.76-7.61)	(1.25-1.57)
		medio	54.64	8.05	0.82	0.26	2.22	4.78	0.62
	Rama	(mín-máx)	(54.36-54.91)	(7.24-8.85)	(0.82-0.82)	(0.17-0.36)	(1.37-3.08)	(0.21-9.34)	(0.55-0.62)
Enero	Hoja	medio	53.66	15.68	1.23	0.70	5.49	5.63	2.82
		(mín-máx)	(53.53-53.79)	(14.52-16.83)	(1.12-1.33)	(0.62-0.79)	(3.34-7.64)	(1.02-10.24)	(1.21-4.36)
	Otros	medio	51.67	20.86	1.23	1.53	6.44	5.73	1.31
Febrero	Hoja	(mín-máx)	(51.67-51.67)	(20.86-20.86)	(1.23-1.23)	(1.53-1.53)	(6.44-6.44)	(5.73-5.73)	(1.31-1.31)
		medio	54.64	8.05	0.82	0.26	2.22	4.78	0.62
	Rama	(mín-máx)	(54.36-54.91)	(7.24-8.85)	(0.82-0.82)	(0.17-0.36)	(1.37-3.08)	(0.21-9.34)	(0.55-0.62)
Marzo	Hoja	medio	53.05	17.63	1.15	0.49	9.17	5.75	1.32
		(mín-máx)	(52.45-53.66)	(13.88-21.38)	(1.08-1.23)	(0.44-0.53)	(5.22-13.12)	(1.27-10.23)	(1.03-1.32)
	Otros	medio	49.39	13.41	1.13	0.90	5.60	8.41	1.09
Abril	Hoja	(mín-máx)	(49.39-49.39)	(13.41-13.41)	(1.13-1.13)	(0.9-0.9)	(5.6-5.6)	(8.41-8.41)	(1.09-1.09)
		medio	54.00	8.35	0.75	0.23	2.47	3.22	0.56
	Rama	(mín-máx)	(53.65-54.36)	(7.24-9.45)	(0.68-0.82)	(0.17-0.28)	(1.86-3.08)	(0.21-6.24)	(0.43-0.56)
Mayo	Hoja	medio	51.89	10.24	0.99	0.57	5.87	8.17	2.93
		(mín-máx)	(51.8-51.97)	(8.79-11.69)	(0.94-1.03)	(0.52-0.61)	(3.72-8.03)	(1.02-15.32)	(1.5-4.36)
	Otros	medio	50.07	13.11	1.23	0.74	6.11	4.14	1.22
Junio	Hoja	(mín-máx)	(49.66-50.48)	(11.7-14.51)	(1.2-1.26)	(0.72-0.77)	(2.96-9.26)	(0.76-7.51)	(0.73-1.22)
		medio	53.95	8.68	0.80	0.24	2.01	3.20	0.57
	Rama	(mín-máx)	(53.54-54.36)	(7.24-10.11)	(0.79-0.82)	(0.17-0.32)	(0.94-3.08)	(0.21-6.2)	(0.44-0.57)
Julio	Hoja	medio	51.97	8.79	0.94	0.61	8.03	1.02	4.36
		(mín-máx)	(51.97-51.97)	(8.79-8.79)	(0.94-0.94)	(0.61-0.61)	(8.03-8.03)	(1.02-1.02)	(4.36-4.36)
	Otros	medio	50.07	13.11	1.23	0.74	6.11	4.14	1.22
Agosto	Hoja	(mín-máx)	(49.66-50.48)	(11.7-14.51)	(1.2-1.26)	(0.72-0.77)	(2.96-9.26)	(0.76-7.51)	(0.73-1.22)
		medio	53.95	8.68	0.80	0.24	2.01	3.20	0.57
	Rama	(mín-máx)	(53.54-54.36)	(7.24-10.11)	(0.79-0.82)	(0.17-0.32)	(0.94-3.08)	(0.21-6.2)	(0.44-0.57)
Septiembre	Hoja	medio	51.97	8.79	0.94	0.61	8.03	1.02	4.36
		(mín-máx)	(51.97-51.97)	(8.79-8.79)	(0.94-0.94)	(0.61-0.61)	(8.03-8.03)	(1.02-1.02)	(4.36-4.36)
	Otros	medio	50.07	13.11	1.23	0.74	6.11	4.14	1.22
Octubre	Hoja	(mín-máx)	(49.66-50.48)	(11.7-14.51)	(1.2-1.26)	(0.72-0.77)	(2.96-9.26)	(0.76-7.51)	(0.73-1.22)
		medio	53.95	8.68	0.80	0.24	2.01	3.20	0.57
	Rama	(mín-máx)	(53.54-54.36)	(7.24-10.11)	(0.79-0.82)	(0.17-0.32)	(0.94-3.08)	(0.21-6.2)	(0.44-0.57)
Noviembre	Hoja	medio	51.97	8.79	0.94	0.61	8.03	1.02	4.36
		(mín-máx)	(51.97-51.97)	(8.79-8.79)	(0.94-0.94)	(0.61-0.61)	(8.03-8.03)	(1.02-1.02)	(4.36-4.36)
	Otros	medio	50.07	13.11	1.23	0.74	6.11	4.14	1.22
Diciembre	Hoja	(mín-máx)	(49.66-50.48)	(11.7-14.51)	(1.2-1.26)	(0.72-0.77)	(2.96-9.26)	(0.76-7.51)	(0.73-1.22)
		medio	53.95	8.68	0.80	0.24	2.01	3.20	0.57
	Rama	(mín-máx)	(53.54-54.36)	(7.24-10.11)	(0.79-0.82)	(0.17-0.32)	(0.94-3.08)	(0.21-6.2)	(0.44-0.57)

Tabla 4.1: Contenidos medios (mínimos y máximos) en g·kg<sup>-1</sup> a 105°C de las diferentes fracciones de desfronde (hojas-ramas-otros) mensuales, en la parcela 15Fs a lo largo de los cuatro años de estudio (2005-2008).

Los contenidos medios de Carbono en las tres fracciones de desfronde mensual durante los años de estudio han variado entre 49,20 y 54,74  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$  (Tabla 4.1). En la fracción hojas, se han encontrado concentraciones medias más elevadas en Ca y Mg en invierno, que coinciden con el periodo de caída de hoja, y más altas en los meses de verano en S. Los contenidos máximos de N son de 19,89  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ , y mínimos en invierno con 8,79  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

En la fracción otros no se ha encontrado una tendencia clara en la distribución de los nutrientes. En la fracción ramas, los contenidos medios más elevados se han encontrado en los meses de verano en Mg, y, en invierno de Ca, con valores entre 3,08 y 4,06  $\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$ .

En micronutrientes (Tabla 4.2), existen altos contenidos medios de Fe y Zn en la fracción otros, respecto de las otras fracciones. También en la fracción hojas con 10,71  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  de Mn.

Parcela	Fracción	$\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ (105°)					
		Na	Zn	Mn	Fe	Cu	B
15Fs	Hojas	0.13(0.08-0.26)	0.3(0.24-0.32)	10.71(8.7-18.54)	2.01(1.56-2.17)	0.09(0.07-0.1)	0.2(0.18-0.2)
	Otros	0.13(0.06-0.22)	0.69(0.1-1.41)	5.51(2.89-8.03)	17.58(2.16-32.49)	0.19(0.08-0.32)	0.16(0.11-0.2)
	Ramas	0.12(0.07-0.14)	0.48(0.35-0.55)	5.14(4.69-5.45)	1.8(1.41-1.97)	0.09(0.06-0.11)	0.17(0.15-0.2)

Tabla 4.2: Concentraciones medias (mínimas-máximas) de micronutrientes en el desfronde anual, en  $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$  a 105°C.

En total, la parcela 15Fs ha aportado al suelo con el desfronde unos valores de Carbono comprendidos entre 2032  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en el año 2008 y 2529  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  en el año 2005 (Tabla 4.3). El contenido de macronutrientes aportados al suelo, como suma de los cationes anteriormente analizados, ha variado entre 120 y 165  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$  en los años 2008 y 2006, respectivamente.

Parcela	Año	$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{año}^{-1}$		$\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (105°C)											
		C total	En	Fb	Mz	Ab	My	Jn	Jl	Ag	Sp	Oc	Nv	Dc	Total
15Fs	2005	2529	8.1	1.1	1.1	1.4	2.7	2.6	0.5	2.2	25.3	70.8	3.4	5.5	125
	2006	2475	0.4	1.5	1.2	2.6	5.7	2.6	1.6	6.0	21.3	102.4	19.1	0.6	165
	2007	2444	0.2	3.0	0.6	0.9	7.5	2.3	2.0	2.9	7.2	66.9	44.6	0.9	139
	2008	2032	3.0	0.2	1.7	2.6	4.0	3.8	5.5	1.7	9.6	79.5	6.8	1.3	120

Tabla 4.3: Aportes al suelo de Carbono y macronutrientes (N+P+Ca+S+Mg+K) anuales por el desfronde en  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  a 105°C.

## 6. NUTRICIÓN FOLIAR

En la siguiente tabla se presenta la variación temporal del peso de 100 hojas y de los contenidos medios foliares de nutrientes (nitrógeno, azufre, calcio, fósforo, magnesio y potasio), así como del contenido medio de carbono en hojas de la especie *Fagus sylvatica* en cuatro años de muestreo 2001, 2003, 2005 y 2007.

El muestreo de las hojas se ha realizado en verano entre julio y agosto cuando la hoja esta completamente desarrollada y antes de la senescencia. Los análisis se han realizado de una muestra mezcla de cinco árboles muestreados dentro de la parcela.

año brote	peso 100 hojas	C	N	S	P	Ca	Mg	K
	(g)	mg.g <sup>-1</sup>						
2001	8.95	526.66	24.35	1.68	1.07	5.54	0.86	8.44
2003	12.38	504.40	21.50	1.35	1.06	5.09	0.67	8.57
2005	11.43	510.26	23.42	1.58	1.03	5.47	1.16	8.12
2007	10.84	542.50	23.42	1.49	1.08	5.80	1.18	8.71

Tabla 6.1: Contenidos foliares (mg.g<sup>-1</sup>) de carbono, nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, magnesio y potasio. Los contenidos foliares de la especie en los años 2001 y 2003 son medias de cinco árboles muestreados dentro de la parcela. 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.

Si observamos la variación del contenido foliar y del peso de 100 hojas en estos años de estudio (Tabla 6.1), la masa foliar ha sido menor en el año 2001 (8.95g) que en el resto de los años muestreados, este dato coincide con el hecho de que este año fue el de menor precipitación total anual (1278 mm), frente a la precipitación total anual (1853 mm, 1537 mm y 2087 mm) correspondientes a los años 2003, 2005 y 2007 respectivamente, lo que podría haber influido en el desarrollo de la masa foliar.

Los contenidos medios foliares de nitrógeno, azufre y calcio han sido mayores en las hojas muestreadas en el año 2001. En el año 2003, los contenidos foliares de magnesio han aumentado en los dos últimos años de muestreo (2005 y 2007).

En general no se observa una gran variación de los contenidos foliares entre los cuatro años muestreados.

### 6.1. Comparación de contenidos foliares entre parcelas de *Fagus sylvatica* de la Red Nacional de Nivel II

Para estudiar la variación temporal y geográfica de los contenidos foliares, en la Tabla 6.1.1 se presenta el peso de 100 hojas y los contenidos foliares de nutrientes de la especie *Fagus sylvatica* en otra parcela de seguimiento perteneciente a la Red Nacional del Nivel II en los años de muestreo 2001, 2003, 2005 y 2007.

Como se observa en la Tabla 6.1.1 el desarrollo de la masa foliar de *Fagus sylvatica* en la parcela de La Rioja ha sido menor en el año 2001, al igual que en la parcela de Navarra. Este año presenta los contenidos foliares de N, P, S, Ca y Mg más elevados. Hay que destacar una bajada de los contenidos foliares de todos los nutrientes en el año 2007.

Nº parcela	Sitio	año brote	peso 100 hojas	C	N	S	P	Ca	Mg	K
			(g)	mg.g <sup>-1</sup>						
3	La Rioja	2001	7.95	495.94	26.46	1.81	1.75	9.66	1.81	9.06
		2003	9.60	502.10	24.58	1.53	1.66	8.86	1.62	10.12
		2005	12.89	495.97	25.11	1.62	1.39	9.45	1.59	8.20
		2007	11.06	522.28	23.01	1.43	1.27	7.10	1.33	7.77

Tabla 6.1.1. Contenidos foliares (mg.g<sup>-1</sup>) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono en la parcela 3 de *Fagus sylvatica* 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 resultados corresponden a 4 años de muestreo.

Para estudiar la variación geográfica de los contenidos foliares en la Figura 6.1 se representa el peso medio de 100 hojas, el contenido medio de carbono y los contenidos medios foliares de nutrientes, de los cuatro años muestreados en las dos parcelas de *Fagus sylvatica* estudiadas.

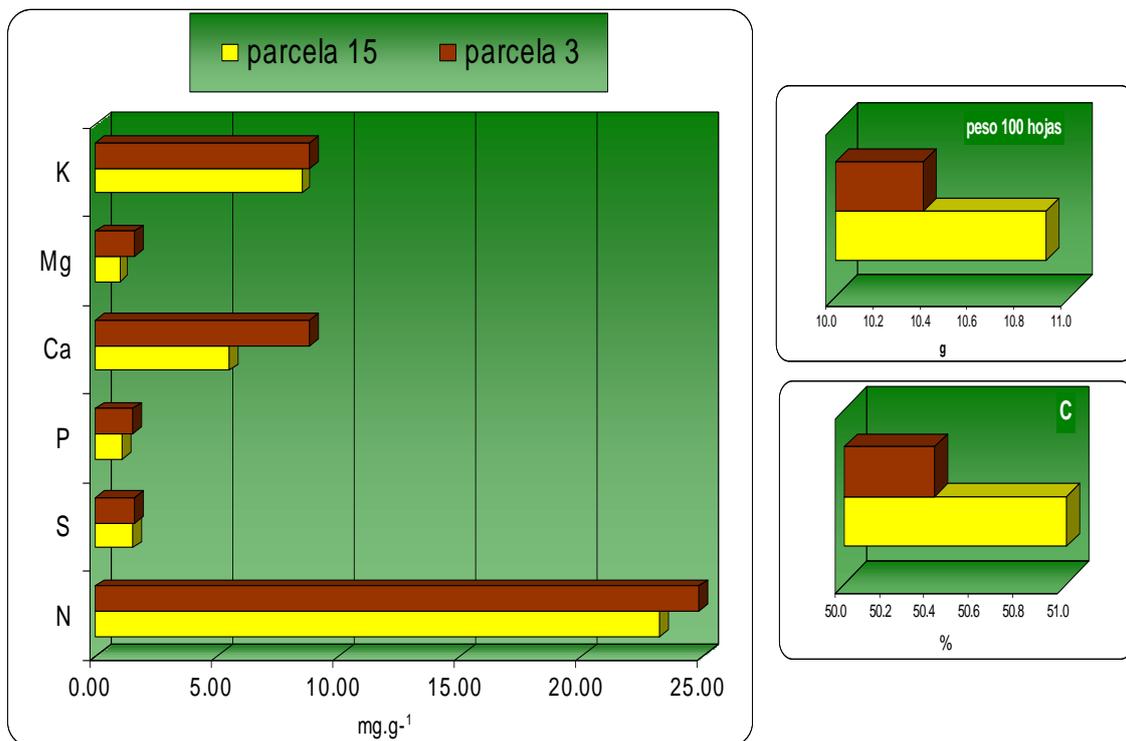


Figura 6.1: Contenidos medios foliares (mg.g<sup>-1</sup>) de nitrógeno, azufre, fósforo, calcio, potasio, magnesio y carbono (%) en dos parcelas de *Fagus sylvatica* de la red nacional de Nivel II. El peso de 100 hojas (g) es el contenido medio del peso de los cinco árboles muestreados en la parcela. Los datos son medias de 4 años muestreados (2001, 2003, 2005 y 2007).

La especie *Fagus sylvatica* de la parcela de Navarra presenta un mayor desarrollo foliar y un mayor contenido medio de carbono en hoja que la procedente de la parcela de la Rioja. Por el contrario presenta contenidos medios foliares de todos los nutrientes más bajos que la parcela 3 de La Rioja, destacando la diferencia en los contenidos medios de Ca (5.47 mg.g<sup>-1</sup> y 8.77 mg.g<sup>-1</sup>) en las parcelas de Navarra y La Rioja respectivamente.

## 7. DEPOSICIÓN ATMOSFÉRICA

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<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub>, N-NH<sub>4</sub> y alcalinidad (alk), elementos mayoritarios presentes en el agua de precipitación analizados en la parcela 15 de *Fagus sylvatica* durante el periodo 2005-2008.

Año	Precipitación Total (mm)	
	Trascolación	Precipitación incidente
2005	1338	1537
2006	1445	1648
2007	1790	2087
2008	1869	2066

Año		$c$ 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	Cl	alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$					$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$					$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
2005	T	40	6.10	3.31	1.72	2.02	0.29	0.52	0.62	0.89	4.86	71
		(10-108)	(4.53-7.06)	(0.50-7.49)	(0.28-3.21)	(0.20-9.62)	(0.07-0.71)	(0.07-2.41)	(0.11-1.63)	(0.22-2.62)	(0.99-11.92)	(9-215)
n=23	Pi	40	5.55	1.98	1.61	3.78	0.23	0.68	0.42	0.86	7.86	68
		(10-216)	(4.62-7.30)	(0.18-16.87)	(0.15-6.89)	(0.15-26.38)	(0.15-1.04)	(0.08-6.52)	(0.06-1.65)	(0.11-4.38)	(0.97-50.66)	(0-820)
2006	T	46	6.43	4.72	2.14	2.62	0.38	0.77	0.78	0.98	5.43	108
		(13-129)	(4.63-7.27)	(0.43-11.75)	(0.55-7.67)	(0.23-7.75)	(0.08-1.38)	(0.05-2.64)	(0.11-4.66)	(0.21-3.39)	(0.93-13.58)	(8-311)
n=20	Pi	43	5.91	1.84	1.48	3.28	0.21	0.64	0.61	0.95	9.44	52
		(11-98)	(4.48-6.80)	(0.19-9.60)	(0.55-4.31)	(0.19-11.72)	(0.05-0.55)	(0.10-1.30)	(0.08-2.51)	(0.19-5.88)	(0.79-40.92)	(9-127)
2007	T	40	6.25	4.07	2.03	1.73	0.34	0.52	0.51	0.84	5.07	67
		(15-93)	(5.26-7.18)	(0.74-16.17)	(0.38-5.27)	(0.38-5.77)	(0.10-0.87)	(0.06-3.11)	(0.09-1.27)	(0.26-2.18)	(0.81-12.95)	(6-280)
n=24	Pi	34	5.42	1.20	1.57	1.93	0.25	0.46	0.36	0.60	5.72	16
		(13-106)	(4.36-6.43)	(0.18-3.41)	(0.27-4.71)	(0.26-9.87)	(0.05-0.78)	(0.07-1.43)	(0.08-0.82)	(0.23-1.46)	(0.97-25.40)	(0-70)
2008	T	23	6.09	2.85	1.45	0.80	0.24	0.33	0.25	0.39	3.13	47
		(10-60)	(5.30-6.77)	(0.66-9.51)	(0.16-6.68)	(0.21-1.71)	(0.07-0.88)	(0.03-0.99)	(0.07-0.45)	(0.19-0.84)	(0.84-14.80)	(2-116)
n=12	Pi	16	5.76	0.66	1.24	0.77	0.16	0.27	0.22	0.33	2.64	21
		(7-57)	(5.06-6.58)	(0.17-1.36)	(0.13-6.40)	(0.15-1.47)	(0.03-0.55)	(0.07-0.55)	(0.11-0.33)	(0.13-0.75)	(0.20-14.48)	(0-61)

Tabla 7.1: Cantidad de precipitación incidente (mm) y cantidad de agua de trascolación (mm) en la parcela 15 de la Red Nacional del Nivel II en los años 2005, 2006, 2007 y 2008. 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<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub>, 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 cada año.

El rango de pH medio en el agua de precipitación incidente varía entre 5.55 y 5.91 (Tabla 7.1) lo que indica un valor de pH ligeramente ácido, no observándose grandes diferencias entre los cuatro años muestreados. El agua de precipitación incidente presenta unos valores de pH más bajos que el agua de trascolación, que presenta unos rangos de variación entre 6.09 y 6.43.

La conductividad eléctrica media en el agua de precipitación incidente presenta unos rangos de variación entre 7 y 216  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , lo que indica una baja carga iónica. Los

valores máximos han correspondido a los años 2005 y 2006 que corresponden a los años de menor precipitación anual.

Las concentraciones iónicas de todos los elementos estudiados en el agua precipitación incidente, a excepción del sodio y magnesio han sido mayores en los años 2005 y 2006, años en los que la precipitación total anual ha sido menor (1537 mm y 1648 mm, respectivamente).

La concentración de nitratos y sulfatos, aniones importantes en el proceso de acidificación del agua de precipitación incidente, presentan rangos de variación entre 0.07 mg·l<sup>-1</sup> y 2.51 mg·l<sup>-1</sup> en el caso de los nitratos, y entre 0.11 mg·l<sup>-1</sup> y 5.88 mg·l<sup>-1</sup> en el caso de los sulfatos, presentando en ambos casos valores máximos en el año 2006.

En la especie *Fagus sylvatica* se recoge el agua de escorrentía cortical para poder estudiar la modificación de la concentración iónica del agua de precipitación al atravesar la cubierta arbórea y escurrir por el tronco.

En la Tabla 7.2 se presentan los datos de pH, conductividad eléctrica, alcalinidad y concentración iónica del agua de escorrentía cortical en los cuatro años muestreados.

Año	c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH4	N-NO3	S-SO4	Cl	alk
	μS·cm <sup>-1</sup>										
2005 n=22	46	5.84	5.90	2.80	1.30	0.66	0.75	0.75	1.47	6.46	55
	(6-212)	(5.22-6.93)	(0.78-24.85)	(0.40-9.56)	(0.05-7.42)	(0.02-4.15)	(0.04-5.48)	(0.01-8.57)	(0.09-6.67)	(0.34-31.93)	(19-222)
2006 n=22	45	6.21	6.08	2.17	1.41	0.49	1.31	0.51	1.28	3.80	105
	(10-204)	(5.39-6.93)	(0.74-24.76)	(0.77-8.53)	(0.19-6.06)	(0.09-2.65)	(0.07-7.10)	(0.01-2.99)	(0.31-10.41)	(0.30-17.67)	(22-267)
2007 n=24	68	6.26	7.89	3.76	2.47	0.73	1.18	0.82	1.84	7.40	110
	(10-182)	(5.53-6.97)	(1.01-23.48)	(0.47-9.00)	(0.23-8.13)	(0.07-2.70)	(0.07-7.10)	(0.02-5.07)	(0.16-6.29)	(0.24-20.67)	(0-430)
2008 n=6	36	6.24	5.80	1.88	1.16	0.44	0.33	0.18	0.44	4.14	80
	(12-75)	(5.72-6.53)	(0.83-15.86)	(0.93-4.26)	(0.22-3.25)	(0.04-1.43)	(0.10-0.68)	(0.03-0.47)	(0.13-1.04)	(0.70-11.11)	(41-131)

Tabla 7.2: pH, conductividad eléctrica (μS·cm<sup>-1</sup>), concentración media, mínimos y máximos (mg·l<sup>-1</sup>) de Na, K, Ca, Mg, N-NH4, N-NO3, S-SO4, Cl y alcalinidad (μeq·l<sup>-1</sup>) en el agua de escorrentía cortical en la parcela 15 de *Fagus sylvatica* durante el periodo 2005-2008. N es el número de periodos muestreados con cantidad suficiente de agua para los análisis. Los datos son medias de los periodos muestreados en cada año.

Según observamos en la Tabla 7.2 tanto la conductividad eléctrica como la concentración iónica media del agua de escorrentía ha sido mayor en el año 2007. El valor medio de pH ha variado muy poco en los cuatro años de muestreo.

Las concentraciones medias de potasio y sulfatos son en general altas, destacando valores máximos de K de 24.85 mg·l<sup>-1</sup> y 10.41 mg·l<sup>-1</sup> de sulfatos.

El agua de precipitación sufre modificaciones en su concentración iónica al atravesar la cubierta arbórea y escurrir por el tronco hasta llegar al suelo. En la Figura 7.1 se representa la concentración iónica del agua de precipitación, agua de trascolación y agua de escorrentía cortical.

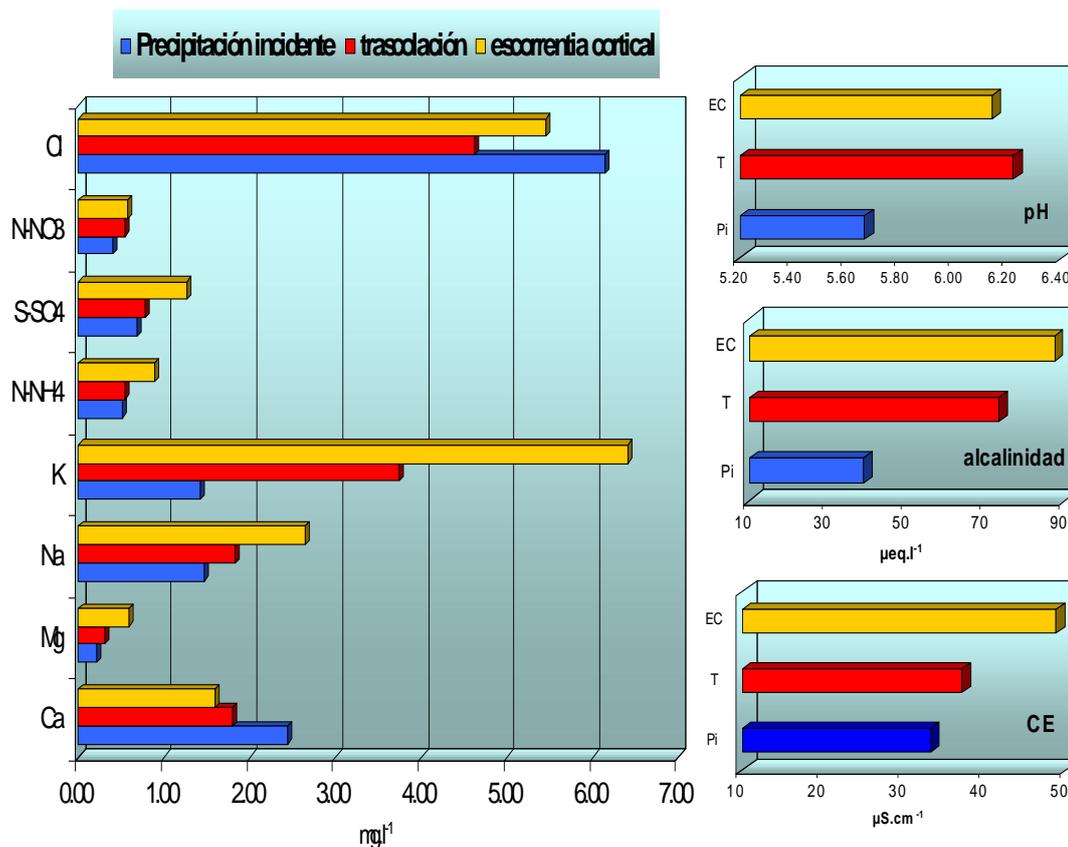


Fig 7.1: pH, conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), concentración media, mínimos y máximos ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) de Na, K, Ca, Mg, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub>, Cl y alcalinidad ( $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) en la precipitación incidente, agua de trascolación y agua de escorrentía cortical en la parcela 15 de *Fagus sylvatica*. Los datos son medias de los cuatro años muestreados.

Las concentraciones iónicas que presenta la precipitación incidente se modifican al atravesar la cubierta arbórea y escurrir por el tronco (Fig. 7.1). En todos los iones estudiados a excepción del cloro y del calcio se produce un aumento de la concentración de los mismos en el agua de trascolación, siendo este aumento mayor en el agua de escorrentía cortical. En el caso del calcio ocurre lo contrario, la mayor concentración media se produce en el agua de precipitación incidente y la más baja en el agua de escorrentía cortical, esto puede ser debido a fenómenos de absorción.

Hay que destacar el aumento de la concentración media de potasio que pasa de  $1.42 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en la precipitación incidente a  $6.42 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en el agua de escorrentía cortical esto puede ser debido al lavado de las hojas.

El pH presenta los valores medios más altos en el agua de trascolación y en el agua de escorrentía cortical, estos valores de pH pueden ser debido a los aportes de los cationes básicos como el potasio, sodio y magnesio.

En las Tablas 7.2, 7.3, 7.4, y 7.5 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 24 periodos quincenales (P) muestreados en los años 2005, 2006 y 2007, siendo 12 los periodos muestreados en el año 2008. Se presentan los datos en los que la precipitación quincenal ha sido superior a 2 mm.

Año	P	Cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH <sub>4</sub>	S-SO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	alk	
		mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$
2005	Pi	1	52	5.6	25	1.0	0.2	1.5	1.6	0.2	0.6	0.2	2.7	56
		2	140	5.5	10	0.2	0.1	0.8	0.3	0.1	0.1	0.1	1.3	22
		3	86	4.6	35	0.5	0.3	2.9	0.3	0.2	0.5	0.2	5.3	
		4	44	4.8	28	0.6	0.2	1.6	0.9	0.3	0.5	0.4	2.8	
		5	48	4.8	22	0.4	0.1	1.2	0.8	0.2	0.3	0.3	2.1	
		6	21	6.2	53	4.1	0.3	1.1	2.1	1.3	1.1	0.5	7.8	60
		7	74	5.5	21	0.7	0.2	1.4	0.5	0.4	0.6	0.3	3.0	23
		8	141	5.0		0.4	0.1	0.5	0.3	0.2	0.3	0.2	1.2	5
		9	22	6.1	46	4.5	0.2	0.8	1.3	1.0	0.6	0.4	7.4	64
		10	24	5.6	63	5.3	0.3	1.5	1.7	1.1	1.3	1.0	9.2	23
		11	25	5.7	33	2.7	0.2	0.7	1.8	0.7	0.9	0.4	5.0	40
		12	5	7.3	216	20.7	0.8	4.0	6.0	6.5	3.5	1.0	34.7	820
	13	11	5.4	81	7.3	0.4	2.8	2.9	0.6	1.1	0.3	17.4	27	
	14	3			26.4	1.0	6.9	16.9	0.6	4.4	1.6	50.7		
	15	5	6.5	58	4.5	0.3	2.2	3.5	0.5	1.5	0.7	9.1	79	
	16	56	6.3	34	2.7	0.2	1.4	0.8	0.6	0.8	0.5	5.6	41	
	17	149	5.2	13	1.2	0.1	0.2	0.3	0.2	0.3	0.1	2.0	3	
	18	24	5.0	46	4.4	0.1	0.8	1.6	0.5	0.8	0.4	7.4	24	
	19	35	5.9	30	1.2	0.3	2.4	1.3	0.1	0.4	0.1	6.2	27	
	20	108	5.9	10	0.6	0.0	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	1.0	14	
	21	167	5.5	12	0.4	0.1	0.6	0.5	0.2	0.2	0.2	1.9	13	
	22	102	5.1	17	0.3	0.1	1.2	0.7	0.2	0.3	0.3	2.3	2	
	23	172	5.1	10	0.2	0.1	0.7	0.2	0.1	0.2	0.1	1.4	0	
	24	24	5.3	20	0.4	0.1	1.1	1.1	0.3	0.4	0.6	1.3	9	
T	1	28	6.6	49	2.2	0.3	3.2	3.7	0.1	1.3	0.3	5.8	96	
	2	175	6.0	29	0.6	0.3	2.7	1.4	0.1	0.5	0.3	4.9	33	
	3	88	5.3	29	0.6	0.4	2.9	0.5	0.2	0.5	0.2	5.1	13	
	4	37	5.5	30	0.9	0.3	2.2	1.2	0.4	0.6	0.6	4.2	9	
	5	21	4.5	27	0.4	0.1	1.1	0.6	0.3	0.4	0.5	1.8		
	6	17	6.2	69	3.1	0.5	2.4	3.9	2.4	1.6	1.6	7.4	79	
	7	65	5.4	26	0.9	0.2	1.9	1.7	0.6	0.5	0.4	3.6	14	
	8	138	5.2	14	0.5	0.1	0.7	0.5	0.2	0.3	0.2	1.5	13	
	9	20	6.4	42	2.4	0.4	1.1	4.5	0.5	0.6	0.7	3.8	121	
	10	15	6.8	44	2.0	0.4	1.4	3.7	0.9	1.2	1.0	2.5	106	
	11	17	6.4	41	1.4	0.3	1.4	6.1	0.8	1.0	0.7	4.4	94	
	12	3	7.1	108	9.6	0.7	2.1	7.5	1.8	2.4	1.5	11.7		
13	8	6.5	70	4.8	0.4	2.9	5.7	0.3	1.1	0.5	11.7	175		
14	1								2.6	1.5	5.3			
15	4	7.0	81	5.1	0.6	3.0	7.4	0.9	2.3	1.4	7.4	215		
16	41	6.6	44	2.3	0.3	1.7	3.3	0.8	1.0	0.7	5.8	78		
17	119	6.4	11	0.7	0.1	0.3	1.7	0.2	0.3	0.2	1.0	37		
18	13	6.6	65	5.1	0.3	1.3	6.9	0.5	1.2	0.7	11.9	105		
19	28	6.4	41	1.1	0.2	1.9	7.1	0.1	0.4	0.1	7.3	111		
20	102	6.5	21	0.6	0.1	0.5	3.6	0.2	0.4	0.3	2.0	72		
21	142	5.8	12	0.4	0.1	0.6	1.0	0.1	0.2	0.2	1.3	51		
22	67	6.0	17	0.4	0.2	1.4	1.7	0.1	0.4	0.3	2.2	37		
23	156	5.5	10	0.2	0.1	0.9	0.6	0.1	0.2	0.1	1.5	12		
24	34	5.6	30	1.2	0.3	1.7	1.9	0.4	0.5	1.1	2.3	29		

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 15Fs en el año 2005.

Año	P	Cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH4	S-SO4	N-NO3	Cl	alk		
		mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$									$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$	
2006	Pi	1	269	5.3	13	0.2	0.1	1.1	0.3	0.1	0.2	0.1	1.9		
		2	4	4.5	69	1.6	0.3	3.1	5.0	1.3	1.4	1.9	5.3		
		3	1									6.8	6.8	32.9	
		4	56	6.1	19	0.6	0.1	1.2	0.7	0.6	0.5	0.4	2.3	37	
		5	240	5.3	15	0.3	0.1	1.0	0.2	0.1	0.2	0.1	1.6	14	
		6	42	6.8	30	1.6	0.1	0.9	1.1	1.2	0.7	0.4	3.7	48	
		7	55	6.1	37	2.5	0.1	1.5	0.9	0.8	0.5	0.3	5.8	41	
		8	47	6.3	23	1.1	0.1	1.0	0.8	0.9	0.6	0.4	2.3	83	
		9	53	6.4	27	1.4	0.1	1.0	1.4	0.9	0.8	0.5	2.7	49	
		10	11	6.4	87	8.9	0.5	4.3	2.5	0.6	1.0	0.4	19.2	127	
		12	60	6.8	41	4.4	0.2	0.7	0.8	0.8	1.0	0.5	4.3	108	
		13	1									5.9	2.5	40.9	
	14	14	5.1	98	11.5	0.4	1.0	1.6	1.3	1.6	0.9	20.2	9		
	15	30	6.2	69	7.5	0.3	1.3	1.8	0.6	0.9	1.3	15.7	62		
	16	59	5.1	44	3.2	0.3	1.9	1.3	0.5	0.6	0.4	8.4	15		
	17	17	6.1	92	11.7	0.6	2.0	2.9	0.1	1.3	0.6	22.0	63		
	18	252	5.3	11	0.6	0.1	0.6	0.2	0.2	0.3	0.1	1.6	9		
	19	79	5.9	32	2.2	0.2	0.8	0.7	0.8	0.6	0.4	5.0	29		
	20	35	6.6	30	2.9	0.2	0.7	1.2	0.5	0.5	0.3	4.7	94		
	21	20	5.4	38	2.7	0.1	1.6	2.2	0.5	0.8	0.4	6.5	37		
	22	170	6.8	19	0.3	0.0	0.9	3.0	0.2	0.2	0.1	0.8	94		
	23	129	5.7	11	0.2	0.1	1.0	0.4	0.2	0.2	0.1	1.9	13		
	24	4		92	3.5	0.4	3.4	9.6	1.2	1.2	1.1	7.4			
	T	1	243	5.8	14	0.2	0.1	1.2	0.8	0.1	0.2	0.1	2.0	8	
2		2	4.6	129	4.5	1.4	7.7	11.1	1.6	1.4	4.7	11.6			
4		44	6.2	24	0.6	0.2	1.6	1.2	0.7	0.6	0.5	2.6	44		
5		199	5.5	14	0.3	0.1	1.1	0.4	0.1	0.3	0.1	1.6	9		
6		35	5.8	24	1.0	0.1	0.9	1.3	0.7	0.6	0.5	2.0	34		
7		51	6.5	40	1.6	0.2	2.1	2.2	1.0	0.6	0.6	4.9	69		
8		44	6.4	25	1.1	0.2	1.3	2.1	0.6	0.6	0.4	2.2	101		
9		52	6.8	37	1.6	0.3	1.9	4.0	0.7	0.9	0.6	3.0	99		
10		7	6.8	102	5.3	1.2	6.6	10.2	0.0	2.3	0.7	13.6	265		
12		55	6.9	39	3.5	0.3	0.8	2.6	0.6	1.0	0.7	2.4	162		
14		15	6.6	85	7.7	0.6	1.3	5.4	1.8	2.3	1.0	9.7	163		
15		25	6.8	59	5.1	0.4	1.5	4.5	0.6	1.2	0.6	8.6	112		
16	40	6.7	52	3.7	0.3	2.1	3.9	0.8	0.9	0.5	8.3	113			
17	14	7.3	96	6.1	0.8	3.1	9.8	2.6	1.6	0.6	13.4	311			
18	230	6.2	17	0.9	0.1	0.6	1.7	0.5	0.3	0.1	2.0	48			
19	68	6.8	38	1.6	0.2	1.0	6.7	0.3	0.8	0.4	4.3	117			
20	23	6.9	43	2.3	0.2	1.2	5.8	0.5	0.6	0.3	6.5	152			
21	18	6.6	42	1.9	0.2	1.1	7.1	0.4	1.2	0.7	5.0	69			
22	154	7.1	27	0.3	0.1	1.3	5.8	0.2	0.3	0.3	0.9	160			
23	124	6.4	13	0.4	0.1	1.0	0.7	0.2	0.2	0.1	2.2	19			
24	2				5.2	0.9	5.6	11.7	2.1	3.4	3.6	11.7			

Tabla 7.3: 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 15Fs en el año 2006.

Año	P	Cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH <sub>4</sub>	S-SO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	alk	
		mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$									$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$	$\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$
2007	Pi	1	19	5.9	39	1.1	0.4	3.2	1.7	0.6	0.9	0.3	6.3	26
		2	45	6.1	22	0.6	0.1	1.0	0.9	0.7	0.5	0.5	1.6	47
		3	96	5.0	13	0.3	0.1	0.5	0.2	0.3	0.3	0.2	1.3	1
		4	132	5.0	20	0.5	0.2	1.7	0.3	0.2	0.3	0.1	2.7	15
		5	119	5.4	27	0.3	0.3	3.1	0.3	0.2	0.3	0.1	5.0	11
		6	178	4.9	20	0.4	0.2	1.2	0.3	0.2	0.2	0.2	2.2	8
		7	152	5.6	15	0.5	0.1	0.3	0.3	0.6	0.5	0.3	1.0	9
		8	44	5.7	30	1.1	0.1	0.5	1.3	1.4	1.0	0.8	1.8	28
		9	185	5.7	16	0.5	0.1	0.4	0.3	0.7	0.5	0.5	1.1	13
		10	149	5.0	32	1.4	0.3	2.0	0.5	0.3	0.6	0.2	5.3	6
		11	44	6.4	30	1.5	0.2	1.2	1.1	0.7	0.8	0.4	3.4	37
		12	59	5.3	34	2.8	0.3	1.1	1.0	0.3	0.4	0.3	6.3	13
	13	23	4.4	92	4.7	0.8	4.7	3.4	0.3	1.3	0.4	17.3	0	
	14	24	6.4	60	5.4	0.4	1.5	2.2	1.0	1.1	0.8	9.1	70	
	15	15	4.7	106	9.9	0.7	3.1	3.4	0.4	1.5	0.5	25.4	0	
	16	198	5.9	18	1.0	0.1	0.9	0.9	0.2	0.2	0.2	2.7	12	
	17	12	6.3	58	4.4	0.4	1.8	3.4	0.7	0.8	0.6	11.5	32	
	18	57	5.2	29	2.5	0.2	0.8	0.7	0.3	0.5	0.3	5.4	0	
	19	130	5.1	16	0.9	0.1	0.6	0.5	0.2	0.3	0.2	2.1	4	
	20	16	4.5	56	3.9	0.4	1.6	2.6	0.4	0.7	0.5	11.0		
	21	59	4.8	36	1.1	0.4	2.7	0.9	0.5	0.7	0.5	6.8	0	
	22	56	6.0	17	0.7	0.1	0.8	1.2	0.5	0.3	0.3	1.8	28	
	23	211	5.3	19	0.3	0.3	2.5	0.5	0.1	0.3	0.1	4.1	2	
	24	64	5.4	15	0.6	0.1	0.5	0.9	0.3	0.2	0.3	2.0	4	
T	1	17	6.5	71	2.2	0.9	5.3	4.6	1.1	1.7	1.3	10.0	73	
	2	41	5.7	27	0.6	0.3	1.7	1.5	0.5	0.7	0.5	2.5	13	
	3	83	5.5	15	0.5	0.1	0.7	0.7	0.3	0.3	0.2	1.5	9	
	4	103	5.3	23	0.6	0.3	2.3	1.1	0.3	0.4	0.2	3.5	6	
	5	110	5.7	29	0.5	0.4	3.7	1.1	0.2	0.4	0.1	5.3	15	
	6	164	5.5	19	0.4	0.2	2.1	1.2	0.2	0.3	0.2	3.0	13	
	7	140	6.0	15	0.6	0.1	0.6	1.7	0.5	0.5	0.3	0.8	19	
	8	35	6.3	38	1.4	0.2	1.1	3.1	1.4	1.1	0.9	2.1	75	
	9	143	6.4	17	0.5	0.1	0.4	1.3	0.5	0.6	0.5	1.0	29	
	10	141	6.5	35	1.4	0.4	2.3	2.3	0.2	0.7	0.2	4.8	46	
	11	34	6.7	35	1.7	0.3	1.3	2.3	0.7	0.9	0.4	3.2	67	
	12	50	6.5	34	3.0	0.3	1.3	2.8	0.5	0.5	0.4	4.3	70	
13	16	6.5	64	4.2	0.6	2.8	5.0	0.5	1.3	0.5	9.5	91		
14	24	7.2	75	3.5	0.5	2.2	6.5	3.1	2.2	1.1	3.8	251		
15	8	6.9	93	5.7	0.7	3.1	7.6	0.4	2.0	0.9	12.9	280		
16	180	6.4	17	0.9	0.1	0.8	1.4	0.1	0.3	0.1	2.1	24		
17	11	7.2	82	5.8	0.6	2.3	9.0	0.7	1.4	1.1	10.8	196		
18	48	6.3	26	1.2	0.1	0.8	3.0	0.3	0.5	0.3	2.7	48		
19	100	6.5	23	1.0	0.2	1.1	3.8	0.1	0.4	0.2	2.5	52		
20	15	6.7	70	1.7	0.4	2.3	16.2	0.2	0.9	0.6	11.9	113		
21	47	6.6	78	1.6	0.6	4.9	15.4	0.2	1.4	1.0	12.9	73		
22	49	5.9	32	1.2	0.3	1.6	3.4	0.5	0.9	0.8	3.2	21		
23	178	5.7	22	0.5	0.3	2.7	1.1	0.1	0.4	0.1	4.2	8		
24	53	5.4	24	0.9	0.2	1.2	1.6	0.3	0.4	0.4	3.3	8		

Tabla 7.4: 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 15Fs en el año 2007.

Año	P	Cantidad agua	pH	c 25°C	Ca	Mg	Na	K	N-NH <sub>4</sub>	S-SO <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	Cl	alk	
		mm		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$	$\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$									
2008	Pi	1	188	5.3	15	1.1	0.1	0.8	1.4	0.3	0.3	0.2	2.1	10
		2	51	5.1	57	1.2	0.6	6.4	1.0	0.5	0.7	0.3	14.5	1
		3	309	5.1	17	0.5	0.2	1.3	0.3	0.3	0.2	0.1	2.9	3
		4	166	5.8	9	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	1.1	15
		5	215	6.0	7	0.3	0.0	0.1	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	26
		6	170	6.1	10	0.5	0.1	0.4	0.2	0.4	0.3	0.3	1.0	16
		7	55	6.4	17	1.5	0.2	0.9	0.9	0.1	0.5	0.2	1.7	37
		8	64	6.6	18	1.2	0.2	1.4	1.2	0.2	0.5	0.3	1.9	45
		9	133	6.4	18	1.3	0.2	1.2	0.7	0.4	0.3	0.2	3.0	61
		10	248	5.9	7	0.3	0.1	0.3	0.2	0.1	0.1	0.1	0.7	11
		11	291	5.4	7	0.2	0.0	0.4	0.9	0.1	0.2	0.1	1.0	26
		12	177	5.2	11						0.3	0.3	1.6	0
	T	1	180	5.4	17	1.2	0.2	1.2	2.0	0.2	0.2	0.2	2.0	32
		2	46	5.6	60	1.7	0.9	6.7	1.5	0.6	0.7	0.4	14.8	14
		3	305	5.5	16	0.7	0.2	1.6	0.7	0.2	0.3	0.1	3.0	29
		4	135	5.7	11	0.4	0.1	0.6	0.7	0.2	0.3	0.3	0.8	11
		5	198	6.7	10	0.3	0.1	0.2	1.3	0.1	0.3	0.3	1.5	38
		6	145	6.2	13	0.6	0.1	0.4	1.3	0.4	0.3	0.3	1.0	41
		7	33	6.6	24	0.9	0.2	0.7	2.6	0.9	0.5	0.4	2.0	73
		8	60	6.8	37	1.7	0.4	1.6	5.4	1.0	0.8	0.4	3.1	92
		9	86	6.6	30	1.2	0.2	1.2	6.0	0.3	0.5	0.2	3.0	87
		10	231	6.7	31	0.3	0.1	1.3	9.5	0.0	0.3	0.1	2.7	116
		11	278	6.0	11	0.2	0.1	0.6	2.2	0.0	0.2	0.1	1.3	33
		12	173	5.3	14	0.3	0.2	1.5	0.9	0.1	0.3	0.2	2.5	2

Tabla 7.5: 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 ( $\mu\text{equ}\cdot\text{l}^{-1}$ ) en los periodos quincenales muestreados en la parcela 15Fs en el año 2008.

## 8. SOLUCIÓN DEL SUELO

En la Tabla 8.1 se presenta la concentración iónica media ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ), así como valores mínimos y máximos de conductividad eléctrica (a 25°C), pH, Ca, Mg, Na, K, Cl, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub> y N-NH<sub>4</sub> de la solución del suelo recogida en periodos quincenales mediante lisímetros situados a 20 y 60cm de profundidad durante el periodo 2005-2008. Debido a la dificultad de extracción del agua del suelo, bien por el tipo de suelo, bien por la escasez de precipitación, ha habido años en que no se ha podido medir pH, conductividad eléctrica y alcalinidad, por no haber suficiente cantidad de agua.

El rango de pH en la solución del suelo en las dos profundidades muestreadas varía entre 5.10 y 6.48, por lo que se trata de soluciones ligeramente ácidas.

La concentración media de la conductividad eléctrica en las dos profundidades del suelo muestreadas presenta un estrecho rango de variación de 20 a 35  $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ , por lo que se trata de soluciones con baja carga iónica.

Año	Profundidad (cm)	c 25°C	pH	K	Na	Ca	Mg	N-NH <sub>4</sub>	N-NO <sub>3</sub>	S-SO <sub>4</sub>	Cl	Alk
		$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$										
2005	-20	35 (23-47)	6.48	5.60 (4.24-6.97)	2.82 (1.89-3.76)	1.94 (1.80-2.07)	0.38 (0.28-0.48)	1.04 (0.18-2.07)	0.46 (0.22-0.93)	0.98 (0.74-1.20)	3.98 (3.34-4.71)	147
	-60	26 (9-50)	5.38 (5.04-5.76)	0.71 (0.16-1.59)	2.07 (0.53-4.43)	0.83 (0.35-1.67)	0.38 (0.35-1.67)	0.05 (0.03-0.07)	0.16 (0.03-0.35)	0.86 (0.22-1.86)	3.63 (0.94-8.75)	22 (14-36)
2006	-20	23 (19-25)	5.32	7.65 (0.47-34.97)	6.54 (1.28-18.63)	1.00 (0.54-2.02)	0.30 (0.22-0.47)	0.30 (0.05-1.07)	0.14 (0.07-0.22)	0.81 (0.43-1.56)	5.84 (2.64-12.92)	8
	-60	17 (5.55-5.74)	5.64 (0.26-1.08)	0.55 (1.54-1.91)	1.69 (0.39-0.62)	0.54 (0.21-0.25)	0.23 (0.01-0.43)	0.16 (0.03-0.73)	0.24 (0.75-1.45)	0.94 (1.68-18.80)	6.53 (5-18)	11
2007	-20	20 (5.20-5.32)	5.32 (0.28-13.27)	4.68 (1.75-4.36)	2.63 (0.43-1.17)	0.75 (0.25-0.38)	0.32 (0.07-0.84)	0.34 (0.00-0.07)	0.04 (0.64-0.71)	0.68 (2.53-2.67)	2.60 (7-10)	8
	-60	21 (19-25)	5.40 (5.32-5.56)	0.44 (0.40-0.47)	1.80 (1.73-1.87)	0.61 (0.54-0.74)	0.30 (0.25-0.33)	0.02 (0.00-0.05)	0.00	0.67 (0.62-0.70)	2.56 (2.41-2.68)	20 (10-28)
2008	-20	28 (23-33)	5.10 (4.79-5.42)	0.53 (0.42-0.63)	1.89 (1.81-1.97)	1.38 (0.57-2.20)	0.46 (0.31-0.60)	0.11 (0.01-0.21)	0.60 (0.49-0.71)	0.02 (0.00-0.05)	4.95 (3.30-6.59)	13
	-60	25 (23-27)	5.37 (4.98-6.06)	0.90 (0.47-1.76)	2.07 (1.92-2.17)	0.58 (0.55-0.61)	0.28 (0.21-0.32)	0.13 (0.09-0.16)	0.80 (0.56-1.40)	0.09 (0.05-0.12)	12.49 (3.39-38.51)	26 (9-43)

Tabla 8.1: pH, conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), alcalinidad ( $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y concentración media ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) de Na, K, Ca, Mg, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub> y Cl en la solución del suelo recogida a 20 y 60 cm de profundidad. Los datos son medias de los periodos quincenales muestreados en los cuatro años estudiados (2005-2008).

En el año 2007 se observan contenidos altos de K ( $7.65 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y de Na ( $6.54 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) en la solución del suelo en los primeros 20 cm. Los contenidos medios de Ca más altos ( $1.94 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) han correspondido al muestreo del año 2005, hecho que coincide con que es el año en que la solución del suelo presenta el valor de pH más alto (6.48).

Se observa un aumento de los contenidos medios de nitratos en el año 2008 en las dos profundidades del suelo muestreadas, mientras que las concentraciones de sulfatos son las más bajas en ese mismo año.

La concentración iónica media, el valor medio de pH y la conductividad eléctrica media de la solución del suelo a 20 y 60cm de profundidad se representa en la Figura 8.1. Se observa que la concentración media del nitrógeno procedente del amonio disminuye con la profundidad del suelo, mientras que el nitrógeno procedente del nitrato apenas varía su concentración con la profundidad. También hay que destacar que la forma de nitrógeno más abundante en los primeros 20 cm del suelo es el procedente del amonio, mientras que a los 60 cm ocurre el caso contrario.

La concentración media de los cationes K, Ca, Na y Mg disminuye con la profundidad, destacando el potasio que disminuye su concentración media de  $4.62 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en los 20 cm a  $0.65 \text{ mg}\cdot\text{l}^{-1}$  en los 60 cm.

El valor medio de pH disminuye con la profundidad del suelo, al igual que la conductividad eléctrica media y la alcalinidad media, parámetro directamente relacionado con el pH.

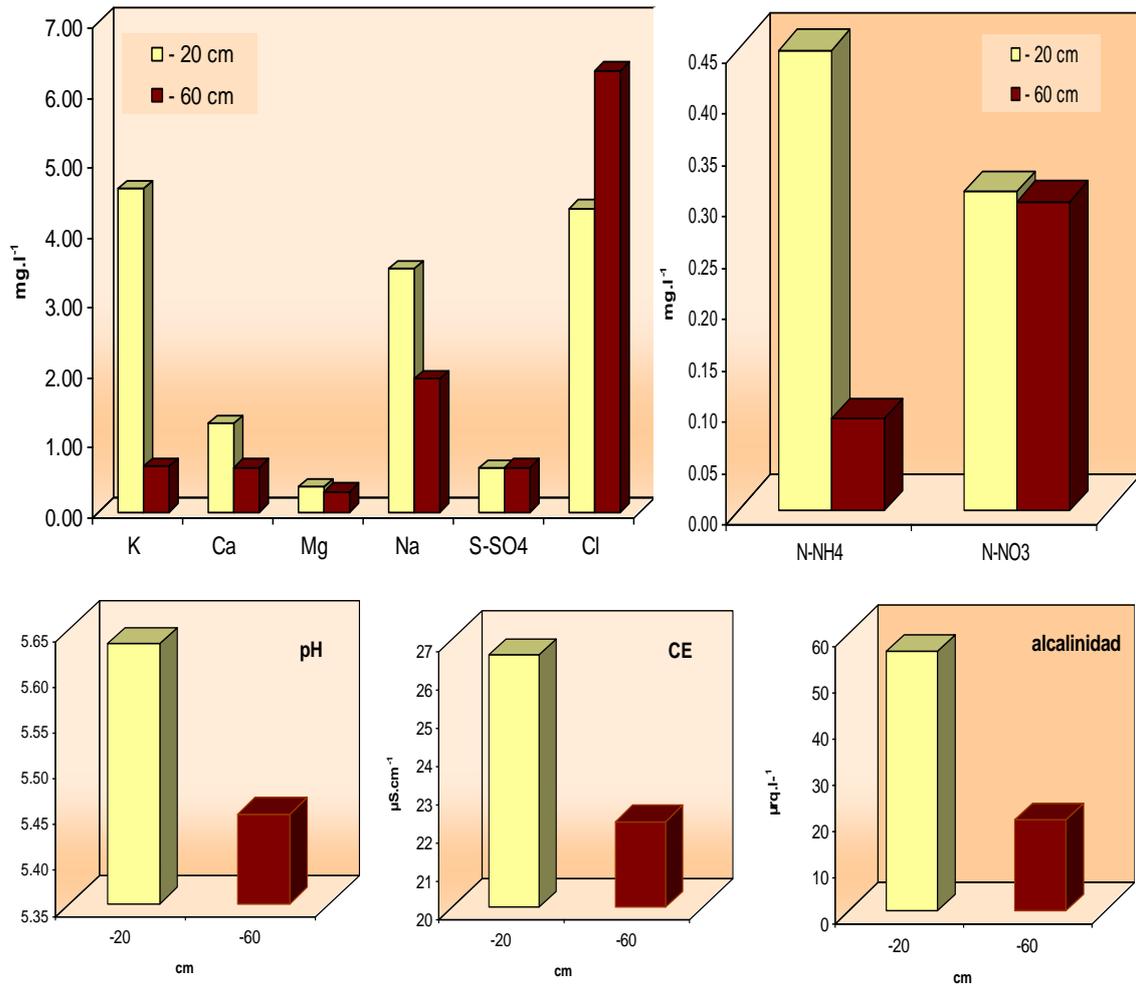


Figura 8.1: pH, conductividad eléctrica ( $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ ), alcalinidad ( $\mu\text{eq}\cdot\text{l}^{-1}$ ) y concentración media ( $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ ) de Na, K, Ca, Mg, N-NH<sub>4</sub>, N-NO<sub>3</sub>, S-SO<sub>4</sub> y Cl en la solución del suelo recogida a 20 y 60 cm de profundidad. Los datos son medias de los cuatro años estudiados (2005-2008).

# FASES FENOLÓGICAS

## 15 Fs Burguete (Navarra)



Aparición de hoja

# DAÑOS EN LA PARCELA

## 15Fs Burguete (Navarra)



*Rhyngaenus fagi*



*Mikiola fagi*



Nieve