

## **Dinámica vegetacional y procesos de estabilidad/inestabilidad en suelos de la Serra do Bustelo (Portugal) durante el Subatlántico**

M.T. TABOADA-CASTRO\*, P. RAMIL-REGO\*\* & F. DÍAZ-FIERROS\*

\**Departamento de Edafología y Química Agrícola*

\*\**Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Farmacia  
Universidad de Santiago. 15706 Santiago de Compostela. España*

*(Recibido, marzo de 1995. Aceptado, diciembre de 1995)*

### **Resumen**

TABOADA-CASTRO, M.T., RAMIL-REGO, P. & DÍAZ-FIERROS, F. (1996). Dinámica vegetacional y procesos de estabilidad/inestabilidad en suelos de la Serra do Bustelo (Portugal) durante el Subatlántico. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 6: 21-34

El estudio edáfico y polínico de dos suelos de ladera y una turbera de la Serra do Bustelo, permite reconocer la influencia de la actividad humana sobre el medio natural de la misma. Este factor, junto a otros de índole climática, serían los responsables de los procesos de inestabilidad que afectaron a los suelos del área, de principios del Subatlántico, acción que ha determinado la truncación y deposición de una línea de piedras sobre la que se desarrolló el ciclo edáfico actual. Análogamente, los humedales de la sierra reflejan una fase erosiva caracterizada por la deposición de abundantes gravas y arenas, que coincide en los diagramas polínicos, con la existencia de un proceso deforestador que favorece la expansión del matorral.

**Palabras clave:** Policiclismo, subatlántico, actividad antrópica, cambios en el paisaje, Serra do Bustelo, Portugal.

### **Abstract**

TABOADA-CASTRO, M.T., RAMIL-REGO, P. & DÍAZ-FIERROS, F. (1996). Vegetation dynamics and stability/instability processes in soils of the Serra do Bustelo (Portugal) during the Subatlantic. *Nova Acta Científica Compostelana (Biología)*, 6: 21-34

Pollen analysis and edaphological study of soil profiles (two from hillslopes and one peat bog) from the Serra do Bustelo (Portugal) has revealed evidence of the historical extent of human influence on the environment of this region. A stony layer in the hillslope profiles, corresponding to the beginning of the Subatlantic, indicates a period of slope instability, probably attributable to both climate change and human influence. Similarly, edaphological study of the peat bog profiles indicates significant erosion as revealed by abundant sand and gravel; the onset of this erosive period coincides with a pronounced switch from forest to scrubland species in the pollen diagram (indicating deforestation).

**Key words:** Soil formation cycles, subatlantic, human activity, landscape changes, Serra do Bustelo, Portugal.



ponen en evidencia las características y temporalidad de las principales fases de biostaxia-resistaxia que afectaron a los suelos. En estos, al igual que en los de la Serra do Bustelo es frecuente encontrar líneas de material grueso (piedras, gravas) que han sido interpretadas en diferentes ocasiones como un reflejo de fases erosivas (RUHE & WALKER, 1968; RIQUEIR, 1969; BENITO *et al.*, 1991; MARTÍNEZ CORTIZAS *et al.*, 1993) relacionadas con un aumento de la actividad antrópica sobre el medio.

Con el fin de conocer las causas que han originado los procesos edafogenéticos y morfogenéticos dentro de la Sierra del Bustelo y poder establecer una cronología que nos permita situarlos en el tiempo se han estudiado cuatro perfiles, abordando el aspecto edafológico y polínico.

## MATERIAL Y MÉTODOS

De los cuatro perfiles seleccionados (B1, B2, T1, T2), los dos primeros suelos, que están situados en una ladera del Monte Borrelho (Fig. 1) soportan una vegetación de brezal-tojal poco denso (*Ulex europaeus*, *Ulex minor*, *Erica cinerea*, *Erica arborea*, etc), con evidencias de haber sufrido quemadas prolongadas. El perfil T1, situado en Chao da Cheira (Fig. 1), corresponde a un humedal desarrollado en un alvéolo granítico colmatado por sedimento orgánico e inorgánico. La parte central del depósito presenta un contorno convexo que permite la persistencia del nivel del agua en subsuperficie. En sus bordes se observan pequeños cordones alzados sobre la superficie, que corresponden a niveles residuales de deposición, en los que se superan los 60 cm de potencia; la vegetación en estas áreas está constituida por un brezal-tojal no hidromorfo. Uno de estos niveles se eligió para muestreo, siendo necesario para ello la apertura de una zanja.

En las proximidades de este depósito se encuentra el perfil T2 (Fig. 1), que corresponde a

una turbera de *Sphagnum* desarrollada igualmente dentro de un alvéolo. El muestreo se realizó con una sonda de carga lateral GIK.

En los perfiles B1, B2 y T1 sobre la fracción menor de 2 mm se determinó pH (agua, KCl), granulometría, materia orgánica y nitrógeno total según los describen GUITIÁN & CARBALLAS (1976). Capacidad de intercambio de cationes y bases de intercambio con  $\text{AcNH}_4$  a pH 7 y Al extraíble con KCl según INVESTIGACIÓN DE SUELOS (1973). Se efectuaron extracciones de Al y Fe con ditionito-citrato (HOLMGREN, 1967), oxalato amónico (MCKEAGUE & DAY, 1966) y pirofosfato sódico (BASCOMB, 1968). La extracción de fósforo se efectuó con HCl 0.1 M (relación suelo extractante 1:20 y 1 hora de agitación) y con Bray II (BRAY & KURTZ, 1945) utilizando una relación 1:20 y 45" de agitación. En ambos casos el P se determinó por el método de MURPHY & RILEY (1962).

La fracción arcilla se ha estudiado por DRX, realizando diferentes tratamientos de diagnóstico: polvo cristalino, agregados orientados (saturación en Mg, Mg más etilenglicol y calentamiento a 550°C).

El perfil de turba (T2) se describió siguiendo la escala de VON POST (1937) determinando el color, igual que en los demás suelos, por la clave MUNSELL (1988). Para los tests específicos de materiales orgánicos (fibras, color en pirofosfato sódico, densidad aparente, saturación en agua) se siguió a LYNN *et al.* (1974). El carbono se obtuvo por combustión en el analizador Carmograph-8 y el contenido en cenizas por calcinación a 400°C durante 2 horas.

El tratamiento utilizado en la extracción polínica se basa en la flotación diferencial del polen en una disolución de bromuro de zinc (RAMIL REGO, 1992).

Del sondeo T1 se realizaron dos dataciones por radiocarbono en el Centrum Voor Isotopen Onderzoek (CIO), de la Universidad de Groningen, una entre 75-80 cm de profundidad (1650 $\pm$ 40 BP GrN-20510) y otra entre 50-55 cm de la superficie (980 $\pm$ 40 BP GrN-20509).

## RESULTADOS

### Características generales de los suelos

La descripción morfológica de los perfiles se sintetiza en la Tabla I.

Se diferencian tres suelos con discontinuidad litológica dentro del perfil: B1, B2 y T1; los dos primeros, localizados en un área de 20 y 10% de pendiente respectivamente, presentan una línea de piedras, formada por gravas y fragmentos de granito de tamaño considerable (algunos de 45 cm de largo en el perfil B1). Dichos materiales están orientados a favor de la pendiente y poco alterados, situándose entre 30-45 cm en el perfil B1 y entre 55-60 cm en el B2.

En el perfil T1, situado dentro de una vaguada (pendiente de clase 1) próxima a las zonas de cumbre, la discontinuidad se manifiesta entre 45 y 60 cm de profundidad por la presencia de lentejones de arenas y gravas de granito alternando con materia orgánica.

Tanto la línea de piedras en los perfiles B1 y B2 como la de arena y grava en T1, permiten diferenciar morfológicamente dos ciclos de edafogénesis: uno situado por encima de ella, que corresponde a un suelo con escasa diferenciación de horizontes (horizontes A en B1 y B2 y A-AC en T1) y otro por debajo, que corresponde a los horizontes edáficos originados por alteración del material coluvial de partida; se trata también de horizontes A formados sobre un C.

Finalmente el perfil de turba T2, de 95 cm de espesor, carece de discontinuidades litológicas. Por su carácter orgánico se tratará por separado. A partir del test de Von Post, que proporciona una idea del grado de descomposición de la turba, se han podido diferenciar básicamente tres niveles (Tabla I): los 5 cm superiores con un índice de Von Post de H3, que están formados por restos de plantas de *Sphagnum* y *Cyperaceae* prácticamente sin descomponer (Oi); por debajo de ellos se sitúan 15 cm de turba moderadamente descompuesta (Oe), los cuales reposan sobre un potente nivel de turba bien descompuesta (Oa).

### Características físico-químicas de los suelos y mineralógicas de la arcilla

Las propiedades físico-químicas más relevantes de los suelos estudiados se recogen en la Tabla II.

Los perfiles B1, B2 y T1, que en general muestran propiedades bastante similares entre los dos ciclos edáficos de un mismo perfil, presentan oscilaciones en algunos parámetros que apoyan la presencia de los dos ciclos evidenciados morfológicamente.

Son todos ellos suelos de carácter ácido, fuertemente desaturados (generalmente  $V < 40\%$ ), con un ligero predominio del Ca en todo el perfil frente a las demás bases de intercambio, y un ligero predominio del Al cambiante en el ciclo superior frente al inferior.

Destaca el elevado contenido en materia orgánica, especialmente en la parte superior del horizonte A del ciclo actual ( $> 15\%$ ), materia orgánica que parece estar bien humificada en los perfiles del Borrelho, a juzgar por los bajos valores de la relación C/N (alrededor de 15); en T1 presenta valores ligeramente más altos (C/N oscila entre 19 y 23), indicativos de un menor grado de humificación.

En general la capacidad de intercambio de cationes en estos suelos es baja, pero guarda una buena relación con la riqueza en materia orgánica, siendo más elevada en los horizontes ricos en componentes orgánicos.

En contra de lo que sucede con la materia orgánica, los niveles de fósforo, en general, tienden a aumentar en el ciclo inferior, tendencia que se acusa más en B2 (Tabla II), en cuyo ciclo inferior oscilan entre 83 y 263  $\text{mgkg}^{-1}$  cuando se extrae con HCl y entre 102 y 341  $\text{mgkg}^{-1}$  cuando la extracción se realiza con Bray, superando en ambos casos ampliamente los valores habituales de los suelos desarrollados sobre granito.

En ambos ciclos, los horizontes A y AC muestran estructura migajosa, excepto en T1 que es granular, coloraciones oscuras y textura gruesa, observándose que en los perfiles del Borelho

TABLA I. Descripción morfológica de los perfiles

Perfil	Hor.	Prof. (cm)	Color		Estructura	Otros aspectos
			húmedo	seco		
B1	Au1	0-7	10YR2/1	10YR3/2	mig. f.	Au1: Muy afieltrado, muy poroso y muy enraizado; presencia de arenas de cuarzo lavadas; límite gradual con Au2: Más compacto que Au1; límite claro con 2A mediante línea de coluvios de granito, situada entre 30-45 cm de profundidad, y orientados en la dirección de la pendiente. 2A: Aparecen mezcladas gravas de granito; pocos carbones; límite irregular a 2C: Material coluvial de granito alterado; restos de raíces carbonizadas.
	Au2	7-45	10YR2/1	10YR3/3	mig. f.	
	2A	45-55	10YR2/2	10YR4/2	mig. f.	
	2C	+ 55	10YR3/4	10YR7/2	gran. m.	
B2	Au1	0-15	10YR2/1	10YR3/2	mig. f.	Au1: Afieltrado y muy enraizado; presencia de carbones; límite gradual con Au2: Ligeramente compacto, menos raíces que Au1, algunos carbones; límite gradual con Au3: Algo más compacto que Au2, escasas raíces; límite claro con 2A por línea de gravas y piedras de granito, situada entre 55-60 cm de profundidad, zona en la que abundan los carbones.
	Au2	15-30	10YR2/1	10YR3/2	mig. f.	
	Au3	30-60	10YR2/1	10YR3/2	mig. m.	
	2A	60-70	7,5YR2/0	10YR3/1	mig. m.	
	2AC	70-80	10YR2/2	10YR4/2	mig. m.	
	2C	+ 80	10YR3/2	10YR5/3	gran. m.	
T1	Au1	0-15	10YR2/1	10YR3/3	gran. m.	Au1: Pocas raíces; adherente, plástico y friable; límite gradual con Au2: Ligeramente adherente, ligeramente plástico y friable; presencia de lentejones de arena decolorada, que se hacen mucho más abundantes en AC, donde aparecen formando una especie de línea en la que se encuentran alternando con materia orgánica y marcan claramente el límite con 2Au1: Escasísimos carbones; límite gradual con 2Au2 en donde se aprecia la presencia de arena en una matriz más fina que en el subhorizonte anterior. Escasísimos carbones. Saprólita de granito.
	Au2	15-45	10YR2/1	10YR3/3	gran. m.	
	AC	45-60	10YR2/2	10YR4/2	gran. f.	
	2Au1	60-70	10YR2/1	10YR3/2	gran. f.	
	2Au2	70-85	2,5Y2/0	10YR3/2	gran. m.	
	2C	+ 85	—	—	—	
T2	Oi	0-5	10YR3/3	10YR5/3	-	Oi: Turba formada por restos de plantas sin descomponer; abundantes raíces; índice de Von Post: H3. Oe: Turba moderadamente descompuesta; ligeramente adherente y ligeramente plástica; índice Von Post: H5. Oa1: Turba bastante bien descompuesta; adherente, ligeramente plástica y compacta; índice Von Post: H6. Oa2: Turba fuertemente descompuesta; adherente, plástica y compacta; presencia de carbones; índice de Von Post: H7. Oa3, Oa4 son similares a Oa2. Oa5: Turba algo más descompuesta que en los subhorizontes anteriores; muy adherente, muy plástica y compacta. Presencia de algún fragmento de carbón. Índice de Von Post: H8. C: Saprólita de granito.
	Oe	5-20	10YR3/3	10YR5/2	-	
	Oa1	20-30	10YR2/2	10YR5/2	-	
	Oa2	30-50	10YR2/2	10YR4/1	-	
	Oa3	50-60	10YR3/2	10YR5/3	-	
	Oa4	60-70	10YR2/2	10YR4/2	-	
	Oa5	70-95	10YR2/1	10YR4/1	-	
	C	+ 95	-	-	-	

mig = migajosa; gran = granular; f = fina; m = mediana.

TABLA II. Propiedades físico-químicas

Perfil	Hor.	pH					P (mgkg <sup>-1</sup> )			cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>			
		H <sub>2</sub> O	KCl	% M.O	% N	C/N	HCl	Bray II	Ca	S	CIC	Al <sub>KCl</sub>	V(%)
B1	Au1	5.2	3.9	19.05	0.69	16	15.1	11.7	2.34	3.83	19.06	1.81	20
	Au2	5.2	4.1	12.62	0.44	17	7.1	3.0	1.54	2.27	14.63	2.15	15
	2A	5.5	4.6	6.36	0.06	–	22.1	27.2	1.56	2.49	8.88	0.77	28
	2C	5.7	4.6	1.96	0.03	–	12.9	33.4	1.18	1.40	3.00	0.27	47
B2	Au1	4.1	3.7	16.01	0.75	12	23.4	34.6	1.60	2.86	25.84	4.75	11
	Au2	4.3	3.9	14.63	0.55	15	13.6	12.0	0.99	1.45	28.72	4.36	5
	Au3	4.5	4.3	11.41	0.34	19	37.3	71.0	1.57	2.03	14.78	1.92	14
	2A	4.7	4.4	11.55	0.18	–	83.9	102.10	1.49	2.14	19.63	1.66	11
	2AC	4.6	4.4	5.91	0.12	–	159.7	203.9	1.62	2.42	7.61	0.86	32
	2C	4.7	4.4	3.84	0.06	–	263.1	341.6	1.15	1.50	3.98	0.44	38
T1	Au1	4.1	4.0	15.27	0.46	19	39.7	68.7	1.29	2.15	17.05	2.85	13
	Au2	4.4	4.1	6.62	0.19	20	32.6	33.8	1.17	1.45	5.43	1.52	27
	AC	4.6	4.1	2.76	0.07	23	25.6	25.6	0.80	1.01	2.69	0.89	38
	2Au1	4.4	4.1	7.93	0.22	21	37.1	52.8	1.09	1.52	7.01	1.76	22
	2Au2	4.5	4.2	11.17	0.52	12	42.7	77.9	1.51	2.26	15.34	1.84	15
T2	Oi	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
	Oe	4.1	3.8	55.82	1.43	23	21.9	34.2	–	–	–	–	–
	Oa1	4.1	3.9	42.82	1.24	20	32.1	44.3	–	–	–	–	–
	Oa2	4.2	4.0	34.93	1.18	17	48.7	59.4	–	–	–	–	–
	Oa3	4.2	3.9	45.67	1.34	20	50.0	60.0	–	–	–	–	–
	Oa4	4.3	3.9	49.41	1.49	19	50.0	61.0	–	–	–	–	–
Oa5	4.4	4.2	33.44	1.17	17	66.6	89.3	–	–	–	–	–	

$$V = S/CIC \times 100$$

predomina la textura franco-arenosa. En el perfil T1 se acusa un ligero incremento en el contenido de arena gruesa a medida que se profundiza en el ciclo superior, pasando de un 24.27% de Au1 a un 66.98% de AC; este mayor contenido de arena gruesa en el horizonte AC, marca el límite entre los dos ciclos edáficos ya reconocidos a nivel morfológico (Tabla I). Los bajos valores de arcilla (inferiores siempre a un 15%) de todos estos suelos parecen estar en consonancia con la estructura débil ó moderadamente desarrollada, escasa plasticidad, etc (Tablas I y III).

Los óxidos de hierro y aluminio libres son escasos en estos tres perfiles, según indican las extracciones selectivas (Tabla III); en ningún

caso el Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> extraído con ditionito-citrato ha superado el 1.9%, si bien es el perfil B2 el que muestra una mayor proporción de estos compuestos, tanto de Fe como de Al. Dentro de la escasez de estas formas de Fe y Al existe una ligera preponderancia de los óxidos de hierro cristalinos sobre los amorfos, según se deduce del mayor porcentaje de Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> extraído por el ditionito-citrato frente al oxalato, y de los compuestos amorfos de Al sobre los cristalinos (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>o > Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>d).

La mineralogía de la arcilla es similar en ambos ciclos (Tabla IV). Revela el predominio de los minerales 2:1 (micas, vermiculita, interestratificado mica-vermiculita) junto con

TABLA III. Análisis granulométrico y extracciones selectivas

Perfil	Hor.	%						Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)			Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)		
		AG	AF	LG	LF	Arc.	Text.	d	o	p	d	o	p
B1	Au1	53.20	20.67	5.80	11.06	9.27	f a	0.54	0.33	0.29	0.74	1.00	0.80
	Au2	54.26	24.59	5.09	7.89	8.17	f a-af	0.73	0.46	0.43	1.02	1.23	0.87
	2A	50.39	21.03	5.84	10.45	12.29	f a	0.70	0.39	0.37	1.74	2.51	2.12
	2C	50.27	18.84	4.07	14.40	12.42	f a	0.50	0.19	0.16	0.55	1.04	0.77
B2	Au1	45.06	21.41	6.27	14.30	12.96	f a	1.66	0.77	0.67	1.17	1.29	1.23
	Au2	48.18	19.77	7.05	12.77	12.23	f a	1.80	1.09	0.89	1.47	1.81	1.61
	Au3	50.49	16.98	5.25	13.75	13.53	f a	1.53	0.76	0.74	2.06	2.76	2.51
	2A	51.71	20.79	5.19	11.47	10.84	f a	1.27	0.63	0.59	1.96	2.93	2.89
	2AC	47.79	21.16	8.00	11.42	11.63	f a	1.07	0.40	0.36	1.25	1.79	1.47
	2C	61.34	20.50	4.00	6.89	7.27	a f	0.70	0.24	0.16	0.83	1.68	0.68
T1	Au1	24.27	26.55	12.72	21.97	14.49	f	1.26	1.16	0.74	1.25	1.78	1.70
	Au2	54.96	23.42	7.18	7.80	6.64	a f	0.73	0.56	0.46	0.49	0.68	0.64
	AC	66.98	20.71	3.35	3.28	5.68	af-a	0.46	0.31	0.27	0.25	0.28	0.07
	2Au1	58.37	20.71	5.17	7.48	8.27	a f	0.77	0.50	0.44	0.68	0.85	0.85
	2Au2	48.46	14.96	4.99	17.72	13.87	f a	1.26	1.07	0.89	1.97	2.46	2.32

AG = arena gruesa; AF = arena fina; LG = limo grueso; LF = limo fino; Arc = arcilla; Text = textura; fa = franco arenoso; af = arenoso franco; f = franco; a = arenoso; d = ditionito citrato; o = oxálico oxalato; p = pirofosfato sódico.

TABLA IV. Mineralogía de la fracción arcilla

Perfil	Hor.	Q	F	G	M	V	I <sub>M-V</sub>	K
B1	Au1	tr	tr	tr	++	++	++++	+++
	Au2	+	tr	-	+	+++	+++	+++
	2A	+	-	-	+	+++	+++	+++
	2C	+	-	tr	++	++	tr	++++
B2	Au1	tr	tr	-	+++	+++	+	++
	Au2	tr	tr	-	+	++++	+	++
	Au3	+	tr	-	+++	+++	tr	++
	2A	+	tr	-	+++	+++	-	++
	2AC	+	tr	-	+++	++	-	+++
	2C	+	tr	-	+++	++	-	++
T1	Au1	+	tr	-	+	++++	+++	++
	Au2	+	+	-	+	+++	++	+++
	AC	tr	+	-	+++	++	+++	++
	2Au1	+	+	-	++	+++	+++	++
	2Au2	tr	tr	-	++	+++	+++	++

Q = cuarzo; F = feldespato; G = goethita; M = mica; V = vermiculita; I<sub>M-V</sub> = interestratificado mica vermiculita; K = caolinita; tr = trazas; + = 3-10%; ++ = 10-30%; +++ = 30-50%; ++++ = > 50%.

TABLA V. Propiedades hidrofísicas del perfil T2

Hor.	% Fibras		Color en pirofosfato	I.P	% Sat. agua	D.a.Mgm <sup>-3</sup>	Cenizas %
	AF	DF					
Oi	—	—	10YR7/2	5	709	0.09	36
Oe	40	10	10YR7/3	4	441	0.16	39
Oa1	4	2	10YR6/4	2	369	0.20	52
Oa2	4	2	10YR5/4	1	182	0.20	58
Oa3	6	4	10YR5/4	1	341	0.20	49
Oa4	4	2	10YR5/4	1	335	0.19	42
Oa5	4	2	10YR4/3	1	215	0.31	65

AF= antes de frotadas; DF= después de frotadas; I.P= Índice de pirofosfato; Sat= saturación; D.a= densidad aparente.

caolinita, encontrándose en cantidades mucho menores cuarzo, feldespato y en algún caso trazas de goethita.

Finalmente, los resultados analíticos de T2, señalan el carácter orgánico de los materiales que conforman el perfil, los cuales muestran valores de carbono generalmente superiores al 20%. Es un suelo ácido, que posee un contenido elevado de cenizas, especialmente en los horizontes Oa, alcanzando en la base un porcentaje del 65%. El contenido en fósforo (Tabla II) que es medianamente alto en superficie (21.9 mgkg<sup>-1</sup> en HCl y 34.3 mgkg<sup>-1</sup> en Bray) aumenta ligeramente con la profundidad (66.6 mgkg<sup>-1</sup> en la extracción con HCl y 89.3 mgkg<sup>-1</sup> con Bray), superando igual que en los perfiles anteriores los valores característicos de los suelos de áreas graníticas.

En cuanto a sus propiedades hidrofísicas (Tabla V), destaca el escaso contenido de fibras (<16% después de frotadas), el bajo índice de pirofosfato (value-chroma del color obtenido en pirofosfato sódico es menor que 3) y la densidad aparente relativamente alta (0.2-0.3 Mgm<sup>-3</sup>) en la mayor parte del perfil, concretamente a partir de los 20 cm hacia abajo, lo que indica que la mayoría del depósito está formado por materiales sápricos. Estos parámetros son típicos de los materiales hémicos entre 5 y 20 cm de profundidad (40% de fibras antes de frotadas y un 10% después de frotadas, así como un índice de

pirofosfato de 4 y una densidad aparente inferior a 0.2 Mgm<sup>-3</sup>) mientras que los 5 cm superiores muestran valores de fibrinos (I.P=  $\delta > 5$ ; d.a < 0.1 Mgm<sup>-3</sup>). Sin embargo, el porcentaje de saturación en agua es realmente bajo en todo el perfil, incluso en el horizonte Oi, a pesar de su carácter fibrino.

### Análisis polínicos

Los análisis polínicos de cada depósito se presentan en las figuras 2 a 5. En función de las variaciones de los porcentajes de polen arbóreo, arbustivo y herbáceo, se ha establecido su zonación. Posteriormente, las zonas polínicas locales (ZPL) se han confrontado estableciendo una dinámica vegetacional para el territorio (Fig. 6).

Los espectros más antiguos corresponden a la ZPL-1 de los suelos del Borrelho (B1, B2) que pueden ser atribuidos al comienzo del Subatlántico (2500 BP), en base a las secuencias regionales del NW ibérico (RAMIL REGO & AIRA, 1992; RAMIL REGO, 1993), observándose el predominio de una vegetación desarbolada en la que es evidente la intervención humana (curva continua de polen de cereal, *Olea*).

Posteriormente se detecta en B2 una débil fase de recuperación arbórea, marcada por el incremento de *Quercus* (ZPL-2, ZPL-3), para posteriormente (ZPL-4) descender, mientras se

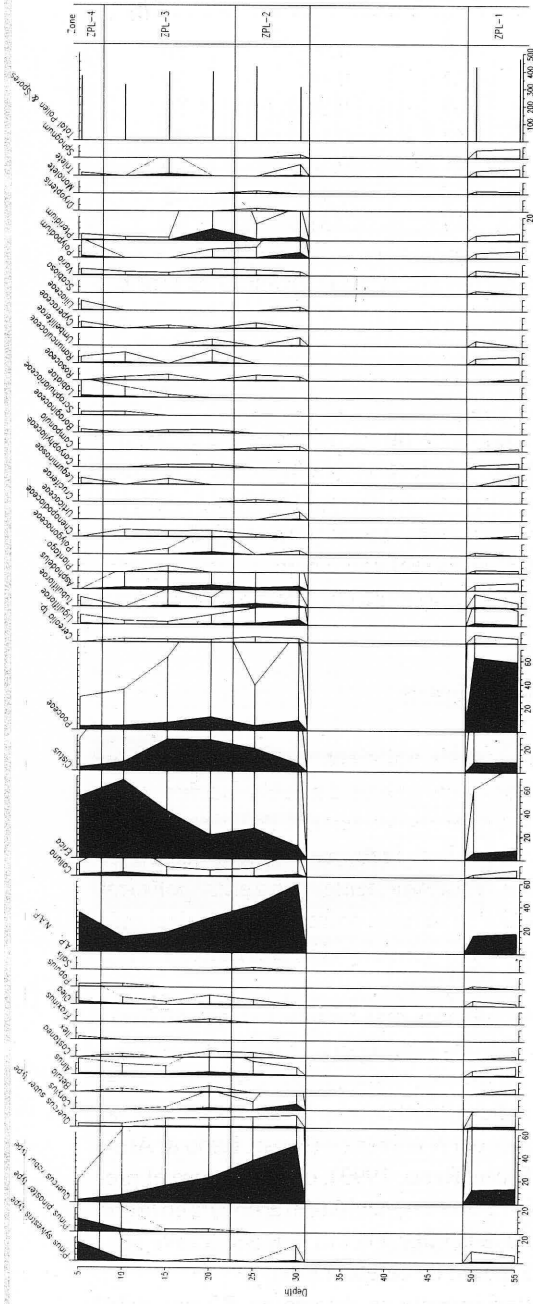


Fig. 2. Diagrama polínico del perfil B1.

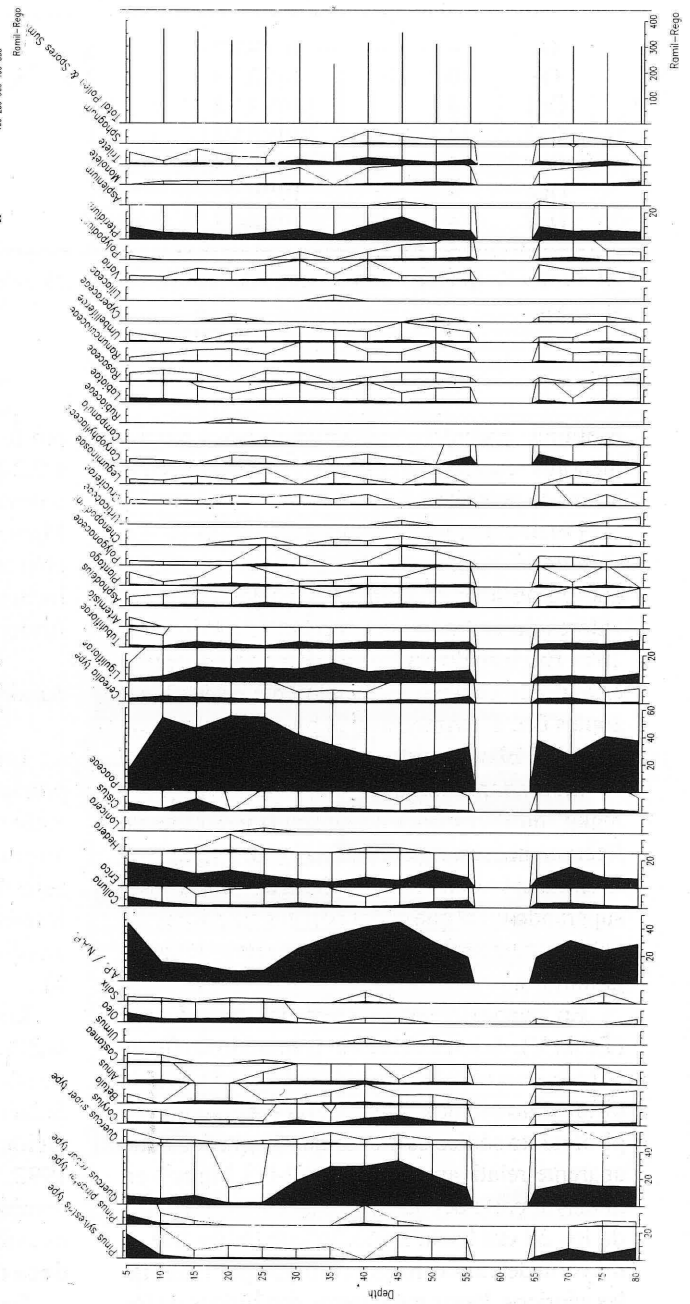


Fig. 3. Diagrama polínico del perfil B2.

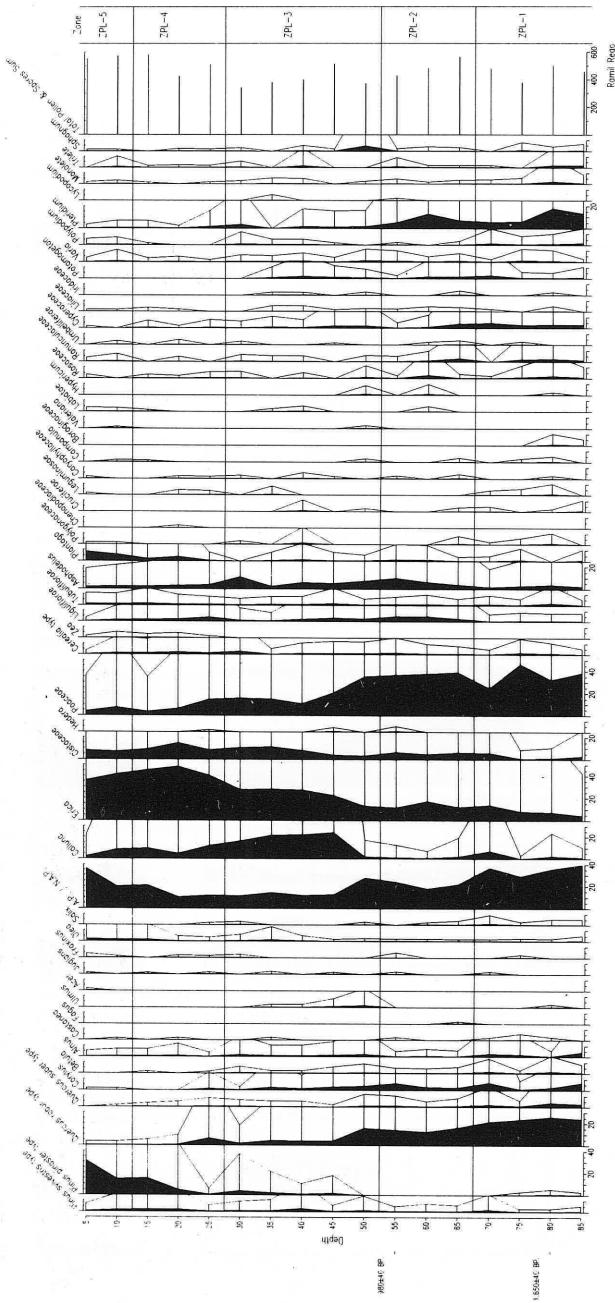


Fig. 4. Diagrama polínomico del perfil T1.

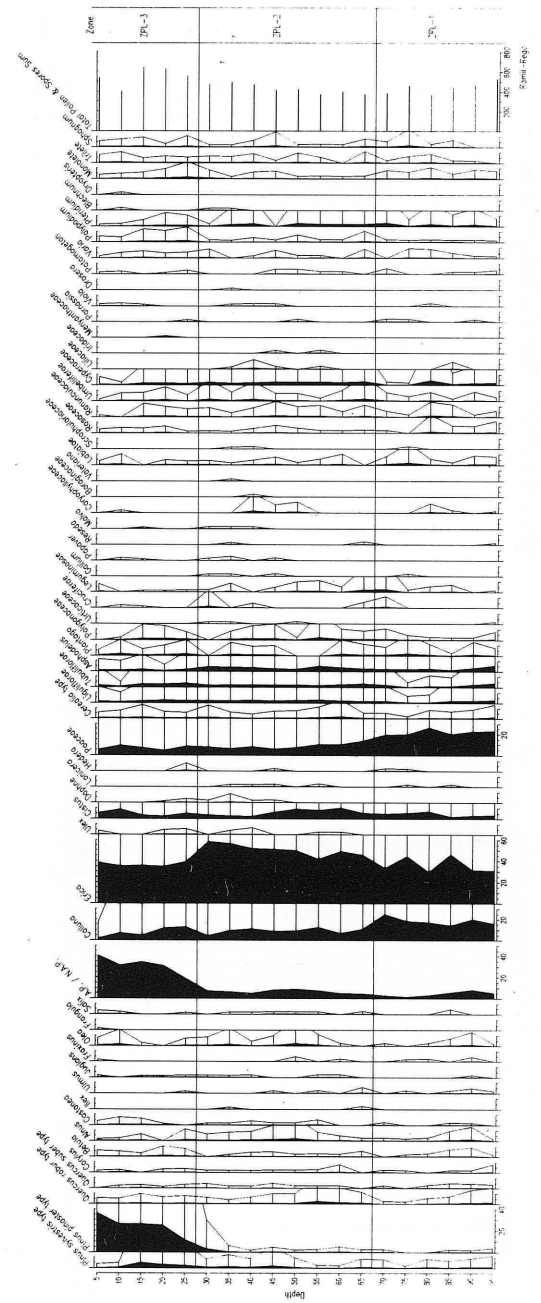


Fig. 5. Diagrama polínomico del perfil T2.

ZONAS POLINICAS LOCALES			
Chão Cheira I	Chão Cheira II	Monte Borrello I	Monte Borrello II
5	3	4	6
4	2		
3	1	3	
2			5
1		2	4
			3
			2
		1	1

5	<i>Erica / Poaceae-Pinus</i> Débil incremento del polen arbóreo. Expansión de <i>Pinus</i> . Aumento de <i>Olea</i> .	
4	<i>Erica - (Cistus-Calluna-Poaceae)</i> Predominio polen no arbóreo. Inicio de la expansión de <i>Pinus</i> . Presencia de <i>Zea</i> .	
3	3b	<i>Erica / Calluna - Poaceae</i> Mínimo de polen arbóreo. Aumento de <i>Ericaceae</i> . Detrimento de <i>Poaceae</i> .
	3a	<i>Poaceae-Ericaceae</i> Detrimento arbóreo ( <i>Quercus</i> ). Aumento de <i>Poaceae</i> .
2	2c	<i>Poaceae / Erica-Quercus</i> Inicio del detrimento arbóreo. Curva continua de <i>Olea</i> y polen de cereal.
	2b	<i>Quercus-Poaceae / Erica</i> Máximo de polen arbóreo. Incremento de <i>Quercus</i> . Débil aumento de <i>Corylus</i> .
	2a	<i>Poaceae-Quercus</i> Incremento de polen arbóreo ( <i>Quercus</i> ). Descenso del polen de cereal.
1	<i>Poaceae / Erica - (Quercus)</i> . Dominio del polen no arbóreo. Optimo de <i>Poaceae/ Ericaceae</i> . Curva continua de cereal. Presencia de <i>Olea</i> .	

Fig. 6. Correlación de las zonas polínicas locales.

expande de nuevo *Poaceae*. Esta última fase, también observada en B1, ha sido datada en el perfil T1 en 1650±40 BP (ZPL-1).

El predominio de la vegetación no arbórea se mantendrá en todos los perfiles analizados, a la vez que son más patentes las acciones antrópicas sobre el paisaje. La dinámica más reciente del paisaje viene determinada por la aparición de *Zea*, la expansión de *Pinus* y el aumento de *Olea*.

## DISCUSIÓN

La formación del depósito correspondiente al perfil T1 de Chao da cheira (datado en el 1650±40 BP entre 75 y 80 cm de profundidad), se inicia al final de la romanización (siglo IV), coincidiendo con la expansión del bosque, tal

como reconocen diferentes autores para este período (VAN MOURIK, 1986; TORNQVIST & JOOSTEN, 1988; RAMIL REGO, 1993). En este caso será *Quercus robur* la especie dominante mientras que *Castanea*, que en otras localidades de mejores suelos y más al abrigo inicia su expansión en este momento, no pasa de tener una presencia muy escasa (Fig. 4). Los materiales que inician el depósito son bastante orgánicos (Tabla II) y con una textura franco-arenosa (Tabla III); su acumulación se podría atribuir a un proceso de arrastre de ladera de poca energía, que concordaría con una vertiente bien protegida por la vegetación. Estos materiales, que alcanzan 25 cm de espesor (horizontes 2Au1, 2Au2), son reemplazados de forma bastante brusca por otros de carácter más arenoso y con un menor contenido en materia orgánica (Tablas II y III); este

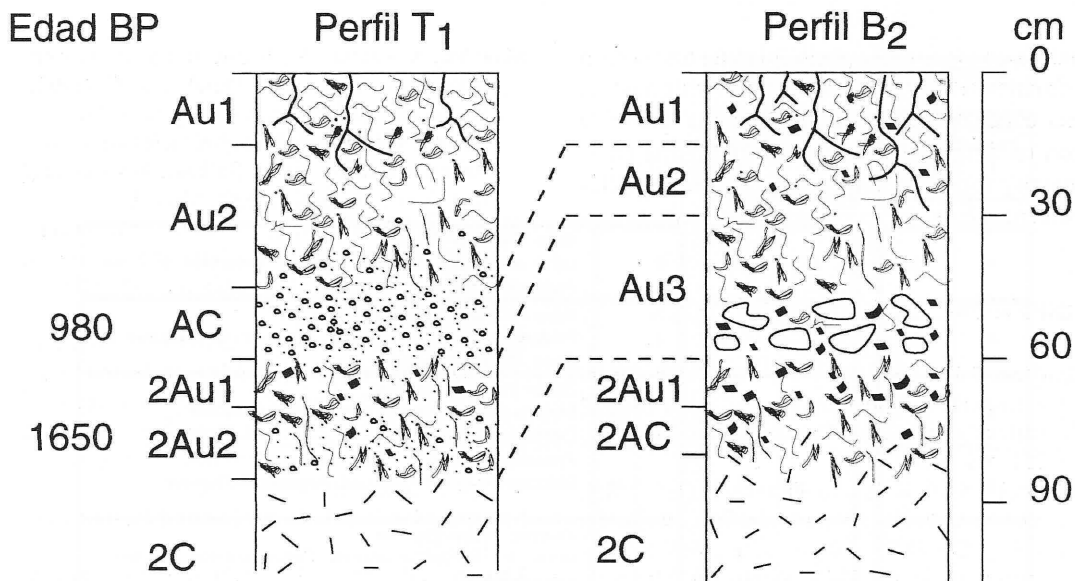


Fig. 7. Esquema de los perfiles T1 y B2 en relación con la edad de formación.

hecho coincide ya con un descenso del polen arbóreo y un dominio importante de las gramíneas (Fig. 4), lo que justificaría una menor protección de la vertiente. El posterior desarrollo del brezal (*Erica* y sobre todo *Calluna*) vuelve a recubrir el suelo con una cobertura vegetal que tiene una eficaz acción conservadora frente a la erosión del mismo (SOTO *et al.*, 1994), lo que favorecería una nueva situación de biotaxia con arrastres más lentos y de materiales más orgánicos y de textura menos arenosa.

El comienzo de la formación de la turbera T2 coincide con un momento de fuerte deforestación (Fig. 5), que por correlación con T1 se puede situar hacia el 800-700 BP.

En el área de Borrelho, los dos perfiles analizados muestran una secuencia de fases de estabilidad/inestabilidad similar a la anterior. Sin embargo, y como consecuencia de las correlaciones polínicas que se pueden establecer (Fig. 6), las líneas de piedras que presentan se deben considerar ligeramente más antiguas que el nivel arenoso del depósito T1 de Chao da Cheira (Fig. 7); su formación se podría relacionar con un episodio resistáxico localizado al final del período romano, y el suelo situado por debajo de ellas

correspondería a la fase deforestada de dicho período. El nivel situado por encima de la línea de piedras abarcaría la fase de expansión del bosque de *Quercus* de la época postromana, así como el deterioro de esta cubierta arbórea en la alta Edad Media. De este último momento deforestador, que dió origen al nivel arenoso del perfil T1, sólo queda como un leve reflejo de degradación del suelo el bajo grado de saturación en bases del complejo de intercambio así como el alto contenido en fósforo asimilable del horizonte Au2.

En principio, el origen de estos episodios erosivos formadores de líneas de piedras, ampliamente reconocidos en suelos del noroeste peninsular (MUCHER *et al.*, 1972; TORRAS *et al.*, 1979; MARTÍNEZ CORTIZAS *et al.*, 1993), podría ser atribuido a causas antrópicas. Los vestigios de esta actividad son abundantes en los suelos (restos vegetales carbonizados, altos niveles de fósforo) y en el espectro polínico, existiendo por otra parte, perfiles de áreas próximas que muestran similares características degradativas para estas épocas (VAN DEN BRINK, 1985; VAN MOURIK, 1986; RAMIL REGO, 1993). Sin embargo, en el episodio resistáxico del Monte Borrelho no

habría que ignorar la posibilidad de una acción climática adicional, ya que según estos autores esta época de final de la "Pax Romana" coincide con un deterioro generalizado del clima en la mayor parte de Europa, que dió origen a señales evidentes en el registro paleoecológico.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BASCOMB, C. L. (1968). Distribution of pyrophosphate extractable iron and organic carbon in soils of various groups. *J. Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **19**: 251-268.
- BENITO, E., SOTO, B. & DÍAZ-FIERROS, F. (1991). Soil erosion studies in NW Spain. In: Sala, M., Rubio, J. L. y García-Ruiz, J. M. (Eds.), *Soil Erosion Studies in Spain*: 55-74. Geofoma Ediciones, Logroño.
- BRAY, R.H. & KURTZ, L. T. (1945). Determination of total, organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci.*, **59**: 39-45.
- GUITIÁN, F. & CARBALLAS, T. (1976). *Técnicas de análisis de suelos*. Ed. Pico Sacro, Santiago de Compostela.
- HOLMGREN, G. S. (1967). A rapid citrate-dithionite extractable iron procedure. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.*, **31**: 210-211.
- INVESTIGACIÓN DE SUELOS (1973). *Métodos de laboratorio y procedimientos para recoger muestras*. Ed. Trillas, México.
- LYNN, W.C., MCKENZIE, W. E. & GROSSMAN, R. B. (1974). Field Laboratory Tests for Characterization of Histosols. In: Aandhal (Ed.), *Histosols: Their Characteristics, Use and Clasification*: 11-20. Madison, Wisconsin.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A. (1995). Evolución de los suelos durante el cuaternario reciente en las Sierras Septentrionales de Galicia (NW España). In: Pérez Alberti, A. y Martínez Cortizas, A. (Eds.), *Avances en la Investigación Paleoambiental en áreas de montaña*. G.E.P. Monografías, **1**. (En prensa).
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., RAMIL REGO, P., GARCÍA-RODEJA, E. & MOARES DOMÍNGUEZ, C. (1993). Suelos de montaña y ciclos de estabilidad/inestabilidad de las vertientes en Galicia. In: Pérez Alberti, A., Guitián Rivera, L. y Ramil Rego, P. (Eds.), *La evolución del paisaje en las montañas del entorno de los Caminos Jacobeos*: 107-123. Consellería de Relaciones Institucionales, Xunta de Galicia.
- MARTÍNEZ CORTIZAS, A., RAMIL REGO, P., MOARES DOMÍNGUEZ, C. & LLANA DOMÍNGUEZ, C. (1992). Secuencia edáfica y paleoecológica de los yacimientos epipaleolíticos de los valles de los ríos Arnela y Pedrido (Lugo, Galicia). *Actas de la II Reunión de Geoarqueología*. Madrid.
- MCKEAGUE, J.A. & DAY, J. H. (1966). Dithionite and oxalate extractable Fe and Al as aid in differentiating variations classes of soils. *Can. J. Soil. Sci.*, **46**: 13-22.
- MUCHER, H.J., CARBALLAS, T., GUITIÁN, F., JUNGERIUS, P.D., KROONENBERG, J.B. & VILLAR, M. C. (1972). Micromorphological analysis of effects of alternating phases of landscape stability and instability on two soil profiles in Galicia, NW Spain. *Geoderma*, **8**: 241-246.
- MUNSELL, (1988). *Soil Colour Charts*. Munsell Color, Baltimore.
- MURPHY, J. & RILEY, J. P. (1962). A modified simple solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chem. Acta*, **27**: 31-36.
- RAMIL REGO, P. (1992). *La vegetación cuaternaria de las Sierras Septentrionales de Lugo, a través del análisis polínico*. Tesis doctoral (inéd.). Facultad de Biología, Universidade de Santiago.
- RAMIL REGO, P. (1993). Evolución climática e histórica de la vegetación durante el Pleistoceno Superior y el Holoceno en las regiones montañosas del Noroeste Ibérico. In: Pérez Alberti, A., Guitián Rivera, L. & Ramil Rego, P. (Eds.), *La evolución del paisaje en las montañas del entorno de los Caminos Jacobeos*: 25-60. Consellería de Relaciones Institucionales, Xunta de Galicia.
- RAMIL REGO, P. & AIRA RODRÍGUEZ, M. J. (1992). Síntesis de las secuencias paleoambientales y cronológicas del Suroeste de Europa: Una propuesta para las Sierras Septentrionales de Galicia. *Giornale Botanico Italiano*. (En prensa).
- RIBEIRO, O. (1955). Portugal. In: *Geografía de España y Portugal*. Montaner y Simón, S.A., Barcelona.
- RIQUIER, J. (1969). Contribution à l'étude des stone-lines en régions tropicales et équatoriales. *Cah. ORSTOM. Sér. Pédol.*, **7**: 71-111.
- RUHE, R.V. & WALKER, P.H. (1968). Hillslope models and soil formation. I. Open systems. *9<sup>th</sup> Intern. Cong. Soil Sci.*: 551-560.
- SOTO, B., BASANTA, R., BENITO, E., PÉREZ, R. & DÍAZ-FIERROS, F. (1994). Runoff and erosion from burnt soils in Northwest Spain. In: Sala, M. y Rubio, J. L. (Eds.), *Soil erosion and degradation as a consequence of forest fires*: 91-98. Geoderma Ediciones, Logroño.

- TABOADA CASTRO, M.T., RAMIL REGO, P. & DÍAZ-FIERROS, F. (1995). Formación de suelos policíclicos durante el Cuaternario reciente en el Monte Borrelho (N. de Portugal). *Cad. Lab. Xeol. Laxe*, **20**: 27-36.
- TRONQVIST, T.E. & JOOSTEN, J. H. J. (1988). On the origin and development of a Subatlantic "Man-made" mire in Galicia (Northwest, Spain). *Proc. of the 8th Inter. Cong.*, **1**: 214-224. Leningrad.
- TORRAS, M.L., VILLAR, M.C., VÁZQUEZ, J.M., MACÍAS, F. & DÍAZ-FIERROS, F. (1979). Crisis erosivas en el Cuaternario reciente de Galicia. *Actas III Reunión Nacional Grupo de Estudios del Cuaternario*: 229-236. Madrid.
- VAN DEN BRINK, L.M. & JANSSEN, C. R. (1985). The effect of human activities during cultural phases on the development of montane vegetation in the Serra da Estrela, Portugal. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **44**: 193-215.
- VAN MOURIK, J. M. (1986). Pollen profiles of slope deposits in the Galician area (N.W. Spain). *Nederlandse Geografische Studies*, **12**.
- VON POST, L. (1937). The Geographical Survey of Irish Bogs. *Ir. Nat. J.*, **6**: 21-27.