

EL POLEN DE POACEAE EN LA ATMÓSFERA DE LUGO Y SU RELACIÓN CON LOS PARÁMETROS METEOROLÓGICOS (1999-2001)

F. Javier RODRÍGUEZ-RAJO, M. Victoria JATO y M. Jesús AIRA

RESUMEN. *El polen de Poaceae en la atmósfera de Lugo y su relación con los parámetros meteorológicos (1999-2001).* Se han estudiado las concentraciones de polen de Poaceae presente en la atmósfera de la ciudad de Lugo durante 3 años (1999-2001). Para ello se ha utilizado un captador volumétrico tipo Hirst, modelo Lanzoni VPPS-2000. El polen de Poaceae es el más abundante y su porcentaje frente al total de polen anual es de un 38-40%. La cantidad total de polen anual es de 8.400 granos como resultado de la media de los tres años de estudio, con un período de polinización durante los meses de Junio y Julio. A lo largo del día los máximos de concentración tienen lugar durante la tarde. Se ha realizado un análisis de correlación con los principales parámetros meteorológicos, siendo la temperatura máxima la variable que presentó el coeficiente más elevado. La suma acumulada de la temperatura máxima y la regresión múltiple integrando la temperatura máxima y las concentraciones de polen del día anterior como estimadores, resultaron métodos válidos y complementarios para realizar la predicción del inicio del periodo de polinización y de las concentraciones medias diarias que se alcanzan durante el periodo de polinización principal respectivamente.

Palabras clave. Polen, Lugo, Meteorología, Predicción, Intradiario, Poaceae.

ABSTRACT. *The Poaceae pollen in the atmosphere of Lugo and its relationship with meteorological parameters (1999-2001).* The pollen concentrations of Poaceae in the atmosphere of the city of Lugo has been studied during 3 years (1999-2001). A volumetric sampler type Hirst, model Lanzoni VPPS-2000 has been used. The Poaceae pollen is the most abundant and its percentage with respect to the total annual pollen ranged from 38-40 %. The annual total quantity of pollen of Poaceae were 8.400 grains as average of the three years studied, with a period of pollination during the months of June and July. The daily maximum concentrations take place during the evening. An analysis of correlation has been carried out between pollen concentrations and the main meteorological parameters, the maximum temperature being the variable that presented the highest coefficient value. The sum of maximum temperatures and the multiple regression integrating maximum temperature and pollen concentrations of the previous day as predictors, were successful and complementary methods in order to predict the beginning of the pollination period and the daily mean concentrations reached during the main pollen season respectively.

Key words. Pollen, Lugo, Meteorology, Prediction, Intradiurnal, Poaceae.

INTRODUCCIÓN

La familia Poaceae está formada por un gran número de especies de plantas herbáceas

anuales y perennes, con distribución cosmopolita, que crecen indistintamente en praderas, pastos, escombreras, suelos cultivados, orillas de ríos, etc. Se encuentran por tanto ampliamente

distribuídas, estimándose que representan alrededor de un 20% de la cobertura vegetal mundial (Fernández-González *et al.* 1999). La elevada carga ganadera que presenta la provincia de Lugo contribuye a la expansión de las praderas dedicadas al pastoreo extensivo. Además de las numerosas especies silvestres existen otras de especial interés para el hombre utilizadas como ornamentales, como las pertenecientes al género *Cynodon*, o alimento tanto del hombre como del ganado (*Secale*, *Avena* y *Triticum*). Las más frecuentes en la región Eurosiberiana, en la que se localiza el área de estudio, pertenecen al género *Dactylis*, *Alopecurus*, *Holcus*, *Elymus*, *Poa* y *Phleum* en zonas húmedas y *Hordeum*, *Avena*, *Secale*, *Lolium*, *Poa*, *Agrostis*, *etc* en suelos nitrificados.

Las consideraciones aerobiológicas de esta familia tienen interés médico y epidemiológico ya que son la causa primaria de la mayor parte de los casos de polinosis que afectan al hombre en el mundo provocando importantes episodios de asma y rinitis (Subiza *et al.*, 1986; D'Amato & Spiekma, 1992). La capacidad alergénica varía sustancialmente de unas especies a otras presentando entre ellas reactividad cruzada (Lewis *et al.*, 1983). *Zea mays* es citado por Izco *et al.* (1972) como extremadamente alergógeno y los géneros de mayor capacidad alergénica son *Dactylis*, *Lolium*, *Phleum*, *Poa*, *Cynodon* y en menor medida *Avena*, *Secale* y *Zea*. Incluso dentro de la fracción microscópica del aire (disuelto como un aerosol) o sobre el polvo casero se encuentran alérgenos de este tipo polínico (Yli-Panula, 1998). Davies & Smith (1973) y Ong *et al.* (1997) apuntan que si sus concentraciones medias diarias son superiores a 25 granos/m³ se producen fenómenos moderados de alergia y concentraciones superiores a 50 granos/m³ son capaces de provocar síntomas clínicos en todos los pacientes alérgicos (Negrini *et al.*, 1992). En Galicia casi un 80% de los pacientes que son sensibles a algún polen, lo son al de la

familia *Poaceae* (Arenas *et al.*, 1996; Ferreiro *et al.*, 1998; Dopazo, 2001).

Por todo ello en los últimos años son abundantes los estudios aerobiológicos realizados sobre esta familia (González *et al.*, 1998; Fernández-González *et al.*, 1999; Norris-Hill, 1999). La mayoría tratan de establecer modelos predictivos del inicio y severidad de su estación polínica así como sus concentraciones medias diarias (Clot, 1998; Laadi, 2001; Leuschner *et al.*, 2000). Otros se centran en el estudio de su inmunquímica (Montero *et al.*, 1995).

Los primeros estudios aerobiológicos en Lugo han sido realizados en el año 2000 (Rodríguez-Rajo *et al.*, 2000) y en el presente trabajo se analiza el comportamiento del polen de *Poaceae* con el fin de establecer las épocas del año de mayor incidencia y las horas del día de máximas concentraciones. Se realiza asimismo un análisis estadístico que nos permita conocer las posibles correlaciones entre las concentraciones polínicas y las variables meteorológicas. Finalmente se establecen modelos que nos permitan predecir tanto el inicio de la estación como las concentraciones polínicas del polen de *Poaceae*.

MATERIAL Y MÉTODOS

La ciudad de Lugo se encuentra situada en el Noroeste de España (43° 0' N y 7° 53' W; 618193 X-UTM/4761526 Y-UTM) a una altitud de 454 metros sobre el nivel del mar (fig. 1). Desde el punto de vista climático, presenta un régimen ombrotérmico seco fresco, con una temperatura media anual de 11,5°C, media de las temperaturas máximas de 16,8°C y media de las mínimas de 6,2°C. Estacionalmente presenta unas medias de 11,8°C en primavera, 16,9°C en verano, 8,9°C en otoño y 6,5°C en invierno. La precipitación total anual media es de 963 mm (Carballeira *et al.* 1983), siguiendo un patrón irregular a lo largo del mismo con

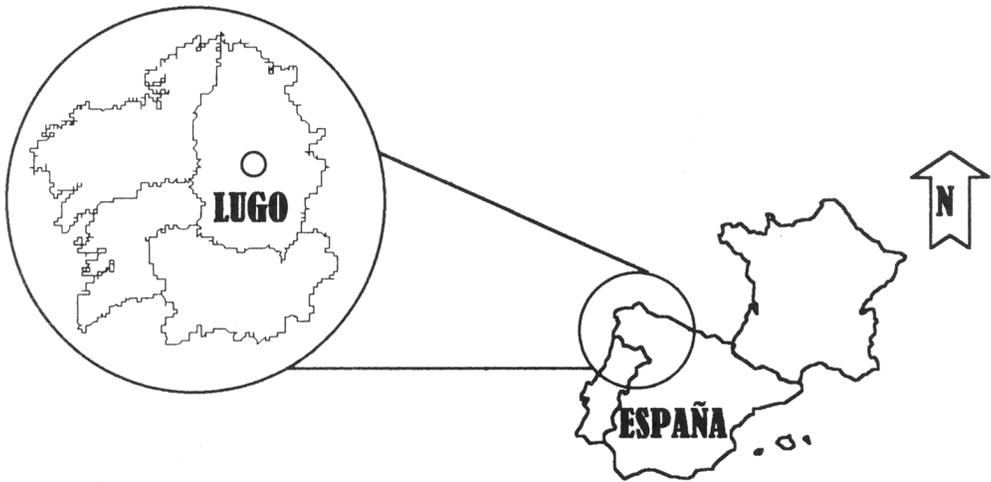


Figura 1. Localización de Lugo en España. *Location of Lugo in Spain.*

valores máximos desde Noviembre a Febrero y mínimos durante el mes de Julio.

Desde el punto de vista biogeográfico, Lugo pertenece a la Región Eurosiberiana, Provincia Cántabro-Atlántica, Sector Galaico-Portugués, Subsector Lucense (Rivas-Martínez, 1987). La asociación dominante como etapa climax es la *Vaccinio myrtilli-Quercetum roboris*. Lo más destacable es la frecuencia de *Betula alba* en el seno del bosque. Se trata de bosques montanos, densos, con buena representación de especies arbustivas y herbáceas, asentados sobre suelos pobres en bases y profundos. Es frecuente la aparición de *Castanea sativa* y *Quercus pyrenaica* Willd. En etapas de degradación provocadas con frecuencia por los incendios aparecen abedulares seriales (*Holco mollis-Betuletum celtibericae*) y en etapas más avanzadas pionales con *Cytisus scoparius* (L.) Link y *Genista florida* subsp. *polygaliphylla* (*Cytisetum scopario-striati*). En los valles y riberas de ríos es frecuente la aparición de formaciones riparias de arbolado formadas por *Alnus glutinosa* (L.) Gaertner, *Betula alba* y *Salix atrocinerea* Brot.

El porcentaje del terreno de la provincia

dedicado al aprovechamiento forestal alcanza un 62%. Un 17% se utiliza como prados y finalmente un 16% se dedica a los cultivos, entre los que destacan los del maíz, trigo y centeno.

El muestreo se ha realizado con un captador volumétrico tipo Hirst, modelo LANZONI VPPS 2000, instalado en la terraza del parque de Bomberos de la ciudad de Lugo a una altura de 15 m sobre el suelo. Para la elaboración del presente estudio se han tenido en cuenta los datos de polen obtenidos desde el día 1 de enero de 1999 hasta el 31 de diciembre del 2001.

Como superficie de captura de los granos de polen se ha utilizado una cinta Melinex impregnada en silicona al 2% en tetracloruro de carbono. Esta se ha cortado en tramos correspondientes a 24 horas, los cuales fueron montados en portaobjetos individuales. Los valores medios diarios de polen se han expresado como número de granos de polen por metro cúbico de aire. Un microscopio NIKON OPTIPHOT II provisto de una lente 40X/0.95 ha sido utilizado para la identificación de los granos de polen. El recuento se ha realizado siguiendo el modelo

MÉTODO	DESCRIPCIÓN
Lejoly-gabriel 1978	INICIO Día en que se alcanza el 5% del total del polen si ese día la concentración es mayor del 1% del total
	FINAL Último día en el que la concentración es mayor del 1% del total
Mullenders <i>et al.</i> 1972	INICIO Día en el que la media móvil de 5 días alcanza durante 3 días consecutivos el 1% del total anual
	FINAL La concentración de polen es menor del 0,9% del total durante 5 días consecutivos
Spieksma <i>et al.</i> 1995	INICIO La media móvil de 5 días alcanza durante 3 días consecutivos el 1% del total anual de la media de los años muestreados
	FINAL La concentración de polen es menor del 0,9% del total durante 5 días consecutivos
Jäger <i>et al.</i> 1996	INICIO Día en el que la concentración de polen es el 1% del total anual si no hay 6 días consecutivos sin granos de polen
	FINAL Día en el que se alcanza el 95% del total anual
Nilsson&Pearsson 1991	INICIO Día en el que se alcanza el 5% del total anual (90%)
	FINAL Día en el que se alcanza el 95% del total anual
Andersen 1991	INICIO Día en el que se alcanza el 2,5% del total anual (95%)
	FINAL Día en el que se alcanza el 97,5% del total anual
Galán <i>et al.</i> 1995	INICIO Día en el que se alcanza el 1% del total anual (98%)
	FINAL Día en el que se alcanza el 98% del total anual

Tabla 1. Definiciones del período de polinización principal (PPP) según los diferentes autores. *Definitions of the main pollen season (MPP) according to different authors.*

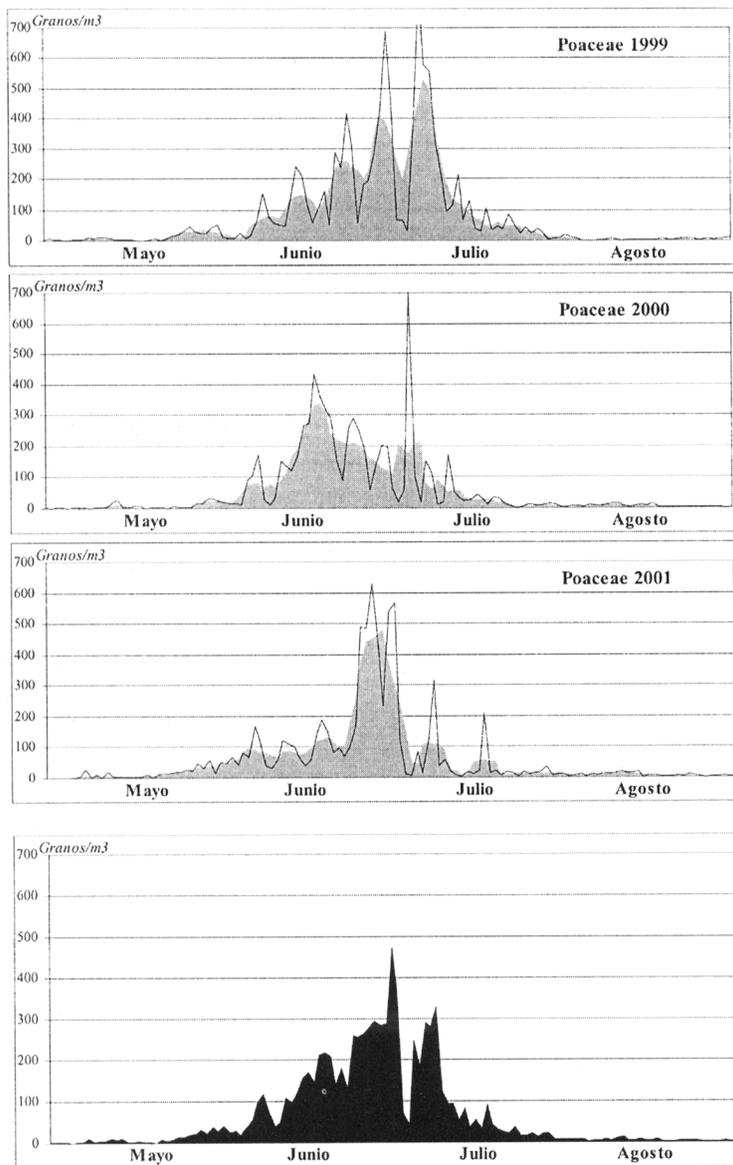


Figura 2. Variación anual de las concentraciones medias diarias de polen de Poaceae (En gris la media móvil de 5 días) y gráfico obtenido como media de los tres años. Annual variation of the Poaceae mean daily pollen concentrations (In grey five days running mean) and graphic obtained as average of the three years.

propuesto por la R.E.A., sobre cuatro barridos longitudinales a lo largo de la preparación (Domínguez *et al.*, 1991). Para la obtención del período de polinización principal (PPP) de Poaceae, se han tenido en cuenta diversos métodos, los cuales se muestran en la tabla 1.

Para elaborar el modelo que refleje la fluctuación de la concentración polínica a lo largo del día se ha tenido en cuenta el método descrito por Galán *et al.* (1991). Se ha calculado la media diaria de concentración polínica durante el periodo de polinización y se seleccionaron aquellos días en los que se registran valores superiores al promedio calculado, eliminando los que presentaron precipitaciones. Con los días restantes se ha calculado la media de concentración cada dos horas, expresando los datos posteriormente en %.

Mediante el uso del test de correlación de Spearman se ha tratado de encontrar la posible correlación entre las concentraciones del polen de Poaceae y los principales parámetros meteorológicos: lluvia (mm.), humedad relativa (%), horas de sol (horas), temperatura máxima, mínima y media (°C) y la dirección (%) y

velocidad del viento (m.). Estos datos meteorológicos fueron suministrados por el Instituto Nacional de Meteorología.

A partir de los resultados obtenidos y teniendo en cuenta el parámetro con coeficiente de correlación más elevado, se ha realizado un análisis de regresión lineal con el fin de obtener un modelo que permita predecir las concentraciones de polen de Poaceae. Se han transformando los valores de polen en su logaritmo sumándoles la unidad. Se ha evaluado si los datos, tanto meteorológicos como polínicos, de los diferentes años de estudio pertenecen a una misma población mediante la aplicación del test de Scheffé con el fin de comprobar si el modelo podemos considerarlo como general para los tres años de estudio.

Finalmente para la predicción del inicio de la estación polínica, se utilizó como variable predictora el sumatorio de las temperaturas y las horas de sol de forma lineal a partir de varias fechas determinadas: el solsticio de invierno (21 de diciembre), cuando se registran la temperatura mínima (tanto la mínima de las máximas, medias y mínimas) y el día 1 de enero.

<i>Poaceae</i>	1999	2000	2001
Fecha de Inicio	09-jun	06-jun	05-jun
Fecha del Final	23-jul	22-jul	27-jul
Duración (días)	45	47	53
% sobre el total Poaceae	89	90	85
Media en el P.P.P. (gr./m ³)	200	138	126
Máximo (gr./m ³)	835	703	630
Día del máximo	7-jul	5-jul	28-jun
Polen Total en el P.P.P.	9030	6495	6656
Polen Total en el año	10168	7233	7808
% sobre el total anual de polen	40	40	38
Días con mas de 25 gr./m ³	45	39	35
Días con mas de 50 gr./m ³	36	30	31

Tabla 2. Características del PPP de Poaceae utilizando para definir el inicio el método descrito por Jäger *et al.* (1996). *Characteristics of the MPP of Poaceae using to define the start date the method described by Jäger et al. (1996).*

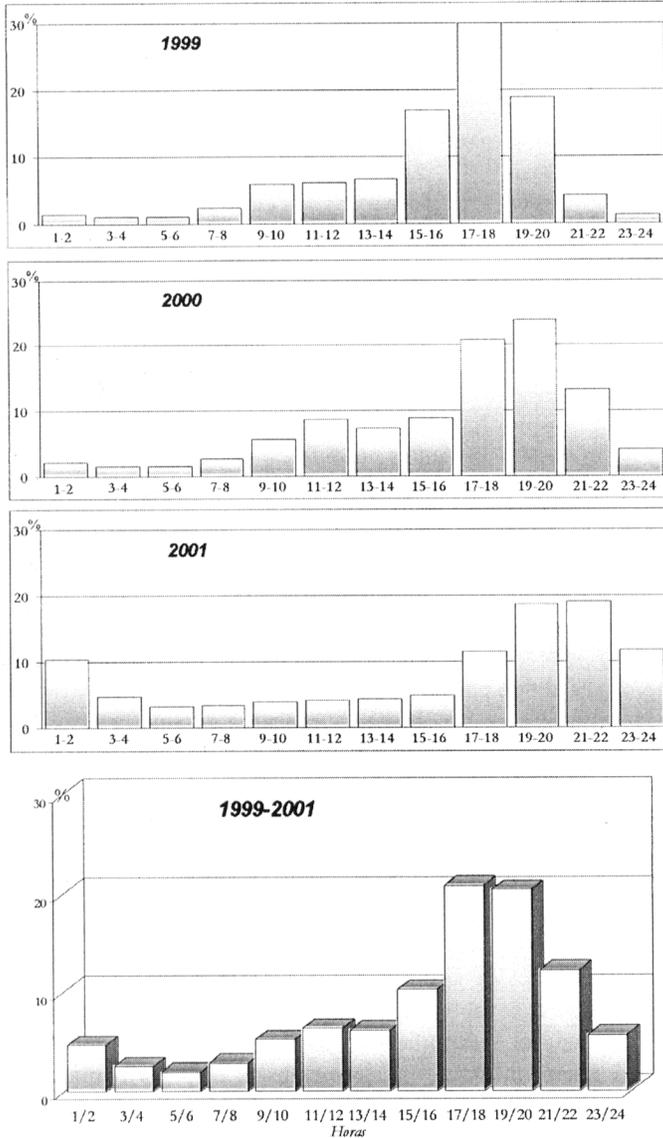


Figura 3. Variación intradiaria de la concentración de polen de Poaceae durante los tres años muestreados y modelo medio para los tres años. *Intradiurnal variation of the Poaceae pollen during the three years studied and average model for the three years.*

	1999	2000	2001	MEDIA	Desv. St.
Lejoly-gabriel 1978	14-jun 16-jul	07-jun 06-jul	05-jun 18-jul	<i>08-jun</i> <i>13-jul</i>	4.726 6.429
Mullenders <i>et al.</i> 1972	13-jun 19-jul	06-jun 12-jul	05-jun 18-jul	<i>08-jun</i> <i>16-jul</i>	4.359 3.786
Spieksma <i>et al.</i> 1995	13-jun 15-jul	12-jun 11-jul	05-jun 11-jul	<i>10-jun</i> <i>12-jul</i>	4.359 2.309
Jäger <i>et al.</i> 1995	09-jun 23-jul	06-jun 22-jul	05-jun 27-jul	06-jun 24-jul	2.082 2.646
Nilsson&Persson 1991	01-jun 23-jul	03-jun 22-jul	27-may 27-jul	<i>31-may</i> <i>24-jul</i>	3.606 2.646
Andersen 1991	26-abr 02-ago	18-may 10-ago	10-may 13-ago	<i>08-may</i> <i>08-ago</i>	11.136 5.686
Galán <i>et al.</i> 1995	28-abr 06-sep	08-abr 06-sep	26-mar 01-sep	<i>10-abr</i> <i>04-sep</i>	16.623 2.887

Tabla 3. Fechas de inicio del PPP según los diferentes métodos y años, y Coeficientes de Variación Standard. *Starting dates of the MPP according the different methods and years, and Standard Variation Coefficient.*

RESULTADOS

Las concentraciones del polen de Poaceae alcanzan valores muy elevados durante el período estival (fig. 2). Es el tipo polínico más abundante en la atmósfera de Lugo, representando entre un 38-40 % de la concentración total anual de polen. Los valores totales anuales recogidos varían entre los 6.495 registrados en el año 2000, los 6.656 en el 2001 y los 9.030 alcanzados durante 1999 (tab. 2). A lo largo de los años de estudio los valores medios diarios máximos fueron registrados entre la última semana del mes de junio y la primera de julio. Generalmente se sobrepasaron los 600 granos/m³, llegando el 7 de julio de 1999 a alcanzarse 835 granos/m³.

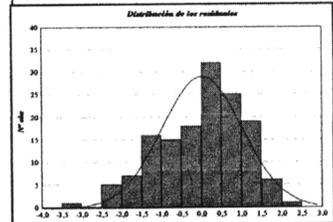
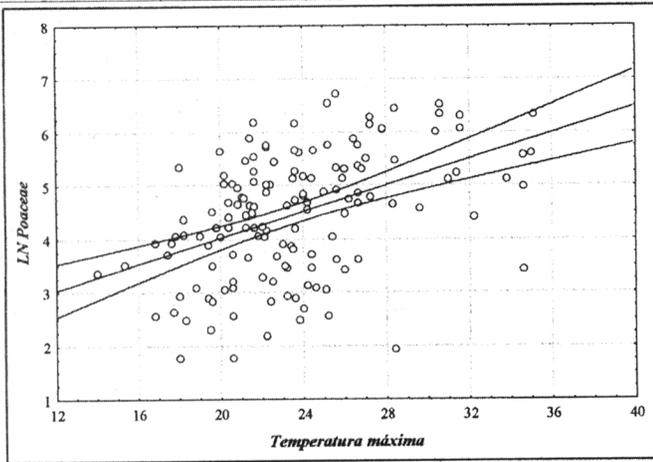
De los diferentes criterios utilizados para delimitar el inicio y final del periodo de polinización principal se han seleccionado aquellos que presentaron el menor coeficiente de variación standard. De esta forma se ha fijado el criterio descrito por Jäger *et al.* (1996), resultando como fecha media de inicio el día 6 de junio y como fecha media de finalización el

24 de julio (tab. 3).

El patrón de variación intradiaria obtenido como promedio para los tres años de estudio refleja un modelo constante de comportamiento en el que las concentraciones máximas se registran durante la tarde. El pico máximo de concentración se localiza a las 17-18 horas aunque cantidades importantes se registran entre las 15 y las 22 horas, periodo durante el cual se recoge mas de un 50 % del polen total diario. Posteriormente estas disminuyen para mantenerse bajas en la madrugada y la mañana (fig. 3).

Cuando consideramos el conjunto de los años de estudio, los resultados del análisis de correlación entre las concentraciones polínicas y los principales parámetros meteorológicos ponen de manifiesto una correlación positiva y significativa al 99% con las horas de sol y las temperaturas máxima y media, y negativa para la lluvia (tab. 4). La correlación positiva con la temperatura máxima se mantuvo constante en todos los años y el coeficiente obtenido fue más elevado durante el período prepico. Con la temperatura media resultó siempre significativa

Poaceae	<i>r</i>	<i>r</i> ²	Adj. <i>r</i> ²	<i>F</i>	<i>g. l.</i>	<i>p</i>	St. err. Estim.
1999-2001	0,451	0,203	0,198	36,543	1,143	0,000	1,0309
LogPoaceae = -1,5589+(0,1233* T^a máx)							
	<i>Beta</i>	St. err. <i>Beta</i>	<i>B</i>	St. err. <i>B</i>	<i>t</i> (143)	<i>p</i>	
Intercept			1,5589	0,4884	3,1918	0,0017	
T ^a máxima	0,4511	0,0746	0,1233	0,0204	6,0451	0,0000	



a

Poaceae	<i>r</i>	<i>r</i> ²	Adj. <i>r</i> ²	<i>F</i>	<i>g. l.</i>	<i>p</i>	St. err. Estim.
1999-2001	0,730	0,532	0,526	80,889	2,142	0,000	0,792
LogPoaceae = -0,1269+(0,086* T^a máx) + (0,579* Polen día anterior)							
	<i>Beta</i>	St. err. <i>Beta</i>	<i>B</i>	St. err. <i>B</i>	<i>t</i> (142)	<i>p</i>	
Intercept			-0,1269	0,4116	-0,3082	0,7584	
T ^a máxima	0,3145	0,0590	0,0860	0,0161	5,3314	0,0000	
Polen día anterior	0,5897	0,0590	0,5790	0,0579	9,9975	0,0000	

b

Figura 4. Recta de regresión con la temperatura máxima (a) y modelo de regresión lineal añadiendo la concentración de polen del día anterior (b). Regression line with the maximum temperature (a) and lineal regression model adding previous day pollen concentration (b).

P.P.P.	1999		2000		2001		TOTAL	
Lluvia	-0,373*		-0,207		-0,229		-0,270**	
Humedad	0,098		-0,482**		-0,516**		-0,051	
Tª máxima	0,564**		0,480**		0,411**		0,464**	
Tª mínima	-0,232		-0,138		-0,007		-0,056	
Tª media	0,351*		0,239		0,283*		0,304**	
Horas de Sol	0,335*		-0,174		0,413**		0,233**	
Viento Calma	0,455**		0,119		0,168		0,130	
Viento N-NE	-0,139		-0,117		-0,064		0,006	
Viento NE-S	0,147		0,242		-0,103		0,007	
Viento S-SO	0,196		0,093		0,001		0,004	
Viento SO-N	0,244		0,128		0,186		0,127	
Recorrido viento	-0,360*		-0,106		-0,109		-0,037	
	1999		2000		2001		TOTAL	
	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico	Prepico	Postpico
Lluvia	-0,391	-0,467	-0,234	-0,105	-0,433	-0,178	-0,355**	-0,230
Humedad	0,056	0,260	-0,349	-0,216	-0,471*	-0,496**	-0,067	0,078
Tª máxima	0,833**	0,702**	0,575**	0,245	0,585**	0,400*	0,635**	0,501**
Tª mínima	-0,045	-0,354	0,344	-0,308	0,097	0,065	0,120	0,028
Tª media	0,638**	0,403	0,569**	-0,015	0,584**	0,257	0,548**	0,358**
Horas de Sol	0,216	0,716**	-0,024	-0,217	0,271	0,480**	0,115	0,450**
Viento Calma	0,556**	0,387	-0,127	0,049	0,397	0,209	0,212	0,066
Viento N-NE	-0,174	0,046	0,110	0,113	-0,262	-0,148	-0,015	0,122
Viento NE-S	0,165	0,065	0,011	-0,045	0,108	-0,285	-0,023	-0,218
Viento S-SO	0,239	0,061	-0,116	-0,258	0,064	-0,046	0,017	-0,169
Viento SO-N	0,478**	-0,202	0,163	-0,013	0,055	0,407*	0,248*	0,125
Recorrido viento	-0,533**	-0,132	0,130	0,040	-0,372	-0,158	-0,150	0,091

Tabla 4. Coeficientes de correlación entre la concentración de polen y las principales variables meteorológicas utilizando el test de correlación de Spearman (*95%, **99% de significación). *Coefficients of correlation between the pollen concentration and the main meteorological parameters by using the Spearman correlation test (*95%, **99% of signification).*

en los periodos prepico, pero no lo fue en los postpico. En cuanto a la lluvia solamente en 1999 resultó significativa.

Con el fin de obtener una ecuación que permita realizar previsiones polínicas se ha considerado la concentración de polen como variable dependiente y a la temperatura máxima como variable independiente. El modelo obtenido explica un 20% de la variabilidad de los datos de polen (fig. 4a). La elección de dicha variable se ha hecho en función de los resultados obtenidos en el análisis de correlación previo, por el que se comprobó que

la temperatura máxima es la variable que ejerce una mayor influencia. Previamente, y con el fin de determinar si el modelo obtenido se puede considerar como general para los años estudiados, se ha aplicado el test de Scheffé. Se ha probado la homogeneidad de los mismos ya que con la temperatura y la concentración de polen, variables consideradas para la obtención de los modelos predictivos, no se han encontrado diferencias significativas (tab. 5).

Asimismo también es importante poder predecir el inicio del periodo de polinización.

	1999	2000	2001
Polen	200,6667	138,1915	125,5849
1999		0,1876	0,0786
2000	0,1876		0,9280
2001	0,0786	0,9280	
Lluvia	0,4548	0,8159	2,1780
1999		0,9207	0,1393
2000	0,9207		0,2810
2001	0,1393	0,2810	
Temperatura	17,7750	17,3432	16,7380
1999		0,7641	0,1957
2000	0,7641		0,5631
2001	0,1957	0,5631	
Sol	8,5810	4,6455	7,0980
1999		0,0000**	0,1079
2000	0,0000**		0,0023
2001	0,1079	0,0023	

Tabla 5. Resultados del Test de Scheffé para la concentración de polen, lluvia, temperatura y sol, en los tres años de estudio. *Results of the Scheffé test for the pollen concentration, rainfall temperature and sun, in the three years of the study.*

Cuando se tiene en cuenta el sumatorio de las temperaturas máximas desde el día en el que tiene lugar el solsticio de invierno, se necesita como media una suma de 2.434°C para que tenga lugar el inicio de la floración, obteniéndose un coeficiente de variación standard muy bajo, de un 0,92% (tab. 6). El uso de diferentes temperaturas umbral no consigue mejorar el modelo.

DISCUSIÓN

Las concentraciones que alcanza este tipo polínico son muy superiores a las registradas en otras zonas de Galicia (González *et al.*, 1998). La elevada carga ganadera que tiene esta provincia, condiciona la ocupación de una gran parte de su superficie por pastos en los que las gramíneas son las especies dominantes. Esto hace que se eleven las concentraciones de polen de Poaceae a principios de verano,

coincidiendo con su floración y la siega, práctica que favorece la dispersión de sus granos de polen.

De forma general las concentraciones alcanzadas por la familia Poaceae en la región Eurosiberiana y el centro de España son superiores a las registradas en el resto de la península Ibérica (Fernández-González *et al.*, 1999). Las especiales características climatológicas del Noroeste de España, con abundantes lluvias durante la primavera que aumentan la carga hídrica del suelo, favorece el desarrollo de las diferentes especies y la producción de polen que se dispersa al incrementar las temperaturas en la época estival.

Como consecuencia de la inclusión en este tipo polínico de un número elevado de especies, el polen de Poaceae está presente en la atmósfera durante la mitad del año, si bien las concentraciones elevadas se registran en un periodo de tiempo muy inferior. Esto hace que la extensión del PPP se reduzca considerablemente incluyendo desde 45 días en 1999 a 53 en 2001. La duración de la estación polínica muestra en España una tendencia a disminuir desde la región mediterránea hacia el Noroeste (González *et al.*, 1998; Fernández-González *et al.*, 1999). En Lugo su periodo de polinización principal se inicia a principios de Junio, registrándose en Galicia un retraso de un mes frente a las localidades del Sur de la Península (Galán *et al.*, 1995; González *et al.*, 1998).

Davies & Smith (1973) y Ong *et al.* (1997) apuntan que concentraciones de 25 granos/m³, inducen fenómenos moderados de alergia. Dichas concentraciones fueron alcanzadas en Lugo durante 45 días en 1999. Asimismo valores superiores a 50 granos/m³ son capaces de provocar síntomas clínicos en todos los pacientes. El número de días en los que este tipo polínico alcanzó este valor fue constante, entre los 36 de 1999 y los 30 días del 2000. Similares valores se alcanzan en otras zonas de

	Temperatura máxima	Temperatura media	Temperatura mínima	Oscilación térmica	Horas de sol
1999	2426	1535	724	1782	748
2000	2459	1509	670	1899	640
2001	2416	1634	885	1546	632
Media	2434	1559	760	1742	673
Desv. St.	22,50	65,96	111,85	179,81	64,79
Coef. vs. %	0,92	4,23	14,72	10,32	9,62

Tabla 6. Suma de temperaturas máximas, medias, mínimas, oscilación térmica y horas de sol desde el día 21 de diciembre hasta el inicio de la estación polínica. *Amount of the maximum, mean and minimum temperatures, termic oscilation and sun hours since the 21 december to de start date of the pollen season.*

Galicia (Rodríguez-Rajo, 2000), región en la que de forma general un 80% de los pacientes que sufren polinosis son sensibles al polen de la familia *Poaceae* (Arenas *et al.*, 1996 y Ferreiro *et al.*, 1998).

El modelo que refleja el comportamiento horario obtenido como media de los años de estudio es semejante al obtenido para cada año, con un pico máximo que oscila ligeramente según los años (entre las 17-18 horas en 1999, 19-20 en el 2000 y entre las 19 y 21 en el 2001). Estas pequeñas oscilaciones pueden depender del gran número de especies incluídas en esta familia y las diferentes condiciones meteorológicas registradas a lo largo del período de polinización. El comportamiento de unas especies puede verse enmascarado por el de otras cuando las condiciones atmosféricas de un año favorecen la polinización de una o varias especies que tenderán así a estar suprarrepresentadas y a marcar la pauta global anual. El comportamiento horario del polen de gramíneas reflejado en la bibliografía muestra modelos diferentes según las áreas de estudio. El modelo obtenido en Lugo es similar al apuntado para otras zonas de Galicia (Rodríguez-Rajo, 2000; Méndez, 2000; Dopazo, 2001) en donde los valores máximos también tienen lugar durante las últimas horas de la tarde. Este contrasta con el apuntado para localidades del sur de España como Córdoba (Galán *et al.*, 1991) y Málaga (Trigo *et al.*, 1997), donde las concentraciones máximas

tienen lugar durante la mañana o al mediodía. Un modelo diferente se señala en el norte de Europa (Käpylä, 1984) con los valores máximos en dos momentos del día, uno por la mañana de 6 a 9 horas y otro por la tarde de 15 a 17 horas.

A partir del análisis de correlación, podemos determinar que de forma positiva la temperatura es el parámetro de mayor influencia sobre las concentraciones del polen de *Poaceae* en el aire. Son numerosos los autores que apuntan que las plantas que florecen a final de la primavera o al principio del verano están muy influenciadas por el fotoperiodo y la temperatura (Díaz de la Guardia *et al.*, 1995; González *et al.*, 1998). Las concentraciones más elevadas se producen con temperaturas superiores a 15-20°C (Díaz de la Guardia *et al.*, 1995; González *et al.*, 1998; Fernández-González *et al.*, 1999). También posee gran importancia en la dispersión del grano de polen la lluvia, parámetro con el que se obtuvo un alto coeficiente de correlación de signo negativo, y el viento (Laadi, 2001). La existencia de una correlación positiva con el viento en calma, sobre todo durante el primer año de estudio, podría indicar que el polen registrado es liberado por masas presentes en las cercanías de la ciudad. De igual forma el signo que presenta el coeficiente de correlación con el recorrido del viento es negativo, aunque no significativo en la mayor parte de los años.

La regresión de tipo polinomial de primer grado muestra la existencia de relación entre el

logaritmo de la concentración de polen y la temperatura máxima, con un valor F de 36,5 y un valor $p < 0.000$. Este modelo nos explicaría un 20% de la variabilidad del comportamiento de este taxon (fig. 4a). Modelos basados en regresión lineal orientados a predecir las concentraciones de polen de esta familia en ciudades cercanas como Ourense y Vigo (Méndez, 2000; Rodríguez-Rajo, 2000) o del Sur de España (Alba, 1997) consiguen explicar un porcentaje de entre un 35-44% de la variación polínica utilizando únicamente el mencionado parámetro. Clot (1998) para predecir las concentraciones de esta familia en Suiza apunta un modelo en el que además de la temperatura intervienen las precipitaciones. Se ha tratado de mejorar la capacidad predictiva del modelo mediante el análisis de regresión integrando la temperatura máxima junto con la concentración de polen del día anterior (fig. 4b). En este caso se consigue aumentar de forma importante el porcentaje de la variabilidad explicada hasta un 53% con un valor F de 80,889. Esta es la ecuación que proponemos como modelo general para predecir las concentraciones de polen en la ciudad de Lugo.

El conocimiento de la fecha de inicio de la estación polínica resulta de gran importancia para las personas alérgicas, ya que pueden así comenzar su tratamiento unos días antes del inicio del período de polinización, aumentando su efectividad. Diferentes autores apuntan que los factores primarios, temperatura y horas de sol, son los parámetros que mayor influencia ejercen sobre el inicio de la polinización (Laadi, 2001; Jato *et al.*, 2002). Debido a ello, estos han sido frecuentemente empleados en modelos encaminados a predecir el inicio de la floración (Lejoly-Gabriel, 1978; Clot, 1998; Laadi, 2001). En nuestro caso hemos considerado las temperaturas y las horas de sol como variables predictoras. Se ha realizado el sumatorio de las mismas desde una fecha determinada hasta el día en el que se produce el comienzo del período

de polinización principal. Como fecha de inicio se han escogido los días en los que las temperaturas mínimas, medias y máximas registraron sus valores mínimos, así como el solsticio de invierno, momento del año en el que la longitud del fotoperiodo es menor.

Los bajos valores del coeficiente de variación estándar obtenidos al considerar como día de inicio el 21 de diciembre (solsticio de invierno) y como variable predictora la suma de las temperaturas máximas nos dan una idea de la validez del modelo predictivo. A pesar de ser realizado con un bajo número de años de muestreo, y de que esta familia está formada por un gran número de especies que solapan su floración, acierta exactamente el día de inicio del período de polinización durante los años de estudio.

CONCLUSIONES

El polen de Poaceae es el más abundante en la atmósfera de Lugo, representando entre un 38-40 % de la concentración total anual y alcanzando valores muy elevados durante el período estival. A lo largo del día se presenta en cantidades importantes durante la tarde, registrándose el pico máximo de concentración a las 17-18 horas.

El conocimiento de la fecha exacta del inicio de su período de polinización resulta de gran importancia para las personas alérgicas. Al considerar el acúmulo de las temperaturas máximas desde el día 21 de diciembre se obtiene una media de 2.434°C con un coeficiente de variación standard de tan solo un 0,92%. La aplicación de diferentes temperaturas umbrales parece ser importante en el caso de especies que presentan floración invernal-primaveral, pero no para las que florecen durante el verano, como es el caso de Poaceae.

En el modelo predictivo de las concentraciones del polen de Poaceae obtenido utilizando únicamente las variables

meteorológicas como variables predictoras, se obtienen resultados con un bajo nivel predictor, lo que indica que estas no explican por sí solas su comportamiento. Otras variables que reflejen mejor el conjunto de factores que afectan a la planta, y de los que depende su producción y liberación polínica deberían ser tenidas en cuenta. En este sentido las concentraciones de polen de días anteriores recojen este conjunto de factores y por ello mejoran sustancialmente la capacidad predictiva cuando se integran como variable en los modelos predictivos. Su principal inconveniente es el bajo horizonte de predicción ya que el dato no está disponible hasta 24 horas antes del día cuyas concentraciones polínicas se pretenden predecir.

AGRADECIMIENTOS. Nuestro agradecimiento a la Consellería de Medio Ambiente de la Xunta de Galicia, por la financiación de la R.G.A. (Red Gallega de Aerobiología). Agradecemos al cuerpo de bomberos de Lugo su colaboración en la recogida de las muestras.

BIBLIOGRAFÍA

- ALBA, F. -1997- *Caracterización polínica de la atmósfera de Granada: Relación con las variables meteorológicas y modelos predictivos de los táxones más alergógenos*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- ANDERSEN, T. -1991- A model to predict the beginning of the pollen season. *Grana* 30: 269-275.
- ARENAS, L., C. GONZÁLEZ, J.M. TABARÉS, I. IGLESIAS, J. MÉNDEZ y V. JATO -1996- Sensibilización cutánea a pólenes en pacientes afectados de rinoconjuntivitis-asma en la población de Ourense en el año 1994-95. *Actas First European Symposium on Aerobiology*: 93-94.
- CARBALLEIRA, A., C. DEvesa, R. RETUERTO, E. SANTILLANA y E. UCIEDA -1983- *Bioclimatología de Galicia*. Eds. Fund. Barrié de la Maza. La Coruña.
- CLOT, B. -1998- Forecast of the Poaceae pollination in Zurich and Basle -Switzerland-. *Aerobiologia* 14: 267-268.
- D'AMATO, G. & F. SPIEKSMAN -1992- European allergenic pollen types. *Aerobiologia* 8: 447-450.
- DAVIES, R.R. & L.P. SMITH -1973- Forecasting the start and severity of the hay fever season. *Clin Allergy* 3: 263-267.
- DÍAZ DE LA GUARDIA, C., R. ALONSO, F. ALBA y F. VALLE -1995- Airborne grass pollen in Granada (Spain). *Aerobiologia* 11: 47-50.
- DOMÍNGUEZ, E., C. GALÁN, F. VILLAMANDOS & F. INFANTE -1991- Manejo y evaluación de los datos obtenidos en los muestreos aerobiológicos. *Monografías REA/EAN*. 1: 1-18.
- DOPAZO, A. -2001- *Variación estacional y modelos predictivos de polen y esporas aeroalergénicos en Santiago de Compostela*. Universidad de Santiago de Compostela. Tesis doctoral.
- FERNÁNDEZ-GONZÁLEZ, M.D., R. VALENCIA-BARRERA, A. VEGA, C. DÍAZ DE LA GUARDIA, M.M. TRIGO, P. CARIÑANOS, A. GUARDIA, C. PERTIÑEZ y F.J. RODRÍGUEZ-RAJO -1999- Analysis of grass pollen concentration in the atmosphere of several Spanish sites. *Polen* 10: 127-136.
- FERREIRO, M., R. NUÑEZ, M. RICO, T. SOTO y R. LÓPEZ -1998- Pólenes alergénicos y polinosis en el área de La Coruña. *Rev. Esp. Alergol. Inmunol. Clin.* 13: 98-101.
- GALÁN, C., R. TORMO, J. CUEVAS, F. INFANTE y E. DOMÍNGUEZ -1991- Theoretical daily variation patterns of airborne pollen in the South-West of Spain. *Grana* 30: 201-209.
- GALÁN, C., J. EMBERLIN, E. DOMÍNGUEZ, R. BRYANT. & F. VILLAMANDOS -1995- A comparative análisis of daily variations in the Graminae pollen counts at Córdoba, Spain and London, UK. *Grana* 34: 189-198.
- GONZÁLEZ, F.J., I. IGLESIAS, J. JATO, M.J. AIRA, P. CANDAU, J. MORALES y C. TOMÁS -1998- Study of the pollen emissions of Urticaceae, Plantaginaceae and Poaceae at five sites in western Spain. *Aerobiologia* 14: 117-129.
- IZCO, J., M. LADERO y C. SÁENZ DE RIVAS -1972- Flora alergógena de España. Distribución, descripción e interés médico-alergológico de las especies responsables de síndromes alérgicos. *Anales de la Real Academia de Farmacia* 3: 520-570.
- JÄGER, S., S. NILSSON, B. BERGGREN, A. PESSI, M. HELANDER & H. RAMFJORD -

- 1996- Trends of some airborne tree pollen in the Nordic countries and Austria, 1980-1993. A comparison between Stockholm, Trondheim Turku and Viena. *Grana* 35: 171-178.
- JATO, V., F.J. RODRÍGUEZ-RAJO, J. MÉNDEZ y M.J. AIRA -2002- Phenological behaviour of Quercus in Ourense -NW Spain- and its relationship with the atmospheric pollen season. *Int. Jour. of Biometeor.* 46 (4): 176-184.
- KÄPILÄ, M. -1984- Diurnal variation of tree pollen in the air in Finland. *Grana* 23: 167-176.
- LAALIDI, M. -2001- Forecasting the start of the pollen season of Poaceae: evaluation of some methods based on meteorological factors. *Int. Jour. of Biometeor.* 45 -1-: 1-7.
- LEJOLY-GABRIEL, M. -1978- Recherches écologiques sur la pluie pollinique en Belgique. *Acta Geograph. Lovaniensa* 13: 460.
- LEUSCHNER, R.M., H. CHRISTEN, P. JORDAN & R. VONTHEIN -2000- 30 years of studies of grass pollen in Basel (Switzerland). *Aerobiologia* 16 3-4: 381-391
- LEWIS, W.H., P. VINAY & V. ZENGER -1983- *Airborne and allergenic pollen of North America*. The Johns Hopkins Univers. Press. 254. Baltimore.
- MENDEZ, J. -2000- *Modelos de comportamiento estacional e intradiurno de pólenes y esporas de la ciudad de Ourense y su relación con los parámetros meteorológicos*. Tesis doctoral. Universidad de Vigo.
- MONTERO, M.T., M. CUEVAS, C. LÓPEZ y E. MARTÍN -1995- *Secale cereale* pollen: Botanical reasons for variability in the quality of allergenic extracts. *Grana* 34:275-280.
- MULLENDERS, W., M. DIRICKX, D. VAN DER HAEGEN, S. BASTIN-SERVAIS & M. DESAIR COREMANS -1972- La pluie pollinique à Louvain. Heverlee en 1971. *Louvain Med.* 91: 159-176.
- NEGRINI, A.C., S. VOLTOLLINI, C. TROISE & D. AROBBA -1992- Comparison between Urticaceae (*Parietaria*) pollen count and hay fever symptoms: assessment of a "threshold-value". *Aerobiologia* 8: 325-329.
- NILSSON, S. & S. PERSSON -1991- Tree pollen spectra in the Stockholm region (Sweden), 1973-1980. *Grana* 20: 179-182.
- NORRIS-HILL, J. -1999- The diurnal variation of Poaceae pollen concentrations in a rural area. *Grana* 38 (5): 301-305.
- ONG, E.K., P. TAYLOR & R. KNOX -1997-. Forecasting the onset of the grass pollen season in Melbourne -Australia-. *Aerobiologia* 13: 43-48.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. -1987- *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Serie Técnica, ICONA. Madrid.
- RODRÍGUEZ-RAJO, F.J. -2000- *El polen como fuente de contaminación ambiental en la ciudad de Vigo*. *Calendario polínico de la ciudad de Vigo*. Universidad de Vigo. Tesis doctoral.
- RODRÍGUEZ-RAJO, F.J., DOPAZO, A. & M.V. JATO -2000- Aerobiología de Galicia: Estación de Lugo (1999)". *Rea* VI: 119-122.
- SPIEKSMAN, F., J. EMBERLIN, M. HJELMROOS, S. JÄGER & R. LEUSCHNER -1995- Atmospheric birch (*Betula*) pollen in Europe: Trends and fluctuations in annual quantities and the starting dates of the seasons. *Grana* 34: 51-57.
- SUBIZA, E., F.J. SUBIZA y M. JEREZ -1986- Palinología. In *Basombaet et al. Tratado de Alergología e Inmunología Clínica* 12: 211-366.
- TRIGO, M.M., RECIO, M., TORO, F.J. & CABEZUDO, B. -1997- Intradial fluctuations in airborne pollen in Málaga (S. Spain): A quantitative method. *Grana* 36(1): 39-43.
- YLI-PANULA, E. -1998- Allergenicity of grass pollen in settled dust in rural and urban homes in Finland. *Grana* 36: 306-310.

Aceptado para su publicación en septiembre de 2002

Dirección de los autores. F.J., RODRÍGUEZ-RAJO y M.V. JATO: Departamento de Biología Vegetal y Ciencias del Suelo. Facultad de Ciencias de Ourense. Universidad de Vigo. Campus As Lagoas. 32004 OURENSE; M.J. AIRA: Departamento de Biología Vegetal. Facultad de Farmacia. Universidad de Santiago de Compostela. Campus Sur. E-15706 Santiago de Compostela. La Coruña (Spain).