

- PORTNOY, J.M.; FLAPPAN, S. & BARNES, C.S. (2001). A procedure for evaluation of the indoor environment. *Aerobiol.* 17:43-48.
- RECIO, M.; TRIGO, M.M.; BOOTELLO, L.; DOCAMPO, S. & CABEZUDO B. (2002). Comparative analysis and predictive models for daily and weekly fluctuations of airborne fungal spores: *Alternaria* and *Cladosporium*. Abstracts 7^a Internacional Congress on Aerobiology, pp. 144. Montebello, Canada.
- REINERIA, M.; IGLESIAS, I. & JATO, V. (1998). Seasonal variation of airborne fungal spore concentrations in a vineyard of North-West Spain. *Aerobiol.* 14:221-227.
- SANCHIDRIAN, J.L. (1994). *Arte rupestre de la Cueva de Nerja*. Patronato de la Cueva de Nerja, Málaga.
- SPIEKSMAN, F.Th.M. (1995). *Outdoor atmospheric mould spores in Europe*. XVI European Congress of Allergology and Clinical Immunology, ECACI, pp. 625-630, Madrid.
- STERLING, M.; ROGERS, C. & LEVETIN, E. (1999). An evaluation of two methods used for microscopic analysis of airborne fungal spore concentrations from the Burkard Spore Trap. *Aerobiol.* 15:9-18.
- TRUJILLO, D.; INFANTE, F.; DOMÍNGUEZ, E. & GALÁN, C. (1990). Influencia del método de muestreo en aeromicrología: comparación de dos muestreadores volumétricos. *An. Asoc. Palinol. Leng. Esp.* 5:53-61.
- VON WAHL, P.G. & KERSTEN, W. (1991). *Fusarium* and *Didymella*- neglected spores in the air. *Aerobiol.* 7:111-117.
- WEBSTER, J. (1980). *Introduction to fungi*. Cambridge University Press, Cambridge.

VARIACIÓN ANUAL DE ESPORAS EN LA ATMÓSFERA DE SALAMANCA DURANTE LOS AÑOS 1995 Y 2000

Pérez-Gorjón, S.; Rodríguez de la Cruz, D.;
Suárez-González, R. & Sánchez-Sánchez, J.

Departamento de Botánica, Facultad de Biología, Universidad de Salamanca,
Campus Miguel de Unamuno, s/n, 37007 - Salamanca.

(Manuscrito recibido el 30 de Noviembre de 2002, aceptado el 30 de Mayo de 2003)

RESUMEN: Estudiamos el contenido atmosférico de esporas registrado en la ciudad de Salamanca durante los años 1995 y 2000. Ambos años presentan variaciones muy significativas en las pautas climatológicas respecto a la media de la ciudad de Salamanca, sobre todo durante los meses de primavera y verano. Los valores de la concentración diaria de esporas se relacionaron con los parámetros meteorológicos obteniéndose, en general, relaciones positivas con la temperatura y la precipitación, sobre todo en *Cladosporium*, *Alternaria* y *Fusarium*. De los ocho géneros comentados, *Cladosporium* es el más abundante representando porcentajes superiores al 75% en ambos años.

PALABRAS CLAVE: esporas, aeromicrología, Salamanca.

SUMMARY: The present study gathers the results of the analysis about the atmospheric content of spores registered in the city of Salamanca during the years 1995 and 2000. Both years present very significant climatological variations compared to the media of Salamanca, mainly during the months of spring and summer. The values of the diary concentration of spores were related with the meteorological parameters obtaining, generally, positive relations with the temperature and precipitations, mainly in *Cladosporium*, *Alternaria* and *Fusarium*. Of the eight commented genera *Cladosporium* is the most abundant with a percentage above the 75% in both years.

KEY WORDS: spores, air-borne fungi, Salamanca.

INTRODUCCIÓN

El creciente aumento de sintomatologías alérgicas, relacionadas con las distintas concentraciones de determinados agentes atmosféricos, hace necesario que se incremente el número de estudios aerobiológicos para poder establecer relaciones entre los parámetros climatológicos y las concentraciones relativas de los distintos tipos esporales, en or-

den a tomar las medidas preventivas oportunas.

El objetivo de este estudio es obtener una información cualitativa y cuantitativa de las esporas más frecuentes en la atmósfera de Salamanca así como, proceder a efectuar una comparación de los elementos aerovagantes entre los años 1995 y 2000, constituyendo el primer trabajo de este tipo que se lleva a cabo en dicha ciudad.

Se ha realizado la comparación entre las variaciones de la concentración esporal con los datos meteorológicos facilitados por el Instituto Nacional de Meteorología a partir de la Estación de Salamanca (Base Aérea de Matacán), situada a 10 km de la ciudad, a una altitud de 790 m.s.n.m. y en las coordenadas 5° 29' 46" de longitud Oeste y 40° 56' 44" latitud Norte.

Salamanca se encuentra localizada dentro de un clima mediterráneo continental y bioclimatológicamente quedaría delimitada dentro de un termotipo supramediterráneo inferior con un tipo ombroclimático seco (RIVAS MARTÍNEZ, 1987).

MATERIAL Y MÉTODOS

Para llevar a cabo este estudio se ha empleado un captador volumétrico Burkard Spore Trap tipo Hirst que se encontraba situado en el año 1995 en la azotea del Hospital Clínico Universitario de Salamanca y en el año 2000 en un edificio público del centro histórico de la ciudad.

Como material adhesivo se ha empleado una solución de silicona y como medio de montaje glicero-gelatina teñida con fucsina al 1%. Se ha efectuado un análisis cualitativo y cuantitativo de todos los tipos esporales exceptuando las formas tipo *Aspergillus* y *Penicillium* así como otros géneros de Basidiomycotina. El recuento se ha efectuado mediante un microscopio Nikon Optiphot II a 400 aumentos, realizando 4 barridos por muestra y extrapolando los resultados según la metodología propuesta para la R.E.A. (DOMÍNGUEZ & col., 1991). Para la identificación de las esporas se ha utilizado la bibliografía específica (BARNETT & HUNTER, 1998; ALEXOPOULOS & MIMS, 1985), entre otras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio climatológico muestra diferencias significativas entre los años 1995 y 2000 con respecto al periodo medio de referencia de 30 años (1961-1990) tomado para la ciudad de Salamanca (Fig. 1a). Las particularidades más relevantes en el año 1995 son un descenso de las precipitaciones en los meses de marzo y abril (5,5 mm y 24,3 mm, respectivamente) conllevando un periodo de relativa sequía, así como incrementos puntuales de las mismas durante los meses de verano, especialmente a finales del mes de junio (Fig. 1b). El periodo de sequía estival se prolongó de manera inusual hasta mediados del mes de octubre. En el año 2000 (Fig. 1c) se recoge un fuerte incremento de las precipitaciones en los meses de abril y mayo (71,8 mm y 77,6 mm, respectivamente) observándose una bajada muy significativa de las mismas en los meses de verano (junio, 4,8 mm; julio, 12,4 mm; agosto, 0,9 mm) con respecto al periodo de referencia tomado y al mismo año 1995. Señalar las bajas temperaturas en el mes de enero de 2000 que no superaron los 5° C, así como las temperaturas por encima de los 5° C en ambos años durante el mes de diciembre.

En cuanto a los elementos aerovagantes, el presente estudio se centra en los 8 tipos esporales más abundantes que en total representan más del 90 % del conjunto de elementos esporo-polínicos identificados en la atmósfera de Salamanca. Estos tipos han sido los correspondientes a los géneros *Alternaria*, *Cladosporium*, *Drechslera*, *Epicoccum*, *Fusarium*, *Periconia*, y *Stemphylium*, todos ellos pertenecientes a Deuteromycotina y *Pleospora*, perteneciente a Ascomycotina. En el año 1995 se contabilizaron un total de 375.378 esporas, mientras que en el año 2000 la cifra alcanzó el valor de 64.924.

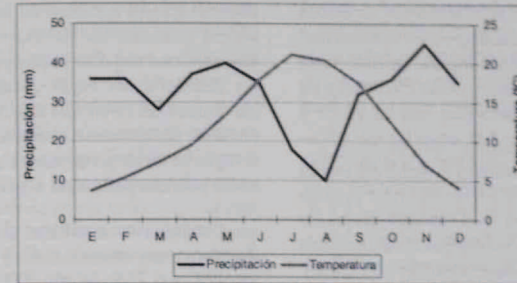


FIGURA 1a. Climograma Salamanca (periodo 1961-1990).

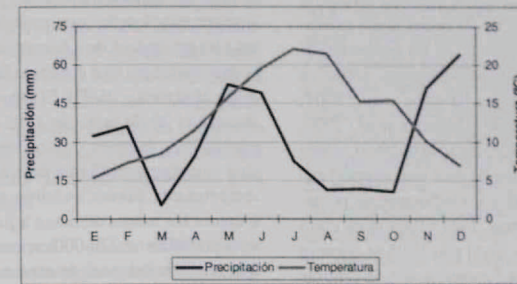


FIGURA 1b. Climograma Salamanca (año 1995).

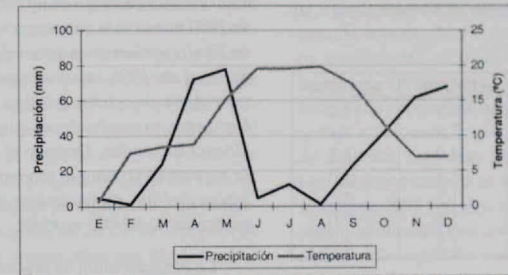


FIGURA 1c. Climograma Salamanca (año 2000).

Destaca por su abundancia en ambos años el género *Cladosporium* constituyendo el 86 % del total, seguido de *Alternaria* con un 7 %, *Periconia* con un 2 %, *Pleospora* con un 1,5 %, *Epicoccum* con un 1,3 % y *Fusarium*, con un 1 % entre las más abundantes durante el año 1995. En el año 2000, *Cladosporium* representó un total del 77 %, *Alternaria* un 7,4 %, *Periconia* un 5,8 %, *Fusarium* un 5 %, *Epicoccum* un 2,2 % y *Pleospora* un 2 %, siendo estos los seis tipos esporales más frecuentes en la atmósfera de Salamanca (Tab. 1).

El género *Alternaria* presenta un patrón de distribución (Fig. 2) relacionado positivamente con el aumento de las temperaturas y la ausencia de precipitaciones, como ya señalan otros autores (BUSTOS *et al.*, 2001; MUNUERA *et al.*, 2001; MÉNDEZ *et al.*, 1997; HERRERO *et al.*, 1995; HJELMROOS, 1993), si bien las concentraciones de este tipo esporal aumentan en periodos inmediatamente posteriores a las mismas. Esta relación es clara para el año 2000. En el año 1995 se observa un aumento en la concentración de esporas durante el mes de julio debido a fuertes precipitaciones estivales. El pico máximo en el año 1995 se alcanzó el 23 de julio con 795 esporas/m³. En el año 2000, sin embargo, las

Taxon	Año 1995	Año 2000
<i>Cladosporium</i>	86,0	77,0
<i>Alternaria</i>	7,0	7,4
<i>Periconia</i>	2,0	5,8
<i>Pleospora</i>	1,5	2,0
<i>Epicoccum</i>	1,3	2,2
<i>Fusarium</i>	1,0	5,0
Otras	1,2	0,6

TABLA 1. Porcentajes de las esporas más frecuentes en el aire.

concentraciones máximas no superaron en ningún momento las 150 esporas/m³. Este descenso con respecto al primer año, pudo ser debido a las bajas condiciones de pluviosidad del verano del año 2000. En ambos años, las máximas concentraciones se obtuvieron en los meses de mayo a septiembre y en los periodos posteriores a precipitaciones.

Cladosporium constituye el género más abundante representando el 86 % del total del año 1995 y el 77 % del año 2000, encontrándose a lo largo de todo el periodo estudiado (Fig. 2). Los valores máximos se registran a niveles de temperatura en torno a los 20° C y siempre relacionados con periodos posteriores a las precipitaciones. Estas pautas han sido comprobadas en otros estudios (BUSTOS *et al.*, 2001; HJELMROOS, 1993). El valor máximo se alcanza el 29 de junio de 1995 con 22.500 esporas/m³, después de una semana en la cual se registraron 47 mm de precipitación y temperaturas suaves en torno a los 20° C. Durante los meses de mayo a julio de 1995 se contabilizaron 238.000 esporas que suponen un 63% del total de esporas identificadas para ese año. Este fuerte incremento contribuyó a elevar sustancialmente el número de esporas totales registradas durante el año 1995. La ausencia de lluvias en el verano de 2000 mantuvo la concentración de esporas de *Cladosporium* en unos niveles más bajos que en el año 1995, incrementándose éstos durante el mes de octubre debido a una época de frecuentes precipitaciones y temperaturas todavía adecuadas. Durante el año 2000 no se superaron en ningún momento las 2.000 esporas/m³/día, registrándose un total anual cercano a las 50.000 esporas.

La concentración de esporas de *Drechslera* ha sido baja durante los dos años de estudio (Fig. 2). En ninguno de los dos años

estudiados se han sobrepasado las 10 esporas/m³/día. Se han alcanzado los máximos valores en los meses de junio y julio para ambos periodos con temperaturas entre los 17 y 20° C de media diaria aunque se han encontrado también altos valores en meses donde las temperaturas medias no superaban los 5° C. El factor meteorológico que mayor influencia puede tener sobre la concentración de esporas de *Drechslera* parecen ser las precipitaciones, pues todos los incrementos observados han sido precedidos de periodos de lluvia. Así pues obtenemos un aumento en la concentración de esporas en la primera quincena de julio de 1995, que no se da en el año 2000, coincidiendo de nuevo con el mencionado periodo de precipitaciones estivales ocurrido en días anteriores. Asimismo obtenemos un aumento a finales del mes de octubre de 2000 que no se da en 1995, coincidiendo con el anterior aumento mencionado para *Cladosporium*.

Respecto a *Epicoccum* se han encontrado valores máximos en periodos con condiciones térmicas muy diferentes (Fig. 2). Así el rango de temperaturas en el que se han producido estas subidas van desde los 6° C hasta los 25° C, por lo que la misma no debe ser el factor condicionante más relevante. Sin embargo, todos los incrementos observados han venido precedidos de periodos de lluvia dándose éstos incluso en días lluviosos. El valor máximo, en torno a las 250 esporas/m³, se registró el 12 de febrero de 2000. En la madrugada de dicho día se recogieron 0,2 mm de precipitación y las temperaturas medias diarias oscilaron alrededor de los 6° C. En ambos años aún dándose altos niveles de precipitaciones encontramos un descenso en la concentración en los meses

de marzo, abril y mayo que pudiera ser debido a que *Epicoccum*, en unos niveles altos de pluviosidad no encontrara su óptimo adecuado. La relación con los parámetros meteorológicos en los años estudiados no está clara.

En el caso de *Fusarium* las concentraciones máximas se han dado en periodos de relativa suavidad de las temperaturas que no superan los 20° C (Fig. 2). Obtenemos, por tanto, un considerable incremento en el verano de 1995 relacionado con los niveles de precipitaciones que se dieron acompañados de unas suaves temperaturas, hecho que no se observa en el verano más seco del año 2000. Durante el invierno los niveles de este género prácticamente desaparecen. *Fusarium* presenta una relación positiva con las precipitaciones habiendo alcanzado sus máximos valores después de periodos lluviosos, así el 11 de julio de 1995 presentó un pico máximo en torno a las 475 esporas/m³. En el 2000 no se supera ningún día la cifra de 200 esporas/m³, alcanzando su valor máximo en octubre de dicho año con 175 esporas/m³, relacionado con los periodos de precipitaciones otoñales. El comportamiento indicado es señalado también por otros autores (BUSTOS *et al.*, 2001; MÉNDEZ *et al.*, 1997).

Los valores más altos en la concentración de esporas de *Periconia* se han dado en condiciones meteorológicas húmedas, mostrando además relación positiva con las temperaturas pero únicamente hasta niveles que no sobrepasen los 10° C, desapareciendo a niveles algo más superiores (Fig. 2). Los valores máximos se registraron el 3 de febrero de 1995 con algo más de 1.100 esporas/m³, produciéndose con anterioridad precipitaciones regulares y no superando los 7° C de media en dicho día. La temperatura puede constituir el factor más relevante en la abun-

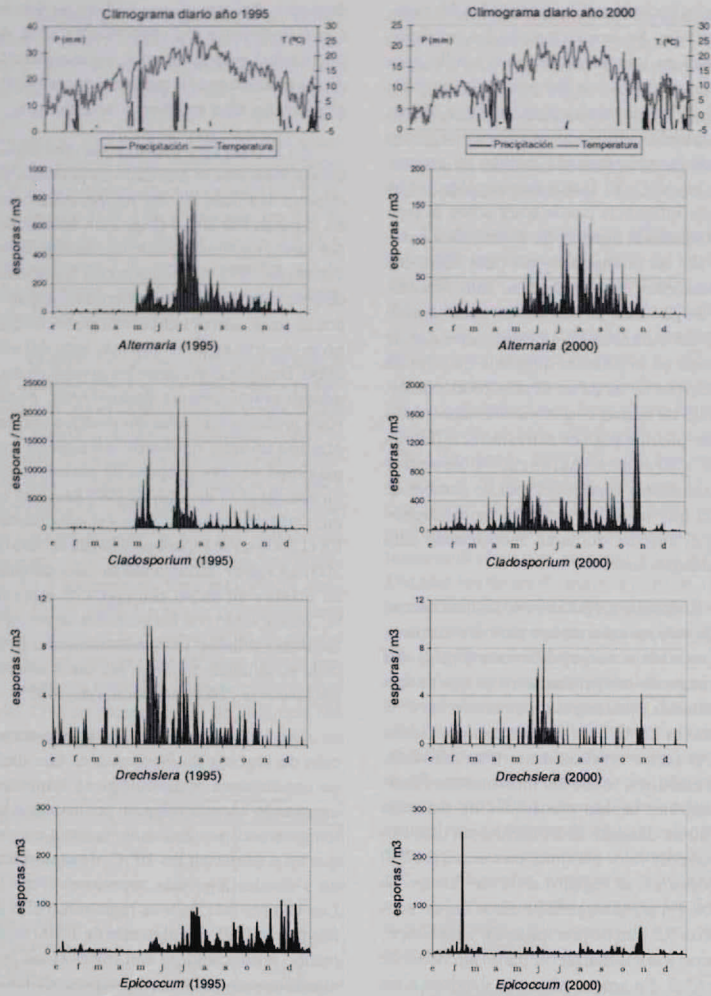
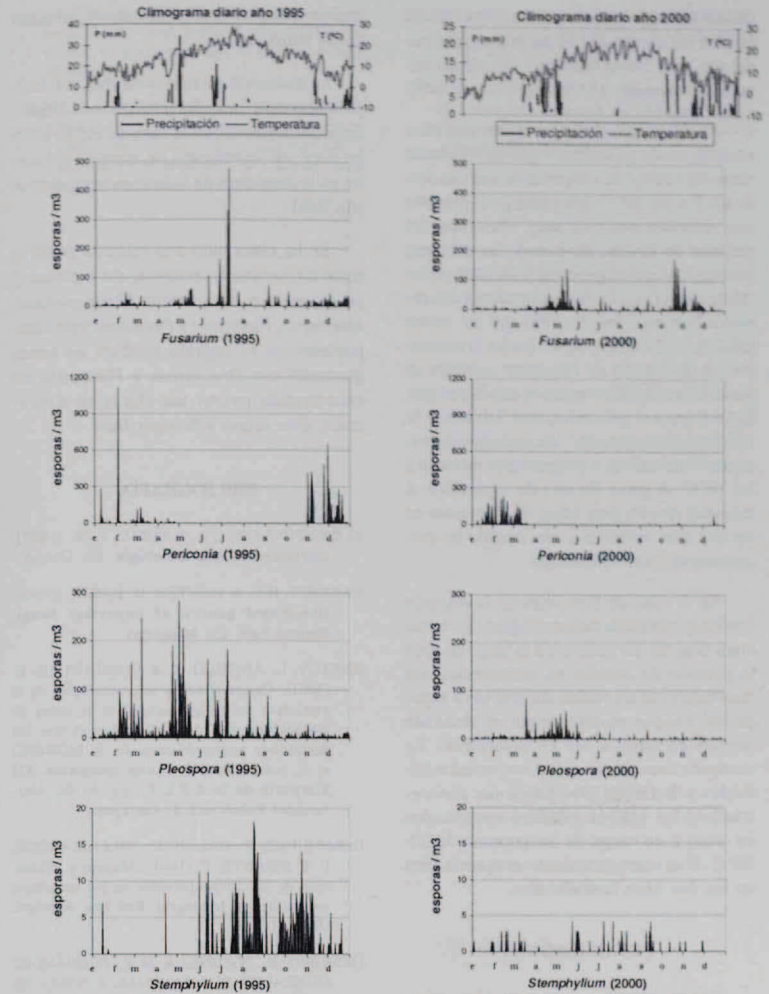


FIGURA 2. Variación diaria de la concentración de esporas de los taxa indicados, durante el periodo de estudio.



F I G U R A

dancia de esporas de *Periconia*. Estas pautas pueden ser observadas en los primeros meses del año 2000 menos húmedo y con temperaturas más suaves que el mismo periodo de 1995.

Pleospora presenta sus valores máximos entre los meses de febrero y julio en un amplio rango de valores de temperatura que van desde los 5 a los 20° C. Sin embargo si presenta una relación positiva muy clara con los periodos de lluvias, alcanzando las máximas concentraciones en periodos posteriores a precipitaciones (Fig. 2). Así encontramos dos periodos lluviosos del año 1995 que no tienen lugar en el año 2000 y en los cuales la concentración de esporas de *Pleospora* aumenta de manera considerable respecto a este último año. Encontramos el pico máximo el 3 de mayo de 1995 con 285 esporas/m³, día precedido de precipitaciones suaves y temperaturas en torno a los 18° C. A partir del mes de septiembre se registran niveles muy bajos de *Pleospora* en los dos años estudiados, aún cuando las precipitaciones son abundantes.

En el caso de *Stemphylium* la relación con los parámetros meteorológicos no es tan clara (Fig. 2). Se presenta a lo largo de todo el periodo de estudio en concentraciones muy bajas que no suelen superar las 5 esporas/m³ aunque puntualmente se alcanzan niveles en torno a las 15 esporas/m³. En cualquier caso parece evitar los periodos húmedos y de fuertes precipitaciones concentrándose los valores máximos encontrados en torno a un rango de temperatura de 20-25° C. Este comportamiento se aprecia bien en los dos años considerados.

CONCLUSIONES

Existe una tendencia general al incremento de la concentración de esporas fúngicas

tras periodos de precipitaciones y aumento de las temperaturas.

La meteorología más favorable, con temperaturas más elevadas y un periodo importante de lluvias estivales durante el año 1995 provocó un incremento de esporas presentes en la atmósfera de Salamanca respecto al año 2000.

Se ha observado una relación positiva entre temperatura, precipitación y cantidad de esporas en los géneros *Cladosporium*, *Alternaria*, *Fusarium* y *Periconia*. Este comportamiento es seguido también en líneas generales por *Drechslera* y *Pleospora* no encontrando pautas tan claras en *Epicoecum*, *Drechslera* y *Stemphylium*.

BIBLIOGRAFÍA

- ALEXOPOULOS, C.J. & MIMS, C.W. (1985). *Introducción a la micología*. Ed. Omega.
- BARNETT, H.L. & HUNTER, B. BARRY. (1998). *Illustrated genera of imperfect fungi*. Burgess Publ. Co. Minnesota.
- BUSTOS, I.; ANGULO, J. & DOMÍNGUEZ, E. (2001). Caracterización aeromicológica de la atmósfera del parque natural de la sierra de Hornachuelos (Córdoba), relación con los parámetros meteorológicos. In: S. MORENO et al. (eds). *Libro de Textos completos. XII Simposio de la A.P.L.E.*, pp. 61-66. Universidad Politécnica de Cartagena.
- DOMÍNGUEZ, E.; GALÁN, C.; VILLAMANDOS, F. & INFANTE, F. (1991). Manejo y evaluación de los datos obtenidos en los muestreos aerobiológicos. *Monograf. Red Esp. Aerobiol. (REA)* 1:1-18.
- HERRERO, B.; FOMBELLA, M.A.; FERNÁNDEZ GONZALEZ, D. & PASCUAL, I. (1995). Variación anual de esporas en el aire de la ciudad de Palencia, de 1990 a 1992. *Polen* 7:50-58.
- HJELMROSS, M. (1993). Relationship between airborne fungal spore presence and weather variables. *Cladosporium and Alternaria*. *Grana* 32:40-47.
- MÉNDEZ, J.; IGLESIAS, M.I.; JATO, M.V. & AIRA, M.J. (1997). Variación estacional de esporas de *Alternaria*, *Cladosporium* y *Fusarium* en la atmósfera de Ourense (años 1993-1994). *Polen* 8:79-88.
- MUNUERA, M.; CARRIÓN, J.S. & NAVARRO, C. (2001). Airborne *Alternaria* spores in SE Spain (1993-98). *Grana* 40:111-118.
- RIVAS MARTÍNEZ, S. (1987). *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.