

## Dispersión de ascosporas a través del aire en la atmósfera de Badajoz y su relación con algunos parámetros meteorológicos

J. F. MARTÍNEZ, A. F. MUÑOZ, J. NIETO, M. M. PAREDES, I. SILVA y R. TORMO

El presente trabajo aborda un estudio de la dinámica de dispersión de las ascosporas de los géneros *Leptosphaeria*, *Mycosphaerella*, *Pleospora* y *Venturia* en la atmósfera de la ciudad de Badajoz, mediante el seguimiento de las variaciones en sus concentraciones, de forma horaria y diaria, durante dos períodos de tiempo de los años 1993 y 1994. Los cuatro géneros aparecen preferentemente en los meses de mayo y junio, *Leptosphaeria* alcanza niveles inferiores a 1000 esporas por metro cúbico, *Pleospora* con niveles inferiores a 350 esporas por metro cúbico, y *Mycosphaerella* y *Venturia* alcanzan conjuntamente niveles inferiores a las 700 esporas por metro cúbico.

El horario de aparición demuestra que las ascosporas de *Pleospora* poseen dispersión diurna, mientras que el resto de los géneros son de dispersión nocturna.

Los resultados obtenidos se correlacionan con las variaciones diarias de algunos parámetros meteorológicos, obteniéndose que en todos los casos las concentraciones de esporas está correlacionadas significativa y positivamente con las precipitaciones y con la humedad relativa, y de forma negativa con las temperaturas máximas, mínimas y medias diarias.

J. F. MARTÍNEZ, A. F. MUÑOZ, J. NIETO, M. M. PAREDES y I. SILVA. Escuela de Ingenierías Agrarias. Universidad de Extremadura. crta. Cáceres s/n. 06080 Badajoz  
R. TORMO. Facultad de Ciencias. Universidad de Extremadura. crta. Elvas s/n. 06080 Badajoz.

**Palabras clave:** Ascosporas, Dispersión, Parámetros meteorológicos.

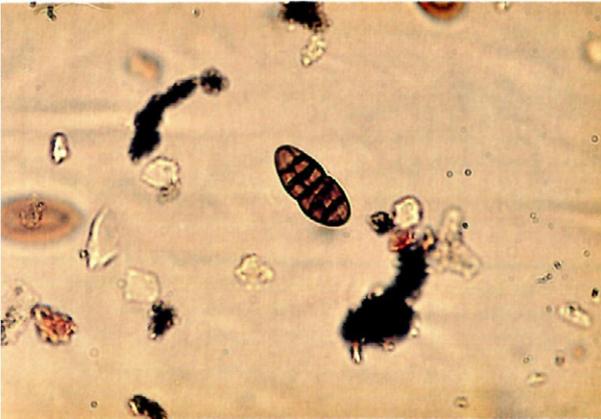
### INTRODUCCIÓN

La importancia desde el punto de vista fitopatológico del conocimiento del nivel de ascosporas aerovagantes, viene dada por su relevancia en el campo de la prevención y control de enfermedades (SMITH *et al.*, 1992).

Algunos métodos de prevención se basan en el estudio de la fenología de las especies patógenas, así como en la relación de ésta con las variaciones de determinados parámetros medioambientales (PICCO, 1992). En especial cabe señalar la temperatura y la humedad, de forma que se establecen condiciones umbrales para las distintas especies

fitopatógenas, las cuales cuando se alcanzan se puede prever un aumento del riesgo de aparición de brotes de las enfermedades, y por consiguiente se puede actuar de forma preventiva, lo cual es de especial importancia en el caso de los hongos de desarrollo interno. La lucha preventiva tiene como ventajas la reducción de pérdidas en las cosechas y la optimización del uso de los fungicidas.

En el ciclo de vida de las especies fúngicas fitopatógenas uno de los aspectos de mayor importancia es la propagación de la enfermedad, la cual en la mayoría de los casos se realiza a través de la dispersión de esporas, y una manera de abordar su cono-

Fig. 1.- Espora de *Pleospora*.Fig. 2.- Espora de *Leptosphaeria*.Fig. 3.- Espora de *Venturia*.

cimiento es a través del estudio de su abundancia en la atmósfera, dado que el principal vehículo en la diseminación de las esporas es el aire, destacando que los estudios aeromicológicos pueden ser particularmente útiles en el diagnóstico temprano de algunas etiologías de patógenos, llevando a una terapia eficaz que disminuya las pérdidas (BUGIANI y GOVONI, 1991; PICCO, 1992 y ROSES-CODINACHS *et al.*, 1992).

Como muestra de la importancia de estos estudios se destacan algunos trabajos realizados que relacionan las concentraciones de esporas y la aparición de enfermedades. EVERMEYER y KRAMER (1992), concluyen que el movimiento de esporas en el aire es un factor importante en la epidemiología de enfermedades de muchos cultivos de cereal. MCARTNEY (1990), realizando un trabajo sobre las concentraciones de ascosporas de *Pyrenopeziza brassicae* B. Sutton & Rawlinson en campos de cultivo de colza, demuestra que los cultivos infectados son focos para la liberación de inóculos. Por último, PICCO (1992), analizando la atmósfera de campos de cultivo de vides y tomates, encuentra correlaciones entre las variables: precipitación, captura de esporangios de *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary y nivel de la enfermedad, mostrando en varios años que altos niveles de concentraciones de esporangios precedían a los ataques. Además encuentra relación entre la aparición de altos niveles de concentraciones de esporas de *Alternaria* y la aparición de enfermedades en cultivos de tomate.

La importancia fitopatológica de estos géneros radica en que muchas de sus especies producen enfermedades entre las que cabe citar de acuerdo con SMITH *et al.* (1992) a *Leptosphaeria avenaria* Weber, *L. maculans* (Desm.) Ces. & de Not., *L. nodorum* E. Müller, *Pleospora bjoerlingii* Byford, *P. herbarum* (Pers.) Rabenh. ex Ces. & de Not., *Mycosphaerella brassicicola* (Duby) Johanson ex Oudem, *M. citrullina* (C.O.Sm.) Grossenbacher, *M. grami-*

*nicola* (Fuckel) Schröter, *Venturia inaequalis* (Cooke) Winter, *V. pirina* Aderhol y *V. populina* (Vuill.) Fabricius.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Las muestras han sido recogidas con un captador volumétrico modelo Burkard (HIRST, 1952) situado en Badajoz, en la Escuela de Ingenierías Agrarias (E. I. A.) de la Universidad de Extremadura, en los períodos comprendidos entre el 13 de mayo y el 31 de agosto de 1993 y 1994, debido a que este período es de especial importancia en los cultivos implantados en la zona, y se han analizado con microscopía óptica a 1000 aumentos. La identificación de las esporas de hongos recolectados estuvo basada en sus caracteres morfológicos apoyados en las obras de SMITH (1984, 1986), determinando tres tipos de ascosporas: *Leptosphaeria*, *Pleospora* y *Venturia* (incluyendo éste último tipo tanto las ascosporas de *Venturia* como las de *Mycosphaerella*, por presentar el mismo tipo morfológico).

De cada muestra diaria se ha analizado una superficie equivalente a un volumen de aire de 329 litros, por lo que en cada hora se han analizado 13,7 litros, contando en cada una de las muestras el número de ascosporas de cada tipo. Con ello se han estimado las concentraciones diarias y horarias de cada uno de los tipos durante

todo el período estudiado. Para elaborar un patrón de las variaciones en concentración que sufren las esporas en cada una de las horas del día, se han tomado los valores de concentración en cada una de ellas, teniendo en cuenta únicamente los días en los que apareció cada tipo, y se ha calculado la concentración media, así como el intervalo de confianza al 95%.

Se ha elaborado un estudio de las posibles relaciones entre las variaciones de las concentraciones y la de algunos parámetros meteorológicos (precipitación media diaria (en mm), temperatura media diaria máxima, mínima y media (en °C), humedad relativa (%), recorrido del viento diario (km), calmas diarias (minutos) y dirección del viento repartido en los cuadrantes 1, 2, 3 y 4 (en minutos), los cuales han sido proporcionados por el Centro Meteorológico de Badajoz. Para ello se han calculado los coeficientes de correlación  $r$  de Pearson, utilizando el programa NCSS (Number Cruncher Statical System).

## RESULTADOS

En la Figura 4 se observan los calendarios de aparición de los tres tipos de ascosporas representados a través de las medias diarias de concentración de esporas por metro cúbico, durante los dos períodos estudiados. Los datos medios de concen-

Cuadro 1. Concentraciones medias de esporas por metro cúbico de las ascosporas estudiadas para cada uno de los años, y en los cuatro meses muestreados.

	Año	Media del periodo	Mayo	Junio	Julio	Agosto
<i>Leptosphaeria</i>	93	65,35	174,53	108,36	15,09	10,58
	94	30,11	121,21	23,29	5,49	5,49
<i>Pleospora</i>	93	19,07	24,68	33,47	12,39	9,16
	94	8,71	24,63	9,53	5,13	1,74
<i>Venturia</i>	93	46,40	86,25	84,97	23,82	8,53
	94	21,46	98,66	11,04	2,55	3,14

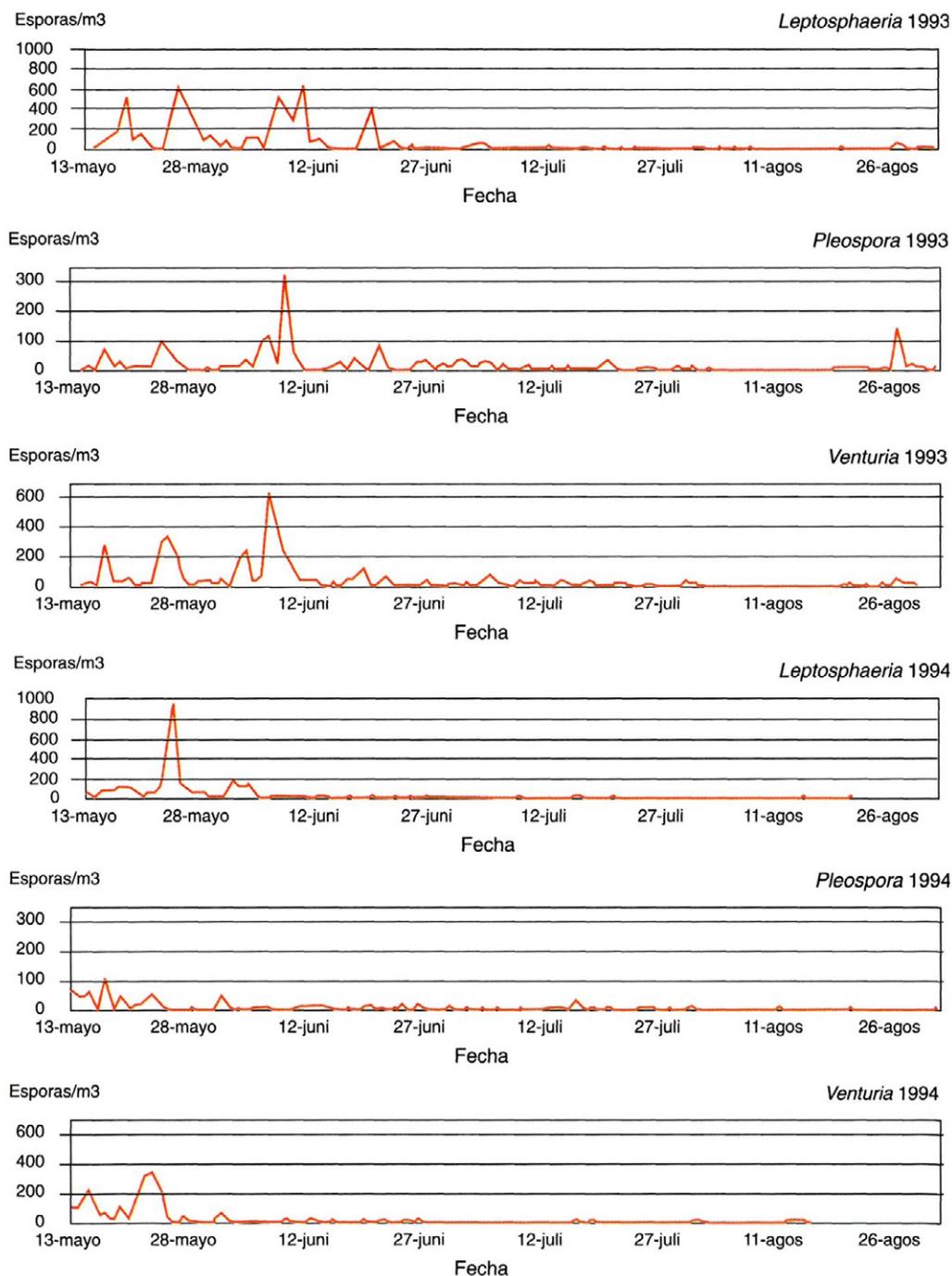


Fig. 4.— Calendarios de aparición de las ascosporas de *Leptosphaeria*, *Pleospora* y *Venturia*, durante los dos períodos estudiados en 1993 y 1994. Se representa la media diaria en esporas por metro cúbico para cada uno de los días del período.

traciones para los dos períodos estudiados, así como las medias para los distintos meses se hallan recogidos en la Cuadro 1.

En el caso de las ascosporas de *Leptosphaeria* aparecen el año 1993 más abundantemente entre mayo y junio, con concentraciones medias de estos meses superiores a 100 esporas/m<sup>3</sup>, presentando 5 picos de concentraciones máximas (523 esporas/m<sup>3</sup> el 18 de mayo, 614 esporas/m<sup>3</sup> el 25 de mayo, 516 esporas/m<sup>3</sup> el 7 de junio, 635 esporas/m<sup>3</sup> el 10 de junio y 383 esporas/m<sup>3</sup> el 19 de junio). En el año 1994, aparecen principalmente durante el mes de mayo, con una concentración media de 121,21 esporas/m<sup>3</sup>, mientras que los tres meses restantes no superan las 25 esporas/m<sup>3</sup>, en este periodo sólo destaca la aparición de un pico de 930 esporas/m<sup>3</sup> el 24 de mayo.

Las ascosporas de *Pleospora* aparecen durante 1993 en bajas concentraciones durante los cuatro meses, destacando junio en el que alcanza un pico máximo de 322 esporas/m<sup>3</sup> el 9 de junio, también cabe mencionar la aparición de un segundo pico el 26 de agosto, alcanzando las 137 esporas/m<sup>3</sup>. En 1994 la concentración de esporas en mayo es similar a la del año anterior, presentando un nivel de 9,53 esporas/m<sup>3</sup> durante junio, y no apareciendo el segundo pico en el mes de agosto.

*Venturia* aparece fundamentalmente en mayo y junio en el año 1993, con concentraciones medias superiores a las 80 esporas/m<sup>3</sup>, y presentando 4 picos máximos (280 esporas/m<sup>3</sup> el 17 de mayo, 334 esporas/m<sup>3</sup> el 25 de mayo, 234 esporas/m<sup>3</sup> el 4 de junio y 632 esporas/m<sup>3</sup> el 7 de junio). En 1994 sólo aparece de forma representativa en el mes de mayo, manteniendo una concentración superior a las 80 esporas/m<sup>3</sup>, en el cual presenta dos picos (219 esporas/m<sup>3</sup> el 15 de mayo y 337 esporas/m<sup>3</sup> el 23 de mayo).

En los tres casos se observa (Cuadro 1) como las concentraciones medias de ascosporas de 1993 son más del doble de las registradas en 1994, y si se observan las

medias mensuales para los distintos años se aprecia como esta diferencia es causada por un descenso en las concentraciones medias durante los meses de junio, julio y agosto, ya que en el mes de mayo las concentraciones medias se mantienen en los dos períodos estudiados, mientras que en junio, mes donde las diferencias se hacen más patentes, en el año 1994 aparece una reducción del 70 al 80% del contenido medio registrado durante 1993.

Atendiendo a la Figura 4, se observa que los tres tipos muestran una clara estacionalidad en la atmósfera de Badajoz, apareciendo casi únicamente durante los meses de mayo y junio en los dos períodos estudiados.

Con respecto a los horarios de aparición de las ascosporas de los tres tipos estudiados, en la Figura 5 se muestran las medias, así como los intervalos de confianza al 95%. En ésta se observa como en el caso de *Leptosphaeria* en los dos períodos estudiados, este tipo mostró la misma dinámica de aparición, con una baja frecuencia durante las horas diurnas (con medias en los días de aparición por debajo de las 50 esporas/m<sup>3</sup>), y una aparición máxima entre la 1 y las 5 horas. *Pleospora* muestra que son las primeras horas de la tarde las de mayor concentración de esporas, siendo máxima a las 14 horas en 1993 y a las 16 horas en 1994. El patrón de variación horaria de las concentraciones de esporas del tipo *Venturia* muestra de manera clara, al menos en la gráfica correspondiente al año 1993, una concentración estable de esporas en las horas vespertinas, a partir de las 13-14 horas, comenzando un paulatino descenso durante la noche, hasta alcanzar el mínimo entre las 10 y las 12, cuando bruscamente alcanza de nuevo los niveles de la tarde.

Con respecto a las correlaciones entre los niveles de concentraciones de esporas y los valores de los parámetros meteorológicos, los resultados de este análisis se muestran en el Cuadro 2, en la que se observa como los tres tipos de esporas, en los dos años estu-

**Cuadro 2. Valores de las correlaciones de Pearson, y la probabilidad de que  $r=0$ , entre los valores de los parámetros meteorológicos y las concentraciones medias diarias de esporas por metro cúbico, para los dos períodos estudiados (en negrita se indican aquellas correlaciones con un nivel de significación  $p \leq 0,05$ ).**

	Leptosphaeria		Pleospora		Venturia	
	1993	1994	1993	1994	1993	1994
Precipitación	0,35 <b>0,00</b>	0,39 <b>0,00</b>	0,46 <b>0,00</b>	0,61 <b>0,00</b>	0,41 <b>0,00</b>	0,54 <b>0,00</b>
Temperatura máxima	-0,59 <b>0,00</b>	-0,71 <b>0,00</b>	-0,39 <b>0,00</b>	-0,64 <b>0,00</b>	-0,50 <b>0,00</b>	-0,79 <b>0,00</b>
Temperatura mínima	-0,53 <b>0,00</b>	-0,65 <b>0,00</b>	-0,21 <b>0,05</b>	-0,33 <b>0,00</b>	-0,37 <b>0,00</b>	-0,50 <b>0,00</b>
Temperatura media	-0,60 <b>0,00</b>	-0,74 <b>0,00</b>	-0,34 <b>0,00</b>	-0,59 <b>0,00</b>	-0,48 <b>0,00</b>	-0,74 <b>0,00</b>
Humedad relativa	0,49 <b>0,00</b>	0,35 <b>0,00</b>	0,47 <b>0,00</b>	0,60 <b>0,00</b>	0,43 <b>0,00</b>	0,66 <b>0,00</b>
Recorrido del viento	-0,10 0,33	0,06 0,54	0,10 0,34	0,25 <b>0,03</b>	0,17 0,10	0,30 <b>0,01</b>
Calmas diarias	-0,11 0,26	-0,03 0,78	0,13 0,21	-0,16 0,18	-0,15 0,12	-0,14 0,24
Viento del cuadrante 1	0,05 0,62	-0,06 0,54	0,01 0,91	-0,04 0,72	-0,05 0,61	-0,07 0,55
Viento del cuadrante 2	0,19 <b>0,05</b>	0,10 0,32	0,05 0,61	0,27 <b>0,02</b>	-0,04 0,67	0,28 <b>0,20</b>
Viento del cuadrante 3	0,08 0,41	0,28 <b>0,01</b>	0,07 0,54	0,44 <b>0,00</b>	0,11 0,27	0,49 <b>0,00</b>
Viento del cuadrante 4	-0,23 <b>0,02</b>	-0,26 <b>0,01</b>	-0,11 0,30	-0,49 <b>0,00</b>	-0,04 0,72	-0,52 <b>0,00</b>

diados, muestran correlaciones significativas y negativas con los valores de temperaturas máximas, mínimas y medias diarias, así como correlaciones significativas y positivas con los valores de precipitación y humedad relativa.

## DISCUSIÓN

Cuando se estudian en conjunto los calendarios de aparición de los tres tipos de ascosporas en los dos años estudiados se observa la existencia de determinadas coincidencias en cuanto a la aparición de máximos en las concentraciones de esporas, así en el periodo de 1993 destacan los picos correspondientes a las fechas de 17-18 de mayo, 24-25 de mayo y 7-10 de junio, así como la aparición de un ligero aumento en las concentraciones alrededor del 26 de agosto, por su parte en 1994 destacan por la coincidencia de máximos en las concentraciones las fechas 15-17 y 23-24 de mayo, no apareciendo en ninguno de los tres tipos máximos durante junio ni en agosto.

Las diferencias entre los dos años estudiados y la existencia de un cierto paralelismo en la dispersión de ascosporas de los tres tipos, denotan la importancia que deben jugar las variaciones en los parámetros meteorológicos en esta dispersión, lo cual se pone de manifiesto mediante el estudio de las correlaciones existentes entre las concentraciones de esporas y los valores de estos parámetro. Los tres tipos de esporas responden de igual manera, coincidiendo sus picos de concentraciones con períodos de temperaturas máximas diarias por debajo de los 25°C y con humedades relativas por encima del 70%, condiciones que se dan en los dos años estudiados cuando aparecen precipitaciones, esto se puede observar en la Figura 6, donde se representan las variaciones diarias de temperatura, humedad y precipitaciones en los períodos de estudio, confrontándose con el calendario de aparición de ascosporas de *Pleospora* de forma ilustrativa.

El régimen de precipitaciones como factor determinante de la concentraciones de ascosporas en la atmósfera, puesto ya de manifiesto por BURGE (1986), se puede

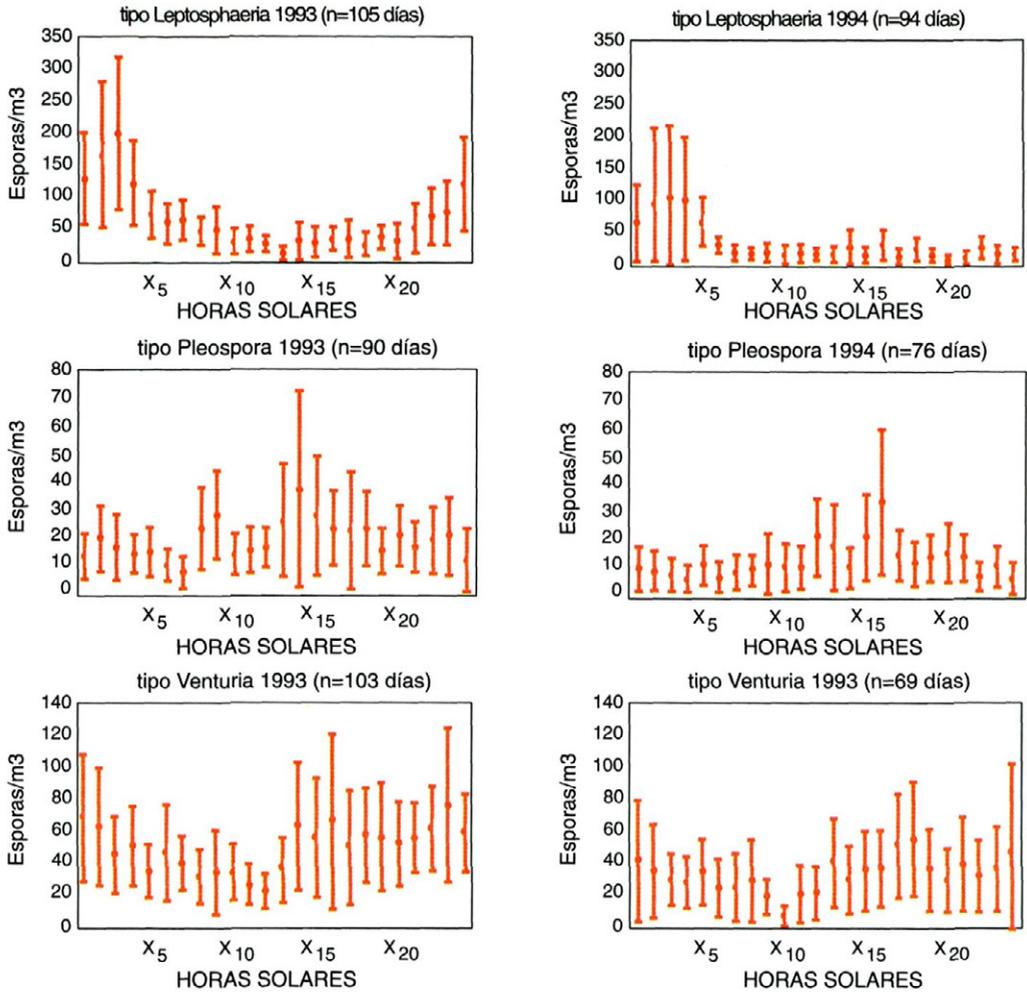


Fig. 5.- Variaciones de las concentraciones de las ascosporas de *Leptosphaeria*, *Pleospora* y *Venturia*, en las distintas horas del día, durante los dos períodos estudiados en 1993 y 1994. Se representan las medias y los intervalos de confianza al 95% (entre paréntesis se muestra el número de días en los que apareció cada ascospora en cada período).

comprobar, ya que las diferencias en concentraciones medias mensuales en los dos períodos de estudio que aparecen en la Cuadro 1, pueden ser explicadas por la ausencia de lluvias durante junio de 1994 (Gráfica 3). Este hecho podría explicarse en base a la tendencia que muestran algunos ascomicetes, como es el caso de *Venturia inaequalis*, a liberar las ascospo-

ras cuando se mojan los cuerpos fructíferos (SMITH *et al.*, 1992).

HASNAIN (1993) encontró para *Leptosphaeria* correlaciones significativas con las precipitaciones y con las temperaturas de medianoche, lo cual ratifica el hábito de dispersión nocturno de estas ascosporas, también puesto de manifiesto por PENNYCOOK (1980).

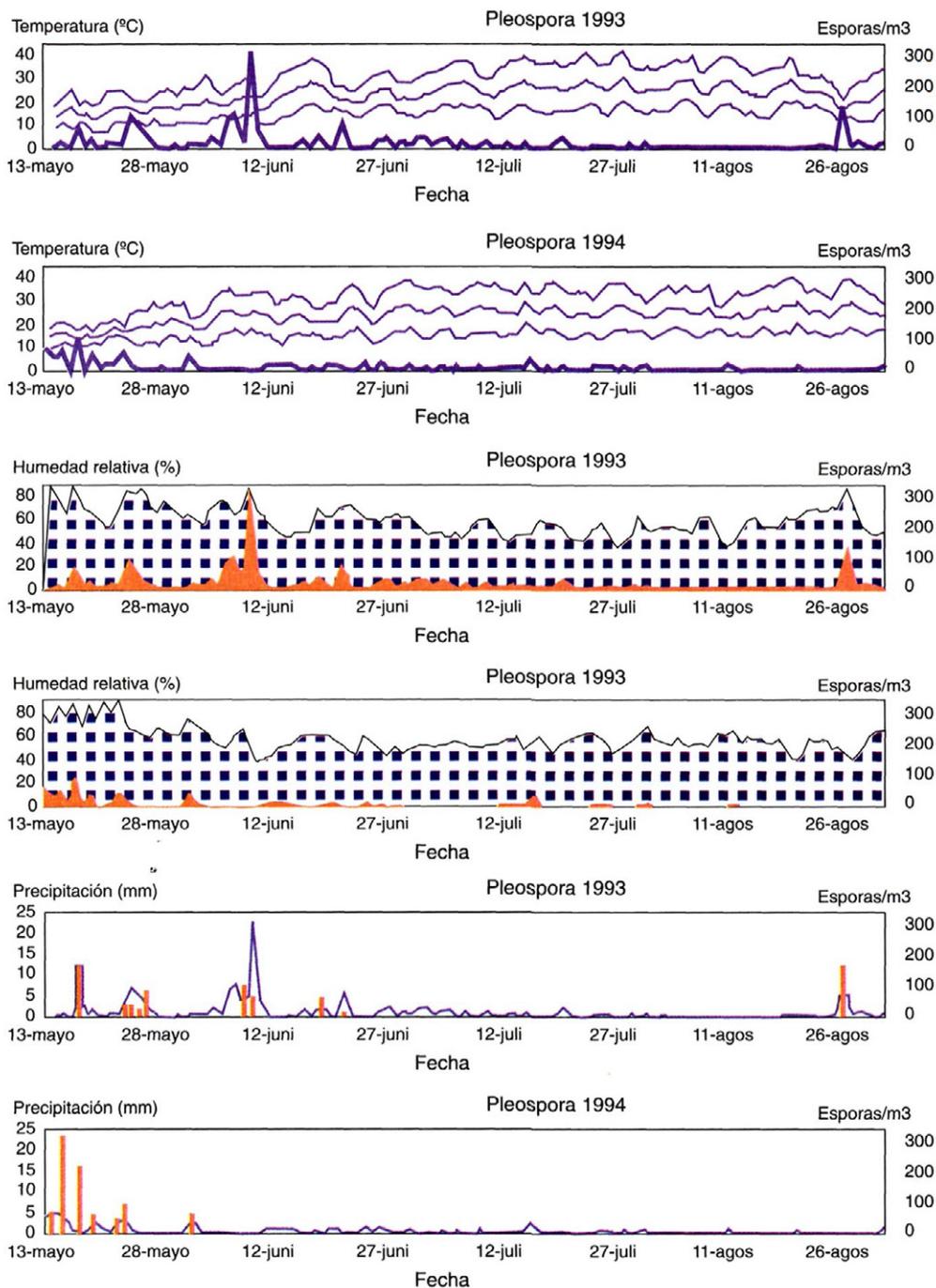


Fig. 6.— Variaciones de los valores diarios de temperaturas máximas, medias y mínimas (en °C), humedad relativa (%) y precipitaciones (mm) en los dos períodos estudiados. Se representan las variaciones de concentraciones medias diarias de las ascosporas de *Pleospora*, en esporas/m<sup>3</sup>.

## ABSTRACT

MARTÍNEZ, J. F., A. F. MUÑOZ, J. NIETO, M. M. PAREDES, I. SILVA y R. TORMO, 1996: Dispersión de ascosporas a través del aire en la atmósfera de Badajoz, y su relación con algunos parámetros meteorológicos. *Bol. San. Veg. Plagas*, 22 (4): 693-701.

This paper was aimed to study the dispersion dynamic of ascospora genera *Leptosphaeria*, *Mycosphaerella*, *Pleospora* and *Venturia* in the atmosphere of Badajoz city. The study was carried out using a Burkard spore trap. Daily and hourly variations in spore concentrations were observed during two periods of time within 1993 and 1994. These four genera were mainly present in May and June. *Leptosphaeria* had a 1000 spore/m<sup>3</sup> level, *Pleospora* reached 350 spore/m<sup>3</sup> and *Mycosphaerella* and *Venturia* reached together less than 700 spore/m<sup>3</sup>. Occurrence tables showed that *Pleospora* ascospores had a diurnal dispersion whereas the other genera were dispersed at night. Results were correlated with daily variations in some meteorological parameters. In all genera the spore concentrations are correlated significantly and positively with rainfall and humidity and negatively with maximum, minimum and media temperature.

**Keywords:** Ascospores, Dispersion, Meteorological parameters

## REFERENCIAS

- BUGIANI, R. y GOVONI, P., 1991: Aerobiologia e difesa delle piante. *Informatore Fitopatologico* 11: 9-15.
- BURGE, H. A., 1986: Some comments on the aerobiology of fungus spores. *Grana* 25: 143-146.
- EVERSMEYER, M. G. y C. L. KRAMER, 1992: Local dispersal and deposition of fungal spores from a wheat canopy. *Grana* 31: 53-59.
- HASNAIN, S. M., 1993: Influence of meteorological factors on the air spora. *Grana* 32: 184-188.
- HIRST, J. M., 1952: An automatic volumetric spore trap. *Annals Applied Biology* 39(2): 257-265.
- MCCARTNEY, H. A., 1990: The dispersal plant pathogen spores and pollen from oilseed rape crops. *Aerobiologia* 6: 147-152.
- PENNYCOOK, S. R., 1980: The air spora of Auckland city, New Zealand I. Seasonal and diel periodicities. *New Zealand Journal of Science* 23: 27-37.
- PICCO, A. M., 1992: Presence in the atmosphere of vine and tomato pathogens. *Aerobiologia* 8: 459-463.
- ROSES-CODINACHS, M., M. SUÁREZ, J. MÁRQUEZ y J. TORRES, 1992: An aerobiological study of pollen grains and fungal spores of Barcelona (Spain). *Aerobiologia* 8: 255-265.
- SMITH, E. G., 1984: *Sampling and identifying allergenic pollens and molds*. Blewstone Press. San Antonio, Texas.
- SMITH, E. G., 1986: *Sampling and identifying allergenic pollens and molds*. Volume 2. Blewstone Press. San Antonio, Texas.
- SMITH, I. M., J. DUNEZ, R. A. LELLIOT, D. H. PHILLIPS y S. A. ARCHER, 1992: *Manual de enfermedades de las plantas*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid.

(Aceptado para su publicación: 27 octubre 1995)